

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ:**

**ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ (ΒΡΑΧΩΔΗ-ΓΑΙΩΔΗ) ΣΕ ΟΔΙΚΑ ΚΑΙ  
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ:**

**ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ  
ΧΡΗΣΤΟΥ ΖΑΧΑΡΙΑΣ**

**ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ:**

**ΤΣΟΚΑΝΑ ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ  
ΚΟΥΚΟΥ ΠΟΛΥΞΕΝΗ**





*Ευχαριστούμε θερμά τους*

*Καθηγητές μας Ανδρέα Σαραντόπουλο*

*Και*

*Χρήστου Ζαχαρία*

*για τις ουσιαστικές πληροφορίες που μας έδωσαν.*

*Ιδιαίτερα ευχαριστούμε τον καθηγητή μας*

*ΧΡΗΣΤΟΥ ΖΑΧΑΡΙΑ Ε.Τ.Π «τμήματος Πολιτικών*

*Έργων Υποδομής»*

*για την βοήθειά του στο έργο μας.*



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

|     |                                      |    |
|-----|--------------------------------------|----|
| 1.1 | Εισαγωγή – Γενικά για το έδαφος..... | 6  |
| 1.2 | Ορισμοί.....                         | 8  |
| 1.3 | Οδικά έργα.....                      | 11 |
| 1.4 | Σιδηροδρομικά έργα.....              | 12 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.1   | Γενικά για οδικά και σιδηροδρομικά έργα – Σιδηρόδρομος..... | 14 |
| 2.2   | Μελέτη σιδηροδρομικής υποδομής.....                         | 15 |
| 2.2.1 | Φέρουσα ικανότητα υποδομής(Φ.Ι.Υ).....                      | 17 |
| 2.3   | Βραχώδη πρρανή (φυσικά ή από εκσκαφή).....                  | 19 |
| 2.3.1 | Κατασκευή γεωυφάσματος.....                                 | 20 |
| 2.4   | Κατάταξη οδικών έργων ανάλογα με την σπουδαιότητά τους..... | 21 |
| 2.5   | Διαχωρισμός οδικών και σιδηροδρομικών έργων.....            | 24 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.1   | Κατηγορίες γαιωδών εδαφικών υλικών.....   | 25 |
| 3.1.1 | Κατηγορίες και υποκατηγορίες γαιωδών εδαφικών υλικών για τα σιδηροδρομικά έργα..... | 26 |
| 3.2   | Καλή κατηγορία εδαφών.....  | 32 |
| 3.2.1 | Αντοχή και ευστάθεια.....   | 33 |
| 3.2.2 | Αποτελέσματα από ιδιότητες εδαφών.....  | 34 |
| 3.2.3 | Ιδιότητες των καλών υλικών οδοστρωσίας.....   | 34 |
| 3.2.4 | Επιλογή εδάφους.....  | 34 |
| 3.2.5 | Κατηγορίες εδαφών σιδηροδρομικών έργων.....   | 35 |
| 3.3   | Συνιστώμενες κλίσεις πρρανών – επιχώματων και ορυγμάτων.....                        | 36 |
| 3.3.1 | Κλίσεις επιχώματων.....   | 37 |
| 3.3.2 | Προστασία των κλίσεων.....  | 39 |
| 3.3.3 | Ύψος ενός επιχώματος.....   | 39 |
| 3.3.4 | Πλάτος ενός επιχώματος.....   | 40 |
| 3.3.5 | Βάθος εκχώματος και επιχώματος.....   | 41 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.1   | Φυσικά χαρακτηριστικά συνεκτικών εδαφών.....                       | 43 |
| 4.2   | Ταξινόμηση εδαφών.....   | 46 |
| 4.2.1 | Καταλληλότητα εδαφών για επαναχρησιμοποίηση – σώμα επιχώματος..... | 49 |
| 4.2.2 | Κοκκοδιαβάθμιση.....   | 51 |
| 4.3   | Προδιαγραφές εργαστηριακών δοκιμών.....                            | 52 |
| 4.4   | Μηχανήματα συμπύκνωσης.....  | 56 |
| 4.4.1 | Μηχανήματα διαμόρφωσης πρρανών.....                                | 57 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

|               |  |            |
|---------------|--|------------|
| <b>5.1</b>    | Επιχώματα - Γαιώδη επιχώματα – υλικά γαιωδών επιχωμάτων.....   | <b>58</b>  |
| <b>5.1.1</b>  | Γαιώδη υλικά για την κατασκευή της στρώσης έδρασης του οδοστρώματος.....   | <b>59</b>  |
| <b>5.1.2</b>  | Κλιματικοί περιορισμοί κατασκευής γαιωδών επιχωμάτων.....  | <b>60</b>  |
| <b>5.1.3</b>  | Κυκλοφορία.....  | <b>60</b>  |
| <b>5.1.4</b>  | Επιφανειακά ακατάλληλα υλικά ή φυτική γη.....  | <b>61</b>  |
| <b>5.1.5</b>  | Συμπύκνωση επιχωμάτων.....   | <b>61</b>  |
| <b>5.1.6</b>  | Κατασκευή επιχωμάτων και της στρώσης διαμόρφωσης.....  | <b>63</b>  |
| <b>5.2</b>    | Βραχώδη επιχώματα–υλικά βραχωδών επιχωμάτων–προέλευση....  | <b>64</b>  |
| <b>5.2.1</b>  | Ποιότητα πετρώματος.....   | <b>64</b>  |
| <b>5.2.2</b>  | Κατασκευή – προετοιμασία της επιφάνειας θεμελίωσης.....  | <b>65</b>  |
| <b>5.2.3</b>  | Δοκιμαστικό τμήμα.....   | <b>68</b>  |
| <b>5.2.4</b>  | Ανοχές των περατωμένων επιφανειών.....   | <b>69</b>  |
| <b>5.2.5</b>  | Υποχωρήσεις επιχωμάτων, επιχωματώσεων, διαμόρφωσης χώρων κ.λ.π.....  | <b>69</b>  |
| <b>5.2.6</b>  | Εργασίες θεμελίων τεχνικών έργων και τάφρων – εργασίες για εκτέλεση.....   | <b>71</b>  |
| <b>5.2.7</b>  | Επιμέτρηση – γενικά.....   | <b>75</b>  |
| <b>5.2.8</b>  | Διαχωρισμός γενικών εκσκαφών από εκσκαφές θεμελίων τεχνικών έργων και τάφρων.....  | <b>77</b>  |
| <b>5.2.9</b>  | Πληρωμή.....   | <b>80</b>  |
| <b>5.2.10</b> | Επανεπίχωση απομένοντος όγκου εκσκαφών θεμελίων και τάφρων γενικά.....   | <b>82</b>  |
| <b>5.2.11</b> | Τοποθέτηση και συμπύκνωση του υλικού πληρώσεως – γενικά.....   | <b>83</b>  |
| <b>5.2.12</b> | Πυθμένας της τάφρου και τοποθέτηση του αγωγού.....   | <b>85</b>  |
| <b>5.2.13</b> | Αποκατάσταση του οδοστρώματος (περίπτωση αγωγού κάτω από υφιστάμενη οδό).....  | <b>89</b>  |
| <b>5.2.14</b> | Μεταβατικά επιχώματα.....  | <b>91</b>  |
| <b>5.2.15</b> | Έλεγχος γεωτεχνικής συμπεριφοράς των έργων.....  | <b>92</b>  |
| <b>5.2.16</b> | Απαιτήσεις ακρίβειας υψομέτρων και ομαλότητας επιφανειών σιδηροδρομικών έργων.....   | <b>97</b>  |
| <b>5.2.17</b> | Αντιπαγετικές στρώσεις από ασύνδετο υλικό – γενικά.....  | <b>98</b>  |
| <b>5.2.18</b> | Αντιπαγετική στρώση – γενικά.....  | <b>99</b>  |
| <b>5.2.19</b> | Βάσεις – υποβάσεις από μη κατεργασμένα αμμοχάλικα – γενικά.....  | <b>105</b> |
| <b>5.2.20</b> | Υποβάσεις οδοστρωμάτων με αδρανή σταθεροποιημένου τύπου (χωρίς συνδετικό υλικό).....   | <b>111</b> |
| <b>5.2.21</b> | Περιγραφή των αναγκαίων ελέγχων που πρέπει να εκτελούνται πριν από την έναρξη των εργασιών οδοστρωσίας (υπόβασης-βάσης)..... | <b>116</b> |
| <b>5.2.22</b> | Έλεγχοι κατασκευής υποβάσεων – βάσεων οδοστρωμάτων με αδρανή σταθεροποιημένου τύπου.....                                     | <b>116</b> |
| <b>5.3</b>    | Κατασκευαστικές διαδικασίες.....   | <b>117</b> |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

|              |  |            |
|--------------|--|------------|
| <b>6.1</b>   | Προβλήματα σε βραχώδη και γαιώδη πρηνή... .. | <b>125</b> |
| <b>6.1.1</b> | Φυσικά προβλήματα.....                       | <b>126</b> |
| <b>6.1.2</b> | Τεχνητά προβλήματα.....                      | <b>127</b> |
| <b>6.1.3</b> | Τύποι αστάθειας.....                         | <b>129</b> |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 6.1.4 | Δυσμενείς ιδιότητες.....   | 131 |
| 6.1.5 | Αποτελέσματα υπερβολικής υγρασίας.....   | 132 |
| 6.2   | Τρόποι αντιμετώπισης.....  | 133 |
| 6.2.1 | Διάφορα προβλήματα και αντιμετώπιση αυτών.....                                 | 135 |
| 6.2.2 | Αποστράγγιση επιχωμάτων και πρανών.....  | 137 |
| 6.2.3 | Αντιμετώπιση με μηχανικά μέσα αντιστηρίζοντας τη βάση του πρανούς.....         | 139 |
| 6.2.4 | Μέτρα σταθεροποίησης για επιχώματα σε εδάφη με μειωμένη φέρουσα ικανότητα..... | 144 |
| 6.2.5 | Σταθεροποίηση βραχωδών πρανών.....   | 146 |
| 6.2.6 | Μέθοδοι ευστάθειας.....  | 151 |
| 6.3   | Ποιότητα φυτικής γης.....  | 171 |
| 6.3.1 | Έλεγχος βλάστησης.....   | 173 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**

|   |     |
|---|-----|
| Παραδείγματα σε οδικά και σιδηροδρομικά έργα..... | 175 |
|---|-----|

## «ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1»

### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### Γενικά για το έδαφος

Το έδαφος είναι ένα μη συμπαγές πολυφασικό υλικό, που αποτελείται από ασύνδετους ή ελαφρά συνδεδεμένους στερεούς κόκκους, τα κενά μεταξύ των οποίων (πόροι), περιέχουν νερό και αέρα.

Το έδαφος διαιρείται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Στα αυτόχθονα εδάφη και τα εκ μεταφοράς. Τα αυτόχθονα εδάφη έχουν δημιουργηθεί επιτόπου από τον βράχο, ενώ τα εκ μεταφοράς εδάφη είναι αυτόχθονα που έχουν υποστεί διάβρωση και έχουν μεταφερθεί από τον άνεμο, τον πάγο ή το νερό. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται μηχανική αποσάθρωση και αφορά τα χονδρόκοκκα εδάφη. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα χαλίκια και η άμμος. Αντίθετα η χημική αποσάθρωση προκαλεί την αποσύνθεση των πετρωμάτων λόγω οξειδωσης, ενανθράκωσης, καθώς και άλλων χημικών διαδικασιών. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα λεπτόκοκκα εδάφη, όπως η ιλύς και η άργιλος.

Ένας πολιτικός μηχανικός ενδιαφέρεται κυρίως για την αντοχή του εδάφους, που συνήθως το θεωρεί σαν χαλαρό υλικό του γήινου φλοιού. Τους βράχους τους θεωρεί σαν φυσικά πετρώματα που αλληλοσυγκρατούνται με ισχυρές δυνάμεις, ενώ το έδαφος θεωρείται σαν μία φυσική συσσωμάτωση σωματιδίων που μπορούν να διαχωριστούν εύκολα.

Τα βασικά συστατικά του εδάφους διαχωρίζονται με βάση το μέγεθος των κόκκων. Στον παρακάτω πίνακα περιλαμβάνονται τα συστατικά του εδάφους όπως αυτά ορίζονται από το Ενοποιημένο Σύστημα Κατάταξης Εδαφών του Σώματος των Μηχανικών. «Τα όρια μεγέθους είναι κάπως αυθαίρετα και χρησιμοποιούνται περισσότερο για λόγους τυποποίησης.»

### ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

| <u>ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ</u>  | <u>ΜΕΓΕΘΟΣ</u>  |
|---|---|
| Πέτρες  | Πάνω από 3 in*.   |
| Χαλίκι<br>Χοντρό χαλίκι<br>Ψιλό χαλίκι                    | 3 in. έως κόσκινο No. 4 (4.76 mm).<br>3 in. έως ¾ in.<br>¾ in. έως κόσκινο No. 4 (4,76 mm).   |
| Αμμος<br>Ø Χοντρή άμμος<br>Ø Μέτρια άμμος<br>Ø Ψιλή άμμος | Κόσκινα No. 4 (4,76 mm) έως No. 200 (0,074 mm).<br>Κόσκινα No. 4 έως No. 10 (2,0 mm).<br>Κόσκινα No. 10 έως No. 40 (0,42 mm).<br>Κόσκινα No. 40 έως No 200. |
| Λεπτόκοκκα υλικά (ιλύες και άργιλοι)                      | Λεπτότερα από τις βροχίδες του κόσκινου No 200.   |

Όπου \* : 1 in.=2.54 cm

Πιο αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα φαίνεται με λεπτομέρεια η ταξινόμηση των συστατικών του εδάφους

| <u>Κατηγορία κλάσματος υλικού</u>            | <u>Μέγεθος κόκκου (mm)</u>                                   |
|--|--|
| Άργιλος                                      | < 0.002  |
| Ιλύς ή άσβεστος<br>Λεπτό<br>Μεσαίο<br>Χοντρό | 0.002 – 0.06<br>0.002 – 0.006<br>0.006 – 0.02<br>0.02 – 0.06 |
| Άμμος<br>Λεπτό<br>Μεσαίο<br>Χοντρό           | 0.06 – 2<br>0.06 – 0.2<br>0.2 – 0.6<br>0.6 – 2               |
| Χάλικες<br>Λεπτό<br>Μεσαίο<br>Χοντρό         | 2 – 60<br>2 – 6<br>6 – 20<br>20 – 60                         |
| Κροκάλεις                                    | 60 – 200   |
| Λίθοι  | > 200  |

Η καταλληλότητα και η ποιότητα του εδάφους παίζει τον πρωταρχικό ρόλο, για τον λόγο το ότι αυτό αποτελεί την βάση και έδραση των επιχωμάτων και ορυγμάτων. Η **εδαφική έρευνα** η οποία περιλαμβάνει γεωφυσικές, φυσικές, μηχανικές και υδρογεωλογικές μέθοδοι είναι απαραίτητη προϋπόθεση, προκειμένου να προχωρήσει ένας μηχανικός στην κατασκευή επιχωμάτων καθώς και στην εκτέλεση χωματουργικών εργασιών των έργων οδοποιίας. Όταν λέμε εδαφική έρευνα εννοούμε δοκιμαστικές τομές, γεωτρήσεις, εργαστηριακές δοκιμές κ.τ.λ. Το έδαφος πάνω στο οποίο προβλέπεται να εδρασθεί ένα **επίχωμα**, πρέπει να παρουσιάζει αρκετή αντοχή και μικρή εγκάρσια κλίση. Για την εξασφάλιση της απαιτούμενης αντοχής του εδάφους πρέπει να γίνεται αποστράγγιση και συμπύκνωση αυτού.

Σε ασταθή, υγρά και ύποπτα εδάφη έδρασης επιχωμάτων απαιτείται ειδική εδαφοτεχνική μελέτη, ώστε να μην παρουσιασθούν προβλήματα στο μέλλον (θραύση του εδάφους έδρασης ή μεγάλη καθίζηση αυτού). Τα εδάφη που εξαιρούνται από την κατασκευή

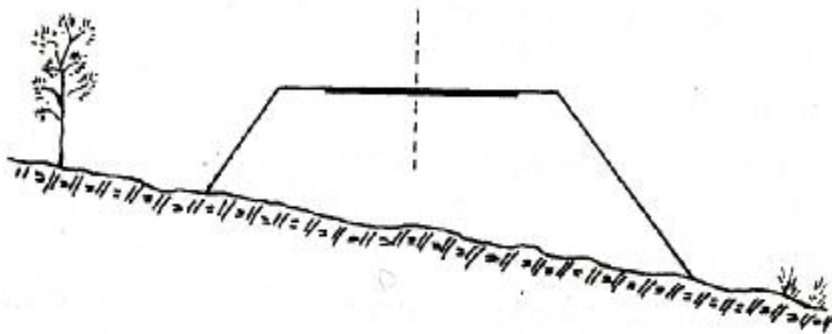
επιχωμάτων είναι τα εξελίξιμα εδάφη κατά την διάρκεια της ζωής του έργου. Τα εδάφη αυτά μετά την κατασκευή του έργου, υπάρχει κίνδυνος να αλλοιωθούν και να παρουσιαστούν προβλήματα (καθιζήσεις ενοχλητικές ή καταστρεπτικές για το οδόστρωμα).

Όλα τα παραπάνω, οι ιδιότητες καθώς και η κατασκευή των επιχωμάτων είναι το αντικείμενο που θα μας απασχολήσει και το πώς αυτά είναι σε θέση να συγκρατηθούν αλλά και να δεχτούν φορτίσεις έργων, όπως τα οδικά και τα σιδηροδρομικά.

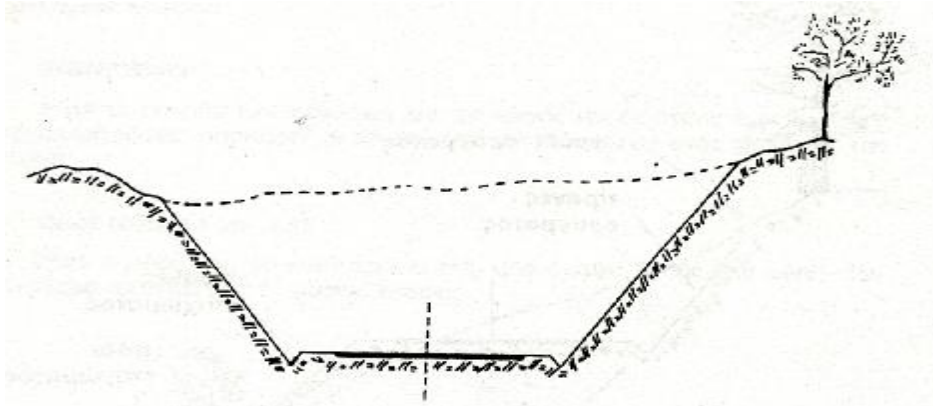
Παρακάτω περιγράφονται κάποιοι όροι τους οποίους πρέπει να πληρούν τα υλικά κατασκευής των επιχωμάτων, καθώς και κάποιες άλλες ορολογίες που αναφέρονται στα Επιχώματα Οδικών και Σιδηροδρομικών Έργων.

## 1.2 ΟΡΙΣΜΟΙ.

**ΕΠΙΧΩΜΑ:** Είναι το υλικό που τοποθετείται εκεί, όπου η επιφάνεια της οδού προβλέπεται να είναι ψηλότερη από το φυσικό έδαφος. Είναι γενικά μια υπερυψωμένη κατασκευή που δημιουργείται με διάστρωση και συμπύκνωση κατάλληλων εδαφικών υλικών, προϊόντων εκσκαφών ή δανείων, σε στρώσεις πάχους τέτοιου, ώστε, με τα μέσα συμπύκνωσης που διατίθενται, να επιτυγχάνεται η απαιτούμενη συμπύκνωση. Η κατασκευή υλοποιείται σε τμήματα κατάλληλων διαστάσεων, ώστε να μπορεί να γίνει χρήση μηχανικού εξοπλισμού υψηλής απόδοσης.



**ΕΚΧΩΜΑ:** Είναι το προϊόν της εκσκαφής των ορυγμάτων. Κατά κανόνα χρησιμοποιείται για τη διαμόρφωση της οδού στα τμήματα που η επιφάνειά τους είναι ψηλότερη από το φυσικό έδαφος (επίχωμα).





**ΓΑΙΩΔΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ:** Είναι αυτά που κατασκευάζονται με διάστρωση και συμπύκνωση γαιωδών υλικών, που προέρχονται από γαιώδεις ημιβραχώδεις εκσκαφές ορυγμάτων ή εκσκαφές δανειοθαλάμων.

**ΒΡΑΧΩΔΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ:** Είναι αυτά που κατασκευάζονται με διάστρωση και συμπύκνωση βραχωδών υλικών, που προέρχονται κατά κύριο λόγο από εκσκαφές σε βράχο.

**ΧΑΛΑΡΑ ΕΔΑΦΗ:** Είναι οι φυτικές γαίες, η ιλύς, η τύρφη, τα οργανικά εδάφη καθώς και τα εδάφη που έχουν προέλθει από επιχωματώσεις με ανομοιογενή υλικά.

**ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ (ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ):** Είναι τα εδάφη με διερχόμενο ποσοστό από το κόσκινο (ISO 565) ανοίγματος οπής 0,063 mm μεγαλύτερο από 34% κ.β. και δείκτη πλαστικότητας,  $PL > 7$ .

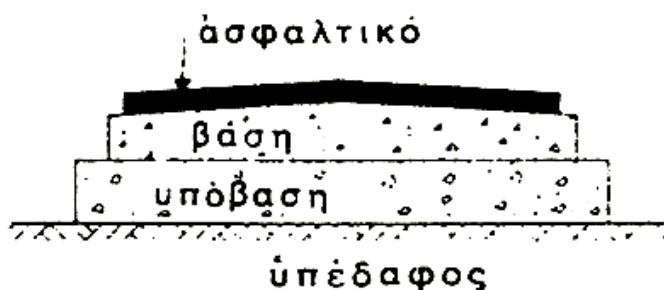
**ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ (ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΑ-ΚΟΚΚΩΔΗ):** Είναι τα εδάφη με διερχόμενο ποσοστό από το κόσκινο (ISO 565) ανοίγματος οπής 0,063 mm ίσο ή μικρότερο του 34% κ.β. και δείκτη πλαστικότητας,  $PL < 7$ .

**ΕΞΥΓΙΑΝΣΗ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΕΔΡΑΣΗΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ:** Είναι η βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων εδαφικού υλικού, με την ανάμιξη του, (σε σχετικά μικρές ποσότητες) με υδραυλικές κονίες (τσιμέντου ή και ιπτάμενης τέφρας) ή με άσβεστο (υπό διάφορες μορφές όπως, κόνεως υδρασβέστου ή κόνεως μη σβησμένης ασβέστου ή υδαρούς πολτού ασβέστου), συμπύκνωσή του υπό συνθήκες βέλτιστης υγρασίας και συντήρησή του για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα.

**ΣΤΡΩΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΣ ΤΑΠΗΤΑΣ):** Είναι η ανώτερη στρώση του οδοστρώματος που παρέχει ομαλή και άνετη κίνηση στα οχήματα, παραλαμβάνει δε τις εφαπτομενικές και λοιπές δυνάμεις.

**ΒΑΣΗ:** Είναι η στρώση του οδοστρώματος μεταξύ υπόβασης και στρώσης κυκλοφορίας που παραλαμβάνει τα εισαγόμενα φορτία από την κυκλοφορία.

**ΥΠΟΒΑΣΗ:** Είναι η στρώση για ενίσχυση του οδοστρώματος που είναι μεταξύ υπεδάφους και βάσης και έχει σκοπό την ελάττωση των εισαγόμενων τάσεων στο έδαφος.



**ΓΑΙΕΣ:** Είναι τα εδάφη όπου η εκσκαφή γίνεται και με σκαπάνη. Π.χ. Άργιλος, μάργα, πηλός, αμμοχάλικο, χαλίκια, μεμονωμένοι ογκόλιθοι με όγκο μικρότερο των 0,20 m<sup>3</sup> κ.τ.λ.

**ΗΜΙΒΡΑΧΟΣ:** Είναι τα εδάφη που δεν υπάγονται στην κατηγορία των γαιών και μπορούν να εκσκαφθούν χωρίς τη χρήση εκρηκτικών υλών. Γενικά στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όλα τα είδη που είναι αρκετά συνδεδεμένα, αλλά λόγω της δομής τους λύνονται και χωρίς εκρηκτικά.

**ΒΡΑΧΟΣ:** Είναι όλα τα ανθεκτικά πετρώματα, όπου η εξόρυξη είναι δυνατή μόνο με εκρηκτικά. Δηλαδή ως βράχος χαρακτηρίζονται όλα τα μη αποσαθρωμένα συμπαγή πετρώματα που υπάρχουν σε μεγάλους όγκους κατά στρώματα, τα κροκαλοπαγή πετρώματα και οι μεμονωμένοι βράχοι όγκου τουλάχιστον 0,50 m<sup>3</sup>.

**ΕΡΜΑ:** Είναι η κύρια στρώση της επιδομής επί της οποίας εδράζονται οι στρωτήρες και οι σιδηροτροχιές. Το έρμα συνήθως αποτελείται από θραυστά σκύρα και ενίοτε από συλλεκτά (όχι θραυστά) χαλίκια ή από σκυρόδεμα. Κύριος σκοπός της κατασκευής του έρματος είναι η απόσβεση των δονήσεων και η διανομή των φορτίων του συρμού, η εξασφάλιση της σταθερότητας των στρωτήρων, η γρήγορη αποστράγγιση των ομβρίων και η διαμόρφωση των επιθυμητών εγκάρσιων κλίσεων.

**ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ:** Είναι η μεταβατική στρώση μεταξύ του έρματος και της υποδομής και κατασκευάζεται συνήθως από αμμοχάλικο. Στα μελετώμενα έργα το έρμα κατασκευάζεται εξ ολοκλήρου από θραυστό αμμοχάλικο (προέλευσης λατομείου). **Το υπόστρωμα έχει σκοπό:**

**α)** Την παρεμπόδιση της διείσδυσης των σκύρων του έρματος στην υποδομή και την παράλληλη “μόλυνση” του έρματος με λεπτόκοκκα υλικά υποδομής

**β)** Την μείωση των φορτίων του συρμού που μεταβιβάζονται στην υποδομή και

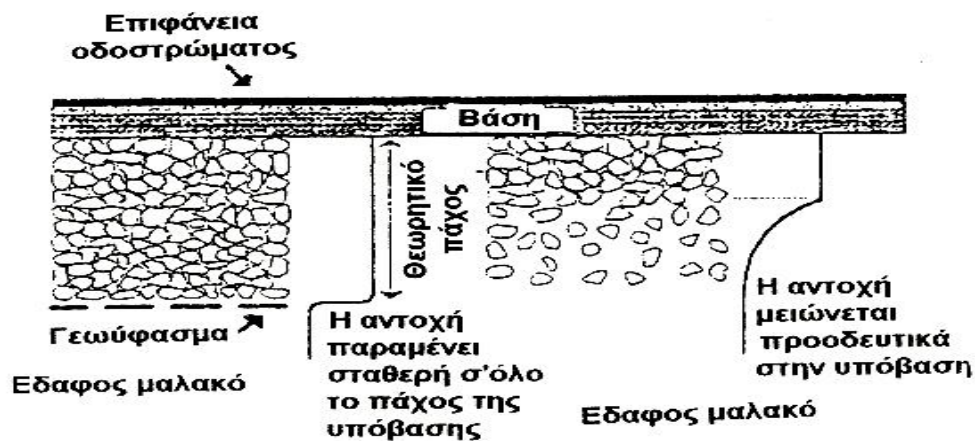
**γ)** Την υποβοήθηση στην γρήγορη αποστράγγιση των ομβρίων.

Στο υπόστρωμα περιλαμβάνονται, ως κατώτερες στρώσεις αυτού και η “**στρώση θεμελίωσης**” και η “**στρώση διαχωρισμού**.”

**ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ:** Οι θεμελιώσεις κατασκευάζονται για να μεταφέρουν τα φορτία των υπερκειμένων αναδομών στο έδαφος. Η ανάλυση και οι έλεγχοι των θεμελιώσεων απαρτίζονται από την ανάλυση της συμπεριφοράς του εδάφους κάτω από την επιρροή των διαφόρων φορτίσεων καθώς και από τους ελέγχους των υλικών που μορφώνουν το εκάστοτε σύστημα θεμελίωσης. Διακρίνουμε τις **Επιφανειακές θεμελιώσεις**, όπου μεταφέρουν τα φορτία σε μικρό βάθος, (τοίχοι θεμελιώσεως, μεμονωμένα πέδιλα, πεδילוδοκοί, γενικές κοιτοστρώσεις) και τις **βαθείς** που μεταφέρουν τα φορτία σε βαθιά ανθεκτικά εδαφικά στρώματα. (πάσσαλοι, βάθρα).

**ΓΕΩΥΦΑΣΜΑΤΑ:** Τα έργα οδοποιίας αποτελούν το πλέον εκτεταμένο πεδίο εφαρμογών των γεωυφασμάτων. Μπορούν να τοποθετηθούν κάτω από επιχώματα, όταν αυτά κατασκευάζονται πάνω από εδάφη με χαμηλή φέρουσα ικανότητα και πιθανώς ύπαρξη υψηλού υδροφόρου ορίζοντα. Επίσης τοποθετούνται κυρίως στη διαχωριστική επιφάνεια σκάφης-υπόβασης. Σκοπός τους είναι η μη διείσδυση κοκκώδους υλικού στη σκάφη, μείωση

των εφαρμοζόμενων τάσεων και των υποχωρήσεων κάτω από την επιφάνειά τους, ανακούφιση του υπεδάφους αφού η κατακόρυφη συνιστώσα των εφελκυστικών δυνάμεων όπου και καταπονούνται τα γεωυφάσματα, αναλαμβάνουν μέρος του φορτίου του τροχού, από την κυκλοφορία των οχημάτων στην οδό κ.τ.λ. Διακρίνονται σε υφαντά, μη υφαντά και σύνθετα.



**ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ:** Επιφανειακή στρώση εδαφικού υλικού, ελαφρού αργιλοαμμώδους συστάσεως, που ευνοεί την ανάπτυξη φυτών.

### 1.3 ΟΔΙΚΑ ΕΡΓΑ:

**Στρώση Έδρασης Οδοστρώματος (Σ.Ε.Ο):** Είναι το αμέσως κάτω του οδοστρώματος διαμορφωμένο και συμπυκνωμένο σύμφωνα με την Προδιαγραφή αυτή έδαφος ή υλικό επίχωσης, το οποίο εκτείνεται σε βάθος που επηρεάζεται από το μέγεθος των κυκλοφορούντων φορτίων.

**Στρώση Στράγγισης Οδοστρώματος (Σ.Σ.Ο):** Λέγεται και στρώση Αντιπαγετικής Προστασίας (Α.Π.). Είναι αμέσως κάτω του οδοστρώματος κατάλληλα συμπυκνωμένη στρώση από ασύνδετο υλικό, η οποία έχει σκοπό να διευκολύνει την αποστράγγιση των υδάτων που τυχόν συγκεντρώνονται κάτω από το οδόστρωμα.

Η Σ.Σ.Ο. αποτελεί μέρος της στρώσης έδρασης του οδοστρώματος και κατασκευάζεται όταν κρίνεται απαραίτητη από τη μελέτη λόγω υδρογεωλογικών και κλιματολογικών συνθηκών.

Η Σ.Σ.Ο. χρησιμεύει και για την προστασία του οδοστρώματος από επίδραση παγετού. Σημειώνεται ότι στρώση αντιπαγετικής προστασίας σπανίως είναι απαραίτητη για τις ελληνικές συνθήκες και θα πρέπει να κατασκευάζεται μόνο μετά από μελέτη του κλίματος της περιοχής που θα περιλαμβάνει κλιματολογικά στοιχεία τουλάχιστον πενταετίας.

### ΣΗΜΕΙΩΣΗ

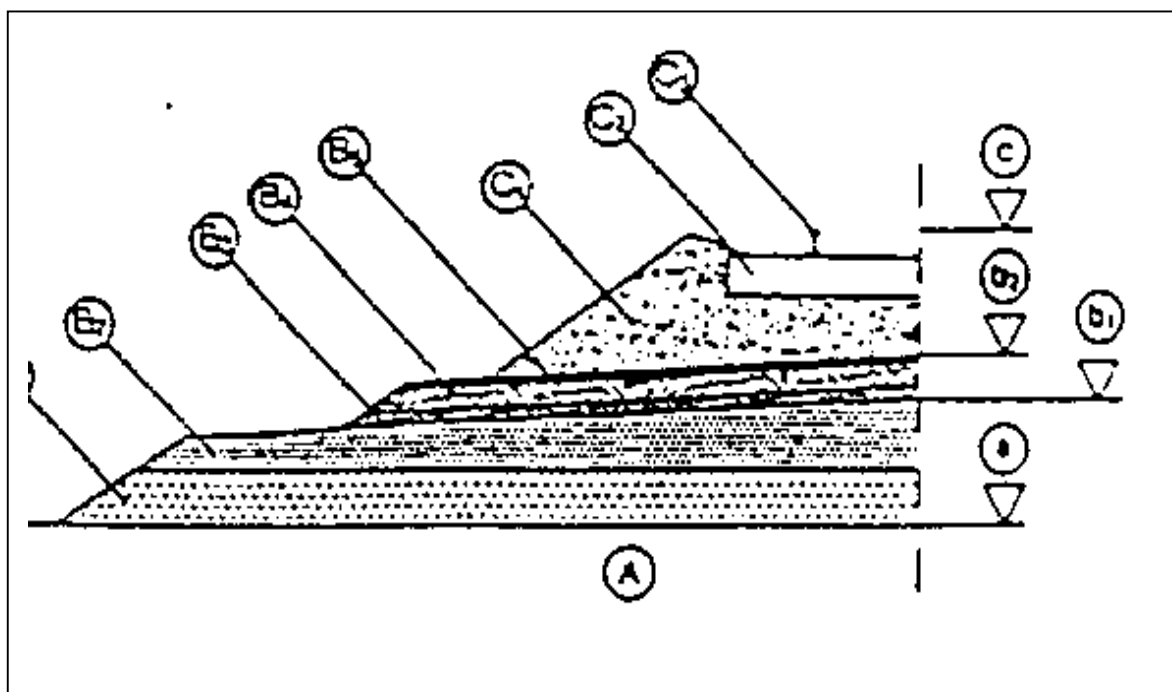
Στις περιοχές επιχωμάτων, στη Στρώση Έδρασης Οδοστρώματος περιλαμβάνεται και η τυχόν απαιτούμενη, Στρώση Στράγγισης Οδοστρώματος (Σ.Σ.Ο.) (ή στρώση Αντιπαγετικής Προστασίας από ασύνδετο υλικό).

#### 1.4 ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ:

1. Επιδομή: Είναι η κύρια φέρουσα στρώση που δέχεται και κατανέμει στις υποκείμενες στρώσεις τα φορτία των συρμών και υπόκειται σε ανακαινίσεις κατά ορισμένα χρονικά διαστήματα. Η επιδομή περιλαμβάνει, εκτός από τους στρωτήρες και τις σιδηροτροχιές, το έρμα και το υπόστρωμα (με τις πρόσθετες τυχόν αναγκαίες στρώσεις θεμελίωσης και διαχωρισμού).
2. Υποδομή: Είναι το αμέσως κάτω από την επιδομή, έδαφος ή στρώση μορφωμένη με υλικό επίχωσης.
3. Στρώση διαμόρφωσης: Είναι η ανώτερη στρώση της υποδομής που συμπυκνώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό συμπίκνωσης και ενίοτε κατασκευάζεται με υλικό ανώτερης κατηγορίας από το υπόλοιπο υλικό της υποδομής. Ο σκοπός της στρώσης διαμόρφωσης είναι η αύξηση της φέρουσας ικανότητας της υποδομής στην ανώτερή της στρώση.

#### Τυπική κατασκευή υποδομής

##### Διατομή



|                       | <u>Στρώσεις</u> |                                  | <u>Επιφάνειες</u> |                            | <u>Ενδεικτικά Υλικά</u>                              |
|-----------------------|-----------------|----------------------------------|-------------------|----------------------------|--|
| <b><u>Επιδομή</u></b> | C3              | Επιφάνεια κύλισης σιδηροτροχιάς. | C                 | Επιφάνεια Κύλισης          | (κεφαλή σιδηροτροχιάς)<br>- Μεταλλικές σιδηροτροχιές |
|                       | C2              | Στρωτήρας                        |                   |                            | Στρωτήρες αλλαγής γραμμής<br>Μέταλλο<br>Σκυρόδεμα    |
|                       | C1              | Έρμα                             |                   |                            | -Κερματισμένος σκληρός βράχος                        |
| <b><u>Υποδομή</u></b> | B5              | Βάση έρματος                     | b2                | Υπόστρωμα επιδομής         | Πέτασμα από άσφαλτο<br>Μεταλλικά αδρανή στοιχεία     |
|                       | B4              | Στρώση θεμελιώσεως               |                   |                            | Αμμοχάλικο I. II. 100. 120<br>Αμμοχάλικο             |
|                       | B3              | Στρώση φίλτρου                   |                   |                            | Άμμος<br>Γεωύφασμα                                   |
|                       | B2              | Στρώση διαμόρφωσης               | b1                | Στρώση διαμόρφωσης         | Συμπυκνωμένη<br>Υλικό επανεπίχωσης<br>Σταθεροποίηση  |
|                       | B1              | Επίχωμα                          |                   |                            |  |
|                       | A               | Φυσική υπόβαση                   | a                 | Επιφάνεια φυσικής υπόβασης |  |

## «ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.»

### 2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΟΔΙΚΑ ΚΑΙ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ

#### ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΣ.

**Συρμός οχημάτων, που μπορεί να κινηθεί πάνω σε δυο σταθερά συνδεδεμένες παράλληλες σιδηρογραμμές.**

**Εξέλιξη.** Η εμφάνιση του σιδηρόδρομου μπορεί να τοποθετηθεί στις αρχές του 18<sup>ου</sup> αιώνα, με τη χρησιμοποίηση της ατμομηχανής ως μηχανής έλξης. Η πρώτη ατμομηχανή έλξης σχεδιάστηκε από τον Άγγλο Τρέβιθικ και χρησιμοποιήθηκε το 1804 για την κίνηση ενός συρμού με βάρος 14 τόνους, σε διαδρομή 16 χλμ. Η ατμομηχανή αυτή ανέπτυξε μέση ταχύτητα 8 χλμ. την ώρα. Αργότερα, ο Άγγλος Στέφενσον ασχολήθηκε με την τελειοποίηση των μηχανών έλξης και η ανάπτυξή τους προκάλεσε το ενδιαφέρον του βιομηχάνου Έντουαρντ Πιζ. Αυτός χρηματοδότησε την κατασκευή μιας σιδηροδρομικής γραμμής που συνέδεε τα ορυχεία του Ντάρλινγκτον με το λιμάνι του Στόκτον.

**Είδη σιδηροδρόμων.** Το είδος του σιδηρόδρομου εξαρτάται από το πλάτος και το είδος της γραμμής που χρησιμοποιείται. Ειδικές μορφές σιδηροδρόμων είναι ο μονοσιδηρόδρομος, ο οδοντωτός σιδηρόδρομος, το τελεφερίκ και το μετρό.

**Γραμμές.** Οι σιδηροδρομικές γραμμές κατασκευάζονται από χάλυβα και στερεώνονται πάνω σε στρωτήρες κατασκευασμένους από σκληρό ξύλο, ποτισμένο με διάφορες ουσίες. Οι στρωτήρες είναι κάθετοι προς τις χαλύβδινες γραμμές και είναι τοποθετημένοι πάνω σε ένα στρώμα από πέτρες με κατάλληλο πάχος. Ανάλογα με τη μορφολογία του εδάφους οι σιδηροδρομικές γραμμές τοποθετούνται σε ορύγματα ή σε επιχώματα αφού γίνει πρώτα ο υπολογισμός της αντοχής του καταστρώματος. Το πλάτος της γραμμής ποικίλλει από 0,76 ως 1,7 μ. Το συνηθέστερο πλάτος είναι 1,1 μ. (αυτό το πλάτος έχουν τα περισσότερα σιδηροδρομικά δίκτυα της Βόρειας Αμερικής και της Ευρώπης).

**Σιδηροδρομικά δίκτυα.** Σήμερα υπάρχουν σε όλο τον κόσμο εκτεταμένα σιδηροδρομικά δίκτυα, που καλύπτουν τις μεταφορικές ανάγκες. Το μήκος τους υπολογίζεται περίπου σε 1.300.000 χλμ. Πρώτη χώρα σε έκταση σιδηροδρομικού δικτύου είναι οι ΗΠΑ με μήκος 360.000 χλμ. Ακολουθεί η ΕΣΣΔ με 132.000 χλμ., η Γαλλία με 40.000 χλμ., η Δυτική Γερμανία με 30.000 χλμ., η Πολωνία με 17.000 χλμ. Το σιδηροδρομικό δίκτυο της Αφρικής είναι περίπου 70.000 χλμ., ενώ της Κίνας περίπου 30.000 χλμ. Η μεγαλύτερη σε μήκος σιδηροδρομική γραμμή είναι η υπερσιβηρική, με 7.200 χλμ.

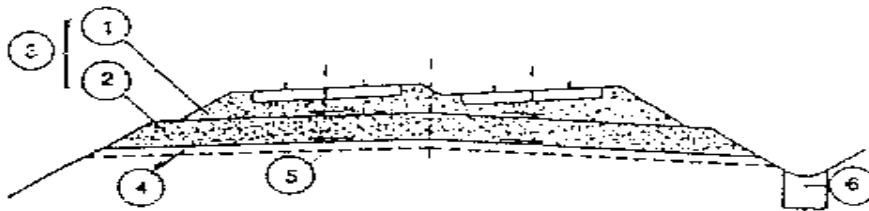
Το ελληνικό σιδηροδρομικό δίκτυο έχει μήκος 2.572 χλμ. Το πλάτος των γραμμών δεν είναι το ίδιο σε όλο το δίκτυο. Έτσι το θεσσαλικό και το πελοποννησιακό δίκτυο έχουν πλάτος γραμμής 1 μ. σε συνολικό μήκος 1.012 χλμ. Το υπόλοιπο δίκτυο (με μήκος 1.560 χλμ.) έχει πλάτος γραμμής 1,43 μ. και συνδέεται με το ευρωπαϊκό σιδηροδρομικό δίκτυο. Η πρώτη σιδηροδρομική γραμμή στην Ελλάδα κατασκευάστηκε στις 27 Φεβρουαρίου 1869 και συνέδεσε την Αθήνα με

τον Πειραιά. Η επιχείρηση που ελέγχει και εκμεταλλεύεται το ελληνικό σιδηροδρομικό δίκτυο είναι κρατική και έχει τον τίτλο **Ο.Σ.Ε** (Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδος).

## 2.2 Η μελέτη της σιδηροδρομικής υποδομής διαιρείται σε δύο μέρη:

- ▶ μελέτη του υποστρώματος γραμμής και των χωματουργικών έργων για νέες γραμμές
- ▶ συντήρηση του υποστρώματος γραμμής και των χωματουργικών έργων στις υφιστάμενες γραμμές, οι οποίες δίνουν ήδη τα πρώτα δείγματα φθοράς ή υπόκεινται σε μεγαλύτερα φορτία (αύξηση του μεικτού τονάζ, του φορτίου ανά άξονα ή της ταχύτητας)

### ΔΙΑΤΟΜΗ



### Έρμα

1. Υπόστρωμα επιδομής
2. Χωματουργικά (-)
3. Υπόβαση
4. Στρώση διαμόρφωσης
5. Διαμήκη στραγγιστήρια

### ü Λίγα λόγια για τα παραπάνω

#### α ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΕΠΙΔΟΜΗΣ

Το υπόστρωμα επιδομής βρίσκεται μεταξύ υπόβασης και έρματος και έχει πολλαπλούς ρόλους:

- βελτιώνει τη φέρουσα ικανότητα αυξομειώνοντας την ακαμψία και διανέμοντας καλύτερα τα μεταδιδόμενα φορτία
- βελτιώνει τη δυναμική συμπεριφορά της γραμμής
- λειτουργεί σαν φίλτρο μεταξύ υπόβασης και βάσης έρματος

- προστατεύει από τη διάβρωση και τον παγετό
- απομακρύνει τα επιφανειακά ύδατα

**Το υπόστρωμα επιδομής μπορεί να αποτελείται από μία ή περισσότερες στρώσεις (βάση έρματος, στρώση προστασίας παγετού, στρώση φίλτρου).**

#### α **ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ**

Γενικός όρος που περιγράφει ορύγματα, επιχώματα και σύμμεικτες διατομές.

#### α **ΥΠΟΒΑΣΗ**

Η υπόβαση αποτελεί το ανώτερο τμήμα των χωματουργικών, επάνω στο οποίο εδράζεται το υπόστρωμα επιδομής.

Στα επιχώματα, η υπόβαση μορφώνεται από δάνειο υλικό, ενώ στα ορύγματα από το επί τόπου εδαφικό υλικό.

#### α **ΣΤΡΩΣΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ**

Το ανώτερο τμήμα της υπόβασης μορφώνει την στρώση διαμόρφωσης, η οποία κανονικά φέρει εγκάρσια κλίση αποστράγγισης.

Ο ρόλος της στρώσης διαμόρφωσης προσδιορίζεται διαφορετικά από κάθε Σιδηρόδρομο (π.χ. σταθεροποίηση, αντικατάσταση, βελτίωση εδαφών).

#### α **ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΓΡΑΜΜΗΣ**

Το σύστημα πλευρικής αποστράγγισης γραμμής συλλέγει και απομακρύνει τα επιφανειακά, τα διεισδύοντα και τα υπόγεια ύδατα. Εν γένει διακρίνουμε:

- τους αγωγούς στραγγιστηρίων από
- τις πλευρικές τάφρους

#### α **ΓΕΩΥΦΑΣΜΑΤΑ**

Γεωσυνθετικά (υφαντά ή μη) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εργασίες:

- διαχωρισμού
- φίλτρου
- αποστράγγισης
- σπλισμού

**! Οι παραπάνω όροι έχουν προηγηθεί αναλυτικότερα στο «ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1»**

**∅ Η διαστασιολόγηση του υποστρώματος γραμμής θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη:**



- την επιθυμητή φέρουσα ικανότητα
- ζητήματα σχετικά με την προστασία ενάντια στον παγετό

**Ø Το συνολικό πάχος (έρμα +υπόστρωμα επιδομής) ποικίλλει ανάλογα με:**

- την φέρουσα ικανότητα της υπόβασης
- τον τύπο των στρωτήρων και την απόσταση μεταξύ αυτών
- τα κυκλοφοριακά γνωρίσματα (τονάζ γραμμής, φορτίο ανά άξονα και ταχύτητα)

**Ø Το υπόστρωμα επιδομής στην συνθετότερη μορφή του περιλαμβάνει:**

- Βάση έρματος από αμμοχάλικο. Αυτή η στρώση χρησιμοποιείται σχεδόν παντού. Ορισμένοι Σιδηρόδρομοι προδιαγράφουν αυτή τη στρώση ακόμη και σε περίπτωση που η βραχώδης υπόβαση χρησιμοποιείται σαν στρώση αποκατάστασης και βοηθά στη μείωση της ακαμψίας της στήριξης.

- Στρώση «θεμελίωσης» από καλά διαβαθμισμένο αμμοχάλικο, κατά τρόπο ώστε να παρέχει καλά χαρακτηριστικά φίλτρου, επιτρέποντας οποιεσδήποτε άλλες κατασκευαστικές εργασίες επάνω από αυτή. Η στρώση θεμελίωσης δεν απαιτείται για εδάφη που εντάσσονται στην κατηγορία ποιότητας QS3.

- Στρώση φίλτρου από άμμο που χρησιμοποιείται μόνο στην περίπτωση υπόβασης με φέρουσα ικανότητα P1.

Το γεωύφασμα χρησιμοποιείται μόνο σε στρώσεις διαμόρφωσης P1 και P2, το οποίο βελτιώνει τα χαρακτηριστικά φίλτρου στο υπόστρωμα της γραμμής. Η χρήση γεωυφάσματος διευκολύνει επίσης την κατασκευή του υποστρώματος της γραμμής χωρίς να προκαλούνται ρηγματώσεις στη στρώση διαμόρφωσης σε εδάφη της κατηγορίας QS1 ή QS2

Το υπόστρωμα της επιδομής συνίσταται από μονή στρώση αμμοχάλικου με ποσοστό λεπτόκοκκης άμμου περίπου 20% (μέγιστη τιμή μήκους κόκκων μικρότερη από 0.2mm)

**Ø Το υπόστρωμα της επιδομής είναι διπλό και περιλαμβάνει:**

► ακριβώς κάτω από το έρμα, μία στρώση από αμμοχάλικο με τους κατάλληλους δείκτες ομοιομορφίας  $C_U$  και καμπυλότητας  $C_C$

► μία στρώση φίλτρου κάτω από τη στρώση αμμοχάλικου και γεωυφάσματα που μπορούν να βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά φίλτρου και τη φέρουσα ικανότητα του τεχνικού

**2.2.1 Φέρουσα ικανότητα υποδομής (Φ.Ι.Υ.)**

Η Φέρουσα Ικανότητα της Υποδομής (Φ.Ι.Υ.) καθορίζεται από την κατηγορία και το πάχος του εδαφικού υλικού με το οποίο κατασκευάζεται (η Υποδομή) και από την κατηγορία του

εδάφικου υλικού και το πάχος της “στρώσης διαμόρφωσης” (εφ’ όσον προβλέπεται) σύμφωνα με τον **ΠΙΝΑΚΑ** όπου θα ακολουθήσει παρακάτω. Το συνολικό πάχος της “στρώσης διαμόρφωσης” και της υποκείμενης στρώσης που πρέπει να παίρνεται υπόψη στον καθορισμό της Φ.Ι.Υ. είναι 1,00 m.

### Καθορισμός της φέρουσας ικανότητας της υπόβασης

| <u>Κατηγορία ποιότητας εδάφους</u> | <u>Κατηγορία φέρουσας ικανότητας που απαιτείται για την υπόβαση</u> | <u>Απαιτήσεις για την στρώση διαμόρφωση</u> |                               |
|------------------------------------|---|---|-------------------------------|
|                                    |   | <u>Κατηγορία ποιότητας</u>                  | <u>Ελάχιστο Πάχος «e» (m)</u> |
| <b>QS1</b>                         | P1  | QS1   | -                             |
|                                    | P2  | QS2   | 0.50                          |
|                                    | P2  | QS3   | 0.35                          |
|                                    | P3  | QS3   | 0.50                          |
| <b>QS2</b>                         | P2  | QS2   | -                             |
|                                    | P3  | QS3   | 0.35                          |
| <b>QS3</b>                         | P3  | QS3   | -                             |

#### Όπου:

P1: κακή υπόβαση ,P2: μέτρια υπόβαση, P3: καλή υπόβαση

#### **Ø Η υποκείμενη στρώση εκτείνεται :**

α Σε περίπτωση ορυγμάτων : Στο φυσικό έδαφος. Σε περίπτωση συνάντησης στρώσεων εδάφους διαφορετικής κατηγορίας, ως κατηγορία εδάφους, βάσει της οποίας θα πρέπει να προσδιορίζεται η Φ.Ι.Υ., πρέπει να λαμβάνεται η κατηγορία του χειρότερου από τα συναντώμενα υλικά, εκτός αν προβλέπεται αφαίρεση και αντικατάσταση του υλικού αυτού από τη “στρώση διαμόρφωσης” οπότε και θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το χειρότερο απομένον υλικό.

α Σε περίπτωση γαιωδών επιχωμάτων: Στο υλικό της “στέψης”. Στην περίπτωση αυτή για τον καθορισμό της Φ.Ι.Υ. θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η κατηγορία εδάφους του χειρότερου υλικού που συναντάται (στο πάχος του 1,0 m. που αναφέρθηκε).

α Σε περίπτωση βραχωδών επιχωμάτων: Στο μεταβατικό τμήμα του βραχώδους επιχώματος.

### **2.3 ΒΡΑΧΩΔΗ ΠΡΑΝΗ (φυσικά ή από εκσκαφή)**

Αυτές οι περιοχές πρέπει να καταγράφονται και να ελέγχονται συστηματικά (π.χ. μετά από περίοδο παγετού). Τυχόν κίνδυνοι κατά την κυκλοφορία θα πρέπει να εκτιμούνται, όπου είναι δυνατόν, βάσει των παρακάτω παραμέτρων:

- ✓ φυσικά χαρακτηριστικά των υλικών
- ✓ επίπεδο ασυνέχειας
- ✓ κλίσεις στρώσεων ή ασυνεχειών
- ✓ διογκωσι
- ✓ μάζα λίθων και βράχων με μεγάλη πιθανότητα μετακίνησης
- ✓ τοπογραφικά στοιχεία
- ✓ βλάστηση
- ✓ στοιχεία υδρολογίας
- ✓ υφιστάμενα μέτρα προστασίας κ.τ.λ

**Τα παραπάνω στοιχεία θα πρέπει να καταγράφονται και να επικαιροποιούνται με τη λήξη των ελέγχων.**

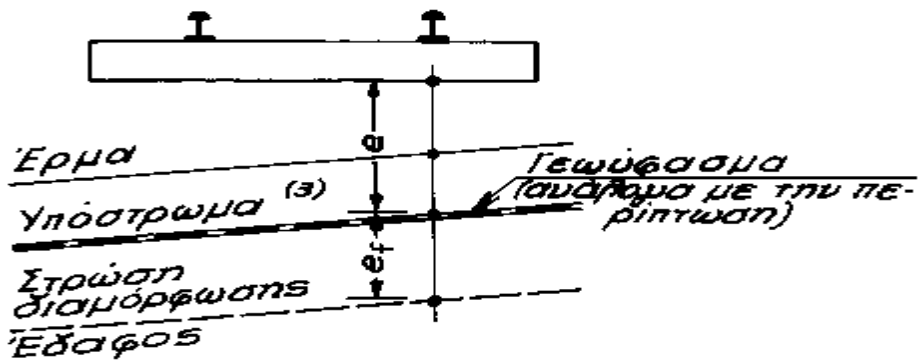
### **ΔΟΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

| Κατηγορία εδάφους υποκείμενης στρώσης | ΣΤΡΩΣΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ          |                      | Φ.Ι.Υ.   | Χαρακτηρισμός Φ.Ι.Υ. | E (m)       |
|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------|----------|----------------------|-------------|
|                                       | Κατηγορία Υλικού κατασκευής | Πάχος στρώσης ef (m) |          |                      |             |
| ΣΕ1                                   | ΣΕ1                         | -(2)                 | Φ.Ι.Υ. 1 | Μικρή Φ.Ι.Υ.         | 0.70 + g/t* |
|                                       | ΣΕ2                         | 0.50                 | Φ.Ι.Υ. 2 | Μέτρια Φ.Ι.Υ.        | 0.55 + g/t  |
|                                       | ΣΕ3                         | 0.35                 | Φ.Ι.Υ. 2 | Μέτρια Φ.Ι.Υ.        | 0.55        |
|                                       | ΣΕ3                         | 0.50                 | Φ.Ι.Υ. 3 | Υψηλή Φ.Ι.Υ.         | 0.45        |
| ΣΕ2                                   | ΣΕ2                         | -(2)                 | Φ.Ι.Υ. 2 | Μέτρια Φ.Ι.Υ.        | 0.55 + g/t  |
|                                       | ΣΕ3                         | 0.35                 | Φ.Ι.Υ. 3 | Υψηλή Φ.Ι.Υ.         | 0.45        |
| ΣΕ3 και βράχος                        | ΣΕ3                         | -(2)                 | Φ.Ι.Υ. 3 | Υψηλή Φ.Ι.Υ.         | 0.45        |

\*g/t = γεωύφασμα

|     |   |
|-----|---|
| (1) | Στηρίζεται σε παραδοχή στρωτήρων που τοποθετούνται σε αξονική απόσταση μεταξύ τους ίση προς 0,60 m. και μέγιστου ονομαστικού φορτίου άξονα μέχρι 250 kN.  |
| (2) | Σε θέσεις επιχωμάτων, το χρησιμοποιούμενο εδαφικό υλικό της " <u>στρώσης διαμόρφωσης</u> " θα πρέπει να έχει μέγιστη διάσταση κόκκου ίση προς 300 mm., ή το πολύ το 1/2 του πάχους της " <u>στρώσης διαμόρφωσης</u> " που κατασκευάζεται. (Ελάχιστο πάχος στρώσης διαμόρφωσης με τις πρόσθετες απαιτήσεις μέγιστου κόκκου, ίσο προς 0,30 m.). |
| (3) | Περιλαμβάνεται και η τυχόν απαιτούμενη " <u>στρώση θεμελίωσης</u> " και " <u>στρώση διαχωρισμού</u> "   |

### ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΣΙΔΗΡΟΤΡΟΧΙΑΣ



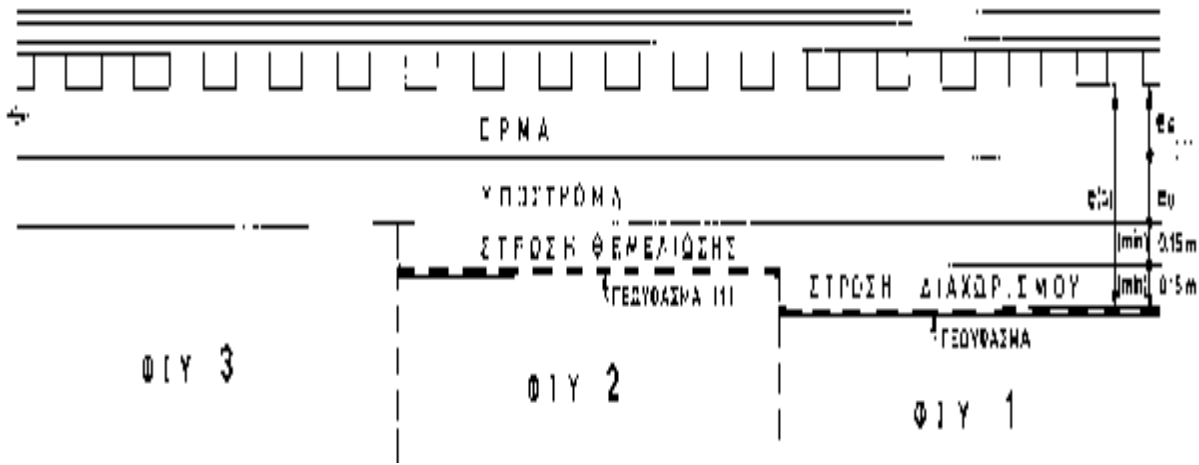
Όπου:  $e$ =Πάχος έρματος και υποστρώματος (m)

#### 2.3.1 Ανάγκη κατασκευής γεωφύλακτος

Για στρώση διαμόρφωσης αποτελούμενη από υλικό ΣΕ1 ή ΣΕ2 : ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ γεωφύλακτος

Για στρώση διαμόρφωσης αποτελούμενη από υλικό ΣΕ3 : ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ γεωφύλακτος

### ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΕΠΙΔΟΜΗΣ - ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΠΡΟΣ ΤΗΝ Φ.Ι.Υ.



Ø Η βάση έρματος πρέπει εν γένει να λειτουργεί ταυτόχρονα ως στρώση αναχαίτισης

θεμελίωσης και φίλτρου, δηλαδή:

- να αυξάνει τη φέρουσα ικανότητα.
- να διασφαλίζει την ευστάθεια του φίλτρου.
- να διατηρεί σε χαμηλά επίπεδα τη διαπερατότητα στο νερό.
- να ελαχιστοποιεί τις επιπτώσεις από τη διείσδυση παγετού.

## 2.4 ΟΔΙΚΑ ΕΡΓΑ

### ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥΣ

#### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΔΩΝ

#### ΠΙΝΑΚΑΣ

| ΟΜΑΔΑ ΟΔΩΝ  | ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΟΔΟΥ<br>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΟΔΟΥ  |
|---|---|
| <p><b>A</b> οδοί που διατρέχουν περιοχές εκτός σχεδίου (υπεραστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με περιορισμούς στην εξυπηρέτηση παροδίων ιδιοκτησιών.</p> <p><u>Σημείωση:</u><br/>Η κατηγορία <b>AI</b> αφορά οδούς σύνδεσης ευρύτερων περιοχών και οι οποίες δεν παρέχουν άμεση εξυπηρέτηση στις παρόδιες ιδιοκτησίες.</p> | <p><b>AI</b> Αυτοκινητόδρομος, οδός ταχείας κυκλοφορίας.</p> <p><b>AII</b> Οδός μεταξύ νομών/ επαρχιών.</p> <p><b>AIII</b> Οδός μεταξύ επαρχιών/ οικισμών.</p> <p><b>AIV</b> Οδός μεταξύ μικρών οικισμών<br/>Συλλεκτήρια οδός</p> <p><b>AV</b> Δευτερεύουσα οδός<br/>Αγροτική οδός</p> <p><b>AVI</b> Τριτεύουσα οδός<br/>Δασική οδός.</p> |

|  |   |
|--|---|
|  |   |
| <p><b>B</b> οδοί που διατρέχουν περιοχές εντός σχεδίου (ημιαστικές και αστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με περιορισμούς στην εξυπηρέτηση παρόδιων ιδιοκτησιών.</p> <p><b><u>Σημείωση:</u></b></p> <p>Οι οδοί κατηγορίας <b>BI</b> και <b>BII</b> δεν παρέχουν άμεση εξυπηρέτηση στις παρόδιες ιδιοκτησίες.</p> | <p><b><u>BI</u></b> Αστικός αυτοκινητόδρομος.</p> <p><b><u>BII</u></b> Αστική οδός ταχείας κυκλοφορίας.</p> <p><b><u>BIII</u></b> Αστική αρτηρία.</p> <p><b><u>BIV</u></b> Κύρια συλλεκτήρια οδός</p> |

|  |   |
|--|---|
| <p><u>Γ</u> οδοί που διατρέχουν περιοχές εκτός* ή εντός σχεδίου (περιαστικές και αστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με δυνατότητα στην εξυπηρέτηση παρόδιων ιδιοκτησιών.</p>   | <p><u>ΓΙΙΙ</u> Αστική αρτηρία.<br/><u>ΓΙV</u> Κύρια συλλεκτήρια οδός.</p>   |
| <p><u>Δ</u> οδοί σε περιοχές εντός σχεδίου (αστικές), με βασική λειτουργία στην πρόσβαση.<br/><u>Ε</u> οδοί σε περιοχές εντός σχεδίου (αστικές), με βασική λειτουργία στην παραμονή.</p> | <p><u>ΔΙV</u> Συλλεκτήρια οδός.<br/><u>ΔV</u> Τοπική οδός.<br/><u>ΕV</u> Τοπική οδός.<br/><u>ΕVΙ</u> Τοπική οδός κατοικιών.</p> |

**\* νοούνται περιπτώσεις που από την ισχύουσα νομοθεσία επιτρέπεται η δόμηση.**

Όσον αφορά τα οδικά έργα

**Αν δεν προβλέπεται:**

1. Στρώση Στράγγισης Οδοστρώματος, Στρώση Αντιπαγετικής Προστασίας, από ασύνδετο υλικό, ή ισοπεδωτική στρώση βραχωδών ορυγμάτων, η Α.Ε.Χ (στάθμη άνω επιφάνειας χωματουργικού), ταυτίζεται με την άνω επιφάνεια της στρώσης έδρασης οδοστρώματος.
2. **Αν προβλέπεται** κατασκευή Σ.Σ.Ο. ή Σ.Α.Π. η Α.Ε.Χ ταυτίζεται με την επιφάνεια έδρασης της Σ.Σ.Ο. ή της Σ.Α.Π.
3. Στις περιπτώσεις που απαιτείται κατασκευή Ισοπεδωτικής Στρώσης Βραχωδών Ορυγμάτων, τότε οι απαιτήσεις ακριβείας υψομέτρων και ομαλότητας της Α.Ε.Χ. αναφέρονται στην άνω επιφάνεια της Ι.Σ.Β.Ο, ενώ η κατασκευή της θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με την Προδιαγραφή Υποβάσεων Οδοστρωμάτων.
4. Η Α.Ε.Χ. δεν πρέπει να παρουσιάζει αποκλίσεις σε σχέση με τα θεωρητικά υψόμετρα της επιφάνειας μεγαλύτερες από:
  - +- 20 mm όταν πρόκειται να γίνει κατασκευή επ αυτής φέρουσας στρώσης με συνδετικό υλικό (άσφαλτο, τσιμέντο κ.τ.λ.)
  - +- 30 mm στις υπόλοιπες περιπτώσεις.
- 5 Η απαιτούμενη πυκνότητα των χωροσταθμικών σημείων ελέγχου καθορίζεται ως εξής:
  - Θα πρέπει να χωροσταθμούνται τα χαρακτηριστικά σημεία της διατομής (κορυφογραμμές, άκρα διατομής, τυχόν χαμηλά σημεία) και τυχόν αναγκαία επί πλέον σημεία, ώστε η μέγιστη απόσταση μεταξύ αυτών ανά διατομή να μην υπερβαίνει τα 10,0 m.
  - Η απόσταση μεταξύ των διατομών ελέγχου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 20,0 mm.

## 2.5 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΟΔΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Στον παρακάτω πίνακα γίνεται ένας διαχωρισμός στα τμήματα επιχωμάτων οδικών και σιδηροδρομικών έργων.

### ΤΜΗΜΑΤΑ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ

| ΟΝΟΜΑΣΙΑ                           | ΓΑΙΩΔΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ  | ΒΡΑΧΩΔΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ  |
|------------------------------------|---|--|
| <b>Θεμέλιο</b>                     | Το τμήμα που βρίσκεται κάτω από την αρχική επιφάνεια του εδάφους μετά τον καθαρισμό, εκρίζωση και απομάκρυνση των ακατάλληλων υλικών και επιπλέον στρώση πάχους 0,30 m. πάνω από την αρχική επιφάνεια του φυσικού εδάφους.                        | Το κατώτερο μέρος του επιχώματος πάχους 0,30 m. σε επαφή με το έδαφος στην αρχική το επιφάνεια (όταν δεν υπάρχουν επιφανειακά ακατάλληλα υλικά) και το τμήμα κάτω από αυτή (μετά από τον ενδεχομένως απαιτούμενο καθαρισμό, εκρίζωση, ή και απομάκρυνση ακατάλληλων υλικών)              |
| <b>Πυρήνας</b>                     | Το τμήμα του επιχώματος μεταξύ θεμελίου και στέψης  | Το τμήμα του επιχώματος μεταξύ θεμελίου και μεταβατικού τμήματος   |
| <b>Μεταβατικό τμήμα</b>            |   | Το τμήμα εκείνο όπου η διαβάθμιση του υλικού των στρώσεων που το αποτελούν, πληρούν ορισμένες απαιτήσεις (φίλτρο) για την αποφυγή διείσδυσης του υλικού της στέψης στο υποκείμενο βραχώδες τμήμα. Το πάχος του είναι 1 m. εκτός αν ορίζεται διαφορετικά στους λοιπούς όρους δημοπράτησης |
| <b>Στέψη</b><br><u>Οδικό έργο.</u> | Το μέρος του επιχώματος κάτω από τη Στρώση Έδρασης του Οδοστρώματος (Σ.Ε.Ο.), που εκτείνεται σε βάθος, από την πάνω επιφάνεια της Σ.Ε.Ο., ίσο προς 0,80-1,00 m σύμφωνα με την εκάστοτε μελέτη.<br><br>Το μέρος του επιχώματος κάτω από τη «Στρώση | Το μέρος του επιχώματος πάνω από το μεταβατικό τμήμα που κατασκευάζεται από γαιώδη υλικά όπως στα γαιώδη επιχώματα και αποτελεί (ολόκληρο ή μέρος του) τη στρώση έδρασης του οδοστρώματος.<br><br>Το μέρος του επιχώματος πάνω από το  |



### «ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.»

✓ Τα οδικά και σιδηροδρομικά έργα ανάλογα με την σπουδαιότητά τους εντάσσονται σε κάποιες κατηγορίες, τις οποίες και θα αναλύσουμε παρακάτω.

#### 3.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΓΑΙΩΔΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (Δεν περιλαμβάνονται τα προϊόντα βραχωδών ορυγμάτων) ΠΙΝΑΚΑΣ

| Κατηγορία<br>εδαφικού<br>υλικού | Χαρακτηριστικά<br>υλικού   | Όρια<br>Atterberg                                  | Μαx. πυκνότητα<br>κατά την<br>τροποποιημένη<br>δοκιμή<br>συμπύκνωσης<br>ΧΝΡ/μ3 | CBR*                                 | Περιεκτικότητα<br>σε οργανικά*** | Παρατηρήσεις ως<br>προς τη<br>δυνατότητα<br>χρησιμοποίησής<br>τους για<br>επιχώματα |
|---------------------------------|--|--|--|--------------------------------------|----------------------------------|---|
| <b>E1</b>                       | Γαιώδες υλικό με μέγιστη διάσταση κόκκου $D < 150$ mm και περιεκτικότητα σε κόκκους $150 > D > 100$ mm μέχρι 25% | $LL < 40$ ή<br>$LL < 65$ και<br>$PI < (0.6LL - 9)$ | $> 16,0$   | $> 3$ και<br>διόγκωση** $< 3\%$      | $< 3\%$                          | <b>Αποδεκτό</b>   |
| <b>E2</b>                       | Μέγιστος κόκκος $< 100$ mm<br>Διερχόμενο % από το κόσκινο No 200 $< 35\%$  | $LL < 40$  | $> 19,4$   | $> 5$ και<br>διόγκωση** $< 2\%$      | $< 1\%$                          | <b>Κατάλληλο</b>  |
| <b>E3</b>                       | Μέγιστος κόκκος $< 80$ mm<br>Διερχόμενο % από το κόσκινο No 200 $< 25\%$   | $LL < 30$<br>$PI < 10$                             | -  | $> 10$<br>και<br>διόγκωση**<br>$= 0$ | 0%                               | <b>Επίλεκτο I</b>   |
| <b>E4</b>                       | Μέγιστος κόκκος $< 80$ mm<br>Διερχόμενο % από το κόσκινο No 200 $< 25\%$   | $LL < 30$<br>$PI < 10$                             | -  | $> 20$<br>και<br>διόγκωση**<br>$= 0$ | 0%                               | <b>Επίλεκτο II</b>  |
| <b>E0</b>                       | <b>Εδαφικό υλικό που δεν ανήκει στις άλλες κατηγορίες</b>  |  |  |                                      |                                  | <b>Ακατάλληλο, εφόσον δεν υπάρξει μελέτη βελτίωσής του για χρήση.</b>               |

- LL** = Όριο Υδαρότητας
- PI** = Δείκτης Πλαστικότητας
- No 200** = Κόσκινο της Αμερικανικής σειράς προτύπων κόσκινων AASHTO: M-92 ανοίγματος βροχίδας 0,074 mm
- \*CBR** = Τιμή του Καλιφορνιακού Λόγου Φέρουσας Ικανότητας που προσδιορίζεται σύμφωνα με τη γνωστή μέθοδο των Προδιαγραφών Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής επί δοκιμίων συμπυκνωθέντων στο 90% της μέγιστης πυκνότητας της Τροποποιημένης Δοκιμής Συμπύκνωσης με τη βέλτιστη υγρασία και μετά από υδρεμποτισμό 4 ημερών. Κατ' εξαίρεση επί "σιμεντωμένων" εδαφών και για έργα σε όρυγμα, για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας της "υποκείμενης στρώσης" οδοστρωμάτων θα πρέπει να γίνεται συμπληρωματικά και προσδιορισμός του CBR με δοκιμή "επί τόπου"
- \*\*** = Κατά τη δοκιμή CBR
- \*\*\*** = Προσδιορίζεται με τη μέθοδο της «υγρής οξειδωσης»

### 3.1.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΓΑΙΩΔΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ.

| <u>α/α</u><br><u>Υποκατηγορίας</u> | <u>Γεωτεχνικά</u><br><u>χαρακτηριστικά.</u>                          | <u>Υδρογεωλογικές και</u><br><u>υδρολογικές</u><br><u>συνθήκες. (9)</u> | <u>Κατηγορία</u><br><u>εδαφικού υλικού.</u> | <u>Παρατηρήσεις ως</u><br><u>προς τη δυνατότητα</u><br><u>χρησιμοποίησής</u><br><u>τους για επιχώματα.</u> |
|------------------------------------|--|---|---|--|
| 0,1                                | Οργανικά υλικά<br>(περιεκτικότητα<br>σε οργανικά υλικά<br>>=30% κ.β) |   |   |  |

|                                     |   |   |   |  |
|-------------------------------------|---|---|---|--|
| <b>0,2</b>                          | Λεπτόκοκκα<br>εδαφικά υλικά, (με<br>διερχόμενο<br>ποσοστό <b>(1)</b> , από<br>το κόσκινο ISO 565<br>ανοίγματος 0,063<br>mm <b>(2)</b> , μεγαλύτερο<br>του 16% κ.β.) που<br>είναι ταυτοχρόνως<br>διογκωμένα και<br>υγρά (και επομένως<br>μη συμπυκνώσιμα). |   |   |  |
| <u>α/α</u><br><u>Υποκατηγορίας.</u> | <u>Γεωτεχνικά</u><br><u>χαρακτηριστικά.</u>   | <u>Υδρογεωλογικές</u><br><u>και υδρολογικές</u><br><u>συνθήκες.</u> | <u>Κατηγορία</u><br><u>εδαφικού υλικού.</u> | <u>Παρατηρήσεις</u><br><u>ως προς τη</u><br><u>δυνατότητα</u><br><u>χρησιμοποίησής</u><br><u>τους για</u><br><u>επιχώματα.</u> |
| <b>0,3</b>                          | Θιξοτροπικά<br>εδαφικά υλικά (π.χ<br>υπερευαίσθητη<br>άργιλος)  | -   | ΣΕ 0  | <b><u>Ακατάλληλο</u></b>   |
| <b>0,4</b>                          | Εδάφη με<br>περιεκτικότητα σε<br>υδατοδιαλυτά<br>στοιχεία (π.χ<br>ορυκτό αλάτι ή<br>γύψο)   |   |   |  |
| <b>0,5</b>                          | Ρυπαντικά υλικά<br>(π.χ βιομηχανικά<br>υποπροϊόντα).  |   |   |  |
| <b>0,6</b>                          | Μίγματα εδαφικών<br>υλικών με οργανικά<br>υλικά<br>(περιεκτικότητα σε<br>οργανικά υλικά<br>>5% και <30% κ.β.)   |   |   |  |

|                    |   |  |             |                            |
|--------------------|---|--|-------------|----------------------------|
| <p><b>1,1α</b></p> | <p>Εδαφικά υλικά με διερχόμενο ποσοστό <b>(1)</b>, από το κόσκινο ISO 565 ανοίγματος 0,063 mm <b>(2)</b>, μεγαλύτερο από 40% κ.β.<br/> <b>(1) Με L.L &gt; 35</b><br/> <b>(2) Με L.L &lt;= 35</b><br/> που δεν τηρούν τις πρόσθετες απαιτήσεις της υποκατηγορίας 1,1β.</p>   |  |             |                            |
| <p><b>1,1β</b></p> | <p>Εδαφικά υλικά με διερχόμενο ποσοστό <b>(1)</b> από το κόσκινο ISO 565 ανοίγματος 0,063 mm <b>(2)</b> μεγαλύτερο από 40% κ.β., με L.L&lt;=35 και επιπλέον με:<br/> Μέγιστη ξηρά πυκνότητα <b>(6)</b> γd&gt;1,7 t/m<sup>3</sup>.<br/> • CBR <b>(7)</b> &gt;5.<br/> Διόγκωση (κατά τη δοκιμή CBR)&lt;=2%.<br/> •Περιεκτικότητα σε οργανικά <b>(8)</b>&lt;=2%.</p> |  | <p>ΣΕ 1</p> | <p><b><u>Κακό.</u></b></p> |

|     |   |       |      |                      |
|-----|---|-------|------|----------------------|
| 1,2 | Εύκολα αποσαθρώσιμος βράχος [(π.χ Μάργες, ή εξαλλοιωμένος σχιστόλιθος, (με ξηρά πυκνότητα $\gamma_d < 1,7 \text{ t/m}^3$ και υψηλό βαθμό ευθρυπτότητας)]. | –     | ΣΕ 1 | <b><u>Κακό.</u></b>  |
| 1,3 | Εδαφικά υλικά με διερχόμενο ποσοστό <b>(1)</b> από το κόσκινο ISO 565 ανοίγματος 0,063 mm <b>(2)</b> μεταξύ 16% και 40% κ.β                               |       |      |                      |
| 1,4 | Αποσαθρώσιμος βράχος (π.χ μη εξαλλοιωμένος σχιστόλιθος μικρού βαθμού ευθρυπτότητας και ξηράς πυκνότητας $\gamma_d < 1,7 \text{ t/m}^3$ ).                 | Κακές | ΣΕ 1 | <b><u>Κακό</u></b>   |
| 1,5 | Μαλακός βράχος (π.χ Δείκτης Microdeval <b>(4)</b> παρουσία νερού MDE>40 και απώλεια κατά LOS ANGELES <b>(3)</b> LA>40.                                    | Καλές | ΣΕ 2 | <b><u>Μέτριο</u></b> |

|     |  |       |      |                      |
|-----|--|-------|------|----------------------|
| 2,1 | Εδαφικά υλικά με διερχόμενο ποσοστό(1) από το κόσκινο ISO 565 ανοίγματος 0,063mm (2) μεταξύ 5% και 16% κ.β.              |       |      |                      |
| 2,2 | Εδαφικά υλικά κακής διαβάθμισης (Cu (5)<=6) με διερχόμενο ποσοστό από το κόσκινο ISO 565 ανοίγματος 0,063 mm(2)< 5% κ.β. | Κακές | ΣΕ 2 | <b><u>Μέτριο</u></b> |
| 2,3 | Μέτρια σκληρός βράχος (δείκτης Microdeval (4) παρουσία νερού 25<MDE<=40 και απώλεια κατά LOS ANGELES (3) 30< LA<=40)     | Καλές | ΣΕ 3 | <b><u>Καλό</u></b>   |
| 3,1 | Εδαφικά υλικά με διερχόμενο ποσοστό (1) από το κόσκινο ISO 565 ανοίγματος 0,063 mm (2) < από 5% κ.β.                     |       |      |                      |

|            |  |      |                    |
|------------|--|------|--------------------|
| <b>3,2</b> | Σκληρός βράχος<br>(δείκτης Microdeval<br><b>(4)</b> παρουσία νερού<br>MDE<=25 και<br>απώλεια κατά LOS<br>ANGELES <b>(3)</b><br>LA<=30) | ΣΕ 3 | <b><u>Καλό</u></b> |
|------------|--|------|--------------------|

**Παρατηρήσεις:**

- (1) Τα αναφερόμενα ποσοστά αφορούν το κλάσμα του εδαφικού υλικού που είναι μικρότερο από 60 mm.
- (2) Κόσκινο ISO 565 ανοίγματος 0,063 mm
- (3) LA : ΕΛΟΤ EN 1097-2
- (4) Microdeval (MDE) παρουσία νερού: ΕΛΟΤ EN 1097-1
- (5) Cu: Συντελεστής ανομοιομορφίας διαβάθμισης.  $Cu = d_{60}/d_{10}$ , όπου d60 και d10 οι διαστάσεις ανοιγμάτων κόσκινου σε mm που αντιστοιχούν σε διερχόμενα ποσοστά κ.β. 60% και 10% αντίστοιχα.
- (6) Κατά την τροποποιημένη δοκιμή συμπίκνωσης ΕΛΟΤ EN 13286-2
- (7) Τιμή του CBR που προσδιορίζεται σύμφωνα με την γνωστή μέθοδο των Προδιαγραφών Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής.
- (8) Προσδιορίζεται με τη μέθοδο της υγρής οξείδωσης.
- (9) Οι υδρογεωλογικές και υδρολογικές συνθήκες χαρακτηρίζονται καλές αν η ανωτέρα στρώση του υπόψη εδάφους δεν υπόκειται σε επιβλαβή επίδραση του υψηλότερου υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

**Οι προϋποθέσεις υπό τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτά τα υλικά είναι οι ακόλουθες :**

ü Η περιεχόμενη, κατά την συμπίκνωση υγρασία των υλικών των υποκατηγοριών 1.1 και 1.3 πρέπει να τηρεί τους ακόλουθους περιορισμούς :

(I) Στο 80% των δοκιμών ποιοτικού ελέγχου θα πρέπει να τηρείται

$$W_{op} - 2\% < W < W_{op}$$

(II) Στο 100% των δοκιμών θα πρέπει να τηρείται

$$W_{op} - 3\% < W < W_{op} + 1\%$$

όπου  $W_{op}$  = Ποσοστό βέλτιστης υγρασίας στην τροποποιημένη δοκιμή Proctor

**W** = Ποσοστό υγρασίας του δείγματος

- ü Θα πρέπει να γίνεται χρήση σε επιχώματα μικρού και μέσου ύψους ( $H \leq 10 \mu.$ ).
- ü Θα πρέπει να γίνεται κατασκευή της “στέψης” των επιχωμάτων από υλικά ανώτερης κατηγορίας.
- ü Τα υλικά της υποκατηγορίας 1.1 μικρής πλαστικότητας (με όριο υδαρότητας  $LL \leq 35$ ) θα πρέπει επί πλέον να τηρούν τις ακόλουθες προϋποθέσεις :

- (I) Μέγιστη πυκνότητα κατά την τροποποιημένη δοκιμή συμπύκνωσης ( $\chi\lambda\gamma/\mu^3$ )  $> 1.700$
- (II) Τιμή του Καλιφορνιακού Λόγου Φέρουσας Ικανότητας (C.B.R.) που προσδιορίζεται σύμφωνα με τη μέθοδο των Προδιαγραφών Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής επί δοκιμίων συμπυκνωθέντων στο 95% της μέγιστης πυκνότητας της Τροποποιημένης Δοκιμής Συμπύκνωσης με τη βέλτιστη υγρασία και μετά από υδρεμποτισμό 4 ημερών : C.B.R. $>5$
- (III) Διόγκωση (κατά τη δοκιμή C.B.R.)  $< 2\%$
- (IV) Περιεκτικότητα σε οργανικά  $< 2\%$

[ Προσδιορίζεται με τη μέθοδο της “υγρής οξειδωσης”]

Υπό τις προϋποθέσεις αυτές τα υλικά της υποκατηγορίας 1.1 θα πρέπει να χαρακτηρίζονται ως υλικά υποκατηγορίας 1.1.β.

- ü Εδάφη που επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση για την κατασκευή επιχωμάτων ή στρώσεων διαμόρφωσης :

Αυτά είναι τα υλικά υποκατηγορίας 2.3, 3.1 και 3.2.

Η μέγιστη διάσταση κόκκου των υλικών που χρησιμοποιούνται **δεν πρέπει** να είναι μεγαλύτερη από το 1/2 του πάχους της στρώσης που διαστρώνεται και σε κάθε περίπτωση μικρότερη από 600 χλσ. για στρώσεις του σώματος του επιχώματος και από 200 χλσ. για “στρώσεις διαμόρφωσης”.

Σε περίπτωση κατά την οποία τα γαιώδη επιχώματα εδράζονται επί υγρού εδάφους πρέπει η κατώτερη στρώση του γαιώδους επιχώματος (θεμέλιο), να κατασκευάζεται σε ύψος τουλάχιστον 0,30 m. πάνω από τη στάθμη του αρχικού φυσικού εδάφους με υλικό της κατηγορίας ΣΕ<sub>3</sub>.

### **3.2 Καλή κατηγορία εδαφών**

Η ευστάθεια των καλά διαβαθμισμένων εδαφών, μετριέται από την ανεμπόδιση θλίψη (qu), που συνήθως εκφράζεται σε (tn) / sq ft. Αποκτάται εκθέτοντας ένα δείγμα εδάφους σε αξονικά φορτία μέχρι την αστοχία. Η μεγαλύτερη τάση επιτυγχάνεται στο μέσο της



(καμπύλης-διαγράμματος) που έχουμε δημιουργήσει, έτσι ώστε η διατμητική αντοχή, που ονομάζεται συνοχή (c), είναι ίση με το μισό της ανεμπόδιστης θλίψης.

$$C=q_u/2$$

Η τελική φέρουσα ικανότητα ( $q_d$ ), συνηθίζεται να παίρνεται 5πλάσια της συνοχής. Δηλαδή :

$$q_d=5c=5*q_u/2=2.5q_u$$

### 3.2.1 Αντοχή και ευστάθεια.

Τα εδάφη για υπόβαση πρέπει να υποστηρίζουν της δυνάμεις του μπαλάστρου. Οι ακόλουθες δοκιμές επιτόπου και ταξινομήσεις για αντοχή και ευστάθεια δίνουν μια καλή προσέγγιση της ικανότητας.

| ΔΟΚΙΜΗ   | ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ    | TONS/SQ FT    | PSI            |
|--|--------------|---------------|----------------|
| Εύκολο να δεισδύσει με γροθιά (thump).             | Πολύ μαλακό. | 0,25          | 3,47           |
| Μπορεί να δεισδύσει με γούβα (thump).              | Μαλακό.      | 0,25-0,50     | 3,47-6,94      |
| Μπορεί να δεισδύσει με γούβα με μέτρια προσπάθεια. | Μέτριο.      | 0,50-1,00     | 6,94-13,88     |
| Μπορεί να κάνει γούβα μικρού μεγέθους.             | Τραχύ.       | 1,00-2,00     | 13,88-27,76    |
| Μπορεί να κάνει γούβα μικρού μεγέθους.             | Πολύ τραχύ.  | 2,00-4,00     | 27,76-55,53    |
| Μπορεί να κάνει γούβα μικρού μεγέθους με δυσκολία. | Σκληρό.      | 4,00 και άνω. | 55,55 και άνω. |

Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα πνευτόμετρο τσέπης ή μια συσκευή διάτμησης. Θα πρέπει να τονιστεί ότι η περιοχή θεωρεί την φέρουσα ικανότητα των 20 psi να αντιπροσωπεύει ένα αρκετά καλό έδαφος.

### **3.2.2 Αποτελέσματα από τις ιδιότητες εδαφών.**

Είναι προφανές ότι συγκεκριμένα εδάφη είναι πιο σταθερά από άλλα και θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο όταν είναι διαθέσιμα. Κάποια εδάφη θα πρέπει να αποφεύγονται. Όταν μη ευνοϊκά εδάφη πρέπει να χρησιμοποιηθούν, οι αρχές της Εδαφομηχανικής και κάποιες διαδικασίες πρέπει να εφαρμόζονται, προκειμένου να ξεπερνούν την ανεπάρκεια του εδάφους.

### **3.2.3 Ιδιότητες των καλών υλικών οδοστρωσίας**

Η λειτουργία ενός υλικού διάστρωσης (δρόμου) (roadbed), είναι να αντέχει το φορτίο μεταβιβαζόμενο σ' αυτό μέσω του μπαλάστρου, με τόση ομοιομορφία μιας αντίδρασης όση μπορεί να αποκτηθεί. Ο στόχος είναι να κατασκευαστεί όσο το δυνατόν σχεδόν μόνιμη μια κατασκευή. Η καλύτερη ομοιομορφία και προσέγγιση στην μονιμότητα αυτή αποκτάται όταν το υλικό διάστρωσης είναι απαλλαγμένο από υπερβολική υγρασία. Επίσης όταν έχει φυσικά χαρακτηριστικά εφοδιάζοντας υψηλή εσωτερική τριβή, υψηλή συνοχή και πυκνότητα, χαμηλή συμπιεστότητα, χαμηλό τριχοειδές και χαμηλή ελαστικότητα.

Η υψηλή εσωτερική τριβή και συνοχή είναι απαραίτητες προκειμένου να συγκρατήσουν τους κόκκους του εδάφους, καθώς και το roadbed, σχεδόν στη θέση τους. Ένα έδαφος ελλειπές σε συνοχή ή κορεσμένη άμμος, είναι πιθανόν να καταρρεύσει και να ολισθήσει και επιπλέον αν είναι πολύ ευαίσθητο να διαβρωθεί η επιφάνεια. Ένα συμπαγές επίχωμα τείνει να αποκλείσει την υγρασία, εφόσον ο όγκος είναι ευρέως γεμάτος με κόκκους εδάφους, και έτσι λίγος χώρος απομένει ώστε να μπορεί να διεισδύσει η υγρασία. Ένα υψηλά συμπιεστό έδαφος είναι αργό στην σταθεροποίηση. Αν δεν είναι πλήρως συμπιεσμένο από την αρχή, συνεχίζει να συμπιέζεται με την κίνηση, προκαλώντας έτσι στην κορυφή την καθίζηση. Αυτή η μη ευνοϊκή αντίδραση ενισχύεται αν το έδαφος έχει υψηλή ελαστικότητα. Έπειτα το συμπιεσμένο έδαφος αναπηδά όταν το φορτίο μετατοπίζεται και η διαδικασία της σταθεροποίησης παρατείνεται. Το χαμηλό τριχοειδές είναι επιθυμητό, διότι απαλλάσσει το roadbed από την υπερβολική υγρασία.

**3.2.4 Επιλογή εδάφους** Ιδανικά εδάφη δεν υπάρχουν στην φύση. Συνήθως ένα μίγμα δύο ή περισσότερων τύπων βρίσκεται εκθέτοντας τα χαρακτηριστικά του

εδάφους που επικρατεί μέσα στο μίγμα. Κάποιος θα έπρεπε να ακυρώσει μια πρώιμη δήλωση σχετικά με τα δυσμενή αποτελέσματα της τάξεως του 10% των καλά διαβαθμισμένων υλικών σε ένα μίγμα εδάφους.

Το χαλίκι είναι το πιο κατάλληλο των φυσικών εδαφών, με την υψηλή του εσωτερική τριβή, διαπερατότητα, σκληρότητα και κατασκευαστική αντοχή. Ένα ποσοστό της άμμου να στηρίζει τους μεγαλύτερους κόκκους είναι η επιθυμητή “πρόσθετη ουσία”.

Ο πυλός είναι συνήθως το πιο κοινό συστατικό στοιχείο στα φυσικά ρήγματα. Η πιθανότητα για διόγκωση ειδικά όταν λαμβάνεται από μεγάλες σωρούς, πρέπει να εξετάζεται προσεχτικά και με εργαστηριακές και με επί τόπου δοκιμές. Ο πυλός μέσα στην ασταθή ζώνη του χάρτη πλαστικότητας και ο πυλός με δείκτη πλαστικότητας 12 και πάνω, πρέπει να αποφεύγεται, ή να χρησιμοποιείται με εξαιρετική προσοχή. Varved πυλοί είναι στην ίδια κατηγορία. Βαριά εδάφη με οργανικά υλικά πρέπει επίσης να αποφεύγονται.

### **3.2.5 Κατηγορίες Εδαφών Σιδηροδρομικών Έργων**

Για την κατασκευή της υποδομής του σιδηροδρομικού δικτύου τα εδαφικά υλικά κατατάσσονται στις κατηγορίες ΣΕ<sub>0</sub> έως ΣΕ<sub>3</sub>, ανάλογα με τα γεωτεχνικά τους χαρακτηριστικά και τις τοπικές υδρογεωλογικές και υδρολογικές συνθήκες.

**Οι υδρογεωλογικές και υδρολογικές συνθήκες χαρακτηρίζονται “καλές”, αν πληρούνται οι ακόλουθες συνθήκες :**

α. Αν η ανώτερα στρώση του υπόψη εδάφους δεν υπόκειται σε επιβλαβή επίδραση του υψηλότερου υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. (Αυτή η στάθμη υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα θα πρέπει να υπολογίζεται για δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Συνθήκες βροχόπτωσης 10ετίας και εισρόφηση 2 mm ανά ώρα). Για την κατασκευή της υποδομής νέου σιδηροδρομικού δικτύου η συνθήκη αυτή θεωρείται ότι πληρούται, εάν η Ανώτατη Στάθμη των Υπόγειων Υδάτων (Α.Σ.Υ.Υ.) απέχει από την στάθμη έδρασης του στρωτήρα τουλάχιστον 1,60 μ.

β. Εάν δεν υφίσταται επιβλαβής εισροή νερού στην **“υποδομή”** (εγκάρσια, κατά μήκος ή κατακόρυφη).

γ. Εάν τα όμβρια αποχετεύονται σωστά από την **“υποδομή”** και εάν το εγκάρσιο και κατά μήκος σύστημα απαγωγής των ομβρίων λειτουργεί κανονικά.

**Αν έστω και μία από τις τρεις αυτές συνθήκες δεν πληρούται, τότε οι υδρογεωλογικές και υδρολογικές συνθήκες πρέπει να χαρακτηρίζονται “κακές”.**

### 3.3 Συνιστώμενες κλίσεις Πρανών

#### Επιχωμάτων και Ορυγμάτων

|  | <u>Κλίσεις Πρανών Ορυγμάτων (υ:β)</u>               |   |
|--|---|---|
| <u>Κατηγορία εδάφους</u>   | <u>Ύψος πρανούς ορύγματος σε μέτρα</u>              | <u>Κλίση πρανούς (υ:β)</u>  |
| A. Συνεκτικά γαιώδη, ημιβραχώδη.<br>Συνεκτικά γαιώδη, ημιβραχώδη.<br>B. Λίαν συνεκτικά ημιβραχώδη.<br>Γ. Χαλαρά ή υποκείμενα σε διαβρώσεις (εφ'όσον η κατασκευή τοίχων ανάντη είναι δαπανηρότερη λύση).<br><br>Δ. Βραχώδη. | Έως 2.00 m<br>Πλέον των 2.00 m                      | 1:2<br>1:1<br>2:1 έως 3:1<br>1:2 έως 1:3<br><br>3:1 έως 10:1 <sup>(1)</sup> |
|  | <u>Κλίσεις Πρανών Επιχωμάτων (υ:β)</u>              |   |
| <u>Περί Περίπτωση</u>  | <u>Ύψος πρανούς επιχώματος υ σε μέτρα</u>           | <u>Κλίση πρανούς (υ:β)</u>  |
| A. Κατά γενικό κανόνα.(Εφ'όσον το επιτρέπει το έδαφος)<br><br>B. Βραχώδη προϊόντα μορφούμενα με το χέρι (με βάση αιτιολογημένη οικονομοτεχνική μελέτη).<br><br>Γ. Σε περίπτωση κινδύνου διάβρωσης.                         | Έως 1.50<br><br>1.50 έως 3.00<br><br>πλέον των 3.00 | 1:3<br>1:2<br>1:1.5 (2:3)<br>1:1<br>1:3                                     |

Ø Η εκλογή της κλίσης στα πρανή βραχωδών ορυγμάτων είναι συνάρτηση της υγείας του πετρώματος, της κλίσης των στρώσεων των στρωσιγενών πετρωμάτων, του συμπαγούς του πετρώματος, της σεισμικότητας της περιοχής, των κλιματολογικών συνθηκών της περιοχής,

της προσαρμογής της οδού στο περιβάλλον, του τύπου της οδού και εν γένει της σοβαρότητας του έργου. Σε κάθε περίπτωση οι τιμές των πινάκων είναι ενδεικτικές. Οι οριστικές τιμές των κλίσεων διαμορφώνονται μετά τις γεωτεχνικές κατατάξεις των εδαφών και των βράχων, τις εργαστηριακές δοκιμές των υλικών κατασκευής και μετά τις αναλύσεις ευστάθειας με μεθόδους της Εδαφομηχανικής και της Βραχομηχανικής. **Στα πρανή επιχωμάτων και ορυγμάτων** με μεγάλο ύψος είναι σκόπιμη η διαμόρφωση αναβαθμών κατόπιν εδαφοτεχνικής μελέτης. Εάν το ύψος των πρανών των ορυγμάτων είναι μεγαλύτερο των 15m απαιτείται ο υπολογισμός ευστάθειας. Στην περίπτωση πρανών αποτελούμενων από πλαστικές αργίλους και γενικά από εδάφη μικρής αντοχής, απαιτείται μελέτη ευστάθειας για ύψη πρανών μεγαλύτερων από τα 6m. Ως προς τον αντισεισμικό υπολογισμό των πρανών, ο ΕΑΚ ορίζει την διαδικασία ελέγχου για ύψη έως 15m. Η μελέτη αναχωμάτων ύψους μεγαλύτερου των 15m, αναχωμάτων που φέρουν σημαντικά έργα, και φραγμάτων γενικά, δεν καλύπτεται από τον ΕΑΚ. Σ' αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να γίνεται ειδική γεωτεχνική και σεισμική μελέτη.

### **3.3.1 Κλίσεις επιχωμάτων.**

Βασική παράμετρος, η αναλογία της πλευρικής κλίσης, η οποία εξαρτάται κυρίως πάνω στην διατμητική αντοχή και την άποψη της εναπόθεσης (angle of repose) των υλικών που σχηματίζουν την κλίση. Μια κλίση της τάξης  $1\frac{1}{2} : 1$  συνήθως χρησιμοποιείται στα σχέδια των σιδηροδρόμων, εξίσου για επιχώματα και εκχώματα, και δίνει λογική ευστάθεια για τα περισσότερα υλικά.

Άμμοι ή πηλός μπορεί να αποκτήσουν μια  $2:1$  ή ακόμα μια  $3:1$  κλίση. Σταθερά πετρώματα χρειάζονται μια  $\frac{1}{2} : 1$  ή  $\frac{1}{4} : 1$  κλίση. Νεαρής ηλικίας επιχώματα στέκονται σε πιο απότομες κλίσεις, αλλά είναι πιο επιρρεπείς στην δράση του νερού. Το ποσό της διαβρωτικής δράσης από τον άνεμο, την βροχή, την πλημμύρα, ή το κύμα είναι ένας παράγοντας για να προαποφασιστεί η κλίση.

Μια τελική απόφαση για την αναλογία της κλίσης πρέπει να εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους που χρησιμοποιείται, παρά από την εφαρμογή του οποιουδήποτε κανόνα (of thumb) της (συμπύεσης).

Πιο επίπεδες κλίσεις, μέσω των οποίων έχοντας μεγαλύτερο εύρος, λαμβάνουν ένα μεγαλύτερο ποσό βροχής που πέφτει, και έτσι υπόκεινται επιπλέον σε μεγαλύτερη διαβρωτική επίδραση. Μια κλίση της αναλογίας  $2:1$  είναι κατά προσέγγιση κατά  $1/3$  μεγαλύτερη από μια κλίση  $1\frac{1}{2} : 1$  και λαμβάνει συνεπώς,  $1/3$  περισσότερο ποσό βροχής. Τα υλικά που παρασύρονται από την βροχή και καταλήγουν στον πόδα της κλίσης μπορεί να είναι τόσα σε ποσότητα όσο και σε μια πιο απότομη κλίση  $1\frac{1}{2} : 1$ . Το κενό είναι επιθυμητό στον πόδα της κλίσης για να κρατήσει αυτά τα υλικά και να αποφευχθεί να πληρωθούν οι τάφροι, ή η παρέμβαση σε γειτονικές περιουσίες. Ένα ζήτημα επίσης μπορεί να προκύψει, για το αν θα

πρέπει να διαπλατώνονται τα επιχώματα ή να επιπεδώνονται οι κλίσεις. Αυτό το ζήτημα προκύπτει όταν η καλύτερευση μιας υπάρχουσας γραμμής μελετάται, ή όταν επιπρόσθετα υλικά απομακρύνονται από ένα έκχωμα, αντί να ανοιχθεί ένα δανεικό όρυγμα. Μη αυξανόμενη σταθερότητα επιτυγχάνεται με την ισοπέδωση, εκτός αν η υπάρχουσα κλίση είναι πιο απότομη από την γωνία της εναπόθεσης του υλικού που το περικλείει. Ο πιο σωστός τρόπος που πιθανόν να ζητηθεί είναι η ισοπέδωση παρά η διαπλάτυνση. Σε αβαθή επιχώματα υπάρχει το πλεονέκτημα να μπορεί μια κλίση να γίνεται 4:1 για να αποφεύγονται οι στιβάδες χιονιού. Σε δυτική σιδηροδρομική γραμμή χρησιμοποιήθηκε σε επιχώματα επίπεδη κλίση 6:1. Οι κλίσεις που είναι πιο επίπεδες από 2:1 επιτρέπουν την χρήση θεριστικής μηχανής για το κόψιμο των άγριων χόρτων και γρασιδιού.

Το ίδιο ποσό υλικού πρέπει να απομακρυνθεί, για να μειωθεί από κλίση 1 ½ :1 σε 2:1, όσο διαπλατώνοντας μια απόσταση ίση με το μισό του ποσού of top cutback (της κορυφής της περικοπής-μείωσης) για την κλίση 2:1. Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα αποτελέσματα της διαπλάτυνσης είναι πιο προσοδοφόρα.

Για ψηλά επιχώματα η αυξανόμενη σταθερότητα της κλίσης μπορεί να αποκτηθεί με την κατάλληλη μόρφωση, δηλαδή ισοπέδωση, ή να παρέχονται υποστηρίξεις. Η ισοπέδωση πραγματοποιείται και στα επιχώματα και είναι προσοδοφόρο και στις δύο περιπτώσεις. Ένας δρόμος χρησιμοποιεί 6 ft ισοπέδωσης για όλα τα επιχώματα μεταξύ 25 έως 50 ft σε ύψος, και 12 ft ισοπέδωσης για επιχώματα ύψους 50 ft. Στην ισοπέδωση ένα επενδεδυμένο ρείθρο στον πόδα της υψηλότερης κλίσης είναι χρήσιμο, έτσι ώστε να αποφεύγεται η διάβρωση, αυλακώνοντας την εκροή από την πρόσχωση του εκχώματος. Αν το ρείθρο δεν είναι φτιαγμένο προσεχτικά στην κλίση, είναι πιθανό να υπερχειλίσει, αυξάνοντας τον κίνδυνο για διάβρωση και ολίσθηση. Είναι δύσκολο να οριστούν γενικοί κανόνες για ανάμειξη βράχου εξ αιτίας της ποικιλίας των υλικών που μπορούν να καταμετρηθούν. Απότομες κλίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Κάποιοι βράχοι είναι πιθανό να σταθούν κατακόρυφα. Ο τύπος του βράχου, η τάση να εξογκωθεί, το ποσό της θραύσης από την έκρηξη, η έκταση και η διεύθυνση των αρθρώσεων, οι ρηγματώσεις και οι ενστρωματώσεις, καθώς και η πιθανότητα παγώματος και ξεπαγώματος, όλα αποτελούν την γωνία στην οποία ο βράχος βρίσκεται σε ηρεμία. Μια πρόσχωση των 10 ft ελάχιστου πλάτους, θα πρέπει να αφήνεται μεταξύ της κορυφής της κλίσης του βράχου και του πόδα της γραμμής του εδάφους. Αν το βάθος του overburden ξεπερνά τα 10 ft, τότε απαιτείται ένα μεγαλύτερο πλάτος επιχωμάτωσης. Benches βρίσκουν χρησιμότητα σε βραχώδεις εκχωματώσεις για να περισυλλέξουν μπάζα από την επιφάνεια του βράχου. Μια αλλαγή στην κλίση μπορεί να είναι χρήσιμη, όταν πηγαίνουμε από σκληρότερα σε μαλακότερα στρώματα γης. Το πιο μαλακό υλικό λαμβάνει την πιο επίπεδη-ήπια κλίση.

### **3.3.2 Προστασία των κλίσεων.**

Ακόμα και αν εμπεριέχεται επιπρόσθετο πλάτος για να αντισταθμίσει τον άνεμο και τις διαβρώσεις της βροχής, ιδιαίτερη προστασία χρειάζεται για να σταθεροποιηθούν οι κλίσεις ιδιαίτερα εκείνες των καλά διαβαθμισμένων εδαφών. Η τοποθέτηση του γρασιδιού δίνει άμεση προστασία αλλά είναι ακριβή και γίνεται συνήθως όπου είναι κύριος σκοπός η ευστάθεια. Η σπορά και η εμφύτευση με γρασίδι και θάμνους, μια συνήθης διαδικασία, παίρνει περισσότερο να εγκαταστήσει το πυκνό συμπλεκόμενο σύστημα ριζών που χρειάζεται για ευστάθεια. Το τριφύλλι και ο βίκος(φυτό), το αμπέλι (κλήμα-περικοκλάδα) καθώς και τα γρασίδια της περιοχής είναι ευτυχώς πιθανότητες. Το κάποτε γνωστό εισαγόμενο kudzu αμπέλι (ονομασία αμπελιού), εξαπλώνεται τόσο γρήγορα, τόσο όσο να γίνεται ενοχλητικό. Νεομφυτευμένες κλίσεις θα πρέπει να προστατεύονται με τεμάχια από άχυρο, φλοιό, ή παρεμφερή υλικά κυρίως σε βλάστηση και βιώσιμη ανάπτυξη.

Οι κλίσεις εκτεθειμένες στις πλημμύρες από χείμαρρους μπορούν να προστατευθούν από πέτρες που έχουν τοποθετηθεί με το χέρι. Η προστασία αυτή θα πρέπει να συνεχιστεί και μέσα στο νερό πάνω σε μια επίπεδη (6:1 κλίση ή καλύτερη), ή βασισμένη πάνω σ ένα τοίχο of (derrick) είδος πέτρας. Επιπρόσθετη ευστάθεια αποκτάται καμιά φορά χύνοντας τσιμέντο grout πάνω στο πρόσωπο of the rip-rap, crushed slag protective blankets έχουν συγκολληθεί. Η ενδυνάμωση της υδροστατικής πίεσης πίσω από the blankets μπορεί να μειωθεί τοποθετώντας μία ή περισσότερες σειρές of weep holes, χρησιμοποιώντας κατά προσέγγιση σωλήνες 2 in. Έτσι ωθείται το πρόσωπο ή τοποθετείται ένας διαμήκης οχετός πίσω από (the blanket) πληρώνοντας το στο πίσω μέρος με ένα φίλτρο ή με ένα σωλήνα τυλιγμένο με ένα υφασμάτινο φίλτρο.

### **3.3.3 Ύψος ενός επιχώματος.**

Υποχώρηση ή ολίσθηση είναι πιθανά να συμβούν όταν το φορτίο που επιβάλλεται από ένα επίχωμα υπερβαίνει την φέρουσα ικανότητα του φυσικού εδάφους. Η απεριόριστη συμπίεστική τάση  $q_u$  θα πρέπει να επιβληθεί (εδραιωθεί) για να αποφασιστεί το επιτρεπόμενο ύψος του επιχώματος. Το πρόβλημα συνήθως περιλαμβάνει ένα καλά διαβαθμισμένο έδαφος ή μια κατάθεση οργανικού υλικού. Η διατμητική αντοχή ή συνοχή ενός καλά διαβαθμισμένου εδάφους, είναι ίση με το μισό της θλιπτικής αντοχής. Η τελική φέρουσα ικανότητα  $q_d$  ενός καλά διαβαθμισμένου εδάφους, καθώς αποφασίζεται από τους κόκκους του εδάφους, παίρνεται σαν 5 φορές η συνοχή  $C$ .

Το επιτρεπόμενο ύψος του επιχώματος δεν πρέπει να υπερβαίνει:

$$\gamma h \leq 5 \cdot C \leq 5 \cdot (q_u / 2).$$

$$h \leq 2.5 q_u / \gamma.$$

**όπου:**  $h = \text{ύψος επιχώματος.}$

$\gamma = \text{μονάδα βάρους υλικού.}$

$q_u = \text{θλιπτική αντοχή, ευρεθείσα από ένα σύστημα μέτρησης, ή από δοκιμές εργαστηρίου.}$

Όταν εισάγεται ένας παράγοντας ασφαλείας 50%, το επιτρεπόμενο ύψος του επιχώματος γίνεται:  $hm = 2,5 q_u / 1,5 \gamma \leq 1,67 q_u / \gamma.$

**ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:** Αν  $q_u = 0,46$  τόνους / τετραγωνικό πόδι και  $\gamma = 120$  λίμπρες / κυβικό πόδι, τότε:  $hm = 1,67 * 0,46 * 2000 / 120 = 12,80 \text{ ft (πόδια).}$

**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :** Μετατροπές στις μονάδες:  $\text{ft}^3 = \text{m}^3, \text{psi} = \text{MPa} = \text{N/mm}^2, \text{tn} = \text{Kg}$  ή  $\text{tn},$

$\text{ft}^2 = \text{m}^2.$

### **3.3.4 Πλάτος ενός επιχώματος.**

Το ελάχιστο δυνατό πλάτος της κορυφής του επιχώματος, αποφασίζεται από το πλάτος του τομέα του μπαλάστρου. Το πλάτος του εξαρτάται πρωταρχικά από το βάθος του μπαλάστρου κάτω από την σιδηροδρομική τραβέρσα. Ένα ελάχιστο πλάτος επιχώματος των 20 ft είναι επιθυμητό να δώσει σταθερότητα και να επιτρέψει επαρκές βάθος μπαλάστρου, παρόλο που η χαμηλή πυκνότητα των γραμμών διαχωρισμού μπορεί να μην έχουν περισσότερο από 18 ft πλάτος. Το σχέδιο του τομέα του μπαλάστρου και του επιχώματος βασίζονται σωστά στον αναμενόμενο φόρτο για το μέλλον τουλάχιστον από 10 έως 15 χρόνια. Το κόστος συμπληρωματικού πλάτους την στιγμή της κατασκευής θα πρέπει να ισοσταθμίζεται ενάντια στο υπολογιζόμενο μελλοντικό κόστος διαπλάτυνσης του roadbed. Συνήθως διαφορετικές σταθερές του μπαλάστρου και του roadbed εγκαθιδρύονται από την σιδηροτροχιά για την κύρια γραμμή, για τις δευτερεύουσες γραμμές, για γραμμές ελαφριού τύπου σιδηροδρόμων ( τραμ). The roadbed shoulder πρέπει να εκτείνονται κατά το ελάχιστο 18 in κάτω από τον πόδα της κλίσης του μπαλάστρου, για να το υποστηρίξει. Το μπάλαστρο εύρους 18 ft στην βάση θα απαιτούσε ένα ελάχιστο πλάτος επιχώματος των 18 ft συν 2 φορές τις 18 in, ή 21 ft. Η κυρίως γρήγορη γραμμή προτιμάται να είναι 5 ft πιο πλατιά από το μπάλαστρο, επιτρέποντας έτσι 2 ft και 6 in έξω από τον πόδα της κάθε κλίσης του μπαλάστρου.

Κάποιο επιπρόσθετο πλάτος την στιγμή της κατασκευής προστατεύει ενάντια στην καταστροφή του roadbed shoulder λόγω της διάβρωσης, καθίζησης, του ανέμου, της βροχής, του πάγου και την δράση του ίδιου του εδάφους. Το ποσό της διαπλάτυνσης για αυτούς τους σκοπούς είναι μεγαλύτερο από ένα ώριμο roadbed. Όπου τα εδάφη είναι ειδικά ευαίσθητα



στον άνεμο ή στην διάβρωση λόγω του νερού, το απαιτούμενο ποσό της διαπλάτυνσης είναι μεγαλύτερο. Με την εκσυγχρονισμένη θεμελίωση λιγότερη «έκπτωση» χρειάζεται να φτιαχτεί γι 'αυτούς τους λόγους. Ένα επιπλέον ft πλάτους σε κάθε shoulder έχει βρεθεί ικανοποιητικό για υλικά από χαλίκι ή γι 'αυτά τα υλικά με μεγαλύτερη ευστάθεια. Επί πρόσθετο πλάτος όπως έχει αποφασιστεί από τις μηχανικές αρχές απαιτείται για εδάφη με χαμηλή διατμητική αντοχή και συνοχή. Κάποιοι μηχανικοί πλαταίνουν τα κενά καθώς το ύψος μεγαλώνει, αλλά υπάρχει μικρή ομοιομορφία στην πράξη. Το πλάτος πρέπει να προστίθεται για προβλεπόμενη υποχώρηση, διαφορετικά με επιτυχείς εφαρμογές του μπαλάστρου κατά την διάρκεια της συντήρησης, η κορυφή του γεμίσματος αυτού γίνεται πολύ στενό για να υποστηρίξει το πλάτος του μπαλάστρου. Το πλάτος του επιχώματος θα πρέπει να αυξάνεται 3 φορές για οποιαδήποτε προσδοκώμενη υποχώρηση, δηλαδή στην αναλογία της πλάγιας κλίσης 1 ½ :1. Έτσι για μια εκτιμηθήσα υποχώρηση των 2 ft το πλάτος θα πρέπει να αυξηθεί στα 6 ft. Στα ανοίγματα το ζήτημα της υποχώρησης δεν υπάρχει, αλλά παράπλευροι τάφροι μέσω των ανοιγμάτων μπορεί να προκαλέσουν διάβρωση. Είναι επιθυμητό να χρησιμοποιήσουμε το ίδιο πλάτος του roadbed στα ανοίγματα (εκχώματα) όπως και στα γεμίσματα. Ο πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει το πλάτος των ανοιγμάτων (στην βάση του και διαφοροποιημένο από το πλάτος του roadbed) είναι οι παράπλευροι τάφροι. Πρότυπα σχέδια συνήθως δείχνουν ελάχιστες διαστάσεις μόνο, καθώς και τοπικές συνθήκες του μήκους του ανοίγματος, της κλίσης, του βάθους, της βροχής της εκροής και του φυσικού υπογείου νερού πρέπει να μελετώνται για αύξηση του πλάτους της τάφρου. Βασικά πλάτη των 3 έως 6 ft με πλευρικές κλίσεις και αναλογία 1:1 είναι συνθήκες σε κοινή χρήση. Σε εκτενέστερα ανοίγματα, πιο φαρδιές τάφροι χρειάζονται για να χειριστούν το αυξανόμενο νερό. Αν η κλίση είναι απότομη, το roadbed πρέπει να προστατευθεί ενάντια στην διάβρωση. Διαπλατώνοντας τις πλευρικές τάφρους, ή λιθοστρώνοντας την κλίση της τάφρου μπορεί να χρησιμεύει στο να αποτρέψει την διάβρωση. Αυξανόμενο πλάτος του ανοίγματος χρειάζεται όπου ο κίνδυνος υφίσταται από το πέσιμο και την ολίσθηση των βράχων καθώς και από βαριές βροχές και χιόνια. Το κενό είναι επίσης διαθέσιμο να διευθετήσει συντρίμματα λίθων ή χιόνι.

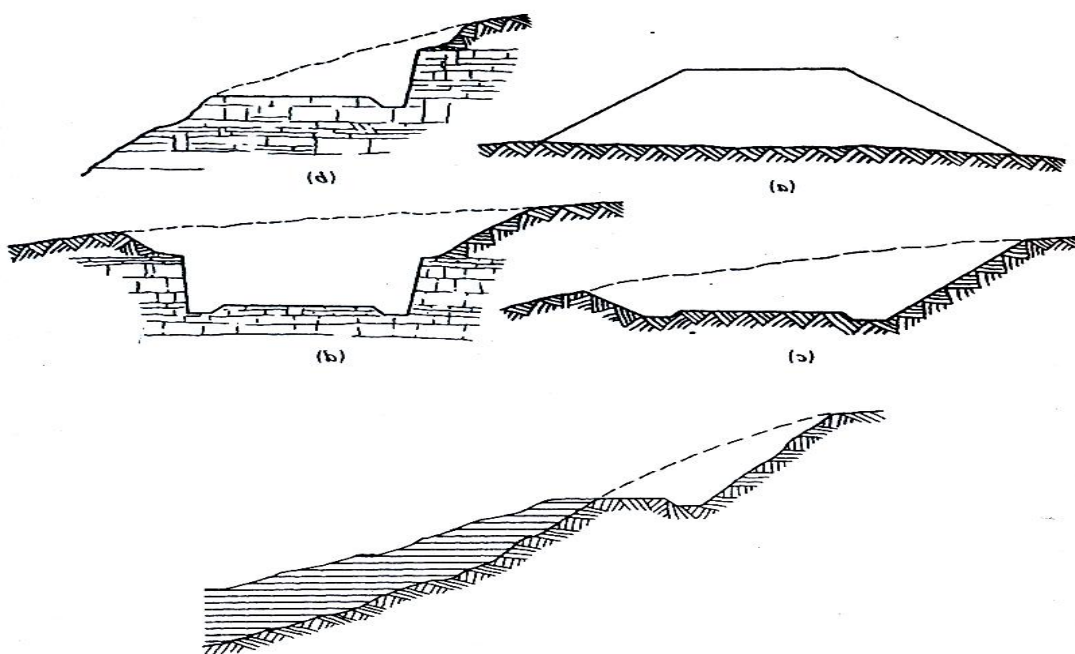
### **3.3.5 Βάθος εκχώματος και επιχώματος.**

Το βάθος είναι η διαφορά μεταξύ της γραμμής εδάφους και του προφίλ της ανύψωσης. Στα επιχώματα κάποια συστολή ή καθίζηση μπορεί να συμβεί, που εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους και τις κατασκευαστικές μεθόδους.

Η πρακτική του να προσθέτουμε ύψος για να εξουδετερωθεί η καθίζηση είναι απαρχαιωμένη. Μια εξαίρεση είναι η υπερφόρτωση πάνω στο επίχωμα, ώστε να επιταχύνει την καθίζηση. Η καθίζηση μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με την προσεχτική επιλογή των υλικών

και την χρήση των μεθόδων της θεμελίωσης. Κατασκευάζοντας μη λασπώδη επιχώματα στα τελειώματα (άκρες) της γέφυρας, είναι μια δαπάνη συντήρησης. Τα επιχώματα στις άκρες της γέφυρας θα πρέπει να «σπινθηρίζονται» σαν βεντάλια για να παρέχει υποστήριξη στο μπάλαστρο. Η πολύ συχνή ταλάντευση cross ties(σταυρωτά δεμένα) βρίσκονται στις άκρες της γέφυρας πάνω στο επίχωμα.

Όπου επικρατούν συνθήκες πάγου, ίσως θα ήταν επιθυμητό να παρέχουμε ένα μέγιστο βάθος επιχώματος, για να ελαττωθεί η τραχύτητα της δράσης του πάγου και να διευκολύνουμε την αποστράγγιση. Υψηλά επίπεδα νερού σε καταστάσεις πλημμύρας μπορεί να υποδείξει την αύξηση της γραμμής της κλίσης και το ύψος του επιχώματος πιο πάνω από αυτά που απαιτούνται κανονικά.



## «ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.»

### **4.1 Φυσικά Χαρακτηριστικά Συνεκτικών Εδαφών**

Τα κύρια φυσικά χαρακτηριστικά των μη συνεκτικών εδαφών είναι η σχετική πυκνότητα και η κοκκομετρική διαβάθμιση. Με βάση τα χαρακτηριστικά αυτά, μπορεί να γίνει μια πρώτη, εκτίμηση των μηχανικών τους χαρακτηριστικών. Στα συνεκτικά (αργιλικά ή λεπτόκοκκα) υλικά ο προσδιορισμός των ανωτέρω φυσικών χαρακτηριστικών δεν είναι εύκολα εφικτός (λόγω του πολύ μικρού μεγέθους των κόκκων τους) και, επιπλέον, τα χαρακτηριστικά αυτά δεν είναι άμεσα συσχετισμένα με τις μηχανικές τους ιδιότητες. Για τους ανωτέρω λόγους, κατ' αντιστοιχία προς τα μη-συνεκτικά εδάφη, τα κύρια φυσικά χαρακτηριστικά των συνεκτικών εδαφών είναι το **ποσοστό υγρασίας** και τα **όρια Atterberg**.

Η παρουσία νερού στους πόρους ενός εδαφικού υλικού επηρεάζει τη μηχανική του συμπεριφορά. Η επιρροή αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική (καθοριστική θα μπορούσε να πει κανείς) στα συνεκτικά εδάφη.

Το μέγεθος των κόκκων και η ποικιλία (κατανομή) τους σε ένα δείγμα εδαφικού υλικού επηρεάζουν τη μηχανική συμπεριφορά των μη-συνεκτικών εδαφών και για το λόγο αυτό μελετώνται στα πλαίσια των φυσικών τους χαρακτηριστικών.

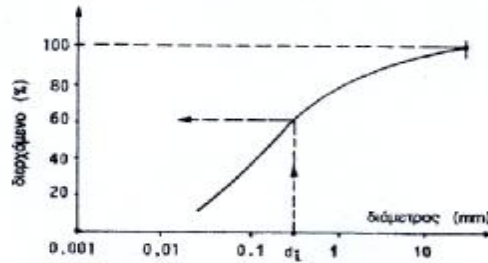
Η απαντώμενη ποικιλία μεγεθών κόκκων στους εδαφικούς σχηματισμούς είναι ευρύτατη. Οι χάλικες αποτελούνται από κόκκους μεγέθους αρκετών εκατοστών, ενώ οι άργιλοι περιέχουν κόκκους μεγέθους μικρότερου του ενός μικρού (μμ), δηλαδή περισσότερο από 10000 φορές μικρότερους από τους κόκκους των χαλίκων.

Η ποικιλία μεγεθών κόκκων των εδαφικών σχηματισμών μπορεί να γίνει κατανοητή με το ακόλουθο ανάλογο: **αν η διάσταση του κόκκου ενός μέσου χάλικα αντιστοιχεί με μια εξαόροφη πολυκατοικία (20m ύψος), ένας κόκκος άμμου αντιστοιχεί με ένα καρπούζι, ένας κόκκος ιλύος με ένα κεράσι και ένα κόκκος αργίλου με μέγεθος μικρότερο από το κεφάλι μιας καρφίτσας.**

Ο προσδιορισμός της κατανομής των μεγεθών κόκκων των εδαφικών υλικών (**κοκκομετρική διαβάθμιση**) γίνεται για μεν τους χάλικες και τις άμμους με τη λεγόμενη "κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα", για δε τις ιλεις και αργίλους με την "κοκκομετρική ανάλυση με τη μέθοδο του αραιομέτρου".

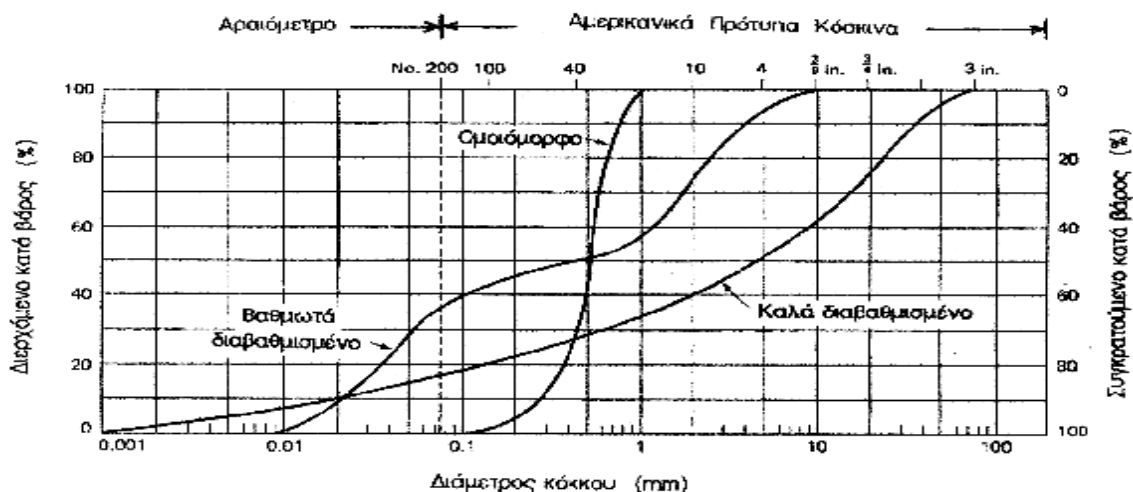
Η ανάλυση με κόσκινα γίνεται με τη μηχανική δόνηση δείγματος του εδαφικού υλικού διαμέσου σειράς κοσκίνων με βαθμιαία μικρότερη διάσταση οπής και τη μέτρηση του βάρους του υλικού που συγκρατείται σε κάθε κόσκινο.

| Αριθμός κόσκινου (No) | Διάσταση σπής (mm) |
|-----------------------|--------------------|
| 4                     | 4.75               |
| 10                    | 2                  |
| 20                    | 0.85               |
| 40                    | 0.425              |
| 60                    | 0.25               |
| 100                   | 0.15               |
| 140                   | 0.106              |
| 200                   | 0.075              |



Αξίζει να σημειωθεί ότι το κόσκινο No 200 αντιστοιχεί κατά προσέγγιση στο συμβατικό όριο μεταξύ άμμων και ιλύων (0.06 mm). Η κατασκευή και χρήση κοσκίνων για την κοκκομέτρηση εδαφών με μεγέθη κόκκων μικρότερα από το No 200 δεν είναι πρακτική. Κατά συνέπεια, ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής διαβάθμισης των λεπτόκοκκων εδαφικών υλικών (ιλύων και αργίλων) γίνεται, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, με τη μέθοδο του αραιομέτρου. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στο νόμο του Stokes για την κίνηση σφαιρών σε ιξώδες ρευστό με την επίδραση της βαρύτητας, σύμφωνα με τον οποίο η οριακή ταχύτητα καθίζησης εξαρτάται από τη διάμετρο και την πυκνότητα του υλικού των σφαιρών, την πυκνότητα του ρευστού και το ιξώδες του. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου του αραιομέτρου μετράτε η πυκνότητα του μίγματος νερού και εδάφους σε διάφορους χρόνους και προσδιορίζεται η ταχύτητα καταβύθισης των κόκκων του εδαφικού υλικού, από την οποία προκύπτει η κατανομή του μεγέθους των κόκκων.

Η κατανομή του μεγέθους των κόκκων ενός εδαφικού υλικού, όπως προκύπτει από την κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα και το αραιόμετρο, παρουσιάζεται συνήθως σε ένα διάγραμμα αθροιστικής συχνότητας εμφάνισης ως προς το μέγεθος του κόκκου (σε λογαριθμική κλίμακα).



**ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ (USCS)**

|   |   |  |  |    |
|---|---|--|--|----|
| ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΑ<br><br>ΕΔΑΦΗ:<br>< 50% διέρχεται<br>από<br>το No. 200 | ΧΑΛΙΚΕΣ:<br>< 50% του<br>χονδρόκοκκου<br>Κλάσματος διέρχεται<br>από το No 4   | ΚΑΘΑΡΟΙ<br>ΧΑΛΙΚΕΣ:<br><br>< 5% διέρχεται<br>από το No. 200                | ΚΑΛΩΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΟΙ<br>ΧΑΛΙΚΕΣ: $C_u > 4$               | GW |
|   |   |  | ΚΑΚΩΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΟΙ<br>ΧΑΛΙΚΕΣ: $C_u < 4$               | GP |
|   |   | ΧΑΛΙΚΕΣ ΜΕ<br>ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ<br>υλικό:<br><br>>12% διέρχεται<br>από το No. 200 | ΙΛΥΩΔΕΙΣ ΧΑΛΙΚΕΣ: κάτω<br>από τη γραμμή A, ή $I_p < 4$   | GM |
|   |   |  | ΑΡΓΙΛΩΔΕΙΣ ΧΑΛΙΚΕΣ: πάνω<br>από τη γραμμή A. ή $I_p > 7$ | GC |
| ΕΔΑΦΗ:<br>< 50% διέρχεται<br>από<br>το No. 200                    | ΑΜΜΟΙ:<br><br>> 50% του<br>χονδρόκοκκου<br>κλάσματος διέρχεται<br>από το No 4 | ΚΑΘΑΡΕΣ<br>ΑΜΜΟΙ:<br><br>< 5% διέρχεται<br>από το No. 200                  | ΚΑΛΩΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ<br>ΑΜΜΟΙ: $C_u > 6$                 | SW |
|   |   | ΑΜΜΟΙ με<br>λεπτόκοκκο<br>υλικό: >12%<br>διέρχεται από το<br>No 200        | ΚΑΚΩΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ<br>ΑΜΜΟΙ: $C_u < 6$                 | SP |
|   |   |  | ΙΛΥΩΔΕΙΣ ΑΜΜΟΙ: κάτω από<br>την γραμμή A, ή $I_p < 5$    |    |
|   |   |  | ΑΡΓΙΛΩΔΕΙΣ ΑΜΜΟΙ: πάνω<br>από τη γραμμή A. ή $I_p > 7$   | SC |
| ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ<br><br>> 50% διέρχεται<br>από<br>το No. 200            | ΕΔΑΦΗ<br>ΧΑΜΗΛΗΣ<br>ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ:<br><br>$w_L < 50\%$                        | ΑΡΓΙΛΟΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: πάνω<br>από τη γραμμή A                     |  | CL |
|   |   | ΙΛΕΙΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: κάτω<br>από τη γραμμή A                       |  | MI |
|   |   | ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΙΛΕΙΣ ή ΑΡΓΙΛΟΙ ΧΑΜΗΛΗΣ<br>ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ                         |  | OI |
|   | ΕΔΑΦΗ<br>ΥΨΗΛΗΣ<br>ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ:<br><br>$w_L > 50\%$                         | ΑΡΓΙΛΟΙ ΥΨΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: πάνω<br>από τη γραμμή A                      |  | CH |
|   |   | ΙΛΕΙΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: κάτω από<br>τη γραμμή A                        |  | MH |
|   |   | ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΙΛΕΙΣ ή ΑΡΓΙΛΟΙ ΥΨΗΛΗΣ<br>ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ                          |  | OH |
| ΟΡΓΑΝΙΚΑ<br>ΥΛΙΚΑ   |   |  |  | Pt |

## **4.2 Ταξινόμηση εδαφών**

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση των εδαφών διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Οι συνηθέστερες μέθοδοι που περιγράφονται παρακάτω διακρίνουν:

ü Τα εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε μεταλλικά στοιχεία , τα οποία μπορούν να υποκατηγοριοποιηθούν ανάλογα με:

- § την κοκκομετρία.
- § την πλαστικότητα.
- § την ευαισθησία στην παρουσία νερού.
- § την περιεκτικότητα σε μεταλλικά στοιχεία.
- § τα οργανικά εδάφη.

ü Με βάση την κοκκομετρική ταξινόμηση, μπορούμε να υπολογίσουμε τους παρακάτω συντελεστές:

- § τον συντελεστή ομοιομορφίας  $C_U$
- § τον συντελεστή καμπυλότητας  $C_C$

ü Ο συντελεστής ομοιομορφίας είναι καθοριστικός για την ποιοτική αξιολόγηση κοκκωδών εδαφών και μάλιστα σε ό,τι αφορά:

- την καταλληλότητα των εδαφών για συμπύκνωση
- τη φέρουσα ικανότητα του υποστρώματος γραμμής κοντά στην κάτω επιφάνεια των στρωτήρων.

**Η διαβάθμιση ενός κοκκώδους εδάφους θεωρείται καλή όταν:**

$$C_U > 6.$$

Εξίσου σημαντικός είναι και ο συντελεστής καμπυλότητας  $C_C$ , αν και δεν λαμβάνεται υπόψη από όλους τους Σιδηρόδρομους.

**Η διαβάθμιση ενός κοκκώδους εδάφους θεωρείται καλή όταν:**

$$1 < C_C < 3$$

**«τόσο για αμμοχάλικα όσο και για αμμώδη εδάφη».**

### Ποιοτική Ταξινόμηση Εδαφών

| Τύπος εδάφους<br>(γεωτεχνικές ταξινομήσεις)   | Κατηγορία ποιότητας<br>εδαφους |
|---|--------------------------------|
| 0.1 Οργανικά εδάφη<br>0.2 Μαλακά εδάφη με ποσοστό λεπτόκοκκων τουλάχιστον 15% (1) και υψηλό ποσοστό υγρασίας<br>0.3 Θιξοτροπικά εδάφη (2) (π.χ. από υπερευαίσθητη άργιλο (quick-clay))<br>0.4 Εδάφη με περιεκτικότητα σε υδατοδιαλυτά στοιχεία (π.χ. ορυκτό άλας ή γύψος)<br>0.5 Ακάθαρτα εδάφη (π.χ. με βιομηχανικά απόβλητα)<br>0.6 Μεικτά εδάφη                              | QS0                            |
| 1.1 Εδάφη με ποσοστό λεπτόκοκκων τουλάχιστον 40% (1) (πλην των εδαφών της κατηγορίας 0.2)<br>1.2 Πετρώματα με υψηλό κίνδυνο αποσάθρωσης<br>π.χ.<br>- Κιμωλία με $\rho_d < 1,7 \text{ t/m}^3$ και υψηλή ευθρυπτότητα<br>- Μάργα<br>- μη αποσαθρωμένος αργιλικός σχιστόλιθος  | QS1                            |
| 1.3 Εδάφη με ποσοστό λεπτόκοκκων 15-40% (1) (πλην των εδαφών της κατηγορίας 0.2)<br>1.4 Πετρώματα με σχετικό κίνδυνο αποσάθρωσης<br>π.χ.<br>- Κιμωλία με $\rho_d < 1,7 \text{ t/m}^3$ και χαμηλή ευθρυπτότητα<br>- μη αποσαθρωμένος αργιλικός σχιστόλιθος<br>1.5 Μαλακά πετρώματα<br>π.χ.<br>Δοκιμή με παρουσία νερού Microdeval (MDE) > 40 και<br>Δοκιμή Los Angeles (LA) > 40 | QS1 (3)                        |

(1) Αυτά τα ποσοστά % υπολογίζονται βάσει της κοκκομετρίας για υλικό που διέρχεται από κόσκινο 60 mm. Τα ποσοστά στρογγυλεύονται στη μονάδα προς τα κάτω (ορισμένοι Σιδηρόδρομοι χρησιμοποιούν διαφορετική μεθοδολογία). Τα ποσοστά μπορούν να αυξηθούν μέχρι και 5% μετά από επαρκή δειγματοληψία.

(2) Ορισμένοι Σιδηρόδρομοι ενίστε κατατάσσουν αυτά τα εδάφη στην κατηγορία QS1.

(3) Αυτά τα εδάφη μπορούν να ενταχθούν στην κατηγορία QS2 εφόσον οι υδρογεωλογικές και υδρολογικές συνθήκες είναι καλές.

(4) Αυτά τα εδάφη μπορούν να ενταχθούν στην κατηγορία QS3 εφόσον οι υδρογεωλογικές και υδρολογικές συνθήκες είναι καλές.

| <b>Τύπος εδάφους<br/>(γεωτεχνικές ταξινομήσεις)</b>  | <b>Κατηγορία<br/>ποιότητας<br/>εδάφους</b> |
|--|--|
| Εδάφη με ποσοστό λεπτόκοκκων 5-15% (1)<br>2.2 Ομοιογενές έδαφος με ποσοστό λεπτόκοκκων λιγότερο από 5% (1) ( $C_U \leq 6$ )<br>2.3 Σύνηθες σκληρό πέτρωμα<br>π.χ.<br>Έστω $25 < MDE \leq 40$ και $30 < LA \leq 40$ | QS2(2)                                     |
| Εδάφη καλά διαβαθμισμένα με ποσοστό λεπτόκοκκων λιγότερο από 5% (1)<br>3.2 Σκληρά πετρώματα<br>π.χ.<br>Έστω $MDE \leq 25$ και $LA \leq 30$   | QS3  |

Όπου:

QS1: «**Φτωχά**» εδάφη με αποδεκτά φυσικά χαρακτηριστικά υπό την προϋπόθεση ότι έχει γίνει πρόβλεψη για το κατάλληλο σύστημα αποστράγγισης, το οποίο θα πρέπει να διατηρείται σε καλή κατάσταση. Αυτά τα εδάφη μπορούν να αναβαθμιστούν με τη χρήση κατάλληλων μεθόδων εξυγίανσης (π.χ. σταθεροποίηση με συνεκτικά υλικά).

QS2: «**Μέτρια**» εδάφη.



QS3: «Καλά» εδάφη.

#### **4.2.1 Καταλληλότητα εδαφών για επαναχρησιμοποίηση.**

Σώμα επιχώματος.

**Εν γένει, η καταλληλότητα των εδαφών για επαναχρησιμοποίηση μπορεί να προσδιοριστεί με τον εξής τρόπο.**

- τα εδάφη που δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν εντάσσονται στις κατηγορίες 0.1 έως 0.6, 1.1 (σε περίπτωση που το έδαφος έχει μέτρια ή υψηλή πλαστικότητα) και 1.2

- τα εδάφη που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες (ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας, τις κλιματολογικές συνθήκες, το ύψος του επιχώματος, τη στρώση με υλικό χαμηλής ποιότητας που προστατεύεται από στρώση με υλικό καλύτερης ποιότητας (μέθοδος σάντουιτς), εντάσσονται στις κατηγορίες 1.1 (σε περίπτωση που το έδαφος έχει χαμηλή πλαστικότητα), 1.3 έως 1.5, 2.1 και 2.2 τα εδάφη που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες εντάσσονται στις κατηγορίες 2.3, 3.1 και 3.2.

Η μέγιστη τιμή του μήκους των κόκκων για οποιαδήποτε υλικό επανεπίχωσης υπαγορεύεται από την ανάγκη για αποτελεσματική στρώση και συμπύκνωση του υλικού και εξαρτάται συνεπώς από το βάθος της στρώσης. Κανονικά η διάμετρος των κόκκων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα **600 mm**. Επίσης, ενδείκνυται η μέγιστη τιμή των κόκκων να μην υπερβαίνει το ήμισυ του πάχους της στρώσης.

Η μέγιστη τιμή του μήκους των κόκκων για υλικά επανεπίχωσης που χρησιμοποιούνται στα τεχνικά δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα **100 mm**. Σε αυτήν την περίπτωση, το υλικό επανεπίχωσης θα πρέπει να στρώνεται σε λεπτές στρώσεις και να χρησιμοποιείται μικρός συμπιεστής για να μην διαταραχθεί το τεχνικό.

Η κατώτερη στρώση υλικού στα επιχώματα, η οποία εδράζεται επάνω σε υγρό έδαφος, θα πρέπει να στρώνεται με υλικό της κατηγορίας QS3 (υλικό αποστράγγισης).

**Η ποιότητα της αποστράγγισης μπορεί να βελτιωθεί με τη χρήση γεωυφάσματος.**

ü **Τα εδάφη μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το βαθμό ευαισθησίας τους στη διείδυση παγετού:**

- καμία ευαισθησία στον παγετό

- σχετική ευαισθησία στον παγετό
- μεγάλη ευαισθησία στον παγετό

#### Ταξινόμηση μεικτών εδαφών

| <u>Περιγραφή εδάφους</u>                            | <u>Ποσοστιαίες μονάδες ξηρού βάρους οργανικών συστατικών</u> |
|---|--|
| Εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε μεταλλικά στοιχεία | $\leq 1\%$   |
| Εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανικά στοιχεία | $> 1\%$ και $\leq 5\%$                                       |
| Μεικτά εδάφη  | $> 5\%$ και $< 30\%$   |
| Οργανικά εδάφη                                      | $\geq 30\%$  |

#### Ευαισθησία στη διείσδυση παγετού κατά τύπο εδάφους

| <u>Βαθμός ευαισθησίας στον παγετό</u> | <u>Τύπος εδάφους</u> |
|---------------------------------------|----------------------|
| Καμία ευαισθησία στον παγετό          | Άμμος<br>Χάλικες     |
| Σχετική ευαισθησία στον παγετό        | Άργιλος              |
| Μεγάλη ευαισθησία στον παγετό         | Ιλύς                 |

#### Οριακό ποσοστό λεπτόκοκκων % ( $d < 0.02$ mm) σε συνάρτηση με την ευαισθησία του εδάφους στη διείσδυση παγετού

| <u>Συντελεστής Ομοιομορφίας C<sub>U</sub> του υπό εξέταση εδάφους</u> | <u>Οριακό ποσοστό (βάρους) % κόκκων με διάμετρο d &gt; 0,02 mm</u> |
|---|--|
| 5   | 10   |
| 15  | 3  |

#### **4.2.2 Κοκκοδιαβάθμιση**

**Το υλικό πρέπει να ικανοποιεί τις ακόλουθες απαιτήσεις :**

- Η μέγιστη διάσταση του υλικού (D) δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τα 2/3 του πάχους της συμπυκνωμένης στρώσης.
- Η περιεκτικότητα κατά βάρος του υλικού που διέρχεται από το κόσκινο της μιας ίντσας (1") να είναι μικρότερη από 30%, και του υλικού που διέρχεται από το κόσκινο Νο 200 να είναι μικρότερη από 10%.

Οι απαιτήσεις αυτές αφορούν το συμπυκνωμένο υλικό από το οποίο θα πρέπει να λαμβάνονται δείγματα για εξακρίβωση της τήρησης των απαιτήσεων διότι κατά την διάστρωση και την συμπύκνωση το υλικό μπορεί να υφίσταται αλλαγές που να μεταβάλλουν την αρχική κοκκοδιαβάθμιση.

**Το υλικό θα πρέπει επιπλέον να έχει κοκκομετρική καμπύλη σύμφωνη με τις ακόλουθες απαιτήσεις :**

| <b>Διάσταση Κόκκου (κόσκινο)</b> | <b>% διερχόμενο κατά βάρος</b> |
|----------------------------------|--------------------------------|
| D                                | 90 - 100                       |
| D/4                              | 45 - 60                        |
| D/16                             | 25 - 45                        |
| D/64                             | 15 - 35                        |

**Όπου** D = Η μέγιστη διάσταση κόκκου.

#### **4.2.3 Μορφή κόκκων**

Το ποσοστό των κόκκων με ακατάλληλη μορφή πρέπει να είναι μικρότερο από 30%. Ακατάλληλη μορφή έχουν οι κόκκοι για τους οποίους ισχύει η σχέση :

$$\frac{L + G}{2E} \geq 3$$

**όπου :**  $L$  = η μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο παράλληλων επιπέδων που εφάπτονται στο κόκκο.

$G$  = η ελάχιστη διάμετρος κυκλικής οπής δια της οποίας μπορεί να διέλθει ο κόκκος.

$E$  = η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο παραλλήλων επιπέδων που εφάπτονται στον κόκκο.

**Οι τιμές  $L$ ,  $G$  και  $E$  μπορούν να προσδιορίζονται προσεγγιστικά και δεν είναι υποχρεωτικό να μετρούνται σε τρεις κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις.**

#### **4.3 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ**

##### **ΠΙΝΑΚΑΣ**

**1. ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ** Εκτίμηση της συμπεριφοράς του εδάφους καθώς και όλων των προβλημάτων πίεσεων, καθιζήσεων και ευστάθειας. Καθορίζεται σαν το λόγο του βάρους του νερού προς το βάρος των ξηρών κόκκων του εδάφους.

**ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ= (ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ - ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ) / ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ\*100.**

**2. ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ :** Είναι ο λόγος του βάρους ορισμένου όγκου κόκκων εδάφους προς το βάρος ίσου όγκου απεσταγμένου νερού θερμοκρασίας 4 βαθμών C. Το ε.β. του εδάφους, συνήθως χρησιμοποιείται για τον συσχετισμό του βάρους του εδάφους προς τον όγκο του. Ο όγκος είναι ο όγκος που καταλαμβάνουν οι κόκκοι μέσα στο νερό.

**E.B= ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ / ΟΓΚΟ ΚΟΚΚΩΝ.**

**3. ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ:** Ο υπολογισμός του Φ.Β. γίνεται με διαίρεση του βάρους του εδάφους με τον όγκο του. Νωρίτερα έχει προηγηθεί η διαδικασία της διαίρεσης του βάρους της παραφίνης με το ειδικό της βάρος, προκειμένου να προσδιοριστεί ο όγκος της παραφίνης. Έτσι ο **ΟΓΚΟΣ ΤΟΥ ΠΑΡΑΦΙΝΩΜΕΝΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ – ΤΟΝ ΟΓΚΟ ΤΗΣ ΠΑΡΑΦΙΝΗΣ** θα μας δώσει τον **ΟΓΚΟ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ.**

**4.ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ:** Κατανομή των κόκκων σε λεπτόκοκκα και χονδρόκοκκα αδρανή υλικά με την χρήση κοσκίνων τετραγωνικών οπών. Τα κόσκινα χρησιμοποιούνται για τα χονδρόκοκκα εδάφη, ενώ με την μέθοδο του υδρομέτρου (**STOKES**), γίνεται ο προσδιορισμός των λεπτόκοκκων εδαφών. ( $D \leq 0.07$  mm). Η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κοκκομετρική ανάλυση αδρανών υλικών, που ανακτήθηκαν από ασφαλτικά

μίγματα ή για την κοκκομετρική ανάλυση ορυκτής παιπάλης.

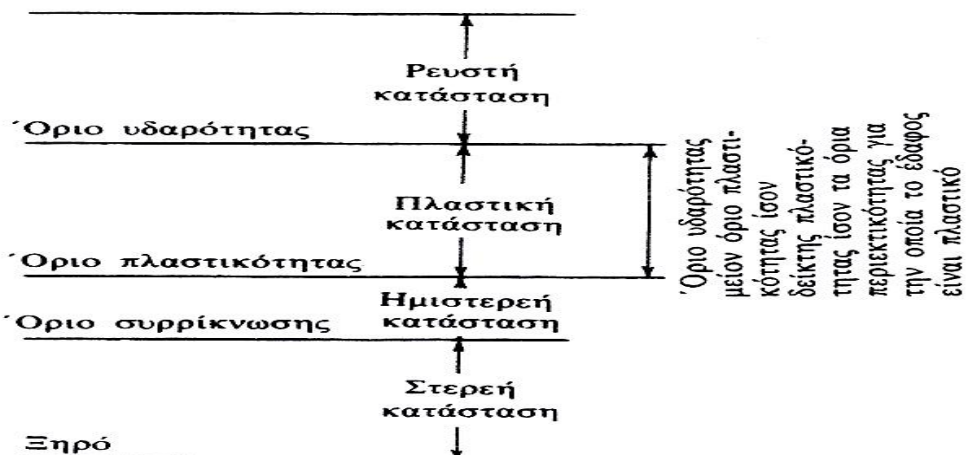
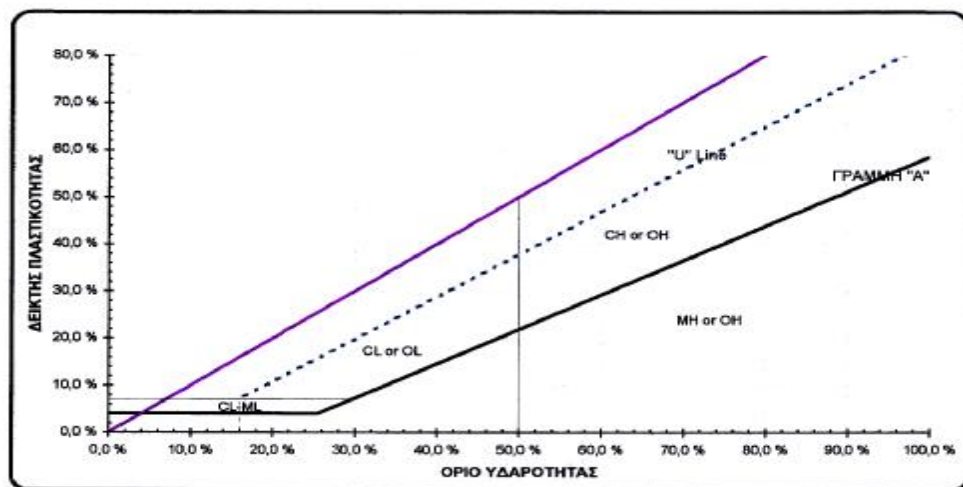
**5.ΟΡΙΑ ATTERBERG:** Κατάταξη συνεκτικών εδαφών ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε νερό. Ανάλογα με την κατάσταση του εδάφους μας δίνουν τα **ΟΡΙΑ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ, ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗΣ.**

**Ο.Υ.** = Είναι η υγρασία στην οποία το έδαφος μεταβαίνει από την πλαστική στην υδαρή κατάσταση. Αναφέρεται σε αέριες μονάδες. Για υλικά με δείκτη πλαστικότητας < του 10 το **Ο.Υ.** εκφράζεται με ακρίβεια 0,1.

**Ο.Π.** = Είναι το χαμηλότερο ποσοστό υγρασίας όπου το έδαφος μεταβαίνει από την πλαστική στην ημιστερεά κατάσταση. Μπορεί να κυλινδρωθεί σε ραβδίσκο διαμέτρου 3 mm, χωρίς να θραύεται. Είναι το ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ / ΒΑΡΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΠΟΥ ΞΗΡΑΘΗΚΕ ΣΤΟΝ ΚΛΙΒΑΝΟ \* 100.

**Ο.Σ.** = Είναι η περιεκτικότητα εκείνη σε νερό που αρκεί και μόνο για να πληρώσει τα κενά του ξηραθέντος δείγματος. Όταν το **Ο.Σ. <=0,15** το έδαφος θεωρείται καλό, διαφορετικά θεωρείται κακό.

**Σημείωση:** Δ.Π. = Ο.Υ. – Ο.Π.



|   |
|---|
| <p><b>6. ΠΟΡΩΔΕΣ (n)-ΔΕΙΚΤΗΣ ΚΕΝΩΝ (e):</b> Γίνεται διαπίστωση, αν το έδαφος είναι συμπαγές ή χαλαρό. Το n σχετίζεται με την διαπερατότητα, το <b>Φ.Β.</b>, την τριχοειδή ανύψωση.</p>  |
| <p><u>Το n είναι ίσο με τον όγκο των κενών / τον ολικό όγκο</u>, δηλαδή <math>n = V_v / V_{ολ}</math>. Η τιμή του κυμαίνεται από 20-85%.</p>  |
| <p><u>Το e είναι ίσο με τον όγκο των κενών / όγκο στερών</u>, δηλαδή <math>e = V_v / V_s</math>. Η τιμή του κυμαίνεται γύρω στη μονάδα.</p>   |
| <p><b>7. PROCTOR.</b> Είναι ο καθορισμός βέλτιστης πυκνότητας συνεκτικών εδαφών. Μέσω της δοκιμής αυτής, βελτιώνονται οι μηχανικές ιδιότητες ενός εδάφους. Η μέθοδος αυτή έχει σκοπό τον προσδιορισμό της σχέσεως υγρασίας – πυκνότητας εδαφών, με την χρήση κόπανου βάρους 2,5 Kg και ύψος πτώσης 457,2 mm.</p>  |
| <p><b>8α. C.B.R.</b> Προσδιορισμός αντίστασης όπου παρουσιάζει 1 εδαφικό συμπυκνωμένο δοκίμιο, στην διεσδυσση εμβόλου και η σύγκρισή της με την γνωστή αντίσταση που παρουσιάζει ο βράχος.</p>  |
| <p>Στην πρότυπη μέθοδο γίνεται χρήση σφύρας βάρους 2,5 kg και πτώση ύψους 305 mm. Στην τροποποιημένη μέθοδο γίνεται χρήση σφύρας βάρους 4,54 kg και ύψους πτώσης 457,2 kg.</p>  |
| <p><u>C.B.R.=φορτίο δοκιμής / στάνταρτ φορτίο *100.</u></p>   |
| <p><u>C.B.R.=μοναδιαίο φορτίο δοκιμής / μοναδιαίο στάνταρτ φορτίο *100.</u></p>   |
| <p><b>8β. C.B.R. (επι τόπου του έργου)</b> Προσδιορισμός της τιμής του <b>Καλιφορνιακού Λόγου φέρουσας Ικανότητας</b> των εδαφών και οδοστρωμάτων στη φυσική τους κατάσταση, χωρίς διατάραξη και με την φυσική υγρασία. Η δοκιμή αυτή είναι χρήσιμη για την εκτίμηση του υπεδάφους καθώς και των παλαιών υποβάσεων και βάσεων στις περιπτώσεις που χρειάζεται να ενισχυθούν.</p>  |
| <p><u>C.B.R.= Διορθωμένες τιμές φορτίου / πρότυπο φορτίο *100.</u></p>  |
| <p>Οι τιμές του αριθμητή καθορίζονται από τις διεσδύσεις 0,254 και 0,508 cm, ενώ του παρανομαστή 6,9 και 10,35 Mpa αντίστοιχα.</p>  |
| <p><b>9. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΩΝΟΥ ΚΑΙ ΑΜΜΟΥ:</b> Προσδιορισμός <b>Ξ.Φ.Ε.Β.</b> του εδάφους επιτόπου του έργου και σύγκριση αυτού με το μέγιστο <b>Ξ.Φ.Β.</b> που διαπιστώθηκε κατά <b>PROCTOR.</b> Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε εδάφη που περιέχουν κόκκους όχι μεγαλύτερους των 5 cm. Ο υπολογισμός της πυκνότητας γίνεται μέσω του τύπου <math>V = G * T</math>. Όπου <b>G</b> βάρος νερού σε gr και <b>T</b> διόρθωση του όγκου του νερού ανάλογα με</p> |

την θερμοκρασία.

**10. ΑΜΕΣΗ ΔΙΑΤΜΙΣΗ:** Εφαρμόζεται σε συνεκτικά και μη συνεκτικά εδάφη. Στην δοκιμή αυτή μετριέται η μεταβολή της διατμητικής αντοχής του εδάφους, με την μεταβολή της ορθής τάσεως, που εφαρμόζεται κάθετα στην επιφάνεια διατμήσεως. Το έδαφος οδηγείται σε θραύση με την επιβολή μετακινήσεως του ενός τμήματος του υποδοχέα που περιέχει το δοκίμιο σε σχέση με το άλλο.  $\sigma = P / A$

**11. ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ:** Η μέθοδος αυτή αφορά τον ταχύ προσδιορισμό της ανεμπόδιστης αντοχής συνεκτικού εδάφους αδιατάρακτου ή αναζυμωμένου δείγματος. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η συνεκτικότητα του εδάφους να ναι τέτοια ώστε να επιτρέπει την διατήρηση της γεωμετρίας του δοκιμίου χωρίς την εφαρμογή πλευρικής πίεσεως. Συνέπειες δοκιμής: θραύση στην επιφάνεια του δοκιμίου και παραμόρφωση χωρίς αύξηση φορτίου.

**12. ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ:** Εφαρμόζεται σε κυλινδρικά δοκίμια συνεκτικών εδαφών. Στο δοκίμιο εφαρμόζεται κατακόρυφο φορτίο και ταυτόχρονα υπόκειται σε πλευρική πίεση. Παρέχει τα δεδομένα για τον προσδιορισμό των διατμητικών ιδιοτήτων και της σχέσεως τάσης- παραμόρφωσης των εδαφών.

**13. ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗ:** Προσδιορισμός παραμόρφωσης εδάφους λόγω απομάκρυνσης νερού από τους πόρους, που πλεονάζει όταν το έδαφος δέχεται εξωτερικά φορτία. (καθίζηση). Με την μέθοδο αυτή προσδιορίζεται ο βαθμός στερεοποίησης και η συμπίεστικότητα εδαφικού υλικού όταν είναι πλευρικά μη παραμορφώσιμο, φορτίζεται δε και στραγγίζεται αξονικά.

Για βαθμό στερεοποίησης 50% ισχύει  $C_v = 0.049 H^2 / t_{50}$ , όπου  $H = \text{ύψος δοκιμίου}$  και  $t = \text{ο χρόνος για τον συγκεκριμένο βαθμό στερεοποίησης}$ . Ενώ για βαθμό στερεοποίησης 90% ισχύει  $C_v = 0.212 H^2 / t_{90}$ .

**14. ΔΟΚΙΜΗ ΠΕΝΕΤΟΜΕΤΡΗΣΗΣ:** Σκοπός αυτής της δοκιμής είναι ο επιτόπου προσδιορισμός της αντιστάσεως που προβάλλει το έδαφος στη συνεχή διείδυση ενός κώνου που προωθείται με υδραυλική πίεση μέσω στελεχών. Η δοκιμή αυτή παρέχει ενδείξεις για την στρωματογραφία και ομοιογένεια του εδάφους, για τις ασυνέχειες, την αντοχή και παραμόρφωση συνεκτικών κοκκωδών εδαφών.

**15. ΔΟΚΙΜΗ ΥΔΡΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ:** Στόχος είναι ο προσδιορισμός αντιπροσωπευτικών τιμών του συντελεστή υδροπερατότητας φυσικών εδαφικών αποθέσεων ή εδαφικών μαζών, που μπορεί να αποτελούν είτε το σώμα ενός επιχώματος (π.χ. φράγματος), είτε την στρώση βάσεως οδοστρώματος κ.τ.λ. Για να περιορισθεί η επίδραση του φαινομένου στερεοποίησης κατά την διάρκεια της δοκιμής, χρησιμοποιείται διαταραγμένο δείγμα που δεν περιέχει λεπτόκοκκα (διερχόμενα από το κόσκινο No 200), σε ποσότητα μεγαλύτερη από 10%.

#### 4.4 ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΕΩΣ

##### Κοινοί οδοστρωτήρες ή Στατικοί.

Οι κοινοί οδοστρωτήρες είναι κατάλληλοι να συμπυκνώσουν θραυστά υλικά (χαλίκια, λιθοσυντρίμματα, αμμοχάλικο, άμμο ) και ασφαλτοτάπητες.

Οδοντωτοί οδοστρωτήρες ή Κατσικοπόδαρα. Είναι κατάλληλοι για συμπύκνωση λεπτόκοκκων συνεκτικών εδαφών (αργιλώδη, αμμώδη).

##### Λαστιχοφόροι οδοστρωτήρες ή με ελαστικούς τροχούς.

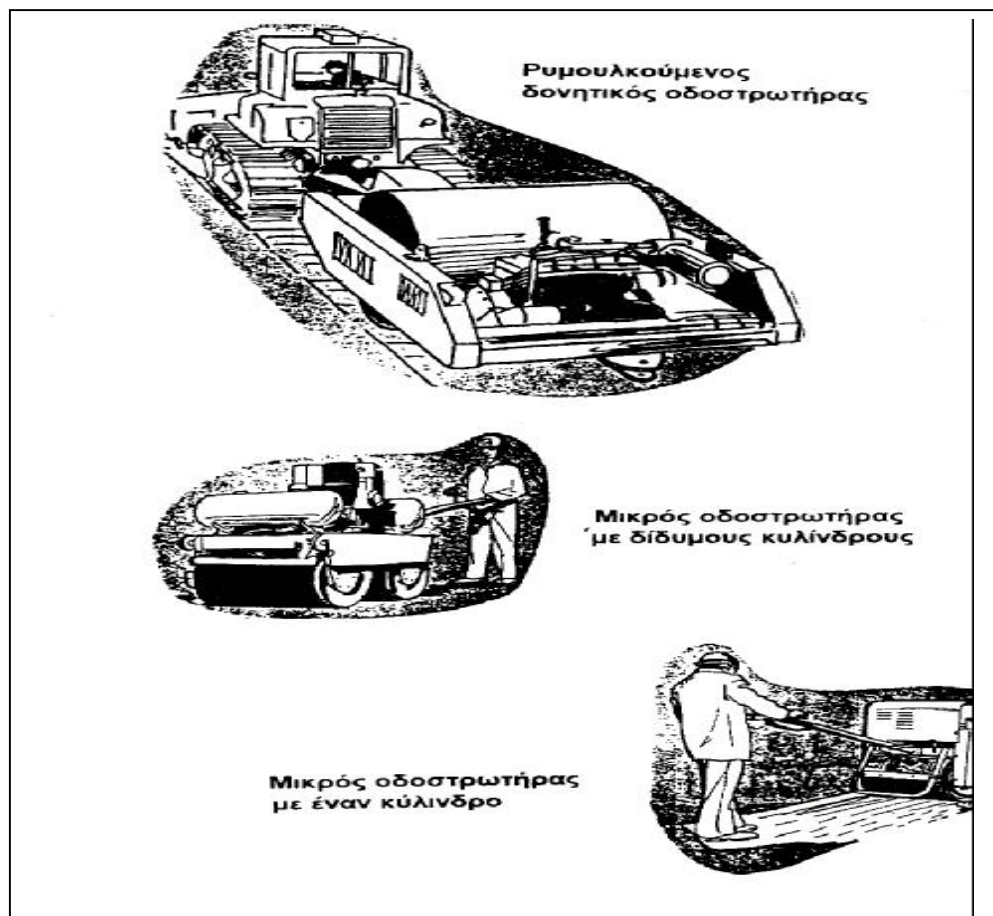
Είναι κατάλληλοι για συμπύκνωση λεπτόκοκκων εδαφών και κυρίως άμμου με μικρό κοκκομετρικό ανάπτυγμα. Συμπυκνώνουν συσπειρώνοντας τους κόκκους του εδαφικού υλικού.

##### Δονητικοί οδοστρωτήρες ή δονητές.

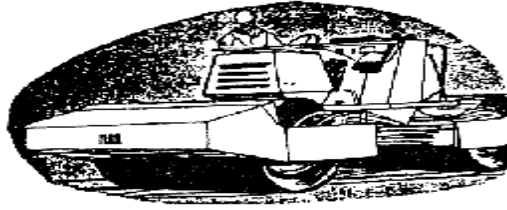
Είναι κατάλληλοι για συμπύκνωση εδαφών που παρουσιάζουν μεγαλύτερη γωνία εσωτερικής τριβής και μικρότερη συνοχή, δηλαδή εδάφη κοκκώδη.

##### Μηχανικοί κόπανοι ή βάτραχοι.

Συμπύκνωση εδάφους με κρούσεις που γίνεται με αναπήδηση του μηχανήματος. Είναι κατάλληλοι για την συμπύκνωση μικρών επιφανειών.





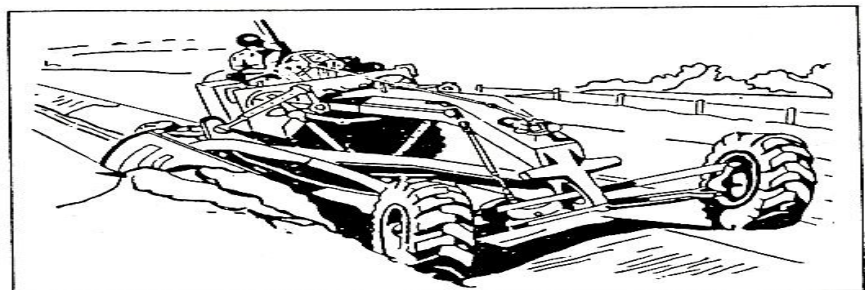
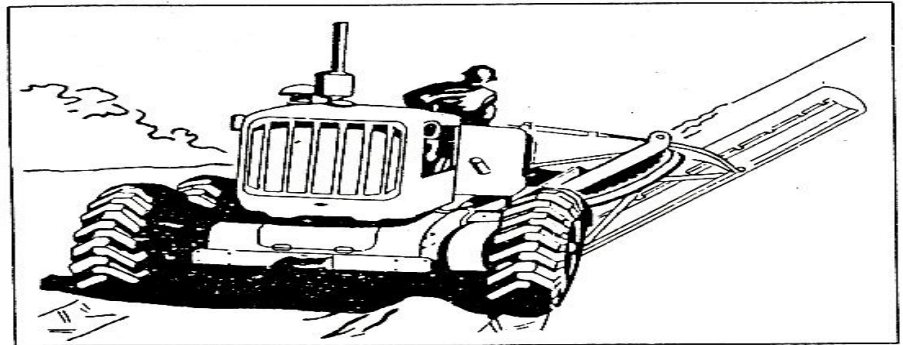
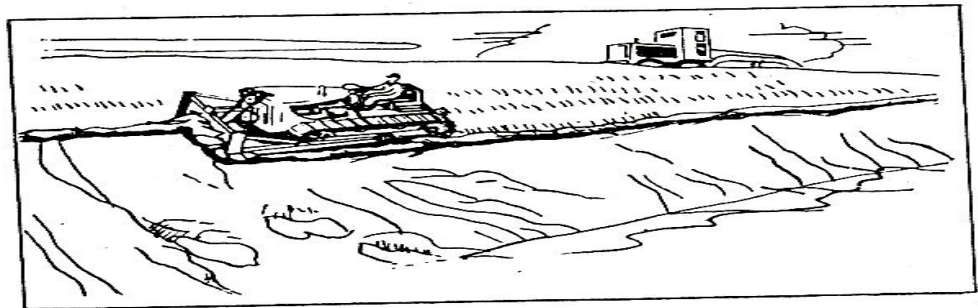


Οδοστρωτήρας  
με κύλινδρους



Οδοστρωτήρας με κύλινδρο  
και ελαστικά

#### 4.4.1 ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΠΡΑΝΩΝ



## «ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.»

### **5.1 ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ ΓΑΙΩΔΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ ΥΛΙΚΑ ΓΑΙΩΔΩΝ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ**

Η επιλογή των υλικών κατασκευής των επιχωμάτων-επιχώσεων και ο βαθμός συμπύκνωσης αυτών, γίνεται με τις ακμεταβολές.

Τα υλικά κατασκευής λαμβάνονται κατ' αρχήν από τα προϊόντα εκσκαφής ορυγμάτων και μόνο όταν αυτά είναι ακατάλληλα ή δεν επαρκούν ή δεν είναι δυνατός ο συντονισμός των εργασιών ορυγμάτων-επιχωμάτων, σύμφωνα με το πρόγραμμα εκτέλεσης των έργων, θα πρέπει να γίνεται δανειοληψία για την προμήθειά τους.

Ιδιαίτερα τονίζεται ότι δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται προϊόντα εκσκαφής όπως π.χ. εδάφη πρόσμικτα με φυτικές ουσίες, εδάφη οργανούχα, διογκούμενη άργιλος κλπ.

Για την περίπτωση γαιωδών εδαφών, αυτά κατατάσσονται στις 5 κατηγορίες που δόθηκαν σε προηγούμενο ΠΙΝΑΚΑ , σχετικά με την κατασκευή επιχωμάτων.

**Υλικά κατηγορίας E<sub>0</sub> (ακατάλληλα) απαγορεύεται να χρησιμοποιούνται για επιχώματα.**

Εδαφικά υλικά τα οποία περιέχουν διαλυτά θειικά άλατα σε ποσότητα εκφρασμένη ως SO<sub>3</sub> μεγαλύτερη από 1,9 gr. ανά λίτρο, με λόγο νερού προς έδαφος 2:1, δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε θέσεις που απέχουν λιγότερο από 50 εκ. από κατασκευές σκυροδέματος, ή κατεργασμένο θραυστό αμμοχάλικο με τσιμέντο (ΚΘΑ), ή **Σταθεροποιημένο Εδαφικό Υλικό με τσιμέντο (ΣΕΥ).**

Υλικά με ολική περιεκτικότητα σε θειικά άλατα εκφρασμένα ως SO<sub>3</sub> μεγαλύτερη από 0,5% κατά βάρος, δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε θέσεις που απέχουν λιγότερο από 50 εκ. από μεταλλικές κατασκευές.

Όταν υπάρχει πιθανότητα έκθεσης του πυρήνα σε νερά πλημμύρας τότε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του μόνο υλικά κατηγορίας E<sub>2</sub> ή E<sub>3</sub> ή E<sub>4</sub>.

**Δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν ως υλικά επιχωμάτων οδικών έργων τα ακόλουθα:**

- ⊙ Τυρφώδη ή οργανικά εδάφη με ποσοστό σε οργανικά υλικά >5% κ.β. ή όταν το όριο υδαρότητας του εδάφους μετά από ξήρανση του στον φούρνο, είναι κατά 75% μικρότερο από το όριο υδαρότητάς του πριν την ξήρανση.
- Λεπτόκοκκα εδάφη που παρουσιάζουν τάση διόγκωσης >100 kPa σε συνδυασμό με παραμόρφωση ελεύθερης διόγκωσης >3% κατά την δοκιμή **CBR**.

- ο Θιξοτροπικά εδάφη (π.χ. υπερευαίσθητη άργιλος) καθώς και εδάφη με περιεχόμενο ποσοστό διατομικής γης ή φυλλαρίων μαρμαρυγίας μεγαλύτερο του 20%.
- ο Εδάφη που περιέχουν υδατοδιαλυτά ορυκτά, όπως ορυκτό αλάτι ή γύψο, σε ποσοστό μεγαλύτερο του 2%.
- ο Ρυπογόνα υλικά (π.χ. βιομηχανικά υποπροϊόντα που περιέχουν ρύπους).

### **5.1.1 Γαιώδη υλικά για την κατασκευή της στρώσης έδρασης του**

#### **οδοστρώματος**

1. Τα γαιώδη υλικά για τη στρώση έδρασης του οδοστρώματος σε επιχώματα οδικών έργων, από πλευράς καταλληλότητας αυτών, κατατάσσονται στις 5 κατηγορίες (E0, E1, E2, E3 και E4).
2. Τα Υλικά κατηγορίας E0, απαγορεύεται γενικά να χρησιμοποιούνται για τη στρώση έδρασης, χωρίς προηγουμένως να υποστούν κατάλληλη επεξεργασία (βελτίωση).
3. Το πάχος του οδοστρώματος καθορίζεται από την μελέτη ανάλογα και με το είδος του υλικού που χρησιμοποιείται για τη στρώση έδρασης.

#### **• Διάστρωση των στρώσεων**

Πριν από τη διάστρωση του υλικού του επιχώματος, τα επιφανειακά ακατάλληλα υλικά ή φυτική γη θα πρέπει να απομακρύνονται και να αντικαθίσταται με κατάλληλα υλικά. Το υλικό αυτό πρέπει να συμπυκνώνεται επιμελώς. Ολόκληρη η επιφάνεια έδρασης του επιχώματος θα πρέπει να συμπυκνώνεται τουλάχιστον σε πυκνότητα ίση προς το 90% της μέγιστης πυκνότητας που επιτυγχάνεται κατά την τροποποιημένη δοκιμή συμπίκνωσης. **Η τροποποιημένη δοκιμή συμπίκνωσης Proctor που πρέπει να εφαρμόζεται οφείλει να είναι σύμφωνα με την :**

**ΜΕΘΟΔΟ Α :** Για εδαφικό υλικό με συγκρατούμενο ποσοστό στο κόσκινο No 4 μικρότερο ή ίσο προς 7%

**ΜΕΘΟΔΟ Δ :** Για εδαφικό υλικό με συγκρατούμενο ποσοστό στο κόσκινο No 4 μεγαλύτερο από 7%.

Η συμπίκνωση αυτή θα πρέπει να εκτείνεται σε βάθος τουλάχιστον 40 εκ. και σε πλάτος 2 μ. πέρα από το πόδι του επιχώματος, ή κατ' ελάχιστο μέχρι το όριο απαλλοτρίωσης, όπου υπάρχουν σχετικοί περιορισμοί πλάτους. Ακολουθεί

διάστρωση και η συμπύκνωση των στρώσεων του επιχώματος. Οι στρώσεις θα πρέπει να είναι συνεχείς, παράλληλες προς την υποδομή και ομοιόμορφο πάχους τέτοιου ώστε, με τον υπάρχοντα εξοπλισμό, να επιτυγχάνεται ο απαιτούμενος βαθμός συμπύκνωσης σ' όλο το πάχος. Τα υλικά κάθε στρώσης θα πρέπει να έχουν κοινά χαρακτηριστικά και αν δεν έχουν, να αναμιγνύονται με κατάλληλο μηχανικό εξοπλισμό.

Δεν θα πρέπει να διαστρώνεται καμία στρώση αν δεν έχει επαληθευθεί ότι η υποκείμενη στρώση συμμορφώνεται προς τις απαιτήσεις. Αν η υποκείμενη στρώση έχει μαλακώσει από υπέρβαση υγρασίας δεν επιτρέπεται η διάστρωση της επόμενης.

**Τα επιχώματα επί εδαφών μικρής φέρουσας ικανότητας** είναι αντικείμενο ειδικής Μελέτης και θα πρέπει να κατασκευάζονται σύμφωνα με τις υποδείξεις της Μελέτης που πρέπει να έχει προηγηθεί. Μεγάλη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην μη υπέρβαση του ορίου αντοχής του εδάφους με κατάλληλη διαστασιολόγηση του πάχους των πρώτων στρώσεων για να προστατευθεί το έδαφος από τις φορτίσεις των οχημάτων μεταφοράς υλικού και των μηχανημάτων συμπύκνωσης.

Κατά την εκτέλεση των εργασιών, η επιφάνεια των στρώσεων πρέπει να έχει την απαραίτητη εγκάρσια κλίση για την εξασφάλιση της απορροής των νερών χωρίς κίνδυνο διάβρωσης ή υπερβολικής διαβροχής του σώματος του επιχώματος. Πρέπει να παίρνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για να προστατεύεται το επίχωμα αλλά και το όρυγμα από την επίδραση του νερού της βροχής και του νερού από άλλες πηγές (χείμαρροι, ποταμοί, υπόγειο νερό).

Αν στην περιεχόμενη υγρασία του υλικού που διαστρώνεται, διαπιστωθεί με επιτόπου μετρήσεις ότι δεν είναι η βέλτιστη προς συμπύκνωση θα πρέπει να γίνει διαβροχή αυτού κατά τρόπο που να εξασφαλίζει ομοιόμορφη ύγρανση του υλικού εάν απαιτείται αύξηση της υγρασίας ή εάν απαιτείται μείωση της υγρασίας πρέπει να γίνει ξήρανση αυτού με αερισμό ή ανάμιξη με στεγνά κατάλληλα εδαφικά υλικά ή με χημικά πρόσθετα όπως με άσβεστο ασβέστη, υδράσβεστο κ.α.

#### **5.1.2 Κλιματικοί περιορισμοί κατασκευής γαιωδών επιχωμάτων**

Τα γαιώδη επιχώματα δεν θα πρέπει να κατασκευάζονται όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος υπό σκιά είναι μικρότερη από 2°C.

#### **5.1.3 Κυκλοφορία**

Επί των υπό κατασκευή στρώσεων επιχώματος δεν πρέπει να κυκλοφορούν οχήματα μέχρι να τελειώσει η συμπύκνωσή τους. Αν αυτό δεν είναι δυνατό τα οχήματα πρέπει να κατανέμονται έτσι ώστε να μην κυκλοφορούν πάνω από τα ίδια σημεία και δημιουργήσουν ροδιές και αυλακώσεις. Το αυτό ισχύει και για τα τμήματα των οποίων η συμπύκνωση έχει περατωθεί.

#### **5.1.4 Επιφανειακά ακατάλληλα υλικά ή φυτική γη**

Ως επιφανειακά ακατάλληλα υλικά ή φυτική γη, τα οποία θα πρέπει να απομακρύνονται πριν από την διάστρωση των υλικών επιχώματος, θεωρούνται τα ακόλουθα :

1. Οργανικά υλικά (περιεκτικότητα σε οργανικά υλικά  $\geq 30\%$  κ.β.)
2. Λεπτόκοκκα εδαφικά υλικά (με διερχόμενο ποσοστό<sup>(1)</sup> από το κόσκινο Νο 200<sup>(2)</sup> μεγαλύτερο του 15% κ.β.) που είναι ταυτοχρόνως διογκωμένα και υγρά και επομένως μη συμπυκνώσιμα.
3. Θιξοτροπικά εδαφικά υλικά (π.χ. ρέουσα άργιλος)
4. Διαλυτά εδαφικά υλικά (π.χ. έδαφος που περιέχει ορυκτό αλάτι ή γύψο)
5. Ρυπαντικά υλικά (π.χ. βιομηχανικά υπολείμματα)
6. Μίγματα εδαφικών υλικών με οργανικά υλικά (περιεκτικότητα σε οργανικά υλικά  $> 5\%$  και  $< 30\%$  κ.β.).

Τα ως άνω υλικά είναι ακατάλληλα και για την χρησιμοποίησή τους για την κατασκευή επιχωμάτων. (η αναφορά αυτών έχει προηγηθεί νωρίτερα)

#### **5.1.5 Συμπύκνωση επιχωμάτων**

1. Για τα επιχώματα οδικών έργων, αν δεν γίνεται ιδιαίτερη μνεία σε ειδική μελέτη ή και σε ειδικούς όρους δημοπράτησης, θα πρέπει να εξασφαλίζεται ελάχιστη ξηρά φαινόμενη πυκνότητα τουλάχιστον ίση με το 90% της μέγιστης πυκνότητας που επιτυγχάνεται κατά την τροποποιημένη δοκιμή συμπύκνωσης **PROCTOR** .

2. Για τα υψηλά επιχώματα ( $H > 10$  μ.), σε σημαντικά έργα (αυτοκινητοδρόμων, αρτηριών μεγάλης σημασίας, κλάδων κόμβων) θα πρέπει να διερευνάται η ανάγκη συμπύκνωσης με ελάχιστη ξηρά φαινόμενη πυκνότητα τουλάχιστον ίση με το 95% της μέγιστης πυκνότητας που επιτυγχάνεται κατά την τροποποιημένη δοκιμή συμπύκνωσης PROCTOR .

Ο παραπάνω αυξημένος βαθμός συμπύκνωσης θα πρέπει να εφαρμόζεται μόνον στην περίπτωση που προβλέπεται σε εγκεκριμένη μελέτη ή περιλαμβάνεται στους όρους δημοπράτησης, ή διατάσσεται από την Υπηρεσία.

(1) Τα αναφερόμενα ποσοστά αφορούν το κλάσμα του εδαφικού υλικού που είναι μικρότερο από 60 mm

(2) Κόσκινο No 200 - Αμερικανική σειρά προτύπων κοσκίνων : M-92 ανοίγματος βροχίδας 0,074 mm

3 Σε περίπτωση κατασκευής επιχωμάτων από "ελευθέρως στραγγιζόμενα"<sup>(3)</sup> υλικά, για τα οποία η τροποποιημένη δοκιμή συμπύκνωσης **PROCTOR** δεν δίνει σαφή καμπύλη για τον προσδιορισμό της μέγιστης πυκνότητας, θα πρέπει να χρησιμοποιείται, εναλλακτικά, συμπύκνωση στις ακόλουθες τιμές της "σχετικής πυκνότητας" (**Dr**) :

✓ Σχετική πυκνότητα τουλάχιστον 65%, για τις περιπτώσεις που ζητείται συμπύκνωση τουλάχιστον 90% της τροποποιημένης δοκιμής **PROCTOR**.

✓ Σχετική πυκνότητα τουλάχιστον 70%, για τις περιπτώσεις που ζητείται συμπύκνωση τουλάχιστον 95% της τροποποιημένης δοκιμής **PROCTOR**.

4 Στα πλαίσια των ελέγχων συμπύκνωσης με την μέθοδο της σχετικής πυκνότητας **Dr** επιτρέπονται οι παρακάτω αποκλίσεις :

---

(3) Ως "ελευθέρως στραγγιζόμενα" υλικά θεωρούνται τα υλικά με ποσοστό κόκκων μικρότερου μεγέθους από 0,6 mm μέχρι 30% κ.β. και ποσοστό λεπτοκόκκου κλάσματος (διερχόμενου από το κόσκινο No 200) μέχρι 7% κ.β.

- § Αν ο αριθμός των δοκιμών ελέγχων (**N**) κάθε στρώσης (ή θέσης ελέγχου) είναι  $N < 5$  τότε, όλα τα επί μέρους αποτελέσματα πρέπει να βρίσκονται μέσα στα επιτρεπόμενα όρια.
- § Αν ο αριθμός των δοκιμών ελέγχων (**N**) κάθε στρώσης (ή θέσης ελέγχου) είναι  $5 \leq N < 10$ , τότε επιτρέπεται, κάθε φορά, ένα (1) επί μέρους αποτέλεσμα να είναι μικρότερο από την απαιτούμενη σχετική πυκνότητα (**Dr**), όχι όμως περισσότερο από 10% του προσδιοριζόμενου κάτω ορίου αυτής.
- § Αν ο αριθμός των δοκιμών ελέγχων (**N**) κάθε στρώσης (ή θέσης ελέγχου) είναι  $N \geq 10$ , τότε κάθε φορά ποσοστό 90% των αντιπροσωπευτικών δοκιμών που πραγματοποιούνται σε διαδοχικές θέσεις πρέπει να βρίσκεται μέσα στα επιτρεπόμενα όρια.

**5 Η σχετική πυκνότητα (Dr) ορίζεται ως εξής :**

$$Dr = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \times 100$$

όπου : **e**=είναι ο πραγματικός δείκτης πόρων του υλικού  
**e<sub>max</sub>** =είναι ο δείκτης πόρων που αντιστοιχεί στην ελάχιστη πυκνότητα  
**e<sub>min</sub>** =είναι ο δείκτης πόρων που αντιστοιχεί στην μέγιστη πυκνότητα

**5.1.6 Κατασκευή των επιχωμάτων και της στρώσης διαμόρφωσης**

Η ποιότητα ενός χωματοουργικού εξαρτάται κυρίως από την συμπίκνωσή του.

Η μέθοδος συμπίκνωσης σχεδιάζεται:

§ είτε με τη βοήθεια δοκιμών συμπίκνωσης.

§ είτε με τη χρήση οδηγιών που δίνουν πληροφορίες για το είδος εδάφους, τον ανάλογο τύπο συμπίεστή και κατά ποσοστό υγρασίας το πάχος κάθε στρώσης και τον απαιτούμενο βαθμό συμπίκνωσης. Επίσης, μπορούν να προταθούν ειδικές ρυθμίσεις (ύδρευσης, αποστράγγισης).

**Ο βαθμός συμπίκνωσης και ο δείκτης ελάχιστης παραμόρφωσης κατά είδος στρώσης είναι οι εξής:**

§ **Υλικό επιχώματος**

$pd \geq 95\%$  της μέγιστης ξηράς πυκνότητας όπως προκύπτει από τη δοκιμή Standard Proctor.

( 45 MN/m<sup>2</sup> για λεπτόκοκκα εδάφη ή)

$E_{v2} \geq$

(60 MN/m<sup>2</sup> για αμμώδη και χαλικιώδη εδάφη)

### **§ Στρώση διαμόρφωσης**

$pd \geq 100\%$  της μέγιστης ξηράς πυκνότητας όπως προκύπτει από τη δοκιμή Standard Proctor.

$E_{v2} \geq 80$  MN/m<sup>2</sup>.

## **5.2 ΒΡΑΧΩΔΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ** **ΥΛΙΚΑ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ** **ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ**

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να είναι πετρώδη προϊόντα που προέρχονται από εκσκαφές βραχωδών ορυγμάτων. Κατ' εξαίρεση και μετά από έγκριση της Υπηρεσίας τα υλικά μπορεί να προέρχονται από δανειοθαλάμους. Στις περιπτώσεις αυτές οι θέσεις εκσκαφής θα πρέπει να υποδεικνύονται από την Υπηρεσία ή να εγκρίνονται από την Υπηρεσία σύμφωνα με την Ε.Σ.Υ. και τους λοιπούς ειδικούς όρους Δημοπράτησης.

### **5.2.1 Ποιότητα πετρώματος**

Τα πετρώματα από τα οποία προέρχονται τα βραχώδη υλικά διακρίνονται σε κατάλληλα, ακατάλληλα και σε εκείνα που απαιτούν ειδική μελέτη.

Στα κατάλληλα πετρώματα περιλαμβάνονται οι γρανίτες, πορφυρίτες, γρανοδιορίτες, γάβροι διαβάσες, οφίτες, ανδেসίτες, βασάλτες, δολομίτες, μάρμαρα κ.α.

Στα ακατάλληλα πετρώματα περιλαμβάνονται οι σερπεντίνες, φυλίτες, ανυδρίτες, γύψος, διαλυτοί βράχοι και τα πετρώματα γενικά που αποσυντίθενται με την έκθεσή τους στις επιδράσεις του καιρού, ή που θραύονται σε σημαντικό βαθμό, ή κονιοποιούνται ή αποκτούν δυσμενή υφή με την συμπίκνωση.

Για την χρησιμοποίηση βραχωδών υλικών σε επιχώματα πρέπει να γίνει έγκριση, σύμφωνα πάντα με εργαστηριακή μελέτη, στην οποία θα



πρέπει να αποδεικνύεται ότι τα βραχώδη υλικά που προτίθεται να χρησιμοποιηθούν είναι κατάλληλα.

### **5.2.2 Κατασκευή**

#### **Προετοιμασία της επιφάνειας θεμελίωσης**

Πριν αρχίσει η διάστρωση και η συμπύκνωση των πετρωδών υλικών θα πρέπει να γίνεται ο καθαρισμός, η εκρίζωση και η απομάκρυνση των επιφανειακών ακαταλλήλων υλικών ή φυτικής γης, σ' όλο το βάθος που απαιτείται.

Όταν είναι αναγκαία η κατασκευή βραχώδους επιχώματος απ' ευθείας πάνω σε εδάφη ασταθή, διαταραγμένα, ή πάνω σε μαλακές αργίλους θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την στερεοποίηση ή απομάκρυνση του υλικού αυτού. Αν κοντά στην στάθμη έδρασης του επιχώματος υπάρχει βράχος, πρέπει να απομακρύνεται το υπερκείμενο του βράχου υλικό και η έδραση του επιχώματος να γίνεται κατ' ευθείαν πάνω στο βράχο.

#### **• Παραγωγή - εκσκαφή, φόρτωση και μεταφορά βραχωδών υλικών**

Πριν αρχίσει η εκσκαφή βραχωδών υλικών θα πρέπει να απομακρύνονται τα εδαφικά υλικά ή η μεταλλαγμένη επιφανειακή στρώση βράχου που είναι ακατάλληλη. Επίσης απομακρύνονται τα τμήματα ακατάλληλου εδαφικού υλικού που εμφανίζονται μέσα στο βραχώδη σχηματισμό καθ' όλη την διάρκεια της εκσκαφής των βραχωδών υλικών.

Η εκσκαφή πρέπει να γίνεται με τρόπο που η κοκκομετρία και η μορφή των παραγομένων βραχωδών υλικών να είναι εντός των ορίων των απαιτήσεων. Αν χρειάζεται, μετά την εκσκαφή, θα πρέπει να γίνεται απομάκρυνση, ή θραύση των στοιχείων που έχουν μορφή ή διαστάσεις ακατάλληλες.

Η φόρτωση και η μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής θα πρέπει να γίνεται κατά τρόπο που να αποφεύγεται ο διαχωρισμός του υλικού και η αλλοίωση της μορφής των κόκκων του.

#### **• Διάστρωση**

Η διάστρωση θα πρέπει να γίνεται σε επάλληλες στρώσεις ομοιομόρφου πάχους παράλληλες στην επιφάνεια θεμελίωσης.

Το υλικό κάθε στρώσης πρέπει να εκφορτώνεται στο έργο πάνω σε τμήμα ήδη διαστρωμένο της ίδιας στρώσης και κοντά στο άκρο

προώθησης (μέτωπο κατασκευής). Από τη θέση αυτή θα πρέπει να προωθείται μέχρι το μέτωπο κατασκευής και να διαστρώνεται πέραν αυτού με τρόπο που να ελαχιστοποιείται ο τυχόν διαχωρισμός του. Το πάχος θα πρέπει να ανταποκρίνεται προς την ικανότητα συμπίκνωσης των μηχανημάτων που διατίθενται ώστε να επιτυγχάνεται η απαιτούμενη συμπίκνωση.

Το μέγιστο πάχος μετά την συμπίκνωση για τον πυρήνα είναι 1 μ. για δε το μεταβατικό τμήμα το πάχος πρέπει να μειώνεται από τα κάτω προς τα πάνω, ώστε να υπάρχει βαθμιαίο βήμα από τον πυρήνα προς την ανώτερη στάθμη του επιχώματος.

**Μεταξύ δύο συνεχόμενων στρώσεων πρέπει να τηρούνται οι ακόλουθες συνθήκες :**

|      |     |     |      |
|------|-----|-----|------|
| I15% |     | I50 |      |
|      | < 5 | και | < 25 |
| S85  |     | S50 |      |

**όπου :**  $I_x$  =το άνοιγμα του κόσκινου από το οποίο διέρχεται το x% κατά βάρος του υλικού της κάτω στρώσης.

**S<sub>x</sub>** =το άνοιγμα του κόσκινου από το οποίο διέρχεται το x% κατά βάρος του υλικού της άνω στρώσης.

#### • **Συμπύκνωση**

1. Η επιλεγείσα μέθοδος συμπίκνωσης πρέπει να διασφαλίζει την επίτευξη των απαιτούμενων συμπυκνώσεων. Για τούτο θα πρέπει να επιλέγεται κατάλληλα για κάθε τμήμα του επιχώματος, η κοκκομετρία του υλικού, το πάχος στρώσης, ο τύπος του εξοπλισμού συμπίκνωσης και ο αριθμός διελεύσεων του. Αυτές οι μεταβλητές θα πρέπει να προσδιορίζονται σε σχέση με τα ληφθέντα αποτελέσματα από το Δοκιμαστικό Τμήμα.
2. Για την συμπίκνωση θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνον ελκόμενοι δονητικοί ή αυτοκινούμενοι δονητικοί οδοστρωτήρες (TOWED VIBRATORY ROLLERS ή SELF - PROPELLED VIBRATORY ROLLERS) με στατικό γραμμικό φορτίο (του τύμπανου και του φερόμενου τμήματος του πλαισίου) μεγαλύτερο από 25 χγρ /εκ. (**κατηγορία V2 και άνω των Γαλλικών Προδιαγραφών Οδοποιίας**).

Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν στατικοί οδοστρωτήρες με κυλίνδρους με ορθογωνικό πλέγμα σιδηρών ράβδων (GRID ROLLERS) με στατικό φορτίο του κυλίνδρου μεγαλύτερο από 80 χγρ /εκ.

3. Η συμπύκνωση θα πρέπει να θεωρείται ότι ολοκληρώθηκε όταν μεταξύ δύο διαδοχικών διελεύσεων του εξοπλισμού συμπύκνωσης, που αναφέρεται παραπάνω, δεν μετράται υποχώρηση μεγαλύτερη από 1 εκ. στο θεμέλιο και τον πυρήνα και από 0,5εκ. στο μεταβατικό τμήμα.

Η υποχώρηση πρέπει να μετριέται με χαλύβδινο μάρτυρα διαστάσεων 40x40 εκ. από λαμαρίνα πάχους τουλάχιστον 15 χλστ με κατάλληλη διαμόρφωση έδρασης. Ο τύπος του μάρτυρα θα πρέπει να προταθεί από αυτόν που έχει αναλάβει το έργο για έλεγχο και έγκριση και να εξασφαλίζει την κατά το δυνατόν οριζόντια διατήρησή του κατά την διέλευση του εξοπλισμού συμπύκνωσης. Οι μάρτυρες αυτοί θα πρέπει να τοποθετούνται στις θέσεις υψομετρικού ελέγχου, (Ανοχές των περατωμένων επιφανειών) και μετά την ολοκλήρωση της συμπύκνωσης της ελεγχόμενης στρώσης θα πρέπει να αφαιρούνται προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν.

4. Εναλλακτικά προς την παραπάνω μέθοδο ποιοτικού ελέγχου της συμπύκνωσης των βραχωδών επιχωμάτων είναι δυνατόν να υπάρξει και άλλη μέθοδος στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, κατά την κατασκευή του *“δοκιμαστικού τμήματος”*, ότι υπάρχει άλλη αξιόπιστη μέθοδος που να εξασφαλίζει την ανταπόκριση της κατασκευής προς τις παραπάνω αναφερόμενες απαιτήσεις συμπύκνωσης, συνεκτιμωμένων όλων των παραμέτρων που υπεισέρχονται στην επίβλεψη της εργασίας.

5. Αν κατά την εφαρμογή αυτής της νέας μεθόδου αποδειχθεί ότι αυτή παρουσιάζει προβλήματα αξιοπιστίας στο συσχετισμό αποτελεσμάτων προς την συμπύκνωση, στην επίβλεψη κλπ. τότε μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος ελέγχου συμπύκνωσης που προαναφέρθηκε.

6. Ανεξάρτητα προς αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω ορίζεται ως *“ελάχιστη απαίτηση συμπύκνωσης”* η διέλευση, σε κάθε συμπυκνούμενη στρώση κατ' ελάχιστον έξη φορές ελκόμενου δονητικού οδοστρωτήρα (TOWED VIBRATING ROLLER) με στατικό γραμμικό φορτίο (του τύμπανου και του φερόμενου τμήματος του πλαισίου) μεγαλύτερο από 25 χγρ / εκ. (κατηγορία V<sub>2</sub> και άνω των Γαλλικών Προδιαγραφών Οδοποιίας) ή στατικού οδοστρωτήρα με κυλίνδρους με ορθογωνικό

πλέγμα σιδηρών ράβδων (GRID ROLLERS) με στατικό φορτίο του κυλίνδρου μεγαλύτερο από 80 χγρ / εκ.

### **5.2.3 Δοκιμαστικό τμήμα**

Προτάσεις για την μέθοδο κατασκευής, όπου θεωρείται κατάλληλη για κάθε τύπο υλικού

**Στις προτάσεις θα πρέπει να περιέχονται :**

- Χαρακτηριστικά όλου του μηχανικού εξοπλισμού.
- Μέθοδο εκσκαφής, φόρτωσης και μεταφοράς των πετρωδών υλικών.
- Μέθοδο διάστρωσης.
- Πάχος στρώσεων, μέθοδο συμπύκνωσης και αριθμό διελεύσεων του εξοπλισμού.
- Εμπειρίες του προτεινόμενου τρόπου κατασκευής, με ανάλογα υλικά.

Εκτός αν υπάρχει αρκετή εμπειρία επί της προτεινόμενης μεθόδου, η έγκρισή της θα πρέπει να εξαρτάται από την επί τόπου δοκιμή της. Αυτή η δοκιμή αποτελείται από την κατασκευή ενός δοκιμαστικού τμήματος με όγκο όχι μικρότερο των **3.000 μ<sup>3</sup>**, με στόχο την επαλήθευση της καταλληλότητας της προτεινόμενης μεθόδου ή την αναπροσαρμογή της σε ανάλογη περίπτωση.

Κατά την κατασκευή του δοκιμαστικού **βραχώδους επιχώματος**, θα πρέπει να προσδιορίζεται η κοκκομετρία του προσφάτως εκσκαφθέντος υλικού, του διαστρωθέντος υλικού και η κοκκομετρία και πυκνότητα του συμπυκνωθέντος υλικού. Για να προσδιοριστούν αυτές οι τιμές χρησιμοποιούνται αντιπροσωπευτικά δείγματα όχι μικρότερου από 4 μ<sup>3</sup> όγκου. Θα πρέπει να γίνονται τουλάχιστον 10 δοκιμές κάθε τύπου. Επίσης να επιθεωρούνται οι παρειές των τομών που γίνονται στο επίχωμα για να προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά του συμπυκνωμένου υλικού. Αυτές οι τομές θα πρέπει να γίνονται σ' όλο το πάχος της στρώσης και να έχουν ελάχιστη επιφάνεια 4 μ<sup>2</sup>. Θα πρέπει να ελέγχονται, με τοπογραφικές μεθόδους, οι επιφανειακές παραμορφώσεις του επιχώματος, μετά από κάθε διέλευση του εξοπλισμού συμπύκνωσης, καθώς και η μέση πυκνότητα του συμπυκνωμένου υλικού. Όταν υπάρχει αισθητή διακύμανση των χαρακτηριστικών των υλικών, μπορεί να απαιτηθεί η επαναθεώρηση της Μεθόδου Εργασίας.

#### **5.2.4 Ανοχές των περατωμένων επιφανειών**

Οι περατωμένες επιφάνειες πυρήνα και μεταβατικού τμήματος θα πρέπει να επαληθεύονται με πασσάλους υψομετρημένους με ακρίβεια (cm), τοποθετημένους στον άξονα και τα άκρα εγκαρσίων διατομών που δεν απέχουν μεταξύ τους πάνω από 20 μ.

Θα πρέπει να βρίσκονται οι διαφορές μεταξύ των πραγματικών ορίων των πασσαλωμένων σημείων και των θεωρητικών ορίων και να προσδιορίζονται οι ακραίες αλγεβρικές τιμές αυτών των διαφορών, για τμήματα μήκους όχι μικρότερου των 100 μ. Θα πρέπει να θεωρούνται θετικές οι διαφορές που αντιστοιχούν σε σημεία τοποθετημένα πάνω από την θεωρητική επιφάνεια.

#### **Πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω απαιτήσεις:**

- ✓ Αν το ημίθροισμα των ακραίων τιμών είναι θετικό, πρέπει να είναι μικρότερο του  $1/5$  του πάχους της τελευταίας στρώσης. Αν το ημίθροισμα των ακραίων τιμών είναι αρνητικό, η απόλυτη τιμή του θα πρέπει να είναι μικρότερη του  $1/2$  της τελευταίας στρώσης.
- ✓ Η ημιδιαφορά των ακραίων τιμών πρέπει να είναι μικρότερη των 5 εκ. για την επιφάνεια του πυρήνα και των 3 εκ. για την επιφάνεια του μεταβατικού τμήματος.

Αν δεν πληρούται η πρώτη συνθήκη, θα πρέπει να εκσκάπτεται η τελευταία κατασκευασθείσα στρώση και να κατασκευάζεται άλλη με σωστό πάχος. Αν δεν πληρούται η δεύτερη συνθήκη θα πρέπει να κατασκευάζεται νέα στρώση με σωστό πάχος. Αν δεν πληρούται η τρίτη συνθήκη θα πρέπει να προστίθεται για απισωτική στρώση με ελάχιστο πάχος όχι μικρότερο των 15 εκ. επί του πυρήνα ή των 10 εκ. επί του μεταβατικού τμήματος, αποτελούμενη από κοκκώδες υλικό καλά διαβαθμισμένο, με μηχανικά χαρακτηριστικά όχι κατώτερα απ' αυτά του υλικού του βραχώδους επιχώματος, και με μέγιστο μέγεθος 10 ή 6 εκ. αντίστοιχα.

#### **5.2.5 Υποχωρήσεις επιχωμάτων, επιχωματώσεων, διαμόρφωσης χώρων, κλπ.**

Οι διαστάσεις, κλίσεις, γραμμές και υψόμετρα των επιχωμάτων οδών και επιχωματώσεων διαμόρφωσης χώρων κλπ. είναι εκείνα που θα πρέπει

να έχουν τα έργα μετά την αναμενόμενη συνίζηση του υλικού επιχωμάτων-επιχωματώσεων διαμόρφωσης χώρων και την καθίζηση του εδάφους θεμελιώσεως αυτών, η οποία προέρχεται από την φόρτιση του εδάφους με το φορτίο του επιχώματος ή επιχωματώσεως διαμόρφωσης χώρου.

Αυτή η απώλεια θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό των πραγματικών συνθηκών ισοζυγίου χωματισμών.

**• Απαιτήσεις ακρίβειας υψομέτρων της άνω επιφάνειας χωματοουργικών.(Α.Ε.Χ)**

**Στάθμη**

Η Α.Ε.Χ. δεν πρέπει να παρουσιάζει αποκλίσεις σε σχέση με τα θεωρητικά υψόμετρα της επιφάνειας μεγαλύτερες από :

§ ± 20 χλστ όταν πρόκειται να γίνει κατασκευή επί αυτής φέρουσας στρώσης με συνδετικό υλικό (άσφαλτο, τσιμέντο κλπ.)

§ ± 30 χλστ στις υπόλοιπες περιπτώσεις

**• Πυκνότητα χωροσταθμικών σημείων**

**Η πυκνότητα των χωροσταθμικών σημείων θα πρέπει να τηρεί τις ακόλουθες απαιτήσεις :**

1. Χωροσταθμικά σημεία ανά διατομή: Θα πρέπει να χωροσταθμούνται τα χαρακτηριστικά σημεία της διατομής (κορυφογραμμές, άκρα διατομής, τυχόν χαμηλά σημεία) και τυχόν αναγκαία επί πλέον σημεία ώστε η μέγιστη απόσταση μεταξύ των χωροσταθμικών σημείων στη διατομή να μην υπερβαίνει τα 10,0 μ.

2. Μέγιστες αποστάσεις χωροσταθμικών σημείων μεταξύ διατομών : 20,0 μ.

**Ειδικά διευκρινίζεται ότι η επένδυση των πρανών επιχωμάτων με φυτικές γαίες, θα πρέπει να συμβαδίζει με την ανύψωση των επιχωμάτων.**

ο Αν δεν γίνεται διαφορετική ειδική αναφορά, για τα πρανή ορυγμάτων ύψους μεγαλύτερου από 6,0 μ., τα οποία (σύμφωνα με τους όρους δημοπράτησης) επενδύονται με φυτικές γαίες, η εκτέλεση της επένδυσης θα πρέπει να συμβαδίζει με την κατασκευή του ορύγματος.

ο Εάν κατά την κατασκευή πρανών (επιχωμάτων ή ορυγμάτων) χωρίς προσπελάσιμες βαθμίδες (μπακίνες) εκτελεστούν σχετικές εργασίες επιχωμάτων

ο ή ορυγμάτων σε ύψη μεγαλύτερα των 6,0 μ. (εκτός αν άλλως προσδιορίζεται στους όρους δημοπράτησης) χωρίς να συμβαδίσει η επένδυση με τις απαιτούμενες φυτικές γαίες, τότε εφαρμόζονται οι διατάξεις περί κακοτεχνίας τόσο στην εκτέλεση των εργασιών επιχωμάτων-ορυγμάτων όσο και στις επενδύσεις με φυτικές γαίες.

Για την επένδυση των πρανών (επιχωμάτων ή και ορυγμάτων) και την πλήρωση νησίδων, πλατυσμάτων, ερεισμάτων κλπ., πρόκειται να χρησιμοποιηθεί φυτική γη (όχι κηπευτικό χώμα) που θα πρέπει να παρθεί, είτε από αποθήκευση σε “σειράδια” τυχόν προϊόντων αφαίρεσης επιφανειακής στρώσης φυτικών γαιών, είτε από οποιαδήποτε περιοχή υπάρχει.

### **5.2.6 Εκσκαφές θεμελίων τεχνικών έργων και τάφρων**

#### **Εργασίες για εκτέλεση**

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται η εκτέλεση των εκσκαφών σε οποιοδήποτε βάθος θεμελίων τεχνικών έργων και τάφρων με πλάτος μέχρι και 3,00 μ.

#### **Η κατηγορία περιλαμβάνει ειδικότερα:**

§ Εκσκαφές θεμελίων τεχνικών έργων (γεφυρών, τοίχων αντιστήριξης κλπ.) με επιφάνεια μέχρι και 100 μ<sup>2</sup> (ανεξάρτητα από τις διαστάσεις της κάτοψης) ή με πλάτος μέχρι και 3,0 μ. (ανεξάρτητα από την επιφάνεια της κάτοψης).

§ Εκσκαφές τάφρων εγκατάστασης αγωγών, που κατασκευάζονται επί τόπου (π.χ. διατομής ορθογωνικής, ωοειδούς, σκουφοειδούς κλπ.) για πλάτος εκσκαφής μέχρι και 3,0 μ.

§ Εκσκαφές τάφρων τοποθέτησης προκατασκευασμένων σωληνωτών οχετών αποστράγγισης, αποχέτευσης (ομβρίων και ακαθάρτων) και άλλων αγωγών Ο.Κ.Ω. (ύδρευσης, δικτύων ή στεγανών σωληνώσεων ΟΤΕ, καυσίμου αερίου, μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, φωτισήμανσης, ΗΛΠΑΠ κλπ.) και για πλάτος τάφρου μέχρι και 3,0 μ.

§ Εκσκαφές θεμελίων που θα πρέπει να απαιτηθούν για την κατασκευή φρεατίων και κάθε είδους άλλων τεχνικών έργων.

§ Διερευνητικές τομές εντοπισμού αγωγών, οχετών Ο.Κ.Ω. ή άλλων υπόγειων κατασκευών πλάτους εκσκαφής μέχρι και 3,0 μ.

§ Εκσκαφές εντός τριγωνικών νησίδων συνολικής επιφάνειας ανά μεμονωμένη νησίδα μέχρι 100 μ<sup>2</sup>, για την τοποθέτηση κηπευτικού χώματος και εφόσον η εκσκαφή δεν έχει πραγματοποιηθεί μαζί με τις υπόλοιπες γενικές εκσκαφές. Επίσης, εκσκαφές σε κεντρικές νησίδες,

με πλάτος εκσκαφής μέχρι και 5,0 μ. για την τοποθέτηση κηπευτικού χώματος και εφόσον η εκσκαφή δεν έχει πραγματοποιηθεί μαζί με τις υπόλοιπες γενικές εκσκαφές.

#### • **Τρόπος εκτέλεσης**

Θα πρέπει να εκτελεστούν όλες οι απαιτούμενες εκσκαφές σε οποιασδήποτε φύσεως έδαφος σύμφωνα με τις διαστάσεις (που θα πρέπει να φαίνονται στα σχέδια) με οποιοδήποτε μέσο ακόμη και με τα χέρια, που να θεωρηθεί σαν προσφορότερο και πλέον εναρμονιζόμενο προς την κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, χωρίς όμως από την ελευθερία για την εκλογή του τρόπου εκσκαφής να δημιουργείται στον οποιοδήποτε, δικαίωμα για πρόσθετη αποζημίωση. Εκσκαφές με διαστάσεις μικρότερες από αυτές που αναφέρονται στα σχέδια (που έχουν πραγματοποιηθεί) δεν επιτρέπονται.

Ακόμα σε περίπτωση που εκτελεστεί εκσκαφή σε βάθη μεγαλύτερα από εκείνα που αναφέρονται στα σχέδια, τότε χωρίς καμιά αποζημίωση, πρέπει να ξαναγεμιστεί το σκάμμα, μέχρι το κανονικό βάθος είτε με άμμο είτε με αμμοχάλικο, είτε με σκυρόδεμα είτε με ξηρολιθοδομή είτε, τέλος, με λιθοδομή, σύμφωνα πάντοτε με τις εντολές που θα πρέπει να δίνονται κάθε φορά.

#### • **Μόρφωση του πυθμένα**

Ο πυθμένας των εκσκαφών θεμελίων και τεχνικών έργων και τάφρων θα πρέπει να διαμορφώνεται με τρόπο που να εξασφαλίζεται το πάχος του σκυροδέματος, των εξομαλυντικών στρώσεων ή των στρώσεων έδρασης των οχετών και αγωγών που φαίνεται στα σχέδια (που έχουν γίνει νωρίτερα).

Δεν θα πρέπει να καταβάλλεται αξία για παραπάνω ποσότητα σκυροδέματος ή κοκκώδους υλικού της ζώνης αγωγού από το λόγο ότι οι εκσκαφές έγιναν μεγαλύτερες από τις προβλεπόμενες.

Όμοια, οι επιφάνειες επαφής των πρανών με την ξυλοζεύξη (στην περίπτωση αντιστήριξης του σκάμματος) πρέπει να μορφώνεται με στοιχειώδη τρόπο για να πετυχαίνεται καλή επαφή των μαδεριών στα τοιχώματα της εκσκαφής.

Για την περίπτωση που πρόκειται να θεμελιωθούν τοίχοι αντιστήριξης, ακρόβαθρα, μεσόβαθρα κλπ. τότε για την περίπτωση γαιώδους εδάφους



θα πρέπει να επακολουθεί άμεσα η κατασκευή της στρώσης ισοπέδωσης και καθαριότητας από σκυρόδεμα B5 (ελάχιστου πάχους 0,10 μ.) η οποία θεωρείται υποχρεωτική. Επισημαίνεται η ανάγκη εκτέλεσης της εκσκαφής κατά τρόπον ώστε να αποφεύγεται η χαλάρωση, αναζύμωση ή με οποιοδήποτε τρόπο μείωση της αντοχής του εδάφους θεμελίωσης.

• **Χρήση εκρηκτικών**

Εκρηκτικά χρησιμοποιούνται μόνον μετά από ειδική έγγραφη άδεια, σύμφωνα με την εν ισχύει Νομοθεσία και σύμφωνα με τις οδηγίες της.

• **Έλεγχος επιφανειακών και υπόγειων υδάτων**

Οι εργασίες εκσκαφών πρέπει να εκτελούνται:

- είτε εν υγρώ
- ή εν ξηρώ

κατά τις εκάστοτε τεχνικές απαιτήσεις.

Οι εντός των σκαμμάτων κατασκευές και η επανεπίχωση θα πρέπει να γίνονται εν ξηρώ.

Οι απαιτούμενες αντλήσεις πρέπει να εκτελούνται κατά τρόπο αποκλείοντας τον κίνδυνο διασωλήνωσης και απορρόφησης λεπτών κόκκων από τα παρακείμενα εδαφικά στρώματα, όταν παράκινται άλλες κατασκευές.

Τα αντλούμενα νερά πρέπει να παροχετεύονται προς παρακείμενους ανοικτούς φυσικούς αποδέκτες.

Αν δεν υπάρχουν και εφόσον τούτο είναι εφικτό πρέπει να κατασκευάζονται κατάλληλες τάφροι.

Η απ' ευθείας στη θάλασσα παροχέτευση να μπορεί να γίνεται μόνον έπειτα από έγκριση της Επίβλεψης.

**Απαγορεύεται η παροχέτευση αντλούμενων νερών**

✓ σε παρακείμενες ιδιοκτησίες

✓ σε κλειστό σύστημα αποχέτευσης ομβρίων, εκτός αν πρόκειται περί νερών απηλαγμένων φερτών.

Πρέπει να παίρνονται όλα τα μέτρα για να μην δυσμενοποιούνται οι υφιστάμενες συνθήκες απορροής ομβρίων, στην περιοχή που εκτελούνται οι εργασίες.

**Τέτοια μέτρα ενδεικτικά και όχι περιοριστικά είναι :**

- ✓ Η προφύλαξη δια προσωρινών αναχωμάτων γειτονικών ιδιοκτησιών.
- ✓ Η άμεση απομάκρυνση των προϊόντων εκσκαφών
- ✓ Η άντληση των νερών και παροχέτευσή των με προσωρινό σύστημα σε κατάλληλο αποδέκτη.

• **Αναπετάσεις-Φορτοεκφορτώσεις- Μεταφορές**

Οι αναπετάσεις γίνονται είτε με τα χέρια με δημιουργία ενδιάμεσων ξύλινων δαπέδων (παταριών), είτε με μηχανικά μέσα. Κατά την αναπέταση των προϊόντων εκσκαφής πρέπει να αφήνεται χώρος τουλάχιστον 0,50 από το χείλος της τάφρου για την κυκλοφορία των εργατών και την ασφάλειά τους. Τα προϊόντα εκσκαφής θα πρέπει να μεταφέρονται σε οποιαδήποτε θέση στην περιοχή του έργου, για επανεπίχωση του απομένοντος όγκου σκάμματος αν είναι κατάλληλα ή για χρησιμοποίηση σε άλλες θέσεις ως υλικών επιχωμάτων, ή να μεταφέρονται εκτός του έργου σε οποιαδήποτε απόσταση για οριστική απομάκρυνση σε θέσεις επιτρεπόμενες από την Αστυνομία.

Οι αναπετάσεις - φορτοεκφορτώσεις - μεταφορές δεν επιμετρώνται ούτε πληρώνονται ιδιαίτερα. Η δαπάνη για τις εργασίες αυτές συμπεριλαμβάνεται στην δαπάνη εκσκαφής.

• **Ξυλοζεύξεις συνήθους τύπου (ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ)**

Όσες φορές η φύση των εδαφών το απαιτεί, θα πρέπει να εκτελείται η κατάλληλη αντιστήριξη των παρειών του σκάμματος, όπως αυτές επιβάλλονται από τους κανόνες ασφαλείας. Τον τρόπο και την πυκνότητα ξυλοζεύξεως οφείλει να ορίζει κάθε φορά αυτός που έχει αναλάβει το έργο ή ο αντιπρόσωπός του στο έργο.

Κάθε κατάπτωση παρειάς σκάμματος σε οποιαδήποτε περίπτωση και εάν γίνεται και κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες σε ξυλοζευγμένες ή και μη ξυλοζευγμένες παρειές και οι οποιοσδήποτε συνέπειες αυτής (εργατικά ατυχήματα, ζημιές σε τρίτους, ζημιές έργων κλπ.) βαρύνει αποκλειστικά και μόνο τον ανάδοχο του έργου, που υποχρεούται σε κάθε νόμιμη αποζημίωση και αποκατάσταση των βλαβέντων έργων να αναλαμβάνει γενικά κάθε ποινική και αστική ευθύνη. Η Υπηρεσία δικαιούται να επιβάλει (σε αυτόν που έχει αναλάβει το έργο), την

εκτέλεση πρόσθετων ξυλοζεύξεων ή ενίσχυση των υπαρχουσών σε όσα σημεία αυτή κρίνει τούτο απαραίτητο. Παρά το δικαίωμα τούτο της Υπηρεσίας, (ο ίδιος) παραμένει πάντοτε μόνος και απόλυτα υπεύθυνος για την ασφάλεια των εκσκαφών που έγιναν.

• **Ξυλοζεύξεις με έμπηξη πασσαλοσανίδων (ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΞΥΛΟΖΕΥΞΕΙΣ)**

Αν κατά τις εκσκαφές γίνει συνάντηση, είτε διαρρέουσα λεπτόκοκκη άμμος, είτε άλλο έδαφος του οποίου είτε η φύση είτε η παρουσία υπόγειου νερού απαιτεί την έμπηξη συνεχούς φράγματος πασσαλοσανίδων ή την κατασκευή τοίχου Βερολίνου, πριν από την εκσκαφή, η εργασία αυτή θα πρέπει να εκτελεσθεί με όλους τους κανόνες της τέχνης και με τρόπο που να εξασφαλίζεται η ακινητοποίηση του διαρρέοντος εδάφους σύμφωνα με τα παραπάνω και η διατήρηση του χώρου του σκάμματος ελεύθερου. Εάν κατά την έμπηξη των πασσαλοσανίδων δεν επιτευχθεί η μεταξύ τους επιδιωκόμενη τέλεια επαφή και δεν επιτευχθεί από το λόγο αυτό ο σκοπός της ξυλόζευξης, είναι υποχρεωτικό να ανασυρθούν και να γίνει επανατοποθέτηση των πασσαλοσανίδων.

### **5.2.7 Επιμέτρηση**

#### **Γενικά**

Εκσκαφές για οποιοδήποτε βάθος, τάφρων πλάτους από 3,01 μ. και μεγαλύτερο πληρώνονται σαν γενικές εκσκαφές.

Οι εκσκαφές κάθε κατηγορίας μετρώνται σε κυβικά μέτρα όγκου σκάμματος που ορίζεται από τις ΓΡΑΜΜΕΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ (Γ.Θ.Ε.). Οι Γ.Θ.Ε. μετρώνται ως ακολούθως:

• **Γραμμές θεωρητικής εκσκαφής**

#### **Πυθμένος σκάμματος**

Τα υψόμετρα του πυθμένος προκύπτουν από την μελέτη των αγωγών και οχετών από τα αντίστοιχα ερυθρά υψόμετρα της κατά μήκος τομής των έργων, αφού αφαιρεθεί το πάχος των υποκείμενων κατασκευών, όπως πάχος τοιχώματος αγωγού και πάχος στρώσεως έδρασης ή (σε περίπτωση θεμελίου) τα αντίστοιχα πάχη των εξυγιαντικών στρώσεων σκυροδέματος ή και τυχόν λοιπών προβλεπομένων στρώσεων.

Για παράλληλη τοποθέτηση αγωγών ή οχετών με διαφορετική στάθμη σκάμματος η μορφή του πυθμένα θα πρέπει να θεωρείται βαθμιδωτή με οριζόντια τμήματα και κατακόρυφο σκαλοπάτι μεταξύ τους.

Το κατακόρυφο σκαλοπάτι θα πρέπει να προσδιορίζεται σε θέση τέτοια ώστε να προκύπτει ο ελάχιστος όγκος εκσκαφής. Η στάθμη του πυθμένα εκσκαφής θεμελίων για την κατασκευή φρεατίων κλπ. προκύπτει όμοια από τα σχέδια της εγκεκριμένης μελέτης.

• **Πλάτος σκάμματος**

Οι παρειές του σκάμματος λογίζονται κατά την επιμέτρηση κατακόρυφες ανεξάρτητα από την κλίση που θα πρέπει να πραγματοποιηθεί. **Το πλάτος του σκάμματος για την επιμέτρηση ορίζεται συμβατικά ανάλογα προς το είδος του αγωγού ως ακολούθως:**

α. Για προκατασκευασμένους σωληνωτούς αγωγούς ή οχετούς αποχέτευσης (βρόχινων και ακαθάρτων) και αγωγούς ύδρευσης και φωταερίου, το πλάτος προκύπτει από την εξωτερική διάμετρο του αγωγού, προσαυξημένη και από τις δύο πλευρές κατά 0,225 μ. (από κάθε πλευρά). Το παραπάνω πλάτος σκάμματος είναι σταθερό, ανεξάρτητα του αν προβλέπεται από την μελέτη των σωληνωτών αγωγών σκυρόδεμα εγκιβωτισμού των σωλήνων.

β. Για την κατασκευή χυτών επί τόπου (σύμφωνα με τη μελέτη) αγωγών αποχέτευσης βρόχινων νερών και ακαθάρτων και χρήση άλλης μορφής διατομών (ωοειδείς, στοματοειδείς, σκουφοειδείς, ορθογωνικές κλπ.) το συμβατικό πλάτος του σκάμματος προκύπτει από το πλάτος του οχετού προσαυξημένο εκατέρωθεν, πέραν των εξωτερικών παρειών κατά 0,25 μ. Αν στις εγκεκριμένες μελέτες των έργων αποχέτευσης ορίζονται διαφορετικά πλάτη εκσκαφών, τότε το συμβατικό πλάτος θα πρέπει να λαμβάνεται από τις εγκεκριμένες μελέτες.

γ. Για την κατασκευή φρεατίων κλπ., οι διαστάσεις του σκάμματος ορίζονται από τις εξωτερικές διαστάσεις του φρεατίου που θα πρέπει να κατασκευασθεί κλπ. με παραδοχή εκσκαφής του σκάμματος σε απόσταση 0,25 μ. από την εξωτερική παρειά του έργου.

δ. Για την κατασκευή θεμελίων τεχνικών έργων κλπ. οι διαστάσεις του σκάμματος ορίζονται από τις εξωτερικές διαστάσεις του προς κατασκευήν θεμελίου κλπ. με παραδοχή εκσκαφής του σκάμματος σε απόσταση 0,25μ. από την εξωτερική παρειά του έργου, ανάλογα με το χαρακτηρισμό των εκσκαφών.

ε. Για την κατασκευή διερευνητικών τομών εντοπισμού αγωγών Ο.Κ.Ω. το πλάτος ορίζεται συμβατικά σε 0,70 μ. εκτός αν προδιαγράφεται μεγαλύτερο.

στ. Για την τοποθέτηση αγωγών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ) ή αγωγούς δικτύου ΟΤΕ, ή στεγανές σωληνώσεις ΟΤΕ ή αγωγούς φωτοσημάνσεως ή υπόγειους αγωγούς ΗΛΠΑΠ, το πλάτος ορίζεται από το πραγματικό πλάτος του αγωγού προσαυξημένο εκατέρωθεν πέραν των εξωτερικών παρειών αυτού κατά 0,225 μ. (ελάχιστο πλάτος τάφρου 0,60 μ.).

ζ. Για την εκσκαφή σε τριγωνικές νησίδες για την τοποθέτηση κηπευτικού χώματος, συμβατικά ορίζεται η πραγματική εκσκαφείσα επιφάνεια τριγωνικής νησίδας ή το πραγματικό εκσκαφέν πλάτος κεντρικής νησίδας.

Για τυχόν κατασκευή τραπεζοειδών ή άλλης μορφής τάφρων που θα πρέπει να παραμείνουν οριστικά ανοικτές σύμφωνα με την μελέτη ή και τις εντολές της Υπηρεσίας, οι παρειές είναι δυνατόν να υπολογισθούν κεκλιμένες σύμφωνα με την μελέτη.

#### • Άνω επιφάνεια σκάμματος

Ως άνω επιφάνεια, η οποία θα πρέπει να παρθεί υπόψη στην επιμέτρηση των εκσκαφών, ορίζεται η στάθμη του φυσικού εδάφους όπως τυχόν αυτή έχει διαφοροποιηθεί από την εκτέλεση υπαρχόντων έργων (π.χ. υπάρχουσα οδός), ή η στάθμη των γενικών χωματουργικών διαμορφώσεων (εκσκαφών ή επιχωμάτων) εάν η εκσκαφή γίνει μετά την εκτέλεση αυτών.

#### 5.2.8 Διαχωρισμός “ΓΕΝΙΚΩΝ ΕΚΣΚΑΦΩΝ” από “εκσκαφές θεμελίων τεχνικών έργων και τάφρων”

Η διενέργεια των κάθε είδους εκσκαφών κατασκευής ενός έργου καλύπτεται από την κατασκευή :

§ Γενικών εκσκαφών

§ Εκσκαφών θεμελίων τεχνικών έργων και τάφρων

Έτσι δεν προβλέπεται εφαρμογή κατηγορίας “Γενικών εκσκαφών θεμελίων”. Αντί αυτού καθορίζονται τα παρακάτω :

Όταν πρόκειται να κατασκευασθεί οποιοδήποτε τεχνικό έργο στο οποίο οι εκσκαφές δεν κατατάσσονται (λόγω περιορισμού πλάτους ή λόγω περιορισμένης επιφάνειας) στην κατηγορία των εκσκαφών θεμελίων

κατά την παρούσα προδιαγραφή, τότε οι εκσκαφές αυτής χωρίζονται σε :

§ Γενικές εκσκαφές

§ Εκσκαφές θεμελίων και τάφρων

Το **ΟΡΙΟ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ (Ο.Δ.)** των παραπάνω κατηγοριών προκύπτει ως ακολούθως:

• **Πλευρικό όριο διαχωρισμού (Π.Ο.Δ.)**

**1. Περίπτωση εδαφών Γ + Η**

Από το ψηλότερο σημείο της ΓΡΑΜΜΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ (Γ.Θ.Ε.) της Τ.Σ.Υ. , θα πρέπει να φέρεται η γραμμή πλευρικού ορίου διαχωρισμού με κλίση\*  **$u : \beta = 3 : 2$** .

Το μέρος των εκσκαφών που αναφέρεται σε εκσκαφές περιλαμβανόμενες μεταξύ της πλευρικής Γ.Θ.Ε. και του Π.Ο.Δ. (εκσκαφές σε κλίση\* πρηνούς μεγαλύτερη από  **$u : \beta = 3 : 2$** ) θεωρούνται συμβατικά σαν εκσκαφές θεμελίων.

Το υπόλοιπο μέρος των εκσκαφών (εκσκαφές σε περιοχή με κλίση πρηνούς μικρότερη ή ίση από  $u : \beta = 3 : 2$ ) θεωρούνται συμβατικά σαν γενικές εκσκαφές.

**2. Περίπτωση βραχωδών εδαφών**

Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν παραπάνω στην περίπτωση (I), αλλά η γραμμή πλευρικού ορίου διαχωρισμού θα πρέπει να φέρεται με κλίση  **$u : \beta = 2 : 1$** .

**3. Περίπτωση μικτών εδαφών**

Για την περίπτωση μικτών εδαφών που θα πρέπει να χαρακτηρισθούν με ποσοστά Γ+Η μεγαλύτερα ή ίσα προς 20% και μικρότερα ή ίσα προς 80%, τότε η γραμμή πλευρικού ορίου διαχωρισμού πρέπει να φέρεται με κλίση  **$u : \beta = 1,75 : 1$** .

Τυχόν άλλη σύσταση, με διαφορετικά ποσοστά χαρακτηρισμού Γ + Η και Βράχου, κατατάσσεται (από πλευράς κλίσης του Π.Ο.Δ.) στην πλησιέστερη κατηγορία 1 ή 2, σύμφωνα με τα παραπάνω.

---

\*  $u : \beta =$  ύψος προς βάση

• **Κάτω όριο διαχωρισμού (Κ.Ο.Δ.)**

(I) Θα πρέπει να παίρνεται 1,00 μ. ψηλότερα από τον πυθμένα σκάμματος της ΓΡΑΜΜΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ και μέχρι τομής προς το έδαφος, ή το πλευρικό όριο διαχωρισμού

Οι εκσκαφές που βρίσκονται κάτω από τη γραμμή Κ.Ο.Δ. θεωρούνται, συμβατικά, σαν εκσκαφές θεμελίων.

Οι εκσκαφές που βρίσκονται πάνω από τη γραμμή Κ.Ο.Δ. θεωρούνται, συμβατικά σαν γενικές εκσκαφές.

(II) Σημειώνεται εδώ ότι στην περίπτωση όπου ένα τεχνικό έργο θεμελιώνεται στην ίδια στάθμη και κατ'επέκταση με τις γενικές εκσκαφές ενός οδικού έργου (π.χ. τοίχοι υποστήριξης) και εφόσον οι εκσκαφές του τοίχου γίνονται στην ίδια χρονική περίοδο με τις συνεχόμενες γενικές εκσκαφές της οδού (εξαιρείται δηλαδή η περίπτωση κατά την οποία υπάρχουν περιορισμοί που επιβάλλουν την κατά στάδια εκτέλεση των εκσκαφών), τότε η γραμμή του Κάτω Ορίου Διαχωρισμού (Κ.Ο.Δ.) θα πρέπει να θεωρείται ότι ταυτίζεται με την αντίστοιχη γραμμή των γενικών εκσκαφών.

(III) Για την περίπτωση όπου εκτελούνται εκσκαφές θεμελίων για την κατασκευή τεχνικών έργων, αλλά η Γ.Θ.Ε. βρίσκεται σε βάθος (H) μικρότερο από 1,00 μ. κάτω από την επιφάνεια των συνεχόμενων γενικών εκσκαφών (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην παραπάνω περίπτωση II), τότε το Κ.Ο.Δ. θεωρείται ότι βρίσκεται σε ύψος (H) πάνω από τη Γ.Θ.Ε. της στάθμης θεμελίωσης (δηλαδή ταυτίζεται με τη γραμμή των γενικών εκσκαφών).

Ορίζεται εδώ ότι, (αν δεν γίνεται αντίθετη ειδική αναφορά στους λοιπούς όρους δημοπράτησης) στην περίπτωση που θα πρέπει να γίνει εκσκαφή τάφρου για την κατασκευή κεντρικής νησίδας, σύμφωνα με την εγκεκριμένη διατομή, σε ενδιάμεσο τμήμα του πλάτους υπάρχουσας οδού, με προβλεπόμενη διατήρηση (έστω και με συμπλήρωση – καθ' ύψος) του εκατέρωθεν οδοστρώματος, τότε η εκσκαφή αυτή θα πρέπει να λογίζεται ότι ανήκει στην κατηγορία των εκσκαφών θεμελίων και τάφρων, έστω και αν το πλάτος της είναι μεγαλύτερο από 3,0 μ.

Σημειώνεται εδώ ότι η κατηγορία εκσκαφών θεμελίων και τάφρων, (αν δεν γίνεται ειδική αντίθετη αναφορά στους λοιπούς όρους δημοπράτησης), είναι γενικής εφαρμογής ακόμη και για την περίπτωση

που κατασκευάζεται σε πρανή ή στο άκρο του καταστρώματος της οδού και σε οποιαδήποτε άλλη θέση ανεξάρτητα από τις οποιοσδήποτε δυσχέρειες προσέγγισης κλπ.

### **5.2.9 Πληρωμή**

Για δημοπράτηση του έργου “με τιμές μονάδας” αυτή θα πρέπει να προσδιορισθεί με βάση τα κυβικά μέτρα που προκύπτουν από την επιμέτρηση.

Για δημοπράτηση του έργου με “κατ’ αποκοπήν τίμημα” ή με “σύμβαση παραχώρησης” η πληρωμή θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα και με τα αναφερόμενα στους υπόλοιπους όρους δημοπράτησης.

#### **Στις τιμές και πληρωμές αυτές περιλαμβάνονται:**

α. Η εκθάμνωση, εκκοπή και εκρίζωση δένδρων οποιασδήποτε περιμέτρου και η απομάκρυνση αυτών από την περιοχή του έργου σε οποιαδήποτε απαιτούμενη απόσταση.

β. Η λήψη ειδικών μέτρων και η επιρροή των δυσχερειών που προκύπτουν από την τυχόν διατήρηση δένδρων και δενδρυλλίων σύμφωνα με τις οδηγίες της Υπηρεσίας.

γ. Η εκσκαφή τάφρων ή θεμελίων σε κάθε είδους έδαφος σε οποιοδήποτε βάθος και με οποιοδήποτε μέσο (ακόμη και με τα χέρια) και ανεξάρτητα από την χρήση εκρηκτικών υλών και η απομάκρυνση με οποιοδήποτε μέσον ανεξάρτητα από τις τυχόν ενδιάμεσες αναπετάσεις των προϊόντων ορυγμάτων, η φορτοεκφόρτωση αυτών, ο χαμένος χρόνος φορτοεκφόρτωσης και μεταφοράς των προϊόντων ορυγμάτων :

- Των κατάλληλων και αναγκαίων για την κατασκευή επιχωμάτων σε θέσεις υποδεικνυόμενες από την Υπηρεσία, με την διάστρωση αυτών.

Των κατάλληλων και αναγκαίων για την επανεπίχωση του απομένοντος όγκου σκάμματος σε θέσεις υποδεικνυόμενες από την Υπηρεσία με την διάστρωση αυτών.

- Των ακατάλληλων για την επανεπίχωση και κατασκευή επιχωμάτων ή των πλεοναζόντων ορυγμάτων που δεν απαιτούνται για την επανεπίχωση ή την κατασκευή επιχωμάτων σε οποιαδήποτε απόσταση ήθελε απαιτηθεί για την οριστική εναπόθεση σε θέσεις επιτρεπόμενες από την Αστυνομία, περιλαμβανομένης και της δαπάνης εναπόθεσης αυτών.

δ. Η διαλογή των προϊόντων εκσκαφής σε κατάλληλα και ακατάλληλα σύμφωνα με τα οριζόμενα στα τεύχη δημοπράτησης.



ε. Η μόρφωση και η εν γένει εξομάλυνση του πυθμένα και, αν είναι αναγκαίο, και των παρειών του σκάμματος.

στ. Η αντιμετώπιση τυχόν επιφανειακών (με κατασκευή σχετικών προσωρινών διευθετήσεων για την προστασία και διευκόλυνση κατασκευής των έργων) ή υπογείων νερών, με τις πάσης φύσεως αντλήσεις που θα πρέπει να απαιτηθούν, ανεξάρτητα από την παροχή των αντιμετωπιζόμενων νερών.

ζ. Η συμπύκνωση του πυθμένα.

η. Οι κάθε φύσεως αντιστηρίξεις (οριζόντιες ή και κατακόρυφες κλπ.) εκτός από τις περιπτώσεις που ρητά εξαιρούνται στα υπόλοιπα τεύχη δημοπράτησης.

θ. Οι πάσης φύσεως φορτοεκφορτώσεις - μεταφορές - αποθέσεις - αναπετάσεις μέχρι την οριστική τοποθέτηση των προϊόντων εκσκαφής σε τμήματα του έργου ή την οριστική απόρριψη αυτών.

ι. Η δαπάνη επανορθώσεως ζημιών.

✓ Η ανοιγμένη δαπάνη των πρόσθετων εκσκαφών και η ανοιγμένη δαπάνη της συμπληρώσεως του τυχόν επιπλέον εκσκαφέντος όγκου κάτω από την Γ.Θ.Ε. του πυθμένα με κατάλληλο υλικό.

✓ Η δαπάνη των προσωρινών γεφυρώσεων, με λαμαρίνες ή άλλα κατάλληλα δομικά στοιχεία, σκαμμάτων πλάτους μικρότερου των 3,00 μ. που τυχόν θα πρέπει να απαιτηθούν για την αποκατάσταση της κυκλοφορίας των πεζών και οχημάτων, εφόσον για τα τελευταία δεν είναι δυνατόν κατά τις αρμόδιες αρχές να γίνει εκτροπή τους σε άλλες διαδρομές για παράκαμψη των σκαμμάτων.

**Ανάλογα προς τα προδιαγραφόμενα στα τεύχη δημοπράτησης είναι δυνατό να προβλέπεται εκσκαφή θεμελίων, των ακόλουθων κατηγοριών εδάφους:**

§ Γαιών και ημιβράχου.

§ Βράχου (οπότε θα πρέπει να συνοδεύει την επιμέτρηση και σχετικό πρωτόκολλο χαρακτηρισμού των εκσκαφών).

§ Σε κάθε είδους έδαφος (όπου περιλαμβάνονται ενοποιημένες οι κατηγορίες γαιών-ημιβράχου και βράχου).

## 5.2.10 Επανεπίχωση απομένουτος όγκου εκσκαφών θεμελίων και τάφρων

### Γενικά

Οι εργασίες εδώ σχετίζονται με τις επανεπιχώσεις του απομένουτος όγκου, μετά την κατασκευή των έργων, στις εκσκαφές θεμελίων τεχνικών έργων, στις τάφρους τοποθέτησεως των πάσης φύσεως αγωγών (αποχετεύσεως ομβρίων και ακαθάρτων, υδρεύσεως, μεταφοράς ηλεκτρικής ενεργείας, ΟΤΕ, ΔΕΦΑ, ΗΛΠΑΠ, φωτοσημάνσεως κλπ.) ή εκσκαφών θεμελίων κατασκευής φρεατίων κ.λ.π.

Στην περίπτωση που, οι προς επίχωση τάφροι, κόβουν την υφιστάμενη οδό ή βρίσκονται κοντά σ' αυτήν, όλες οι εργασίες θα πρέπει να εκτελούνται με τρόπο ώστε να μην εμποδίζεται η κυκλοφορία της οδού.

### • Κατάλληλα είδη εδάφους για επανεπίχωση

Η ταξινόμηση των εδαφών που είναι κατάλληλα για επαναπλήρωση τάφρων τοποθέτησεως αγωγών γίνεται, ανάλογα προς τις εδαφοτεχνικές ιδιότητες και την ικανότητα συμπυκνώσεως αυτών, στις ακόλουθες ομάδες

### ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ

| <u>Κατηγορία ανάλογα προς την ικανότητα συμπυκνώσεως</u> | <u>Συνοπτική περιγραφή</u>   | <u>Κατάταξη κατά DIN 18196</u>         |
|--|--|--|
| V1   | Μη συνεκτικά έως ελαφρώς συνεκτικά, χονδρόκοκκα και μικτόκοκκα εδάφη | GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST |
| V2   | Συνεκτικά, μικτόκοκκα εδάφη  | GU, GT, SU, ST                         |
| V3   | Συνεκτικά, λεπτόκοκκα εδάφη  | UL, UM, TL, TM, TA                     |

Για την επαναπλήρωση του απομένουτος όγκου του σκάμματος θεμελίων τεχνικών έργων και τάφρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο τα υλικά του παραπάνω πίνακα. Τα οργανικά κλπ. εδάφη των

υπολοίπων κατηγοριών (HN, HZ, F, ΟΥ, ΟΤ, ΟΗ, ΟΚ) απαγορεύεται να χρησιμοποιούνται για την επαναπλήρωση του απομένοντος όγκου σκάμματος θεμελίων και τάφρων.

- **Ικανότητα συμπυκνώσεως**

Η ικανότητα συμπυκνώσεως των κατηγοριών του εδάφους που δόθηκαν παραπάνω εξαρτάται από **την σύνθεση των κόκκων του εδάφους, την μορφή των κόκκων και την περιεκτικότητα σε νερό.** Στα εδάφη της κατηγορίας V1 έχει βαρύνουσα σημασία στην ικανότητα συμπυκνώσεως κυρίως η σύνθεση των κόκκων και η μορφή αυτών, ενώ η επίδραση της περιεκτικότητας σε νερό και κατά συνέπεια η επίδραση των καιρικών συνθηκών είναι μικρότερης σημασίας από ότι στα εδάφη των κατηγοριών V2 και V3.

Αντίθετα στα εδάφη των κατηγοριών V2 και V3 βαρύνουσα σημασία στην συμπύκνωση έχει η επίδραση της περιεκτικότητας σε νερό

**Σε συνεκτικά εδάφη, πολύ υγρά, δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί ο απαιτούμενος βαθμός συμπυκνώσεως.**

**Σε συνεκτικά εδάφη, πολύ ξηρά, η απαιτούμενη κατά στρώσεις συμπύκνωση μπορεί να επιτευχθεί μόνο μετά από έργο συμπυκνώσεως αισθητά μεγαλύτερο από τα συνηθισμένα.**

**Γενικά ισχύει ότι η συμπύκνωση των εδαφών της κατηγορίας V1 λόγω της μικρής ευπάθειάς τους στο νερό και στην αποσάθρωση είναι ευχερέστερη από τη συμπύκνωση εδαφών των κατηγοριών V2 και V3.**

Δεδομένου ότι πρέπει να αποφεύγονται οι υποχωρήσεις στο σκάμμα που επαναπληρώθηκε, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για την επαναπλήρωση των τάφρων αγωγών, κατά πρώτο λόγο μη συνεκτικά εδάφη της κατηγορίας V1, στην περίπτωση δε που δεν υπάρχει περίσσεια τέτοιων προϊόντων ορυγμάτων και εφ' όσον προδιαγράφεται σχετικά στους υπόλοιπους όρους δημοπράτησης, να χρησιμοποιούνται και εδάφη των κατηγοριών V2 και V3.

### **5.2.11 Τοποθέτηση και συμπύκνωση του υλικού πληρώσεως**

#### **Γενικά**

Ειδικότερα προκειμένου για αγωγούς κάτω από δρόμους, για λόγους ασφαλείας της κυκλοφορίας, πρέπει να αποφεύγονται υποχωρήσεις στο

υλικό πληρώσεως των τάφρων αγωγών. Με κατάλληλη συμπύκνωση πρέπει να εξασφαλίζεται, ότι η κατασκευή του οδοστρώματος πάνω από τον αγωγό μπορεί να εκτελεσθεί αμέσως μετά την επαναπλήρωση της τάφρου αγωγών και τη συμπύκνωση του υλικού πληρώσεως.

Υλικά πληρώσεως που μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στους σωλήνες των αγωγών και τις δομικές κατασκευές τους (κυρίως τέφρα και σκωρία) όπως και είδη εδάφους και υλικά που μπορούν να έχουν ως συνέπεια μία μεταγενέστερη καθίζηση (π.χ. φυτική γη, τεμάχια ξύλου), δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται για την πλήρωση. Προϋπόθεση για μία κανονική συμπύκνωση είναι η χρησιμοποίηση υλικού πληρώσεως που να επιδέχεται συμπύκνωση. Αν τα υπάρχοντα προϊόντα εκσκαφής δεν ανταποκρίνονται στην απαίτηση αυτή, πρέπει να αντικατασταθούν με υλικό πληρώσεως που να επιδέχεται συμπύκνωση.

Η πλήρωση γίνεται κατά στρώσεις, ανάλογα προς τα μηχανικά μέσα συμπυκνώσεως και το υλικό πληρώσεως, το δε πάχος των στρωμάτων πρέπει να είναι τόσο, ώστε να μη τίθεται σε κίνδυνο η ευστάθεια του αγωγού και να επιτυγχάνεται ο απαιτούμενος κατά PROCTOR βαθμός συμπυκνώσεως.

**Στην περιοχή της "ζώνης του αγωγού" (από το δάπεδο της τάφρου του αγωγού και μέχρι 30 εκ. πάνω από το εξωρράχιο του αγωγού) πρέπει να επιτευχθούν οι ακόλουθοι βαθμοί συμπυκνώσεως των στρώσεων :**

- 100% της STANDARD PROCTOR σε μη συνεκτικά υλικά της κατηγορίας V1 (ή 103% της STANDARD PROCTOR σε υλικό κατηγορίας GW και GI).
- 97% της STANDARD PROCTOR σε συνεκτικά κατηγοριών V2 και V3.

**Για την πλήρωση του απομένοντος όγκου τάφρου πάνω από τη ζώνη του αγωγού ισχύουν τα ακόλουθα:**

- **Αγωγός κάτω από οδόστρωμα**

**Ζώνη πάχους κατ' ελάχιστον 0.50 μ. κάτω από την κατώτατη επιφάνεια της υποβάσεως πρέπει να συμπυκνούνται σε ποσοστό :**

- 100% της STANDARD PROCTOR για συνεκτικά εδάφη της κατηγορίας V1 (ή 103% της STANDARD PROCTOR σε υλικά κατηγορίας GW και GI).

✓ 97% της STANDARD PROCTOR για συνεκτικά εδάφη κατηγοριών V2 και V3.

Ζώνη που βρίσκεται κάτω από την προηγούμενη (ζώνη) και μέχρι τη ζώνη του αγωγού, πρέπει να συμπυκνούνται σε :

✓ Ποσοστό 95% της STANDARD PROCTOR προκειμένου για μη συνεκτικό υλικό πληρώσεως της κατηγορίας V1 (ή 97% της STANDARD PROCTOR σε υλικά κατηγορίας GW και GI.

✓ Ποσοστό 95% της STANDARD PROCTOR προκειμένου για συνεκτικό υλικό πληρώσεως της κατηγορίας V2 και V3.

#### • **Αγωγοί εκτός οδοστρώματος**

Το υλικό πληρώσεως από την τελική επιφάνεια του εδάφους (μετά την τυχόν προβλεπόμενη διαμόρφωση) μέχρι τη ζώνη του αγωγού πρέπει να συμπυκνούνται όπως αναφέραμε παραπάνω.

Συμπύκνωση με μηχανικά μέσα επιτρέπεται σε ύψος μεγαλύτερο από 75 εκ. πάνω από την κορυφή του σωλήνα, αν δεν ορίζεται διαφορετικά στην περιγραφή του έργου. Το είδος της μηχανικής συμπίεσεως εξαρτάται από τις εδαφικές συνθήκες, την αντιστήριξη και το σωλήνα του αγωγού.

Ειδικές φορτίσεις κατά την διάρκεια των εργασιών κατασκευής, για τις οποίες ο αγωγός δεν έχει υπολογισθεί (π.χ. κυκλοφορία βαρέων μηχανημάτων ή οχημάτων πάνω στον επιχωθέντα αγωγό) δεν επιτρέπονται.

Σε εδάφη και νερά που προσβάλλουν τους αγωγούς και από την οποία προσβολή το υλικό κατασκευής των σωλήνων ή η προστατευτική τους επένδυση δεν προσφέρει επαρκή ανθεκτικότητα, πρέπει να λαμβάνονται ειδικά μέτρα.

#### **5.2.12 Πυθμένας της τάφρου και τοποθέτηση του αγωγού**

Η χαλάρωση του δαπέδου της τάφρου πρέπει να αποφεύγεται.

Συνεκτικό έδαφος που χαλαρώθηκε πρέπει να αφαιρείται πριν από την τοποθέτηση του αγωγού, σε όλο το βάθος της χαλάρωσης, και να αντικαθίσταται με μη συνεκτικό υλικό. Το υλικό αυτό πρέπει να συμπιεσθεί με μηχανικά μέσα.

Η επίχωση πρέπει να εξασφαλίζει μία όσο το δυνατόν ομοιόμορφη και σταθερή κατανομή των κινητών και μονίμων φορτίων, πάνω από τον αγωγό.

Συνεπώς, πρέπει οι αγωγοί να τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο, που να αποφεύγεται στήριξη σε μία γραμμή ή σε ένα σημείο.

#### • **Τάφροι αγωγών με αντιστήριξη**

Η τοποθέτηση και συμπύκνωση του υλικού πληρώσεως πρέπει να γίνεται με τρόπο ανάλογο προς το είδος της αντιστηρίξεως που χρησιμοποιείται κάθε φορά.

Η συναρμογή και συνεργασία του υλικού πληρώσεως και των παρειών της τάφρου πρέπει να είναι εξασφαλισμένη, ανεξάρτητα προς το είδος της αντιστηρίξεως.

Γι' αυτό το λόγο, σε περίπτωση οριζόντιας αντιστηρίξεως, πρέπει τα τμήματα αυτής να απομακρύνονται τμηματικά, με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι δυνατή η άμεση σε στρώσεις πλήρωση του τμήματος της τάφρου που ελευθερώθηκε με υλικό πληρώσεως και η συμπύκνωση αυτού.

Όμοια, και σε περίπτωση κατακόρυφης αντιστηρίξεως, πρέπει τα κατακόρυφα τμήματα αυτής (δοκοί τάφρων, πασσαλοσανίδες) να ανασύρονται τμηματικά, σε τόσο δε ύψος κάθε φορά, ώστε στο τμήμα της τάφρου που ελευθερώθηκε να είναι δυνατή η τοποθέτηση, σε στρώσεις, του υλικού πληρώσεως και η συμπύκνωση αυτού.

#### • **Ζώνη του αγωγού**

(1) Η ζώνη του αγωγού, περιλαμβάνει το χώρο μεταξύ του δαπέδου και των τοιχωμάτων της τάφρου και μέχρι ύψος 0.30 μ. πάνω από το εξωρράχιο του αγωγού.

(2) Στη ζώνη του αγωγού πρέπει οι απαιτήσεις κατασκευής του υλικού πληρώσεως που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί και ιδιαίτερα της συμπυκνώσεως να είναι αυξημένες, δεδομένου ότι αυτές έχουν ουσιώδη επίδραση στην παραδοχή της στατικής και δυναμικής καταπόνησεως του αγωγού.

(3) Ως υλικό πλήρωσης πρέπει να χρησιμοποιείται αμμοχάλικο που να τηρεί τις ακόλουθες απαιτήσεις :

#### **Διαβάθμιση Υλικού**

Διάμετρος κόσκινου

Διερχόμενα ποσοστά

(% κατά βάρος)

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| 40 mm             | 100%      |
| 30 mm             | 70 - 100% |
| 15 mm             | 50 - 85%  |
| 7 mm              | 35 - 80%  |
| 3 mm              | 25 - 70%  |
| 0,075 mm (No 200) | < 12%     |

**Το υλικό πρέπει να είναι καλώς διαβαθμισμένο, δηλαδή πρέπει να είναι :**

$$\frac{D_{60}}{D_{10}} \geq 5$$

**Όπου :** **D<sub>60</sub>** Η διάμετρος του κόσκινου δια του οποίου διέρχεται το 60% (κατά βάρος) του υλικού

**D<sub>10</sub>** Η διάμετρος του κόσκινου δια του οποίου διέρχεται το 10% (κατά βάρος) του υλικού.

**Εάν το ποσοστό (P) του λεπτόκοκκου υλικού (του διερχόμενου από το κόσκινο No 200) είναι 12% > P > 5%, τότε το λεπτόκοκκο υλικό πρέπει να έχει δείκτη πλαστικότητας P.I. < = 10%**

**(4)** Κάθε στρώση πληρώσεως πρέπει να συμπιέζεται χωριστά. Ρυθμιστικές τιμές για το ύψος της πληρώσεως όπως και για τον αριθμό των διελεύσεων αναφέρονται, συναρτήσει του μηχανήματος συμπυκνώσεως, σε ακόλουθο πίνακα.

**(5)** Μόλις γίνει εφικτό για λόγους χώρου, πρέπει η συμπύκνωση να γίνεται από την παρειά της τάφρου προς τον αγωγό. Η πλήρωση της τάφρου και η συμπύκνωση του υλικού πληρώσεως πρέπει να γίνεται ταυτόχρονα και από τις δύο πλευρές του αγωγού, για την αποφυγή μετατοπίσεως και υπερυψώσεως. Αυτό πρέπει να παίρνεται ιδιαίτερα υπόψη, όταν υπάρχουν σωλήνες που μπορούν να παραμορφωθούν.

**Τυχόν υπάρχουσα προστατευτική επένδυση των αγωγών δεν επιτρέπεται να υποστεί βλάβη.**

**(6)** Για αγωγούς εξωτερικής διαμέτρου μεγαλύτερης από 0.40 μ. πρέπει η ζώνη του αγωγού να πληρώνεται και να συμπιέζεται σε περισσότερες από δύο φάσεις εργασίας.

Για σωληνωτούς αγωγούς εξωτερικής διαμέτρου D<sub>ex</sub> μεγαλύτερης από 1,00 m, λόγω των παρουσιαζομένων δυσχερειών συμπύκνωσης του υλικού επίχωσης, θα πρέπει η κάτω στρώση του υλικού πλήρωσης,

πάχους  $t = D_{ex} / 8$  να κατασκευάζεται από σκυρόδεμα κατηγορίας B10, με ελάχιστο πάχος  $t_{min} = 0,15$  m.

• **Περιοχή πάνω από τη ζώνη αγωγού**

Το πάχος των μεμονωμένων στρώσεων πρέπει να επιλεγεί κατά τέτοιο τρόπο, που το μηχάνημα συμπυκνώσεως που χρησιμοποιείται να είναι σε θέση να επιτύχει τέλεια συμπύκνωση της κάθε μιας στρώσεως, με τον αναγκαίο αριθμό διελεύσεων. Ρυθμιστικές τιμές δίνονται σε παρακάτω πίνακα. Τα στοιχεία που περιέχονται σ' αυτόν τον πίνακα αντιπροσωπεύουν μέσες τιμές αποδόσεως. Σε δυσμενείς συνθήκες (π.χ. υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, αντιστηρίξεις), είναι δυνατό να γίνει αναγκαίο να μειωθούν τα πάχη των στρώσεων που δίνονται, ενώ σε ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες πιθανό να είναι δυνατή σχετική υπέρβαση αυτών. Ακριβείς τιμές μπορούν να προκύψουν, μόνο με μία δοκιμαστική συμπύκνωση. Αν δεν γίνει δοκιμαστική συμπύκνωση, επιτρέπονται με εξαίρεση την περίπτωση χαλυβδοσωλήνων και σωλήνων από σφαιροειδή χυτοσίδηρο (DUCTILE) - για την πρώτη στρώση πάνω από τη ζώνη του αγωγού, μόνον οι ανώτατες τιμές πάχους στρώσεως που δίνονται σε πίνακα.

• **Έλεγχος βαθμού συμπυκνώσεως**

Ο βαθμός συμπυκνώσεως του υλικού πληρώσεως των τάφρων θα πρέπει να γίνεται σε κάθε διακεκριμένη ζώνη, με την πρότυπη μέθοδο PROCTOR (STANDARD PROCTOR). Η εργαστηριακή δοκιμή συμπυκνώσεως θα πρέπει να γίνεται στο υλικό που προήλθε από τα προϊόντα κάθε δοκιμαστικής οπής (προσδιορισμός καμπύλης PROCTOR), γιατί είναι δυνατό η εργαστηριακή πυκνότητα να μεταβάλλεται από θέση σε θέση λόγω αλλαγής της κοκκομετρικής συνθέσεως. Προκειμένου για χονδρόκοκκα υλικά γίνεται διόρθωση. Ο ελάχιστος αριθμός δοκιμών συμπυκνώσεως δεν μπορεί να είναι λιγότερος από μία δοκιμή ανά 100 μ. μήκους τάφρου και για κάθε διακεκριμένη ζώνη υλικού πληρώσεως ή κατά μέγιστο ανά 500 μ<sup>3</sup> όγκου.

Αν οι τιμές βαθμού συμπυκνώσεως που εξακριβώνονται με τους παραπάνω ελέγχους είναι μικρότερες από τις προδιαγραφόμενες τιμές, τότε πρέπει να μεταβάλλεται ο τρόπος εργασίας, ώστε να επιτυγχάνονται οι προδιαγραφόμενες τιμές συμπυκνώσεως.



Σε περίπτωση ομοιόμορφου υλικού πληρώσεως και αν οι έλεγχοι βαθμού συμπυκνώσεως που εκτελούνται, αποδείξουν ικανοποιητική ομοιομορφία, τότε η Υπηρεσία μπορεί μετά από αίτηση (αυτού που έχει αναλάβει το έργο), και μετά από έγγραφη έγκριση αυτής, να περιορίσει τον ελάχιστο αριθμό δοκιμών συμπυκνώσεως, με την προϋπόθεση ότι θα πρέπει να γίνεται λεπτομερής παρακολούθηση των παχών των στρώσεων που συμπυκνούνται και του αριθμού διελεύσεων του μηχανήματος συμπυκνώσεως, ανάλογα προς το είδος του μηχανήματος και την ομάδα εδάφους σύμφωνα με τις ενδεικτικές κατευθύνσεις του πίνακα.

Η μείωση αυτή δεν απαλλάσσει τον ανάδοχο κατά κανένα τρόπο από την ευθύνη για την έντεχνη κατασκευή της πληρώσεως των τάφρων.

**Το μηχάνημα συμπύκνωσης και το πάχος των στρώσεων θα πρέπει να προταθούν από τον Ανάδοχο και να υπόκεινται στην έγκριση της Επίβλεψης.**

#### **5.2.13 Αποκατάσταση του οδοστρώματος (ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΑΓΩΓΟΥ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΟΔΟ)**

Μετά την τοποθέτηση του αγωγού μέσα στην τάφρο, πρέπει αυτή να επαναπληρωθεί αμέσως, και να συμπυκνωθεί το υλικό πληρώσεως. Η οριστική ανακατασκευή του οδοστρώματος πρέπει να εκτελεσθεί αμέσως. Η σύνδεση με το υφιστάμενο οδόστρωμα πρέπει να γίνει με ευθύγραμμη και αιχμηρή ακμή, να είναι δε ομαλή και συνεκτική.

Σπασμένα κομμάτια οδοστρώματος κοντά στην ακμή πρέπει να απομακρύνονται επιμελώς με νέα κοπή, και αν είναι δυνατόν με μηχάνημα κοπής οδοστρωμάτων. Η αποκατάσταση του οδοστρώματος πρέπει να εκτελεσθεί κατά τον ίδιο τρόπο και στην ίδια ποιότητα με το συνεχόμενο οδόστρωμα.

Αν κατ' εξαίρεση, η οριστική αποκατάσταση του οδοστρώματος δεν μπορεί να γίνει αμέσως, πρέπει ευθύς μετά την επαναπλήρωση της τάφρου του αγωγού,

αυτή να κλεισθεί με προσωρινή επικάλυψη με ασφαλτόμιγμα. Αν εμφανισθούν βλάβες της προσωρινής επικάλυψης, πρέπει αυτές να αποκατασταθούν αμέσως.

**► ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΓΙΝΕΤΑΙ ΜΙΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΔΑΦΩΝ ΚΑΙ  
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ**

| <b>ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΔΑΦΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ<br/>ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ.</b>           |                     |   |                     |                      |               |                     |                      |                      |                     |                      |            |
|---|---------------------|---|---------------------|----------------------|---------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------|
|   |                     | Κατηγορία Ικανότητας Συμπύκνωσης<br>Εδάφους |                     |                      |               |                     |                      |                      |                     |                      |            |
|   |                     | V1  |                     |                      |               | V2                  |                      |                      |                     | V3                   |            |
| Είδος<br>μηχανήματος  | Υπηρεσιακό<br>βάρος | Καταλληλότητα                               | Πάχος στρώσης<br>cm | Αριθμός<br>Διελύσεων | Καταλληλότητα | Πάχος στρώσης<br>cm | Αριθμός<br>Διελύσεων | Καταλληλότητα        | Πάχος στρώσης<br>cm | Αριθμός<br>Διελύσεων |            |
| Ελαφρά μηχανήματα συμπύκνωσης (κυρίως για την ζώνη του αγωγού)      |                     |   |                     |                      |               |                     |                      |                      |                     |                      |            |
| Δονητικός συμπιεστής  | Ελαφρός -Μέσος      | έως 25<br>25-60                             | +                   | έως 15<br>20-40      | 2-4<br>2-4    | +                   | έως 15<br>15-30      | 2-4 3-4              | +                   | έως 10<br>10-30      | 2-4<br>2-4 |
| Δονητής εκρήξεων  | Ελαφρός             | έως 1 00                                    | 0                   | 20-30                | 3-4           | +                   | 15-25                | 3 έως 5              | +                   | 20-30                | 3 - 5      |
| Δονητικές πλάκες  | Ελαφρός -Μέσος      | έως 100<br>100-300                          | +                   | έως 20<br>20-30      | 3-5<br>3-5    | 0                   | έως 15<br>15-25      | 4 έως 6<br>και 4 - 6 | -                   | -                    | -          |
| Δονητικός κύλινδρος   | Ελαφρός             | έως 600                                     | +                   | 20-30                | 4 - 6         | 0                   | 15-25                | 5 έως 6              | -                   | -                    | -          |
| Μέσα και βαριά μηχανήματα συμπύκνωσης (πάνω από τη ζώνη του αγωγού) |                     |   |                     |                      |               |                     |                      |                      |                     |                      |            |
| Δονητικός συμπιεστής  | Μέσος Βαρύς         | 25-60<br>60-200                             | +                   | 20-40<br>40-50       | 2 - 4         | +                   | 15-30<br>20-40       | 2 έως 4              | +                   | 10-30<br>20-30       | 2 - 4      |
| Δονητής εκρήξεων  | Μέσος Βαρύς         | 100-500<br>500                              | 0                   | 20-40<br>30-50       | 3 -4          | +                   | 25-35<br>30-40       | 3 έως 4              | +                   | 20-30<br>30-40       | 3 -5       |
| Δονητικές πλάκες  | Μέσος Βαρύς         | 300-750<br>750                              | +                   | 30-50<br>40-70       | 3 - 5         | 0                   | 20-40<br>30-50       | 3 έως 5              | -                   | -                    | -          |
| Δονητικός κύλινδρος   |                     | 600-8000                                    | +                   | 20-50                | 4 -6          | +                   | 20-40                | 5 έως 6              | -                   | -                    | -          |

**Σημειώσεις :**

+ = Συνιστάται

0 = Ως επί το πλείστον κατάλληλο

Τα παραπάνω στοιχεία αντιπροσωπεύουν μέσες τιμές απόδοσης. Σε δυσμενείς συνθήκες (π.χ. υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, αντιστηρίξεις), είναι δυνατό να γίνει αναγκαίο να μειωθούν τα διδόμενα πάχη των στρώσεων, (ενώ σε ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες, πιθανό να είναι δυνατή σχετική υπέρβαση αυτών. Ακριβείς τιμές μπορούν να προκύψουν μόνο σε μία δοκιμαστική συμπύκνωση. Εάν δεν διεξαχθεί δοκιμαστική συμπύκνωση, επιτρέπονται με εξαίρεση την περίπτωση χαλυβδοσωλήνων και σωλήνων από σφαιροειδή χυτοσίδηρο για την πρώτη στρώση πάνω από τη ζώνη του αγωγού, μόνο οι ανώτατες τιμές πάχους.

#### **5.2.14 Μεταβατικά επιχώματα**

Τα μεταβατικά επιχώματα, όταν και όπου αυτά προβλέπονται να κατασκευασθούν πίσω από ακρόβαθρα γεφυρών και οχετούς πλην σωληνωτών, σύμφωνα με την μελέτη (που θα πρέπει να χει προηγηθεί) ή κατά τις εντολές της Υπηρεσίας και πίσω από τα πάσης φύσεως φρεάτια, θα πρέπει να κατασκευάζονται με υλικό στράγγισης προελεύσεως λατομείου και στις διαστάσεις και κλίσεις που προσδιορίζονται στη μελέτη ή κατά τις εντολές της Υπηρεσίας.

#### **Ο βαθμός συμπυκνώσεως των μεταβατικών επιχωμάτων ορίζεται ως ακολούθως :**

§ Οχετός ή φρεάτιο κλπ. κάτω από οδόστρωμα

(1) Ζώνη πάχους κατ' ελάχιστο 0.50 μ. κάτω από την κατώτατη επιφάνεια της υποβάσεως, πρέπει να συμπυκνούται σε ποσοστό 103% της **STANDARD PROCTOR.**

(2) Ζώνη που βρίσκεται κάτω από τη ζώνη (1) πρέπει να συμπυκνούται σε ποσοστό 97% της STANDARD PROCTOR.

§ Οχετός ή φρεάτιο κλπ. εκτός οδοστρώματος :

Όλο το υλικό του μεταβατικού επιχώματος πρέπει να συμπυκνούται σε ποσοστό 97% της STANDARD PROCTOR.

Η πλήρωση των σκαμμάτων για την κατασκευή των μεταβατικών επιχωμάτων πρέπει να γίνεται ταυτόχρονα και από τις δύο πλευρές για την αποφυγή μετατοπίσεως των οχετών κλπ.

Τυχόν υπάρχουσα προστατευτική επένδυση των οχετών, φρεατίων κλπ. δεν επιτρέπεται να υποστεί βλάβη. Για την συμπύκνωση των μεταβατικών επιχωμάτων ισχύουν, εφ' όσον δεν υπάρχουν άλλες αντενδείξεις, τα αναφερόμενα στον πίνακα για περιοχή πάνω από τη ζώνη του αγωγού. Για τον έλεγχο του βαθμού συμπυκνώσεως και την αποκατάσταση του οδοστρώματος ισχύουν τα όσα αναφέρθηκαν.

• **Επίχωση μεταβατικών επιχωμάτων**

Ο όγκος των μεταβατικών επιχωμάτων, αν δεν προσδιορίζεται διαφορετικά στη μελέτη, μετράται σε κυβικά μέτρα έτοιμης κατασκευής, με όγκο που ορίζεται :

(1) Από τις γραμμές θεωρητικής εκσκαφής (Γ.Θ.Ε.) πυθμένα, παρειών και άνω επιφάνειας, όπως αυτές προσδιορίστηκαν παραπάνω.

(2) Από την άνω επιφάνεια του μεταβατικού επιχώματος μία οριζόντια επιφάνεια πλάτους 0.50 μ. στην στέψη του οχετού και εν συνεχεία ένα πρανές κλίσεως  **$\beta:υ=1:1$**  μέχρι το πρανές αυτό να κόψει την προσκείμενη **Γ.Θ.Ε.**

(3) Από την εξωτερική παρειά του οχετού ή φρεατίου.

(4) Από τον παραπάνω όγκο που ορίζεται με τα (1), (2) και (3) θα πρέπει να αφαιρείται ο όγκος τυχόν επικαλυπτομένων αγωγών ή οχετών και το τυχόν σκυρόδεμα εδράσεως αυτών.

• **Επίχωση περιοχής πάνω από τη " ζώνη αγωγού "**

Η επίχωση της περιοχής πάνω από τη " ζώνη αγωγού " μετράται σε κυβικά μέτρα έτοιμης κατασκευής που προκύπτει από τις παρειές θεωρητικής εκσκαφής, πυθμένα που ταυτίζεται με την άνω επιφάνεια της ζώνης αγωγού και άνω επιφάνεια την άνω στάθμη της τάφρου, όπως αυτή είναι διαμορφωμένη κατά τον χρόνο της επιχώσεως, αφαιρουμένου όμως του πάχους του πιθανώς αναγκαίου οδοστρώματος ή στρώσεως φυτικών κλπ.

**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ :**

Επιπλέον όγκος υλικού πληρώσεως που πραγματοποιείται, λόγω εκσκαφής της τάφρου σε μεγαλύτερα βάθη ή πλάτη πυθμένα τάφρου ή κλίσεις παρειών κλπ., δεν επιμετράται ούτε πληρώνεται στον (ανάδοχο), που έχει αναλάβει το έργο.

**5.2.15 Έλεγχος γεωτεχνικής συμπεριφοράς των έργων**

Για να παρακολουθηθεί και αξιολογηθεί η γεωτεχνική συμπεριφορά των έργων, θα πρέπει να εγκατασταθούν Μάρτυρες ελέγχου των υποχωρήσεων του υπεδάφους (Μάρτυρες Υ), από τους οποίους θα πρέπει να παίρνονται, με μετρήσεις, στοιχεία της καθίζησης κάτω από το φορτίο του επιχώματος.

Οι Μάρτυρες αυτοί πρέπει να εγκατασταθούν και να αρχίσουν οι μετρήσεις σ' αυτούς σύγχρονα με την έναρξη κατασκευής του αντίστοιχου επιχώματος.

Στην ίδια περιοχή με τους "Μάρτυρες Υ" θα πρέπει να εγκατασταθούν (σε οριζοντιογραφική απόσταση το πολύ 5,00 μ.), Μάρτυρες ελέγχου των υποχωρήσεων στην τελική στάθμη του επιχώματος (Μάρτυρες ΤΣ). Οι Μάρτυρες αυτοί θα πρέπει να εγκατασταθούν μόλις τελειώσει η κατασκευή του επιχώματος και οι μετρήσεις να αρχίσουν αμέσως μετά την εγκατάστασή τους.

Επισημαίνεται ότι οι θέσεις που θα πρέπει να επιλεγούν για την τοποθέτηση όλων των Μαρτύρων, θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να μπορούν να διατηρηθούν και μετά την ολοκλήρωση των εργασιών της οδού (χωματουργικά, οδοστρωσία, ασφαλτικά) και την απόδοση των έργων στην κυκλοφορία, ώστε να μπορούν να συνεχιστούν οι μετρήσεις χωρίς να δημιουργούνται εμπόδια στην ασφαλή διεξαγωγή της κυκλοφορίας ή και την εκτέλεση άλλων εργασιών (π.χ. θα μπορούν να τοποθετηθούν στις ζώνες των ερεισμάτων, τάφρων κλπ.). Θα πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια, ώστε τυχόν εργασίες επιδομής στην περιοχή των Μαρτύρων, να γίνονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μην εμποδίζεται ή αλλοιώνεται η παραπέρα λειτουργία τους.

- Οι Μάρτυρες θα πρέπει να είναι κατασκευασμένοι από μαύρο σιδηροσωλήνα 3" ISO MEDIUM βαρύ, (πράσινη ετικέτα), που να θεμελιώνεται σε βάση από σκυρόδεμα Φ 0,60 μ. και πάχους 0,50 μ. από Β5 και να περιβάλλεται, για μείωση της επιρροής των αρνητικών τριβών, από πλαστικό σωλήνα από σκληρό PVC διαμέτρου Φ 140 χλσ., τύπου υπονόμων ή βαρύτερου. Οι Μάρτυρες θα πρέπει να τοποθετούνται κατακόρυφοι με τη βοήθεια νήματος της στάθμης και να στερεώνονται κατάλληλα, ώστε να εξασφαλίζεται η κατακόρυφη επέκτασή τους προς τα πάνω.
- Η πάκτωση του σιδηροσωλήνα θα πρέπει να γίνεται κατ' ελάχιστον 0,30 μ. μέσα στη βάση από σκυρόδεμα και η επέκτασή τους προς τα

πάνω να γίνεται (με την πρόοδο της κατασκευής του επιχώματος) με προσθήκη τυποποιημένων κομματιών, μήκους 1,00 μ. μέχρι 1,50 μ., που συνδέονται μεταξύ τους με ΜΟΥΦΕΣ. Ανάλογα ισχύουν για την επέκταση προς τα πάνω και για τους πλαστικούς σωλήνες (δημιουργία μούφας με ζέσταμα κλπ.).

- Για την περίπτωση τοποθέτησης του μάρτυρα μέσα στο νερό (θάλασσα κλπ.) η πάκτωσή του θα πρέπει να γίνεται σε προκατασκευασμένη βάση από σκυρόδεμα Β10 διαστάσεων  $b \times l \times h = 1,00 \times 1,00 \times 0,40$  μ.

Η βάση θα πρέπει να έχει κατάλληλη διάταξη στην πάκτωση του σιδηροσωλήνα με την οποία εξασφαλίζεται η κατακόρυφη τοποθέτηση του σιδηροσωλήνα, άλλως θα πρέπει, κατά την πόντιση της βάσης να έχει προηγηθεί οριζοντίωση της επιφάνειας έδρασης αυτής (με υποθαλάσσια εκσκαφή ή διάστρωση υλικού επίχωσης). Μετά την κατασκευή της βάσης και την τυχόν αναγκαία διαμόρφωση της επιφάνειας έδρασης η βάση θα πρέπει να ποντίζεται στη θέση που προβλέπεται από τη μελέτη και στη συνέχεια να γίνεται κατακορύφωση του σωλήνα του μάρτυρα.

Το πρώτο τμήμα του μάρτυρα, στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να έχει κατάλληλο ύψος ώστε η κορυφή του να προεξέχει της επιφάνειας του νερού κατά 1,00 μ. τουλάχιστον.

Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών, οι Μάρτυρες θα πρέπει να προστατεύονται με κατάλληλα προστατευτικά περιφράγματα (τρίποδες ή άλλης μορφής) της έγκρισης της Υπηρεσίας. Οι μετρήσεις των υποχωρήσεων θα πρέπει να γίνονται σε δύο μετρήσεις (μετάβαση και επιστροφή) με γεωμετρική χωροστάθμηση συνήθους ακρίβειας. Τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να αναγράφονται σε ξεχωριστά φύλλα για τους δύο Μάρτυρες κάθε θέσης (Μάρτυρες Υ, ΤΣ) και να συντάσσονται και κατάλληλα διαγράμματα υποχωρήσεων.

**Για κάθε μέτρηση θα πρέπει να παίρνονται στοιχεία ημερομηνίας και στάθμης που έχει φθάσει η κατασκευή του επιχώματος.**

**Ειδικότερα για τους κάθε δύο Μάρτυρες “Υ” και “ΤΣ”, θα πρέπει να δίνονται σε ξεχωριστή θέση του πίνακα :**

- Η ημερομηνία έναρξης κατασκευής του επιχώματος με το αντίστοιχο υψόμετρο εδάφους στο ελεγχόμενο σημείο από τον Μάρτυρα Υ.

- Η ημερομηνία της ολοκλήρωσης κατασκευής του επιχώματος με το αντίστοιχο υψόμετρο του επιχώματος στη θέση του Μάρτυρα ΤΣ.

Θα πρέπει να δίνονται σαν συμπληρωματικά στοιχεία, παρατηρήσεις για το ρυθμό ανύψωσης του επιχώματος και θα πρέπει να αναγράφονται ιδιαίτερα τυχόν περίοδοι απραξίας (μικρές ή μεγάλες).

**Με τα παραπάνω στοιχεία σκοπείται να μπορεί να διαμορφωθεί πλήρης εικόνα της χρονικής εξέλιξης της ανύψωσης του επιχώματος.**

Εκτός εάν άλλως προδιαγράφεται στην Τεχνική Μελέτη ή στα λοιπά Τεύχη Δημοπράτησης οι **“Μάρτυρες Υ”** θα πρέπει να εγκαθίστανται σε επιχώματα ύψους μεγαλύτερου των 7,0 μ. για την περίπτωση λεπτοκόκκων εδαφών ή ύψους μεγαλύτερου των 10,0 μ. για την περίπτωση χονδροκόκκων εδαφών. Για κάθε ελεγχόμενο υψηλό επίχωμα πρέπει να τοποθετούνται στην κρισιμότερη διατομή (στα δύο άκρα της) τουλάχιστον δύο **“Μάρτυρες Υ”** με τους συνοδούς τους μάρτυρες ΤΣ. (Δηλαδή να εγκαθίστανται δύο δίδυμα μαρτύρων ανά διατομή). Για μεγάλου μήκους επιχώματα να τοποθετούνται τουλάχιστον δύο δίδυμα μαρτύρων ανά 400 μ. οδού. Για την περίπτωση επικλινούς εδάφους τα δύο δίδυμα των μαρτύρων θα πρέπει να τοποθετούνται μονόπλευρα (προς την πλευρά του υψηλότερου πρανού) με μικρή απόσταση μεταξύ τους (π.χ. σε απόσταση περίπου 10 μ.).

Εκτός από τους Μάρτυρες που προκύπτουν σύμφωνα με την παραπάνω παράγραφο η Υπηρεσία έχει τη δυνατότητα να εγκαταστήσει και πρόσθετους Μάρτυρες (μέχρι ποσοστό 30%) κατά την κρίση της, για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας και του ελέγχου κατασκευής του έργου.

**Οι μετρήσεις στους Μάρτυρες Υ, και ΤΣ, θα πρέπει να γίνονται σύμφωνα με το ακόλουθο πρόγραμμα :**

α. Για την περίοδο κατασκευής των επιχωμάτων, πρέπει να παίρνεται μία μέτρηση ανά 15 ημέρες (ισχύει μόνο για τους μάρτυρες “Υ”).

β. Για έξη μήνες μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής των επιχωμάτων στη τελική τους στάθμη, πρέπει να παίρνεται μία μέτρηση ανά μήνα.

γ. Για την τυχόν υπολειπόμενη περίοδο μέχρι και την έναρξη κατασκευής των ασφαλικών εργασιών πρέπει να παίρνεται μία μέτρηση ανά δύο μήνες.

δ. Για όλη την υπόλοιπη περίοδο μέχρι και την προσωρινή παραλαβή όλων των εργασιών του έργου, πρέπει να παίρνεται μία μέτρηση ανά τέσσερις μήνες.

Οι πίνακες και τα διαγράμματα υποχωρήσεων θα πρέπει να υποβάλλονται σε τέσσερα (4) αντίγραφα ανά τρίμηνο (ή και σε συντομότερα χρονικά διαστήματα εφόσον πρόκειται να παρθούν αποφάσεις σχετικά με την εκτέλεση εργασιών) στην Υπηρεσία, για αξιολόγηση των αποτελεσμάτων τους.

Οι μετρήσεις στους Μάρτυρες υποχώρησης εντάσσονται στην ομάδα των μετρήσεων ελέγχου της γεωμετρίας.

Για τον προσδιορισμό της θέσης, την κατασκευή της θεμελίωσης και την κατασκευή των Μαρτύρων υποχώρησης (σιδηροσωλήνες, πλαστικοί σωλήνες και διάφορα υλικά και εργασίες), προβλέπεται να γίνει η πληρωμή με ενιαία τιμή ανά μέτρο μήκους Μάρτυρα υποχώρησης, σύμφωνα με το Τιμολόγιο προσφοράς.

Για την εκτέλεση των μετρήσεων (για την παρακολούθηση των καθιζήσεων) και τις εργασίες υποβολής των σχετικών διαγραμμάτων δεν πρόκειται να γίνει πληρωμή γιατί ορίζεται ότι οι σχετικές δαπάνες περιλαμβάνονται κατά ανοιγμένο τρόπο, στα υπόλοιπα είδη εργασιών και περιλαμβάνονται στην οικονομική προσφορά (αυτού που έχει αναλάβει το έργο). Στην περίπτωση κατά την οποία καταστραφεί οποιοσδήποτε Μάρτυρας από οποιοδήποτε λόγο, πρέπει να επιδιορθωθεί, (με αντικατάσταση του κατεστραμμένου τμήματος ή και ολοκληρωτική αντικατάστασή του), αφού υποβληθούν τα απαραίτητα έγγραφα. Με τον τρόπο αυτό αποδεικνύεται δυνατότητα συσχετισμού των νέων μετρήσεων με τις παλιές του αρχικού Μάρτυρα.

Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων του Μάρτυρα υποχώρησης, που θα πρέπει να γίνει από την Υπηρεσία, πρέπει να συναχθούν συμπεράσματα σχετικά με τον προγραμματισμό κατασκευής των ασφαλικών στρώσεων, ή και τροποποιήσεις του προγράμματος εκτέλεσης των εργασιών, ή και χρήση στον ποιοτικό έλεγχο κατασκευής των διαφόρων εργασιών του έργου.



### **5.2.16 Απαιτήσεις ακρίβειας υψομέτρων και ομαλότητας επιφανειών σιδηροδρομικών έργων**

Η στρώση διαμόρφωσης, η στρώση θεμελίωσης και η στρώση υποστρώματος πρέπει να κατασκευάζονται έτσι ώστε η επιφάνειά τους να έχει τα υψόμετρα και τις κλίσεις και εγκάρσιες κλίσεις που παρέχονται από τα σχέδια της μελέτης με της ανοχές που δίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

#### **ΑΝΟΧΕΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ**

| Στρώση       | Ανοχή υψομέτρου (χλστ) |
|--------------|------------------------|
| διαμόρφωσης  | +/-25                  |
| θεμελίωσης   | +/-20                  |
| υποστρώματος | +0 - 15                |

Ο έλεγχος των υψομέτρων θα πρέπει να γίνεται με ένα κάρναβο σημείων που απέχουν 10 μ. κατά μήκος και τουλάχιστον 3 μ. εγκάρσια. Οι παραπάνω απαιτήσεις θεωρούνται ότι ικανοποιούνται, όταν το πολύ μία στις δέκα κατά μήκος μετρήσεις ή μόνο μία σε κάθε εγκάρσια γραμμή του κάρναβου διαφέρει από τις απαιτήσεις του Πίνακα. Επιπλέον οι εκτός ορίων μετρήσεις δεν πρέπει να διαφέρουν από τα όρια ανοχών περισσότερο από 5 χλστ.

Εκτός από τις απαιτήσεις ακρίβειας υψομέτρων η ομαλότητα της επιφάνειας των στρώσεων θα πρέπει να ελέγχεται με κανόνα 3 μ. που τοποθετείται κάθετα προς τον άξονα της σιδηροδρομικής γραμμής **Η μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση των μετρήσεων αυτών δίνεται στον ακόλουθο πίνακα :**

#### **ΑΝΟΧΕΣ ΟΜΑΛΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ**

| Στρώση | Μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση χλστ |
|--------|------------------------------------|
|--------|------------------------------------|

|              |    |
|--------------|----|
| διαμόρφωσης  | 20 |
| θεμελίωσης   | 15 |
| υποστρώματος | 10 |

Οι μετρήσεις με τον κανόνα θα πρέπει να γίνονται με συχνότητα 100 μετρήσεων ανά 1.000 μ. μήκους, από τις οποίες μέχρι 25 να λαμβάνονται σε αποστάσεις 3 μ. μεταξύ τους, ή σε αποστάσεις 3 μ. από τις γραμμές του καννάβου ελέγχου ακριβείας υψομέτρων.

### **5.2.17 Αντιπαγετικές στρώσεις από ασύνδετο υλικό**

#### **Γενικά**

Εδώ θα ασχοληθούμε με στρώσεις από ασύνδετο υλικό, οι οποίες σκοπό έχουν την προστασία του οδοστρώματος από βλάβες λόγω επίδρασης παγετού.

Σε όσες περιπτώσεις προβλέπεται κατασκευή Στρώσης Στράγγισης Οδοστρώματος (Σ.Σ.Ο.) και παράλληλα απαιτείται να εφαρμοσθεί αντιπαγετική προστασία του οδοστρώματος, η Σ.Σ.Ο. κατασκευάζεται και αποτελεί τμήμα της αντιπαγετικής προστασίας του έργου.

Οι στρώσεις αντιπαγετικής προστασίας πρέπει να κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι δυνατή η αποστράγγιση τόσο κατά την κατασκευή όσο και κατά τη διάρκεια λειτουργίας της οδού. Στα ορύγματα κατασκευάζεται μέχρι τις εγκαταστάσεις απορροής των ομβρίων και στα επιχώματα μέχρι το στραγγιστικό αγωγό, ή το πρανές.

Αν δεν καθορίζεται διαφορετικά, στις μονοκλινείς διατομές, στην περιοχή της υψηλότερης οριογραμμής του οδοστρώματος, στο όριο με την "πλευρική διαμόρφωση" της διατομής, η κάτω επιφάνεια της στρώσης αντιπαγετικής προστασίας (Planum) διαμορφώνεται με αντίθετη εγκάρσια κλίση  $\geq 4\%$ . Η αντίθετη αυτή εγκάρσια κλίση πρέπει να αρχίζει σε απόσταση 1,0 μ. μετρούμενη από την υπόψη οριογραμμή προς το μέσον του οδοστρώματος.

Το πάχος της αντιπαγετικής στρώσης, στο τμήμα μεταξύ της οριογραμμής της σταθεροποιημένης επιφάνειας και του πρανούς (ή αντίστοιχα των πλευρικών

εγκαταστάσεων απορροής), μπορεί να μειωθεί, εφόσον εξασφαλίζεται η ανεμπόδιστη αποστράγγιση. Στα χαμηλότερα σημεία των κοιλωμάτων της μηκοτομής πρέπει να αυξάνεται το πάχος της αντιπαγετικής στρώσης και να προβλέπονται πρόσθετες εγκαταστάσεις αποστράγγισης, ώστε να αποφεύγεται η συσσώρευση ομβρίων υδάτων. Το μεγαλύτερο αυτό πάχος θα πρέπει να εφαρμόζεται από το χαμηλότερο σημείο του κοιλώματος και από τις δύο πλευρές σε μήκος 10 μ. τουλάχιστον και κατά τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η μονότονα κατωφερική κλίση της κάτω επιφάνειας προς τον αποδέκτη της στράγγισης (τάφος, στραγγιστήριο ή πρανές).

### **5.2.18 Αντιπαγετική στρώση**

#### **Γενικά**

(1) Εδώ περιγράφεται η κατασκευή αντιπαγετικής στρώσης από κοκκώδη υλικά.

(2) Αντί της αντιπαγετικής στρώσης, ως αντιπαγετική στρώση μπορεί να κατασκευασθεί βάση-υπόβαση από μη κατεργασμένο συλλεκτό ή θραυστό αμμοχάλικο από ασύνδετο υλικό) με συγκεκριμένες απαιτήσεις κοκκομετρικής σύνθεσης.

Οι αντιπαγετικές στρώσεις αποτελούνται από : Συνθέσεις συλλεκτών αμμοχάλικων με πιθανή προσθήκη αδρανών (π.χ. από φυσικό πέτρωμα, σκωρίες υψικαμίνων, ιπτάμενη τέφρα) ή Συνθέσεις θραυστών σκύρων - γαρμπιλίου - άμμου, ή γαρμπιλίου - άμμου (π.χ. από φυσικό πέτρωμα, σκωρίες υψικαμίνων, ιπτάμενη τέφρα).

Αν οι απαιτήσεις ως προς τον βαθμό συμπίκνωσης ή και ως προς το μέτρο παραμόρφωσης (ή αντίστοιχα το CBR) δεν μπορούν να ικανοποιηθούν και τούτο οφείλεται σε αντικειμενική αδυναμία, **πρέπει να εφαρμόζεται μία από τις παρακάτω μεθόδους :**

(1) Βελτίωση ή σταθεροποίηση κάτω από την επιφάνεια έδρασης της αντιπαγετικής στρώσης.

(2) Βελτίωση της κοκκομετρικής διαβάθμισης της σύνθεσης των αδρανών της αντιπαγετικής στρώσης, με προσθήκη αδρανών συγκεκριμένης διαβάθμισης.

(3) Αύξηση του πάχους της αντιπαγετικής στρώσης.

**(4)** Αντικατάσταση της αντιπαγετικής στρώσης με αντίστοιχου πάχους "μη κατεργασμένες" βάσεις αμμοχάλικων.

Για την περίπτωση έργων που κατασκευάζονται με ΜΕΛΕΤΗ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ, ή με ΣΥΜΒΑΣΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗΣ, η εκλογή της κατά περίπτωση καταλληλότερης μεθόδου θα πρέπει να γίνεται από αυτόν που έχει αναλάβει το έργο και να τελεί υπό την έγκριση από την Υπηρεσία μόνον κατά το τεχνικό της μέρος. Για την περίπτωση έργων που κατασκευάζονται με ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΑΔΑΣ θα πρέπει να ακολουθείται η ίδια διαδικασία, αλλά η έγκριση της Υπηρεσίας να χορηγείται μετά από συνεκτίμηση και των οικονομικών δεδομένων

• **Υλικά και συνθέσεις υλικών κατασκευής**

Για την κατασκευή της αντιπαγετικής στρώσης χρησιμοποιούνται τα παρακάτω υλικά :

**(1)** Συνθέσεις (συλλεκτών) χαλίκων και αμμοχάλικων με ποσοστό  $\leq 5\%$  κ.β. κόκκων μικρότερων των 0,063 χλστ. και ποσοστό  $>40\%$  κ.β. κόκκων μεγαλύτερων των 2 χλστ.

**(2)** Συνθέσεις (συλλεκτών) άμμων και αμμοχάλικων με ποσοστό  $\leq 5\%$  κ.β. κόκκων μικρότερων των 0,063 χλστ. και ποσοστό  $\leq 40\%$  κ.β. κόκκων μεγαλύτερων των 2 χλστ.

**(3)** Συνθέσεις από λιθοσυντρίμματα (γαρμπίλι) και άμμο λατομείου διαβαθμίσεων από 0/5 έως 0/32 χλστ., καθώς και από θραυστά σκύρα, γαρμπίλι και άμμο λατομείου διαβαθμίσεων 0/45 και 0/56 χλστ.

**(4)** Εκτός των παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνδέσεις αδρανών των περιπτώσεων **(1)** και **(2)** με προσθήκη θραυστών αδρανών, καθώς και συνθέσεις αδρανών της περίπτωσης **(3)** με προσθήκη συλλεκτής άμμου. Στην περίπτωση προσθήκης συλλεκτής άμμου, το ποσοστό των μικρότερων των 2 χλστ. κόκκων στο συνολικό ποσοστό της σύνθεσης των αδρανών πρέπει να είναι τουλάχιστον 20% κ.μ.

Το ποσοστό των πλέον χονδρόκοκκων αδρανών, συμπεριλαμβανομένου του ποσοστού κόκκων εκτός διαβάθμισης, πρέπει να είναι τουλάχιστον 10% κ.β.

Το ποσοστό των χονδρόκοκκων κόκκων εκτός διαβάθμισης πρέπει να μην υπερβαίνει το 10% κ.β.

Στο ανώτερο τμήμα της αντιπαγετικής στρώσης και σε πάχος 20 εκ., το ποσοστό των μεγαλύτερων των 2 χλστ κόκκων στο συνολικό ποσοστό της σύνθεσης των αδρανών πρέπει να είναι τουλάχιστον 30% κ.β. Οι άμμοι και τα αμμοχάλικα που δεν ικανοποιούν αυτή την απαίτηση επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται, εφόσον αποδεικνύεται ότι ικανοποιούνται οι απαιτήσεις ως προς το βαθμό συμπύκνωσης και ως προς το μέτρο παραμόρφωσης (ή αντίστοιχα το CBR), και η στρώση είναι σε συμπυκνωμένη κατάσταση, ικανοποιητικά υδατοπερατή.

**Εκτός των παραπάνω,** στα ανώτερα 20 εκ. της αντιπαγετικής στρώσης, το ποσοστό των μεγαλύτερων των 2 χλστ κόκκων στις συνθέσεις της περίπτωσης **(1)** δεν πρέπει να υπερβαίνει το 75% κ.β. και στις συνθέσεις της περίπτωσης **(3)** το 85% κ.β. Επίσης το ποσοστό των μεγαλύτερων των 16 χλστ κόκκων στις συνθέσεις των περιπτώσεων **(1)** και **(2)**, όπως και το ποσοστό των μεγαλύτερων των 22 χλστ κόκκων στις συνθέσεις της περίπτωσης **(3)** δεν πρέπει να υπερβαίνει το 40% κ.β.

Το επιτρεπόμενο ποσοστό κόκκων μικρότερων των 0,063 χλστ καθορίζεται (παράλληλα με την ευπάθεια σε παγετό) και από την ευπάθεια των υλικών και συνθέσεων υλικών κατασκευής σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες κατά την κατασκευή και προσδιορίζεται, έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις των παραπάνω.

**Τα υλικά κατασκευής θα πρέπει να μεταφέρονται στο εργοτάξιο διαβρεγμένα.**

#### • **Κατασκευή**

Απαγορεύεται η κατασκευή της αντιπαγετικής στρώσης όταν η στρώση έδρασης αυτής βρίσκεται υπό την επίδραση παγετού.

Το ελάχιστο πάχος κάθε στρώσης, ή επιμέρους στρώσης, σε συμπυκνωμένη κατάσταση, εξαρτάται από το μέγεθος του μεγίστου κόκκου της σύνθεσης των αδρανών και είναι :

- συνθέσεις αδρανών μέγιστου κόκκου 32 χλστ: 12 εκ.
- συνθέσεις αδρανών μέγιστου κόκκου 45 χλστ: 15 εκ.
- συνθέσεις αδρανών μέγιστου κόκκου 56 χλστ : 18 εκ.
- συνθέσεις αδρανών μέγιστου κόκκου 63 χλστ.: 20 εκ.

Η αντιπαγετική στρώση πρέπει να κατασκευάζεται έτσι, ώστε να παρουσιάζει ομοιομορφία ως προς την αντοχή της και τη συμπεριφορά

της σε παραμόρφωση. Για το σκοπό αυτό, η φόρτωση, εκφόρτωση και διάστρωση των αδρανών υλικών πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να αποφεύγεται η απόμιξη. Η συμπύκνωση του διαστρωμένου υλικού πρέπει να γίνεται με τη βέλτιστη περιεκτικότητα σε νερό, σε πολλές φάσεις εργασίας.

- **Απαιτήσεις**

- Κοκκομετρική διαβάθμιση**

(1) Για την τελειωμένη στρώση ισχύουν οι οριακές τιμές. Το ποσοστό κόκκων μικρότερων των 0,063 χλστ δεν πρέπει να υπερβαίνει το 7,0% κ.β.

(2) Σε περίπτωση κατά την οποία υπάρχει ενδεχόμενο υδροφόρος ορίζοντας να ανέρχεται έως την επιφάνεια έδρασης της αντιπαγετικής στρώσης (Planum), το κατώτερο τμήμα της αντιπαγετικής στρώσης, ελάχιστου πάχους 20 εκ. πρέπει να κατασκευάζεται έτσι ώστε το ποσοστό κόκκων μικρότερων των 0,063 χλστ να μην υπερβαίνει το 5,0% κ.β.

(3) Ποσοστό μεγαλύτερο του 7% κ.β. κόκκων μικρότερων των 0,063 χλστ γίνεται δεκτό, μόνον όταν αποδεικνύεται η καταλληλότητα της σύνθεσης των αδρανών αναφορικά με την υδατοπερατότητα, τη μη ευπάθεια σε παγετό κ.τ.λ.

- **Βαθμός συμπύκνωσης και μέτρο παραμόρφωσης**

(1) Η αντιπαγετική στρώση πρέπει να συμπυκνώνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται ο ελάχιστος βαθμός συμπύκνωσης σύμφωνα με την δοκιμή Proctor ( $D_{Pr}$ )

(2) Σε περίπτωση, κατά την οποία ο έλεγχος του βαθμού συμπύκνωσης γίνεται έμμεσα (λόγω των δυσκολιών που μπορεί να προέρχονται από τα χαρακτηριστικά των υλικών κατασκευής) με τη δοκιμή φόρτισης πλάκας, η σχέση των μέτρων παραμόρφωσης (2η προς 1η φόρτιση)  $E_{v2}/E_{v1}$  δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή 2,2 όταν προδιαγράφεται βαθμός συμπύκνωσης  $D_{Pr} \geq 103\%$  της πρότυπης δοκιμής Proctor (ή 98% της τροποποιημένης δοκιμής Proctor) και  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$  όταν προδιαγράφεται  $D_{Pr} < 103\%$  της πρότυπης δοκιμής Proctor.

(3) Σύμφωνα με την τυποποίηση κατάταξης των οδοστρωμάτων σε τέσσερις κατηγορίες, ανάλογα με την ελάχιστη Φέρουσα Ικανότητα

Έδρασης (Φ.Ι.Ε.), που απαιτείται να υπάρχει στην επιφάνεια έδρασης του οδοστρώματος, που στην προκειμένη περίπτωση ταυτίζεται με την άνω επιφάνεια της αντιπαγετικής στρώσης, πρέπει να ισχύουν οι ακόλουθες απαιτήσεις, ανάλογα με Φ.Ι.Ε. σχεδιασμού του οδοστρώματος.

| <u>Φέρουσα Ικανότητα Έδρασης (Φ.Ι.Ε.)</u>     | <u>Φ.Ι.Ε. 0</u>           | <u>Φ.Ι.Ε. 1</u>           | <u>Φ.Ι.Ε. 2</u>           | <u>Φ.Ι.Ε. 3</u>   |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| CBR (%)                                       | $3 < \text{CBR} \leq 5$   | $5 < \text{CBR} \leq 10$  | $10 < \text{CBR} \leq 20$ | $\text{CBR} > 20$ |
| Ενδεικτικό* αντίστοιχο Μέτρο Παραμόρφωσης Ev2 | $17 < \text{Ev2} \leq 25$ | $25 < \text{Ev2} \leq 35$ | $35 < \text{Ev2} \leq 45$ | $\text{Ev2} > 45$ |

- Το κριτήριο της Φέρουσας Ικανότητας Έδρασης αναφέρεται στο μετρούμενο CBR επί τόπου του έργου. Είναι όμως δυνατόν να γίνεται μέτρηση του Μέρου Παραμόρφωσης [Ev2] επί τόπου του έργου, αντί για μέτρηση του CBR, αν γίνουν μετρήσεις και των δύο μεγεθών (CBR, Ev2) σε κατάλληλο αριθμό θέσεων περίπου ίδιων συνθηκών και από αυτές συνταχθεί κατάλληλη σχέση συσχέτισμού των.

**(4)** Για την κατασκευή οδοστρωμάτων, αυτοκινητοδρόμων και κύριων οδικών έργων (κατηγορίας K3 και ανώτερης) δεν γίνεται δεκτή, στην έδραση του οδοστρώματος, Φ.Ι.Ε. μικρότερη του 2.

**(5)** Κατά τον προσδιορισμό του μέτρου παραμόρφωσης (ή του CBR) και της πυκνότητας ξηρού υλικού  $\gamma_d$ , στα πλαίσια των ελέγχων, επιτρέπονται οι παρακάτω αποκλίσεις :

- Αν ο αριθμός των δοκιμών ελέγχων κάθε στρώσης (ή θέσης ελέγχου) είναι μικρότερος από πέντε (5), όλα τα επιμέρους αποτελέσματα θα πρέπει να βρίσκονται εντός των επιτρεπομένων ορίων.
- Αν οι δοκιμές ελέγχου είναι πέντε ή περισσότερες, επιτρέπεται κάθε φορά ένα

(1) επιμέρους αποτέλεσμα να αποκλίνει από μεν το απαιτούμενο CBR ή αντίστοιχα το μέτρο παραμόρφωσης όχι περισσότερο από 10%, ενώ για

τον προσδιορισμό του βαθμού συμπύκνωσης όχι περισσότερο από 3% από την πυκνότητα ξηρού υλικού

(6) Σε περίπτωση, κατά την οποία αιτιολογούνται μη αποδεκτά αποτελέσματα (π.χ. για σύνθεση πολύ ανομοιόμορφων υλικών), μπορούν να προσδιορίζονται και να δίδονται οι μέγιστες επιτευχθείσες τιμές με συμπυκνώσεις δειγμάτων.

**Ελάχιστες απαιτήσεις για το βαθμό συμπύκνωσης  $D_{Pr}$  μιγμάτων υλικών κατασκευής αντιπαγετικών στρώσεων**

| No | Περιοχή   | Συνθέσεις υλικών   | $D_{Pr}$ % (δοκιμή Proctor) |         |
|----|---|--|-----------------------------|---------|
|    |   |  | Τροποποιημένη               | Πρότυπη |
| 1  | Επιφάνεια αντιπαγετικής στρώσης μέχρι βάθους 0,2 μ. | Συνθέσεις αμμοχάλικων κλιμακωτής ή ανοικτής (συνεχούς διαβάθμισης), καθώς και συνθέσεις υλικών από θραυστή άμμο, γαρμπίλι και πιθανόν θραυστά σκύρα διαβαθμίσεων από 0/5 έως 0/56. | 98                          | 103     |
|    |   | Χάλικες στενής διαβάθμισης (ένα κλάσμα), καθώς και συνθέσεις άμμων και αμμοχάλικων.  | 95                          | 100     |
| 2  | Εκτός της περιοχής No 1                             | Όλες οι συνθέσεις υλικών της περιοχής No 1   | 95                          | 100     |

• **Απαιτήσεις γεωμετρίας άνω επιφάνειας**

Η τελική στάθμη και ομαλότητα της άνω επιφάνειας της αντιπαγετικής στρώσης **θα πρέπει να τηρούν τις ακόλουθες υποχρεώσεις :**

• **Τελική στάθμη**

Η άνω επιφάνεια που προκύπτει, μετά την κατασκευή ολόκληρης της αντιπαγετικής στρώσης, πρέπει να ανταποκρίνεται προς την επιφάνεια της μελέτης και δεν πρέπει να παρουσιάζει υψομετρικές αποκλίσεις μεγαλύτερες από  $\pm 20$  mm.

• **Πυκνότητα χωροσταθμικών σημείων**

**Η πυκνότητα των χωροσταθμικών σημείων ελέγχου θα πρέπει να τηρεί τις ακόλουθες απαιτήσεις :**

Χωροσταθμικά σημεία ανά διατομή : Θα πρέπει να χωροσταθμούνται τα χαρακτηριστικά σημεία της διατομής (κορυφογραμμές, άκρα διατομής, τυχόν χαμηλά σημεία), και τυχόν επί πλέον σημεία ώστε η μέγιστη



απόσταση μεταξύ των χωροσταθμικών σημείων στη διατομή να μην υπερβαίνει τα 10 μ.

Μέγιστες αποστάσεις χωροσταθμικών σημείων μεταξύ διατομών :20 μ.

• **Ομαλότητα**

Τοπικές ανωμαλίες ή κυματισμοί θα πρέπει να ελέγχονται με τον 4μετρο ευθύγραμμο πήχη, παράλληλα και κάθετα προς τον άξονα της οδού. Σε κάθε περίπτωση μεταξύ της κάτω επιφάνειας του πήχη και της κάτωθεν αυτού ελεγχόμενης επιφάνειας, οι κυματισμοί (κοιλότητες) δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 20 mm.

*Οι μετρήσεις παράλληλα προς τον άξονα* θα πρέπει να γίνονται κατά κανόνα στο μέσο του πλάτους κάθε λωρίδας κυκλοφορίας και στο μέσον του πλάτους της Λωρίδας Έκτακτης Ανάγκης (Λ.Ε.Α.) όπου υπάρχει.

*Οι μετρήσεις κάθετα προς τον άξονα* θα πρέπει να γίνονται σε διατομές απέχουσες μεταξύ τους το πολύ 20 μ. Η εφαρμογή του 4μετρου πήχη οφείλει να γίνεται στα τμήματα εκείνα στα οποία υπάρχει υποψία διακυμάνσεων μεγαλύτερων από τις επιτρεπόμενες.

**Επισήμανση σε περίπτωση εφαρμογής ημιάκαμπτων οδοστρωμάτων**

Λόγω της ανάγκης **ΑΥΣΤΗΡΗΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ** προς τις προδιαγραφόμενες απαιτήσεις της επιφάνειας έδρασης των Κ.Θ.Α. ή Σ.Ε.Υ. σε περίπτωση κατασκευής ημιάκαμπτων οδοστρωμάτων, ΟΥΔΕΜΙΑ ΣΤΡΩΣΗ Κ.Θ.Α. ή Σ.Ε.Υ. ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΖΕΤΑΙ ΠΑΝΩ ΣΕ ΣΤΡΩΣΗ ΑΝΤΙΠΑΓΕΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ, ΑΝ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΩΣ ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΓΙΝΕΙ ΕΙΔΙΚΗ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑΚΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΥΤΗΣ ΚΑΙ ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΘΕΙ ΤΟ ΣΥΜΦΩΝΟ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΟΜΕΝΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.

**5.2.19 Βάσεις υποβάσεις από μη κατεργασμένα αμμοχάλικα**

**Γενικά**

Εδώ θα ασχοληθούμε με την κατασκευή βάσεων-υποβάσεων μη ευπαθών στην επίδραση παγετού από συλλεκτό ή θραυστό αμμοχάλικο από ασύνδετο υλικό.

Σύμφωνα με τα όσα είπαμε παραπάνω, οι βάσεις-υποβάσεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αντιπαγετικές στρώσεις.

Όμοια οι βάσεις-υποβάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν, ύστερα από έγκριση από την Υπηρεσία.

**Οι υπόψη στρώσεις αποτελούνται από :**

§ συνθέσεις συλλεκτών αμμοχάλικων με πιθανή προσθήκη θραυστών αδρανών,

§ συνθέσεις θραυστών σκύρων - γαρμπιλίου - άμμου, ή γαρμπιλίου – άμμου.

**• Υλικά και συνθέσεις υλικών κατασκευής**

**Χρησιμοποιούνται τα παρακάτω :**

(1) Συνθέσεις συλλεκτών αμμοχάλικων διαβαθμίσεων 0/32, 0/45 ή 0/56, με πιθανή προσθήκη θραυστών αδρανών.

(2) Συνθέσεις από λιθосυντρίμματα (γαρμπίλι) και άμμο διαβάθμισης 0/32, ή από θραυστά σκύρα, γαρμπίλι και άμμο διαβαθμίσεων 0/45 ή 0/56.

Η κοκκομετρική καμπύλη των συνθέσεων των αδρανών πρέπει να βρίσκεται εντός των ορίων που φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν :

► για συνθέσεις (συλλεκτών) αμμοχάλικων θα πρέπει να έχει εφαρμογή ο παρακάτω πίνακας.

► για συνθέσεις από θραυστά λιθосυντρίμματα (γαρμπίλι) και άμμο ή από θραυστά σκύρα, γαρμπίλι και άμμο θα πρέπει να έχει εφαρμογή ο παρακάτω πίνακας

**Οι απαιτήσεις αυτές πρέπει να ικανοποιούνται ακόμη και στην τελειωμένη στρώση.**

Τα υλικά κατασκευής μεταφέρονται στο εργοτάξιο ομοιόμορφα αναμεμιγμένα και διαβρεγμένα.

**[Επιτρεπόμενα όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης για βάσεις / υποβάσεις συλλεκτών αμμοχάλικων](#)**

| Ανοιγμα βροχίδας<br>(χλστ) | Διερχόμενο ποσοστό (% κ.β.) |           |           |
|----------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|
|                            | 0/32 χλστ                   | 0/45 χλστ | 0/56 χλστ |
| 0,063                      | 0 - 7                       | 0 - 7     | 0 - 7     |
| 0,25                       | 3 - 27                      | 2 - 25    | 2 - 25    |
| 0,5                        | 8 - 32                      | 5 - 30    | 5 - 30    |
| 1,0                        | 13 - 36                     | 11 - 35   | 11 - 35   |
| 2,0                        | 20 - 40                     | 18 - 40   | 18 - 40   |
| 4,0                        | 27 - 51                     | 26 - 48   | 24 - 47   |
| 8,0                        | 39 - 67                     | 37 - 61   | 33 - 57   |
| 16,0                       | 59 - 82                     | 50 - 74   | 44 - 68   |
| 31,5                       | 90 - 100                    | 70 - 90   | 51 - 81   |
| 45,0                       |                             | 90 - 100  | 70 - 90   |
| 56,0                       |                             |           | 90 - 100  |

**Επιτρεπόμενα όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης  
για βάσεις / υποβάσεις θραυστών σκύρων**

| <u>Ανοιγμα<br/>βροχίδας<br/>(χλστ)</u> | <u>Διερχόμενο ποσοστό (% κ.β.)</u> |                  |                  |
|--|------------------------------------|------------------|------------------|
|  | <u>0/32 χλστ</u>                   | <u>0/45 χλστ</u> | <u>0/56 χλστ</u> |
| 0,063                                  | 0 - 7                              | 0 - 7            | 0 - 7            |
| 0,25                                   | 2 - 20                             | 2 - 20           | 2 - 20           |
| 0,71                                   | 9 - 30                             | 7 - 30           | 7 - 30           |
| 2,0                                    | 18 - 40                            | 16 - 40          | 16 - 40          |
| 5,0                                    | 30 - 55                            | 27 - 51          | 27 - 51          |
| 11,2                                   | 48 - 71                            | 40 - 64          | 39 - 63          |
| 22,4                                   | 70 - 90                            | 58 - 81          | 54 - 77          |
| 31,5                                   | 90 - 100                           | 70 - 90          | 61 - 81          |
| 45,0                                   |                                    | 90 - 100         | 70 - 90          |
| 56,0                                   |                                    |                  | 90 - 100         |

• **Κατασκευή**

**Το ελάχιστο πάχος κάθε στρώσης ή επί μέρους στρώσης σε συμπακνωμένη κατάσταση εξαρτάται από το μέγεθος του μέγιστου κόκκου της σύνθεσης των αδρανών και είναι :**

- ▶ συνθέσεις αδρανών 0/32 χλστ 12 εκ.
- ▶ συνθέσεις αδρανών 0/45 χλστ 15 εκ.
- ▶ συνθέσεις αδρανών 0/56 χλστ 18 εκ.

Η βάση-υπόβαση πρέπει να κατασκευάζεται, έτσι ώστε να παρουσιάζει ομοιομορφία ως προς την αντοχή της και τη συμπεριφορά της σε παραμόρφωση. Για το σκοπό αυτό, η φόρτωση, εκφόρτωση και διάστρωση των αδρανών υλικών πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να αποφεύγεται η απόμιξη. Δεν επιτρέπεται η προσωρινή απόθεση της σύνθεσης των υλικών κατασκευής στο εργοτάξιο. Η συμπίκνωση του διαστρωμένου υλικού πρέπει να γίνεται με τη βέλτιστη περιεκτικότητα σε νερό, σε πολλές φάσεις εργασίας.

- **Απαιτήσεις**

- **Κοκκομετρική διαβάθμιση**

- Μεγαλύτερο του επιτρεπόμενου ποσοστού κόκκων μικρότερων των 0,063 χλστ γίνεται δεκτό, μόνον όταν αποδεικνύεται η καταλληλότητα της σύνθεσης των αδρανών αναφορικά με την υδατοπερατότητα, τη μη ευπάθεια σε παγετό και την ικανοποίηση των παρακάτω απαιτήσεων.

- **Βαθμός συμπίκνωσης**

- ▶ Ο βαθμός συμπίκνωσης  $D_{Pr}$  πρέπει να μην είναι μικρότερος του 103% της πρότυπης δοκιμής Proctor (ή 98% της τροποποιημένης δοκιμής Proctor).

- ▶ Σε περίπτωση, κατά την οποία ο έλεγχος του βαθμού συμπίκνωσης γίνεται έμμεσα (λόγω των δυσκολιών, που μπορεί να προέρχονται από τα χαρακτηριστικά των υλικών κατασκευής) με την δοκιμή φόρτισης πλάκας, η σχέση των μέτρων παραμόρφωσης (2η προς 1η φόρτιση)  $E_{v2}/E_{v1}$  δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή 2,2.

- **Απαιτήσεις γεωμετρίας άνω επιφάνειας και πάχους στρώσης**

- Η τελική στάθμη και ομαλότητα της άνω επιφάνειας της βάσης / υπόβασης και το κατασκευαστικό πάχος θα πρέπει να τηρούν τις ακόλουθες υποχρεώσεις :

- (1) Τελική στάθμη**

- Η άνω επιφάνεια που προκύπτει, μετά την κατασκευή ολόκληρης της βάσης / υπόβασης, πρέπει να ανταποκρίνεται προς την επιφάνεια της μελέτης και δεν πρέπει να παρουσιάζει υψομετρικές αποκλίσεις μεγαλύτερες από  $\pm 20$  mm.

## **(2) Πυκνότητα χωροσταθμικών σημείων**

Η πυκνότητα των χωροσταθμικών σημείων ελέγχου θα πρέπει να τηρεί τις ακόλουθες απαιτήσεις :

- Χωροσταθμικά σημεία ανά διατομή : Θα πρέπει να χωροσταθμούνται τα χαρακτηριστικά σημεία της διατομής (κορυφογραμμές, άκρα διατομής, τυχόν χαμηλά σημεία) και τυχόν επί πλέον σημεία ώστε η μέγιστη απόσταση μεταξύ των χωροσταθμικών σημείων στη διατομή να μην υπερβαίνει τα 10 μ.
- Μέγιστες αποστάσεις χωροσταθμικών σημείων μεταξύ διατομών : 20 μ.

## **(3) Ομαλότητα**

Τοπικές ανωμαλίες ή κυματισμοί θα πρέπει να ελέγχονται με τον 4μετρο ευθύγραμμο πήχη, παράλληλα και κάθετα προς τον άξονα της οδού. Σε κάθε περίπτωση μεταξύ της κάτω επιφάνειας επαφής του πήχη και της κάτωθεν αυτού ελεγχόμενης επιφάνειας, οι κυματισμοί (κοιλότητες) δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 20 mm.

*Οι μετρήσεις παράλληλα προς τον άξονα* θα πρέπει να γίνονται κατά κανόνα στο μέσο του πλάτους κάθε λωρίδας κυκλοφορίας και στο μέσον του πλάτους της Λωρίδας Έκτακτης Ανάγκης (Λ.Ε.Α.) όπου υπάρχει.

*Οι μετρήσεις κάθετα προς τον άξονα* θα πρέπει να γίνονται σε διατομές απέχουσες μεταξύ τους το πολύ 20 μ. Η εφαρμογή του 4μετρου πήχη οφείλει να γίνεται στα τμήματα εκείνα στα οποία υπάρχει υποψία διακυμάνσεων μεγαλύτερων από τις επιτρεπόμενες.

## **(4) Κατασκευαστικό πάχος**

Το κατασκευαστικό πάχος δεν πρέπει να υπολείπεται του προδιαγραφόμενου περισσότερο από 10%.

Ως κατασκευαστικό πάχος θεωρείται ο αριθμητικός μέσος των αποτελεσμάτων μετρήσεων κάθε στρώσης του συνολικού έργου. Κατά τον προσδιορισμό του μέσου όρου δεν λαμβάνονται υπόψη αποτελέσματα μετρήσεων που υπερβαίνουν το προδιαγραφόμενο στη σύμβαση του έργου πάχος περισσότερο από 3,0 εκ.

Ανεξάρτητα από το μέσο όρο, δεν επιτρέπεται σε καμία περίπτωση το κατασκευαστικό πάχος να υπολείπεται του προδιαγραφόμενου στη σύμβαση του έργου πάχους περισσότερο από 3,5 εκ.

#### • Έλεγχοι

##### Ποιοτικοί Έλεγχοι

Οι ποιοτικοί έλεγχοι διενεργούνται για την απόδειξη της καταλληλότητας των προβλεπομένων υλικών και συνθέσεων υλικών κατασκευής. Οι έλεγχοι αυτοί μπορούν να παραλείπονται, σε περίπτωση που είναι γνωστή η καταλληλότητα των υλικών.

##### Ø Οι ποιοτικοί έλεγχοι περιλαμβάνουν :

- (1) Κοκκομετρική διαβάθμιση της σύνθεσης των αδρανών υλικών
- (2) Πυκνότητα Proctor της σύνθεσης των υλικών κατασκευής (πρότυπη δοκιμή), ή τροποποιημένη δοκιμή Proctor.
- (3) Προέλευση των αδρανών υλικών
- (4) Ποσοστό νερού που απαιτείται για την κατασκευή.

##### Έλεγχοι αυτεπιστασίας

Οι έλεγχοι αυτοί διενεργούνται από αυτόν που έχει αναλάβει το έργο και τα αποτελέσματά τους πρέπει να βρίσκονται στη διάθεση της Υπηρεσίας, εφόσον αυτό ζητηθεί. Το είδος και η έκταση των ελέγχων δίδονται παρακάτω.

##### Έλεγχοι κατά την κατασκευή

Διατήρηση της ικανοποίησης των απαιτήσεων για τις συνθέσεις των αδρανών υλικών, σύμφωνα με τα όσα έχουν προηγηθεί **όποτε κρίνεται αναγκαίο.**

##### Έλεγχοι στην έτοιμη στρώση

- (1) **Κοκκομετρική διαβάθμιση** : Μία (1) δοκιμή το πολύ ανά 500 μ<sup>3</sup> σύνθεσης υλικών κατασκευής.
- (2) **Βαθμός συμπίκνωσης**, ο οποίος υπολογίζεται από την πυκνότητα Proctor (πρότυπη δοκιμή), ή τροποποιημένη δοκιμή Proctor και την πυκνότητα ξηρού υλικού σε αποστάσεις ανά 250 μ., όμως τουλάχιστον μία δοκιμή ανά 500 μ<sup>3</sup> κατασκευαζόμενης βάσης / υπόβασης.
- (3) **Μέτρο παραμόρφωσης** **όποτε κρίνεται αναγκαίο.**
- (4) **Τελική στάθμη και ομαλότητα**

**(5) Κατασκευαστικό πάχος :** Ανά 100 μ. στην αρχική περίοδο ελέγχων και στη συνέχεια το πολύ ανά 300 μ.

### **Τελικοί έλεγχοι**

Η δειγματοληψία και οι υπόψη έλεγχοι διενεργούνται από τον υπεύθυνο του έργου, παρουσία εκπροσώπου της Υπηρεσίας. Το είδος και η έκταση των ελέγχων δίδονται παρακάτω :

§ **Κοκκομετρική διαβάθμιση** **όποτε κρίνεται αναγκαίο**, όμως τουλάχιστον ανά 3.000 μ<sup>3</sup> σύνθεσης υλικών κατασκευής.

§ **Βαθμός συμπίκνωσης**, ο οποίος υπολογίζεται από την πυκνότητα Proctor (πρότυπη δοκιμή), ή τροποποιημένη δοκιμή Proctor, την πυκνότητα ξηρού υλικού **όποτε κρίνεται αναγκαίο**, όμως τουλάχιστον ένας έλεγχος ανά 500 μ<sup>3</sup> κατασκευαζόμενης βάσης / υπόβασης.

Μέτρο παραμόρφωσης **όποτε κρίνεται αναγκαίο**.

§ **Τελική στάθμη και ομαλότητα** :

Τελική στάθμη : το πολύ ανά 50 μ.

Ομαλότητα : **όποτε κρίνεται αναγκαίο**

Κατασκευαστικό πάχος : -

### **5.2.20 Υποβάσεις οδοστρωμάτων με αδρανή σταθεροποιημένου τύπου (Χωρίς συνδετικό υλικό).**

#### **Γενικά**

#### **Μηχανικά χαρακτηριστικά υλικού**

Οι υποβάσεις από θραυστό ή συλλεκτό αμμοχάλικο μη κατεργασμένο (χωρίς συνδετικό υλικό) θα πρέπει να κατασκευασθούν σύμφωνα με την ακόλουθη μεταβολή σχετικά με τα απαιτούμενα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών.

Η φθορά σε τριβή και κρούση που προσδιορίζεται κατά την **Μέθοδο Los Angeles AASHTO** : T-96 δεν πρέπει να υπερβαίνει το 40%.

#### **• Απαιτήσεις επιφάνειας**

Οι "απαιτήσεις επιφάνειας" (που αναφέρθηκαν παραπάνω) **τροποποιούνται ως ακολούθως** :

#### **(1) Στάθμη άνω επιφάνειας**

Η άνω επιφάνεια που προκύπτει, μετά την κατασκευή ολόκληρης της υπόβασης, πρέπει να ανταποκρίνεται προς την επιφάνεια της μελέτης

και δεν πρέπει να παρουσιάζει υψομετρικές αποκλίσεις μεγαλύτερες από  $\pm 2,0$  cm

## **(2) Ομαλότητα άνω επιφάνειας**

Τοπικές ανωμαλίες ή κυματισμοί θα πρέπει να ελέγχονται με τον 4μετρο ευθύγραμμο πήχη, παράλληλα και κάθετα προς τον άξονα της οδού. Σε κάθε περίπτωση, μεταξύ της επιφάνειας επαφής του πήχη και της κάτωθεν αυτού ελεγχόμενης επιφάνειας, οι κυματισμοί (κοιλότητες) δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 2,0 cm.

Οι μετρήσεις παράλληλα προς τον άξονα της οδού θα πρέπει να γίνονται κατά κανόνα στο μέσον του πλάτους κάθε λωρίδας κυκλοφορίας και στο μέσον του πλάτους της Λωρίδας Έκτακτης Ανάγκης (Λ.Ε.Α.) όπου υπάρχει.

Οι μετρήσεις εγκάρσια προς τον άξονα θα πρέπει να γίνονται σε διατομές απέχουσες μεταξύ τους το πολύ 10 μ., αν πρόκειται επί της άνω επιφάνειας να κατασκευασθεί στρώση με συνδετικό (άσφαλο, τσιμέντο κλπ.), ή το πολύ 20 μ., αν πρόκειται επί της άνω επιφάνειας να κατασκευασθεί στρώση χωρίς συνδετικό (με μηχανική σταθεροποίηση).

Η εφαρμογή του 4μετρου πήχη οφείλει να γίνεται στα τμήματα εκείνα στα οποία υπάρχει υποψία διακυμάνσεων μεγαλύτερων από τις επιτρεπόμενες.

**(3) Η μη τήρηση των παραπάνω όρων** συνιστά κακοτεχνία για την άρση της οποίας ευθύνεται αυτός που έχει αναλάβει το έργο.

## **• Υλικά επιχωμάτων και στρώσης διαμόρφωσης σιδηροδρομικών έργων**

Τα εδάφη μπορούν να καταταγούν στις ακόλουθες κατηγορίες ανάλογα με την δυνατότητα χρησιμοποίησής τους ως υλικών επιχωμάτων ή “στρώσης διαμόρφωσης”:

**(1) Εδάφη που ΔΕΝ επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται για επιχώματα ή για την κατασκευή “στρώσεων διαμόρφωσης”.** **Αυτά είναι τα ακόλουθα υλικά :**

§ Υλικά “ακατάλληλα” κατηγορίας ΣΕ<sub>0</sub> (υποκατηγορίες 0.1 έως και 0.6).

§ Υλικά “κακά” υποκατηγορίας 1.2 και υλικά υποκατηγορίας 1.1 μέσης και μεγάλης πλαστικότητας (με όριο υδαρότητας LL>35), ή υλικά μικρής



πλαστικότητας ( $LL \leq 35$ ) που δεν τηρούν τις προϋποθέσεις των όσων θα αναφερθούν παρακάτω. Στην περίπτωση αυτή τα υλικά αυτά χαρακτηρίζονται ως υλικά υποκατηγορίας 1.1.α.

(2) Εδάφη που επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται υπό προϋποθέσεις για την κατασκευή επιχωμάτων ή στρώσεων διαμόρφωσης (μόνο σε περιπτώσεις ορυγμάτων). Αυτά είναι τα υλικά υποκατηγορίας 1.1 μικρής πλαστικότητας (με όριο υδαρότητας  $LL \leq 35$ ), που τηρούν επί πλέον τις προϋποθέσεις των όσων θα αναφερθούν παρακάτω και υλικά υποκατηγορίας 1.3, 1.4, 1.5, 2.1 και 2.2.

(3) Εδάφη που επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση για την κατασκευή επιχωμάτων ή στρώσεων διαμόρφωσης :

**Αυτά είναι τα υλικά υποκατηγορίας 2.3, 3.1 και 3.2.**

Η μέγιστη διάσταση κόκκου των υλικών που χρησιμοποιούνται δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το 1/2 του πάχους της στρώσης που διαστρώνεται και σε κάθε περίπτωση μικρότερη από 600 χλσ. για στρώσεις του σώματος του επιχώματος και από 200 χλσ. για **“στρώσεις διαμόρφωσης”**.

Σε περίπτωση κατά την οποία τα γαιώδη επιχώματα εδράζονται επί υγρού εδάφους πρέπει η κατώτερη στρώση του γαιώδους επιχώματος (θεμέλιο), να κατασκευάζεται σε ύψος τουλάχιστον 0,30 m. πάνω από τη στάθμη του αρχικού φυσικού εδάφους με υλικό της κατηγορίας ΣΕ<sub>3</sub>.

• **Συμπύκνωση Επιχωμάτων Σ.Γ.**

Τα επιχώματα των Σ.Γ. θα πρέπει να συμπυκνώνονται σε πυκνότητα τουλάχιστον ίση προς το 95% της μέγιστης πυκνότητας που επιτυγχάνεται κατά την τροποποιημένη δοκιμή συμπύκνωσης **PROCTOR**.

Επί πλέον το *“μέτρο παραμόρφωσης”* E2 κατά τη δεύτερη φόρτιση της δοκιμής φορτιζόμενης πλακός πρέπει να έχει τιμή τουλάχιστον ίση :

α. Με  $45 \text{ MN/m}^2$  για συνεκτικά εδάφη (διερχόμενο ποσοστό από το κόσκινο No 200 μεγαλύτερο από 35% κ.β.)

β. Με  $60 \text{ MN/m}^2$  για κοκκώδη εδάφη (διερχόμενο ποσοστό από το κόσκινο No 200 μέχρι 35% κ.β.).

• **Συμπύκνωση της “στρώσης διαμόρφωσης” Σ.Γ.**

Η “στρώση διαμόρφωσης” των Σ.Γ. θα πρέπει να συμπυκνώνεται σε πυκνότητα τουλάχιστον ίση προς το 98% της μέγιστης πυκνότητας που επιτυγχάνεται κατά την τροποποιημένη δοκιμή συμπύκνωσης PROCTOR

Επί πλέον το “μέτρο παραμόρφωσης”  $E_{v2}$  κατά τη δεύτερη φόρτιση της δοκιμής φορτιζόμενης πλακός πρέπει να έχει τιμή τουλάχιστον ίση προς  $80 \text{ MN/m}^2$ .

• Ποιοτικοί έλεγχοι κατά την κατασκευή:

Έλεγχοι της επιφάνειας έδρασης των επιχωμάτων

§ Προκαταρκτικοί Έλεγχοι

- Χάραξη και εξασφάλιση της χάραξης του επιχώματος και των απαιτούμενων κλίσεων των πρανών
- Απομάκρυνση του επιφανειακού στρώματος φυτικών και ή άλλων ακατάλληλων υλικών
- Προσδιορισμός των Υδρογεωλογικών-Υδρολογικών συνθηκών σύμφωνα με ΤΣΥ

§ Έλεγχοι στη στάθμη Έδρασης

- Μακροσκοπική περιγραφή των απαντωμένων γεωλογικών σχηματισμών στη στάθμη έδρασης του επιχώματος
- Εκτέλεση δοκιμών κατάταξης και συμπύκνωσης (δοκιμές αναφοράς) του υλικού έδρασης του επιχώματος
- Εκτέλεση δοκιμών επί τόπου πυκνότητας

• Έλεγχοι Κατασκευής Επιχωμάτων από Γαϊώδη Υλικά

Προκαταρκτικοί Έλεγχοι

- Έλεγχος καταλληλότητας του υλικού του επιχώματος (Προέλευση του υλικού, Δειγματοληψίες, εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών, κατάταξη του υλικού)
- Εξοπλισμός συμπύκνωσης

§ Έλεγχοι Συμπύκνωσης

- Για κάθε τμήμα του έργου, που θα πρέπει να ορίζεται από συγκεκριμένες χιλιομετρικές θέσεις, πρέπει να γίνονται οι απαιτούμενοι έλεγχοι της επί τόπου πυκνότητας (έλεγχοι Β) ανά στρώση και στη συχνότητα που απαιτείται από την Τ.Σ.Υ. Να συμπληρώνεται ανελλιπώς ανά στρώση και

με τη σταδιακή πρόοδο του επιχώματος, πίνακας στον οποίο θα πρέπει να αναγράφεται η ημερομηνία, η Διατομή ελέγχου, το τμήμα και τα στοιχεία της στρώσης (υψόμετρο άνω επιφάνειας-πάχος), ο αριθμός της επί τόπου δοκιμής και της δειγματοληψίας αναφοράς και ο επιτυγχανόμενος βαθμός συμπίκνωσης. Ο εντοπισμός της στρώσης θα πρέπει να γίνεται με τοπογραφικό διάγραμμα που πρέπει να παραδίδει ο Μηχανικός Κατασκευής στην εκάστοτε παραγγελία ελέγχου.

• **Έλεγχοι Κατασκευής Επιχωμάτων από Βραχώδη Υλικά**  
**Προκαταρκτικοί Έλεγχοι**

- Έλεγχος καταλληλότητας του υλικού του επιχώματος (Προέλευση του υλικού, Δειγματοληψίες, κοκκομετρική διαβάθμιση)
- Εξοπλισμός Συμπύκνωσης

§ **Έλεγχοι Συμπύκνωσης**

- Για κάθε τμήμα του έργου, που θα πρέπει να ορίζεται από συγκεκριμένες χιλιομετρικές θέσεις, θα πρέπει να γίνονται οι απαιτούμενοι έλεγχοι συμπίκνωσης ανά στρώση με τη μέθοδο μέτρησης των υποχωρήσεων πλακών-μαρτύρων μεταξύ των δύο τελευταίων διελεύσεων του μηχανήματος συμπίκνωσης και θα πρέπει να καταγράφεται ο πραγματοποιηθείς αριθμός διελεύσεων.

| <b>ΦΥΛΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΓΑΙΩΔΗ ΥΛΙΚΑ</b>   |         |                       |                 |                              |  |                              |                                 |                                       |                |
|---|---------|-----------------------|-----------------|------------------------------|--|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|----------------|
| ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΡΓΟΥ: _____  |         |                       |                 |                              | ΘΕΣΗ (Χ.Θ.): _____   |                              |                                 |                                       |                |
| ΣΧΕΔΙΑ: _____ <input type="checkbox"/> ΕΓΚΕΚΡΙΜΕΝΑ <input type="checkbox"/> ΜΗ ΕΓΚΕΚΡΙΜΕΝΑ  |         |                       |                 |                              |  |                              |                                 |                                       |                |
| ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ: _____ ΓΕΜΕΛΙΟ (Θ), ΠΥΡΗΝΑΣ (Π), ΣΤΡΩΣΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ (ΣΔ), ΣΤΡΩΣΗ Ε ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ (ΣΕΟ), ΣΤΕΨΗ (ΣΨ), ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΟ ΕΠΙΧΩΜΑ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ (ΜΕΤ) |         |                       |                 |                              |  |                              |                                 |                                       |                |
| <b>Α. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ</b>  |         |                       |                 |                              |  |                              |                                 |                                       |                |
| - Χάραξη: <input type="checkbox"/> ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ (Έλεγχος «Δ»)   |         |                       |                 |                              | - Αφαίρεση στρώσεων ακατάλληλων υλικών: <input type="checkbox"/> ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ    |                              |                                 |                                       |                |
| - Β. Έλεγχοι στη στάθμη έδρασης   |         |                       |                 |                              | - Υδρογεωλογικές/Υδρολογικές συνθήκες: <input type="checkbox"/> ΚΑΛΕΣ <input type="checkbox"/> ΚΑΚΕΣ |                              |                                 |                                       |                |
| Χ.Θ. Αποτύπωση γεωλογικών σχηματισμών _____ X   |         |                       |                 |                              |  |                              |                                 |                                       |                |
| <b>Γ. ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΥΛΙΚΩΝ</b>   |         |                       |                 |                              |  |                              |                                 |                                       |                |
| - Δειγματοληψία/ες, για εκτέλεση δοκιμών: ΧΩΜ..... (Έλεγχος «Β'»)   |         | Τμήμα Επιχώματος      |                 | Προέλευση Υλικού (ΓΣΥ 2, 49) |  | Δειγματοληψία (Έλεγχος «Β'») |                                 | Κ                                     |                |
| - Συμπύκνωση επιφάνειας έδρασης: <input type="checkbox"/> ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ  |         | Θ                     |                 |                              |  | ΧΩΜ.....                     |                                 |                                       |                |
| - Δοκιμές επί τόπου πυκνότητας, Αριθμός: .....  |         | Π                     |                 |                              |  | ΧΩΜ.....                     |                                 |                                       |                |
| ..... (Έλεγχος «Β'»)  |         | ΣΔ                    |                 |                              |  | ΧΩΜ.....                     |                                 |                                       |                |
|   |         | ΣΕΟ                   |                 |                              |  | ΧΩΜ.....                     |                                 |                                       |                |
|   |         | ΣΨ                    |                 |                              |  | ΧΩΜ.....                     |                                 |                                       |                |
|   |         | ΜΕΤ                   |                 |                              |  | ΧΩΜ.....                     |                                 |                                       |                |
| - Εξοπλισμός:..... ΕΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟΣ : <input type="checkbox"/> ΜΗ ΕΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟΣ : <input type="checkbox"/>   |         |                       |                 |                              |  |                              |                                 |                                       |                |
| <b>Δ. ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ ΣΤΡΩΣΗ.....</b>   |         |                       |                 |                              |  |                              |                                 |                                       |                |
| Ημ/νία  | Διατομή | Τμήμα/ Κατηγορία      | Στρώση          |                              | Προσθήκη νερού   |                              | Επί τόπου δοκιμή (Έλεγχος «Β'») | Δειγματοληψία Αναφοράς (Έλεγχος «Β'») | Βαθμ. Συμπύκν. |
|   |         |                       | Υψομ. Άνω επιφ. | Πάχος (m)                    | <input type="checkbox"/> ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ  |                              | ΧΩΜ.....                        | ΧΩΜ.....                              |                |
| Όγκος συμπυκνωθέντος υλικού (περίπου): _____ m <sup>3</sup>   |         |                       |                 |                              |  |                              |                                 |                                       |                |
| ΑΠΟΔΟΧΗ ΑΠΟ ΜΗΧ/ΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ   |         | ΑΠΟΔΟΧΗ ΑΠΟ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟ |                 | ΑΠΟΔΟΧΗ ΑΠΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ       |  | ΑΠΟΔΟΧΗ ΑΠΟ ΥΠΗΡΕΣΙΑ         |                                 |                                       |                |
| ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ   |         | ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ         |                 | ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ                |  | ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ                |                                 |                                       |                |
| ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ  |         | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ            |                 | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ                   |  | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ                   |                                 |                                       |                |
| <b>ΣΤΡΩΣΗ.....</b>  |         |                       |                 |                              |  |                              |                                 |                                       |                |
| Ημ/νία  | Διατομή | Τμήμα/ Κατηγορία      | Στρώση          |                              | Προσθήκη νερού   |                              | Επί τόπου δοκιμή (Έλεγχος «Β'») | Δειγματοληψία Αναφοράς (Έλεγχος «Β'») | Βαθμ. Συμπύκν. |
|   |         |                       | Υψομ. Άνω επιφ. | Πάχος (m)                    | <input type="checkbox"/> ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ  |                              | ΧΩΜ.....                        | ΧΩΜ.....                              |                |
| - Όγκος συμπυκνωθέντος υλικού (περίπου): _____ m <sup>3</sup>   |         |                       |                 |                              |  |                              |                                 |                                       |                |
| ΑΠΟΔΟΧΗ ΑΠΟ ΜΗΧ/ΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ   |         | ΑΠΟΔΟΧΗ ΑΠΟ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟ |                 | ΑΠΟΔΟΧΗ ΑΠΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ       |  | ΑΠΟΔΟΧΗ ΑΠΟ ΥΠΗΡΕΣΙΑ         |                                 |                                       |                |

**5.2.21 Περιγραφή των αναγκαίων ελέγχων που πρέπει να εκτελούνται πριν από την έναρξη των εργασιών Οδοστρωσίας (Υπόβασης - Βάσης)**  
**Έλεγχοι της επιφάνειας έδρασης των υλικών Οδοστρωσίας**

**§ Προκαταρκτικοί Έλεγχοι**

- Γεωμετρικός Έλεγχος προς διαπίστωση του γεωμετρικού σχήματος της διατομής της οδού στο τμήμα του ήδη κατασκευασμένου επιχώματος (ή ορύγματος) με βάση τα στοιχεία της μελέτης (Τομή κατά μήκος και σχετικές διατομές).
- Χωροσταθμικοί Έλεγχοι

**§ Έλεγχοι στη στάθμη Έδρασης**

- Εκτέλεση δοκιμών κατάταξης και συμπύκνωσης (δοκιμές αναφοράς) του υλικού της Σ.Ε.Ο. πάνω στο οποίο γίνονται εργασίες οδοστρωσίας
- Εκτέλεση δοκιμών προσδιορισμού της επί τόπου πυκνότητας

**5.2.22 Έλεγχοι Κατασκευής Υποβάσεων / Βάσεων Οδοστρωμάτων με αδρανή σταθεροποιημένου τύπου**

**§ Προκαταρκτικοί Έλεγχοι**

- Έλεγχος καταλληλότητας του υλικού για κατασκευή υπόβασης - βάσης (Προέλευση του υλικού, Δειγματοληψίες, Εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών.
- Καταλληλότητα-επάρκεια εξοπλισμού πραγματοποίησης εργασιών συμπύκνωσης

**§ Έλεγχοι Συμπύκνωσης**

Έλεγχοι σε υλικό των οποίων το συγκρατούμενο στο κόσκινο Νο 4 δεν υπερβαίνει το 60 % κ.β.

- Για κάθε τμήμα του έργου, που θα πρέπει να προσδιορίζεται από συγκεκριμένες χιλιομετρικές θέσεις (χ.θ.), θα πρέπει να γίνονται οι απαιτούμενοι έλεγχοι προσδιορισμού της επί τόπου πυκνότητας στη συχνότητα που απαιτείται και προβλέπεται από την Τ.Σ.Υ. Να συμπληρώνεται ανελλιπώς ανά στρώση και με τη σταδιακή πρόοδο των εργασιών Οδοστρωσίας, πίνακας στον οποίο πρέπει να αναγράφονται τα εξής στοιχεία: η ημερομηνία, η Διατομή ελέγχου, ο κλάδος της οδού, το

τμήμα και τα στοιχεία της στρώσης, (υψόμετρο άνω επιφάνειας /πάχος), ο αριθμός της επί τόπου δοκιμής και της δειγματοληψίας αναφοράς και ο μετρηθείς βαθμός συμπίκνωσης.

- Ο καθορισμός του τμήματος εκτελούμενων εργασιών θα πρέπει να γίνεται με τοπογραφικό διάγραμμα που οφείλει να τηρεί ο Μηχανικός Κατασκευής.

§ **Έλεγχοι σε υλικό των οποίων το συγκρατούμενο στο κόσκινο Νο 4 υπερβαίνει το 60 % κ.β.**

- Για κάθε τμήμα του έργου, που θα πρέπει να προσδιορίζεται από συγκεκριμένες χιλιομετρικές θέσεις (χ.θ.), θα πρέπει να γίνονται οι απαιτούμενοι έλεγχοι συμπίκνωσης ανά στρώση με τη μέθοδο μέτρησης των υποχωρήσεων πλακών-μαρτύρων μεταξύ των δύο τελευταίων διελεύσεων του μηχανήματος συμπίκνωσης και θα πρέπει να καταγράφεται ο πραγματοποιηθείς αριθμός διελεύσεων.

§ **Έλεγχοι μετά την κατασκευή Υπόβασης / Βάσης**

- Έλεγχος πάχους στρώσης.
- Έλεγχος στάθμης και ομαλότητας.

§ **Γεωμετρικοί έλεγχοι**

Οι γεωμετρικοί έλεγχοι εκτελούνται από τον Τοπογράφο Μηχανικό, το φύλλο των οποίων επισυνάπτεται στο Φ.Ε.Ε. με τις επιτρεπόμενες αποκλίσεις.

### **5.3 Κατασκευαστικές διαδικασίες**

Η πορεία για την σταθερότητα πρέπει να διατηρείται από το σχέδιο μέχρι την κατασκευή. Για ασφάλεια και οικονομία οι σημερινές υψηλές ταχύτητες καθώς και τα βαριά αξονικά φορτία απαιτούν την καλύτερη χρήση του εξοπλισμού και μεθόδων στον σχεδιασμό και στην κατασκευή. Αν δοθούν κατάλληλα εδαφικά υλικά, η βασική λειτουργία είναι ακριβής, επαρκής συμπίκνωση και ελέγχεται η υγρασία. **Τα επιχώματα** μπορούν να κατασκευαστούν με μικρή ή και με καθόλου καθίζηση και έτοιμα για υψηλές ταχύτητες εμμένοντας στις ακόλουθες διαδικασίες.

• **Καθαρισμός και εκχέρωση**

Ο καθαρισμός είναι η υλοτόμηση και απομάκρυνση των μεγάλων δέντρων και χαμόκλαδων από την ευθεία του δρόμου. Οι κορμοί είναι προτιμότερο να κόβονται

ομαλά με το έδαφος. Η περιοχή συνιστά ότι κανένας κορμός δεν πρέπει να είναι ψηλότερος από την διάμετρό του και η κορυφή του κορμού να πλησιάζει λιγότερο από 3 ft την κορυφή του επιχώματος. Ο καθαρισμός επίσης περιλαμβάνει την απομάκρυνση κάποιων κατασκευών από την περιοχή του δρόμου. Εκσκαφείς, πριόνια και παρεμφερής εξοπλισμός διευκολύνουν τις εργασίες. Η εκχέρσωση είναι η απομάκρυνση των ριζών, των θάμνων και άλλης βλάστησης που θα μπορούσε να επιτρέψει μελλοντική καθίζηση. Ένας σιδηρόδρομος απαιτεί να απομακρυνθούν οι ρίζες σε βάθος των 2 in. Το φυσικό έδαφος, αν είναι φτωχά συμπυκνωμένο, θα πρέπει να οργωθεί σε βάθος 6 έως 12 in, να συμποτιστεί και να ισοπεδωθεί. Η εκχέρσωση επίσης γίνεται αποφλοιώνοντας την επιφάνεια με μπουλντόζες ή ξέστρες. Αν το υλικό δεν είναι τόσο βαθύ, μπορεί να συμπυκνωθεί όπως είπαμε πιο πάνω, ή να αντικατασταθεί με ένα πιο σταθερό υλικό.

#### • **Διεύρυνση και ανάμιξη**

Οι εργασίες διεύρυνσης αποτελούνται από την τοποθέτηση εκσκαπτικών υλικών στο επίχωμα σε λεπτά στρώματα για καλύτερη συμπύκνωση. Το πάχος αυτών των επιπέδων μπορεί να ποικίλει από 6 έως 18 in, που εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους και τον εξοπλισμό της συμπύκνωσης. Το βάθος των 6 in προτιμάται αν πρόκειται να αποκτηθεί η μεγαλύτερη πυκνότητα. Τα υλικά τοποθετούνται με εκσκαπτικά μηχανήματα. Ο βράχος μπορεί να τοποθετείται σε στρώματα όσο είναι το μέγεθός τους, αλλά να μην υπερβαίνει τις 18 in.

Η σταθερότητα συγκεκριμένων εδαφών μπορεί να καλυτερεύσει συνδυάζοντας ή ανακατεύοντας με άλλα εδάφη. Μέσα από πίνακες σχετικά με την κατηγοριοποίηση των εδαφών, (μέγεθος κόκκων, ρευστά όρια, διάγραμμα πλαστικότητας κ.τ.λ) όπου έχουν προηγηθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, μπορεί κάποιος να σχεδιάσει ένα υλικό επιχώματος για την σπουδαιότητα των φορτίων κυκλοφορίας που μεταβιβάζονται. Η ανάγκη για τόση προσοχή να λεπτομερούμε τα επιχώματα σιδηροδρόμων δεν έχει παγκόσμια αποδοχή. Η ικανότητα να γίνονται μικρές προσαρμογές στην επιφάνεια με σχετική ευκολία με τις διαδικασίες της ευθυγράμμισης και φράζοντας τις οπές, θα μπορούσε να υποδείξει λιγότερο ακριβές το ανακάτεμα των εδαφών, ώστε να είναι αρκετό. Ωστόσο, κατασκευάζοντας ένα επίχωμα σε υψηλά επίπεδα σταθερότητας, ειδικά το ανώτερο 4 ft, είναι πιθανό να αποφέρει στην πραγματικότητα κέρδη, αν και είναι δύσκολο να εξακριβωθεί. Ο μηχανικός έχει 2 μεθόδους για να καθορίσει τις αναλογίες του εδάφους στην διάθεσή του, με σκοπό να χρησιμοποιήσει όσο το δυνατόν καλύτερα τα διαθέσιμα υλικά. Αρχικά μπορεί να εισάγει από

σκορπισμένους λάκκους τα επιθυμητά εδαφικά συστατικά σε σωστές ποσότητες και να αναμίξει τους πολλαπλούς τύπους εξονυχιστικά με την λειτουργία της διάστρωσης και συμπύκνωσης. Αυτό επιτυγχάνεται με τους εκριζωτές, ενώ τα “graders” παρέχουν τον κατάλληλο χειρισμό. Κοκκώδη υλικά, ειδικά οι άμμοι, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν πρόσθετα σε αργιλώδη εδάφη. Στην θεωρία, τα κοκκώδη υλικά μειώνουν την ικανότητα συγκράτησης νερού των πλαστικών υλικών και παρέχουν εσωτερική τριβή. Το καλύτερο διαθέσιμο έδαφος, πρέπει να επιφυλάσσεται για την κορυφή 2 έως 3 ft του επιχώματος. Η καλή πρακτική αποφεύγει το χωρίς διάκριση μείγμα των αμμωδών εδαφών με τις αργίλους. Οι άργιλοι σε επαφή με τον τομέα του μπαλάστρου μπορεί να υγρανθεί και να πληρώσει τα κενά του μπαλάστρου, με το μπάλαστρο αρχικά εγκαθιστώντας το σε μια τάφρο στην κορυφή του επιχώματος. Συνεπώς, είναι επιθυμητό να τοποθετούνται αμμώδη ή χαλικώδη υλικά στα υψηλότερα μέρη του επιχώματος.

- **Συμπύκνωση και υγρασία**

Η συμπύκνωση προκύπτει από την συμπίεση και την δόνηση κάθε εδαφικής στρώσης καθώς απλώνεται για να συγκεντρώσει τους εδαφικούς κόκκους μαζί, ενώ διατηρείται η περιεχόμενη υγρασία. Κάθε στρώμα πρέπει να απλώνεται ομοιόμορφα και να συμπυκνώνεται from shoulder to shoulder με ρυμουλκούμενο εξοπλισμό, κατά μήκος όλης της περιοχής. Επιπρόσθετη συμπύκνωση επέρχεται από την χρήση οδοστρωτήρων, είτε από ομαλούς κυλίνδρους είτε από κατσικοπόδαρους. Τα προηγούμενα συμπυκνώνουν μόνο την επιφάνεια και είναι κατάλληλα για την κυλίνδρωση λεπτών στρωμάτων. Ο τυπικός κατσικοπόδαρος έχει μια σειρά από διεσπαρμένα πόδια υπερέχοντας από τον κύλινδρο 7 in. Κάθε πόδι έχει μια περιοχή περίπου 6 τετραγωνικές in και απέχουν μεταξύ τους από 2 έως 3 ft. Τα πόδια τοποθετούνται αραιά για να δώσει μεγαλύτερο συμπιεστό βάρος και δύναμη ανά πόδι. Τα πόδια χτυπούν με δύναμη το κάτω μέρος των 6 έως 7 in στρώματος, δίνοντας περισσότερη ομοιομορφία και πιο πυκνή συμπύκνωση. Οι πιέσεις της συμπύκνωσης ποικίλουν από 150 έως 200 psi για ελαφρούς οδοστρωτήρες και μέχρι 500 έως 750 psi για βαριά μηχανήματα. Τα βαριά μηχανήματα είναι ειδικά χρήσιμα σε άγονες περιοχές, όπου πρόσθετη συμπύκνωση πρέπει μερικές φορές να αναπληρώνεται για επιπρόσθετη υγρασία. Η ισοπέδωση με τον οδοστρωτήρα δεν είναι κατάλληλη για αμμώδη ή χαλικώδη εδάφη. Αυτά απαιτούν δόνηση. Ιδιαίτερη φροντίδα πρέπει να δοθεί στο πίσω μέρος των πέδιλων των γεφυρών, και γύρω-γύρω από τους αγωγούς που είναι τοποθετημένοι μπροστά από την διαβάθμιση. Τα όρια διαβάθμισης και η

φέρουσα δύναμη το κάνουν δύσκολο να εξασφαλίσουν επαρκή συμπύκνωση από τις μπουλντόζες και τα οχήματα. Αυτές οι τοποθεσίες όμως πρέπει να συμπιεστούν (χτυπηθούν) εξονυχιστικά για να αποφευχθεί η καμπύλωση και η ανώμαλη καθίζηση.

Ένας από τους σκοπούς της συμπύκνωσης είναι να πληρώσει και να συμπιέσει τα κενά μέσα στα οποία η υγρασία θα μπορούσε να συσσωρευτεί, αλλά η πλήρης απουσία της υγρασίας κατά την διάρκεια της συμπύκνωσης δεν είναι επιθυμητό. Η παρουσία μερικής υγρασίας σε ένα ξηρό έδαφος τείνει να «ξεκλειδώσει» τους κόκκους, λειτουργώντας σαν «λιπαντικό» επιτρέπει αυτούς τους κόκκους να ανασυγκροτηθούν σε πιο συμπαγείς σχηματισμούς. Όση περισσότερη υγρασία μέχρι ένα σημείο, τόση λιγότερη μηχανική προσπάθεια απαιτείται. Πέρα από αυτό το όριο, επιπρόσθετη υγρασία γίνεται υπερβολική με χαμηλότερες πυκνότητες. Αυτό το σημείο της μέγιστης επιθυμητής υγρασίας καλείται **βέλτιστη περιεχόμενη υγρασία**.

- **Έλεγχος υγρασίας**

Για κάθε συμπύκνωση μικρότερη από την μέγιστη, υπάρχουν υψηλά και χαμηλά περιεχόμενα υγρασίας που δίνουν κατά προσέγγιση τόσο καλή συμπύκνωση όσο η βέλτιστη. Είναι καλύτερη εξάσκηση να εργάζεσαι στην ξηρή πλευρά του βέλτιστου περιεχόμενου. Αν ακολουθηθεί η αντίθετη εξάσκηση, το έδαφος πλησιάζει στην κατάσταση κορεσμού. Είναι πιθανό να εμφανιστεί κάποια αύξηση στην περιεχόμενη υγρασία από εξωτερικούς παράγοντες μέσω του τριχοειδούς, ή της βροχής και του νερού του εδάφους, εισδύοντας στις ρωγμές καθώς το έδαφος αναπηδά από την συμπύκνωση. Το συνδυασμένο περιεχόμενο νερό είναι σε μερικές περιπτώσεις αρκετό για να παραχθεί κορεσμός και αποτυχία. Το σημείο της βέλτιστης υγρασίας και η καμπύλη υγρασίας – πυκνότητας έχουν αποφασιστεί από τις δοκιμές PROCTOR, που έχουν καθιερωθεί από το ASTM. Οι δοκιμές αποτελούνται ουσιαστικά από το μέτρημα του βάρους των εδαφών ανά μονάδα όγκου για μια δοθείσα περιεχόμενη υγρασία, αφού έχουν «υποδουλωθεί» στην ελεγχόμενη συμπύκνωση. Ένα μικρό δείγμα πλήρως κοσκινισμένο (κόσκινο No 4) και ανακατεμένο έδαφος τοποθετείται σε μια μπρούτζινη κυλινδρική μήτρα. Η μήτρα έχει όγκο 1/30 κυβικά πόδια, είναι 4 in σε διάμετρο και 4\*9/16 in σε ύψος. Ένα έμβολο ή επικρουστήρας ρίχνεται 25 φορές μέσα στον κύλινδρο για να συμπυκνώσει το δείγμα. Το δεύτερο και τρίτο στρώμα συμπυκνώνονται κατά τον ίδιο τρόπο και μετά κόβεται με χτύπημα με την κορυφή του κυλίνδρου και ζυγίζεται. Αυτή η διαδικασία θεωρείται να δίνει συμπύκνωση στο δείγμα ισοδύναμη με 20 περάσματα ενός κατσκοπόδαρου 4 tn πάνω σε ένα στρώμα εδάφους 8 in, ο



κύλινδρος έχοντας 16 σειρές-γραμμές με 7 ft κάθε γραμμή, κάθε πόδι μετριέται 2 με 3 ½ in. Το δείγμα μετά ξηραίνεται και μετριοούνται το ξηρό βάρος και η υγρασία. Ξανακοσκινίζεται και η δοκιμή επαναλαμβάνεται με επιπρόσθετα ποσά νερού μέχρι το έδαφος να είναι αρκετά υγρό και η μειωμένη πυκνότητα να σημειώνεται ξεκάθαρα. Κάποιοι μηχανικοί προτιμούν την χρήση ενός δείγματος φρέσκου εδάφους για κάθε σημείο πάνω στην καμπύλη και πηγαίνουν σύμφωνα με την θεωρία ότι ο χαρακτήρας του εδάφους θα αλλάξει με τόσο χειρισμό. Οι επιτυχείς αυξήσεις στην υγρασία χαράσσονται αντίθετα από τα αντίστοιχα ξηρά βάρη του εδάφους, για να αποκτήσει την βέλτιστη καμπύλη υγρασίας ή το σημείο μέγιστης πυκνότητας. Η δοκιμή είναι ένα πρότυπο σύγκρισης μόνο εφ' όσον οι προδιαγραφές δηλώνουν τον βαθμό της συμπύκνωσης που απαιτείται. Μόνο αυτή η υγρασία απαιτείται, η οποία δίνει την μέγιστη συμπύκνωση. Εκ τούτου λιγότερη υγρασία απαιτείται με πιο βαρύ εξοπλισμό συμπύκνωσης.

Διαφορετικοί τύποι εδαφών δείχνουν ποικίλες περιεχόμενες βέλτιστες υγρασίες και πυκνότητες. Οι προδιαγραφές συνήθως δηλώνουν τον βαθμό συμπύκνωσης που απαιτείται καθώς είναι 90-95% της βέλτιστης. Η χρήση πιο βαρύ εξοπλισμού θα επέτρεπε χαμηλότερη υγρασία. Για κάθε συγκεκριμένη δουλειά η βέλτιστη περιεχόμενη υγρασία θα έπρεπε να αποφασιστεί φτιάχνοντας large-scale field (μεγάλου τομέα) δοκιμές με τον τύπο του εξοπλισμού που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Καθημερινός έλεγχος και δειγματοσιμός πρέπει να εκτελείται κατά την διάρκεια της κατασκευαστικής διαδικασίας για να εξασφαλιστεί το κατάλληλο περιεχόμενο νερό και πυκνότητα του εδάφους.

Σε κάποιες περιπτώσεις η περιεχόμενη βέλτιστη υγρασία και η αντίστοιχη πυκνότητα δεν μπορούν να επιτευχθούν. Τα εδάφη μπορεί να βρεθούν να έχουν περισσότερη υγρασία από την βέλτιστη περιεχόμενη και πρέπει είτε να ξηρανθούν, είτε να γίνει απόρριψη των σκάρτων. Διαπλάτυνοντας τον τομέα του επιχώματος για μεγαλύτερη ευστάθεια, μπορεί να είναι μια τρίτη και καθόλου λιγότερο δαπανηρή εναλλακτική λύση. Οι βασικές ιδιότητες (χαρακτηριστικά) κάποιων υλικών που υφίστανται μια πραγματική αλλαγή με την συμπύκνωση, δίνουν περιεχόμενη υγρασία και πυκνότητες στο επίχωμα εξ ολοκλήρου διαφορετικές, από εκείνες που είχαν προβλεφθεί από μια στάνταρτ δοκιμή. Στην περίπτωση της διογκωμένης αργίλου, μπορεί να χρειαστεί λιγότερη από την μέγιστη πυκνότητα. Η υποστήριξη του φυσικού εδάφους μπορεί να είναι λιγότερο αυθεντική από την δύναμη της διογκωσης της αργίλου, οδηγώντας σε τελική αστάθεια ή αποτυχία. Τέλος, μπορεί να υπάρξουν περιπτώσεις όπου η διατμητική αντοχή που αποκτάται με την μέγιστη περιεχόμενη υγρασία, να μην είναι επαρκής για τις απαιτήσεις της

ευστάθειας. Αυτό δεν σημαίνει ότι αποθαρρύνεται η χρήση της βέλτιστης υγρασίας σαν στάνταρτ. Είναι επιθυμητό εξ άλλου να δοθεί έμφαση στα όριά της και να προταθεί ότι δεν πρέπει να βασιζόμαστε σαν το μοναδικό στάνταρτ.

Κατά την διάρκεια της κατασκευής δύο σειρές από δοκιμές είναι απαραίτητες για να εξασφαλιστεί επαρκής συμπύκνωση.

Û **Δοκιμές ελέγχου.** Στάνταρτ δοκιμές γίνονται σε πραγματικό δείγμα εδάφους κατασκευής και παρέχει καμπύλες, διαγράμματα και άλλες οδηγίες ενάντια σ' αυτές που θα μετρηθούν και θα αποκτήσουν τον επιθυμητό βαθμό συμπύκνωσης.

- Στάνταρτ συμπύκνωση που έχει ήδη περιγραφεί.
- Καθορισμός του περιεχόμενου υγρασίας, για χρήση στις στάνταρτ δοκιμές συμπύκνωσης.

Û **Δοκιμές επιθεώρησης.(εποπτείας).** Οι δοκιμές επιθεώρησης γίνονται για να δείξουν ότι τα στάνταρτ από τις δοκιμές ελέγχου, έχουν εξασφαλιστεί πλήρως.

- Δοκιμές ξηρής πυκνότητας για να προσδιοριστεί η επάρκεια της συμπύκνωσης.
- Καθορισμός, συνάφεια όγκου εδάφους της μονάδας βάρους πριν και μετά την εκσκαφή για να καταγραφούν οι αλλαγές του όγκου.
- Υγρασία, συνάφειες πυκνότητας, το ποσό του νερού που απαιτείται ανά μονάδα του δανεικού υλικού για να ανεβάσει την περιεχόμενη υγρασία του δανεικού υλικού σ' αυτήν του συμπυκνωμένου υλικού.

Η επιπρόσθετη υγρασία μπορεί να προστεθεί στο εξαπλωμένο υλικό με την μέθοδο του ψεκασμού του νερού από βαγόνια ή φορτηγά, αφού πρώτα το στρώμα του εδάφους έχει οργωθεί. Έπειτα η υγρή επιφάνεια σβαρνίζεται και κυλινδρώνεται. Η υγρασία μπορεί επίσης να προστεθεί μουσκεύοντας και συσσωρεύοντας νερό στον λάκκο, επιτρέποντας το νερό να «φιλτραριστεί» (διεισδύσει) μέσα στο χώμα πριν την εκσκαφή. Σε πολύ μεγάλα έργα τοποθετούνται σωλήνες και σωληνογραμμές κατά μήκος του επιχώματος για παροχή νερού αντί να μεταφέρεται νερό με φορτηγά από πηγές. Κάποια ποσότητα νερού θα πρέπει πάντα να ψεκάζεται στην επιφάνεια του

επιχώματος (εκτός σε υγρό καιρό), για να αποφευχθεί υπερβολική ξηρασία, αλλά λακκούβες με νερό πρέπει να αποφεύγονται.

Για να αποκτηθεί μέγιστη οικονομική πυκνότητα πρέπει να υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ της περιεχόμενης υγρασίας, τον τύπο του εδάφους, το μέγεθος και το βάρος του εξοπλισμού συμπύκνωσης καθώς και τον αριθμό των περασμάτων του εξοπλισμού. Με λιγότερη υγρασία, περισσότερο βάρος ή περισσότερα περάσματα των κυλίνδρων ή και τα δύο, θα ήταν απαραίτητο να εξασφαλιστεί η επιθυμητή πυκνότητα. Για ένα στρώμα 6 in, 8 με 16 περάσματα χρειάζονται συνήθως, αλλά αυτές οι τιμές θα πρέπει να χρησιμεύουν σαν οδηγός και όχι ως στάνταρτ. Οι δοκιμές που γίνονται στον αγρό με πραγματικά εδάφη και εξοπλισμό δίνουν τις τελικές απαντήσεις.

- **Στάδιο ολοκλήρωσης**

Τα τελευταία 2 έως 4 ft του επιχώματος απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή. Τα καλύτερα (και πιο τραχύ) υλικά, που αποταμιεύονται για αυτό το μέρος θα πρέπει να έχουν όσο το δυνατόν γίνεται, λιγότερη περιεχόμενη άργιλο. Σπουδαιότητα θα πρέπει να δοθεί στην μεταφορά χαλικιού ή άλλα κατάλληλα υλικά από ένα δανεικό λάκκο, αν δεν υπάρχουν αλλού διαθέσιμα. Ο εξοπλισμός ρυμούλκησης και συμπύκνωσης είναι πιθανό να αφήσει την επιφάνεια ανώμαλη και κακώς αυλακωμένη. Τέτοια επιφάνεια θα μπορούσε να έχει απαλές κηλίδες και κατά δεύτερον κοιλώματα από νερό. Αυτά μπορούν να λυθούν με την μέθοδο σε λεπτά στρώματα με λείους οδοστρωτήρες ή τροχοφόρα οχήματα. Το επίχωμα μπορεί να κατασκευαστεί 2 ή 3 (in over grade), αναβαθμίζοντάς το και το περισσεύον υλικό να αποκοπεί και πάνω στον ώμο να δοθεί μια πραγματική λεία επιφάνεια. Μια πολύ μικρή παρέκκλιση από την κεντρική γραμμή της τάξεως 24:1, είναι επιθυμητή για να διευκολύνει την αποστράγγιση. Ένας σιδηρόδρομος χρησιμοποιεί κλίση 8:1 από ένα σημείο 4 ft πέρα από την κεντρική γραμμή της σιδηροτροχιάς.

- **Εποπτεία-παρακολούθηση**

Συνεχής εποπτεία είναι απαραίτητη, να ασφαλίσει επαρκή συμπύκνωση. Κάθε είδους συνθήκη μπορεί να οδηγήσει σε μη επαρκή συμπύκνωση και πρέπει αυτό να αποφεύγεται. Μη κατάλληλη περιεχόμενη υγρασία συμβαίνει ίσως πιο συχνά. Αυτό απορρέει από πολύ λίγες ελεγχόμενες στροφές, μη κατάλληλη πρόσθεση και ανακάτωμα της υγρασίας, καθώς και

αλλαγή των υλικών του εδάφους. Απορρέει επίσης από την απόπειρά του να βασιστεί η συμπύκνωση μόνο στις στάνταρτ δοκιμές ή στα σχεδιαγράμματα του εργαστηρίου. Επίσης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται δοκιμές εδάφους, ενώ θα πρέπει να αποφεύγονται τα παρακάτω:

- Η εξάπλωση των στρωμάτων να είναι πολύ λεπτή, που να καταλήγει σε μη επαρκή και ανώμαλη συμπύκνωση.
- Μικρός αριθμός περασμάτων επίσης, καταλήγει σε ανώμαλη συμπύκνωση.
- Ψυχρά και παγωμένα εδάφη. Οι παγωμένοι βώλοι είναι μη συμπυκνωμένοι προς στιγμή και αργότερα αναπτύσσονται σε μαλακά σημάδια και κοιλώματα από νερό.
- Μη επαρκής κυλίνδρωση στις στροφές. Μαλακά σημάδια και πιθανά κοιλώματα από νερό (λακκούβες), αποτυπώνονται στο έδαφος.
- Βραχώδη πετρώματα πέρα από τις συνηθισμένες διαστάσεις. Μη επαρκής συμπύκνωση ασφαλίζεται γύρω από τους βράχους. Καμπυλωτή επίδραση ενάντια στους βράχους οδηγεί επίσης σε μαλακά σημάδια, κενά καθώς και λακκούβες από νερό.
- Οδοστρωτήρες ακατάλληλοι για το έργο. Για παράδειγμα πολύ ελαφροί για τα υλικά, περιεχόμενη υγρασία, ή πάχος στρώματος.

- **Εκσκαφή και απομάκρυνση γαιών**

Επιπλέον με την συμπύκνωση των επιχωμάτων υπάρχουν 3 βασικές διεργασίες που είναι σχετικές με τις γαίες: σκάψιμο, ρυμούλκηση και τοποθέτηση. Ιδανικώς, τα υλικά του επιχώματος αποκτώνται από τα υλικά εκσκαφών παρακείμενων ορυγμάτων. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, τα υλικά αποκτώνται από δανεικούς λάκκους. Ανεπαρκείς διεργασίες γαιών μπορεί να είναι πολυδάπανες. Η επάρκεια αποκτάται από τα ακόλουθα.

- ✓ Τοποθετώντας έναν καλό εργοδηγό υπεύθυνο της εκσκαφής για να βεβαιώσει την μέγιστη γυαρδική απόδοση.
- ✓ Τοποθετώντας έναν καλό εργοδηγό υπεύθυνο της εναπόθεσης των γαιών για να κρατήσει τις μονάδες ρυμούλκησης εναπόθεσης και μεταφοράς χωρίς καθυστερήσεις.
- ✓ Παρέχοντας επαρκές και δυνατό σκάψιμο και ρυμούλκηση με απόλυτη ακρίβεια έτσι ώστε καμία φάση των διεργασιών να πρέπει να περιμένει για την επόμενη.

## «ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.»

### **6.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΕ ΒΡΑΧΩΔΗ ΚΑΙ ΓΑΙΩΔΗ ΠΡΑΝΗ.**

Συνήθως, η ευστάθεια ενός ασταθούς πρανού μπορεί να αποκατασταθεί με την ταυτόχρονη υλοποίηση διαφόρων εξυγιαντικών μέτρων. Για παράδειγμα, η παρεμπόδιση των εδαφικών μετακινήσεων με τη λήψη κατάλληλων μηχανικών μέτρων (π.χ. τοίχοι ποδός, ηλώσεις κ.λ.π) συχνά οδηγεί στην εξάλειψη της αρχικής αιτίας και κυρίως στην απομάκρυνση των υδάτων με την τοποθέτηση συστήματος αποστράγγισης διαρκούς προστασίας.

Η εξέλιξη του προβλήματος ενδεχομένως να απαιτήσει τη λήψη άμεσων μέτρων για την ανεμπόδιση συνέχιση των εργασιών (π.χ. περιορισμοί στην ταχύτητα) και τη δρομολόγηση προσωρινού ή μόνιμου προειδοποιητικού συστήματος και συστήματος παρακολούθησης ώστε η κυκλοφορία των συρμών να διακόπτεται σε περίπτωση που η κατάσταση επιδεινωθεί.

Προκειμένου να ληφθούν τα βέλτιστα εξυγιαντικά μέτρα απαιτείται εμπειριστατωμένη γνώση των γεωτεχνικών και υδρογεωλογικών συνθηκών που επικρατούν επί τόπου.

Αυτό απαιτεί:

**Αρχικά, ακριβή περιγραφή των φυσικών και γεωμετρικών παραμέτρων του προβλήματος προκαλούμενες επιφανειακές ανωμαλίες.**

- **Αιτίες των μετακινήσεων του μαλακού εδάφους**
  - κατολισθήσεις πλάκας
  - κύκλοι ολίσθησης
  - ολισθήσεις πολυπλοκότερου σχήματος
  - ποταμοί λάσπης
  - φαινόμενα ερπυσμού
  - αλλαγές του εδαφικού όγκου (συστολή ξηράνσεως, διόγκωση, συμπύκνωση, στερεοποίηση, φαινόμενα διάλυσης, καύση, κλπ)
  - εσωτερική διάβρωση
- **Αποσύνθεση και θρυμματισμός βραχωδών πρανών**
  - επιφανειακή και εσωτερική αποσύνθεση και θρυμματισμός
  - ολίσθηση στρώσεων με δυσμενή κλίση
  - πτώση προεξεχόντων μπλοκ και αναχωμάτων

- στη συνέχεια, αξιολόγηση και σύγκριση των επιπτώσεων διαφόρων παραγόντων που επιδρούν στην κατάσταση των πρηνών
  - δυνάμεις βαρύτητας
  - δυνάμεις που οφείλονται στην παρουσία νερού (επιφανειακές ροές, υψηλή στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, εσωτερικές ροές)
  - φυσική συνεκτικότητα
  - αποσάθρωση υλικών λόγω εξωτερικών παραγόντων
  - αυξημένος κυκλοφορικός φόρτος.
- **Επιχώματα σε εδάφη με μειωμένη φέρουσα ικανότητα**  
Εφιστούμε την προσοχή κυρίως στις παρακάτω μέθοδοι:

#### **Χωματοουργικά μικρού ύψους (κάτω από 6m)**

Εκσκαφή κάτω από τη σιδηροδρομική γραμμή και πλήρης αντικατάσταση από υλικό με αυξημένη φέρουσα ικανότητα (απαιτείται αποξήλωση της γραμμής).

Εκσκαφή κάτω από τη σιδηροδρομική γραμμή και μερική αντικατάσταση από υλικό με χαμηλή πυκνότητα και αυξημένη φέρουσα ικανότητα (απαιτείται αποξήλωση της γραμμής).

Εκσκαφή παράπλευρα της σιδηροδρομικής γραμμής και αντικατάσταση από υλικό με αυξημένη φέρουσα ικανότητα (απαιτούνται περιορισμοί στην ταχύτητα ή διακοπή της κυκλοφορίας).

Σταθεροποίηση με αντίβαρα.

#### **Χωματοουργικά με ύψος(πάνω από 6m)**

Σταθεροποίηση με αντίβαρα

Τοποθέτηση πασσάλων δίπλα από τις γραμμές

Τοποθέτηση πασσάλων κάτω από τη γραμμή, οι οποίοι είναι είτε συνδεδεμένοι στην κεφαλή είτε γεφυρώνονται με πλάκες από σκυρόδεμα ή άλλα υλικά.

#### • ***Διάκενα και υποχωρήσεις εδάφους κάτω από τη γραμμή***

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση διάκενων και υποχωρήσεων του εδάφους διαφέρει ανάλογα με τα φυσικά γνωρίσματα (αιτίες και αποτελέσματα) του προβλήματος. Διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες προβλημάτων:

##### **6.1.1 Φυσικά προβλήματα**

Τέτοια προβλήματα ενσκήπτουν όταν διαπερατές εδαφικές στρώσεις διαλύονται από ρέοντα ύδατα, π.χ. γύψος, ορυκτό άλας, ασβεστόλιθος και κιμωλία. Το έδαφος που

επικαλύπτει το διάκενο καταρρέει και αυτό το φαινόμενο μπορεί τελικά να προωθηθεί προς τα άνω μέχρι την επιφάνεια του εδάφους (υποχώρηση και επιφανειακές οπές). Η διάλυση μπορεί να επιταχυνθεί εξαιτίας της βιομηχανοποίησης και της δόμησης (π.χ. βιομηχανική άντληση). Ακόμη και αν είναι γνωστές οι περιοχές με διαπερατά εδάφη, είναι πολύ δύσκολο να εντοπιστούν τα διάκενα. **Μόλις εντοπιστεί μία ευαίσθητη περιοχή (π.χ. όταν εκδηλωθεί υποχώρηση του εδάφους) θα πρέπει να προσδιοριστούν άλλες πιθανές προβληματικές περιοχές:**

- Αναλύοντας τις διαθέσιμες πληροφορίες και τα γεωλογικά στοιχεία
- Ερμηνεύοντας αεροφωτογραφίες ή εξετάζοντας τα φωτογραφικά αρχεία
- Προβαίνοντας πιθανότατα σε γεωφυσικές έρευνες (σεισμικές, ηλεκτρικές, βαρυμετρικές έρευνες, χρήση ραντάρ ή ακτινών γ)
- Πραγματοποιώντας γεωτρήσεις μικρής διαμέτρου σε τακτά διαστήματα κατά μήκος των κρίσιμων τμημάτων της υπόβασης.

Η συνηθέστερη μέθοδος εξυγίανσης είναι η χρήση τσιμεντενέσεων που περνούν μέσα από τις γεωτρήσεις μικρής διαμέτρου. Οι ποσότητες που τοποθετούνται σε κάθε σημείο θα πρέπει να παρακολουθούνται επιμελώς καθώς εγείρεται ο αγωγός ενέσεως.

Τα διάκενα πληρούνται λόγω της βαρύτητας με υλικό που δεν είναι ευεπίφορο σε καθιζήσεις. Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα υλικά που είναι πολύ διαπερατά και συνεπώς σχηματίζουν κατακόρυφο στραγγιστήριο, το οποίο δημιουργεί περαιτέρω προβλήματα. Το επάνω μέρος θα πρέπει να πληρείται από υλικά ανθεκτικά στα όμβρια ύδατα (σκυρόδεμα, ένεμα με αμμοκονίαμα ή παρόμοιο πρόσμεικτο), τα οποία ενίοτε υποβοηθούνται από ταλαντώσεις.

Ταυτόχρονα, θα πρέπει να ελέγχεται το σύστημα αποστράγγισης έτσι ώστε να υπάρχει βεβαιότητα ότι η υπόβαση είναι στεγανή στο νερό.

Σε πολύ δύσκολες περιπτώσεις, θα πρέπει να τροποποιείται η γραμμολογία ή να τοποθετούνται πλάκες διανομής φορτίων κάτω από τη σιδηροδρομική γραμμή.

### **6.1.2 Τεχνητά προβλήματα**

Εδώ συγκαταλέγονται τα εγκαταλελειμμένα λατομεία, ορυχεία και χαρακώματα. Οπουδήποτε υπάρχουν τέτοια μέρη και η δυνατότητα να επιθεωρηθούν, **θα πρέπει:**

- Να ελέγχονται περιοδικά για να είναι γνωστό κατά πόσο οι στοές και τα αντιστηρίγματά τους επιδέχονται επισκευή.
- Να καταστούν ασφαλέστερα, όπου χρειάζεται.

**Σε περίπτωση που δεν δρομολογηθεί μια τέτοια διαδικασία, υπάρχει κίνδυνος κατάπτωσης ή υποχώρησης του εδάφους. Η λύση που ενδείκνυται είναι είτε η επανεπίχωσή τους είτε η χρήση ενέματος.**

- **Οι επιδράσεις του παγετού**

Όταν η βάση έρματος ή το υπόστρωμα επιδομής είναι ευεπίφορο στη διείδυση παγετού ή σε περίπτωση που ο παγετός διεισδύσει σε υπόβαση που είναι ευεπίφορη σε μια τέτοια διείδυση, ενδεχομένως να προκύψουν ανεπιθύμητες μετακινήσεις της γραμμής (διόγκωση του εδάφους σε περιόδους παγετού και μείωση της φέρουσας ικανότητας σε περιόδους τήξης)

**Πριν προβούμε στον προσδιορισμό των καταλληλότερων μέτρων προστασίας ενδείκνυται τα εξής:**

- Λεπτομερέστατη επόπτευση της κρίσιμης περιοχής
- Αξιολόγηση της διόγκωσης (λαμβάνοντας τμήματα της πάνω επιφάνειας του στρωτήρα το χειμώνα και το καλοκαίρι)
- Δοκιμαστικές τομές για να καθοριστούν οι στρώσεις που είναι ευεπίφορες στον παγετό
- Παρακολούθηση της στάθμης του νερού.

- **Κόπωση της υπόβαση**

**Οι τάσεις που ασκούνται στην υπόβαση και οδηγούν σε κόπωση οφείλονται κυρίως:**

- § στον φόρτο και τύπο κυκλοφορίας
- § στη διάταξη της γραμμής
- § στο πάχος και τα μηχανικά γνωρίσματα του υποστρώματος της γραμμής
- § στα γνωρίσματα της υπόβασης

**Όταν η τάση είναι «δεκτή», δηλ. όταν το πάχος του έρματος και του υποστρώματος επιδομής ισούται με όσα έχουν αναφερθεί, δεν αναμένεται σημαντική παραμόρφωση της υπόβασης από την επίδραση της κυκλοφορίας (υπό την προϋπόθεση ότι τηρούνται οι κανόνες φίλτρου και η σωστή υδραυλική συμπεριφορά)**

- **Μαλακά εδάφη**

**Πιθανή αστάθεια μπορεί να εκδηλωθεί εξαιτίας:**

- ανωμαλιών στα πρηνή, οι οποίες εντοπίζονται κατά τη διενέργεια κανονικών ελέγχων (διόγκωση στον πόδα, ρωγμές, κλίση δέντρων ή στύλων, διάβρωση, κλπ)



- της απελευθέρωσης τάσεων στα τεχνικά
- μη κανονικών τοπικών εδαφικών μετακινήσεων στα επιχώματα για ένα ή περισσότερα μήκη γραμμής (ή απλώς στην κλείδα).

Οποιοσδήποτε εργασίες εξυγίανσης θα πρέπει να καταγράφονται επιμελώς και να εκπονείται σκαρίφημα, στο οποίο να αποτυπώνεται εμφανώς η ανύψωση της γραμμής αθροιστικά έναντι του χρόνου. Έτσι μπορούν να εντοπιστούν με μεγάλη ακρίβεια οι ασταθείς περιοχές καθώς και οποιαδήποτε προσαύξηση του ρυθμού μετακίνησης.

**Σημείωση:** “ενδέχεται να εκδηλωθούν σοβαρά περιστατικά χωρίς καμία προειδοποίηση”.

### **6.1.3 Τύποι αστάθειας**

Στο ίδιο το επίχωμα συμβαίνουν διάφοροι τύποι αστάθειας με δυσάρεστη συχνότητα εμφάνισης. Οι αιτίες μοναδικών τύπων μπορεί να σχετίζονται και δυο ή περισσότεροι τύποι προβλημάτων μπορεί να συνδυαστούν στο να συμβάλλουν στην αστάθεια και στο «θάμπωμα» των διακριτικών χαρακτηριστικών του καθένα.

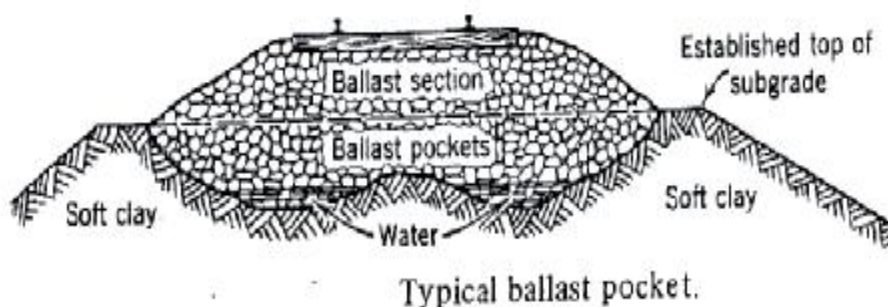
**Περιορισμός αδύναμου μπαλάστρου.** Η αντίσταση ενός υλικού του μπαλάστρου στην μόνιμη παραμόρφωση εξαρτάται κατά μέρος στον περιορισμό στον οποίο είναι εκτεθειμένο. Μια κύρια πηγή περιορισμού είναι το επίχωμα. Ένα δυνατό, ευσταθές επίχωμα προσφέρει αξιόλογο κάθετο περιορισμό στο μπάλαστρο. Ένα αδύναμο και πλαστικό επίχωμα επιτρέπει καθίζηση και παραμόρφωση με δυσμενή αποτελέσματα στην επιφάνεια της σιδηροδρομικής γραμμής.

**Παραμόρφωση λόγω παγετού.** Έχει γίνει αναφορά για μετατόπιση της σιδηροδρομικής γραμμής που οφείλεται από την διαμόρφωση μικρών κομματιών πάγου μέσα στο πάνω μέρος του υποβαθμού ή μέσα στον τομέα του μπαλλάστρου. Το παγωμένο νερό διαστέλλει 9-10% τον όγκο. Pockets (κοιλώματα) καλά διαβαθμισμένων εδαφών (3% ή πιο λίγο από 0,02mm σε μέγεθος κόκκου) κορεσμένα μέσω της δράσης του τριχοειδούς με μια ελεύθερη παροχή νερού, συνδυασμένο με εδάφη σε θερμοκρασίες υπό το μηδέν θα επεκτείνει και θα παραμορφώσει την επιφάνεια των σιδηροδρομικών γραμμών. Λόγω πάγου η διαστολή και παραμόρφωση θα συνεχιστεί, τροφοδοτούμενο κάτω από το τριχοειδές, μέχρι να αγγίξει μια κατάσταση ισορροπίας της θερμοκρασίας. Ο καθαρισμός του μπαλάστρου, εκσκαφή και πλήρωση καθώς και αναβαθμισμένη αποστράγγιση, προσφέρουν πιο μόνιμη ανακούφιση.

**Water Pockets: (κοιλώματα νερού)** .Μη συμπυκνωμένοι ή παγωμένοι εδαφικοί κόκκοι (βώλοι), ή το κύρτωμα των υλικών του επιχώματος ενάντια στους βράχους, στους

κορμούς ή τα κούτσουρα δέντρων που έχουν αφηθεί από παλιά κενά στα οποία συγκεντρώνονται: η υγρασία για να σχηματίσει water rockets, ενώ τα χαλασμένα ξύλα επίσης σχηματίζουν κενά στα οποία συγκεντρώνεται η υγρασία. Water rockets είναι αιτίες ανώμαλης καθίζησης της σιδηροδρομικής γραμμής και αν επιτραπεί να φυτρώσει απεριόριστο, μπορεί να προκαλέσει πλήρως αποτυχία στο επίχωμα.

*Ballast Pockets.(κοιλώματα μπαλάστρου).* Παίρνοντας με την παλάμη ένα δείγμα από ένα καλά διαβαθμισμένο έδαφος, μια ιριδίζουσα λάμψη θα εμφανιστεί στην επιφάνεια από την υγρασία μέσα από το δείγμα. Το φορτίο με το πέρασμα των τροχών συνεισφέρει την ίδια επίδραση στα επιχώματα. Όταν υπάρχει μια μικρή ποσότητα υγρασίας στο εσωτερικό μεταξύ του μπαλάστρου και των υλικών του καλά διαβαθμισμένου επιχώματος, το επαναλαμβανόμενο φορτίο με το πέρασμα των τροχών μπορεί να δημιουργήσει μια λασπώδη κατάσταση, όχι περισσότερο από 1 ίντσα χονδρή στο έδαφος. Το φυσικό περιεχόμενο νερό του εδάφους μπορεί να είναι επαρκές να δημιουργήσει λάσπη, αλλά επιπρόσθετη υγρασία όπως με water rockets, επέρχεται από την βροχή, λιώσιμο χιονιού και η ανάβαση του τριχοειδούς. Η υγρασία μπορεί επίσης να διηθήσει από παρακείμενα υγρά cuts. Η λασπώδης κατάσταση θα ενεργήσει κατευθυνόμενη προς τα πάνω μέσω του μπαλάστρου, μολύνοντάς το, μειώνοντας τις ιδιότητες αποστράγγισης και δημιουργώντας «rumping: track (αυλακώσεις). Την ίδια στιγμή τα μέρη του μπαλάστρου απωθούνται με δύναμη κατευθυνόμενα προς τα κάτω μέσα στην πλαστική λάσπη. Η δράση αυτή επαναλαμβάνεται στα χαμηλότερα επίπεδα επαφής και τελικά διαμορφώνονται ballast rockets παρόμοια με την παρακάτω εικόνα.



The rockets μπορούν να επεκταθούν 10 πόδια ή περισσότερο μέσα στο επίχωμα. The rocket μπορεί να μετακινηθεί στην κατεύθυνση της μεγαλύτερης αδυναμίας ή πλαστικότητας στο επίχωμα ωθώντας άλλα υλικά έξω και κατευθυνόμενα προς τα πάνω στον πόδα του επιχώματος. Περισσότερο υλικό λοιπόν ωθείται έξω στον πόδα, πιο πολύ υλικό το πιθανό βάθος του κοιλώματος (rocket). The rocket μπορεί να περιέχει επαρκές νερό να υπερχειλίσει για αρκετές ώρες ή μέρες αν ανοιχτεί τρύπα.

Υπάρχει πιο αδύναμη κατασκευή σιδ.γραμμής, που βυθίζεται, η μαλακή τοποθεσία, που απαιτεί υπερβολική συντήρηση-επιπρόσθετη του μπαλάστρου και επιδιόρθωση του επιστρώματος του δρόμου και προκαλεί μια επιταχυνόμενη φθορά των σιδηροτροχιών, ties, και των συνδετήρων.

Επιβραδείς καθοδηγήσεις μπορεί να είναι απαραίτητες. Πλήρως αποτυχία του έργου μπορεί μερικές φορές να συμβεί.

Water rocket εκρήξεις γίνονται με εδαφικά τρυπάνια, με μηχανικά ή χειρωνακτικά μέσα ή σκάβοντας τάφρους (αυλάκια) κατά μήκος του επιχώματος. Η έκταση και το βάθος of the rocket, οι τύποι των περιλαμβανομένων εδαφών, και το ποσό και οι πηγές της παρουσίας του νερού in the rocket πρέπει να αποφασιστούν.

#### **6.1.4 Δυσμενείς ιδιότητες.**

Τα roadbeds είναι επηρεασμένα από συγκεκριμένα καταστρεπτικά χαρακτηριστικά.

- ✓ Η τάση να πλημμυρίζει εξαιτίας του στρογγυλού σχήματος των κόκκων της άμμου και της ιλύος, καταλήγει σε μία πιθανή μετατόπιση της σιδηροδρομικής γραμμής. Επίσης μπορεί να σημειωθεί και πλημμύρα, σε περίπτωση που τα εδάφη έχουν χαμηλή εσωτερική τριβή και συνοχή.
- ✓ Αλλαγές στον όγκο, συμβαίνει όταν διαφοροποιείται η περιεχόμενη υγρασία, καθώς και με την επίδραση του πάγου. Η επίδραση του πάγου είναι πιθανή να καταλήξει σε ανύψωση και πλάγια μετατόπιση της σιδηροδρομικής γραμμής.
- ✓ Παράπλευρη πλημμύρα κάτω από πίεση μπορεί να προκληθεί από τα εξής :
  - § Κορεσμένα εδάφη με μειωμένη εσωτερική τριβή και συνοχή. Η εσωτερική πίεση των κόκκων μεταφέρεται στον πόρο του νερού με μια διαμητική αντοχή, κατά προσέγγιση μηδέν.
  - § Πλαστικά εδάφη (πηλός και αργιλώδης ιλύς), βρεγμένα ή ξερά, οι κόκκοι των οποίων έχουν στρογγυλεμένες κορυφές. Ο αναγνώστης πρέπει να προσέξει τα γενικά όρια τα οποία είναι δημοσιευμένα στο διάγραμμα πλαστικότητας.
- ✓ Κάποια υλικά έχουν την ιδιότητα να κατεβάσουν ή να μεταφέρουν την υγρασία όταν εκτείνονται στην ατμόσφαιρα και λίγο πολύ συμπεριφέρονται όπως η χονδρή άργιλος. Ο σχιστόλιθος προσβάλλει σ' αυτή την συμπεριφορά και θα πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή.
- ✓ Η περιεκτικότητα ορυκτού συνεισφέρει στην αστάθεια μερικών εδαφών. Τα ορυκτά του πηλού (clay minerals), συνεισφέρουν επικίνδυνα στην πλαστικότητα και την διόγκωσή του. Το πιο διαδεδομένο είναι ο «μπετονίτης». Καθένα μπορεί να καταλήξει σε μεγάλες αλλαγές του όγκου με διαφοροποιήσεις στην περιεκτικότητα

του νερού. Εδάφη που περιέχουν (montmorillonitic minerals), θα πρέπει αν είναι εφικτό, να αποκλείονται από τα επιχώματα.

### **6.1.5 Αποτελέσματα υπερβολικής υγρασίας.**

Πρακτικά όλα τα επιχώματα επηρεάζονται δυσμενώς από την υπερβολική υγρασία.

1. Η φέρουσα δύναμη μειώνεται. Η εσωτερική πίεση που ασκείται στους κόκκους μεταβιβάζεται στην πίεση των πόρων του νερού, ελαττώνοντας έτσι την εσωτερική τριβή και την διατμητική αντοχή. Με αυτό τον τρόπο σταματάει η συνοχή με αποτέλεσμα να προκληθεί καταστροφή, ειδικά σε συνδυασμό με ένα διογκωμένο έδαφος. Έτσι κάθετες και πλευρικές μετατοπίσεις της σιδηροδρομικής γραμμής είναι πολύ πιθανό να συμβούν.

2. Water rockets form κάτω από την σιδηροδρομική γραμμή ή μέσα στο roadbed shoulder, μαλακά, βυθιζόμενα σημάδια στην γραμμή ή στις κλίσεις μπορεί να εμφανιστούν. Επιπλέον, μια λάσπη μπορεί να σχηματιστεί που λειτουργεί κατευθυνόμενη προς τα πάνω, μολύνοντας το μπάλαστρο και καταστρέφοντας τις αποστραγγιστικές της ιδιότητες.

3. Ανύψωση ή επίδραση πάγου εμφανίζεται σε παγωμένο καιρό. Η ανύψωση καταλήγει όχι μόνο από την απευθείας ογκομετρική αύξηση λόγω της ελεύθερης παγωμένης υγρασίας μέσα στο έδαφος, αλλά επίσης από μια συνεχή διόγκωση που προκαλείται από την ενίσχυση του πάγου με 3-10% των κόκκων μικρότερων των 0,02mm και «τροφοδοτείται» από κάτω με το τριχοειδές. Το νερό σε κατάσταση υψηλής πίεσης του τριχοειδούς τείνει να αντισταθεί στην παγωνιά ακόμα και σε πολύ μικρές θερμοκρασίες, έτσι ώστε τα κανάλια της παροχής να παραμένουν ανοιχτά. Το ξεπάγωμα με τον ζεστό καιρό παρέχει υπερβολικά ελεύθερο νερό που καταστρέφει φυσιολογικά την εσωτερική τριβή του εδάφους και μειώνει την συνοχή και την σταθερότητα. Ακόμα και μια γρήγορη διαδικασία πάγου και μετά λιώσιμο του πάγου μπορεί σοβαρά να μειώσει την σταθερότητα του εδάφους. Πρακτικά αποτελέσματα βρέθηκαν σε σιδηροδρομική γραμμή παρακολουθώντας το λιώσιμο του πάγου την Άνοιξη.

Οι εργάτες δεν μπορούν να πραγματοποιήσουν την συνηθισμένη λείανση (ή επίστρωση) της σιδηροδρομικής γραμμής για να διατηρήσουν (cross level) ενάντια της διόγκωσης επειδή το μπάλαστρο είναι παγωμένο. Πρέπει να παρέχουν μια «θεραπεία» (διόρθωση), τοποθετώντας ξύλινες σφήνες ανάμεσα στην τραβέρσα και την σιδηροτροχιά, εμμένοντας στους απαραίτητους κανονισμούς και προστατεύοντας έτσι την σιδηροδρομική γραμμή με αργούς ρυθμούς. Τέτοιες τοποθεσίες θα πρέπει να διαχωρίζονται και τα κοκκώδη υλικά να απομακρύνονται και να ξανατοποθετούνται με

επιλεγμένα εδάφη μετά το τέλος της παγωμένης περιόδου. Τρία είδη υγρασίας μπορούν να βρεθούν στα επιχώματα και αυτά είναι τα παρακάτω:

- Βροχή και νερό εδάφους ελεύθερο να μετακινηθεί με την βαρύτητα. Είναι το μόνο είδος που μπορεί επαρκώς να μετακινηθεί με την αποστράγγιση μέσω τάφρων, καναλιών και σωλήνων.
- Τριχοειδής υγρασία συγκρατούμενη στους κόκκους του εδάφους από επιφανειακή τάση. Ακολουθεί το μονοπάτι του ελεύθερου ή της βαρύτητας του νερού, ή κινείται από τριχοειδή έλξη από μια υγρή σε μια πιο ξηρή εδαφική περιοχή. Μπορεί να μετατοπιστεί μόνο με διόγκωση, εξάτμιση, πάγωμα, ή θέτοντας το υπό πίεση, παρόλο που μερικός έλεγχος και ανακούφιση μπορεί να αποκτηθεί χαμηλώνοντας τον υδροφόρο ορίζοντα μέσω αποστράγγισης. Το ποσό της τριχοειδούς υγρασίας ποικίλει ανάλογα το σχήμα, το μέγεθος, καθώς και την ορυκτολογική σύνθεση του εδάφους και των κόκκων του. Τριχοειδής πιέσεις είναι υψηλότερες σε καλά διαβαθμισμένα εδάφη, ειδικά στα ιλύς και πηλό. Καλά διαβαθμισμένες άμμοι μπορούν να εκτεθούν (να εκτεθούν) στην τριχοειδή ανύψωση.
- Υδροσκοπική υγρασία. Υγροποιείται από την ατμόσφαιρα πάνω στην επιφάνεια του εδάφους και συνενώνεται με τους εδαφικούς κόκκους. Έχει μικρή σημασία για τον μηχανικό. Στην πράξη τα περισσότερα εδάφη είναι δυνατόν να βελτιωθούν με την κατάλληλη αποστράγγιση.

## **6.2 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ**

**Τεχνικές για την προστασία και σταθεροποίηση ευαίσθητων εδαφών που χρησιμοποιούνται και από δυσμενείς υδρογεωλογικές συνθήκες.**

### **Επιχώματα:**

- αντικατάσταση ευαίσθητων εδαφών (αυτή η μέθοδος που είναι η πιο αξιόπιστη, θα πρέπει να χρησιμοποιείται κάθε φορά που το βάθος του εδάφους που επρόκειτο να αφαιρεθεί δεν είναι μεγάλο)
- προ-φόρτιση για την στερεοποίηση του εδάφους που βρίσκεται κάτω από το επίχωμα ή προσωρινή επιφόρτιση του επιχώματος
- τοποθέτηση κάθετων στραγγιστηρίων ή πασσάλων

Όταν χρησιμοποιείται έδαφος που είναι ευεπίφορο στην διείδυση νερού και παγετού για την κατασκευή του σώματος του επιχώματος, το έδαφος αυτό θα πρέπει να προστατεύεται από πέτασμα με έδαφος καλύτερης ποιότητας.

Σε περιοχές που υπόκεινται σε υπερχειλίσεις, τα πλαϊνά του επιχώματος θα πρέπει να προστατεύονται από στρώση από τεμάχια βράχων ή λίθων με ενδιάμεση κοκκώδη στρώση εφόσον χρειάζεται.

- Υπόγεια ύδατα

Οι τοπικές υδρολογικές και υδρογεωλογικές (πιεζόμετρα, αισθητήρες μέτρησης υδραυλικής πίεσης πόρων) συνθήκες, καθορίζονται από τη θέση του υδροφόρου ορίζοντα. Σε περίπτωση που οι υδρολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες είναι κακές, μπορεί να επηρεαστεί η φέρουσα ικανότητα της υπόβασης και, συνεπώς, η ευστάθεια της γραμμής. Αυτή η κατάσταση μπορεί να βελτιωθεί χαμηλώνοντας τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα κάτω από τη γραμμή με τάφρους ή στρώσεις βαθιάς αποστράγγισης. Ανάλογα με τις επικρατούσες τοπικές συνθήκες, οι σιδηρόδρομοι προδιαγράφουν την ελάχιστη απόσταση της στάθμης των υπογείων υδάτων από 0.80m έως 2.50m ως προς την επιφάνεια κύλισης. Η ελάχιστη τιμή 0.80m επιτρέπεται μόνο όταν η υπόβαση κάτω από το έρμα είναι καλή (P3), όταν ο παγετός δεν διεισδύει στο έδαφος και η ροή των υδάτων είναι μικρή.

- Επιφανειακά ύδατα

Τυχόν επιφανειακά όμβρια ύδατα που ενδεχομένως να διεισδύσουν στην υπόβαση θα πρέπει να απομακρύνονται άμεσα. **Αυτό απαιτεί:**

(1) Σωστή εγκάρσια κλίση της υπόβασης προς το σύστημα διαμήκους αποστράγγισης (ορύγματα) ή προς την κλείδα (επίχωμα) τόσο σε ευθύγραμμους όσο και σε καμπύλους κλάδους γραμμής. Η εγκάρσια κλίση αποστράγγισης θα πρέπει να κυμαίνεται από 3 έως 5%.

Όμως, σε τμήματα με υπερύψωση, η υπόβαση για διπλές γραμμές μπορεί να μελετηθεί με μονή συνεχή εγκάρσια κλίση.

Η επιφάνεια του υποστρώματος επιδομής θα πρέπει επίσης να διαθέτει εγκάρσια κλίση, σύμφωνα με τα προαναφερθέντα. Δεδομένης της καλής διαβάθμισης του υποστρώματος επιδομής, περίπου το 80% των όμβριων υδάτων (συντελεστής απορροής  $c \cong 0.8$ ) απομακρύνεται άμεσα από τα σημεία διεπιφάνειας μεταξύ έρματος και υποστρώματος επιδομής και καταλήγει στο σύστημα αποστράγγισης. Το υπολειπόμενο 20% διεισδύει στο υπόστρωμα επιδομής, η ταχεία αποστράγγιση του οποίου διευκολύνεται από την εγκάρσια κλίση αποστράγγισης.

(2). Σωστή διαστασιολόγηση των μερών του συστήματος πλευρικής αποστράγγισης γραμμής.

Τα μέρη του συστήματος αποστράγγισης θα πρέπει να είναι σε θέση να υποδέχονται το νερό που παράγεται κατά τη διάρκεια σφοδρής καταιγίδας (π.χ. με δεκαετή περιοδικότητα):

- από τα πρανή και τη γραμμή (συντελεστής απορροής  $Q_p$ )
  - από τη λεκάνη απορροής του ορύγματος (συντελεστής απορροής  $Q_v$ )
- Οι χρόνοι συρροής των υδάτων κατά τύπο συντελεστή  $Q_p$  και  $Q_v$  συνήθως διαφέρουν. Ακόμη όμως και αν ληφθεί η μεγαλύτερη από τις δύο τιμές, η έκταση του λάθους είναι περιορισμένη. Όπου χρειάζεται, θα πρέπει να προστίθεται η απορροή που προκύπτει από τη μείωση της στάθμης των υπόγειων υδάτων.

(3). Σωστή μελέτη των υλικών φίλτρου που τοποθετούνται απευθείας επί του συστήματος διαμήκους αποστράγγισης. **Οι βασικές παράμετροι είναι οι ακόλουθες:** Η κοκκομετρική κατανομή των υλικών που έρχονται σε επαφή με το έδαφος θα πρέπει να συμφωνεί με τους κανόνες φίλτρου. Όμως, αυτή η μέθοδος ενδεχομένως να απαιτεί σύστημα φίλτρου με αρκετές διαβαθμισμένες προοδευτικά στρώσεις.

**Τα γεωυφάσματα παρέχουν απλούστερο σύστημα φίλτρου:**

- γεωύφασμα σε επαφή με λεπτόκκοκα εδάφη
- ευκρινώς ομοιόμορφα διαβαθμισμένοι χάλικες γύρω από τα στραγγιστήρια.

### 6.2.1 **Διάφορα προβλήματα**

- **Αμμόλοφοι**

Ο έλεγχος των μετακινήσεων της άμμου και της δημιουργίας αμμόλοφων προϋποθέτει πολύ καλή γνώση των αιολικών φαινομένων που επικρατούν στο υπό εξέταση τμήμα γραμμής. **Το είδος των προληπτικών μέτρων θα πρέπει να εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες και να περιλαμβάνει:**

- ✓ κόσκινα (διαφόρων τύπων)
- ✓ φύτευση της κατάλληλης βλάστησης, όπως αλμυρίκι ή άλλο παρόμοιο είδος,
- ✓ ψεκασμός με διάφορα διαλύματα που έχουν σαν βάση έλαια ή ασφαλτο (τα οποία ευνοούν την ανάπτυξη της βλάστησης)

- **Ποταμοί λάσπης (διάβρωση λεπτόκοκκων και χοντρόκοκκων υλικών)**

Θα πρέπει να καταβληθεί προσπάθεια να εμποδιστεί ο σχηματισμός ποταμιών λάσπης τοποθετώντας σύστημα αποστράγγισης, φυτεύοντας χαμόδεντρα και δέντρα και ανεγείροντας αναχώματα.

- **Χιονοστιβάδες σε ορεινές περιοχές**

Οι καταλληλότερες λύσεις είναι οι δασοφυτεύσεις των πρανών, η λήψη προστατευτικών μέτρων στις περιοχές που σχηματίζονται οι χιονοστιβάδες και άλλες εργασίες που αποβλέπουν στην προστασία της γραμμής.

- **Χιονοπτώσεις**

Για να προστατευθούν τα τμήματα ανοιχτής γραμμής από χιονοπτώσεις, θα πρέπει να φυτεύονται θάμνοι ή να ανεγείρονται φράγματα ή φράχτες σε κατάλληλη απόσταση εκατέρωθεν της γραμμής. Έτσι το χιόνι να σταματά πριν φτάσει στη γραμμή. Σε ακραίες περιπτώσεις, θα πρέπει να ανεγερθούν προστατευτικές στοές.

- **Υπερχείλιση και διάβρωση κοντά σε ποτάμια και λίμνες**  
**Η υπόβαση μπορεί να προστατευθεί από υπερχειλίσεις και φαινόμενα διάβρωσης με τεχνικά όπως:**

- Φράγματα από βράχους
- Επικάλυψη τοίχων
- Πασσαλοσανίδες
- Κυματοθραύστες
- Αντιπλημμυρικά αναχώματα

Οι χείμαρροι θα πρέπει να συγκρατούνται ή να ανακόπτονται από φράγματα ώστε να διασφαλιστεί η αποτελεσματική παρεμπόδιση των παρασυρόμενων υλικών καθώς και η αποτελεσματική μείωση της κινητικής ενέργειας του νερού.

Όσο εκκρεμούν οι οριστικές εργασίες ενίσχυσης, θα πρέπει να δρομολογούνται κατεπείγουσες βελτιωτικές ενέργειες, εφόσον χρειάζεται, για παράδειγμα:

- σφράγισμα ρωγμών
- επιφανειακή προστασία κατά της βροχόπτωσης
- επισκευή του συστήματος αποστράγγισης
- παραλλαγή και εκκένωση επιβλαβών δεισδυόντων υδάτων
- προσωρινά μέτρα εξυγίανσης προκειμένου να μην διακοπεί η κυκλοφορία, κλπ



## Ὑ Διάφοροι παράγοντες επιδρούν κατά την λήψη των καταλληλότερων εξυγιαντικών μέτρων, για παράδειγμα:

- περιορισμοί στη λειτουργία της γραμμής
- δυνατότητα (μόνιμης ή προσωρινής) επαναχάραξης της γραμμής
- δυνατότητα κατασκευής τεχνικών αντιστήριξης ή δυνατότητα διεμπήξεως πασσάλων
- δυνατότητα αγκυρώσεων
- πρόσβαση του μηχανικού εξοπλισμού στο εν λόγω σημείο
- βάθος επιφάνειας ολίσθησης
- πιεζομετρικά επίπεδα
- έκταση του προβλήματος
- κλιματολογικές συνθήκες (ευστάθεια της γραμμής και δη σε ζεστά κλίματα)

### **6.2.2 Αποστράγγιση**

#### **Αποστράγγιση επιχωμάτων και πρानών**

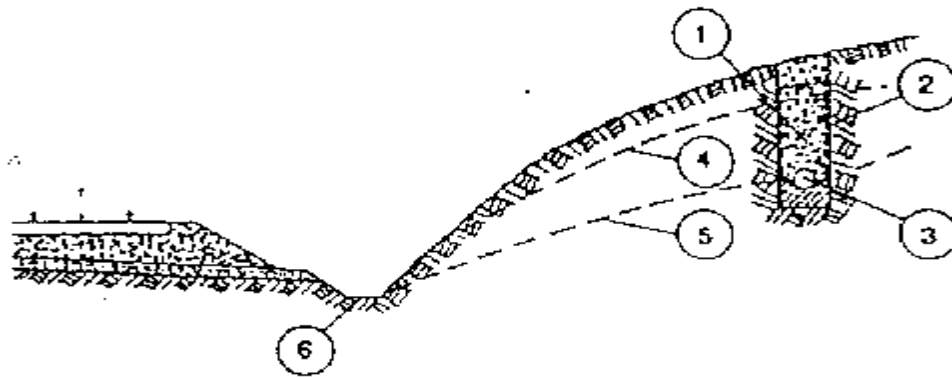
*Τάφροι συλλογής επιφανειακών υδάτων, π.χ. στραγγιστήρια ποδός ή οφρύος.* Να σημειωθεί ότι αυτές οι τάφροι μπορεί να ευθύνονται για την αστάθεια των πρानών και, εφόσον χρειάζεται, θα πρέπει να τοποθετούνται σε απόσταση (αρκετών μέτρων σε συνάρτηση με τα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους και το ύψος του πρανού) και να είναι επενδυμένες από αδιαπέρατο υλικό.

Βαθιά στραγγιστήρια για την αποστράγγιση του πρανού και των επιφανειακών υδάτων. Η κατασκευή βαθιών στραγγιστηρίων σε ασταθή εδάφη είναι πολύ ειδικευμένη εργασία και θα πρέπει να υλοποιείται την ευνοϊκότερη υδρολογική περίοδο και να παρακολουθείται από σύστημα πιεζόμετρων.

---

*Τα συστήματα αποστράγγισης και συλλογής υδάτων από τα πρανή και τα αναχώματα μελετώνται ποικιλοτρόπως ανάλογα με τα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους (συνεκτικό ή μη) και του είδους της πτώσης (ολίσθηση ή εσωτερική διάβρωση). Σε ορισμένες περιπτώσεις, ενδεχομένως να χρειάζονται συμπληρωματικά μέτρα (διακοπές, αδιαπέρατες στρώσεις) για τον έλεγχο της ροής των υδάτων.*

- **Αποστράγγιση με χρήση βαθιών στραγγιστηρίων**



1. Βαθύ στραγγιστήριο
2. Γεώφασμα
3. Διάτρητος αγωγός
4. Πιεζομετρικά επίπεδα πριν από την τοποθέτηση
5. Πιεζομετρικά επίπεδα μετά από την τοποθέτηση
6. Αποστραγγιστική τάφρος

**Στραγγιστήρια «αναχαίτισης» για τα φυσικά πρανή και τα πρανή ορυγμάτων και επιχωμάτων οπουδήποτε εκδηλώνεται διήθηση υδάτων εξαιτίας βροχοπτώσεων.**

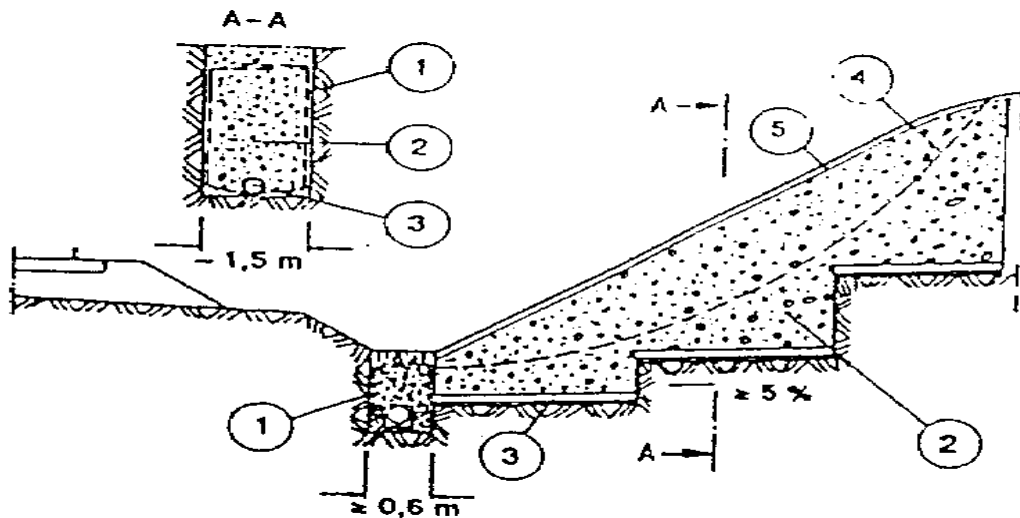
- **Εγκάρσια στραγγιστήρια**

Χρησιμοποιούνται για την απορροή των υδάτων που λιμνάζουν επάνω σε επιχώματα προς τα πλαϊνά ή για να εμποδίζουν τη διαμήκη ροή κάτω από τη σιδηροδρομική γραμμή στη θέση μετάβασης όρυγμα-επίχωμα. Αυτή η εργασία, αν και ήσσονος σημασίας, επιδρά σημαντικά στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της γραμμής κατά την φάση εκτέλεσής της.

- **Στραγγιστήρια «ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ» σε πρανή επιχωμάτων ή ορυγμάτων**

Η βάση του στραγγιστηριού θα πρέπει να εδράζεται κάτω από την επιφάνεια ολίσθησης ώστε πέραν της υδραυλικής χρησιμότητάς του να λειτουργεί και σαν αντέρεισμα.

**Στραγγιστήριο «αντιστήριξης»**



1. Γεώφασμα
2. Χάλικες ή κροκάλες για ελεύθερη αποστράγγιση
3. Στραγγιστήριο
4. Επιφάνεια ολίσθησης
5. Φυτική γη

Η γραμμή θα πρέπει να αντιστηρίζεται προσωρινά για όσο διάστημα εκτελούνται εργασίες στα πρανή του επιχώματος.

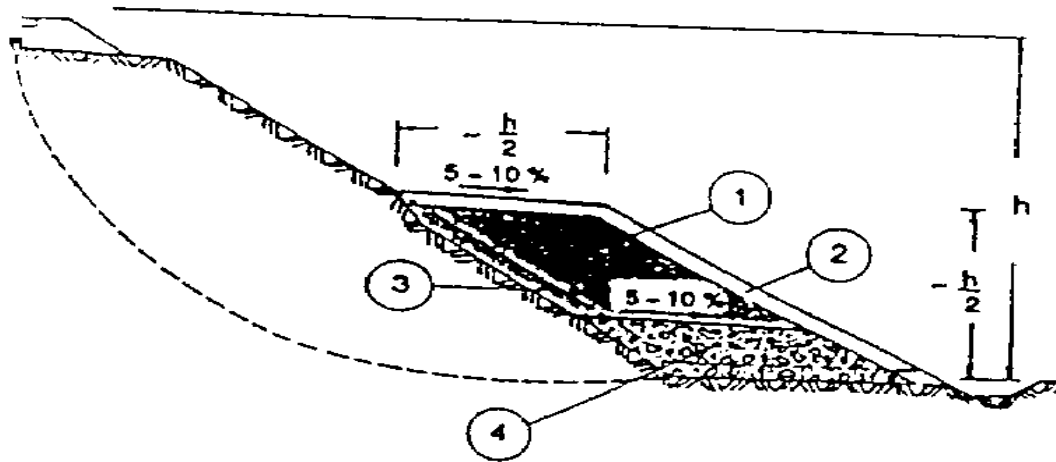
- **Υπο-οριζόντια στραγγιστήρια**

Τοποθετούνται στα πρανή ορυγμάτων ή επιχωμάτων για την αποστράγγιση των υποκείμενων στρώσεων από βαθέα ύδατα (πρόβλεψη για τοποθέτηση διάτρητων πλαστικών αγωγών που κατά πάσα πιθανότητα θα πρέπει να περιβάλλονται από γεώφασμα, και άλλες σχετικές ρυθμίσεις)

- **Αντιμετώπιση με μηχανικά μέσα, μειώνοντας το φορτίο που ασκείται στην επιφάνεια του πρανού του ορύγματος είτε με αφαίρεση εδάφους είτε με επαναδιαμόρφωση.**  
**Αντιμετώπιση με μηχανικά μέσα, ασκώντας φορτίο στον πόδα του πρανού είτε με επαναδιαμόρφωση είτε με αντίβαρο στον πόδα του πρανού.**

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται συνήθως για την αποκατάσταση της ευστάθειας των πρανών αλλά δεν ενδείκνυται όταν ο κύκλος ολίσθησης είναι μικρός. Το πρανές του αντίβαρου μπορεί να καταστεί πιο επικλινές χρησιμοποιώντας μεθόδους σταθεροποίησης όπως: οπλισμένοι πάσσαλοι από σκυρόδεμα πιθανότατα με αγκυρώσεις, τοίχοι αντιστήριξης, επένδυση τοίχων, ηλώσεις, κλπ. Όταν η βάση του πρανού βρίσκεται κοντά σε διαδρομή νερού, το αντίβαρο μπορεί να κατασκευαστεί ολικώς ή μερικώς από θραυστό υλικό: σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι το αντίβαρο αποτελεί σταθερό φίλτρο.

- **Αντίβαρο**



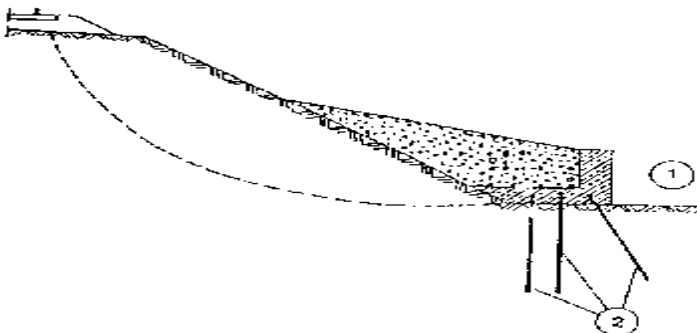
1. Κυρίως υλικό επανεπίχωσης
2. Φυτική γη
3. Αφαίρεση φυτικής γης
4. Διαπερατή στρώση

Η μέθοδος αυτή δεν ενδείκνυται όταν ο κύκλος ολίσθησης είναι πολύ ψηλά επάνω στο πρηνές ή όταν το επίχωμα βρίσκεται σε επικλινές έδαφος.

(Οι διαστάσεις του αντίβαρου,  $h/2 \times h/2$ , ισχύουν μόνο στις περιπτώσεις που ο κύκλος ολίσθησης κλείνει κοντά στη βάση του πρηνούς)

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν η διαθέσιμη εδαφική έκταση δεν επαρκεί για την κατασκευή αντίβαρου. Οι περισσότερες από τις μεθόδους που περιγράφονται παρακάτω έχουν επίσης σαν αποτέλεσμα την αύξηση του φορτίου στον πόδα του πρηνούς.

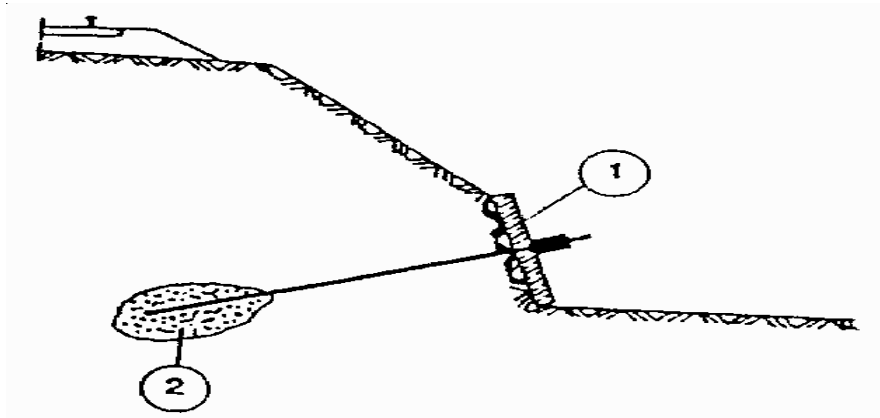
- **Αντιστήριξη με δοκούς από σκυρόδεμα**



1. Οπλισμένος δοκός από σκυρόδεμα
2. Πάσσαλοι

- **Τοίχοι αντιστήριξης** Βαθιά θεμελιωμένοι και επί τόπου κατασκευασμένοι, εφόσον χρειάζεται, ή χρήση μιας απλής οπλισμένης δοκού από σκυρόδεμα επάνω σε πασσαλότοιχο ή χρήση αγκυρίων στην υποκείμενη στρώση

- **Δοκός με αγκύρωση**



1. Οπλισμένη δοκός από σκυρόδεμα
2. Πάσσαλοι

- **Εύκαμπτοι τοίχοι** από προκατασκευασμένα οπλισμένα τεμάχια από σκυρόδεμα, φατνούς, οπλισμένη γη, κλπ

- **Πασσαλοσανίδες**: σύστημα αντιστήριξης που χρησιμοποιείται κυρίως παράκτια

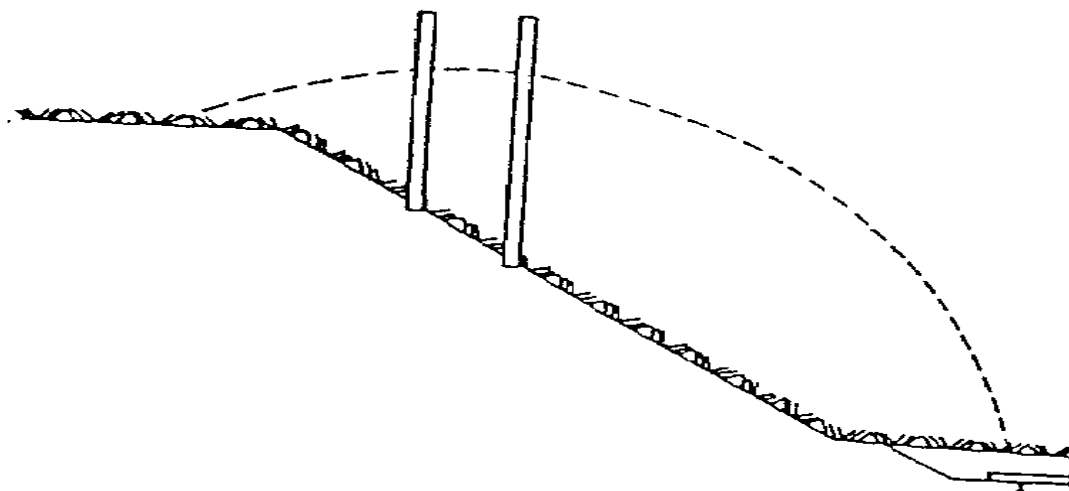
- **Συμβατικοί πάσσαλοι** : σειρές διαδοχικών πασσάλων τοποθετημένοι στην κάτω επιφάνεια του πρανούς (οπλισμένοι πάσσαλοι από ξύλο, μέταλλο ή σκυρόδεμα, προκατασκευασμένοι ή μη).

Σε ορισμένες περιπτώσεις ενδείκνυται η διενέργεια γεωτρήσεων εκ των προτέρων ώστε να αναχαιπιστεί το φαινόμενο της ταλάντωσης εξαιτίας της έμπηξης. Οι πάσσαλοι θα πρέπει να καταλήγουν κάτω από την επιφάνεια ολίσθησης.

### **Σταθεροποίηση της βάσης του πρανούς χρησιμοποιώντας συμβατικούς πασσάλους**

#### **ΣΗΜΕΙΩΣΗ.**

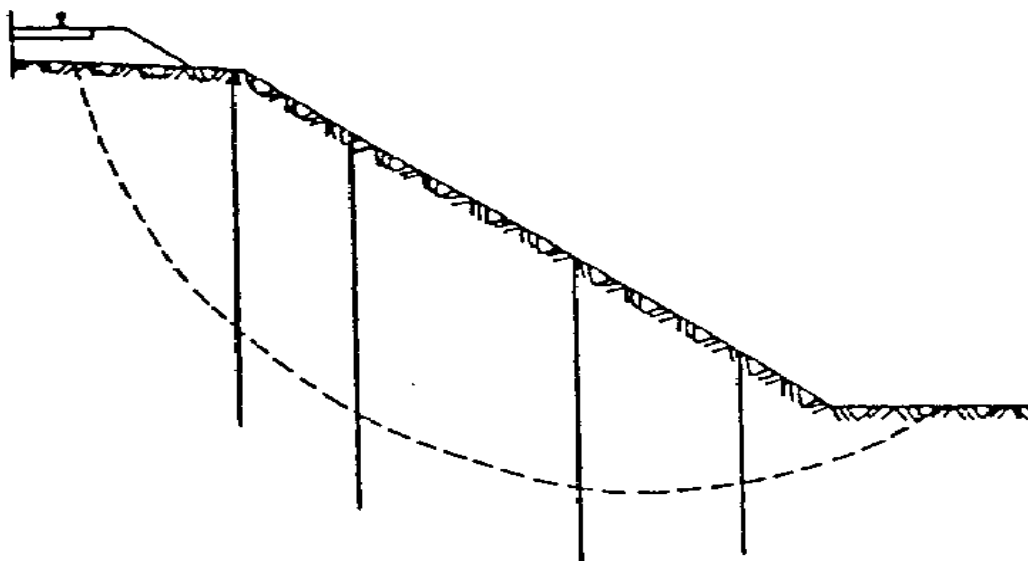
Όταν το έδαφος κάτω από το επίχωμα είναι ευεπίφορο σε καθιζήσεις, οι αντιστηρίξεις



μπορούν να καταστούν περισσότερο αποτελεσματικές δίνοντας στους πασσάλους την αναγκαία κλίση.

- **Μικροπάσσαλοι:** τοποθετούνται ανά διαστήματα κατά μήκος ολόκληρης της επιφάνειας του ασταθούς τμήματος του πρανούς. Κάθε μικροπάσσαλος (με διάμετρο μερικά εκατοστά) οπλίζεται με μεταλλικό σωλήνα ή και μία ή περισσότερες στρογγυλές μεταλλικές ράβδους ενώ παράλληλα χρησιμοποιούνται τσιμεντένες (που κατά πάσα πιθανότητα περιέχουν κάποιο πρόσμεικτο)

### **Σταθεροποίηση της βάσης του πρανούς με συμβατικούς πασσάλους**



Εφόσον είναι απαραίτητο, οι εργασίες εξυγίανσης μπορούν να περιοριστούν σε μικρά τμήματα του πρανούς με χρήση ενέσεων. Καθώς τοποθετούνται οι ενέσεις θα πρέπει να παρακολουθούνται επιμελώς οποιοσδήποτε εδαφικές μετακινήσεις.

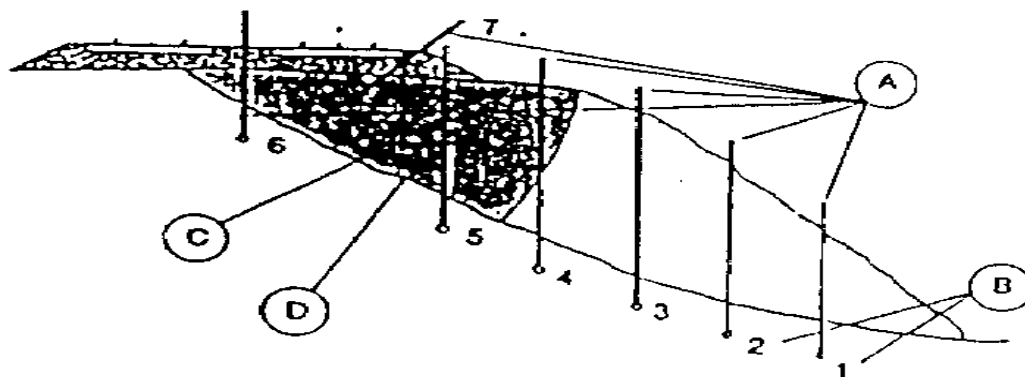
#### • **Ενέσεις**

**Ενέσεις στο σώμα του χωματουργικού:** χρησιμοποιούνται για εξυγίανση χωματουργικών που μορφώθηκαν από συνεκτικά εδάφη. Θα πρέπει να χρησιμοποιείται οξυγονωμένο, υψηλά ιξώδες ένεμα από τσιμεντοκονίαμα (π.χ. 3 μέρη άμμου και 1 μέρος τσιμέντου και αφρώδες πρόσμεικτο) που να σχηματίζει ένα στρώμα ενέματος επάνω στην επιφάνεια ολίσθησης (ή επιφάνειες ολίσθησης σε περίπτωση που οι ολισθήσεις είναι περισσότερες από μία).

Σωλήνες ενέματος τοποθετούνται σε σειρές επάνω στο ανάχωμα ανά διαστήματα, ενώ το ένεμα τοποθετείται κάτω από την επιφάνεια ολίσθησης. Η ένεση θα πρέπει να ξεκινά από το χαμηλότερο υψομετρικά σημείο.

Το ένεμα πλησιάζει το θύλακα έρματος που βρίσκεται συνήθως στην κορυφή της επιφάνειας ολίσθησης και διέρχεται μέσα από το θύλακα για να τον ενισχύσει. Οι σωλήνες τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην επηρεάζεται το περιτύπωμα, ούτως ώστε σε περίπτωση που εκδηλωθούν μετακινήσεις κατά την εκτέλεση των εργασιών, η κυκλοφορία να μην διακόπτεται αλλά απλώς να επιβραδύνεται. Η εμπειρία έχει δείξει ότι επιτυγχάνουμε καλύτερα αποτελέσματα όταν οι ενέσεις δεν τοποθετούνται με διακοπές (με κενά διαστήματα πάνω από δύο εβδομάδες κάθε φορά). Οι εργασίες ενδεχομένως να μπορεί να συνεχίζονται ανεξάρτητα από την εποχή του έτους, υπό την προϋπόθεση ότι η ομάδα εργασίας είναι αρκετά έμπειρη.

### Χρήση ενέματος σε επίχωμα



- A. Σωλήνες ενέματος
- B. Σειρά ένεσης
- Γ. Θύλακας έρματος
- Δ. Επιφάνεια ολίσθησης

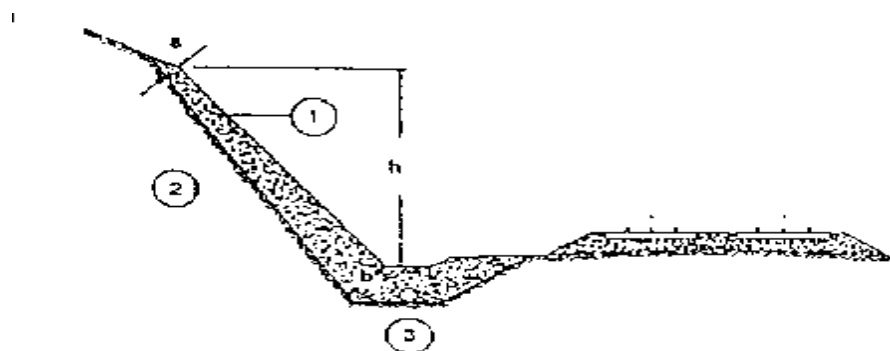
### Κοκκώδης προστατευτική στρώση

**Σημείωση:** οι διαστάσεις a και b είναι ανάλογες του ύψους του πρανούς και των υδρογεωλογικών και κλιματολογικών συνθηκών.

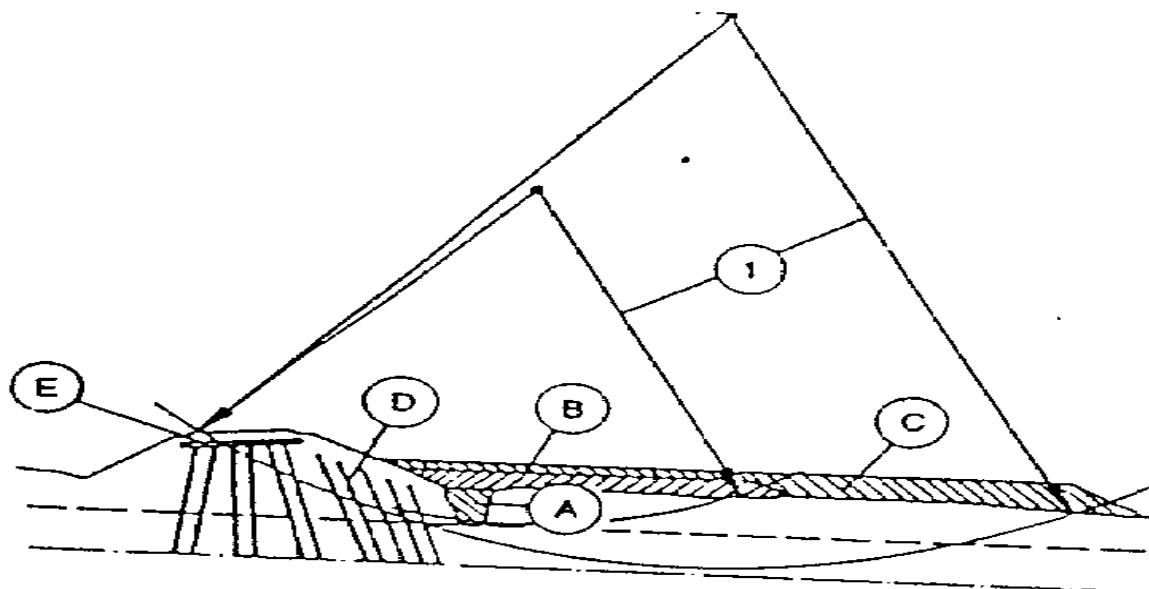
1. Κοκκώδες έδαφος
2. Συνεκτικό έδαφος
3. Διαμήκης αποστράγγιση

**Σημείωση:**

Σε περίπτωση που το έδαφος θεμελίωσης είναι πολύ κακής ποιότητας σε αρκετά μεγάλο βάθος ή σε περίπτωση που η επιφάνεια ολίσθησης εκτείνεται σε μεγάλο βάθος και ιδιαίτερα όταν εκτελούνται εργασίες προσαύξησης του πλάτους ή του βάθους της υφιστάμενης υπόβασης, η εξεύρεση λύσεων μπορεί να καταστεί τόσο δύσκολη ώστε να χρειαστεί να εκπονηθούν ειδικές μελέτες από ειδικευμένο γεωτεχνικό προσωπικό.



#### **6.2.4 Μέτρα σταθεροποίησης για επιχώματα σε εδάφη με μειωμένη φέρουσα ικανότητα**



- 1. Ακτίνα κύκλου ολίσθησης
- A. Έδαφος με αυξημένη φέρουσα ικανότητα
- B. Αντίβαρο
- Γ. Αντίβαρο
- Δ. Τοποθέτηση πασσάλων παραπλεύρως της γραμμής
- E. Τοποθέτηση πασσάλων κάτω από τη γραμμή

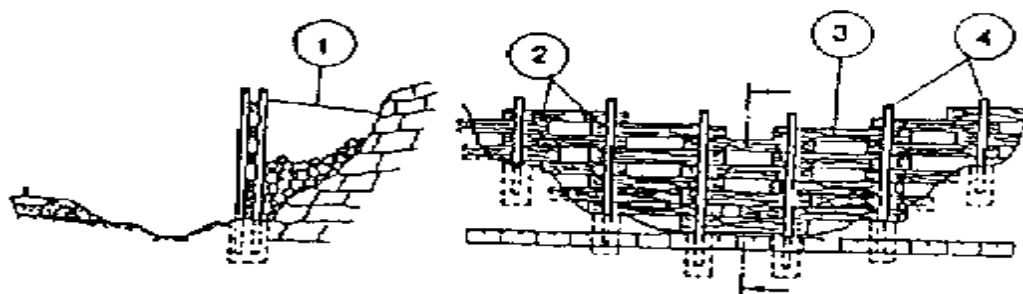
#### **Ø Μέθοδοι για την προστασία από τις κατολισθήσεις βράχων**

- **Πλευρικά φράγματα**



Αυτή η λύση ενδείκνυται για πολλούς λόγους (το πρόβλημα μπορεί να εκδηλωθεί σε δύσβατη ή εκτεταμένη περιοχή, εκτός των σιδηροδρομικών ορίων, τα φράγματα ανεγείρονται εύκολα εντός των σιδηροδρομικών ορίων, είναι εύκολα στη συντήρηση και τον έλεγχο κλπ). Για να είναι αποτελεσματικό ένα φράγμα, θα πρέπει να είναι αρκετά ψηλό ώστε να παρεμποδίζονται οι κατολισθήσεις και αρκετά γερό ώστε να αντιστέκεται στις κρούσεις. Από αυτήν την άποψη, ένα εύκαμπτο φράγμα (που έχει τη δυνατότητα να απορροφά την κινητική ενέργεια με πλαστική μετατόπιση ή κάμψη) είναι προτιμότερο από ένα άκαμπτο φράγμα.

- **Φράγματα από «σιδηροτροχιές – στρωτήρες»** (ή παρόμοια) που είναι αρκετά αποτελεσματικά σε περίπτωση που οι βράχοι είναι μικροί.
- **Φράγμα από «σιδηροτροχιές – στρωτήρες»**

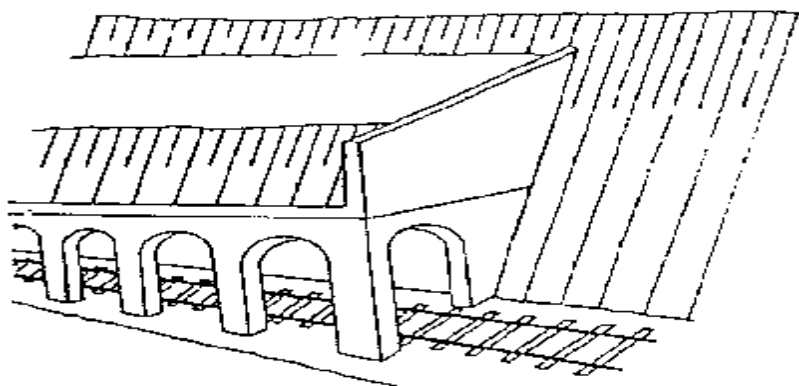


1. Αντιστήριγμα
2. Σύνδεσμοι
3. Στρωτήρες
4. Σιδηροτροχιές

- **Προστατευτικές στοές**

Αυτή η δαπανηρή μέθοδος χρησιμοποιείται όταν οι κατολισθήσεις βράχων καλύπτουν μεγάλη έκταση ή σε περίπτωση πολύ απότομου αναχώματος όπου δεν μπορεί να εφαρμοστεί καμία άλλη οικονομικότερη λύση.

**Προστατευτική στοά**



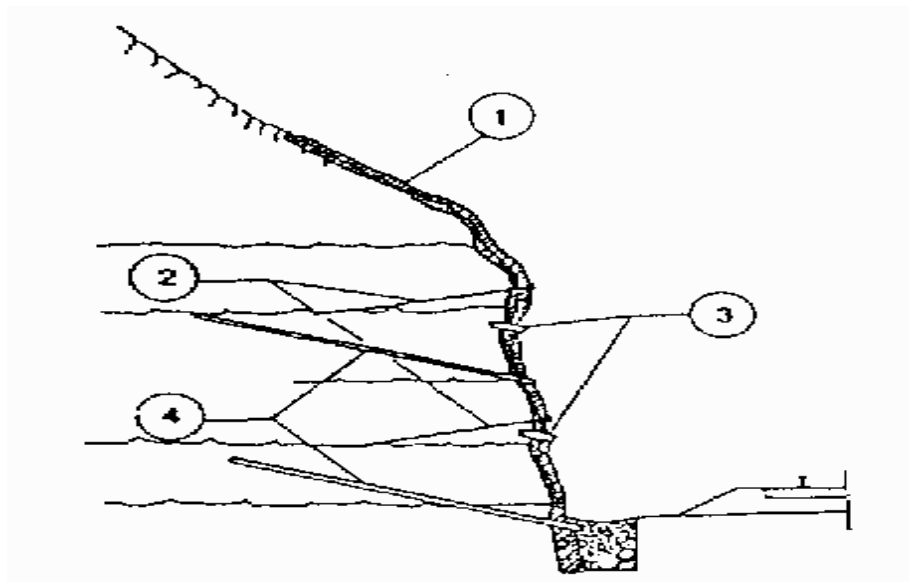
### **6.2.5 Σταθεροποίηση βραχωδών πρανών**

#### **Επιφανειακή εξυγίανση**

- **Φύτευση χορτοτάπητα ή θάμνων, χρήση κλαδοπλεγμάτων**: αυτές οι μέθοδοι είναι αποτελεσματικές όταν οι κατολισθήσεις οφείλονται σε βράχους που μεταφέρουν μαζί τους λεπτόκοκκα εδάφη, τα οποία λόγω διάβρωσης χαλαρώνουν και αποκολλώνται. **Αναδάσωση πρανούς**: αυτή η διαδικασία συμβάλλει μακροπρόθεσμα στη σταθεροποίηση των εδαφών και τον περιορισμό της διάβρωσης. Οι κορμοί των δέντρων μπορούν να λειτουργήσουν σαν εμπόδια στην πορεία των βράχων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όμως, οι ρίζες των δέντρων μπορούν να εκτοπίσουν βράχους από ένα σημείο του πρανούς, ή να λειτουργήσουν σαν μοχλός, κατά πάσα πιθανότητα με τη βοήθεια του ανέμου. Οι κορμοί των δέντρων μπορούν να λειτουργήσουν σαν φρένο στις κατολισθήσεις βράχων.
- **Επένδυση τοίχων**: αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προστασία βραχωδών ορυγμάτων όταν οι βράχοι είναι ευεπίφοροι στη διείδυση παγετού (π.χ. τοιχία ή μπλοκ με πάχος τουλάχιστον 0.30m προσκολλημένα στο βράχο με κατάλληλη αρμολόγηση ή αγκύρωση, προκατασκευασμένα τεμάχια επένδυσης, τοίχοι κατασκευασμένοι επί τόπου). Το νερό θα πρέπει να συλλέγεται προσεκτικά και να αποστραγγίζεται.
- **Εκτοξευμένο σκυρόδεμα**: αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν ο βράχος έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε άργιλο. Η στρώση επικάλυψης θα πρέπει να είναι οπλισμένη (σχάρα, συγκεκολλημένο πλέγμα ή άλλη μέθοδος) και να στερεώνεται επάνω στον τοίχο με ηλώσεις με τσιμεντένεμα ή ακυρούμενα βλήτρα. Το σκυρόδεμα εκτοξεύεται σε αρκετές στρώσεις με ελάχιστο πάχος περίπου 0.05m στις πιο ευδιάκριτες περιοχές της επιφάνειας του βράχου. Το νερό θα πρέπει να αποστραγγίζεται άμεσα πίσω από την επιφάνεια ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος περαιτέρω διείδυσης παγετού.

**Σημείωση**: σε ορισμένες περιπτώσεις αρκεί η εξυγίανση μόνο των προσβληθέντων περιοχών με μη οπλισμένο εκτοξευμένο σκυρόδεμα.

## Προστασία με χρήση εκτοξευμένου σκυροδέματος.

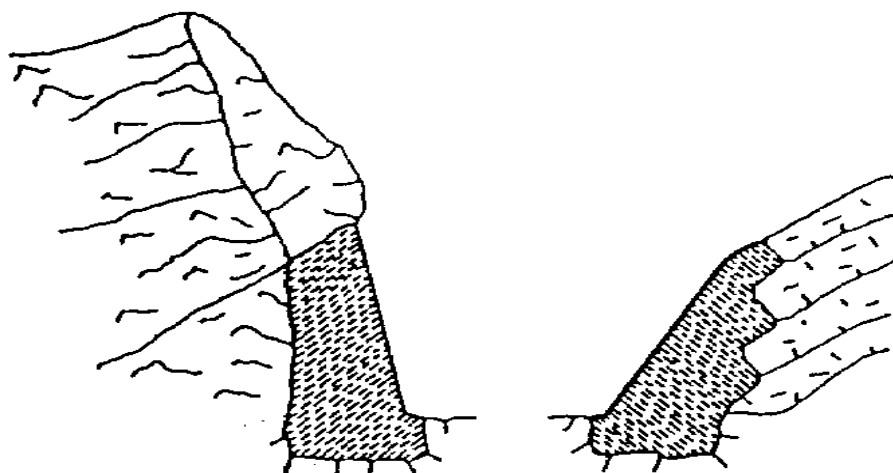


1. Εκτόξευση
2. Αγκύρια
3. Οπές αποτονώσεως («ξεθυμάστρες»)
4. Υπό-οριζόντια στραγγιστήρια

### • Αντερείσματα

Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιείται για βράχους που εξέχουν με εμφανώς περιορισμένο ασταθές τμήμα

### Αντέρεισμα

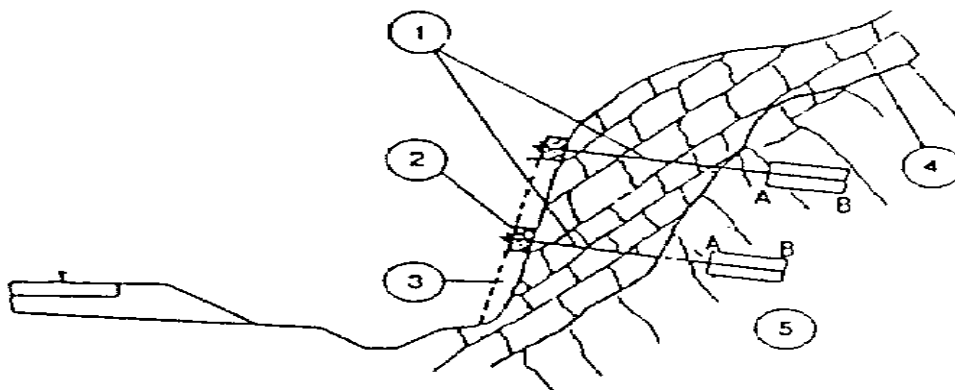


### • Αγκύρια

**Προεντεταμένα αγκύρια:** αυτή η μέθοδος απαιτεί πολύ καλή γνώση των ζωνών του βράχου, όπου σχηματίζεται ο σύνδεσμος AB.

### Προεντεταμένα αγκύρια

#### 1. Αγκύρια με ένεμα



#### 2. Πλάκες φόρτισης

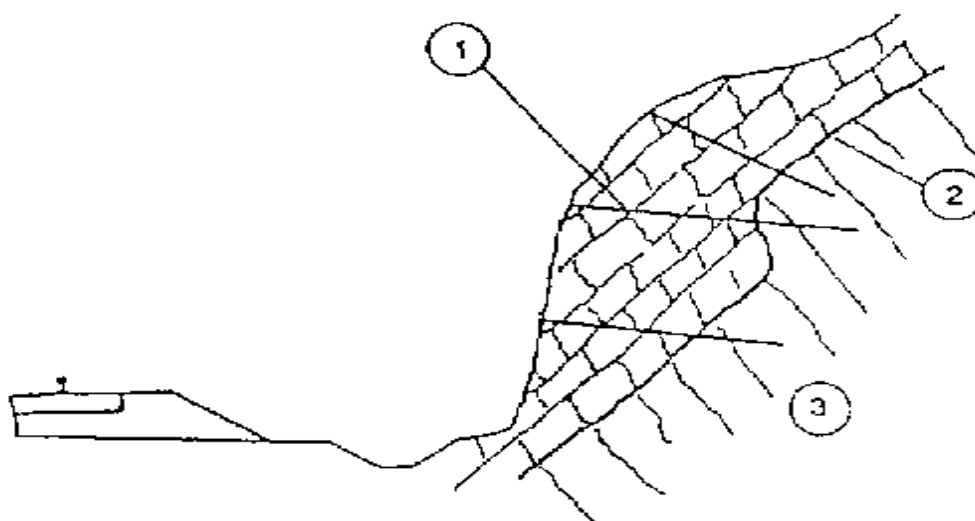
#### 3. Προστατευτική επικάλυψη

#### 4. Επιφάνεια ολίσθησης

#### 5. Σταθερός βράχος

**Μη-προεντεταμένα αγκύρια:** συνήθως χρησιμοποιούνται για βράχους έντονα διακλασμένους και με πολλούς σχηματισμούς. Οι οπές των αγκυρίων, οι οποίες έχουν μήκος αρκετά μέτρα, μπορούν να διανοίγονται με τη χρήση ελαφρών μηχανημάτων.

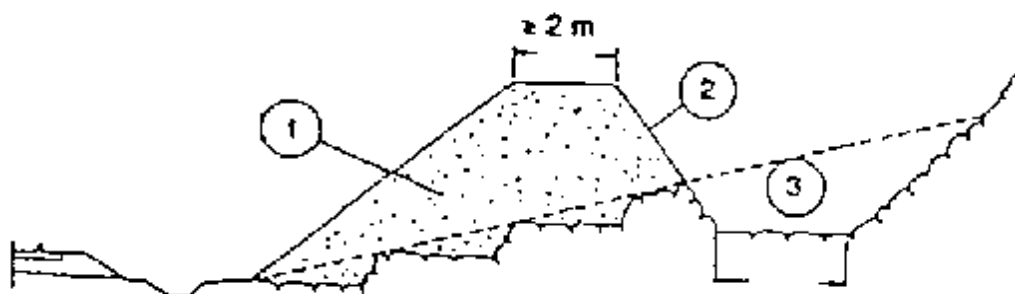
#### 1. Μη προεντεταμένο αγκύριο



#### 2. Επιφάνεια ολίσθησης

### 3. Σταθερός βράχος

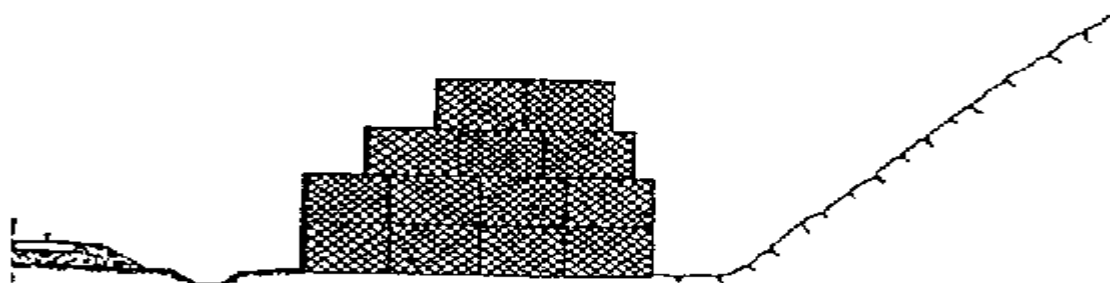
#### Ανάχωμα με λεκάνη συλλογής υλικού



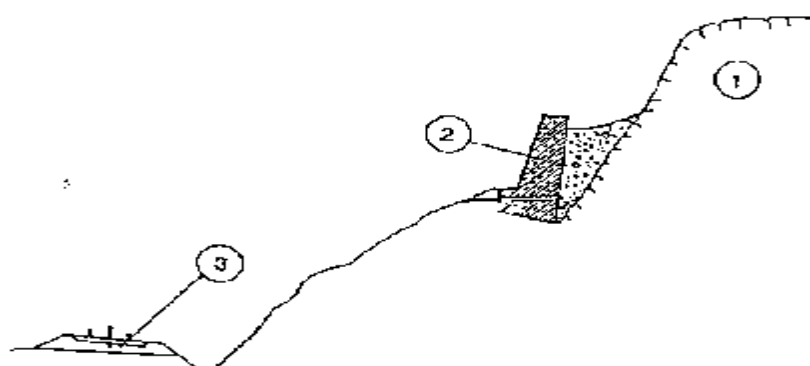
1. Ανάχωμα
2. Πιθανή απότομη κλίση σε συνάρτηση με τα διαθέσιμα υλικά
3. Λεκάνη συλλογής υλικού προσβάσιμη σε μηχανήματα εκσκαφής.

#### • Φράγματα από φατνούς

Φράγματα τοποθετημένα επάνω στα πρανή (χρησιμοποιώντας τις παραπάνω τεχνικές) Τα φράγματα θα πρέπει να τοποθετούνται στα σημεία όπου οι κατολισθήσεις βράχων να έχουν πιθανότατα τη μικρότερη κινητική ενέργεια.



#### Θέση φράγματος επάνω σε πρανές



1. Βραχώδεις πρανές

2. Φράγμα
3. Γραμμή που θα πρέπει να προστατευθεί

Ø Αποκατάσταση της ευστάθειας του εδάφους με χρήση συνεκτικών υλικών

Κάθε φορά που εξετάζεται η χρήση συνεκτικών υλικών (ασβέστιο, τσιμέντο ή άσφαλτος), θα πρέπει να εκτελούνται εργαστηριακές δοκιμές για να προσδιοριστεί η καταλληλότητά τους και να καθοριστούν οι βέλτιστες συνθήκες. Επί τόπου, θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι τηρούνται οι αναλογίες που ορίστηκαν κατά την εκτέλεση των δοκιμών.

Ø Τοποθέτηση τμημάτων στρωτήρα ή μπλοκ από συμπιεσμένη τύρφη κάτω από το έρμα

Οι στρώσεις από ξύλινους στρωτήρες έχουν σημαντικά μονωτικά αποτελέσματα. Μπορούν να στρωθούν πολύ κοντά κάτω από το έρμα λόγω των καλών μηχανικών γνωρισμάτων τους.

Σε περίπτωση που υπάρχει ιλύς ή ιλυώδης άμμος στην υπόβαση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα φίλτρο γεωυφάσματος για να εμποδίσει τη λάσπη να υπερβεί σε ύψος τους αρμούς των στρωτήρων. Κάτι τέτοιο δεν απαιτείται για μπλοκ τύρφης.

Όλα τα χωματουργικά, συμπεριλαμβανομένης της αρχιτεκτονικής διαμόρφωσης του εδάφους και των τεχνικών για τη μείωση του θορύβου, θα πρέπει να υπόκεινται σε γεωτεχνικούς ελέγχους.

Προκειμένου να πληρούνται οι περιβαλλοντικοί όροι, τα χωματουργικά θα πρέπει να συμμορφώνονται σε συνάρτηση με τα εξής:

- τα υλικά που χρησιμοποιούνται κυρίως κοντά στην επιδομή του τεχνικού δεν θα πρέπει να είναι επιβλαβή για την τοπική βλάστηση
- θα πρέπει να εξετάζεται η επίδραση των υδρογεωλογικών συνθηκών
- οι αρχαιολογικοί χώροι θα πρέπει να προστατεύονται κατά το μέγιστο δυνατό

ü Είτε πρόκειται για επιχώματα είτε για ορύγματα ή φυσικά πρανή σε μαλακό ή σκληρό έδαφος, η βιωσιμότητα των πρανών εξαρτάται κυρίως από τη σωστή λειτουργία του συστήματος αποστράγγισης και των άλλων εργασιών σταθεροποίησης. Όμως, πάντοτε υφίσταται φθορά εξαιτίας της διείσδυσης νερού και παγετού και της άσκησης δυναμικών επιφορτίσεων κλπ στα υλικά. Αστάθεια μπορεί επίσης να προκληθεί εξαιτίας της μειωμένης λειτουργίας του υποστρώματος της γραμμής, το οποίο μπορεί να διαθέτει διάκενα όπου συγκεντρώνεται νερό. Σε άλλες περιπτώσεις, αυτά τα προβλήματα μπορούν να οδηγήσουν σε καθιζήσεις.

**Για να περιοριστεί η πιθανή αστάθεια όσο το δυνατόν περισσότερο**, θα πρέπει να δρομολογηθούν οι κατάλληλοι έλεγχοι σε συνάρτηση με τα ειδικά χαρακτηριστικά κάθε χώρου ώστε να καλύπτονται τα γεωτεχνικά προβλήματα, οι πιθανοί κίνδυνοι και οι λειτουργικές απαιτήσεις. Όπου χρειάζεται, ειδικοί επιστήμονες θα πρέπει να παρέχουν συμβουλές τόσο για τη διερεύνηση των προβλημάτων όσο και για την επίβλεψη των εργασιών εξυγίανσης.

Τα συστήματα αποστράγγισης και τα πρηνή χρειάζονται συστηματική συντήρηση. Σε περίπτωση που διαπιστωθεί φθορά κατά τη διενέργεια των ελέγχων, θα πρέπει να δρομολογηθούν και να υλοποιηθούν τα κατάλληλα εξυγιαντικά μέτρα. Όπου χρειάζεται, ειδικοί να παρέχουν συμβουλές τόσο για τη διερεύνηση των προβλημάτων όσο και για την επίβλεψη των εργασιών εξυγίανσης.

#### **6.2.6 Μέθοδοι ευστάθειας**

Μια μεγάλη ποικιλία διαδικασιών ευστάθειας είναι σε χρήση, εκ των οποίων όλες προσφέρουν μια συγκεκριμένη ποσότητα άμεσης ανακούφισης, αλλά με ποικίλους βαθμούς μονιμότητας και οικονομίας.

Όλες οι μέθοδοι δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε όλες τις περιπτώσεις. Η διαδικασία που είναι σε χρήση πρέπει να σχετίζεται με τον τύπο του εδάφους και την συγκεκριμένη κατάσταση. Κάποιοι μέθοδοι εφαρμόζονται καλύτερα κατά την διάρκεια της κατασκευής.

Οι εφικτές μέθοδοι οριοθετούνται από την εφευρετικότητα του μηχανικού ή του επιβλέπων. Τέτοιες μέθοδοι μπορούν αυθαίρετα να κατηγοριοποιηθούν σαν **(1)** αποστράγγιση επιφανειακή και υπό επιφανειακή, **(2)** μηχανική υποστήριξη, **(3)** ηλεκτρο-όσμωση, **(4)** πρόσθετα εδάφους-με επιφανειακό ανακάτεμα ή με ένεση και **(5)** filter blankets (φίλτρα) και γεωυφάσματα.

#### **• Η σπουδαιότητα της αποστράγγισης**

Πρακτικά όλοι οι τύποι της αστάθειας μπορούν να ανιχνευθούν στην παρουσία της υπερβολικής υγρασίας. Σε κάποια στιγμή η αποστράγγιση παρατηρήθηκε σαν θεραπεία για σχεδόν όλους τους τύπους του roadbed ill (προβλήματα υλικών οδοστρωσίας), αλλά η εμπειρία έχει αποδείξει ότι η αποστράγγιση από μόνη της δεν είναι πάντοτε επαρκής και περισσότερο εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους που εδραιώνεται. Οι πλαστική άργιλος-πηλός για παράδειγμα, δεν αποστραγγίζεται εύκολα. Παρ' όλα αυτά δεν υπάρχει αμφισβήτηση για τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από την ξήρανση του roadbed και χαμηλώνοντας το water table.

Η αποστράγγιση επιτυγχάνεται καλύτερα εκεί που χρειάζεται λιγότερο σε αποστραγγισμένες πορώδεις άμμους και χαλίκια, σε υλικά που σπάνια ή καθόλου σχηματίζουν water rockets (κοιλώματα νερού). Ιλύς και άργιλοι, ειδικά το τελευταίο, εξαιτίας του έμφυτου τριχοειδούς και του συνεχούς αδιαπέρατου χαρακτήρα, δεν ανταποκρίνονται στην αποστράγγιση. Όταν εμπειριέχεται νερό μέσα σ' αυτή (άργιλος) δεν μπορεί εύκολα να απομακρυνθεί. Ίσως είναι ασφαλές να πούμε ότι κανένα water rockets σε τέτοια υλικά έχουν ποτέ διορθωθεί από την αποστράγγιση, ούτε ένα σύστημα αποστράγγισης μόλις εγκατασταθεί θα συνεχίσει να λειτουργεί αποτελεσματικά. Οι σωλήνες και τα περιβάλλοντα διαπερατά υλικά τελικά φράσσονται και εμποδίζονται με τους κόκκους της αργίλου και της ιλύς, τα οποία καταστρέφουν την διαπερατότητα και τις ιδιότητες της αποστράγγισης του συστήματος.

- **Συστήματα αποστράγγισης**

Η επιφανειακή αποστράγγιση είναι βασική και οπωσδήποτε απαραίτητη. Το βρόχινο νερό και το νερό του εδάφους πρέπει να απομακρύνεται από τα επιχώματα σε κατάλληλους αγωγούς και κανάλια. Όπου τα επιχώματα συναντούν καθιζήσεις, το νερό δεν πρέπει να αφήνεται να συσσωρευτεί στον πόδα του επιχώματος. Οι δανικοί λάκκοι πρέπει να αποξηραίνονται. Περισσότερη αστάθεια είναι πιθανόν αποτέλεσμα επιφανειακού νερού παρά εδαφικής απορροής.

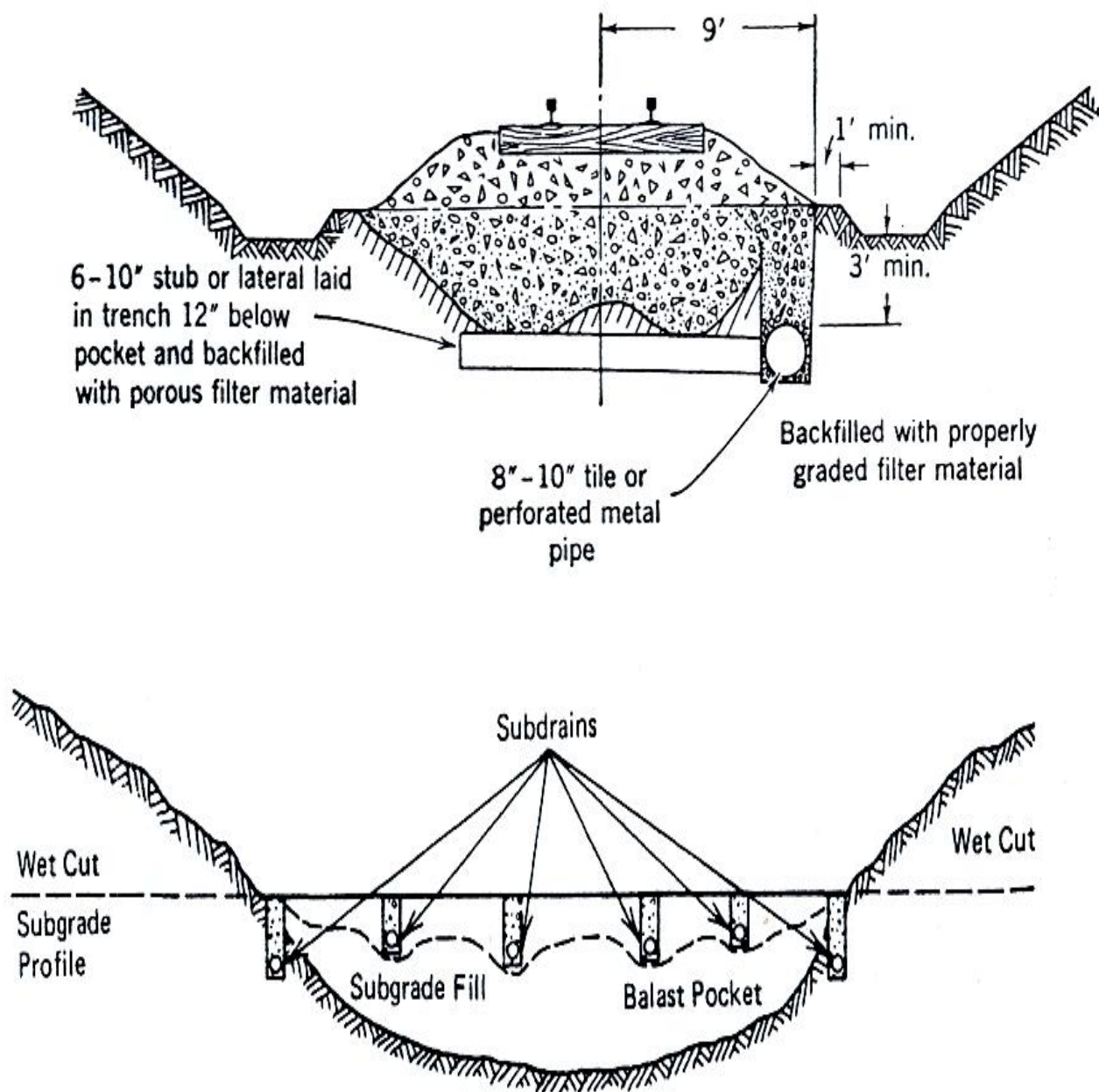
Η αποστράγγιση κατά βάθος συνδέεται με την ευστάθεια του roadbed αλλά σε κάποιες περιπτώσεις έχει αποδειχθεί να είναι η πιο απογοητευτική προσπάθεια στην ευστάθεια. Τα συστήματα αποστράγγισης που χρησιμοποιούνται και στα επιχώματα και στα ορύγματα αποτελούνται από επιμήκη κανάλια τοποθετημένα μεταξύ των σιδηρογραμμών ή κάτω από τα παράπλευρα χαντάκια σε βάθος των 4-8 ft, ή βαθύτερα, εξαρτώντας από το βάθος των water rockets που έχουν καταμετρηθεί, με τα τελευταία (water rockets) να επεκτείνονται στις δεξιές γωνίες από τον κύριο αγωγό κάτω από τις σιδηροδρομικές γραμμές. Οι σωλήνες μπορεί να (περιέχουν) αποτελούνται από 6-8 ή 10 in tile επιστρωμένα με ανοιχτούς αρμούς (αρθρώσεις) ή να αποτελούνται από 6-10 in κυματοειδή επενδεδυμένο με άσφαλτο και διάτρητο μεταλλικό σωλήνα επιστρωμένος με κατηφορικές διατρήσεις.

Οι τελευταίοι σε ένα σύστημα αποστράγγισης έχουν τοποθετηθεί σε συμμετρικά διαστήματα, για παράδειγμα ένα σε κάθε σιδηροτροχιά. Μια καλύτερη μέθοδος είναι να εξετάσουμε τις συνθήκες κάτω από την επιφάνεια του μπαλάστρου εντοπίζοντας τα χαμηλά σημεία του ballast rockets και τοποθετώντας τον σωλήνα περίπου 12 in κάτω από τον πυθμένα του rocket. Τέτοια rockets, όταν πρωτοανοιχθεί τρύπα, μπορεί να εκχειλίσει σταθερά για αρκετές ώρες ή μέρες. Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι το νερό



μπορεί να διοχετευθεί σε ένα water rocket περιοχή μέσω των διαπερατών υλικών του roadbed από ένα σημείο κάποιας απόστασης απομακρυσμένο από το rocket με αμφιβολία .

### Subgrade Stability Problems



Ένα αποκοπτόμενο σύστημα αποχέτευσης, πλευρικό στις σιδηροτροχιές, τοποθετημένο στην σύνδεση (ραφή) ενός υγρού εκχώματος και επιχώματος μπορεί να βοηθήσει στην μείωση της εκχείλισης κάτω από την επιφάνεια και στην διαπότιση μέσα στο επίχωμα.

Η υπό την επιφάνεια επισκόπηση θα μπορούσε να εντοπίσει τα χαμηλά σημεία στα ballast rockets για την πιο αποτελεσματική τοποθέτηση της αποστράγγισης.

Σε υψηλά επιχώματα η κατά μήκος αποστράγγιση είναι μη απαραίτητη. Η πλευρική αποστράγγιση προεξέχει από το επίχωμα και η εκκένωση πραγματοποιείται σαν επιφανειακή απορροή. Σε μεγάλες επίπεδες περιοχές όπως (a rail yards) η αποστράγγιση επιστρώνεται μεταξύ των σιδηροδρομικών γραμμών, συμβάλλοντας στην απομάκρυνση του λιωμένου χιονιού και της βροχής, υποβαθμίζοντας την στάθμη του νερού και εμποδίζοντας την λασπώδη κατάσταση όπως της παρακάτω εικόνας.



Με εξίσου πλευρικός ή κατά μήκος τύπο, η τάφρος θα πρέπει να πληρώνεται με ένα καλό, πορώδες υλικό εδάφους. Η άμμος, το χαλίκι ή cinders είναι ικανοποιητικά υλικά. Τα χονδροειδή υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο κέντρο αλλά οι εξωτερικές πλευρές θα πρέπει να εμπεριέχουν πιο εξαιρετικούς κόκκους για να εμποδίσει την άργιλο και την ιλύ να εισέλθουν και επίσης να εμποδιστεί η εκροή. Η αποτυχία του να παρέχεται ένα καλά διαβαθμισμένο επίχωμα μπορεί να ήταν η αιτία για πολλές μη καλά επιτευγμένες αποστραγγίσεις. Οι καθηγητές Terzaghi και Peck έχουν ανακαλύψει ότι ένα κατάλληλο υλικό για επίχωμα έχει ένα μέγεθος 15%, D15, τουλάχιστον 4 φορές μεγαλύτερο από ένα ακατέργαστο εδαφικό υλικό σε σχέση με το επίχωμα και όχι περισσότερο από 4 φορές μεγαλύτερο από μέγεθος 85%, D85, από τα καλύτερα γειτονικά στρώματα εδάφους. Ένα λιγότερο απαιτητικό υλικό επίχωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί αν ο σωλήνας αποστράγγισης πρώτα περιτυλίγεται με υλικό γεωφάσματος.

Η αποστράγγιση μπορεί να αυτοσχεδιαστεί χρησιμοποιώντας το λεγόμενο French drain(φίλτρο) ή το box drain. Τα προηγούμενα αποτελούνται από μια τάφρο πληρωμένη με πέτρες και χαλίκι. Επίσης, τα εξωτερικά στρώματα θα πρέπει να περιέχουν καλά διαβαθμισμένα και στεγανά υλικά για να επιβραδύνουν την διαρροή.

Η τάφρος μπορεί επίσης να επενδυθεί με ένα γεωύφασμα για να εκπληρωθεί η λειτουργία του φίλτρου. Τα box drains είναι αγωγοί ανοιχτοί ή πληρωμένοι με άμμο και χαλίκι μέσα στον οποίο το νερό μπορεί να διαρρεύσει ή να εκχειλίσει και μετά να αποστραγγίσει. Ανακούφιση (βόλεψη) από αυτή την αποστράγγιση συνήθως είναι μόνο προσωρινή αλλά αξίζει στην θέση οποιασδήποτε άλλης εύκαιρης μεθόδου.

Μια άλλη συσκευή αποστράγγισης για ευστάθεια, βαθιές τάφροι, έχει σημειωθεί με κάποια επιτυχία. Πρώτα χρησιμοποιήθηκε από την Πενσολβάνια στο Maryland και στο Δυτικότερο Οχάιο, μια τάφρος 4-6 πόδια βάθος και 3-6 πόδια στην βάση πλάτος, σκάβεται παράλληλα στον ασταθή τομέα της σιδηροτροχιάς και οδηγείται σε μια εκβολή. Το subgrade απαιτεί την εμφάνιση του επιχώματος. Τα δυο επιτεύγματα είναι (1) της υγρασίας που υπερχειλίζει ή διεισδύει άμεσα στο subgrade και ανακόπτεται και (2) της υποβάθμισης αργά αλλά σταθερά του water table που ξηραίνει το εσωτερικό του μπαλάστρου –subgrade. Η τάφρος πρέπει να είναι αρκετά μακριά από τον πόδα του subgrade ώστε να μην συμβάλλει στην απομάκρυνση της υποστήριξης του πόδα.

#### • Μηχανική υποστήριξη

Μια προφανής αλλά συχνά μη αποδοτική λύση είναι να δοθεί μηχανική υποστήριξη σ' ένα αδύναμο sub grade.

**Pile Driving and Pole Driving (πάσσαλοι οδηγοί)** Όπου τα υλικά του επιχώματος είναι μαλακά με ολισθηρές ιδιότητες, συσσωρεύονται πάσσαλοι 5-10 πόδια χωριστά κατά σειρά μέσα στον ώμο του επιχώματος στον πόδα στον τομέα του μπαλάστρου.

Οι πάσσαλοι τοποθετούνται κατά μήκος με girts or waller timbers (κόντρα πλακέ) και εγκαρσίως με timbers, ατσάλινα tie roads, ή ατσάλινα συρματόσχοινα. Όταν χρησιμοποιείται αυτός ο μηχανισμός, μικρές σιδηρογραμμές τοποθετούνται 18 in χωριστά και τοποθετούνται σε αραιώση πλευρικά. Οι πάσσαλοι και οι συνδετήρες (αρθρώσεις) συνήθως τοποθετούνται κάτω από την κορυφή του επιχώματος για να μην υφίσταται κίνδυνος για τους εργάτες. Το μπάλαστρο διαταράσσεται (όταν εισαχθούν εγκάρσιοι συνδετήρες) και η κυκλοφορία μπορεί να αναβληθεί. Το έδαφος μπορεί να παραλάβει κάποια μονιμοποίηση (σταθεροποίηση) καθώς ο πάσσαλος όταν συμπιέζεται στο επίχωμα και κατακόρυφη αποστράγγιση είναι πιθανή, αν ο πάσσαλος οδηγηθεί μέσω ενός στεγανού στρώματος σε ένα υλικό χωρίς ιδιότητες αποστράγγισης. Κάποιος μπορεί να περιμένει αποτυχία, εκτός εάν ο πάσσαλος οδηγηθεί μέσω ενός μαλακού υλικού σε ένα συμπαγές άκαμπτο έδαφος για 50-65% του μήκους του. Διαφορετικά ο πάσσαλος θα μετακινηθεί ή θα «περιπλανιέται», προκαλώντας περισσότερη βλάβη παρά ωφέλεια.

Ένας πιθανός κίνδυνος είναι να ξεκολλήσει ο ώμος του επιχώματος κατά την διάρκεια της εφαρμογής. Κορμοί δέντρων ή κάτι το άχρηστο, παλιές τραβέρσες ή παρεμφερή

στοιχεία οδηγούνται στις άκρες κάθε άλλης τραβέρσας που είναι πλησίον καλύπτοντας την γυμνή περιοχή του επιχώματος. Η δράση της ευστάθειας είναι ίδια όπως στους πασσάλους, αλλά είναι κατάλληλη μόνο για αβαθή επιχώματα αργίλου-ιλύος ή στα ορύγματα. Το μπάλαστρο απομακρύνεται από τις άκρες της τραβέρσας με την διαδικασία του οργώματος για να επιτρέψει την διαδικασία. Μια εισχώρηση της τάξης του 50 με 60% μέσα σ' ένα σταθερό υλικό είναι μια προϋπόθεση για επιτυχία. Οι κορμοί των δέντρων μαραίνονται και συλλέγουν υγρασία με το πέρασμα του χρόνου.

**Εκσκαφή του πόδα και επανεπίχωση.** Σ' αυτή την διαδικασία γίνεται εκσκαφή μιας καλής μερίδας του πόδα του επιχώματος και γίνεται επανεπίχωση με υπολείμματα σωρών, σωρούς από τσιμέντο και υπολείμματα τούβλων, από κατεδαφίσεις ή άλλα βαριά υλικά. Μια προφανής επέκταση της διαδικασίας είναι να μετακινηθεί το ασταθές μέρος του επιχώματος-επιφανειακό ή μη, και να επιχωθεί με επιλεγμένα υλικά, μια διαδικασία η οποία είναι οικονομική μόνο για ένα μικρό πλάτος της σιδηρογραμμής. Ένα υποστήριγμα απέναντι από μια ασταθή περιοχή είναι μια άλλη πιθανή αλλά δαπανηρή εναλλακτική λύση.

**Mats.** Ξύλινα και τσιμεντένια mats (σιδερένια πλέγματα) τοποθετημένα μεταξύ του επιχώματος και τον τομέα του μπαλάστρου χρησιμοποιούνται για να κατανεμηθεί και ελαττωθεί το φορτίο πάνω σε μια αδύναμη επιφάνεια επιχώματος. Τα αποτελέσματα ήταν απογοητευτικά. Η διαδικασία απαιτεί ότι πρώτα η σιδηροδρομική γραμμή και το μπάλαστρο θα απομακρυνθούν και αυτό είναι δαπανηρό και κατανάλωση χρόνου. Mats τείνουν να μετατοπιστούν και να διαλυθούν οι σιδηροδρομικές γραμμές.

#### • **Επιπρόσθετα χρώματος**

Ποικίλες ουσίες όπως ο ασβέστης, τσιμέντο, πυρίτης γύψος και αλάτι προστέθηκαν σε άργιλο-ιλύς εδάφη για να ενδυναμώσουν και να ενισχύσουν την ευστάθεια ειδικά στις πρώτες 8-12 in του επιχώματος. Αποκτάται βελτιωμένη συνοχή μεταξύ των κόκκων του εδάφους και κάποιας μηχανικής υποστήριξης. Τα επιπρόσθετα εισάγονται μέσα στο έδαφος είτε με ένεση ή με αναμόχλευση. Η διαδικασία της αναμόχλευσης πραγματοποιείται καλύτερα κατά την διάρκεια της κατασκευής.

**Ασβεστο –ευσταθή στρώματα.** Η αναμόχλευση με ασβέστη στο ανώτατο επίπεδο των αργιλώδη εδαφών αντιστέκεται στην διείδυση της υγρασίας, βελτιώνει υγρή and ξηρή δύναμη και την ικανότητα της δουλειάς, αυξάνει την αντίσταση στους κύκλους πήξεως-τήξεως και δίνει καλύτερα χαρακτηριστικά στην αλλαγή του όγκου. Μειώνει το τράνταγμα και ελαχιστοποιεί την διείδυση του επιχώματος στον τομέα του μπαλάστρου και την διείδυση του μπαλάστρου μέσα στο επίχωμα.

Στην χημική αντίδραση υπάρχει κατιόν ή ανταλλαγή ιόντων (έλξη από τα θετικά φορτισμένα ιόντα στους αρνητικά φορτισμένους κόκκους της αργίλου, οδηγώντας-καταλήγοντας σε flocculation. Η ανθράκωση και συναρμογή του ασβέστη και η δράση της θηραϊκής γης, συμβαίνει μεταξύ του ασβέστη και του εδάφους και ο ασβέστης με διοξειδίο του άνθρακα στο έδαφος, για να σχηματίσει ανθρακικό ασβέστιο και μαγνήσιο. Αυτές οι αντιδράσεις μειώνουν τον δείκτη πλαστικότητας και αυξάνουν το όριο συστολής. Μειώνοντας την δραστικότητα συνοδεύει καλύτερη αποστράγγιση, έτσι ώστε η χρήση του ασβέστη να είναι καλή σε πενιχρές περιοχές αποστράγγισης ή σε ελώδη περιοχές. Η οργανική περιεκτικότητα όμως αμέσως επηρεάζει την αντίδραση ασβέστη-εδάφους. Μια περιεκτικότητα λιγότερο του 1% ελαττώνει την αποτελεσματικότητα του ασβέστη. Η επιτυχία με την ευστάθεια του ασβέστη εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του εδάφους του επιχώματος. Αλληλοεπίδραση μεταξύ ενυδατωμένης ασβέστου και ορυκτού εδάφους (ειδικά τα montmorillonitic εδάφη), προκαλεί αργή και μεγάλης διάρκειας συγκόλληση (τσιμεντάρισμα) όπου ενδυναμώνει και συναρμόζει τους παρακείμενους εδαφικούς κόκκους.

Στην πράξη, περίπου το 5% του βάρους του ασβέστη προστίθεται σε ένα συμπυκνωμένο βάθος των 8 in. Το «άψητο» έδαφος πρώτα συμπυκνώνεται, μετά αναμοχλεύεται και οι πρώτες 4 in bladed in windrows σε κάθε πλευρά του επιχώματος. Ο ασβέστης προστίθεται σε έναν τομέα άνω των 700 με 800 (in) blended μέσα στο έδαφος by disking and blading. Το νερό προστίθεται στην βέλτιστη περιεκτικότητα. Μετά blading σε ένα ομοιόμορφο μίγμα, η επιφάνεια σφραγίζεται με το πέρασμα λαστιχοφόρων.

Μετά από 3 μέρες ενυδάτωσης διενεργούνται οι περαιτέρω εργασίες της αναμόχλευσης, disking και ισοπέδωσης.

**Ευστάθεια εδάφους με τσιμέντο.** Οι δοκιμές σε δρόμους έχουν δείξει ότι ανακατεύοντας ένα ποσοστό 1-3% (κατά προτίμηση παραπάνω) τσιμέντου κατά βάρος μέσα στο ανώτατο στρώμα ενός αργιλώδους επιχώματος, θα σχηματίσει μια πλάκα το οποίο δίνει ένα χρήσιμο ποσό μηχανικής υποστήριξης. Ακόμα και όταν σπάσει, αυτά τα κομμάτια παραμένουν συναρμοσμένα.

Οι βέλτιστες απαιτήσεις του νερού που έχουν αποδειχθεί από δοκιμές στο εργαστήριο, το τσιμέντο εξαπλώνεται στην επιφάνεια του επιχώματος και το έδαφος με το τσιμέντο ανακατεύονται και ανακατεύονται με την διαδικασία της αναμόχλευσης και windrowing όπως έχει περιγραφεί για την ευστάθεια με ασβέστη. Μετά το ανακάτεμα το μίγμα συμπυκνώνεται με ισοπέδωση και το τσιμέντο παραμένει συνεχώς σε μια υψηλή πυκνότητα. Για μεγαλύτερη αντοχή, η απώλεια του νερού μπορεί να εμποδιστεί από μια μικρή επένδυση ασφάλτωσης λαδιού. Δοκιμές από δείγματα έδειξαν ότι έχει

αποκτηθεί αντοχή της τάξεως του 2000 με 3500 psi. Το τελευταίο σ' αυτή την διαδικασία είναι ένα ενισχυμένο σκυρόδεμα πλάκας τοποθετημένο κάτω από τον τομέα του μπαλάστρου ή με τις σιδηροδρομικές γραμμές απ' ευθείας προσαρτημένες.

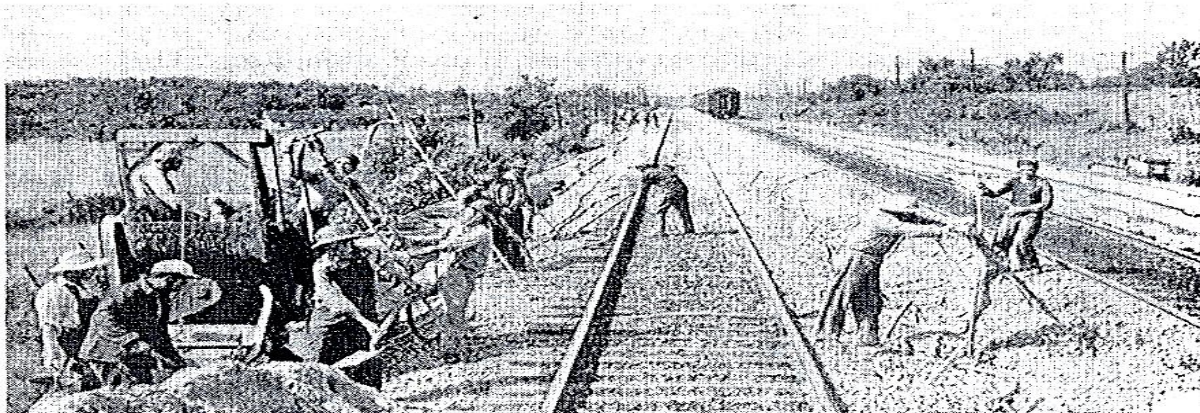
**Καυτή-ανάμεικτη άσφαλτος.** Η χρήση της ασφάλτου στον τομέα του μπαλάστρου δεν είναι καινούρια. Η βιομηχανία της ασφάλτου στο παρόν ψάχνει ένα κατάλληλο σχέδιο για την χρήση της ασφάλτου σαν ένα στρώμα επιχώματος ή να καλύπτει τα υλικά. Περιορισμένες προσπάθειες έχουν είδη πραγματοποιηθεί. Η διαδικασία και τέλος το προϊόν δεν θα διέφερε πολύ από τα στρώματα εδάφους –τσιμέντου, παρόλο που η ακριβής ικανότητα της υποστήριξης του φόρτου και η χρήσιμη ζωή δεν έχουν ακόμα εδραιωθεί. Οι προηγούμενες διαδικασίες είναι ικανές να εφαρμοστούν σε νέες κατασκευές. Η χρήση τους σε υπάρχοντα επιχώματα και σιδηρογραμμές θα περιλάμβανε την απομάκρυνση της σιδηρογραμμής και του μπαλάστρου και θα την έθετε εκτός λειτουργίας.

#### • **Πρόσθετα μέσω ένεσης**

Αξιόλογη επιτυχία έχει επιτευχθεί εισάγοντας ένα πρόσθετο υλικό-άμμος, τσιμέντο, ασβέστης, πυριτικό νάτριο σε ένα ασταθές επίχωμα. Οι διαδικασίες πρώτα εφαρμόστηκαν στα καλά διαβαθμισμένα εδάφη (με κάποιες επιφυλάξεις), η συνήθης πηγή των ασταθών επιχωμάτων.

#### • **Συγκόλληση με τσιμέντο**

Κάνοντας ένεση για συγκόλληση σε ένα επίχωμα είναι η παλαιότερη διαδικασία με ένεση. Πρώτα παρουσιάστηκε από τους σιδηροδρόμους στην Πεννσιλβάνια το 1938-1939, έχει υποστεί μια πρόσφατη έκλειψη (αφάνεια-πτώση), σε διασημότητα. Παρόλα αυτά, η επιτυχία και η οικονομία που επιτυγχάνεται με την χρήση της κατά την διάρκεια των δεκαετιών 1950 και 1960 συνεχίζεται η εφαρμογή της. Πολυάριθμα ασταθή σημεία έχουν διορθωθεί μόνιμα. Άλλες κατασκευές είχαν μια μείωση στην δαπάνη της συντήρησης πάνω από 2-3 χρόνια αρκετά για να δικαιολογήσουν μια δεύτερη εφαρμογή συγκόλλησης όπου χρειάστηκε. Περισσότερη ανάπτυξη της θεωρίας και διαδικασίας της συγκόλλησης με τσιμέντο εκτελέστηκε μέσω από τις ισόβαθμες προσπάθειες του Association of American Railroads Research Division με την εποπτεία του Rockwell Smith, εργολάβου μηχανικού, the AREA Committee on Roadway and Ballast, και το πανεπιστήμιο του Illinois, Urbana Campus, όπου η έρευνα του Dr. Ralph Peck είναι με ιδιαίτερη αξία. Η λάσπη (μίγμα) του τσιμέντου και της άμμου διεισδύουν με ένεση μέσα στο επίχωμα και συνδέονται με εύκαμπτους σωλήνες σε μια μηχανή αναμόχλευσης συγκόλλησης.



Roadbed grouting: hydraulic injection system

Η συγκόλληση αυτή συμπιέζεται μέσω ενέσιμων σημείων μέσω πεπιεσμένης ή υδραυλικής πίεσης. Ένα «πλούσιο μίγμα», ένα μέρος τσιμέντου με ένα των έξι μερών της άμμου, χρησιμοποιείται για σχετικά μικρές εκτάσεις και για rockets όπου μια πλούσια μάζα συγκόλλησης με κάποια μηχανική αντοχή απαιτείται. Αποδοχή για κάθε «πόδι» σιδηροδρομικής γραμμής μπορεί να είναι υψηλή, τόσο όσο 12-15 cu πόδια in ballast rockets. Για συγκόλληση μη επιφανειακή (ορατή) ένα πιο οικονομικό «αδύνατο μίγμα», 1 μέρος τσιμέντου με 8-32 μέρη αρμού (μέσος όρος 1:12), είναι συνηθισμένο. Ο υψηλός λόγος άμμου-τσιμέντου κάνει οικονομία στο τσιμέντο καθώς εισάγεται μια παραγόμενη τριβή της άμμου μέσα στο έδαφος. Πεπιεσμένη ένεση συνήθως συνδέεται με πλούσιο μείγμα συγκόλλησης. Ο εξοπλισμός είναι πιο εύχερος στην μετατόπιση από ένα σημείο στο άλλο. Η υδραυλική ένεση χρησιμοποιεί μια υδραυλική αντλία για να εξαναγκάσει την συγκόλληση μέσα στο επίχωμα για αποστάσεις άνω του μισού μιλίου και γενικά χρησιμοποιείται σε εργασίες κάτω της επιφάνειας και σε βαριά επίχωματα όπου υπάρχει υψηλή πλήρης δεκτικότητα. Τα συστήματα, παρόλα αυτά είναι πλήρως εναλλάξιμα.

Ο εξοπλισμός για την πεπιεσμένη ένεση αποτελείται από μια δεξαμενή αναμόχλευσης-συγκόλλησης με agitator(υποκινούμενα) κουπιά, που αναμειγνύουν το μείγμα συγκόλλησης. Ένας συμπιεστής παρέχει πεπιεσμένη πίεση εξαναγκάζοντας την συγκόλληση μέσα στο επίχωμα μέσω 1 ¼ in σωλήνα επικαλυπτόμενο με ελαστικό, σε σύνδεση με τις σιδηρ/κές. γραμμές και τα σημεία της ένεσης αποτελούνται από 1 ¼ in σωλήνες ή αγωγούς καθοδηγούμενοι από επικρουστήρες.

Τα σημεία της ένεσης σκληραίνουν στην κλίση και περιέχουν αρκετές τρύπες για ενέσεις συγκόλλησης. Κάποια εμπορικά tips περιέχουν μια κινητήρια μήτρα που συγκρατεί τις ξένες ουσίες από το να πληρωθούν τα σημεία καθώς κατασκευάζεται ο αγωγός. Μετά την κατασκευή η μήτρα αποκοχλιώνεται από τον αγωγό. Μερικές

φορές σωλήνες των 2 in κατασκευάζονται σαν ενέσιμα σημεία. Ένας κοχλίας τοποθετείται στο τέλος της ένεσης για να κρατάει τον σωλήνα καθαρό από χώματα κατά την διάρκεια της κατασκευής. Αργότερα ο σωλήνας αποσύρεται ελαφρά για να επιτραπεί η διαδικασία της συγκόλλησης.

Οι επικρουστήρες είναι εξοπλισμένοι με ειδικούς σφικτήρες, δίνεται ρεύμα από τον συμπιεστή, ο οποίος θα πρέπει να αποδίδει 105 κυβικά πόδια ανά λεπτό (cu ft/min), για να παρέχει μια δεξαμενή για ένεση και τους επικρουστήρες. Η πραγματική πίεση για συγκόλληση θα πρέπει να είναι γύρω στα 60 psi για να εμποδίσει τον διαχωρισμό των συστατικών της λάσπης και την κύρτωση της σιδηροδρομικής γραμμής προτού συμβεί αρκετή αποδοχή συγκόλλησης. Το υδραυλικό σύστημα διαφέρει μόνο στον τύπο της δύναμης που χρησιμοποιείται για την ένεση, μια υδραυλική αντλία. Πιο υψηλές πιέσεις, είναι χρήσιμες σε άντληση για μεγάλες αποστάσεις, κατορθώνεται με τον υδραυλικό εξοπλισμό.

**Πρότυπο τσιμέντο Portland χρησιμοποιείται.** Το τσιμέντο μπορεί να μειώσει το επίπεδο της τριβής αλλά δεν έχει καμιά άλλη αξία. Το περιεχόμενο νερό ποικίλει από 3 σε 6 γαλόνια ανά κυβικό πόδι αορίστου υλικού, εξαρτώμενο από το περιεχόμενο νερό της άμμου. Η στάχτη, ένα υποπροϊόν από σκόνη γαιάνθρακα φλεγόμενη σε ατμό σε βιομηχανική εγκατάσταση, χρησιμοποιείται καμιά φορά να μειώσει το περιεχόμενο τσιμέντο καθώς παρέχει τα απαιτούμενα «πρόστιμα». Επίσης ενισχύει τα χαρακτηριστικά της ροής. Το ασφαλτικό γαλάκτωμα σε αναλογίες των 0,1-0,2 γαλόνια ανά κυβικό πόδι της άμμου συχνά προστίθεται σαν ένα λιπαντικό για να ενισχύσει την ικανότητα της υπερχειλίσης.

Η φυσική άμμος και κάποιες άμμοι παραλίας έχουν αποδειχθεί πιο ικανοποιητικές. Οι κόκκοι έχουν την ιδιότητα να έχουν σχήμα σφαιρικό, που είναι λιγότερο πιθανό να συναρμοστούν (συνδεθούν) και αντιστέκονται στην υπερχειλίση, παρά οι άμμοι που περιέχουν επίπεδους γωνιακούς κόκκους. Η εμπειρία των εδαφών υποδεικνύει άμμους με το 100% να περνάει το κόσκινο No 20 και το 80% να περνάει το κόσκινο No 40 να είναι επιθυμητό. Διαβάθμιση άλλη από το μέγιστο μέγεθος είναι σχετικά ασήμαντη. Μεγαλύτερα μεγέθη μπορεί να χρησιμοποιηθούν αλλά τείνουν να αναπτύξουν line plugs. Η τραχύτητα των συνθηκών της υγρασίας και τα βάθη των rockets πρέπει πρώτα να προσδιοριστούν να ενισχύσουν την αποτελεσματική τοποθεσία των σημείων της ένεσης. Τα σημεία αυτά συνήθως τοποθετούνται σε διαστήματα των 5-10 ποδιών, σε αραιώση. Μεγάλες αποκλίσεις στο βάθος του μπαλλάστρου μπορεί να warrant πιο μικρά διαστήματα. Τα σημεία συνήθως



ολισθαίνουν εσωτερικά με τα tips κατά προσέγγιση κάτω από τις σιδηροδρομικές γραμμές και διεισδύοντας μέσω των rockets μέσα στο επίχωμα μερικές ίντσες.

Η συγκόλληση γίνεται ενέσιμη μέσα στο roadbed μέχρι να διασπαστεί το μπάλλαστρο ή μέχρι η σιδηρ/κή γραμμή αρχίσει να ανυψώνεται. Η εξοικείωση με μια συγκεκριμένη τοποθεσία υποδεικνύει αναλογίες κατά προσέγγιση. Η συγκόλληση πρέπει να συνεχιστεί τουλάχιστον μια σιδηροτροχιά μήκος πέραν του μαλακού σημείου για να εμποδιστεί η δημιουργία ενός άλλου rocket και μαλακού σημείου στην τοποθεσία. Αυτή η διαδικασία χρησιμεύει στην αποτροπή και το δέσιμο μέσα στον τομέα που γίνεται η συγκόλληση σε ένα πιο σταθερό υλικό. Τα σημεία της συγκόλλησης θα πρέπει να αποτραβιούνται γρήγορα μετά την χρήση, και όλος ο εξοπλισμός θα πρέπει πλήρως να καθαρίζεται μετά την ημέρα της εργασίας.

Μικρά κομμάτια σωλήνα σε συνδυασμό με railroad(προωθητικό) σωλήνα διευκολύνουν το καθάρισμα.

Η συγκόλληση συνήθως διευθύνεται από επιπλέον ομάδες περίπου των 10 με 16 ατόμων ανά ομάδα. Μια τέτοια οργάνωση αποτελείται από τα ακόλουθα:

Από έναν εργοδηγό, έναν χειριστή εξοπλισμού, έναν χειριστή μηχανήματος, έναν βοηθό μηχανήματος, έναν χειριστή για τα υλικά, έναν batcher, ένα άτομο για την παροχή νερού, έξι άτομα ανά σειρά συγκόλλησης (για δυο σειρές) και δυο άτομα διακρίνοντας, επισημαίνοντας και καθοδηγώντας τα δύσκολα σημεία.

Αυτό το πλήρωμα, τοποθετεί ενέσεις 350-650 κυβικά πόδια ημερησίως για πάνω από 50 έως 100 πόδια σιδηροδρομικής γραμμής.

Όταν η συγκόλληση είναι υψηλή, στα απότομα επιχώματα, η διαδικασία είναι να γίνει εκκίνηση κοντά στον πόδα της κλίσης και δουλεύοντας προς τα πάνω, χρησιμοποιώντας σημεία ανά 15 πόδια σε μήκος κατά αραιώση σε ένα μοντέλο πλέγματος με 10 πόδια κάθετα και οριζόντια διαστήματα.

Η άντληση πρέπει να συνεχίζεται όσο υπάρχει αποδοχή, αλλά να μην υπερβαίνει τα 150 κυβικά πόδια ανά πόδι σιδηροδρομικής γραμμής. Αν η αποδοχή συνεχιστεί πέραν των 150 κυβικών ποδιών η συγκόλληση μπορεί να ανασταλεί για μια ή δύο μέρες και μετά να ανακτηθεί πάλι. Πλήρως αποδοχή δεν απαιτείται για να σταθεροποιηθεί ένα επίχωμα. Εξερεύνηση και διερεύνηση πρέπει να είναι ενεργές για να επιβληθεί που θα πάει η συγκόλληση. Μπορεί να πληρώνεται ένα βαθύ ballast rocket αλλά επίσης μπορεί να washing away σε έναν χείμαρρο κάτω του εδάφους ή να ακολουθήσει μια χαραμάδα εδάφους σε μια γειτονική ιδιοκτησία.

Το πώς η συγκόλληση κατορθώνει να σταθεροποιήσει ένα roadbed είναι ακόμα ένα ανεξήγητο ερώτημα. Πολλά γεγονότα και θεωρίες έχουν εξελιχθεί για να απαντηθεί αυτό το ερώτημα. Όλα τα σχέδια ευστάθειας μέχρι τώρα συνδέονται με τα ballast

rockets ή τις κλίσεις που σχηματίζονται στις πλαστικές αργίλους ή με ασταθείς περιοχές αργίλου στο roadbed κάτω από το ballast rocket. Τα χαλίκια, οι άμμοι και η ιλύς δεν απαιτούν αυτή την μεταχείριση. Επιπλέον, είναι ο συνδυασμός της πλαστικής αργίλου και της υγρασίας που προκαλεί την αστάθεια. Η συγκόλληση δεν πληρώνει τα εσωτερικά κοκκώδη διαστήματα στα καλά διαβαθμισμένα εδάφη. Τα εδάφη που έχουν 5-10 % περιεχόμενο μεγέθους κόκκων μικρότερο των 0,02 mm θα έχουν κενά μικρότερα από τους κόκκους της συγκόλλησης.

Η άμμος μπορεί να εξαναγκαστεί μέσα στην μάζα ενός αργιλώδους εδάφους ανοίγοντας καινούριες χαραμάδες και ρωγμές στην μάζα- με την πιθανότητα διατάραξης της ευστάθειάς της- αλλά η πρωτεύουσα περιοχή της χρησιμότητας είναι στο να πληρώνεται ή να σφραγίζονται τα ballast rockets και τις ρωγμές και τις χαραμάδες που επιτρέπουν την υπό επιφανειακή υπερχειλίση ή διαρροή.

Τα ακόλουθα γεγονότα και πιθανότητες θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν :

1. Το τσιμέντο μειώνει την πλαστικότητα και την συρρίκνωση όταν αναμιγνύεται με εδάφη και καμιά φορά χρησιμοποιείται σαν ένα επιπλέον μίγμα σε roadbed μεγάλων δρόμων ευστάθειας κατά την διάρκεια της κατασκευής. Η συμπιεστικότητα και η συνεκτικότητα των εδαφών αυξάνεται. Στην συγκόλληση η άμμος και το τσιμέντο μπορεί να αυξήσουν την συνοχή και την τριβή στην επιφάνεια της κλίσης.
2. Η συγκόλληση που είναι συρραμμένη στον πάτο του rocket μπορεί να σφραγίσει την ελεύθερη υγρασία.
3. Ο χειρισμός του εδάφους και της υγρασίας μειώνεται.
4. Αυξανόμενη συμπύκνωση και πυκνότητα μπορεί να εμφανιστεί καθώς η συγκόλληση συρράπτει πιο σφικτά το μπάλλαστρο και το επίχωμα.
5. Οι ρωγμές πληρώνονται και σφραγίζονται, με τέτοιο τρόπο που να απομονώνεται η ροή της υπερχειλίσης, ειδικά αυτές που μπορεί να λιπαίνουν τις ολισθηρές επιφάνειες σε υψηλά επιχώματα. Η άμμος πιθανώς είναι το πιο χρήσιμο συστατικό στην συγκόλληση γι' αυτόν τον σκοπό.
6. Καλά αναμεμιγμένες λάσπες μπορούν να συμβάλλουν στην αύξηση της μηχανικής αντοχής. Σε κάποιες περιπτώσεις το rocket μπορεί να πληρωθεί με μάζα συγκόλλησης, δίνοντας αυξημένη μηχανική υποστήριξη.
7. Διογκωτικές τάσεις έχουν μειωθεί.

Οι εργαστηριακές έρευνες της Ιρλανδίας και του Rosenblueth κάτω από την γενική κατεύθυνση του R.B.Peck έχουν καταφέρει να συντάξουν συνθήκες του roadbed και να αναπαράγουν μικροσκοπικά ballast rockets κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Σε κάποιες από αυτές «μια στρώση τσιμέντου με κονίαμα τοποθετήθηκε μεταξύ του μπαλλάστρου και του εμφανιζόμενου επιχώματος». Το κονίαμα, παρόλο που θλίβεται

από το εφαρμοζόμενο μπάλλατρο, μειώνει την διείσδυση του νερού όταν το υποτιθέμενο roadbed πλημμυρίζει. Πολλές σειρές δοκιμών επιχειρήθηκαν για να αποφασιστεί αν η συγκόλληση απομακρύνει την υγρασία από το έδαφος. Τα αποτελέσματα υπέδειξαν μια αντίθετη δράση:

Η συγκόλληση ήταν η αιτία να χαθεί η υγρασία στο έδαφος. Συνδυάζοντας αυτά τα δυο ευρήματα, η έρευνα συμπεριλαμβάνει ότι «μη σημαντική αλλαγή (με την συγκόλληση) συνέβη στα ρευστά και πλαστικά όρια» και ότι «φαίνεται ότι τα ωφέλιμα αποτελέσματα της συγκόλλησης είναι εκ φύσεως μηχανικά παρά φυσικό-χημικά».

Παρόλο που οι λόγοι για την αποτελεσματικότητα της συγκόλλησης είναι κάπως «θαμπόι», κάποια οριστικά δεδομένα είναι διαθέσιμα όσον αφορά την αποτελεσματικότητά της.

Ασαφή αποτελέσματα μπορούν να δοθούν σχετικά με την αποτελεσματική ζωή μιας περιοχής που έχει υποστεί συγκόλληση. Κάποια σχέδια συγκόλλησης ακόμα δείχνουν εξαιρετική ευστάθεια και οικονομία μετά από 6-10 χρόνια χρήσης. Λίγες τοποθεσίες απαίτησαν μια δεύτερη εφαρμογή μέσα σε ένα ή 2 χρόνια από την πρώτη εφαρμογή. Οι προηγούμενες μορφές δείχνουν μάλλον αναμφισβήτητα ότι ακόμα και αν ένα σχέδιο πρέπει να ανασυγκολληθεί κάθε 4-6 χρόνια, θα υπάρχει ακόμα αποτελεσματική οικονομία πραγματοποιώντας αυτό το σύστημα ευστάθειας του roadbed (υλικού οδοστρωσίας).

Όμως η διαδικασία της συγκόλλησης έχει μειονεκτήματα επιπλέον στην υπερβολική απώλεια της συγκόλλησης. Μπορεί να υπάρχουν καθυστερημένες δυσκολίες στην εργασία του σιδηροδρόμου αν έχει επιτραπεί στην συγκόλληση να παφλάζει μέσα στο μπάλλατρο, καθώς είναι συχνό στην υπόθεση. Όταν αποπειραθεί να γίνουν εργασίες κάτω από την περιοχή συγκόλλησης του σιδηροδρόμου, μπορεί να είναι απαραίτητο να σταλεί ένας συμπιεστής πάνω από αυτήν την περιοχή για να σπάσει την μάζα της συγκόλλησης. Άλλες διαδικασίες καθαρισμού του μπαλλάστρου μπορεί επίσης να απαιτήσει δυσκολίες καθώς και η αντικατάσταση του tie, επίσης και διαμόρφωση της επιφάνειας.

#### • **SAND PILES AND BLAST HOLES**

Η άμμος μπορεί να εισαχθεί μέσα στο επίχωμα για να αυξήσει την εσωτερική τριβή και την φέρουσα αντοχή. Πιο απλό στην χρήση είναι η άμμος να πληρώνει σκαλισμένες τρύπες. Μια σειρά από τρύπες οδηγούνται μέσα στο επίχωμα εσωτερικά και εξωτερικά στις σιδηροδρομικές γραμμές, χρησιμοποιώντας ένα ασάλινο ή ξύλινο σκαλιστήρι περίπου 12 τετραγωνικών ιντσών. Το μοντέλο των τρυπών πρέπει να καλύπτει περίπου το 20% της επιφάνειας του επιχώματος. Αφού αποσυρθεί το

σκαλιστήρι, οι τρύπες πληρούνται με μια κοφτερή μηχανική άμμο. Η μέθοδος περιορίζεται σε μια εύκολη καθοδήγηση και απόσυρση του σκαλιστηριού 6-12 πόδια βάθη. Τα water rockets θα πρέπει να τρυπιούνται από το σκαλιστήρι. Κάποια κάθετη αποστράγγιση και συμπύκνωση αποκτιέται. Η διαδικασία έχει επιτυχία σε αργίλους με υψηλή πλαστικότητα.

Μια τροποποίηση του sand pile απαιτεί μια ανοιγμένη τρύπα με ένα γεωτρύπανο των 2 ή 3 ιντσών και διαπλάτυνοντας τον πυθμένα από μια εκκένωση στο περίπου ένα και μιάμιση sticks του 40% δυναμίτη. Οι τρύπες πληρούνται με καθαρή, ξηρή, κοφτερή άμμο, εισερχόμενη και συμπυκνωμένη από έναν αεροσυμπιεστή. Η επιτυχία έχει απαιτηθεί για ευστάθεια των επιχωμάτων άνω των 15 ποδιών σε ύψος και των water rockets, αλλά άλλοι υποστηρίζουν την μέθοδο να είναι λιγότερο του 50% επιτυχής. Υπάρχει επίσης μια πιθανότητα ότι ο ώμος θα γίνει πιο αδύναμος στο σημείο της αποτυχίας από την έκρηξη.

- **Αποστράγγιση**

- **Η σημαντικότητα της αποστράγγισης.**

Η συνεχής συσχέτιση σε όλα τα προηγούμενα που αναφέρθηκαν σχετικά με τα αποτελέσματα της υπερβολικής υγρασίας στα επιχώματα, υποσημειώνει την σημαντικότητα της αποστράγγισης στην κατασκευή και συντήρηση ευσταθών επιχωμάτων.

Σχεδόν όλα τα προβλήματα αστάθειας των επιχωμάτων οφείλονται, είτε άμεσα είτε έμμεσα στην υπερβολική υγρασία. Το επίχωμα πρέπει να διατηρείται ξηρό! Ο σχεδιασμός των συστημάτων αποστράγγισης έχει σημαντικότητα για παλιές καθώς και για καινούριες κατασκευές. Όλα τα συστήματα κανονικά αποσκοπούν στο να σιγουρευτεί η επάρκειά τους για αλλαγή στην χρήση γης κλίματος και σημαντικότητα της γραμμής που προσφέρεται.

Για τις περισσότερες περιοχές των αμερικανικών συνθηκών αποστράγγισης το πιο σημαντικό πράγμα είναι η διατήρηση της κυκλοφορίας. Ένας ειδικός και έμπειρος υπάλληλος διατήρησης, όταν ρωτήθηκε ποια θέματα πρέπει να διδάσκονται στους μαθητές της διατήρησης του σιδηροδρόμου, απάντησε: «Διδάξτε τους αποστράγγιση, περισσότερη αποστράγγιση, και έπειτα περισσότερη αποστράγγιση!...»

- **Συνέπειες πενιχρής αποστράγγισης**

Είναι σχεδόν σπάνιο ένα αντικείμενο διατήρησης κόστους να μην αυξάνεται από την πενιχρή αποστράγγιση. Η ευστάθεια του roadbed εξαρτάται από ένα καλά αποστραγγισμένο επίχωμα. Η ασταθής σιδηροτροχιά αντικατοπτρίζεται σε πενιχρή

επιφάνεια και διαγράμμιση. Με πενιχρή αποστράγγιση, το μπάλλαστρο μολυσμένο από σκόνη από τρίψιμο-γδάρισμα, την σκόνη από το φύσημα ανέμου από οργανωμένα χωράφια ή σωρούς άμμου και τα αποθέματα των αυτοκινήτων, χτυπάει και αναπηδά κάτω από χαλαρά ties(σύνδεσμοι-τραβέρσες) και συνδέσεις. Οι σύνδεσμοι καταστρέφονται πιο γρήγορα όταν είναι υγροί. Η σιδηρογραμμή που είναι υπερχειλισμένη και washed-out συνήθως αντανakλά σε ανεπαρκή αποστράγγιση. Τον χειμώνα μη επαρκής αποστράγγιση προκαλεί συσσώρευση του πάγου, ειδικά σε στενά σύντομους δρόμους και τούνελ, ακόμα προκαλεί και παρακώλυση της σιδηρογραμμής. Η υπερβολική υγρασία είναι μια άμεση αιτία της δράσης του πάγου και την ανύψωση της σιδηροτροχιάς.

Οι περισσότεροι μηχανικοί σιδηροδρόμων παραδέχονται όλες αυτές τις συνέπειες και συμφωνούν στην μεγαλύτερη ανάγκη για καλύτερη αποστράγγιση. Πολύ συχνά όμως, αυτό φαίνεται να είναι υπηρεσία μόνο στα λόγια και δεν πραγματοποιείται. Η παραμέληση στο να παρέχεται και να διατηρείται επαρκές σύστημα αποστράγγισης είναι ένας εύκολος τρόπος για να διασωθούν χρήματα. Αυτό προκαλεί καταστροφή για μια σιδηρογραμμή με μεγάλη διάρκεια ζωής και οικονομίας.

#### • Τύποι αποστράγγισης

Ο σκοπός της αποστράγγισης είναι να διατηρηθεί το roadbed ξηρό κάνοντας τα ακόλουθα:

1. Ανακόπτοντας και εκτρέποντας το νερό του εδάφους.
2. Συγκρατώντας και καναλεύοντας τους χείμαρρους.
3. Διευθετώντας τα νερά της βροχής και την απορροή χιονιού.
4. Εκχέοντας και αποστραγγίζοντας τα water rockets και τις πηγές.
5. Ανακόπτοντας την διαρροή και τους υπόγειους χείμαρρους.
6. Αποξηραίνοντας τα κορεσμένα επιχώματα.
7. Υποβαθμίζοντας τον υπόγειο ορίζοντα του νερού.
8. Αποξηραίνοντας τον τομέα του μπαλλάστρου αποστραγγίζοντας το νερό κάτω από τους συνδέσμους.

Η αποστράγγιση πρέπει να είναι αποτελεσματική σε δυο επίπεδα-στην επιφάνεια και κάτω από την επιφάνεια. Η αποστράγγιση κάτω από την επιφάνεια απαιτείται για να επιτευχθεί το **4**. μέσω του **8**. Τα νούμερα **1,2 και 3** είναι πρώτα σε σημαντικότητα και μειώνουν την ανάγκη να επιβαρύνουν τα άλλα. Πενιχρή αποστράγγιση έχει σαν αποτέλεσμα αύξηση της στάθμης του υπόγειου ορίζοντα και προκαλεί διαπότιση, διάβρωση και υπερχείλιση του επιχώματος. Αυτά τα προβλήματα περιλαμβάνουν

αλλαγές του όγκου στα εδάφη, την αποδυνάμωση της υποστήριξης της σιδηροτροχιάς, την αναπήδηση και την δράση του πάγου.

- **Τα κύρια προβλήματα της αποστράγγισης**

Η αποστράγγιση παρουσιάζει 2 κύρια προβλήματα:

**1.** υδρολογικό-αποφασίζοντας το ποσό της απορροής που μεταχειρίζεται, που είναι το φορτίο πάνω στο σύστημα και **2.** υδραυλικό- το σχέδιο του συστήματος που κουβαλάει αυτό το φορτίο. Το πρώτο αφορά με τον υπολογισμό του μεγέθους της περιοχής αποστράγγισης και το ποσό της εκροής που απορρέει από αυτή σαν ένα αποτέλεσμα του τοπογραφικού και κλιματολογικού περιβάλλοντος. Το δεύτερο πρόβλημα αναφέρεται στο μέγεθος και τον αντίστοιχο τομέα του καναλιού (τάφρος ή αγωγός) και την τοποθεσία του, εγκατάστασή του και διατήρησή του.

Η αποστράγγιση δεν πρέπει να θεωρείται σαν μια ακριβής πειθαρχία. Οι λύσεις στα προβλήματα της αποστράγγισης πρέπει να λάβουν υπ' όψιν την αξιοπιστία των διαθέσιμων στοιχείων και το αποτέλεσμα ότι μια μικρή αλλαγή σε αυτά τα στοιχεία μπορεί ή μπορεί και όχι να έχουν στο φορτίο γι' αυτό το σύστημα ή την χωρητικότητά της. Είναι αναγκαίο να εκτελεσθεί υπολογίσιμη μηχανική κρίση.

- **Θεμελίωση (συμπύεση).**

Μια από τις καλύτερες μεθόδους που ο μηχανικός έχει στην διάθεσή του για να καταφέρει ευστάθεια είναι να παρέχει κατάλληλη θεμελίωση στα εδάφη καθώς τοποθετούνται στην επιχωμάτωση.

Η διατμητική αντίσταση ενός εδάφους από την οποία και εξαρτάται η ευστάθεια ενός εδάφους, είναι μια λειτουργία της εσωτερικής τριβής και συνοχής. Μη συμπιεσμένο έδαφος συνθέτει εδαφικούς κόκκους και τα κενά μεταξύ αυτών των κόκκων. Τα κενά επιτρέπουν στο νερό να διεισδύσει ανάμεσα στην μάζα του εδάφους. Αν το έδαφος, όπως ο πηλός, έχει ικανότητες πλαστικότητας και αδιαπερατότητας, η υγρασία μπορεί να οδηγήσει σε πολλαπλές μη σταθερές καταστάσεις που έχουν ήδη αναφερθεί.

Ακόμα και με ένα μη συμπιεστό, διαπερατό έδαφος όπως η άμμος, υπερβολική υγρασία μπορεί να προκαλέσει πλευρική πλημμύρα και αποτυχία του roadbed. Εσωτερική τριβή και συνοχή μειώνονται και η διατμητική αντίσταση και ευστάθεια μειώνονται εξίσου. Αν μέσω της συμπύεσης, οι εδαφικοί κόκκοι είναι σταθεροποιημένοι, ο όγκος των κενών μειώνεται και υπάρχει λιγότερος χώρος για την υγρασία και για αργότερη σταθεροποίηση και καθίζηση κάτω από την επίδραση φορτίου.

Αν 1 cu ft εδάφους ήταν γερά συμπιεσμένο και δεν περιείχε κενά, θα ζύγιζε κατά προσέγγιση 165 lb και θα ήταν σε μία κατάσταση μέγιστης πυκνότητας. Τα

περισσότερα επιφανειακά εδάφη στην φυσική τους κατάσταση είναι περίπου το μισό αυτής της πυκνότητας. Λίγα εδάφη μπορούν να σταθεροποιηθούν περισσότερο από το 75% της μέγιστης πυκνότητας με συνηθισμένες μεθόδους. Εφαρμόζοντας μέσω χρήσης τέλει συμπίεσης και μεθόδους ελέγχου της υγρασίας, πίεση και δόνηση, μεγαλύτερες πυκνότητες μπορεί να αποκτηθούν. Οι μικρότεροι κόκκοι εξαναγκάζονται και μπαίνουν μέσα στα κενά μεταξύ των μεγαλύτερων κόκκων. Οι κόκκοι είναι έτσι πιο στενά συνδεδεμένοι με ένα μηχανικό δεσμό και μεγαλύτερη συνοχή αναπτύσσεται συμπιέζοντας ή μειώνοντας την διαχωριστική μεμβράνη της υγρασίας στρογγυλεύοντας κάθε κόκκο. Η επιτυχία των διαδικασιών της συμπίεσης σταματούν κατά μέρος, από τα χαρακτηριστικά του εδάφους κατά την συμπίεση.

Το καλύτερο φυσικό έδαφος είναι το χαλίκι. Η υψηλή του εσωτερική τριβή καταλήγοντας από το σχήμα και την απευθείας αντοχή των κόκκων όπως επίσης κι οι αποστραγγιστικές του ικανότητες, του δίνουν σταθερότητα-ευστάθεια. Οι μεγάλοι σε μέγεθος κόκκοι και οι διάφοροι μικρότεροι κόκκοι γεμίζοντας τα κενά, κάνουν για υψηλή συμπίεση πυκνότητα. Συμπιέζοντας, καθώς ισοπεδώνεται, έχει μικρή συμπίεστική επιρροή, αλλά η δόνηση καθώς αποκτείνεται από την κίνηση μιας Caterpillar-mounted bulldozer τραβώντας τον κύλινδρο προκαλεί καλή θεμελίωση.

Η άμμος εκθέτει τα ίδια χαρακτηριστικά θεμελίωσης όπως γίνεται και με το χαλίκι και συμπιέζει σε ακόμα μεγαλύτερες πυκνότητες εξαιτίας του μικρότερου μεγέθους των κόκκων. Όπως το χαλίκι, συμπιέζεται καλύτερα με την δόνηση παρά από την συμπίεση ή την κυλίνδρωση.

Η ιλύς συμπιέζεται καλά και με την δόνηση και με την συμπίεση. Κατσικοπόδαροι κύλινδροι για πλαστικά εδάφη με χαμηλή συνοχή ή κανονικούς τροχοκλίνδρους της Caterpillar-mounted τράκτορες για μη πλαστικές σχισμές (χαραμάδες) και λασπώδη εδάφη είναι τα κατάλληλα για αυτό το σκοπό. Η ιλύς απορροφά και συγκρατεί με ευκολία το νερό λόγω της δράσης υψηλού τριχοειδούς του μικρού μεγέθους των κόκκων.

Ο πηλός θεμελιώνεται με δυσκολία κάτω από πίεση, ενώ ο κατσικοπόδαρος κύλινδρος είναι ο πιο αποτελεσματικός. Οι μικροί πόροι συνεισφέρουν στο τριχοειδές και κάνουν δύσκολη και την αποξήρανση και το νότισμα αυτού του εδάφους. Για καλύτερα αποτελέσματα το περιεχόμενο νερό πρέπει να είναι μόλις αμυδρά πάνω από το όριο πλαστικότητας.

• **Γεωυφάσματα "ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ" σε οδικά και σιδηροδρομικά έργα**

Τα γεωυφάσματα που χρησιμοποιούνται σε οδικά και σιδηροδρομικά έργα για τον διαχωρισμό δύο εδαφικών στρώσεων (στις οποίες περιλαμβάνονται και οι στρώσεις επιδομής - υποδομής) με διαφορετικές φυσικές ιδιότητες [κοκκομετρική

σύνθεση, κατάσταση συνεκτικότητας (consistency), πυκνότητα] πρέπει να είναι κατασκευασμένα από συνθετικές ή άλλες ίνες, σε μορφή λεπτής υδροπερατής μεμβράνης. Με το γεωύφασμα διαχωρισμού θα πρέπει να εξασφαλίζεται κατά μόνιμο τρόπο η αποφυγή ανάμιξης των δύο υλικών.

Πριν από την έναρξη τοποθέτησης γεωυφασμάτων ο (Εργολάβος του έργου) πρέπει να παρουσιάσει πιστοποιητικά από τα οποία συνάγεται ότι το γεωύφασμα που χρησιμοποιείται, πρέπει να είναι ανθεκτικό στις επιδράσεις των υλικών των στρώσεων οι οποίες θα πρέπει να διαχωριστούν για περίοδο τουλάχιστον 40 ετών. Τα γεωυφάσματα θα πρέπει κατά τη μεταφορά, αποθήκευση, τοποθέτηση στο έργο και επικάλυψη να προστατεύονται από τυχόν μηχανικές ή χημικές επιδράσεις. Τα γεωυφάσματα τα οποία υφίστανται βλάβη από το φως πρέπει να είναι συνεχώς κατάλληλα καλυμμένα μέχρι την τοποθέτησή τους. Ο χρόνος έκθεσης στο φως δεν πρέπει να υπερβεί τις 5 ώρες. Από την συνολική ποσότητα του γεωυφάσματος που χρησιμοποιείται, θα πρέπει να λαμβάνονται από τον επιβλέποντα με παρόντα τον Εργολάβο πέντε δείγματα και να εξετάζονται σε “αναγνωρισμένο εργαστήριο”, σύμφωνα με όσα αναφέρονται στους όρους δημοπράτησης.

**Το γεωύφασμα πρέπει :**

α. Να αντέχει εφελκυστικό φορτίο τουλάχιστον 2,5 kN/m υπό αξονική εφελκυστική ανοιγμένη παραμόρφωση 5% κατά την δοκιμή εφελκυσμού σε “ευρύ τεμάχιο” (wide strip).

β. Να επιτρέπει τη ροή νερού μέσω αυτού, εγκάρσια προς το κύριο επίπεδό του σε κάθε κατεύθυνση με ταχύτητα τουλάχιστον 10 λίτρων /μ<sup>2</sup>/δευτερόλεπτο υπό σταθερά υψομετρική διαφορά (πίεση) νερού 100 χλστ.

γ. Η κατανομή των ανοιγμάτων των πόρων που έχει να είναι τέτοια ώστε η τιμή  $O_{90}$  να είναι μεταξύ των 100 μm και 300μm.

Στις ενώσεις των φύλλων του γεωυφάσματος θα πρέπει να υπάρχει επικάλυψη τουλάχιστον 300 χλστ.

Η επιφάνεια επί της οποίας απλώνεται το γεωύφασμα δεν πρέπει να έχει προεξοχές ή εξογκώματα με οξείες ακμές ή γωνίες που μπορεί να προκαλέσουν βλάβη στο γεωύφασμα κατά την διάρκεια των εργασιών τοποθέτησης και επικάλυψης, ή κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του.

Η τοποθέτηση του γεωυφάσματος πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να βρίσκεται σε συνεχή επαφή με την επιφάνεια επί της οποίας τοποθετείται χωρίς να υπάρχουν κενά ή εξάρσεις. Αμέσως μετά την τοποθέτηση να ακολουθεί επικάλυψη του γεωυφάσματος με προστατευτική στρώση υλικού, μέχρι δε την αποπεράτωση της



εργασίας αυτής απαγορεύεται αυστηρά η μετακίνηση πάνω από μη προστατευμένο γεωύφασμα οποιουδήποτε μηχανήματος, οχήματος κλπ. που μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο γεωύφασμα.

Τα δείγματα γεωυφάσματος που παίρνονται θα πρέπει να διατηρούνται καθαρά και στεγνά μέχρι τη στιγμή της δοκιμασίας τους. Πριν από τον προσδιορισμό του μεγέθους των πόρων και της αντοχής σε εφελκυσμό θα πρέπει να φέρονται σε “κατάσταση ισορροπίας” σε θερμοκρασία  $20 \pm 2^{\circ} \text{C}$  και σχετική υγρασία  $65 \pm 5\%$ . Το ξηρό βάρος του γεωυφάσματος δίδεται σε  $\text{g/m}^2$  (γραμ/μ<sup>2</sup>).

**Η δοκιμή εφελκυσμού με “ευρύ τεμάχιο” (wide strip) διεξάγεται ως ακολούθως :**

- α. Τα τεμάχια δοκιμής θα πρέπει να έχουν πλάτος 200 χλστ και μήκος μέτρησης 100 χλστ.
- β. Για τον καθορισμό της χαρακτηριστικής αντοχής θα πρέπει να εξετάζονται στις δύο κύριες διευθύνσεις, ανάλογα με την κατασκευή τους, πέντε τουλάχιστον δείγματα γεωυφάσματος.
- γ. Η ταχύτητα επιβολής της παραμόρφωσης θα πρέπει να είναι  $10\% \pm 3\%$  ανά πρώτο λεπτό.
- δ. Ως χαρακτηριστική αντοχή θα πρέπει να λαμβάνεται η μέση τιμή ελαττωμένη κατά το γινόμενο της τυπικής απόκλισης επί 1,64. Αυτή η χαρακτηριστική αντοχή αντιστοιχεί στην τιμή της αντοχής του υλικού κάτω από την οποία δεν αναμένεται να ευρεθούν το 5% των αποτελεσμάτων δοκιμών.

**Η ταχύτητα ροής του νερού προσδιορίζεται ως ακολούθως :**

- α. Τα γεωυφάσματα δοκιμάζονται σε αφόρτιστη κατάσταση με σταθερή πίεση στήλης νερού ύψους 100 χλστ.
- β. Η ροή θα πρέπει να είναι κατά μία κατεύθυνση
- γ. Η επιφάνεια του γεωυφάσματος που δοκιμάζεται θα πρέπει να είναι κυκλική διαμέτρου 50 - 100 χλστ.
- δ. Πριν από τη μέτρηση το γεωύφασμα θα πρέπει να παραμένει σε καθαρό νερό επί μία ώρα.
- ε. Το νερό που χρησιμοποιείται στις δοκιμές διαπερατότητας πρέπει :
  - Να μην περιέχει αέρα, όσο αυτό είναι δυνατό, και να παρέχεται μέσω ενός δοχείου αποθήκευσης και όχι κατευθείαν από το δίκτυο παροχής.

- Να έχει θερμοκρασία μεταξύ 10<sup>ο</sup> C και 25<sup>ο</sup> C. Η ταχύτητα ροής πρέπει να ανάγεται σε θερμοκρασία 15<sup>ο</sup> C με τη χρησιμοποίηση των γνωστών σχέσεων μεταβολής του ιξώδους του νερού με τη θερμοκρασία.
- στ. Η ποσότητα του νερού που διαρρέει δεν πρέπει να είναι μικρότερη από δύο λίτρα, ή εναλλακτικά, ο χρόνος μέτρησης της διαπερατότητας να είναι μεγαλύτερος των 15 δευτερολέπτων.
- η. Η διαπερατότητα να δίνεται σε λίτρα /μ<sup>2</sup>/δευτερόλεπτα (lit/m<sup>2</sup>/sec). Η έκθεση δοκιμής θα πρέπει να δίνει επίσης τη μέση τιμή των μετρήσεων και την τυπική απόκλιση.

**Η κατανομή του μεγέθους των πόρων και ο καθορισμός του μεγέθους O<sub>90</sub> γίνεται ως ακολούθως :**

§ Η κατανομή του μεγέθους των πόρων καθορίζεται με την εύρεση των ποσοστών σειράς υάλινων σφαιρών που συγκρατούνται από το γεωύφασμα όταν αυτό χρησιμοποιηθεί σαν κόσκινο. Ο αριθμός των σειρών και το μέγεθος της διαμέτρου κάθε σειράς, εκλέγεται έτσι ώστε να καλύπτει όλα τα αναμενόμενα μεγέθη ανοίγματος πόρων.

§ Σχεδιάζεται η αθροιστική καμπύλη συχνότητας των ποσοστών των συγκρατούμενων σφαιριδίων σε συνάρτηση με το μέγεθος της διαμέτρου τους. Το μέγεθος που αντιστοιχεί σε ποσοστό συγκρατούμενων 90% παρέχει την τιμή του O<sub>90</sub>.

§ Σε κάθε κοσκίνισμα κοσκινίζεται τουλάχιστον ποσότητα 100 γραμ. υάλινων σφαιρών για 10 πρώτα λεπτά μέσω τεμαχίου γεωυφάσματος που συγκρατείται στο πλαίσιο και τον πυθμένα ενός κόσκινου διαμέτρου 300 χλστ και ανοίγματος βροχίδας τουλάχιστον 10 χλστ.

§ Η συσκευή κοσκίνισματος έχει συχνότητα δόνησης 50 HZ και μέγιστη κατακόρυφη μετακίνηση 0,75 χλστ.

§ Το μέγεθος O<sub>90</sub> ορίζεται ως ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων δοκιμών, σε πέντε διαφορετικά δείγματα γεωυφάσματος.

**Φίλτρο**



**ΧΡΗΣΗ**

Σε επιχώματα έργων οδοποιίας, λιμενικών και υδραυλικών (π.χ φραγμάτων), πρνή ποταμών και σε κατακόρυφα στραγγιστήρια.

### Αποστράγγιση



#### ΧΡΗΣΗ

Σε επιχώματα φραγμάτων, τοίχους αντιστήριξης, σήραγγες, αδιάβροχες μεμβράνες, πλευρικά ή κατακόρυφα στραγγιστήρια κτλ, όπου το γεώφασμα λόγω του υψηλού πορώδους του διευκολύνει την ταχεία απομάκρυνση του ύδατος.

### Διαχωρισμός



#### ΧΡΗΣΗ

Σε επιχώματα οδοποιίας και σιδ/κών γραμμών και κυματοθραύστες λιμενικών έργων, διαχωρίζει 2 εδαφικές στρώσεις διαφορετικής υφής και κοκκομετρίας, προσφέροντας οικονομία στον τελικό όγκο της διατομής.

#### • Γεωμεμβράνες

Γεωσυνθετικά υλικά (συνθετικές ή ασφαλτικές στρώσεις) αδιαπέρατα στο νερό που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προστασία ευαίσθητων υποβάσεων από τη διείσδυση επιφανειακών υδάτων ή για την προστασία των υπόγειων υδάτων από ρυπαντές.

#### • Γεωπλέγματα

Λεπτά ή χοντρά πλέγματα από γεωσυνθετικά υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εργασίες διαχωρισμού και οπλισμού.

#### • Γεωσύνθετα

Σύνθετες δομές που αποτελούνται από 2 τουλάχιστον στρώσεις γεωσυνθετικών υλικών.

### 6.3 Ποιότητα φυτικής γης

1. Η φυτική γη θα πρέπει να είναι άριστης ποιότητας, γιατί αποτελεί το βασικό στοιχείο για την εκδήλωση των βιολογικών λειτουργιών των φυτών.
2. Η φυτική γη θα πρέπει να επιλέγεται από τα πιο κατάλληλα προϊόντα εκσκαφής επιφανειακής στρώσης φυτικών γαιών, που θα πρέπει να έχουν συγκεντρωθεί και φυλαχτεί, διαμορφωμένα σε κανονικά σειράδια (πρίσματα). Η φυτική γη οφείλει να εκλέγεται κατά προτίμηση, από τα προϊόντα με αργιλοαμμώδη σύσταση, εκτός αν δεν διατίθενται τέτοια, οπότε με εντολή της Υπηρεσίας μπορεί να γίνουν δεκτά και κατάλληλα προϊόντα με άλλη σύσταση.
3. Τα προϊόντα εκσκαφών που προορίζονται για φυτικές γαίες, πρέπει να είναι απαλλαγμένα από ξένες προσμίξεις, όπως είναι τα υλικά από κατεδαφίσεις, υπολείμματα οικοδομικών κατασκευών (μπάζα), λιθάρια, χαλίκια, γωνάθια ασβέστη, NaCl ή ακόμα υπολείμματα φυτών που διασπώνται δύσκολα.
4. Σε περίπτωση που τα διατιθέμενα προϊόντα εκσκαφών φυτικών γαιών κρίνονται εδαφολογικά κατάλληλα αλλά περιέχουν προσμίξεις όπως οι παραπάνω, τότε θεωρείται αυτονόητο ότι τα εδάφη αυτά θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μετά από την απομάκρυνση των πιο πάνω προσμίξεων, που πρέπει να γίνει με οποιαδήποτε μέθοδο (ακόμα και με κοσκίνισμα).
5. Η φυτική γη θα πρέπει να προέρχεται από επιφανειακή εκσκαφή μέχρι βάθος 0,70 μ. και μακροσκοπικά θα πρέπει να έχει κόκκινο ή ανοικτό κόκκινο χρώμα.
6. Για την αποδοχή της φυτικής γης θα πρέπει απαραίτητα να προσκομίζεται έκθεση ανάλυσης δειγμάτων από αναγνωρισμένο Ινστιτούτο Εδαφολογίας. Ένα δείγμα ανά 500 μ<sup>3</sup> φυτικής γης ή κατ' ελάχιστο τρία δείγματα ανά κάθε μεμονωμένη πηγή χωματοληψίας (παρμένα σε διαφορετικά βάθη στο χρήσιμο βάθος των 0,70 μ.), θα πρέπει να αναλύεται σύμφωνα με τα παραπάνω.
7. Τα δείγματα θα πρέπει να παίρνονται με παρουσία αντιπροσώπου από τις πηγές που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, στον κατάλληλο αριθμό, σύμφωνα με τον προεκτιμώμενο όγκο που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Τα δείγματα θα πρέπει να αριθμούνται και να σημειώνεται η θέση τους με τον χαρακτηριστικό αριθμό τους σε σχετικό σχέδιο της πηγής χωματοληψίας. Στη συνέχεια τα δείγματα θα πρέπει να στέλνονται, με συνοδεία αντιπροσώπου της Υπηρεσίας, στο Ινστιτούτο Εδαφολογίας και μετά την ανάλυση των δειγμάτων, εφόσον αυτά τηρούν τις

παρούσες προδιαγραφές να δίδεται έγκριση της Υπηρεσίας για να προσκομιστεί η φυτική γη επί τόπου του έργου. Για όσα δείγματα προκύψει ακαταλληλότητα της φυτικής γης, τότε οι σχετικές επηρεαζόμενες περιοχές χωματοληψίας πρέπει να αποκλείονται από χρήση.

**8.** Στην περίπτωση που μια πηγή χωματοληψίας παρουσιάζει ανομοιομορφία χαρακτηριστικών, ο αριθμός των απαιτούμενων δειγμάτων μπορεί να αυξηθεί κατά την απόλυτη κρίση της Υπηρεσίας.

**9.** Διευκρινίζεται εδώ ότι οι παραπάνω αριθμοί δειγμάτων είναι ελάχιστοι και ο υπεύθυνος του έργου είναι απόλυτα υπεύθυνος για την καταλληλότητα της φυτικής γης που θα πρέπει να χρησιμοποιήσει. Στη περίπτωση δε που βρεθεί επί τόπου του έργου περιοχή φυτικών γαιών που να μη πληρεί τους όρους καταλληλότητας, τότε υποχρεούται να αποκομίσει την ακατάλληλη ποσότητα και να την αντικαταστήσει με άλλη κατάλληλη, με μέριμνα, ευθύνη και δαπάνη του.

**10.** Προκειμένου για μικροποσότητες χρησιμοποιούμενης φυτικής γης είναι δυνατόν, να γίνει και αποδοχή της φυτικής γης επί τόπου του έργου βάσει μακροσκοπικής μόνο εξέτασης αυτής, τόσο επί τόπου του έργου όσο και στη πηγή χωματοληψίας.

### **6.3.1 Έλεγχος βλάστησης**

Οι απόψεις περί προστασίας του περιβάλλοντος ανάγκασαν τους Σιδηρόδρομους να αναθεωρήσουν τις κείμενες πολιτικές τους σε ό,τι αφορά τη χρήση ζιζανιοκτόνων για τον έλεγχο της βλάστησης. Αυτό το πρόβλημα δεν έχει επιπτώσεις μόνο στο έρμα, αλλά και στα πλαϊνά τμήματα της γραμμής, τα πρανή και το σύστημα αποστράγγισης. Για λόγους ασφαλείας κατά τη λειτουργία και με γνώμονα το κόστος συντήρησης ο ρυθμός ανάπτυξης της βλάστησης θα πρέπει να ελέγχεται συστηματικά, τουλάχιστον στις γραμμές με αυξημένο κυκλοφοριακό φόρτο. Η ορθή αποστράγγιση των στρώσεων κάτω από το έρμα και τη στρώση διαμόρφωσης αποτελεί σημαντική προϋπόθεση για την δημιουργία συνθηκών που δεν θα πρέπει να ευνοούν την ανάπτυξη της βλάστησης.

Τα ζιζανιοκτόνα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε μικρές δόσεις, εφόσον οι μετεωρολογικές προβλέψεις είναι κατάλληλες (όσο το δυνατόν: ψεκασμός κατά τη διάρκεια της ημέρας, απουσία βροχής και ανέμου). Τα ζιζανιοκτόνα θα πρέπει να έχουν δοκιμαστεί και εγκριθεί από τις αρμόδιες αρχές. Συμπληρωματικοί περιορισμοί

διέπουν τη χρήση ζιζανιοκτόνων σε ειδικές περιοχές και για λόγους προστασίας του υδροφόρου ορίζοντα.

Σε περίπτωση που η βλάστηση αναχαιτιστεί με τα κατάλληλα μέτρα (π.χ. αυστηρό κλάδεμα μόρφωσης) και συνεπώς μορφοποιηθεί σε ζώνη χορτοτάπητα πλάτους 3m περίπου εκατέρωθεν της γραμμής, ο ρυθμός ανάπτυξης της βλάστησης κοντά στη γραμμή μπορεί να ανακοπεί. Ο ρυθμός ανάπτυξης της βλάστησης μπορεί επίσης να ανακοπεί με τη μειωμένη παροχή θρεπτικών στοιχείων κοντά στη γραμμή.

Η ρυθμός ανάπτυξης της βλάστησης εντός των ορίων της γραμμής μπορεί να αναχαιτιστεί με ασφαλιόστρωση κάτω από το έρμα και στα πλαϊνά τμήματα της γραμμής.

## «ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7»

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΕ ΟΔΙΚΑ ΚΑΙ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ









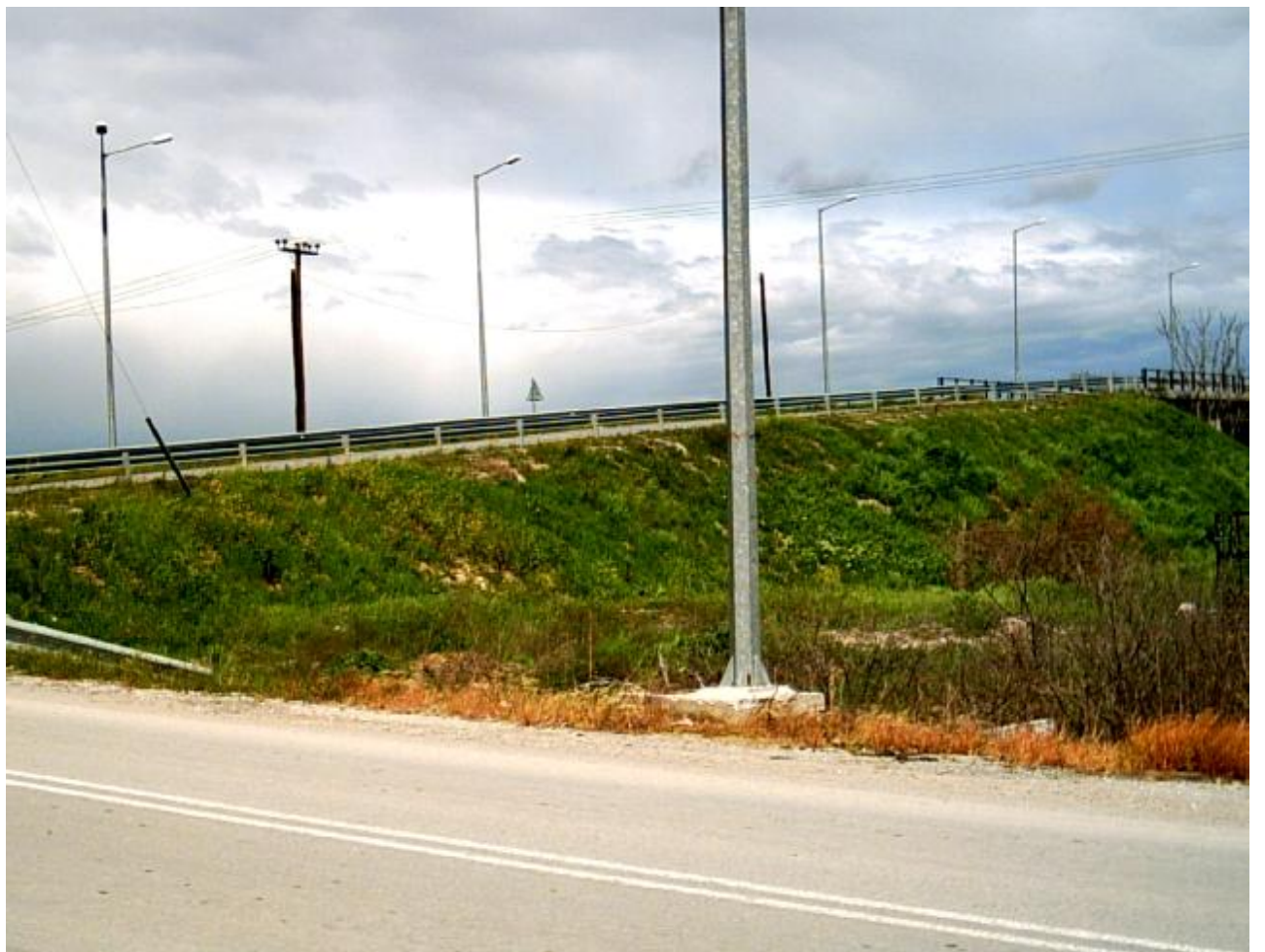




















31128 @ East Somerset Railway  
Photo: Jamie Squibbs, Age 10



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Στοιχεία οδοποιίας (δεύτερη έκδοση). Ιωάννης Δ. Κοφίτσας Δρ. Μηχ Ε.Μ.Π.. Εκδόσεις «ΙΩΝ»
2. Εδαφομηχανική (ασκήσεις-προβλήματα) Γ Γραμματικόπουλος, Ν.Μάνου-Ανδρεάδου,Θ.ΧΑΤΖΗΓΩΓΟΣ  
Εκδοτικός οίκος αδελφών ΚΥΡΙΑΚΙΔΗ Α.Ε Θεσσαλονίκη 1998.
3. Εδαφομηχανική. Δημήτριος Θ.ΒΑΛΛΑΣ. ΟΜΟΤ. Καθηγητής του ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ. Εκδοτικός οίκος αδελφών ΚΥΡΙΑΚΙΔΗ Α.Ε. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ-ΑΘΗΝΑ 1996.
4. Εργαστηριακές Ασκήσεις, Εδαφομηχανική Ι και ΙΙ. Συνετάχθησαν από τους Παγουλάτο Δημήτριο και Παγανό Δημήτριο, καθηγητές εφαρμογών. Σχολή Σ.Τ.Ε.Φ τμήμα έργων υποδομής. Πάτρα 1998.
5. Σημειώσεις Οδοποιίας ΙΙ. Από τα μαθήματα του κ. Κ. Οικονόμου, καθηγητή Τ.Ε.Ι.
6. Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές. Έκδοση πρώτη. Υπουργείο ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Πρόγραμμα Δράσεων για τον εκσυγχρονισμό της Παραγωγής των ΔΗΜ. ΕΡΓΩΝ. Δεύτερη ομάδα διοίκησης έργου. Ινστιτούτο Οικονομίας Κατασκευών (Ι.Ο.Κ.). Α.Αλεξάνδρας 91 και Δρόση-11474 ΑΘΗΝΑ  
[URL:http://www.iok.gr](http://www.iok.gr)  
Ομάδα Εργασίας Σύνταξης (ΠΕΤΕΠ) για χωματουργικά έργα(πρώτη έκδοση).

Α. Καλκατζή, Πολ. Μηχ  
Ι. Σακκάς, Πολ. Μηχ  
Ι. Ανέστης, Πολ. Μηχ

Επιτροπή Τελικής Επιλογής Κειμένων (ΠΕΤΕΠ), για χωματουργικά έργα

Κ. Παπαευθυμίου, Πολ. Μηχ.  
Γ. Φράγκος, Πολ. Μηχ.  
Κ. Λυσαρίδης, Πολ. Μηχ.

Το έργο της σύνταξης των ΠΕΤΕΠ υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του «Προγράμματος Δράσεων για τον εκσυγχρονισμό της παραγωγής των Δημοσίων Έργων» (Action Plan του ΥΠΕΧΩΔΕ), υπό την εποπτεία και καθοδήγηση της 2<sup>ης</sup> Ομάδας Διοίκησης Έργου (2<sup>η</sup> ΟΔΕ).

Στελέχωση 2<sup>ης</sup> ΟΔΕ

Συντονιστής: καθ. Θ. Π. Τάσιος, Δρ. Πολ. Μηχ.

Μέλη: Αναγνωστόπουλος Παναγ., Πολ. Μηχ. (ΙΟΚ)  
Ευριπίδου Κυριάκος, Πολ. Μηχ. (Δ7/ΥΠΕΧΩΔΕ)  
Ζαβιτσάνος Ανδρέας, Μαθ/κός (Δ11/ΥΠΕΧΩΔΕ)  
Κόλλιας Στυλιανός, Δρ.Πολ Μηχ. (Αν. Καθ. ΕΜΠ)

Λογοθέτης Λεωνίδα, Δρ Πολ. Μηχ. (Μελετητής, εκπρ. ΤΕΕ)

Ματάλα Αλεξάνδρα, Πολ.Μηχ. (ΙΟΚ)

Παντελιάς Σαράντης, Μεταλ.Μηχ. (Σύμβουλος ΥΠΕΧΩΔΕ)

Τσιαμπάος Γεώργιος, Δρ. Γεωλόγος (Επ. Καθ. ΕΜΠ, εκπρ. ΓΕΩΤΕΕ)

Τσουρέλης Ελευθέριος, Πολ. Μηχ. (τ. Γεν. Δ/ντής ΥΠΕΧΩΔΕ)

