



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Γεωργικές και Θερμοκηπιακές κατασκευές (Θεωρία)

Ενότητα 3 : Οι θεμελιώσεις των γεωργικών
κατασκευών

Δρ. Μενέλαος Θεοχάρης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



3

Οι θεμελιώσεις των γεωργικών κατασκευών

3.1. Εισαγωγή

Οι θεμελιώσεις έχουν τον προορισμό να μεταφέρουν στο έδαφος τα φορτία από τα κτίρια. Όπως και κάθε κατασκευαστικό στοιχείο, το έδαφος στην περιοχή επιρροής του οικοδομήματος υφίσταται τάσεις και παραμορφώσεις.

Ο τρόπος μεταφοράς των δυνάμεων ανάμεσα στο κτίριο και στο έδαφος θεμελίωσης, οπότε και η δράση τους στο έδαφος και η αντίδραση τους στο κτίριο δεν εξαρτάται μόνο από το είδος, το μέγεθος, τη διεύθυνση και την κατανομή των δυνάμεων αυτών στην ή στις οριακές επιφάνειες ανάμεσα στο κτίριο και στο έδαφος, αλλά και από τις τελείως διαφορετικές φυσικές ιδιότητες των δύο μέσων.

Οι ιδιότητες των κατασκευαστικών στοιχείων των κτιρίων από φυσικά υλικά (πέτρα, ξύλο κ.ά.) ή τεχνητά υλικά (χάλυβα, σκυρόδεμα κ.ά.) μπορούν να καθοριστούν με αρκετή ακρίβεια, ώστε οι τάσεις και οι παραμορφώσεις στα στοιχεία αυτά να μπορούν να προσδιοριστούν με υπολογισμούς ή πειραματικές δοκιμές. Αντίθετα, οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους, κυρίως λόγω της ανομοιογένειας του, δεν μπορούν να διατυπωθούν επακριβώς. Σε αυτό προστίθεται και το γεγονός ότι, ακόμα και στις βασικές φυσικές ιδιότητες του εδαφικού υλικού, π.χ. την ελαστικότητα ή τη διατμητική αντοχή, δεν υπάρχει αναλογία μεταξύ τάσεων και παραμορφώσεων. Ακόμα, στις περισσότερες περιπτώσεις η συμπεριφορά του εδάφους δεν μπορεί να καθοριστεί με πειραματικές δοκιμές, διότι τα αποτελέσματα εξαρτώνται, χωρίς σαφή αντιστοιχία, από το μέγεθος των υπό δοκιμή εδαφικών επιφανειών ή όγκων.

Οι παραμορφώσεις του κτιρίου και της θεμελίωσης, οι καθιζήσεις του εδάφους θεμελίωσης και η αλληλεπίδραση τους, δεν μπορούν, εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις, να διατυπωθούν με αυστηρούς μαθηματικούς νόμους. Για τους λόγους αυτούς, στους υπολογισμούς των θεμελιώσεων πρέπει να γίνονται ορισμένες απλοποιήσεις. Τα αποτελέσματα όμως της έρευνας στο πεδίο της εδαφομηχανικής και η ανάπτυξη νέων ή βελτιωμένων μεθόδων θεμελίωσης μας παρέχουν τη δυνατότητα της επίλυσης των προβλημάτων θεμελίωσης, ακόμα και σε δυσμενείς εδαφικές συνθήκες και στις περισσότερες περιπτώσεις κατά τρόπο ικανοποιητικό από τεχνική και οικονομική άποψη.

Στις βιομηχανικές χώρες με μεγάλη πυκνότητα δόμησης, εμφανίζεται όλο και συχνότερα η ανάγκη της κατασκευής σε κακό έδαφος. Κατά κανόνα, το ζήτημα της τοποθεσίας έχει για τα βιομηχανικά και κυκλοφοριακά έργα μεγαλύτερη οικονομική σημασία από το επιπλέον κόστος που προκαλείται από την κατασκευή σε δυσμενείς εδαφικές συνθήκες.

Το γεγονός αυτό επέφερε την αύξηση των βαθέων θεμελιώσεων και επηρέασε θετικά την ανάπτυξη μηχανοποιημένων μεθόδων θεμελίωσης.

Ακόμα, δεν είναι γενικά δυνατό να κατασκευαστούν θεμελιώσεις σε βάθος χωρίς καθιζήσεις. Για παράδειγμα, ένας πάσσαλος διάτρησης υφίσταται από τη στιγμή της φόρτισης μέχρι την ενεργοποίηση της πλευρικής τριβής ήδη μια καθίζηση 1 έως 2 cm. Με λίγες μόνον εξαιρέσεις, στις θεμελιώσεις σημασία έχουν κυρίως οι διαφορικές καθιζήσεις, διότι μόνον αυτές προκαλούν καμπτικές ροπές στα κτίρια. Κύριο μέλημα είναι κατά συνέπεια,

να τηρηθούν οι διαφορικές καθιζήσεις σε ανεκτά όρια.

Η επιλογή του κατάλληλου είδους θεμελίωσης οφείλει να έχει γίνει κατά τη μελέτη ενός κτιρίου ήδη από πολύ νωρίς, διότι οι αναμενόμενες καθιζήσεις επηρεάζουν σε πολλές περιπτώσεις σημαντικά τη μέθοδο κατασκευής του κτιρίου. Σε πολλές περιπτώσεις επαρκεί μια χοντρική πρόβλεψη των αναμενόμενων καθιζήσεων, ώστε να μπορέσει να προχωρήσει η μελέτη του κτιρίου. Εκεί όμως όπου οι εδαφικές συνθήκες είναι άγνωστες ή μη επαρκώς γνωστές, συνιστάται οπωσδήποτε η εκτέλεση επακριβών εδαφομηχανικών μελετών ώστε να διαλευκανθούν έγκαιρα όλες οι απορίες σχετικά με το έδαφος θεμελίωσης. Τα σχετικά έξοδα δεν θα είναι παρά ένα ελάχιστο ποσοστό της επιπλέον δαπάνης που ενδέχεται να δημιουργηθεί από μετατροπές στη θεμελίωση κατά τη διάρκεια της κατασκευής.

3.2. Το έδαφος θεμελίωσης

Το έδαφος θεμελίωσης που αποτελεί την ανώτατη στρώση του φλοιού της γης, αποτελείται κυρίως από τα προϊόντα της διάβρωσης και αποσύνθεσης στερεών πετρωμάτων. Αυτά τα προϊόντα μπορεί να έχουν υποστεί χαλάρωση λόγω μεταφοράς ή προσχώσεων, ή στερεοποίηση λόγω της επίδρασης γεωλογικών φορτίων, θερμότητας, ψύχους ή άλλων παραγόντων. Οι εδαφικές συνθήκες λοιπόν είναι τόσο πιο ανόμοιες, όσο ήταν πλουσιότερες σε μεταβολές οι γεωλογικές συνθήκες (δηλ. όσο πιο πολύχρωμος ο γεωλογικός χάρτης) και όσο πιο πολύπλευρη η γεωλογική ιστορία μιας περιοχής. Κάτι τέτοιο ισχύει σε ασυνήθιστα μεγάλο μέτρο για την Κεντρική Ευρώπη, και ιδιαίτερα για την περιοχή της Γερμανίας.

3.2.1. Κατάταξη των εδαφών

Στο DIN 1054 το έδαφος θεμελίωσης χωρίζεται με βάση τις ιδιότητες του από πλευράς θεμελίωσης σε 3 μεγάλες κατηγορίες, συγκεκριμένα σε σκληρό βράχο, σε φυτικά εδάφη ή χαλαρά πετρώματα που προήλθαν από βράχο με φυσιολογικές διαδικασίες, και σε εδάφη που προέρχονται από επίχωση.

3.2.1.1. Βράχος

Οι ιδιότητες του βράχου από την άποψη των θεμελιώσεων είναι γενικά σε σχέση με άλλα εδάφη θεμελιώσεων τόσο ευνοϊκές, ώστε να μη χρειάζεται να γίνει διαχωρισμός σε διάφορα είδη. Ακόμα και ο βράχος που έχει υποστεί διάβρωση μπορεί να αποτελεί ένα πολύ καλό έδαφος θεμελίωσης, εφόσον είναι ομογενής, δεν έχει ρωγμές και κενά και έχει επαρκές πάχος. Ειδικές έρευνες χρειάζονται μόνο σε βράχο με σημαντική στρωμάτωση, όταν πρόκειται να παραληφθούν σημαντικές οριζόντιες δυνάμεις, ή όταν υπάρχει κίνδυνος ολίσθησης κατά τη δόμηση σε κεκλιμένες επιφάνειες.

3.2.1.2. Συνήθη εδάφη

Στην περίπτωση αυτή διακρίνονται 3 κατηγορίες :

Μη συνεκτικά εδάφη, όπως άμμος, χαλίκια, λίθοι και τα διάφορα μίγματα τους. Η φέρουσα ικανότητα των εδαφών αυτών είναι κατά κανόνα πολύ καλή. Καθορίζεται κυρίως από την πυκνότητα τους και το σχήμα και μέγεθος των μεμονωμένων κόκκων.

Συνεκτικά εδάφη, όπως άργιλος, πηλός, καθώς και τα μίγματα τους με μη συνεκτικά εδάφη, όπου το ποσοστό κατά βάρος των συνεκτικών εδαφών με μέγεθος κόκκου κάτω από 0,06 mm είναι μεγαλύτερο από 15 % (π.χ. αμμώδης άργιλος, πηλός, μάργες). Η φέρουσα ικανότητα των συνεκτικών εδαφών εξαρτάται από τη γεωλογική τους ιστορία και μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάλογα με τη σύσταση τους και τη συνεκτικότητά τους. Καθορι-

στικός παράγοντας για τη φέρουσα ικανότητα των μικτών εδαφών είναι το εάν οι μη συνεκτικές προσμίξεις σχηματίζουν ένα στέρεο πλέγμα κόκκων, ή εάν βρίσκονται διασκορπισμένες στη συνεκτική ουσία.

Οργανικά εδάφη, όπως η τύρφη, η ιλύς από καθαρισμό αποβλήτων καθώς και ανόργανα εδάφη των προηγούμενων κατηγοριών με οργανικές προσμίξεις ζωικής ή φυτικής προέλευσης (π.χ. φυτική άμμος, άμμος με τύρφη, οργανική ιλύς). Λόγω της μεγάλης συμπίεστότητας των οργανικών μερών, τα εδάφη αυτά είναι ακατάλληλα ή ελάχιστα κατάλληλα για θεμελιώσεις.

3.2.1.3. Εδάφη από επίγωση

Ως έδαφος από επίγωση θεωρείται το έδαφος από επιχώσεις και εκπλύσεις. Διακρίνονται δύο κατηγορίες εδαφών στην περίπτωση αυτή:

Μη συμπίεσμένες επιχώσεις με διάφορη σύσταση. Επιφέρουν, ακόμα και σε ελαφρά μονώροφα κτίρια, σημαντικές ζημιές, εκτός εάν αποτελούνται από μη συνεκτικά εδάφη, τα οποία να μπορούν να συμπεστούν εκ των υστέρων με δόνηση σε βάθος.

Συμπιεσμένες επιχώσεις από μη συνεκτικά ή συνεκτικά εδάφη, ή από ανόργανα υλικά επίγωσης (π.χ. υλικά κατεδαφίσεων, σκωρία υψικαμίνων, κατάλοιπα μεταλλευμάτων), όταν έχουν συμπεστεί συστηματικά.

Οι επιχώσεις που επιδέχονται συμπίεση μπορούν με τη βοήθεια της σύγχρονης, εξαιρετικά ανεπτυγμένης τεχνικής συμπίεσης, να αποκτήσουν μια εξαιρετική πυκνότητα, ώστε η φέρουσα ικανότητα τους να είναι ίση, ή και καλύτερη, αυτής των φυσικών εδαφών.

3.2.2. Ιδιότητες των εδαφών

Για την εκτίμηση ενός εδάφους από την άποψη των θεμελιώσεων δεν επαρκεί σε καμιά περίπτωση ο πειραματικός προσδιορισμός ενός μόνο φυσικού χαρακτηριστικού. Απαιτείται τουλάχιστον η γνώση των ακόλουθων χαρακτηριστικών :

- **σε μη συνεκτικά εδάφη:** κοκκομετρική κατανομή, πυκνότητα, διατμητική αντοχή.
- **σε συνεκτικά εδάφη:** περιεκτικότητα σε νερό, όρια συνεκτικότητας, συμπίεστότητα (κοκκομετρική κατανομή), (διατμητική αντοχή),
- **σε οργανικά εδάφη:** όπως και στα συνεκτικά εδάφη, επιπλέον: περιεκτικότητα σε οργανικά συστατικά.

Πίνακας 3.1. Τάξη μεγέθους των φυσικών χαρακτηριστικών του εδάφους.

Είδος εδάφους	Υγρό φαινόμενο βάρος γ [kN/m ³]	Διαπερατότητα k_f [cm/s]	Συντελεστής τριβής ϕ [μοίρες]	Συνεκτικότητα c [kN/m ²]	Μέτρο συμπίεσης E_s [MN/m ²]
Βράχος συμπαγής	24 – 30	–	35,0 – 65	100 – 2000	> 1000
Χαλίκια καθαρά	16 – 23	$10^1 - 10^{-2}$	32,5 – 45,0	–	100 – 200
Άμμος καθαρή	16 – 22	$10^0 - 10^{-3}$	30,0 – 40,0	–	10 – 100
Ιλύς	16 – 21	$10^{-3} - 10^{-6}$	22,5 – 27,5	–	10 – 100
Πηλός	16 – 22	$10^{-7} - 10^{-10}$	12,5 – 22,5	15 – 35	1 – 60
Τύρφη	11 – 13	–	12,5 – 17,5	5 – 10	0,1 – 1

Ένας σημαντικός αριθμός μεθόδων πειραματικής έρευνας των φυσικών εδαφικών χαρακτηριστικών αποτελεί αυτή την εποχή ζήτημα τυποποίησης. Η λήψη των δειγμάτων του

εδάφους και η διεξαγωγή των πειραματικών δοκιμών θα πρέπει να γίνεται μόνο από εργαστήρια εδαφομηχανικής με την απαραίτητη εμπειρία.

Τα χαρακτηριστικά που προσδιορίστηκαν για ένα συγκεκριμένο έδαφος δεν επιτρέπεται να μεταφέρονται αβίαστα σε ένα άλλο διότι ακόμα και στρώσεις με τον ίδιο εδαφομηχανικό χαρακτηρισμό μπορούν να παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στις ιδιότητες τους, εφόσον έχουν προέλθει από διαφορετικές, εδαφολογικές συνθήκες. Μια εικόνα της τάξης μεγέθους των φυσικών χαρακτηριστικών του εδάφους παρουσιάζεται στον πίνακα 3.1.

3.2.3. Επιτρεπόμενη φόρτιση του εδάφους θεμελιώσεων

Η επιτρεπόμενη φόρτιση του εδάφους θεμελίωσης δεν εξαρτάται μόνον από τις συνθήκες του υπεδάφους, όπως αλληλουχία στρώσεων, φέρουσα ικανότητα του εδάφους και στάθμη του υπόγειου νερού, αλλά και από την ευαισθησία έναντι των καθιζήσεων του υπό ανέγερση έργου, του είδους και της διάρκειας των φορτίων που πρέπει να αναληφθούν, του είδους της θεμελίωσης και άλλων παραγόντων. Σε ορισμένες μεθόδους θεμελίωσης, για παράδειγμα στις θεμελιώσεις με πασσάλους, η σύσταση του εδάφους θεμελίωσης στο άμεσο περιβάλλον του στοιχείου της θεμελίωσης επηρεάζεται από τον τρόπο κατασκευής του τόσο ισχυρά, ώστε στις περιπτώσεις αυτές το έδαφος και το στοιχείο της θεμελίωσης να μην επιτρέπεται να αντιμετωπισθούν ως ξεχωριστά στοιχεία. Για το λόγο αυτό αναφέρονται στο DIN1054 μόνον οι γενικές αρχές όσον αφορά τις απαιτούμενες έρευνες, τους ελέγχους και τους συντελεστές ασφάλειας, καθώς και οι επιτρεπόμενες τάσεις εδάφους για επιφανειακές θεμελιώσεις, με σαφή, σαφώς καθορισμένα δεδομένα όσον αφορά τη φόρτιση, τις διαστάσεις των στοιχείων θεμελίωσης, τις συνθήκες του εδάφους και των αναμενόμενων καθιζήσεων. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις οι επιτρεπόμενες φορτίσεις καθορίζονται στα πρότυπα και τους κανονισμούς για διάφορες μεθόδους θεμελίωσης ή πρέπει να προσδιορισθούν με, επίσης σε μεγάλο βαθμό, τυποποιημένους υπολογισμούς ή με δοκιμαστικές φορτίσεις. Για τους απαιτούμενους συντελεστές ασφάλειας έναντι θραύσης διακρίνουμε 3 περιπτώσεις φόρτισης :

- **Περίπτωση φόρτισης 1:** Μόνιμα φορτία και τακτικά επαναλαμβανόμενα κινητά φορτία (και άνεμος).
- **Περίπτωση φόρτισης 2:** Εκτός από τα φορτία της περίπτωσης φόρτισης 1, ταυτόχρονα, αλλά όχι τακτικά επαναλαμβανόμενα, μεγάλα κινητά φορτία, επιφορτίσεις οι οποίες εμφανίζονται μόνο κατά τη διάρκεια της κατασκευής.
- **Περίπτωση φόρτισης 3:** Εκτός από τα φορτία της περίπτωσης φόρτισης 2, ταυτόχρονα, απρόβλεπτα, πιθανά (π.χ. λόγω αστοχίας λειτουργικών διατάξεων ή διατάξεων ασφαλείας ή φορτίσεις λόγω ατυχημάτων).

3.2.4. Επιτρεπόμενες τάσεις του εδάφους

Οι μέγιστες επιτρεπόμενες τάσεις εδάφους για ένα θεμέλιο περιορίζονται από τις απαιτήσεις, ότι πρέπει να υπάρχει επαρκής ασφάλεια έναντι της καθίζησης του σώματος θεμελίωσης (ασφάλεια έναντι θραύσης του εδάφους), και ότι οι μετακινήσεις του θεμελίου υπό την επίδραση των φορτίων λειτουργίας δεν επιτρέπεται να υπερβούν τη μέγιστη τιμή που μπορεί να αναληφθεί από το έργο (επιτρεπόμενες καθιζήσεις). Καθοριστικός παράγοντας για το μέγεθος τους, εκτός από τη φέρουσα ικανότητα και την ομοιογένεια του εδάφους θεμελίωσης είναι και η ευαισθησία του δομικού έργου. Αυτό το γεγονός παρουσιάζεται επίσης και στους πίνακες του DIN 1054 με αναφορά των επιτρεπόμενων τάσεων εδάφους για τις συνθήκες περιπτώσεις.

Ανάλογα με το βάθος πάκτωσης και το βάθος του θεμελίου, καθώς και με τη συνεκτι-

κότητα των συνεκτικών και μικτών εδαφών, οι τιμές αυτές είναι για :

- συνεκτικά εδάφη: 90 – 400 kN/m²
- μικτά εδάφη: 150 – 500 kN/m²
- μη συνεκτικά εδάφη: 200 – 500 kN/m²
- έργο με ευαισθησία στις καθιζήσεις: 200 – 700 kN/m²
- έργο με μικρή ευαισθησία στις καθιζήσεις και βράχος: 1000 – 4000 kN/m²

Σε όλες τις περιπτώσεις θεμελίωσης, στις οποίες δεν εκπληρούνται οι προϋποθέσεις για την εφαρμογή των παραπάνω τιμών, ή στις οποίες επιθυμούμε την εφαρμογή υψηλότερων τάσεων εδάφους, οι επιτρεπόμενες τάσεις έδρασης πρέπει να προσδιορίζονται με υπολογισμό της θραύσης εδάφους και υπολογισμό των καθιζήσεων.

3.3. Συστήματα και μορφές θεμελιώσεων

Το σύστημα και η μορφή της θεμελίωσης δεν είναι ίδια σε όλα τα δομικά έργα. Για να διαλέξουμε την κατάλληλη για κάθε έργο θεμελίωση, πρέπει να εξετάσουμε τους ακόλουθους παράγοντες:

- α) Το είδος και τη μορφή του έργου, που πρόκειται να θεμελιωθεί.
- β) Το μέγεθος και κυρίως το ύψος του έργου, επειδή απ' αυτά εξαρτάται το μέγεθος των φορτίων, που πρόκειται να μεταφέρουν τα θεμέλια στο έδαφος.
- γ) Το είδος και κυρίως την αντοχή του εδάφους, επειδή αυτά καθορίζουν τις επιβαρύνσεις, που επιτρέπεται να επιβάλλουν τα θεμέλια στο έδαφος.
- δ) Τη στάθμη των υπογείων νερών και το αν μπορούμε να τα αντλήσουμε, επειδή από αυτό εξαρτάται αν οι εργασίες για τη θεμελίωση θα γίνουν κάτω από το νερό ή σε στεγνό περιβάλλον.

Οι δύο πρώτοι παράγοντες είναι σχετικοί μόνο με το έργο, που πρόκειται να κατασκευασθεί, είναι λοιπόν γνωστοί στο μελετητή. Για να εξακριβωθούν και οι δύο τελευταίοι παράγοντες, χρειάζεται να συμπληρωθεί η έρευνα του εδάφους. Τότε μόνο ο μελετητής μπορεί να επιλέξει και να καθορίσει το σύστημα θεμελίωσης, που πρέπει να εφαρμοσθεί.

Σε κάθε θεμελίωση διακρίναμε δύο είδη εργασιών: Το πρώτο είναι η προετοιμασία της επιφάνειας του εδάφους, όπου το θεμέλιο θα μεταφέρει τα φορτία του έργου. Το δεύτερο είναι η κυρίως κατασκευή των θεμελίων, των δομικών στοιχείων δηλαδή, που έρχονται σε επαφή με την επιφάνεια του εδάφους και μεταφέρουν σ' αυτό τα φορτία του έργου.

Στα συνηθισμένα συστήματα θεμελιώσεων τα δύο αυτά είδη εργασιών γίνονται σε δύο χωριστές φάσεις, που ακολουθούν η μια την άλλη με τη σειρά που αναφέραμε. Αυτές οι θεμελιώσεις λέγονται **αβαθείς**.

Υπάρχουν όμως και θεμελιώσεις, που λέγονται **βαθείς**, όπου τα δύο είδη εργασιών γίνονται συγχρόνως. Αυτό γίνεται ακριβώς, γιατί δεν συμφέρει να γίνονται χωριστά οι εργασίες του πρώτου είδους σε τόσο μεγάλο βάθος.

Στις αβαθείς θεμελιώσεις η πρώτη φάση μπορεί να περιορισθεί μόνο στη μόρφωση των επιφανειών του εδάφους. Τότε οι θεμελιώσεις λέγονται **άμεσες**. Μπορεί όμως σε άλλες περιπτώσεις να περιλαμβάνει και ποιοτική προετοιμασία, δηλαδή **βελτίωση του εδάφους** θεμελίωσης με διάφορα μέσα, οπότε οι θεμελιώσεις δεν είναι πια άμεσες. Τέλος η αβαθής θεμελίωση μπορεί να εκτελείται σε στεγνό περιβάλλον ή μέσα στο νερό.

Οι βαθιές θεμελιώσεις περιλαμβάνουν:

α) **Τα καταδύόμενα φρέατα**, όπου η προετοιμασία των επιφανειών του εδάφους για την έδραση των θεμελίων γίνεται σιγά-σιγά, όσο προχωράει η κατασκευή τους.

β) **Τις πασσαλώσεις** με προκατασκευασμένους πασσάλους, όπου οι επιφάνειες για την έδραση των θεμελίων μορφώνονται αυτόματα, όσο προχωρούν οι πάσσαλοι.

γ) **Τις πασσαλώσεις με πασσάλους**, που κατασκευάζονται μια και καλή στην οριστική τους θέση. Οι πασσαλώσεις αυτές μπορούν να θεωρηθούν ως συνδυασμός των δύο προηγούμενων μεθόδων.

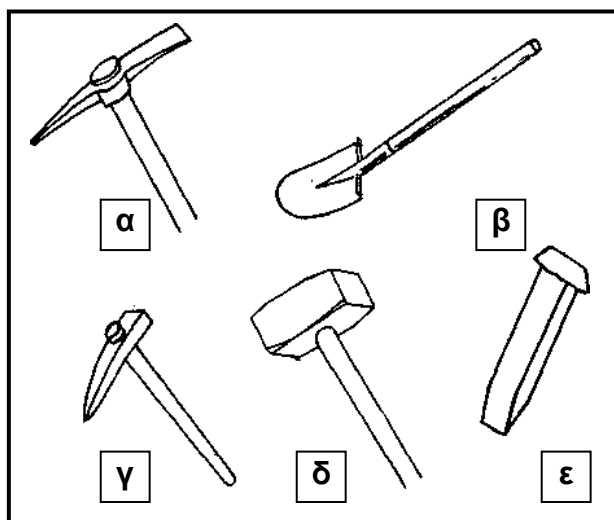
Πρέπει να σημειώσαμε ότι ένα έργο με βαθιά θεμελίωση χρειάζεται σχεδόν πάντοτε και μια ενδιάμεση κατασκευή, που μεταφέρει τα φορτία της ανώδομης στη βαθιά θεμελίωση. Η κατασκευή αυτή έχει πολλά κοινά χαρακτηριστικά με μια αβαθή θεμελίωση.

Η βαθιά θεμελίωση συμφέρει να επιλέγεται, όταν τα ανώτερα στρώματα του εδάφους είναι πάρα πολύ συμπίεστα σε σύγκριση με τα βαθύτερα, ενώ συγχρόνως η αφαίρεση τους ή η βελτίωση τους είναι πολύ δαπανηρές. Χρειάζεται τότε να προηγηθεί μια συγκριτική μελέτη, για να εξακριβώνεται αν συμφέρει ή όχι να προτιμηθεί η βαθιά θεμελίωση, που γενικά είναι ακριβότερη από την αβαθή.

3.4. Άμεση θεμελίωση

3.4.1. Εκσκαφή θεμελίων

Εξετάζουμε πρώτα την πιο απλή περίπτωση, δηλαδή την άμεση αβαθή θεμελίωση, που εκτελείται σε στεγνό περιβάλλον. Η πρώτη φάση των εργασιών περιορίζεται στην εκτέλεση μερικών απλών χωματουργικών εργασιών και συγκεκριμένα εκσκαφών, που λέγονται εκσκαφές θεμελίων. Επιχώσεις γίνονται συνήθως μόνον, όταν τελειώσουν οι εργασίες, αφού δηλαδή κατασκευασθούν τα θεμέλια, για να ξαναγεμίσουν τα ορύγματα, αν το σχήμα των θεμελίων είναι τέτοιο, ώστε να μη καταλαμβάνει όλο τους το χώρο.



Σχήμα 3.1. Εργαλεία για χωματουργικές εργασίες. α) Σκαπάνη (κασμάς). β) Φτύρι. γ) Πικόυνη δ) Σφυρί (ματρακάς). ε) Σφήνα.

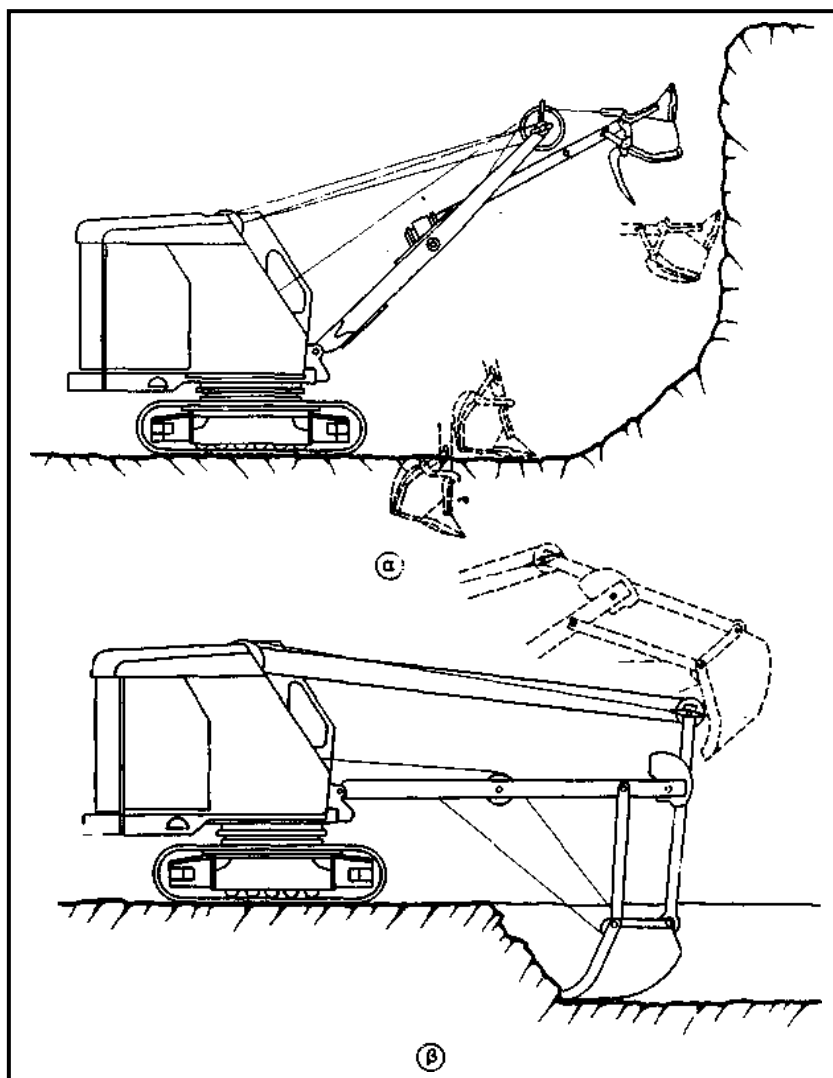
Κατά τις εκσκαφές των θεμελίων γινόταν παλιότερα χρήση της σκαπάνης (κασμά) και

του φτυαριού, όταν το έδαφος ήταν σχετικά μαλακό και του πικουνιού (γενηίδας), όταν ήταν σκληρότερο (σχήμα. 3.1).

Στην πρώτη περίπτωση το έδαφος χαρακτηρίζεται γαιώδες και στη δεύτερη ημιβραχώδες. Με τα σημερινά ημερομίσθια δεν συμφέρει πια αυτή η μέθοδος και τα θεμέλια σκάβονται κατά κανόνα με μηχανικά μέσα, δηλαδή με εκσκαφείς διαφόρων τύπων (σχήμα 3.2.). Επειδή βέβαια οι εκσκαφές θεμελίων έχουν γενικά περιορισμένες διαστάσεις, οι εκσκαφείς αυτοί είναι μικροί, αν συγκριθούν με τους εκσκαφείς, που χρησιμοποιούνται στην οδοποιία, στην κατασκευή φραγμάτων, στα εγγειοβελτιωτικά έργα, στα επιφανειακά μεταλλεία κλπ

Όταν το έδαφος είναι βραχώδες, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί αερόσφυρα (πιστολέτο) (σχήμα 3.3), δηλαδή ένα εργαλείο κοπτικό, που λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα. Παλιότερα στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούσαν σιδερένιες σφήνες και βαριά σφυριά. (βαρειές) (σχήμα 3.1(δ) και (ε)).

Οι αερόσφυρες είναι δύο ειδών: **κρουστικές** και **περιστροφικές**. Οι **κρουστικές αερόσφυρες** κόβουν το βράχο σε μικρά κομμάτια, που μπορούν έπειτα να απομακρυνθούν με τη βοήθεια ενός εκσκαφέα. Οι **περιστροφικές αερόσφυρες** ανοίγουν μια βαθιά κυλινδρική τρύπα (διάτρημα), που γεμίζεται με κατάλληλη εκρηκτική ύλη. Με την πυροδότηση της εκρηκτικής ύλης πραγματοποιείται η έκρηξη, ο βράχος θρυμματίζεται και τα προϊόντα απομακρύνονται με τον εκσκαφέα.

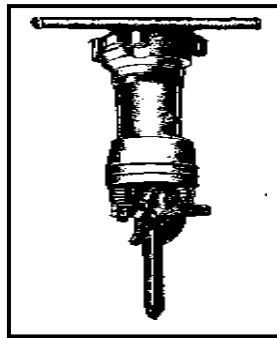


Σχήμα 5.2. Τύποι μηχανικών εκσκαφών

Εκρηκτικές ύλες χρησιμοποιούνται, όταν ο βράχος είναι σκληρός και συμπαγής. Αν υπάρχουν ρωγμές, τα αέρια της εκρήξεως διαφεύγουν απ' αυτές και τα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά. Εξ άλλου δεν επιτρέπεται η χρήση εκρηκτικών υλών, όταν δίπλα υπάρχει άλλο έργο ή μέσα σε κατοικημένες περιοχές. Γενικά η μέθοδος περικλείει κινδύνους και πρέπει να συνοδεύεται από προστατευτικά μέτρα, να διέπεται από αυστηρούς κανονισμούς και να εκτελείται από ειδικευμένο και υπεύθυνο προσωπικό.

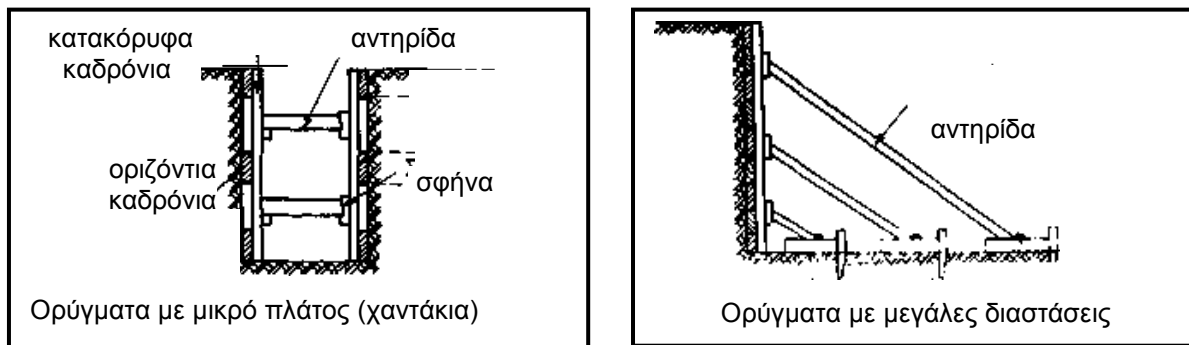
Παλιότερα τα διατρήματα ανοίγονταν με τα χέρια με τη βοήθεια μιας ατσαλένιας ράβδου, που ήταν γνωστή με το όνομα μπαραμίνα (Barre a mine).

Το σχήμα και το βάθος των ορυγμάτων για τα θεμέλια εξαρτώνται από το σχήμα και το βάθος των θεμελίων. Τα πρανή των ορυγμάτων διαμορφώνονται κατακόρυφα, όταν το βάθος είναι περιορισμένο και τα εδάφη βραχώδη ή συνεκτικά. Στην αντίθετη περίπτωση πρέπει να έχουν την κατάλληλη κλίση, για να μη καταρρεύσουν. Βέβαια, επειδή τα ορύγματα των θεμελίων είναι προσωρινές κατασκευές, η κλίση αυτή μπορεί να είναι πιο απότομη από κείνη, που θα επιτρεπόταν σε μια μόνιμη κατασκευή, ιδίως όταν οι εργασίες εκτελούνται σε περίοδο που δεν βρέχει.



Σχήμα 3.3. Αερόσφυρα (πιστολέτο)

Όταν το έδαφος είναι πολύ χαλαρό ή υδαρές, οι κλίσεις, που θα χρειαζόταν να πάρουν τα πρανή, είναι τόσο μικρές, ώστε είναι πιο οικονομικό να διαμορφώνονται τα πρανή κατακόρυφα και να εξασφαλίζονται με αντιστηρίξεις. Το ίδιο συμβαίνει και στα πιο συνεκτικά εδάφη, όταν το βάθος ξεπερνάει ορισμένα όρια, που είναι βέβαια διαφορετικά για κάθε είδος εδάφους.



Σχήμα 3.4. Ανιστηρίξεις για πρανή ορυγμάτων

Στο σχήμα 3.4 φαίνονται μερικά απλά συστήματα αντιστηρίξεων. Αποτελούνται κυρίως από ξύλα, μαδέρια και καδρόνια, με μερικά μεταλλικά στοιχεία. Όταν το πλάτος των ο-

ρυγμάτων είναι πολύ μικρό, όπως π.χ. στην περίπτωση θεμελίων για τοίχους, συμφέρει το ένα πρανές να αντιστηρίζει το άλλο με τη βοήθεια οριζοντίων αντηρίδων. Οι αντηρίδες αυτές μπορεί να είναι καδρόνια, που σφίγγουν στη θέση τους με ξύλινες σφήνες ή μεταλλικοί σωλήνες, που βιδώνουν μεταξύ τους, για να αποκτούν ακριβώς το μήκος που χρειάζεται.

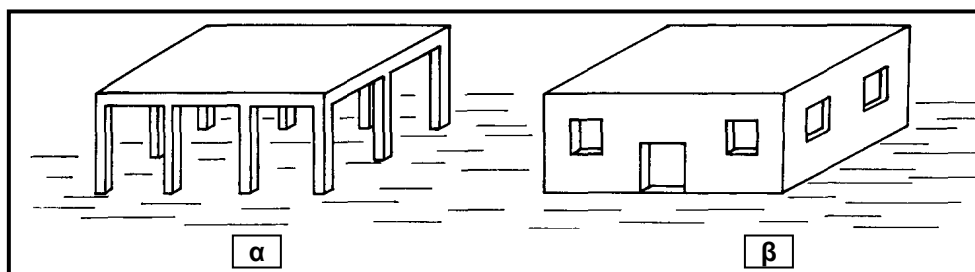
Σε εξαιρετικά δυσμενή εδάφη η αντιστήριξη πρέπει να συνοδεύεται και με επένδυση όλης της επιφάνειας των πρανών, για να μη διαρρέει το έδαφος από τα κενά ανάμεσα από τα στοιχεία της αντιστηρίξεως. Για το σκοπό αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ειδικές πασσαλοσανίδες, που καρφώνονται στο έδαφος, πριν αρχίσει το σκάψιμο, με τη βοήθεια ενός μικρού πασσαλοπήκτη.

Όταν υπάρχουν υπόγεια νερά και θέλουμε να γίνει η θεμελίωση σε στεγνό περιβάλλον, πρέπει να τα αντλούμε. Για να αντληθούν τα νερά, συνδέονται τα ορύγματα μεταξύ τους, είτε όλα μαζί είτε κατά ομάδες, με ένα σύστημα αυλακίων, που ο πυθμένας τους είναι λίγο βαθύτερα από τον πυθμένα των θεμελίων. Τα αυλάκια αυτά οδηγούν τα νερά σε ένα ή περισσότερα σημεία, που είναι προτιμότερο να βρίσκονται έξω από την κάτοψη των θεμελίων. Στα σημεία αυτά κατασκευάζονται μικρά φρεάτια λίγο βαθύτερα από τα αυλάκια και μέσα σ' αυτά τοποθετείται το ποτήρι της αντλίας. Η άντληση γίνεται συνεχώς ή με διαλείμματα ανάλογα με την παροχή των υπογείων νερών και με το μέγεθος της αντλίας.

Όταν προβλέπεται μετά από την κατασκευή των θεμελίων να ξαναγεμίσουν τα ορύγματα, η επίχωση πρέπει να γίνεται έντεχνα, ώστε να πετυχαίνεται μια καλή συμπίκνωση και να αποφεύγονται έτσι τον κίνδυνο για μελλοντικές καθιζήσεις. Όταν για την επίχωση χρησιμοποιούνται προϊόντα από εκβραχισμούς, είναι καλύτερα να τοποθετούνται προσεκτικά με το χέρι, ώστε να σχηματίζουν ένα είδος ξερολιθιάς.

3.4.2. Υλικά και μέθοδοι για την κατασκευή των θεμελίων

Στις άμεσες αβαθείς θεμελιώσεις, που γίνονται σε στεγνό περιβάλλον, χρησιμοποιούνται τα ίδια υλικά και οι ίδιες μέθοδοι, όπως και στην ανωδομή των δομικών έργων. Τα υλικά είναι κυρίως το απλό ή το οπλισμένο σκυρόδεμα και οι φυσικοί ή, σπανιότερα, οι τεχνητοί λίθοι. Γενικά δεν χρησιμοποιούνται μέταλλα και ξύλα στα θεμέλια, επειδή τα υλικά αυτά μέσα στο έδαφος καταστρέφονται πολύ γρήγορα.



Σχήμα 3.5. Τυπικές περιπτώσεις για φέρουσες κατασκευές δομικών έργων
α) με μορφή σκελετού, β) με κατακόρυφα στοιχεία συνεχή.

Ως προς τη μορφή τους τα θεμέλια, που εξετάζουμε, διακρίνονται σε δύο κύριες ομάδες :

Στην πρώτη η φέρουσα κατασκευή της ανωδομής έχει μορφή σκελετού, όπως συμβαίνει κατά κανόνα στις ξύλινες και μεταλλικές κατασκευές και στις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα (σχήμα 3.5(α)).

Στη δεύτερη η φέρουσα κατασκευή της ανωδομής αποτελείται από πλάκες και τοιχώ-

ματα, όπως συμβαίνει κατά κανόνα στις κατασκευές από φυσικούς ή τεχνητούς λίθους ή από απλό σκυρόδεμα και κατ' εξαίρεση σε μερικές κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα (σχήμα 3.5(β)).

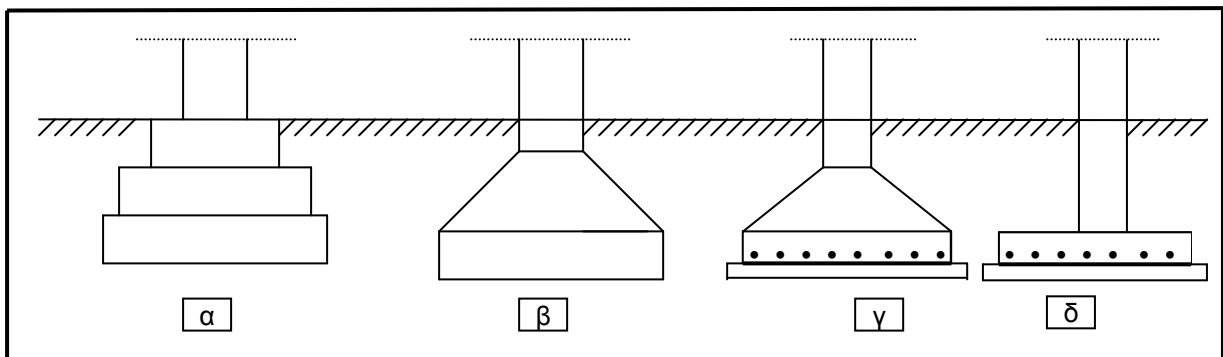
Στην πρώτη ομάδα τα φορτία της ανωδομής φθάνουν στα θεμέλια συγκεντρωμένα σε μικρές περιοχές, που μπορούμε να τις εξομοιώσαμε με σημεία. Στη δεύτερη τα φορτία αυτά είναι μοιρασμένα σε μακρόστενες λουρίδες, που μπορούμε να τις εξομοιώσαμε με γραμμές. Στην τελευταία αυτή περίπτωση τα θεμέλια είναι αναγκαστικά συνεχή, ενώ στην πρώτη μπορεί να είναι και απομονωμένα, αν το επιτρέπει η αντοχή του εδάφους.

ι. Μεμονωμένα θεμέλια

Τα μεμονωμένα θεμέλια ή μεμονωμένα πέδιλα κατασκευάζονται κάτω από τα σημεία, όπου καταλήγουν τα συγκεντρωμένα φορτία της ανωδομής, όταν η φέρουσα κατασκευή της έχει μορφή σκελετού. Για να επιλεγεί μια τέτοια θεμελίωση, πρέπει η αντοχή του εδάφους να είναι τόσο μεγάλη και τα συγκεντρωμένα φορτία τόσο μικρά, ώστε το μέγεθος της επιφάνειας, που χρειάζεται κάθε πέδιλο για την έδρασή του, να μην είναι υπερβολικό. Το μέγεθος του πέδilu θεωρείται υπερβολικό, όταν απομένουν πολύ μικρές αποστάσεις ανάμεσα στα γειτονικά πέδιλα.

Συνήθως τα πέδιλα έχουν για κάτοψη ένα τετράγωνο ή ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, δεν αποκλείονται όμως και άλλα σχήματα, όπως π.χ. ο κύκλος. Στο σχήμα 3.6 φαίνονται σε πλάγια όψη μερικά συνηθισμένα πέδιλα. Στα πέδιλα (α) και (β) οι μεγάλες τάσεις, που υπάρχουν μέσα στα στοιχεία της ανωδομής, μοιράζονται ομαλά και μικραίνουν σιγά-σιγά προς τα κάτω, ώστε στην επιφάνεια, όπου εδράζεται το πέδιλο, έχουν πια φθάσει στα όρια των ανεκτών επιβαρύνσεων του εδάφους. Έτσι μέσα στο σώμα του πέδilu αναπτύσσονται παντού τάσεις θλιπτικές και επομένως μπορούμε να τα κατασκευάσουμε με πέτρες ή με απλό σκυρόδεμα.

Στα πέδιλα (γ) και (δ) το ύψος τους είναι μικρό και δεν προφταίνουν να μοιραστούν οι τάσεις. Αναπτύσσονται αντίθετα σημαντικές καμπτικές ροπές και επομένως είναι απαραίτητο να κατασκευασθούν από οπλισμένο σκυρόδεμα. Συνήθως και σ' αυτή την περίπτωση κάτω από το κυρίως πέδιλο κατασκευάζεται ένα στρώμα από απλό σκυρόδεμα, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.6(γ) και (δ). Το στρώμα αυτό χρησιμεύει κυρίως, για να δημιουργηθεί μια καθαρή επιφάνεια για την έδραση του πέδilu.

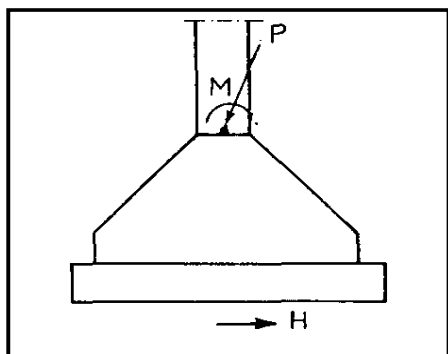


Σχήμα 3.6. Μεμονωμένα πέδιλα: α) και β) χωρίς οπλισμό, γ) και δ) με σιδερένιο οπλισμό.

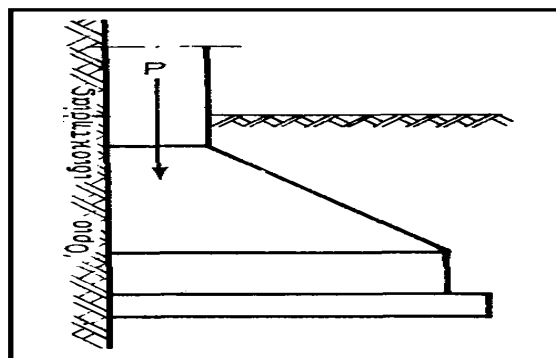
Πάνω στην επιφάνεια αυτή μπορούμε να χαράξουμε με ακρίβεια τη θέση του πέδilu και να τοποθετήσουμε τον οπλισμό. Έτσι ο οπλισμός δεν λερώνεται με χώματα κατά την τοποθέτηση του και είναι καλύτερα προφυλαγμένος από την υγρασία του εδάφους, όταν τελειώσει το έργο. Εξ άλλου το στρώμα του απλού σκυροδέματος μπορεί να θεωρηθεί ως

μια ακόμα διαπλάτυνση του πέλδλου, που βοηθάει να μικρύνουν ακόμα περισσότερο οι πιέσεις πάνω στην επιφάνεια του εδάφους και έτσι να μη ξεπερνούν τα ανεκτά όρια.

Η θέση του πέλδλου σχετικά με το σημείο εφαρμογής των φορτίων της ανωδομής επιλέγεται έτσι, ώστε οι πιέσεις στην επιφάνεια εδράσεως να είναι όσο γίνεται πιο ομοιόμορφες και κάθετες με την επιφάνεια αυτή. Αυτό είναι εύκολο να το πετύχουμε κατά κανόνα στις εσωτερικές κολώνες των οικοδομικών έργων, που μεταφέρουν κατακόρυφες δυνάμεις. Τότε, αν η επιφάνεια εδράσεως είναι οριζόντια, οι πιέσεις, που είναι κατακόρυφες, είναι κάθετες προς αυτή. Αν φροντίσαμε να περνάει και το κατακόρυφο φορτίο από το κέντρο βάρους της επιφάνειας εδράσεως, τότε και οι πιέσεις θα είναι ομοιόμορφες.



Σχήμα 3.7. Γενική περίπτωση. Το πέλδλο φορτίζεται με μια δύναμη λοξή και μια ροπή.



Σχήμα 3.8. Έκκεντρο πέλδλο σε επαφή με το όριο της ιδιοκτησίας.

Πρέπει πάντως να σημειώσαμε ότι σχεδόν πάντοτε οι δυνάμεις, που εφαρμόζονται σε κάθε πέλδλο, μεταβάλλονται και κατά το μέγεθος και κατά τη διεύθυνση, όταν το έργο λειτουργεί, επομένως, όσα είπαμε προηγουμένως, δεν ισχύουν με αυστηρότητα. Δεν είναι άλλωστε σπάνιες και οι περιπτώσεις, που σ' ένα πέλδλο εκτός από τη δύναμη εφαρμόζεται και μια ροπή (σχήμα 3.7.). Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις οι πιέσεις του εδάφους δεν είναι ομοιόμορφες, ούτε κάθετες στην επιφάνεια εδράσεως του πέλδλου. Πρέπει πάντως να προσπαθούμε, ώστε οι παρεκκλίσεις αυτές να είναι όσο γίνεται μικρότερες.

Στα οικοδομικά έργα, όπου τύχει να ισχύει το συνεχές οικοδομικό σύστημα, υπάρχουν σχεδόν πάντοτε πέλδλα στα όρια του οικοπέδου. Τα πέλδλα αυτά φορτίζονται με δυνάμεις, που βρίσκονται κι αυτές πολύ κοντά στα όρια του οικοπέδου. Επειδή πρέπει ολόκληρα τα πέλδλα να βρίσκονται μέσα στο οικόπεδο, δεν μπορούμε να τα μορφώσουμε έτσι, ώστε η συνισταμένη των φορτίων να περνάει από το κέντρο βάρους της επιφάνειας εδράσεως (σχήμα 3.8.).

Στα πέλδλα αυτά, που ονομάζονται έκκεντρα, οι πιέσεις του εδάφους διαφέρουν πάρα πολύ από τη μια άκρη τους στην άλλη. Τα έκκεντρα πέλδλα δημιουργούν δυσμενείς επιβαρύνσεις στο έδαφος, αλλά και πρόσθετες επιβαρύνσεις στην ανωδομή, γι' αυτό πρέπει να αποφεύγονται τουλάχιστον στα σοβαρά έργα.

ii. Μερική κοιτόστρωση. Πεδιλοδοκοί.

Όταν τα συγκεντρωμένα φορτία της ανωδομής είναι πολύ μεγάλα, ή όταν οι ανεκτές επιβαρύνσεις του εδάφους είναι πολύ μικρές, οι διαστάσεις των πέλδλων, που προκύπτουν από τους υπολογισμούς, είναι πολύ μεγάλες. Είναι τότε προτιμότερο συνήθως να κατασκευάζονται κοινά θεμέλια κάτω από δύο ή περισσότερα από τα σημεία, όπου καταλήγουν τα φορτία της ανωδομής, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.9. Η λύση αυτή μπορεί να μας απαλα-

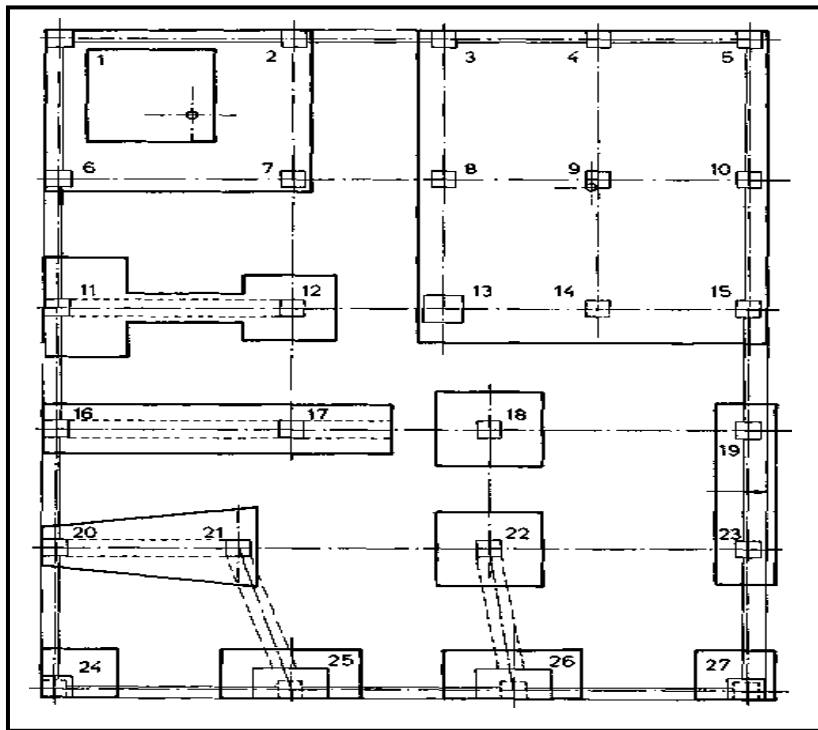
λάξει και από τα έκκεντρα πέδιλα, αν συνδυάσαμε τη θεμελίωση της κολώνας, που βρίσκεται κοντά στο όριο της ιδιοκτησίας, με τη θεμελίωση μιας άλλης γειτονικής της.

Η πολλαπλή θεμελίωση, που δημιουργείται με αυτό τον τρόπο, λέγεται μερική κοιτόστρωση. Το πιο κατάλληλο υλικό γι' αυτού του είδους τα θεμέλια είναι το σπλισμένο σκυρόδεμα. Κάτω από το καθαυτό θεμέλιο κατασκευάζεται συνήθως και μια στρώση από απλό σκυρόδεμα με τον ίδιο τρόπο και για τους ίδιους λόγους, όπως και στα απομονωμένα πέδιλα.

Όταν εφαρμόζεται η μερική κοιτόστρωση, πρέπει πάλι να γίνεται προσπάθεια, ώστε οι πιέσεις στην επιφάνεια εδράσεως να είναι κάθετες προς την επιφάνεια αυτή και όσο γίνεται πιο ομοιόμορφες. Για να πετύχαμε αυτό το τελευταίο, πρέπει το κέντρο βάρους της επιφάνειας εδράσεως να συμπίπτει με το σημείο εφαρμογής της συνισταμένης των φορτίων της ανωδομής. Επειδή το σημείο αυτό δεν είναι σταθερό, προσπαθούμε να βρούμε τη μέση θέση του και να τη φέρομε σε σύμπτωση με το κέντρο βάρους της επιφάνειας εδράσεως.

Η κάτοψη των στοιχείων, μιας μερικής κοιτοστρώσεως παρουσιάζει αρκετή ποικιλία, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.9.

Για να μπορούν τα στοιχεία αυτά να πιέζουν το έδαφος σε όλη τους την έκταση και όχι κάτω από τα σημεία που φορτίζονται, πρέπει να είναι δύσκαμπτα. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζονται σχεδόν πάντοτε νευρώσεις, που ενώνουν τα στοιχεία της ανωδομής, που μεταφέρουν τα φορτία. Οι νευρώσεις αυτές ονομάζονται πεδιλοδοκοί ή θεμελιοδοκοί.

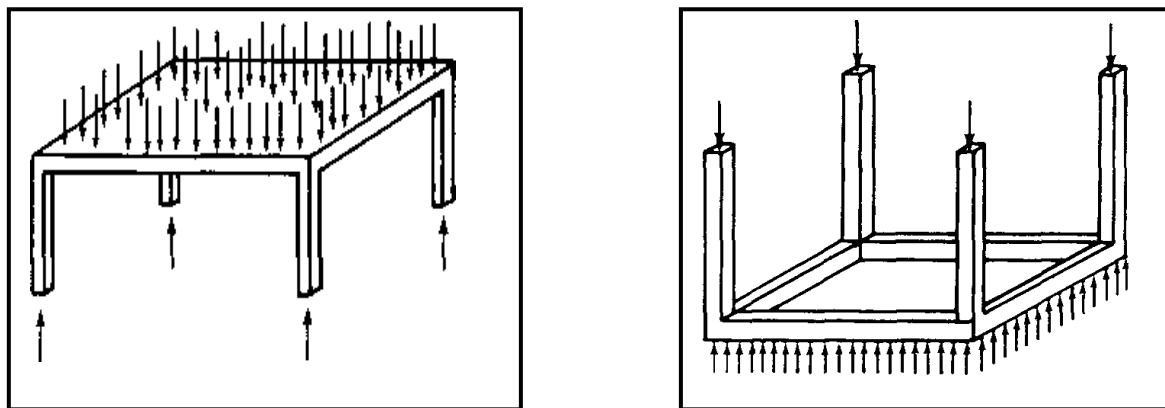


Σχήμα 3.9. Παράδειγμα θεμελίωσης κτιρίου με μεμονωμένα πέδιλα και μερική κοιτόστρωση.

Έτσι η κοιτόστρωση λειτουργεί περίπου, όπως ένα πάτωμα γυρισμένο ανάποδα (σχήμα 3.10). Το θεμέλιο μπορεί να θεωρηθεί σαν μια πλάκα, που δέχεται από κάτω φορτία. Τα φορτία αυτά είναι οι αντιδράσεις του εδάφους και είναι ίσες και αντίθετες με τις πιέσεις, που εφαρμόζει το θεμέλιο στο έδαφος. Η πλάκα στηρίζεται στις πεδιλοδοκούς, που με τη σειρά τους στηρίζονται στα στοιχεία ανωδομής. Τα φορτία της ανωδομής είναι ακριβώς οι αντιδράσεις στις στηρίξεις των πεδιλοδοκών, που κλείνουν το σύστημα ισορροπίας του

θεμελίου.

Όταν το στοιχείο της μερικής κοιτόστρωσεως περιλαμβάνει μόνο δύο σημεία εφαρμογής δυνάμεων της ανωδομής η τρία, αλλά όχι στην ίδια ευθεία και τα τρία, το σύστημα είναι ισοστατικό και η αντιστροφή των ρόλων, που αναφέραμε προηγουμένως, είναι ακριβώς όπως την περιγράψαμε. Όταν όμως τα σημεία εφαρμογής των φορτίων είναι περισσότερα, το σύστημα είναι υπερστατικό και τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά. Τα φορτία της ανωδομής διαφέρουν γενικά από τις αντιδράσεις, που βρίσκουμε, όταν λύσομε στατικά το σύστημα σαν ένα ανάποδο πάτωμα. Υπάρχουν πολλές θεωρητικές απόψεις, με σκοπό να παρακαμφθεί αυτή η ασυμφωνία, οδηγούν όμως σε αρκετά πολύπλοκους υπολογισμούς



Σχήμα 3.10. Από τη στατική άποψη μια κοιτόστρωτη λειτουργεί, όπως ένα πάτωμα γυρισμένο ανάποδα.

Όταν οι νευρώσεις, που συνδέουν τα σημεία εφαρμογής των φορτίων της ανωδομής, έχουν μικρό πλάτος εδράσεως πάνω στο έδαφος, δε τις λέμε πεδιλοδοκούς, αλλά δοκούς συνδέσεως. Παραδείγματα τέτοιων δοκών φαίνονται στις περιπτώσεις 15 -19, 21-25, 22-26 και 23 -27 του σχήματος 3.9.

Η διαφορά από τη στατική άποψη είναι ότι η πεδιλοδοκός φορτίζεται σε όλο της το μήκος από τις αντιδράσεις του εδάφους, ενώ η δοκός συνδέσεως είναι πρακτικά αφόρτιστη σε όλο της το άνοιγμα. Η δοκός συνδέσεως δέχεται μόνο στις δύο της άκρες συγκεντρωμένες δυνάμεις και ροπές, που ισορροπούν τις διαφορές ανάμεσα στα φορτία της ανωδομής και στις τοπικές συνισταμένες των αντιδράσεων του εδάφους.

Είναι σκόπιμο να κατασκευάζονται δοκοί συνδέσεως και ανάμεσα σε μεμονωμένα πέδιλα, ιδιαίτερα όταν το έργο προβλέπεται ότι θα επιβαρυνθεί από σεισμικές δονήσεις. Ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός επιβάλλει την κατασκευή τους στις περισσότερες περιπτώσεις

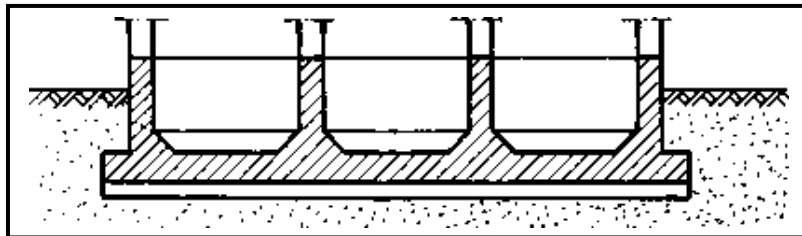
iii. Γενική κοιτόστρωση

Όταν τα φορτία του έργου είναι πάρα πολύ μεγάλα και η αντοχή του εδάφους μικρή, μπορεί να χρειάζεται για τη θεμελίωση μια τόσο μεγάλη επιφάνεια εδράσεως, που το εμβαδό της να πλησιάζει ή και να ξεπερνάει την κάτοψη του έργου. Στις περιπτώσεις αυτές εφαρμόζεται η γενική κοιτόστρωση.

Στη γενική κοιτόστρωση ολόκληρο το έργο στηρίζεται πάνω σ' ένα μοναδικό θεμέλιο, που εκτείνεται σ' όλη την κάτοψη του έργου. Κατά κανόνα μάλιστα το θεμέλιο εξέρχει γύρω από το περίγραμμα του έργου σχηματίζοντας μια διαπλάτυνση. Η διαπλάτυνση αυτή είναι απαραίτητη, όταν το εμβαδό της κατόψεως δεν φθάνει για να θεμελιωθεί το έργο, χωρίς οι πιέσεις του εδάφους να ξεπεράσουν τα ανεκτά όρια.

Η γενική κοιτόστρωση δεν διαφέρει από τη μερική ως προς την κατασκευή της. Η πλάκα της είναι και πάλι ενισχυμένη με πεδιλοδοκούς, που είναι σκόπιμο να σχηματίζουν μια σχάρα ακολουθώντας και τις δύο κύριες διευθύνσεις του έργου. Ο στατικός υπολογισμός της σχάρας αυτής παρουσιάζει σοβαρά θεωρητικά προβλήματα, που δεν έχουν λυθεί ικανοποιητικά. Εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι, που είναι αρκετά πολύπλοκες, αν και δίνουν μόνο προσεγγιστικές λύσεις.

Για τη γενική κοιτόστρωση (σχήμα 3.11) το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι το πιο κατάλληλο υλικό. Η διάστρωση του γίνεται πάνω σε μια πρώτη στρώση από απλό σκυρόδεμα, όπως ακριβώς περιγράψαμε και για τα πέδιλα και τη μερική κοιτόστρωση.



Σχήμα 3.11. Γενική κοιτόστρωση από οπλισμένο σκυρόδεμα

Σε χώρες, όπου οι μεταλλικές κατασκευές είναι σχετικά φτηνές, γίνεται μερικές φορές και συνδυασμός του οπλισμένου σκυροδέματος με μεταλλική κατασκευή.

iv. Συνεχή θεμέλια

Όταν η φέρουσα κατασκευή της ανωδομής αποτελείται από τοίχους ή άλλα παρόμοια συνεχή στοιχεία, τότε και τα θεμέλια είναι συνεχή.

Κατά κανόνα στους τοίχους οι τάσεις είναι μικρές σε σύγκριση με αυτές, που αναπτύσσονται στις κολώνες ενός έργου με σκελετό. Μπορεί λοιπόν οι τάσεις αυτές να μην είναι μεγαλύτερες από τις ανεκτές επιβαρύνσεις του εδάφους. Στην περίπτωση αυτή οι τοίχοι μπορούν να θεμελιωθούν απ' ευθείας στο έδαφος.

Αν αντίθετα οι τάσεις των τοίχων είναι μεγαλύτερες από τις ανεκτές πιέσεις του εδάφους, το κάτω μέρος των τοίχων γίνεται πλατύτερο, ώστε οι δυνάμεις να κατανομηθούν σε μεγαλύτερη επιφάνεια και οι πιέσεις να κατέβουν κάτω από τα ανεκτά όρια.

Οι διαπλατύνσεις που χρειάζονται είναι συνήθως μικρές και το θεμέλιο μπορεί να κατασκευασθεί με το ίδιο υλικό, όπως και η ανωδομή του έργου. Έτσι οι πέτρινοι τοίχοι στηρίζονται γενικά σε πέτρινα θεμέλια. Εν τούτοις, όταν η ανωδομή γίνεται με τεχνητούς λίθους, είναι προτιμότερο το θεμέλιο να κτίζεται με φυσικούς. Αν στην περιοχή του έργου δεν υπάρχουν φυσικές πέτρες, τότε υποχρεωτικά το θεμέλιο γίνεται με τσιμεντόλιθους ή τούβλα, αλλά συμπαγή, δηλαδή χωρίς τρύπες. Οι τσιμεντόλιθοι πρέπει να είναι πολύ καλής ποιότητας και καλά συμπίεσμένοι. Τα τούβλα πρέπει να είναι καλά ψημένα και προτιμότερο παραψημένα, ώστε να έχουν κάπως αποκτήσει τις ιδιότητες του γυαλιού.

Στα κτιστά θεμέλια πρέπει να χρησιμοποιούνται υδραυλικά κονιάματα, δηλαδή κονιάματα, που πήζουν ακόμα και μέσα στο νερό, επειδή τα αερικά κονιάματα μπορεί να μην πήζουν ποτέ μέσα στην υγρασία του εδάφους. Σε παλιότερες εποχές γινόταν χρήση θηραϊκής γης, τώρα όμως χρησιμοποιούνται τσιμεντοκονιάματα. Τα κονιάματα αυτά είναι ταχύπηκτα και έτσι δεν χρειάζεται να περιμένουμε να αποκτήσουν πρώτα

Συχνά το πάνω-πάνω μέρος του θεμελίου γίνεται από σκυρόδεμα απλό ή οπλισμένο. Ιδιαίτερα, όταν προβλέπεται ότι το έργο μπορεί να επιβαρυνθεί από σεισμικές δονήσεις, μια τέτοια κατασκευή είναι απαραίτητη και ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός την επι-

βάλλει στις περισσότερες περιπτώσεις.

Η στρώση αυτή, ενισχυμένη με ένα ασφαλτόπανο ή κάποιο άλλο στεγανωτικό υλικό, χρησιμεύει και για να εμποδίσει την υγρασία του εδάφους, που πάντοτε υπάρχει, έστω και αν τα θεμέλια γίνονται σε στεγνό περιβάλλον, να ανέβει στα τριχοειδή αγγεία της ανωδομής και να παρουσιασθεί έπειτα στην επιφάνεια των τοίχων. Η στεγανωτική αυτή στρώση (D.P.C. = Damp Proof Course) σε πολλές χώρες θεωρείται απαραίτητο στοιχείο της κατασκευής. Δυστυχώς στην Ελλάδα δεν συνηθίζεται, με αποτέλεσμα όλοι οι τοίχοι κοντά στο έδαφος να είναι υγροί και να φουσκώνουν τα επιχρίσματα και τα χρώματα τους. Πότε - πότε γίνεται και μια στρώση από απλό ή οπλισμένο σκυρόδεμα, και στο χαμηλότερο μέρος του θεμελίου. Η πρόβλεψη μιας τέτοιας κατασκευής είναι σκόπιμη, όταν υπάρχουν υποψίες ότι το έδαφος μπορεί να παρουσιάσει ανομοιόμορφες καθιζήσεις.

Όταν οι τοίχοι της ανωδομής είναι από απλό ή οπλισμένο σκυρόδεμα, τα θεμέλια κατασκευάζονται κι' αυτά με το ίδιο υλικό. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις, που τα θεμέλια κατασκευάζονται απαραίτητα από οπλισμένο σκυρόδεμα ανεξάρτητα από το υλικό κατασκευής της ανωδομής. Αυτό συμβαίνει, όταν το έδαφος έχει μικρή αντοχή και επομένως χρειάζονται μεγάλες διαπλατύνσεις, ενώ συγχρόνως άλλοι λόγοι, π.χ. υπόγεια νερά, καθιστούν ασύμφορη την αύξηση του βάθους των θεμελίων. Μ' αυτές τις συνθήκες δεν μπορούν να μοιραστούν ομαλά τα φορτία της ανωδομής, χωρίς να αναπτυχθούν στο θεμέλιο αξιόλογες ροπές κάμψεως. Πρέπει λοιπόν το υλικό να μπορεί να αντέξει στην κάμψη αυτή, επομένως πρέπει να είναι οπλισμένο σκυρόδεμα ή κάποιος συνδυασμός σκυροδέματος και μεταλλικής κατασκευής.

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

1. EN13031-1. Greenhouses-Design and construction - Part 1: Commercial production Greenhouses, CEN/TC284, December 2001.
2. EN 1990. Eurocode 0 – Basis of structural design, CEN, April 2002.
3. EN 1991. Eurocode 1: Actions on structures, General actions. Part 1-1: Densities, self-weight, imposed loads for buildings, CEN, April 2002, Part 1-3: Snow loads, CEN, July 2003, Part 1-4: Wind actions, CEN, April 2005, Part 1-5: Thermal actions, CEN, Nov. 2003.
4. Θεοχάρης, Μ., 2000. Η εφαρμογή των Ευρωκώδικων στη μελέτη των Ελληνικών θερμοκηπίων, Μεταπτ. Διατρ., Τμ. Γεωπ. Φυτ. και Ζωικ. Παρ/γής Παν/μίου Θεσσαλίας, Βόλος, Μάρτ. 2000, σελ. 215.
5. Θεοχάρης, Μ., 2000. Η ανεμοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, Πρακτ. 2ου Πανελλ. Συν. Γεωργ. Μηχαν., σελ. 406-414, Βόλος, Σεπτ. 2000.
6. Θεοχάρης, Μ., 2003. Η Χιονοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, Πρακτ. 3ου Πανελλ. Συν. Γεωργ. Μηχαν., σελ.337-344, Θεσ/νίκη, Μαΐος 2003.
7. Θεοχάρης Μ.: " Γεωργικές Κατασκευές", Άρτα 2000
8. Θεοχάρης Μ.: " Γεωργικές Κατασκευές, Εργαστηριακές Ασκήσεις", Άρτα 2000
9. Θεοχάρης Μ.: " Θερμοκηπιακές Κατασκευές", Άρτα 2000
10. Ιωαννίδης Π. " Οι στέγες στην Οικοδομή " , Αθήνα 1986
11. Αναστασόπουλος Α.: "Γεωργικές Κατασκευές" Αθήνα 1993
12. Beton Kalender 1984: Τόμοι 1 και 2. Μετάφραση στα Ελληνικά , Εκδότης Μ. Γκιούρδας.
13. Βαγιανός Ι. : "Πρακτική των Θερμοκηπίων και των Σηράγγων "
14. Γεωργακάκης Δ. : "Στοιχεία Ρύθμισης Περιβάλλοντος και Σχεδιασμού Αγροτικών Κατασκευών " , Αθήνα 1992
15. Γραφιαδέλλης Μ : "Σύγχρονα Θερμοκήπια" Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1980.
16. Δεϊμέζης Α : " Γενική Δομική " , Τόμοι Ι , ΙΙ , Αθήνα 1992
17. Δούκας Σ. : " Οικοδομική", Αθήνα 1994
18. Ευσταθιάδης Α. : " Θερμοκήπια Στοιχεία Κατασκευής, Λειτουργίας και Καλλιέργειας"
19. Μαυρογιαννόπουλος Γ. : " Θερμοκήπια " , Εκδοση Γ' , Αθήνα 2001
- Μπουρνιά Ε. : "Αγροτικά Κτίρια " , Έκδοση Ο.Ε.Δ.Β. , Αθήνα 1995

Σημείωμα Αναφοράς

Θεοχάρης Μενέλαος, (2015). Γεωργικές και Θερμοκηπιακές Κατασκευές (Θεωρία). ΤΕΙ Ηπείρου. Διαθέσιμο από:

<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG109/>

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξεργασία: Δημήτριος Κατέρης

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ