ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΙΖΟΜΕΝΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΕ ΠΛΑΙΣΙΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΤΣΑΚΑΛΙΔΗΣ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
Απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Πολιτικού Μηχανικού

2024

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

© 2024 Τσακαλίδης Νικόλαος

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής: **(Επιβλέπων)**	Δρ. Κούτας Λάμπρος Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δεύτερος Εξεταστής:	Δρ. Παπακωνσταντίνου Χρήστος Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τρίτος Εξεταστής:	Δρ. Τσινίδης Γρηγόριος Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, κ.Κούτα Λάμπρο, Επίκουρο Καθηγητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου την διπλωματική εργασία καθώς και για την πολύτιμη καθοδήγηση του κατά την εκπόνησης της. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την υποψήφια διδάκτωρ Ματθίλδη Μοναστηρίδου για την σημαντική στήριξη και βοήθεια που μου παρείχε κατά την διάρκεια ολοκλήρωσης της διπλωματικής εργασίας καθώς βρίσκονταν πάντα στο πλευρό μου για να με βοηθήσει να αντιμετωπίσω όσα ζητήματα προκύπταν κατά την διάρκεια της εκπόνησης. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη της οικογένειάς μου για την ατέρμονη και έμπρακτη υποστήριξη που μου παρείχαν κατά την διάρκεια διεκπεραίωσης των σπουδών μου.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Περίληψη

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων που έχουν προκύψει από πειραματικές δοκιμές ανακυκλιζόμενης και μονοτονικής φόρτισης σε πλαίσια οπλισμένου σκυροδέματος με εμφατνούμενες τοιχοπληρώσεις ενισχυμένες με σύνθετα υλικά ανόργανης μήτρας. Η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε στο προγραμματιστικό περιβάλλον του λογισμικού *Matlab*. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκε με αυτοματοποιημένο τρόπο μια πληθώρα χαρακτηριστικών της πειραματικής συμπεριφοράς συνολικά 93 πλαισίων οπλισμένου σκυροδέματος με ενισχυμένη εμφατνούμενη τοιχοπλήρωση. Εν συνεχεία, διερευνήθηκε η επιρροή διαφόρων πειραματικών παραμέτρων στα παραπάνω χαρακτηριστικά.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Abstract

The subject of the present thesis is the processing and analysis of experimental data obtained from cyclic and monotonic test of masonry infilled frames retrofitted with textile reinforced mortars. The data was processed with the aid of a programming tool (Matlab). Specifically, a wide range of characteristics of the experimental behavior of 93 specimens was automatically derived from the data. Then, the influence of various experimental parameters on the above characteristics was investigated.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη 4

Πίνακας Περιεχομένων 6

Κατάλογος Πινάκων 7

Κατάλογος Σχημάτων.....8

Κεφάλαιο 1ο Εισαγωγή 14

Κεφάλαιο 2ο Βιβλιογραφική Ανασκόπηση 17

2.1 Ενίσχυση Κατασκεύων με την χρήση IAM.....17

2.2 Ενίσχυση Εμφατνούμενων πλαισίων 28

Κεφάλαιο 3ο Περιγραφή της βάσης Δεδομένων 45

Κεφάλαιο 4ο Διερεύνηση της επιρροής διαφόρων παραμέτρων στην συμπεριφορά των τοιχοπληρώσεων 60

4.1 Διαδικασία Υπολογισμού Δυναμικής και Μηχανικής Συμπεριφοράς 60

4.2 Διερεύνηση και ανάλυση Παραμέτρων 80

Κεφάλαιο 5^{ο} Σύνοψη αποτελεσμάτων και συμπεράσματα 91

Βιβλιογραφία 92

Παράρτημα Α 96

Β.1 Κύριο τμήμα του κώδικα 110

Β.2 Συναρτήσεις (Functions) 129

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 4.1 Τέμνουσα Δυσκαμψία και λόγος Τέμνουσας Δυσκαμψίας βρόχου/Αρχική Τέμνουσα Δυσκαμψία – IPD - OOP:Minotto et al(2020)……63

Πίνακας 4.2 Υστερητική & αθροιστική ενέργεια ανά βρόχο - IPD-OOP: Minotto et al.(2020)……69

Πίνακας Α.1.1 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 1-30, Μέρος 1ο)……..96

Πίνακας Α.1.2 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 1-30, Μέρος 2ο)……97

Πίνακας Α.1.3 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 1-30, Μέρος 3ο)……98

Πίνακας Α.1.4 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 1-30, Μέρος 4ο)……99

Πίνακας Α.1.5 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 1-30, Μέρος 5ο)……100

Πίνακας Α.2.1 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 31-60, Μέρος 1ο)……101

Πίνακας Α.2.2 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 31-60, Μέρος 2ο)……102

Πίνακας Α.2.3 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 31-60, Μέρος 3ο)……103

Πίνακας Α2.4 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 31-60, Μέρος 4ο)……104

Πίνακας Α.2.5 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 31-60, Μέρος 5ο)……105

Πίνακας Α.3.1 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 61-90, Μέρος 1ο) ……106

Πίνακας Α.3.2 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 61-90, Μέρος 2ο) ……107

Πίνακας Α.3.3 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 61-90, Μέρος 3ο) ……108

Πίνακας Α3.4 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 61-90, Μέρος 4ο) ……109

Πίνακας Α.3.5 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 61-90, Μέρος 5ο) ……110

Πίνακας Α.4.1 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 91-93, Μέρος 1ο) ……111

Πίνακας Α.4.2 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 91-93, Μέρος 2ο) ……111

Πίνακας Α.4.3 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 91-93, Μέρος 3ο) ……111

Πίνακας Α.4.4 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 91-93, Μέρος 4ο) ……111

Πίνακας Α.4.5 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 91-93, Μέρος 5ο) ……111

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1.1 Εφαρμογή ΙΟΠ (ύφασμα με ίνες άνθρακα) σε υποστυλώματα……18
Σχήμα 2.1.2 Υφάσματα ΙΟΠ (α)άνθρακα, (β) υάλου (γ) αραμιδίου……20

Σχήμα 2.1.3 Καμπύλες εφελκυστικής τάσης – παραμόρφωσης για διαφορετικούς τύπους ινών FRP και χάλυβα (Rousakis 2014)……..20

Σχήμα 2.1.3 Διάταξη της ενίσχυσης σε διατμητικό τοίχωμα α)υφάσματα σε χιαστί διάταξη, β)ελάσματα σε χιαστί διάταξη, γ)ελάσματα ή υφάσματα σε διάταξη πλέγματος……21

Σχήμα 2.1.4 (α) Πλέγμα ινών άνθρακα, (β) πλέγμα ινών υάλου, (γ) πλέγμα ινών αραμιδίου……23
Σχήμα 2.1.5 Εφαρμογή ινοπλέγματος υάλου σε φέρουσα τοιχοποιία……27
Σχήμα 2.1. 6 Εφαρμογή ανόργανης μήτρας πάνω από το ινόπλεγμα……27
Σχήμα 2.2.1 Εντός Επιπέδου Φόρτιση-IP……..28
Σχήμα 2.2.2 Εκτός Επιπέδου Φόρτιση-OOP……..28
Σχήμα 2.2.3 Διακοπή τοιχοποιίας που οδηγεί στην δημιουργία κοντών υποστυλωμάτων……..29

Σχήμα 2.2.4 Διατμητική αστοχία κοντού υποστυλώματος……29

Σχήμα 2.2.5 Λεπτομέρειες της σύνδεσης ενίσχυσης με την δοκό βάσης του πλαισίου (Facconi et al 2018)……30

Σχήμα 2.2.6 Λεπτομέρειες της σύνδεσης ενίσχυσης με την επικάλυψη. (Facconi et al 2018)……30

Σχήμα 2.2.7 Διαδικασία της ενίσχυσης σταδιακά (a)εφαρμογή του ινοπλέγματος υάλου (b)εφαρμογή της σύνδεσης τοιχοποιίας επικάλυψης (c)ολοκληρωμένη όψη(Facconi et al 2018)……30

Σχήμα 2.2.8 Δημιουργία ρωγμών μπροστά όψη (Facconi et al 2018)……31

Σχήμα 2.2.9 Δημιουργία ρωγμών πίσω όψη (Facconi et al 2018)……31

Σχήμα 2.2.10 Τα στάδια ενίσχυσης του τριώροφου πλαισίου (Koutas et al 2015)……32

Σχήμα 2.2.11 Εφαρμογή ινοπλέγματος IAM στο υποστύλωμα και αγκυρώσεις (Koutas et al 2015)……32

Σχήμα 2.2.12 Λεπτομέρειες και διαστάσεις(χιλιοστά) των αγκυρίων και των ινοπλεγμάτων ενίσχυσης(Koutas et al 2015)……33

Σχήμα 2.2.13 Η γεωμετρία(διαστάσεις σε m) και ο οπλισμός του πλαισίου του πειράματος (Akhoundi et al. (2018)……34

Σχήμα 2.2.14 Η διαδικασία της ενίσχυσης της τοιχοποιίας (Akhoundi et al. 2018)……35

Σχήμα 2.2.15 Η απεικόνιση της δημιουργίας ρωγμών στην επιφάνεια της τοιχοπλήρωσης στο πέρας των φορτίσεων (Akhoundi et al. 2018)……..35

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Σχήμα 2.2.16 Η πειραματική διάταξη (Selim et al. 2015)……36

Σχήμα 2.2.17 Ινόπλεγμα υάλου (Selim et al. 2015)……36

Σχήμα 2.2.18 Αγκύρια (Selim et al. 2015)……36

Σχήμα 2.2.19 Δημιουργία ρωγμών μη ενισχυμένο δοκίμιο (Selim et al. 2015)……37

Σχήμα 2.2.20 Δημιουργία ρωγμών ενισχυμένο δοκίμιο (Selim et al. 2015)……37

Σχήμα 2.2.21 Η μέγιστη ικανότητα πλευρικής φόρτισης των δοκιμίων (Selim et al. 2015)……37

Σχήμα 2.2.22 Η εφαρμογή των αγκυρίων L σχήματος (De Risi et al. 2020)……38

Σχήμα 2.2.23 Λεπτομέρειες των πλαστικών αγκυρίων (De Risi et al. 2020)……38

Σχήμα 2.2.24 Δημιουργία ρωγμών σε διάφορες στιγμές του πειράματος (a)η δημιουργία πρώτης ρωγμής (b)στην μέγιστη φόρτιση (c)στο τέλος της φόρτισης (De Risi et al. 2020)……39

Σχήμα 2.2.25 Το σύστημα της πειραματικής διάταξης για την άσκηση εντός και εκτός επιπέδου φόρτισης(Porto et al., 2015)……41

Σχήμα 2.2.26 Η κατασκευή της τοιχοποιίας από οπτόπλινθους (Porto et al. 2015)…….41

Σχήμα 2.2.27 Ο σχηματισμός ρωγμών στο πλαίσιο αναφοράς (Porto et al. 2015)……..41

Σχήμα 2.2.28 Ο σχηματισμός ρωγμών στα υπόλοιπα πλαίσια στην εντός επιπέδου φόρτιση μετά το πέρας της (1,2% drift) (Porto et al. 2015)……42

Σχήμα 2.2.29 Γεωμετρία πλαισίου, μπροστά όψη (Koutas and Bournas 2019)……..43

Σχήμα 2.2.30 Ινόπλεγμα από ίνες άνθρακα και οι ιδιότητες του (Koutas and Bournas 2019)……43

Σχήμα 2.2.31 Απεικόνιση της διαδικασίας ενίσχυσης (Koutas and Bournas 2019)……..43

Σχήμα 2.2.32 Βλάβες των τοιχοπληρωμένων πλαισίων: (a-c)μη ενισχυμένο και (d-g) ενισχυμένο (Koutas and Bournas 2019)……..44

Σχήμα 3.1 Απεικόνιση της (α) εντός και (β) εκτός επιπέδου καταπόνηση (Gkournelos, 2022)……45

Σχήμα 3.2 Πλήθος δοκιμίων για κάθε πειραματικό τρόπο φόρτισης των πλαισίων……49

Σχήμα 3.3 Πλήθος δοκιμίων για κάθε κλίμακα κατασκευής των πλαισίων……49

Σχήμα 3.4 Πάχος τοιχοποιίας tw (mm) για το πλήθος των δοκιμίων……50

Σχήμα 3.5 Ύψος τοιχοποιίας Hw (mm) για το πλήθος των δοκιμίων……50

Σχήμα 3.6 Μήκος τοιχοποιίας Lw (mm) για το πλήθος των δοκιμίων……51

Σχήμα 3.7 Ο λόγος μήκους ως προς ύψος των πλαισίων της βάσης για το πλήθος των δοκιμίων……51

Σχήμα 3.8 Θλιπτική αντοχή σκυροδέματος fc (MPa) για το πλήθος των δοκιμίων……52

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Σχήμα 3.9 Μέτρο Ελαστικότητας του σκυροδέματος E (MPa) για το πλήθος των δοκιμίων……52

Σχήμα 3.10 Αντοχή κονιάματος αρμών fcmj (MPa) για το πλήθος των δοκιμίων……..53

Σχήμα 3.11 Πάχος κονιάματος αρμών fcmj (MPa) για το πλήθος των δοκιμίων……53

Σχήμα 3.12 Λόγος διαστάσεων τοιχοποιίας hw/lw ύψος προς μήκος της τοιχοποιίας για το πλήθος των δοκιμίων……54

Σχήμα 3.13 Ύπαρξη μόνης ή διπλής τοιχοποιίας για το πλήθος των δοκιμίων……54

Σχήμα 3.14 Τύπος πλίνθων για την κατασκευή της τοιχοποιίας πλήρωσης για το πλήθος των δοκιμίων……..55

Σχήμα 3.15 Ύπαρξη ενίσχυσης της τοιχοπλήρωσης για το πλήθος των δοκιμίων…….55

Σχήμα 3.16 Υλικό ενίσχυσης της τοιχοπλήρωσης για το πλήθος των δοκιμίων……..56

Σχήμα 3.17 Διάταξη των ινοπλεγμάτων ενίσχυσης της τοιχοπλήρωσης για το πλήθος των δοκιμίων……..56

Σχήμα 3.18 Στρώσεις ενίσχυσης ινοπλεγμάτων στην τοιχοπλήρωση για το πλήθος των δοκιμίων……57

Σχήμα 3.19 Ύπαρξη ενίσχυσης στις πλευρές της τοιχοποιίας για το πλήθος των δοκιμίων……57

Σχήμα 3.20 Η διακύμανση της τιμής του ογκομετρικού ποσοστού οπλισμού Rf (%) για το πλήθος των δοκιμίων……58

Σχήμα 3.21 Είδος και ύπαρξη αγκυρίων της ενίσχυσης μέσω ινοπλεγμάτων για το πλήθος των δοκιμίων……59

Σχήμα 4.1.1 Διάγραμμα δύναμης – μετακίνησης IP: D. Kakaletsis (2011)……..61

Σχήμα 4.1.2 Διάγραμμα δύναμης – μετακίνησης IP: Akhoundi et al. (2018)……..61

Σχήμα 4.1.3 Διάγραμμα δύναμης – μετακίνησης OOP: Koutas and Bournas (2019)……61

Σχήμα 4.1.4 Διάγραμμα δύναμης – μετακίνησης OOP: Verderame et al. (2019……..61

Σχήμα 4.1.5 Διάγραμμα δύναμης – μετακίνησης IPD - OOP: Da Porto et al.(2015)……61

Σχήμα 4.1.6 Διάγραμμα δύναμης – μετακίνησης IPD - OOP: De Risi et al. (2020)……..62

Σχήμα 4.1.7 Εύρεση μέγιστων τιμών οριζόντιας φόρτισης κάθε βρόχου και η αρίθμηση τους IP: Selim et al. (2015)……63

Σχήμα 4.1.8 Εύρεση τέμνουσας δυσκαμψίας 1^{ου} βρόχου - IP: Selim et al. (2015)……..64

Σχήμα 4.1.9 Ραβδόγραμμα τέμνουσας δυσκαμψίας IP: D. Kakaletsis (2011)……..64

Σχήμα 4.1.10 Ραβδόγραμμα τέμνουσας δυσκαμψίας IP: Minotto et al. (2020)……64

Σχήμα 4.1.11 Ραβδόγραμμα τέμνουσας δυσκαμψίας IP: De Risi et al. (2020)……..64

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Σχήμα 4.1.12 Ραβδόγραμμα τέμνουσας δυσκαμψίας IP: Facconi et al. (2018)……..64

Σχήμα 4.1.13 Υπολογισμός ενέργειας κύκλου φόρτισης (Moretti & Tassios,2006)……..65

Σχήμα 4.1.14 Διάγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βήμα – IP: D. Kakaletsis(2011)……66

Σχήμα 4.1.15 Διάγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βήμα – IP: Selim et al.(2015)…….66

Σχήμα 4.1.16 Διάγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βήμα – IP: Akhoundi et al.(2015)…66

Σχήμα 4.1.17 Διάγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βήμα – IP: Ismail et al.(2015)……66

Σχήμα 4.1.18 Διάγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βήμα – IPD-OOP: Da Porto et al.(2015)……..66

Σχήμα 4.1.19 Διάγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βήμα – IPD-OOP: Minotto et al.(2015)……..66

Σχήμα 4.1.20 Διάγραμμα αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IP: D. Kakaletsis(2011)…67

Σχήμα 4.1.21 Διάγραμμα αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IP: Selim et al.(2015)…67

Σχήμα 4.1.22 Διάγραμμα αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IP: Akhoundi et al.(2015)……..67

Σχήμα 4.1.23 Διάγραμμα αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IP: Ismail et al.(2015)…67

Σχήμα 4.1.24 Διάγραμμα αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IPD-OOP: Da Porto et al.(2015)……..67

Σχήμα 4.1.25 Διάγραμμα αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IPD-OOP: Minotto et al.(2015)……..67

Σχήμα 4.1.26 Ραβδόγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βρόχο & αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IP: D. Kakaletsis(2011)……68

Σχήμα 4.1.27 Ραβδόγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βρόχο & αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IP: Selim et al. (2015)……68

Σχήμα 4.1.28 Ραβδόγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βρόχο & αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IP: Akhoundi et al. (2018)……68

Σχήμα 4.1.29 Ραβδόγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βρόχο & αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IP: Ismail et al. (2018)……68

Σχήμα 4.1.30 Ραβδόγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βρόχο & αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IPD-OOP: Da Porto et al. (2015)……68

Σχήμα 4.1.31 Ραβδόγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βρόχο & αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IPD-OOP: Minotto et al. (2020)……68

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Σχήμα 4.1.32 Διάγραμμα δύναμης μετακίνησης και το μέγιστο σημείο του– OOP:Da Porto et al.(2015)……70

Σχήμα 4.1.33 Εμβαδόν – Ενέργεια του διαγράμματος– OOP:Da Porto et al.(2015)…….70

Σχήμα 4.1.34 Διάγραμμα φόρτισης-μετακίνησης– OOP:De Risi et al.(2020)……71

Σχήμα 4.1.35 Διάγραμμα περιβάλλουσας φόρτισης– OOP:De Risi et al.(2020)……..71

Σχήμα 4.1.36 Μέγιστο σημείο περιβάλλουσας καμπύλης– OOP:De Risi et al.(2020)….72

Σχήμα 4.1.37 Εμβαδόν – Ενέργεια του διαγράμματος– OOP:De Risi et al.(2020)……72

Σχήμα 4.1.38 Δυσκαμψία – OOP:Da Porto et al.(2015)……73

Σχήμα 4.1.39 Δυσκαμψία – OOP:De Risi et al.(2020)……73

Σχήμα 4.1.40Υπολογισμός κλίσης αποφόρτισης – IP: Akhoundi et al.(2018)……74

Σχήμα 4.1.41 Περιβάλλουσες καμπύλες θετικής & αρνητικής φόρτισης – IP: Selim et al. (2015)……75

Σχήμα 4.1.42 Καμπύλη ικανότητας – IP: Selim et al. (2015)……76

Σχήμα 4.1.43 Καμπύλη ικανότητας και οριακή κατάσταση αστοχίας – IP: Selim et al. (2015)……77

Σχήμα 4.1.44 Ιδεατό διγραμμικό διάγραμμα καμπύλης ικανότητας – IP: Selim et al.(2015)……79

Σχήμα 4.2.1 Ραβδόγραμμα αύξησης της μέγιστης δύναμης όλων των πλαισίων……..81

Σχήμα 4.2.2 Ραβδόγραμμα αύξησης της μέγιστης δύναμης των εντός επιπέδου πλαισίων……82

Σχήμα 4.2.3 Ραβδόγραμμα αύξησης της μέγιστης δύναμης των εκτός επιπέδου πλαισίων……..82

Σχήμα 4.2.4 Διάγραμμα ρ_f – Ποσοστό αύξησης μέγιστης δύναμης……..83

Σχήμα 4.2.5 Διάγραμμα ρ_f – Ποσοστό αύξησης μέγιστης δύναμης και ανάλυση παλινδρόμησης……..84

Σχήμα 4.2.6 Διάγραμμα Λυγηρότητας hw/tw – ποσοστού αύξησης μέγιστης δύναμης……85

Σχήμα 4.2.7 Διάγραμμα Λυγηρότητας h_w/t_w – ποσοστού αύξησης μέγιστης δύναμης και ανάλυση παλινδρόμησης……86

Σχήμα 4.2.8 Διάγραμμα ποσοστού αύξησης μέγιστης δύναμης – κατανάλωσης ενέργειας ως το μέγιστο(KNmm)……87

Σχήμα 4.2.9 Διάγραμμα ποσοστού αύξησης μέγιστης δύναμης –λόγου μείωσης τέμνουσας δυσκαμψίας……87

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Σχήμα 4.2.10 Διάγραμμα ρ_f – Αντοχή κονιάματος f_{cmj} (MPa)……88

Σχήμα 4.2.11 Διάγραμμα ρ_f – Πάχος κονιάματος t_{cmj} (mm)……89

Σχήμα 4.2.12 Διάγραμμα ρ_f – Ενέργεια ως το μέγιστο (KNmm)……89

Σχήμα 4.2.13 Διάγραμμα ρ_f – Λόγος μείωσης τέμνουσας δυσκαμψίας……-90

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Κεφάλαιο 1ο Εισαγωγή

Οι κατασκευές με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα (Ο.Σ.) και εμφατνούμενες τοιχοπληρώσεις αποτελούν έναν από τους βασικούς τρόπους δόμησης παγκοσμίως και ειδικότερα στην Ελλάδα. Η θετική επιρροή του Ο.Σ στην αντισεισμική θωράκιση των κατασκευών είναι ιδιαιτέρως γνωστή και έχει υπάρξει πληθώρα ερευνών που να την εξετάζει, όμως η επίδραση των τοιχοπληρώσεων για χρόνια θεωρούταν αμελητέα και εξυπηρετούσε κυρίως αρχιτεκτονικούς σκοπούς. Η γενικευμένη θεώρηση που επικρατούσε ήταν ότι οι τοιχοπληρώσεις δεν αποτελούσαν φέροντα στοιχεία. Η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα όμως, κατά την διάρκεια του 20ου αιώνα παράλληλα με την εξέλιξη της δομικής μηχανικής προσπάθησε να εξετάσει την πραγματική επιρροή των τοιχοπληρώσεων στη σεισμική απόκριση των κτηρίων επιχειρώντας να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ αυθαίρετων θεωριών και πραγματικότητας. Στην προσπάθεια κατανόησης της σεισμικής συμπεριφοράς των τοιχοπληρώσεων έχει πραγματοποιηθεί πληθώρα πειραμάτων ανά τον κόσμο.

Η επίγνωση του τεχνικού κόσμου για την σημαντικότητα της επίδρασης των τοίχων πλήρωσης στην συμπεριφορά του φέροντος οργανισμού έχει παρατηρηθεί και καταγραφεί από τα τέλη του 19ου αιώνα. Ιδιαίτερα σημειώθηκε η αύξηση της δυσκαμψίας που προσδίδει η τοιχοπλήρωση καθώς και η ενίσχυση της έναντι οριζόντιων δράσεων (Freitag 1895). Ωστόσο η επιρροή αυτή θεωρείτο πάντα ευνοϊκή όσο αφορά την αντίσταση του φορέα ως προς τις εξωτερικές δράσεις και ότι μπορεί με ασφαλή τρόπο να παραβλέπεται κατά τον σχεδιασμό των φορέων των κατασκευών. Μία θεώρηση που δεν διαμορφώθηκε αβάσιμα αλλά στηρίχθηκε στην αξιοσημείωτα καλή συμπεριφορά που επέδειξαν οι πρώτες πολυώροφες κατασκευές με φέροντα οργανισμό από σιδηρά πλαίσια και μη φέρουσες τοιχοπληρώσεις, στον ισχυρό σεισμό του 1906 στο Σαν Φρανσίσκο (ASCE 1907), ένα γεγονός που συνέβαλε στην επικύρωση της εντύπωσης της εποχής, ότι οι τοιχοπληρώσεις μπορούν να φέρουν πολύ μεγάλα διατμητικά φορτία .

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Από τις εκτεταμένες έρευνες που συντελέστηκαν στην πάροδο του χρόνου καθώς και την εμπειρία των μελετητών σε ισχυρούς σεισμούς για την αποσαφήνιση του ρόλου των τοίχων πλήρωσης στην πραγματική συμπεριφορά των κατασκευών με σκοπό να προσδιοριστούν οι επιδράσεις τους. Γεγονός το οποίο οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οι τοιχοπληρώσεις μπορούν να προκαλέσουν ανεπιθύμητες επιπτώσεις κατά την σεισμική διέγερση. Οι δυσμενείς επιπτώσεις των τοιχοπληρώσεων έγινε γρήγορα αντιληπτό ότι θα μπορούσαν να επιφέρουν μεγάλα προβλήματα στην κατασκευή από σημαντικές επιμέρους βλάβες μέχρι και ολοσχερή κατάρρευση. Κάποιοι από τους κύριους μηχανισμούς που προσδιορίστηκαν αποτελούν η συγκέντρωση βλαβών σε μικρό αριθμό ορόφων, οι εκκεντρότητες που προκαλούν την ύπαρξη στροφικών ιδιομορφών αλλά και εμφάνιση καταστροφικών τοπικών βλαβών (φαινόμενο κοντών υποστυλωμάτων).

Επομένως έγινε γρήγορα αντιληπτό ότι κατά τον σχεδιασμό πλαισιακών φορέων οι δυσμενείς επιπτώσεις θα πρέπει να αντιμετωπίζονται λαμβάνοντας την κατάλληλη μέριμνα. Οι σύγχρονοι κανονισμοί, όπως ο Ελληνικός Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ, 3η Αναθεώρηση, Απρίλιος 2022) που εξετάζει διεξοδικά την συμπεριφορά των τοιχοπληρώσεων σε υφιστάμενα κτήρια (§5.9.1) καθώς και Ευρωκώδικας 8 (ΕΛΟΤ ΕΝ 1998-1:2005) περιέχει διατάξεις σχετικά με την ανάλυση των τοιχοπληρωμένων πλαισίων (§4.3.1) ,την μη κανονικότητα λόγω τοιχοπληρώσεων (§4.3.6), όπως και τα τοπικά φαινόμενα λόγω αυτών (§5.9). Πάρα την ανάπτυξη της έρευνας για τις τοιχοπληρώσεις στην πληθώρα των περιπτώσεων σχεδιασμού πλαισιακών κατασκευών αυτές δεν λαμβάνονται υπόψη λόγω της αδυναμίας να προσδιοριστούν με αξιόπιστο τρόπο, κατά την φάση σχεδιασμού, τα μηχανικά χαρακτηριστικά των τοιχοπληρώσεων καθώς και η έλλειψη ειδικών κανόνων για την εφαρμογή τους κατά την διαδικασία του σχεδιασμού.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Αξίζει να σημειωθεί όμως ότι παρά την αυξανόμενη σε όγκο έρευνα για την επίδραση των τοιχοπληρώσεων και τα συμπεράσματα που αυτή παρέχει, τα αίτια που καθορίζουν την επίδρασή της, ευμενή η δυσμενή, παραμένουν πολλές φορές είτε απροσδιόριστα είτε ασχολίαστα. Ο βασικός λόγος που αυτό συνέβαινε αποτελεί ότι για να εξαχθούν ουσιαστικά και εμπεριστατωμένα συμπεράσματα η ύπαρξη σημαντικού αριθμού αξιόπιστων δεδομένων σεισμικής απόκρισης κρίνεται επιβεβλημένη. Η δυνατότητα των μελετητών να αξιοποιήσουν και να πραγματοποιήσουν αντίστοιχα αρκετές αναλύσεις μέχρι το πρόσφατο παρελθόν ήταν ουσιαστικά υποτυπώδης. Πλέον λόγω της αυξημένης υπολογιστικής δυνατότητας που είναι διαθέσιμη αρχίσαν να πραγματοποιούνται εργασίες βασισμένες σε μεγάλο όγκο αξιόπιστων δεδομένων και να παρέχουν σημαντικά αποτελέσματα.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η ενίσχυση υφιστάμενων, κυρίως τοιχοπληρώσεων, με την χρήση νέων υλικών και τεχνικών οι οποίες αφορούν στοχευμένες επεμβάσεις που ανοίγουν νέους ορίζοντες στην ανάλυση και αξιοποίηση των τοίχων πλήρωσης. Η έρευνα για ενισχυμένες τοιχοπληρώσεις βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο και γνώρισε ανάπτυξη μόλις στο πρόσφατο παρελθόν αφήνοντας χώρο και προοπτικές για την περεταίρω διερεύνηση τους.

Επιδιώκοντας την αρτιότερη κατανόηση του τρόπου λειτουργείας και συμπεριφοράς των οπλισμένων τοιχοπληρώσεων κρίθηκε σκόπιμο να εκπονηθεί η παρούσα διπλωματική εργασία με αντικείμενο την μελέτη μιας πειραματικής βάσης δεδομένων από δοκιμές ανακυκλιζόμενης και μονοτονικής φόρτισης πλαισίων ΟΣ με εμφατνούμενες τοιχοπληρώσεις ενισχυμένες με σύνθετα υλικά ανόργανης μήτρας. Η παρούσα διπλωματική εργασία στοχεύει στη διερεύνηση α) της επιρροής διαφόρων παραμέτρων στην συμπεριφορά των ενισχυμένων τοιχοπληρώσεων και β) της αποδοτικότητας της ενίσχυσης των τοιχοπληρώσεων όταν συγκρίνεται η συμπεριφορά τους με εκείνην των μη-ενισχυμένων τοιχοπληρώσεων.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Κεφάλαιο 2ο Βιβλιογραφική Ανασκόπηση – Υφιστάμενη γνώση

2.1 Ενίσχυση Κατασκευών με Σύνθετα Υλικά

Ένα από τα πιο σημαντικά ζητούμενα στην κοινότητα των μηχανικών, κατά την διάρκεια της σημαντικής ανάπτυξης που γνώρισε ο κλάδος στο δεύτερο μισό του 20ου αιώνα, είναι η ολοένα αυξανόμενη ανάγκη ενίσχυσης υφιστάμενων - και όχι μόνο-κατασκευών. Η ανάγκη αυτή πηγάζει από την απαίτηση να βρεθούν ολοκληρωμένες λύσεις που να απαντούν στις βασικές αιτίες που δημιουργούν τεχνικά ζητήματα στις κατασκευές. Αιτίες όπως η αυξανόμενη απαίτηση φόρτισης στις σύγχρονες κατασκευές, η γήρανση των υφιστάμενων υλικών, ο μη επαρκής αρχικός σχεδιασμός έναντι ισχυρών φυσικών φαινομένων καθώς και μη συμβατότητα των υποδομών για τις νέες απαιτήσεις των σύγχρονων κανονισμών δόμησης.

Η τρωτότητα των κατασκευών ΟΣ έναντι σεισμικών φορτίσεων καθιστά την αντισεισμική ενίσχυση των κατασκευών ως μια από τις πιο αναγκαίες και σημαντικές επεμβάσεις ενίσχυσης. Ειδικότερα σε περιοχές με έντονη σεισμική δραστηριότητα όπως και η χώρα μας, ο σχεδιασμός των κατασκευών κατά το παρελθόν ,κυρίως για κτήρια πριν το 1980,δεν συνέβαλε παρά ελάχιστα στην σεισμική τους θωράκιση. Ο σχεδιασμός των κατασκευών για οριζόντια φόρτια που προσομοιάζουν τις σεισμικές φορτίσεις δεν αποτελούσε μέρος του πρώιμου σχεδιασμού τους και η κύρια μέριμνα των παλαιότερων κανονισμών αφορούσε τον σχεδιασμό τους έναντι κατακόρυφων φορτίων. Γεγονός το οποίο προσδίδει ιδιαίτερες αδυναμίες στον φέρον οργανισμό ενός υφιστάμενου κτηρίου που δεν έχει σχεδιασθεί βάσει νεότερων αντισεισμικών διατάξεων.

Στο πλαίσιο αναζήτησης της λύσης του προβλήματος, μετά την ολοκλήρωση ερευνών και πειραμάτων, αναπτύχθηκαν διάφορες τεχνικές οι οποίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν (α)στις συμβατικές τεχνικές και (β)στις νέες τεχνικές με χρήση σύνθετων υλικών. Στην κατηγορία των συμβατικών τεχνικών ανήκουν οι τεχνικές ενίσχυσης με μανδύες ΟΣ αλλά και οι μανδύες κονιάματος ενισχυμένοι με πλέγμα χαλύβδινου οπλισμού.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Στην δεύτερη κατηγόρια κατατάσσονται οι νέες τεχνικές ενίσχυσης που κάνουν χρήση κονιαμάτων οπλισμένων με ίνες διαφόρων υλικών όπως είναι ο χάλυβας ,το πολυβινύλιο, ο ύαλος , ο βασάλτης και με την χρήση εξωτερικά επικολλημένων σύνθετων υλικών Ινοπλισμένων Πολυμερών (ΙΟΠ).Τα ΙΟΠ (αγγλική ορολογία FRP – Fiber Reinforced Polymers) αποτελούν σύνθετα υλικά και διαχωρίζονται σε δύο μέρη. Στα υφάσματα ινών υψηλής αντοχής (πχ. υάλου, άνθρακα, βασάλτη ,αραμίδιου) και στο υλικό τους που έχει πολυμερής ιδιότητες, συνήθως εποξειδικές ρητίνες.

Τα ΙΟΠ έχουν γνωρίσει ευρεία χρήση τις τελευταίες δεκαετίες στο πεδίο ενίσχυσης υφιστάμενων κατασκευών. Τα σύνθετα αυτά υλικά επικολλώνται στα στοιχεία εξωτερικά (υποστυλώματα, δοκούς, τοιχοποιίες) ώστε να αυξηθεί η καμπτική και διατμητική τους αντοχή και διατίθενται στο εμπόριο σε μορφή εύκαμπτων υφασμάτων με ίνες (σε μία ή και περισσότερες διευθύνσεις) καθώς και σαν ελαστομερή ελάσματα, φύλλα και ράβδους. Η δημοτικότητα αυτού του τρόπου ενίσχυσης έγκειται στα σημαντικά πλεονεκτήματα που διαθέτουν τα ΙΟΠ : η εξαιρετική τους απόδοση στον λόγο αντοχής προς βάρος, η αντίσταση τους στην διάβρωση, η ευχέρεια και ταχύτητα της εφαρμογής τους, η ελάχιστη αλλαγή που προξενούν στην γεωμετρία των στοιχείων που ενισχύουν καθώς και η διαθεσιμότητα του σε διαφορετικές μορφές εξυπηρετεί πλειάδα περιπτώσεων.

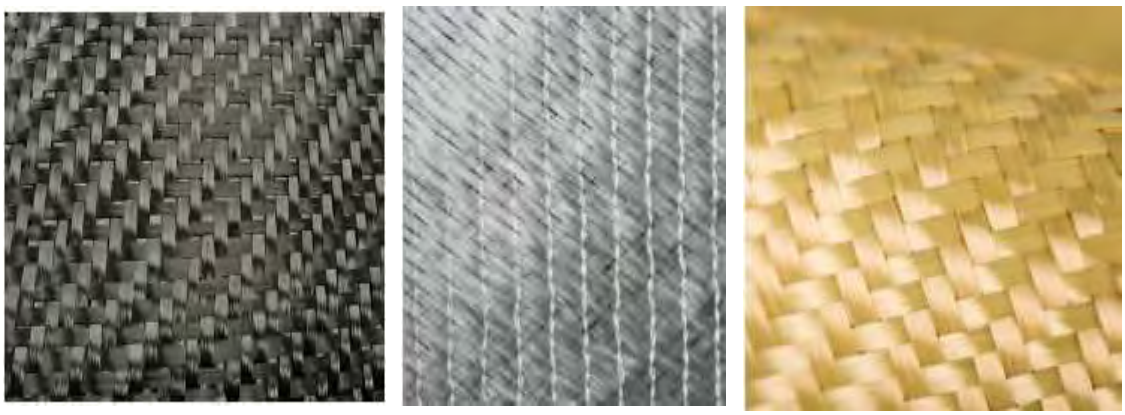
Σχήμα 2.1.1 Εφαρμογή ΙΟΠ (ύφασμα με ίνες άνθρακα) σε υποστυλώματα

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

- Ίνες άνθρακα : Τα ινοπλισμένα πολυμερή άνθρακα (Carbon Fibers) αποτελούν την πιο σύνηθες επιλογή για τις περισσότερες περιπτώσεις ενίσχυσης στοιχείων Ο.Σ. Τα πολύ καλά μηχανικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν οι ίνες άνθρακα απαντούν στον λόγο της συχνής τους εφαρμογής. Συγκεκριμένα, υψηλή τιμή εφελκυστικής αντοχής (1800 – 6000 MPa) καθώς και του μέτρου Ελαστικότητας (215 – 800 GPa) και ιδιαίτερα μικρή ανηγμένη παραμόρφωση θραύσης κυμαίνεται από 0.2 – 2.3% (Σχήμα 2.1.3) ενώ η πυκνότητα τους κινείτε μεταξύ 1800 – 1900 kg/m^3. Τα ανθρακονήματα εμφανίζουν σημαντική σταθερότητα στην πάροδο του χρόνου και ανθεκτικότητα σε φαινόμενα κόπωσης, ερπυσμού και διάβρωσης.
- Ίνες γυαλιού : Οι ίνες γυαλιού (Glass Fibers) απαρτίζουν ένα μεγάλο μέρος αυτού του τύπου ενίσχυσης κυρίως λόγο του χαμηλού τους κόστους σε σχέση με άλλες επιλογές. Χαρακτηρίζονται από υψηλή εφελκυστική αντοχή (1900 – 4800 MPa), όμως υστερούν στο μέτρο Ελαστικότητας (70 – 90 GPa) και στην χαμηλή αντοχή που παρουσιάζουν έναντι φθοράς τριβής. Η ανηγμένη παραμόρφωση θραύσης κυμαίνεται από 3.0-5.7%. Διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες βάση της χημικής τους σύστασης, Τύπου Ε και Τύπου S.
- Ίνες αραμιδίου : Οι ίνες αραμιδίου (Aramid Fibers) είναι γνώστες στην αγορά με την ονομασία Kevlar. Χαρακτηρίζονται από την χαμηλή τους πυκνότητα 1450 kg/m^3 κάτι που τις κατατάσσει στις ελαφρύτερες ίνες όμως η επεξεργασία τους είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Η εφελκυστική τους αντοχή κυμαίνεται από 2750-4100 MPa, το μέτρο ελαστικότητας από 70 – 130 GPa και η ανηγμένη παραμόρφωση θραύσης από 2.4-5%. Το αραμίδιο συναντάτε σε κατασκευές με κίνδυνο πρόσκρουσης οχημάτων λόγω της καλής συμπεριφοράς του σε κρουστικά φορτία και παρέχει υψηλή μόνωση.
- Ίνες βασάλτη : Οι ανόργανες ύλες από βασάλτη αποτελούν την πιο πρόσφατη προσθήκη στο πεδίο των ενισχύσεων και προέρχονται από ηφαιστιογενή αποθέματα μέσω μιας διαδικασίας τήξης. Το υλικό αυτό παρέχει χρήσιμα χαρακτηριστικά όπως είναι η θερμομόνωση και η ηχομόνωση, επιδεικνύει

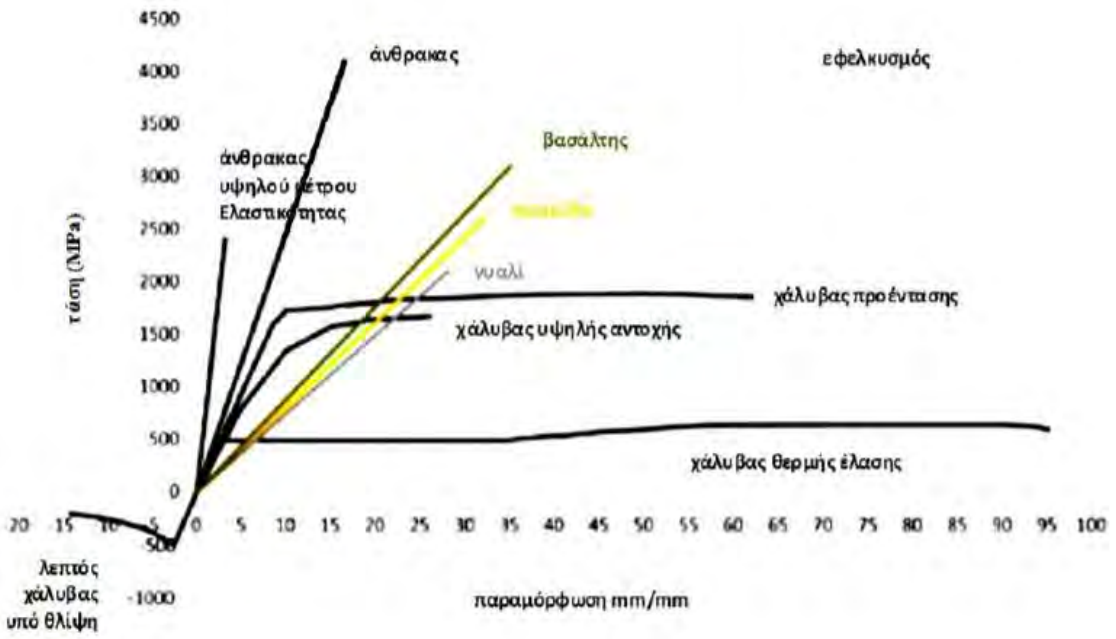
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

σημαντική αντοχή στους κραδασμού και η ανθεκτικότητα του σε σχέση με τις ίνες γυαλιού είναι σημαντική (Rousakis 2014). Οι ίνες βασάλτη σημειώνουν εφελκυστική αντοχή από 3000-4900 MPa, το μέτρο ελαστικότητας βρίσκεται μεταξύ 89-95 GPa ενώ η ανηγμένη παραμόρφωση θραύσης μεταξύ 3.0 – 5.0%.



(α) (β) (γ)

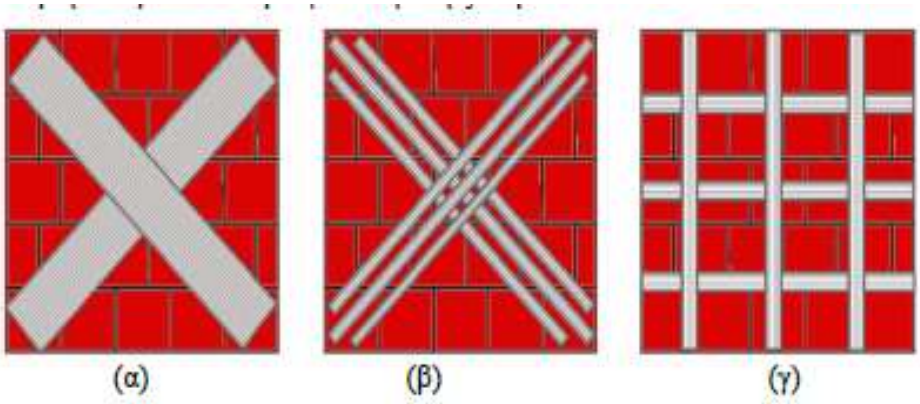
Σχήμα 2.1.2 Υφάσματα ΙΟΠ (α)άνθρακα, (β) υάλου (γ) αραμιδίου



Σχήμα 2.1.3 Καμπύλες εφελκυστικής τάσης – παραμόρφωσης για διαφορετικούς τύπους ινών FRP και χάλυβα (Rousakis 2014)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Ο κύριος λόγος εφαρμογής τους σαν οπλισμός στην τοιχοποιία είναι η παραλαβή των εφελκυστικών φορτίων που η ίδια αδυνατεί να παραλάβει και όπως προκύπτει η τοποθέτηση του γίνεται στην εφελκυόμενη ζώνη.



Σχήμα 2.1.3 Διάταξη της ενίσχυσης σε διατμητικό τοίχωμα α)υφάσματα σε χιαστί διάταξη, β)ελάσματα σε χιαστί διάταξη, γ)ελάσματα ή υφάσματα σε διάταξη πλέγματος

Ωστόσο παρά την αξιοσημείωτη συμπεριφορά που επιδεικνύουν τα ΙΟΠ παρουσιάζουν και μερικά σημαντικά μειονεκτήματα. Τα οποία προέρχονται από την χρήση των εποξειδικών ρητινών ως μέσο εμποτισμού των ινών ή σαν υλικό συγκόλλησης με το υπόστρωμα. Η ασυμβατότητα τους με υλικά υποστρώματος (σκυρόδεμα ή τοιχοποιία), η έλλειψη διαπνοής των υλικών το σημαντικό τους κόστος, η ελλειμματική τους απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες κάτι που οδηγεί σε εξειδικευμένα και ακριβά μέτρα πυροπροστασίας. Επίσης η αδυναμία εφαρμογής τους σε υγρές επιφάνειες καθώς και οι ιδιαίτερα σημαντικοί κίνδυνοι που ελλοχεύουν για την υγεία των τεχνικών που εφαρμόζουν τις εποξειδικές ρητίνες.

Οι ερευνητές προσπαθώντας να απαλλαγούν από τα παραπάνω προβλήματα αντικατέστησαν την ρητίνη με άλλη τύπου μήτρα πχ. κονίαμα με βάση το τσιμέντο. Η λύση αυτή όμως δεν επέδειξε ιδιαίτερη επιτυχία. Παρόλο τα πολύ λεπτόκοκκά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ως κονίαμα, η συνάφεια μεταξύ των ινών του υφάσματος και του κονιάματος παρουσιάστηκε πτωχή διότι δεν επιτρέπει την διείσδυση και τον εμποτισμό των φύλλων ινών των υφασμάτων.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Βελτιωμένες συνθήκες συνάφειας ανάμεσα στις ίνες και την ανόργανη μήτρα παρατηρήθηκαν από τους ερευνητές όταν τα φύλλα συνεχόμενων ινών (υφάσματα) αντικαταστάθηκαν από πλέγματα ινών (ινοπλέγματα). Αυτό συντέλεσε στην δημιουργία ενός νέου σύνθετου υλικού : τα Ινοπλέγματα σε Ανόργανη Μήτρα (ΙΑΜ). Στην διεθνή βιβλιογραφία συναντάται με τον όρο TRM – Textile Reinforced Mortar.

Τα ΙΑΜ αποτελούν την πιο καινοτόμα λύση στο πεδίο των ενισχύσεων κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος. Η έρευνα γύρω από τα ΙΑΜ γνώρισε εκρηκτική άνθιση της τελευταίες δύο δεκαετίες. Η εξωτερική ενίσχυση με ινοπλέγματα μέσα σε μανδύα κονιάματος τσιμεντοειδούς βάσης TRM απαντάται στην διεθνή βιβλιογραφία με διαφορετικές ορολογίες :FRCM, ινοπλέγματα σε οπλισμένο σκυρόδεμα TRC, ινοπλέγματα μέσα σε ανόργανη μήτρα IMG ή ινοπλέγματα σε τσιμεντοειδή μήτρα CMG.

Στην χώρα μας ιδιαίτερη μνεία οφείλει να γίνει στο Εργαστήριο Μηχανικής και Τεχνολογίας Υλικών του Πανεπιστημίου Πατρών και στους Τριανταφύλλου Χ. Αθ. και Παπανικολάου Γ. Κ. που εισήγαγαν την ορολογία αυτή στην Ελλάδα και διεκπεραίωσαν μεγάλο μέρος της έρευνας για την ενίσχυση στοιχείων των κατασκευών ΟΣ και τοιχοποιίας με την χρήση των ΙΑΜ .(Triantafillou et al. 2006, Triantafillou and Papanicolaou 2006, Papanicolaou et al. 2007, Papanicolaou et al. 2008, Bournas et al. 2007, Papanicolaou et al. 2009, Bournas et al. 2009, Bournas and Triantafillou 2011, Papanicolaou et al. 2011, Tzoura and Triantafillou 2014).

Τα ΙΑΜ αποτελούν σύνθετα υλικά με εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες. Εκτός από την συμβολή τους στην αειφορία των κατασκευών ένας ακόμα σημαντικός λόγος που έχουν γνωρίσει συστηματική ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια είναι και το «πράσινο» προφίλ που τα χαρακτηρίζει, δηλαδή αποτελεί λύση φιλική προς το περιβάλλον, ζήτημα ιδιαίτερα επίκαιρο. Αυτή η επίδραση εξάγεται από το γεγονός ότι η χρήση των ΙΑΜ οδηγεί στην επίτευξη λεπτών παχών για τις διατομές στα φέροντα μέλη της κατασκευής. Γεγονός που φέρει ως συνέπεια την μείωση της χρήσης σκυροδέματος που προέρχεται από τσιμέντο τύπου Portland. Ζητούμενο της εποχής μας είναι η μείωση των ρύπων από τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) κάτι που

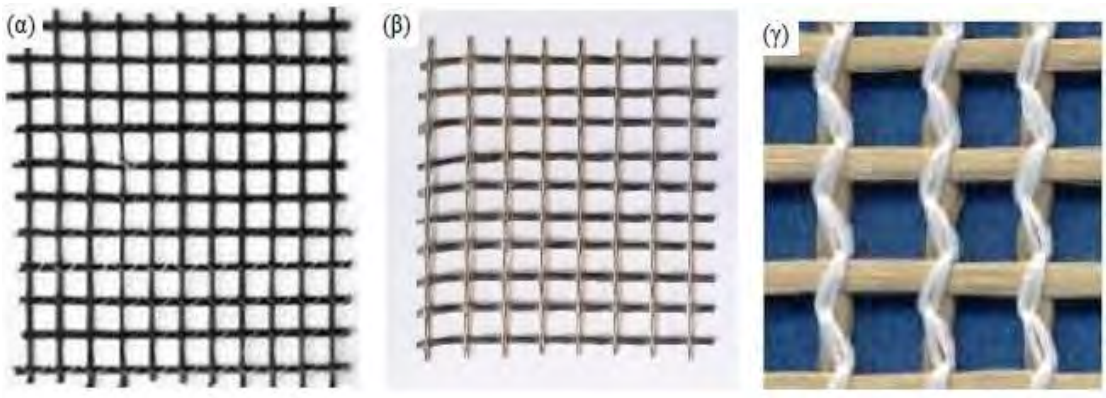
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

επιτυγχάνεται με τον περιορισμό της παραγωγής τσιμέντου Portland, μια διαδικασία που αποτελεί σημαντική πηγή εκπομπής ρύπων και με μεγάλη ενεργειακή απαίτηση.

Τα IAM, όπως προαναφέρθηκε αποτελούν ένα νέου τύπου σύνθετο υλικό. Τη σύνθεση του αύτη την απαρτίζουν δύο επιμέρους υλικά (α) τα πλέγματα ινών (ινοπλέγματα) τα οποία λειτουργούν ως ο οπλισμός του συνθετικού υλικού και (β) το κονίαμα ανόργανης σύστασης, συνήθως έχει ως βάση το τσιμέντο, που αποτελεί το μητρικό υλικό του σύνθετου υλικού. Στη συνέχεια παρατίθενται κάποια στοιχεία για τα επιμέρους αυτά υλικά.

- **Ινοπλέγματα**

Τα πλέγματα ινών ή ινοπλέγματα αποτελούν κατ' ουσία τον οπλισμό των IAM, είναι ίνες υψηλής αντοχής οι οποίες τοποθετούνται σε μορφή πλέγματος (textile) με βροχίδες (Σχήμα 2.1.4). Αποτελούνται από ευθύγραμμους διατεταγμένους κλώνους ινών με προσανατολισμό δύο ή και περισσότερων διευθύνσεων. Οι κλώνοι συντίθενται από πολλά νήματα ινών και διατάσσονται ανά αποστάσεις μεταξύ τους δημιουργώντας βροχίδες αποβλέποντας στην δημιουργία κενών. Τα κενά αυτά χρησιμεύουν για την αποδοτικότερη διείσδυση του κονιάματος ανάμεσά τους εξασφαλίζοντας την ανάπτυξη της μηχανικής εμπλοκής του οπλισμού και της οργανικής μήτρας. Στο Σχήμα 2.1.4 παρουσιάζονται κάποια είδη ινοπλεγμάτων.



Σχήμα 2.1.4 (α) Πλέγμα ινών άνθρακα, (β) πλέγμα ινών υάλου, (γ) πλέγμα ινών αραμιδίου - πλαστικού

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Οι τρόποι ύφανσης των ινοπλεγμάτων διαφέρουν και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αποτελεί ο τρόπος παρασκευής των πλεγμάτων μέσω της ύφανσης των οριζόντιων και των κατακόρυφων κλώνων (woven textiles) μία τεχνική που καθιστά την δομή αρκετά σταθερή. Η δεύτερη περίπτωση αποτελεί η συγκράτηση των οριζόντιων με τους κατακόρυφους κλώνους με πρόσθετα ειδικά νήματα (non-woven textiles) κάτι που καθιστά την σταθερότητα αυτής της δομής άμεσα συναρτώμενη από την ποιότητα των νημάτων ύφανσης. Ακόμη, η γεωμετρική σταθερότητα των πλεγμάτων, δηλαδή η διατήρηση της ευθυγραμμίας των κλώνων ανά διεύθυνση, αποτελεί βασική προϋπόθεση για τον επιτυχή εμποτισμό των πλεγμάτων με το μητρικό υλικό (Μπουρνάς, 2008).

Η επικάλυψη των ινών του πλέγματος με κάποιο πρόσθετο πολυμερές (π.χ. ρητίνη) έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της δομικής ακεραιότητας του πλέγματος. Ωστόσο επιφέρει το πρόβλημα ότι τα πλέγματα με επικάλυψη των ινών από κάποιο πολυμερές εμφανίζουν δυσκολία εφαρμογής τους σε περίπλοκες γεωμετρίες διότι αυξάνεται η δυσκαμψία τους. Ο βαθμός αύξησης της δυσκαμψίας τους εξαρτάται από το ποσοστό εμποτισμού των ινών από το πολυμερές.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία των ινοπλεγμάτων των IAM είναι κατά βάση τα ίδια που χρησιμοποιούν τα ΙΟΠ κάνοντας χρήση των καλών τους μηχανικών ιδιοτήτων όπως αυτά έχουν αναφερθεί παραπάνω. Οφείλει να επισημανθεί όμως ότι κάποια υλικά (π.χ. ίνες υάλου) εμφανίζουν ευαισθησία σε αλκαλικό περιβάλλον όπως το κονίαμα με τσιμεντοειδή σύσταση. Στην περίπτωση αυτή η προεπεξεργασία τους για την αύξηση της ανθεκτικότητας τους σε αλκαλικό περιβάλλον είναι επιβεβλημένη όμως η διεργασία αυτή επιφέρει και σημαντική αύξηση του κόστους τους. Σημειώνεται ότι στην περίπτωση των επικαλυμμένων ινών με κάποιο πολυμερές η επεξεργασία αυτή δεν καθίσταται απαραίτητη καθώς διαθέτουν ήδη προστασία έναντι αλκαλικού περιβάλλοντος.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

- Τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά ενός πλέγματος ινών συνοψίζονται στα εξής :

(α) Η ποσότητα των ινών σε κάθε ευθύγραμμο κλώνο, η οποία εκφράζεται ως το βάρος του κλώνου σε g ανά χιλιόμετρο μήκους (tex: g/km).
(β) Η απόσταση μεταξύ δύο ευθύγραμμων κλώνων ινών ανά διεύθυνση, η οποία καθορίζει το μέγεθος των κενών.
(γ) Η κατανομή της συνολικής ποσότητας ινών ανά διεύθυνση (π.χ. κατανομή 50-50% σημαίνει ίση ποσότητα ινών στις δύο διευθύνσεις).
(δ) Το επιφανειακό βάρος του πλέγματος ινών που εκφράζεται σε g/m2 και πρακτικά καθορίζει, την κατανομή της ποσότητας των ινών ανά διεύθυνση, τη συνολική ποσότητα ινών ανά διεύθυνση και ανά μέτρο πλάτους του πλέγματος (Koutas, 2015).

- **Ανόργανη μήτρα**

Η ανόργανη μήτρα υπηρετεί τον ρόλο του συνδετικού υλικού μεταξύ ινοπλέγματος και της επιφάνειας του προς ενίσχυση στοιχείου. Η μήτρα είναι αυτή που έχει ως ρόλο να μεταβιβάζει τις εφελκυστικές δυνάμεις στις ίνες (οι ίνες παραλαμβάνουν μόνο εφελκυστικές τάσεις). Επιπλέον αυξάνει τη διατμητική και τη θλιπτική αντοχή της στρώσης ενίσχυσης ενώ ακόμα, προσφέρει και προστασία στο πλέγμα από την φυσική διάβρωση λόγω έκθεσης του στο περιβάλλον.

Η απόκριση των IAM ως σύνθετο υλικό καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την σύσταση της ανόργανης μήτρας. Το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί ως μήτρα για τα IAM οφείλει να πληροί συγκεκριμένες προϋποθέσεις οι οποίες αφορούν κυρίως τις μηχανικές ιδιότητες, την διαδικασία παραγωγής αλλά και την ανθεκτικότητα των IAM. Οι όσο το δυνατόν καλύτερες συνθήκες συνάφειας μεταξύ του πλέγματος ινών και της μήτρας είναι ζωτική λειτουργία που πρέπει να παρέχει η ανόργανη μήτρα στο σύστημα ενίσχυσης, δηλαδή η διείσδυση της στο ινόπλεγμα. Ως αποτέλεσμα αυτού η ικανοποιητική ροή του κονιάματος είναι απαραίτητη κάτι που επιτυγχάνεται από την επιλογή λεπτόκοκκης σύστασης (μέγιστος κόκκος αδρανών < 2 mm).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Συνοπτικά παρουσιάζονται κάποιες από τις απαιτήσεις που οφείλει να πληροί το ανόργανο μητρικό υλικό :

- υψηλή εργασιμότητα.
- ανθεκτικότητα σε δυσμενείς καιρικές και περιβαλλοντικές συνθήκες.
- υψηλό ιξώδες (για εύκολη εφαρμογή σε κατακόρυφες επιφάνειες).
- χαμηλό ρυθμό απώλειας της εργασιμότητας (η εφαρμογή κάθε στρώσης κονιάματος είναι δυνατή, ενώ η προηγούμενη στρώση βρίσκεται ακόμα σε νωπή κατάσταση).
- επαρκής διατμητική αντοχή, για την αποτροπή μορφών αστοχίας που σχετίζονται με την πρόωρη αποκόλληση του σύνθετου υλικού από το υπόστρωμα (σκυρόδεμα ή τοιχοπλήρωση).
- συμβατή χημική δομή με τη χημική δομή του πλέγματος των ινών.

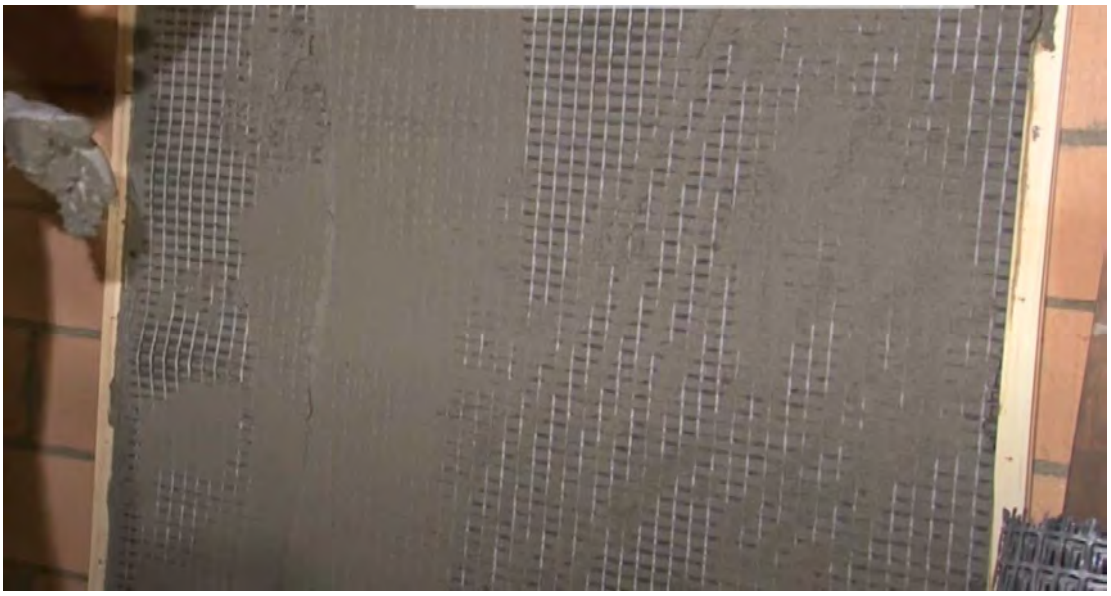
Η πλέον διαδεδομένη μήτρα που χρησιμοποιείται στις εφαρμογές ενίσχυσης αποτελεί το κονίαμα με βάση το τσιμέντο τύπου Portland. Το πιο διαδεδομένο τσιμέντο παγκοσμίως για την παρασκευή σκυροδέματος. Η προσθήκη κλάσματος πολυμερών στο κονίαμα προσφέρει βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες και συγκεκριμένα την διατμητική τάση συνάφειας μεταξύ κονιάματος και υποστρώματος. Το αποτέλεσμα αυτής της προσθήκης βελτιώνει την συνάφεια μεταξύ των κλώνων ινών και το μητρικό υλικό καθώς αυξάνει και την εφελκυστική αντοχή του κονιάματος.

Επομένως συμπεραίνουμε ότι η μήτρα εξυπηρετεί διττό ρόλο. Εκτός από την εξασφάλιση της συνεργασίας ινοπλέγματος- μήτρας μέσω μηχανικής εμπλοκής και χημικής συνάφειας λειτουργεί και σαν κόλλα μεταξύ του συστήματος IAM και του εκάστοτε υποστρώματος (στοιχείο οπλισμένου σκυροδέματος ή τοιχοποιία).

Η σημασία της συνάφειας μεταξύ των συστατικών των IAM είναι πρώτιστης σημασίας για την επιθυμητή μηχανική συμπεριφορά των IAM. Στην περίπτωση που οι συνθήκες συνάφειας είναι οι δέουσες η ενίσχυση των IAM σημειώνει χαρακτηριστικά υψηλής αντοχής και ψαθυρότητας ενώ στην αντίθετη περίπτωση το αποτέλεσμα επιφέρει χαμηλή αντοχή και χαρακτηριστικά ψευδό-πλαστιμότητας.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Σχήμα 2.1.5 Εφαρμογή ινοπλέγματος υάλου σε φέρουσα τοιχοποιία.



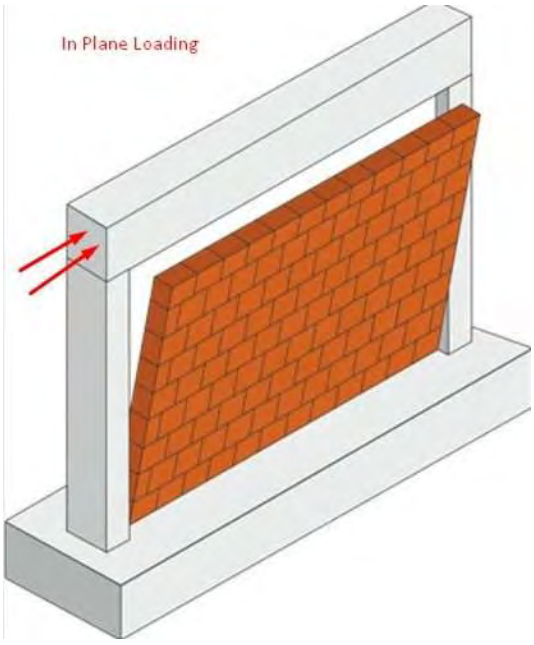
Σχήμα 2.1. 6 Εφαρμογή ανόργανης μήτρας πάνω από το ινόπλεγμα.

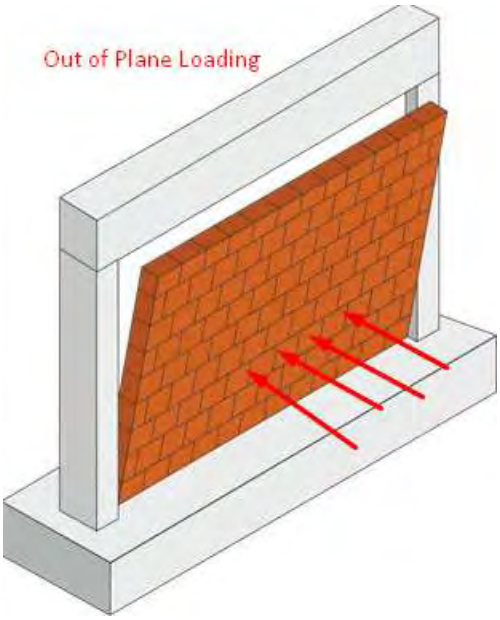
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

2.2 Ενίσχυση Εμφατνούμενων πλαισίων με χρήση ΙΑΜ

Η συμπεριφορά των πλαισιακών κατασκευών με τοιχοπληρώσεις υπό σεισμικές φορτίσεις αποτελεί αντικείμενο διαχρονικής έρευνας μεταξύ των μηχανικών. Η ανομοιογένεια των υλικών της τοιχοποιίας όσο και οι ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν στην διεπιφάνεια τοίχου-πλαισίου καθιστούν την περιγραφή της συμπεριφοράς των εμφατνούμενων πλαισίων μέσω μαθηματικών μοντέλων πρακτικά αδύνατη.

Οι τοιχοπληρώσεις υποβάλλονται σε σεισμικά φορτία με αποτέλεσμα να κάμπτονται εντός και εκτός επιπέδου. Οι όροι εντός (In Plane) και εκτός επιπέδου φόρτιση (Out of Plane), αποδίδουν την διεύθυνση επιβολής του φορτίου. Έτσι καθίσταται σημαντική τόσο η εντός όσο και η εκτός επιπέδου ενίσχυση καθώς αν η μια παραλειφθεί μπορεί να επιφέρει δυσχερή αποτελέσματα στην απόδοση της άλλης. Στα Σχήματα 2.2.1 και 2.2.2 διαφαίνεται η εντός και η εκτός επιπέδου φόρτιση ενός πλαισίου.



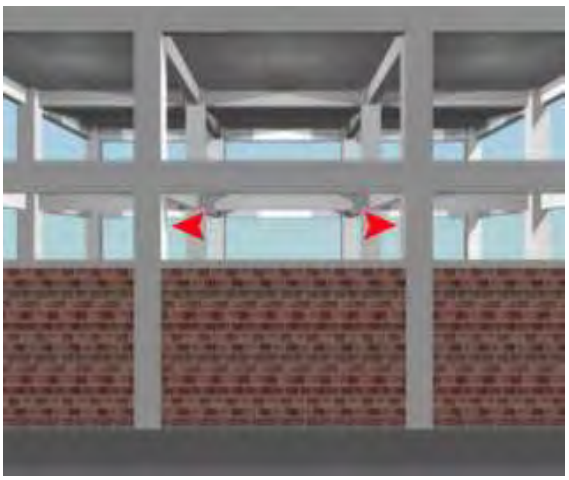


Σχήμα 2.2.1 Εντός Επιπέδου Φόρτιση-IP **Σχήμα 2.2.2** Εκτός Επιπέδου Φόρτιση-OOP

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Από πειραματικά συστήματα που έχουν εκπονηθεί με στόχο την μελέτη της εντός και εκτός συμπεριφοράς των τοιχοπληρωμένων πλαισίων σημειώθηκε ότι για χαμηλές τιμές εντός επιπέδου φόρτισης το σύστημα τοίχος πλαίσιο συμπεριφέρεται σαν ένα ενιαίο στοιχείο. Για μεγάλες τιμές πλευρικής φόρτισης η τοιχοποιία προσομοιάζει μια θλιβόμενη διαγώνιο. Επιπλέον, η παρουσία της τοιχοπλήρωσης διαπιστώθηκε ότι επιφέρει πολύ σημαντικές ενισχύσεις στο πλαίσιο, αυξάνει σημαντικά την δυσκαμψία του πλαισίου καθώς και την απορρόφηση ενέργειας του συστήματος σε ποσοστό 4-6% έως και 12% (Akhoundi et al. 2018).

Όμως εκτός από τις ευεργετικές της ικανότητες η τοιχοποιία είναι πιθανό να δημιουργήσει και ανεπιθύμητα φαινόμενα. Σε περίπτωση που η τοιχοποιία δεν καλύπτει όλο το μήκος των υποστυλωμάτων (συνήθως συνεχίζονται από διαδοχικά παράθυρα όπως σε παλιά σχολεία ή βιομηχανικά κτήρια) έχει ως αποτέλεσμα την διατμητική αστοχία των υποστυλωμάτων στο σημείο επαφής με το πλαίσιο. Δημιουργώντας έτσι το φαινόμενο των κοντών υποστυλωμάτων (Καραγιάννης, 2019)



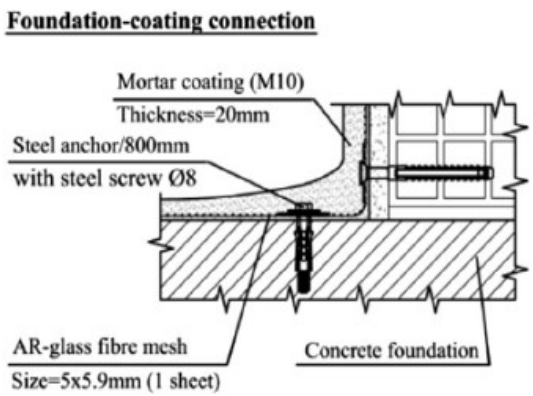
Σχήμα 2.2.3 Διακοπή τοιχοποιίας που οδηγεί στην δημιουργία κοντών υποστυλωμάτων.

Σχήμα 2.2.4 Διατμητική αστοχία κοντού υποστυλώματος

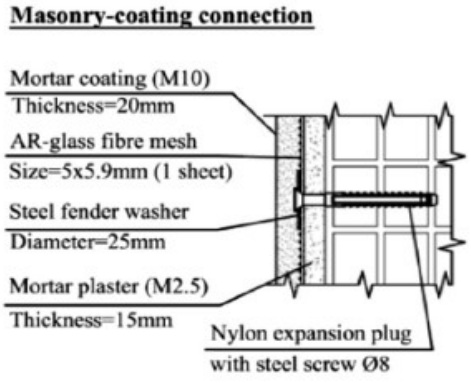
Στην συνέχεια, παρουσιάζονται οι πειραματικές διατάξεις και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από έρευνες που εμπεριέχονται στην βάση δεδομένων σε ενισχυμένα τοιχοπληρωμένα πλαίσια από διάφορους μελετητές σε διεθνές επίπεδο.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

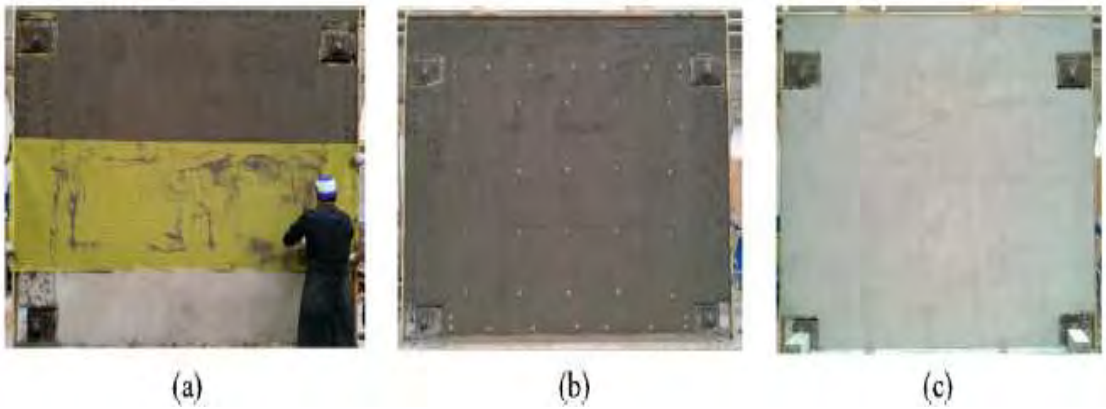
Αρχικά, έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Facconi et al.(2018) εξετάζει την απόκριση τοιχοπληρωμένων πλαισίων, με υλικό πλήρωσης τους οπτόπλινθους, σε εντός επιπέδου ανακυκλιζόμενη φόρτιση. Το πλαίσιο ήταν μονώροφο με ένα άνοιγμα, η κλίμακα του ήταν πλήρης (1:1). Διερευνήθηκαν τρία δοκίμια το ένα χωρίς ενίσχυση τα άλλα δύο με σύστημα IAM από ίνες υάλου στην μία πλευρά της τοιχοποιίας τους (CRP). Επίσης χρησιμοποιήθηκαν χαλύβδινα αγκύρια με την βάση του πλαισίου όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.2.5 και ένα βύσμα νάιλον με μια μεταλλική βίδα για την σύνδεση τοιχοποιίας και της επικάλυψη της τοιχοποιίας (Σχήμα 2.2.6).



Σχήμα 2.2.5 Λεπτομέρειες της σύνδεσης ενίσχυσης με την δοκό βάσης του πλαισίου (Facconi et al 2018).



Σχήμα 2.2.6 Λεπτομέρειες της σύνδεσης ενίσχυσης με την επικάλυψη. (Facconi et al 2018).

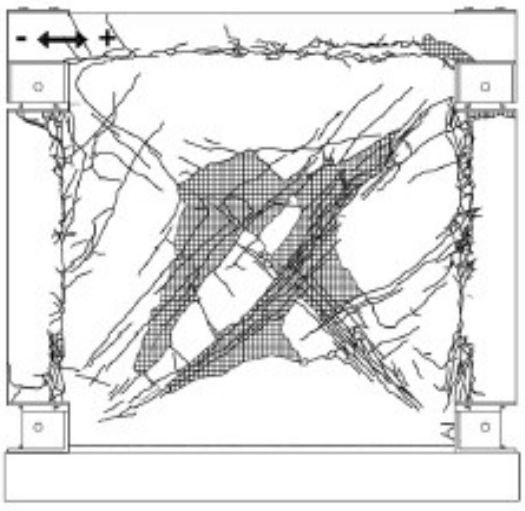


Σχήμα 2.2.7 Διαδικασία της ενίσχυσης σταδιακά (a)εφαρμογή του ινοπλέγματος υάλου (b)εφαρμογή της σύνδεσης τοιχοποιίας επικάλυψης (c)ολοκληρωμένη όψη(Facconi et al 2018).

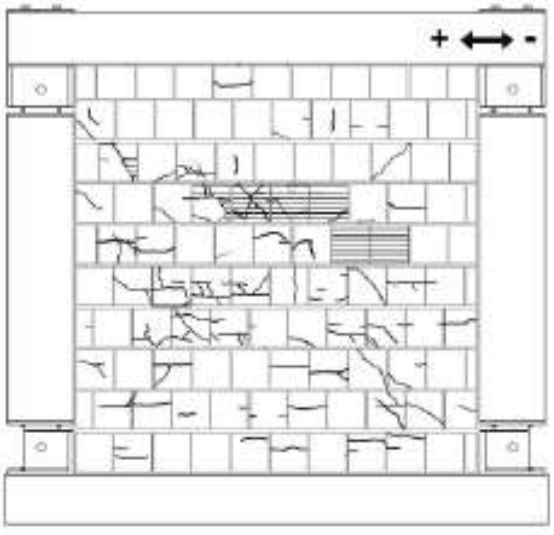
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Από την έρευνα προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Σε σχέση με το δοκίμιο αναφοράς (μη ενισχυμένο τοιχοπληρωμένο πλαίσιο) τα δύο ενισχυμένα πλαίσια επέδειξαν σημαντική αύξηση της πλευρικής τους δυσκαμψίας 57% για το ένα 70% για το άλλο, ικανότητα που μπόρεσαν να διατηρήσουν ακόμα και για μεγάλες τιμές πλευρικής μετατόπισης.
- Σημαντική ήταν και η ικανότητα των ενισχυμένων να παραλάβουν πλευρικά φορτία, αυξημένη πάνω από 50% σε σχέση με το δοκίμιο αναφοράς.
- Σημειώθηκαν σημαντικές βλάβες στην επικάλυψη εξαιτίας της διατμητικής ολίσθησης χωρίς να μπορέσει να εκμεταλλευτεί πλήρως δομική απόδοση της προτεινόμενης τεχνικής. Θα πρέπει να αναπτυχθούν καταλληλότεροι σύνδεσμοι για τον καλύτερο έλεγχο του μηχανισμού ολίσθησης για να καθυστερήσει την κατάρρευση της τοιχοποιίας.
- Η πρώιμη βλάβη της τοιχοποιίας φάνηκε να μην επηρεάζει την μεγίστη φόρτιση και την πλευρική μετατόπιση των δοκιμίων.



Σχήμα 2.2.8 Δημιουργία ρωγμών μπροστά όψη (Facconi et al 2018).

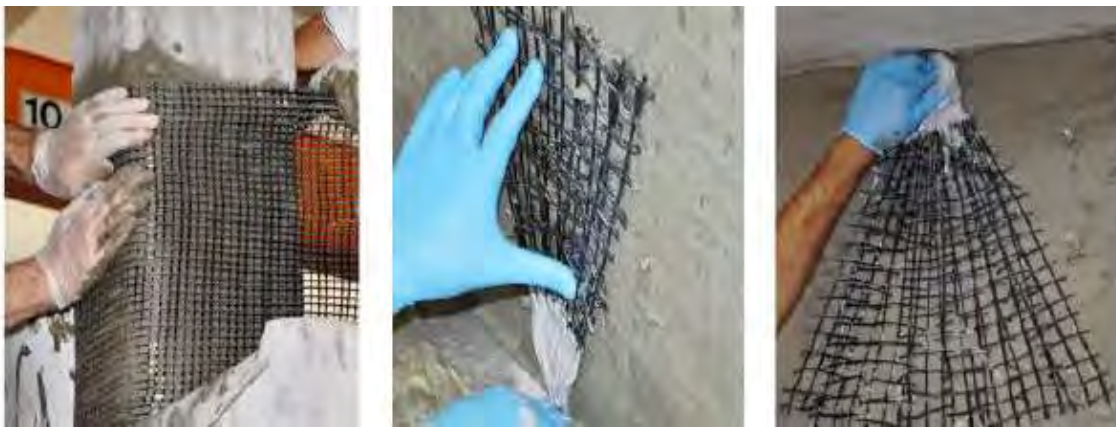


Σχήμα 2.2.9 Δημιουργία ρωγμών πίσω όψη (Facconi et al 2018).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

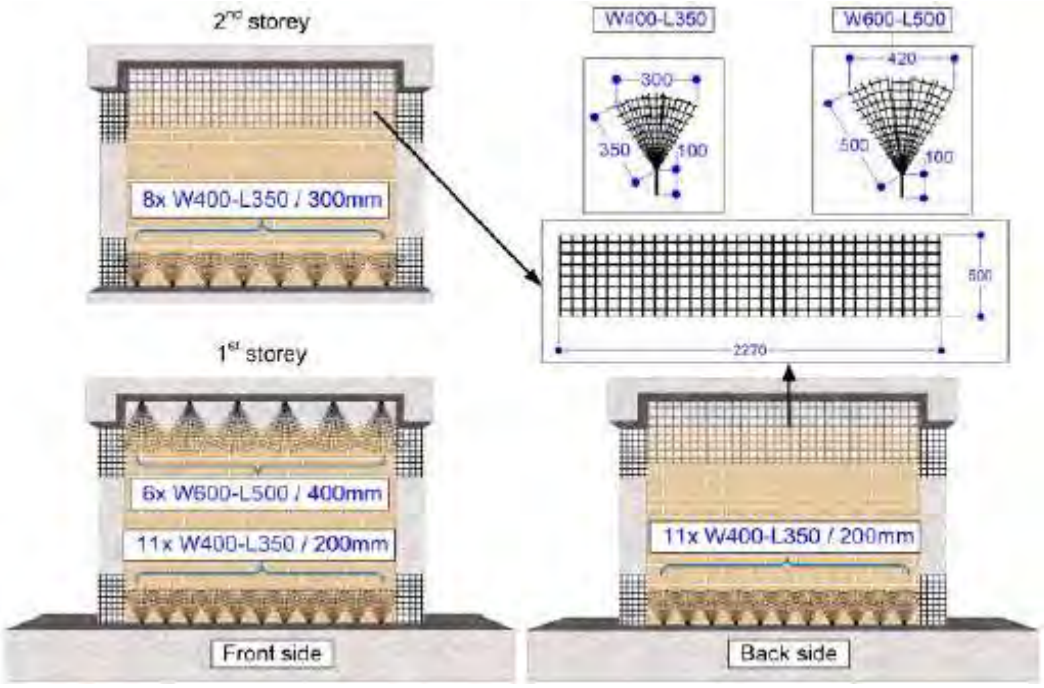
Μία ακόμα έρευνα που εμπεριέχεται στην βάση δεδομένων είναι αυτή από τους Kouta et al (2015) που εξετάζει πολυώροφο πλαίσιο υποβαλλόμενο σε εντός επιπέδου ανακυκλιζόμενη φόρτιση. Τα πλαίσια που κατασκευάστηκαν ήταν δύο τριώροφα τοιχοπληρωμένα πλαίσια σε κλίμακα 2:3,ελαφρά οπλισμένα και χωρίς αντισεισμική σχεδίαση. Χρησιμοποιήθηκε η τεχνική των ΙΑΜ για την ενίσχυση της τοιχοπλήρωσης. Αμφότερα των πλευρών της τοιχοπλήρωσης τοποθετήθηκε μία στρώση ινοπλέγματος άνθρακα (εκτός του 1^{ου} ορόφου, τοποθετήθηκε διπλή στρώση). Ακόμη χρησιμοποιήθηκαν ειδικά αγκύρια για την σύνδεση των πλεγμάτων στα πλαίσια τα οποία τοποθετήθηκαν στην κορυφή της πρόσοψης του πρώτου ορόφου.

Σχήμα 2.2.10 Τα στάδια ενίσχυσης του τριώροφου πλαισίου (Koutas et al 2015).



Σχήμα 2.2.11 Εφαρμογή ινοπλέγματος ΙΑΜ στο υποστύλωμα και αγκυρώσεις (Koutas et al 2015).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

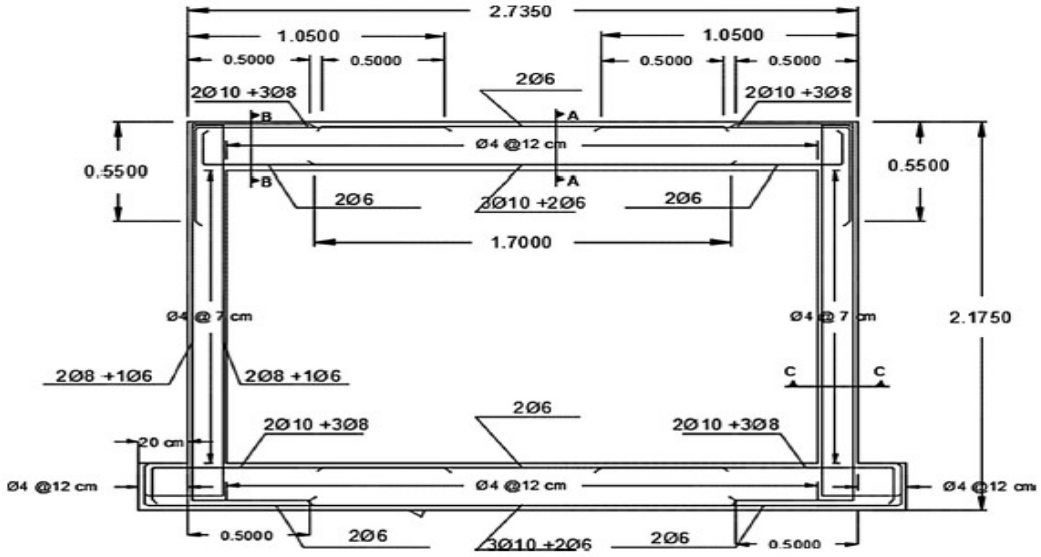


Σχήμα 2.2.12 Λεπτομέρειες και διαστάσεις(χιλιοστά) των αγκυρίων και των ινοπλεγμάτων ενίσχυσης(Koutas et al 2015).

Από την έρευνα προέκυψε ότι η εφαρμογή της ενίσχυσης βελτίωσε την αύξηση της πλευρικής αντοχής κατά 56% σε σχέση με το δοκίμιο αναφοράς (μη ενισχυμένο δοκίμιο). Η απορρόφηση της ενέργειας αντίστοιχα αυξήθηκε κατά 22% μεταξύ των δοκιμίων. Η πλευρική δυσκαμψία του ενισχυμένου δοκιμίου για τον πρώτο όροφο παρατηρήθηκε ότι παρουσιάζει σχεδόν διπλασιασμό για τις μικρές τιμές μετατόπισης αλλά για τις μεγαλύτερες τιμές μετατόπισης η απόδοση αυτή μειώνεται. Η αγκύρωση των πλεγμάτων στα υποστυλώματα αποκολλήθηκε μόνο στα μέσα αυτών στον πρώτο όροφο μετά την ολοκλήρωση του πέμπτου κύκλου φόρτισης ενώ οι αγκυρώσεις στην βάση των τοίχων πλήρωσης και πρώτου και του δεύτερου ορόφου δεν παρουσίασαν αστοχίες. Επισημάνθηκε επίσης, ότι η παρουσία των ειδικών αγκυρίων αποδείχτηκε ιδιαίτερα αποτελεσματική στην καθυστέρηση και μερικές φορές ακόμα και την ολική αποτροπή της αποκόλλησης των ινοπλεγμάτων.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

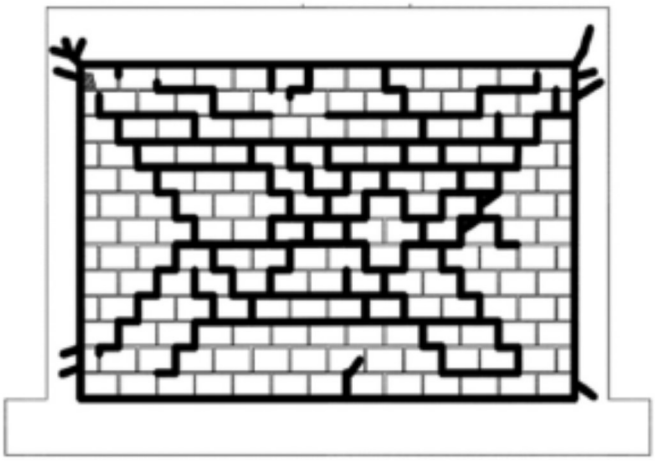
Την εντός επιπέδου ενίσχυση με συστήματα ΙΑΜ εξετάζουν σε πειραματική εργασία οι Akhoundi et al. (2018). Η πειραματική διάταξη βασίστηκε σε στατικές ανακυκλιζόμενες δοκιμές σε εφτά στο σύνολο τοιχοπληρωμένα πλαίσια της κλίμακας 1:2. Στην τοιχοποιία των πλαισίων εφαρμόστηκαν σε δύο από αυτά μια στρώση από ΙΑΜ υάλου (GTRM) και στις δυο πλευρές της τοιχοποιίας. Σημειώνεται ότι η παρουσία τοιχοπλήρωσης, ακόμα και μικρής αντοχής, σε ένα πλαίσιο σε σχέση με ένα μη τοιχοπληρωμένο πλαίσιο είναι δυνατό να αυξήσει σε σημαντικό βαθμό την αρχική του δυσκαμψία και την πλευρική του αντοχή. Στην παρούσα έρευνα η αύξηση της αρχικής δυσκαμψίας κυμαίνεται από 5 έως 14 φόρες καθώς και η πλευρική αντοχή, ανάλογα με την ποιότητα της κατασκευής, από 1,3 έως 1,9 φορές. Επιπλέον η μείωση της αντοχής παρατηρήθηκε ότι ξεκίνησε όταν άρχισαν να σχηματίζονται οι ρηγματώσεις. Σημειώνεται ότι η ο ρυθμός απομείωσης της δυσκαμψίας είναι φανερά υψηλότερος στο τοιχοπληρωμένα πλαίσια από ότι στα μη και ότι η παρουσία αυτή της τοιχοπλήρωσης συνέβαλε σημαντικά στον περιορισμό της βλάβης που υφίσταται το πλαίσιο εξαιτίας των φορτίσεων. Η χρήση των ΙΑΜ συντέλεσε στην βελτίωση της εντός επιπέδου συμπεριφοράς των δοκιμίων αυξάνοντας την αντοχή και την δυσκαμψία των ενισχυμένων τοιχοπληρώσεων αντίστοιχα. Εμφανής ήταν και ο περιορισμός των ρηγματώσεων στην επιφάνεια της τοιχοπλήρωσης καθώς παρατηρήθηκε μείωση των ρωγμών στους οπτόπλινθους της τοιχοποιίας.



Σχήμα 2.2.13 Η γεωμετρία(διαστάσεις σε m) και ο οπλισμός του πλαισίου του πειράματος (Akhoundi et al. (2018).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

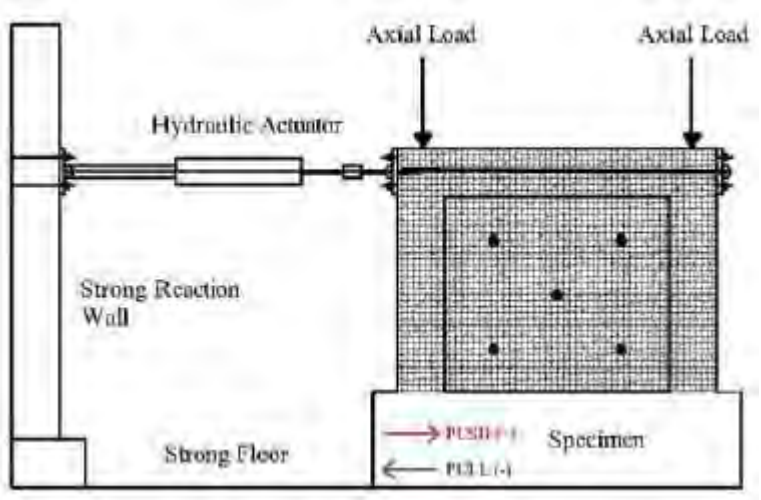
Σχήμα 2.2.14 Η διαδικασία της ενίσχυσης της τοιχοποιίας (Akhoundi et al. 2018).



Σχήμα 2.2.15 Η απεικόνιση της δημιουργίας ρωγμών στην επιφάνεια της τοιχοπλήρωσης στο πέρας των φορτίσεων (Akhoundi et al. 2018).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Η έρευνα των Selim et al.(2015) εξετάζει και αυτή την απόκριση εντός επιπέδου εμφατνούμενων πλαισίων. Για τις ανάγκες του πειράματος κατασκευάστηκαν δύο πλαίσια με το ένα από τα δύο να έχει ενίσχυση με δύο στρώσεις ινοπλέγματος υάλου στην τοιχοποιία του και στις δύο πλευρές της. Τα πλαίσια ήταν ενός ανοίγματος και ενός ορόφου και κλίμακας 1:3 και υποβλήθηκε σε ανακυκλιζόμενη οριζόντια φόρτιση. Χρησιμοποιήθηκαν αγκύρια πλέγματος όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2.18.



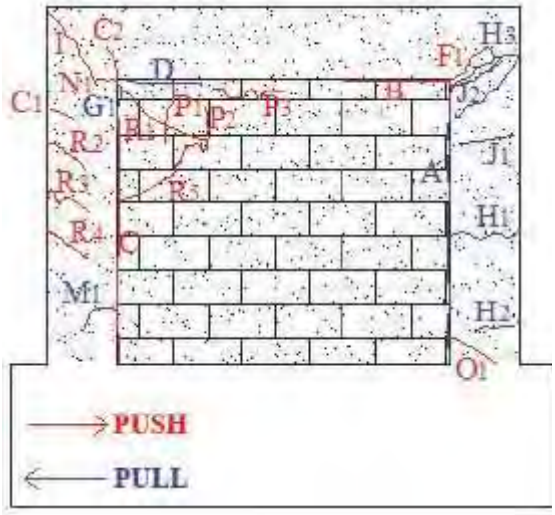
Σχήμα 2.2.16 Η πειραματική διάταξη (Selim et al. 2015).

Σχήμα 2.2.17 Ινόπλεγμα υάλου (Selim et al. 2015).

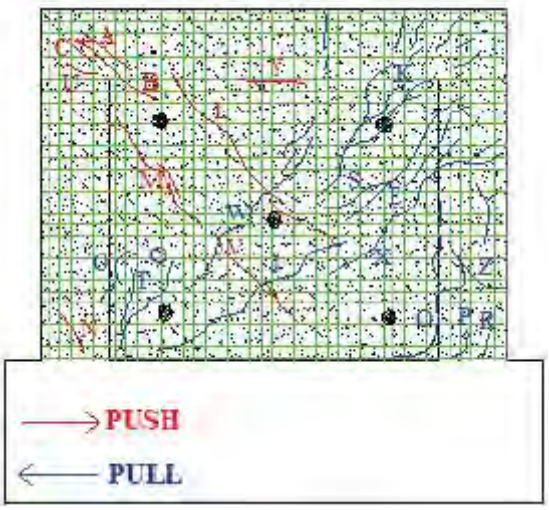
Σχήμα 2.2.18 Αγκύρια (Selim et al. 2015).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

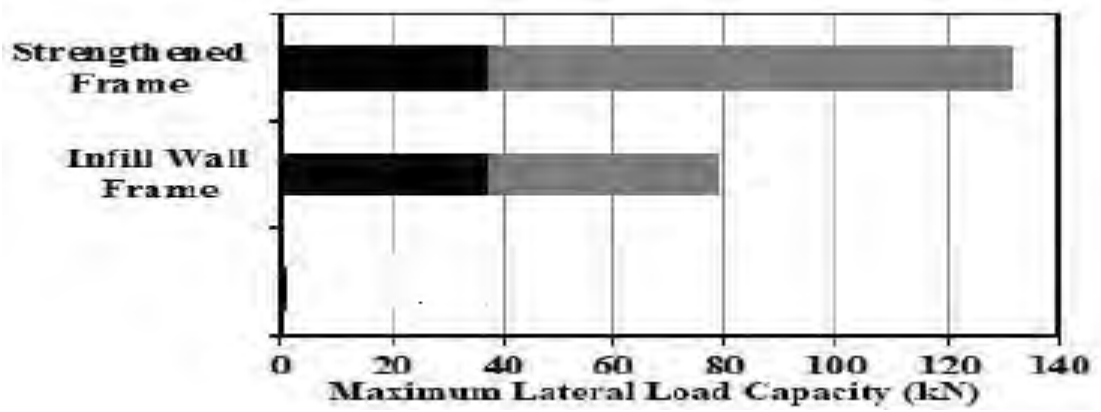
Κάποια από τα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι : η ενίσχυση με την χρήση των ΙΑΜ οδήγησε σε αύξηση της πλευρικής αντοχής, περίπου 1,7 φορές, και της όλκιμης συμπεριφοράς του δοκιμίου, επίσης αυξήθηκαν οι κύκλοι μετατόπισης. Ακόμα, και η απορρόφηση ενέργειας αυξήθηκε με την χρήση της ενίσχυσης και παρατηρήθηκε μείωση των βλαβών των στοιχείων ΟΣ του πλαισίου στα αρχικά στάδια της μετατόπισης.



Σχήμα 2.2.19 Δημιουργία ρωγμών μη ενισχυμένο δοκίμιο (Selim et al. 2015).



Σχήμα 2.2.20 Δημιουργία ρωγμών ενισχυμένο δοκίμιο (Selim et al. 2015).



Σχήμα 2.2.21 Η μέγιστη ικανότητα πλευρικής φόρτισης των δοκιμίων (Selim et al. 2015).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Εξίσου σημαντική θεωρείται από τους ερευνητές και η επιρροή της εκτός επιπέδου συμπεριφοράς των τοιχοπληρωμένων πλαισίων. Μια τέτοια πρόσφατη έρευνα αποτελεί η έρευνα από τους De Risi et al.(2020) που εξετάζει την επιρροή της ενίσχυσης με συστήματα IAM για εκτός επιπέδου φόρτιση των τοιχοπληρωμένων πλαισίων. Για τις ανάγκες της έρευνας κατασκευάστηκαν τέσσερα πλαίσια τοιχοπληρωμένα με οπτόπλινθους, ενός ανοίγματος και ενός ορόφου πλήρους κλίμακας (1:1). Το ένα από αυτά δεν ενισχύθηκε ενώ τα τρία υπόλοιπα ενισχύθηκαν στην μία πλευρά της τοιχοποιίας από μία στρώση TRM υάλου ενώ για την στερέωση των πλεγμάτων έγινε χρήση ειδικών αγκυρίων τύπου L (Σχήμα 2.2.22) για την σύνδεση ινοπλέγματος με το πλαίσιο ενώ πλαστικά αγκύρια για την σύνδεση ινοπλέγματος και τοιχοποιίας (Σχήμα 2.2.23).

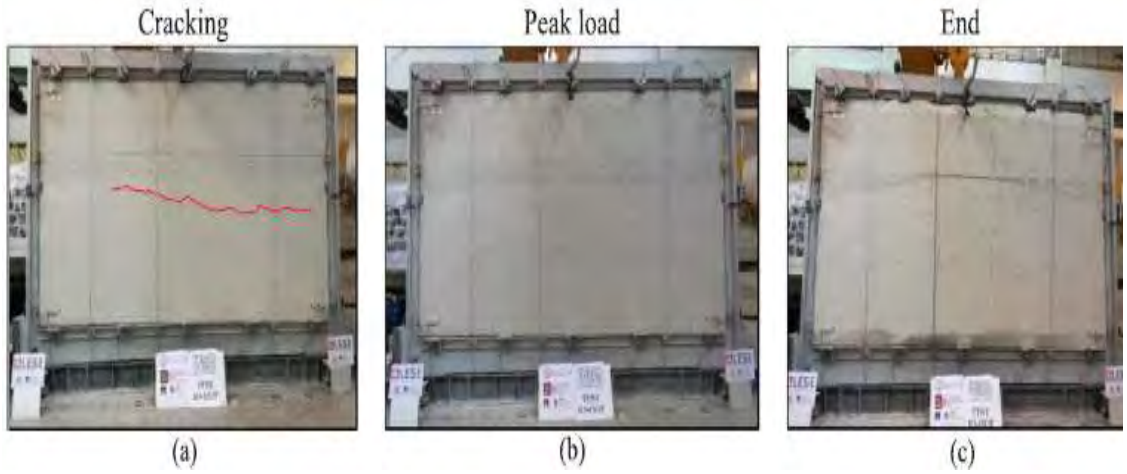
Σχήμα 2.2.22 Η εφαρμογή των αγκυρίων L σχήματος (De Risi et al. 2020).

Σχήμα 2.2.23 Λεπτομέρειες των πλαστικών αγκυρίων (De Risi et al. 2020).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Κάποια από τα συμπεράσματα που εξήχθησαν παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω :

- Η μέγιστη εκτός επιπέδου φόρτιση των ενισχυμένων δοκιμίων εμφάνισε αύξηση 1,82, 2,22 και 1,77 φορές αντίστοιχα σε σχέση με το δοκίμιο αναφοράς (μη ενισχυμένο πλαίσιο).
- Μπορεί να επιτευχθεί η μεγαλύτερη αύξηση αντοχής χρησιμοποιώντας "όλκιμο" κονίαμα και ένα αποτελεσματικό σύστημα σύνδεσης μεταξύ του ενισχυτικού σοβά και του περιβάλλοντα πλαισίου.
- Η ενέργεια που καταναλώθηκε, κατά μέσο όρο, στα τρία ενισχυμένα πλαίσια ήταν η διπλάσια σε σχέση με το πλαίσιο αναφοράς.
- Η χρήση των συνδέσμων ράβδων σχήματος L μεταξύ του ινοπλέγματος και του πλαισίου είχαν ως αποτέλεσμα σημαντική αύξηση του εκτός επιπέδου φορτίου και της ικανότητας μετατόπισης κατά την κατάρρευση.
- Όπως αναμενόταν η δυσκαμψία των ενισχυμένων πλαισίων αυξήθηκε σημαντικά.



Σχήμα 2.2.24 Δημιουργία ρωγμών σε διάφορες στιγμές του πειράματος (a)η δημιουργία πρώτης ρωγμής (b)στην μέγιστη φόρτιση (c)στο τέλος της φόρτισης

(De Risi et al. 2020).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Οι Da Porto et al. (2015) εξετάζουν την εντός και εκτός επιπέδου ανακυκλιζόμενη φόρτιση ελαφρά τοιχοπληρωμένων, με οπτόπλινθους, πλαισίων. Κατασκευάστηκαν για τις ανάγκες του πειράματος πέντε πλαίσια ενός ανοίγματος και ενός ορόφου σε πλήρη κλίμακα (1:1). Το ένα από αυτά δεν ενισχύθηκε, το ένα από αυτά ενισχύθηκε με ινόπλεγμα υάλου μιας στρώσης και στις δυο πλευρές της τοιχοποιίας και τα υπόλοιπα τρία ενισχύθηκαν με ινόπλεγμα από ίνες βασάλτη και χάλυβα και αυτά αντίστοιχα τοποθετήθηκαν σε μια στρώση και στις δυο πλευρές της τοιχοποιίας και εφαρμόστηκαν με την βοήθεια κονιάματος γεωπολυμερικής σύστασης. Κάποια από τα συμπεράσματα που προέκυψαν συνοψίζονται παρακάτω :

- Η εφαρμογή ειδικών κονιαμάτων ή η ενίσχυση με συστήματα IAM δεν επηρέασαν σημαντικά την αρχική δυσκαμψία και τη μέγιστη αντοχή του πλαισίου στην εντός επιπέδου φόρτιση. Ωστόσο η ενίσχυση περιόρισε σημαντικά την εμφάνιση βλαβών στην τοιχοπλήρωση, κάτι που έχει τεράστιο όφελος στην εκτός επιπέδου απόκρισή της.

- Τα κονιάματα με πολυμερή σε συνδυασμό με τα ινοπλέγματα βελτίωσαν τη συμπεριφορά μετά τη μέγιστη τιμή αντοχής (post-peak behavior) σε αντίθεση με τα κονιάματα χωρίς προσθετικά πολυμερή τα οποία οδήγησαν σε μία ασταθή συμπεριφορά και μείωση της αντοχής και της δυσκαμψίας.

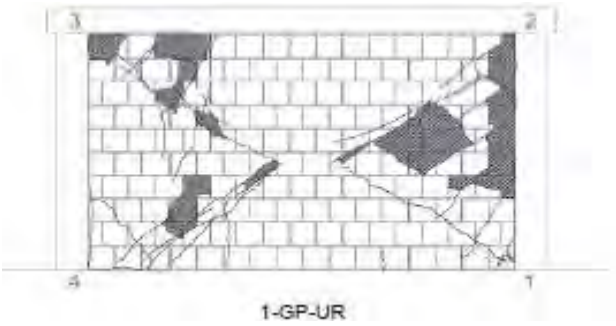
- Η χρήση αγκυρίων για τη σύνδεση των ινοπλεγμάτων με την πάνω δοκό του πλαισίου δεν μετέβαλε σημαντικά την εντός επιπέδου απόκριση αλλά συνέβαλε θετικά στη μείωση της βλάβης.

- Η χρήση κονιαμάτων με ή χωρίς την προσθήκη πολυμερών βελτίωσε την εκτός επιπέδου απόκριση των δοκιμίων αυξάνοντας την αντοχή περίπου, κατά μέσο όρο, 2,7 φορές. Όμως ο μηχανισμός αστοχίας εξαιτίας της εκτός επιπέδου φόρτισης παρέμεινε ψαθυρός. Από την άλλη, η συνδυασμένη χρήση βελτιωμένων κονιαμάτων και ινοπλεγμάτων επέφεραν αύξηση της αντοχής περίπου 3.5 φορές κατά μέσο όρο, ενώ το ενδιαφέρον χαρακτηριστικό ήταν η αλλαγή του τρόπου κατάρρευσης η οποία έγινε ελεγχόμενη και όχι ψαθυρή (Porto et al., 2015).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

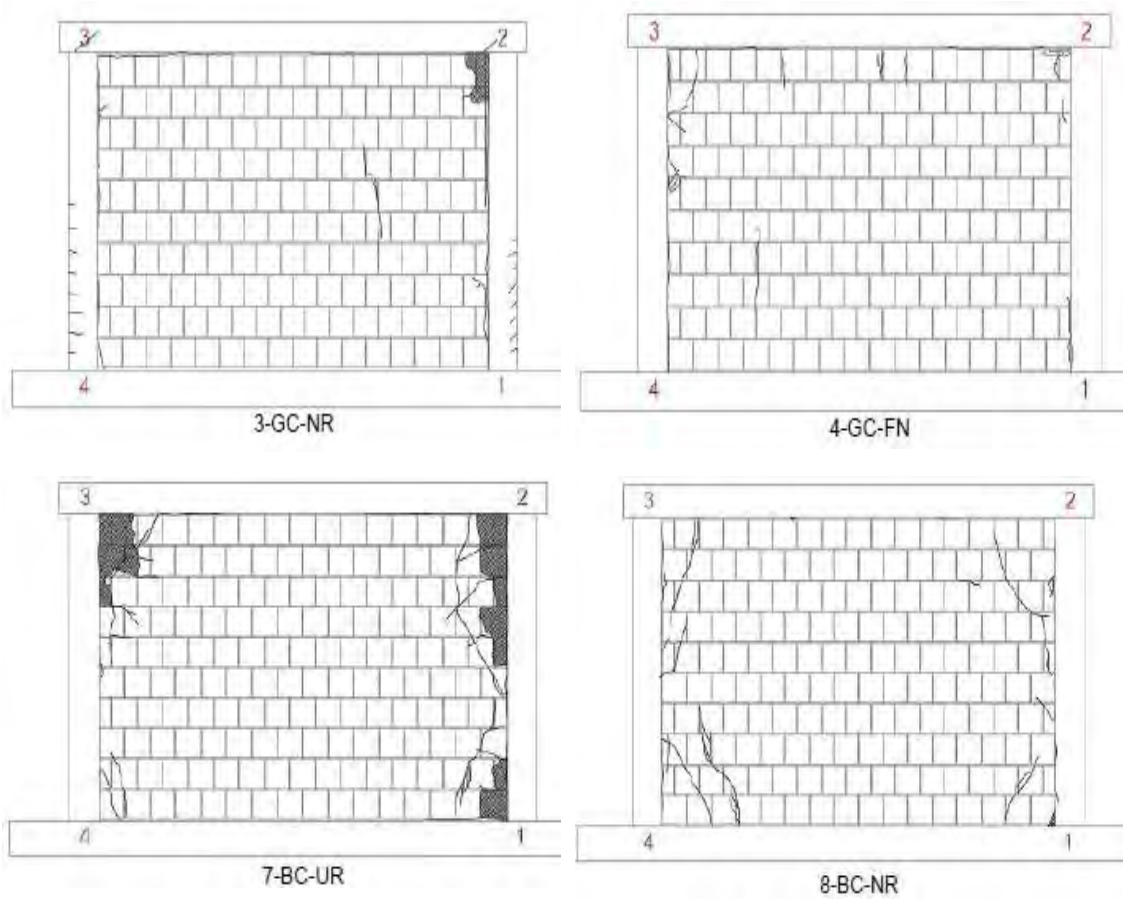
Σχήμα 2.2.25 Το σύστημα της πειραματικής διάταξης για την άσκηση εντός και εκτός επιπέδου φόρτισης(Porto et al., 2015).

Σχήμα 2.2.26 Η κατασκευή της τοιχοποιίας από οπτόπλινθους (Porto et al. 2015).



Σχήμα 2.2.27 Ο σχηματισμός ρωγμών στο πλαίσιο αναφοράς (Porto et al. 2015).

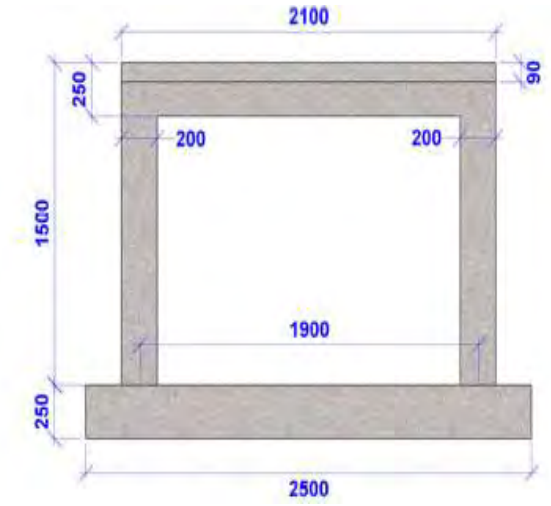
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



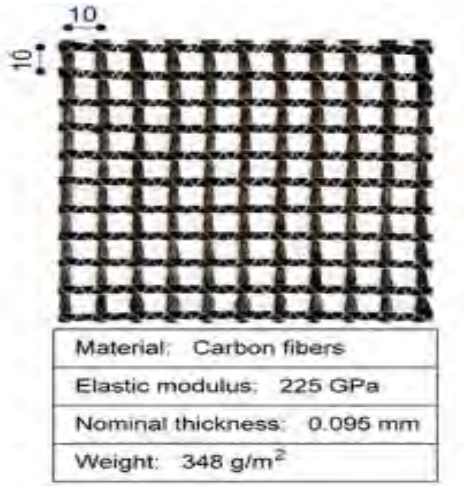
Σχήμα 2.2.28 Ο σχηματισμός ρωγμών στα υπόλοιπα πλαίσια στην εντός επιπέδου φόρτιση μετά το πέρας της (1,2% drift) (Porto et al. 2015).

Μία έρευνα ακόμα έρευνα από τους Koutas and Bournas (2019) διερευνά σε εκτός επιπέδου μονοτονική φόρτιση την συμπεριφορά των τοιχοπληρώσεων. Για την διεκπεραίωση του πειράματος κατασκευάστηκαν έξι τοιχοπληρωμένα πλαίσια. Τα δύο από αυτά δεν ενισχύθηκαν και χρησίμευσαν ως δοκίμια αναφοράς και τα υπόλοιπα τέσσερα ενισχυθήκαν με δύο στρώσεις TRM από ίνες άνθρακα (CTRM) και στις δύο πλευρές της τοιχοποιίας. Τα πλαίσια ήταν ενός ανοίγματος, ενός ορόφου και κατασκευασμένα σε μίση κλίμακα (1:2). Η μονοτονική φόρτιση ασκήθηκε σε τέσσερα σημεία στο σώμα της τοιχοποιίας. Οι κύριες παράμετροι που εξέτασαν οι ερευνητές αποτελούν η διαμόρφωση της σύνδεσης μεταξύ τοιχοποιίας και πλαισίου καθώς και το πάχος της τοιχοποιίας.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



Σχήμα 2.2.29 Γεωμετρία πλαισίου, μπροστά όψη (Koutas and Bournas 2019).



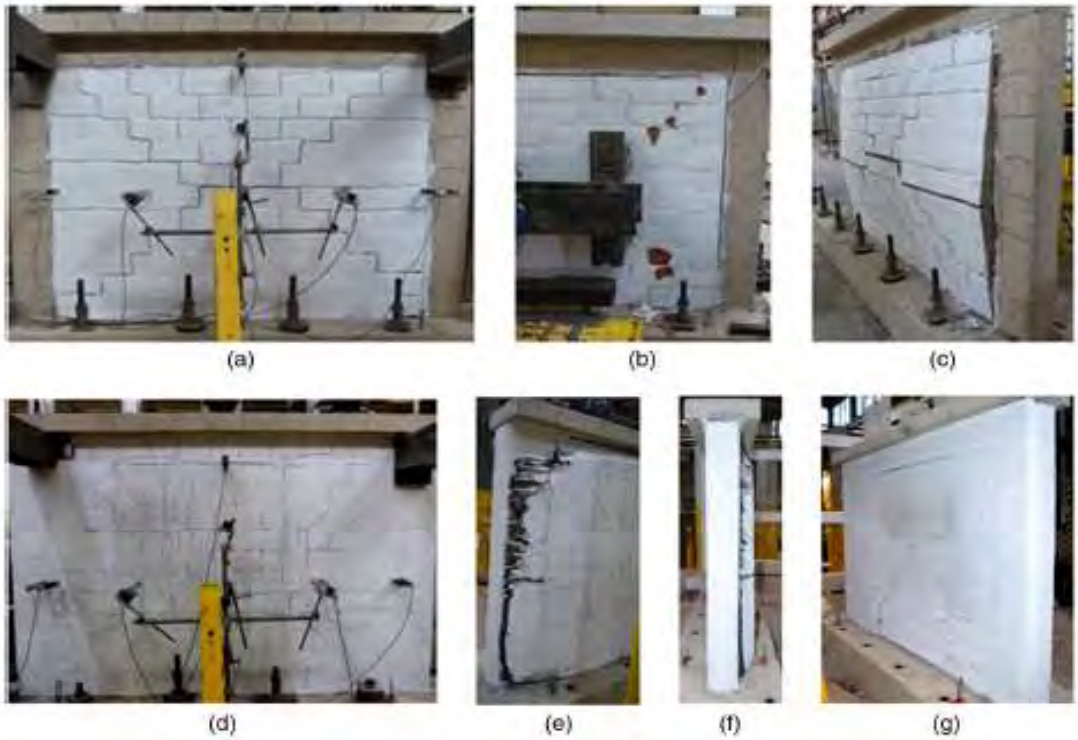
Σχήμα 2.2.30 Ινόπλεγμα από ίνες άνθρακα και οι ιδιότητες του (Koutas and Bournas 2019).

Σχήμα 2.2.31 Απεικόνιση της διαδικασίας ενίσχυσης (Koutas and Bournas 2019).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τους ερευνητές συνοψίζονται :

- Η τεχνική που χρησιμοποιήθηκε φάνηκε ιδιαίτερα αποδοτική για την εκτός επιπέδου ικανότητα φόρτισης καθώς για τα πλαίσια με μια στρώση τοιχοποιίας η αύξηση κυμαίνονταν από 3,79 έως 5,45 ενώ για την διπλή στρώση 2,45 αντίστοιχα.
- Η μέγιστη φόρτιση επηρεάζεται από την ικανότητα των συνδέσεων και όχι από την ικανότητα κάμψης του τοίχου.
- Τα πλαίσια με μονή τοιχοποιία κατά την σύνδεση τους με μέλη του πλαισίου εμφάνισαν αυξημένη αρχική δυσκαμψία (περίπου 20%).
- Η απορρόφηση ενέργειας αυξήθηκε από 138% έως και 261% σε σχέση με τα μη ενισχυμένα δοκίμια και η σύνδεση της μονής τοιχοπλήρωσης με τα στοιχεία του πλαισίου οδήγησε σε αύξηση 29% και 42% σε σχέση με τη μη συνδεδεμένη τοιχοποιία.
- Η αντοχή των μονών τοιχοποιιών βελτιώθηκε όταν αυτά συνδέθηκαν με τα στοιχεία ΟΣ του πλαισίου και επίσης μετρίασαν τον κίνδυνο κατάρρευσης και ενίσχυσαν την ανθεκτικότητα.



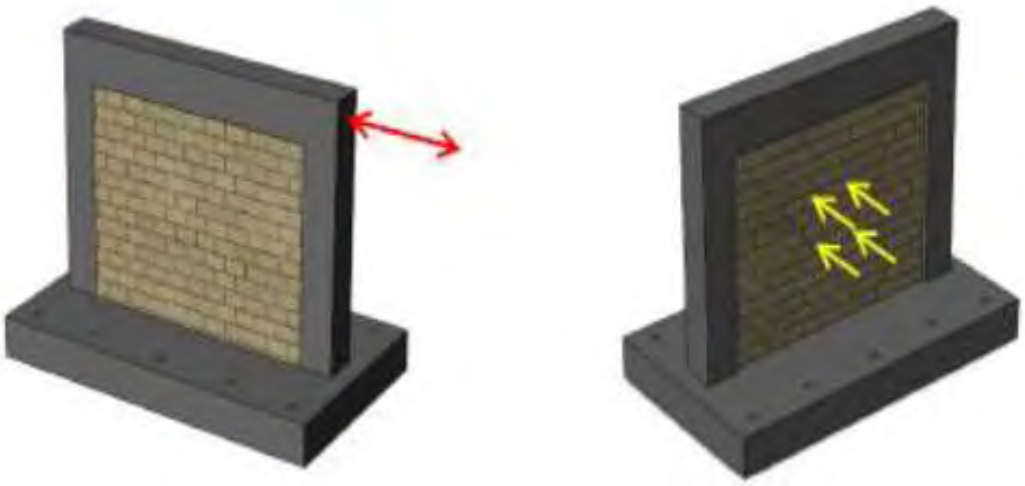
Σχήμα 2.2.32 Βλάβες των τοιχοπληρωμένων πλαισίων: (a-c)μη ενισχυμένο και (d-g) ενισχυμένο (Koutas and Bournas 2019).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Κεφάλαιο 3ο Διερεύνηση της βάσης δεδομένων

Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της εργασίας αποτελείτο από 93 πειράματα ανακυκλιζόμενης και μονοτονικής φόρτισης. Τα πειράματα βάση του τρόπου φόρτισης τους χωρίστηκαν σε τρεις βασικές κατηγορίες που προαναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 2.

Η πρώτη κατηγορία IP (In Plane Loading) στην οποία ανήκουν τα πειράματα που η φόρτιση τους είναι εντός επιπέδου. Η δεύτερη κατηγορία OOP (Out Of Plane Loading) περιλαμβάνει τα πειράματα στα οποία η φόρτιση που τους επιβάλλεται ασκείται εκτός του επιπέδου. Η τρίτη και τελική κατηγορία είναι η IPD – OOP (In Plane Damage – Out Of Plane), τα πειράματα που την απαρτίζουν πρωτίστως επιβάλλονται σε μια φόρτιση εντός επιπέδου και έπειτα σε μια φόρτιση εκτός αυτού.



(α) (β)

Σχήμα 3.1 Απεικόνιση της (α) εντός και (β) εκτός επιπέδου καταπόνηση (Gkournelos, 2022).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Στην συνέχεια δημιουργήθηκε ο *Πίνακας Α.1* στον οποίο εκτός από την λίστα των πειραμάτων που απαρτίζουν την βάση δεδομένων προστέθηκαν και στήλες που καταγράφουν δεδομένα και παραμέτρους που κρίθηκε σκόπιμο να καταγραφούν.

Για την καλύτερη παρουσίαση και οργάνωση του πίνακα, τα πειράματα χωρίστηκαν σε τρείς ομάδες των 30 πειραμάτων και μια ομάδα των τριών τελευταίων πειραμάτων, βάσει της σειράς που παρουσιάζονται στην βάση δεδομένων. Μετά τον διαχωρισμό προκύπτουν οι εξής πίνακες :

Πίνακας Α.1.1 : Περιέχει τα πειράματα με σειρά από 1 έως 30 στη βάση δεδομένων.
Πίνακας Α.1.2 : Περιέχει τα πειράματα με σειρά από 31 έως 60 στη βάση δεδομένων.
Πίνακας Α.1.3 : Περιέχει τα πειράματα με σειρά από 61 έως 90 στη βάση δεδομένων.
Πίνακας Α.1.4 : Περιέχει τα πειράματα με σειρά από 91 έως 93 στη βάση δεδομένων

Παρακάτω παρουσιάζονται με την σειρά το περιεχόμενο των στηλών του *Πίνακα Α.1,* σημειώνοντας ότι οι αριθμητικές μονάδες του κατατάσσονται στο διεθνές σύστημα SI. Σημειώνεται ότι οι Πίνακες διαχωρίστηκαν σε πέντε μέρη για την αρτιότερη καταγραφή των δεδομένων που εμπεριέχουν.

Το Μέρος 1^{ο} του Πίνακα Α.1, εμπεριέχει τις εξής στήλες :

1. **Ταυτότητα δοκιμίου,** οπού αναγράφεται ένας αριθμητικός συμβολισμός του εκάστοτε πειράματος ,το πρώτο μέρος του αντιπροσωπεύει τον αριθμό του πειράματος στην βάση δεδομένων και το δεύτερο την εκάστοτε δοκιμή.
2. **Όνομα δοκιμίου**, το όνομα του δοκιμίου όπως καταγράφεται στην αντίστοιχη δημοσίευση.
3. **Πηγή,** οπού παρουσιάζεται το άρθρο στο οποίο περιγράφεται το πείραμα.
4. **Ψηφιοποιημένο ιστορικό,** τα αρχεία οπού περιγράφεται η καταγεγραμμένη υστερητική απόκριση του πλαισίου, στην παρούσα περίπτωση αντιπροσωπεύει την σχέση φόρτισης-μετατόπισης.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Το Μέρος 2ο, εμπεριέχει τις εξής στήλες :

1. **Ταυτότητα δοκιμίου,** η οποία είναι όμοια με αυτή του 1ου Μέρους.
2. **Τύπος φόρτισης,** περιγράφει τον τύπο φόρτισης που έχει ασκηθεί στο πλαίσιο, μια από τις τρείς κατηγορίες που έχουν παρουσιαστεί στην αρχή του κεφαλαίου
3. **Κλίμακα κατασκευής,** οπού αναγράφεται η κλίμακα στην οποία έχει κατασκευαστεί το κάθε πλαίσιο.
4. **H [mm],** οπού αναγράφεται το ύψος του πλαισίου
5. **L [mm],** οπού αναγράφεται το μήκος του πλαισίου
6. **Αριθμός ορόφων,** οπού αναγράφεται ο αριθμός ορόφων του κατασκευασμένου πλαισίου.
7. **Αριθμός ανοιγμάτων,** οπού αναγράφεται ο αριθμός των ανοιγμάτων του πλαισίου

Το Μέρος 3ο, εμπεριέχει τις εξής στήλες :

1. **Ταυτότητα δοκιμίου,** η οποία είναι όμοια με αυτή του 1ου Μέρους.
2. **Τύπος κονιάματος,** οπού αναγράφεται ο τύπος του κονιάματος, ή η σύσταση, του που χρησιμοποιήθηκε
3. **Tmj [mm],** οπού αναγράφεται το πάχος του κονιάματος.
4. **Fcmj [MPa],** οπού αναγράφεται η αντοχή του κονιάματος.
5. **Τύπος Πλίνθων ,** οπού αναγράφεται ο τύπος των πλίνθων που χρησιμοποιήθηκε για την εμφάτνωση των πλαισίων
    - **CB (οπτόπλινθοι)**
    - **CON (Πλίνθοι από σκυρόδεμα)**

Το Μέρος 4ο, εμπεριέχει τις εξής στήλες :

1. **Ταυτότητα δοκιμίου,** η οποία είναι όμοια με αυτή του 1ου Μέρους.
2. **Αριθμός στρώσεων τοιχοποιίας,** οπού αναγράφεται ο αριθμός στρώσεων που έχει η τοιχοποιία (1 ή 2 στρώσεις)
3. **Tw [mm],** οπού αναγράφεται το πάχος της τοιχοποιίας.
4. **Lw [mm],** οπού αναγράφεται το μήκος της τοιχοποιίας.
5. **Hw [mm,** οπού αναγράφεται το ύψος της τοιχοποιίας.
6. **Hw/Lw [mm],** οπού αναγράφεται ο λόγος του ύψους της τοιχοποιίας ως προ το μήκος αυτής.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

7. **Pf [%],** οπού αναγράφεται το ογκομετρικό ποσοστό ενίσχυσης που προκύπτει από την ενίσχυση της τοιχοπλήρωσης.

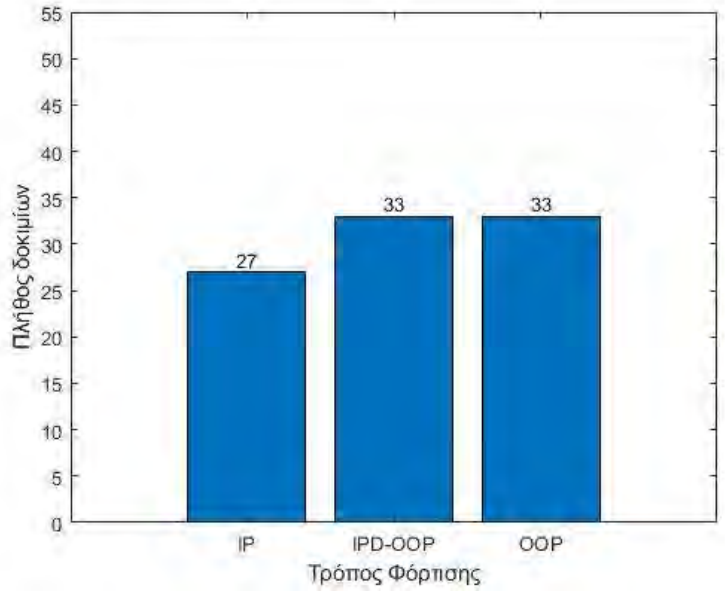
Το Μέρος 5^{ο}, εμπεριέχει τις εξής στήλες :

1. **Ταυτότητα δοκιμίου,** η οποία είναι όμοια με αυτή του 1^{ου} Μέρους.
2. **Ύπαρξη ενίσχυσης,** οπού αναγράφεται αν το παρών πλαίσιο έχει ενισχυθεί η όχι.
3. **Τύπος ενίσχυσης,** οπού αναγράφεται η διάταξη των ινοπλεγμάτων, συγκεκριμένα την διεύθυνση των ινών
4. **Υλικό ενίσχυσης,** οπού αναγράφεται το υλικό το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση ύπαρξης ενίσχυσης.
5. **Στρώσεις ενίσχυσης,** οπού αναγράφεται το πόσες στρώσεις ινοπλεγμάτων έχουν τοποθετηθεί (Συνήθως μία αλλά σε κάποιες περιπτώσεις και 2)
6. **Πλευρές ενίσχυσης,** οπού αναγράφεται αν υπάρχει ενίσχυση στην μία πλευρά της τοιχοπλήρωσης ή και στις δύο της πλευρές.
7. **Αγκύριο,** οπού αναγράφεται η ύπαρξη η όχι αργυρίου για το ινόπλεγμα στο πλαίσιο.

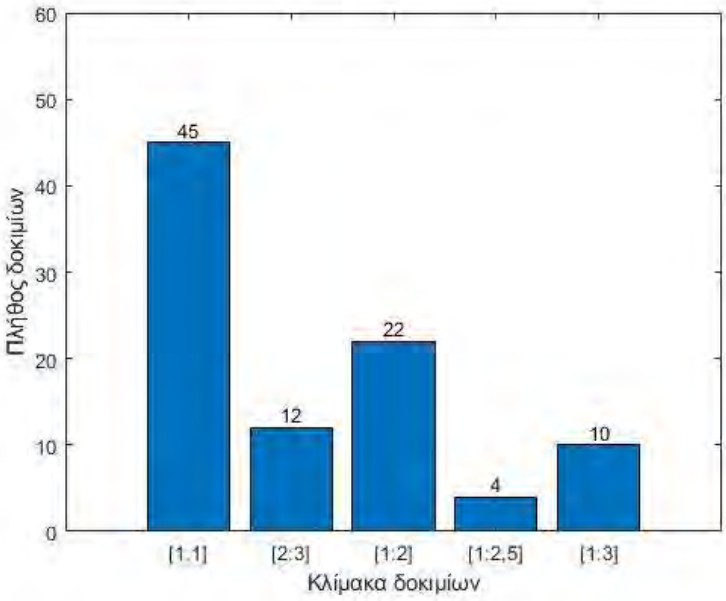
Στην συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου ακολουθεί μια ποσοτική ανάλυση των δεδομένων που υπάρχουν στην βάση. Μέσω του υπολογιστικού προγράμματος του Matlab *(The Math Works,Inc. MATLAB, version 2018a)* έγινε η εξαγωγή των δεδομένων της βάσης και επιχειρήθηκε μια ταξινόμηση αυτών σε ραβδογράμματα προσπαθώντας να γίνει η ερμηνεία τόσο των μεγεθών όσο και το ποιοτικών χαρακτηριστικών και τεχνικών που διέπουν τις επιλογές των ερευνητών που τα πειράματα τους απαρτίζουν την παρούσα βάση δεδομένων.

Σημειώνεται εδώ ότι για τον διαχωρισμό των δεδομένων σε εύρη για την αναλυτική τους παρουσίαση στα ραβδογράμματα που ακολουθούν (Σχήμα 3.2 – 3.21) ακολουθήθηκε μια συνθήκη. Στην περίπτωση όπου η τιμή του ανώτατου ορίου ενός εύρους ταυτιζόταν με το κατώτερο όριο του αμέσως επόμενου εύρους, η τιμή αυτή επιλέχθηκε να ανήκει στο πρώτο εύρος κατά σειρά από τα δύο. Επίσης σημειώνεται ότι η επεξεργασία των δεδομένων έλαβε μέρος για όσα δεδομένα υπάρχουν στην βάση, σε κάποια πειράματα υπάρχει έλλειψη κάποιων δεδομένων στις αντίστοιχες δημοσιεύσεις.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



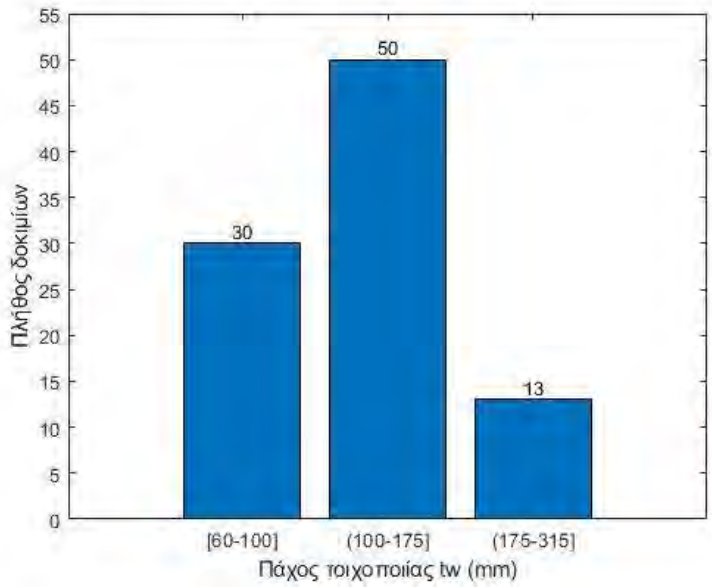
Σχήμα 3.2 Πλήθος δοκιμίων για κάθε πειραματικό τρόπο φόρτισης των πλαισίων



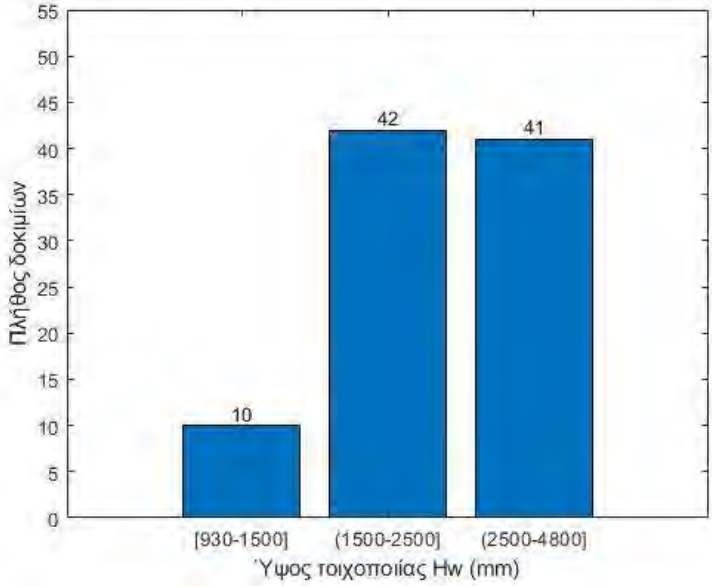
Σχήμα 3.3 Πλήθος δοκιμίων για κάθε κλίμακα κατασκευής των πλαισίων

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Στο Σχήμα 3.2 αποτυπώνεται το πόσα από τα πειράματα της βάσης αντιστοιχούν σε κάθε κατηγορία φόρτισης. Στο Σχήμα 3.3 αποτυπώνεται η κλίμακα κατά την οποία έχουν κατασκευαστεί τα δοκίμια από τους ερευνητές. Η πλειοψηφία των ερευνών έχει χρησιμοποιήσει πλήρη κλίμακα (1:1) στην κατασκευή του πλαισίου προσπαθώντας να καταγράψει ρεαλιστικά τα εξαγόμενα δεδομένα και αποτελέσματα.

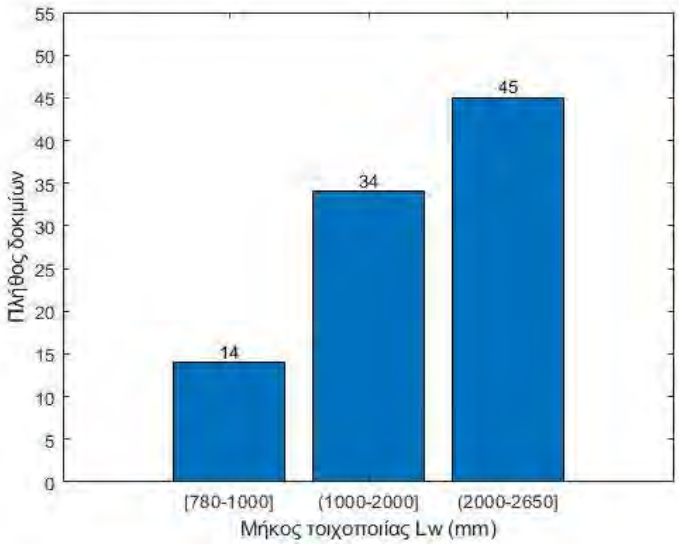


Σχήμα 3.4 Πάχος τοιχοποιίας tw (mm) για το πλήθος των δοκιμίων

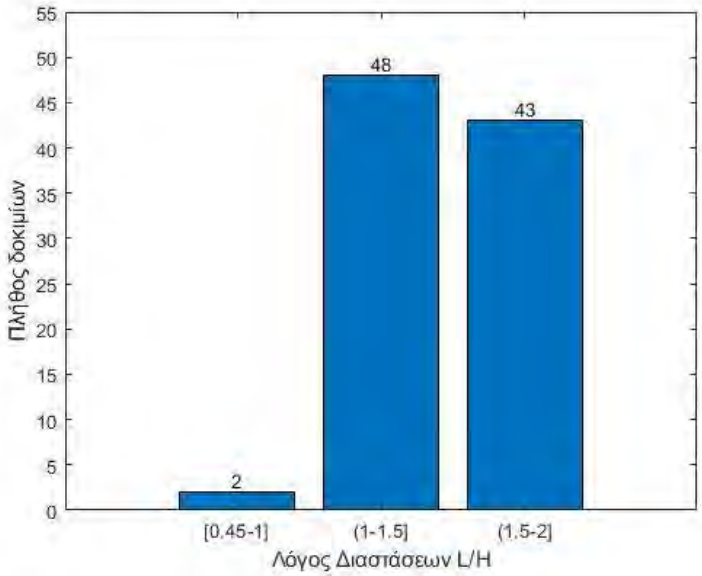


Σχήμα 3.5 Ύψος τοιχοποιίας Hw (mm) για το πλήθος των δοκιμίων

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



Σχήμα 3.6 Μήκος τοιχοποιίας Lw (mm) για το πλήθος των δοκιμίων

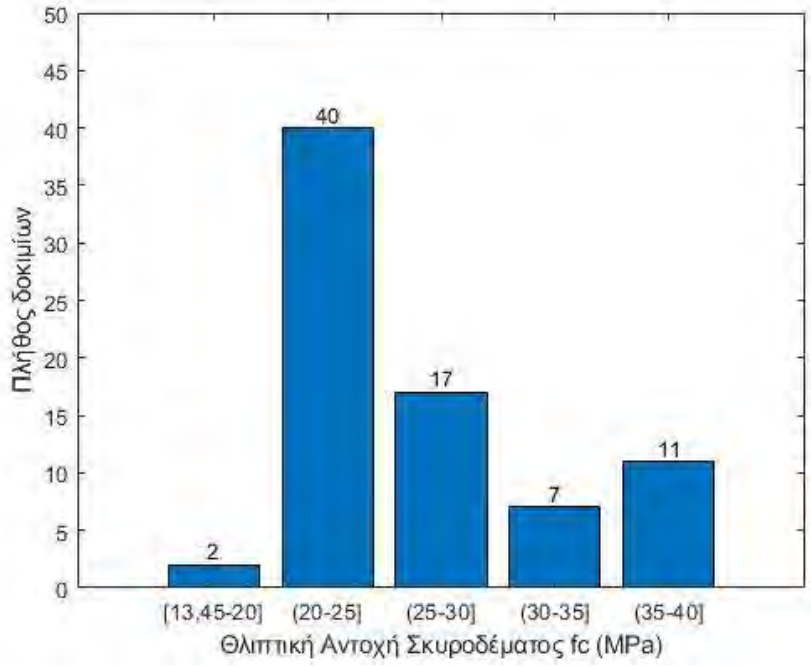


Σχήμα 3.7 Ο λόγος μήκους ως προς ύψος των πλαισίων για το πλήθος των δοκιμίων

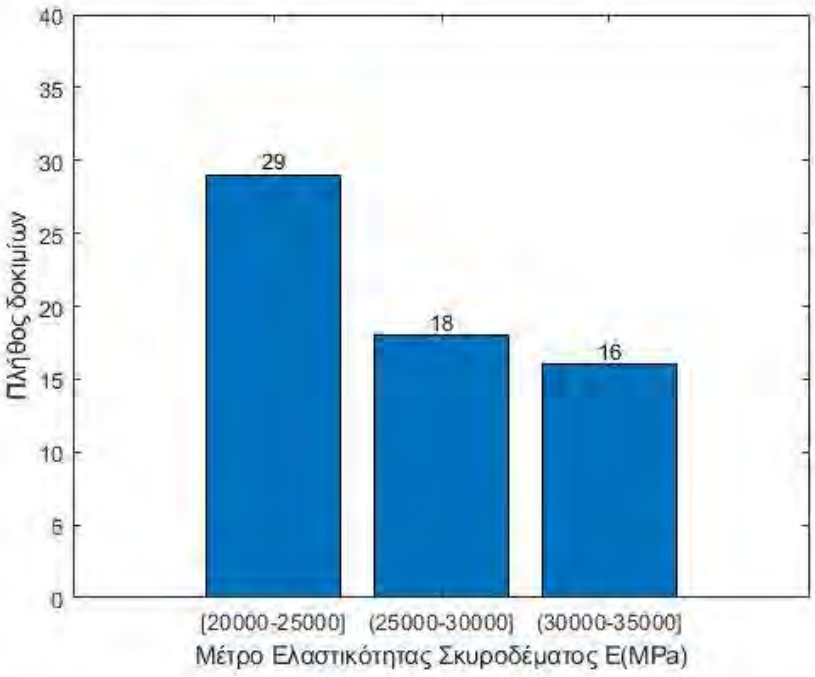
Στο Σχήμα 3.7 αποτυπώνεται ο λόγος του ύψους του μήκους του πλαισίου ως προς το ύψος του. Ελάχιστες είναι οι περιπτώσεις όπως παρατηρούμε που οι μελετητές επιλέγουν το ύψος του πλαισίου να είναι μεγαλύτερο από το μήκος του, κάτι που ανταποκρίνεται και στην πλειονότητα των υφιστάμενων κατασκευών της νότιας Ευρώπης.

Στα Σχήματα 3.8 και 3.9 που παρατίθενται παρακάτω παρουσιάζονται αντίστοιχα η θλιπτική αντοχή fc (MPa) και το μέτρο Ελαστικότητας E (MPa) του σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των μελών ΟΣ του εκάστοτε πλαισίου.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

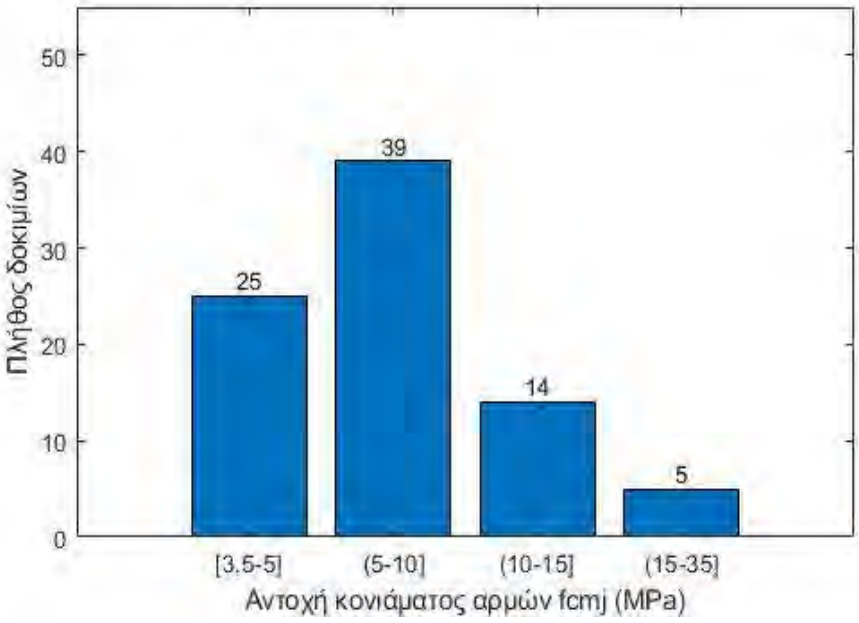


Σχήμα 3.8 Θλιπτική αντοχή σκυροδέματος fc (MPa) για το πλήθος των δοκιμίων

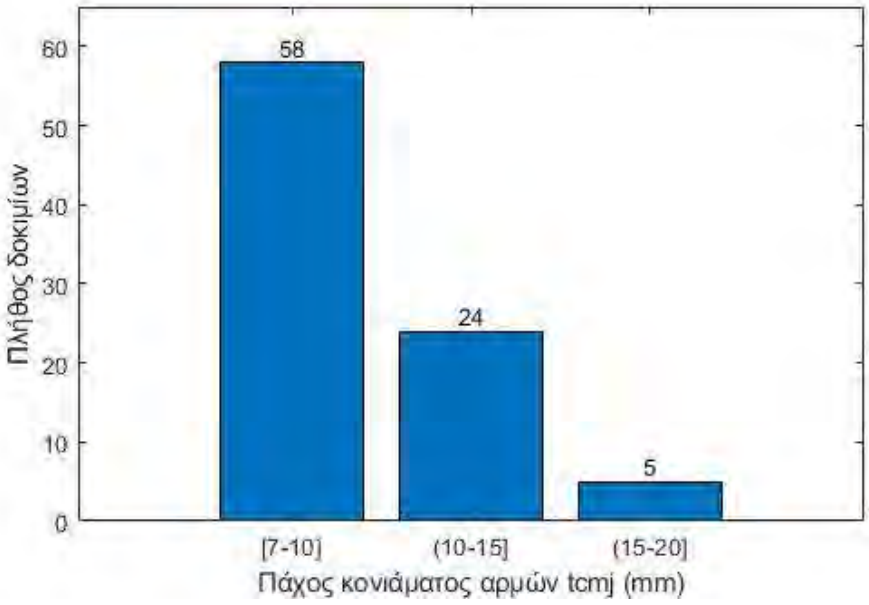


Σχήμα 3.9 Μέτρο Ελαστικότητας του σκυροδέματος E (MPa) για το πλήθος των δοκιμίων

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



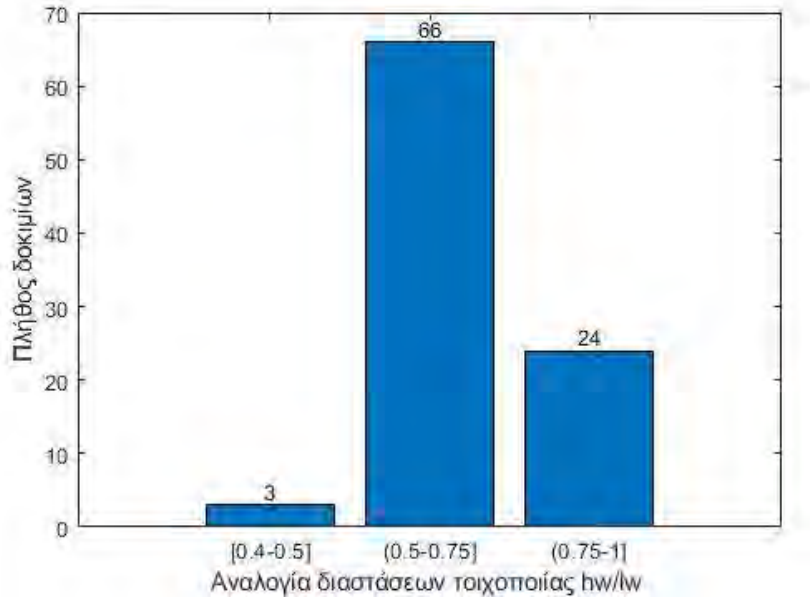
Σχήμα 3.10 Αντοχή κονιάματος αρμών fcmj (MPa) για το πλήθος των δοκιμίων



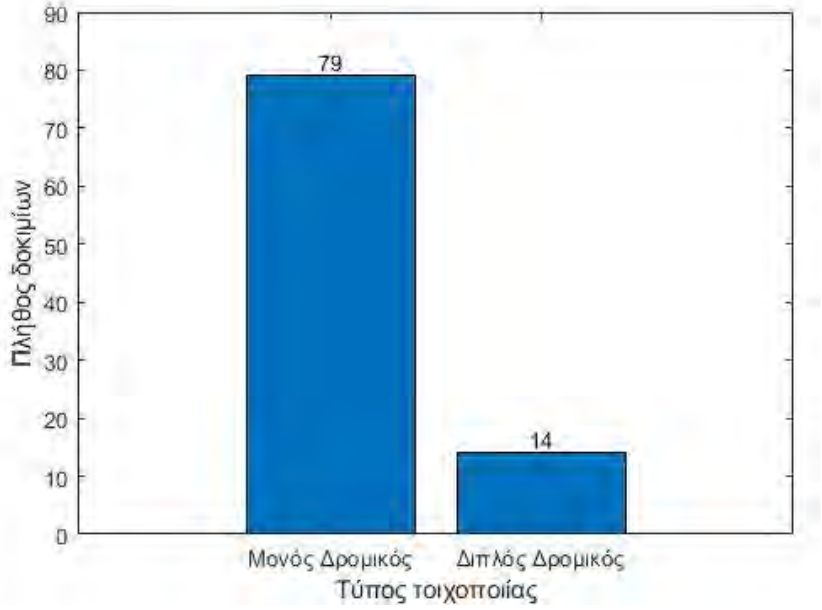
Σχήμα 3.11 Πάχος κονιάματος αρμών fcmj (MPa) για το πλήθος των δοκιμίων

Στα Σχήματα 3.10 και 3.11 διαφαίνεται η αντοχή του κονιάματος πλήρωσης των αρμών που επιλέχθηκε από τους κατασκευαστές της τοιχοποιίας και το πάχος της πλήρωσης αυτής αντίστοιχα.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



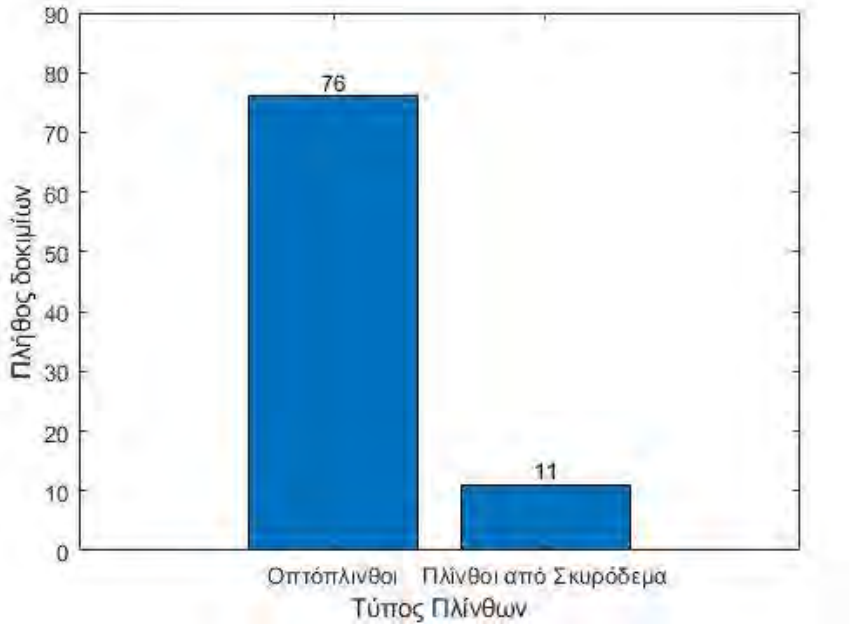
Σχήμα 3.12 Λόγος διαστάσεων τοιχοποιίας hw/lw ύψος προς μήκος της τοιχοποιίας για το πλήθος των δοκιμίων



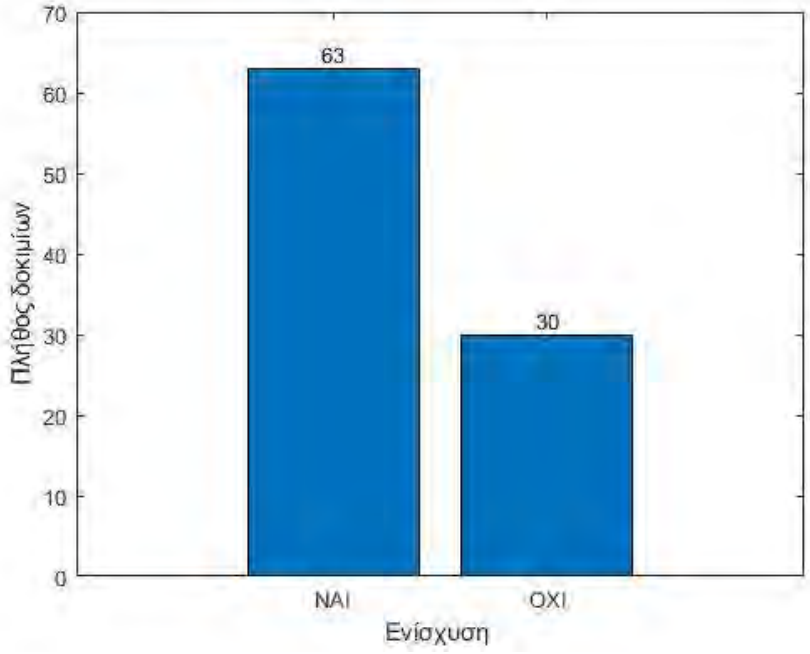
Σχήμα 3.13 Ύπαρξη μόνης ή διπλής τοιχοποιίας για το πλήθος των δοκιμίων

Στο Σχήμα 3.12 αποτυπώνεται ο λόγος των διαστάσεων της τοιχοποιίας, το ύψος της ως προς το μήκος αυτής με την πλειοψηφία των μελετητών να επιλέγουν τον λόγο από 0.6 έως 0.8. Στο Σχήμα 3.13 εμφανίζεται το πλήθος των πειραμάτων και το είδος της τοιχοποιίας που έχει κατασκευαστεί, με την πλειάδα των περιπτώσεων να επιλέγει μονό δρομικό. Επιπρόσθετα στο Σχήμα 3.14 που ακολουθεί αποτυπώνεται το είδος των πλίνθων που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα κατά την κατασκευή της τοιχοποιίας.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

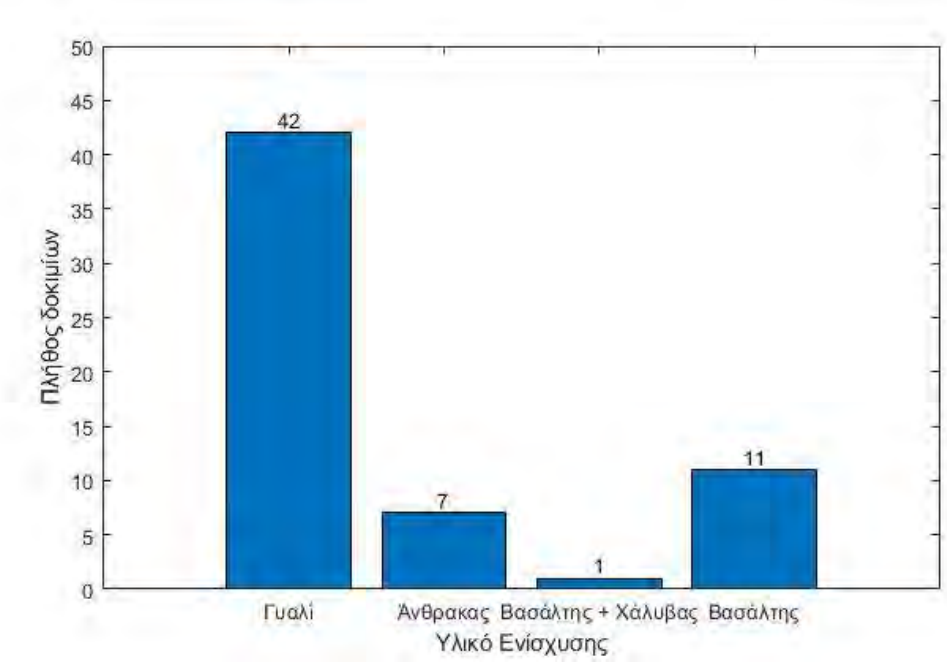


Σχήμα 3.14 Τύπος πλίνθων για την κατασκευή της τοιχοποιίας πλήρωσης για το πλήθος των δοκιμίων

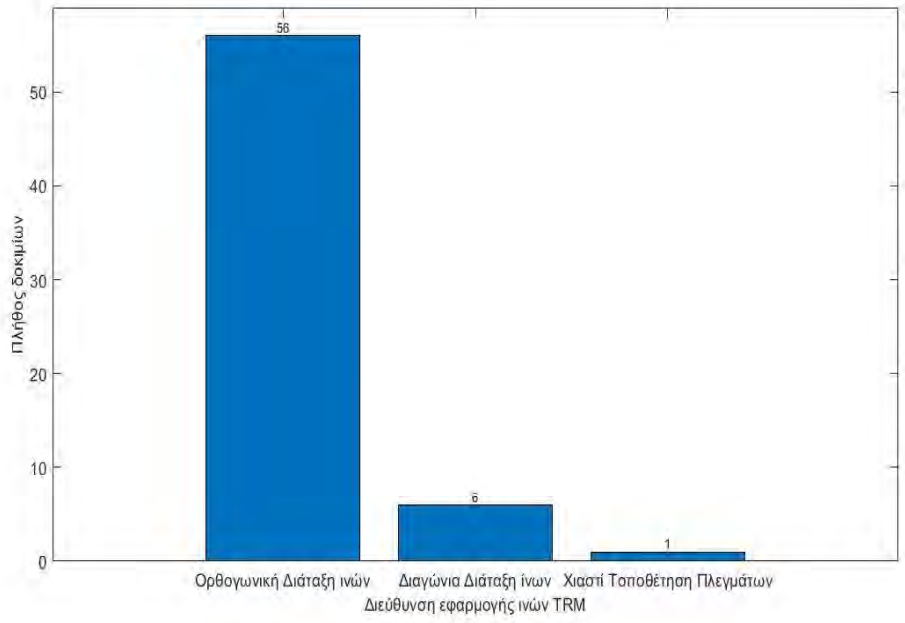


Σχήμα 3.15 Ύπαρξη ενίσχυσης της τοιχοπλήρωσης για το πλήθος των δοκιμίων

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



Σχήμα 3.16 Υλικό πλέγματος ενίσχυσης της τοιχοπλήρωσης για το πλήθος των δοκιμίων

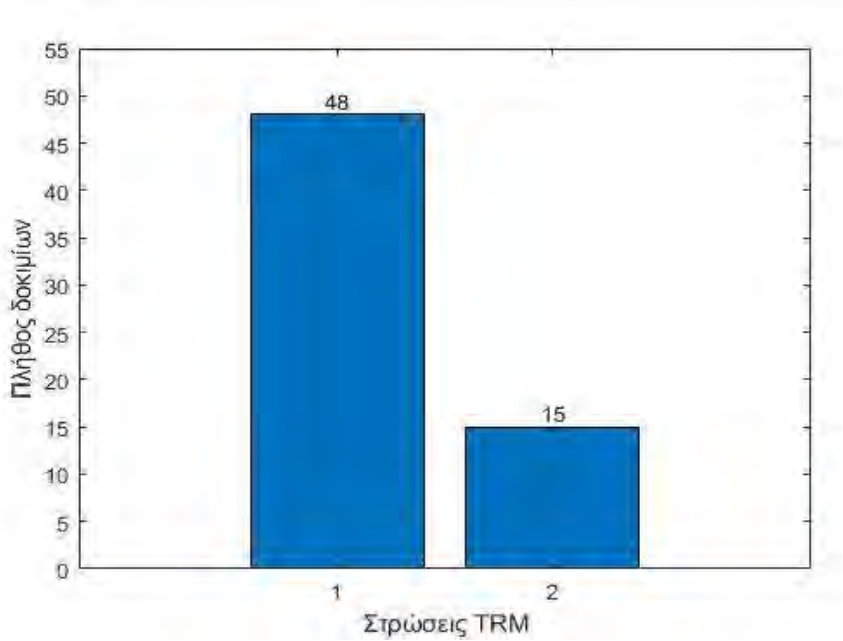


Σχήμα 3.17 Διάταξη των ινοπλεγμάτων ενίσχυσης της τοιχοπλήρωσης για το πλήθος των δοκιμίων

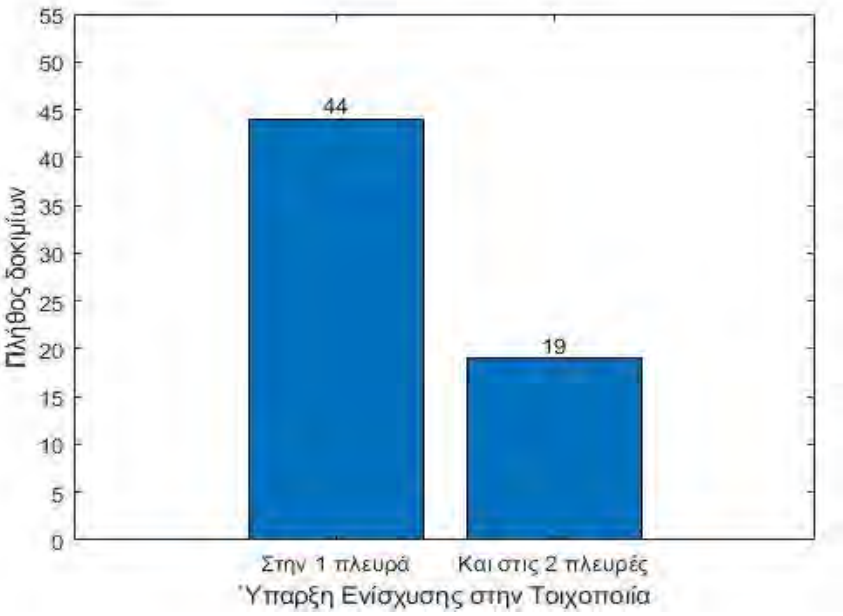
Στο Σχήμα 3.15 διαφαίνεται το πόσα δοκίμια που υπάγονται στην βάση δεδομένων έχουν υποστεί ενίσχυση. Επίσης, στο Σχήμα 3.16 προβάλλονται τα υλικά ενίσχυσης που χρησιμοποιήσαν οι μελετητές με την χρήση ινοπλέγματος υάλου να ξεχωρίζει, μία επιλογή κατανοητή δεδομένου του μικρού του κόστους σε σχέση με άλλα

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

είδη ινοπλέγματος και των κάλων μηχανικών ιδιοτήτων του. Στο Σχήμα 3.17 αποτυπώνεται ο τρόπος τοποθέτησης των ινοπλεγμάτων από τους ερευνητές, δηλαδή η διεύθυνση εφαρμογής των ινών με την ορθογωνική διάταξη των ινοπλεγμάτων να ξεχωρίζει ως σχεδόν καθολική επιλογή.



Σχήμα 3.18 Στρώσεις ενίσχυσης ινοπλεγμάτων στην τοιχοπλήρωση για το πλήθος των δοκιμίων



Σχήμα 3.19 Ύπαρξη ενίσχυσης στις πλευρές της τοιχοποιίας για το πλήθος των δοκιμίων

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.18 οι στρώσεις της ενίσχυσης TRM, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων έχει επιλεχθεί η ενίσχυση μέσω μιας στρώσης. Και στο Σχήμα 3.19 αποτυπώνεται αν η ενίσχυση έχει τοποθετηθεί στην μία πλευρά της τοιχοποιίας ή αν βρίσκεται αμφίπλευρα αυτής.

Το ογκομετρικό ποσοστό ενίσχυσης χρησιμοποιείται για να περιγράψει και να αξιολογήσει το επίπεδο της ενίσχυσης που έχει επιτευχθεί με την προσθήκη του TRM στην τοιχοποιία. Η κατανόηση και ο υπολογισμός του ογκομετρικού ποσοστού ενίσχυσης ρ_f είναι σημαντικοί παράγοντες για την αξιολόγηση της απόδοσης και των ιδιοτήτων του ενισχυμένου συστήματος σε σχέση με το αρχικό. Ο υπολογισμός του ογκομετρικού ποσοστού ρ_f υπολογίζεται μεσώ της Σχέσης 3.1 που παρουσιάζεται παρακάτω :

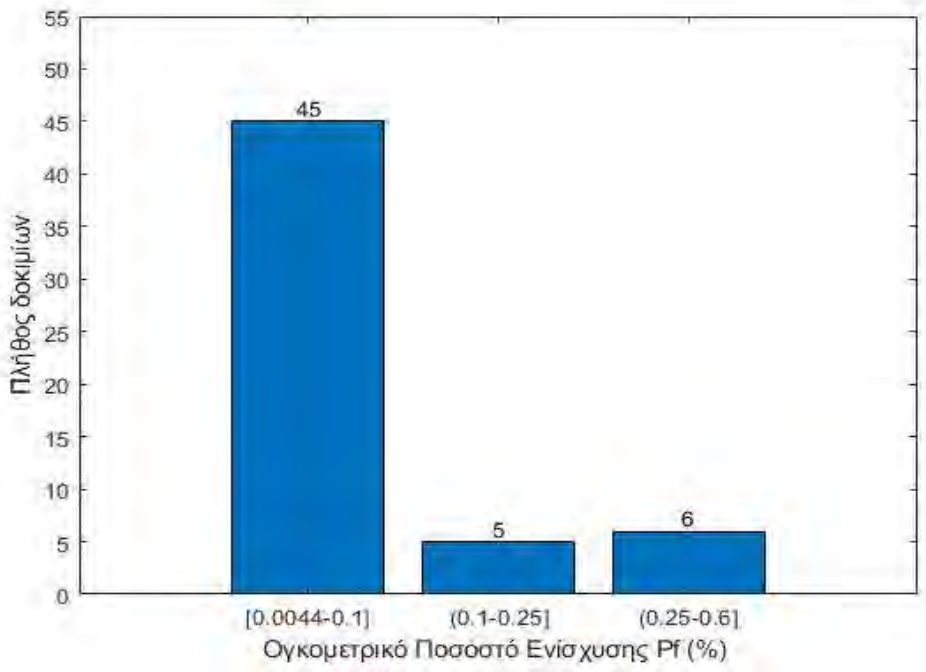
$$\rho_f = \frac{n^* tf^*}{tw^*} * 100\% \qquad \text{(Σχέση 3.1)}$$

Όπου:

n*: Πλήθος στρώσεων ινοπλέγματος (λαμβάνεται ως μονάδα όταν υπάρχει ινόπλεγμα στην μια πλευρά και ως 2 όταν υπάρχει αμφίπλευρα ή δύο στρώσεις στην ίδια πλευρά).

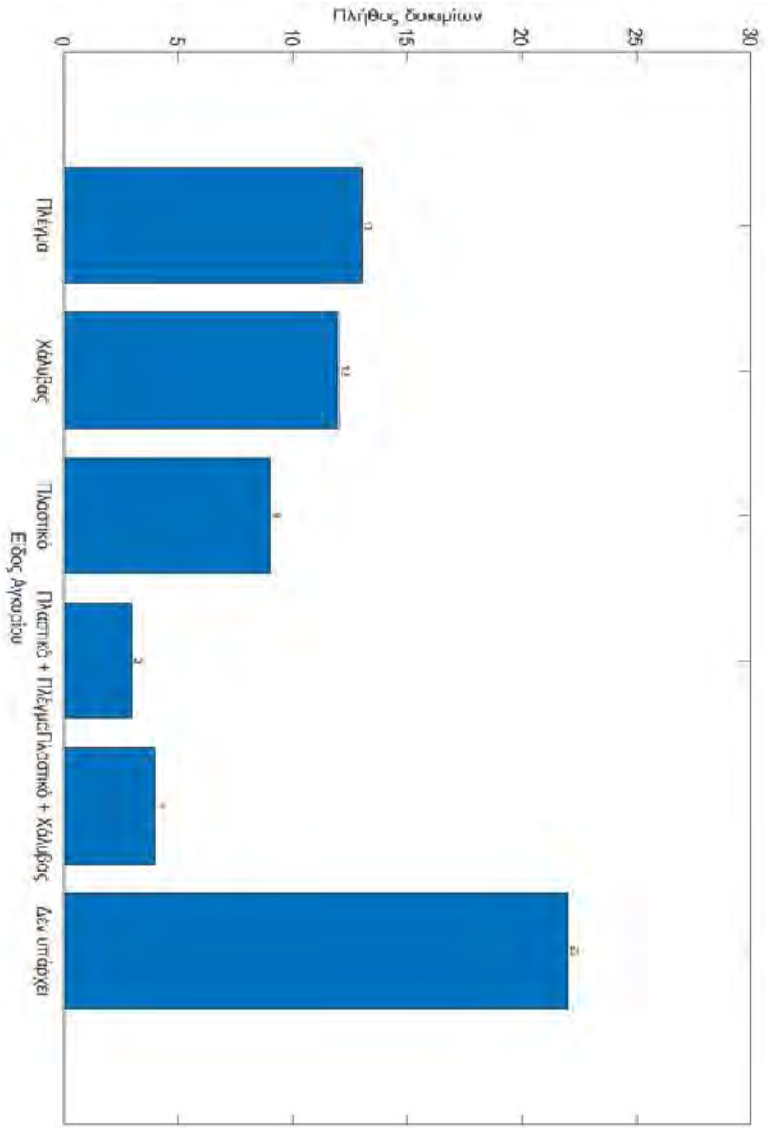
tf* : Πάχος κάθε στρώσης ινοπλέγματος.

tw*: Πάχος της τοιχοποιίας που εφάπτεται η ενίσχυση.



Σχήμα 3.20 Η διακύμανση της τιμής του ογκομετρικού ποσοστού ενίσχυσης ρ_f (%) για το πλήθος των δοκιμίων.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



Σχήμα 3.21 Είδος και ύπαρξη αγκυρίων της ενίσχυσης μέσω ινοπλεγμάτων για το πλήθος των δοκιμίων.

Η σημαντικότητα της ύπαρξης και της ορθής τοποθέτησης των αγκυρίων για την αποδοτικότητά της ενίσχυσης επισημάνθηκε στο κεφάλαιο 2.2. Στο Σχήμα 3.21 παρουσιάζεται το είδος των αγκυρίων της ενίσχυσης με TRM που έχουν επιλέξει οι ερευνητές .

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Κεφάλαιο 4ο Διερεύνηση της επιρροής παραμέτρων στην συμπεριφορά των τοιχοπληρώσεων.

4.1 Διαδικασία υπολογισμού μηχανικής και δυναμικής συμπεριφοράς

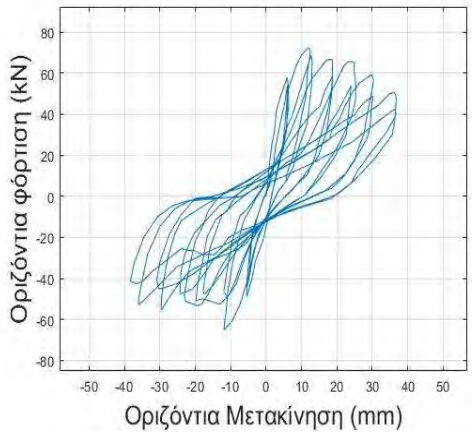
Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η υπολογιστική διαδικασία που ακολουθήθηκε για την διεξοδική επεξεργασία των δεδομένων που λήφθηκαν από την βάση. Το περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε για αυτή την διαδικασία είναι το υπολογιστικό πρόγραμμα του Matlab *(The Math Works,Inc. MATLAB)* με σκοπό την πληρέστερη ανάλυση των δεδομένων της βάσης και αναζήτησης διαφόρων παραμέτρων που διαθέτουν επιρροή στην συμπεριφορά των ενισχυμένων τοιχοπληρώσεων.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή της βάσης δεδομένων στο υπολογιστικό περιβάλλον. Οι πληροφορίες της οριζόντιας δύναμης και της αντίστοιχης οριζόντιας μετακίνησης εισήχθησαν από το υπολογιστικό φύλλο που επισυνάπτεται σε στήλη του πίνακα βάσης δεδομένων με την ονομασία ψηφιοποιημένη ιστορία>>

Επιδιώκοντας την καλύτερη ανάλυση των βρόχων υστέρησης συντάχθηκε κώδικας στο Matlab που εμφανίζει προοδευτικά τους βρόχους υστέρησης με την σειρά στην οποία καταγράφηκαν κατά την διάρκεια των πειραμάτων και ταυτόχρονα τους αριθμεί.

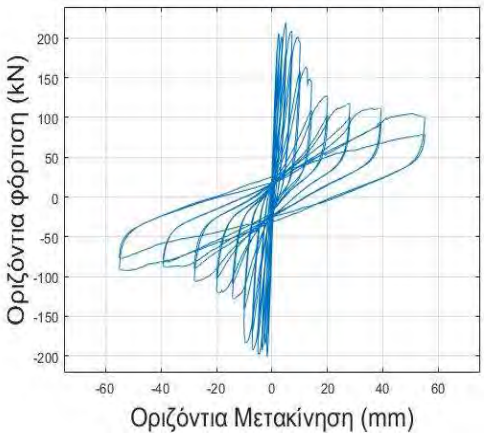
Στην συνέχεια παρατίθενται ενδεικτικά τα τελικά διαγράμματα οριζόντιας φόρτισης – οριζόντιας μετακίνησης όπως αυτά διαμορφώθηκαν και για τις τρείς κατηγορίες φορτίσεων που εμπεριέχονται στην βάση δεδομένων. Συγκεκριμένα δύο πειράματα της κατηγορίας IP, δύο πειράματα της κατηγορίας OOP και τέλος δύο πειράματα της κατηγορίας IPD – OOP (Σχήμα 4.1.1. – Σχήμα 4.1.6).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



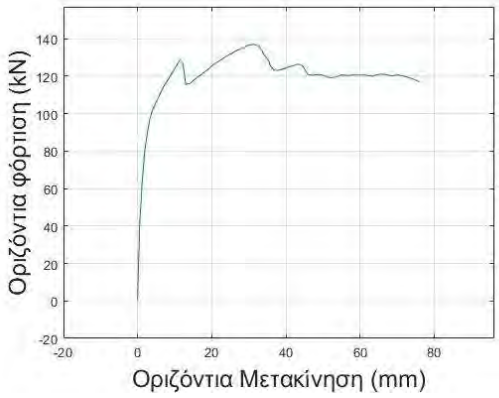
Σχήμα 4.1.1 Διάγραμμα δύναμης–μετακίνησης

IP: D. Kakaletsis (2011)



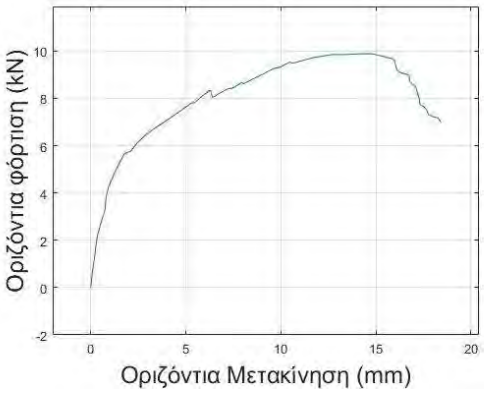
Σχήμα 4.1.2 Διάγραμμα δύναμης–μετακίνησης

IP: Akhoundi et al. (2018)



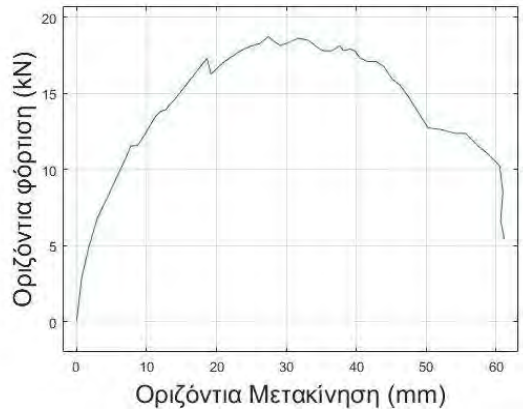
Σχήμα 4.1.3 Διάγραμμα δύναμης–μετακίνησης

OOP: Koutas and Bournas (2019)



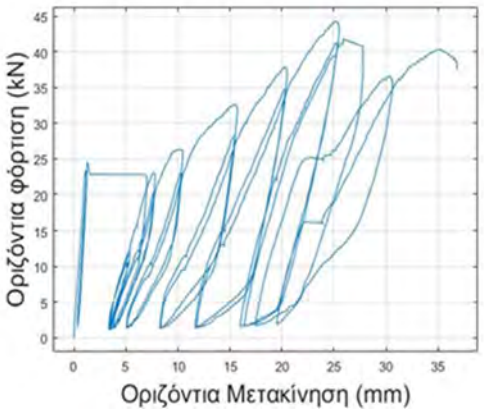
Σχήμα 4.1.4 Διάγραμμα δύναμης–μετακίνησης

OOP: Verderame et al. (2019)



Σχήμα 4.1.5 Διάγραμμα δύναμης–μετακίνησης

IPD - OOP: Da Porto et al. (2015)

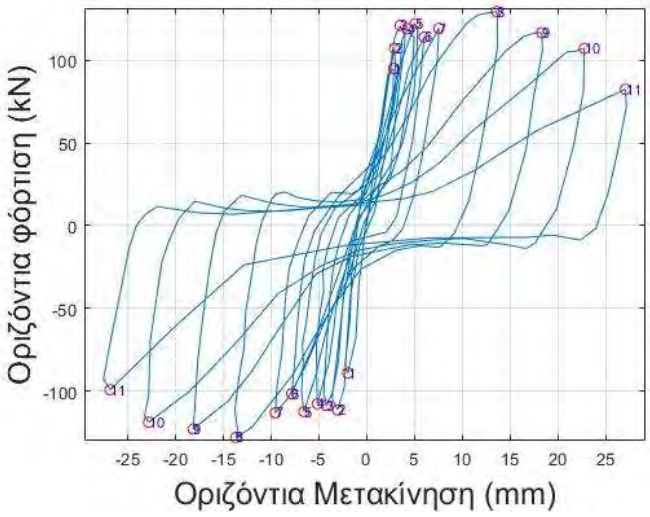


Σχήμα 4.1.6 Διάγραμμα δύναμης–μετακίνησης

IPD - OOP: De Risi et al. (2020)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

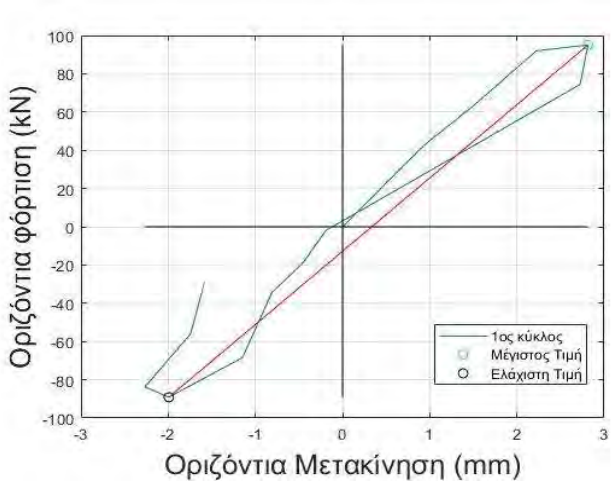
Στην συνέχεια έλαβε χώρο η αρίθμηση των βρόχων υστέρησης όλων των πειραμάτων προοδευτικά από τον πρώτο βρόχο που σχηματίζεται μέχρι και τον τελευταίο. Εντοπίσθηκαν επίσης σε κάθε κύκλο φόρτισης, για τις θετικές και τις αρνητικές τιμές αντίστοιχα, τα σημεία με την μέγιστη τιμή οριζόντιας δύναμης και η οριζόντια μετακίνηση σε κάθε σημείο ενδιαφέροντος. Τα σημεία αυτά συμπίπτουν με τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές κάθε βρόχου. Στο Σχήμα 4.1.7 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της ανωτέρω διαδικασίας για το πείραμα των Selim et al. (2015).



Σχήμα 4.1.7 Εύρεση μέγιστων τιμών οριζόντιας φόρτισης κάθε βρόχου και η αρίθμηση τους IP: Selim et al. (2015)

Η κλίση της ευθείας που ενώνει τα δύο σημεία, το σημείο με την μέγιστη και το σημείο με την ελάχιστη τιμή οριζόντιας φόρτισης, του ίδιου κύκλου φόρτισης καλείται τέμνουσα δυσκαμψία. Έγινε ο υπολογισμός της τέμνουσας δυσκαμψίας για κάθε κύκλο φόρτισης των πειραμάτων, επιπροσθέτως υπολογίστηκε και ο λόγος της τέμνουσας δυσκαμψίας προοδευτικά των βρόχων ως προς την τέμνουσα δυσκαμψία του πρώτου βρόχου. Παρακάτω παρουσιάζονται αρχικά ο απομονωμένος πρώτος βρόχος του διαγράμματος των Selim et al. (2015*)* και η ευθεία της οποίας η κλίση της αντιστοιχεί με την τέμνουσα δυσκαμψία του συγκεκριμένου κύκλου φόρτισης, καθώς και ένας πίνακας (Πίνακας 4.1) που παρουσιάζονται με την σειρά η τέμνουσα δυσκαμψία ανά βρόχο καθώς και ο λόγος της δυσκαμψίας αυτής ως προς την αρχική τέμνουσα δυσκαμψία (τέμνουσα δυσκαμψία πρώτου βρόχου), ενός πειράματος της βάσης δεδομένων αυτό των Minotto et al.(2020).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



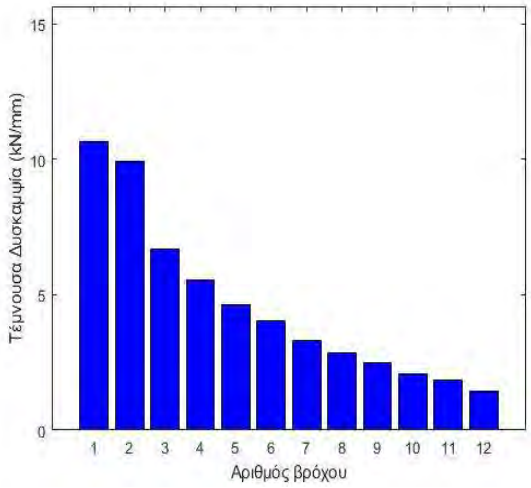
Σχήμα 4.1.8 Εύρεση τέμνουσας δυσκαμψίας 1^{ου} βρόχου - IP: Selim et al. (2015)

Πίνακας 4.1 Τέμνουσα Δυσκαμψία και λόγος Τέμνουσας Δυσκαμψίας βρόχου/Αρχική Τέμνουσα Δυσκαμψία – IPD - OOP:Minotto et al(2020)

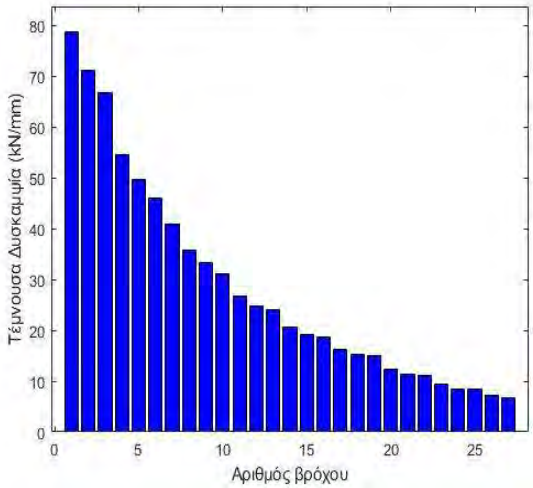
Αριθμός βρόχου	**Τέμνουσα Δυσκαμψία ανά βρόχο (kN/mm)**	**Τέμνουσα Δυσκαμψία βρόχου/ Αρχική Τέμνουσα Δυσκαμψία**
1	91,341	1,000
2	81,832	0,896
3	78,809	0,862
4	61,208	0,670
5	55,446	0,607
6	52,584	0,575
7	47,171	0,516
8	41,752	0,457
9	39,487	0,432
10	36,369	0,398
11	29,693	0,325
12	26,740	0,292
13	23,883	0,261
14	20,597	0,225
15	18,882	0,206

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

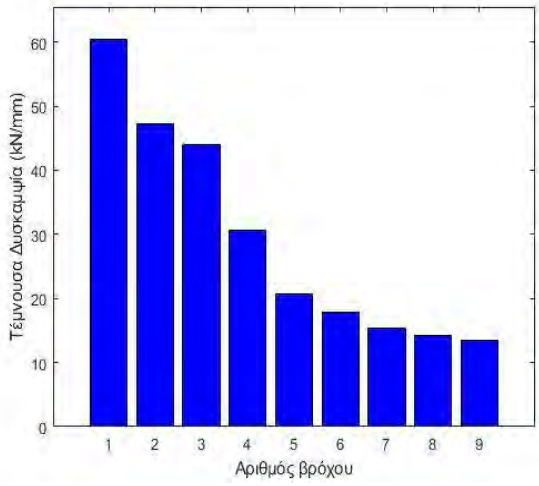
Στην προσπάθεια παρατήρησης της συμπεριφοράς της τέμνουσας δυσκαμψίας από βρόχο σε βρόχο δημιουργήθηκαν ραβδογράμματα που αναδεικνύουν την μεταβολή της τέμνουσας δυσκαμψίας κατά την πάροδο των βρόχων. Παρουσιάζονται, παρακάτω, τέσσερα ραβδογράμματα από πειράματα της βάσης δεδομένων και η συμπεριφορά τους ως προς την τέμνουσα δυσκαμψία (Σχήμα 4.1.9 – Σχήμα 4.1.12).



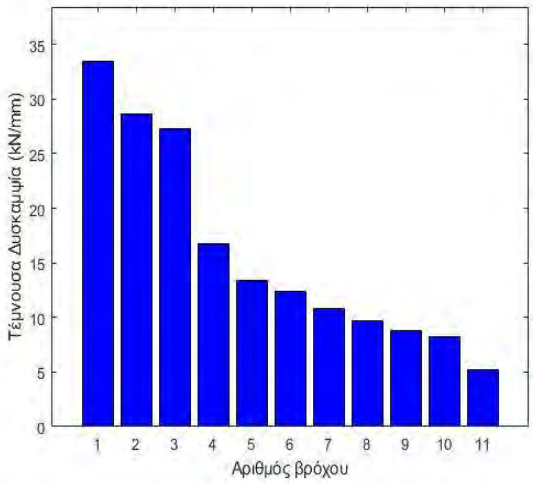
Σχήμα 4.1.9 Ραβδόγραμμα τέμνουσας δυσκαμψίας
IP: D. Kakaletsis (2011)



Σχήμα 4.1.10 Ραβδόγραμμα τέμνουσας δυσκαμψίας
IP: Minotto et al. (2020)



Σχήμα 4.1.11 Ραβδόγραμμα τέμνουσας δυσκαμψίας
IP: De Risi et al. (2020)

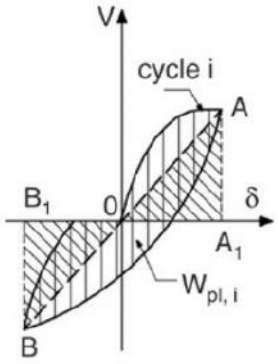


Σχήμα 4.1.12 Ραβδόγραμμα τέμνουσας δυσκαμψίας
IP: Facconi et al. (2018)

Παρατηρείται ότι η συμπεριφορά είναι η αναμενόμενη, δηλαδή υπάρχει σταδιακή μείωση της τιμής της τέμνουσας δυσκαμψίας κατά την διάρκεια της ανακυκλιζόμενης φόρτισης.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και το έργο $\boldsymbol{W_{pli}}$ κάθε κύκλου φόρτισης των τοιχοπληρώσεων. Έργο ονομάζεται η ενέργεια που καταναλώνεται ανά βρόχο υστέρησης και ισούται με το συνολικό εμβαδόν που περικλείεται από την καμπύλη μεταβολής της φόρτισης ανά μονάδα μετατόπισης (Σχήμα 4.1.13).



Σχήμα 4.1.13 Υπολογισμός ενέργειας κύκλου φόρτισης (Moretti & Tassios, 2006)

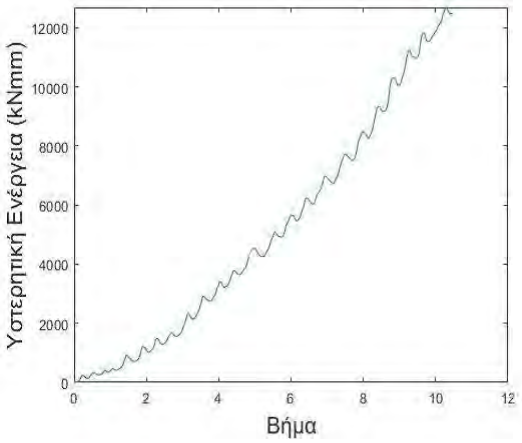
Στην συνέχεια υπολογίστηκε συνολικό παραγόμενο έργο $\boldsymbol{\Sigma W_{pli}}$ το οποίο αντιστοιχεί στην ενέργεια που καταναλώθηκε αθροιστικά σε όλους τους κύκλους φόρτισης (Σχέση 4.1.1).

$$\Sigma W_{pl} = \sum_{i=1}^{n} W_{pl,i} \qquad \text{(Σχέση 4.1.1)}$$

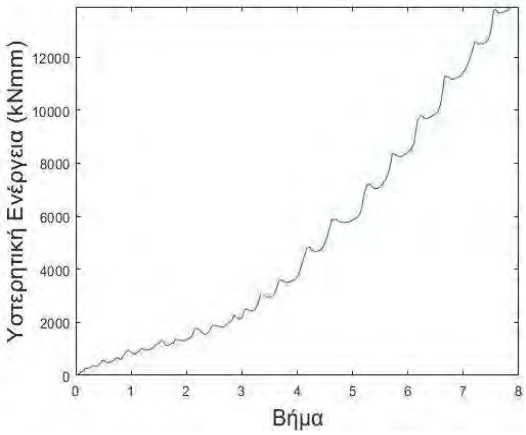
Παρακάτω παρουσιάζεται η κατανάλωση της ενέργειας καθ' όλη την διάρκεια της ανακυκλιζόμενης φόρτισης του τοιχοπληρωμένου πλαισίου όπως αυτή μεταβάλλεται από βήμα σε βήμα (Σχήμα 4.1.14 – Σχήμα 4.1.19). Επιπρόσθετα, παρατίθεται και η μεταβολή της ενέργειας από βρόχο σε βρόχο (Σχήμα 4.1.20 – 4.1.25), στα οποία παρατηρείται η αναμενόμενη αυξητική τάση της ενέργειας με την πάροδο των βημάτων και τον βρόχων αντίστοιχα.

Τέλος, παρουσιάζονται τα ραβδογράμματα των ιδίων πειραμάτων στα οποία απεικονίζεται η τιμή της κατανάλωσης ενέργειας στο πέρας κάθε βρόχου, η οποία παρουσιάζει αυξομειώσεις, καθώς και το άθροισμα της ενέργειας που έχει καταναλωθεί κατά την διάρκεια όλων των βρόχων που προηγήθηκαν (Σχήμα 4.1.26 – 4.1.31). Επιπλέον, δημιουργήθηκε ο Πίνακας 4.2 που συγκεντρώνει τα αποτελέσματα για τις τιμές ενέργειας για το πείραμα των Minotto et al.(2020).

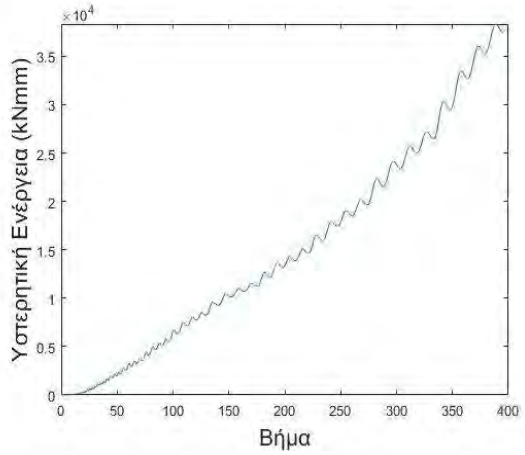
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



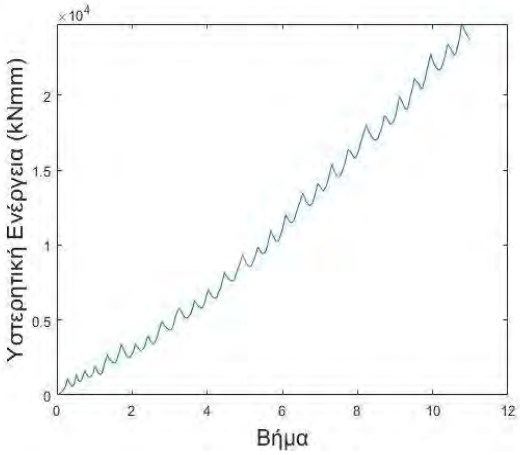
Σχήμα 4.1.14 Διάγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βήμα – IP: D. Kakaletsis(2011).



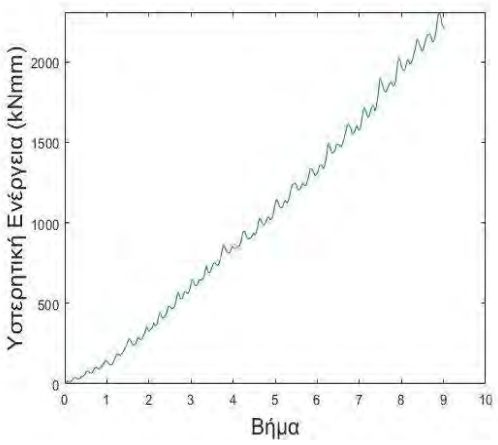
Σχήμα 4.1.15 Διάγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βήμα – IP: Selim et al.(2015).



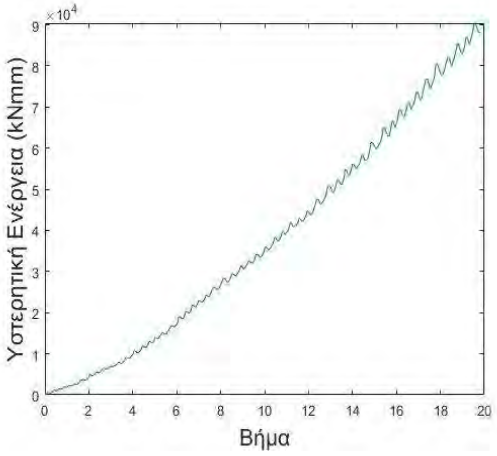
Σχήμα 4.1.16 Διάγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βήμα – IP: Akhoundi et al.(2015).



Σχήμα 4.1.17 Διάγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βήμα – IP: Ismail et al.(2015)..

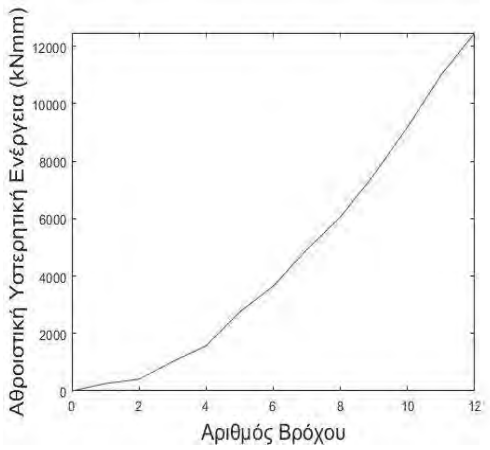


Σχήμα 4.1.18 Διάγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βήμα – IPD-OOP: Da Porto et al.(2015).

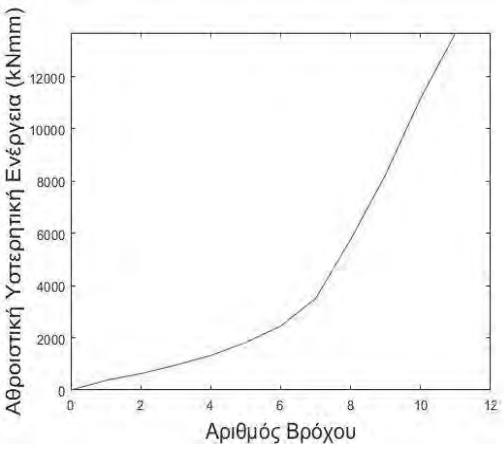


Σχήμα 4.1.19 Διάγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βήμα – IPD-OOP: Minotto et al.(2015).

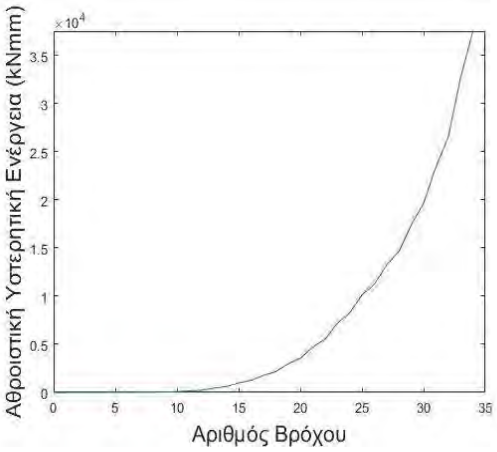
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



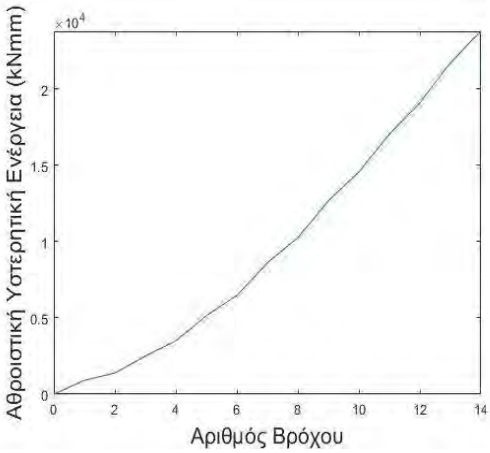
Σχήμα 4.1.20 Διάγραμμα αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IP: D. Kakaletsis(2011).



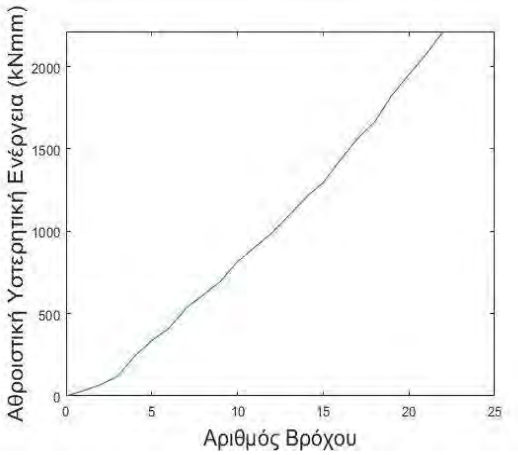
Σχήμα 4.1.21 Διάγραμμα αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IP: Selim et al.(2015).



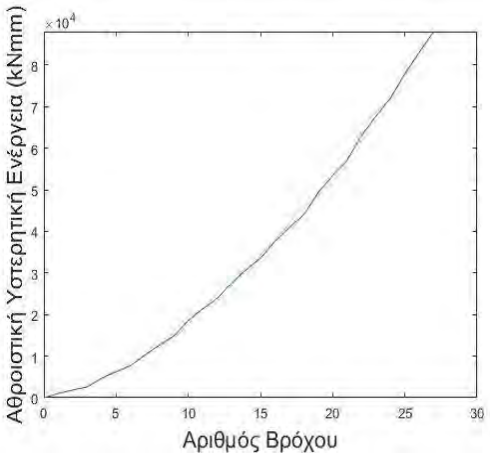
Σχήμα 4.1.22 Διάγραμμα αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IP: Akhoundi et al.(2015).



Σχήμα 4.1.23 Διάγραμμα αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IP: Ismail et al.(2015).

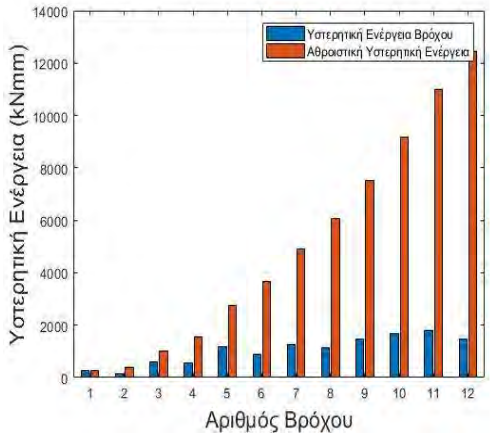


Σχήμα 4.1.24 Διάγραμμα αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IPD-OOP: Da Porto et al.(2015).

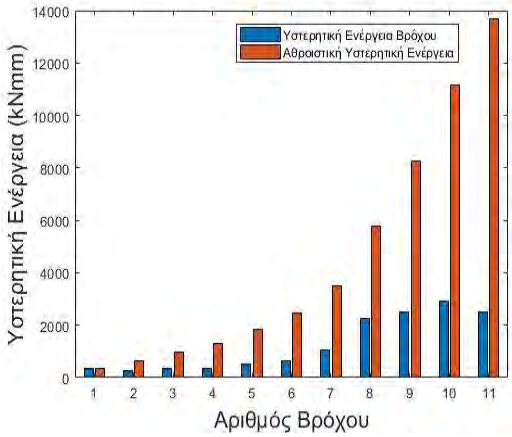


Σχήμα 4.1.25 Διάγραμμα αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IPD-OOP: Minotto et al.(2015).

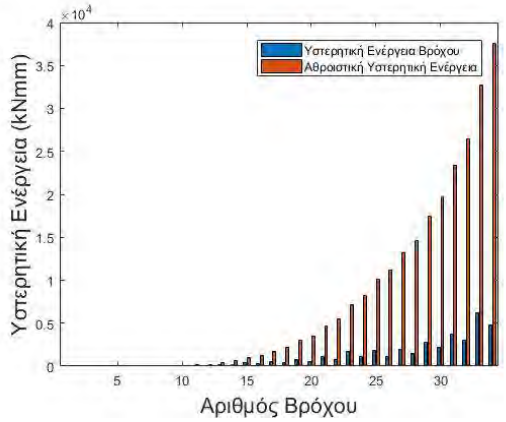
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



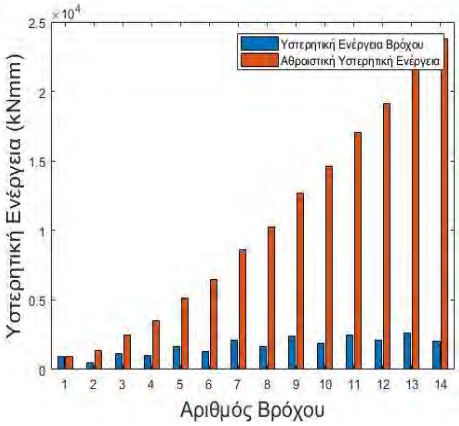
Σχήμα 4.1.26 Ραβδόγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βρόχο & αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IP: D. Kakaletsis(2011).



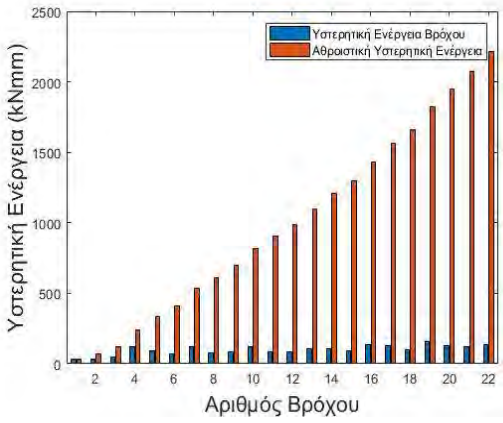
Σχήμα 4.1.27 Ραβδόγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βρόχο & αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IP: Selim et al. (2015).



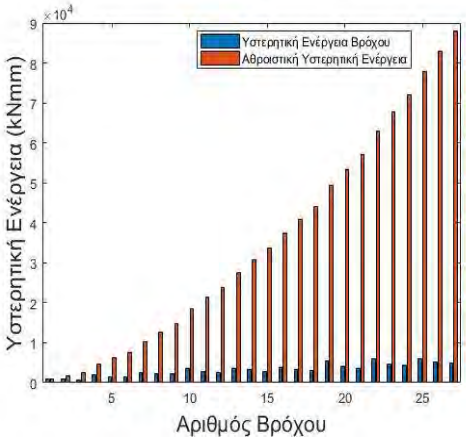
Σχήμα 4.1.28 Ραβδόγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βρόχο & αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IP: Akhoundi et al. (2018).



Σχήμα 4.1.29 Ραβδόγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βρόχο & αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IP: Ismail et al. (2018).



Σχήμα 4.1.30 Ραβδόγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βρόχο & αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IPD-OOP: Da Porto et al. (2015).



Σχήμα 4.1.31 Ραβδόγραμμα υστερητικής ενέργειας ανά βρόχο & αθροιστικής υστερητικής ενέργειας – IPD-OOP: Minotto et al. (2020).

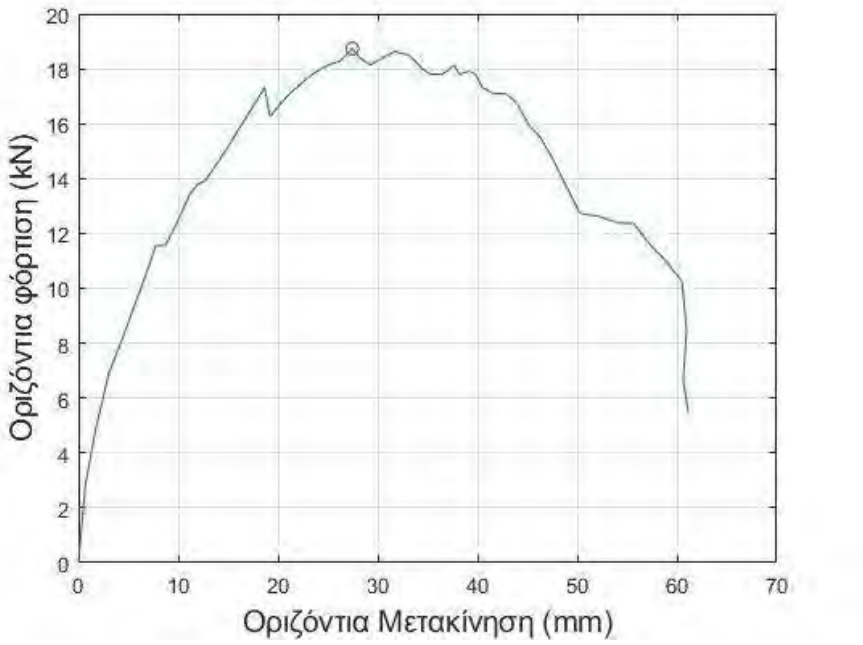
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας 4.2 Υστερητική & αθροιστική ενέργεια ανά βρόχο - IPD-OOP: Minotto et al.(2020).

Αριθμός βρόχου	**Υστερητική Ενέργεια ανά βρόχο (kNmm)**	**Αθροιστική Υστερητική Ενέργεια (kNmm)**
1	807,245	807,245
2	725,448	1532,703
3	693,845	2226,548
4	2086,561	4313,110
5	1799,443	6093,054
6	1637,822	7730,877
7	3106,734	10837,612
8	2603,747	13441,360
9	2305,156	15746,516
10	3866,495	19613,012
11	3039,310	22922,322
12	3139,558	26061,881
13	4206,707	30268,588
14	3547,360	33815,948
15	3194,916	37010,865

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Για τις εκτός επιπέδου μονοτονικές φορτίσεις, υπολογίστηκε αρχικά το σημείο της καμπύλης με τη μέγιστη οριζόντια φόρτιση (Σχήμα 4.1.32). Η ενέργεια που καταναλώθηκε κατά την διάρκεια της φόρτισης για το πλαίσιο υπολογίστηκε ως το εμβαδόν της καμπύλης μέχρι το σημείο της μέγιστης φόρτισης (Σχήμα 4.1.33).

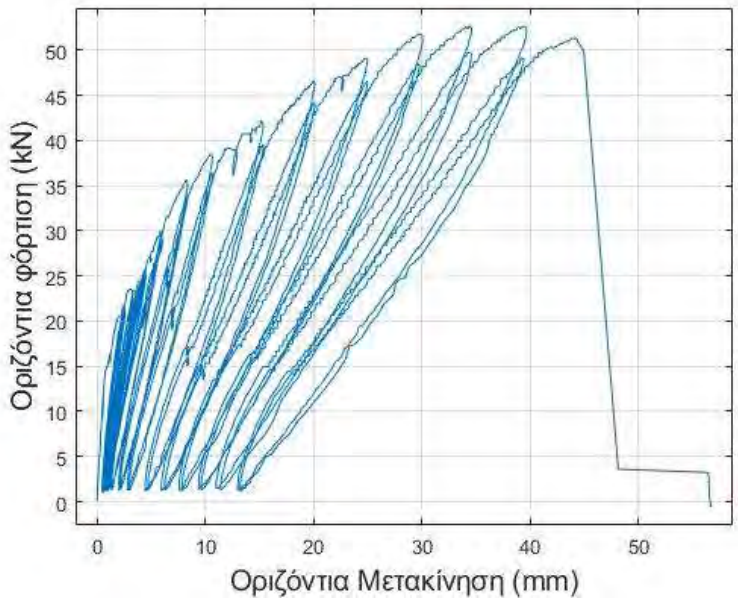


Σχήμα 4.1.32 Διάγραμμα δύναμης μετακίνησης και το μέγιστο σημείο του– OOP:Da Porto et al.(2015).

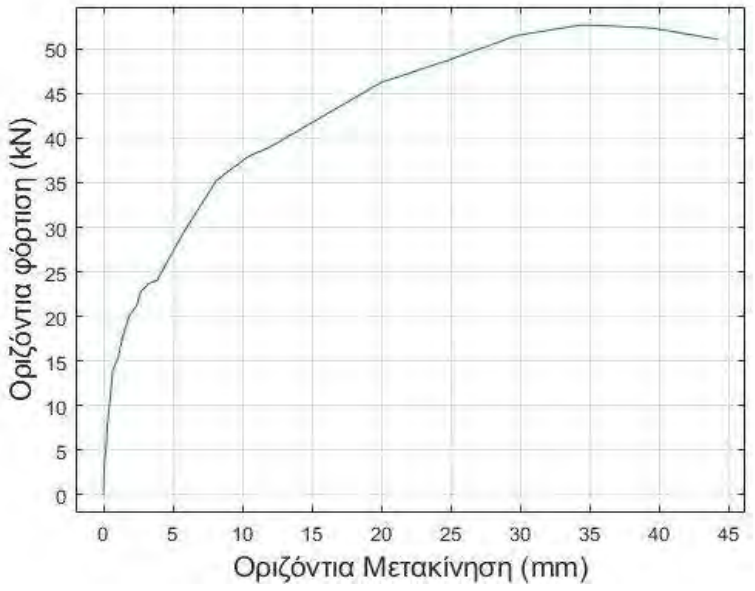
Σχήμα 4.1.33 Εμβαδόν – Ενέργεια του διαγράμματος– OOP:Da Porto et al.(2015).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Για τις εκτός επιπέδου ανακυκλιζόμενες φορτίσεις που εμπεριέχονται στην βάση δεδομένων, με σκοπό τον υπολογισμό της ενεργείας που καταναλώνει το πλαίσιο έγινε η ακόλουθη επεξεργασία. Αρχικά, υπολογίστηκε η περιβάλλουσα καμπύλης (Σχήμα 4.1.35) της φόρτισης μέσω των ανωτέρων τιμών οριζόντιας φόρτισης κάθε βρόχου. Στην περιβάλλουσα καμπύλη υπολογίστηκε το μέγιστο σημείο οριζόντιας φόρτισης (Σχήμα 4.1.36) και η ενέργεια που καταναλώθηκε από το πλαίσιο κατά την φόρτιση ως το εμβαδόν της καμπύλης μέχρι το σημείο της μέγιστης φόρτισης (Σχήμα 4.1.37).

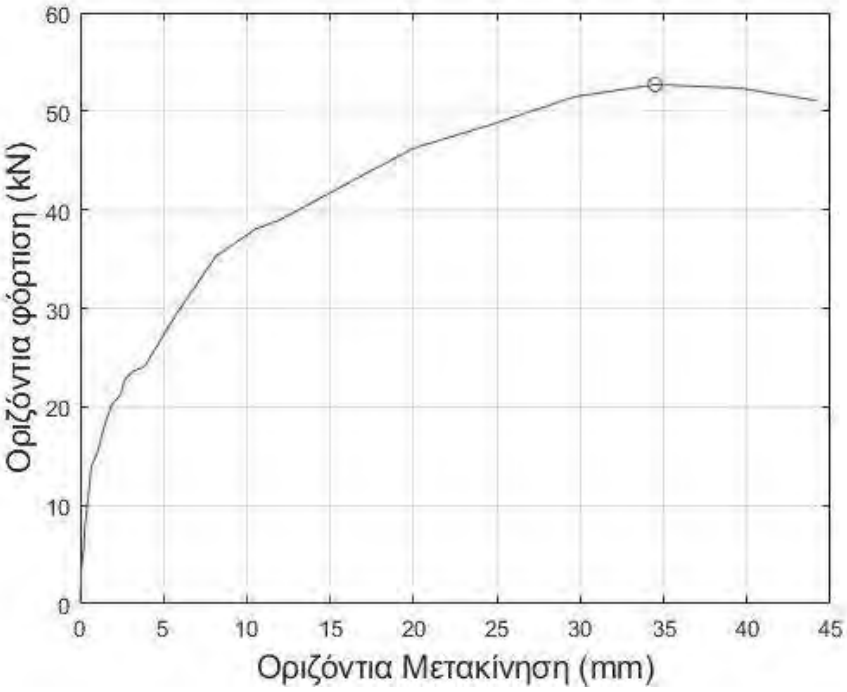


Σχήμα 4.1.34 Διάγραμμα φόρτισης-μετακίνησης– OOP:De Risi et al.(2020).

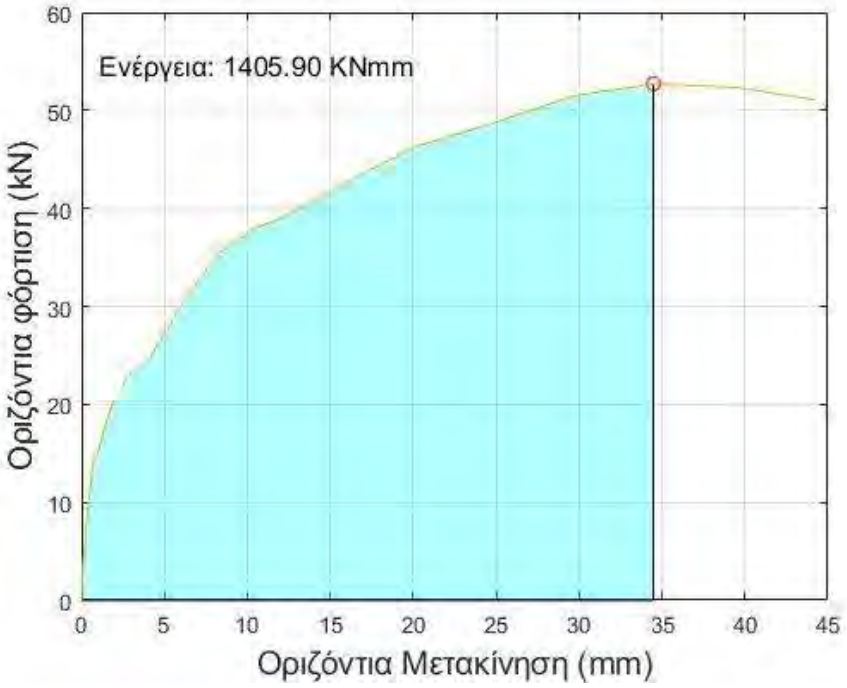


Σχήμα 4.1.35 Διάγραμμα περιβάλλουσας φόρτισης– OOP:De Risi et al.(2020).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



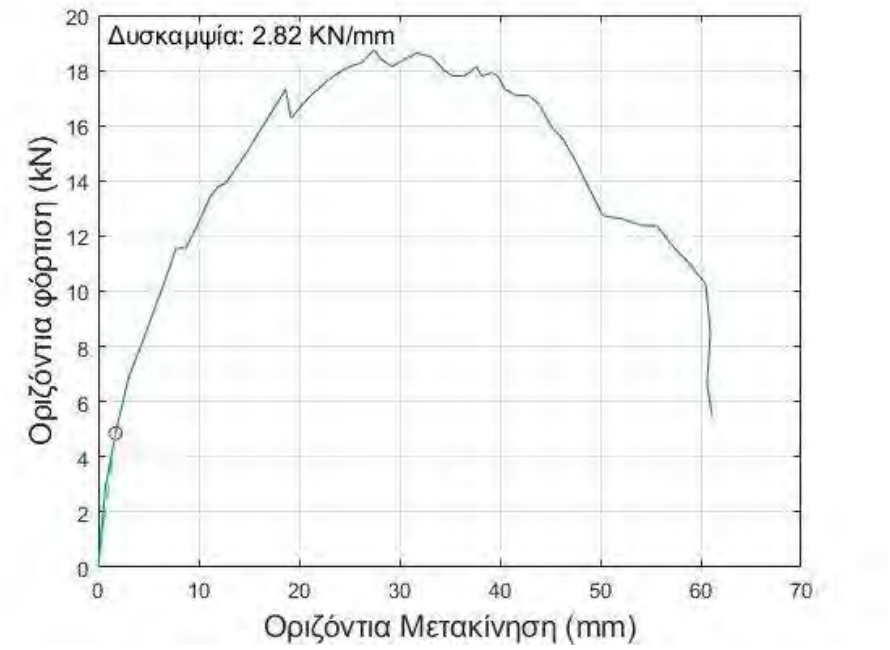
Σχήμα 4.1.36 Μέγιστο σημείο περιβάλλουσας καμπύλης– OOP:De Risi et al.(2020).



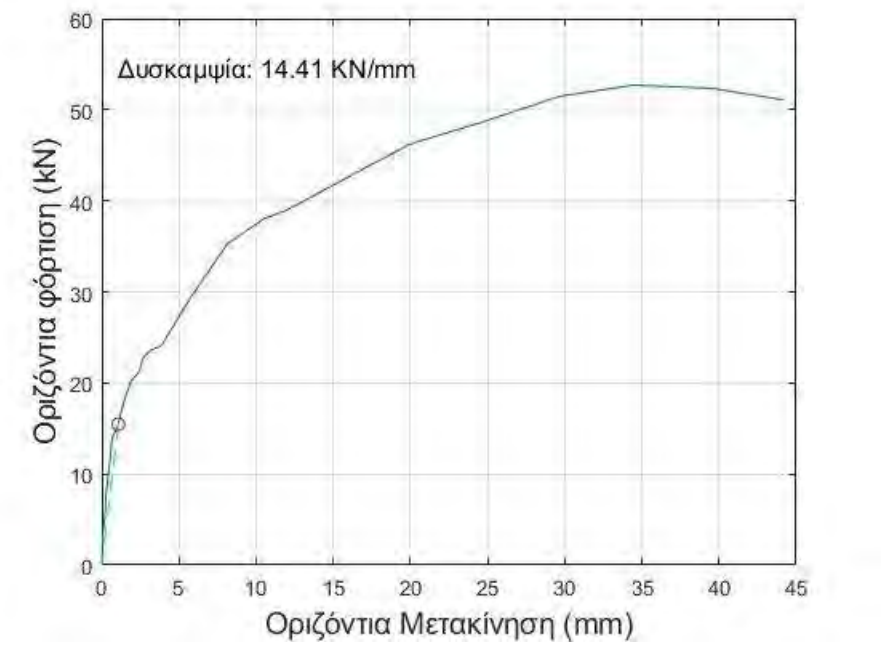
Σχήμα 4.1.37 Εμβαδόν – Ενέργεια του διαγράμματος– OOP:De Risi et al.(2020).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Για τον υπολογισμό της αρχικής τέμνουσας δυσκαμψίας των εκτός επιπέδου μονοτονικών και ανακυκλιζόμενων φορτίσεων ακολουθήθηκε η κάτωθι διαδικασία. Υπολογίστηκε ένα σημείο πάνω στην καμπύλη φόρτισης-μετακίνησης το οποίο αντιστοιχεί στο 30% της τιμής της οριζόντιας φόρτισης του σημείου με την μέγιστη φόρτιση και υπολογίστηκε η κλίση από το σημείο αυτό που αντιστοιχεί στην τέμνουσα δυσκαμψία.



Σχήμα 4.1.38 Δυσκαμψία – OOP:Da Porto et al.(2015).



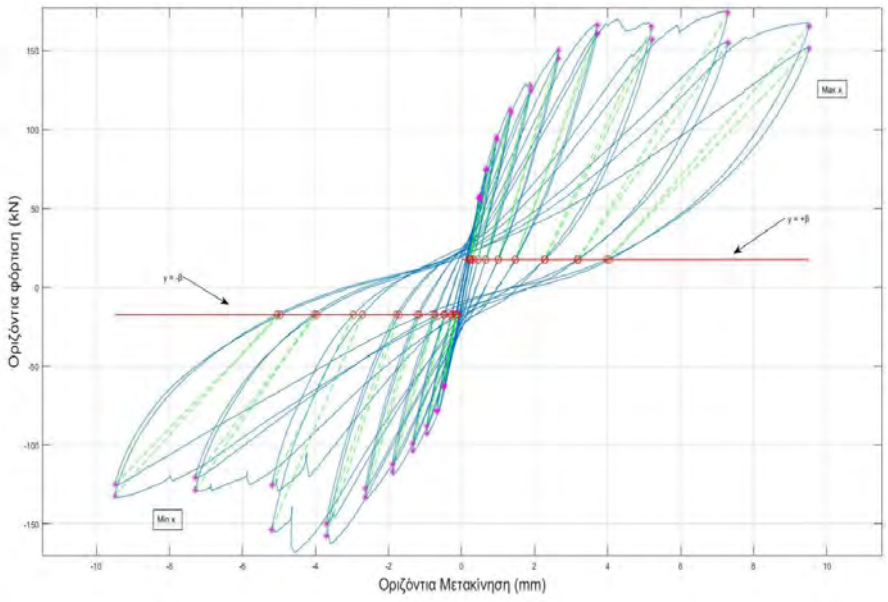
Σχήμα 4.1.39 Δυσκαμψία – OOP:De Risi et al.(2020).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Έπειτα έγινε ο υπολογισμός του συντελεστή υστερητικής απόσβεσης *ζi* όλων των κύκλων φόρτισης των τοιχοπληρώσεων, σε συμφωνία με το Σχήμα 4.1.13 και την Σχέση 4.1.2 που παρουσιάζεται παρακάτω:

$$\zeta_i = \frac{1}{2\pi} \frac{W_{pl,i}}{A_{OAA1} + A_{OBB1}} \qquad \text{(Σχέση 4.1.2)}$$

Κρίθηκε σκόπιμο να λάβει μέρος και ο υπολογισμός της κλίσης αποφόρτισης των κύκλων φόρτισης. Συγκεκριμένα ορίσθηκαν δύο ευθείες συναρτήσεως y = ±β , που αντιστοιχούν σε ένα ποσοστό της μέγιστης και ελάχιστης δύναμης, και βρέθηκαν τα σημεία τομής της κάθε ευθείας με τον κλάδο αποφόρτισης όλων των βρόχων του πειράματος. Υπολογίστηκε, εν συνεχεία, η κλίσης της ευθείας που ενώνει τα σημεία της συνάρτησης με τα σημεία της μέγιστης και ελάχιστης μετακίνησης κάθε βρόχου. Η ανωτέρω διαδικασία απεικονίζεται στο Σχήμα 4.1.40.



Σχήμα 4.1.40 Υπολογισμός κλίσης αποφόρτισης – IP: Akhoundi et al.(2018).

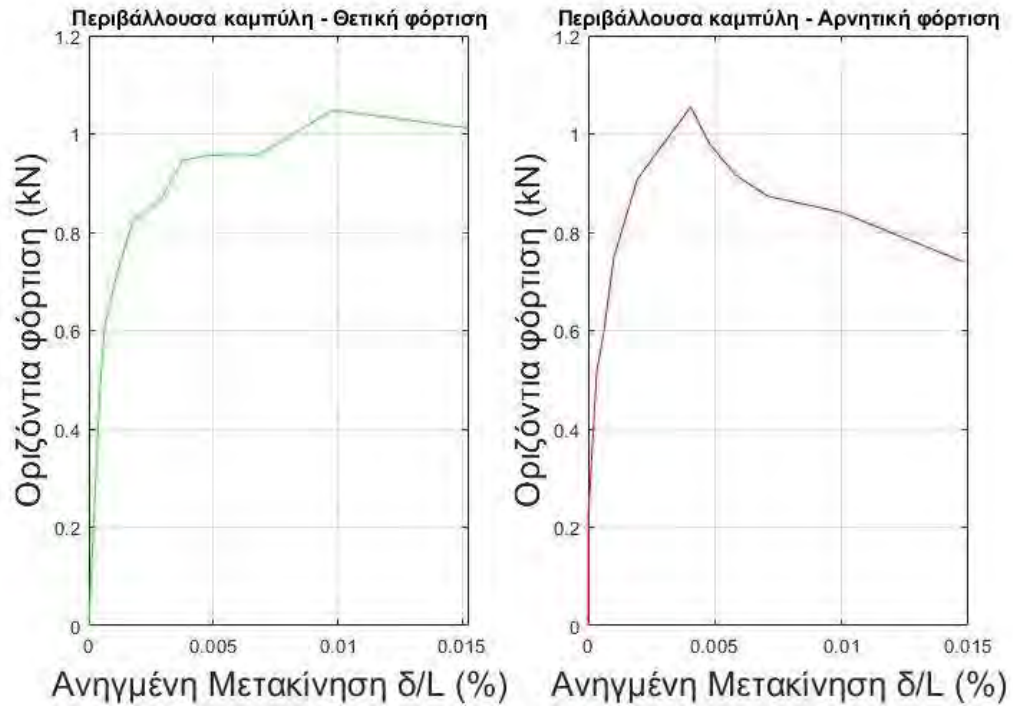
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Έπειτα πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός της καμπύλης ικανότητας των τοιχοπληρώσεων. Συγκεκριμένα έγινε η μετατροπή των τιμών οριζόντιας μετακίνησης, δ , σε τιμές ανηγμένης μετακίνησης ως προς το κρίσιμο ύψος Lc του υποστυλώματος του τοιχοπληρωμένου πλαισίου *(Σχέση 4.1.3)*.

$$Λόγος\ Μετακίνησης = \frac{Οριζόντια\ μετακίνηση\ \delta\ (mm)}{Κρίσιμο\ ύψος\ υποστυλώματος\ (mm)} \qquad \text{(Σχέση 4.1.3)}$$

Οι τιμές της οριζόντιας μετακίνησης καθώς και του κρίσιμου ύψους υποστυλώματος Lc λήφθηκαν από το επισυνάπτοντα υπολογιστικά φύλλα της βάσης δεδομένων και περιέχονται στον Πίνακα Α.1 με την αντίστοιχη ονομασία.

Πρωτίστως δημιουργήθηκαν οι περιβάλλουσες καμπύλες της θετικής φόρτισης και της αρνητικής φόρτισης (σε απόλυτες τιμές) σε διαγράμματα ανηγμένης μετακίνησης δ/L – οριζόντιας φόρτισης (Σχήμα 4.1.41).

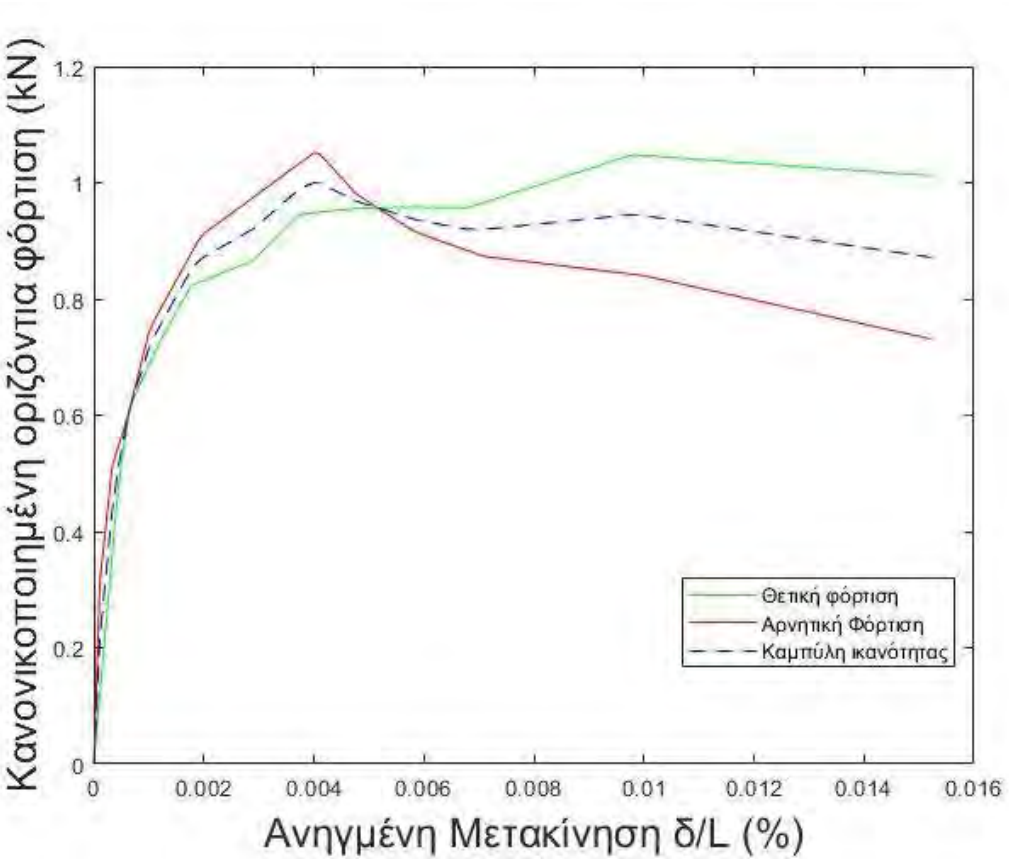


Σχήμα 4.1.41 Περιβάλλουσες καμπύλες θετικής & αρνητικής φόρτισης – IP: Selim et al. (2015).

Εδώ σημειώνεται ότι λόγω του διαφορετικού πλήθους των σημείων των δύο καμπυλών στην πλειονότητα των πειραμάτων, έχοντας ως σκοπό την εύρεση των ενδιάμεσων τιμών των δύο καμπυλών έγινε χρήση της γραμμικής παρεμβολής για τον υπολογισμό των τιμών αυτών.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Έπειτα, σχηματίστηκε η καμπύλη ικανότητας του δοκιμίου. Πιο συγκεκριμένα υπολογίστηκε η μέση περιβάλλουσα καμπύλη ως ο μέσος όρος των θετικών και των αρνητικών τιμών φόρτισης για το κοινό εύρος του λόγου μετακίνησης των καμπυλών. Οι τιμές φόρτισης κανονικοποιήθηκαν με βάση τη μέγιστη τιμή φόρτισης της μέσης περιβάλλουσας καμπύλης ώστε να δημιουργηθεί ένα διάγραμμα ανηγμένης μετακίνησης δ/L - κανονικοποιημένης οριζόντιας φόρτισης (Σχήμα 4.1.42).



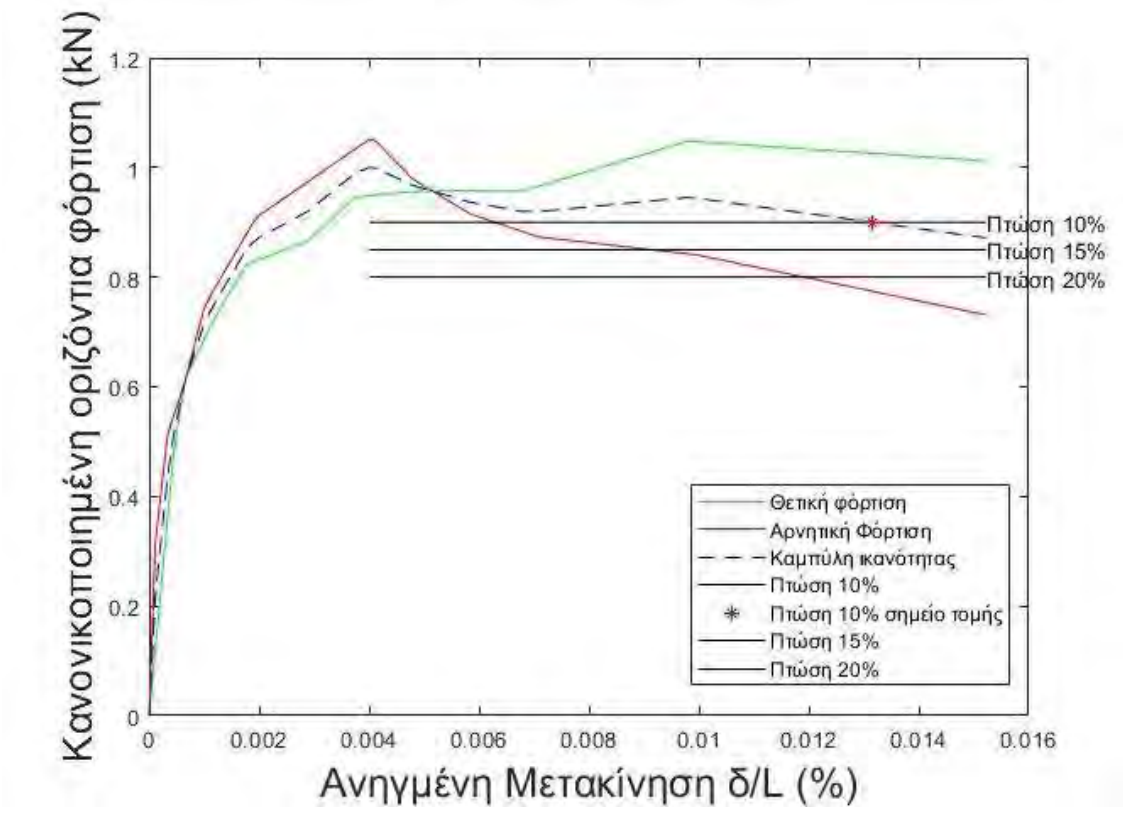
Σχήμα 4.1.42 Καμπύλη ικανότητας – IP: Selim et al. (2015).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Κατόπιν υπολογίστηκε η ανηγμένη μετακίνηση της καμπύλης ικανότητας στο σημείο με την μέγιστη τιμή φόρτισης. Επιπλέον θεωρήθηκε χρήσιμο να υπολογιστεί η ανηγμένη μετακίνηση στην οριακή κατάσταση αστοχίας, η οποία ορίστηκε ενδεικτικά για τρείς περιπτώσεις μείωσης της μέγιστης δύναμης:

i. Πτώση 10% (Η μέγιστη κανονικοποιημένη δύναμη βρίσκεται στο 90% της αρχικής τιμής της).
ii. Πτώση 15% (Η μέγιστη κανονικοποιημένη δύναμη βρίσκεται στο 85% της αρχικής τιμής της).
iii. Πτώση 20% (Η μέγιστη κανονικοποιημένη δύναμη βρίσκεται στο 80% της αρχικής τιμής της).

Στο Σχήμα 4.1.43 που ακολουθεί για το πείραμα των Selim et. Al. (2015) εμφανίζονται η καμπύλη θετικής φόρτισης, η καμπύλη αρνητικής φόρτισης καθώς και η καμπύλη ικανότητας του πειράματος. Επιπλέον παρουσιάζονται και οι τρείς περιπτώσεις μείωσης της μέγιστης δύναμης καθώς και τα σημεία της καμπύλης ικανότητας σε κάθε πτώση.



Σχήμα 4.1.43 Καμπύλη ικανότητας και οριακή κατάσταση αστοχίας – IP: Selim et al. (2015)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Έχοντας ως στόχο την απλούστερη διαδικασία υπολογισμού της ανηγμένης μετακίνησης διαρροής $d_y{}^*$, κατασκευάστηκε ένα ιδεατό διγραμμικό διάγραμμα της καμπύλης ικανότητας μέσω της θεώρησης ίσων εμβαδών (Σχήμα 4.1.44). Η ανηγμένη μετακίνηση διαρροής $d_y{}^*$ υπολογίστηκε με την χρήση της Σχέσης 4.1.4 του Fardis (2009) :

$$d_y{}^* = 2(d_m{}^* - \frac{E_m{}^*}{F_y{}^*}) \qquad \text{(Σχέση 4.1.4)}$$

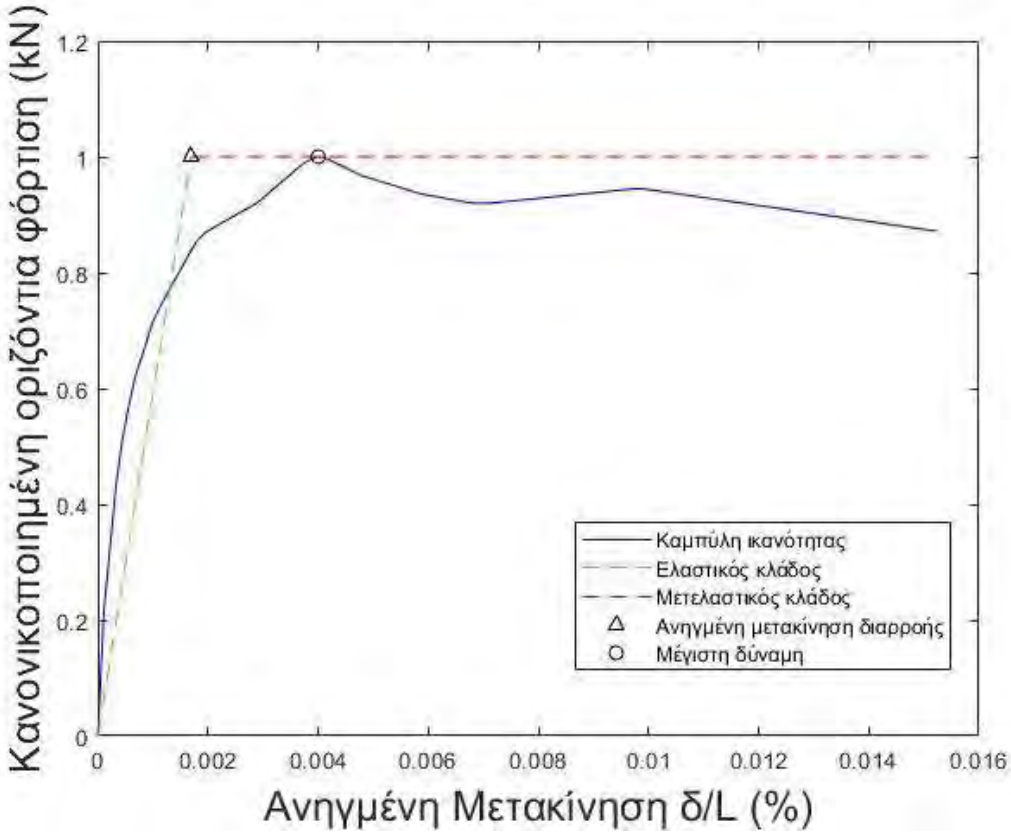
Όπου:

$d_m{}^*$: Η τιμή της ανηγμένης μετακίνησης στο σημείο της καμπύλης ικανότητας με τη μέγιστη τιμή δύναμης.

$E_m{}^*$: Το εμβαδόν που προκύπτει από το ιδεατό διγραμμικό διάγραμμα της περιβάλλουσας καμπύλης ως το σημείο $d_m{}^*$.

$F_y{}^*$: Η δύναμη διαρροής (αντιστοιχεί με την κανονικοποιημένη τιμή της μέγιστης δύναμης, που ισούται με την μονάδα).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



Σχήμα 4.1.44 Ιδεατό διγραμμικό διάγραμμα καμπύλης ικανότητας – IP: Selim et al. (2015)

Επιπλέον, για όλα τα πειράματα θεωρήθηκε χρήσιμος ο υπολογισμός του λόγου γωνίας στροφής χορδής στο τέλος του πρώτου βρόχου θ_1, προς τη γωνία στροφής χορδής στη διαρροή. Επίσης υπολογίστηκε ο συντελεστής απόσβεσης ζ του πρώτου βρόχου και ο λόγος του συντελεστή απόσβεσης του πρώτου βρόχου ως προς τον συντελεστή απόσβεσης των υπόλοιπων βρόχων κάθε πειράματος. Τέλος υπολογίστηκε ο δείκτης πλαστιμότητας κάθε πειράματος.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

4.2 Διερεύνηση και ανάλυση παραμέτρων.

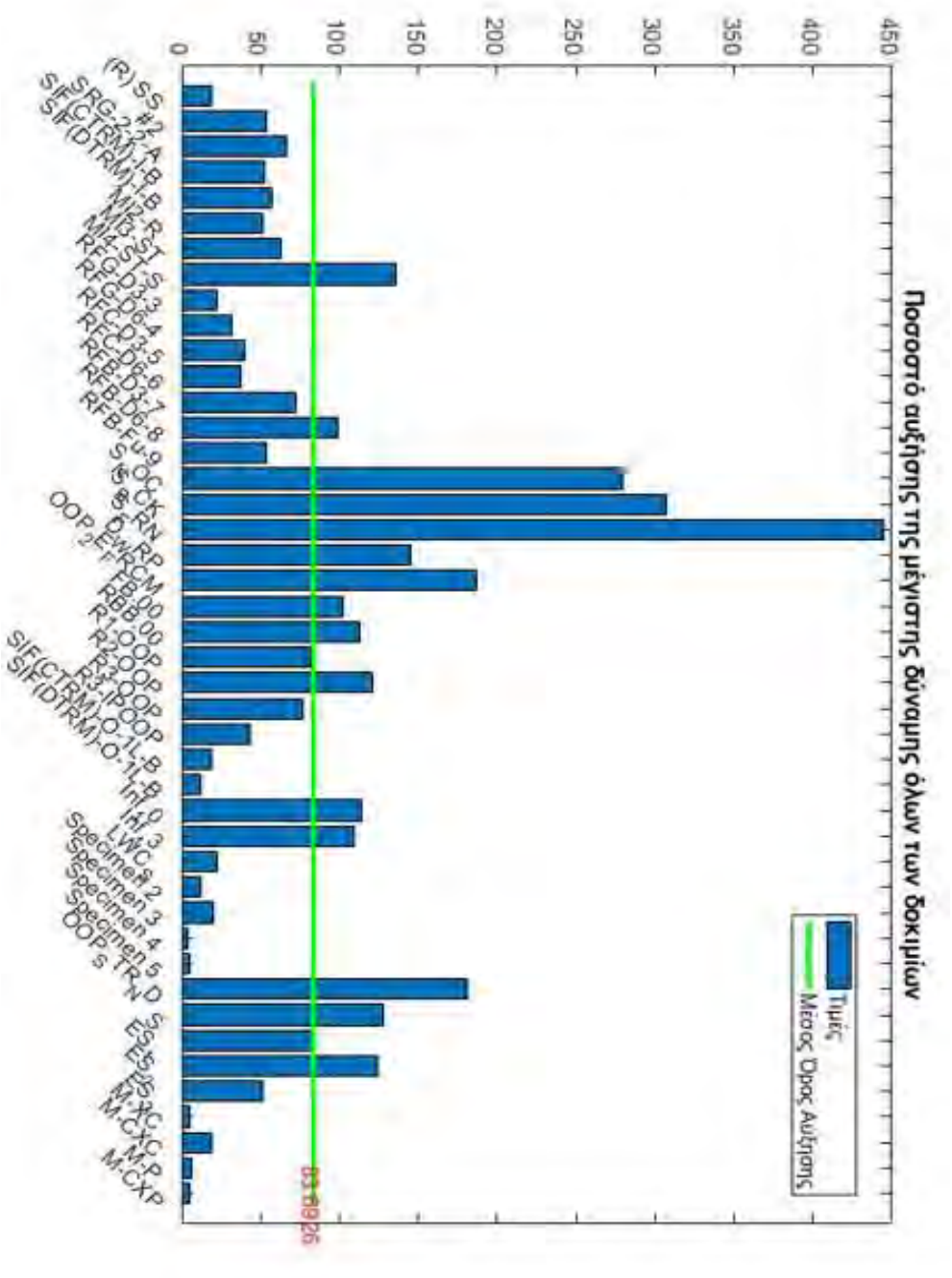
Στο παρόν κεφάλαιο έχοντας ως σκοπό την συσχέτιση των μεγεθών της βάσης δεδομένων που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική, δημιουργήθηκαν διαγράμματα διασποράς. Ακολούθως, οπού κατέστη δυνατό, πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις παλινδρόμησης στα δεδομένα του εκάστοτε διαγράμματος διασποράς με σκοπό την εξαγωγή καμπυλών συσχέτισης των μεγεθών.

Η πρώτη παράμετρος που διερευνήθηκε είναι αυτή που αφορά το ποσοστό αύξησης της μέγιστης δύναμης. Συγκεκριμένα το ποσοστό που αυξάνεται η μέγιστη δύναμη που επιδέχεται η ενισχυμένη τοιχοπλήρωση σε σχέση με την τοιχοπλήρωση αναφοράς (μη ενισχυμένη τοιχοπλήρωση). Το ποσοστό αύξησης υπολογίζεται βάσει της παρακάτω σχέσης (Σχέση 4.2.1):

$$Ποσοστό\ αύξησης\ μέγιστης\ δύναμης = \\ = \frac{Μέγιστη\ φόρτιση\ ενισχυμένου\ πλαισιου - Μεγιστή\ φόρτιση\ μη\ ενισχυμένου\ πλαισίου}{Μεγιστή\ φόρτιση\ μη\ ενισχυμένου\ πλαισίου} * 100\%$$

(Σχέση 4.2.1)

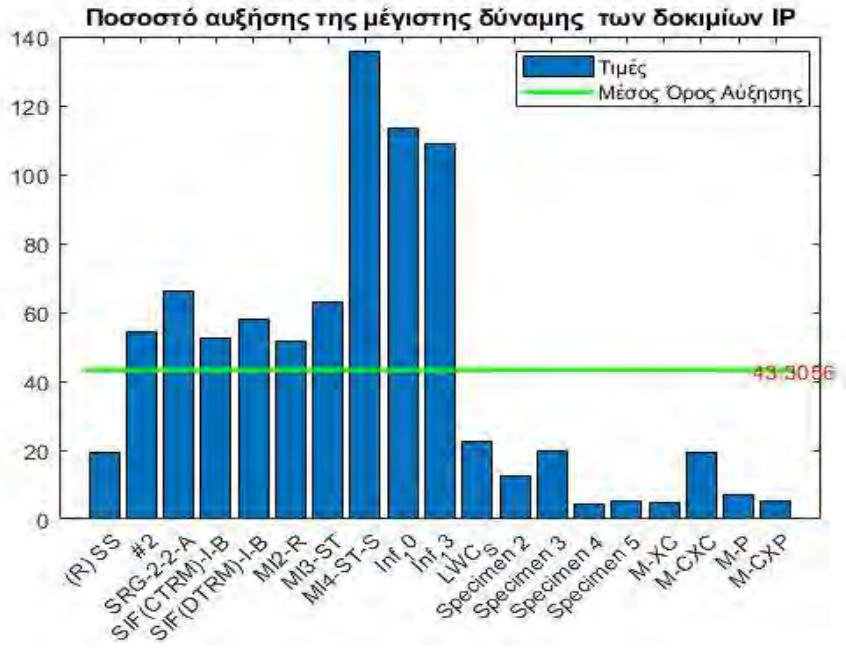
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



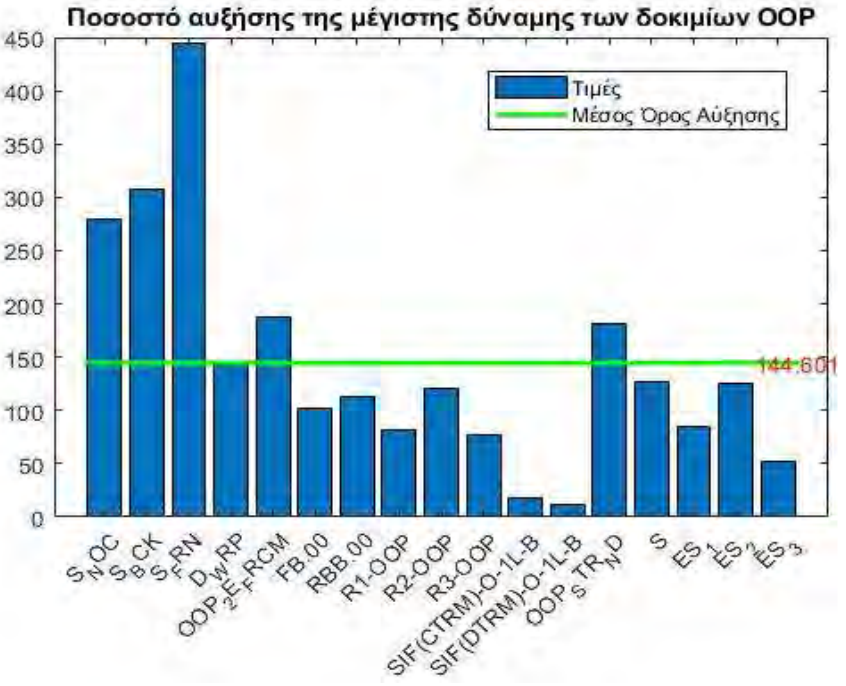
Σχήμα 4.2.1 Ραβδόγραμμα αύξησης της μέγιστης δύναμης όλων των πλαισίων.

Ο μέσος όρος του ποσοστού αύξησης την δύναμης όλων των ενισχυμένων πλαισίων της βάσης βρέθηκε ίσος με 83.6926% κάτι που τονίζει και την αποδοτικότητα της ενίσχυσης έναντι αυξημένων απαιτήσεων φόρτισης. Στην συνέχεια παρατίθενται επιμέρους ραβδογράμματα του ποσοστού αύξησης για τις εντός και εκτός επιπέδου φορτίσεις.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



Σχήμα 4.2.2 Ραβδόγραμμα αύξησης της μέγιστης δύναμης των εντός επιπέδου πλαισίων.

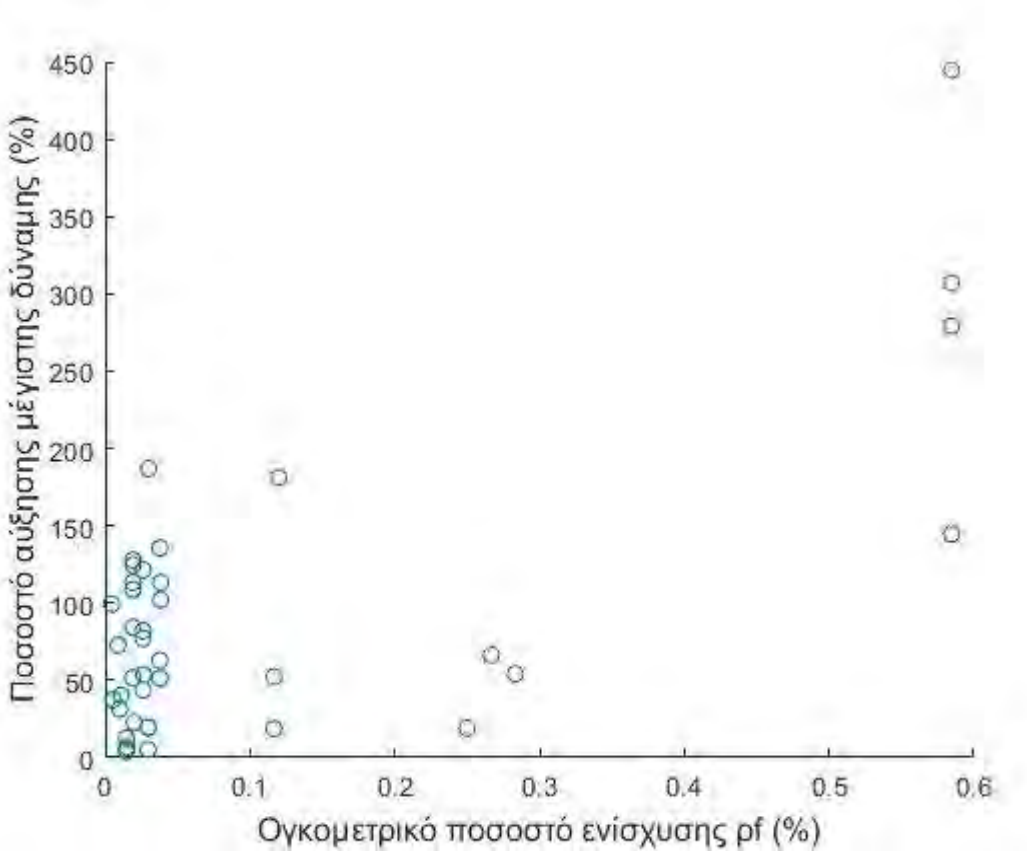


Σχήμα 4.2.3 Ραβδόγραμμα αύξησης της μέγιστης δύναμης των εκτός επιπέδου πλαισίων.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Για τα πλαίσια που εμπίπτουν στην εντός επιπέδου φόρτιση ο μέσος όρος του ποσοστού αύξησης της μέγιστης τέμνουσας δύναμης είναι ίσος με 43.3%, ενώ για την εκτός επιπέδου φόρτιση ο μέσος όρος εμφανίζει σημαντική βελτίωση και συμβάλει στην αποδοτικότητα της ενίσχυσης για εκτός επιπέδου φορτίσεις καθώς η τιμή του ανέρχεται στο 144.6%.

Αποφασίστηκε επιπλέον να δημιουργηθεί το διάγραμμα διασποράς μεταξύ του ογκομετρικού ποσοστού ενίσχυσης ρ_f και του ποσοστού αύξησης μέγιστης δύναμης Σχήμα 4.2.4.

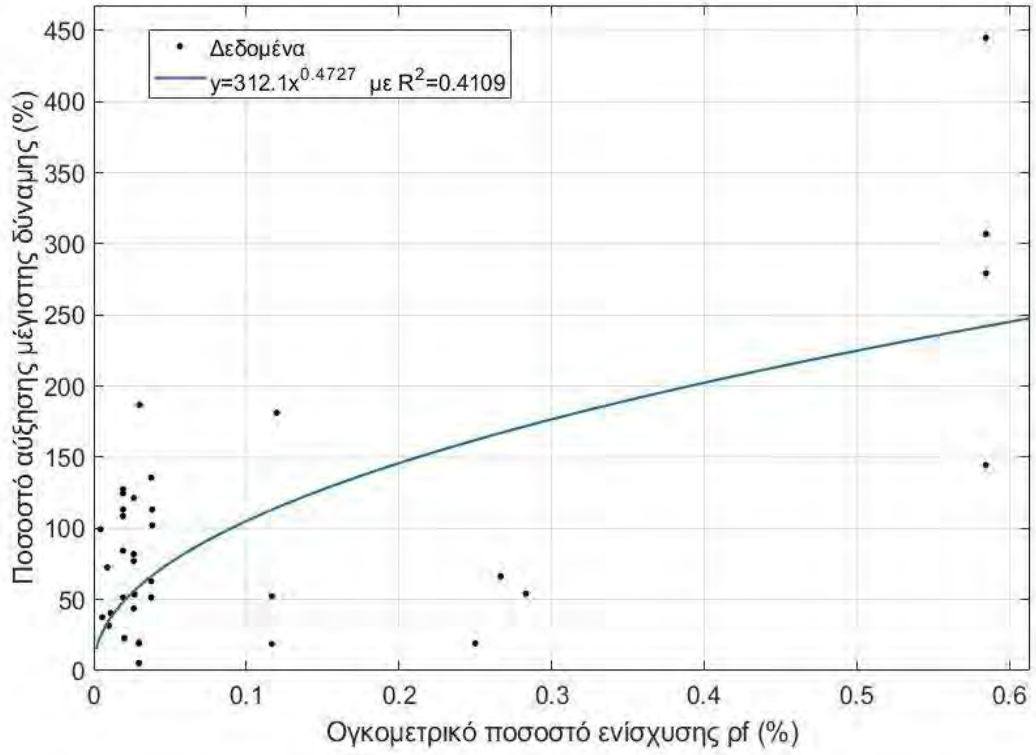


Σχήμα 4.2.4 Διάγραμμα ρ_f – Ποσοστό αύξησης μέγιστης δύναμης.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Επιπρόσθετα εκτελέστηκε ανάλυση παλινδρόμησης για τα παραπάνω δεδομένα (Σχήμα 4.2.5), προσπαθώντας να εξετασθεί η σύνδεση μεταξύ του ογκομετρικού ποσοστού ενίσχυσης και του ποσοστού αύξησης μέγιστης δύναμης. Η καμπύλη που προέκυψε παρουσιάζει αυξητική τάση και οδηγεί στο συμπέρασμα ότι για αυξημένες τιμές του ογκομετρικού ποσοστού ενίσχυσης ρ_f αυξάνονται αντίστοιχα και οι τιμές του ποσοστού αύξησης της μέγιστης δύναμης κάτι που είναι και αναμενόμενο. Η συνάρτηση συσχέτισης που προήλθε από την ανάλυση παλινδρόμησης μεταξύ των δεδομένων είναι η εξής:

$$y = 312.1x^{0.4727} \ με \ R^2 = 0.4109 \qquad (Σχέση\ 4.2.2)$$

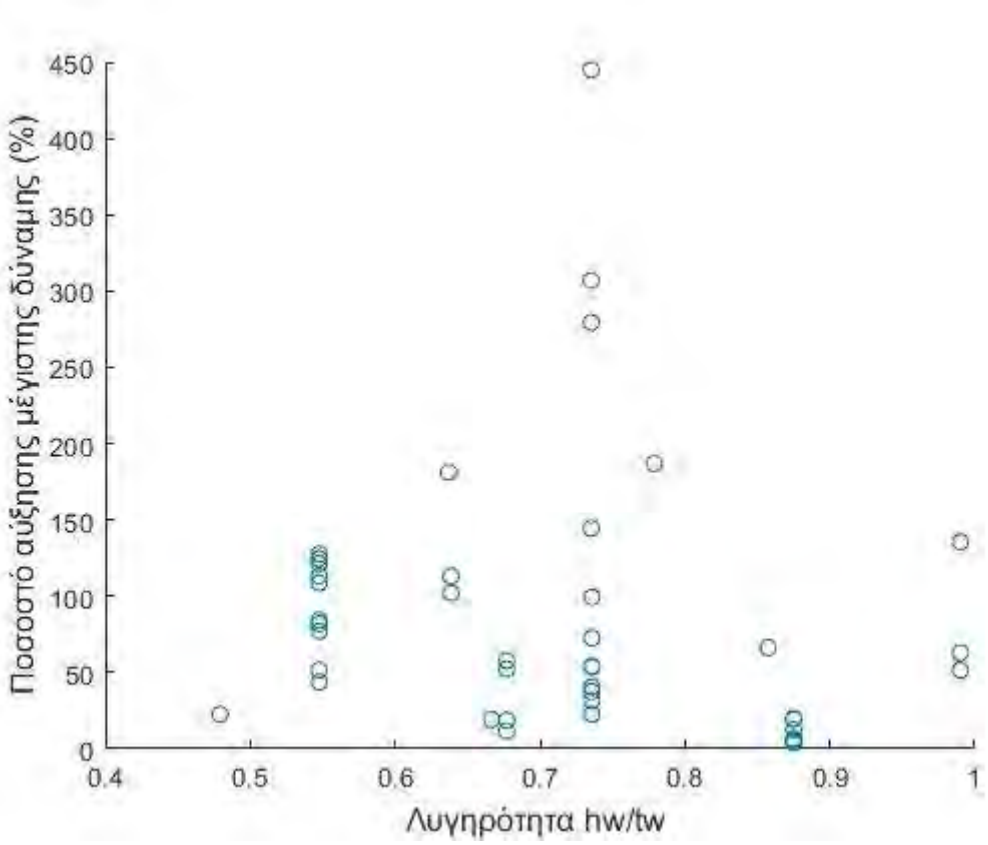


Σχήμα 4.2.5 Διάγραμμα ρ_f – Ποσοστό αύξησης μέγιστης δύναμης και ανάλυση παλινδρόμησης

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

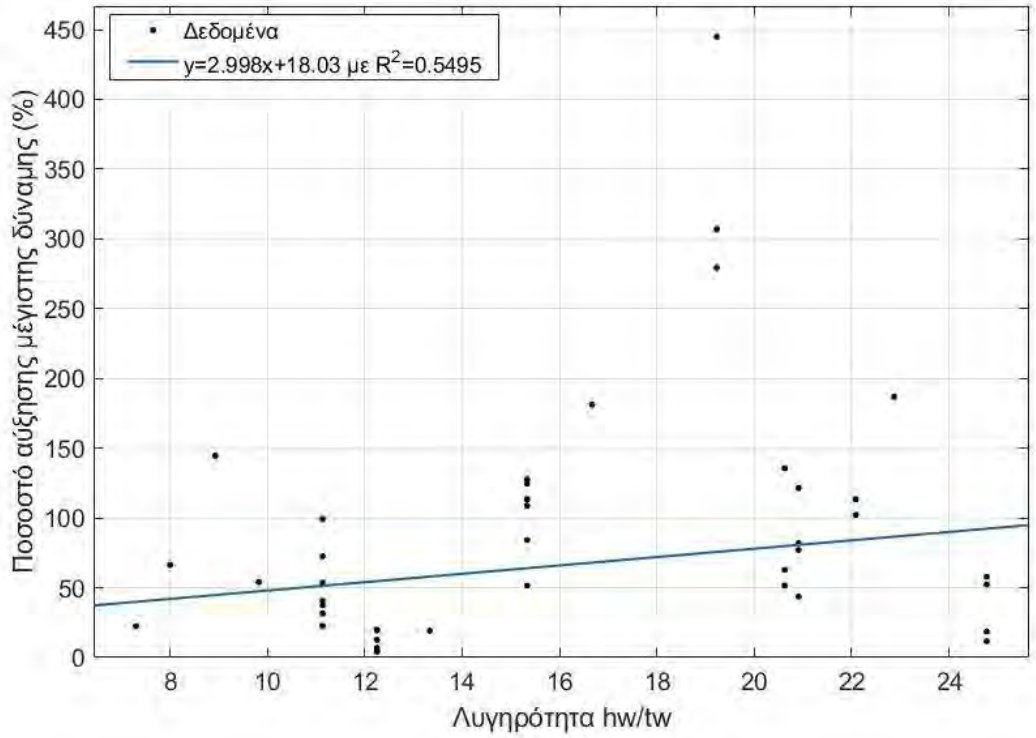
Επιπλέον, δημιουργήθηκε το διάγραμμα διασποράς ποσοστού αύξησης μέγιστης δύναμης και της λυγηρότητας h_w/t_w (Σχήμα 4.2.6) και έγινε προσπάθεια συσχέτισης των δεδομένων μέσω της ανάλυσης παλινδρόμησης. Στην ανάλυση παλινδρόμησης διαφαίνεται μια αυξητική τάση, η αύξησης της λυγηρότητας οδηγεί σε αυξημένες τιμές ποσοστού αύξησης της μέγιστης δύναμης. Η συνάρτηση συσχέτισης που προέκυψε μεταξύ των δύο μεγεθών από τα πειραματικά δεδομένα της βάσης είναι η εξής :

$$y = 2.998x + 18.03 \ \ με \ R^2 = 0.5495 \qquad (Σχέση\ 4.2.3)$$



Σχήμα 4.2.6 Διάγραμμα Λυγηρότητας hw/tw – ποσοστού αύξησης μέγιστης δύναμης.

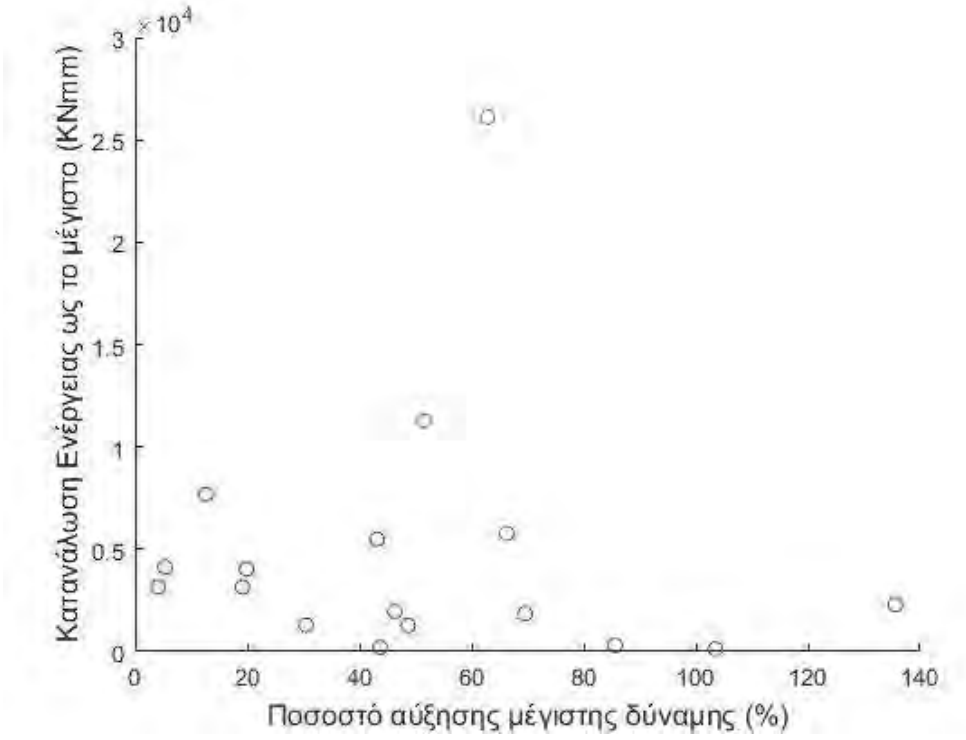
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



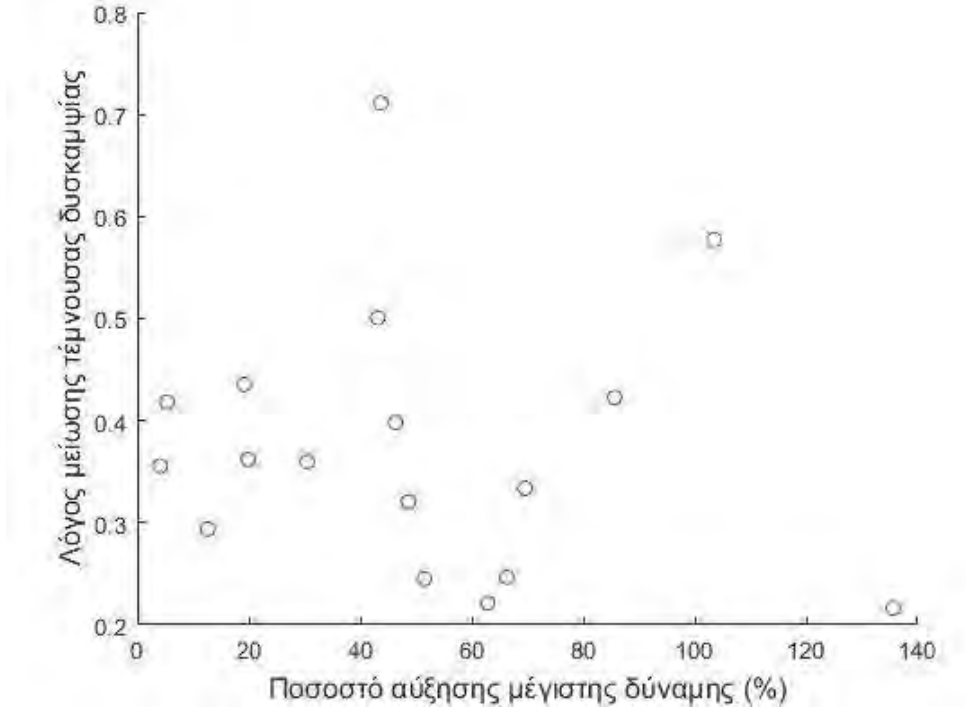
Σχήμα 4.2.7 Διάγραμμα Λυγηρότητας h_w/t_w – ποσοστού αύξησης μέγιστης δύναμης και ανάλυση παλινδρόμησης.

Για ποσοστό αύξησης της μέγιστης δύναμης έγινε προσπάθεια σύνδεσης του με περεταίρω δεδομένα της βάσης όπως είναι, η συνολική κατανάλωση ενέργειας ως το μέγιστο βρόχο φόρτισης και τον λόγο τέμνουσας δυσκαμψίας στο μέγιστό βρόχο προς την αρχική τέμνουσα δυσκαμψία. Δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα διαγράμματα διασποράς αλλά η ανάλυση παλινδρόμησης δεν κατέστη δυνατό να παράσχει αξιόπιστες σχέσεις σύνδεσης των δεδομένων μεταξύ τους κάτι που οφείλεται στον μικρό αριθμό δεδομένων για κάποιες μεταβλητές και σε κάποιες ανωμαλίες των δεδομένων. Στην συνέχεια παρατίθενται με την σειρά τα προαναφερθέντα διαγράμματα διασποράς.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



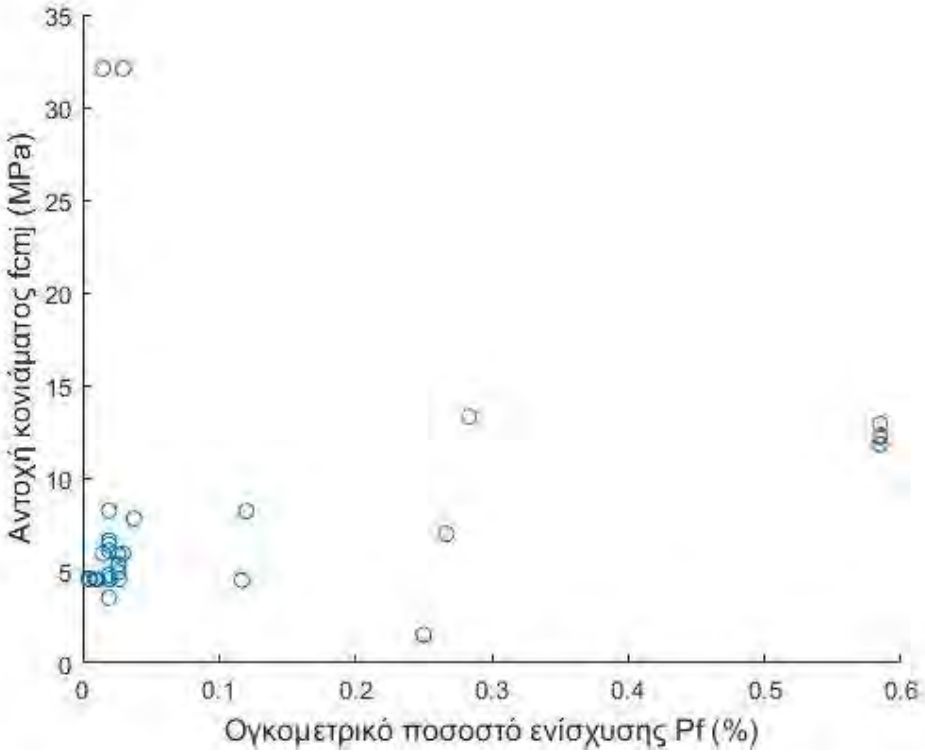
Σχήμα 4.2.8 Διάγραμμα ποσοστού αύξησης μέγιστης δύναμης – κατανάλωσης ενέργειας ως το μέγιστο(KNmm).



Σχήμα 4.2.9 Διάγραμμα ποσοστού αύξησης μέγιστης δύναμης –λόγου μείωσης τέμνουσας δυσκαμψίας.

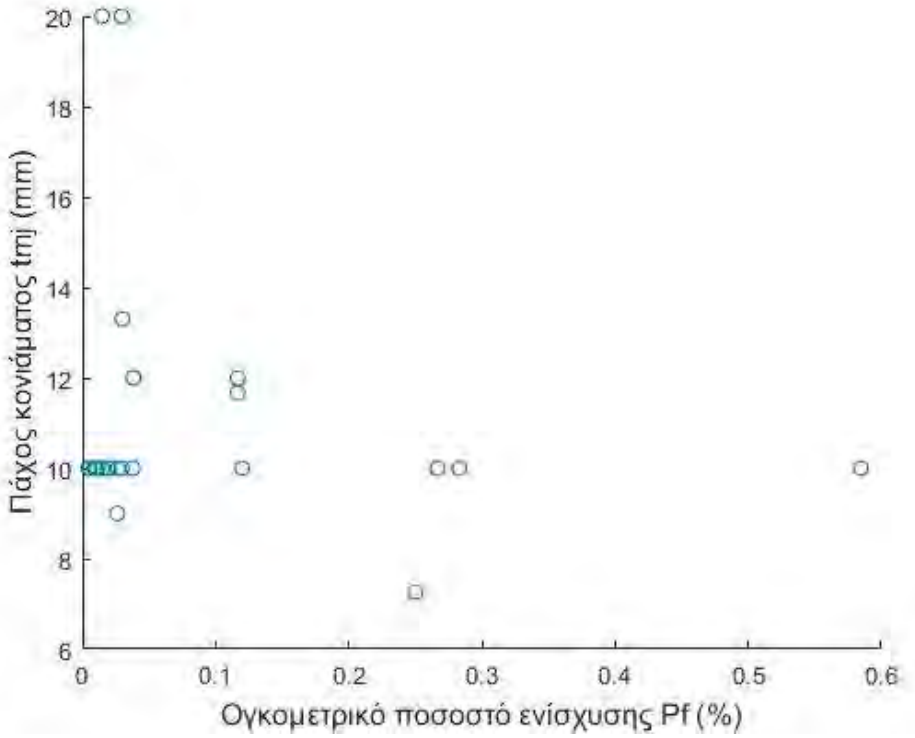
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Μια ακόμα παράμετρος που κρίθηκε σκόπιμο να ερευνηθεί αφορά το ογκομετρικό ποσοστό ενίσχυσης ρ_f (%) καθώς έγινε προσπάθεια σύνδεσης του ογκομετρικού ποσοστού ενίσχυσης ρ_f με περαιτέρω παραμέτρους της βάσης δεδομένων. Συγκεκριμένα την αντοχή του κονιάματος αρμών f_{cmj}, το πάχος του κονιάματος αρμών, την συνολική κατανάλωση ενέργειας ως το μέγιστο βρόχο φόρτισης και τον λόγο τέμνουσας δυσκαμψίας στο μέγιστό βρόχο προς την αρχική τέμνουσα δυσκαμψία. Για όλα τα παραπάνω δεδομένα καταστρώθηκαν διαγράμματα διασποράς που παρατίθενται στην συνέχεια. Όμως η έλλειψη σημαντικού αριθμού δεδομένων, η ύπαρξη ακραίων τιμών δεν βοήθησε ώστε η αναλύσεις παλινδρόμησης που εκτελέστηκαν να μπορέσουν να παράσχουν αξιόπιστες σχέσεις για την συνάρτηση των μεγεθών.

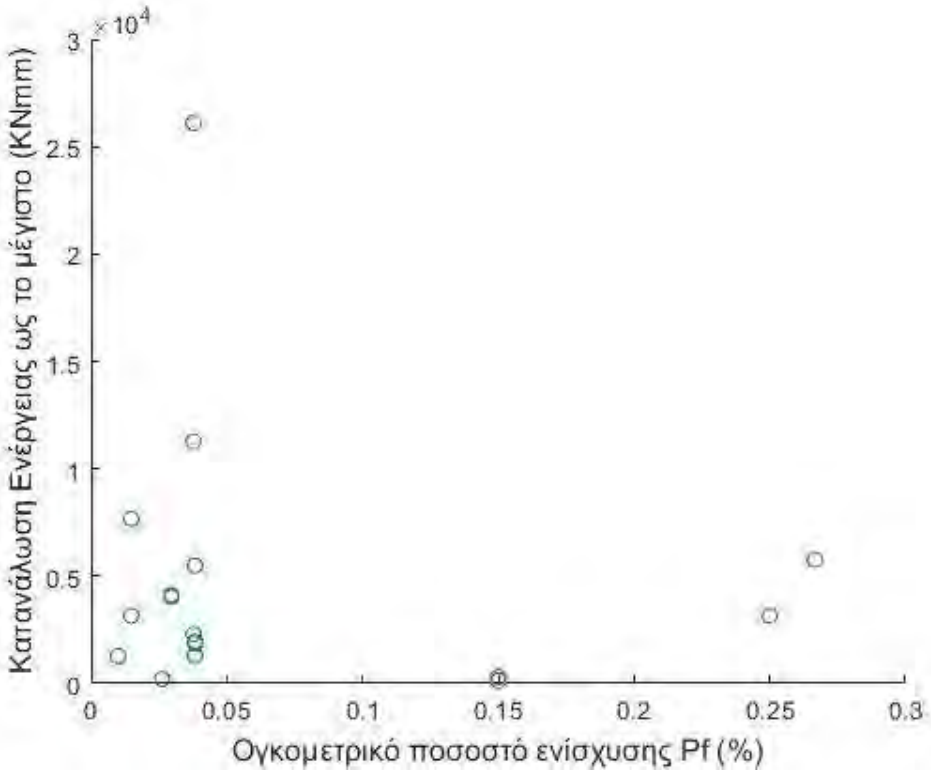


Σχήμα 4.2.10 Διάγραμμα ρ_f – Αντοχή κονιάματος f_{cmj} (MPa).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

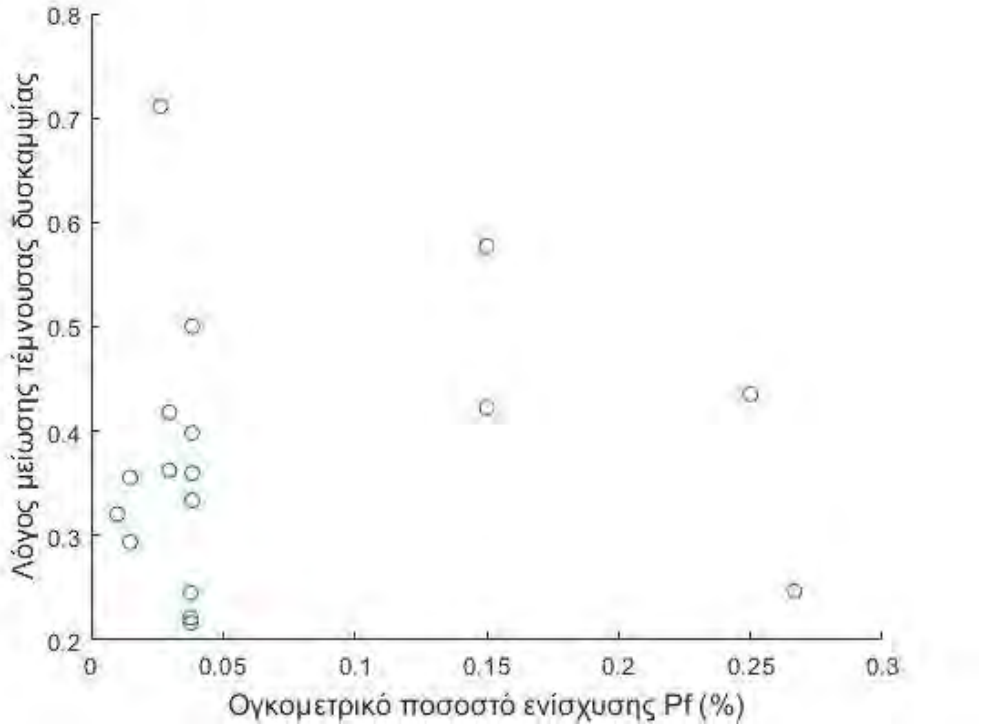


Σχήμα 4.2.11 Διάγραμμα ρ_f – Πάχος κονιάματος t_{cmj} (mm).



Σχήμα 4.2.12 Διάγραμμα ρ_f – Ενέργεια ως το μέγιστο (KNmm).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250



Σχήμα 4.2.13 Διάγραμμα ρ_f – Λόγος μείωσης τέμνουσας δυσκαμψίας.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Κεφάλαιο 5ο Σύνοψη αποτελεσμάτων και συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διεκπεραιώθηκε εκτενής μελέτη μιας βάσης δεδομένων, που περιελάμβανε δεδομένα από δοκιμές μονοτονικής και ανακυκλιζόμενης, εντός και εκτός επιπέδου, φόρτισης σε τοιχοπληρωμένα πλαίσια. Έπειτα έγινε διεξοδική επεξεργασία των πειραμάτων αυτών, με σκοπό την διερεύνηση της επιρροής διαφόρων παραμέτρων όπως και της ενίσχυσης με ΙΑΜ στην συμπεριφορά των τοιχοπληρωμένων πλαισίων.

Παρακάτω, παρουσιάζονται με συνοπτικό τρόπο κάποια από τα συμπεράσματα που εξήχθησαν, που προέκυψαν από την επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων της βάσης δεδομένων.

- Συμπεραίνεται ότι από τα ενισχυμένα τοιχοπληρωμένα πλαίσια της βάσης το 68.85% έχει επιλέξει για την ενίσχυση του TRM υάλου διότι εκτός από την φθηνή τιμή του παρέχει επίσης και πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες.
- Από τα πειράματα της βάσης το 29% είναι κατηγόριας εντός επιπέδου, το 35% είναι εκτός επιπέδου και το υπόλοιπο 36% συνδυασμοί των δύο κατηγοριών.
- Παρατηρείται ότι η τιμή της τέμνουσας δυσκαμψίας, για τις εντός επιπέδου φορτίσεις, μειώνεται κατά την διάρκεια επιβολής της ανακυκλιζόμενης φόρτισης. Επομένως, ο λόγος αυτής με την αρχική δυσκαμψία ακολουθεί την ίδια μειωτική πορεία.
- Η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται, όπως είναι αναμενόμενο, αυξάνεται σταδιακά κατά την διάρκεια της φόρτισης.
- Ο συντελεστής υστερητικής απόσβεσης, ζ, του 1ου κύκλου φόρτισης ακολουθεί μια ελαφρώς αυξητική τάση όσο αυξάνεται η τιμή του λόγου θ1./θy, δηλαδή της γωνίας στροφής χορδής στον 1ο κύκλο προς την γωνία στροφής χορδής στην διαρροή.
- Η αύξηση του ογκομετρικού οπλισμού ενίσχυσης των TRM (ρ_f) οδηγεί σε μεγαλύτερο ποσοστό αύξησης της μέγιστης τέμνουσας δύναμης που επιφέρουν τα ενισχυμένα τοιχοπληρωμένα πλαίσια.
- Σχετικά με την επιρροή της ενίσχυσης των τοιχοπληρωμένων πλαισίων με TRM παρατηρείται βελτίωση της αντοχής τόσο στις εντός όσο και στις εκτός επιπέδου φορτίσεις. Στις εντός επιπέδου σημειώνεται αύξηση μέσου όρου ποσοστού στο 43% ενώ στις εκτός επιπέδου σημειώνεται ακόμα πιο σημαντική αύξηση του μέσου όρου, της τάξης του 144%.
- Η έλλειψη τιμών σε κάποιες παραμέτρους της βάσης και ο μικρός αριθμός των πειραμάτων της βάσης δεν οδηγούν σε ασφαλή συμπεράσματα.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Βιβλιογραφία

Μώκος Β. Γ., Προσδιορισμός Παραμορφωσιακής Ικανότητας Υποστυλώματος Ο/Σ κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ, Παρουσίαση, ΟΑΣΠ, Νοέμβριος 2016

Ο.Α.Σ.Π., "Κανονισμός επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) -3 η αναθεώρηση Απρίλιος 2022",Αθήνα

Fardis, M. (2009). Seismic Design, Assessment and Retrofitting of Concrete Buildings Based on EN-Eurocode 8. Springer, Netherlands

The MATLAB Curriculum Series (2005). The Student Edition of Matlab, The language of technical computing, User's guide 5th version, The MathWorks, USA

G Papanicolaou Thanasis C.Triantafillou (2007), Textile reinforced mortar (TRM) versus FRP as strengthening material of URM walls: out-of-plane cyclic loading, Patras, Greece.

Thomoglou K. Athanasia (2021), Unreinforced masonry walls strengthened with composite materials, Xanthi, Greece.

Watson, S., "Design of Reinforced Concrete Frames of Limited Ductility", Report 89-4, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, January 1989, 223 pages

Commission of the European Communities, "Eurocode No 8 : Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings", ENV 1998-1: December 2004

Α. Παπασωτηρίου (2020), Διερεύνηση της επίδρασης των τοιχοπληρώσεων στην σεισμική απόκριση επίπεδων φορέων οπλισμένου σκυροδέματος, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα

Λάμπρος Ν. Κούτας (2015), Νέες τεχνικές και υλικά για την ενίσχυση πλαισίων οπλισμένου σκυροδέματος μέσω εμφατνούμενης τοιχοποιίας: πειραματική και αναλυτική μελέτη ,Πάτρα, Ελλάδα.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Kakaletsis, D. (2011). Comparison of CFRP and alternative seismic retrofitting techniques for bare and infilled RC frames. *Journal of Composites for Construction*, *15*(4), 565-577.

Koutas, L., Bousias, S. N., & Triantafillou, T. C. (2015). Seismic strengthening of masonry-infilled RC frames with TRM: Experimental study. *Journal of Composites for Construction*, *19*(2), 04014048.

Selim, M., Okten, C., Ozkan, M., & Gencoglu, _. (2015, June). Behavior of RC frames with infill walls strengthened by cement based composites. In *ISOPE International Ocean and Polar Engineering Conference* (pp. ISOPE-I). ISOPE.

da Porto, F., Guidi, G., Verlato, N., & Modena, C. (2015). Effectiveness of plasters and textile reinforced mortars for strengthening clay masonry infill walls subjected to combined in-plane/out-of-plane actions/Wirksamkeit von Putz und textilbewehrtem Mörtel bei der Verstärkung von Ausfachungswänden aus Ziegelmauerwerk, die kombinierter Scheiben-und Plattenbeanspruchung ausgesetzt sind. *Mauerwerk*, *19*(5), 334-354.

Akhoundi, F., Vasconcelos, G., Lourenço, P., Silva, L. M., Cunha, F., & Fangueiro, R. (2018). In-plane behavior of cavity masonry infills and strengthening with textile reinforced mortar. *Engineering Structures*, *156*, 145-160.

Akhoundi, F., Vasconcelos, G., & Lourenço, P. (2018). In-plane behavior of infills using glass fiber shear connectors in textile reinforced mortar (TRM) technique. *International Journal of Structural Glass and Advanced Materials Research*, *2*(1), 1-14.

Facconi, L., Minelli, F., & Giuriani, E. (2018). Response of infilled RC frames retrofitted with a cementitious fiber-mesh reinforced coating in moderate seismicity areas. *Construction and Building Materials*, *160*, 574-587.

Facconi, L., & Minelli, F. (2020). Retrofitting RC infills by a glass fiber mesh reinforced overlay and steel dowels: Experimental and numerical study. *Construction and Building Materials*, *231*, 117133.

Ismail, N., El-Maaddawy, T., & Khattak, N. (2018). Quasi-static in-plane testing of FRCM strengthened non-ductile reinforced concrete frames with masonry infills. *Construction and Building Materials*, *186*, 1286-1298.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Koutas, L. N., & Bournas, D. A. (2019). Out-of-plane strengthening of masonry-infilled RC frames with textile-reinforced mortar jackets. *Journal of Composites for Construction*, *23*(1), 04018079.

Verderame, G. M., Balsamo, A., Ricci, P., Di Domenico, M., & Maddaloni, G. (2019). Experimental assessment of the out-of-plane response of strengthened one-way spanning masonry infill walls. *Composite Structures*, *230*, 111503.

Sagar, S. L., Singhal, V., & Rai, D. C. (2019). In-plane and out-of-plane behavior of masonry-infilled RC frames strengthened with fabric-reinforced cementitious matrix. *Journal of composites for construction*, *23*(1), 04018073.

Minotto, M., Verlato, N., Donà, M., & da Porto, F. (2020). Strengthening of in-plane and out-of-plane capacity of thin clay masonry infills using textile-and fiber-reinforced mortar. *Journal of Composites for Construction*, *24*(6), 04020059.

De Risi, M. T., Furtado, A., Rodrigues, H., Melo, J., Verderame, G. M., António, A., ... & Manfredi, G. (2020). Experimental analysis of strengthening solutions for the out-of-plane collapse of masonry infills in RC structures through textile reinforced mortars. *Engineering Structures*, *207*, 110203.

De Risi, M. T., Furtado, A., Rodrigues, H., Melo, J., Verderame, G. M., Arêde, A., ... & Manfredi, G. (2022). Influence of textile reinforced mortars strengthening on the in-plane/out-of-plane response of masonry infill walls in RC frames. *Engineering Structures*, *254*, 113887.

Akhoundi, F., Silva, L. M., Vasconcelos, G., & Lourenço, P. (2023). Out-of-plane strengthening of masonry infills using textile reinforced mortar (TRM) technique. *International Journal of Architectural Heritage*, *17*(2), 310-325.

Furtado, A., Rodrigues, H., & Arêde, A. (2021). Experimental and numerical assessment of confined infill walls with openings and textile-reinforced mortar. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, *151*, 106960.

Furtado, A., Rodrigues, H., Arêde, A., Melo, J., & Varum, H. (2021). The use of textile-reinforced mortar as a strengthening technique for the infill walls out-of-plane behaviour. *Composite Structures*, *255*, 113029.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Agante, M., Furtado, A., Rodrigues, H., Arêde, A., Fernandes, P., & Varum, H. (2021). Experimental characterization of the out-of-plane behaviour of masonry infill walls made of lightweight concrete blocks. *Engineering Structures*, *244*, 112755.

Wang, F. Experimental Research on Seismic Retrofitting of Masonry-Infilled RC Frames by Using FRCM System.

Gkournelos, P. (2022). *Experimental and analytical study on the in-and out-of-plane interaction of infill walls subject to combined seismic and energy retrofitting using textile reinforced mortal and thermal insulation* (Doctoral dissertation, Πανεπιστήμιο Πατρών. Σχολή Πολυτεχνική. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Εργαστήριο Μηχανικής και Τεχνολογίας Υλικών).

Furtado, A., Rodrigues, H., Arêde, A., & Varum, H. (2023). A experimental characterization of seismic plus thermal energy retrofitting techniques for masonry infill walls. *Journal of Building Engineering*, *75*, 106854.

Christis Z, C., Renos, V., Nicholas, K., Rogiros, I., Christiana A, F., & Stathis, B. (2023). Seismic and energy upgrading of existing buildings—full-scale testing of retrofitted masonry-infilled RC frames. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, *52*(14), 4489-4517.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Α.1.1 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 1-30, Μέρος 1^{ο})

Ταυτότητα Δοκιμίου	**Όνομα Δοκιμίου**	**Πηγή**	**Ψηφιοποιημένο ιστορικό**
1_5	SS	D. Kakaletsis et al (2011)	SS.xlsx
1_6	(R)SS	D. Kakaletsis et al (2011)	(R)SS.xlsx
2_1	#1	Koutas et al. (2015)	#1.xlsx
2_2	#2	Koutas et al.(2015)	#2.xlsx
3_2	C-2	Selim et al. (2015)	C-2.xlsx
3_3	SRG-2-2-A	Selim et al. (2015)	SRG-2-2-A.xlsx
4_1	1-GP-UR	Da Porto et al. (2015)	1-GP-UR.xlsx
4_3	3-GC-NR	Da Porto et al. (2015)	3-GC-NR.xlsx
4_4	4-GC-FN	Da Porto et al. (2015)	4-GC-FN.xlsx
4_6	6-BG-NR	Da Porto et al. (2015)	6-BG-NR.xlsx
4_8	8-BC-NR	Da Porto et al. (2015)	8-BC-NR.xlsx
5_1	Bare Frame	Akhoundi et al. (2018)	Bare Frame.xlsx
5_2	SIF-I-A	Akhoundi et al. (2018)	SIF-I-A.xlsx
5_3	SIF-I(0.3%)-B	Akhoundi et al. (2018)	SIF-I(0.3%)-B.xlsx
5_4	SIF-I(0.5%)-B	Akhoundi et al. (2018)	SIF-I(0.5%)-B.xlsx
5_5	SIF-I(1%)-B	Akhoundi et al. (2018)	SIF-I(1%)-B.xlsx
5_6	SIF(CTRM)-I-B	Akhoundi et al. (2018)	SIF(CTRM)-I-B.xlsx
5_7	SIF(DTRM)-IB	Akhoundi et al. (2018)	SIF(DTRM)-IB.xlsx
6_1	MI1	Facconi et al. (2018)	MI1.xlsx
6_2	MI2-R	Facconi et al. (2018)	MI2-R.xlsx
6_3	MI3-ST	Facconi et al. (2018)	MI3-ST.xlsx
6_4	MI4-ST-S	Facconi et al. (2018)	MI4-ST-S.xlsx
7_1	IF-2	Ismail et al. (2018)	IF-2.xlsx
7_2	RFG-D3-3	Ismail et al. (2018)	RFG-D3-3.xlsx
7_3	RFG-D6-4	Ismail et al. (2018)	RFG-D6-4.xlsx
7_4	RFC-D3-5	Ismail et al. (2018)	RFC-D3-5.xlsx
7_5	RFC-D6-6	Ismail et al. (2018)	RFC-D6-6.xlsx
7_6	RFB-D3-7	Ismail et al. (2018)	RFB-D3-7.xlsx
7_7	RFB-D6-8	Ismail et al. (2018)	RFB-D6-8.xlsx
7_8	RFB-Fu-9	Ismail et al. (2018)	RFB-Fu-9.xlsx

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Α.1.2 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 1-30, Μέρος 2^{ο})

Ταυτότητα Δοκιμίου	Τύπος Φόρτισης	Κλίμακα κατασκευής	H [mm]	L [mm]	Αριθμός ορόφων	Αριθμός ανοιγμάτων
1_5	IP	1:3	1000	1500	1	1
1_6	IP	1:3	1000	1500	1	1
2_1	IP	2:3	6000	2730	3	1
2_2	IP	2:3	6000	2730	3	1
3_2	IP	1:3	1000	1333	1	1
3_3	IP	1:3	1000	1333	1	1
4_1	IPD-OOP	1:1	2900	4950	1	1
4_3	IPD-OOP	1:1	2900	4950	1	1
4_4	IPD-OOP	1:1	2900	4950	1	1
4_6	IPD-OOP	1:1	2900	4950	1	1
4_8	IPD-OOP	1:1	2900	4950	1	1
5_1	IP	1:2	1905	2735	1	1
5_2	IP	1:2	1905	2735	1	1
5_3	IP	1:2	1905	2735	1	1
5_4	IP	1:2	1905	2735	1	1
5_5	IP	1:2	1905	2735	1	1
5_6	IP	1:2	1905	2735	1	1
5_7	IP	1:2	1905	2735	1	1
6_1	IP	1:1	2775	3300	1	1
6_2	IP	1:1	2775	3300	1	1
6_3	IP	1:1	2775	3300	1	1
6_4	IP	1:1	2775	3300	1	1
7_1	IPD-OOP	2:3	2000	2730	1	1
7_2	IPD-OOP	2:3	2000	2730	1	1
7_3	IPD-OOP	2:3	2000	2730	1	1
7_4	IPD-OOP	2:3	2000	2730	1	1
7_5	IPD-OOP	2:3	2000	2730	1	1
7_6	IPD-OOP	2:3	2000	2730	1	1
7_7	IPD-OOP	2:3	2000	2730	1	1
7_8	IPD-OOP	2:3	2000	2730	1	1

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Α.1.3 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 1-30, Μέρος 3^{ο})

Ταυτότητα Δοκιμίου	Τύπος Κονιάματος	Tmj [mm]	Fcmj [MPa]	Τύπος Πλίνθων
1_5	1:1:6 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	7,27	1,53	CB
1_6	1:1:6 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	7,27	1,53	CB
2_1	1:1:5 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	12,6	CB
2_2	1:1:5 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	13,3	CB
3_2	1:1:4 (νερό: τσιμέντο: άμμος)	10	6,97	CB
3_3	1:1:4 (νερό: τσιμέντο: άμμος)	10	6,97	CB
4_1	M5	12	9,47	CB
4_3	M5	12	9,47	CB
4_4	M5	12	9,47	CB
4_6	M5	12	5,88	CB
4_8	M5	12	5,88	CB
5_1	M5	11,67	4,47	CB
5_2	M5	11,67	4,47	CB
5_3	M5	11,67	4,47	CB
5_4	M5	11,67	4,47	CB
5_5	M5	11,67	4,47	CB
5_6	M5	11,67	4,47	CB
5_7	M5	11,67	4,47	CB
6_1	M5	10	7,8	CB
6_2	M5	10	7,8	CB
6_3	M5	10	7,8	CB
6_4	M5	10	7,8	CB
7_1	1:4 (τσιμέντο: άμμος)	10	4,53	CON
7_2	1:4 (τσιμέντο: άμμος)	10	4,53	CON
7_3	1:4 (τσιμέντο: άμμος)	10	4,53	CON
7_4	1:4 (τσιμέντο: άμμος)	10	4,53	CON
7_5	1:4 (τσιμέντο: άμμος)	10	4,53	CON
7_6	1:4 (τσιμέντο: άμμος)	10	4,53	CON
7_7	1:4 (τσιμέντο: άμμος)	10	4,53	CON
7_8	1:4 (τσιμέντο: άμμος)	10	4,53	CON

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Α.1.4 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 1-30, Μέρος 4ο)

Ταυτότητα Δοκιμίου	Στρώσεις Τοιχοποιίας	Tw [mm]	Lw [mm]	Hw [mm]	Hw/Lw [mm]	Pf [%]
1_5	1	60	1200	800	0,67	-
1_6	1	60	1200	800	0,67	0,25
2_1	3	170	2270	1670	0,74	-
2_2	3	170	2270	1670	0,74	0,28
3_2	1	100	933	800	0,86	-
3_3	1	120	933	800	0,86	0,27
4_1	1	120	4150	2650	0,64	-
4_3	1	120	4150	2650	0,64	0,08
4_4	1	120	4150	2650	0,64	0,08
4_6	1	120	4150	2650	0,64	0,08
4_8	1	120	4150	2650	0,64	0,08
5_1	2	66	2415	1635	0,68	-
5_2	2	66	2415	1635	0,68	-
5_3	2	66	2415	1635	0,68	-
5_4	2	66	2415	1635	0,68	-
5_5	2	66	2415	1635	0,68	-
5_6	2	66	2415	1635	0,68	0,12
5_7	2	66	2415	1635	0,68	0,12
6_1	1	120	2500	2475	0,99	-
6_2	1	120	2500	2475	0,99	0,04
6_3	1	120	2500	2475	0,99	0,04
6_4	1	120	2500	2475	0,99	0,04
7_1	1	150	2270	2270	0,74	-
7_2	1	150	2270	2270	0,74	0,020
7_3	1	150	2270	2270	0,74	0,010
7_4	1	150	2270	2270	0,74	0,011
7_5	1	150	2270	2270	0,74	0,006
7_6	1	150	2270	2270	0,74	0,009
7_7	1	150	2270	2270	0,74	0,004
7_8	1	150	2270	2270	0,74	0,027

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Α.1.5 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 1-30, Μέρος 5ο)

Ταυτότητα Δοκιμίου	Ύπαρξη ενίσχυσης	Τύπος Ενίσχυσης	Υλικό	Στρώσεις	Πλευρές ενίσχυσης	Ύπαρξη Αγκυρίου
1_5	Όχι	-	-	-	-	-
1_6	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	2	Όχι
2_1	Όχι	-	-	-	-	-
2_2	Ναι	Ορθογωνική	Άνθρακας	1	2	Ναι
3_2	Όχι	-	-	-	-	-
3_3	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	2	2	Ναι
4_1	Όχι	-	-	-	-	-
4_3	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	2	Όχι
4_4	Ναι	Ορθογωνική	Βασάλτης	1	2	Ναι
4_6	Ναι	Ορθογωνική	Βασάλτης	1	2	Όχι
4_8	Ναι	Ορθογωνική	Βασάλτης	1	2	Όχι
5_1	Όχι	-	-	-	-	-
5_2	Όχι	-	-	-	-	-
5_3	Όχι	-	-	-	-	-
5_4	Όχι	-	-	-	-	-
5_5	Όχι	-	-	-	-	-
5_6	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	2	Ναι
5_7	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	2	Ναι
6_1	Όχι	-	-	-	-	-
6_2	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
6_3	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
6_4	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
7_1	Όχι	-	-	-	-	-
7_2	Ναι	Χιαστί	Γυαλί	1	1	Όχι
7_3	Ναι	Χιαστί	Γυαλί	1	1	Όχι
7_4	Ναι	Χιαστί	Άνθρακας	1	1	Όχι
7_5	Ναι	Χιαστί	Άνθρακας	1	1	Όχι
7_6	Ναι	Χιαστί	Βασάλτης	1	1	Όχι
7_7	Ναι	Χιαστί	Βασάλτη	1	1	Όχι
7_8	Ναι	Ορθογωνική	Βασάλτη	1	1	Όχι

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Α.2.1 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 31-60, Μέρος 1^{ο})

Ταυτότητα Δοκιμίου	**Όνομα Δοκιμίου**	**Πηγή**	**Ψηφιοποιημένο ιστορικό**
8_1	S_CON	Koutas and Bournas (2019)	S_CON.xlsx
8_2	S_NOC	Koutas and Bournas (2019)	S_NOC.xlsx
8_3	S_BCK	Koutas and Bournas (2019)	S_BCK.xlsx
8_4	S_FRN	Koutas and Bournas (2019)	S_FRN.xlsx
8_5	D_CON	Koutas and Bournas (2019)	D_CON.xlsx
8_6	D_WRP	Koutas and Bournas (2019)	D_WRP.xlsx
9_1	OOP_2E	Verderame et al. (2019)	OOP_2E.xlsx
9_2	OOP_2E_FRCM	Verderame et al. (2019)	OOP_2E_FRCM.xlsx
10_1	CS	Sagar et al. (2019)	CS.xlsx
10_2	DU0-90	Sagar et al. (2019)	DU0-90.xlsx
10_3	DA0-90	Sagar et al. (2019)	DA0-90.xlsx
10_4	SU0-90	Sagar et al. (2019)	SU0-90.xlsx
10_5	SA0-90	Sagar et al. (2019)	SA0-90.xlsx
10_6	DA45	Sagar et al. (2019)	DA45.xlsx
11_3	FB.00	Minotto et al. (2020)	FB.00.xlsx
11_4	FB.05	Minotto et al. (2020)	FB.05.xlsx
11_5	FB.12	Minotto et al. (2020)	FB.12.xlsx
11_6	RBB.00	Minotto et al. (2020)	RBB.00.xlsx
11_7	RBB.05	Minotto et al. (2020)	RBB.05.xlsx
11_8	RBB.12	Minotto et al. (2020)	RBB.12.xlsx
11_9	URM.12	Minotto et al. (2020)	URM.12.xlsx
12_1	AB-OOP	De Risi et al. (2020)	AB-OOP.xlsx
12_2	R1-OOP	De Risi et al. (2020)	R1-OOP.xlsx
12_3	R2-OOP	De Risi et al. (2020)	R2-OOP.xlsx
12_4	R3-OOP	De Risi et al. (2020)	R3-OOP.xlsx
12_5	AB-IPOOP	De Risi et al. (2020)	AB-IPOOP.xlsx
12_6	R3-IPOOP	De Risi et al. (2020)	R3-IPOOP.xlsx
13_1	SIF-O-B	Akhoundi et al. (2021)	SIF-O-B.xlsx
13_3	SIF(CTRM)-O-B	Akhoundi et al. (2021)	SIF(CTRM)-O-B.xlsx
13_4	SIF(DTRM)-O-B	Akhoundi et al. (2021)	SIF(DTRM)-O-B.xlsx

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Α.2.2 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 31-60, Μέρος 2^{ο})

Ταυτότητα Δοκιμίου	Τύπος Φόρτισης	Κλίμακα κατασκευής	H [mm]	L [mm]	Αριθμός ορόφων	Αριθμός ανοιγμάτων
8_1	OOP	1:2	1725	2100	1	1
8_2	OOP	1:2	1725	2100	1	1
8_3	OOP	1:2	1725	2100	1	1
8_4	OOP	1:2	1725	2100	1	1
8_5	OOP	1:2	1725	2100	1	1
8_6	OOP	1:2	1725	2100	1	1
9_1	OOP	2:3	2100	3490	1	1
9_2	OOP	2:3	2100	3490	1	1
10_1	IPD-OOP	1:2	1500	2700	1	1
10_2	IPD-OOP	1:2	1500	2700	1	1
10_3	IPD-OOP	1:2	1500	2700	1	1
10_4	IPD-OOP	1:2	1500	2700	1	1
10_5	IPD-OOP	1:2	1500	2700	1	1
10_6	IPD-OOP	1:2	1500	2700	1	1
11_3	OOP	1:1	2900	4950	1	1
11_4	IPD-OOP	1:1	2900	4950	1	1
11_5	IPD-OOP	1:1	2900	4950	1	1
11_6	OOP	1:1	2900	4950	1	1
11_7	IPD-OOP	1:1	2900	4950	1	1
11_8	IPD-OOP	1:1	2900	4950	1	1
11_9	OOP	1:1	2900	4950	1	1
12_1	OOP	1:1	2800	4800	1	1
12_2	OOP	1:1	2800	4800	1	1
12_3	OOP	1:1	2800	4800	1	1
12_4	OOP	1:1	2800	4800	1	1
12_5	IPD-OOP	1:1	2800	4800	1	1
12_6	IPD-OOP	1:1	2800	4800	1	1
13_1	OOP	1:2	2000	2730	1	1
13_3	OOP	1:2	2000	2730	1	1
13_4	OOP	1:2	2000	2730	1	1

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Α.2.3 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 31-60, Μέρος 3^{ο})

Ταυτότητα Δοκιμίου	**Τύπος Κονιάματος**	**Tmj [mm]**	**Fcmj [MPa]**	**Τύπος Πλίνθων**
8_1	1:4 (τσιμέντο: άμμος)	10	11,5	CB
8_2	1:4 (τσιμέντο: άμμος)	10	11,8	CB
8_3	1:4 (τσιμέντο: άμμος)	10	12,9	CB
8_4	1:4 (τσιμέντο: άμμος)	10	12,3	CB
8_5	1:4 (τσιμέντο: άμμος)	10	12,1	CB
8_6	1:4 (τσιμέντο: άμμος)	10	12,2	CB
9_1	M5	13,3	9,4	CB
9_2	M5	13,3	9,4	CB
10_1	1:1:6 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	9	8,2	CB
10_2	1:1:6 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	9	8,2	CB
10_3	1:1:6 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	9	8,2	CB
10_4	1:1:6 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	9	8,2	CB
10_5	1:1:6 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	9	8,2	CB
10_6	1:1:6 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	9	8,2	CB
11_3	M5	12	4,47	CB
11_4	M5	12	7,2	CB
11_5	M5	12	7,2	CB
11_6	M5	12	7,2	CB
11_7	M5	12	7,2	CB
11_8	M5	12	7,2	CB
11_9	M5	12	7,2	CB
12_1	M5	9	4,75	CB
12_2	M5	9	5,32	CB
12_3	M5	9	5,29	CB
12_4	M5	9	4,91	CB
12_5	M5	9	3,96	CB
12_6	M5	9	5,83	CB
13_1	M5	12	4,47	CB
13_3	M5	12	4,47	CB
13_4	M5	12	4,47	CB

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Α2.4 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 31-60, Μέρος 4^{ο})

Ταυτότητα Δοκιμίου	Στρώσεις Τοιχοποιίας	Tw [mm]	Lw [mm]	Hw [mm]	Hw/Lw [mm]	Pf [%]
8_1	1	65	1700	1250	0,74	-
8_2	1	65	1700	1250	0,74	0,58
8_3	1	65	1700	1250	0,74	0,58
8_4	1	65	1700	1250	0,74	0,58
8_5	2	140	1700	1250	0,74	-
8_6	2	140	1700	1250	0,74	0.58
9_1	1	80	2350	1830	0,78	-
9_2	1	80	2350	1830	0,78	0,03
10_1	1	76	2500	1300	0,52	-
10_2	1	76	2500	1300	0,52	0,01
10_3	1	76	2500	1300	0,52	0,01
10_4	1	76	2500	1300	0,52	0,01
10_5	1	76	2500	1300	0,52	0,01
10_6	1	76	2500	1300	0,52	0,01
11_3	1	120	4150	2650	0,64	0,04
11_4	1	120	4150	2650	0,64	0,04
11_5	1	120	4150	2650	0,64	0,04
11_6	1	120	4150	2650	0,64	0,04
11_7	1	120	4150	2650	0,64	0,04
11_8	1	120	4150	2650	0,64	0,04
11_9	1	120	4150	2650	0,64	-
12_1	1	110	4200	2300	0,55	-
12_2	1	110	4200	2300	0,55	0,03
12_3	1	110	4200	2300	0,55	0,03
12_4	1	110	4200	2300	0,55	0,03
12_5	1	110	4200	2300	0,55	-
12_6	1	110	4200	2300	0,55	0,03
13_1	2	126	2415	1635	0,68	-
13_3	2	126	2415	1635	0,68	0,12
13_4	2	126	2415	1635	0,68	0,12

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Α.2.5 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 31-60, Μέρος 5ο)

Ταυτότητα Δοκιμίου	Ύπαρξη ενίσχυσης	Τύπος Ενίσχυσης	Υλικό	Στρώσεις	Πλευρές ενίσχυσης	Ύπαρξη Αγκυρίου
8_1	Όχι	-	-	-	-	-
8_2	Ναι	Ορθογωνική	Άνθρακας	2	2	Όχι
8_3	Όχι	-	-	-	-	-
8_4	Ναι	Ορθογωνική	Άνθρακας	2	2	Ναι
8_5	Όχι	-	-	-	-	-
8_6	Ναι	Ορθογωνική	Άνθρακας	2	2	Ναι
9_1	Όχι	-	-	-	-	-
9_2	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Όχι
10_1	Ναι	-	-	-	-	-
10_2	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Όχι
10_3	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
10_4	Όχι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Όχι
10_5	Όχι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
10_6	Όχι	Διαγώνια	Γυαλί	1	1	Ναι
11_3	Ναι	Ορθογωνική	Βασάλτης	1	2	Όχι
11_4	Ναι	Ορθογωνική	Βασάλτης	1	2	Όχι
11_5	Ναι	Ορθογωνική	Βασάλτης	1	2	Όχι
11_6	Ναι	Ορθογωνική	Βασάλτης	1	2	Ναι
11_7	Ναι	Ορθογωνική	Βασάλτης	1	2	Ναι
11_8	Ναι	Ορθογωνική	Βασάλτης	1	2	Ναι
11_9	Όχι	-	-	-	-	-
12_1	Όχι	-	-	-	-	-
12_2	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	-	-	-
12_3	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
12_4	Ναι	Ορθογωνική ί	Γυαλί	1	1	Ναι
12_5	Όχι	-	-	-	-	-
12_6	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
13_1	Όχι	-	-	-	-	-
13_3	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
13_4	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Α.3.1 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 61-90, Μέρος 1^{ο})

Ταυτότητα Δοκιμίου	**Όνομα Δοκιμίου**	**Πηγή**	**Ψηφιοποιημένο ιστορικό**
14_1	Inf_08	Furtado et al. (2021)	Inf_08.xlsx
14_2	Inf_10	Furtado et al. (2021)	Inf_10.xlsx
14_3	Inf_11	Furtado et al. (2021)	Inf_11.xlsx
14_4	Inf_12	Furtado et al. (2021)	Inf_12.xlsx
14_5	Inf_13	Furtado et al. (2021)	Inf_13.xlsx
15_1	LWC_Ref	Agante et al. (2021)	LWC_Ref.xlsx
15_2	LWC_IPOOP	Agante et al. (2021)	LWC_IPOOP.xlsx
15_3	LWC_S	Agante et al. (2021)	LWC_S.xlsx
16_1	Specimen 1	Wang et al. (2022)	Specimen_1.xlsx
16_2	Specimen 2	Wang et al. (2022)	Specimen_2.xlsx
16_3	Specimen 3	Wang et al. (2022)	Specimen_3.xlsx
16_4	Specimen 4	Wang et al. (2022)	Specimen_4.xlsx
16_5	Specimen 5	Wang et al. (2022)	Specimen_5.xlsx
17_1	C_ND	Gkournelos et al. (2023)	C_ND.xlsx
17_2	C_D	Gkournelos et al. (2023)	C_D.xlsx
17_3	R_ND	Gkournelos et al. (2023)	R_ND.xlsx
17_4	R_D	Gkournelos et al. (2023)	R_D.xlsx
17_5	RI_ND	Gkournelos et al. (2023)	RI_ND.xlsx
17_6	RI_D	Gkournelos et al. (2023)	RI_D.xlsx
18_1	CON_D	Cholostiakow et al. (2023)	CON_D.xlsx
18_2	CON_ND	Cholostiakow et al. (2023)	CON_ND.xlsx
18_3	STR_D	Cholostiakow et al. (2023)	STR_D.xlsx
18_4	STR_ND	Cholostiakow et al. (2023)	STR_ND.xlsx
19_1	REF	Furtado et al. (2023)	REF.xlsx
19_3	S	Furtado et al. (2023)	S.xlsx
19_4	ES_1	Furtado et al. (2023)	ES_1.xlsx
19_5	ES_2	Furtado et al. (2023)	ES_2.xlsx
19_6	ES_3	Furtado et al. (2023)	ES_3.xlsx
20_1	M-control	Chrysostomou et al. (2023)	M-control.xlsx
20_2	M-XC	Chrysostomou et al. (2023)	M-XC.xlsx

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Α.3.2 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 61-90, Μέρος 2^{ο})

Ταυτότητα Δοκιμίου	Τύπος Φόρτισης	Κλίμακα κατασκευής	H [mm]	L [mm]	Αριθμός ορόφων	Αριθμός ανοιγμάτων
14_1	OOP	1:1	2800	4800	1	1
14_2	OOP	1:1	2800	4800	1	1
14_3	IPD-OOP	1:1	2800	4800	1	1
14_4	IPD-OOP	1:1	2800	4800	1	1
14_5	OOP	1:1	2800	4800	1	1
15_1	OOP	1:1	2550	4800	1	1
15_2	IPD-OOP	1:1	2550	4800	1	1
15_3	OOP	1:1	2550	4800	1	1
16_1	IP	1:1	2950	3600	1	1
16_2	IP	1:1	2950	3600	1	1
16_3	IP	1:1	2950	3600	1	1
16_4	IP	1:1	2950	3600	1	1
16_5	IP	1:1	2950	3600	1	1
17_1	OOP	1:3	950	1250	1	1
17_2	IPD-OOP	1:3	950	1250	1	1
17_3	OOP	1:3	950	1250	1	1
17_4	IPD-OOP	1:3	950	1250	1	1
17_5	OOP	1:3	950	1250	1	1
17_6	IPD-OOP	1:3	950	1250	1	1
18_1	IPD-OOP	1:2.5	1200	1890	1	1
18_2	OOP	1:2.5	1200	1890	1	1
18_3	IPD-OOP	1:2.5	1200	1890	1	1
18_4	OOP	1:2.5	1200	1890	1	1
19_1	OOP	1:1	2800	4800	1	1
19_3	OOP	1:1	2800	4800	1	1
19_4	OOP	1:1	2800	4800	1	1
19_5	OOP	1:1	2800	4800	1	1
19_6	OOP	1:1	2800	4800	1	1
20_1	IP	1:1	2950	3600	1	1
20_2	IP	1:1	2950	3600	1	1

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Α.3.3 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 61-90, Μέρος 3^{ο})

Ταυτότητα Δοκιμίου	Τύπος Κονιάματος	Tmj [mm]	Fcmj [MPa]	Τύπος Πλίνθων
14_1	M5	10	5,24	CB
14_2	M5	10	4,74	CB
14_3	M5	10	6,49	CB
14_4	M5	10	6,25	CB
14_5	M5	10	3,52	CB
15_1	M5	10	6,58	CON
15_2	M5	10	5,02	CON
15_3	M5	10	6,2	CON
16_1	4:7:21 (νερό: τσιμέντο: άμμος)	20	32,09	CB
16_2	4:7:21 (νερό: τσιμέντο: άμμος)	20	32,09	CB
16_3	4:7:21 (νερό: τσιμέντο: άμμος)	20	32,09	CB
16_4	4:7:21 (νερό: τσιμέντο: άμμος)	20	32,09	CB
16_5	4:7:21 (νερό: τσιμέντο: άμμος)	20	32,09	CB
17_1	1:1:5 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	10,7	CB
17_2	1:1:5 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	10,7	CB
17_3	1:1:5 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	10,7	CB
17_4	1:1:5 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	10,7	CB
17_5	1:1:5 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	10,7	CB
17_6	1:1:5 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	10,7	CB
18_1	1:1:5 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	8,2	CB
18_2	1:1:5 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	8,2	CB
18_3	1:1:5 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	8,2	CB
18_4	1:1:5 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	8,2	CB
19_1	M5	10	6,4	CB
19_3	M5	10	6,4	CB
19_4	M5	10	6,07	CB
19_5	M5	10	8,23	CB
19_6	M5	10	6,61	CB
20_1	1:2:8 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	5,9	CB
20_2	1:2:8 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	5,9	CB

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Α3.4 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 61-90, Μέρος 4^{ο})

Ταυτότητα Δοκιμίου	Στρώσεις Τοιχοποιίας	Tw [mm]	Lw [mm]	Hw [mm]	Hw/Lw [mm]	Pf [%]
14_1	1	150	4200	2300	0,55	-
14_2	1	150	4200	2300	0,55	0,02
14_3	1	150	4200	2300	0,55	-
14_4	1	150	4200	2300	0,55	0,02
14_5	1	150	4200	2300	0,55	0,02
15_1	1	315	4800	2300	0,48	-
15_2	1	315	4800	2300	0,48	-
15_3	1	315	4800	2300	0,48	0,04
16_1	1	200	2800	2450	0,88	-
16_2	1	200	2800	2450	0,88	0,01
16_3	1	200	2800	2450	0,88	0,03
16_4	1	200	2800	2450	0,88	0,01
16_5	1	200	2800	2450	0,88	0,03
17_1	1	120	970	780	0,88	-
17_2	1	120	970	780	0,88	-
17_3	1	120	970	780	0,88	0,09
17_4	1	120	970	780	0,88	0,09
17_5	1	120	970	780	0,88	0,09
17_6	1	120	970	780	0,88	0,09
18_1	1	60	1570	1000	0,64	-
18_2	1	60	1570	1000	0,64	-
18_3	1	60	1570	1000	0,64	0,12
18_4	1	60	1570	1000	0,64	0,12
19_1	1	150	4200	2300	0,55	-
19_3	1	150	4200	2300	0,55	0,02
19_4	1	150	4200	2300	0,55	0,02
19_5	1	150	4200	2300	0,55	0,02
19_6	1	150	4200	2300	0,55	0,02
20_1	1	200	2800	2450	0,88	-
20_2	1	200	2800	2450	0,88	0,01

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Α.3.5 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 61-90, Μέρος 5^{ο})

Ταυτότητα Δοκιμίου	Ύπαρξη ενίσχυσης	Τύπος Ενίσχυσης	Υλικό	Στρώσεις	Πλευρές ενίσχυσης	Ύπαρξη Αγκυρίου
14_1	Όχι	-	-	-	-	-
14_2	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
14_3	Όχι	-	-	-	-	-
14_4	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
14_5	Ναι	-Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
15_1	Όχι	-	-	-	-	-
15_2	Όχι	-	-	-	-	-
15_3	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
16_1	Όχι	-	-	-	-	-
16_2	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
16_3	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	2	1	Ναι
16_4	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
16_5	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	2	1	Ναι
17_1	Όχι	-	-	-	-	-
17_2	Όχι	-	-	-	-	-
17_3	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	2	1	Όχι
17_4	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	2	1	Όχι
17_5	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	2	1	Όχι
17_6	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	2	1	Όχι
18_1	Όχι	-	-	-	-	-
18_2	Όχι	-	-	-	-	-
18_3	Ναι	Ορθογωνική	Βασάλτης	2	1	Ναι
18_4	Ναι	Ορθογωνική	Βασάλτης	2	1	Ναι
19_1	Όχι	-	-	-	-	-
19_3	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
19_4	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
19_5	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
19_6	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
20_1	Όχι	-	-	-	-	-
20_2	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Πίνακας Α.4.1 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 91-93, Μέρος 1ο)

Ταυτότητα Δοκιμίου	Όνομα Δοκιμίου	Πηγή	Ψηφιοποιημένο ιστορικό
20_3	M-CXC	Chrysostomou et al. (2023)	M-CXC.xlsx
20_4	M-P	Chrysostomou et al. (2023)	M-P.xlsx
20_5	M-CXP	Chrysostomou et al. (2023)	M-CXP.xlsx

Πίνακας Α.4.2 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 91-93, Μέρος 2ο)

Ταυτότητα Δοκιμίου	Τύπος Φόρτισης	Κλίμακα κατασκευής	H [mm]	L [mm]	Αριθμός ορόφων	Αριθμός ανοιγμάτων
20_3	IP	1:1	2950	3600	1	1
20_4	IP	1:1	2950	3600	1	1
20_5	IP	1:1	2950	3600	1	1

Πίνακας Α.4.3 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 91-93, Μέρος 3ο)

Ταυτότητα Δοκιμίου	Τύπος Κονιάματος	Tmj [mm]	Fcmj [MPa]	Τύπος Πλίνθων
20_3	1:2:8 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	5,9	CB
20_4	1:2:8 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	5,9	CB
20_5	1:2:8 (τσιμέντο: άσβεστός: άμμος)	10	5,9	CB

Πίνακας Α.4.4 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 91-93, Μέρος 4ο)

Ταυτότητα Δοκιμίου	Στρώσεις Τοιχοποιίας	Tw [mm]	Lw [mm]	Hw [mm]	Hw/Lw [mm]	Pf [%]
20_3	1	200	2800	2450	0,88	0,03
20_4	1	200	2800	2450	0,88	0,01
20_5	1	200	2800	2450	0,88	0,03

Πίνακας Α.4.5 Πίνακας βάσης δεδομένων (Πειράματα 91-93, Μέρος 5ο)

Ταυτότητα Δοκιμίου	Ύπαρξη ενίσχυσης	Τύπος Ενίσχυσης	Υλικό	Στρώσεις	Πλευρές ενίσχυσης	Ύπαρξη Αγκυρίου
20_3	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	2	1	Ναι
20_4	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	1	1	Ναι
20_5	Ναι	Ορθογωνική	Γυαλί	2	1	Ναι

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

Παράρτημα Β

Β.1 Κύριο τμήμα κώδικα

```
clear all
clc

[Database,Lc,Envelope] = importfile_1_1_1_1('Database_IP_MM.xlsx') ;

for c = 1:28

    [data,Env] = importfile_1_3_1_1(Database,c,Envelope);

    %Διαγράμματα πλευρικών μετατοπίσεων- δύναμης
    [x,y] = importfile4(data,Database,c);

    %Αρίθμηση βρόχων υστέρησης
    [vroxos,v] = importfile5_1(x,y);

    %εύρεση μεγιστων_ελαχιστων κάθε βρόχου (y)
    for i= [1:vroxos]
        [min_vroxos, max_vroxos,max_indexes,min_indexes] =
min_max_vroxos (vroxos,data ,v);
    end


    %Περιβάλλουσα και σημεία τομής
    [intersections_x] = onoma(Env,  Lc{c});


end


%Υπολογισμός Τέμνουσας Δυσκαμψιας,και λόγων
[TemnDisk,LogoiTemnDisk] =
importfile6(max_vroxos,min_vroxos,data,Database,c,v);
Pososto_meiwshs_disk = TemnDisk(5)/TemnDisk(1);


%Υπολογισμός Τέμνουσας Δυσκαμψίας 1ου κύκλου
[TemnDisk1ou] = importifile6_2(x,y,max_vroxos,min_vroxos);

%Υπολογισμός ενεργειών
[ENERGY,TOTALENERGY,CENERGY]=importfile7(x,y,v,vroxos,max_vroxos,min_v
roxos);
sumE = sum(ENERGY(1:5));

%Συντελεστής υστερητικής απόδοσης
[syntelesths_z] = importfile8(ENERGY,max_vroxos,min_vroxos);

%υπολογισμός σημείων με μέγιστη μετατόπιση κάθε βρόχου (x)
 [min_vroxos_int, max_vroxos_int] = min_max_vroxos_int(vroxos,data,v);


% θετικά σημεία τομής με οριζόντια γραμμή y=b
 [shmeia_pos]=MaxXint(data,max_indexes, length(max_vroxos(:,1)));%v);
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
% αρνητικα σημεια τομης με οριζοντια γραμμηα y=b
  [shmeia_neg]=MinXint(data,min_indexes,length(max_vroxos(:,1)));



%δημιουργία διαγραμματων για τον ο υπολογισμός της κλίσης αποφόρτισης
των κύκλων φόρτισης, ορίζω το ποσοστό μέγιστης και ελάχιστης συνολικής
δύναμης
%
   for c = 1:length(max_vroxos(:,1))

     %    positive_kladoi
     hold on
     plot(max_vroxos_int(c,1),max_vroxos_int(c,2),'m*','MarkerSize',
8);
     hold on
     plot(shmeia_pos(c,1),shmeia_pos(c,2), 'ro','MarkerSize', 8);

line([max_vroxos_int(c,1),shmeia_pos(c,1)],[max_vroxos_int(c,2),shmeia
_pos(c,2)],'Color','green','LineStyle','--');
     hold on;
     line([0, max(max_vroxos_int(c))], [(0.1*max(data(:,2)))
(0.1*max(data(:,2)))], 'Color', 'red', 'LineStyle', '-','LineWidth',
1);

%    negative_kladoi
     hold on
     plot(min_vroxos_int(c,1),min_vroxos_int(c,2),'m*','MarkerSize',
8);
     hold on
     plot(shmeia_neg(c,1),shmeia_neg(c,2), 'ro','MarkerSize', 8);

line([min_vroxos_int(c,1),shmeia_neg(c,1)],[min_vroxos_int(c,2),shmeia
_neg(c,2)],'Color','green','LineStyle','--');
     hold on
     line([0, min(min_vroxos_int(c))], [-(0.1*max(data(:,2))) -
(0.1*max(data(:,2)))], 'Color', 'red', 'LineStyle', '-
','LineWidth',1);
%
 end
keli_Lc = Lc{c,1};

%υπολογισμός της κλίσης αποφόρτισης στα μέγιστα
  [klish_apofortishs_pos]=importfile9(shmeia_pos,max_vroxos) ;  %

% % %υπολογισμός της κλίσης αποφόρτισης στα ελάχιστα
  [klish_apofortishs_neg] = importfile10(shmeia_neg,min_vroxos);


c_range = 1 ; % Adjust the c_range
%

[syntelesths_z_1ou]=process_data_for_c_range_syntelesths_z(c_range,Dat
abase,Envelope);
%
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
 [syntelesths_z_olwn,sz]=
process_data_for_c_range_syntelesths_z_olwn(c_range,Database);
%
 [th1_thy]=
process_data_for_c_range_Logos_gwnias_strofhs_xordhs(c_range,Database)
;
%
 [deikths_pl]= process_data_for_c_range_deikths_pl(c_range,Database) ;


end


clear all
clc

[Database,Lc] = importfile_1_1_1_1_2('Database_OOP_MM.xlsx') ;

for c = 1% [1:32]


 Lc(c);
[data] = importfile_1_3_1_2(Database,c);

%Διαγράμματα πλευρικών μετατοπίσεων- δύναμης
[x,y] = importfile4(data,Database,c);




%εύρεση μέγιστων   κάθε βρόχου (y)
[maxPointX, maxPointY] = findMaxPoint(x, y)  ;




%Υπολογισμός αρχικής Τέμνουσας Δυσκαμψίας στο 30% του Pmax
[pointPercentX, pointPercentY,diskampsia] = calculatePercentPoint(x,
y,maxPointY,maxPointX) ;

%Υπολογισμός ενέργειας ,με εμβαδόν καμπύλης ως το Pmax
[totalArea, Energy] = calculateEnergy(x, y,maxPointX, maxPointY);

end


clear all
clc

[Database,Lc,Envelope] =
importfile_1_1_1_1_2_C('Database_OOP_MM.xlsx') ;

for c = 1 %[1:23]
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
 Lc(c);

[data,Enve] = importfile_1_3_1_2_C(Database,c,Envelope);

%Διαγράμματα πλευρικών μετατοπίσεων- δύναμης
[x,y] = importfile4(data,Database,c);


%Εισαγωγή Περιβάλλουσας καμπύλης
[xe,ye] = importfile4_1(Enve,Envelope,c);

%Max envelope
[maxPointX, maxPointY] = findMaxPointC(xe, ye);



%Υπολογισμός αρχικής Τέμνουσας Δυσκαμψίας στο 30% του Pmax
[pointPercentX, pointPercentY,diskampsia] =
calculatePercentPointC(xe,ye,maxPointY,maxPointX);

%Υπολογισμός ενέργειας ,με εμβαδόν καμπύλης ως το Pmax
[totalArea, Energy] = calculateEnergyC(xe, ye,maxPointX, maxPointY);

end



clear all
clc

% 1 insert data from Database and create bar charts

%Insert Data from Specimen Sheet
[TestType,TestScale,Dimensions_Ratio] = entry_Data('Database12.xlsx');

%Insert Data from Frame Sheet
[fc_column,fc_beam,E_column,E_beam] = entry_Data1('Database12.xlsx');

%Insert Data from Panel sheet
[fcmj,n_U,Aspect_Ratio,Type,TW,tcmj,HW,LW]
=entry_Data2('Database12.xlsx');




%Insert Data from strengthening sheet
[Strengthening,TRM_type,Strengthening_Material,TRM_Layers,Anchorage,La
yout,RF] = entry_Data4('Database12.xlsx');

%(upgrade every time based on specific added data )

%2nd data classification & create bar charts

%1.Test-Scale
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
n1 = zeros(5, 1);

for n = 1:size(TestScale)
    currentCategory = TestScale{n, 1};

    if strcmp(currentCategory, '1:1')
        n1(1, 1) = n1(1, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory, '2:3')
        n1(2, 1) = n1(2, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory, '1:2')
        n1(3, 1) = n1(3, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory, '1:2.5')
        n1(4, 1) = n1(4, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory, '1:3')
        n1(5, 1) = n1(5, 1) + 1;
    end
end

figure;
bar(n1);
xticks(1:5)
xticklabels({'[1:1]' , '[2:3]' , '[1:2]' , '[1:2,5]' , '[1:3]'});
xlabel('Κλίμακα δοκιμίων','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 60]);
hold on;

for i = 1:length(n1)
    text(i, n1(i), num2str(n1(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end

% 2.Test-Type
%
n2 = zeros(3, 1);

for n = 1:size(TestType)
    currentCategory = TestType{n, 1};

    if strcmp(currentCategory, 'IP')
        n2(1, 1) = n2(1, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory, 'IPD - OOP')
        n2(2, 1) = n2(2, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory, 'OOP')
        n2(3, 1) = n2(3, 1) + 1;

    end
end

figure;
bar(n2);
xticks(1:3)
xticklabels({'IP' , 'IPD-OOP','OOP'});
xlabel('Τρόπος Φόρτισης','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 55]);

for i = 1:length(n2)
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
    text(i, n2(i), num2str(n2(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end

%3.Frame_Dimensions
n3 = zeros(3,1);
Dimensions1 = cell2mat(Dimensions_Ratio(:, 1));

for n = 1:size(Dimensions1,1)
    currentData = Dimensions1(n) ;

    if currentData <= 1
        n3(1, 1) = n3(1, 1) + 1;
    elseif currentData <= 1.5
        n3(2, 1) = n3(2, 1) + 1;
    elseif currentData > 1.5
        n3(3, 1) = n3(3, 1) + 1;
    end
end

figure;
bar(n3);
xticks(1:3)
xticklabels({'[0.45-1]' , '(1-1.5]' , '(1.5-2]' });
xlabel('Λόγος Διαστάσεων L/H','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 55]);

for i = 1:length(n3)
    text(i, n3(i), num2str(n3(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end

% 4.compressive strength Fc_column
%
n4 = zeros(5,1);

Fc_column = cell2mat(fc_column(:,1));

for n = 1:size(Fc_column,1)
    currentData = Fc_column(n) ;

    if currentData <= 20
        n4(1, 1) = n4(1, 1) + 1;
    elseif currentData <= 25
        n4(2, 1) = n4(2, 1) + 1;
    elseif currentData <= 30
        n4(3, 1) = n4(3, 1) + 1;
    elseif currentData <= 35
        n4(4,1) = n4(4,1)+1;
    elseif currentData > 35
        n4(5,1) = n4(5,1)+1;

    end
end

figure;
bar(n4);
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
xticks(1:5)
xticklabels({'[13,45-20]' , '(20-25]' , '(25-30]','(30-35]','(35-
40]'});
xlabel('Θλιπτική Αντοχή Σκυροδέματος fc (MPa)','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 50]);

for i = 1:length(n4)
    text(i, n4(i), num2str(n4(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end
%
% 5.compressive strength Fc_beam
%
n5 = zeros(5,1);

Fc_beam = cell2mat(fc_beam(:,1));

for n = 1:size(Fc_beam,1)
    currentData = Fc_beam(n) ;

    if currentData <= 20
        n5(1, 1) = n5(1, 1) + 1;
    elseif currentData <= 25
        n5(2, 1) = n5(2, 1) + 1;
    elseif currentData <= 30
        n5(3, 1) = n5(3, 1) + 1;
    elseif currentData <= 35
        n5(4,1) = n5(4,1)+1;
    elseif currentData > 35
        n5(5,1) = n5(5,1)+1;

    end
end

figure;
bar(n5);
xticks(1:5)
xticklabels({'[0-20]' , '(20-25]' , '(25-30]','(30-35]','(35-40]'});
xlabel('Θλιπτική Αντοχή Δοκού fc (MPa)','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 50]);

for i = 1:length(n5)
    text(i, n5(i), num2str(n5(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end
%
% 6.Modulus of Elasticity column
%
n6 = zeros(3,1);

E_Column = cell2mat(E_column(:,1));

for n = 1:size(E_Column,1)
    currentData = E_Column(n) ;

    if currentData <= 25000
        n6(1, 1) = n6(1, 1) + 1;
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
    elseif currentData <= 30000
        n6(2, 1) = n6(2, 1) + 1;
    elseif currentData > 30000
        n6(3,1) = n6(3,1)+1;

    end
end

figure;
bar(n6);
xticks(1:3)
xticklabels({'[20000-25000]' , '(25000-30000]','(30000-35000]'});
xlabel('Μέτρο Ελαστικότητας Σκυροδέματος E(MPa)','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 40]);

for i = 1:length(n6)
    text(i, n6(i), num2str(n6(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end

%7.Modulus of Elasticity beam

n7 = zeros(4,1);

E_Beam = cell2mat(E_beam(:,1));

for n = 1:size(E_Beam,1)
    currentData = E_Beam(n) ;

    if currentData <= 20000
        n7(1, 1) = n7(1, 1) + 1;
    elseif currentData <= 25000
        n7(2, 1) = n7(2, 1) + 1;
    elseif currentData <= 30000
        n7(3, 1) = n7(3, 1) + 1;
    elseif currentData > 30000
        n7(4,1) = n7(4,1)+1;

    end
end

figure;
bar(n7);
xticks(1:4)
xticklabels({'[0-20000]' , '(20000-25000]' , '(25000-30000]','(30000-
35000]'});
xlabel('Μέτρο Ελαστικότητας Δοκού E(MPa)','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 40]);

for i = 1:length(n7)
    text(i, n7(i), num2str(n7(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end

%8.Αντοχη κονιάματος αρμών fcmj
n8 = zeros(4,1);
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
fcmj1 = cell2mat(fcmj(:, 1));

for n = 1:size(fcmj1,1)
    currentData = fcmj1(n) ;

    if currentData <= 5
        n8(1, 1) = n8(1, 1) + 1;
    elseif currentData <= 10
        n8(2, 1) = n8(2, 1) + 1;
    elseif currentData <=15
        n8(3, 1) = n8(3, 1) + 1;
    elseif currentData >15
        n8(4,1) = n8(4,1) + 1;
    end
end
%
figure;
bar(n8);
xticks(1:4)
xticklabels({'[3,5-5]' ,'(5-10]' , '(10-15]','(15-35]' });
xlabel('Αντοχή κονιάματος αρμών fcmj (MPa)','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 55]);

for i = 1:length(n8)
    text(i, n8(i), num2str(n8(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end
%88.παχος κονιάματος αρμών tcmj
n88 = zeros(3,1);
tcmj1 = cell2mat(tcmj(:, 1));

for n = 1:size(tcmj1,1)
    currentData = tcmj1(n) ;

    if currentData <= 10
        n88(1, 1) = n88(1, 1) + 1;
    elseif currentData <= 15
        n88(2, 1) = n88(2, 1) + 1;
    elseif currentData <=25
        n88(3, 1) = n88(3, 1) + 1;

    end
end
%
figure;
bar(n88);
xticks(1:3)
xticklabels({'[7-10]' ,'(10-15]' , '(15-20]' });
xlabel('Πάχος κονιάματος αρμών tcmj (mm)','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 65]);

for i = 1:length(n88)
    text(i, n88(i), num2str(n88(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end

% 9.Αριθμός στρώσεων τούβλων n_U
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
n9 = zeros(2,1);
N_U = cell2mat(n_U(:,1));

for n = 1:size(N_U,1)
    currentData = N_U(n) ;

    if currentData <= 1
        n9(1,1) = n9(1,1) +1 ;
    elseif currentData <= 2
        n9(2,1) = n9(2,1) +1 ;
    end
end

figure;
bar(n9);
xticks(1:2)
xticklabels({'Μονός Δρομικός' , 'Διπλός Δρομικός' });
xlabel('Τύπος τοιχοποιίας','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 90]);

for i = 1:length(n9)
    text(i, n9(i), num2str(n9(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end

% 10.Aspect Ratio hw/lw
%
n10 = zeros(3,1);
Aspect_Ratio1 = cell2mat(Aspect Ratio(:, 1));

for n = 1:size(Aspect_Ratio1,1)
    currentData = Aspect_Ratio1(n) ;

    if currentData <= 0.5
        n10(1, 1) = n10(1, 1) + 1;
    elseif  currentData <= 0.75
        n10(2, 1) = n10(2, 1) + 1;
    elseif currentData > 0.75
        n10(3, 1) = n10(3, 1) + 1;
    end
end

figure;
bar(n10);
xticks(1:3)
xticklabels({'[0.4-0.5]' , '(0.5-0.75]' , '(0.75-1]' });
xlabel('Αναλογία διαστάσεων τοιχοποιίας hw/lw ','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);

for i = 1:length(n10)
    text(i, n10(i), num2str(n10(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end

% 11.Type
%
n11 = zeros(2, 1);
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
for n = 1:size(Type)
    currentCategory = Type{n, 1};

    if strcmp(currentCategory, 'CB')
        n11(1, 1) = n11(1, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory, 'CON')
        n11(2, 1) = n11(2, 1) + 1;

    end
end

figure;
bar(n11);
xticks(1:2)
xticklabels({'Οπτόπλινθοι' , 'Πλίνθοι από Σκυρόδεμα'});
xlabel('Τύπος Πλίνθων','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 90]);

for i = 1:length(n11)
    text(i, n11(i), num2str(n11(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end

% 12.Strengthening
%
a1 = zeros(2,1);

for n = 1:size(Strengthening)
    currentCategory = Strengthening{n, 1};

    if strcmp(currentCategory, 'Y')
        a1(1, 1) = a1(1, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory, 'N')
        a1(2, 1) = a1(2, 1) + 1;

    end

end

figure;
bar(a1);
xticks(1:2)
xticklabels({'NAI','OXI'});
xlabel('Ενίσχυση ','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 70]);

for i = 1:length(a1)
    text(i, a1(i), num2str(a1(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end

% 13.TRM_Type
%
a2 = zeros(3,1);
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
for n = 1:size(TRM_type)
    currentCategory = TRM_type{n, 1};

    if strcmp(currentCategory, 'orthogonal')
        a2(1, 1) = a2(1, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory, 'diagonal bands')
        a2(2, 1) = a2(2, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory, '45° orientation')
         a2(3, 1) = a2(3, 1) + 1;
    end

end

figure;
bar(a2);
xticks(1:3)
xticklabels({'Ορθογωνική Διάταξη ινών','Διαγώνια Διάταξη ινών','Χιαστί
Τοποθέτηση Πλεγμάτων'});
set(gca,'FontSize',13);
xlabel('Διεύθυνση εφαρμογής ινών TRM','FontSize',13);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',13);
ylim([0 59]);

for i = 1:length(a2)
    text(i, a2(i), num2str(a2(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end

% 13.Strengthening_Material
%
a3 = zeros(4,1);

for n = 1:size(Strengthening_Material)
    currentCategory = Strengthening_Material{n, 1};

    if strcmp(currentCategory, 'glass')
        a3(1, 1) = a3(1, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory, 'carbon')
        a3(2, 1) = a3(2, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory, 'basalt + steel')
         a3(3, 1) = a3(3, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory, 'basalt')
         a3(4, 1) = a3(4, 1) + 1;
    end

end

figure;
bar(a3);
xticks(1:4)
xticklabels({'Γυαλί','Άνθρακας','Βασάλτης + Χάλυβας','Βασάλτης'});
xlabel('Υλικό Ενίσχυσης','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 50]);


for i = 1:length(a3)
    text(i, a3(i), num2str(a3(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
end

% 14.TRM_Layers
%
a4 = zeros(2,1);

for n = 1:size(TRM_Layers)
    currentCategory = TRM_Layers{n, 1};

    if strcmp(currentCategory, '1')
        a4(1, 1) = a4(1, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory, '2')
        a4(2, 1) = a4(2, 1) + 1;

    end

end

figure;
bar(a4);
xticks(1:2)
xticklabels({'1','2',});
xlabel('Στρώσεις TRM','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 55]);

for i = 1:length(a4)
    text(i, a4(i), num2str(a4(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end

% 15.Anchorage
%
a5 = zeros(6,1);

for n = 1:size(Anchorage)
    currentCategory = Anchorage{n,1};

    if strcmp(currentCategory,'textile')
        a5(1, 1) = a5(1, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory,'steel')
        a5(2, 1) = a5(2, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory,'plastic')
        a5(3, 1) = a5(3, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory,'plastic + textile')
        a5(4, 1) = a5(4, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory,'plastic + steel')
        a5(5, 1) = a5(5, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory,'N')
        a5(6, 1) = a5(6, 1) + 1;

    end
end



figure;
bar(a5);
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
xticks(1:6)
xticklabels({'Πλέγμα','Χάλυβας','Πλαστικό','Πλαστικό +
Πλέγμα','Πλαστικό + Χάλυβας','Δεν υπάρχει'});
set(gca,'FontSize',17);
xlabel('Είδος Αγκυρίου','FontSize',17);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',17);
ylim([0 30]);

for i = 1:length(a5)
    text(i, a5(i), num2str(a5(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end

% 16.Layout
a6 = zeros(2,1);

for n = 1:size(Layout)
    currentCategory = Layout{n,1};

    if strcmp(currentCategory,'one-sided')
        a6(1, 1) = a6(1, 1) + 1;
    elseif strcmp(currentCategory,'two-sided')
        a6(2, 1) = a6(2, 1) + 1;
    end
end

figure;
bar(a6);
xticks(1:2)
xticklabels({'Στην 1 πλευρά','Και στις 2 πλευρές',});
xlabel('Ύπαρξη Ενίσχυσης στην Τοιχοποιία','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 55]);

for i = 1:length(a6)
    text(i, a6(i), num2str(a6(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end
Rf = cell2mat(RF(:, 1));
Tw = cell2mat(TW(:,1));
Lw = cell2mat(LW(:,1));
Hw = cell2mat(HW(:,1));

%17 rf
a7 = zeros(3,1);

for n = 1:size(Rf,1)
    currentData = Rf(n) ;

    if currentData <= 0.1
        a7(1, 1) = a7(1, 1) + 1;
    elseif  currentData <= 0.25
        a7(2, 1) = a7(2, 1) + 1;
    elseif currentData > 0.25
        a7(3, 1) = a7(3, 1) + 1;
    end
end

figure;
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
bar(a7);
xticks(1:3)
xticklabels({'[0.0044-0.1]' , '(0.1-0.25]' , '(0.25-0.6]' });
xlabel('Ογκομετρικό Ποσοστό Ενίσχυσης Pf (%) ','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 55]);


for i = 1:length(a7)
    text(i, a7(i), num2str(a7(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end
%18. tw
a8 = zeros(3,1);

for n = 1:size(Tw ,1)
    currentData = Tw (n) ;

    if currentData <= 100
        a8(1, 1) = a8(1, 1) + 1;
    elseif currentData <= 175
        a8(2, 1) = a8(2, 1) + 1;
    elseif currentData > 175
        a8(3, 1) = a8(3, 1) + 1;
    end
end

figure;
bar(a8);
xticks(1:3)
xticklabels({'[60-100]' , '(100-175]' , '(175-315]' });
xlabel('Πάχος τοιχοποιίας tw (mm)','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 55]);

for i = 1:length(a8)
    text(i, a8(i), num2str(a8(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end
%19.Lw
a9 = zeros(3,1);

for n = 1:size(Lw ,1)
    currentData = Lw (n) ;

    if currentData <= 1000
        a9(1, 1) = a9(1, 1) + 1;
    elseif currentData <= 2000
        a9(2, 1) = a9(2, 1) + 1;
    elseif currentData > 2000
        a9(3, 1) = a9(3, 1) + 1;
    end
end

figure;
bar(a9);
xticks(1:3)
xticklabels({'[780-1000]' , '(1000-2000]' , '(2000-2650]' });
xlabel('Μήκος τοιχοποιίας Lw (mm)','FontSize',11);
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 55]);

for i = 1:length(a9)
    text(i, a9(i), num2str(a9(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end
%20.Hw
a10 = zeros(3,1);

for n = 1:size(Hw ,1)
    currentData = Hw (n) ;

    if currentData <= 1500
        a10(1, 1) = a10(1, 1) + 1;
    elseif currentData <= 2500
        a10(2, 1) = a10(2, 1) + 1;
    elseif currentData > 2500
        a10(3, 1) = a10(3, 1) + 1;
    end
end

figure;
bar(a10);
xticks(1:3)
xticklabels({'[930-1500]' , '(1500-2500]' , '(2500-4800]' });
xlabel('Υψος τοιχοποιίας Hw (mm)','FontSize',11);
ylabel('Πλήθος δοκιμίων','FontSize',11);
ylim([0 55]);

for i = 1:length(a10)
    text(i, a10(i), num2str(a10(i)), 'HorizontalAlignment', 'center',
'VerticalAlignment', 'bottom');
end



clear all

data = xlsread('Database12.xlsx','all','E4:K115');
data(isnan(data(:,1)),:) = [];

data1 = xlsread('Database12.xlsx','all','F4:J115');
data1(isnan(data1(:,1)),:) = [];

data2 = xlsread('Database12.xlsx','all','M4:N115');
data2(isnan(data2(:,1)),:) = [];
dataIP = xlsread('Database12.xlsx','all','P4:Q43');
dataIP(isnan(dataIP(:,1)),:) = [];
dataOOP = xlsread('Database12.xlsx','all','S4:T33');
dataOOP(isnan(dataOOP(:,1)),:) = [];
dataX = xlsread('Database12.xlsx','all','W4:Z31');
dataX(isnan(dataX(:,3)),:) = [];



G = data(:,1);
Rf = data(:,2);
Rf1 = data1(:,1);
h_l = data(:,3);
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
h_t = data(:,4);
Tw = data(:,5);
tw = data1(:,4);
fcmj = data(:,6);
tmj = data(:,7);
Pososto_disk = dataX(:,1);
Energy_ws_max = dataX(:,2);
Gx = dataX(:,3);
RfX = dataX(:,4);

%Tw - G
figure;
scatter(Tw,G);
xlabel('Πάχος τοιχοπλήρωσης tw (mm)','FontSize',12);
ylabel('Ποσοστό αύξησης μέγιστης  δύναμης (%)','FontSize',12);

%rf-hw/tw(slenderness)
figure;
scatter(h_t,Rf);
ylabel('Ογκομετρικό ποσοστό ενίσχυσης Pφ (%)','FontSize',12);
xlabel('Λυγηρότητα hw/tw','FontSize',12);

%Rf-G 1
figure;
scatter(Rf,G);
xlabel('Ογκομετρικό ποσοστό ενίσχυσης ρf (%)','FontSize',12);
ylabel('Ποσοστό αύξησης μέγιστης δύναμης (%)','FontSize',12);


%Rf-tw  2
figure;
scatter(tw,Rf1);
ylabel('Ογκομετρικό ποσοστό ενίσχυσης Pφ (%)','FontSize',12);
xlabel('Πάχος τοιχοπλήρωσης tw (mm)','FontSize',12);

%rf-Hw/Lw 3
figure;
scatter(h_l,Rf);
ylabel('Ογκομετρικό ποσοστό ενίσχυσης Pφ (%)','FontSize',12);
xlabel('Λόγος ύψους-μήκους τοιχοπλήρωσης hw/lw ','FontSize',12);

%Hw/Lw-G
figure;
scatter(h_l,G);
xlabel('Λυγηρότητα hw/tw ','FontSize',12);
ylabel('Ποσοστό αύξησης μέγιστης δύναμης (%)','FontSize',12);

%Hw/Tw-G 4
figure;
scatter(h_t,G);
xlabel('Λόγος ύψους-πάχους τοιχοπλήρωσης','FontSize',14);
ylabel('Ποσοστό αύξησης μέγιστης τέμνουσας δύναμης(%)','FontSize',14);

%fcmj - G 5
figure;
scatter(fcmj,G);
xlabel('Αντοχή κονιάματος fcmj (MPa)','FontSize',12);
ylabel('Ποσοστό αύξησης μέγιστης δύναμης (%)','FontSize',12);
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
%tmj - G 6
figure;
scatter(tmj,G);
xlabel('Πάχος κονιάματος tmj (mm)','FontSize',14);
ylabel('Ποσοστό αύξησης μέγιστης τέμνουσας δύναμης
(%)','FontSize',14);

%τμξ - ρφ
figure;
scatter(Rf,tmj);
ylabel('Πάχος κονιάματος tmj (mm)','FontSize',12);
xlabel('Ογκομετρικό ποσοστό ενίσχυσης Pf (%)','FontSize',12);


%fcmj
figure;
scatter(Rf,fcmj);
ylabel('Αντοχή κονιάματος fcmj (MPa)','FontSize',12);
xlabel('Ογκομετρικό ποσοστό ενίσχυσης Pf (%)','FontSize',12);

%disk - GX 7
figure;
scatter(Gx,Pososto_disk);
ylabel('Λόγος μείωσης τέμνουσας δυσκαμψίας','FontSize',12);
xlabel('Ποσοστό αύξησης μέγιστης δύναμης (%)','FontSize',12);

%Energy - GX 8
figure;
scatter(Gx,Energy_ws_max,Gx);
ylabel('Κατανάλωση Ενέργειας ως το μέγιστο (KNmm)','FontSize',12);
xlabel('Ποσοστό αύξησης μέγιστης δύναμης (%)','FontSize',12);

%Disk - RfX 9
figure;
scatter(RfX,Pososto_disk);
ylabel('Λόγος μείωσης τέμνουσας δυσκαμψίας','FontSize',12);
xlabel('Ογκομετρικό ποσοστό ενίσχυσης Pf (%)','FontSize',12);

%Energy - RfX 10
figure;
scatter(RfX,Energy_ws_max);
ylabel('Κατανάλωση Ενέργειας ως το μέγιστο (KNmm)','FontSize',12);
xlabel('Ογκομετρικό ποσοστό ενίσχυσης Pf (%)','FontSize',12);

figure;
bar(data2);
xticks(1:size(data2));
xticklabels({'(R) SS','#2','SRG-2-2-A','SIF(CTRM)-I-B','SIF(DTRM)-I-
B','MI2-R','MI3-ST','MI4-ST-S','RFG-D3-3','RFG-D6-4','RFC-D3-5','RFC-
D6-6','RFB-D3-7','RFB-D6-8','RFB-Fu-
9','S_NOC','S_BCK','S_FRN','D_WRP','OOP_2E_FRCM','FB.00','RBB.00','R1-
OOP','R2-OOP','R3-OOP','R3-IPOOP','SIF(CTRM)-O-1L-B','SIF(DTRM)-O-1L-
B','Inf_10','Inf_13','LWC_S','Specimen 2','Specimen 3','Specimen
4','Specimen 5','OOP_STR_ND','S','ES_1','ES_2','ES_3','M-XC','M-
CXC','M-P','M-CXP'});
xtickangle(45);
title('Ποσοστό αύξησης της μέγιστης δύναμης όλων των δοκιμίων');
avg= mean(data2);
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
line([0.5, length(data2)+0.5], [avg,avg], 'Color', 'g', 'LineStyle',
'-', 'LineWidth', 2)
legend('Τιμές', 'Μέσος Όρος Αύξησης', 'Location', 'northwest');
text(length(data2)+0.5, avg, num2str(avg), 'HorizontalAlignment',
'center', 'VerticalAlignment', 'middle', 'FontSize', 10, 'Color',
'red');


figure;
bar(dataIP);
xticks(1:size(dataIP));
xticklabels({'(R) SS','#2','SRG-2-2-A','SIF(CTRM)-I-B','SIF(DTRM)-I-
B','MI2-R','MI3-ST','MI4-ST-S','Inf_10','Inf_13','LWC_S','Specimen
2','Specimen 3','Specimen 4','Specimen 5','M-XC','M-CXC','M-P','M-
CXP'});
xtickangle(45);
title('Ποσοστό αυξήσης της μέγιστης δύναμης  των δοκιμίων IP');
avgIP= mean(dataIP);
line([0.5, length(dataIP)+0.5], [avgIP,avgIP], 'Color', 'g',
'LineStyle', '-', 'LineWidth', 2)
legend('Τιμές', 'Μέσος Όρος Αύξησης', 'Location', 'northwest');
text(length(dataIP)+0.5, avgIP, num2str(avgIP), 'HorizontalAlignment',
'center', 'VerticalAlignment', 'middle', 'FontSize', 10, 'Color',
'red');


figure;
bar(dataOOP);
xticks(1:size(dataOOP));
xticklabels({'S_NOC','S_BCK','S_FRN','D_WRP','OOP_2E_FRCM','FB.00','RB
B.00','R1-OOP','R2-OOP','R3-OOP','SIF(CTRM)-O-1L-B','SIF(DTRM)-O-1L-
B','OOP_STR_ND','S','ES_1','ES_2','ES_3'});
xtickangle(45);
title('Ποσοστό αυξήσης της μέγιστης δύναμης των δοκιμίων OOP');
avgOOP= mean(dataOOP);
line([0.5, length(dataOOP)+0.5], [avgOOP,avgOOP], 'Color', 'g',
'LineStyle', '-', 'LineWidth', 2)
legend('Τιμές', 'Μέσος Όρος Αύξησης', 'Location', 'northwest');
text(length(dataOOP)+0.5, avgOOP, num2str(avgOOP),
'HorizontalAlignment', 'center', 'VerticalAlignment', 'middle',
'FontSize', 10, 'Color', 'red');
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

B.2 Συναρτήσεις (Functions)

```
function[data,Env] = importfile_1_3_1_1(Database,c,Envelope)

        Database(c);
        %path(path,'C:\Users\Nick\Desktop\diplomatikh 2023\loops\');
        char(Database(c));
        data = xlsread(char('C:\Users\Nick\Desktop\diplomatikh
2023\iploops\'+Database(c)));
        Env = xlsread(char('C:\Users\Nick\Desktop\diplomatikh
2023\env1\'+Envelope(c)));
end


%Διαγράμματα πλευρικών μετατοπίσεων- δύναμης
function[x,y] = importfile4(data,Database,c)

x=data(:,1);

y=data(:,2);

figure;
plot(x,y);

xlabel('Οριζόντια Μετακίνηση (mm)','FontSize',14)
ylabel('Οριζόντια φόρτιση (kN)','FontSize',14)
grid on

%axis([min(x)-20 max(x)+20 min(y)-20 max(y)+20])

axis([min(x)-2 max(x)+2 min(y)-2 max(y)+2])



end

function [vroxos, v] = importfile5_1(x, y)

    v = 1 ;
    temp_vroxos(1, 1) = 1 ;

    for n = 2:size(y) - 1
        diaf(n, 1) = x(n+1) - x(n);
        if y(n, 1) < 0 && x(n, 1) <= 0
            if y(n+1, 1) >= 0
                temp_vroxos(n, 1) = v;
                v = v + 1;
                temp_vroxos(n+1, 1) = v;
            else
                temp_vroxos(n, 1) = v;

            end
        elseif y(n, 1) < 0 && x(n, 1) > 0 && y(n+1, 1) > 0 && x(n+1,
1) > 0
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
            temp_vroxos(n, 1) = v ;
            v = v + 1;
            temp_vroxos(n+1, 1) = v ;

        elseif y(n, 1) <= 0 && x(n, 1) >= 0 && diaf(n, 1) >= 0 &&
y(n+1, 1) >= 0
            temp_vroxos(n, 1) = v ;
            v = v + 1;
            temp_vroxos(n+1, 1) = v ;
        else
            temp_vroxos(n, 1) = v ;
        end
    end

     vroxos = temp_vroxos;
end

function [min_vroxos, max_vroxos,max_indexes,min_indexes] =
min_max_vroxos(vr,data,v_length)

    temp_min_vroxos = zeros(v_length,1);
    temp_max_vroxos = zeros(v_length,1);
    max_indexes = zeros(v_length,1);
    min_indexes = zeros(v_length,1);


    max = data(1,2);
    min = data(1,2);

    j=2;

    %disp(v_length+2 );
    %for i = 1:v_length+2
    for i = 1:v_length +1
        max = data(j,2);
        %fprintf("\n%d, max=%f",i, max);
        min = data(j,2);

        while(j<length(vr) && isequal(vr(j),i))

            if(data(j,2)>= max )
                max = data(j,2);
                %fprintf("i=%d",i);
                temp_max_vroxos(i,2) = max;
                temp_max_vroxos(i,1)= data(j,1);
                max_indexes(i,1)=j;
            end
            %for min
            if(data(j,2)<= min)
                min = data(j,2);
                temp_min_vroxos(i,2) = min;
                temp_min_vroxos(i,1) = data(j,1);
                min_indexes(i,1)=j;
            end
            j=j+1;

        end
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
    end

    if( temp_max_vroxos(end, 1) < temp_max_vroxos(end-1, 1) )
        temp_max_vroxos(end, :) = [];
        temp_min_vroxos(end, :) = [];
        max_indexes(end, :) = [];
        min_indexes(end, :) = [];
    end

    max_vroxos = temp_max_vroxos;
    min_vroxos = temp_min_vroxos;
end

function [intersections_x] = onoma(Env, currentLc)
valsXpositive = Env(:,1);
valsYpositive = Env(:,2);
valsXnegative = abs(Env(:,3));
valsYnegative = abs(Env(:,4));
if ( sum(isnan(valsYnegative)) )
    % For Y
    valsYnegative_notNaN = valsYnegative(~isnan(valsYnegative));
    toAdd = isnan(valsYnegative);
    valsYnegative(toAdd) = interp1(valsYnegative_notNaN,find(toAdd ==
1),'linear','extrap');
    % For X
    valsXnegative_notNaN = valsXnegative(~isnan(valsXnegative));
    valsXnegative(toAdd) = interp1(valsXnegative_notNaN,find(toAdd ==
1),'linear','extrap');
elseif ( sum(isnan(valsYpositive)) )
    % For Y
    valsYpositive_notNaN = valsYpositive(~isnan(valsYpositive));
    toAdd = isnan(valsYpositive);
    valsYpositive(toAdd) = interp1(valsYpositive_notNaN,find(toAdd ==
1),'linear','extrap');
    % For X
    valsXpositive_notNaN = valsXpositive(~isnan(valsXpositive));
    valsXpositive(toAdd) = interp1(valsXpositive_notNaN,find(toAdd ==
1),'linear','extrap');
end
% Compute mean line
meanX = 0:0.1:max([valsXpositive;valsXnegative]);
valsYpositive_meanX =
interp1(valsXpositive,valsYpositive,meanX,'linear','extrap');
valsYnegative_meanX =
interp1(valsXnegative,valsYnegative,meanX,'linear','extrap');
valsYnegative_meanX(valsYnegative_meanX<0) = 0;
meanY = mean([valsYpositive_meanX;valsYnegative_meanX],1);
% Perform LC normalization
meanX = meanX/currentLc;
valsXpositive = valsXpositive/currentLc;
valsXnegative = valsXnegative/currentLc;
valsYpositive = valsYpositive/max(meanY);
valsYnegative = valsYnegative/max(meanY);
valsYpositive_meanX = valsYpositive_meanX/max(meanY);
valsYnegative_meanX = valsYnegative_meanX/max(meanY);
meanY = meanY/max(meanY);

% indices = find(y == meanY);
% desired_x = x(indices);
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
figure();
subplot(1,2,1);
plot(valsXpositive,valsYpositive,'g');
xlabel('Ανηγμένη Μετακίνηση δ/L (%)','FontSize',18);
ylabel('Οριζόντια φόρτιση (kN)','FontSize',18);
grid on
title('Περιβάλλουσα καμπύλη - Θετική φόρτιση');
hold on;
subplot(1,2,2);
plot(valsXnegative,valsYnegative,'r');
xlabel('Ανηγμένη Μετακίνηση δ/L (%)','FontSize',18);
ylabel('Οριζόντια φόρτιση (kN)','FontSize',18);
title('Περιβάλλουσα καμπύλη - Αρνητική φόρτιση');
grid on

f = figure();
plot(meanX,valsYpositive_meanX,"g");
hold on;
plot(meanX,valsYnegative_meanX,"r");
plot(meanX,meanY,"b--");
% plot(desired_x,max(meanY));
xlabel('Ανηγμένη Μετακίνηση δ/L (%)','FontSize',18);
ylabel('Κανονικοποιημένη οριζόντια φόρτιση (kN)','FontSize',18);
% Add annotations and intersection asterisk
lineXstart = find(meanY == max(meanY));
lineX = meanX(lineXstart:end);
legend_entries = ["Θετική φόρτιση","Αρνητική Φόρτιση","Καμπύλη
ικανότητας"];
percentages = [0.9, 0.85, 0.8];
percentages_str = ["Πτώση 10%", "Πτώση 15%", "Πτώση 20%"];
intersections_x = NaN*ones(1,3);
for i=1:3
    figure(f);
    hold on;
    lineYperc = repmat(max(meanY)*percentages(i),1,length(lineX));
    plot(lineX,lineYperc,"k-");
    legend_entries(end+1) = percentages_str(i);
    text(max(meanX),max(lineYperc),percentages_str(i));
    constant_value = max(lineYperc);
    % Find indices where meanY crosses the constant value
    crossing_idx = find(meanY(1:end-1) >= constant_value &
meanY(2:end) <= constant_value);
    if isempty(crossing_idx)
        continue
    end
    crossing_idx = crossing_idx(1);
    % Initialize array to hold the x-coordinates of the intersections
    % Interpolate to find the exact x-coordinates
    x1 = meanX(crossing_idx);
    x2 = meanX(crossing_idx + 1);
    y1 = meanY(crossing_idx);
    y2 = meanY(crossing_idx + 1);
    % Linear interpolation
    intersection_x = x1 + (constant_value - y1) * (x2 - x1) / (y2 -
y1);
    plot(intersection_x,constant_value,'r*');
    hold on;
    legend_entries(end+1) = strcat(percentages_str(i), " σημείο
τομής");
    intersections_x(i) = intersection_x;
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
end
l = legend(legend_entries,"Location","southwest");
set(l,'Position',[0.220659722222222 0.19695396157384
0.0729166652852048 0.157840078617306]);

[maxY, maxYIndex] = max(meanY);
dm = meanX(maxYIndex);
index_dm = find(meanX == dm);
index_maxY = find(meanY == maxY);
x_sub = meanX(1:index_dm);
y_sub = meanY(1:index_maxY);
Em = trapz(x_sub, y_sub);
dy = 2 * (dm - Em);
%fprintf('dy = %f\n', dy);

figure
plot(meanX,meanY,"b-");
hold on
line([0,dy],[0,max(meanY)],'Color', 'g','LineStyle', '--') ;
hold on
line([dy,max(meanX)],[max(meanY),max(meanY)],'Color', 'r','LineStyle',
'--') ;
hold on
plot(dy,max(meanY),'black^');
hold on
plot(dm,max(meanY),'blacko');
y_min = 0;
y_max_limit = 1.2 * max(meanY);
ylim([y_min, y_max_limit]);
xlabel('Ανηγμένη Μετακίνηση δ/L (%)','FontSize',18);
ylabel('Κανονικοποιημένη οριζόντια φόρτιση (kN)','FontSize',18);
legend("Καμπύλη ικανότητας","Ελαστικός κλάδος","Μετελαστικός
κλάδος","Ανηγμένη μετακίνηση διαρροής","Μέγιστη δύναμη");
 end

%Δημιουργία μεγίστων και ελαχίστων σημείων κάθε βρόχου
function[TemnDisk,LogoiTemnDisk]=
importfile6(max_vroxos,min_vroxos,data,DataBase,c,v)

[x,y] = importfile4(data,DataBase,c);

max_points=zeros(length(max_vroxos),2);

TemnDisk = zeros(length(max_vroxos),1);
LogoiTemnDisk = zeros(length(max_vroxos)-1,1);

for i= [1:length(max_vroxos)]

%     clf;
%     plot (x,y)
%     hold on
    max_points(i,1) = max_vroxos(i,1);
    max_points(i,2) = max_vroxos(i,2);
    %[max_vroxos(i,1),max_vroxos(i,2)];
    min_points(i,1) = min_vroxos(i,1);
    min_points(i,2)  = min_vroxos(i,2);

    [max_points(i,1),max_points(i,2)];
    [min_points(i,1),min_points(i,2)];
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
    hold on
    plot(max_vroxos(i,1),max_vroxos(i,2),'ro');
    text(max_vroxos(i, 1), max_vroxos(i, 2), num2str(i), 'Color', 'b',
'FontSize', 8, 'HorizontalAlignment', 'left');

    hold on
    plot(min_vroxos(i,1),min_vroxos(i,2),'ro');
    text(min_vroxos(i, 1), min_vroxos(i, 2), num2str(i), 'Color', 'b',
'FontSize', 8, 'HorizontalAlignment', 'left');
    hold on

    TemnDisk(i)= (max_points(i,2)-min_points(i,2))/(max_points(i,1)-
min_points(i,1));
    if(i>=1)

        %fprintf("i:%d",i);
        LogoiTemnDisk(i) = TemnDisk(i,1)/TemnDisk(1,1);
    end
    %pause(3);



end


end

function [TemnDisk1ou] = importifile6_2(x,y,max_vroxos,min_vroxos)


x_subset = x(1:14);
y_subset = y(1:14);

% Δημιουργία του διαγράμματος
figure;
plot(x_subset, y_subset);
hold on
plot(max_vroxos(1,1),max_vroxos(1,2),'ro','Color', 'green');
hold on
plot(min_vroxos(1,1),min_vroxos(1,2),'ro','Color', 'black');
hold on
line([max_vroxos(1,1),min_vroxos(1,1)],[max_vroxos(1,2),min_vroxos(1,2
)],'Color','red','LineStyle','-');
% Προσθήκη του κάθετου άξονα y=0
line([0, 0], [min(y_subset), max(y_subset)], 'Color', 'black',
'LineStyle', '-');

% Προσθήκη του οριζόντιου άξονα x=0
line([min(x_subset), max(x_subset)], [0, 0], 'Color', 'black',
'LineStyle', '-');



% Ετικέτες για τους άξονες
xlabel('Οριζόντια Μετακίνηση (mm)','FontSize',18)
ylabel('Οριζόντια φόρτιση (kN)','FontSize',18)
grid on
hold on
legend({'1ος κύκλος', 'Μέγιστος Τιμή', 'Ελάχιστη Τιμή'});
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
TemnDisk1ou= (max_vroxos(1,2)-min_vroxos(1,2))/(max_vroxos(1,1)-
min_vroxos(1,1));
End

function[ENERGY,TOTALENERGY,CENERGY]=importfile7(x,y,v,vroxos,P,N)

clear ENERGY
for j=1:size(P,1)
    ENERGYOLD=0;
    for i = 1:size(x)-1
        if vroxos(i,1) == j

            ddx = x(i+1,1)-x(i,1);

            if y(i+1,1)>0 && y(i,1) <0 && x(i+1,1)<0 && ddx>0
                ENERGY(j,1)=ENERGYOLD+abs(y(i+1,1)-y(i,1))*(x(i+1,1)-
x(i,1))/2;

            elseif y(i+1,1)<0 && y(i,1)>0 && x(i+1,1)>0 && ddx<0
                ENERGY(j,1)=ENERGYOLD+abs(y(i+1,1)-
y(i,1))*abs(x(i+1,1)-x(i,1))/2;

            elseif y(i+1,1)>0 && ddx>0

ENERGY(j,1)=ENERGYOLD+abs(y(i+1,1)+y(i,1))*abs(x(i+1,1)-x(i,1))/2;

            elseif y(i+1,1)>0 && ddx<0
                ENERGY(j,1)=ENERGYOLD-
abs(y(i+1,1)+y(i,1))*abs(x(i+1,1)-x(i,1))/2;

            elseif y(i+1,1)<0 && ddx>0
                ENERGY(j,1)=ENERGYOLD-
abs(y(i+1,1)+y(i,1))*abs(x(i+1,1)-x(i,1))/2;

            elseif y(i+1,1)<0 && ddx<0

ENERGY(j,1)=ENERGYOLD+abs(y(i+1,1)+y(i,1))*abs(x(i+1,1)-x(i,1))/2;

            else
                ENERGY(j,1)=ENERGYOLD ;
            end
            ENERGYOLD=ENERGY(j,1); %ενέργεια κάθε βρόχου
        end
    end
end
ENERGY(1,2)=ENERGY(1,1);
sum = ENERGY(1,1);
minsz1=min(size(P,1),size(N,1));
minsz2=min(v,minsz1);
for j = 2:minsz2
    sum = sum + ENERGY(j,1);
    ENERGY(j,2) = sum; %αθροισμα ενεργειών
end
TOTALENERGY = ENERGY(size(ENERGY,1),2); %max energy


% History Plot x,y,energy
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
CENERGYOLD = 0;
for i = 1:size(x)-1
    ddx = x(i+1,1)-x(i,1);

    if y(i+1,1)>0 && y(i,1) <0 && x(i+1,1)<0 && ddx>0
       CENERGY(i,1)=CENERGYOLD+abs(y(i+1,1)-y(i,1))*(x(i+1,1)-
x(i,1))/2;
    elseif y(i+1,1)<0 && y(i,1)>0 && x(i+1,1)>0 && ddx<0
       CENERGY(i,1)=CENERGYOLD+abs(y(i+1,1)-y(i,1))*abs(x(i+1,1)-
x(i,1))/2;
    elseif y(i+1,1)>0 && ddx>0
       CENERGY(i,1)=CENERGYOLD+abs(y(i+1,1)+y(i,1))*abs(x(i+1,1)-
x(i,1))/2;
    elseif y(i+1,1)>0 && ddx<0
       CENERGY(i,1)=CENERGYOLD-abs(y(i+1,1)+y(i,1))*abs(x(i+1,1)-
x(i,1))/2;
    elseif y(i+1,1)<0 && ddx>0
       CENERGY(i,1)=CENERGYOLD-abs(y(i+1,1)+y(i,1))*abs(x(i+1,1)-
x(i,1))/2;
    elseif y(i+1,1)<0 && ddx<0
       CENERGY(i,1)=CENERGYOLD+abs(y(i+1,1)+y(i,1))*abs(x(i+1,1)-
x(i,1))/2;
    else
       CENERGY(i,1)=CENERGYOLD;
    end

    CENERGYOLD=CENERGY(i,1);
    xenergy(i)=i*60/2100; % scaled for plot

end
ENERGY2(1,1)=0;
ENERGY2(1,2)=0;
k1=1;
for i=2:size(P,1)+1
    ENERGY2(i,1)=k1;
    ENERGY2(i,2)=ENERGY(i-1,2);
    k1=k1+1;
end

   figure;
   plot(xenergy,CENERGY);
   xlabel('Βήμα','FontSize',16); %step (scaled)
   ylabel('Υστερητική Ενέργεια (kNmm)','FontSize',16);
   ylim([0 max(CENERGY)])

   figure;
   plot(ENERGY2(:,1),ENERGY2(:,2));
   xlabel('Αριθμός Βρόχου','FontSize',16);
   ylabel('Αθροιστική Υστερητική Ενέργεια (kNmm)','FontSize',16);
   ylim([0 max(ENERGY2(:,2))]);

   figure;
   vro = [1:size(P,1),1];
   bar(ENERGY);
   xlabel('Αριθμός Βρόχου','FontSize',16);
   ylabel('Υστερητική Ενέργεια (kNmm)','FontSize',16);
   legend('Υστερητική Ενέργεια Βρόχου','Αθροιστική Υστερητική
Ενέργεια');
for i=1:size(ENERGY,1)
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
    F_ENERGY(i,1)=i;
    F_ENERGY(i,2)=ENERGY(i,1);
    F_ENERGY(i,3)=ENERGY(i,2);
end

end
%υπολογισμος υστερητικής απόσβεσης ζι

function[syntelesths_z]=importfile8(ENERGY,max_vroxos,min_vroxos)

syntelesths_z = zeros(length(max_vroxos),1);

for i = 1:length(max_vroxos)
    syntelesths_z (i,1)= ENERGY(i,1)/
(pi*(max_vroxos(i,1)*max_vroxos(i,2)+abs(min_vroxos(i,1))*abs(min_vrox
os(i,2))));

end



end

function [min_vroxos_int, max_vroxos_int] =
min_max_vroxos_int(vr,data,v_length)


    min_vroxos_int = zeros(v_length,1);
    max_vroxos_int = zeros(v_length,1);


    max = data(1,1);
    min = data(1,1);


    j=2;

    for i = 1:v_length+2
        max = data(j,1);
        %fprintf("\n%d, max=%f",i, max);
        min = data(j,1);
        %fprintf("\n %d = %d ",i ,vr(j));
        while(j<length(vr) && isequal(vr(j),i))
            %for max
            %fprintf("yes");
            if(data(j,1)>= max)
                max = data(j,1);
                %fprintf("i=%d",i);
                max_vroxos_int(i,1) = max;
                max_vroxos_int(i,2)= data(j,2);
            end
            %for min
            if(data(j,1)<= min)
                min = data(j,1);
                %fprintf("i=%d",i);
                min_vroxos_int(i,1) = min;
                min_vroxos_int(i,2) = data(j,2);
            end
            j=j+1;
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
%
    end


    if( max_vroxos_int(end, 1) < max_vroxos_int(end-1, 1) )
        max_vroxos_int(end, :) = [];
        min_vroxos_int(end, :) = [];

    end

end


function [MaxXint]  = MaxXint(data,max_indexes,v)

    MaxXint = zeros(v,2);
    x=1;
    while x<=v
        [tempXint,tempYint]  =
find_vroxos_intersection_positive(data,max_indexes,x);
        if ~isempty(tempXint) %
            MaxXint(x,1) = tempXint;
            MaxXint(x,2) = tempYint;
        end
        x=x+1;
    end
end


function [MinXint] = MinXint(data, min_indexes, v)
    MinXint = zeros(v, 2);  % initialize the output array
    for x = 1:v
        [tempXint, tempYint] = find_vroxos_intersection_negative(data,
min_indexes, x);
        if ~isempty(tempXint) && ~isempty(tempYint)  % check if the
intersection is found
            MinXint(x, 1) = tempXint;
            MinXint(x, 2) = tempYint;
        end
    end
end

function klish_apofortishs_pos = importfile9(shmeia_pos,max_vroxos)

    klish_apofortishs_pos = zeros(length(max_vroxos), 1);

    for i = 1:length(max_vroxos)
        klish_apofortishs_pos(i) = (max_vroxos(i,2)-
shmeia_pos(i,2))/(max_vroxos(i,1)-shmeia_pos(i,1));
    end

end

function klish_apofortishs_neg = importfile10(shmeia_neg,min_vroxos)

    klish_apofortishs_neg = zeros(length(min_vroxos), 1);
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
    for i = 1:length(min_vroxos)
        klish_apofortishs_neg(i) = (min_vroxos(i,2)-
shmeia_neg(i,2))/(min_vroxos(i,1)-shmeia_neg(i,1));
    end

end

function[data] = importfile_1_3_1_2(Database,c)

         Database(c);
         char(Database(c));
         data = xlsread(char('C:\Users\Nick\Desktop\diplomatikh
2023\ooploops\'+Database(c)));

end


function [maxPointX, maxPointY] = findMaxPoint(x, y)
    % Find the index of the maximum y value
    [~, maxIndex] = max(y);

    % Extract the corresponding x and y values
    maxPointX = x(maxIndex);
    maxPointY = y(maxIndex);

    figure ;
    plot(x, y, '-');
    hold on;
    scatter(maxPointX, maxPointY, 'ro');
    xlabel('Οριζόντια Μετακίνηση (mm)','FontSize',14)
    ylabel('Οριζόντια φόρτιση (kN)','FontSize',14)
    grid on
   % title('Καμπύλη και το μέγιστο σημείο της');
    grid on;
    hold off;


end



function [pointPercentX, pointPercentY,diskampsia] =
calculatePercentPoint(x, y,maxPointY,maxPointX)

    % Calculate 30% of the maximum y value
    thirtyPercentValue = 0.3 * maxPointY;

    % Find the indices of points before the maximum
    indicesBeforeMax = find(x < maxPointX);

    % Find the index corresponding to the closest y value to 30% of
maxPointY
    [~, indexPercent] = min(abs(y(indicesBeforeMax) -
thirtyPercentValue));

    % Extract the corresponding x and y values
    pointPercentX = x(indicesBeforeMax(indexPercent));
    pointPercentY = y(indicesBeforeMax(indexPercent));
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
    %arxikh temnousa diskam3ia
    diskampsia = pointPercentY/pointPercentX ;

    figure;
    plot(x,y);
    hold on;
    scatter(pointPercentX,pointPercentY,'ro');

line([pointPercentX,0],[pointPercentY,0],'Color','green','LineStyle','
--');
    xlabel('Οριζόντια Μετακίνηση (mm)','FontSize',14)
    ylabel('Οριζόντια φόρτιση (kN)','FontSize',14)
    %title('Curve with 30% Point');
    grid on;
    text(1, maxPointY, sprintf('Δυσκαμψία: %.2f KN/mm', diskampsia),
'FontSize', 12, 'VerticalAlignment', 'bottom');
    hold off;



end


function [totalArea, Energy] = calculateEnergy(x, y,maxPointX,
maxPointY)

    % Calculate the total area under the curve using trapz
    totalArea = trapz(x, y);

    % Calculate the area from (0, 0) to the maximum point
    Energy = trapz(x(x <= maxPointX), y(x <= maxPointX));

    %diagrama me tyeleutyaio shmeio to maxPointX kai maxPointY

    figure;
    plot(x(x <= maxPointX), y(x <= maxPointX));
    hold on;
    scatter(maxPointX, maxPointY, 'ro');
    hold on ;
    area(x(x <= maxPointX), y(x <= maxPointX), 'FaceColor', 'c',
'FaceAlpha', 0.3);
    %title('Εμβαδόν-Ενέργεια');
    xlabel('Οριζόντια Μετακίνηση (mm)','FontSize',14)
    ylabel('Οριζόντια φόρτιση (kN)','FontSize',14)
    grid on;
    text(1, maxPointY, sprintf('Ενέργεια: %.2f KNmm', Energy),
'FontSize', 12, 'VerticalAlignment', 'bottom');
    xlim([0,70]);
    hold on ;
    plot(x,y);

end


function [data,Lc,Envelope] = importfile_1_1_1_1_2_C(workbookFile,
sheetName,range)
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
%If no sheet is specified,read first sheet
if nargin == 1 || isempty('Specimen')
    sheetName = 1;

end

% %If no range is specified,read all data
if nargin <= 2 || isempty('G*:G*')
    range = '' ;
end

%%import the data
[~,~,data] = xlsread('Database_OOP_MM.xlsx', 'Specimen', 'G38:G60');

[~,~,Lc]= xlsread('Database_OOP_MM.xlsx', 'Specimen', 'H38:H60');

[~,~,Envelope]= xlsread('Database_OOP_MM.xlsx', 'Specimen',
'J38:J60');


Envelope = string(Envelope);
data = string(data);
data(ismissing(data)) = '';

end



function[data,Enve] = importfile_1_3_1_2_C(Database,c,Envelope)

        Database(c);
        char(Database(c));
        data = xlsread(char('C:\Users\Nick\Desktop\diplomatikh
2023\ooploops\'+Database(c)));
        Enve = xlsread(char('C:\Users\Nick\Desktop\diplomatikh
2023\env2\'+Envelope(c)));
end


function [maxPointX, maxPointY] = findMaxPointC(xe, ye)
    % Find the index of the maximum y value
    [~, maxIndex] = max(ye);

    % Extract the corresponding x and y values
    maxPointX = xe(maxIndex);
    maxPointY = ye(maxIndex);

    figure ;
    plot(xe, ye, '-');
    hold on;
    scatter(maxPointX, maxPointY, 'ro');
    xlabel('Οριζόντια Μετακίνηση (mm)','FontSize',14)
    ylabel('Οριζόντια φόρτιση (kN)','FontSize',14)
    grid on;
    hold off;


end
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
function [pointPercentX, pointPercentY,diskampsia] =
calculatePercentPointC(xe,ye,maxPointY,maxPointX)

    % Calculate 30% of the maximum y value
    thirtyPercentValue = 0.3 * maxPointY;

    % Find the indices of points before the maximum
    indicesBeforeMax = find(xe < maxPointX);

    % Find the index corresponding to the closest y value to 30% of
maxPointY
    [~, indexPercent] = min(abs(ye(indicesBeforeMax) -
thirtyPercentValue));

    % Extract the corresponding x and y values
    pointPercentX = xe(indicesBeforeMax(indexPercent));
    pointPercentY = ye(indicesBeforeMax(indexPercent));

    %arxikh temnousa diskam3ia
    diskampsia = pointPercentY/pointPercentX ;

    figure;
    plot(xe,ye);
    hold on;
    scatter(pointPercentX,pointPercentY,'ro');

line([pointPercentX,0],[pointPercentY,0],'Color','green','LineStyle','
--');
    xlabel('Οριζόντια Μετακίνηση (mm)','FontSize',14)
    ylabel('Οριζόντια φόρτιση (kN)','FontSize',14)
    %title('Curve with 30% Point');
    grid on;
    text(1, maxPointY, sprintf('Δυσκαμψία: %.2f KN/mm', diskampsia),
'FontSize', 12, 'VerticalAlignment', 'bottom');
    hold off;



end


function [totalArea, Energy] = calculateEnergyC(xe, ye,maxPointX,
maxPointY)

    % Calculate the total area under the curve using trapz
    totalArea = trapz(xe, ye);

    % Calculate the area from (0, 0) to the maximum point
    Energy = trapz(xe(xe <= maxPointX), ye(xe <= maxPointX));
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
    %diagrama me tyeleutyaio shmeio to maxPointX kai maxPointY

    figure;
    plot(xe(xe <= maxPointX), ye(xe <= maxPointX));
    hold on;
    scatter(maxPointX, maxPointY, 'ro');
    hold on ;
    area(xe(xe <= maxPointX), ye(xe <= maxPointX), 'FaceColor', 'c',
'FaceAlpha', 0.3);
    xlabel('Οριζόντια Μετακίνηση (mm)','FontSize',14)
    ylabel('Οριζόντια φόρτιση (kN)','FontSize',14)
    text(1, maxPointY, sprintf('Ενέργεια: %.2f KNmm', Energy),
'FontSize', 12, 'VerticalAlignment', 'bottom');
    grid on;
    xlim([0,45]);
    hold  on;
    plot(xe,ye);



end


function [TestType, TestScale,Dimensions_Ratio] =
entry_Data(workbookFile, sheetName)
    % If no sheet is specified, read the first sheet
     if nargin < 2 || isempty(sheetName) || strcmpi(sheetName,
'Specimen')
        sheetName = 1;
    end

    % Import the data
    [~,~,rawTestType] = xlsread('Database12.xlsx','Specimen',
'E6:E117');
    [~,~,rawTestScale] = xlsread('Database12.xlsx','Specimen',
'M6:M117');
    [~,~,rawDataI] = xlsread('Database12.xlsx','Specimen','N6:N117');
    [~,~,rawDataJ] = xlsread('Database12.xlsx','Specimen','O6:O117');

%       % Process Test Type
       TestType = string(rawTestType);

       TestScale = string(rawTestScale);

      % Find rows with missing values
       rowsWithMissing = any(ismissing(TestScale), 2);

       % Delete rows with missing values
       TestScale(rowsWithMissing, :) = [];

       % Find rows with missing values
       rowsWithMissing1 = any(ismissing(TestType), 2);

       % Delete rows with missing values
       TestType(rowsWithMissing1, :) = [];

%        Find rows with missing values
        rowsWithMissing2 = cellfun(@isnan, rawDataI(:,1));
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
%       Delete rows with missing values
        rawDataI(rowsWithMissing2, :) = [];

        rowsWithMissing3 = cellfun(@isnan, rawDataJ(:,1));

%       Delete rows with missing values
        rawDataJ(rowsWithMissing3, :) = [];


        for i = [1:length(rawDataI)]
             Dimensions_Ratio{i,1} = rawDataJ{i,1} / rawDataI{i,1} ;
        end


end

function [fc_column,fc_beam,E_column,E_beam] =
entry_Data1(workbookFile, sheetName)
% If no sheet is specified, read the first sheet
if nargin < 2 || isempty(sheetName) || strcmpi(sheetName, 'Frame')
    sheetName = 1;


    % Import the data
    [~,~,fc_column] = xlsread('Database12.xlsx','Frame','K6:K117');
    [~,~,fc_beam] = xlsread('Database12.xlsx','Frame', 'S6:S117');
    [~,~,E_column] = xlsread('Database12.xlsx','Frame','L6:L117');
    [~,~,E_beam] = xlsread('Database12.xlsx','Frame','T6:T117');

    % Find rows with missing values in the first column
    rowsWithMissing = cellfun(@(x) any(isnan(x)),fc_column(:, 1),
'UniformOutput', false);

    % Convert the logical cell array to a logical array
    rowsWithMissing = cell2mat(rowsWithMissing);

    % Delete rows with missing values
    fc_column(rowsWithMissing, :) = [];


    % Find rows with missing values in the first column
    rowsWithMissing1 = cellfun(@(x) any(isnan(x)),fc_beam(:, 1),
'UniformOutput', false);

    % Convert the logical cell array to a logical array
    rowsWithMissing1 = cell2mat(rowsWithMissing1);

    % Delete rows with missing values
    fc_beam(rowsWithMissing1, :) = [];

    % Find rows with missing values in the first column
    rowsWithMissing2 = cellfun(@(x) any(isnan(x)),E_column(:, 1),
'UniformOutput', false);

    % Convert the logical cell array to a logical array
    rowsWithMissing2 = cell2mat(rowsWithMissing2);
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
    % Delete rows with missing values
    E_column(rowsWithMissing2, :) = [];

    % Find rows with missing values in the first column
    rowsWithMissing3 = cellfun(@(x) any(isnan(x)),E_beam(:, 1),
'UniformOutput', false);

    % Convert the logical cell array to a logical array
    rowsWithMissing3 = cell2mat(rowsWithMissing3);

    % Delete rows with missing values
    E_beam(rowsWithMissing3, :) = [];

end

function [fcmj,n_U,Aspect_Ratio,Type,TW,tcmj,LW,HW] =
entry_Data2(workbookFile, sheetName)
    % If no sheet is specified, read the first sheet
     if nargin < 2 || isempty(sheetName) || strcmpi(sheetName,
'Panel')
        sheetName = 1;


    % Import the data
    [~,~,fcmj] = xlsread('Database12.xlsx','Panel','T6:T117');
    [~,~,n_U] = xlsread('Database12.xlsx','Panel', 'U6:U117');
    [~,~,Aspect_Ratio] =
xlsread('Database12.xlsx','Panel','AA6:AA117');
    [~,~,rawType] = xlsread('Database12.xlsx','Panel','F6:F117');
    [~,~,TW] = xlsread('Database12.xlsx','Panel','W6:W117');
    [~,~,tcmj] = xlsread('Database12.xlsx','Panel','S6:S117');
    [~,~,LW] = xlsread('Database12.xlsx','Panel','X6:X117');
    [~,~,HW] = xlsread('Database12.xlsx','Panel','Y6:Y117');


        Type = string(rawType);
        rowsWithMissing = any(ismissing(Type), 2) ;
        Type(rowsWithMissing, :) = [];

        % Find rows with missing values in the first column
        rowsWithMissing = cellfun(@(x) any(isnan(x)),fcmj(:, 1),
'UniformOutput', false);

        % Convert the logical cell array to a logical array
        rowsWithMissing = cell2mat(rowsWithMissing);

        % Delete rows with missing values
        fcmj(rowsWithMissing, :) = [];

        % Find rows with missing values in the first column
        rowsWithMissing11 = cellfun(@(x) any(isnan(x)),tcmj(:, 1),
'UniformOutput', false);

        % Convert the logical cell array to a logical array
        rowsWithMissing11 = cell2mat(rowsWithMissing11);
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
        % Delete rows with missing values
        tcmj(rowsWithMissing11, :) = [];

        % Find rows with missing values in the first column
        rowsWithMissing1 = cellfun(@(x) any(isnan(x)),n_U(:, 1),
'UniformOutput', false);

        % Convert the logical cell array to a logical array
        rowsWithMissing1 = cell2mat(rowsWithMissing1);

        % Delete rows with missing values
        n_U(rowsWithMissing1, :) = [];

        % Find rows with missing values in the first column
        rowsWithMissing2 = cellfun(@(x) any(isnan(x)),Aspect_Ratio(:,
1), 'UniformOutput', false);

        % Convert the logical cell array to a logical array
        rowsWithMissing2 = cell2mat(rowsWithMissing2);

        % Delete rows with missing values
        Aspect_Ratio(rowsWithMissing2, :) = [];

        % Find rows with missing values in the first column
        rowsWithMissing3 = cellfun(@(x) any(isnan(x)),TW(:, 1),
'UniformOutput', false);

        % Convert the logical cell array to a logical array
        rowsWithMissing3 = cell2mat(rowsWithMissing3);

        % Delete rows with missing values
        TW(rowsWithMissing3, :) = [];

        %1Find rows with missing values in the first column
        rowsWithMissing4 = cellfun(@(x) any(isnan(x)),LW(:, 1),
'UniformOutput', false);

        % Convert the logical cell array to a logical array
        rowsWithMissing4 = cell2mat(rowsWithMissing4);

        % Delete rows with missing values
        LW(rowsWithMissing4, :) = [];

        %2 Find rows with missing values in the first column
        rowsWithMissing5 = cellfun(@(x) any(isnan(x)),HW(:, 1),
'UniformOutput', false);

        % Convert the logical cell array to a logical array
        rowsWithMissing5 = cell2mat(rowsWithMissing5);

        % Delete rows with missing values
        HW(rowsWithMissing5, :) = [];

 end
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
function [Strengthening,
TRM_type,Strengthening_Material,TRM_Layers,Anchorage,Layout,RF] =
entry_Data4(workbookFile, sheetName)
    % If no sheet is specified, read the first sheet
     if nargin < 2 || isempty(sheetName) || strcmpi(sheetName,
'Strengthening')
        sheetName = 1;
    end

    % Import the data
    [~,~,rawStrengthening] =
xlsread('Database12.xlsx','Strengthening', 'E11:E123');
    [~,~,rawTRM_type] = xlsread('Database12.xlsx','Strengthening',
'G11:G123');
    [~,~,rawStrengthening_Material] =
xlsread('Database12.xlsx','Strengthening', 'H11:H123');
    [~,~,rawTRM_Layers] = xlsread('Database12.xlsx','Strengthening',
'I11:I123');
    [~,~,rawAnchorage] = xlsread('Database12.xlsx','Strengthening',
'AS11:AS123');
    [~,~,rawLayout] = xlsread('Database12.xlsx','Strengthening',
'J11:J123');
    [~,~,RF] = xlsread('Database12.xlsx','Strengthening', 'K11:K123');

      % Process Test Type
       Strengthening = string(rawStrengthening);

       TRM_type = string(rawTRM_type);

       Strengthening_Material = string(rawStrengthening_Material);

       TRM_Layers = string(rawTRM_Layers);

       Anchorage = string(rawAnchorage);

       Layout = string(rawLayout);

       % Find rows with missing values in the first column
       rowsWithMissing6 = cellfun(@(x) any(isnan(x)),RF(:, 1),
'UniformOutput', false);

       % Convert the logical cell array to a logical array
       rowsWithMissing6 = cell2mat(rowsWithMissing6);

       % Delete rows with missing values
       RF(rowsWithMissing6, :) = [];


      % Find rows with missing values
       rowsWithMissing = any(ismissing(TRM_type), 2);

       % Delete rows with missing values
       TRM_type(rowsWithMissing, :) = [];

       % Find rows with missing values
       rowsWithMissing1 = any(ismissing(Strengthening), 2);

       % Delete rows with missing values
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250

```
        Strengthening(rowsWithMissing1, :) = [];

        % Find rows with missing values
        rowsWithMissing2 = any(ismissing(Strengthening_Material), 2);

        % Delete rows with missing values
         Strengthening_Material(rowsWithMissing2, :) = [];

        % Find rows with missing values
        rowsWithMissing3 = any(ismissing(TRM_Layers), 2);

        % Delete rows with missing values
         TRM_Layers(rowsWithMissing3, :) = [];

        % Find rows with missing values
        rowsWithMissing4 = any(ismissing(Anchorage), 2);

        % Delete rows with missing values
        Anchorage(rowsWithMissing4, :) = [];

        % Find rows with missing values
        rowsWithMissing5 = any(ismissing(Layout), 2);

        % Delete rows with missing values
        Layout(rowsWithMissing5, :) = [];

end
```


Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
04/09/2026 10:05:05 EEST - 216.73.216.250