



Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Συγκοινωνιακών Έργων και Μεταφορών

Οδοστρώματα II

Κλιματικές επιδράσεις στα οδοστρώματα



Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία επιδρά στην λειτουργία του οδοστρώματος.

Μια ξαφνική μεταβολή θερμοκρασίας συνοδεύεται από μεταβολή διακύμανσης της υγρασίας του εδάφους:

- Παραμορφώσεις στο σύστημα οδοστρώματος (ρωγμές, ανοίγματα ή εκτινάξεις δαπέδων)

Η συμπεριφορά ασφαλτικών μιγμάτων επηρεάζεται από τη θερμοκρασία:

- Επίδραση στο μέτρο δυσκαμψίας:
 - > Ελάττωση όταν η θερμοκρασία αυξάνεται





Θερμοκρασία

Σε ασφαλτικές στρώσεις κυκλοφορίας με μικρό πάχος που εδράζονται σε υλικά βάσεως από τσιμέντο η μεταβολή της θερμοκρασίας προκαλεί:

- Κύρτωση και ανάπτυξη τάσεων που προστίθενται στις τάσεις των φορτίων

Οι υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού μπορεί να προκαλέσουν ανάδυση της ασφάλτου στην επιφάνεια του οδοστρώματος:

- Παραμορφωμένη ή ολισθηρή επιφάνεια οδοστρώματος

Οι χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα μπορεί να προκαλέσουν ρωγμές στον ασφαλτοτάπητα.



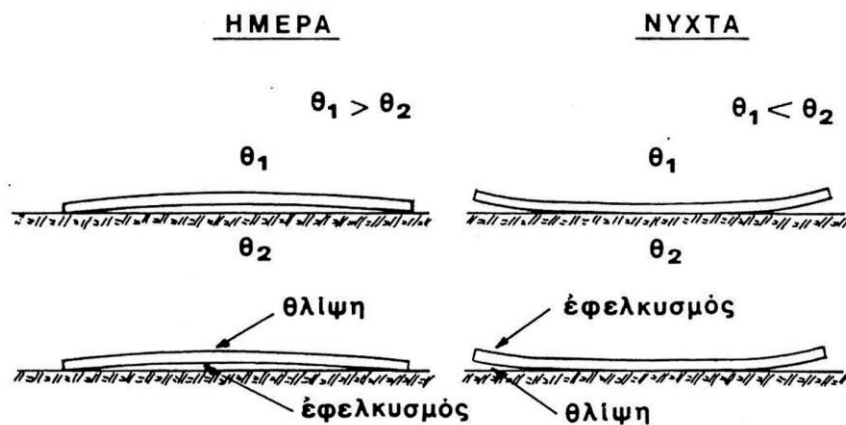


Θερμοκρασία

Στα δύσκαμπτα οδοστρώματα ο φορέας από σκυρόδεμα καταπονείται από συστολές και διαστολές εξαιτίας μεταβολών της θερμοκρασίας:

Ελάττωση θερμοκρασίας > Συστολή > ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ

Αύξηση θερμοκρασίας > Διαστολή > ΘΛΙΨΗ





Βροχόπτωση

Για την κατασκευή ενός οδοστρώματος είναι απαραίτητη η ακριβέστερη εκτίμηση της υγρασίας που επιδρά στη συμπεριφορά των υλικών.

Η βροχόπτωση επιδρά περισσότερο στο έδαφος έδρασης του οδοστρώματος, αφού η αντοχή του εδάφους εξαρτάται από την περιεχόμενη υγρασία.

Οι αρχικοί παράγοντες που ελέγχουν την οριακή περιεκτικότητα σε υγρασία κάτω από το οδόστρωμα είναι:

- Βροχόπτωση
- Βάθος στάθμης ύδατος
- Θερμοκρασία





Βροχόπτωση

Οι κατηγορίες που προτείνονται ως δείκτες των συνθηκών οριακής υγρασίας κάτω από ένα οδόστρωμα:

- Περιοχές παγετού
- Ετήσια βροχόπτωση πάνω από 20in (50,8cm) – Στάθμη ύδατος (υδροφόρου ορίζοντα) > των 20ft (6m)
- Ξηρά ως ημίσκληρα κλίματα – Στάθμη ύδατος (υδροφόρου ορίζοντα) > των 20ft (6m)
- Στάθμη ύδατος (υδροφόρου ορίζοντα) < των 20ft (6m)

Στα δύσκαμπτα οδοστρώματα η βάση από σκυρόδεμα καταπονείται από τις μεταβολές τις υγρασίας:

Ελάττωση υγρασίας > Συστολή > ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ

Αύξηση υγρασίας > Διαστολή > ΘΛΙΨΗ

Το σκυρόδεμα έχει μεγάλη αντοχή σε θλίψη και μικρή αντοχή σε εφελκυσμό:

- Δυσμενείς καιρικές συνθήκες – ψυχρός και ξηρός καιρός



Άνεμος

Οι άνεμοι συμβάλλουν στην εξάτμιση της υγρασίας των εδαφών και θέτουν σε κίνηση ύδατα που μπορούν να ξεπλύνουν και να διαβρώσουν επιχώματα και χωματισμούς.

Οι άνεμοι προξενούν ανεμοθύελλες που προκαλούν δυσμενείς επιδράσεις στο οδόστρωμα.

Εφόσον λεπτοί κόκκοι διεισδύσουν στις ρωγμές ή στους αρμούς του οδοστρώματος μπορούν να μεγαλώσουν τις ρωγμές και να θραύσουν τους αρμούς.





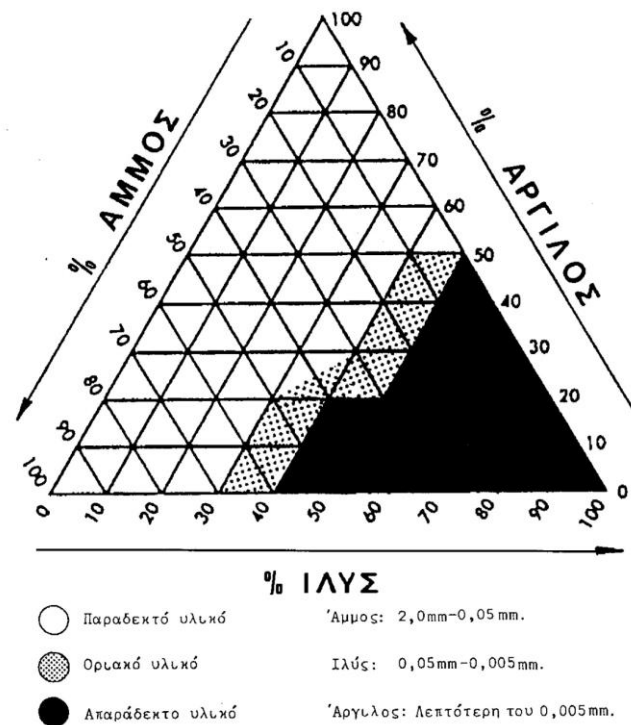
Παγετός – Διόγκωση από τον παγετό

Τα λεπτόκοκκα εδάφη είναι επιδεικτικά διόγκωσης κατά τον χρόνο δράσης του παγετού.

Η ευαισθησία των λεπτόκοκκων εδαφών στον παγετό μπορεί να δηλωθεί με την αναλογία άμμου – ιλύος – αργίλου.

Τα συγκεκριμένα εδάφη περιέχουν μεγάλες ποσότητες ιλύος με 3% τουλάχιστον λεπτότερα συστατικά των 0,2mm.

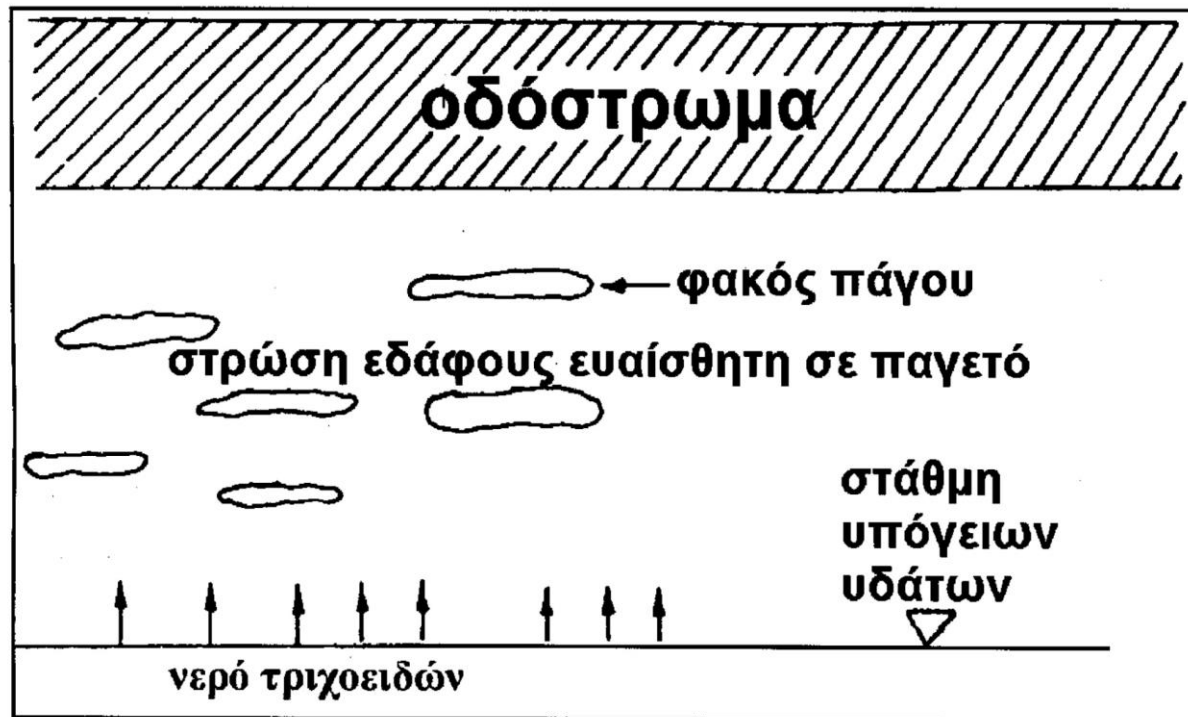
Εδάφη που διογκώνονται σε ελάχιστο βαθμό θεωρούνται σαν οριακά.



**Εδάφη επιδεικτικά διόγκωσης
λόγω παγετού**



Παγετός – Διόγκωση από τον παγετό



Η διόγκωση του εδάφους από παγετό οφείλεται στον σχηματισμό πάγου και κρυστάλλων πάγου στο έδαφος



Παγετός – Διόγκωση από τον παγετό

Ο μηχανισμός διόγκωσης ή ανύψωσης εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες:

- Έδαφος ευαίσθητο στις επιδράσεις παγετού
- Πτώση θερμοκρασίας κάτω από 0 οC
- Παρουσία ύδατος στο έδαφος

Όταν η διόγκωση γίνεται ομοιόμορφα σε μεγάλη έκταση του οδοστρώματος η σοβαρότητα του προβλήματος μειώνεται σημαντικά.

Σε ανομοιογενή εδάφη ο παγετός εμφανίζεται με τη μορφή φακοειδών κομματιών πάγου πάχους 0,1-10mm ή με τη μορφή στρώσης πάγου πάχους από 1cm έως πολλά εκατοστά.

ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΥΨΩΣΗ	
	ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΣ ΕΔΑΦΟΣ	ΑΝΟΜΟΙΟΓΕΝΕΣ ΕΔΑΦΟΣ
Ασφαλτική	2-5 cm	1-3 cm
Σκυρόδεμα	μέχρι 10 cm	4-5 cm



Παγετός – Διόγκωση από τον παγετό

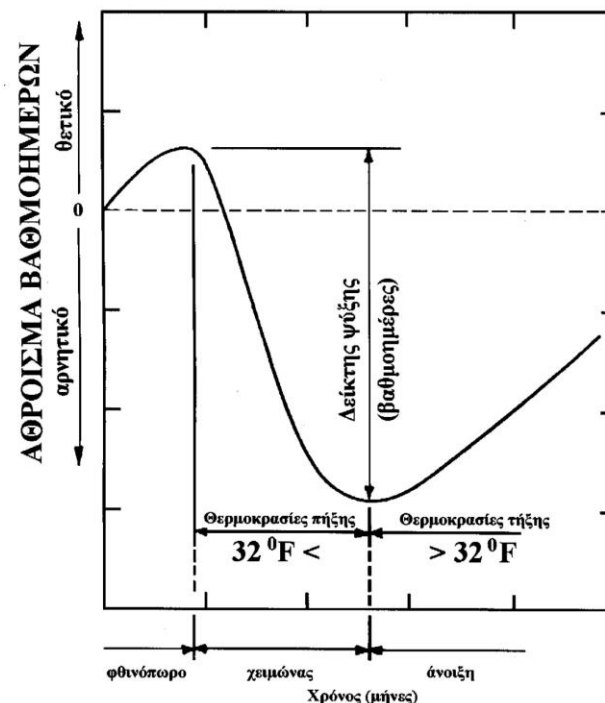
Η ψύξη του εδάφους εξαρτάται από τους βαθμούς και τη διάρκεια χαμηλής ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας.

Ο χρόνος και η αντίστοιχη θερμοκρασία μετρούνται σε βαθμομέρες.

Μια βαθμομέρα παρουσιάζει μια ημέρα με θερμοκρασία που διαφέρει από το σημείο πήξεως (32°F) κατά 1°F .

Η τιμή είναι θετική για θερμοκρασία $> 32^{\circ}\text{F}$ και αρνητική για θερμοκρασία $< 32^{\circ}\text{F}$.

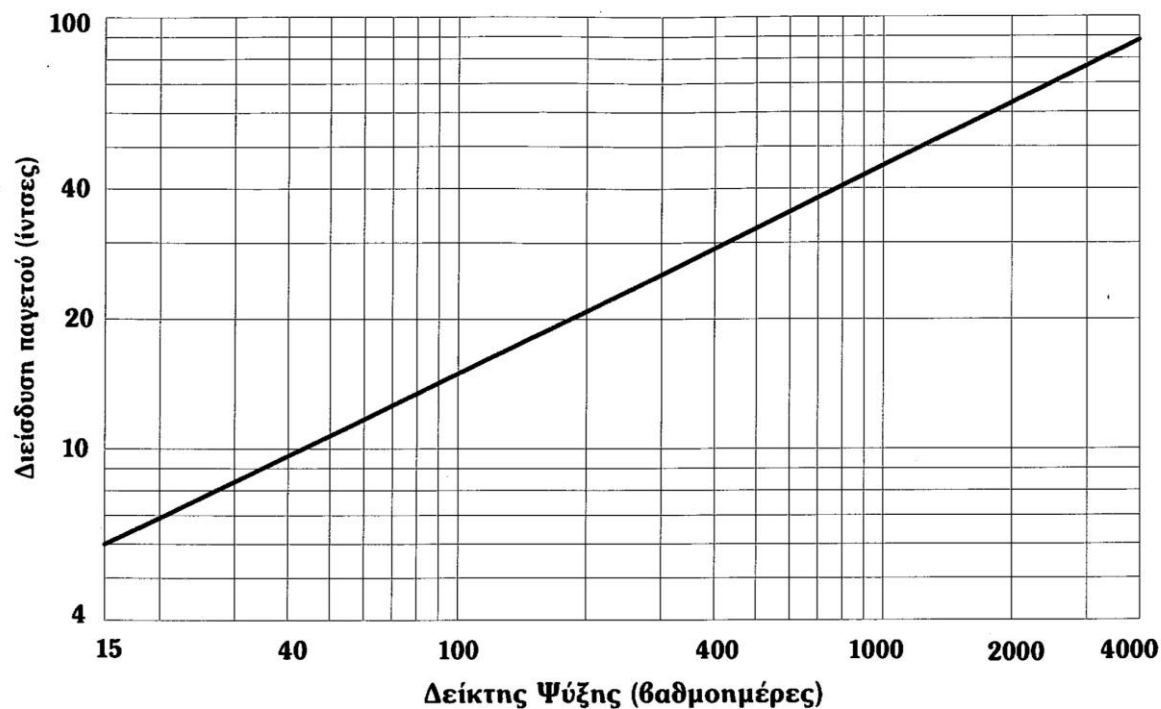
Η μέση απόλυτη τιμή της διαφοράς μεταξύ του μέγιστου και ελάχιστου σημείου της καμπύλης δίνει το δείκτη ψύξης σε βαθμομέρες.



Μέθοδος υπολογισμού δείκτη ψύξης



Παγετός – Διόγκωση από τον παγετό



Εμπειρική καμπύλη δείκτη ψύξης και διείσδυσης παγετού σε μια καλά στραγγισμένη μη ευαίσθητη στρώση βάσης



Παγετός – Μείωση φέρουσας ικανότητας εδάφους λόγω τήξης των πάγων

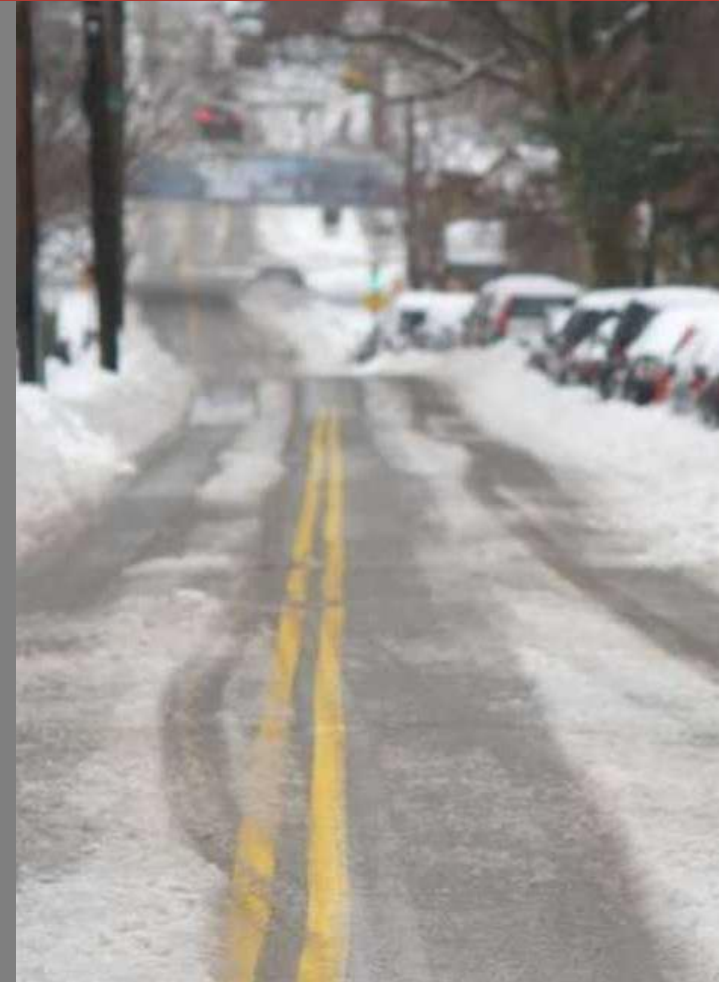
Ερευνες έχουν δείξει ότι επέρχεται μείωση της φέρουσας ικανότητας ιδιαίτερα σε λεπτόκοκκα εδάφη κατά τη διάρκεια τήξης των πάγων.

Επειτα από την τήξη των πάγων ακολουθεί επανάκτηση της φέρουσας ικανότητας.

Η μείωση της φέρουσας ικανότητας οφείλεται στη μορφή που παρουσιάζει η υγρασία – βαθμός κορεσμού εδάφους.

Η χαλάρωση κορεσμού του εδάφους κατά τη διάρκεια τήξης των πάγων θεωρείται η σοβαρότερη από τις επιδράσεις του παγετού:

- Η μελέτη των οδοστρωμάτων πρέπει να βασίζεται στη μειωμένη φέρουσα ικανότητα του εδάφους
- Πρόβλεψη οδοστρώματος που φέρει ικανοποιητικά τα φορτία κατά τη διάρκεια τήξης των πάγων





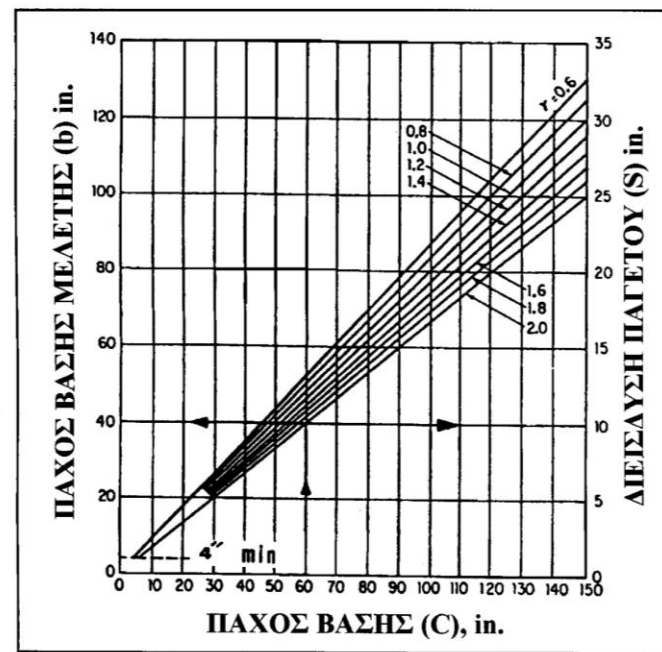
Παγετός – Επίδραση στο πάχος εύκαμπτων οδοστρωμάτων

Μέθοδοι για τη μελέτη οδοστρωμάτων που κατασκευάζονται σε ευαίσθητα σε παγετό εδάφη:

- Πρόβλεψη ικανοποιητικού πάχους οδοστρώματος για να απομονώσει το υπέδαφος
- Ψύξη οδοστρώματος και μελέτη με βάση ότι η αντοχή του υπεδάφους ελαττώνεται κατά τη διάρκεια τήξης των πάγων

Αν έχει προβλεφθεί πλήρης προστασίας υπεδάφους το πάχος του οδοστρώματος ανταποκρίνεται στο βάθος διείσδυσης του παγετού.

Ενα κάποιο μέγεθος της διείσδυσης του παγετού στο έδαφος είναι παραδεκτό και έτσι το πρόβλημα ανάγεται μόνο στον υπολογισμό της τιμής του παραδεκτού μεγέθους.



Σχέση διείσδυσης παγετού στο έδαφος και του πάχους στρώσης της βάσης



Παγετός – Επίδραση στο πάχος εύκαμπτων οδοστρωμάτων

Ομάδα

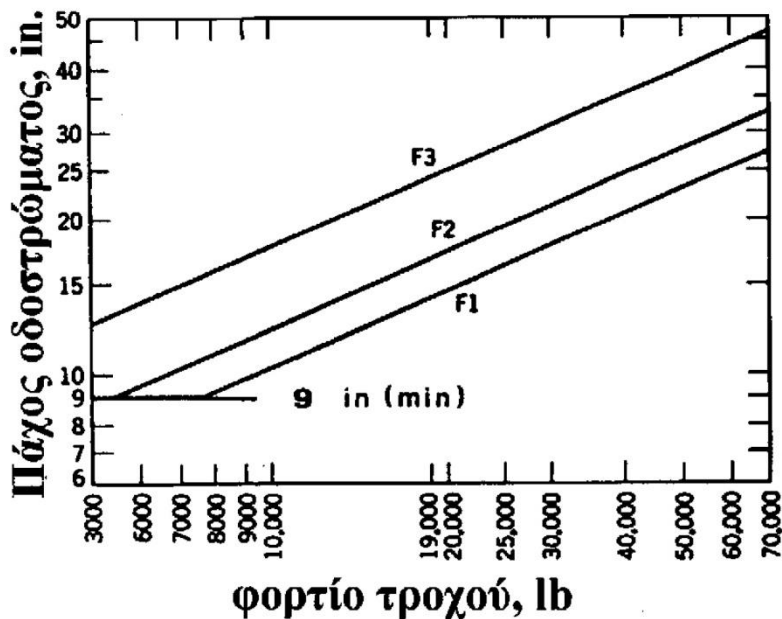
Περιγραφή

- F1 Χαλικώδη εδάφη με περιεκτικότητα βάρους μεταξύ 3% και 20% υλικών λεπτότερων από 0,02mm.
- F2 Άμμοι με περιεκτικότητα βάρους μεταξύ 3% και 15% υλικών λεπτότερων από 0,02mm.
- F3 Χαλικώδη εδάφη με περιεκτικότητα μεγαλύτερη από 20% κατά βάρος υλικών λεπτότερων από 0,02mm και άμμοι, εκτός από ιλυώδεις άμμους με περιεκτικότητα μεγαλύτερη από 15% κατά βάρος υλικών λεπτότερων από 0,02mm.
- F4 Όλες οι ιλύες και οι αμμώδεις ιλύες.
Λεπτές ιλυώδεις άμμοι με περιεκτικότητα > 15% κατά βάρος υλικών λεπτότερων από 0,02mm.
Ισχνές άργιλοι με $PI < 12$.
Στρωματικές άργιλοι με μη – ομοιόμορφο υπέδαφος.

Ομάδες εδαφών ευαίσθητων στον παγετό



Παγετός – Επίδραση στο πάχος εύκαμπτων οδοστρωμάτων



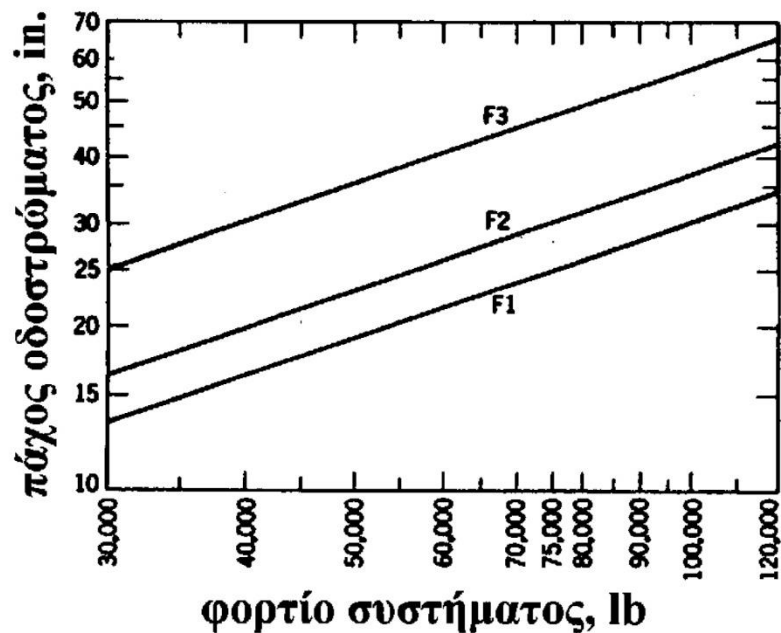
Απλός τροχός.
Πίεση ελαστικών
100-200 psi.
Επιφάνεια επαφής 100 in².

Διαγράμματα και φορτία για συστήματα τροχών



Παγετός – Επίδραση στο πάχος εύκαμπτων οδοστρωμάτων

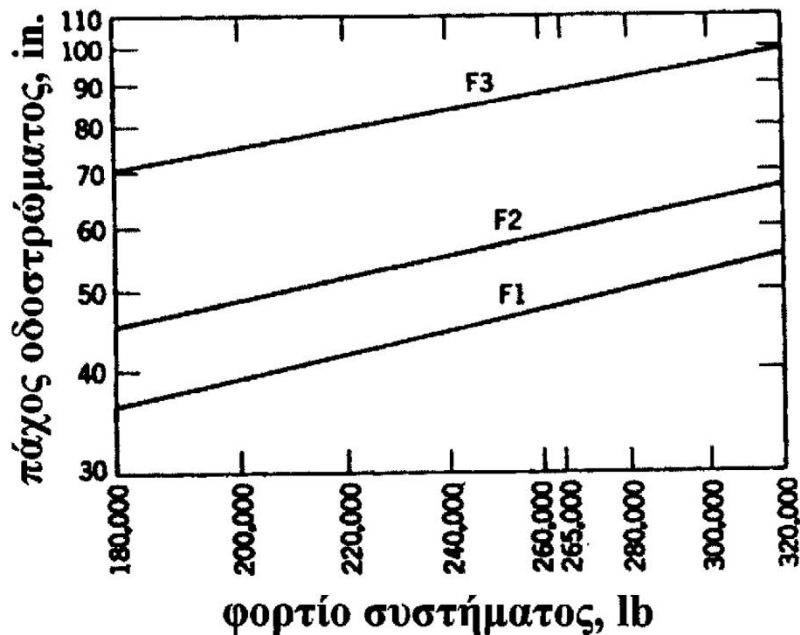
Δίδυμοι τροχοί.
Απόσταση 37 in.
Επιφάνεια επαφής **κάθε**
τροχού 267 in².



Διαγράμματα και φορτία για συστήματα τροχών



Παγετός – Επίδραση στο πάχος εύκαμπτων οδοστρωμάτων



Διπλοί-δίδυμοι τροχοί

Απόσταση:
37-62-37 in.

Επιφάνεια επαφής κάθε
τροχού 267 in².

Διαγράμματα και φορτία για συστήματα τροχών



Παγετός – Επίδραση στο πάχος δύσκαμπτων οδοστρωμάτων

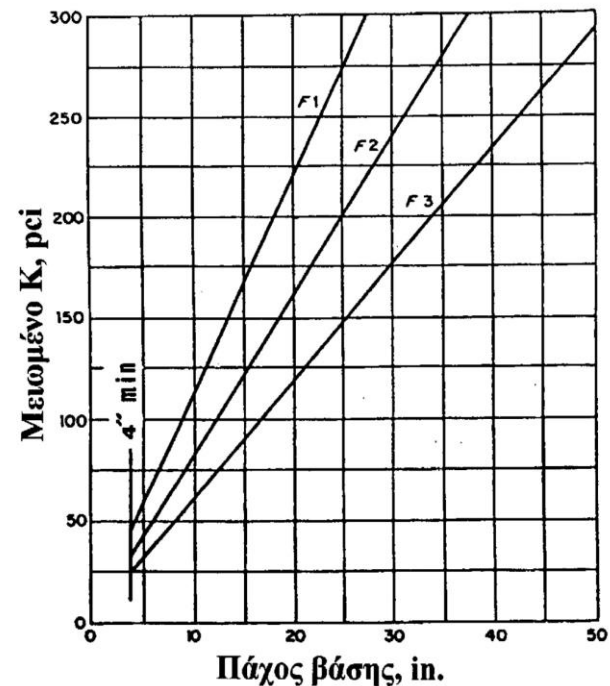
Μέθοδοι για τη μελέτη οδοστρωμάτων που κατασκευάζονται σε ευαίσθητα σε παγετό εδάφη:

- Πρόβλεψη ικανοποιητικού πάχους οδοστρώματος για να απομονώσει το υπέδαφος
- Ψύξη οδοστρώματος και μελέτη με βάση ότι η αντοχή του υπεδάφους ελαττώνεται κατά τη διάρκεια τήξης των πάγων

K = μέτρο αντιδράσεως του εδάφους

Αν το πάχος του οδοστρώματος είναι μικρότερο από το βάθος διείσδυσης του παγετού τότε:

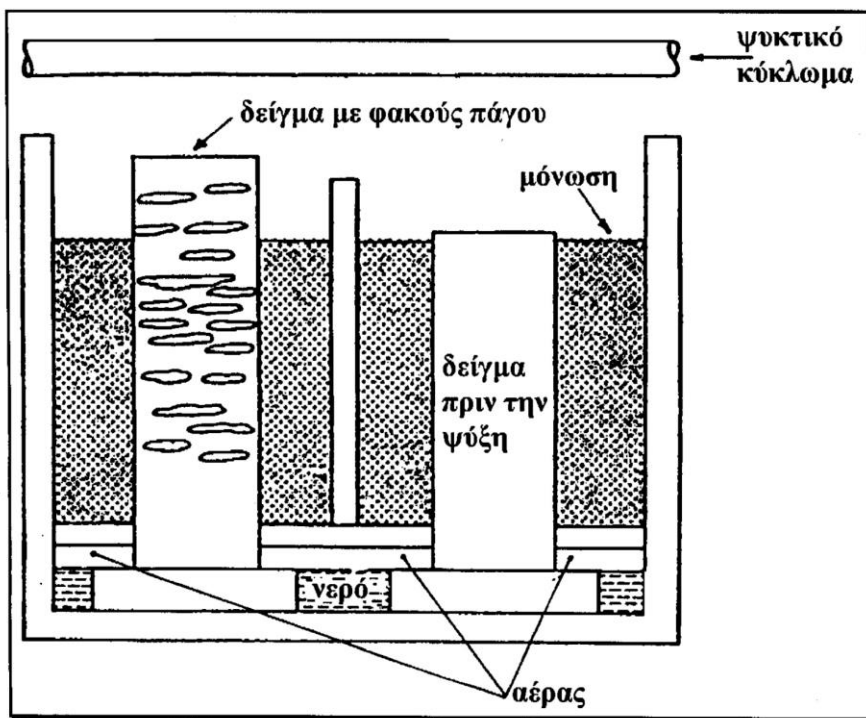
- Επιθυμητό να έχει στον πυθμένα 4in υλικού μη επιδεκτικού στον παγετό ή εδαφικό υλικό εδαφικό φίλτρο μεταξύ εδάφους και βάσης οδοστρώματος



Διάγραμμα πάχους βάσης – K για δύσκαμπα οδοστρώματα



Παγετός – Δοκιμή ανύψωσης εδάφους λόγω παγετού



Συσκευή για τη δοκιμή ανύψωσης εδαφών
που είναι επιδεικτικά στον παγετό

Δείγματα εδάφους απομονώνονται πλευρικά και υποβάλλονται σε μια θερμοκρασιακή μεταβολή που εφαρμόζεται από πάνω προς τα κάτω.

Ποσότητα ύδατος τοποθετείται κάτω από το δείγμα ώστε να επιτρέψει σε αυτό να παραλάβει υγρασία με τριχοειδή δράση.

Η αύξηση στο ύψος του δείγματος δείχνει την τιμή ανύψωσης.



Παγετός – Χειρισμός υλικών που δέχονται επιδράσεις

Τα μέτρα για τη μείωση της ποσότητας του ύδατος στα επιδεκτικά σε παγετό τμήματα έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση των επιδράσεων του παγετού:

- Παρεμπόδιση ύδατος να εισχωρήσει μέσα στην κρίσιμη περιοχή με επιφανειακή αποχέτευση και υπόγεια αποστράγγιση
- Παρεμπόδιση της υγρασίας να εισχωρήσει μέσα στην κρίσιμη περιοχή με διαχωριστικές ζώνες (μονωτικές στρώσεις)

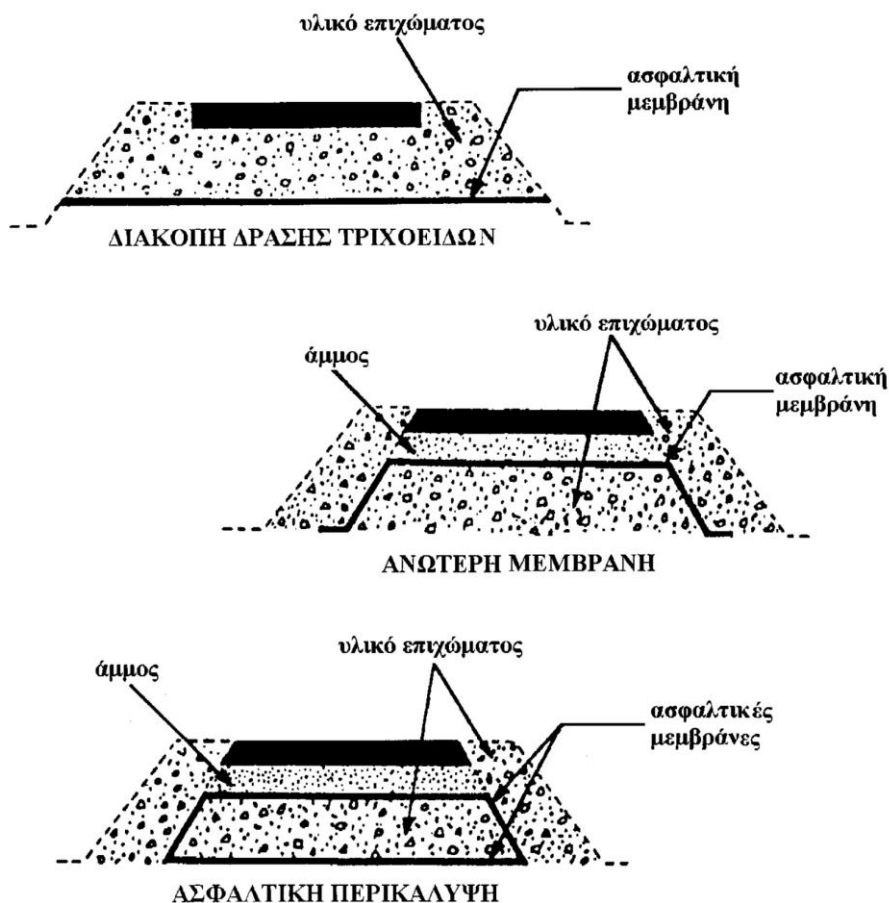
Ασφαλτική μεμβράνη:

- Μόνωση υγρασίας – οικονομία στην κατασκευή στρώσεων βάσης
- Παρεμπόδιση διακυμάνσεων της υγρασίας σε εδάφη:
 - > Αύξηση της περιεχόμενης υγρασίας – απώλεια αντοχής
 - > Μείωση της περιεχόμενης υγρασίας – εμφάνιση ρωγμών





Παγετός – Χειρισμός υλικών που δέχονται επιδράσεις



Οι ασφαλτικές μεμβράνες στην κατώτερη ζώνη χρησιμοποιούνται σαν μονωτικές των τριχοειδών.

Οι ασφαλτικές μεμβράνες κοντά στην επιφάνεια παρεμποδίζουν την ξήρανση και τη συστολή του εδάφους.

Αν χρησιμοποιηθούν και οι δυο μαζί περικλείουν τις επιχωματώσεις και παρεμποδίζουν τη μεταβολή της υγρασίας δίνοντας ομοιόμορφη φέρουσα ικανότητα, αλλά και σταθερότητα όγκου.



Ευχαριστώ για την προσοχή σας!