

1

**Ε.Μ.Π.
Τ.Α.Τ.Μ.
Εργαστήριο Δομικής Μηχανικής
& Στοιχείων Τεχνικών Έργων**

Μάθημα Θέμα 9^{ου} εξαμήνου

Σχεδιασμός-Μελέτη-Λειτουργία οδικών έργων

Γεωτεχνικά θέματα

Πρόχειρες σημειώσεις

Μ. Σακελλαρίου
Αναπληρωτής Καθηγητής
Νοέμβριος 2001

**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ
ΜΕΣΑ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ
ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

• **A. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

1. Γενικά
2. Εργασίες υπαίθρου
3. Εργασίες Γραφείου - Εργαστηρίου
4. Σύνταξη μελέτης
5. Πρόγραμμα γεωτρητικών, γεωφυσικών και γεωτεχνικών εργασιών
6. Επίβλεψη και αξιολόγηση γεωτρητικών - γεωτεχνικών εργασιών

• **B. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

Εργα Οδοποιίας

Εργα σιδηροδρομικών γραμμών

Αεροδρόμια

Θαλάσσια έργα

Φράγματα

A. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Γενικά

Η γεωλογική μελέτη αποτελεί τμήμα των διαφόρων σταδίων της μελέτης οιαδήποτε τεχνικού έργου. Κατ'αυτή διερευνώνται θέματα που αφορούν την ασφαλή θεμελίωση των τεχνικών έργων, τις συνθήκες του υπεδάφους στο οποίο προβλέπεται η διάνοιξη υπογείων έργων (π.χ. σήραγγες), καθώς και στην αναζήτηση υλικών κατασκευής.

Οι γεωλογικές ερευνητικές εργασίες δύνανται να εκτελεστούν σε διάφορα στάδια : αναγνωριστικό (προκαταρκτικό), προμελέτη και οριστικό, που το καθένα αποτελεί συνέχεια του προηγούμενου. Οι εργασίες κάθε σταδίου βαρύνουν κατά διάφορο τρόπο, ανάλογα με το είδος του τεχνικού έργου, τη φύση του εδάφους θεμελιώσεως, το διατιθέμενο χρόνο κ.λ.π.

Οι επί μέρους γεωλογικές εργασίες σε κάθε στάδιο έχουν ως κατωτέρω :

A. Αναγνωριστικό στάδιο

Περιλαμβάνει τη συλλογή κάθε είδους πληροφοριών για τη φυσική κατάσταση της υπό εξέταση ζώνης και του ευρύτερου περιβάλλοντός της.

Πρωταρχικές πηγές πληροφοριών είναι η βιβλιογραφία και τα αρχεία της σχετικής δραστηριότητας (γεωλογικής, υδρογεωλογικής, γεωτρητικής και γεωφυσικής) δημοσίων και ιδιωτικών φορέων. Οι διάφοροι χάρτες (γεωλογικοί, γεωτεχνικοί, τοπογραφικοί) συμπληρώνουν την ανωτέρω πληροφοριακή αναφορά. Επίσης οι αεροφωτογραφίες αποτελούν χρησιμότητα βοήθημα.

Όλες οι πληροφορίες που συγκεντρώνονται επαληθεύονται και συμπληρώνονται με επί τόπου επίσκεψη.

B. Προμελέτη

Περιλαμβάνει σειρά ερευνητικών εργασιών, τα στοιχεία των οποίων θα βοηθήσουν στη λήψη αποφάσεως για αποδοχή ή απόρριψη ή και αλλαγή της περιοχής που αρχικά είχε επιλεγεί για την κατασκευή του μελετούμενου έργου.

Το στάδιο αυτό είναι δυνατό να επαρκέσει σαν πλήρης εργασία γεωλογικής έρευνας, εάν αφορά μικρές κατασκευές.

Η συμβολή του Γεωλόγου καταμερίζεται σε δύο φάσεις, διαδοχικές και αλληλοσυμπληρούμενες, την επιφανειακή και υπόγεια. Στην πρώτη συντάσσεται ο γεωλογικός χάρτης, η λεπτομέρεια, ακρίβεια και κλίμακα του οποίου είναι συνάρτηση του είδους του έργου που μελετάται και της φύσης του εδάφους (γεωλογική δομή και μορφολογικές συνθήκες). Η δεύτερη φάση αφορά στη διερεύνηση του υπεδάφους με περιορισμένο ίσως αριθμό γεωτρήσεων, συλλογή υδρογεωλογικών στοιχείων, καθώς και άλλων γεωτεχνικών στοιχείων σχετικών με το υπεδάφος (φυσικομηχανικές ιδιότητες, βαθμός αποσαθρώσεως και διαρρήξεως, διαβρωσιμότητα κ.λ.π.).

Συντάσσονται τέλος πρόγραμμα και προδιαγραφές για την εκτέλεση γεωτεχνικών και γεωφυσικών ερευνών.

Γ. Οριστική μελέτη

Στο στάδιο αυτό της γεωλογικής μελέτης, κατά το οποίο έχει οριστικοποιηθεί η ακριβής θέση και το είδος του τεχνικού έργου, μελετώνται σε λεπτομερέστερες κλίμακες οι γεωλογικές συνθήκες της περιοχής του έργου και του περιβάλλοντος που τυχόν θα επηρεαστεί από αυτό. Μελετώνται επίσης με μεγάλη ακρίβεια και με βάση τα στοιχεία της γεωτρητικής και γεωφυσικής έρευνας, οι περιοχές με ιδιαίτερα προβλήματα οι οποίες έχουν εντοπισθεί από τα προηγούμενα στάδια. Οι εργασίες του σταδίου αυτού διαιρούνται σε δύο φάσεις (βλ. (1) και (2)), στις οποίες ενίοτε προστίθεται και η υδρογεωλογική έρευνα.

(1) Γεωλογικές εργασίες υπαίθρου

Στην επιφανειακή έρευνα εντάσσεται η σύνταξη του τεχνικογεωλογικού χάρτη, που αποτελεί συμπλήρωση του γεωλογικού χάρτη με τα απαραίτητα γεωτεχνικά στοιχεία. Γενικά στο χάρτη αυτό απεικονίζονται όλα τα τεκτονικά, στρωματογενή, γεωτεχνικά και μορφολογικά στοιχεία της περιοχής (λιθολογικές μονάδες, ρήγματα, ρωγμές, διακλάσεις, τύποι εδαφών και βράχων, φυσικές και μηχανικές ιδιότητες αυτών, εδαφικές κινήσεις όπως κατολισθήσεις, καταπτώσεις, ερπυσμοί, αποκολλήσεις του εδάφους, καθιζήσεις). Επίσης σημειώνονται μεταλλεία, φρέατα και εργασίες σε εξέλιξη ή περατωθείσες.

Η έρευνα αυτή συμπληρώνεται με τη λήψη δειγμάτων για εργαστηριακούς προσδιορισμούς.

(2) Υπόγεια έρευνα

Στην υπόγεια έρευνα περιλαμβάνεται η εκτέλεση διαφόρων ερευνητικών εργασιών όπως ορύγματα, φρέατα, στοές, γεωτρήσεις, γεωφυσικές διασκοπήσεις, υδρογεωλογικές ερευνητικές εργασίες κ.λ.π.

Δ. Στάδιο παρακολουθήσεως και (τυχόν) αναθεωρήσεως κατά τη φάση της κατασκευής

Σκοπός του είναι η απογραφή και αποτύπωση όλων των γεωλογικών στοιχείων που έρχονται στο φως κατά την κατασκευή και αναπροσαρμογή πιθανώς, της μελέτης με βάση τα πραγματικά στοιχεία.

Ε. Τεχνική έκθεση

Παρέχει όλες τις πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν, τις αξιολογεί και επισημαίνει τα προβλήματα που εντοπίστηκαν. Απαραίτητη είναι η τεκμηρίωση των ανωτέρω στοιχείων. Συνοδεύεται από τους χάρτες, γεωλογικές τομές και εργαστηριακά αποτελέσματα.

2. Εργασίες υπαίθρου

Οι εργασίες αυτές περιλαμβάνουν :

A. Γεωλογική - γεωτεχνική χαρτογράφηση.

Κατ'αυτή γίνεται :

Φωτοερμηνεία, σύνταξη γεωλογικού - γεωτεχνικού χάρτη, σύνταξη γεωλογικών τομών, συγκέντρωση τεκτονικών στοιχείων, λήψη δειγμάτων για εργαστηριακές δοκιμές και λήψη φωτογραφιών.

B. Τοποθέτηση γεωτρήσεων και άλλων ερευνητικών έργων, επίβλεψη επί τόπου και αξιολόγηση των στοιχείων που θα ληφθούν από αυτά.

Γ. Χάραξη, σε συνεργασία με γεωφυσικό, των προφίλ για τις γεωφυσικές διασκοπήσεις.

Δ. Συγκέντρωση υδρογεωλογικών στοιχείων.

3. Εργασίες γραφείου και εργαστηρίου

Σ'αυτές περιλαμβάνονται :

A. Πετρογραφική έρευνα (Μικροσκοπικές εξετάσεις, ακτινοδιαγράμματα, διαφορικές θερμικές αναλύσεις, αναλύσεις με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο και μικροαναλυτή).

B. Παλαιοντολογικές εξετάσεις - Στρωματογραφική διάρθρωση.

Γ. Σύνταξη τεκτονικών διαγραμμάτων.

Δ. Σύνθεση υπαιθρίων και εργαστηριακών δεδομένων και οριστική σύνταξη και σχεδίαση των γεωλογικών, γεωτεχνικών χαρτών και τομών.

E. Σύνθεση των υδρογεωλογικών στοιχείων και σύνταξη - σχεδίαση των υδρογεωλογικών χαρτών.

ΣΤ. Συγκέντρωση και αξιολόγηση των στοιχείων για τη σεισμικότητα της περιοχής του έργου.

4. Σύνταξη της μελέτης

Η μελέτη θα πρέπει να είναι εμπεριστατωμένη και να περιλαμβάνει :

A. Την ανάλυση των μορφολογικών χαρακτήρων της περιοχής.

B. Τη γεωλογική δομή των σχηματισμών που χαρτογραφήθηκαν και τα ιδιαίτερα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά αυτών (π.χ. βαθμός αποσαθρώσεως, διαρρήξεως κ.λ.π.).

Γ. Τις υδρογεωλογικές συνθήκες.

Δ. Την τεκτονική ανάλυση (μακρο - και μικροτεκτονική).

E. Τη σεισμικότητα της περιοχής.

ΣΤ. Τις τεχνικογεωλογικές συνθήκες, ανάλογα με τις απαιτήσεις του έργου.

Z. Χαρακτηριστικές φωτογραφίες, σχετικά με τη δομή και τις τεχνικογεωλογικές συνθήκες.

H. Συμπεράσματα στα παραπάνω στοιχεία, για τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής κατασκευής του έργου, προτάσεις αιτιολογημένες για την αντιμετώπιση των ποικίλων προβλημάτων και πρόγραμμα των παραπέρα ερευνών.

5. Πρόγραμμα γεωτρητικών, γεωφυσικών και γεωτεχνικών εργασιών

Στο πρόγραμμα αυτό θα καθορίζονται οι γεωτρήσεις, οι γεωφυσικές διασκοπήσεις και οι γεωτεχνικές εργασίες που κρίνονται αναγκαίες για την

ολοκλήρωση της πραγματικής εικόνας των υφισταμένων γεωλογικών και γεωτεχνικών συνθηκών.

Θα προσδιορίζονται οι θέσεις και θα συντάσσονται οι τεχνικές προδιαγραφές των προτεινομένων ερευνητικών εργασιών.

6. Επίβλεψη και αξιολόγηση γεωτρητικών - γεωτεχνικών εργασιών

Με βάση τα δεδομένα των ερευνητικών γεωτρητικών και γεωτεχνικών εργασιών συντάσσονται οι τομές (logs) των γεωτρήσεων, οι γεωλογικές τομές για την υπεδαφική στρωματογραφική διάρθρωση της περιοχής, καθώς και οι γεωλογικές τομές των ερευνητικών στοών, φρεάτων, ορυγμάτων, που θα προκύψουν από τη λεπτομερή χαρτογράφησή τους.

Στους βραχώδεις σχηματισμούς γίνεται συμπληρωματικά στατιστική ανάλυση αυτών κατά **RQD** από τους πυρήνες των γεωτρήσεων, δίδεται ο βαθμός πυρηνοληψίας και αποσαθρώσεως και μελετάται η υδροπερατότητα όλων των διατρηθέντων σχηματισμών από στοιχεία δοκιμών εισπιέσεων ή αντλήσεων.

B. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ

1.1 Χάραξη

Η γεωλογική έρευνα αποσκοπεί στη διερεύνηση των γεωλογικών, γεωμορφολογικών και γεωτεχνικών συνθηκών που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή του έργου. Η γνώση της γεωλογικής συστάσεως και δομής των σχηματισμών, η εκτίμηση της μηχανικής συμπεριφοράς τους και ο εντοπισμός των προβλημάτων που πιθανόν να προκύψουν, βοηθούν αποτελεσματικά στην καλύτερη επιλογή που θα εξυπηρετεί απαιτήσεις τεχνικοοικονομικές και ασφαλείας.

Στα πλαίσια της γεωλογικής μελέτης κατά μήκος της χαράξεως περιλαμβάνονται :

A. Εργασίες υπαίθρου

- (1) Μακροσκοπική εξέταση των γεωλογικών μονάδων (όρια, τύπος πετρώματος, στρωματογραφική θέση, συνεκτικότητα, βαθμός αποσαθρώσεως, εξαλλοίωση, τεκτονική δομή, διάρρηξη, κερματισμός)´.
- (2) Γεωμορφολογική ανάλυση της ευρύτερης περιοχής και λεπτομερής περιγραφή των μορφολογικών στοιχείων στη ζώνη διελεύσεως της χαράξεως (διάβρωση, ανάγλυφο, κλίσεις πρανών).
- (3) Εξέταση της υδρογεωλογικής συμπεριφοράς των διάφορων σχηματισμών και της διακυμάνσεως της στάθμης των υπόγειων νερών, ιδιαίτερα όταν βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, καθώς και των προβλημάτων που μπορεί να ανακύψουν με τη διάνοιξη ορυγμάτων και κατασκευή επιχωμάτων και μικτών διατομών.
- (4) Παρατηρήσεις που αφορούν τη συμπεριφορά έναντι των σεισμών (κατολισθήσεις, αποσπάσεις βράχων, ενεργοποίηση ρηγμάτων κ.ά.).

- (5) Φωτογραφίες χαρακτηριστικές της γεωλογικής δομής και μορφολογίας της ζώνης.
- (6) Εντοπισμός καταλλήλων θέσεων για τη λήψη αδρανών υλικών τα οποία είναι απαραίτητα για τα χωματουργικά, την οδοστρωσία και τα τεχνικά

B. Εργασίες Γραφείου

- (1) Εργαστηριακοί προσδιορισμοί που τυχόν θα απαιτηθούν, όπως πετρολογική μελέτη (μικροσκοπική, ακτινογραφήματα, θερμοανάλυσεις), παλαιοντολογική εξέταση λεπτών τομών, φωτογεωλογική ερμηνεία και σύνταξη τεκτονικών διαγραμμάτων.
- (2) Συγκέντρωση στοιχείων για τη σεισμική ιστορία της περιοχής.
- (3) Συγκέντρωση υδρομετεωρολογικών στοιχείων.
- (4) Επεξεργασία των στοιχείων που συγκεντρώθηκαν, αναλύθηκαν ή και προσδιορίστηκαν.
- (5) Σύνταξη και υποβολή τεχνικογεωλογικής εκθέσεως.
Σ αυτήν θα πρέπει να περιέχονται οι αναλύσεις και τα συμπεράσματα της παραπάνω έρευνας και προτάσεις για την αναγκαιότητα ή μη παραλλαγής της χαράξεως (εν μέρει ή και στο σύνολο), την ασφαλή αντιμετώπιση των προβλημάτων με την συμπλήρωση ή και κατασκευή νέων τεχνικών έργων, λαμβάνοντας πάντοτε υπόψη ότι οι λύσεις που προτείνονται είναι πρακτικά εφαρμόσιμες και οικονομικές.
Αναλυτικότερα οι γεωλογικές εργασίες που περιλαμβάνονται στα πλαίσια της γεωλογικής μελέτης οδού κατανέμονται ως εξής στα δύο επί μέρους στάδια αυτής.

A. Στάδιο αναγνωριστικής γεωλογικής μελέτης

- (1) Γεωλογική χαρτογράφηση υπό κλίμακα 1 : 20.000 ή μεγαλύτερη.
Το εύρος της ζώνης χαρτογραφήσεως δεν πρέπει να είναι μικρότερο των 1000 μ. Σκόπιμη είναι η χρήση αεροφωτογραφιών, κυρίως για τη συσχέτιση της εξετασθείσης ζώνης με την ευρύτερη περιοχή, τον εντοπισμό παλαιών κατολισθήσεων και τεκτονικών γραμμών.
Γενικά στο γεωλογικό χάρτη απεικονίζονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί, η παράταξη των στρωμάτων, μακροτεκτονικά στοιχεία, υδρογεωλογικά στοιχεία (εμφανίσεις πηγών και παροχή αυτών, διακυμάνσεις στάθμης υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα). Επίσης σημειώνονται οι θέσεις κατολισθήσεων, καταπτώσεων βράχων, καθιζήσεων και γενικά οι ευαίσθητες περιοχές.
Στο υπόμνημα του γεωλογικού χάρτη δίδονται λεπτομερή στοιχεία για τη λιθολογική σύσταση των πετρωμάτων και γεωλογικών σχηματισμών, περιγράφεται ο βαθμός αποσαθρώσεως και διαρρήξεώς τους και γίνεται αναφορά στη σύσταση του υλικού πληρώσεως των ρωγμών.
- (2) Αναζήτηση θέσεων για λήψη υλικών κατασκευής.
- (3) Γεωλογική μηκοτομή υπό κλίμακα 1 : 20.000/1 : 2.000 ή μεγαλύτερη, γενικά δε υπό την αυτή προς τον συνταχθέντα γεωλογικό χάρτη κλίμακα.

Με την τομή αυτή αξιοποιούνται τα στοιχεία που έχουν αποτυπωθεί στο γεωλογικό χάρτη και δίδεται η εικόνα της εις βάθος γεωλογικής δομής κατά μήκος της χαράξεως.

- (4) Εγκάρσιες γεωλογικές τομές (σκαριφήματα) σε διάφορες θέσεις της χαράξεως και ιδιαίτερα όπου οι συνθήκες είναι προβληματικές.
- (5) Τεχνικογεωλογική έκθεση. Σ'αυτήν αναφέρονται οι επί μέρους αναλύσεις (γεωλογικές, τεκτονικές, γεωμορφολογικές, σεισμικότητας, γεωτεχνικές) και τα συμπεράσματα για την καταλληλότητα των σχηματισμών διελεύσεως της χαράξεως. Αξιολογούνται οι εντοπισθείσες περιοχές για απόληψη υλικών κατασκευής και προτείνονται έρευνες για την επιβεβαίωση της καταλληλότητας και της ποσότητάς τους. Γίνεται επίσης αναφορά στη σκοπιμότητα ή μη εκτελέσεως του επομένου σταδίου της γεωλογικής μελέτης και προγραμματίζονται οι λεπτομερέστερες γεωλογικές έρευνες σε ευαίσθητες περιοχές, καθώς και οι γεωτεχνικές επί τόπου εργασίες και οι πιθανές απαιτούμενες γεωφυσικές διασκοπήσεις.

B. Οριστική Γεωλογική Μελέτη

Το στάδιο αυτό πραγματοποιείται όταν οι γεωλογικές και γεωμορφολογικές συνθήκες υπαγορεύουν τη λεπτομερή απεικόνιση των γεωλογικών στοιχείων σε ορισμένα τμήματα της οδού (π.χ. θέσεις κατολισθήσεων, κατακρημνίσεων, βαθειών ορυγμάτων, υψηλών επιχωμάτων κ.λ.π.). Ο τρόπος και η έκταση των ερευνών στο στάδιο αυτό (μήκος και εύρος των τμημάτων, κλίμακα κ.λ.π.) καθορίζονται από το προηγούμενο στάδιο το οποίο θεωρείται βασικό και απαραίτητο για την οριστική μελέτη.

Η οριστική γεωλογική μελέτη πρέπει να περιλαμβάνει:

- (1) Γεωλογική χαρτογράφηση υπό κλίμακα 1 : 5000 ή μεγαλύτερη, με την επιβαλλόμενη από την κλίμακα ακρίβεια.
- (2) Γεωλογική μηκοτομή υπό την αυτή προς τον χάρτη κλίμακα ή μεγαλύτερη.
- (3) Εγκάρσιες γεωλογικές τομές σε επιλεγείσες θέσεις της ζώνης που θα χαρτογραφηθεί.
- (4) Σύνταξη τεκτονικών διαγραμμάτων κατά Schmidt ή Seidel στους βραχώδεις σχηματισμούς.
- (5) Σύνταξη τεχνικογεωλογικής εκθέσεως, που θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:
 - Γενική μορφολογία της περιοχής χαράξεως.
 - Γενική στρωματογραφική διάρθρωση αυτής.
 - Περιγραφή των λιθολογικών σχηματισμών, από τους οποίους θα διέλθει η οδός, εξέταση της συμπεριφοράς αυτών κατά την εξόρυξη και της προβλεπόμενης ευστάθειας των πρανών μετά τις εκσκαφές κ.λ.π.
 - Περιγραφή της τυχόν επιδράσεως εξωγενών παραγόντων με αποτέλεσμα τη δημιουργία διαβρώσεων ή κατολισθήσεων.
 - Υδρολογικά στοιχεία που επιδρούν δυσμενώς στην οδό.
 - Κλιματολογικά και μετεωρολογικά στοιχεία (όπως ύψος βροχής, διακυμάνσεις θερμοκρασίας, παγετός κ.λ.π.) χρήσιμα στην εκπόνηση της μελέτης.
 - Διατύπωση προτάσεων που να δικαιολογούν τη δυνατότητα διελεύσεως της οδού από τους γεωλογικούς σχηματισμούς της επιλεγείσας ζώνης διαβάσεως.
 - Επισήμανση τμημάτων της χαράξεως, στα οποία υπάρχουν ή είναι δυνατόν να δημιουργηθούν, λόγω γεωλογικών ή τεκτονικών αιτιών, κατολισθήσεις ή καταπτώσεις, κατά την κατασκευή της οδού και μετέπειτα.

- Παροχή υποδείξεων για ενδεδειγμένη επιλογή ασφαλέστερης οδεύσεως, για την οποία συνηγορούν γεωλογικά κριτήρια.
- Παροχή δικαιολογημένων προτάσεων για την εκλογή συγκεκριμένων πηγών αδρανών υλικών οδοστρώσεως και την κατασκευή τεχνικών έργων.
- Παροχή κάθε άλλου στοιχείου (όπως π.χ. φωτογραφιών), ώστε η υποβαλλόμενη έκθεση της κυρίως γεωλογικής μελέτης να καθίσταται κατά το δυνατόν πληρέστερη, να διαμορφώνεται δε από αυτή ακριβής και σαφής γνώμη για τις υφιστάμενες συνθήκες στην προτεινόμενη ζώνη χαράξεως.
Στην ανωτέρω έκθεση θα προτείνονται επίσης οι περαιτέρω έρευνες, εάν είναι αναγκαίες π.χ. γεωφυσικές διασκοπήσεις, γεωτρήσεις, ορύγματα, λήψη δειγμάτων για εργαστηριακές δοκιμές, εγκατάσταση οργάνων παρακολούθησης (αποκλισιόμετρα, πιεζόμετρα, κ.λ.π.).

1.2. Οδικές σήραγγες

Η γεωλογική μελέτη, αποσκοπεί στη συγκέντρωση και αξιολόγηση όλων των γεωλογικών στοιχείων που συνθέτουν την εικόνα της περιοχής και την επισήμανση των ποικίλων προβλημάτων που θα αντιμετωπισθούν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας. Με βάση τα στοιχεία αυτά της επιτόπιας έρευνας καθορίζεται το πρόγραμμα των περαιτέρω ερευνητικών εργασιών.

Οι απαιτούμενες για τη γεωλογική μελέτη μιάς σήραγγας εργασίες είναι οι εξής:

- (1) Γεωλογική χαρτογράφηση της ευρύτερης περιοχής της σήραγγας σε κλίμακα 1 : 2000 ή μεγαλύτερη. Κατ'αυτήν αποτυπώνονται με λεπτομέρεια οι διάφοροι σχηματισμοί και περιγράφονται τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά αυτών με βάση τη μακροσκοπική παρατήρηση. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στο υδρογεωλογικό καθεστώς, τον τεκτονισμό της περιοχής και τα συστήματα διαρρήξεως που επικρατούν. Από τις μετρήσεις των τεκτονικών στοιχείων συντάσσονται τεκτονοδιαγράμματα σ'όλο το μήκος της σήραγγας, με ιδιαίτερη προσοχή στα τμήματα εισόδου και εξόδου αυτής.

Η χρήση αεροφωτογραφιών κατάλληλης κλίμακας και η ερμηνεία τους αποτελούν σημαντικό βοήθημα στη γεωλογική μελέτη.

Το εύρος της χαρτογραφίσεως δεν πρέπει να είναι μικρότερο των 500μ. εκατέρωθεν του άξονα.

Η ακρίβεια με την οποία η επιφανειακή γεωλογία προβάλλεται στο βάθος (επίπεδο της σήραγγας) αφήνεται στην κρίση του γεωλόγου. Σε ιζηματογενή πετρώματα, υπό την προϋπόθεση ότι αυτά δεν είναι ισχυρά διερρηγμένα και έντονα πτυχωμένα, υπάρχει σχετική ακρίβεια, σε εκρηξιγενή όμως και μεταμορφωμένα είναι πίο δύσκολο.

- (2) Γεωλογική μηκοτομή, υπό την αυτή όπως και ο χάρτης κλίμακα ή μεγαλύτερη.
- (3) Εγκάρσιες γεωλογικές τομές σε επιλεγείσες θέσεις για την απεικόνιση της στρωματολιθολογικής και τεκτονικής δομής, στο εύρος της χαρτογραφηθείσας ζώνης και σε βάθος κάτω από την ερυθρά.
- (4) Σύνταξη τεκτονικών διαγραμμάτων (δίκτυα κατά Schmidt ή Seidel).
- (5) Σύνταξη τεχνικογεωλογικής εκθέσεως, που πέρα από τις ανωτέρω αναλύσεις και συμπεράσματα επί της εκλογής της θέσεως του άξονα της σήραγγας και τα αναμενόμενα προβλήματα, θα περιλαμβάνει το πρόγραμμα των περαιτέρω ερευνών της β' φάσεως, δηλαδή γεωλογικές και υδρογεωλογικές έρευνες, γεωφυσικές διασκοπήσεις, γεωτρήσεις, ορύγματα, εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές. Επίσης θα αναφέρονται στις πιθανές επιπτώσεις σε άλλες γειτονικές κατασκευές, στη μεταβολή της διαίτας των πηγών και γενικά των υπόγειων

νερών, την επισήμανση υλικών για την κατασκευή, στις γενικές κλιματικές συνθήκες κ.λ.π.

Μετά την εκτέλεση των ανωτέρω εργασιών της β' φάσεως αξιολογούνται από το γεωλόγο τα αποτελέσματά τους, ώστε να γίνει δυνατή η ταξινόμηση της βραχομάζας σύμφωνα με τα περισσότερο παραδεκτά διεθνώς συστήματα, πυκνώνουν, αν χρειαστεί, οι ερευνητικές εργασίες και ερμηνεύονται σε συνεργασία με το γεωφυσικό τα αποτελέσματα της γεωφυσικής έρευνας.

Στη φάση αυτή μερικά ερωτήματα θα πρέπει να απαντηθούν, όπως η σκληρότητα του πετρώματος και η ευκολία διανοίξεως, με ή χωρίς εκρηκτικά (εξορυξιμότητα), ποιά τμήματα χρειάζονται υποστήριξη και τι είδους, εάν αναμένεται νερό, σε ποιά ποσότητα και σε ποιά τμήμα της σήραγγας, αν θα συναντηθούν φυσικά αέρια και υψηλές θερμοκρασίες κ.ά.

Επίσης η συμβολή του γεωλόγου κατά το κατασκευαστικό στάδιο είναι ουσιώδης. Τυχόν διαφορές μεταξύ στοιχείων έρευνας και πραγματικότητας θα πρέπει να εξηγηθούν και να αναπροσαρμοσθεί η γεωλογική μελέτη με τη βοήθεια των στοιχείων που έρχονται σε φως.

Η προσεκτική γεωλογική χαρτογράφηση της σήραγγας είναι απαραίτητη, γιατί θα αποτελέσει χρήσιμο στοιχείο, εάν παρουσιασθεί πρόβλημα κατά τη διάρκεια λειτουργίας ή αν άλλη σήραγγα κατασκευασθεί στην ίδια περιοχή. Επιπλέον η χαρτογράφηση θα είναι χρήσιμη και για τη συσχέτιση των επιφανειακών γεωλογικών συνθηκών και πιθανών κατασκευαστικών δυσκολιών σε μελλοντικές εκσκαφές.

1.3. Τεχνικά έργα οδοποιίας

(Θεμελίωση γεφυρών, τοίχων αντιστηρίξεως και αναχωμάτων)

Η γεωλογική μελέτη είναι αναπόσπαστο τμήμα της μελέτης θεμελιώσεως των διαφόρων τεχνικών έργων (γέφυρες, ορύγματα, αναχώματα) που πρόκειται να κατασκευασθούν, για την ασφαλή διέλευση του δρόμου, ιδιαίτερα δε όταν οι συνθήκες θεμελιώσεως και η σοβαρότητα των έργων επιβάλλουν τούτο.

Η γεωλογική-γεωτεχνική μελέτη έχει σαν αντικείμενο την εξέταση των γεωλογικών και υδρογεωλογικών συνθηκών που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή του έργου και των ειδικών γεωτεχνικών συνθηκών στην άμεση γειτονία αυτού. Επίσης στα πλαίσια της μελέτης αυτής περιλαμβάνεται η επεξεργασία και αξιολόγηση όλων των στοιχείων που συλλέγονται στο ύπαιθρο και η σύνταξη της τεχνικογεωλογικής εκθέσεως, όπου αναφέρονται όλα τα στοιχεία σχετικά με τις συνθήκες θεμελιώσεως αυτού και το πρόγραμμα περαιτέρω, ενδεχομένως, ερευνών.

Αναλυτικότερα η μελέτη των τεχνικών έργων περιλαμβάνει:

- (1) Την εκπόνηση γεωλογικού χάρτη με κλίμακα 1: 200 ή μεγαλύτερη. Στο χάρτη αυτό αποτυπώνονται τα όρια των γεωλογικών σχηματισμών και πετρωμάτων και δίδονται η στρωματογραφική διάρθρωσή τους, στοιχεία σχετικά με την τεκτονική δομή και τις υδρογεωλογικές συνθήκες, όπως αυτές συνάγονται από τις επιφανειακές παρατηρήσεις. Επίσης σημειώνονται οι θέσεις όπου οι ανωτέρω συνθήκες υπαγορεύουν αστάθεια (κατολίσθηση, καθίζηση, μειωμένη μηχανική συμπεριφορά των σχηματισμών).
- (2) Γεωλογική μηκοτομή, στην αυτή με το χάρτη κλίμακα 1 : 200 ή και μεγαλύτερη, στην οποία θα απεικονίζεται η εις βάθος γεωλογική δομή.

- (3) Εγκάρσιες γεωλογικές τομές σε επιλεγείσες θέσεις (όπου παρουσιάζονται τα περισσότερα προβλήματα) για την απεικόνιση της γεωλογικής δομής στην έκταση της χαρτογραφηθείσας ζώνης και στο βάθος που επιτρέπει η μακροσκοπική παρατήρηση.
- (4) Σύνταξη τεκτονικών διαγραμμάτων κατά Schmidt για τη στατιστική ανάλυση των επιφανειών ασυνεχείας των βραχωδών σχηματισμών.
- (5) Στατιστική ανάλυση κατά R.Q.D. των γεωτρήσεων που τυχόν εκτελέστηκαν στην περιοχή του έργου.
- (6) Σύνταξη τεχνικογεωλογικής εκθέσεως που θα περιλαμβάνει:
 - Ευρεία ανάλυση των γεωλογικών, γεωμορφολογικών, τεκτονικών και υδρογεωλογικών στοιχείων της περιοχής.
 - Αξιολόγηση των τεχνικογεωλογικών στοιχείων των γεωλογικών μονάδων, όπως συνεκτικότητα, διάρρηξη, βαθμός εξαλλοιώσεως και αποσαθρώσεως, διάβρωση, καρστικότητα και μακροσκοπική εκτίμηση της μηχανικής συμπεριφοράς.
 - Τεκτονικά στοιχεία.
 - Στοιχεία για τη σεισμικότητα της περιοχής.
 - Υδρογεωλογικά δεδομένα, όπως στάθμη υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα κ.ά.
 - Χαρακτηριστικές φωτογραφίες.
 - Συμπεράσματα για την εκλογή της θέσεως και του άξονα του τεχνικού έργου ή και για πιθανές τροποποιήσεις.
 - Προτάσεις για την εξέλιξη του περαιτέρω ερευνητικού προγράμματος, το οποίο ανάλογα με τα προβλήματα θα περιλαμβάνει γεωτρήσεις, γεωφυσικές διασκοπήσεις, επί τόπου και εργαστηριακές δοκιμές κ.λ.π.

1.4. Κατολισθήσεις

Η γεωλογική μελέτη μιάς κατολισθαίνουσας περιοχής συνίσταται στη συνεκτίμηση της γεωλογικής δομής της ευρύτερης περιοχής (στρωματογραφική διάρρυση, τεκτονική εξέλιξη, μορφολογικές συνθήκες, υδρογεωλογικό καθεστώς) και των αποτελεσμάτων από τις ερευνητικές εργασίες (στο ύπαιθρο και εργαστήριο), σχετικά με την κατολισθαίνουσα μάζα. Με τις έρευνες αυτές καθορίζονται η έκταση και ο τύπος της κινήσεως, τα αίτια και ο μηχανισμός αυτής και καθίσταται δυνατή η λήψη των πιο ενδεδειγμένων μέτρων προστασίας και αποκαταστάσεως της κατολισθαίνουσας περιοχής.

Η γεωλογική μελέτη μιάς κατολισθήσεως περιλαμβάνει:

- (1) Εκπόνηση γεωλογικού χάρτη της περιοχής της κατολισθήσεως σε κλίμακα 1 : 2000 ή και μεγαλύτερη. Στο χάρτη αυτό θα απεικονίζονται τα όρια των σχηματισμών, τα τεκτονικά στοιχεία, το σχήμα της επιφάνειας θραύσεως και της περιοχής συσσωρεύσεως των υλικών, οι πηγές ως και άλλα υδρογεωλογικά στοιχεία με βάση τα επιφανειακά δεδομένα, η κατάσταση βλαστήσεως, οι θέσεις των ερευνητικών έργων.
Η χρήση των αεροφωτογραφιών στο στάδιο αυτό, κλίμακας 1: 5000 - 1 : 10.000 είναι αποτελεσματική για τη χαρτογράφηση, την κατάρτιση του ερευνητικού προγράμματος, την παρακολούθηση της εξέλιξεως κ.λ.π.
- (2) Γεωλογικές τομές σε κλίμακα 1 : 2000 / 1 : 200 ή και μεγαλύτερη.
- (3) Τεχνικογεωλογική έκθεση, όπου θα εκτίθενται τα συμπεράσματα από τις επί μέρους αναλύσεις, θα περιγράφονται τα αίτια, ο μηχανισμός και η αναμενόμενη εξέλιξη της κατολισθητικής κινήσεως. Επίσης καταρτίζεται

και προτείνεται λεπτομερές πρόγραμμα περαιτέρω ερευνών, που μπορεί να περιλαμβάνει: εγκατάσταση οργάνων παρακολουθήσεως, γεωτρητικές εργασίες, γεωφυσικές διασκοπήσεις ορύγματα, τάφρους, επί τόπου και εργαστηριακές δοκιμές, γεωδαιτικές μετρήσεις. Με βάση τα αποτελέσματα των ερευνών και με συνεργασία εμπείρου Γεωλόγου και Εδαφομηχανικού γίνεται ανάλυση ευσταθείας του πρανούς και προτείνονται τα ενδεικνύμενα κατά περίπτωση μέτρα σταθεροποίησης αυτού. Κατά την εκτέλεση των έργων σταθεροποίησης καθώς επίσης και κατά το στάδιο παρακολουθήσεως της καλής λειτουργίας και αποτελεσματικότητας του έργου απαραίτητη είναι η συμβολή και των δύο επιστημόνων.

1.5. Βοηθητικές εργασίες

A. Τεκτονικά διαγράμματα

Στις περισσότερες φορές η μελέτη ενός τεχνικού έργου περιλαμβάνει, κατά το στάδιο της γεωλογικής χαρτογραφήσεως, τη μέτρηση και αξιολόγηση (στατιστική ανάλυση) των επιφανειών ασυνεχείας των πετρωμάτων (διακλάσεις, επίπεδα θραύσεως, σχιστότητα, ρήγματα) καθώς και των αξόνων πτυχώσεως αυτών. Τα στοιχεία αυτά είναι ιδιαίτερα χρήσιμα κατά τη θεμελίωση φραγμάτων και γεφυρών, τη διάνοιξη σηράγγων και ορυγμάτων. Η στατιστική ανάλυση των τεκτονικών μετρήσεων, που δεν πρέπει να είναι λιγότερες από 60 στη κάθε θέση, γίνεται με τη σύνταξη τεκτονικών διαγραμμάτων κατά Schmidt ή Seidel.

Τα τεκτονικά διαγράμματα κατά Schmidt συνήθως συντάσσονται στη τελική μορφή τους, όπου εμφανίζονται τα πεδία πυκνότητας, οι μέγιστοι κύκλοι (κύρια και δευτερεύοντα επίπεδα), τα γεωμετρικά στοιχεία του έργου (η διεύθυνση του άξονα του τεχνικού ή κλίσεις του πρανούς), η κλίση της διατομής κυρίων επιπέδων ή κυρίων και δευτερευόντων επιπέδων, κ.ά. Επίσης θα συνοδεύονται από ερευνητικό υπόμνημα και ανάλογα με τη φύση του έργου θα επισημαίνονται οι περιπτώσεις που δημιουργούν δυσμενείς συνθήκες από τον συνδυασμό των επιφανειών ασυνεχείας του πετρώματος, καθώς και ο τύπος της ενδεχόμενης αστοχίας.

B. Στατιστική ανάλυση κατά R.Q.D. (Rock Quality Designation)

Σε συνδυασμό με τις άλλες έρευνες για τον προσδιορισμό της φυσικής καταστάσεως των βραχωδών σχηματισμών εκτελείται και ανάλυση κατά R.Q.D., με τον υπολογισμό του αντίστοιχου δείκτη από πυρήνες γεωτρήσεων. Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται ανά μέτρο μήκους της γεωτρήσεως ή κατά εξαγωγή και αντιστοιχεί στο ποσοστό επί τοις % των πυρήνων που έχουν μήκος μεγαλύτερο των 10 εκ.

Γ. Γεωλογικές τομές ερευνητικών φρεάτων-ορυγμάτων

Μετά τη διάνοιξη των ερευνητικών φρεάτων και ορυγμάτων είναι απαραίτητη η σύνταξη τουλάχιστον στις πλέον χαρακτηριστικές από γεωλογικής δομής θέσεις, λεπτομερών γεωλογικών τομών υπό κλίμακα 1:100 ή μεγαλύτερη.

Στις τομές αυτές περιλαμβάνονται: Για τους βραχώδεις σχηματισμούς λεπτομερής χαρτογράφηση των στρώσεων που συμμετέχουν (είδος πετρώματος, πάχος, συνεκτικότητα, αποσάθρωση, εξαλλοίωση), καταγραφή των τεκτονικών στοιχείων (διεύθυνση και κλίση των στρωμάτων και πτυχώσεων, βαθμός διαρρήξεως και καταπονήσεως του πετρώματος, σύνταξη τεκτονικών

διαγραμμάτων), υδρογεωλογικά στοιχεία, λήψη χαρακτηριστικών φωτογραφιών και ερμηνευτικό υπόμνημα. Για τους μαλακούς σχηματισμούς γίνεται επί πλέον πετρολογική ταξινόμηση και εμπειρικός χαρακτηρισμός της συνεκτικότητάς τους.

Δ. Γεωλογικές τομές γεωτρήσεων

Η μελέτη των πυρήνων, των προγραμματισμένων από το Γεωλόγο ερευνητικών γεωτρήσεων, η επεξεργασία των δοκιμών υδατοπερατότητας, η επεξεργασία των παρατηρήσεων κατά τη διάτρηση (με τη βοήθεια του ημερολογίου της γεωτρήσεως), οδηγεί στη σύνταξη της τομής (logging) της γεωτρήσεως. Σ'αυτήν πρέπει να περιλαμβάνονται οι εξής πληροφορίες σε αντίστοιχες στήλες, σε συνάρτηση πάντα με το βάθος:

- Λεπτομερής λιθολογική-πετρολογική περιγραφή
- Βαθμός διαρρήξεως (R.Q.D.) για τα βραχώδη τμήματα
- Βαθμός αποσαθρώσεως
- Τεκτονικά στοιχεία (κλίση, σχιστότητα, επιφάνειες ολισθήσεως, αναστροφές, πτυχώσεις κ.ά.)
- Ποσοστό πυρηνοληψίας
- Συμπεριφορά νερού λειτουργίας του γεωτρύπανου (ποσοστό απωλειών)
- Διακύμανση στάθμης νερού
- Διαγράμματα υδροπερατότητας
- Ταχύτητα διατρήσεως, είδος δειγματολήπτη και κοπτικού, διάμετρος οπής
- Προστατευτικές σωληνώσεις
- Θέσεις λήψεως δειγμάτων για εργαστηριακή έρευνα
- Μετρήσεις πρότυπης δοκιμής διεισδύσεως ή άλλων δοκιμών που πιθανώς έχουν γίνει.

Ε. Παλαιοντολογικές εξετάσεις

Η γεωλογική χαρτογράφηση πολλές φορές και ιδιαίτερα όπου η δομή της περιοχής είναι πολύπλοκη και η φύση του έργου το απαιτεί, χρειάζεται τη βοήθεια της παλαιοντολογίας. Έτσι είναι δυνατόν να προσδιορισθεί επακριβώς η στρωματογραφική διάρθρωση των διαφόρων γεωλογικών οριζόντων και να επιλυθούν βασικά προβλήματα που έχουν σχέση με την κατασκευή του έργου και της ευρύτερης περιοχής που θα επηρεασθεί από αυτό.

Η παλαιοντολογική εξέταση των βραχωδών σχηματισμών συνίσταται στον προσδιορισμό χαρακτηριστικών μικροαπολιθωμάτων, που μελετώνται σε λεπτές τομές του δείγματος, ή και στον προσδιορισμό χαρακτηριστικών μικροαπολιθωμάτων. Σε μαλακούς σχηματισμούς εκτός από τη μελέτη τυχόν μακροαπολιθωμάτων που περικλείονται μέσα σ'αυτούς, μπορεί να αναζητηθούν να απομονωθούν και να μελετηθούν μικροαπολιθώματα δια της μεθόδου του πλυσίματος.

Στ. Πετρογραφικές εξετάσεις

Κατά τα διάφορα στάδια της μελέτης των τεχνικών έργων είναι δυνατόν να απαιτηθούν πετρογραφικοί-ορυκτολογικοί προσδιορισμοί. Κατά τη γεωλογική χαρτογράφηση π.χ. μερικές φορές είναι δυνατόν να ζητηθεί η εξέταση δειγμάτων πετρωμάτων και εδαφών για τον προσδιορισμό: της ορυκτολογικής συστάσεως και ταξινομήσεως, του βαθμού αποσαθρώσεως και εξαλλοιώσεως, της φύσης του

συγκολλητικού υλικού μεταξύ των κόκκων, του είδους των αργιλικών ορυκτών (π.χ. η παρουσία μοντμοριλονίτου στα αργιλικά εδάφη υποδηλώνει συνθήκες διογκώσεως αυτών με τη διαβροχή, όπως επίσης η παρουσία αργιλικών, θεικών και θειούχων ορυκτών, οπαλίου, χαλκιδονίου, τριδυμίτη, κ.ά., καθιστούν ένα πέτρωμα ακατάλληλο για παρασκευή αδρανών υλικών)

Οι συνιθέστερες μέθοδοι που εφαρμόζονται στη μελέτη ορυκτών και πετρωμάτων είναι οι ακόλουθες:

(1) Μικροσκοπία λεπτών τομών.

Πρόκειται περί απλών μεθόδων προσαρμοσμένων κυρίως στον προσδιορισμό οπτικών ιδιοτήτων των κρυστάλλων των ορυκτών. Η μικροσκοπία των λεπτών τομών είναι η σπουδαιότερη των πετρογραφικών μεθόδων και αποτελεί αναγκαία συνθήκη προυπόθεση της γεωλογικής μελέτης. Κατ'αυτήν μελετώνται η σύσταση και ο ιστός του πετρώματος, το μέγεθος των κόκκων, η ύπαρξη μικρορωγμών και το είδος των υλικών πληρώσεως αυτών, ο βαθμός αποσαθρώσεως και εξαλλοιώσεως κ.λ.π.

(2) Περίθλαση δι'ακτίνων X

(3) Διαφορική θερμική ανάλυση.

2. Έργα σιδηροδρομικών γραμμών

Τα έργα αυτά έχουν πάρα πολλά κοινά στοιχεία με τα έργα οδοποιίας σχετικά με την επιλογή της χαράξεως και την κατασκευή συναφών έργων, αλλά επίσης και απαιτήσεις πρόσθετες, οι οποίες είναι:

- (1) Ευστάθεια: Πιθανή κατολίσθηση ή καθίζηση και γενικά οποιασδήποτε μορφής εδαφική κίνηση, έχει συνήθως πολύ πιο σοβαρές συνέπειες απ'οτι στην οδοποιία. Επομένως απαιτείται πρόβλεψη με μεγάλη βεβαιότητα, από το στάδιο της επιλογής της χαράξεως, για εδαφικές κινήσεις που είναι δυνατόν να λάβουν χώρα από φυσικές διεργασίες ή να προκληθούν εξ αιτίας της κατασκευής του έργου (μεταβολή των φυσικών συνθηκών) και της χρησιμοποίησής του (εναλλασσόμενα φορτία, κραδασμοί). Έτσι, ανάλογα με την περίπτωση, πρέπει να αντιμετωπισθεί είτε παραλλαγή της χαράξεως, είτε κατασκευή έργων βελτιώσεως των εδαφικών συνθηκών που να εξασφαλίζουν πλήρη σταθερότητα.
- (2) Πλήρης εξασφάλιση έναντι καταπτώσεων βράχων. Αν αυτό δεν μπορεί εξασφαλισθεί πρέπει να γίνουν έργα προστατευτικά.
- (3) Ιδιαίτερη προσοχή στις θεμελιώσεις και στα αναχώματα, δεδομένου ότι υπόκεινται σε σοβαρότερες καταπονήσεις έναντι της οδοποιίας, χωρίς να επιτρέπονται παραμορφώσεις.
- (4) Ιδιαίτερη φροντίδα προς εντοπισμό των κατάλληλων πετρωμάτων για την παρασκευή των σκύρων, τα οποία να είναι ανθεκτικά στην φθορά εκ τριβής και στην αποσάθρωση, να είναι γωνιώδη και να εξασφαλίζουν την αποστράγγιση (να μην παρουσιάζουν τάση τσιμεντοποίησής τους). Οι απαιτήσεις αυτές αποκλείουν πολλά πετρώματα (ευδιάλυτα, σχιστώδη, φυλλώδη, ινώδη, μαλακά κ.ά.) και επιβάλλουν αναζήτηση πετρωμάτων συμπαγών, σκληρών, χωρίς πορώδες, μη επηρεαζόμενα από τις επιδράσεις του πάγου, όπως π.χ. τα μικροκοκκώδη και μικρολιθικά εκρηξιγενή πετρώματα (μικρογρανίτες, βασάλτες κ.ά.).

Οι πάρα πάνω τρεις πρώτες απαιτήσεις επιβάλλουν τη μέγιστη προσοχή κατά την εκπόνηση της γεωλογικής μελέτης σε ότι έχει σχέση με κινήσεις εδαφικών μαζών.

3. Αεροδρόμια

Τα αεροδρόμια περιλαμβάνουν πίστες και διάφορες άλλες κατασκευές, όπως πύργους, υπόστεγα κ.ά., που απαιτούν εδάφη θεμελιώσεως μεγάλης φέρουσας ικανότητας.

Η κατασκευή μιάς πίστας, έργο αρκετά όμοιο με ένα δρόμο, απαιτεί οριζοντιότητα μιάς μεγάλης εκτάσεως κι αυτό συνήθως δημιουργεί ανάγκες για εκτεταμένα χωματουργικά έργα (ισοπεδώσεις λόφων, επιχωματώσεις).

Η οριζοντιότητα επίσης δημιουργεί πολύ συχνά δυσκολίες σχετικά με την αποστράγγιση.

Σύμφωνα με τα παραπάνω η γεωλογική μελέτη πρέπει να εξετάζει με μεγάλη φροντίδα ότι αφορά τις μηχανικές ιδιότητες των υλικών των οποίων θα γίνει εκσκαφή και εκείνων που θα χρησιμοποιηθούν για επιχωματώσεις, καθώς και των θέσεων θεμελιώσεως.

Μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στους διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς που μπορούν να υποστούν διαφορικές καθιζήσεις.

Ακόμη πρέπει να διερευνηθεί συστηματικά η διαίτα των υπόγειων και επιφανειακών νερών.

Μεταξύ των διαφόρων αιτίων που μπορεί να οδηγήσουν στο να κατακλυσθεί μια οριζόντια περιοχή, όπως των αεροδρομίων, είναι η υδατοστεγανότητα των επιφανειακών στρωμάτων, η οποία έχει σαν συνέπεια τα νερά από τις βροχοπτώσεις να λιμνάσουν. Η ίδια κατάσταση, μπορεί να δημιουργηθεί από την τήξη ενός περιοδικά παγωμένου εδάφους.

Επειδή η υδραυλική κλίση σε τέτοιες περιοχές είναι πάρα πολύ μικρή, για να διευκολυνθεί η ταχύτητα ροής, πρέπει να κατασκευάζονται αποστραγγιστικά έργα τα οποία να προωθούνται σε βάθος και να είναι ανοικτά προς την επιφάνεια. Σε περίπτωση που το επιφανειακό στρώμα είναι υδροστεγανό και επίκειται ενός υδροπερατού το οποίο είναι σε μικρό βάθος, τότε η αποστράγγιση μπορεί να γίνει με αβαθή πηγάδια, δια μέσου των οποίων τα νερά θα οδηγούνται στο υπόγειο υδροπερατό στρώμα.

Η διακύμανση της στάθμης των υπόγειων νερών πρέπει να μελετηθεί με μακροχρόνιες παρατηρήσεις, για να γίνει γνωστό αν σε κάποια περίοδο θα ανέβει αρκετά ψηλά, έτσι ώστε να μεταβληθούν οι συνθήκες στη ζώνη θεμελιώσεως, πράγμα που θα έχει σαν συνέπεια την ελάττωση της φέρουσας ικανότητας. Ακόμη σε περιπτώσεις που η θεμελίωση μιάς πίστας γίνεται αρκετά βαθιά (για υπερηχητικά αεροπλάνα προβλέπονται πίστες πάχους αρκετών μέτρων), τα υπόγεια νερά μπορεί να βρεθούν τοπικά υπό πίεση.

Από τα παραπάνω φαίνεται η μεγάλη σημασία της υδρογεωλογικής έρευνας για τις μελέτες των αεροδρομίων.

4. Θαλάσσια έργα

(Λιμανικά έργα, έργα προστασίας ακτών, εξέδρες κ.ά.)

Οι ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει η μελέτη της γεωλογίας της ζώνης θεμελιώσεως των διαφόρων θαλασσίων έργων, έγκειται στο γεγονός ότι δεν μπορούν να γίνουν απ'ευθείας οπτικές παρατηρήσεις, παρά μόνο από ειδικούς στην υποθαλάσσια γεωλογία, οι οποίοι μπορούν να εργαστούν στον πυθμένα με σκάφανδρα.

Στη γεωλογική μελέτη πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην έρευνα των γεωλογικών φαινομένων που βρίσκονται σε εξέλιξη, δηλαδή τη διάβρωση, τη μεταφορά και την ιζηματογένεση. Ακόμη στις υποθαλάσσιες κατολισθήσεις που είναι πολύ συχνές.

Στη μελέτη για την ευστάθεια των υποθαλάσσιων κλιτύων θα πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερα υπόψη ότι οι συνθήκες είναι πολύ πιο δυσμενείς απ'ότι στην ξηρά, επειδή υπάρχει συνεχής διάβρωση στη βάση των κλιτύων, συνεχής δράση των κυμάτων και μόνιμος κορεσμός.

Η γεωλογική μελέτη μιάς περοχής εκτελείται κατά τις κλασσικές γεωλογικές μεθόδους. Όμως η αναπαράσταση της υποθαλάσσιας γεωλογικής δομής που θα προκύψει από την ερμηνεία των γεωλογικών δεδομένων γειτονικών περιοχών, θα ενέχει, ανάλογα με την περίπτωση, περισσότερες ή λιγώτερες αβεβαιότητες. Λαμβανομένων υπόψη των αβεβαιοτήτων αυτών προγραμματίζονται ανάλογα οι γεωτρητικές και γεωφυσικές έρευνες.

Με προσοχή πρέπει να γίνει η μελέτη των συνθηκών της σύγχρονης ιζηματογένεσως, αφού διερευνηθούν τα διάφορα θαλάσσια ρεύματα, οι δυνατότητες που έχουν για τη μετακίνηση των ιζημάτων, η τροφοδοσία του θαλασσίου πυθμένα από υλικά προερχόμενα από τη διάβρωση της ξηράς κ.λ.π. Έτσι θα ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για την αποφυγή της προσχώσεως του πυθμένα των λιμανιών ή θα οδηγηθεί η ιζηματογένεση κατά βούληση, έτσι ώστε να μπορούν π.χ. να δημιουργηθούν αμμώδεις παραλίες κ.λ.π.

Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να ληφθεί για την αναζήτηση των υλικών κατασκευής. Για την λιθόριπη κατασκευή στις προκυμαίες θα πρέπει να αναζητηθούν πετρώματα με κατά το δυνατόν μεγαλύτερο ειδικό και φαινόμενο βάρος, μικρότερο συντελεστή φθοράς εκ τριβής και κρούσεως και γενικά υψηλή αντοχή στην αποσάθρωση.

Πολύ μεγάλη προσοχή πρέπει να δίδεται στον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών και του πάχους των λεπτόκοκκων θαλάσσιων ιζημάτων, όπως είναι η θαλάσσια ιλύς. Επειδή η αντοχή τους σε θλίψη είναι πάρα πολύ μικρή, όταν γίνει θεμελίωση βαριάς κατασκευής πάνω σ'αυτή, πραγματοποιείται πλευρική διαφυγή της ιλύος με συνέπεια το έργο να υφίσταται πολύ μεγάλες καθιζήσεις και ο πυθμένας της θάλασσας στην περίμετρο του έργου να ανυψώνεται.

Στην περίπτωση των υποθαλάσσιων τάφρων για τοποθέτηση αγωγών, η γεωλογική μελέτη γίνεται σε δυο φάσεις. Στην πρώτη περιλαμβάνεται η μελέτη της ευρύτερης περιοχής για τον προσδιορισμό και την επιλογή της καταλληλότερης χαράξεως για τη διάνοξη της τάφρου. Στη δεύτερη φάση εκτελείται η λεπτομερής γεωλογική μελέτη κατά μήκος της χαράξεως που καθορίστηκε και προγραμματίζεται, επιβλέπεται και αξιολογείται η γεωτρητική και γεωφυσική έρευνα.

5. Φράγματα

Τα φράγματα, περισσότερο από τα άλλα τεχνικά έργα, εξαρτώνται από τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες και ιδιαίτερα από τη γεωλογία της περιοχής, η λεπτομερέστατη μελέτη της οποίας είναι τελείως απαραίτητη. Η σωστή κατασκευή, λειτουργία και διατήρηση των έργων που συνδέονται με ένα φράγμα είναι ουσιώδη καθότι πιθανή αστοχία των μπορεί να προκαλέσει ανυπολόγιστες υλικές ζημιές και εκατοντάδες θυμάτων.

Γενικά μια περοχή κατασκευής ενός φράγματος θα πρέπει να ικανοποιεί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- Τα πετρώματα να είναι συνεκτικά και ομοιογενή για να αντιμετωπισθούν οι στατικές και δυναμικές φορτίσεις περιλαμβανομένων και των σεισμών.
- Η σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής να είναι πλήρως διερευνημένη.
- Τα πρανή της λεκάνης κατακλύσεως και της περιοχής θεμελιώσεως να είναι ευσταθή κατά την πλήρωση του ταμιευτήρα καθώς και όταν λαμβάνουν χώρα σημαντικές διακυμάνσεις της στάθμης του.
- Η θεμελίωση να είναι ασφαλής, όσον αφορά την ολίσθηση, και ιδιαίτερα στην περίπτωση φραγμάτων βαρύτητας.
- Τα πετρώματα θεμελιώσεως σκόπιμο είναι να παρουσιάζουν σχετική ομοιομορφία, για να αποφευχθούν μεταβολές στην τιμή του μέτρου ελαστικότητας.
- Η ζώνη θεμελιώσεως και η λεκάνη κατακλύσεως να είναι υδατοστεγείς.
- Τα πετρώματα πρέπει να είναι ανθεκτικά στη διάλυση, στη διάβρωση και την καταστροφή της δομής λόγω περιοδικής υγράνσεως-ξηράνσεως, δημιουργίας πάγου και τήξεως αυτού.
- Οι βραχώδεις και εδαφικοί σχηματισμοί που καλύπτουν τη λεκάνη απορροής να είναι ανθεκτικοί στη διάβρωση, ώστε να μη συμβάλλουν στην ταχεία πρόσχωση του ταμιευτήρα, εξασφαλίζοντας έτσι μεγάλη διάρκεια ζωής στο έργο.
- Οι γεωλογικές και τοπογραφικές συνθήκες να επιτρέπουν την πλεονεκτική τοποθέτηση του υπερχειλιστού και σήραγγας εκτροπής.
- Η θέση των υλικών κατασκευής θα πρέπει να είναι σε μικρή απόσταση από το έργο.
- Να είναι γνωστές οι υδρογεωλογικές επιπτώσεις στην περιοχή κατάντη του φράγματος, καθώς και στις υπόλοιπες γειτονικές περιοχές (πτώση της στάθμης των υπογείων νερών στα κατάντη και ανύψωση στην περιβάλλουσα τη λεκάνη κατακλύσεως περιοχή).

Η τελική επιλογή της περιοχής του φράγματος θα βασίζεται στη συγκριτική ανάλυση όλων των ανωτέρω στοιχείων, λαμβάνοντας σαν κριτήρια συγκρίσεως το κόστος, την ασφάλεια και τη διάρκεια ζωής του έργου.

Η γεωλογική μελέτη μιάς περιοχής κατασκευής φράγματος, που πρέπει να περιλαμβάνει αναλυτικά τις ανωτέρω παραμέτρους, δύναται να διαιρεθεί σε τέσσερις φάσεις, με τις επί μέρους για κάθε φάση εργασίας ως εξής:

5.1. Αναγνωριστική γεωλογική μελέτη (α' φάση μελέτης)

Στο πλαίσιο της μελέτης αυτής περιλαμβάνονται:

- (1) Συγκέντρωση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών για την υπό εξέταση περιοχή. (Στοιχεία γεωλογικά, υδρογεωλογικά, γεωτεχνικά, σεισμολογικά, μεταλλευτικά κ.λ.π.).
- (2) Γεωλογική χαρτογράφηση της ευρύτερης ζώνης (Λεκάνη απορροής, λεκάνη κατακλύσεως και θέση φράγματος) σε κλίμακα 1:50.000 - 1:25.000. Κατ'αυτήν θα επισημανθούν τα διάφορα προβλήματα από την ανάλυση των γεωλογικών συνθηκών-τεκτονικής δομής και ιδιαίτερα αυτά που έχουν σχέση με τη στεγανότητα της περιοχής και την ευστάθεια των πρανών. Η γεωλογική χαρτογράφηση συνοδεύεται από γεωλογικές μηκοτομές σε κλίμακα 1:50.000/1:5.000 ή 1:25.000/1:2.500, καθώς και εγκάρσιες γεωλογικές τομές σε ορισμένες θέσεις, κυρίως προβληματικές.
- (3) Εντοπισμός κατ'αρχήν των υλικών κατασκευής και αποτύπωσή τους στο χάρτη.

- (4) Καθορισμός των περιοχών ενδιαφέροντος, στα όρια της λεκάνης κατακλύσεως, όπως πόλεις, οικισμοί, αρχαιολογικοί χώροι.
- (5) Έκθεση που θα περιλαμβάνει:
 - Γεωμορφολογικά στοιχεία της περιοχής (κλίσεις πρανών, φυτοκάλυψη, μορφολογικό ανάγλυφο).
 - Γεωλογικά στοιχεία (γεωλογική κατασκευή, τεκτονική δομή, πιθανά προβλήματα, στεγανότητα, ευστάθεια πρανών).
 - Υδρογεωλογικές παρατηρήσεις σχετικά με τα υπόγεια και επιφανειακά νερά.
 - Παρατηρήσεις σχετικές με τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων.
 - Χαρακτηριστικές φωτογραφίες της περιοχής και ιδιαίτερα των ζωνών που θεωρούνται προβληματικές.
 - Προτεινόμενη, με βάση τη γεωλογική θεώρηση, θέση του φράγματος και τύπος αυτού. Προτάσεις για πιθανές εναλλακτικές λύσεις.
 - Θέση των υλικών κατασκευής και περιγραφή αυτών (ποιοτική, ποσοτική).
 - Πρόγραμμα, πλήρως αιτιολογημένο, περαιτέρω ερευνών (γεωλογικών, γεωτεχνικών, κ.λ.π.).

5.2. Κυρίως γεωλογική μελέτη (β' φάση μελέτης)

- (1) Λεπτομερής γεωλογική χαρτογράφηση της λεκάνης κατακλύσεως, υπό κλίμακα 1:2.000.
- (2) Γεωλογική χαρτογράφηση της ζώνης θεμελιώσεως και αγκυρώσεως του φράγματος (εκατέρωθεν του προβλεπόμενου άξονα) σε κλίμακα 1:1.000 τουλάχιστον.
- (3) Χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:500 έως 1:100 σε ζώνες που θεωρούνται, με βάση τις προηγούμενες έρευνες και εκτιμήσεις, ως πλέον ευπαθείς και προβληματικές ή θέσεις όπου θα θεμελιωθεί ο υπερχειλιστής, τα αντερείσματα αγκυρώσεως του φράγματος κ.λ.π. Οι παραπάνω χαρτογραφήσεις θα συνοδεύονται από γεωλογικές μηκοτομές σε αντίστοιχες κλίμακες, ήτοι 1:5.000/1:500, 1:1.000/1:100, 1:500/1:50. Επίσης εγκάρσιες γεωλογικές τομές σε ορισμένες χαρακτηριστικές θέσεις της περιοχής που χαρτογραφήθηκε.
- (4) Ανάλυση της τεκτονικής δομής της περιοχής και σύνταξη τεκτονοδιαγραμμάτων σε ορισμένες θέσεις.
- (5) Πρόγραμμα για τις γεωτεχνικές εργασίες που προτείνεται να εκτελεσθούν και που αποσκοπούν στην καλύτερη γνώση των συνθηκών (γεωλογικών, γεωτεχνικών, υδρογεωλογικών) στην περιοχή της λεκάνης κατακλύσεως της ζώνης θεμελιώσεως του φράγματος. Ειδικότερα το πρόγραμμα αυτό περιλαμβάνει:
 - Αριθμό και θέσεις γεωτρήσεων με όλα τα χαρακτηριστικά τους (βάθος, κλίση, διάμετρος, δειγματοληψία, εισπιέσεις, κ.λ.π.).
 - Αριθμό, θέσεις και λοιπά χαρακτηριστικά ερευνητικών φρεάτων, ορυγμάτων ή και στοών.
 - Θέσεις και δίκτυο γεωφυσικών διασκοπήσεων.
 - Επισήμανση ορισμένων προβλημάτων που πιθανώς χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση.
- (6) Τεχνική έκθεση. Σ'αυτή αναλύονται και αξιολογούνται όλα τα στοιχεία από τις ανωτέρω εργασίες της αναγνωριστικής και της κύριας φάσης της γεωλογικής μελέτης.

5.3. Ερευνητικές εργασίες (γ' φάση μελέτης)

Στο πλαίσιο του σταδίου αυτού εκτελούνται οι ερευνητικές εργασίες που προτείνονται στη β' φάση της μελέτης και αξιολογούνται τα αποτελέσματά τους. Πρέπει να επισημανθεί ότι για ορισμένες ερευνητικές εργασίες (π.χ. γεωτρήσεις, γεωφυσικές διασκοπήσεις) είναι πιθανόν να κριθεί απαραίτητη η εκτέλεσή τους στο προηγούμενο στάδιο (β' φάση).

Είναι πιθανόν μετά την ανάλυση και σύνθεση των στοιχείων της λεπτομερούς έρευνας και μετά από την συνεκτίμηση των προβλημάτων σε συνεργασία με τον μελετητή των έργων, να απαιτηθούν συμπληρωματικές ερευνητικές εργασίες.

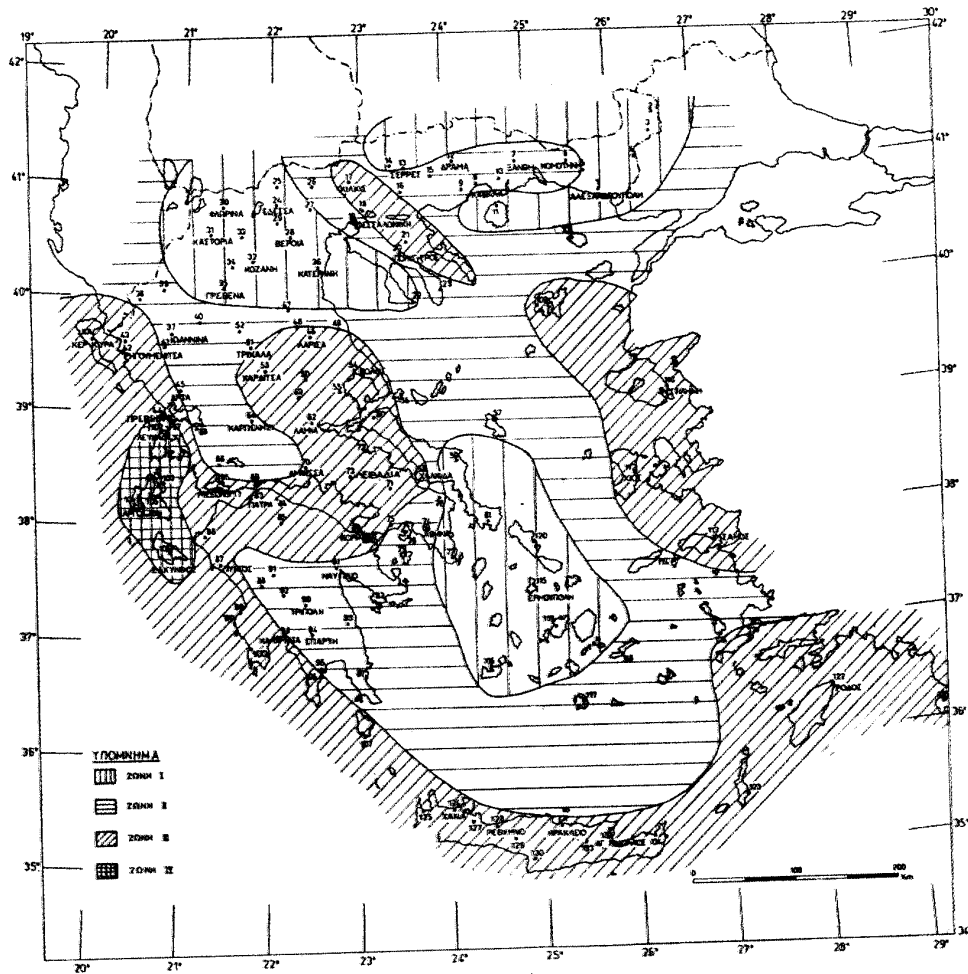
Η συμβολή του γεωλόγου στο στάδιο αυτό είναι τελείως απαραίτητη για να αξιολογηθούν τα στοιχεία των ερευνητικών εργασιών (τομές γεωτρήσεων και ορυγμάτων, χαρτογραφήσεις στοών και τάφρων) και να αναπροσαρμόζεται το πρόγραμμα έρευνας ανάλογα με τα στοιχεία που έρχονται σε φώς.

Η β' φάση και γ' φάση συνθέτουν την οριστική γεωλογική μελέτη και η τεχνική έκθεση που υποβάλλεται περιλαμβάνει τα στοιχεία των δύο επί μέρους εκθέσεων, με την πλήρη αξιολόγηση αυτών και τις τελικές παρατηρήσεις για τα αναμενόμενα προβλήματα και τις προτεινόμενες λύσεις.

5.4. Στάδιο κατασκευής (δ' φάση μελέτης)

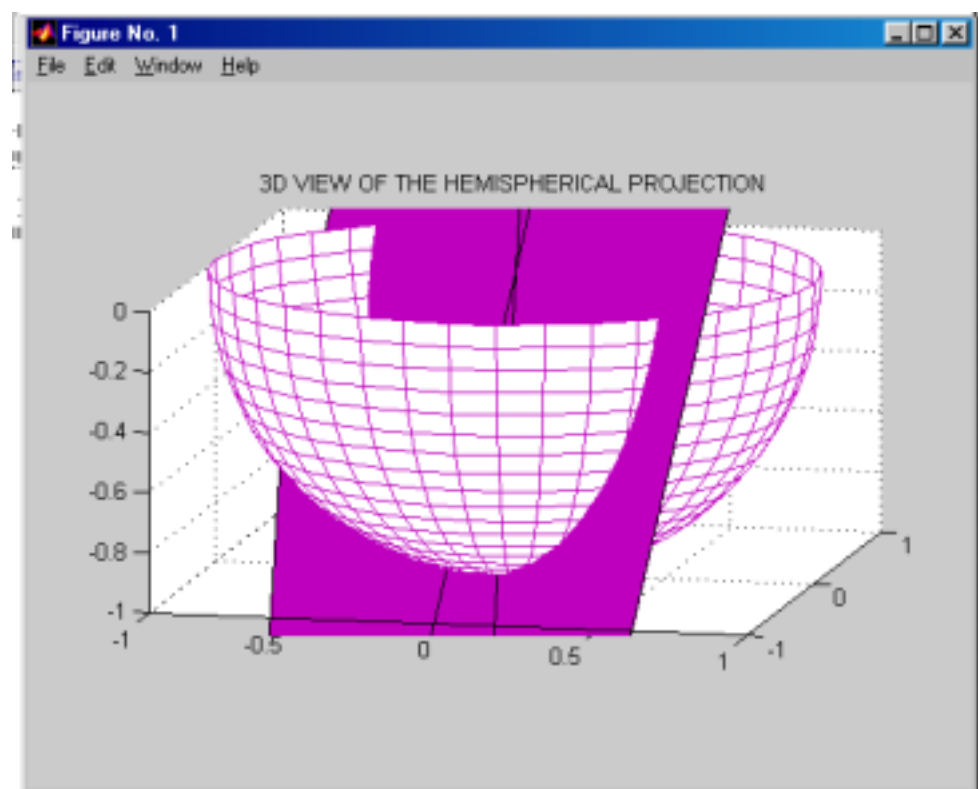
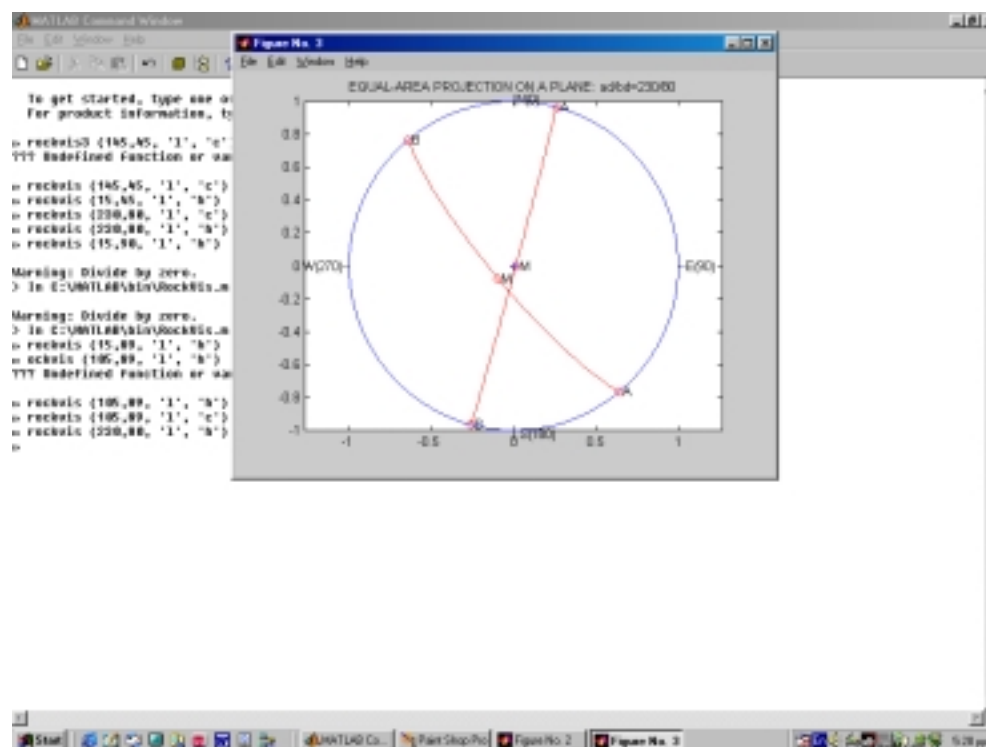
Οι εργασίες του σταδίου αυτού και κυρίως αυτές που αφορούν θεμελιώσεις και διανοίξεις υπογείων έργων πρέπει να βρίσκονται κάτω από την παρακολούθηση του γεωλόγου. Με τα στοιχεία που αποκαλύπτονται κατά τις εκσκαφές και σε συνεργασία του γεωλόγου και του μελετητή μηχανικού διερευνώνται προβλήματα που ανακύπτουν, βάσει της από κοινού αξιολογήσεως των νέων στοιχείων που έρχονται στο φώς.

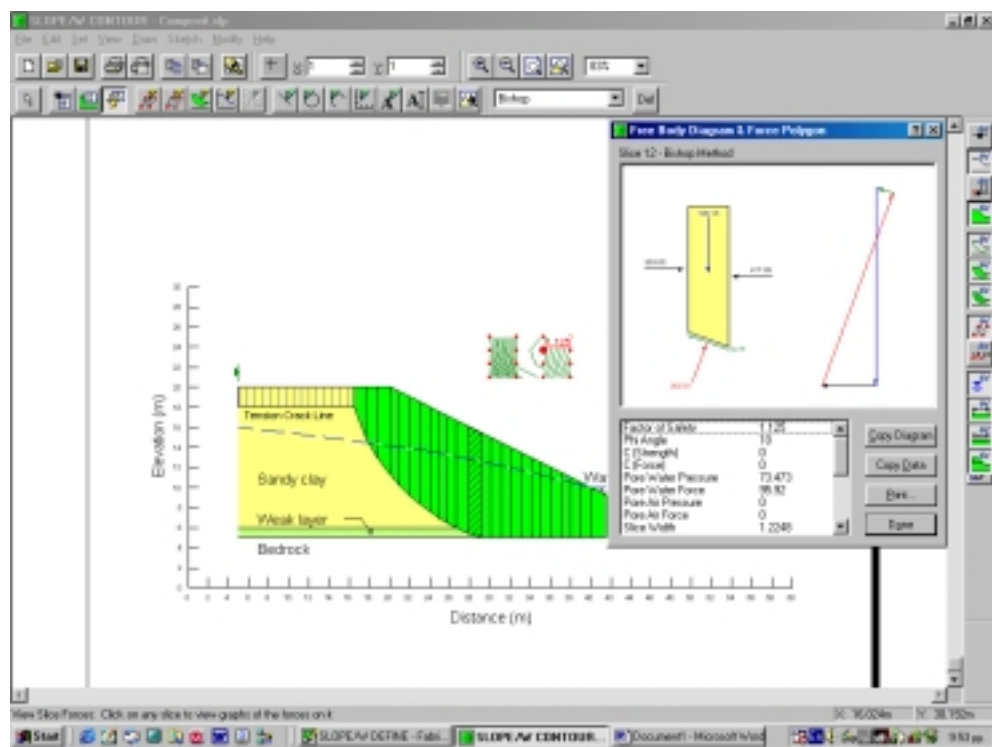
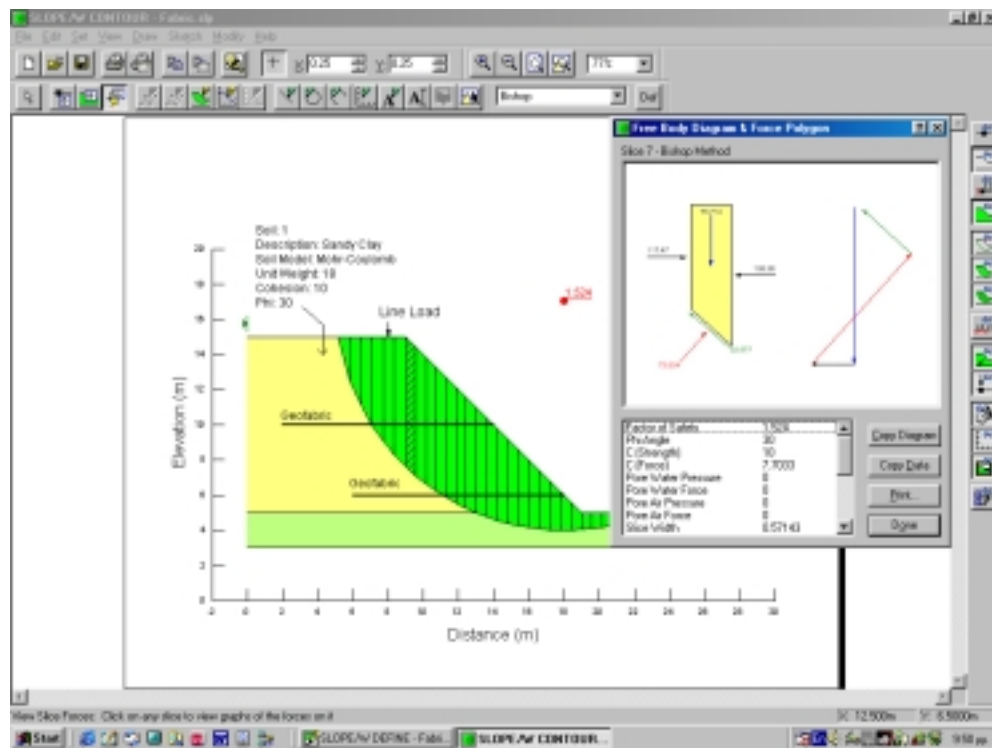
Ο γεωλόγος εξ άλλου θα συντάξει το γεωλογικό χάρτη της ζώνης θεμελιώσεως του φράγματος μετά την εκσκαφή, στον οποίο θα περιέχονται τα εξής στοιχεία: σημαντικές διαρρήξεις, διακλάσεις, ρήγματα και ζώνες αυτών, περιγραφή των εδαφικών και βραχωδών σχηματισμών, παρουσία πηγών, διεύθυνση και κλίση των στρωμάτων για τους διάφορους σχηματισμούς και γενικά κάθε χαρακτήρας που θα μπορούσε να επηρεάσει την κατασκευή. Αυτός ο χάρτης μπορεί να αποδειχθεί πολύ χρήσιμος σε περίπτωση πιθανών προβλημάτων, όπως διαρροές, διαφορικές καθιζήσεις ή τοπική αστάθεια κ.λ.π.

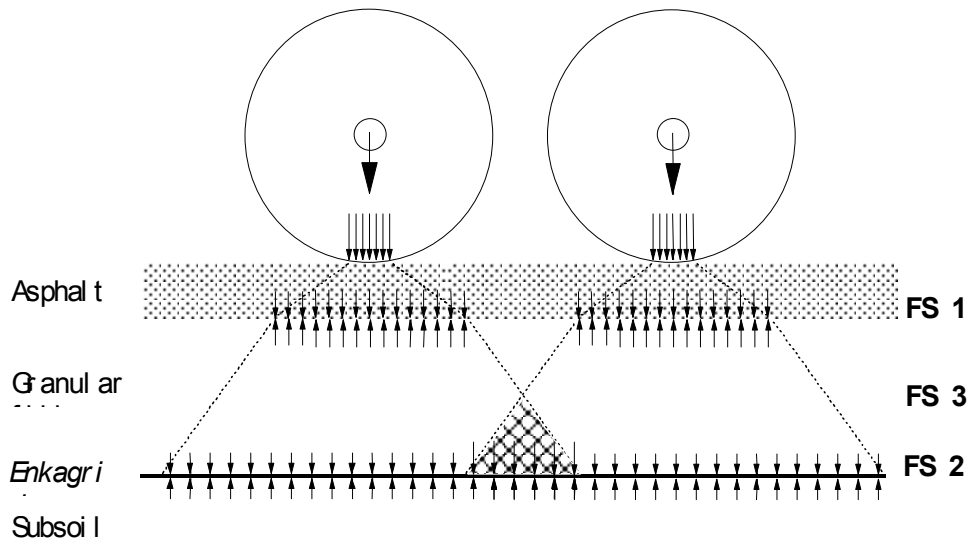
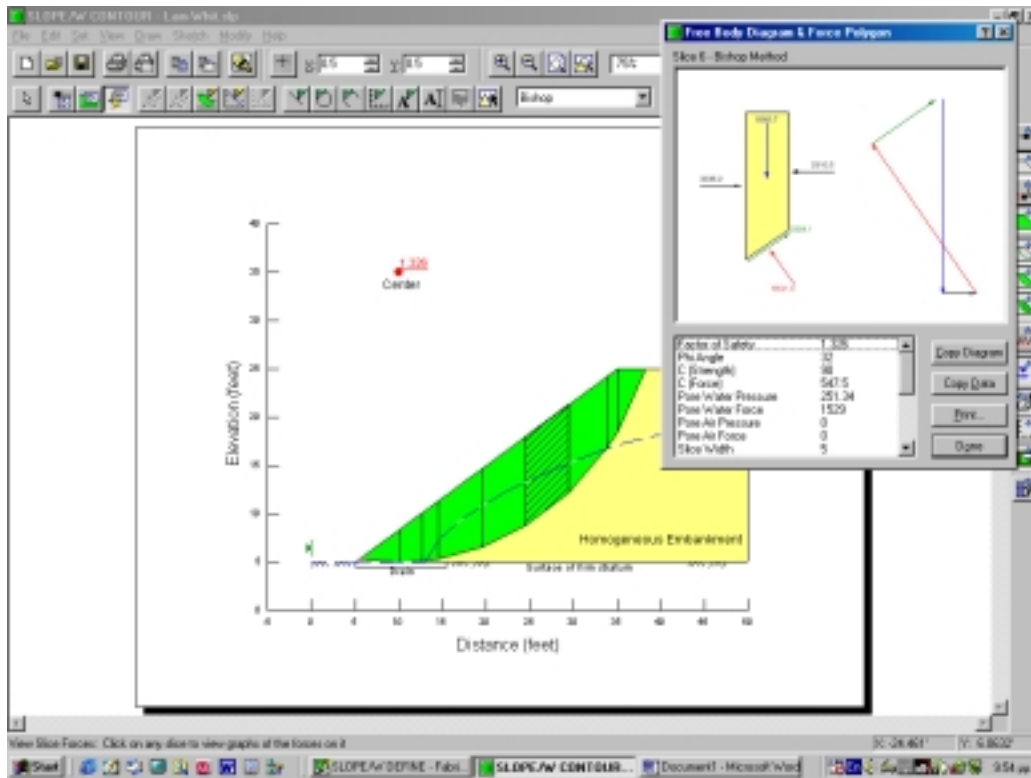


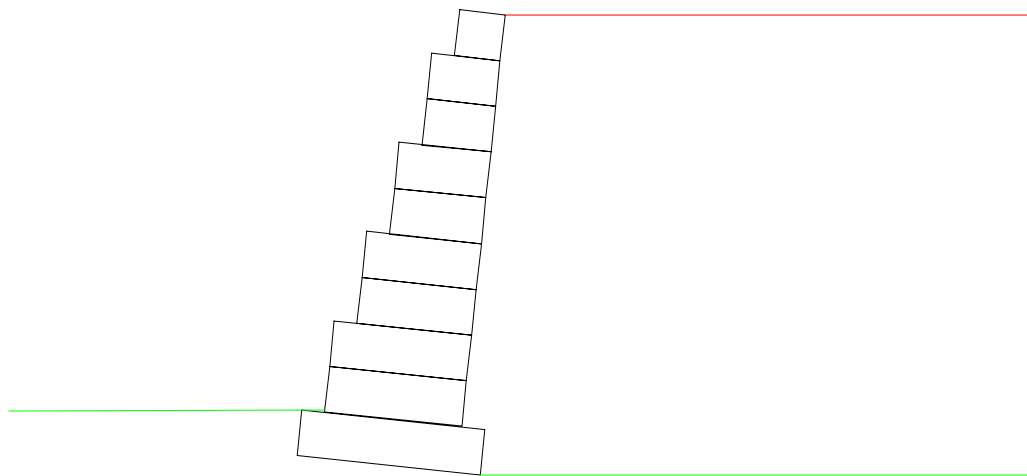
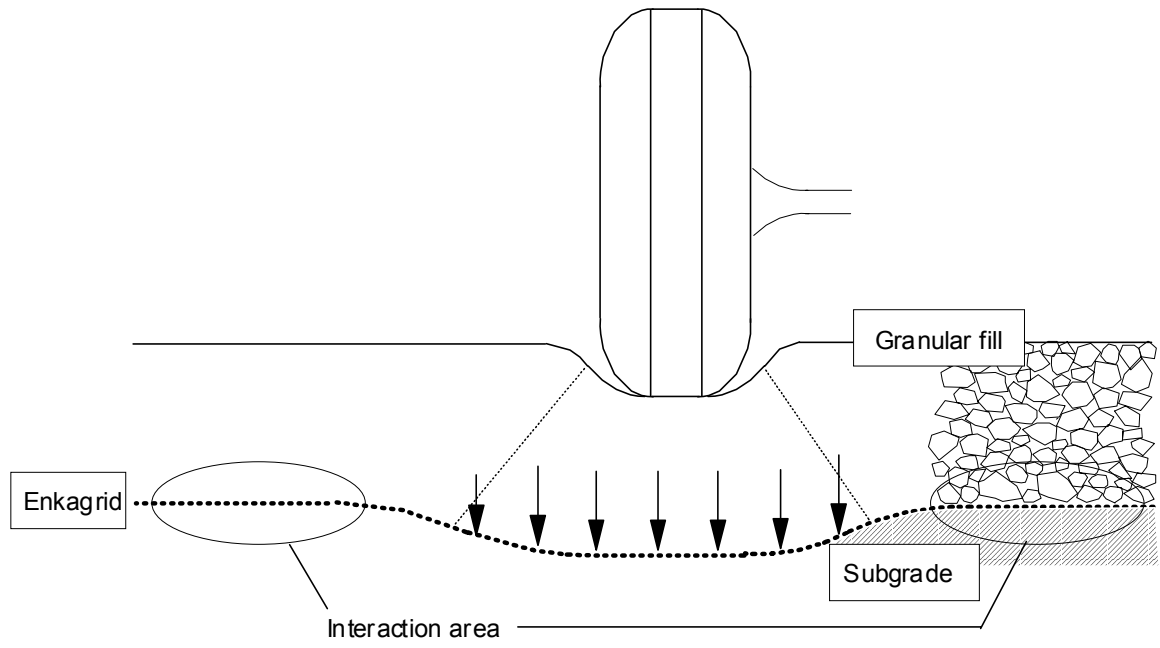
Σχήμα 2.2: Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδος

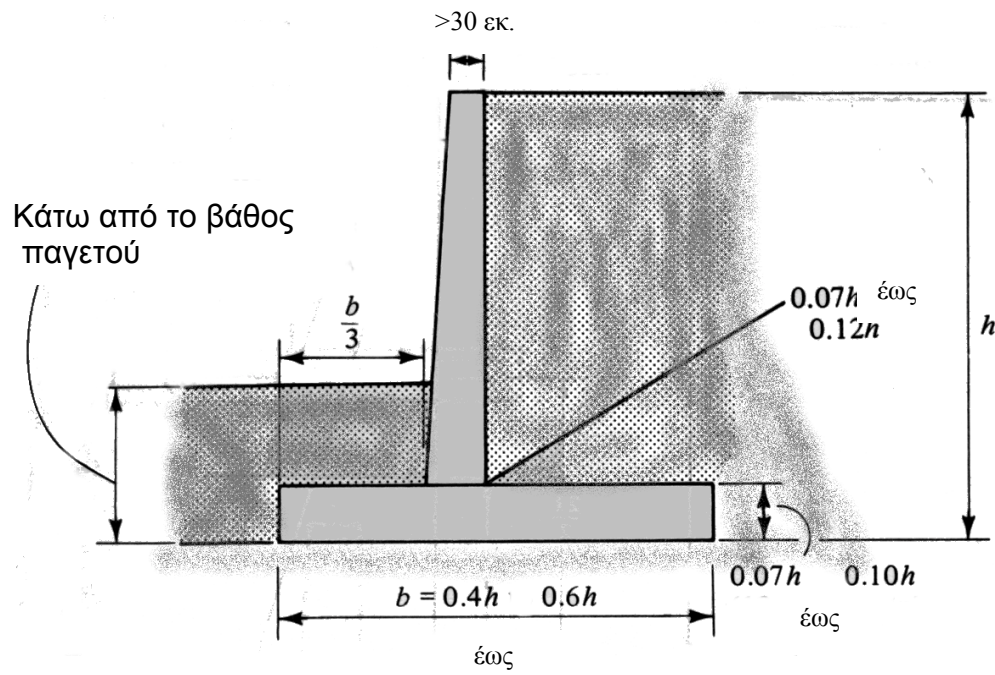


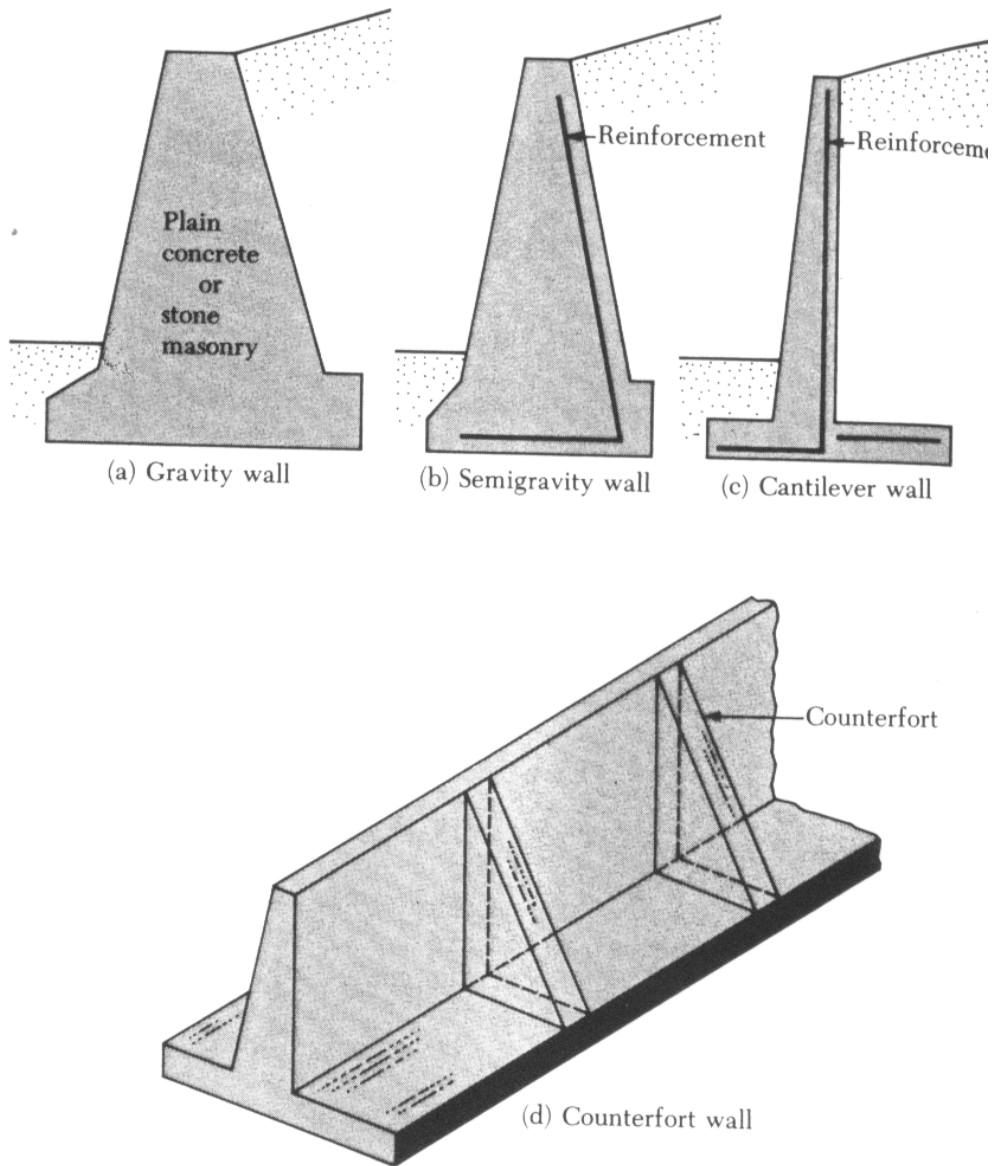




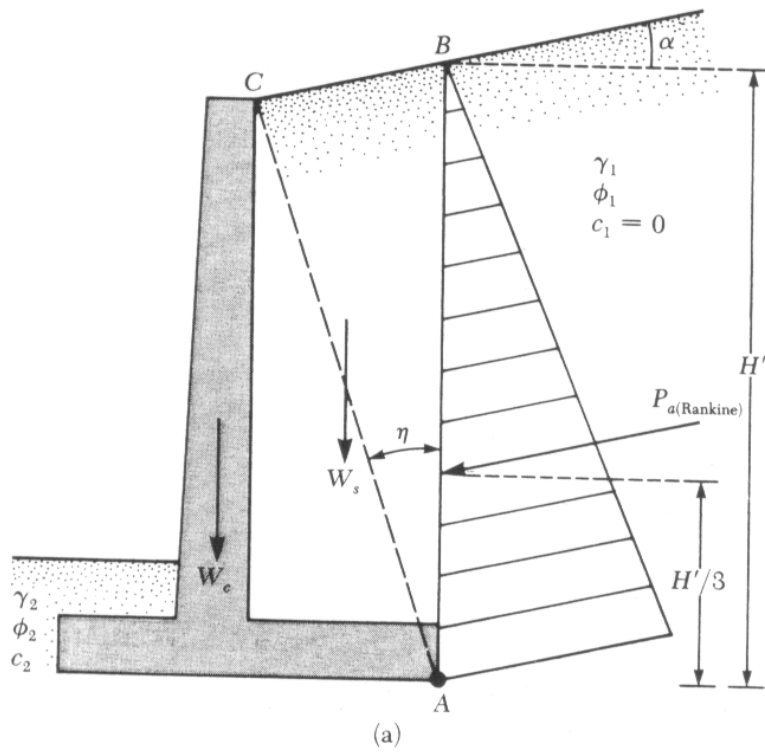




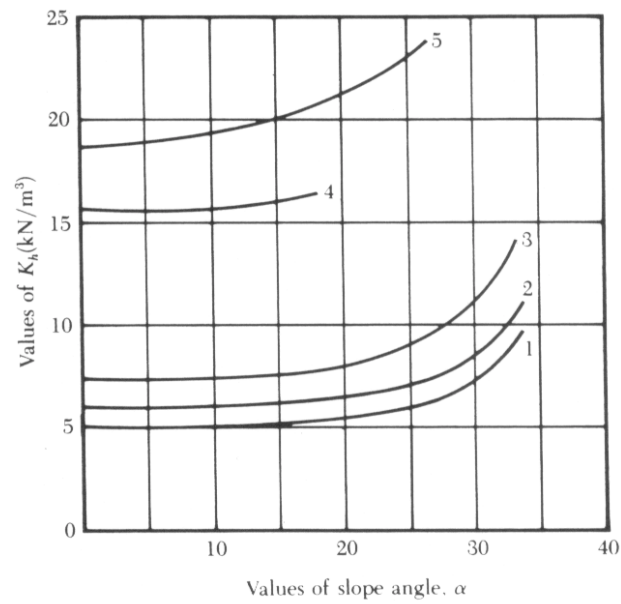
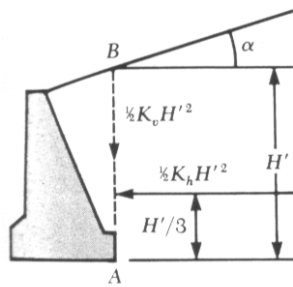
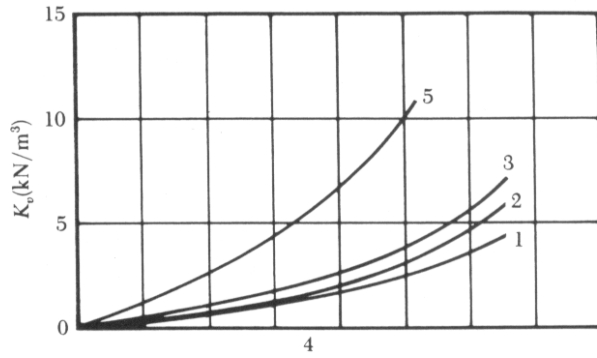
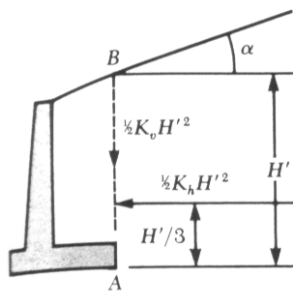




▼ FIGURE 7.1 Types of retaining wall

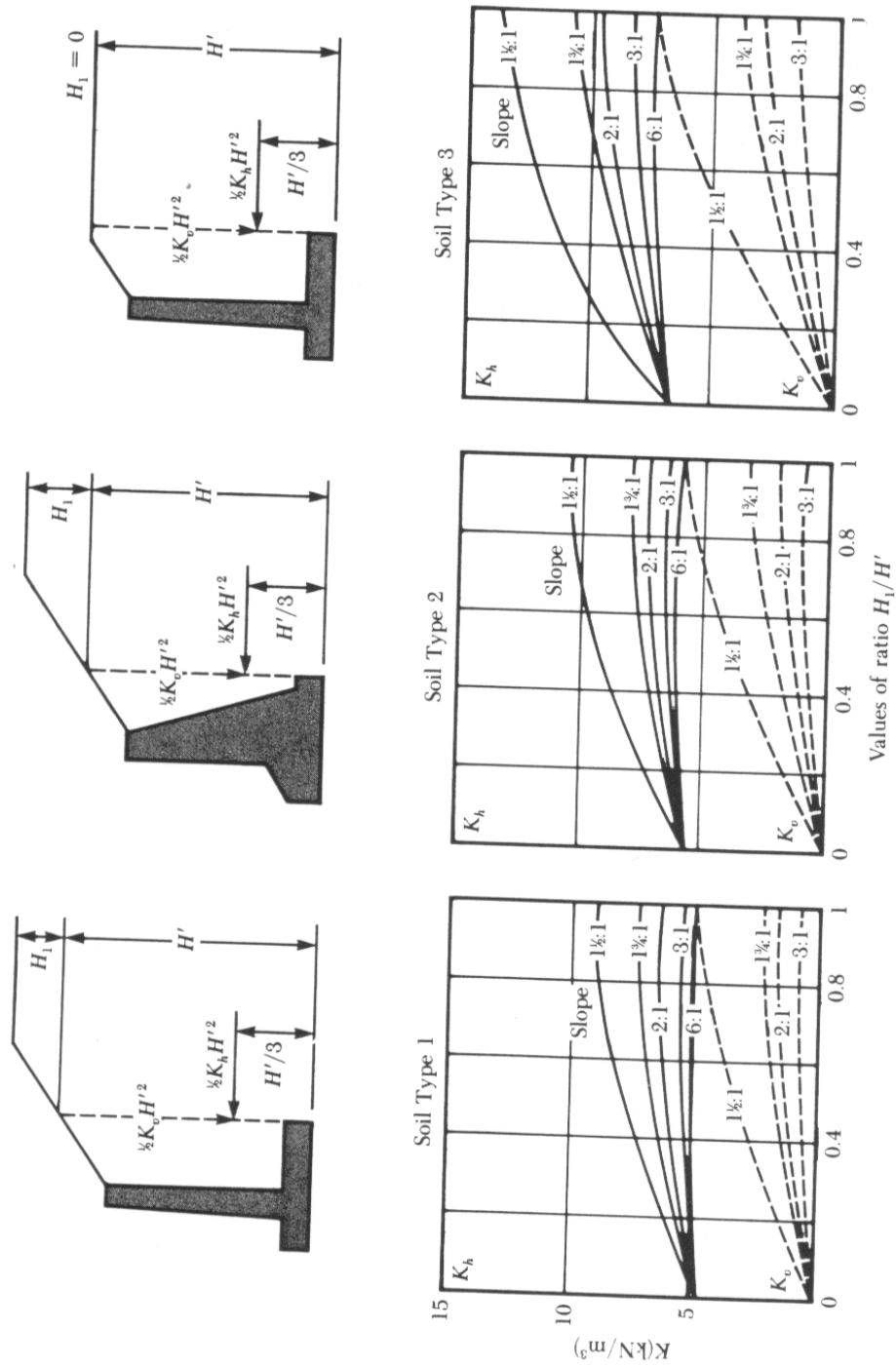


▼ FIGURE 7.3 Assumption for the determination of lateral earth pressure: (a) cantilever wall; (b) and (c) gravity wall

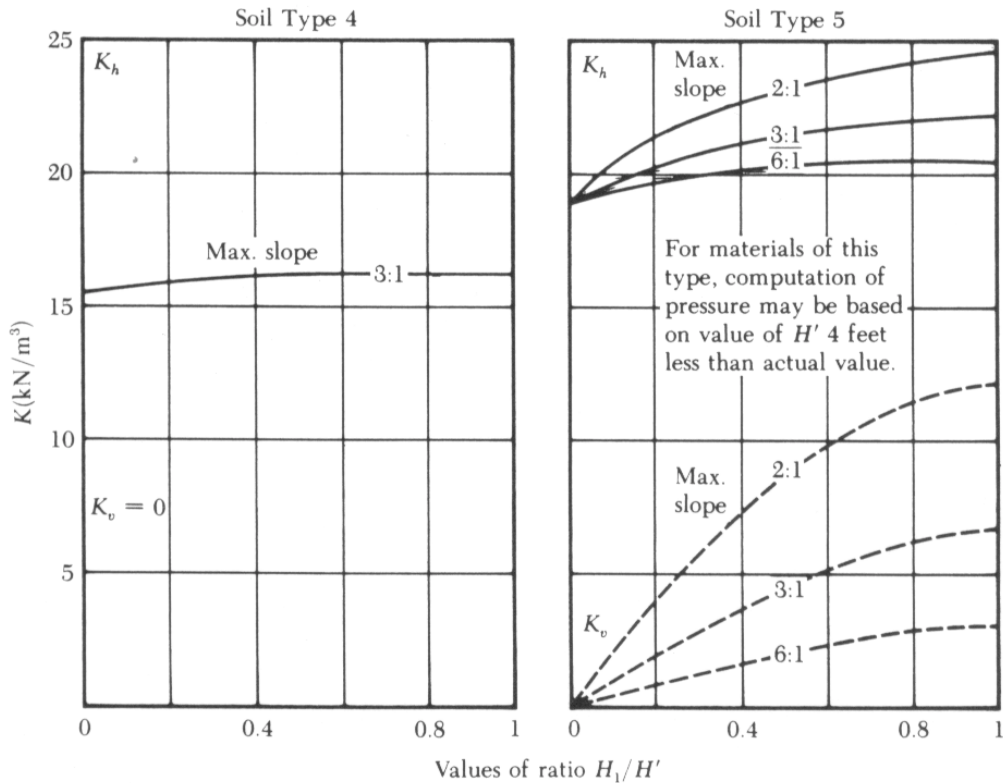


Note: Numerals on curves indicate soil types as described in Table 7.1 For materials, type-5 computations of pressure may be based on value of H' 1.3 m less than actual value.

▼ FIGURE 7.4 Chart for estimating pressure of backfill against retaining walls supporting backfills with plane surface (after *Soil Mechanics in Engineering Practice*, Second Edition, by K. Terzaghi and R. B. Peck. Copyright 1967 by John Wiley and Sons. Reprinted with permission) (note: $1 \text{ kN/m}^3 = 6.361 \text{ lb/ft}^3$)



▼ FIGURE 7.4 (Continued)

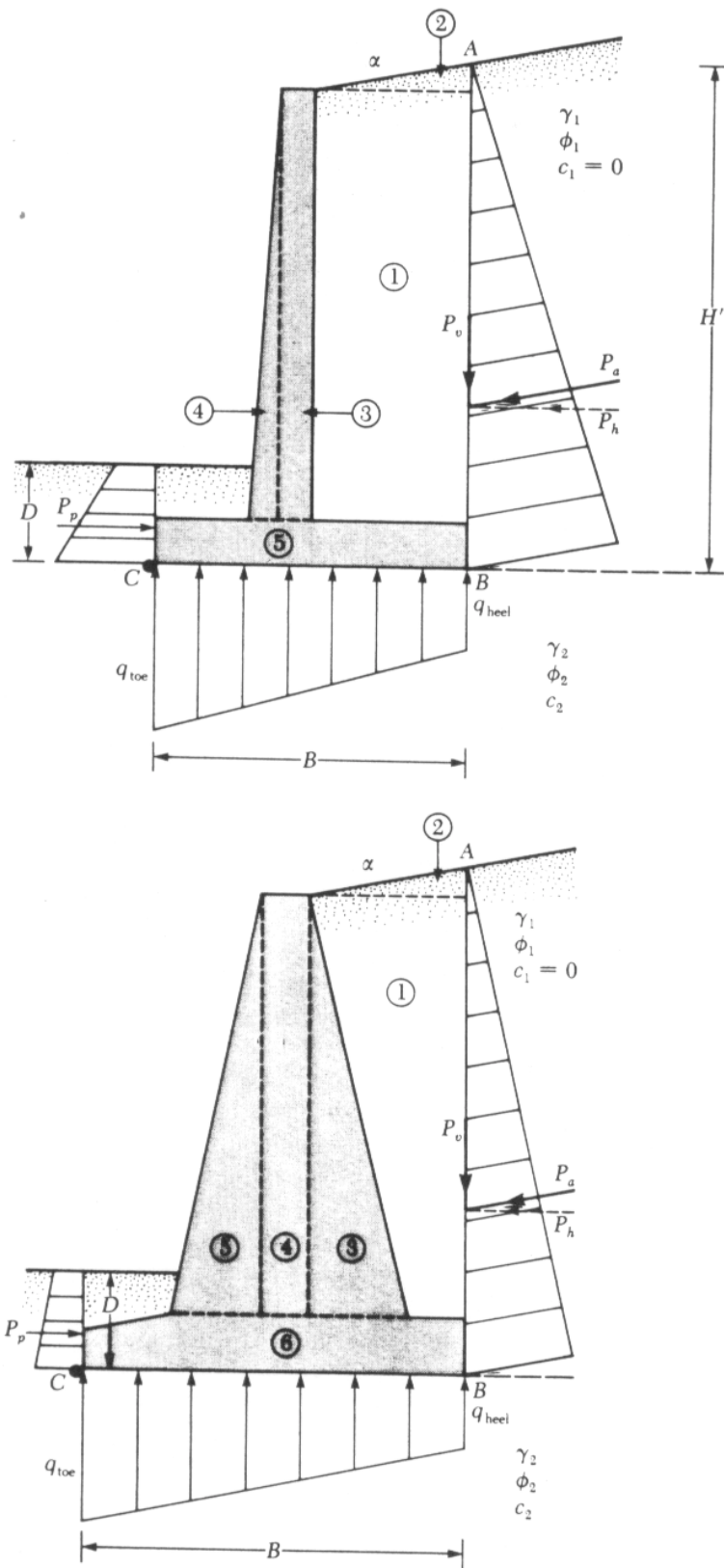


▼ FIGURE 7.5 Chart for estimating pressure of backfill against retaining walls supporting backfills with surface that slopes upward from crest of wall for limited distance and then becomes horizontal (after *Soil Mechanics in Engineering Practice*, Second Edition, by K. Terzaghi and R. B. Peck. Copyright 1967 by John Wiley and Sons. Reprinted with permission) (note: $1 \text{ kN/m}^3 = 6.361 \text{ lb/ft}^3$)

ΠΙΝΑΞ 46.1

ΤΥΠΟΙ ΕΠΙΧΩΣΕΩΝ ΔΙΑ ΤΟΙΧΟΥΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΩΣ

1. Χονδρόκοκον έδαφος με προσμίξεις λεπτών έδαφικών σωματιδίων. Λίαν διαπερατόν (καθαρά άμμος ή χάλικες).
2. Χονδρόκοκον έδαφος με μικράν διαπερατότητα, όφειλομένην εις πρόσμιξιν σωματιδίων μεγέθους ίλύος.
3. Αυτόχθον έδαφος μετά λίθων, λεπτής ίλυώδους άμμου και κοκκωδών ύλικών με έμφανή περιεκτικότητα εις άργιλον.
4. Λίαν μαλακή ή άπλωσ μαλακή άργιλος, όργανική ίλύς ή ίλυώδης άργιλος.
5. Μέση ή στιφρά άργιλος, άποτεθεισα εις βάλους και προστατευόμενη καταλλήλως ώστε κατά την διάρκεια των πλημμυρών ή ραγδαίων βροχών να μην εισχωρούν εις τά μεταξύ των βάλων διάκενα παρά άμελητέαι ποσότητες ύδατος. Έάν δέν είναι δυνατή ή έκπλήρωσις τής συνθήκης ταύτης, ή άργιλος δέν πρέπει να χρησιμοποιηται ως ύλικόν έπιχώσεως. Αύξανόμενης τής στιφρότητος τής άργιλου, ό κίνδυνος καταστροφής του τοίχου συνεπεία διηθήσεως ύδατος καθίσταται συνεχώς μεγαλύτερος.



▼ FIGURE 7.6 Check for overturning; assume that Rankine pressure is valid

2.5. ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

2.5.1. Εισαγωγή

Το έδαφος περιέχει κόκκους διαφόρων μεγεθών και σε διάταξη που ποικίλλει. Από αυτή τη σύνθεση και τη δομή του εξαρτώνται οι μηχανικές του ιδιότητες, δηλαδή η αντοχή του και οι καθιζήσεις που εκδηλώνονται όταν ασκηθούν σε αυτό δυνάμεις.

Θα εξετάσουμε χωριστά τα φυσικά χαρακτηριστικά των άμμων και των χαλικιών, τα οποία είναι εδάφη χωρίς συγκόλληση μεταξύ των κόκκων, και χωριστά τα Χαρακτηριστικά των ιλύων και των αργίλων, που είναι εδάφη με συγκόλληση μεταξύ των κόκκων τους. Τα πρώτα τα ονομάζουμε **«μη συνεκτικά εδάφη»** ή **«εδάφη χωρίς συνοχή»**, ενώ τα δεύτερα τα ονομάζουμε **«συνεκτικά εδάφη»**.

2.5.2. Εδάφη χωρίς συνοχή

Τα εδάφη χωρίς συνοχή χαρακτηρίζονται από την κοκκομετρική τους διαβάθμιση, δηλαδή από το ποσοστό στο οποίο περιέχονται κόκκοι κάποιας διαμέτρου, και από έναν δείκτη που ονομάζεται σχετική πυκνότητα και που μετράει το πόσο πυκνή ή αραιή είναι η διάταξη των κόκκων.

2.5.2.1. Κοκκομετρική ανάλυση

Η κοκκομετρική ανάλυση είναι μία από τις πλέον βασικές μεθόδους κατάταξης των εδαφών και χρησιμοποιείται διεθνώς. Η καταλληλότητα ενός εδάφους ως υλικού θεμελίωσης ή ως δομικού υλικού εξαρτάται από την κοκκομετρική ανάλυση, δηλαδή από τον προσδιορισμό της συμμετοχής των διαμέτρων των κόκκων, ως ποσοστών, στο συνολικό όγκο του θεωρούμενου εδάφους.

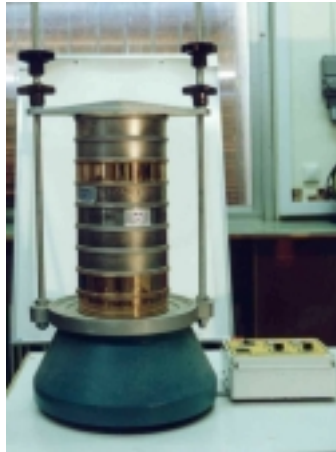
Οι πληροφορίες που παίρνουμε από την κοκκομετρική ανάλυση μας διευκολύνουν να προβλέψουμε τη συμπεριφορά των εδαφών, όσον αφορά στην αντοχή και στην παραμόρφωση, να συμπεράνουμε τη δυνατότητα

κίνησης του υπόγειου νερού (διήθηση) μέσα από τα κενά μεταξύ των κόκκων και να εκτιμήσουμε την επιρροή του παγετού στο έδαφος.

Στη συνέχεια περιγράφονται ο απαιτούμενος εξοπλισμός και η διαδικασία της διεξαγωγής της ανάλυσης.

2.5.2.1.1. Απαιτούμενος εξοπλισμός:

1. Συσκευή κοσκινίσματος (Φωτ. 6).



Φωτ. 6. Συσκευή κοσκινίσματος

2. Σειρά κόσκινων.

Μία ακολουθία κόσκινων δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:
Πίνακας 1

Αριθμός κόσκινου (No.)	Διάμετρος D (mm)
	75
	6,3
4	4,75
10	2,0
20	0,85
40	0,425
100	0,150
200	0,075



Φωτ. 7 Κόσκινα No. 200 και No. 4



Φωτ. 8 Κόσκινα διαμέτρου $D=6,3\text{mm}$ και $D=75\text{mm}$

Τα κόσκινα Νο. 4 και Νο. 200 (Φωτ. 7) έχουν διαμέτρους που διαχωρίζουν τα χαλίκια από την άμμο και την ιλύ αντίστοιχα. Στη Φωτογραφία 8 φαίνονται τα δύο κόσκινα με τις μεγαλύτερες διαμέτρους, τα οποία συγκρατούν τα χαλίκια.

Για τα υλικά που διέρχονται από το κόσκινο Νο. 200 – ιλύες και άργιλοι – ακολουθείται άλλη διαδικασία κοκκομετρικής ανάλυσης με τη μέθοδο του αραιόμετρου, η οποία βασίζεται στο Νόμο του Stokes.

3. **Γουδί και γουδοχέρι.**

4. **Ζυγαριά με ακρίβεια 2 δεκαδικών ψηφίων.**

2.5.2.1.2. Προδιαγραφές:

1. «Προδιαγραφές Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής» (Ε 105-86), δημοσιευμένες στο Φύλλο της Εφημερίδας της Κυβερνήσεως Φ.Ε.Κ. αρ. 955/31-12-86, τεύχος δεύτερο.
2. Αμερικανική Προδιαγραφή ASTM D422-1980.

2.5.2.1.3. Διαδικασία:

- Τοποθετούνται τα κόσκινα στη συσκευή με τις διαμέτρους να αυξάνουν από κάτω προς τα άνω.
- Αν το δείγμα είναι κυρίως άμμος, επιλέγουμε μία ποσότητα 500 γραμμαρίων το οποίο έχει ξηρανθεί. Αν το δείγμα περιέχει χαλίκια, τότε επιλέγεται ποσότητα 1500 έως 5000 γραμμαρίων ανάλογα με τη διάμετρο των κόκκων.
- Τοποθετούμε το δείγμα εδάφους στο επάνω κόσκινο (με τη μεγαλύτερη διάμετρο).
- Κοσκινίζουμε το δείγμα, ενεργοποιώντας το δονητή της συσκευής, για 5 έως 10 λεπτά.
- Αφαιρούμε τα κόσκινα και τα ζυγίζουμε μαζί με την ποσότητα εδάφους που έχουν συγκρατήσει.
- Υπολογίζουμε το ποσοστό του συγκρατούμενου υλικού σε κάθε κόσκινο διαιρώντας το βάρος του συγκρατούμενου με το συνολικό βάρος του δείγματος.

- Υπολογίζουμε το ποσοστό του διερχόμενου ξεκινώντας από το 100% και αφαιρώντας σταδιακά το ποσοστό του συγκρατούμενου σε κάθε κόσκινο. Παράδειγμα: Έστω δείγμα 500 gr. Βρέθηκε ότι στο κόσκινο Νο. 4 συγκρατήθηκε ποσότητα δείγματος 9,7gr. Άρα, το διερχόμενο ήταν $500 - 9,7 = 490,3$ gr. Το ποσοστό συγκρατούμενου είναι $9,7/500 = 1,9\%$, ενώ το ποσοστό του διερχόμενου είναι $490,3/500 = 98,1\%$ ($=100\% - 1,9\%$).
- Τοποθετούμε τα αποτελέσματα των υπολογισμών μας σε ημιλογαριθμικό διάγραμμα (Σχ. 3) και σχεδιάζουμε την καμπύλη που διέρχεται από τα σημεία.

Στην καμπύλη που σχεδιάσαμε βρίσκουμε τα εξής χαρακτηριστικά μεγέθη:

- **Ενεργός διάμετρος D_{10}** , η οποία ορίζεται ως η διάμετρος από την οποία διέρχεται το 10% του δείγματος. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη καθώς συνδέεται με τη δυνατότητα ροής του νερού μέσα στο έδαφος. Μικρή τιμή της ενεργού διαμέτρου δείχνει ότι το έδαφος περιέχει μεγάλο ποσοστό λεπτόκοκκου υλικού. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ιδιότητες του εδάφους επηρεάζονται σημαντικά από το λεπτόκοκκο υλικό που περιέχει.

- **Συντελεστής ομοιομορφίας C_u** , ο οποίος ορίζεται ως το πηλίκο

$$C_u = D_{60}/D_{10},$$

όπου D_{60} δηλώνει τη διάμετρο από την οποία διέρχεται το 60% του δείγματος. Μεγάλη τιμή του συντελεστή δηλώνει ότι τα μεγέθη των κόκκων είναι καλά διαβαθμισμένα από τους μικρότερους κόκκους προς τους μεγαλύτερους. Έδαφος με συντελεστή ομοιομορφίας ίσο προς 1 αποτελείται από κόκκους της ίδιας διαμέτρου. Εδάφη με συντελεστή $C_u < 5$ είναι σχετικά ομοιόμορφα, ενώ, εάν είναι $C_u > 5$, καλούνται καλά διαβαθμισμένα.

- **Συντελεστής καμπυλότητας C_c** , ο οποίος ορίζεται ως το πηλίκο

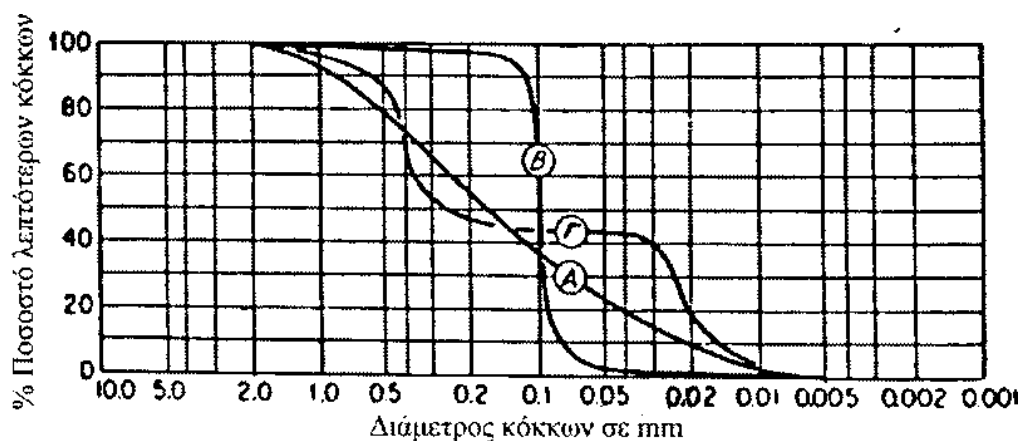
$$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60})$$

Ο συντελεστής αυτός είναι ένα μέτρο της καμπυλότητας της καμπύλης μεταξύ των σημείων D_{60} και D_{10} .

2.5.2.1.4. Ερμηνεία της κοκκομετρικής καμπύλης:

Από τη μορφή της κοκκομετρικής καμπύλης παίρνουμε χρήσιμες πληροφορίες για τις ιδιότητες του εδάφους. Στο Σχήμα 3 φαίνονται οι κοκκομετρικές καμπύλες Α, Β και Γ τριών εδαφών. Από τη μορφή τους μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το έδαφος Α είναι καλά διαβαθμισμένο.

Αυτό σημαίνει ότι οι λεπτοί κόκκοι εισχωρούν στα κενά μεταξύ των μεγαλύτερων κόκκων με αποτέλεσμα το έδαφος να έχει αντοχή στη διάβρωση, να μπορεί να συμπυκνώνεται καλά, να παρουσιάζει μεγάλη αντοχή και να παραμορφώνεται λίγο. Η καμπύλη Β δείχνει ότι το έδαφος έχει κακή διαβάθμιση, καθώς επικρατεί ένα μέγεθος διαμέτρου, με συνέπεια να παρουσιάζει μεγάλα κενά. Επομένως, θα έχει μικρότερη αντοχή και θα παραμορφώνεται. Τέλος, το έδαφος Γ είναι γενικά κακής διαβάθμισης καθώς στερείται κόκκων με διαμέτρους που να καλύπτουν μεγάλο εύρος.



Σχήμα 3. Κοκκομετρικές καμπύλες

2.5.2.2. Σχετική Πυκνότητα

Ένα εδαφικό υλικό μπορεί να έχει λόγο κενών σε διάφορες τιμές. Αυτό εξαρτάται από τη δομή του, δηλαδή από τη διάταξη των κόκκων του. Πρόσφατες αποθέσεις άμμων είναι πολύ χαλαρές με αραιή διάταξη των κόκκων και με λόγο κενών που τείνει σε μία ελάχιστη τιμή. Αντίθετα, εάν η άμμος συμπυκνωθεί με έντονη δόνηση, οι κόκκοι πλησιάζουν μεταξύ τους

παίρνοντας μία πυκνή διάταξη. Ο λόγος κενών τείνει τότε σε μία μέγιστη τιμή. Αυτές οι ακραίες καταστάσεις διάταξης των κόκκων μπορούν να πραγματοποιηθούν στο εργαστήριο. Ένα χρήσιμο μέγεθος που συγκρίνει την πραγματική κατάσταση μιας άμμου με τις ακραίες τιμές της πυκνότητάς της είναι η σχετική πυκνότητα. Ορίζουμε ως σχετική πυκνότητα το πηλίκο

$$D_r = (e_{\max} - e) / (e_{\max} - e_{\min})$$

Όπου: e είναι ο πραγματικός λόγος κενών της άμμου,

e_{\max} είναι ο λόγος κενών που αντιστοιχεί στην ελάχιστη πυκνότητα (χαλαρό δείγμα-μέγιστο πορώδες) και

e_{\min} είναι ο λόγος κενών που αντιστοιχεί στη μέγιστη πυκνότητα (πυκνό δείγμα-ελάχιστο πορώδες).

Με βάση την τιμή της σχετικής πυκνότητας κατατάσσουμε ένα αμμώδες έδαφος σύμφωνα με τον Πίνακα:

Πίνακας 2

Σχετική πυκνότητα (%)	Περιγραφή εδάφους
0 – 15	Πολύ χαλαρό
15 – 35	Χαλαρό
35 – 65	Μέσης πυκνότητας
65 – 85	Πυκνό
85 - 100	Πολύ πυκνό

2.5.3. Φυσικά χαρακτηριστικά συνεκτικών εδαφών

2.5.3.1. Γενικά

Στα συνεκτικά εδάφη (ιλύες και άργιλοι) δεν είναι δυνατόν να γίνει κοσκίνισμα λόγω του πολύ μικρού μεγέθους των κόκκων. Επιπλέον τα φυσικά χαρακτηριστικά που αναφέραμε στα μη συνεκτικά εδάφη δεν συσχετίζονται με τις ιδιότητες των συνεκτικών εδαφών. Μία

παράμετρος, η οποία φαίνεται πως έχει μεγάλη επιρροή σ' αυτά τα εδάφη είναι η περιεχόμενη υγρασία και τα όρια Atterberg.

Η παρουσία του νερού είναι καθοριστική για τη μηχανική συμπεριφορά των συνεκτικών εδαφών. Μεταβάλλοντας την περιεχόμενη υγρασία παρατηρούμε ότι με την αύξησή της έχουμε μεταβολή της κατάστασης του εδάφους από τη στερεή κατάσταση στην υδαρή. Η ερμηνεία αυτής της επιρροής έγκειται στην ιδιότητα που έχουν τα πολύ λεπτόκοκκα υλικά να προσροφούν στην επιφάνεια των κόκκων τους, οι οποίοι έχουν σχήμα πλακιδίου, νερό με ισχυρές δυνάμεις.

Στη συνέχεια θα δώσουμε τους ορισμούς των ορίων Atterberg.

2.5.3.2. Όρια Atterberg

Για τα πλέον λεπτόκοκκα εδάφη, όπως είναι οι άργιλοι και οι ιλύες, οι βασικοί δείκτες για την κατάταξή τους είναι τα όρια **Atterberg**.

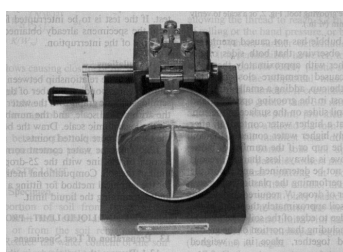
Τα όρια Atterberg είναι τιμές της περιεχόμενης υγρασίας, στις οποίες παρατηρείται μετάπτωση της κατάστασης του εδάφους από την “υγρή” στην “πλαστική” και στη συνέχεια στην “ημιστερεή” και στη “στερεή” κατάσταση.

Ειδικότερα τα όρια Atterberg ορίζονται ως εξής:

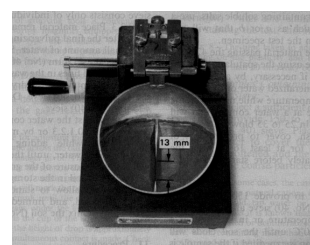
1. **Όριο υδαρότητας (LL)** : όριο υδαρότητας είναι η τιμή της περιεχόμενης υγρασίας, εξαιτίας της οποίας τα τοιχώματα διαμορφωμένης εγκοπής ενός δείγματος εδάφους, που τοποθετείται στη συσκευή Casagrande, έρχονται σε επαφή μεταξύ τους μετά από 25 κρούσεις (Φωτ. 9).



(α) Η συσκευή Casagrande



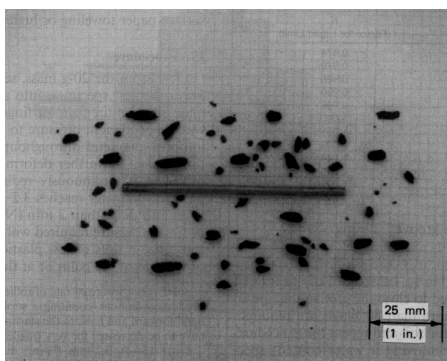
(β) Το δείγμα προ της δοκιμής



(γ) Το δείγμα μετά τη δοκιμή

Φωτ. 9. Προσδιορισμός του ορίου υδαρότητας

2. **Όριο πλαστιμότητας (PL)** : είναι η περιεχόμενη υγρασία, εξαιτίας της οποίας ένα δείγμα εδάφους αρχίζει να θρυμματίζεται σε μικρά τεμάχια όταν πλάθεται σε λεπτές ίνες, μόλις φθάσει σε διάμετρο 3mm (Φωτ. 10).



Φωτ. 10. Προσδιορισμός του ορίου πλαστιμότητας

3. **Όριο συρρίκνωσης (SL)** : είναι η περιεχόμενη υγρασία, που αντιστοιχεί στην απαιτούμενη ποσότητα ύδατος για την πλήρωση των πόρων, όταν το δείγμα έχει τον ελάχιστο του όγκου του μετά από ξήρανση. Για μικρότερη περιεκτικότητα νερού το δείγμα παύει να είναι κορεσμένο.

Μέ τη βοήθεια αυτών των ορίων προσδιορίζονται οι δείκτες:

- **Δείκτης πλαστιμότητας (PI)** : ονομάζεται η διαφορά μεταξύ των ορίων υδαρότητας και πλαστιμότητας $PI=LL-PL$.

- **Δείκτης υδαρότητας (LI)** : ονομάζεται το πηλίκο

$$LI=(w-PL)/(LL-PL),$$

- **Δείκτης συνεκτικότητας (c_r)** : ονομάζεται το πηλίκο

$$c_r=(LL-w)/(LL-PL),$$

Το όριο υδαρότητας LL και ο δείκτης πλαστιμότητας PI χρησιμεύουν στην κατάταξη των λεπτόκοκκων εδαφών με βάση το διάγραμμα Casagrande (Σχ. 4).

Επί τόπου διάκριση ιλύων και αργίλων.

- **Δοκιμή καθίζησης:** Αναμιγνύουμε δείγμα εδάφους σε ένα ποτήρι με νερό και μετράμε τον χρόνο, ο οποίος απαιτείται για να γίνει το νερό διαυγές. Εάν το έδαφος είναι ιλύς, τότε θα κατακαθίσει σε 10 έως 60 λεπτά, ενώ εάν είναι άργιλος θα περάσουν πολλές ώρες ή και ημέρες.
- **Δοκιμή αντοχής:** Αποξηραίνουμε μικρό δείγμα εδάφους και στη συνέχεια το θραύουμε με τα δάχτυλα. Εάν είναι άργιλος, τότε θραύεται σχετικά δύσκολα, ενώ η ιλύς θραύεται εύκολα. Επιπλέον εάν τρίψουμε την ιλύ αφήνει σκόνη στα δάχτυλα.
- **Δοκιμή πλαστικότητας:** Τα αργιλικά εδάφη που περιέχουν κατάλληλη ποσότητα νερού πλάθονται σε λεπτές ίνες, ενώ η ιλύς πλάθεται πολύ δύσκολα και με μεγάλη ποσότητα περιεχόμενου νερού.
- **Δοκιμή ανατάραξης:** Σε μικρή ποσότητα εδάφους προσθέτουμε νερό μέχρι να πλάθεται. Κατόπιν το εκτινάσσουμε ανάμεσα στις παλάμες μας οπότε παρατηρούμε, ότι στη μεν ιλύ η επιφάνεια του δείγματος γίνεται υγρή και λαμπρή, στη δε άργιλο δεν παρατηρούνται αυτές οι αλλαγές γιατί το νερό διασχίζει με πολλή δυσκολία τα σωματίδια της αργίλου.

2.6. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

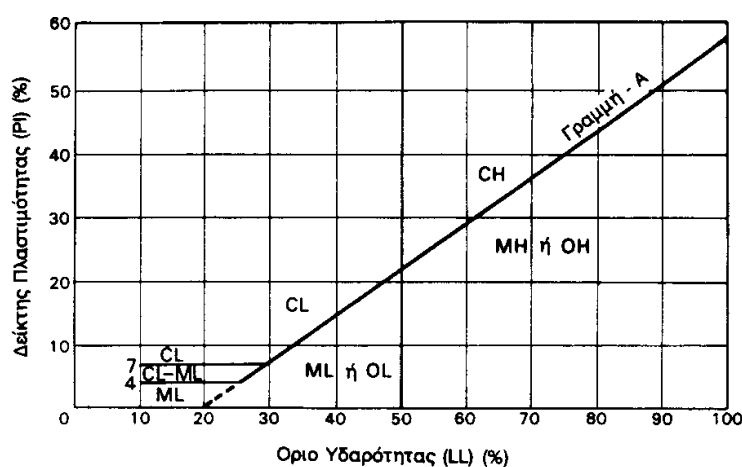
2.6.1. Συστήματα κατάταξης των εδαφών

Υπάρχουν διάφορα συστήματα κατάταξης των εδαφών, από τα οποία τα κυριότερα είναι το Ενιαίο Σύστημα Κατάταξης (USCS-Unified Soil Classification System), το οποίο είναι αποδεκτό ως προδιαγραφή από την Αμερικανική Εταιρεία Ελέγχου των Υλικών (ASTM-American Society for Testing Materials), το σύστημα της Αμερικανικής Ένωσης των Οδοποιών (AASHTO-American Association of State Highway and Transportation Officials), το Βρετανικό Σύστημα Κατάταξης Εδαφών (BSCS-British Soil Classification System) και το Σύστημα Κατάταξης κατά τους Γερμανικούς Κανονισμούς (DIN).

Από αυτά τα συστήματα, το επικρατέστερο είναι το USCS/ASTM το οποίο και θα εξετάσουμε στη συνέχεια.

2.6.2. Το σύστημα USCS/ASTM

Με το διάγραμμα (Σχ. 4) και τους Πίνακες (Πίνακες 3-9) που ακολουθούν γίνεται η κατάταξη των εδαφών κατά τους κανονισμούς ASTM.



Σχήμα 4. Διάγραμμα Casagrande

Πίνακας 3

ΡΙΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ		ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΑ ΕΔΑΦΗ	ΧΑΛΙΚΙΑ (λιγότερο από 50% του χονδρόκοκκου διέρχεται από κόσκινο No. 4)	<i>GW</i>	Χαλίκι καλά διαβαθμισμένο με μίγμα άμμου-χαλικιού. Λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα.
		GP	Χαλίκι κακής διαβάθμισης με μίγμα άμμου-χαλικιού. Λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα.
		GM	Χαλίκια ιλυώδη, μίγμα χαλικιών, άμμου και ιλύος.
		GC	Ιλυώδης άργιλος, μίγμα χαλικιών, άμμου και αργίλου.
	ΑΜΜΟΣ (πάνω από 50% του χονδρόκοκκου διέρχεται από κόσκινο No. 4)	SW	Άμμος καλά διαβαθμισμένη με χαλίκια, λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα.
		SP	Άμμος κακής διαβάθμισης με χαλίκια, λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα.
		SM	Ιλυώδης Άμμος
		SC	Αργιλώδης Άμμος
ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ ΕΔΑΦΗ	ΙΛΥΣ ΚΑΙ ΑΡΓΙΛΟΣ Όριο υδαρότητας 50% ή μικρότερο	ML	Ανόργανη ιλύς, λεπτόκοκκη άμμος, ιλυώδης ή αργιλώδης λεπτόκοκκη άμμος.
		CL	Ανόργανη άργιλος μικρής ή μέσης πλαστιμότητας, χαλικιώδης άργιλος, αμμώδης άργιλος, ιλυώδης άργιλος, ισχνή άργιλος.
		<i>OL</i>	Οργανική ιλύς και οργανική ιλυώδης άργιλος χαμηλής πλαστιμότητας.
	ΙΛΥΣ ΚΑΙ ΑΡΓΙΛΟΣ Όριο υδαρότητας μεγαλύτερο του 50%	MH	Ανόργανη ιλύς, μαρμαρυγικά ή λεπτόκοκκα αμμώδη ή ιλυώδη εδάφη, ελαστική ιλύς.
		CH	Ανόργανη άργιλος μεγάλης πλαστιμότητας, παχιά άργιλος.
		OH	Οργανική άργιλος με μέση ως μεγάλη πλαστιμότητα
ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΕΔΑΦΗ		PT	Χούμος, τύρφη και άλλα έντονα οργανικά εδάφη.

1.1 ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Συγκρατούμενο από No 200 (D = 0,074 mm) < 50% , LL < 50

ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ		ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ			ΟΝΟΜΑΣΙΑ
			ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ No 200		ΑΜΜΟΣ – ΧΑΛΙΚΙΑ	
LL<50	PI > 7 Και σημεία επάνω στη ή επάνω από τη γραμμή «Α»	CL	< 30%	< 15% συγκρ. No 200		Ισχνή άργιλος
				15-29% συγκρατ. No 200	% άμμου > % χαλικιών	Ισχνή άργιλος με άμμο
			≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	< 15% χαλίκια	Αμμώδης ισχνή άργιλος
				% άμμου < % χαλικιών	≥ 15% χαλίκια	Αμμώδης ισχνή άργιλος με χαλίκια
					<15% άμμος	Χαλικώδης ισχνή άργιλος
					≥15% άμμος	Χαλικώδης ισχνή άργιλος με άμμο
	4 < PI < 7 Και σημεία επάνω στη ή επάνω από τη γραμμή «Α»	CL -- ML	< 30%	<15% συγκρ. No 200		Ιλυώδης άργιλος
				15-29% συγκρατ. No 200	% άμμου > % χαλίκια	Ιλυώδης άργιλος με άμμο
			≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	< 15% χαλίκια	Αμμώδης- Ιλυώδης άργιλος
				% άμμου < % χαλικιών	≥ 15% χαλίκια	Αμμώδης – Ιλυώδης άργιλος με χαλίκια
					< 15% άμμος	Χαλικώδης – Ιλυώδης άργιλος
					≥ 15% άμμος	Χαλικώδης – Ιλυώδης άργιλος με άμμο
PI < 4 Ή σημεία κάτω από τη γραμμή «Α»	ML	< 30%	< 15% συγκρ. No 200		Ιλύς	
			15-29% συγκρατ. No 200	% άμμου > % χαλίκια	Ιλύς με άμμο	
		≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	< 15% χαλίκια	Αμμώδης ιλύς	
			% άμμου < % χαλικιών	≥ 15% χαλίκια	Αμμώδης ιλύς με χαλίκια	
				< 15% άμμος	Χαλικώδης ιλύς	
				≥ 15% άμμος	Χαλικώδης ιλύς με άμμο	

1.2 ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Συγκρατούμενο από No 200 (D = 0,074 mm) < 50% , LL ≥ 50

ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ		ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ			ΟΝΟΜΑΣΙΑ
			ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ No 200		ΑΜΜΟΣ - ΧΑΛΙΚΙΑ	
LL ≥ 50	Σημεία επάνω στη ή επάνω από τη γραμμή «Α»	CH	< 30%	< 15% συγκρ. No 200		Παχιά άργιλος
				15 – 29% συγκρατ. No 200	% άμμου > % χαλικιών	Παχιά άργιλος με άμμο
			≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	% άμμου < % χαλικιών	Παχιά άργιλος με χαλίκια
				% άμμου < % χαλικιών	< 15% χαλίκια	Αμμώδης παχιά άργιλος
					≥ 15 % χαλίκια	Αμμώδης παχιά άργιλος με χαλίκια
					< 15% άμμος	Χαλικώδης παχιά άργιλος
	≥ 15% άμμος		Χαλικώδης παχιά άργιλος με άμμο			
		< 30%	< 15% συγκρ. No 200		Ελαστική ιλύς	
			15 – 29% συγκρατ. No 200	% άμμου > % χαλικιών	Ελαστική ιλύς με άμμο	
		≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	% άμμου < % χαλικιών	% άμμου < % χαλικιών	Ελαστική ιλύς με χαλίκια
% άμμου < % χαλικιών	< 15% χαλίκια			Αμμώδης ελαστική ιλύς		
	≥ 15% χαλίκια		Αμμώδης ελαστική ιλύς με χαλίκια			
	< 15% άμμος		Χαλικώδης ελαστική ιλύς			
≥ 15% άμμος		Χαλικώδης ελαστική ιλύς με άμμο				

2.1 ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Κοκκώδη, συγκρατούμενο από No 200 (D=0,074 mm) $\geq 50\%$

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ			ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
ΧΑΛΙΚΙΑ	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ	ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ				
% άμμου < %χαλικιών	Λεπτά χαλίκια (d=4,75mm) <5%	$C_u \geq 4$ και $1 \leq C_c \leq 3$		GW	<15%	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένα
					$\geq 15\%$	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένοι με άμμο
		$C_u < 4$ και / ή $C_c < 1$ ή $C_c > 3$		GP	<15%	Χαλίκια κακής διαβάθμισης
					$\geq 15\%$	Χαλίκια κακής διαβάθμισης με άμμο
	Λεπτά χαλίκια (d=4,75mm) 5÷12%	$C_u \geq 4$ και $1 \leq C_c \leq 3$ (1*)	ML ή MH	GW – GM	<15%	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένοι με ιλύ
					$\geq 15\%$	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένοι με ιλύ και άμμο
			CL, CH ή (CL – ML)	GW – GC	<15%	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένοι με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο)
					$\geq 15\%$	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένοι με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο) και άμμο
		$C_u < 4$ και / ή $C_c < 1$ ή $C_c > 3$ (1*)	ML ή MH	GP – GM	<15%	Χαλίκια κακής διαβάθμισης με ιλύ
					$\geq 15\%$	Χαλίκια κακής διαβάθμισης με ιλύ και άμμο
			CL, CH ή (CL – ML)	GP – GC	<15%	Χαλίκια κακής διαβάθμισης με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο)
					$\geq 15\%$	Χαλίκια κακής διαβάθμισης με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο) και άμμο
	Λεπτά χαλίκια (d=4,75mm) >12%		ML ή MH	GM	<15%	Ιλυώδη χαλίκια
			$\geq 15\%$	Ιλυώδη χαλίκια με άμμο		
		CL ή CH	GC	<15%	Αργιλώδη χαλίκια	
$\geq 15\%$				Αργιλώδη χαλίκια με άμμο		
CL - ML		GC - GM	<15%	Ιλοσαργιλώδη χαλίκια		
			$\geq 15\%$	Ιλοσαργιλώδη χαλίκια με άμμο		

(1*) Ισχύουν και προσαρμόζονται οι έλεγχοι από τη στήλη «ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ» του Πίνακα 1 «Ανόργανα συνεκτικά εδάφη»

2.2 ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Κοκκώδη, συγκρατούμενο από No 200 ($D=0,074 \text{ mm}$) $\geq 50\%$

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ			ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ	ΣΥΜΒΟ- ΛΙΣΜΟΣ	ΧΑΛΙΚΕΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
ΑΜΜΟΣ	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ	ΟΜΟΙΟ- ΜΟΡΦΙΑ				
% άμμου > %χαλικιών	Λεπτή άμμος ($d=0,425\text{mm}$) <5%	$C_u \geq 6$ και $1 \leq C_c \leq 3$		SW	<15%	Άμμος καλά διαβαθμισμένη
					$\geq 15\%$	Άμμος καλά διαβαθμισμένη με χαλίκια
		$C_u < 6$ και / ή $C_c < 1$ ή $C_c > 3$		SP	<15%	Άμμος κακής διαβάθμισης
					$\geq 15\%$	Άμμος κακής διαβάθμισης με χαλίκια
	Λεπτή άμμος ($d=0,425\text{mm}$) 5÷12%	$C_u \geq 6$ και $1 \leq C_c \leq 3$ (1*)	ML ή MH	SW – SM	<15%	Άμμος καλά διαβαθμισμένη με ιλύ
					$\geq 15\%$	Άμμος καλά διαβαθμισμένη με ιλύ και χαλίκια
			CL, CH ή (CL – ML)	SW – SC	<15%	Άμμος καλά διαβαθμισμένη με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο)
					$\geq 15\%$	Άμμος καλά διαβαθμισμένη με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο) και χαλίκια
		$C_u < 6$ και / ή $C_c < 1$ ή $C_c > 3$ (1*)	ML ή MH	SP – SM	<15%	Άμμος κακής διαβάθμισης με ιλύ
					$\geq 15\%$	Άμμος κακής διαβάθμισης με ιλύ και χαλίκια
			CL, CH ή (CL – ML)	SP – SC	<15%	Άμμος κακής διαβάθμισης με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο)
					$\geq 15\%$	Άμμος κακής διαβάθμισης με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο) και χαλίκια
Λεπτή άμμος ($d=0,425\text{mm}$) >12%		ML ή MH	SM	<15%	Ιλυώδης άμμος	
		$\geq 15\%$	Ιλυώδης άμμος με χαλίκια			
	CL ή CH	SC	<15%	Αργιλώδης άμμος		
			$\geq 15\%$	Αργιλώδης άμμος με χαλίκια		
	CL - ML	SC - SM	<15%	Ιλοαργιλώδης άμμος		
			$\geq 15\%$	Ιλοαργιλώδης άμμος με χαλίκια		

(1*) Ισχύουν και προσαρμόζονται οι έλεγχοι από τη στήλη «ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ» του Πίνακα 1 «Ανόργανα συνεκτικά εδάφη»

3.1 ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Συγκρατούμενο από Νο 200 (D = 0,074 mm) < 50% , LL < 50 και (LL_αποξηραμένο σε φούρνο / LL_μη αποξηραμένο) < 0,75

ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ		ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ			ΟΝΟΜΑΣΙΑ
			ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ No 200		ΑΜΜΟΣ - ΧΑΛΙΚΙΑ	
LL<50	PI ≥ 4 Και σημεία επάνω στη ή επάνω από τη γραμμή «A»	OL	< 30%	< 15% συγκρ. No 200		Οργανική άργιλος
				15 – 29% συγκρατ. No 200	% άμμου > %χαλικιών	Οργανική άργιλος με άμμο
					% άμμου < % χαλικιών	Οργανική άργιλος με χαλίκια
			≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	< 15% χαλίκια	Αμμώδης οργανική άργιλος
					≥ 15 % χαλίκια	Αμμώδης οργανική άργιλος με χαλίκια
				% άμμου < % χαλικιών	< 15% άμμος	Χαλικώδης οργανική άργιλος
	PI < 4 Ή σημεία κάτω από τη γραμμή «A»	OL	< 30%	< 15% συγκρ. No 200		Οργανική ιλύς
				15 – 29% συγκρατ. No 200	% άμμου > % χαλικιών	Οργανική ιλύς με άμμο
			≥ 30%		% άμμου < % χαλικιών	Οργανική ιλύς με χαλίκια
				% άμμου > % χαλικιών	< 15% χαλίκια	Αμμώδης οργανική ιλύς
	≥ 15% χαλίκια	Αμμώδης οργανική ιλύς με χαλίκια				
	% άμμου < % χαλικιών	< 15% άμμος	Χαλικώδης οργανική ιλύς			
		≥ 15% άμμος	Χαλικώδης οργανική ιλύς με άμμο			

3.2 ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Συγκρατούμενο από Νο 200 (D = 0,074 mm) < 50% , LL ≥ 50 και (LL_αποξηραμένο σε φούρνο) / (LL_μη αποξηραμένο) < 0,75

ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ		ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ			ΟΝΟΜΑΣΙΑ
			ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ No 200		ΑΜΜΟΣ - ΧΑΛΙΚΙΑ	
LL ≥ 50	Σημεία επάνω στη ή επάνω από τη γραμμή «Α»	OH	< 30%	< 15% συγκρ. No 200		Οργανική άργιλος
				15 – 29% συγκρατ. No 200	% άμμου > % χαλικιών % άμμου < % χαλικιών	Οργανική άργιλος με άμμο Οργανική άργιλος με χαλίκια
			≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	< 15% χαλίκια ≥ 15% χαλίκια	Αμμώδης οργανική άργιλος Αμμώδης οργανική άργιλος με χαλίκια
				% άμμου < % χαλικιών	< 15% άμμος ≥ 15% άμμος	Χαλικώδης οργανική άργιλος Χαλικώδης οργανική άργιλος με άμμο
	Σημεία κάτω από τη γραμμή «Α»	OH	< 30%	< 15% συγκρ. No 200		Οργανική ιλύς
				15 – 29% συγκρατ. No 200	% άμμου > % χαλικιών % άμμου < % χαλικιών	Οργανική ιλύς με άμμο Οργανική ιλύς με χαλίκια
			≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	< 15% χαλίκια ≥ 15% χαλίκια	Αμμώδης οργανική ιλύς Αμμώδης οργανική ιλύς με χαλίκια
				% άμμου < % χαλικιών	< 15% άμμος ≥ 15% άμμος	Χαλικώδης οργανική ιλύς Χαλικώδης οργανική ιλύς με άμμο

2.6.2. Παραδείγματα

2.6.2.1. Παράδειγμα 1^ο.

Δεδομένα

Έστω έδαφος με τα εξής χαρακτηριστικά:

Όρια Atterberg

1. Όριο υδαρότητας $LL=25\%$
2. Όριο πλαστιμότητας $PL=15\%$

Κοκκομετρική διαβάθμιση

1. % διερχόμενο από το κόσκινο διαμέτρου 75mm = 100%
2. % Διερχόμενο από το κόσκινο No. 4 = 94%
3. % Διερχόμενο από το κόσκινο No. 200 = 57%

Κατάταξη

- Από τα όρια Atterberg προκύπτει ότι ο δείκτης πλαστιμότητας του εδάφους είναι:

$$PI=LL-PL, \text{ δηλαδή } 25\%-15\%=10\%$$

- Από την κοκκομετρική διαβάθμιση προκύπτει ότι:
% λεπτόκοκκων = 57% (διερχόμενο από το No. 200)
% άμμου = % διερχόμενο από το No. 4 - % διερχόμενο από το No. 200,
δηλαδή % άμμου = 94% - 57% = 37%
% χαλικιών = % διερχόμενο από το κόσκινο διαμέτρου 75mm - % διερχόμενο από το No. 4, δηλαδή 100% - 94% = 6%.
• Από τα δεδομένα έχουμε ότι το ποσοστό του δείγματος που συγγρατείται από το κόσκινο No. 200 είναι ίσο προς 100% - 57% (διερχόμενο από το No. 200) = 43%.

Επι πλέον έχουμε ότι $LL < 50\%$. Άρα το δείγμα εδάφους υπάγεται στον Πίνακα 4 (1.1 **Ανόργανα Συνεκτικά Εδάφη**).

- Από τα δεδομένα βρήκαμε ότι ο δείκτης πλαστιμότητας PI είναι ίσος προς $10\% > 7\%$. Επομένως το έδαφος ανήκει στην κατηγορία CL (Ισχνή άργιλος). Σε αυτό το συμπέρασμα καταλήγουμε και από το διάγραμμα του Σχήματος 4. Πράγματι, παρατηρούμε ότι για τιμές των LL και PI 25% και 10% , το έδαφος ανήκει στην κατηγορία CL . Στα επόμενα βήματα, θα προσδιορίσουμε την ονομασία, που περιγράφει τη σύσταση του εδάφους.
- Στη συνέχεια συγκρίνουμε το ποσοστό που συγκρατείται από το No. 200 με το 30% . Βρήκαμε ότι το συγκρατούμενο είναι $43\% (>30\%)$. Επιπλέον από την κοκκομετρία έχουμε ότι $\% \text{ άμμου} > \% \text{ χαλικιών}$ ($37\% > 6\%$) και ότι το $\% \text{ χαλικιών}$ είναι μικρότερο από 15% ($6\% < 15\%$).
- Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα των συγκρίσεων με τα όρια του Πίνακα 4, προκύπτει ότι το έδαφος περιγράφεται ως αμμώδης ισχνή άργιλος- CL .

2.6.2.2. Παράδειγμα 2°.

Δεδομένα

1. $\%$ Διερχόμενο από το κόσκινο διαμέτρου $75\text{mm} = 93\%$,
2. $\%$ διερχόμενο από το κόσκινο No.4 = 66% ,
3. $\%$ διερχόμενο από το No. 200 = 4% ,
4. Διάμετρος $D_{10} = 1.8$,
5. Διάμετρος $D_{30} = 2.9$,
6. Διάμετρος $D_{60} = 4.4$,

Κατάταξη

- Το $\%$ που συγκρατείται από το κόσκινο No. 200 είναι ίσο προς $100\% - 4\% = 96\%$. Άρα το έδαφος είναι μη συνεκτικό και κατατάσσεται με βάση τον Πίνακα 2.1 ή 2.2, ανάλογα με το εάν είναι $\% \text{ άμμου} >$ ή $<$ $\% \text{ χαλικιών}$. Έχουμε ότι $\% \text{ άμμου} = \text{διερχόμενο από το No. 4} - \text{διερχόμενο από το No. 200}$, δηλαδή $66\% - 4\% = 62\%$. Το $\%$ των χαλικιών είναι ίσο προς το $\%$ που

διέρχεται από το κόσκινο διαμέτρου 75mm - % διερχόμενο από το No. 4, δηλαδή $93\% - 66\% = 27\%$.

- Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι είναι % άμμου $>$ % χαλικιών ($62\% > 27\%$), επομένως το έδαφος κατατάσσεται με βάση τον Πίνακα 2.2.

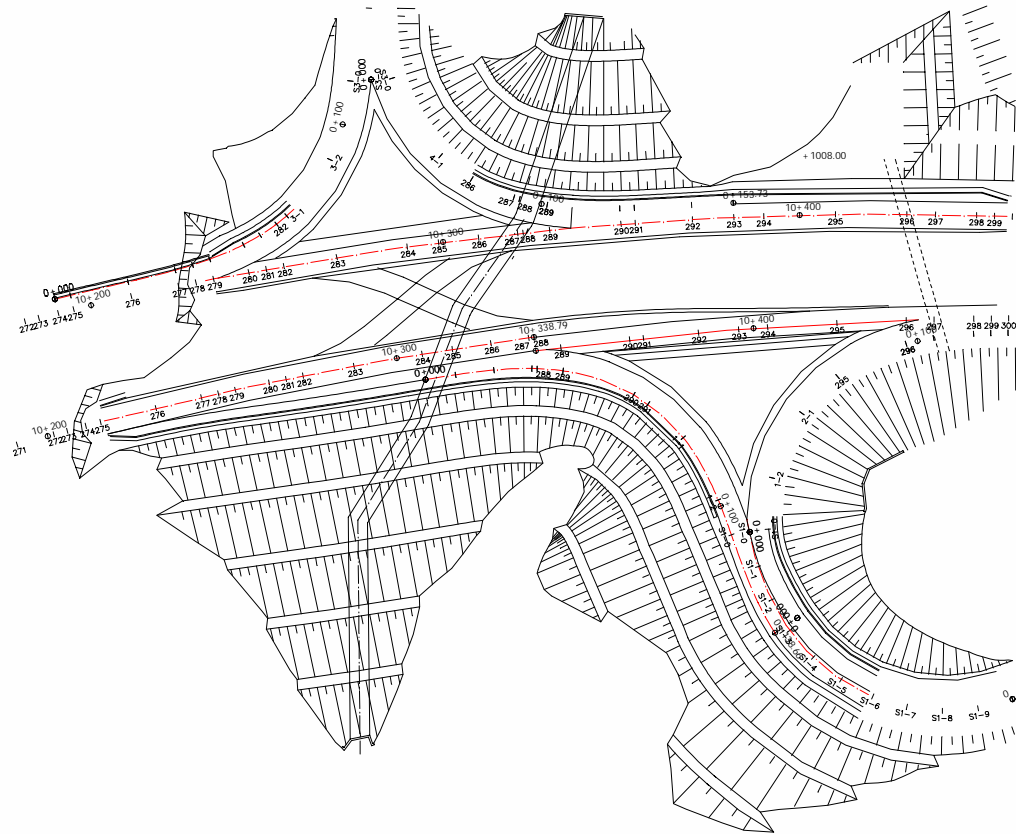
- Υπολογίζονται οι συντελεστές ομοιομορφίας και καμπυλότητας της κοκκομετρικής καμπύλης:

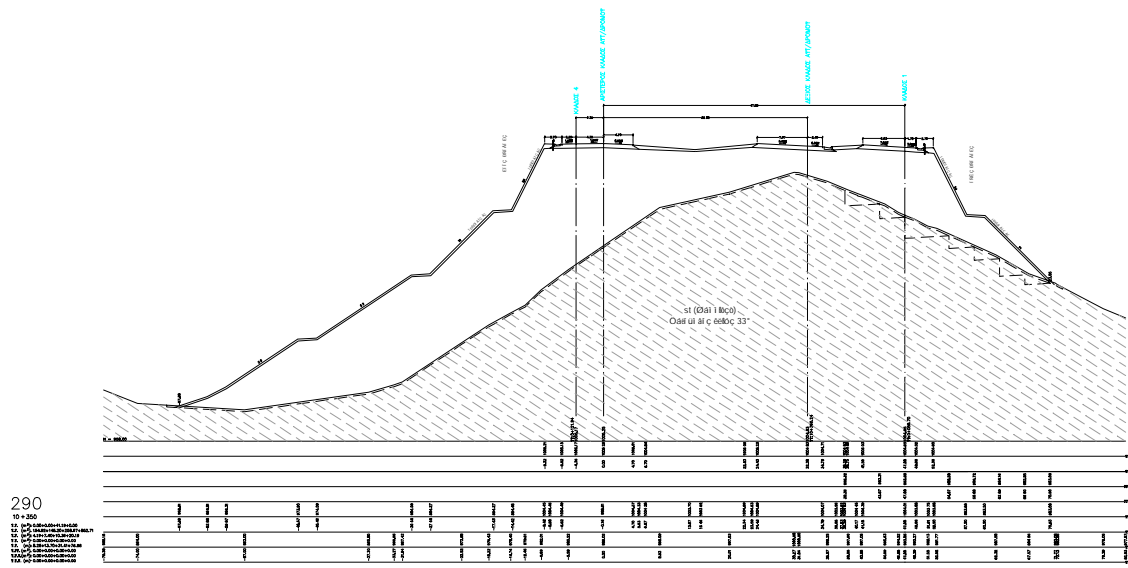
$$C_u = D_{60}/D_{10} = 4.4/1.8 = 2.4, \quad C_c = (D_{30})^2/(D_{10} \cdot D_{60}) = 2.9^2/1.8 \cdot 4.4 = 1.1$$

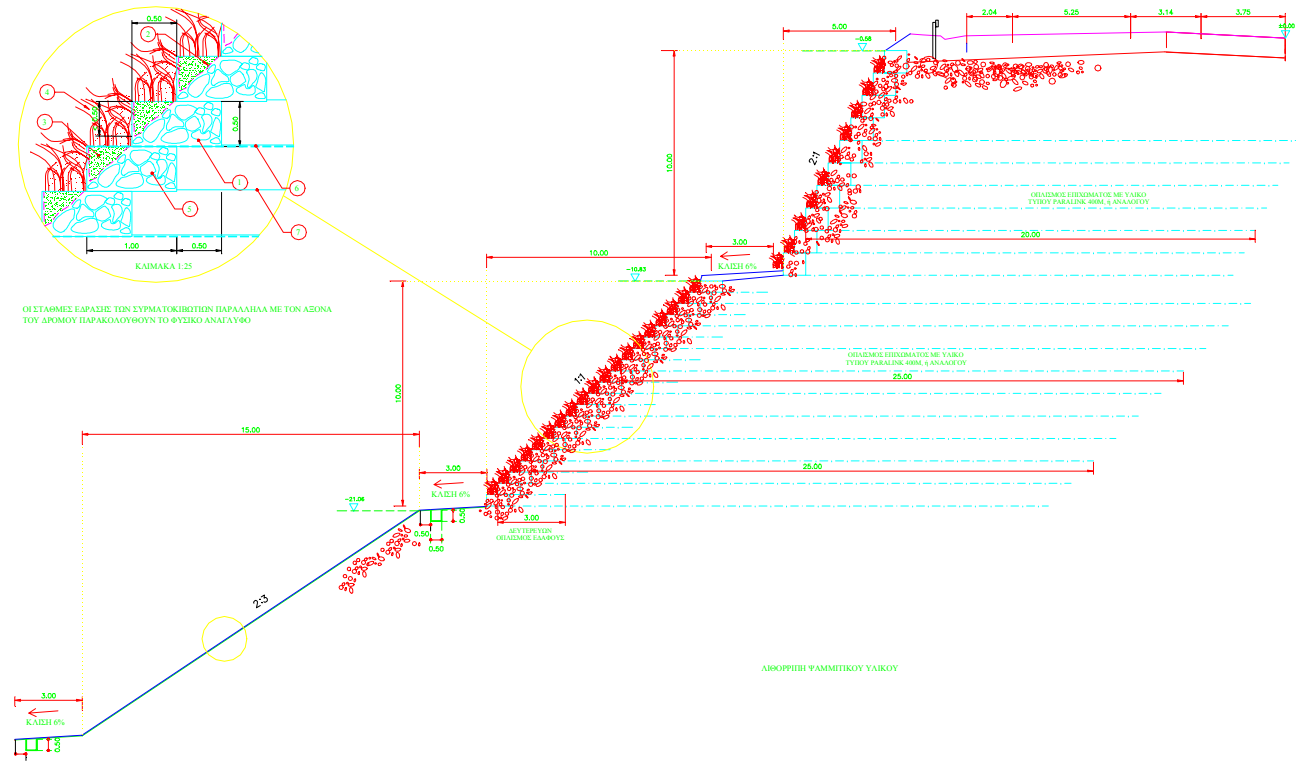
Από αυτά τα αποτελέσματα προκύπτει ότι το έδαφος ανήκει στην κατηγορία **SP**.

- Θα συγκρίνουμε τώρα το % χαλικιών με το 15%. Έχουμε ότι % χαλικιών = $27\% > 15\%$.

- Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι το δείγμα ανήκει σε έδαφος που χαρακτηρίζεται ως άμμος κακής διαβάθμισης με χαλίκια – SP, με κροκάλες ή μεγάλους λίθους (το συγκρατούμενο από το κόσκινο των 75mm, δηλαδή $100\% - 93\% = 7\%$).

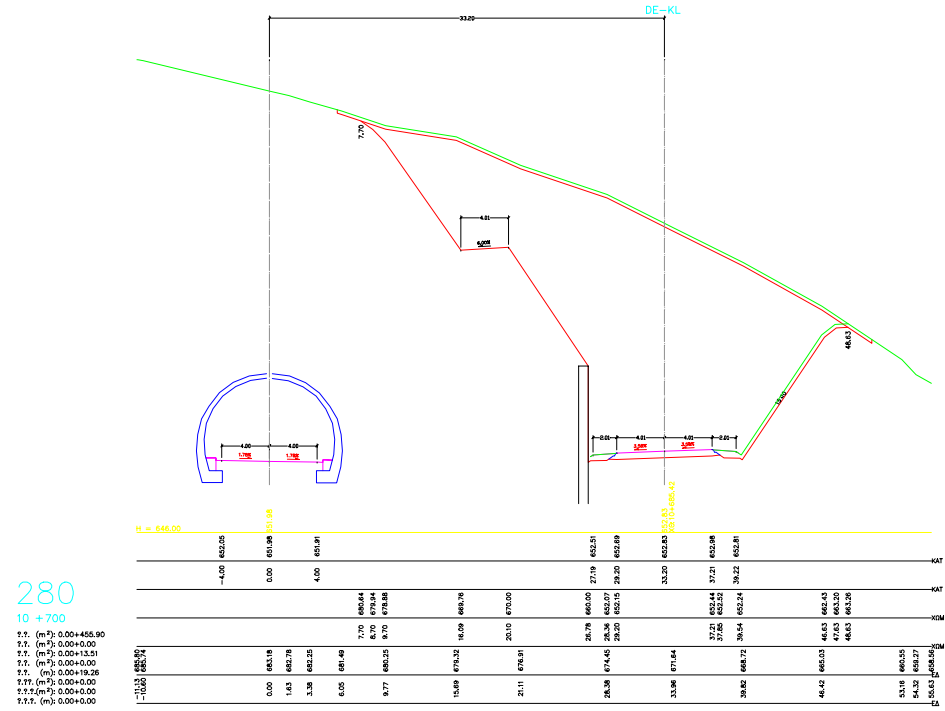






ΟΙ ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΡΧΑΣΙΕ ΤΩΝ ΣΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΩΝ ΠΑΡΑΛΗΛΑ ΜΕ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ ΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΟΥΝ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΝΑΓΛΩΦΟ

ΑΒΘΟΡΠΗΗ ΨΑΜΜΙΤΙΚΟΥ ΥΑΙΚΟΥ



EM 1110-2-1913
30 Apr 2000

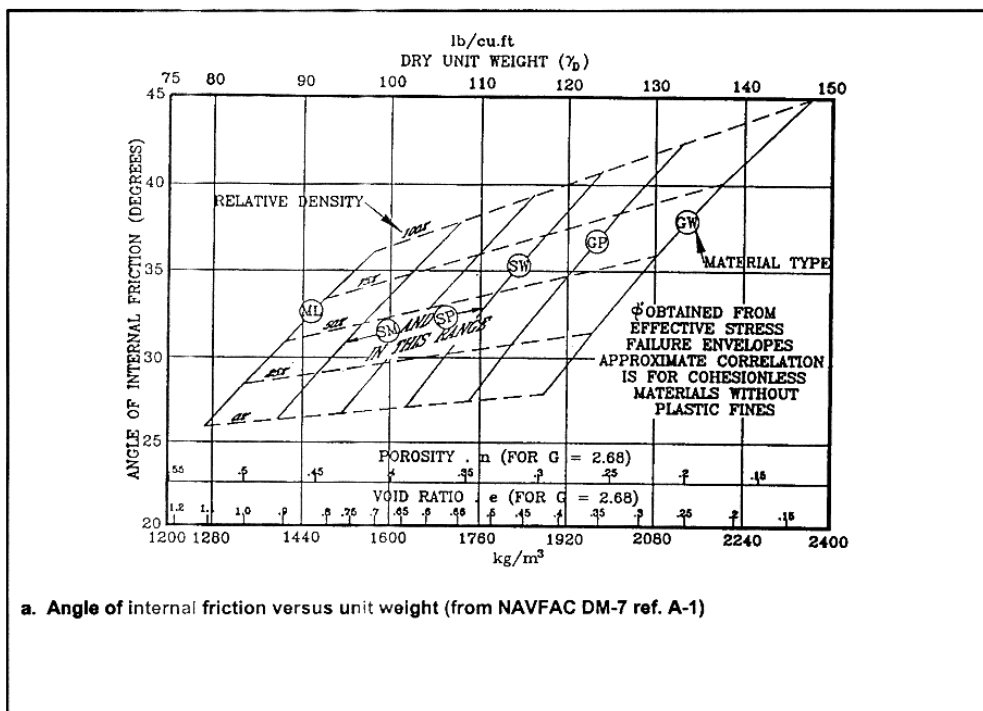


Figure 3-5. Example correlations for properties of coarse-grained soils

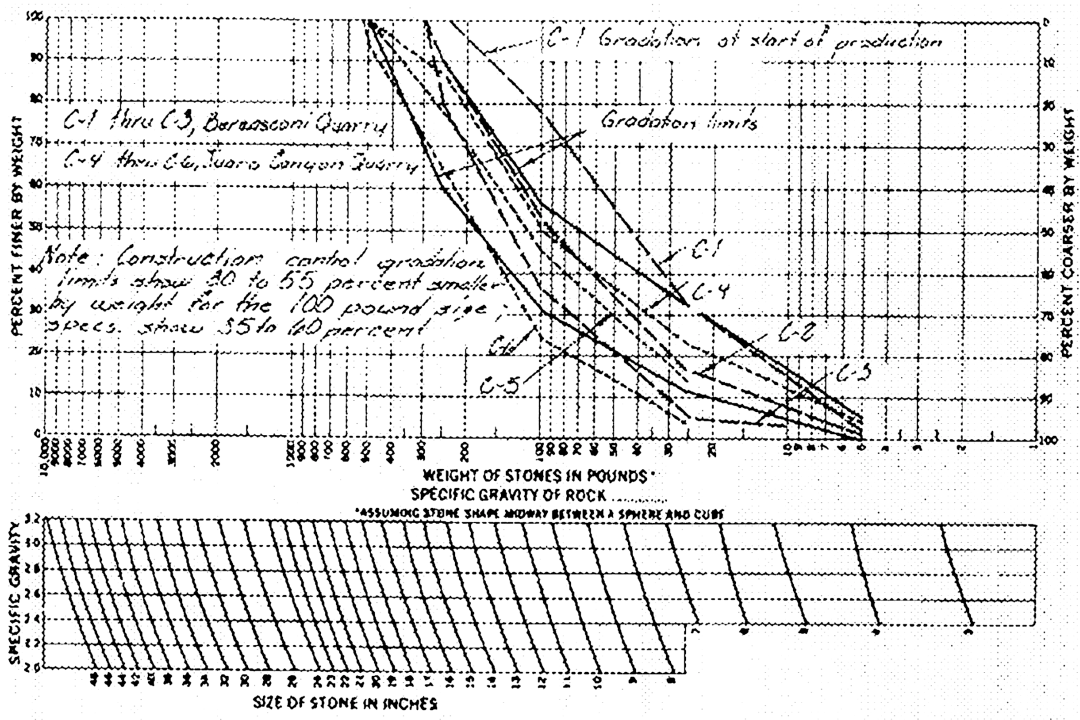


Figure 2-2. Example of gradation limits for riprap and control curves from actual stone production

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5.2

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΓΑΙΩΔΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΟΔΙΚΑ ΈΡΓΑ
 (Δεν περιλαμβάνονται τα προϊόντα βραχώδων ορυγμάτων)

Κατηγορία εδαφικού υλικού	Χαρακτηριστικά υλικού	Όρια Atterberg	Μακ. πυκνότητα κατά την τροποποιημένη δοκιμή συμπίκνωσης χγρ/μ3	CBR*	Περιεκτικότητα σε οργανικά***	Παρατηρήσεις ως προς τη δυνατότητα χρησιμοποίησής τους για επχωρώσεα
E1	Γαίωδες υλικά με μέγιστη διάσταση κόκκου D < 200 χλστ και περιεκτικότητα σε κόκκους 200 > D > 150 χλστ μέχρι 25%	LL < 45 ή LL < 65 και PI > (0.6LL-9)	> 1.800	> 3 και διόγκωση** < 3%	< 2%	Αποδεκτό
E2	Μέγιστος κόκκος < 100 χλστ Διερχόμενο % από Νο 200 < 35%	LL < 40	> 1.940	> 5 και διόγκωση** < 2%	< 1%	Κατάλληλο
E3	Μέγιστος κόκκος < 80 χλστ Διερχόμενο % από Νο 200 < 25%	LL < 30 PI < 10	.	> 10 και διόγκωση** = 0	0%	Επίλεκτο Ι
E4	Μέγιστος κόκκος < 80 χλστ Διερχόμενο % από Νο 200 < 25%	LL < 30 PI < 10	.	> 20 και διόγκωση** = 0	0%	Επίλεκτο ΙΙ
E0	Εδαφικά υλικά που δεν ανήκει στις άλλες κατηγορίες					Ακατάλληλο
LL = Όριο Υδαρότητας E 105 - 86 Method 5 PI = Δείκτης Πλαστικότητας E 105 - 86 Method 6 Νο 200 = Κόσκινο της Αμερικανικής σειράς προτύπων κόσκινων AASHTO : M-92 ανοίγματος βροχίδας 0,074 χλστ *CBR = Τιμή του Καλιφορνιακού Λόγου Φέρουσας Ικανότητας που προσδιορίζεται σύμφωνα με τη μέθοδο 12 των Προδιαγραφών Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής (E 105-86) επί δοκιμίων συμπίκνωσης στο 90% της μέγιστης πυκνότητας της Τροποποιημένης Δοκιμής Συμπύκνωσης (Μέθοδος 11 E 105-86) με τη βέλτιστη υγρασία και μετά από υδρεμπτισμό 4 ημερών. Κατ' εξαίρεση επί "σπιντωμένων" εδαφών και για έργα σε όρυγμα, για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας της "υποκείμενης στρώσης" οδοστρωμάτων θα γίνεται συμπληρωματικά και προσδιορισμός του CBR με δοκιμή "επί τόπου" ** = Κατά τη δοκιμή CBR *** = Θα προσδιορισθεί με τη μέθοδο της "υγρής οξείδωσης" (AASHTO T 194)						

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤ.1
ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΑΤΑΜΗΛΟΤΗΤΑΣ
ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ

ΓΕΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	ΚΟΚΚΩΔΕΣ ΥΛΙΚΟ (35% ή μικρότερο διερχόμενο από το Νο. 200)	ΙΛΥΩΔΗ – ΑΡΓΙΛΙΚΑ ΥΛΙΚΑ (περισσότερο από 35% διερχόμενο από το Νο. 200)
	A-1 A-1-a	A-4
	A-3	A-5
	A-2-4 A-2-5 A-2-6	A-6
	A-2	A-7
	A-2-7	A-7-5, A-7-6
ΟΜΑΔΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ		
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ, επί τοις % ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΑ		
No. 10	50 max.	
No. 40	30 max. 50 max. 51 min.	
No. 200	15 max. 25 max. 15 max. 35 max. 35 max. 35 max.	36 min. 36 min. 36 min. 36 min.
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΟΥ ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΟ ΚΟΣΚΙΝΟ Νο 40:		
ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΟΣ	40 max. 41 min. 40 max. 41 min.	40 max. 41 min. 40 max. 41 min.
ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	6 max. N.P. 10 max. 10 max. 11 min. 11 min.	10 max. 10 max. 11 min. 11 min. ^{III}
ΔΕΙΚΤΗΣ ΟΜΑΔΟΣ	0 0 0 0 4 max.	8 max. 12 max. 16 max. 20 max.
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ	Βραχώδη κομμάτια, λεπτά χαλίκια & άμμος	Ιλυώδη Εδαφικά Υλικά
ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΥΛΙΚΟΥ	ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ έως ΚΑΛΑ	Αργιλικά Εδαφικά Υλικά

Διαδικασία Ταξινόμησης: Με τα διαθέσιμα αποτελέσματα, προχωρούμε από αριστερά προς τα δεξιά στον πίνακα και η σωστή ομάδα θα βρεθεί με τη μέθοδο του αποκλεισμού. Η πρώτη ομάδα από τα αριστερά, μέσα στην οποία τα αποτελέσματα θα ταιριάζουν, είναι η σωστή ταξινόμηση.

^{III} Ο Δείκτης πλαστικότητας της υποομάδας του A-7-5 είναι ίσος ή μικρότερος του LL μείον 30.

Ο Δείκτης πλαστικότητας της υποομάδας του A-7-6 είναι μεγαλύτερος του LL μείον 30.

TABLE 8.16 RECOMMENDED REQUIREMENTS FOR COMPACTION AND SLOPES OF HIGHWAY EMBANKMENTS.

Revised Public Roads System	Approximate Equivalent, Unified System	Condition of Exposure					
		Condition 1 (Not Subject to Inundation)			Condition 2 (Subject to Inundation)		
		Height of Fill, feet	Side Slope	Desired Compaction, % AASHO Maximum Density	Height of Fill, feet	Side Slope	Desired Compaction, % AASHO Maximum Density
A-1	GW, GP, SW, some GM or SM	Not critical	1 1/2 to 1	95+	Not critical	2 to 1	95
A-3	SP	Not critical	1 1/2 to 1	100+	Not critical	2 to 1	100+
A-2-4	Most GM and SM	Less than 50	2 to 1	95+	Less than 10	3 to 1	95
A-2-5					10 to 50		95-100
A-2-6 or 7	GC or SC	Less than 50	2 to 1	95+	Less than 50	3 to 1	95-100
A-4, A-5	ML, MH	Less than 50	2 to 1	95+	Less than 50	3 to 1	95-100
A-6, A-7	CL, CH	Less than 50	2 to 1	95-100	Less than 50	3 to 1	95-100

Notes:

- (1) Under Condition 2, higher fills on the order of 35 to 50 ft should be compacted to 100 percent at least for portions subject to inundation. Major fills composed of unusual materials which have low shearing resistance should be analyzed by soil mechanics methods.
- (2) For soils of the A-6 or A-7 groups, the lower compaction requirements shown obtain only for low fills (10 to 15 ft or less) not subject to inundation and not carrying large volumes of heavy traffic.
- (3) Highly organic soils are not generally suitable for fill construction.

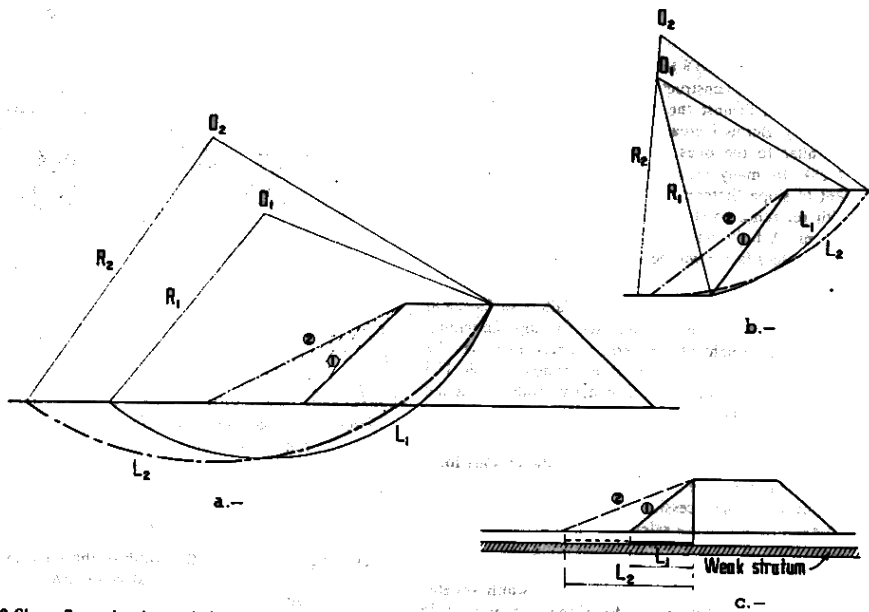


Fig. 6-49 Slope flattening in earth fills

Table 6-5
Slopes recommended for cuts

TYPE OF MATERIAL	RECOMMENDED SLOPE (HORIZONTAL DISTANCE: VERTICAL DISTANCE)				OBSERVATIONS
	Up to 5m (16ft)	From 5 to 10m (16 to 33ft)	From 10 to 15m (33 to 50ft)	Greater than 15m (50ft)	
Sound massive granite					Remove the weathered part at the crest at 1/2:1 (if there is any).
Blocky sound fissured granite					Remove loose blocks according to the layout of the fissures.
Exfoliated granite; large blocks packed in sand					Construction of berm at the change of the slope not considered advisable if the weathered part at the crest is removed at 1/2:1.
Exfoliated granite; large blocks in a matrix of sandy clay					Construction of toe berm recommended to catch the small surficial slides that usually occur.
Fully weathered granite					If the product of the weathered granite is fine silty or clayey sand, a 4m (13ft) foot berm is recommended for cuts up to 15m (50ft) and a 3m (10ft) foot berm for larger cuts.
Diorities	The same observations as for granites, depending on the degree of weathering of the rock.				
Unweathered fissured andesite					Loose block removal following the fissure planes is recommended.
Fractured, slightly weathered andesite					A 4m (13ft) berm can be built at the slope, change if the lower part of the cut does not contain clay in the fractures and the fractures are closed.
Fractured, weathered andesite					It is advisable to remove the crest at a slope of 1:1. (the most highly weathered part). If there is seepage, adequate sub-drainage must be planned.

Table 6-5
(continued)

TYPE OF MATERIAL	RECOMMENDED SLOPE (HORIZONTAL DISTANCE: VERTICAL DISTANCE)				OBSERVATIONS
	Up to 5m (16ft)	From 5 to 10m (16 to 33ft)	From 10 to 15m (33 to 50ft)	Greater than 15m (50ft)	
Sound or fractured rhyolites in large blocks with fracture systems at 90°, horizontally and vertically.					Loose block removal following the fracture planes is recommended; also removal of the weathered part at the crest at 1:1.
Sound, slightly fractured diabase					Loose block removal is recommended
Sound fractured basalt					Remove the crest of the cut at 1/2:1 if fracturing is very intense. If there is a weathered layer, remove at 1:1.
Fractured basalt in blocks of all sizes					If the fragments are loose and without soil, or packed in clay or soft silt with water flow.
Fractured basalt in blocks of all sizes					If the fragments are packed in firm clay with no seepage
Very fractured, highly weathered basalt					In very rainy areas, construction of a 1m (3.3ft) foot berm for cuts up to 15m (50ft) and 3.0m (10ft) foot berm for cuts larger than 15m (50ft) is recommended at the toe of the slope.
Basaltic flows interbedded with pyroclastic rocks	<p>Definition of the contact between the basalt and the pyroclastic rocks is needed, so the corresponding slope can be given for each. Pyroclastic rocks require a 1:1 slope when loose or 3/4:1 when compact or for very coarse materials.</p>				
Massive basalt Pyroclastic Rocks					If the basalt pyroclastic rock is fine-grained and loose, the same recommendations apply as for the other pyroclastics.
Sound or slightly fissured tuffs and brecciated, andesitic, rhyolitic or basaltic tuffs.					If they are weathered in the upper portion of the cut, it is advisable to remove the crest at 1/2:1.
Sound or slightly fissured tuffs and brecciated, andesitic, rhyolitic or basaltic tuffs.					If there is a large water flow, construction of a 4m (13ft) waterproofed berm half way up is recommended.

Table 6-5
(continued)

TYPE OF MATERIAL	RECOMMENDED SLOPE (HORIZONTAL DISTANCE: VERTICAL DISTANCE)				OBSERVATIONS
	Up to 5m (16ft)	From 5 to 10m (16 to 33ft)	From 10 to 15m (33 to 50ft)	Greater than 15m (50ft)	
Slightly weathered tuffs and brecciated, rhyolitic, andesitic or basaltic tuffs.					Removal of the upper part of the crest at 3/4:1 is recommended if there is intense fracturing or weathering.
Highly weathered tuffs and brecciated, rhyolitic, basaltic or andesitic tuffs.					Change in slope half way up cuts deeper than 15m (50ft).
Hard, firm, slightly fractured clay-shale with almost horizontal dip.					Do not excavate crest ditches if not thoroughly impermeable. Remove the topmost weathered portion of the crest at 3/4:1.
Soft, medium-strength, highly fractured clay-shale					Do not excavate crest ditches if not thoroughly impermeable. Remove the most weathered part of the crest at 1:1.
Strongly cemented sandstones, poorly defined stratification, horizontal or dipping to the cut.					Remove the weathered portion of the crest at 3/4:1.
Poorly cemented, highly weathered sandstone, with seepage.					Remove the weathered portion of the crest at 1:1.
Well-cemented brecciated conglomerate with siliceous or calcareous matrix.					Removal of all loose fragments is recommended.
Poorly cemented conglomerate with clayey matrix					If the clayey matrix is saturated or subjected to marked changes in moisture, construction of a 1m (3.3ft) foot berm is recommended for cuts deeper than 10m (33ft), with 4m (13ft) berms half way up.
Fractured limestone with thick or poorly defined stratification dipping toward the cut.					Removal of the weathered or very fractured upper portion of the crest at 1:1 is recommended.
Sound limestones with thin horizontal stratification dipping toward the cut.					Remove to 1:1 the upper portion.

Table 6-5
(continued)

TYPE OF MATERIAL	RECOMMENDED SLOPE (HORIZONTAL DISTANCE: VERTICAL DISTANCE)				OBSERVATIONS
	Up to 5m (16ft)	From 5 to 10m (16 to 33ft)	From 10 to 15m (33 to 50ft)	Greater than 15m (50ft)	
Weathered limestone with seepage					Plan for subdrainage and impermeable crest ditches
Unweathered limestone with dip between 90° and 45° to the outside of the cut, with clay between strata.	Give the slope corresponding to the dip. If the rock is highly fractured, design waterproofed 4m (13ft) berm half way up. Impermeable crest ditches.				
Very fractured weathered limestone					Impermeable crest ditch
Slightly fractured unweathered limestone, with dip between 30° and 45° to the outside of the cut.					Can be regarded as though the dip were horizontal
Very slightly weathered and fractured limestone with dip between 45° and 30° to the outside of the cut.					Remove the most fractured portion at 1:1. Waterproofed crest ditch.
Slates	Same recommendations as for limestones				
Moderately compact agglomerate with non-plastic fines					Waterproofed crest ditch. For cuts deeper than 10 m (33 ft), construct 1m (3.3 ft) berm at toe of slope.
Moderately compact agglomerate with plastic fines					Waterproofed crest ditches. For cuts deeper than 10m (33ft), design a 2m (6.6ft) berm half way up and for cut deeper than 15m (50ft) increase the width to 4m (13ft).
Silty sands and compact silts					Remove the upper more weathered portion at 1:1. If the materials are susceptible to erosion, a slope of 1:1 should be designed and protected with grass.
Silty sands and not very compact silts					Impermeable crest ditch. Remove the most weathered part at 1.5:1. For cuts greater than 15m (50ft), design a 3m (10ft) berm at the toe of the slope.

Table 6-5
(continued)

TYPE OF MATERIAL	RECOMENDED SLOPE (HORIZONTAL DISTANCE: VERTICAL DISTANCE)				OBSERVATIONS
	Up to 5m (16ft)	From 5 to 10m (16 to 33ft)	From 10 to 15m (33 to 50ft)	Greater than 15m (50ft)	
Silty sands and very compact silts					Remove the loose upper portion to 1.5:1
Firm, slightly sandy clays (homogeneous)					Remove the weathered part at 1:1. If there is seepage, plan subdrainage.
Very soft compressible clays					*For cuts deeper than 15m (50ft), design well-drained berm half way up
Kaolin derived from the weathering of granites or diorites					Cover the slope with grass for cuts deeper than 8m (26ft) and design a well-drained 6m (20ft) berm. (maximum height 16m) (53ft).
Clean sands, loose to firm	Angle of internal friction with 1.00m (3.3ft) berm at the base.				Cover the slopes with grass

* The berm will have to be constructed with waterproofed ditches. If these are not impermeable, seepage could occur which would endanger the lower portion of the cut by establishing a failure surface caused by the resulting reduction in the shear strength of the material.

Table 6-6, [2], is a comprehensive summary of the factors causing slides and their mechanisms.

Work done by the engineer and the constructors can often be the cause of serious slope stability problems. The following [8] is a list of the construction processes that most often cause instability problems:

1. Modification of the natural conditions of seepage due to fills, ditches or excavations
2. Overloading of weak strata due to fill, and sometimes waste
3. Overloading of soils with weak stratification planes due to fill
4. Removal, by cutting, of a thin stratum of permeable material which acts as a natural draining blanket of the soft clay
5. Detrimental increase in seepage pressures or orientation of seepage forces when changes occur in the direction of seepage, as a result of cuts or fills
6. Exposure of hard fissured clays to air and water, due to cuts
7. Removal of surface layers of soil due to stripping or excavation, which may cause layers of the same stratum further uphill to slide over the underlying layers of harder soil or rock

8. Increase in hydrostatic loads or hydraulic heads below the surface of a cut when its bed is covered with an impermeable layer

Generally speaking, the causes of slides can be external or internal. External causes bring about an increase in the acting shear stresses, without altering the shear strength of the material. Causes of this type are an increase in the height or steepness of the slope, any structural load or embankment that is placed on the crest of the slope and earthquakes. Internal causes are those which occur without any change in the external conditions of the slope. They are always associated with a loss of shear strength of the soil. An increase in pore pressure or dissipation of cohesion by weathering are causes of this type.

Table 6-7 [8] gives the factors that most commonly lead to an increase in acting shear stresses in a natural or artificial slope. Table 6-8 [8] gives the factors that most often cause a reduction in the shear strength of the materials of natural and artificial slopes.

Table 6-6
Factors causing slides [2]

AGENT	ACTIVATING PROCESS	WAY IN WHICH AGENT ACTS	MOST SUSCEPTIBLE MATERIALS	PHYSICAL NATURE OF ACTION	EFFECTS ON STABILITY	
Erosion and transport	Construction processes or erosion	Increases height or steepness of slope	All Materials	Changes in state of stress	Increase in shear stresses	
			Stiff or fissured clays, clay-shales	Changes in state of stress and opening of fissures	Increase in shear stresses. Process § is triggered	
Tectonic forces	Tectonic movement	Large deformations in the earth's crust	All materials	Increase in angle of slope	Increase in shear stresses	
Tectonic forces or the use of explosives	Earthquakes or blasting	High frequency vibrations	All materials	Transient loading	Increase in shear stresses	
			Loess, slightly cemented sands and gravels	Alteration of interparticle bonds	Reduction in cohesion and increase in shear stresses	
			Fine or medium grained sand, loose and saturated	Rearrangement of particles	Liquefaction	
Weight of the slope material	Construction of the slope	Surface slide	Hard or fissured clay, clay-shale, remains of old slides	Opening of closed fissures and creation of new fissures	Reduction in cohesion. Process § is accelerated	
		Slide in weak strata at toe of slope	Hard materials on soft strata			
Water	Rain or thaw	Removal of air from the voids	Moist sand	Increase in pore water pressure	Drop in strength	
		Removal of air from open joints	Jointed rock, clay-shales			
		§) Reduction in capillary tension associated with expansion	Hard and fissured clays, some clay-shales	Expansion	Reduction in cohesion	
		Chemical decay	Any rock	Weakening of interparticle bonds		
	Freezing of the ground	Expansion of water by freezing	Expansion of water by freezing	Jointed rock	Opening of closed fissures and creation of new fissures	Reduction in cohesion
			Formation of ice lenses in the soil	Silts and sandy silts	Increase in water content of the frozen soil	Reduction in frictional strength
	Period of drought	Shrinkage	Clay	Cracking by shrinkage	Reduction in cohesion	
	Drawdown	Flow towards the toe of the slope	Silts and fine sands	Increase in pore water pressure	Reduction in frictional strength	
	Fluctuations in the phreatic level	Rearrangement of particles	Medium to fine grained sands, loose, saturated	Increase in pore water pressure	Liquefaction	
	Rise in the phreatic level of a distant aquifer	Rise in the hydraulic head of the slope material	Sfata of sand or silt between or below strata of clay	Increase in pore water pressure	Reduction in frictional strength	
	Internal water flow or seepage	Seepage toward the slope	Saturated silt	Saturated silt	Increase in pore water pressure	Reduction in frictional strength
			Removal of air from the voids	Moist fine sand	Dissipation of surface tension	Reduction in cohesion
			Removal of soluble cementing agents	Loess	Weakening of the interparticle bonds	
			Internal erosion	Silt or fine sand	Piping	Increase in shear stresses

Χρήσιμες διευθύνσεις

<http://www.londontransport.co.uk/>

<http://www.nationalgeographic.com/nyunderground/docs/nymain.html>

<http://www.pcase.com/downloads.htm>

http://www.wes.army.mil/GL/GL_homepage.html

http://science.msfc.nasa.gov/newhome/headlines/msad06jan98_1.htm

<http://www.tagasoft.com/programs/quake/index.html>

<http://www.maccaferri.com/index4.html>

<http://world.std.com/~radar/>

<http://www.drexel.edu/gri/geomat.html>

<http://www.geosynthetics.colbond.com/enkagrid/reinforce.html>

<http://www.rocscience.com/roc/Hoek/Hoek.htm>

<http://fbe.uwe.ac.uk/public/geocal/geoweb.htm>

<http://criteria.navfac.navy.mil/criteria/GuideSpecs/>

<http://www.geotechnicaldirectory.com/>

<http://www.geotechnicaldirectory.com/>

<http://www.usace.army.mil/inet/usace-docs/eng-manuals/em.htm>

<http://www.structurae.de/index.html>

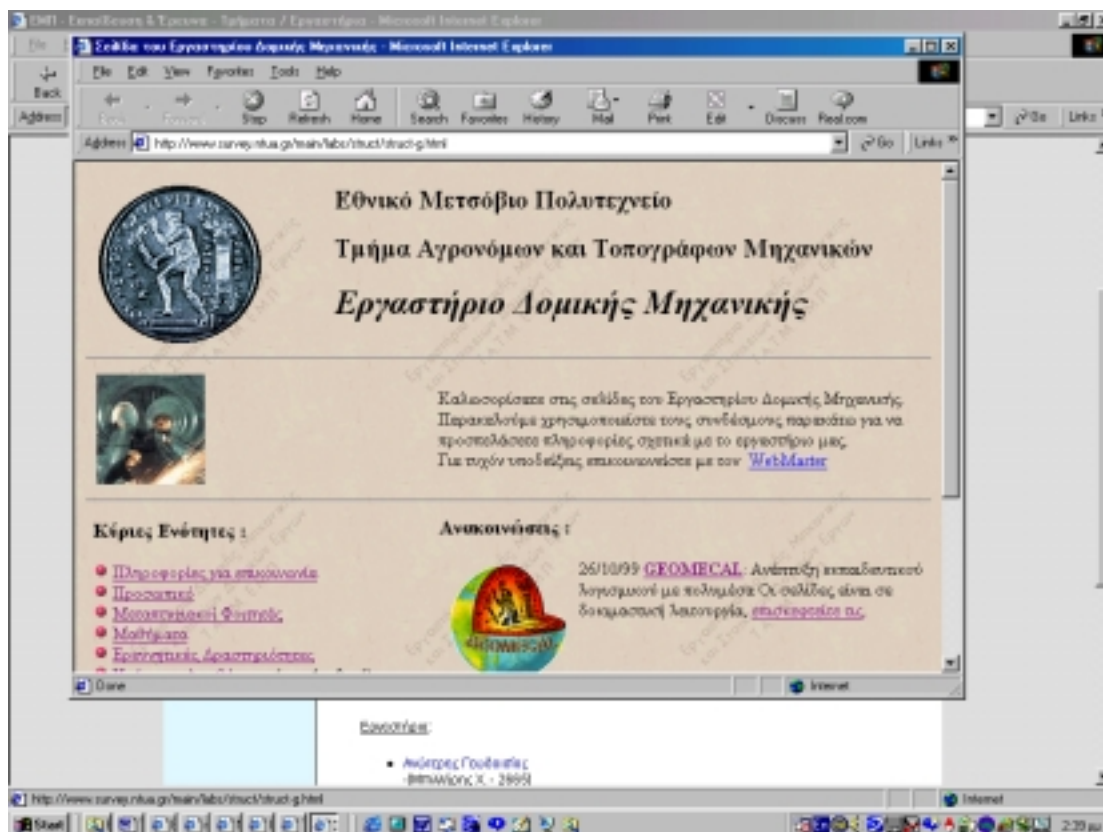
<http://www.media.mit.edu/>

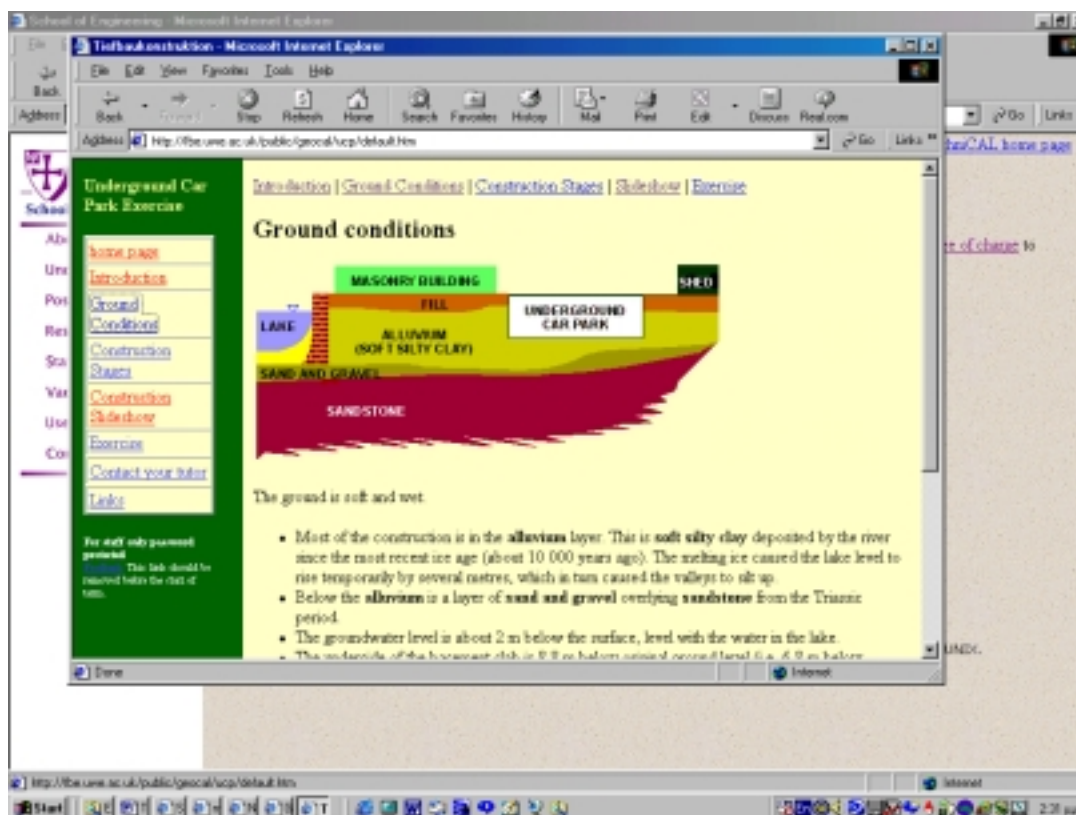
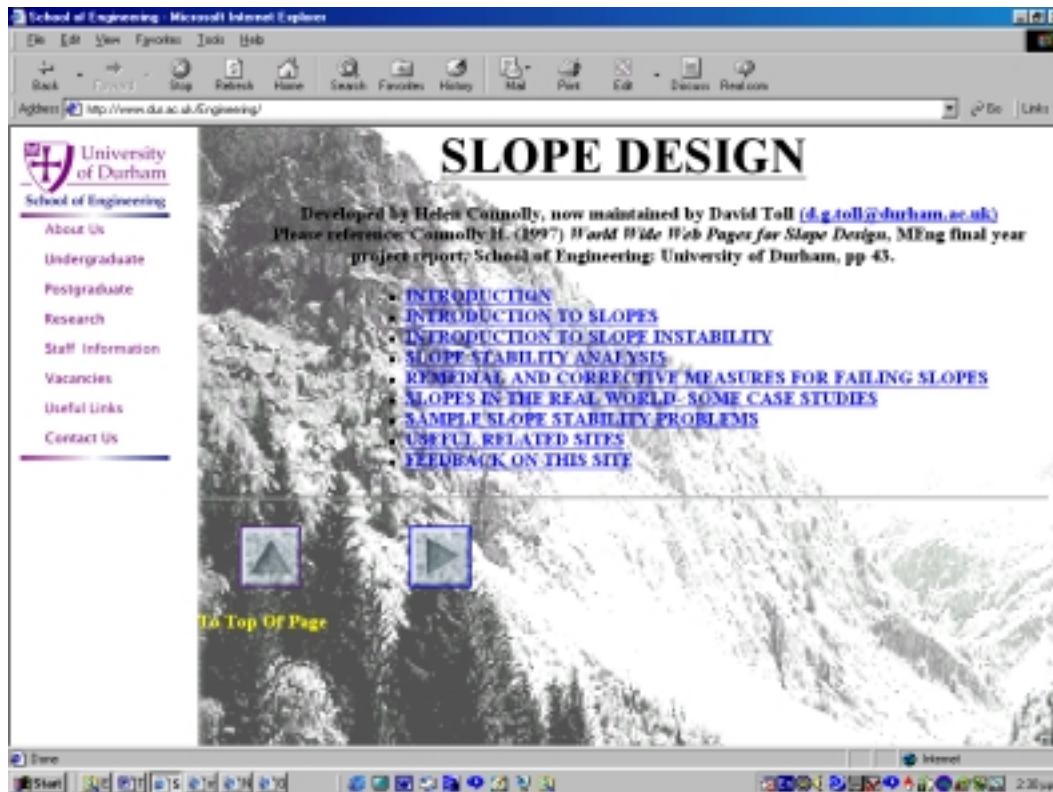
http://perseus.holycross.edu/PAP/PAP_GIS/MSS_metadata/overview.html

<http://www.swan.ac.uk/lis/gateway/index.htm>

http://www.structurae.de/index_e.html?http://www.structurae.de/DataEnglish/bk0141.html

<http://www.ethz.ch/>





<http://darkwing.uoregon.edu/~joelja/iliad.html>

<http://www.perseus.tufts.edu/>

<http://www.deepsea-intl.com/>

<http://vlib.org/>

<http://rome.classics.lsa.umich.edu/welcome.html>

<http://www.rgs.edu.sg/virtual/bio/flylab/RecentQuakes.html>

<http://spot.fho-emden.de/ftpe.htm>

Πρότυπες προδιαγραφές ΠΤΠ

- 1 Π.Τ.Π. Τ 50 Εκσκαφαί θεμελίων τεχνικών έργων
- 2 Π.Τ.Π. ΧΙ Εκτέλεσις χωματοουργικών έργων οδοποιίας...
- 3 Π.Τ.Π. Α 200 Άσφαλτος οδοστρωσίας
- 4 Π.Τ.Π. Α 201 Ασφαλτικά διαλύματα
- 5 Π.Τ.Π. 0 150 Κατασκευή υποβάσεων οδοστρωμάτων δι' αδρανών υλικών σταθεροποιημένου τύπου
- 6 Π.Τ.Π. 0 160 Ερείσματα δι' αδρανών υλικών σταθεροποιημένου τύπου
- 7 Π.Τ.Π. 0 164 Κατασκευή σταθεροποιημένης δια τσιμέντου εδαφικής στρώσεως εις έργα οδοποιίας
- 8 Π.Τ.Π. Τ. 149^α Πρόχυτοι εκ σκυροδέματος ζώναι καθοδηγήσεως ή στερεά εγκιβωτισμού
- 9 Π.Τ.Π. Τ 62 Λιθοδομαί γεφυρών και λοιπών τεχνικών έργων
- 10 Π.Τ.Π. Τ 110 Αποχέτευσις και αποστράγγισις έργων οδοποιίας

