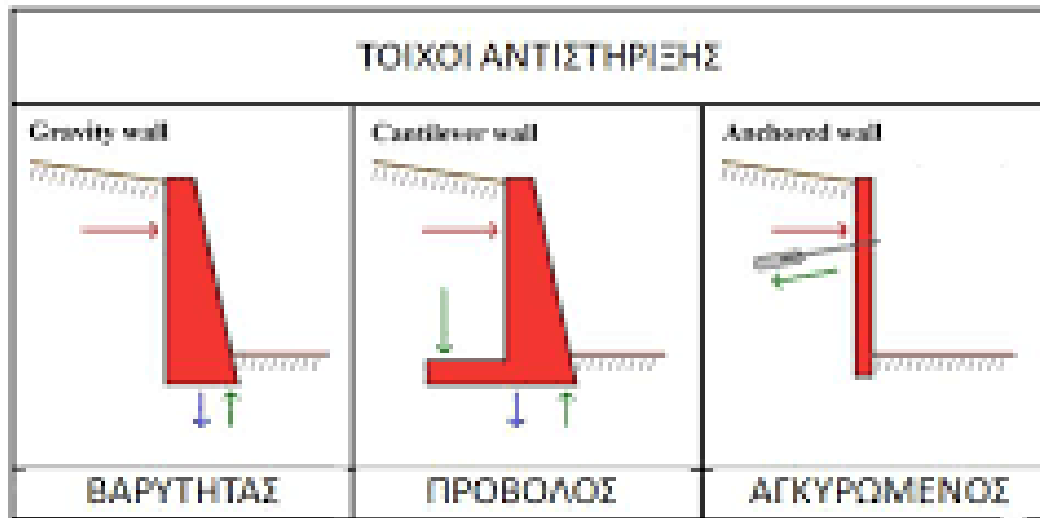


# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

## ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ-- ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



## ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ

5<sup>η</sup> ΔΙΑΛΕΞΗ – ΟΡΥΓΜΑΤΑ–ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2020

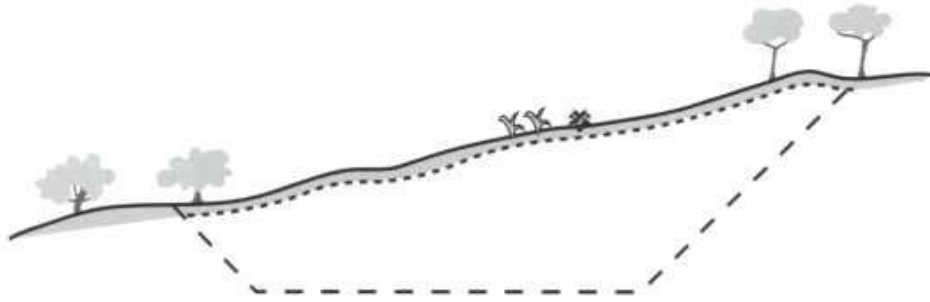
**9.**

**ΟΡΥΓΜΑΤΑ**

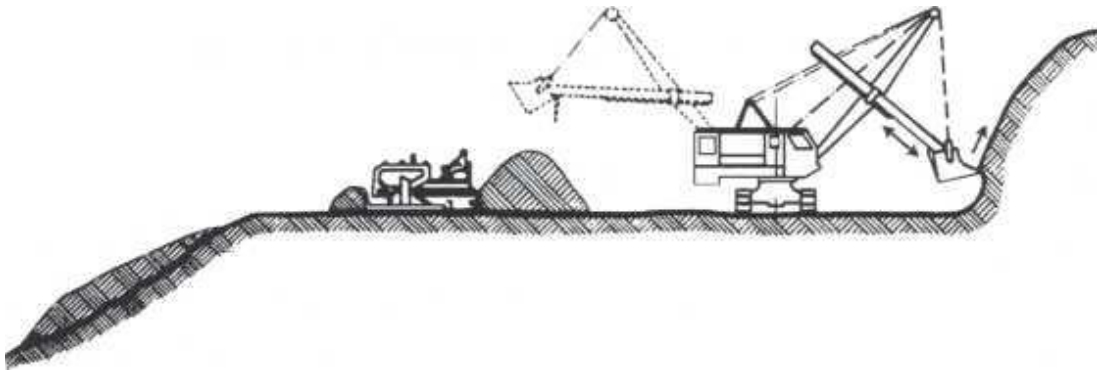
## 9.1. Φάσεις εκσκαφής

- ✓ Η εκσκαφή, κατασκευή, διαμόρφωση και σταθεροποίηση πρανών ορυγμάτων αποτελεί το πρώτο ουσιαστικό στάδιο εκτέλεσης χωματουργικών έργων σε ένα εργοτάξιο οδοποιίας.
- Η εκτέλεση των εργασιών εκσκαφής και διαμόρφωσης ορυγμάτων (εκχωμάτων) αρχίζει με την αφαίρεση φυτικής γης από τη ζώνη κατάληψης της οδού. Ανάλογα με το είδος της βλάστησης και του εδαφικού υλικού, το πάχος της φυτικής γης που αφαιρείται κυμαίνεται μεταξύ 30 και 60 cm.
- Η πρακτική των μελετών οδοποιίας υποδεικνύει συνήθως αφαίρεση της φυτικής γης σε ένα πλάτος 2-3 m πέραν του ορίου του εύρους κατάληψης. Η επιλογή αυτή είναι εσφαλμένη, όταν πρόκειται για περιοχές με ανεπτυγμένη βλάστηση, όπου η φυτοκάλυψη του επιφανειακού μανδύα αποτελεί μέσο προστασίας έναντι κατεΐσδυσης όμβριων, διάβρωσης και επιφανειακής αστοχίας.
- επιπλέον αφαίρεση, συνεπώς, φυτικής γης θα πρέπει να αποφεύγεται εκτός αν πρόκειται για χαλαρά, αποκολλημένα στρώματα που κινδυνεύουν να καταπέσουν. Κάτι ανάλογο ισχύει και για την πρακτική της στρογγύλευσης των πρανών στο φρύδι του ορύγματος. Σε περιοχές με σημαντικές βροχοπτώσεις, η στρογγύλευση των πρανών δημιουργεί περισσότερα προβλήματα, χωρίς, πρακτικώς, να βελτιώνει την ευστάθεια της κατασκευής.

## 9.1. Φάσεις εκσκαφής



Σχήμα 61. Αφαίρεση φυτικής γης σε ορύγματα



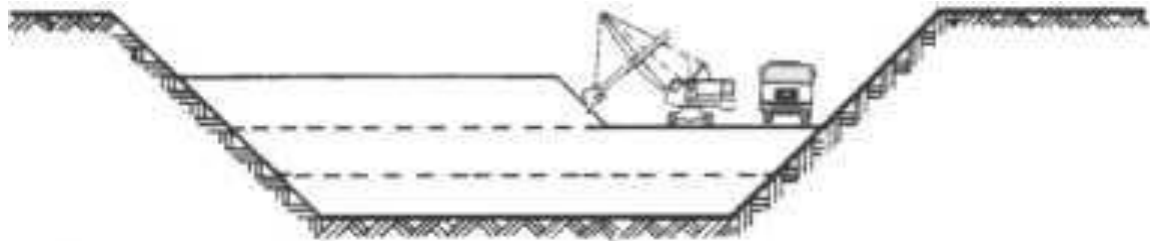
Σχήμα 62. Εκσκαφή και διαμόρφωση δίστομης δια συνδυασμών μηχανημάτων,

- Η εκσκαφή των ορυγμάτων πραγματοποιείται βασικά με εκσκαφείς διαφόρων τύπων, ενώ προωθητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εκσκαφές μικρού βάθους.
- Οι προωθητές μεγάλης ισχύος είναι κατάλληλοι και για εκσκαφή ημιβραχωδών σχηματισμών και πετρωμάτων που έχουν υποστεί χαλάρωση. Ανάλογα με τη μέθοδο εκσκαφής και τα μέτωπα εργασίας επιλέγεται ο καταλληλότερος τύπος εκσκαφέα αλλά, πολλές φορές και συνδυασμοί μηχανημάτων.
- Διακρίνουμε τέσσερις βασικές μεθόδους εκσκαφής, αν και σε κάθε έργο. Η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου μπορεί να προέλθει και από παραλλαγή ή συνδυασμούς των μεθόδων αυτών σύμφωνα με την κρίση του υπεύθυνου μηχανικού:
  - εκσκαφή κατά στρώματα
  - εκσκαφή δια κεντρικής τάφρου
  - εγκάρσια προσβολή
  - εκσκαφή δι' εκρηκτικών.

# 9.1. Φάσεις εκσκαφής

## α) Εκσκαφή κατά στρώματα

*Κατά τη μέθοδο αυτήν, που ονομάζεται και μετωπική προσβολή, η εκσκαφή πραγματοποιείται σταδιακά κατά οριζόντιες στρώσεις πάχους 2 m περίπου σε όλο το μήκος και το πλάτος της οδού.*



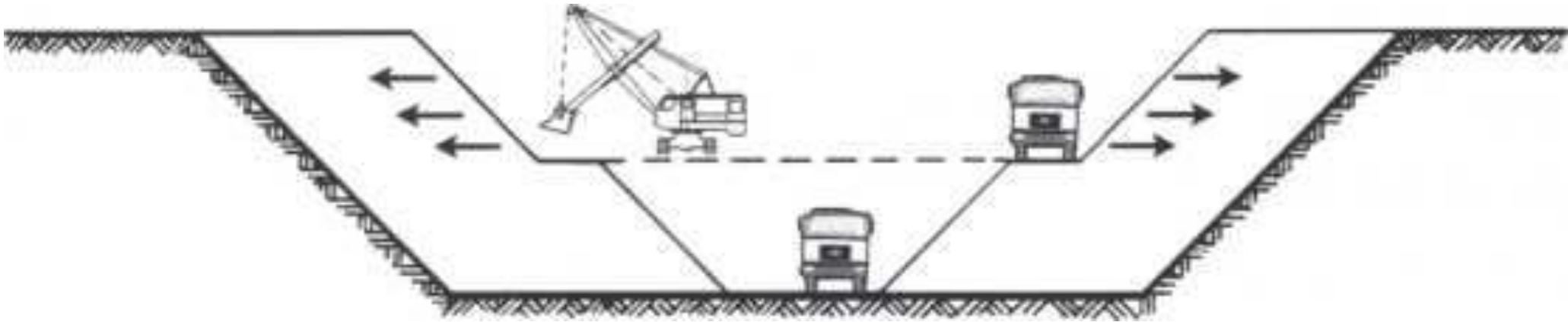
*Σχήμα 63. Εκσκαφή κατά στρώματα.*

- Τα αυτοκίνητα κινούνται στην κάτω στάθμη της υπό εκσκαφή στρώσης, ενώ τα μηχανήματα εκσκαφής τοποθετούνται ανάλογα με το είδος τους.
- Οι εκσκαφείς ανεστραμμένου πτύου εδράζονται στην άνω επιφάνεια της στρώσης, ενώ οι εκσκαφείς μετωπικού πτύου τοποθετούνται στο ίδιο επίπεδο με τα οχήματα μεταφοράς.

## 9.1. Φάσεις εκσκαφής

### β) Εκσκαφή δια κεντρικής τάφρου

- Κατά τη μέθοδο αυτήν εφαρμόζεται μετωπική προσβολή της διατομής και Ξανοίγεται μια κεντρική “τάφρος”, η οποία επεκτείνεται σταδιακά μέχρι τη στάθμη της σκάφης, καθ’ όλο το μήκος της οδού.
- Στη συνέχεια εκτελείται πλευρική προσβολή που είναι δυνατόν να επεκταθεί σε πολλά μέτωπα, υπό την προϋπόθεση ότι διατηρείται σε κάθε στάθμη ένα ελάχιστο πλάτος για την κίνηση των μηχανημάτων.



Σχήμα 64. Εκσκαφή δια κεντρικής τάφρου

# 9.1. Φάσεις εκσκαφής

## γ) Εκσκαφή δι' εγκάρσιας προσβολής

- Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται όταν η μετωπική προσβολή είναι αδύνατη ή ακόμη όταν πρόκειται να κατασκευαστεί μικτή διατομή.
- Στην περίπτωση αυτήν, και υπό την προϋπόθεση μικρής, σε βάθος, εκσκαφής, η χρήση προωθητών μπορεί να απλουστεύσει και να επιταχύνει τη διαδικασία κατασκευής του ορύγματος.



Σχήμα 65. Εγκάρσια προσβολή

# 9.1. Φάσεις εκσκαφής

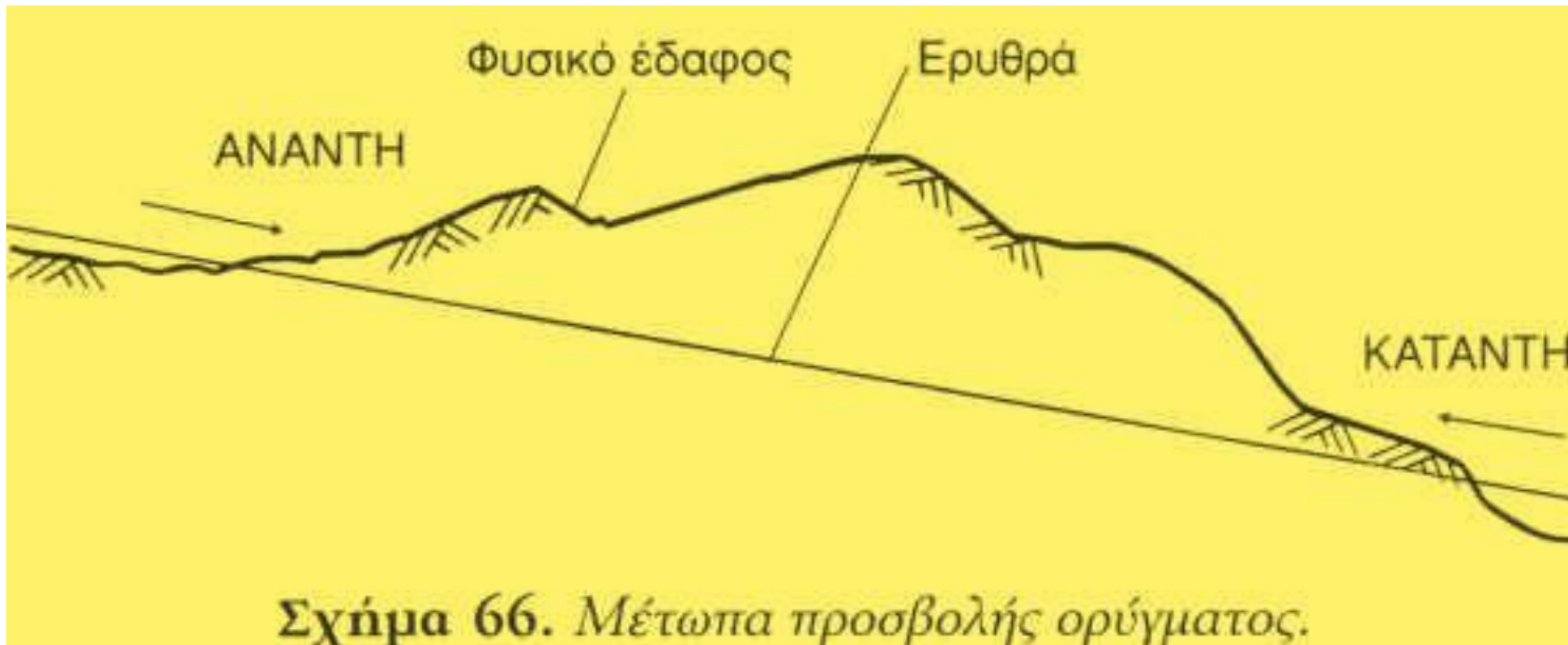
## δ) Εκσκαφή δι' εκρηκτικών

- Η πρακτική αυτή ακολουθείται σε βραχώδη εδάφη προς χαλάρωση ή διάσπαση του πετρώματος.
- Η τεχνική των ανατινάξεων είναι ένα ιδιαίτερο αντικείμενο, το οποίο στο χώρο της Οδοποιίας αναφέρεται στην ποιότητα και την ποσότητα των εκρηκτικών, ούτως ώστε να επιτυγχάνεται σε κάθε περίπτωση η διάρρηξη των πετρωμάτων σε συγκεκριμένη ακτίνα, που να αντιστοιχεί προσεγγιστικά στη γεωμετρία της διατομής.
- Κατά τη μέθοδο της χαλάρωσης δι' εκρηκτικών θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την προστασία γειτονικών κτισμάτων και κατοικιών, ενώ το όλο ζήτημα θα πρέπει να μελετάται και να επιβλέπεται από εξειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό.



# 9.1. Φάσεις εκσκαφής

- Σε ορισμένα έργα οδοποιίας, και όταν ο αριθμός των μηχανημάτων είναι περιορισμένος, θα πρέπει να επιλεγεί το μέτωπο προσβολής.
- Αν η ερυθρά παρουσιάζει σημαντική κλίση, η επιλογή είναι μεταξύ του ανάντη και τον κατάντη μετώπου.
- Το ανάντη μέτωπο προσβολής παρουσιάζει το πλεονέκτημα της μεγαλύτερης απόδοσης των μηχανημάτων, επειδή η κλίση δρα ευνοϊκά στη λειτουργία τους (προωθητές).
- Αντιθέτως όμως, η δημιουργία δαπέδου εκσκαφής ανάντη εμφανίζει αυξημένο κίνδυνο ανεπαρκούς αποστράγγισης και απαιτεί συγκεκριμένα μέτρα προστασίας.



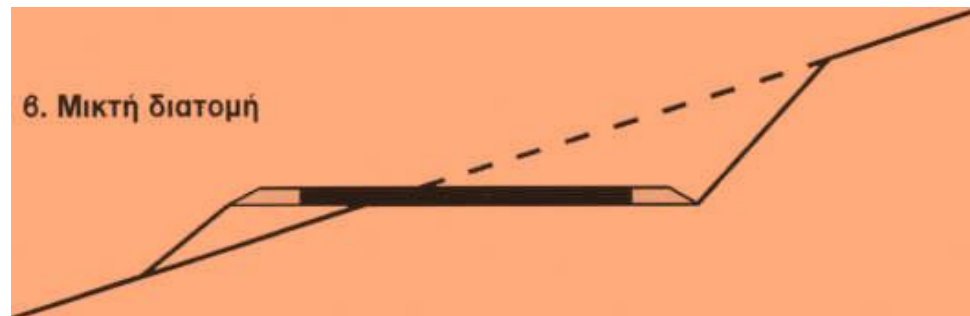
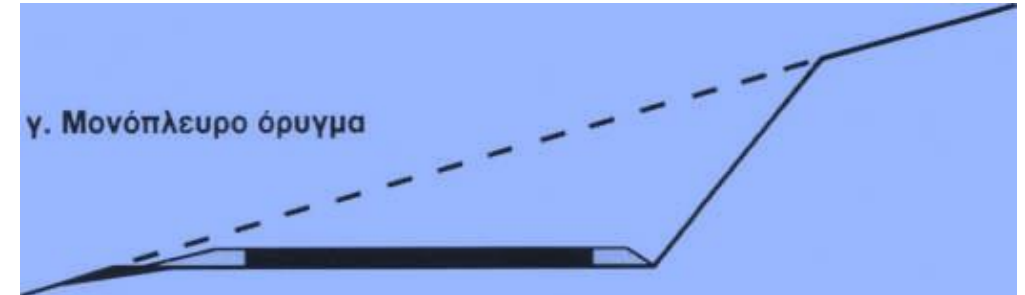
# 9.1. Φάσεις εκσκαφής

- Όταν στρώματα χαμηλής αντοχής συναντώνται κοντά στην επιφάνεια της σκάφης επί της οποίας θα πρέπει να εδρασθεί το οδόστρωμα της οδού, απαραίτητη είναι η πρόβλεψη εξυγιαντικής ή αποστραγγιστικής στρώσης σε κατάλληλο βάθος.
- Σε περίπτωση μεγάλου πάχους ιλυώδους, οργανικής σύστασης στρώσης, το πάχος της εξυγίανσης δεν μπορεί να είναι μικρότερο από 50 cm ανάλογα και με τη σημασία του έργου.

| <i>Δείκτης πλαστικότητας</i> | <i>Βάθος εξυγιαντικής στρώσης</i> |
|------------------------------|-----------------------------------|
| <b>IP = 10-20</b>            | <b>d = 0,70 m</b>                 |
| <b>IP = 20-30</b>            | <b>d = 1,0 m</b>                  |
| <b>IP = 30-40</b>            | <b>d = 1,35 m</b>                 |
| <b>IP = 40-50</b>            | <b>d = 1,70 m</b>                 |
| <b>IP &gt;50</b>             | <b>d = 2,0 m</b>                  |

## 9.2. Διαμόρφωση πρανών

- Γενικώς, τα ορύγματα μιας οδικής χάραξης διακρίνονται σε αμφίπλευρα (τρασέρες), μονόπλευρα και τις μικτές διατομές (Σχ. 67).
- Στην περίπτωση του ορύγματος, όπου το ένα εκ των δύο πρανών έχει πολύ μικρό ύψος (Σχ. 67γ), γίνεται καθολική εκσκαφή και δίδεται μικρή κλίση <math><1:10-1:20</math> προς το εξωτερικό, εφόσον το σύνολο της διατομής ευρίσκεται εκτός των ορίων απαλλοτρίωσης. Αυτή είναι και η συνήθης πρακτική διαμόρφωσης μονόπλευρων ορυγμάτων-



*Σχήμα 67. Ορύγματα οδοποιίας.*

## 9.2. Διαμόρφωση πρανών



**Εικόνα 33. Αμφίπλευρο όρυγμα οδοποιίας**

- ✓ Το θέμα των κλίσεων των πρανών των ορυγμάτων είναι πολύ σοβαρό και αποτελεί τεχνικό αντικείμενο ειδικής γεωτεχνικής μελέτης.
- ✓ Η επιλογή της κλίσης είναι συνάρτηση του είδους του εδάφους, των συνθηκών υπόγειας διαίτας και του ύψους του πρανούς.
- Άλλοι παράγοντες (επιφόρτιση, μήκος ορύγματος) μπορούν επίσης να παίζουν ρόλο στην ευστάθεια του πρανούς.
- Το ζήτημα της ευστάθειας των πρανών αναπτύσσεται διεξοδικά σε επόμενο κεφάλαιο.

## 9.2. Διαμόρφωση πρανών

- Οι Ελληνικοί κανονισμοί προβλέπουν διαμόρφωση κλίσεων σύμφωνα με τον Πίνακα 36, ο οποίος μπορεί να αποτελέσει οδηγό για ήσσονος σημασίας κατασκευές και πρανή μικρού ύψους.

**Πίνακας 36. Ενδεικτικές τιμές κλίσεων πρανών**

| <i>Κατηγορία εδάφους</i>     |           | <i>Κλίση πρανούς <math>\nu:\beta</math></i> |
|------------------------------|-----------|---|
| Συνεκτικά γαιώδη, ημιβραχώδη | Μέχρι 2 m | 1:2   |
| Συνεκτικά γαιώδη, ημιβραχώδη | > 2 m     | 1:1   |
| Πολύ συνεκτικά, ημιβραχώδη   |           | 2:1 ως 3:1                                  |
| Βραχώδη                      |           | 3:1 ως 10:1                                 |
| Χαλαρά με κίνδυνο διαβρώσεως |           | 1:2 ως 1:3                                  |

## 9.2. Διαμόρφωση πρανών

| Πέτρωμα      |                                | Ύψος πρανούς |            |             |            |
|--------------|--------------------------------|--------------|------------|-------------|------------|
|              |                                | $h < 5 m$    | $h=5-10 m$ | $h =10-15m$ | $h>15 m$   |
| ΓΡΑΝΙΤΗΣ     | Υγιής                          | 4/1          | 4/1        | 4/1         | 4/1        |
|              | Διατετημένος                   | 2/1          | 1,5/1      | 1,5/1       | 1,5/1      |
|              | Αποσαθρωμένος                  | 1,5/1        | 1.5/1+1/1  | 1/1         | 1/1        |
|              | Υγιής                          | 4/1          | 4/1        | 4/1         | 4/1        |
| ΒΑΣΑΛΤΗΣ     | Με διακλάσεις & υλικό πλήρωσης | 2/1          | 2/1        | 2/1+1/1     | 2/1+1/1    |
|              | Αποσαθρωμένος                  | 2/1          | 2/1        | 1,5/1       | 1,5/1      |
|              | Παχυστρωματώδης                | 8/1          | 4/1        | 4/1         | 4/1        |
| ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ | Υγιής, αντίρροπες διακλάσεις   | 4/1          | 2/1        | 2/1         | 1,75/1     |
|              | Αποσαθρωμένος                  | 2/1          | 1,75/1     | 1,75/1      | 1,75/1     |
| ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ  | Σκληρός                        | 4/1          | 4/1        | 4/1         | 4/1+2/1    |
|              | Μαλακός, ρηγματωμένος          | 2/1          | 2/1        | 1,75/1      | 1/1        |
| ΓΑΙΩΔΗ ΥΛΙΚΑ | Συνεκτικά κροκαλοπαγή          | 4/1          | 4/1        | 2/1         | 1,75/1     |
|              | Συμπαγής άργιλος               | 2/1          | 2/1        | 1,75/1      | 1,75/1     |
|              | Μαλακή άργιλος                 | 1/1          | 1/1,25     | 1/1,5       | 1/1,5      |
| ΨΑΜΜΙΤΗΣ     | Υγιής                          | 4/1          | 4/1        | 4/1         | 4/1        |
|              | Αποσαθρωμένος                  | 4/1          | 4/1        | 2/1         | 2/1+1,75/1 |

(\*) Οι κλίσεις δίδονται σε λόγο ύψους προς πλάτος

Πίνακας 37 . Ενδεικτικές κλίσεις πρανών σε διάφορους σχηματισμούς

Αντίστοιχα, διεθνείς αναφορές [30] δίδουν μια πρώτη προσέγγιση για τη διαμόρφωση κλίσεων πρανών βραχωδών και γαιωδών ορυγμάτων (Πίν. 37).

Οι κλίσεις αυτές αναφέρονται ως μια μέγιστη πιθανή τιμή υπό την προϋπόθεση ομοιογένειας πετρώματος και ικανοποιητικής αποστράγγισης.

Σε αντίθετη περίπτωση, μικρότερες τιμές των κλίσεων θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στον γεωτεχνικό σχεδιασμό.

Σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχει μια υπερεκτίμηση της δυνατότητας μόρφωσης πρανών κατά τρόπο ασφαλή με τις συγκεκριμένες προτεινόμενες κλίσεις (π.χ.  $i = 4/1$  για αποσαθρωμένο ψαμμίτη).

## 9.2. Διαμόρφωση πρανών

- Ένας πλήρης έλεγχος ευστάθειας, ωστόσο, για όλα τα πρανή ύψους μεγαλύτερου των 10 μέτρων με πραγματικά δεδομένα γεωτεχνικού χαρακτήρα θα πρέπει να εκτελείται σε κάθε έργο οδοποιίας για να αποφευχθούν κίνδυνοι.
- Πολλές φορές, και ιδιαίτερα όταν πρόκειται για βραχώδη πρανή καλυπτόμενα από επιφανειακό μανδύα αποσάθρωσης είναι δυνατόν το πρανές να διαμορφωθεί με μεταβαλλόμενη κλίση: 1/1 στα πρώτα επιφανειακά στρώματα και 2/1, στη συνέχεια, στο αμιγώς βραχώδες τμήμα.
- Η δημιουργία των ορυγμάτων δι' εκσκαφής των εδαφικών σχηματισμών αρχίζει από τα υψηλότερα επίπεδα και κατευθύνεται προς τη σκάφη.
- Είναι ιδιαίτερα σημαντικό και κρίσιμο, ο υπεύθυνος μηχανικός του έργου να έχει πλήρη εικόνα της κατασκευής, των τυχόν μέτρων αντιστήριξης που πρέπει να ληφθούν, των αναβαθμών που πρέπει να χαραχθούν, επειδή, όταν το επίπεδο εργασίας κατέβει, είναι πολύ δύσκολο να επανέλθει σε υπερκείμενες θέσεις του πρανούς για εκτέλεση εργασιών.

## 9.2. Διαμόρφωση πρανών

- Επιπρόσθετα, και επειδή η φάση της εκτέλεσης εκσκαφών για κατασκευή ορύγματος παρουσιάζει μεγάλους κινδύνους γεωτεχνικών αστοχιών, ο μηχανικός του έργου θα πρέπει να είναι σε θέση, σταδιακά και με την πρόοδο των εργασιών, να πιστοποιεί την επάρκεια και την ακρίβεια των παραδοχών της μελέτης.
- Σε αντίθετη περίπτωση, αν δηλαδή οι παραδοχές της μελέτης δεν επιβεβαιώνονται από τα επιτόπου δεδομένα, υπάρχει κίνδυνος γεωτεχνικών αστοχιών, και το ζήτημα θα πρέπει άμεσα να επανεξετασθεί.
- Ορύγματα, τα οποία πρόκειται να διανοιχθούν σε χαλαρούς εδαφικούς σχηματισμούς που εμφανίζουν αυξημένο κίνδυνο καταπτώσεων, ολισθήσεων ή καταρρεύσεων, μπορούν να χαραχθούν και να διαμορφωθούν κατά τμήματα (“ντουλαπιαστά”) ώστε η τρίτη διάσταση, εκείνη του άξονα της οδού, να δρα ευνοϊκά, σε κάθε διανοιγόμενο τμήμα, στην ευστάθεια της κατασκευής.



## 9.3 Μέτρα προστασίας



*Εικόνα 34. Φυτικό γεώπλεγμα και αποστραγγιστικές Οπές σε πρανές ορύγματος*

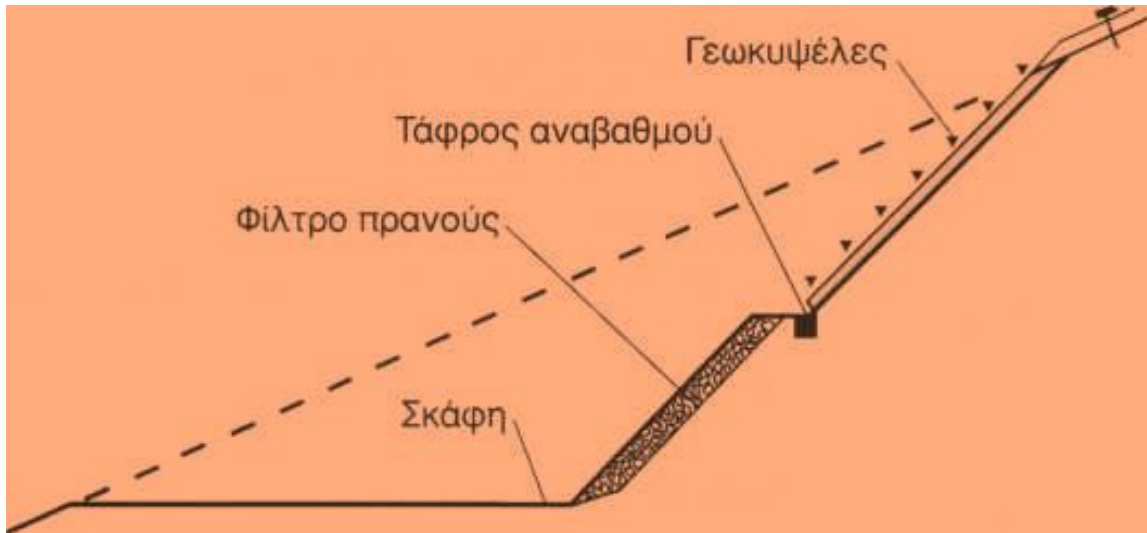
- Κατά τη διάρκεια των εκσκαφών των ορυγμάτων θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα προστασίας, ούτως ώστε να αποτραπεί η διάβρωση των πρανών και του πυθμένα από τη δράση των υπογείων και επιφανειακών νερών.

Για την προστασία των πρανών, κυρίως εκείνων που διαμορφώνονται με ισχυρές κλίσεις, προς μείωση των πιέσεων ροής του ύδατος, θα πρέπει να προβλεφθούν φίλτρα πρανών σε συνδυασμό με αποστραγγιστικές τάφρους που κατασκευάζονται στη βάση των ορυγμάτων. Σημαντικά προβλήματα δημιουργούνται, όταν η εκσκαφή και δημιουργία ορύγματος διακόπτει υπόγεια ροή. Η κατασκευή, στη θέση της ροής, θα πρέπει να γίνεται πολύ αργά και προσεκτικά επειδή ο κίνδυνος αστοχίας είναι μεγάλος. Μέτρα αποστράγγισης και απαγωγής των υπογείων υδάτων είναι απαραίτητα στις περιπτώσεις αυτές (Εικ. 34)

- Τα πρανή μεγάλου ύψους θα πρέπει να διαμορφώνονται με αναβαθμούς (μπαγκίνες), οι οποίοι δρουν ευνοϊκά στο πρόβλημα της ευστάθειας.

## 9.3 Μέτρα προστασίας

- Ο βαθμοί αυτοί έχουν πλάτος 3-4 m περίπου και κλίση προς το εσωτερικό μάζας του εδάφους, ενώ στον πόδα του ανώτερου πρανούς πρέπει να προβλεφθεί και αποστραγγιστική τάφρος (Σχ. 68).
- Κατ' εξαίρεση, σε περίπτωση αδυναμίας κατασκευής τάφρου ή συλλογής των όμβριων και εφόσον πρόκειται για βραχώδη πρανή ισχυρών κλίσεων, είναι δυνατόν η κλίση του αναβαθμού να δοθεί προς το οδόστρωμα. Απαραίτητη, ωστόσο είναι η επένδυση του αναβαθμού ώστε να εμποδιστεί η διήθηση όμβριων και ανάπτυξη πίεσης πόρων στο κατώτερο πρανές.
- Συνήθως, όταν παρεμβάλλεται αναβαθμός, τα πρανή άνω και κάτω διαμορφώνονται με την ίδια κλίση, χωρίς, ωστόσο, αυτό να είναι απαραίτητο. Ανάλογα με τη φύση των σχηματισμών είναι πιθανό να επιλεγεί ηπιότερη κλίση σε ένα συγκεκριμένο πρανές, όπως, επί παραδείγματι, στα ανώτερα πρανή όπου εμφανίζεται χαλαρός εδαφικός μανδύας.



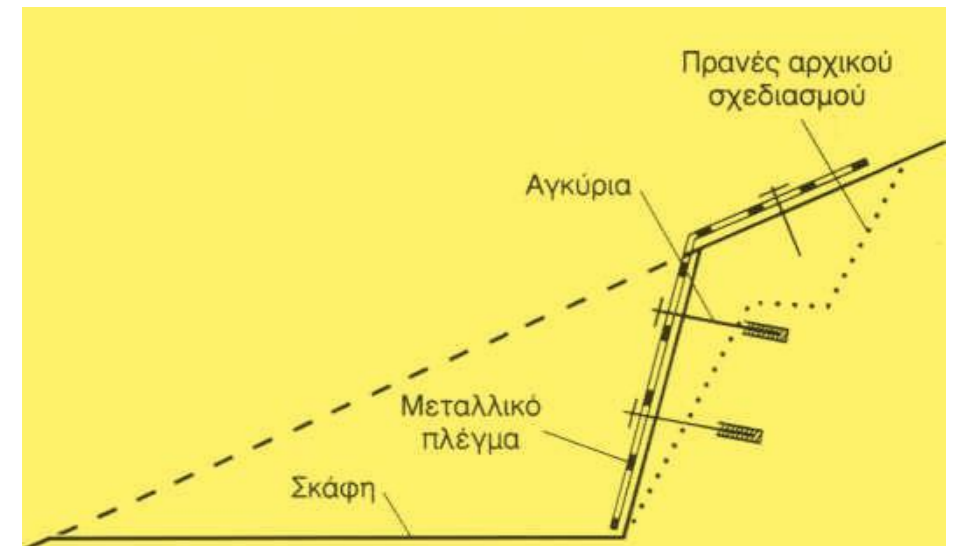
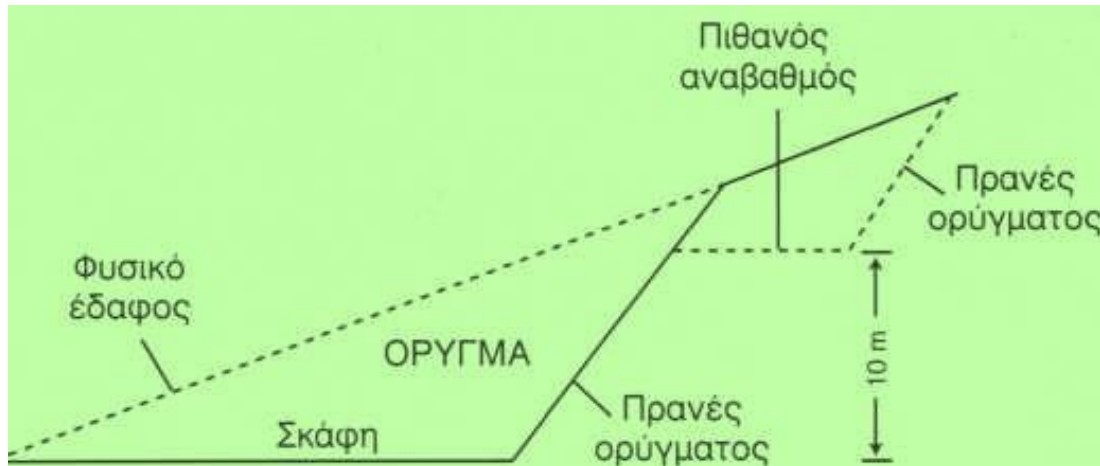
Σχήμα 68. Μέτρα προστασίας πρανών ορυγμάτων.



Εικόνα 35. Κατασκευαστική αστοχία τάφρων αναβαθμών σε όρυγμα.

## 9.3 Μέτρα προστασίας

- Οι προδιαγραφές χάραξης και δημιουργίας ορυγμάτων επιβάλλουν, συχνά, αναβαθμούς ανά 8-10 m ύψους πρανούς. Ο κανόνας αυτός είναι, γενικώς, σωστός και, αναμφίβολα, η παρεμβολή αναβαθμών συνεισφέρει τόσο στην ευστάθεια όσο και στη λειτουργικότητα αλλά και στην αισθητική της κατασκευής.
- Σε ορισμένες περιπτώσεις, όμως, ο κανόνας είναι σκόπιμο να αγνοηθεί, όπως για πρανή ύψους ελάχιστα μεγαλύτερου των 10 μέτρων (Σχ. 69).
- Σε άλλες, ανάλογες περιπτώσεις, πρανή ορύγματος που πρέπει να διαμορφωθούν με συγκεκριμένες κλίσεις και αναβαθμούς, οδηγούν σε μια γεωμετρία εκσκαφών δυσχερή και δυσμενή για το φυσικό ή το δομημένο περιβάλλον.
- Η λύση μπορεί να προέρθει από μια επιλογή ισχυρότερης κλίσης σε συνδυασμό με μέτρα σταθεροποίησης του πρανούς (Σχ. 70).



Σχήμα 69. Διαμόρφωση πρανούς ορύγματος.

Σχήμα 70. Πρανή ορύγματος με κλίση μεγαλύτερη της επιτρεπόμενης.

## 9.3 Μέτρα προστασίας



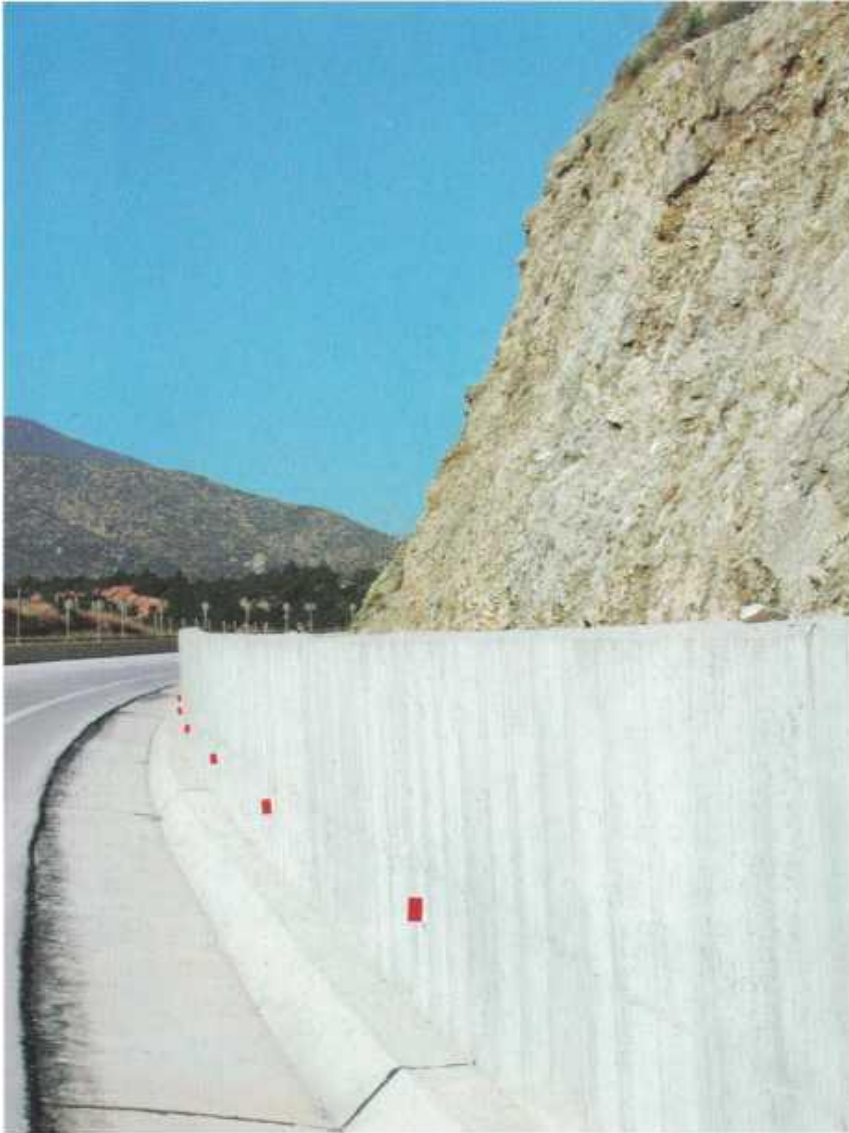
*Εικόνα 36. Πρανές ορύγματος με δύο ενδιάμεσους αναβαθμούς και επένδυση με γεωκυψέλες.*

- Η διαμόρφωση της σκάφης, του πυθμένα δηλαδή του ορύγματος, πραγματοποιείται πριν αρχίσουν οι εργασίες οδοστρώσεως.
- Οι εργασίες διαμόρφωσης και συμπύκνωσης της σκάφης σε βάθος 30 cm αποσκοπούν στη δημιουργία μιας επίπεδης επιφάνειας με μηχανικά χαρακτηριστικά κατάλληλα για την έδραση του οδοστρώματος. Όταν το φυσικό έδαφος έχει μικρή φέρουσα ικανότητα, είναι σκόπιμη η αντικατάσταση του από υγιές υλικό σε βάθος 0,50-2,0 m (§9.1). Αντίθετα μία εξαιρετική ποιότητα φυσικού εδάφους καθιστά περιττή την κατασκευή υπόβασης και, στην περίπτωση αυτήν, η στρώση της βάσης τοποθετείται απευθείας επί της επιφάνειας της σκάφης.
- Τα μέτρα προστασίας του πυθμένα της εκσκαφής περιλαμβάνουν κυρίως αποστραγγιστικά έργα, που αποτρέπουν τη διάβρωση των εδαφικών υλικών και τη μείωση της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους. Η διαμόρφωση των κλίσεων αμέσως μετά την ολοκλήρωση της εκσκαφής και η εκτέλεση της συμπύκνωσης δημιουργεί ευνοϊκές προϋποθέσεις απορροής των όμβριων πάνω στις επίπεδες κεκλιμένες επιφάνειες που εμφανίζουν μικρή διαπερατότητα. Παράλληλα, σε περίπτωση υψηλού υπογείου ορίζοντα, επιβάλλεται η κατασκευή στρώσης στράγγισης κάτω από τον πυθμένα του οδοστρώματος και παράπλευρων αποστραγγιστικών τάφρων που συλλέγουν τα υπόγεια νερά και τα απομακρύνουν από την επιφάνεια έδρασης του οδοστρώματος.

## 9.3 Μέτρα προστασίας

- Για την προστασία των βραχωδών πρανών απαραίτητη είναι η σωστή χρήση της τεχνικής των εκρηκτικών. Η ποσότητα και το είδος των γομών θα πρέπει να δημιουργήσουν συνθήκες κατάλληλες για εξόρυξη των υλικών χωρίς να προκαλούν χαλάρωση του εναπομένουτος πετρώματος.
- Η τεχνική των ανατινάξεων σε βραχώδη πρανή μεγάλου ύψους συχνά χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τη μέθοδο της πρότμησης του πετρώματος.
- Η μέθοδος αυτή συνίσταται στη δημιουργία τεχνητής επιφάνειας ασυνέχειας στη θέση, όπου προβλέπεται να διαμορφωθεί τελικά το πρανές του ορύγματος, ούτως ώστε η ανατίναξη να μη διαταράξει τη δομή του πέραν της επιφάνειας αυτής του πετρώματος.
- Σε κάθε περίπτωση, αν μετά την εκτέλεση των εκσκαφών παραμένουν επιφανειακά χαλαρά πετρώματα που παρουσιάζουν κίνδυνο κατάπτωσης, θα πρέπει να αφαιρούνται (“ξεσκάρωμα”) πριν δοθεί η οδός σε κυκλοφορία, αλλά και πριν από την εκτέλεση οποιουδήποτε μέτρου προστασίας ή σταθεροποίησης του πρανούς.

## 9.3 Μέτρα προστασίας



- Συμπληρωματικά μέτρα για την προστασία της οδού από πτώση λίθων αποτελούν τα έργα παγίδευσης και τα προστατευτικά πλέγματα.
- Οι βραχοπαγίδες, που αποτελούν τη συνήθη πρακτική έργου παγίδευσης, είναι τοίχοι εκ σκυροδέματος, ικανού πάχους και κυμαινόμενου ύψους, 1,20-2,40 m (Εικ. 37).
- Για την κατασκευή τους θα πρέπει να προβλέπεται απόσταση μεταξύ ποδός ορύγματος και βραχοπαγίδας 1,50-3,0 m για παγίδευση των καταπτώσεων.
- Η οριζόντια απόσταση μεταξύ ποδός πρανούς και βραχοπαγίδας εξαρτάται από το ύψος του ορύγματος και την ποιότητα του πετρώματος.
- Μέσα στον χώρο αυτόν διαμορφώνονται τάφροι αναχαίτισης και προστατευτικοί τοίχοι, οι οποίοι συγκρατούν τους βράχους που πέφτουν από τα πρανή και εμποδίζουν την αναπήδηση τους στην επιφάνεια του καταστρώματος.

*Εικόνα 37. Βραχοπαγίδα στον πόδα βραχώδους ορύγματος.*

## 9.3 Μέτρα προστασίας



*Εικόνα 38. Μεταλλικός φράχτης παγίδευσης καταπτώσεων.*

- Τα προστατευτικά πλέγματα αναρτώνται σε συρματοσχοίνα τοποθετημένα στο φρύδι του πρανούς και καλύπτουν το σύνολο της επιφάνειας του πρανούς. Ο ρόλος τους είναι να αποτρέψουν τις αναπηδήσεις των λίθων ή να οδηγήσουν τα προϊόντα καταπτώσεων στα έργα παγίδευσης στη βάση του ορύγματος.
- Ανάλογος με εκείνον της βραχοπαγίδας είναι και ο ρόλος του μεταλλικού φράχτη. Ο μεταλλικός φράχτης τοποθετείται στον πόδα του πρανούς του ορύγματος για συγκράτηση των καταπτώσεων. Εφαρμόζεται σε υψηλά πρανή ορυγμάτων βραχωδών υλικών όπου οι καταπτώσεις λόγω επιφανειακής διάβρωσης/χαλάρωσης του πετρώματος είναι συχνές. Αποτελείται από μεταλλικούς ιστούς ικανής διατομής και σημαντικής μηχανικής αντοχής επί των οποίων αναρτάται εύκαμπτο μεταλλικό πλέγμα.
- Το ύψος των ιστών κυμαίνεται γύρω στα 3 m, ενώ η τοποθέτησή τους, κυρίως, όταν υπάρχει στενότητα χώρου μπορεί να γίνεται και υπό γωνία (Εικ. 38).
- Η τεχνική αυτή, που είναι σχετικά δαπανηρή, εφαρμόζεται κυρίως σε προϋφιστάμενα πρανή, στα οποία η πρόσβαση, για ανάπτυξη άλλων αποτελεσματικότερων μέτρων προστασίας, είναι αδύνατη.

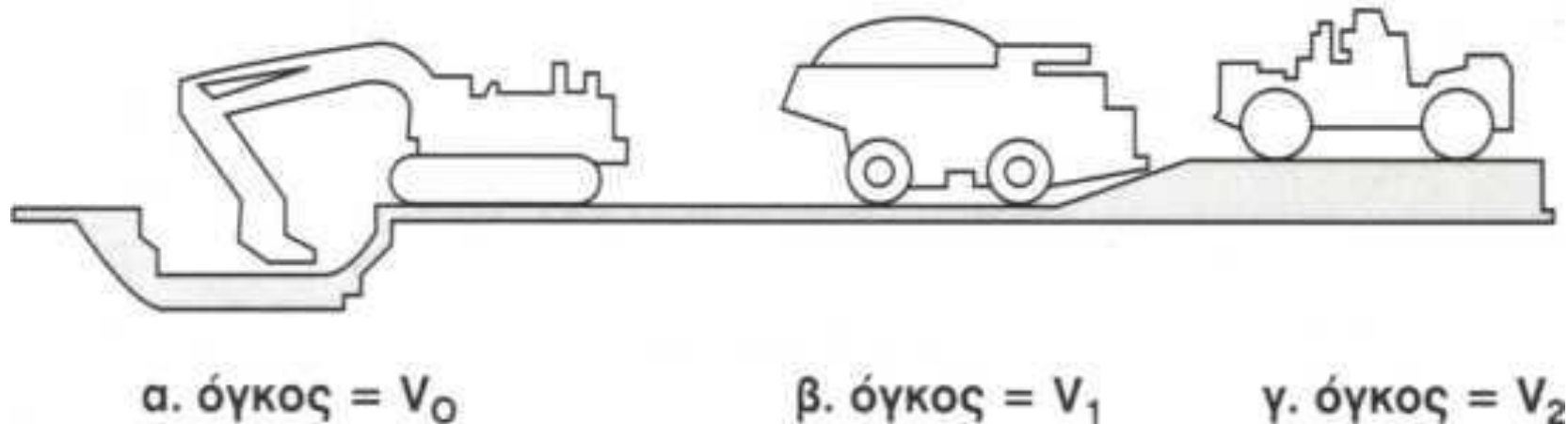
## 9.4. Φόρτωση και μεταφορά προϊόντων εκσκαφής

- ❑ Το θέμα της μεταφοράς των προϊόντων εκσκαφής των ορυγμάτων είναι από τα πιο σημαντικά σε ένα έργο οδοποιίας, γιατί συχνά αποτελεί παράγοντα καθοριστικό για την απόδοση του εργοταξίου. Το πρόβλημα είναι οξύτερο σε περίπτωση που η μεταφορά συνδυάζεται με απομάκρυνση των υλικών από το εργοτάξιο, είτε λόγω ακαταλληλότητας των εδαφών προς κατασκευή επιχωμάτων, είτε λόγω περίσσειας όγκου ορυγμάτων.
- ✓ Η ισχύς και η χωρητικότητα των μηχανημάτων εκσκαφής θα πρέπει να είναι ανάλογες με εκείνες των μηχανημάτων μεταφοράς και αντιστρόφως, ούτως ώστε οι χρόνοι αναμονής να περιορισθούν στο ελάχιστο.
- ✓ Το ανατρεπόμενο φορτηγό, συμβατικό ή εργοταξιακό, που ονομάζεται και αυτοκίνητο στη διάλεκτο της οδοποιίας, παραμένει το κύριο μέσο μεταφοράς προϊόντων εκσκαφής.
- Στην υπεραστική οδοποιία είναι δυνατό, σε ειδικές περιπτώσεις, να χρησιμοποιηθούν και άλλα μέσα μεταφοράς υλικών: βαγονέτα σε σιδηροτροχιές, μεταφορικές ταινίες και άλλα μέσα μεταφοράς μικρής εμβέλειας.



## 9.4. Φόρτωση και μεταφορά προϊόντων εκσκαφής

- Μια στοιχειώδης μελέτη του προβλήματος της μεταφοράς των προϊόντων εκσκαφής προ της έναρξης των εργασιών υποδεικνύει τον βέλτιστο συνδυασμό μηχανημάτων που πρέπει να χρησιμοποιηθούν, με ευνοϊκές, από πλευράς οικονομίας, επιπτώσεις στην εξέλιξη του έργου.
- Στο στάδιο της μελέτης για την κατάστρωση του πίνακα των χωματισμών και του διαγράμματος κίνησης γαιών θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη ο συντελεστής επιπλήσματος  $F$  για κάθε είδος εδάφους.
- Κατά τους υπολογισμούς βελτιστοποίησης των συνθηκών μεταφοράς των προϊόντων εκσκαφής η τιμή του  $F$  που λαμβάνεται υπ' όψη είναι η αρχική τιμή  $F_1 = V_1/V_0$ , που αντιστοιχεί στη διόγκωση της μάζας του εδάφους μετά την εκσκαφή.



Σχήμα 71. Μεταβολές όγκου εδαφικών υλικών κατά την εκτέλεση χωματουργικών.

## 9.4. Φόρτωση και μεταφορά προϊόντων εκσκαφής

- Για την εξίσωση των χωματισμών χρειάζεται να συνυπολογισθεί η μείωση του όγκου (συνίζηση) που θα υποστούν τα προϊόντα εκσκαφής κατά την κατασκευή επιχωμάτων λόγω συμπύκνωσης και μία ελαττωμένη τιμή  $F_2 = V_2/V_0$ , θα υπεισέλθει στους υπολογισμούς (Πίν. 38).
- Συχνά ο αρχικός συντελεστής  $F_1$  ονομάζεται συντελεστής επιπλήσματος ή συντελεστής διόγκωσης (hauling factor) και ο τελικός συντελεστής  $F_2$  ονομάζεται συντελεστής συνίζησης (shrinkage factor).
- Ο συντελεστής  $F_1$  είναι πάντοτε μεγαλύτερος της μονάδας, ενώ ο συντελεστής  $F_2$ , εξαρτώμενος από την ποιότητα του υλικού, μπορεί να είναι μεγαλύτερος ή μικρότερος της μονάδας.

Πίνακας 38. *Συντελεστής επιπλήσματος και συντελεστής συνίζησης*

| <i>Είδος εδάφους</i> | <i>Αρχικός συντελεστής <math>F_1</math></i> | <i>Τελικός συντελεστής <math>F_2</math></i> |
|----------------------|---|---|
| Φυτική γη, άμμος     | 1,10-1,15                                   | 0,95-1,05                                   |
| Αμμοχάλικα           | 1,15-1,20                                   | 1,0-1,05                                    |
| Αργιλικά εδάφη       | 1,25-1,35                                   | 0,9-1,10                                    |
| Μαργαϊκά εδάφη       | 1,35-1,40                                   | 0,9-1,15                                    |
| Κερματισμένος βράχος | 1,30-1,40                                   | 1,05-1,20                                   |
| Συμπαγής βράχος      | 1,40-1,65                                   | 1,15-1,35                                   |

## 9.4. Φόρτωση και μεταφορά προϊόντων εκσκαφής

- Όταν ο κύκλος “εκσκαφή - μεταφορά - απόθεση” πραγματοποιείται σε συνδυασμό με απομάκρυνση των προϊόντων εκσκαφής σε μεγάλη απόσταση από το χώρο του εργοταξίου, τότε οι χρόνοι αναμονής μπορεί να είναι σημαντικοί, αν δεν εκλεγούν σωστά η ισχύς και ο αριθμός των μηχανημάτων. Έστω ότι ο εκσκαφέας έχει μία ωριαία απόδοση  $V$  ( $m^3/h$ ), την οποία πραγματοποιεί με  $N_1$  κύκλους λειτουργίας του κάδου εκσκαφής.
  - Αν  $F_1$  είναι ο συντελεστής επιπλήσματος, ο όγκος των υλικών στη φυσική τους κατάσταση είναι:
    - $V_0 = V / F_1$
  - Κάθε κύκλος λειτουργίας του κάδου εκσκαφής δίδει επί αυτοκινήτου όγκο προϊόντων εκσκαφής:
    - $V_1 = V / N_1$
  - Αν τα αυτοκίνητα έχουν χωρητικότητα  $v$  ( $m^3$ ), τότε κάθε αυτοκίνητο φορτώνεται σε  $n$  κύκλους λειτουργίας του κάδου, όπου:  $n = v / V_1$
  - Ένας πρώτος στόχος είναι ο αριθμός  $n$  να είναι ακέραιος, πράγμα που μειώνει σημαντικά τις καθυστερήσεις. Ο χρόνος πλήρωσης του αυτοκινήτου είναι:
    - $t_1 = n / N_1$  σε ώρες

## 9.4. Φόρτωση και μεταφορά προϊόντων εκσκαφής

- Αν  $t_2$  είναι ο χρόνος μεταφοράς, αποφόρτωσης και επιστροφής, ο συνολικός χρόνος ενός κύκλου εργασίας ισούται προς:
- $t = t_1 + t_2$
- Κάθε αυτοκίνητο πραγματοποιεί  $1/t$  διαδρομές σε μία ώρα και μεταφέρει  $v/t$  ( $= n V_1 / t$ ) προϊόντα εκσκαφών. Ο αριθμός των αυτοκινήτων που θα χρειασθεί για να μεταφέρει το σύνολο της ωριαίας απόδοσης του εκσκαφέα είναι:
- $$N_2 = \frac{Vt}{nV_1} = \frac{N_1 \cdot V_1 \cdot t}{nV_1} = \frac{N_1 \cdot t}{n} = \frac{t}{t_1} = \left(1 + \frac{t_2}{t_1}\right)$$
- Σε κάθε στιγμή υπάρχει ένα αυτοκίνητο υπό φόρτωση και  $t_2/t_1$  αυτοκίνητα υπό μετακίνηση. Για να μειωθεί ο αριθμός των αυτοκινήτων, προς όφελος της οικονομίας του έργου, είναι δυνατό να αυξηθεί η τιμή του χρόνου  $t_1$  πράγμα που αντιστοιχεί σε αυτοκίνητα μεγαλύτερης χωρητικότητας. Ένας τελευταίος στόχος είναι ο λόγος  $t_2/t_1$  να είναι ακέραιος αριθμός πράγμα που ισοδυναμεί με χρόνο αναμονής μηδενικό για κάθε αυτοκίνητο.
- Σημαντικότατο συναφές ζήτημα είναι η εξεύρεση χώρων απόθεσης, προσωρινών ή μόνιμων. Αν για τα παλαιότερα χρόνια το θέμα αυτό ήταν δευτερεύον, σήμερα ο εντοπισμός και χαρακτηρισμός, μόνιμων κυρίως, χώρων απόθεσης αποτελεί ένα δύσκολο εγχείρημα. Τεχνικοί περιορισμοί και, ιδιαίτερα, περιβαλλοντικές δεσμεύσεις συνθέτουν την εικόνα ενός δυσεπίλυτου προβλήματος, που πολλές φορές επιβάλλει την επαναχρησιμοποίηση υλικών με φτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά σε γεωκατασκευές οδοποιίας.

# 10. Κατασκευή επιχωμάτων

# 10.1 Κατασκευαστικά θέματα

Η πρακτική της κατασκευής, σημαντικών σε ύψος, οδικών επιχωμάτων αποτελεί πλέον μία συνήθη διαδικασία για έργα οδοποιίας.

Στον βαθμό που περιβαλλοντικοί όροι το επιτρέπουν, το ύψος των επιχωμάτων μπορεί να γίνει πολύ μεγάλο και έτσι επιχώματα ύψους 50-60 μέτρων κατασκευάζονται σήμερα στην Ελλάδα, ενώ η διεθνής βιβλιογραφία αναφέρει οδικά επιχώματα ύψους μεγαλύτερου από 100 μέτρα.

Βασικό εργαλείο για την κατασκευή υψηλών επιχωμάτων είναι η δυνατότητα παρεμβολής στοιχείων όπλισης στις στρώσεις των εδαφικών υλικών, θέμα το οποίο αναπτύσσεται σε επόμενο κεφάλαιο.

- ✓ Ωστόσο, και για τα συμβατικά, “άοπλα” επιχώματα, οι δυνατότητες μιας άρτιας κατασκευής έχουν διευρυνθεί.
- Απαραίτητες προϋποθέσεις για την άρτια κατασκευή ενός επιχώματος είναι η σωστή επιλογή των υλικών, η κατάλληλη προετοιμασία του εδάφους έδρασης, η βελτιστοποίηση της διαδικασίας συμπύκνωσης και γενικά η εξασφάλιση καταλλήλων συνθηκών δια των οποίων επιτυγχάνεται η ευστάθεια της κατασκευής και ελαχιστοποιούνται οι παραμορφώσεις επιχώματος και υπεδάφους.
- Στη γενική του μορφή, το θέμα της κατασκευής ενός οδικού επιχώματος είναι αρκετά σύνθετο, παρά το γεγονός ότι αποτελεί συνήθη πρακτική στην οδοποιία.
- Η ποικιλία και η μεταβολή επί τόπου συνθηκών αλλά και η εναλλαγή των συστατικών υλικών δημιουργούν προϋποθέσεις ιδιαιτερότητας για κάθε κατασκευή.

# 10.1 Κατασκευαστικά θέματα

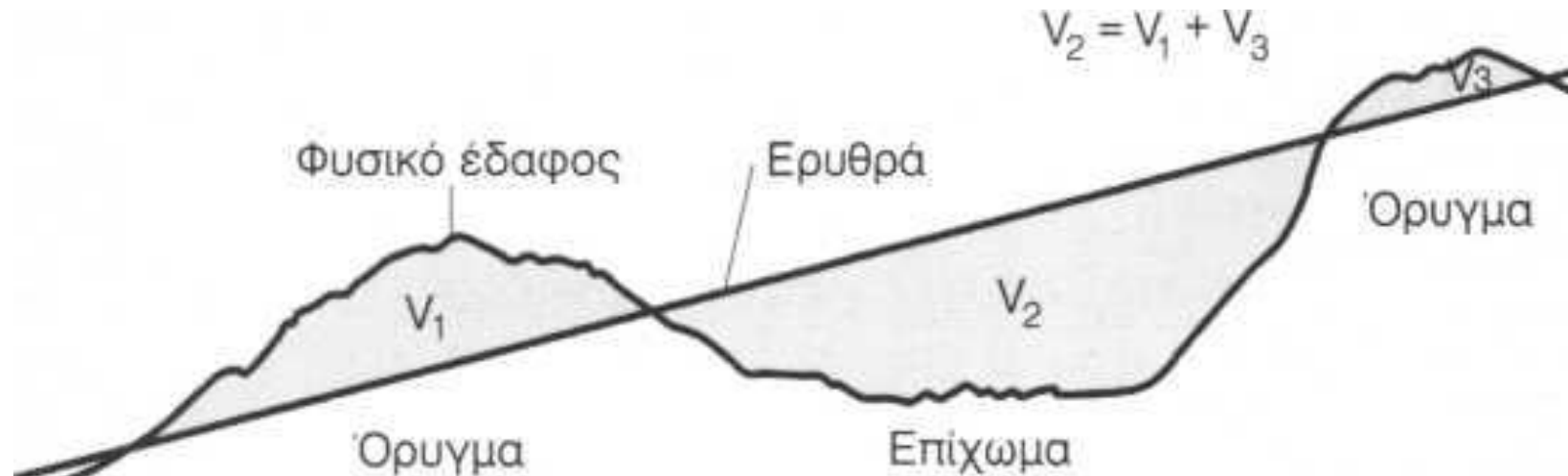
Στον Πίνακα 39 παρουσιάζονται ορισμένα από τα θέματα που είναι δυνατόν να ανακύψουν κατά τη διαδικασία υλοποίησης ενός οδικού επιχώματος και συγχρόνως, υποδεικνύεται, ενδεικτικά, η φάση κατά την οποία το κάθε επι μέρους θέμα θα πρέπει να εξετασθεί. Η εξέταση αυτή μπορεί να έχει μία μορφή απλής παρατήρησης, ενός εργαστηριακού ελέγχου και να φθάνει μέχρι την εκπόνηση πλήρους μελέτης. Το θέμα, επί παραδείγματι, της συμπεριφοράς του υπεδάφους και των πιθανών καθιζήσεων αντιμετωπίζεται αρχικά σε στάδιο μελέτης. Στη συνέχεια, σε επίπεδο κατασκευής, υλοποιούνται όλα τα ενδεδειγμένα μέτρα σταθεροποίησης και επιτάχυνση της στερεοποίησης ενώ εκ παραλλήλου, παρακολουθείται μέσω ταχυμετρικών καταγραφών (ποιοτικός έλεγχος) η συμπεριφορά του υπεδάφους μέσα στο χρόνο. Αν για οποιοδήποτε ζήτημα, η κατασκευαστική πρακτική κληθεί να αντιμετωπίσει καταστάσεις διαφορετικές από αυτές που οι μελέτες προέβλεπα» τότε το συγκεκριμένο θέμα πρέπει να επανεξετασθεί, πιθανώς και σε επίπεδη νέας μελέτης.

| α/α | Θέματα κατασκευής                                  | Φάση δραστηριοποίησης |           |                   |
|-----|--|-----------------------|-----------|-------------------|
|     |  | Μελέτη                | Κατασκευή | Ποιοτικός έλεγχος |
| 1.  | Επάρκεια υλικών / Θέσεις δανειοθαλάμων             | **                    | —         | —                 |
| 2.  | Ποιότητα - Καταλληλότητα υλικών                    | **                    | *         | **                |
| 3.  | Συμπεριφορά υπεδάφους - Μέτρα αποστράγγισης        | **                    | **        | *                 |
| 4.  | Συνθήκες έδρασης - Εξυγίανση                       | *                     | **        | —                 |
| 5.  | Επιλογή πάχους στρώσης και κλίσης πρανών           | *                     | **        | —                 |
| 6.  | Επιλογή εξοπλισμού / Διάστρωση - Συμπύκνωση        | *                     | **        | **                |
| 7.  | Ενίσχυση - Όπλιση στρώσεων                         | **                    | **        | *                 |
| 8.  | Προδιαγραφές και έλεγχος συμπύκνωσης               | *                     | *         | —                 |
| 9.  | Ειδικά θέματα κατασκευής - Διαπλάτυνση επιχώματος  | *                     | **        | —                 |
| 10. | Διαμόρφωση εγκάρσιων κλίσεων                       | (*)                   | *         | —                 |
| 11. | Μέτρα προσωρινής προστασίας στρώσεων               | (*)                   | *         | —                 |
| 12. | Παρεμβολή στρώσεων στράγγισης                      | *                     | *         | *                 |
| 13. | Επένδυση πρανών                                    | *                     | **        | *                 |
| 14. | Μέτρα προστασίας περιβάλλοντος                     | *                     | *         | —                 |
| 15. | Βελτιστοποίηση λειτουργίας και απόδοσης εργοταξίου | *                     | *         | —                 |
| 16. | Χρονικός προγραμματισμός στο σύνολο του έργου      | **                    | (*)       | —                 |

Πίνακας 39. *Τεχνικά θέματα κατασκευής επιχωμάτων*

## 10.2 Υλικά

- Η επιλογή καταλλήλων υλικών που προορίζονται για κατασκευή επιχωμάτων αποτελεί σημαντικό στοιχείο από τεχνικής και οικονομικής άποψης για την εκτέλεση των χωματουργικών εργασιών. Σε ένα οδικό έργο που εμφανίζει διατομές σε όρυγμα και σε επίχωμα, η προσπάθεια στρέφεται κατ' αρχήν, τόσο στο στάδιο της μελέτης όσο και της κατασκευής, προς την κατεύθυνση της “εξίσωσης των χωματισμών” (Σχ. 72).
- Η πρακτική αυτή, αν και απηρχαιωμένη- διατηρεί την σημασία της τουλάχιστον ως προς την οικονομική αντιμετώπιση του προβλήματος και την οικολογική ισορροπία της περιοχής του έργου.
- Η χρησιμοποίηση προϊόντων εκσκαφής για την κατασκευή επιχωμάτων και ο σχεδιασμός της ερυθράς γραμμής με βάση το κριτήριο της εξίσωσης των όγκων των χωματισμών οδηγεί οπωσδήποτε στη λιγότερο δαπανηρή λύση, η οποία δεν είναι όμως κατ' ανάγκη και τεχνικά αποδεκτή.

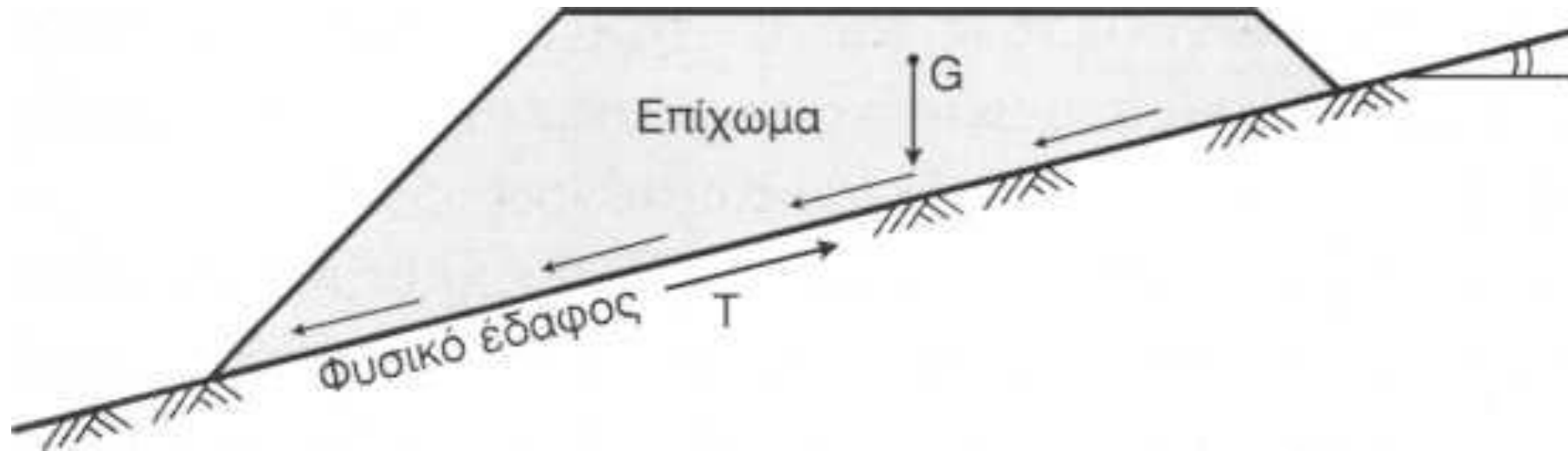


Σχήμα 72. Κριτήριο της “εξίσωσης των χωματισμών” για καθορισμό της ερυθράς γραμμής



## 10.2 Υλικά

- Ένας πρώτος περιορισμός για το σχεδιασμό της ερυθράς σε συνάρτηση με την κατασκευή επιχωμάτων αφορά τα γεωμετρικά στοιχεία της διατομής.
- Σε περίπτωση που οι εγκάρσιες κλίσεις του φυσικού εδάφους είναι έντονες (ορεινές περιοχές), οι διατομές σε επίχωμα πρέπει να αποφεύγονται γιατί παρουσιάζουν κίνδυνο ολίσθησης (Σχ. 73).
- ✓ Ένας τέτοιος σχεδιασμός μπορεί «οδηγήσει σε περίσσεια όγκου προϊόντων εκσκαφών, είναι όμως απόλυτα ενδεδειγμένος, επειδή το κριτήριο της ασφάλειας υπερσχύει πάντοτε εκείνου της οικονομίας



Σχήμα 73. Ολίσθηση επιχώματος επί κλιτύος.

## 10.2 Υλικά

- ✓ Ένας δεύτερος περιορισμός αφορά τα υλικά κατασκευής, ενώ συχνοί είναι και οι περιορισμοί που αφορούν το είδος και το μέγεθος των τεχνικών έργων καθώς και οι δεσμεύσεις περιβαλλοντικού χαρακτήρα.
- ✓ Τα προϊόντα εκσκαφών δεν έχουν πάντοτε τα απαιτούμενα μηχανικά χαρακτηριστικά ούτως ώστε να χρησιμοποιηθούν για κατασκευή επιχωμάτων.
- ✓ Η Πρότυπη Τεχνική Προδιαγραφή XI ορίζει ότι για επιχώματα ύψους μεγαλύτερου των 15 μέτρων πρέπει να χρησιμοποιούνται εδάφη των ομάδων A-1, A-2-4, A-2-5 A-3 συμπυκνωμένα σε βαθμό 90% κατά την τροποποιημένη μέθοδο PROCTOR .
- Εδάφη των ομάδων A-2-6, A-2-7, A-4, A-6 και A-7 χρησιμοποιούνται σε περίπτωση που δεν διατίθενται άλλα υλικά μετά από ειδικό έλεγχο.
- ✓ Ωστόσο ακόμη και σε μικρότερα επιχώματα ύψους 5-15 m θα πρέπει να αποφεύγετε η χρήση εδαφών με  $IP > 10$  ή  $SE < 35$ .
- Η χρήση εδαφών με μεγάλη πλαστικότητα μπορεί να προκαλέσει, με την πάροδο του χρόνου καθιζήσεις στ σώμα του επιχώματος (συνιζήσεις), και να εμφανισθούν παραμορφώσεις - αστοχίες στην επιφάνεια κυκλοφορίας της οδού.
- ✓ Στους Πίνακες 40 και 41 δίδονται στοιχεία για την καταλληλότητα των διαφόρων γαιωδών υλικών (USCS) ως υλικών επίχωσης [11].

# 10.2 Υλικά

Πίνακας, 40. Καταλληλότητα χονδρόκοκκων εδαφών για κατασκευή επιχωμάτων και οδοστρώσις

| Κατηγορίες εδαφών                  |                                 | Περιγραφή |                                  | Καταλληλότητα / Χρήση υλικών                  | Διαπερατότητα (cm/sec)             | Κίνδυνος παγοπληξίας | Μεγίστη ξηρά ποκνότητα Proctor (t/m <sup>3</sup> ) |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------|----------------------------------|---|------------------------------------|----------------------|--|
| Χονδρόκοκκα εδάφη ΔΠ. Νο 200 > 50% | Χαλικώδη και αμμοχαλικώδη εδάφη | GW        | Καλά διαβαθμισμένο αμμοχάλικο    | Κατάλληλο για υπόβαση. Εξαιρετικό για επίχωμα | > 10 <sup>-2</sup>                 | Μηδαμινός            | 1,9-2,1  |
|                                    |                                 | GP        | Μετρίως διαβαθμισμένο αμμοχάλικο | Μέτριο για υπόβαση. Κατάλληλο για επίχωμα     | > 10 <sup>-2</sup>                 | Μηδαμινός            | 1,8-2,0  |
|                                    |                                 | GM        | Ιλυώδες αμμοχάλικο               | Μέτριο για υπόβαση. Κατάλληλο για επίχωμα     | > 10 <sup>-2</sup>                 | Μικρός               | 1,9-2,2  |
|                                    |                                 | GC        | Αργιλώδες αμμοχάλικο             | Ακατάλληλο για υπόβαση. Μέτριο για επίχωμα    | 10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-6</sup> | Μικρός               | 1,8-2,1  |
|                                    | Αμμώδη εδάφη                    | SW        | Καλά διαβαθμισμένη άμμος         | Μέτριο για υπόβαση. Κατάλληλο για επίχωμα     | 10 <sup>-6</sup> -10 <sup>-8</sup> | Μηδαμινός            | 1,7-2,0  |
|                                    |                                 | SP        | Μετρίως διαβαθμισμένη άμμος      | Ακατάλληλο για υπόβαση. Μέτριο για επίχωμα    | > 10 <sup>-3</sup>                 | Μηδαμινός            | 1,6-1,9  |
|                                    |                                 | SM        | Ιλυώδης άμμος                    | Ακατάλληλο για υπόβαση. Μέτριο για επίχωμα    | > 10 <sup>-3</sup>                 | Μέτριος              | 1,7-2,0  |
|                                    |                                 | SC        | Αργιλώδης άμμος                  | Ακατάλληλο για υπόβαση. Μέτριο για επίχωμα    | 10 <sup>-6</sup> -10 <sup>-8</sup> | Μέτριος              | 1,6-2,0  |

# 10.2 Υλικά

Πίνακας 41. Καταλληλότητα λεπτόκοκκων εδαφών για κατασκευή επιχωμάτων και οδοστρώσις

| Κατηγορίες εδαφών        |   | Περιγραφή |                            | Καταλληλότητα / Χρήση υλικών   | Διαπερατότητα (cm/sec)              | Κίνδυνος παγοπληξίας | Μεγίστη ξηρά ποκνότητα Proctor (t/m <sup>3</sup> ) |
|--------------------------|---|-----------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|----------------------|--|
| Λεπτόκοκκα εδαφικά υλικά | Ιλύς και άργιλος μικρής πλαστικότητας WL < 50 | ML        | Ανόργανη ιλύς              | Ακατάλληλο για επίχωμα         | 10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-8</sup> | Σημαντικός           | 1,5-1,9  |
|                          |   | CL        | Ανόργανη άργιλος           | Ακατάλληλο για επίχωμα         | 10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-8</sup> | Σημαντικός           | 1,5-1,9  |
|                          |   | OL        | Οργανική ιλύς και άργιλος  | Εντελώς ακατάλληλο για επίχωμα | 10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-8</sup> | Σημαντικός           | 1,3-1,6  |
|                          | Ιλύς και άργιλος υψηλής πλαστικότητας WL > 50 | MH        | Ανόργανη ιλύς, γη διατόμων | Ακατάλληλο για επίχωμα         | 10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-8</sup> | Υψηλός               | 1,1-1,6  |
|                          |   | CH        | Ανόργανη άργιλος           | Ακατάλληλο για επίχωμα         | 10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-8</sup> | Μέτριος              | 1,3-1,7  |
|                          |   | OH        | Οργανική άργιλος           | Εντελώς ακατάλληλο για επίχωμα | 10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-6</sup> | Μηδαμινός            | 1,0-1,6  |

## 10.2 Υλικά

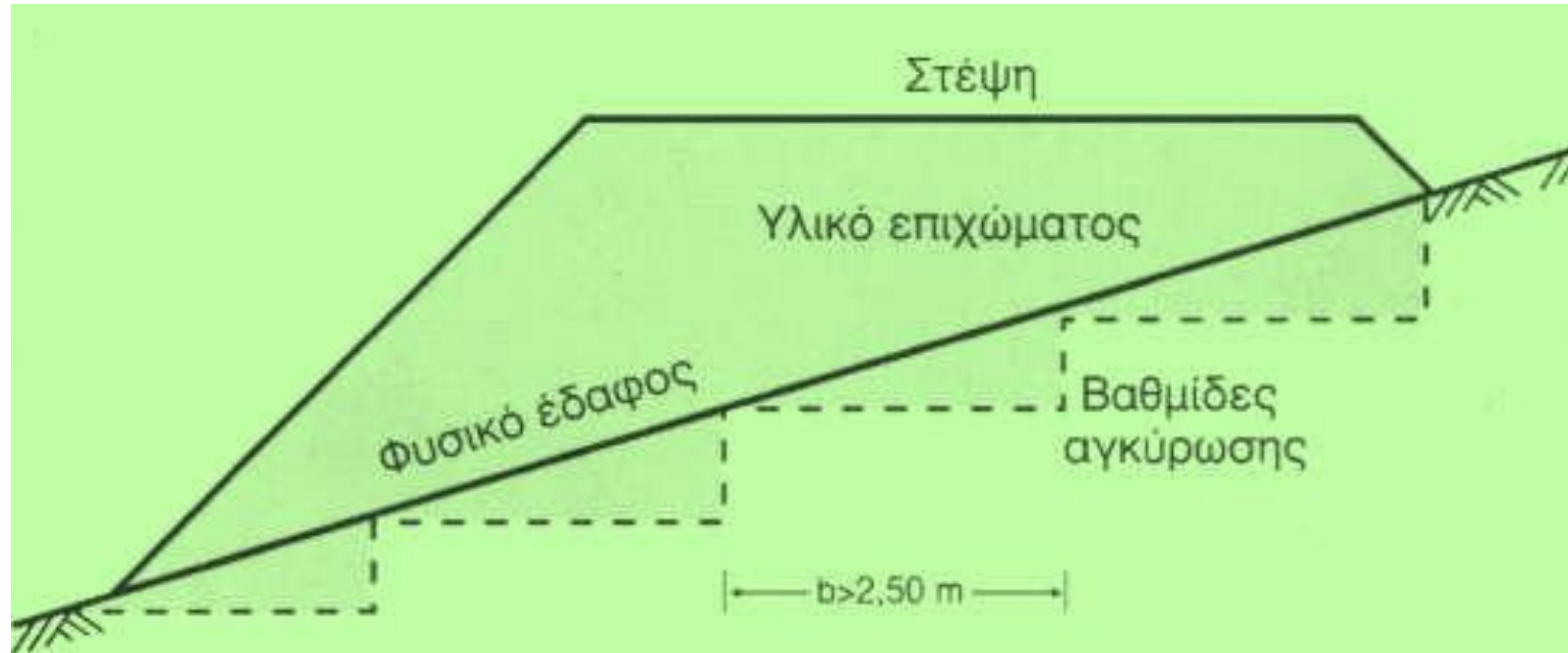
- Σε περίπτωση που τα προϊόντα εκσκαφής αποτελούνται από οργανικά εδαφικά υλικά ή εδάφη με μεγάλη πλαστικότητα, καθώς και σε περίπτωση κατασκευής οδικών έργων με ελάχιστα ή μηδενικά ορύγματα είναι απαραίτητο να αναζητηθούν υγιή υλικά εκ δανειοθαλάμων. Πριν από τη χρησιμοποίησή τους τα υλικά αυτά θα πρέπει να υφίστανται δοκιμές κοκκομετρίας και ορίων Atterberg για να διαπιστωθεί η καταλληλότητά τους.
- Τόσο τα προϊόντα εκσκαφών, όσο και τα υλικά εκ δανειοθαλάμων πρέπει να αξιολογούνται, ούτως ώστε κατά τη διάστρωση, τα καλύτερης ποιότητάς υλικά να τοποθετούνται στις ανώτερες στρώσεις των επιχωμάτων. Τα βραχώδη προϊόντα εκσκαφών χρησιμοποιούνται στην κατασκευή επιχωμάτων υπό την προϋπόθεση ότι περιέχουν σημαντικό ποσοστό λεπτόκοκκων υλικών για είναι δυνατή η συμπύκνωσή τους.
- Στο ανώτερο τμήμα του επιχώματος και πάχος 2 m δεν πρέπει να τοποθετούνται τεμάχια λίθων διαστάσεων μεγαλύτερων των 20 cm, ενώ στην τελευταία στρώση πάχους 15 cm η μέγιστη διάσταση των υλικών πρέπει να είναι 7,5 cm (ΠΤΠ Χ-1). Σε κάθε επί μέρους στρώση η μέγιστη διάσταση κόκκου δεν πρέπει να ξεπερνά τα 2/3 του πάχους της στρώσης.
- Όταν χρησιμοποιούνται βραχώδη προϊόντων εκσκαφών για την κατασκευή των επιχωμάτων είναι δυνατό να δημιουργηθεί στρώση έδρασης (ΣΕΟ) με βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά επί της οποίας να εδρασθεί απ' ευθείας η βάση του οδοστρώματος.
- Στην περίπτωση αυτήν, για την κατασκευή της ανώτερης στρώσης του επιχώματος πάχους 60 cm τα βραχώδη προϊόντα πρέπει να αναμιγνύονται με αμμοχάλικα χειμάρρων με δείκτη πλαστικότητας  $IP < 4$  και να υφίστανται συμπύκνωση, κατά τρόπο ώστε να αποφεύγονται τα κενά και οι συγκεντρώσεις λίθων στη μάζα του υλικού.

## 10.3 Συνθήκες έδρασης

- ✓ Η προετοιμασία του εδάφους έδρασης του επιχώματος περιλαμβάνει την αφαίρεση της φυτικής γης, στο πλάτος κατάληψης της οδού, την μόρφωση της επιφάνειας έδρασης και τη συμπύκνωση του εδάφους σε βαθμό 90% κατά Proctor μέχρι ένα βάθος 30 cm τουλάχιστον.
- Όταν το έδαφος έδρασης του επιχώματος αποτελείται, στα επιφανειακά του στρώματα, από υλικά με ισχνά μηχανικά χαρακτηριστικά, οργανικά εδάφη, τύρφη, ιλυώδη και βουρκώδη εδάφη, απαιτείται μία “εξυγίανση” του εδάφους, αντικατάστασή του, δηλαδή, από μια στρώση υγιών λίθων (κροκάλες, χονδρά σκύρα, θραυστοί λίθοι).
- Το πάχος της στρώσης αυτής δεν είναι μικρότερο από 0,50 m, ενώ κατά συνήθη πρακτική ανέρχεται στο 20% του ύψους του επιχώματος.
- Γεώφασμα τοποθετείται στον πυθμένα της εξυγιαντικής στρώσης καθώς και, ανάλογα με τη φύση του υλικού επίχωσης, στη βάση του επιχώματος, προς της έναρξης κατασκευής του.

## 10.3 Συνθήκες έδρασης

- Όταν η εγκάρσια κλίση του εδάφους έδρασης είναι μεγαλύτερη των  $10^\circ$ , απαιτείται η κατασκευή βαθμίδων αγκύρωσης, ούτως ώστε να μειωθούν οι κίνδυνοι ολίσθησης του επιχώματος (Σχ. 74).
- Παρεμβολή θραυστού υλικού, εν είδει στραγγιστικής κλίνης, και παράλληλα, τοποθέτηση γεωφάσματος ή Γεωπλέγματος στην παρειά και στον πυθμένα των βαθμίδων αγκύρωσης είναι μέτρα βελτίωσης των συνθηκών ευστάθειας.



Σχήμα 74. Κατασκευή βαθμίδων αγκύρωσης επιχώματος.

## 10.4. Κατασκευαστική διαδικασία

- Η διάστρωση των υλικών επίχωσης μπορεί να ξεκινάει από το πλησιέστερο προς την πηγή απόληψης σημείο του επιχώματος ή αντίθετα από το περισσότερο απομακρυσμένο.
- ✓ Και οι δυο επιλογές παρουσιάζουν πλεονεκτήματα.
- Όταν επιλέγεται το πλησιέστερο σημείο για έναρξη της κατασκευαστικής διαδικασίας, τα οχήματα μεταφοράς κινούνται επί διαστρωμένης επιφάνειας την οποία και, υποχρεωτικώς, συμπυκνώνουν. Η εν συνεχεία δράση των οδοστρωτήρων μπορεί, κατά συνέπεια, να μειωθεί επειδή ήδη οι στρώσεις έχουν, εν μέρει, συμπυκνωθεί.
- Αντίθετα, όταν η κατασκευή αρχίσει από το πιο μακρινό σημείο, τα οχήματα μεταφοράς εξακολουθούν να συμπυκνώνουν την υποκείμενη στρώση ή το έδαφος έδρασης ενώ και η μεταφορά των υλικών δεν εμποδίζεται από την εργοταξιακή διαδικασία συμπύκνωσης.
- Μετά την ολοκλήρωση των προπαρασκευαστικών εργασιών επακολουθεί η διάστρωση δια του ισοπεδωτή των υλικών του επιχώματος σε στρώσεις, η διαβροχή και η συμπύκνωση κάθε στρώσης από τους οδοστρωτήρες.



## 10.4. Κατασκευαστική διαδικασία



Εικόνα 39. Κατασκευή επιχώματος επί κλιτύος.

- Όταν χρησιμοποιούνται βραχώδη ή ημιβραχώδη υλικά επίχωσης, η διάστρωση και διαμόρφωση είναι προτιμότερο να γίνεται με προωθητή.
- Το βέλτιστο πάχος της στρώσης είναι συνάρτηση της ποιότητας του εδαφικού υλικού και τον τύπου του χρησιμοποιούμενου οδοστρωτήρα.

## 10.4. Κατασκευαστική διαδικασία

- ✓ Οι Ελληνικές προδιαγραφές ορίζουν μέγιστο πάχος 20 cm για γαιώδη υλικά και 40 cm για βραχώδη.
- Ωστόσο οι τύποι των οδοστρωτήρων που διατίθενται σήμερα είναι σε θέση να επιτύχουν μία σωστή συμπύκνωση και για μεγαλύτερη πάχη στρώσεων.
- Στο κεφάλαιο της συμπύκνωσης αναφέρονται πάχη για στρώσεις επιχώματος που φθάνουν μέχρι και 1 μέτρο, υπό την προϋπόθεση φυσικά ότι θα χρησιμοποιηθεί κατάλληλος οδοστρωτήρας



*Εικόνα 40. Κατασκευή οδικού επιχώματος.*

## 10.4. Κατασκευαστική διαδικασία

- Η διάστρωση εδαφικών υλικών επίχωσης πρέπει να γίνεται σε ομοιόμορφες ισοπαχείς στρώσεις, κατά κανόνα επίπεδες.
- Το πάχος της διαστρωνόμενης μάζας είναι πολύ σημαντικό και πρέπει να είναι απόλυτα σωστό στη φάση αυτήν ούτως ώστε και το πάχος της συμπυκνωμένης στρώσης να είναι το ζητούμενο από τις προδιαγραφές.
- ✓ Η συμπύκνωση που θα επακολουθήσει δεν μπορεί να αλλάξει τα αρχικά δεδομένα.
- Έτσι, ένα μικρότερο ή μεγαλύτερο πάχος αρχικής στρώσης θα οδηγήσει αντίστοιχα σε μικρότερο ή μεγαλύτερο πάχος συμπυκνωμένης στρώσης.
- Η εκτίμηση του αρχικού πάχους είναι αντικείμενο μελέτης με βάση τα χαρακτηριστικά συμπύκνωσης του υλικού.
- Στη φάση της διάστρωσης, το υλικό έχει μια πολύ μικρή τιμή πυκνότητας λόγω αναμόχλευσης.  
Ανάλογα με το είδος του εδαφικού υλικού, το αρχικό πάχος στρώσης μπορεί να είναι ως και κατά 50% μεγαλύτερο από το πάχος της συμπυκνωμένης στρώσης.

## 10.4. Κατασκευαστική διαδικασία

- ✓ Βασικά θέματα σχεδιασμού είναι τα θέματα ευστάθειας, καθιζήσεων και συνιζήσεων.
- Το πρόβλημα της ευστάθειας περιλαμβάνει τη γενική ευστάθεια (έναντι βαθιάς ολίσθησης) και την τοπική ευστάθεια (πρανών).
- Καθιζήσεις, κυρίως, και συνιζήσεις θα πρέπει να προσδιορίζονται προ της κατασκευής και ανάλογα μέτρα θα πρέπει να λαμβάνονται στη συνέχεια.
- Ανεξαρτήτως των μέτρων γεωτεχνικού χαρακτήρα, που περιγράφονται σε ξεχωριστό κεφάλαιο (Κεφ. 15), θα πρέπει, το τελικό ύψος επιχώματος να προσαυξάνεται κατά το συνολικό μέγεθος συνίζησης και καθίζησης ώστε η τελική στάθμη χωματουργικών να είναι εκείνη που προβλέπεται, μετά την ολοκλήρωση των φαινομένου στερεοποίησης και παραμόρφωσης, από τη μελέτη του έργου.

# 10.5 Κλίσεις πρανών

- Οι κλίσεις που δίδονται στα πρανή των επιχωμάτων κατά την κατασκευή πρέπει να ανταποκρίνονται στις συνθήκες ευστάθειας έναντι ολίσθησης.
- *Οι ενδειγμένες κλίσεις για τη διαμόρφωση των πρανών των επιχωμάτων κατά τις Ελληνικές Προδιαγραφές δίδονται στον Πίνακα 42.*
- Η πρακτική διαμόρφωσης κλίσεων 1:1,5 στα συνήθη επιχώματα γαιωδών υλικών μπορεί να εφαρμοσθεί σε εδαφικά υλικά των ομάδων A-1, A-3, A-2-4 και A-2-5.
- Για τα εδαφικά υλικά των λοιπών ομάδων συνιστώνται ηπιότερες κλίσεις (1:1,75 ή 1:2).
- Σκόπιμο είναι, για επιχώματα ύψους μεγαλύτερου των 5 m να γίνεται πλήρης μελέτη ευστάθειας, καθιζήσεων, συνιζήσεων και συνθηκών συμπύκνωσης.

Πίνακας 42. Διαμόρφωση πρανών επιχωμάτων [50]

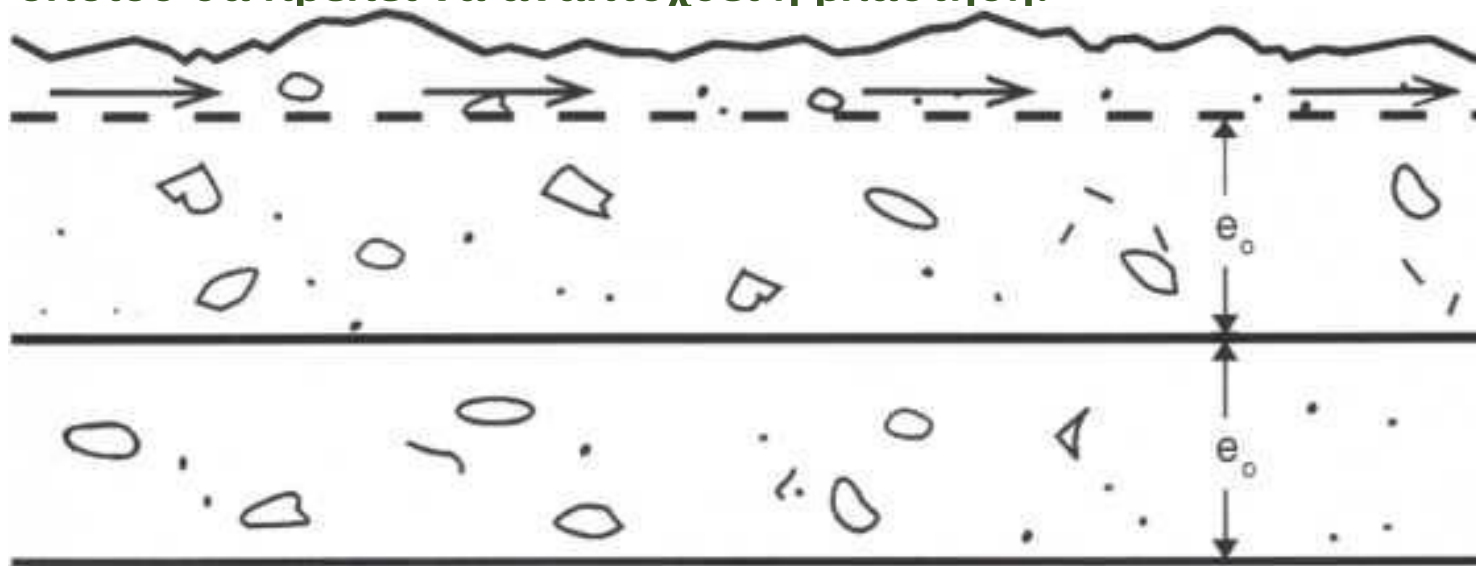
| Περίπτωση |  | Ύψος επιχώματος | Κλίση $\nu:\beta$ |
|-----------|--|-----------------|-------------------|
| α.        | Γαιώδη υλικά                             | έως 1,50 m      | 1:3               |
|           |  | 1,50÷3,00 m     | 1:2               |
|           |  | > 3,00 m        | 1:1,5             |
| β.        | Βραχώδη προϊόντα κατόπιν ειδικής μελέτης |                 | 1:1               |
| γ.        | Σε κίνδυνο διάβρωσης γαιωδών υλικών      |                 | 1:3               |

## 10.6 Μέτρα προστασίας

- ✓ Τα θέματα διαμόρφωσης εγκάρσιων κλίσεων και μέτρων προστασίας στρώσεων επιχώματος είναι σημαντικά και θα πρέπει κατάλληλα να προγραμματίζονται στη φάση της εκπόνησης των μελετών.
- Γενικώς, οι επικλίσεις δίδονται στην τελική στάθμη χωματουργικών, ωστόσο, αν οι καιρικές συνθήκες είναι δυσμενείς, η διαμόρφωση εγκάρσιας κλίσης σε κατώτερες στρώσεις δρα ευνοϊκά στην προστασία της γεωκατασκευής.
- Σε περίπτωση που προβλέπεται παρατεταμένη περίοδος αναμονής προ της εκτέλεσης οδοστρωσίας, θα πρέπει η τελική χωματουργικών να επενδύεται καταλλήλως και να προστατεύεται από «όμβρια αλλά και τα βαριά οχήματα.
- Σε αντίθετη περίπτωση, όταν, δηλαδή η τελική χωματουργικών μένει εκτεθειμένη για καιρό, σκόπιμη είναι μία επιφανειακή απόξεση και ανακατασκευή της στέψης του επιχώματος προ της διάστρωσης της υπόβασης.
- Εναλλακτικά, η κατασκευή των χωματουργικών μπορεί να σταματά χαμηλότερα ή και, κατά προτίμηση, υψηλότερα (10-20 cm) από την προβλεπόμενη τελική στάθμη.
- Η τελευταία αυτή πρακτική μπορεί να εφαρμοσθεί, όταν προβλέπεται μακρά περίοδος αναμονής.

## 10.6 Μέτρα προστασίας

- Προ της διάστρωσης της υπόβασης, αφαιρείται το πλεονάζον στρώμα υλικού, που έχει υποστεί παραμορφώσεις και επιφανειακές αλλοιώσεις και ακολουθεί ελαφρά επιφανειακή συμπύκνωση (Σχ. 75).
- Το εναπομένον πάχος στρώσης θα πρέπει να αντιστοιχεί στο προβλεπόμενο από τη μελέτη πάχος στρώσης επιχώματος  $e_0$ . Το αφαιρούμενο υλικό χρησιμοποιείται σε άλλες θέσεις του επιχώματος.
- Συνήθη γαιώδη υλικά επίχωσης, των ομάδων A-4, A-6 και A-7, που καταχρηστικούς γίνονται αποδεκτά για κατασκευή επιχωμάτων, δεν απαιτούν ειδική Επένδυση πρανών.
- Σπορά και άρδευση, αν χρειάζεται, λόγω ξηρού κλίματος, είναι τα μέτρα για την φυτοκάλυψη των πρανών για τα εν λόγω υλικά.
- Αντίθετα, χονδρόκοκκο γαιώδη και ημιβραχώδη υλικά επίχωσης απαιτούν επένδυση από μανδύα φυτικής γης, επί του οποίου θα πρέπει να αναπτυχθεί η βλάστηση.



Σχήμα 75. Κατασκευή τελικής χωματοουργικών.

# 10.6 Μέτρα προστασίας

- Όταν, κατ' ανάγκην, ένα υψηλό επίχωμα κατασκευάζεται από λεπτόκοκκα συνεκτικά υλικά, είναι απαραίτητο να παρεμβάλλονται στρώσεις στράγγισης, για βελτίωση της μηχανικής συμπεριφοράς του επιχώματος.
- Στις περιπτώσεις αυτές, απαραίτητη είναι η διαμόρφωση επικλίσεων σε χαμηλότερες στρώσεις και η τοποθέτηση γεωυφασμάτων.
- Ανάλογα με το ύψος του επιχώματος και τη δυνατότητα εξεύρεσης θραυστών υλικών, μία στρώση στράγγισης πάχους 20 cm κατασκευάζεται ανά 2m ύψους επιχώματος περίπου.
- ✓ Επίσης, σε υψηλά πρανή επιχωμάτων ( $h > 15 \text{ m}$ ), και ειδικότερα σε όσα κατασκευάζονται ισχυρές κλίσεις, σκόπιμη είναι η παρεμβολή ενός αναβαθμού που συμβάλει στη βελτίωση των συνθηκών ευστάθειας και δίδει πρόσβαση σε εργασίες συντήρησης ή ανακατασκευής.
- Σε περιπτώσεις επιχωμάτων που κατασκευάζονται σε περιοχές όπου εμφανίζεται κίνδυνος κατάκλυσης και πλημμυρών, οι πόδες των επιχωμάτων ενισχύονται με χονδρόκοκκο αδρανή (κροκάλες ή θραυστά λατομείου).
- ✓ Στόχος της πρακτικής αυτής είναι η προστασία της βάσης του επιχώματος έναντι διάβρωσης και η αύξηση της αντίστασης σε ολίσθηση.



## 10.6 Μέτρα προστασίας



Εικόνα 41. Ενίσχυση ποδός επιχώματος.



Εικόνα 42. Κατασκευή αντίβαρου ποδός από συρματοκιβώτια.

- Η διάστρωση φυτικής γης είναι σχετικώς απλή διαδικασία, όταν η κλίση του πρανούς είναι ήπια, π.χ. 1:2.
- Απεναντίας, ισχυρές κλίσεις πρανών επιχωμάτων, ( $i > 2/3$ , π.χ. 1:1), είναι αδύνατο να επενδυθούν, αν δεν παρεμβληθούν οδικά επιφανειακά φύλλα στερέωσης, γεωυφάσματα, φυτικά γεωπλέγματα, γεωκυψέλες.
- Αν το πρόβλημα της κατάκλισης είναι οξύτερο ή αν προβλέπονται κατασκευές σε ευρεία κοίτη ποταμών και λιμνών, ένα μέρος της συνολικής γεωκατασκευής θα πρέπει να γίνει από θραυστά υλικά ή φυσικούς λίθους (Εικ. 41)
- Σε περιοχές ραγδαίων και πυκνών βροχοπτώσεων, η επιφάνεια των πρανών μπορεί να καλυφθεί από συρματοκιβώτια που εξασφαλίζουν προστασία έναντι διάβρωσης.
- Προαιρετικά, μπορεί η επιφάνεια του πρανούς, που προκύπτει κατά τον τρόπο αυτόν, να επενδυθεί με φυτική γη ή να παραμείνει εκτεθειμένη εφόσον το σώμα του επιχώματος κατασκευάζεται από στρώσεις ευμεγεθών διαπερατών υλικών (επίχωμα λιθορριπής).

# 10.7. Βραχώδη επιχώματα

- ✓ Βραχώδη επιχώματα κατασκευάζονται όταν το διαθέσιμο υλικό επίχωσης δεν ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές των γαιωδών υλικών επίχωσης.
- Συνήθως, ορίζονται ως βραχώδη υλικά επίχωσης εκείνα, για τα οποία το διερχόμενο κλάσμα από το κόσκινο 1" είναι μικρότερο από 30%.
- ✓ Τα βραχώδη επιχώματα υπόκεινται στους ίδιους κανόνες εκτέλεσης χωματοουργικών εργασιών με τα κοινά επιχώματα.
- ❑ **Οι σημαντικότερες διαφορές είναι οι εξής:**
  - Λόγω της φύσης του υλικού, η διάστρωση συνήθως γίνεται με προωθητές αντί των διαμορφωτών.
  - Το πάχος της στρώσης  $e_0$  είναι κατά κανόνα μεγαλύτερο από εκείνο των γαιωδών επιχωμάτων αλλά δεν ξεπερνά τα 60 cm (FHWA), ενώ η απαίτηση για τον μέγιστο κόκκο του υλικού  $D < 2/3 \times e_0$  παραμένει.
  - Κατά τη φάση της διάστρωσης, απαραίτητη είναι η θραύση ευμεγεθών λίθων και η ανάμιξη του υλικού.
  - Η συμπύκνωση γίνεται με δονητικούς ή στατικούς οδοστρωτήρες, ενώ ο έλεγχος συμπύκνωσης με ειδικές μεθόδους (δοκιμή φορτιζόμενης πλάκας, έλεγχοι πυκνότητας μέσω “ακτινών γ”).
  - Όταν χρησιμοποιούνται στατικοί οδοστρωτήρες χρειάζονται τέσσερις διελεύσεις για οδοστρωτήρα βάρους 45 t ή οκτώ διελεύσεις για οδοστρωτήρα βάρους 20 t.
  - Αντίστοιχα για δονητικούς οδοστρωτήρες, τέσσερις διελεύσεις για μηχανήματα 18 t ή οκτώ διελεύσεις για μηχανήματα 13 t και συχνότητα δόνησης μεγαλύτερη από 16 Hz.

## 10.7. Βραχώδη επιχώματα

- Τα βραχώδη επιχώματα θα πρέπει να εξασφαλίζουν διαπερατότητα και αντίστοιχα, κατάλληλες διατάξεις αποστράγγισης- υδροσυλλογής θα πρέπει να προβλέπονται στον πυθμένα τους. Ανάλογα με τη φύση του έργου, σκόπιμη είναι μια κατάλληλη επένδυση των πρανών.
- Συνήθως, τα υλικά υψηλής αντοχής διαστρώνονται σε στρώσεις πάχους 50- 100 cm και συμπυκνώνονται με βαρείς δονητικούς οδοστρωτήρες.
- Αντίθετα, πετρώματα χαμηλής αντοχής (ιλυόλιθοι, σερπεντίνες) διαστρώνονται σε στρώσεις 20-40 cm και συμπυκνώνονται με οδοντωτούς κυλίνδρους που προκαλούν αρχικώς διάσπαση των λίθων και εν συνεχεία συμπύκνωση.
- Τα επιχώματα που αποτελούνται από βραχώδη υλικά περιέχουν λίθους, κροκάλες, σκύρα αλλά και ένα κλάσμα γαιώδους υλικού.



Εικόνα 43. Κατασκευή βραχώδους επιχώματος οπλισμένου με γεωύφασμα

## 10.7. Βραχώδη επιχώματα

- ✓ Αντίθετα, τα επιχώματα λιθορριπής περιέχουν μόνον χονδρόκοκκα στοιχεία. Σε περίπτωση που προορίζονται για κατασκευές βυθισμένες στο νερό, ειδικές προδιαγραφές, ισχύουν για τις διαστάσεις των λίθων και τα χαρακτηριστικά του πετρώματος.
- ✓ Αμερικανικής προέλευσης προδιαγραφές (FHWA) προβλέπουν τις εξής απαιτήσεις για τους λίθους της κατασκευής:
  - ειδικό βάρος στερεών συστατικών,  $\gamma_s \geq 2,49 \text{ t/m}^3$
  - αντοχή σε φθορά λόγω τριβής και κρούσης,  $LA \leq 40$
  - αντοχή σε αποσάθρωση (δοκιμή υγείας) σε διάλυμα θεικών για 5 κύκλους εμφάνισης,  $SD \leq 10$
  - αντοχή σε αποσάθρωση (δοκιμή υγείας) σε 12 κύκλους “ψύξης-απόψυξης”,  $SD \leq 10$ .
  - Η επιλογή των διαστάσεων των λίθων υπαγορεύεται από τις συνθήκες της υδραυλικής δίαιτας, αλλά, σε κάθε περίπτωση, η κατασκευή γίνεται με στοιχεία ελάχιστης διάστασης  $d_{\min} = 20 \text{ cm}$ .

• **ΛΥΣΗ:**

•  $DB = \frac{AD}{\tan 30^\circ} = \frac{6,0}{\tan 30^\circ} = 10,40m$

•  $BC = DB - DC = 10,40 - 6,00 = 4,40m$        $AB = \sqrt{10,40^2 + 6,00^2} = 12,00m = L$

•  $E_{ABC} = \frac{1}{2} \cdot 4,40 \cdot 6,0 = 13,20m^2$      $\text{Βάρος } W = 13,20 \cdot 19 = 250,80 \text{ KN}$

•  $SF = \frac{\text{Αντοχη}}{\text{Αναπτυσσόμενη δύναμη}} = \frac{cL + W \cos 30^\circ \tan \varphi}{W \sin 30^\circ} = \frac{5 \cdot 12 + 250,8 \cdot 0,866 \cdot \tan 24^\circ}{250,8 \cdot 0,5} = 1,25$

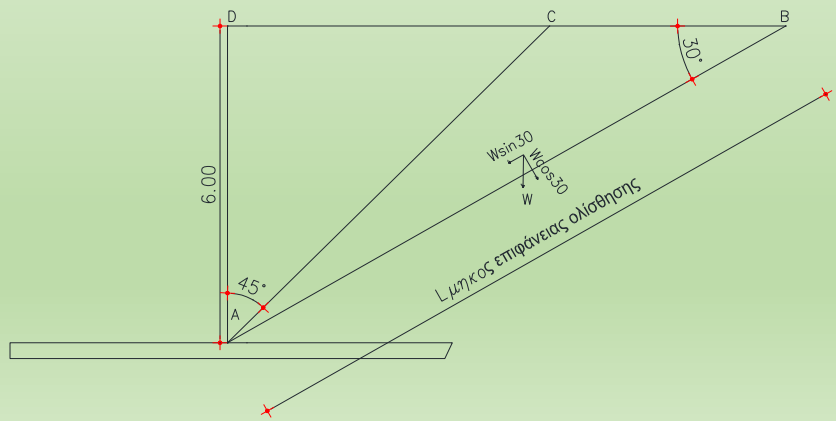
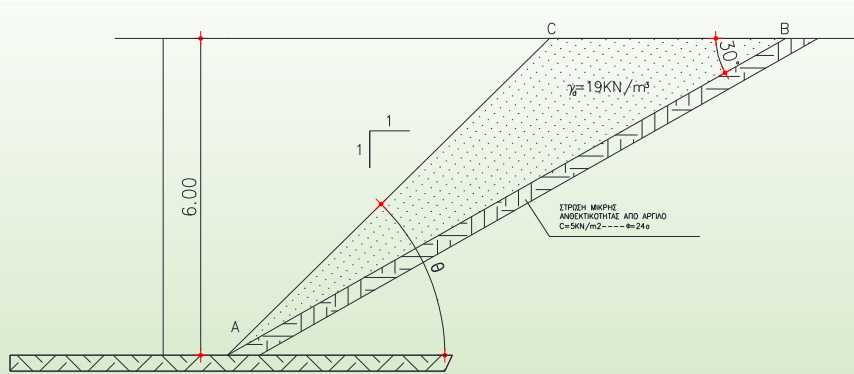
•  $\text{ΑΡΑ } SF = 1,25$

## 10.8. Προγραμματισμός εργασιών

- Τα ζητήματα προγραμματισμού έργων και βελτιστοποίησης της απόδοσης στη φάση των χωματουργικών είναι θέματα οργάνωσης εργοταξίου.
- ✓ Τόσο κατά το στάδιο των μελετών, όσο και μετά την έναρξη των εργασιών, θα πρέπει η εκτέλεση των χωματουργικών να προγραμματίζεται σε περιόδους ήπιων κλιματικών συνθηκών και σε φάση όπου υπάρχουν διαθέσιμα υλικά για επιχωματώσεις.
- ✓ Επάρκεια μηχανικού εξοπλισμού, ανάπτυξη μεθοδολογίας κατασκευής, σωστή προεργασία υλικών (ξήρανση, θραύση, αναμόχλευση, ανάμιξη) και οργάνωση εργοταξιακού εργαστηρίου για ποιοτικό έλεγχο της κατασκευής συνθέτουν μία εικόνα άρτιας εκτέλεσης χωματουργικών έργων.
- Στο ευρύτερο πεδίο της οργάνωσης του εργοταξίου ανήκουν επίσης θέματα που σχετίζονται με την επιλογή και τη λειτουργία των μηχανημάτων, την εξεύρεση καταλλήλων δανειοθαλάμων, τον εντοπισμό θέσεων προσωρινής απόθεσης υλικών, τη δημιουργία μετώπων εργασίας και οδών πρόσβασης, την οργάνωση χώρων αποθήκευσης υλικών, τα οποία, στο σύνολό τους, υπάγονται στη δικαιοδοσία του μηχανικού του έργου.

# ΕΦΑΡΜΟΓΗ – ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΠΡΑΝΟΥΣ

- Περίπτωση που είναι σαφής η γεωμετρία της εδαφικής μάζας η οποία χρειάζεται να ελεγχθεί σε ολίσθηση. Αυτές είναι οι περιπτώσεις όπου ένα ασθενές εδαφικό στρώμα παρεμβάλλεται στην εδαφική μάζα στην εδαφική μάζα και το οποίο ορίζει σαφώς την επιφάνεια ολίσθησης. Το όλο θέμα αντιμετωπίζεται σύμφωνα με το πιο κάτω παράδειγμα.



## • Παράδειγμα:

- Για το πρανές στο σχήμα, να υπολογιστεί ο συντελεστής ασφαλείας (SF) για τον κίνδυνο ολίσθησης κατά μήκος της στρώσης αργίλου AB. Χαρακτηριστικά Αργίλου:  $c=5\text{KN/m}^2$ ,  $\phi=24^\circ$

## • ΛΥΣΗ:

$$DB = \frac{AD}{\tan 30^\circ} = \frac{6,0}{\tan 30^\circ} = 10,40\text{m}$$

$$BC = DB - DC = 10,40 - 6,00 = 4,40\text{m} \quad AB = \sqrt{10,40^2 + 6,00^2} = 12,00\text{m} = L$$

$$E_{ABC} = \frac{1}{2} \cdot 4,40 \cdot 6,0 = 13,20\text{m}^2 \quad \text{Βάρος } W = 13,20 \cdot 19 = 250,80\text{ KN}$$

$$SF = \frac{\text{Αντοχή}}{\text{Αναπτυσσόμενη δύναμη}} = \frac{cL + W \cos 30^\circ \tan \phi}{W \sin 30^\circ} = \frac{5 \cdot 12 + 250,8 \cdot 0,866 \cdot \tan 24^\circ}{250,8 \cdot 0,5} = 1,25$$

- APA SF=1,25