



# Οδοποιία II

Ενότητες 5 & 6 : Χωματισμοί, κίνηση και  
διανομή γαιών

Γεώργιος Μίντσης

Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Χωματισμοί, κίνηση και διανομή γαιών



# Περιεχόμενα ενότητας

---

1. Χωματισμοί
2. Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών
3. Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών
4. Πίνακες υπολογισμού των χωματισμών
5. Κίνηση και διανομή των γαιών



# Σκοποί ενότητας

Σκοπός της θεματικής ενότητας είναι να παρουσιάσει στους/ στις φοιτητές/ τριες τις μεθόδους υπολογισμού του όγκου των χωματισμών που προκύπτουν από τη μελέτη μιας οδού καθώς και τις μεθόδους υπολογισμού του όγκου και του κόστους μεταφοράς των πλεονασμάτων των χωματισμών που πρέπει να μεταφερθούν σε τμήματα της οδού ή να απομακρυνθούν προκειμένου να διαμορφωθεί η διατομή της οδού σε όλο το μήκος της.

# Χωματισμοί (1/19)

- Οι χωματουργικές εργασίες (χωματισμοί) αποτελούν σημαντικό τμήμα του συνολικού έργου της κατασκευής μιας οδού. Με τον όρο χωματισμοί προσδιορίζονται τόσο οι εργασίες που απαιτούνται για την εκσκαφή ορυγμάτων και την κατασκευή επιχωμάτων όσο και οι εργασίες μεταφοράς (κίνηση και διανομή) των γαιών που προκύπτουν από την εκσκαφή ή απαιτούνται για την επιχωμάτωση της οδού.

# Χωματισμοί (2/19)

- Οι χωματουργικές εργασίες συνιστούν, συνήθως, το 20%-35% του συνολικού κόστους για την κατασκευή της οδού. Το κόστος των χωματουργικών εργασιών ποικίλλει σε συνάρτηση με τη μορφολογία του εδάφους από το οποίο διέρχεται η οδός και ως εκ τούτου με την επιλογή της θέσης της οδού στο έδαφος όπως αυτή καθορίζεται από τη μελέτη χάραξης.



# Χωματισμοί (3/19)

- Για τον υπολογισμό του όγκου (ποσότητας) των χωματισμών που αναμένεται να προκύψουν (μελέτη χάραξης) ή προκύπτουν (φάση κατασκευής) από την κατασκευή της οδού χρησιμοποιούνται διάφορες προσεγγιστικές και αναλυτικές (υψηλής ακρίβειας) μέθοδοι υπολογισμού.

# Χωματισμοί (4/19)

- Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται, κατά κύριο λόγο, στη χρήση των διατομών της οδού σε χαρακτηριστικές θέσεις όπως άλλωστε γίνεται και για το σχεδιασμό των διαγραμμάτων τόσο της μηκοτομής του άξονα όσο και των οριογραμμών της οδού.

# Χωματισμοί (5/19)

- Οι μέθοδοι υπολογισμού τόσο του όγκου των χωματισμών όσο και του κόστους για την κίνηση και διανομή τους δεν είναι ενιαίοι αλλά διαφοροποιούνται, κύρια ως προς την ακρίβεια που διασφαλίζουν, μεταξύ των διαφόρων σταδίων της μελέτης καθώς και της κατασκευής.

# Χωματισμοί (6/19)

- Αυτό γιατί υπολογισμοί για τον όγκο και το κόστος των χωματισμών δε γίνονται μόνο στα διαφορετικά στάδια της μελέτης οπότε και προσδιορίζεται ο προϋπολογισμός του έργου αλλά και κατά τη διάρκεια κατασκευής του, προκειμένου να πιστοποιούνται και να πληρώνονται οι αμοιβές που προκύπτουν για τον κατασκευαστή από τις εκτελεσθείσες χωματουργικές εργασίες.

# Χωματισμοί (7/19)

- Τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό των χωματισμών προκύπτουν είτε από τοπογραφικά διαγράμματα (αναγνωριστική μελέτη, προμελέτη) είτε από μετρήσεις εδάφους (οριστική μελέτη, κατασκευή) οι οποίες γίνονται στο πεδίο πριν ή κατά τη διάρκεια κατασκευής της οδού.

# Χωματισμοί (8/19)

- Οι μετρήσεις πεδίου γίνονται με τη χρήση τόσο τοπογραφικών όσο και φωτογραμμετρικών μεθόδων αποτύπωσης του εδάφους. Σε όλα τα στάδια της μελέτης χάραξης οδού απαιτούνται, για τον υπολογισμό των χωματισμών και τα σχέδια χάραξης της οδού (οριζοντιογραφία, μηκοτομή, διάγραμμα οριογραμμών, κατά πλάτος τομές).

# Χωματισμοί (9/19)

- Συνεπώς τα στοιχεία που απαιτούνται για τον υπολογισμό των χωματισμών είναι:
  - τα στοιχεία του εδάφους και
  - τα στοιχεία του έργου (φάσεις μελέτης ή κατασκευής).
- Για τον καθορισμό των θέσεων των διατομών λαμβάνονται υπόψη τα εξής:
  - Το στάδιο της μελέτης και ο βαθμός ακριβείας που απαιτείται για το εν λόγω στάδιο (αναγνωριστική μελέτη, προμελέτη, οριστική μελέτη).
  - Η μορφολογία του εδάφους (πεδινό, λοφώδες, ορεινό).
  - Το επί μέρους τμήμα της χάραξης (ευθυγραμμία, καμπύλη).
  - Τα μεγάλα τεχνικά έργα επί της οδού (γέφυρες, σήραγγες, κ.λπ.).

# Χωματισμοί (10/19)

- Οι διατομές της οδού σχεδιάζονται με βάση την τυπική διατομή που έχει επιλεγεί και σχεδιασθεί για το συγκεκριμένο, πάντοτε, τμήμα της οδού.
- Στο στάδιο της προμελέτης οι διατομές σχεδιάζονται με στοιχεία που προκύπτουν από το τοπογραφικό διάγραμμα που χρησιμοποιείται για τη σύνταξη των τευχών της μελέτης χάραξης της οδού στο στάδιο αυτό.



# Χωματισμοί (11/19)

- Η κλίμακα των τοπογραφικών διαγραμμάτων που χρησιμοποιούνται στο στάδιο αυτό της μελέτης είναι 1:2.000 ή 1:5.000 και οι διατομές σχεδιάζονται σε κλίμακα 1:100 ή 1:200 ανάλογα με την επιθυμητή ακρίβεια για τη μελέτη. Είναι προφανές ότι ο βαθμός ακρίβειας στο σχεδιασμό των διατομών υπακούει στην ακρίβεια που έχουν τα τοπογραφικά διαγράμματα βάσης.

# Χωματισμοί (12/19)

- Στο στάδιο της οριστικής μελέτης οι διατομές σχεδιάζονται με στοιχεία που προκύπτουν από τοπογραφικά διαγράμματα ακριβείας, κλίμακας 1:1.000, τα οποία συνήθως κατασκευάζονται ειδικά για τη μελέτη της οδού με επιτόπου αποτύπωση του εδάφους στη ζώνη εγκατάστασης της οδού, όπως άλλωστε ορίζεται και από την υφιστάμενη νομοθεσία (Θεματική Ενότητα 6: «Θεσμικό Πλαίσιο Μελετών» - Οδοποιία Ι).

# Χωματισμοί (13/19)

- Η σχεδίαση των διατομών στο στάδιο αυτό γίνεται σε κλίμακα 1:100 γενικά αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερη κλίμακα, π.χ. 1:50 σε περίπτωση που απαιτείται μεγάλη λεπτομέρεια για τη μελέτη χάραξης λόγω πολεοδομικών περιορισμών καθώς και υψηλού κόστους απαλλοτρίωσης – κατασκευής (π.χ. αστικές περιοχές).

# Χωματισμοί (14/19)

- Στο στάδιο της κατασκευής και με στόχο την επιμέτρηση των εργασιών που πραγματοποιήθηκαν, γίνονται επίσης επιτόπου μετρήσεις, με τη χρήση τοπογραφικών μεθόδων, για τον, κατά δυνατό ακριβή, προσδιορισμό των όγκων – ποσοτήτων των χωματισμών που προέκυψαν από τις εργασίες κατασκευής της οδού ώστε να γίνουν οι απαραίτητες πιστοποιήσεις εργασιών και δαπανών και τελικά οι πληρωμές στον κατασκευαστή του έργου.

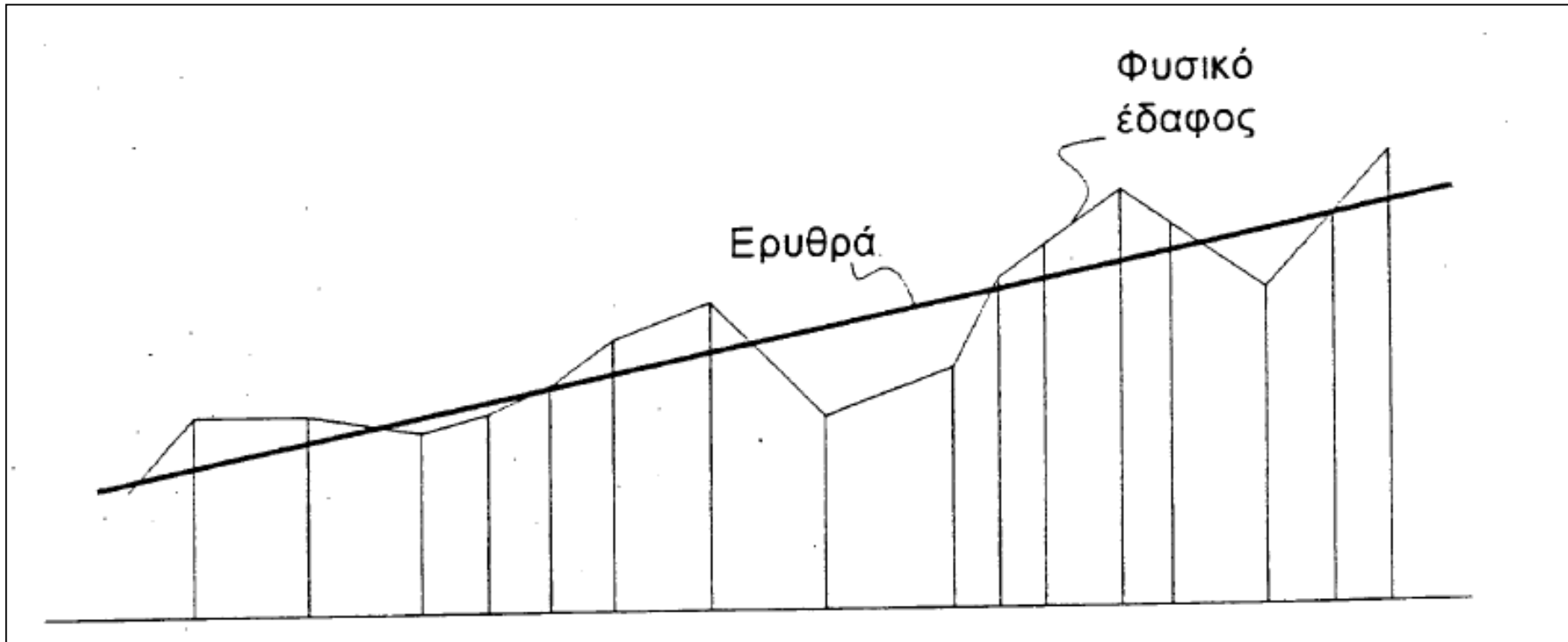
# Χωματισμοί (15/19)

- Στην περίπτωση αυτή απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια μετρήσεων απόδοσης αυτών και υπολογισμών όπως και στην περίπτωση της οριστικής μελέτης.
- Η πυκνότητα των θέσεων των διατομών εξαρτάται από το στάδιο της μελέτης και την απαιτούμενη ακρίβεια στους υπολογισμούς. Συνήθως στο στάδιο της προμελέτης οι αποστάσεις μεταξύ των διατομών καθορίζονται από 40m έως 50m.

# Χωματισμοί (16/19)

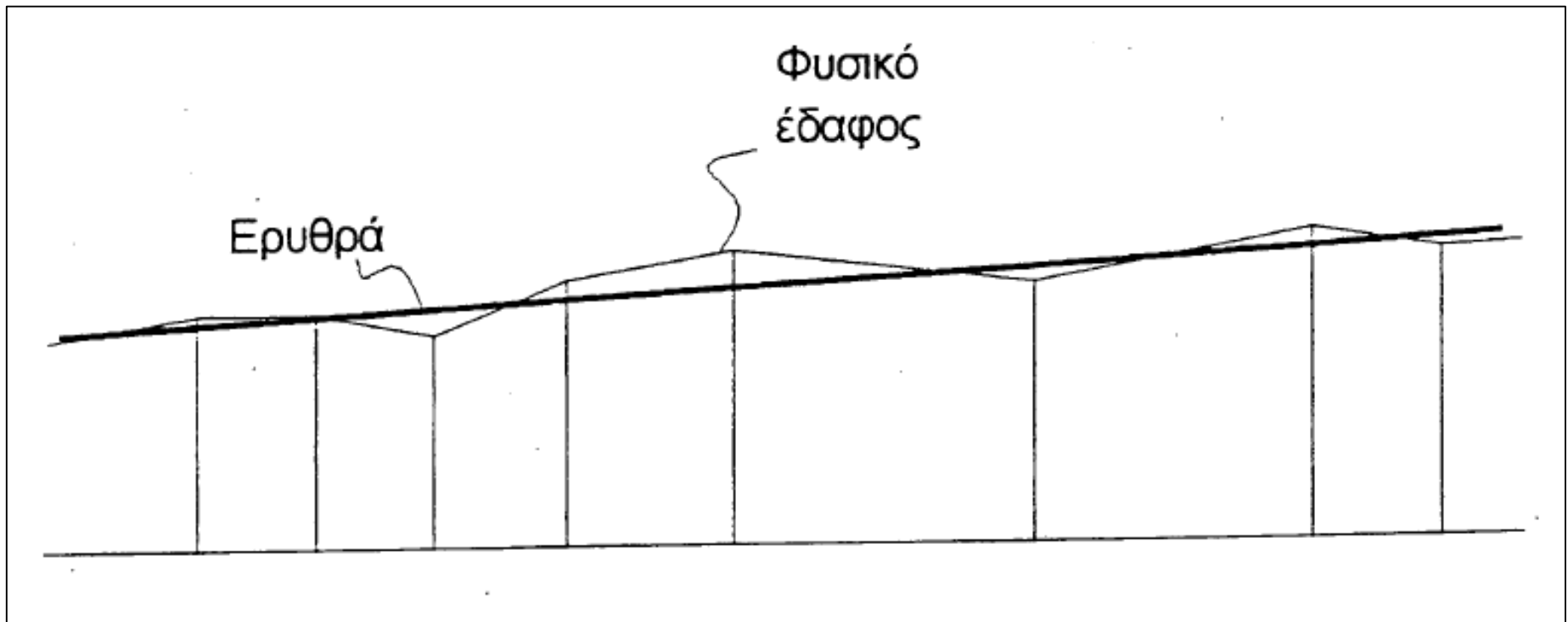
- Η απόσταση αυτή μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με τη μορφολογία του εδάφους. Σε ένα λοφώδες ή ορεινό έδαφος με έντονη, συνήθως, μορφολογία οι διατομές μπορεί να παρουσιάζουν μεγαλύτερη πυκνότητα (Σχήμα 1) από ότι σε ένα πεδινό έδαφος (Σχήμα 2) όπου οι εγκάρσιες κλίσεις του εδάφους είναι μικρές όπως και οι μορφολογικές διαμορφώσεις.

# Χωματισμοί (17/19)



Σχήμα 1: Μηκοτομή σε μη ομαλό έδαφος

# Χωματισμοί (18/19)



Σχήμα 2: Μηκοτομή σε ομαλό έδαφος



# Χωματισμοί (19/19)

- Στο στάδιο της οριστικής μελέτης οι διατομές λαμβάνονται σε μικρότερες αποστάσεις της τάξης των 20m ή ακόμη πυκνότερα όταν θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς των χωματισμών τοπικές εδαφικές μορφολογικές ιδιαιτερότητες.

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (1/23)

- Για τον υπολογισμό του όγκου – ποσοτήτων των χωματισμών που θα απαιτηθούν κατά την κατασκευή μιας οδού χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι οι οποίες διακρίνονται ως απλουστευμένες και σύνθετες και κατά συνέπεια ως προσεγγιστικές και ακριβείς.
- Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται τόσο από το στάδιο της μελέτης όσο και από τις προδιαγραφές ακριβείας των υπολογισμών που τίθενται από τη μελέτη του έργου.

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (2/23)

- Για την υπολογισμό των χωματισμών απαιτούνται, συνήθως, υπολογιστικές εργασίες μεγάλου όγκου. Προκειμένου αφενός μεν να μειωθεί ο χρόνος και το κόστος υπολογισμού αφετέρου δε να καταστεί εύκολη η χρησιμοποίηση αναλυτικών μεθόδων μεγάλης ακρίβειας για τον υπολογισμό των χωματισμών, χρησιμοποιούνται πλέον οι υπολογιστικές δυνατότητες των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (Η/Υ) με τη χρησιμοποίηση ειδικών υπολογιστικών λογισμικών.

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (3/23)

- Ο υπολογισμός του όγκου των χωματισμών γίνεται, στις περισσότερες περιπτώσεις, με βάση το εμβαδόν των διατομών της οδού. Το εμβαδόν των διατομών υπολογίζεται με διάφορες μεθόδους ορισμένες από τις οποίες περιγράφονται παρακάτω.

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (4/23)

## Γραφικές μέθοδοι

- Αποτελούν τις παραδοσιακές μεθόδους υπολογισμού του εμβαδού των επιφανειών των διατομών της οδού και εφαρμόζονται με τη χρήση των σχεδίων των διατομών. Οι μέθοδοι αυτές, εφόσον χρησιμοποιούνται με το χέρι, είναι χρονοβόρες και κάθε αλλαγή στη χάραξη σημαίνει επανασχεδιασμό και επαναυπολογισμό των επιφανειών των διατομών που τροποποιούνται.

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (5/23)

---

- Η εφαρμογή τους είναι ευκολότερη όταν μπορούν να αυτοματοποιηθούν οι υπολογισμοί. Βέβαια με τη χρήση των Η/Υ ορισμένες από τις μεθόδους αυτές έχουν σχεδόν εγκαταλειφθεί.

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (6/23)

## Γραφικές μέθοδοι - Μέθοδος των τετραγωνιδίων

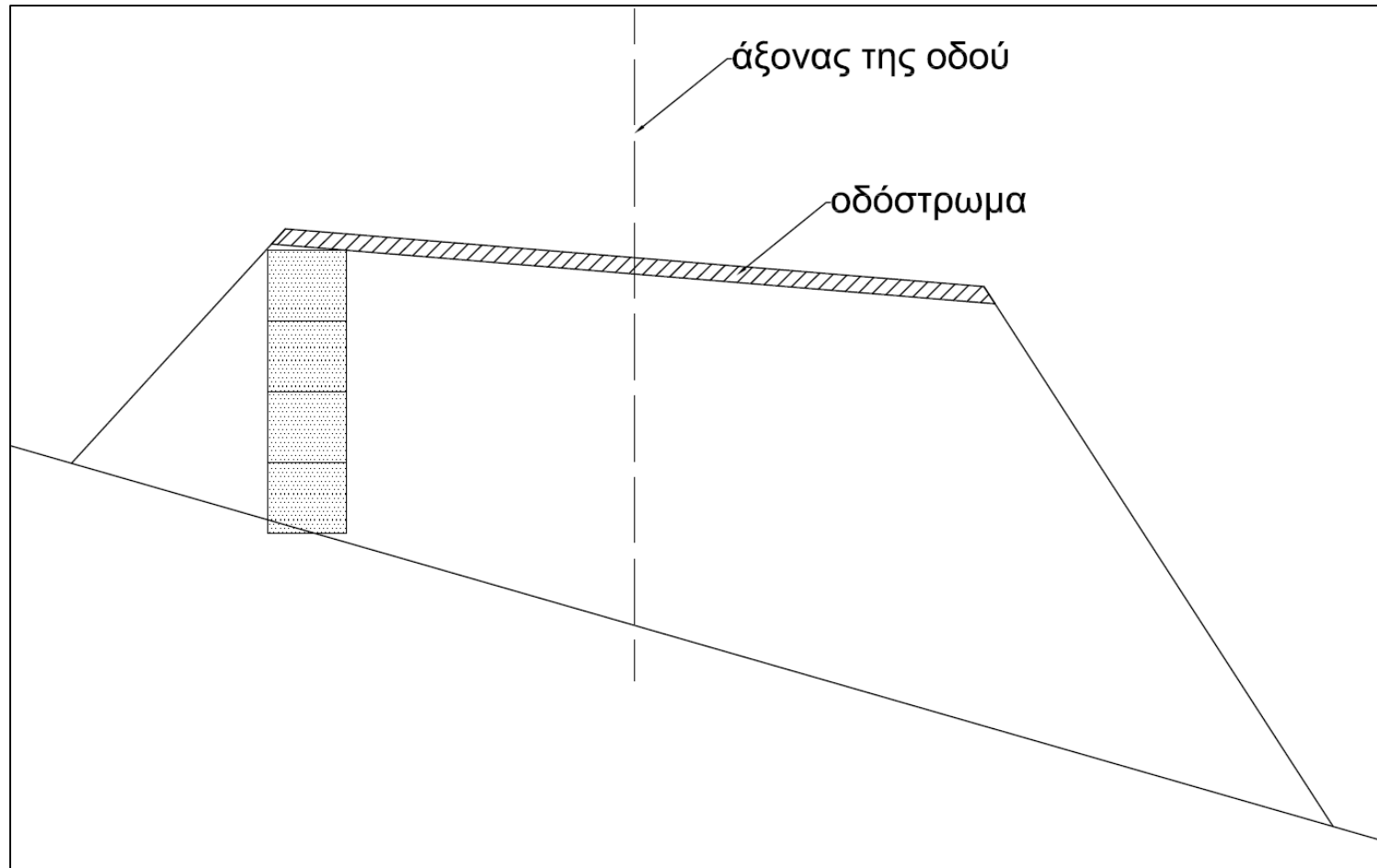
- Η μέθοδος αυτή είναι από τις παλαιότερες και για την εφαρμογή της απαιτείται ο σχεδιασμός της διατομής, υπό συγκεκριμένη κλίμακα, σε μιλιμετρικό χαρτί. Για τον υπολογισμό του εμβαδού της διατομής, μετρείται ο αριθμός των τετραγωνιδίων πλευράς 1cm και αυτός αναλόγως της κλίμακας ανάγεται σε εμβαδόν.

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (7/23)

- Για παράδειγμα, εάν η κλίμακα σχεδιασμού είναι 1:100 τότε το εμβαδόν ενός τετραγωνιδίου πλευράς 1cm ισούται με  $1\text{m}^2$  (Σχήμα 3).
- Στην περίπτωση που μόνο τμήμα του τετραγωνιδίου βρίσκεται εντός της επιφάνειας της διατομής τότε γίνεται κατάλληλη εκτίμηση.



# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (8/23)



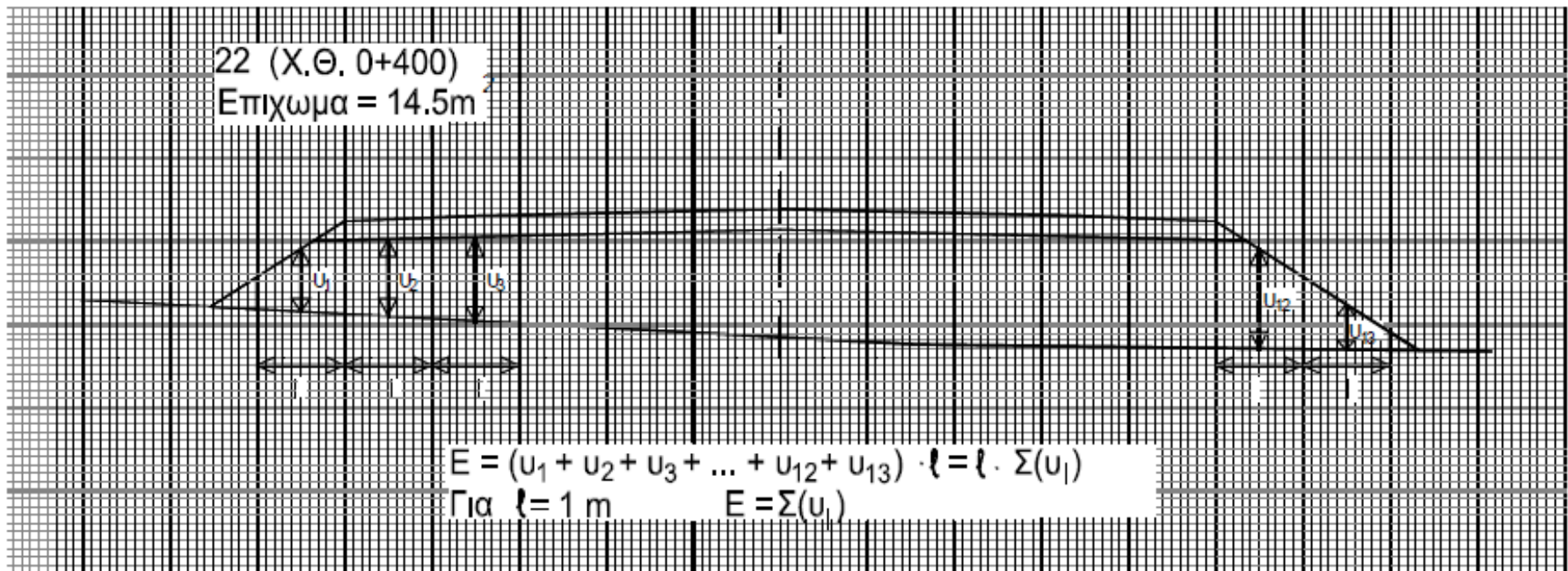
Σχήμα 3: Υπολογισμός εμβαδού διατομή με τη μέθοδο των τετραγωνιδίων

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (9/23)

## Γραφικές μέθοδοι - Μέθοδος των λωρίδων

- Αποτελεί και αυτή μια από τις παλαιότερες μεθόδους και για την εφαρμογή της απαιτείται ο σχεδιασμός της διατομής υπό κλίμακα, σε μιλιμετρικό χαρτί (Σχήμα 4).

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (10/23)



Σχήμα 4: Υπολογισμός εμβαδού διατομής με τη μέθοδο των λωρίδων - Σημειώσεις Οδοποιίας II: Γ. Κανελλαΐδης, Α. Καλτσούνης, Γ. Μαλέρδος και Γ. Γλαρός

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (11/23)

- Στην υπό μέτρηση επιφάνεια (διατομή) χαράσσονται λωρίδες σταθερού πλάτους  $l$ , όπως φαίνεται στο Σχήμα 4. Ο υπολογισμός του εμβαδού της επιφάνειας της διατομής γίνεται, προσεγγιστικά από τον τύπο

$$E = l \cdot \sum u_1 \quad (1)$$

Όπου  $u$ : το μέσο ύψος των λωρίδων

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (12/23)

- Επειδή συνήθως οι διατομές σχεδιάζονται σε κλίμακα 1:100, για  $l=1\text{cm}$ , το εμβαδό της επιφάνειας ισούται με το άθροισμα του μέσου ύψους των λωρίδων πλάτους  $l$

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (13/23)

## Αναλυτικές μέθοδοι

- Για τον, κατά το δυνατόν, ακριβή υπολογισμό του όγκου των χωματισμών προϋπόθεση αποτελεί ο ακριβής υπολογισμός του εμβαδού των διατομών (κατά περίπτωση όρυγμα ή επίχωμα). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται οι αναλυτικές μέθοδοι υπολογισμού της επιφάνειας των διατομών. Παρακάτω περιγράφονται σημαντικές αναλυτικές μέθοδοι.

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (14/23)

## Αναλυτικές μέθοδοι - Μέθοδος εμβαδομέτρου

- Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται η χρήση εμβαδομέτρου με το οποίο εμβαδομετρείται η προς υπολογισμό εμβαδού επιφάνεια, με την αναφορά στην κλίμακα σχεδιασμού.
- Η εμβαδομέτρηση για κάθε επιφάνεια θα πρέπει να γίνεται τρεις (3) φορές και να υπολογίζεται ο μέσος όρος ως το τελικό εμβαδό της επιφάνειας της διατομής.

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (15/23)

- Ο υπολογισμός του εμβαδού της επιφάνειας της διατομής γίνεται με την εφαρμογή της σχέσης:

$$F = F' + F' \cdot \left( \frac{\Delta a}{a'} + \frac{\Delta b}{b'} \pm \frac{\Delta a}{a} \cdot \frac{\Delta b}{b} \right) \quad (2)$$

$$\Delta a = |a - a'| \text{ και } \Delta b = |b - b'|$$



# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (16/23)

## Αναλυτικές μέθοδοι - Μέθοδος εμβαδομέτρου

Όπου:

$F =$  Το εμβαδόν της ζητούμενης επιφάνειας

$F' =$  Το εμβαδόν της διατομής που προέκυψε από την εμβαδομέτρηση (Μέσος Όρος αναγνώσεων)

$a =$  Θεωρητική τιμή γνωστής οριζόντιας απόστασης (π.χ. εύρος ζώνης καταλήψης)

$a' =$  Γραφική ανάγνωση της απόστασης  $a$

$b =$  Θεωρητική τιμή γνωστής κατακόρυφης απόστασης (π.χ. ύψος επιχώματος)

$b' =$  Γραφική ανάγνωση της κατακόρυφης απόστασης  $b$

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (17/23)

- Η διόρθωση στην τιμή του εμβαδού της επιφάνειας όπως προέκυψε από τις αναγνώσεις με το εμβαδόμετρο γίνεται για να ληφθεί υπόψη τυχόν διαστολή ή συστολή του σχεδίου. Το πρόσημο (+) τίθεται όταν διαπιστωθεί συστολή του σχεδίου ενώ αντίθετα το πρόσημο (-) τίθεται όταν διαπιστωθεί διαστολή του σχεδίου.

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (18/23)

## Αναλυτικές μέθοδοι - Μέθοδος συντεταγμένων

- Στη μέθοδο των συντεταγμένων ο υπολογισμός του εμβαδού της επιφάνειας της διατομής γίνεται με την εφαρμογή του νόμου του Gauss για το κλειστό πολύγωνο. Έτσι:

$$2 \cdot E = (x_1 \cdot y_2 + x_2 \cdot y_3 + x_3 \cdot y_4 + \dots + x_n \cdot y_{n-1}) - (x_2 \cdot y_1 + x_3 \cdot y_2 + x_4 \cdot y_3 + \dots + x_{n-1} \cdot y_n) \quad (3)$$

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (19/23)

- Όπου  $x_1, x_2, \dots, x_n$  και  $y_1, y_2, \dots, y_n$  οι συντεταγμένες των κορυφών του πολυγώνου που σχηματίζει ένα όρυγμα ή ένα επίχωμα και όπως αυτές ορίζονται από ένα σύστημα ορθογωνίων αξόνων το οποίο έχει ως αρχή του άξονα των  $x$  τον άξονα της οδού.

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (20/23)

## Παράδειγμα

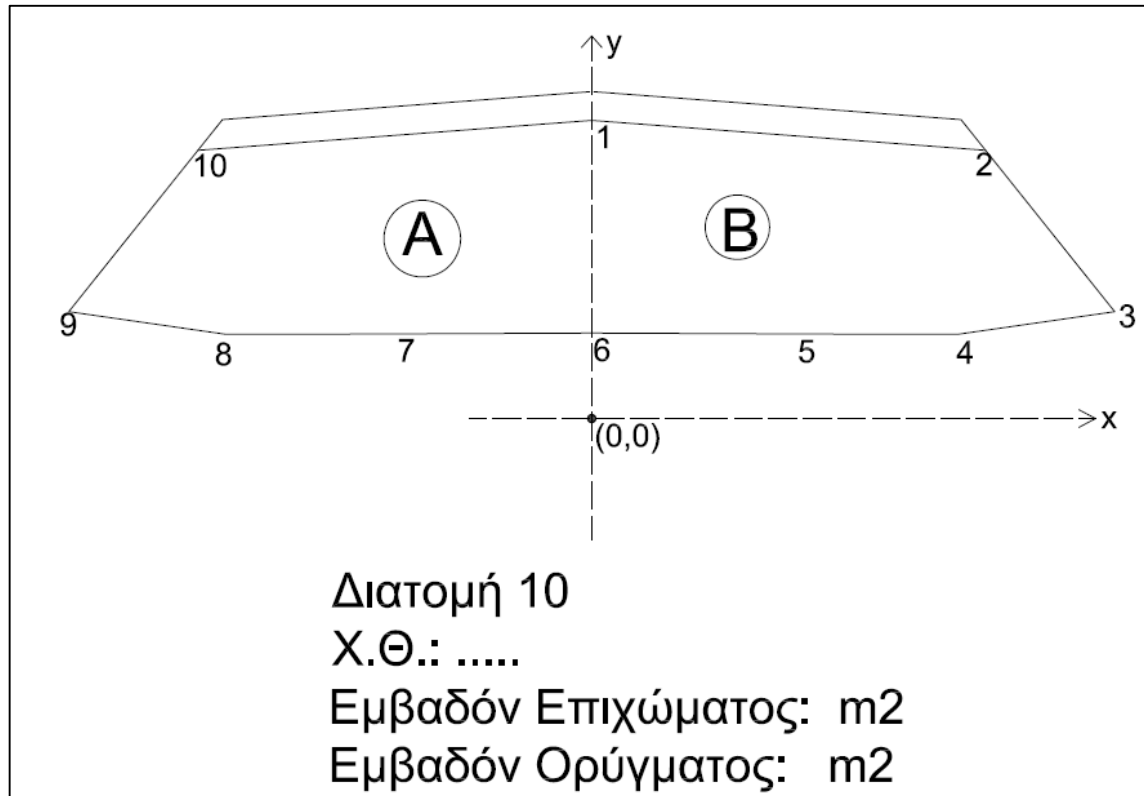
- Στη διατομή 10 (Σχήμα 5) της υπό μελέτης οδού η κατά πλάτος τομή αναπτύσσεται πλήρης σε επίχωμα. Για τον υπολογισμό του εμβαδού του επιχώματος χρησιμοποιούνται οι συντεταγμένες  $x$  και  $y$  των περιμετρικών δέκα (10) σημείων της επιφάνειας του επιχώματος.

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (21/23)

- Το ορθογωνικό σύστημα αναφοράς έχει αρχή τον άξονα  $x$  τον άξονα της οδού και υψομετρικό ορίζοντα ο οποίος ορίζεται κατά περίπτωση από τον μελετητή. Για τον υπολογισμό της επιφάνειας του επιχώματος θεωρούνται δύο κλειστά πολύγωνα  $A(1,10,9,8,7,6,1)$  και  $B(1,2,3,4,5,6,1)$ .

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (22/23)

## Παράδειγμα



Σχήμα 5: Παράδειγμα εφαρμογής μεθόδου συντεταγμένων για τον υπολογισμό του εμβαδού

# Υπολογισμός των επιφανειών των διατομών (23/23)

## Αναλυτικές μέθοδοι – Με τη χρήση γεωμετρικών σχημάτων

- Ο υπολογισμός του εμβαδού των διατομών μπορεί, επίσης να γίνει με το διαχωρισμό της επιφάνειας σε επί μέρους γεωμετρικά σχήματα (π.χ. τρίγωνα, τραπέζια, τετράγωνα, παραλληλόγραμμα, κ.λπ.). Το άθροισμα των εμβαδών των επιμέρους γεωμετρικών σχημάτων δίνει το συνολικό εμβαδόν της επιφάνειας του ορύγματος ή/ και του επιχώματος.



# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (1/41)

- Για τον υπολογισμό του όγκου των χωματισμών που προκύπτουν για την κατασκευή ενός οδικού έργου εφαρμόζεται κατά κανόνα η μέθοδος των διατομών η οποία παρουσιάζεται παρακάτω όπως και οι απλουστευτικές διατυπώσεις αυτής.

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (2/41)

## Μέθοδος των διατομών

- Για τον υπολογισμό του όγκου του στερεού (Σχήμα 6) που περικλείεται, μεταξύ δύο διατομών της οδού εμβαδού επιφανείας  $E_1$  και  $E_2$ , από το σώμα της οδού και το έδαφος, χρησιμοποιείται ο τύπος του Simpson.

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (3/41)

$$V = \frac{l}{6} \cdot (E_1 + 4 \cdot E_m + E_2) \quad (4)$$

Όπου:

$E_m$  = Το εμβαδόν της μέσης επιφάνειας

$E_1, E_2$  = Το εμβαδόν επιφάνειας διαδοχικών διατομών απόστασης  $l$  μεταξύ τους

$l$  = Η απόσταση μεταξύ των διαδοχικών διατομών

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (4/41)

- Σημειώνεται ότι ο τύπος του Simpson δίνει τον όγκο του σχήματος με την προϋπόθεση ότι οι δύο επιφάνειες  $E_1$  και  $E_2$  είναι παράλληλες μεταξύ τους (δηλ. διατομές κάθετες στον άξονα της οδού).

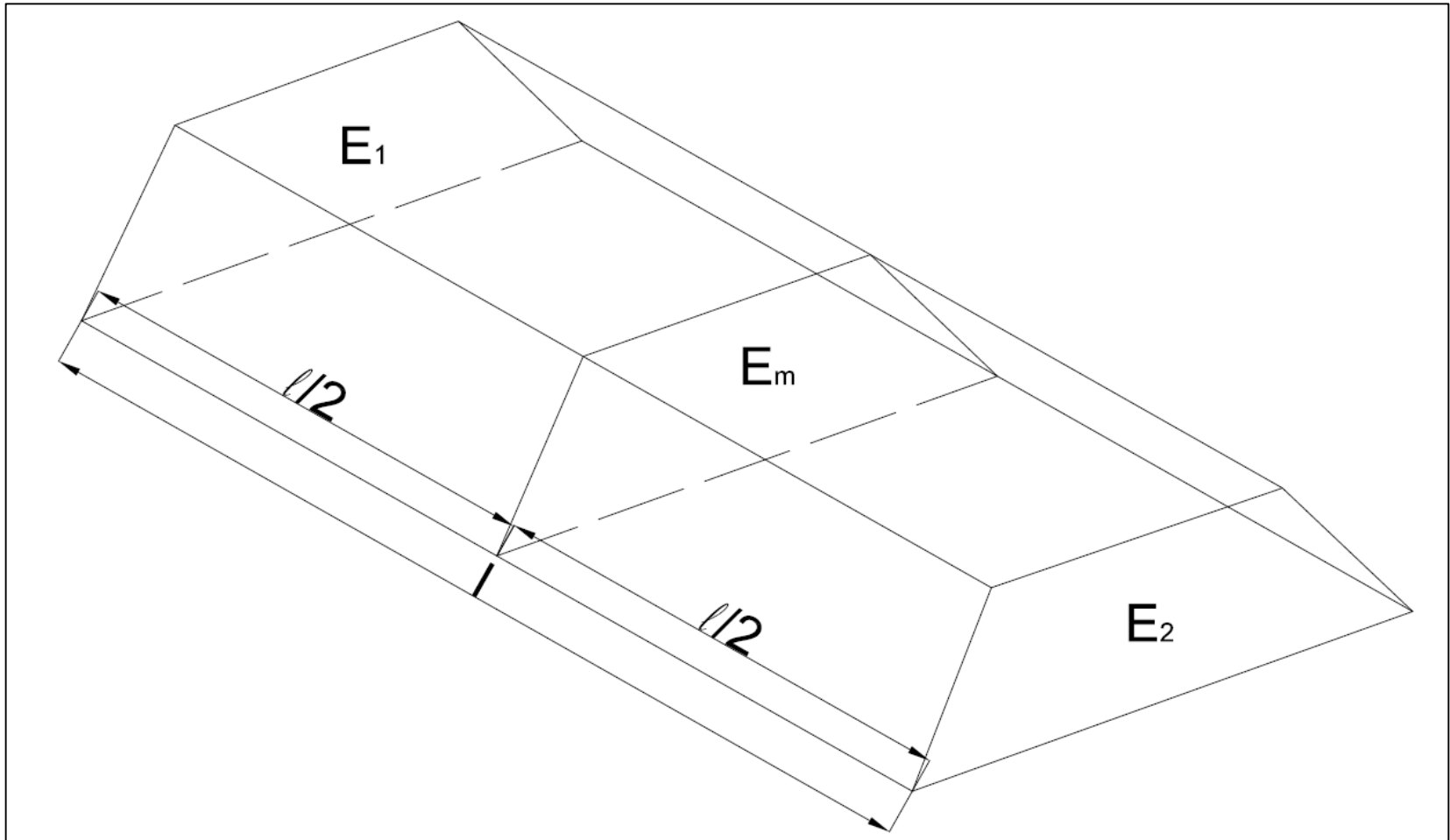
# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (5/41)

- Η μέση επιφάνεια υπολογίζεται, προσεγγιστικά, από τον τύπο:

$$E_m = \left( \frac{\sqrt{E_1} + \sqrt{E_2}}{2} \right)^2 \quad (5)$$

ο οποίος μπορεί να εφαρμοσθεί στην περίπτωση υπολογισμού του όγκου των χωματισμών της οδού με την παραδοχή ότι το εμβαδόν των διαδοχικών διατομών δε διαφέρει ουσιαστικά.

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (6/41)



Σχήμα 6: Σχηματική παράσταση τμήματος οδού για την ογκομέτρησή του με τον τύπο του Simpson

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (7/41)

- Από τους τύπους (4) και (5) και μετά από κατάλληλες αναγωγές προκύπτει ότι:

$$V = \frac{l}{3} \cdot \left( E_1 + \sqrt{E_1 \cdot E_2} + E_2 \right) \quad (6)$$

- Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου των διατομών οδηγούν σε τιμές ελάχιστα μικρότερες των πραγματικών αλλά απόλυτα παραδεκτές στο στάδιο σχεδιασμού της οδού.

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (8/41)

## Μέθοδος μέσων επιφανειών

- Για τον υπολογισμό του όγκου των χωματισμών σε συγκοινωνιακά έργα – κυρίως έργα οδοποιίας –

χρησιμοποιείται η σχέση: 
$$V = \frac{E_1 + E_2}{2} \cdot l \quad (7)$$

αντί της Σχέσης (6).



# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (9/41)

- Για την εφαρμογή της μεθόδου γίνονται οι παρακάτω παραδοχές:
  - i. Μεταξύ διαδοχικών διατομών η μεταβολή της μορφολογίας του εδάφους θεωρείται γραμμική.
  - ii. Μεταξύ δύο διαδοχικών διατομών εκ των οποίων η μία είναι πλήρης σε όρυγμα και η άλλη πλήρης σε επίχωμα, η απόσβεση τόσο του ορύγματος όσο και του επιχώματος θεωρείται ότι γίνεται στο μέσο της απόστασης μεταξύ των διατομών. Ομοίως μεταξύ δύο διατομών εκ των οποίων η μία είναι μικτή (όρυγμα και επίχωμα) και η άλλη είναι πλήρης σε όρυγμα ή επίχωμα, η απόσβεση του ορύγματος ή του επιχώματος θεωρείται ότι γίνεται στο μέσο της απόστασης μεταξύ των διατομών.

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (10/41)

- iii. Μεταξύ δύο διαδοχικών διατομών εκ των οποίων η μία είναι πλήρης σε όρυγμα ή σε επίχωμα ή είναι μικτή και η άλλη εμφανίζει μηδενικό εμβαδό επιφάνειας χωματισμών (μηδενική διατομή), η απόσβεση του ορύγματος ή/ και του επιχώματος γίνεται στη μηδενική διατομή.

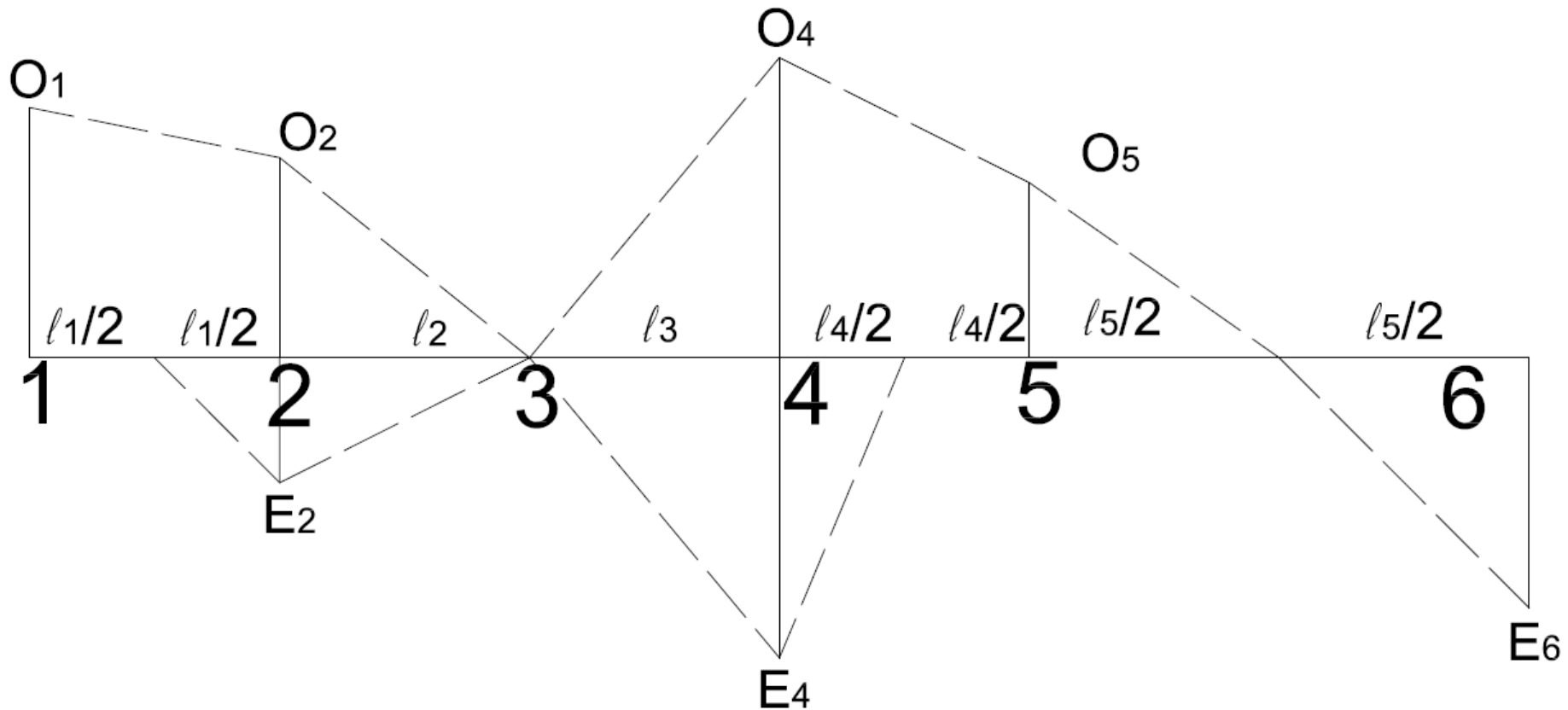
# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (11/41)

- Η εφαρμογή της μεθόδου των μέσων επιφανειών δίνει αποτελέσματα πάντοτε μεγαλύτερα των πραγματικών μεγεθών. Το σφάλμα μεγαλώνει όσο αποκλίνουν οι τιμές του εμβαδού των διαδοχικών διατομών. Το σφάλμα παραμένει μικρότερο του 2% όταν για το εμβαδόν των δύο επιφανειών ισχύει ο τύπος:  $E_1 : E_2 < 1 : 2$  (8)

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (12/41)

- Για την κατανόηση του τρόπου εφαρμογής της μεθόδου κατασκευάζεται το διάγραμμα – σκαρίφημα για το υπό μελέτη τμήμα της οδού. Έτσι, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 7, οι διατομές του υπό μελέτη τμήματος της οδού τοποθετούνται σε οριζόντιο άξονα  $x$  στον οποίο αναγράφονται οι μεταξύ τους αποστάσεις.

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (13/41)



Σχήμα 7: Σχηματική παράσταση της μεταβολής του όγκου των χωματισμών – Μέθοδος Μέσων Επιφανειών

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (14/41)

- Στη συνέχεια με τη χρήση καθέτων, προς τον άξονα, γραμμών σημειώνονται τα εμβαδά του ορύγματος ή/ και του επιχώματος σε κάθε διατομή. Συμβολικά τα ορύγματα σημειώνονται πάνω από τον άξονα  $x$  ενώ τα επιχώματα κάτω από τον άξονα  $x$ .

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (15/41)

- Ο συμβολισμός των ορυγμάτων γίνεται με το κεφαλαίο γράμμα **O** και δείκτη την αρίθμηση της διατομής. Ομοίως ο συμβολισμός των επιχωμάτων γίνεται με το κεφαλαίο γράμμα **E** και δείκτη την αρίθμηση της διατομής.
- Η απόσταση μεταξύ των διατομών συμβολίζεται με το γράμμα **λ**.

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (16/41)

- Ο σχεδιασμός του διαγράμματος – σκαριφήματος – διατομών ολοκληρώνεται με τη χάραξη των γραμμών μεταβολής των χωματισμών των ορυγμάτων ή/ και των επιχωμάτων μεταξύ των διαδοχικών διατομών σύμφωνα πάντοτε με τις παραδοχές της μεθόδου i – iii.



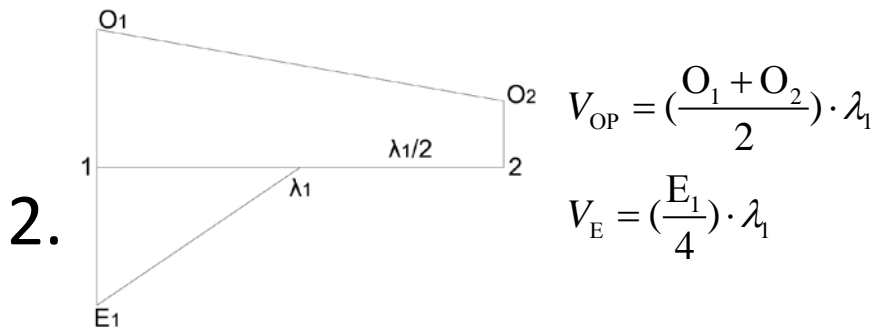
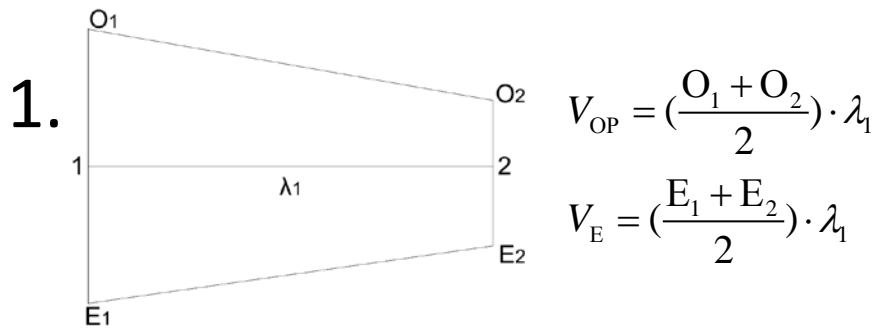
# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (17/41)

---

- Παρακάτω παρουσιάζονται διαφορετικές τυπικές περιπτώσεις διαμορφώσεων δύο διαδοχικών διατομών για τις οποίες υποδεικνύεται και ο υπολογισμός του όγκου των χωματισμών.

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (18/41)

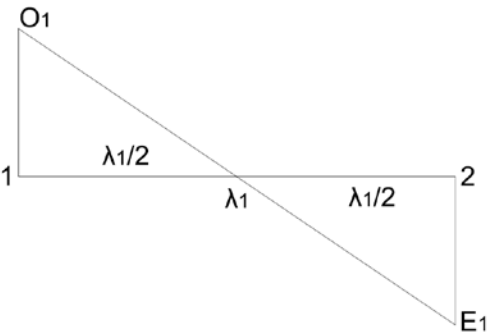
## Μέθοδος μέσων επιφανειών



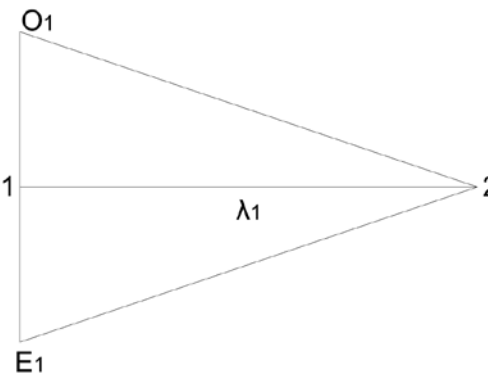
# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (19/41)

## Μέθοδος μέσων επιφανειών

3.


$$V_{OP} = \left(\frac{O_1}{4}\right) \cdot \lambda_1$$
$$V_E = \left(\frac{E_1}{4}\right) \cdot \lambda_1$$

4.


$$V_{OP} = \left(\frac{O_1}{2}\right) \cdot \lambda_1$$
$$V_E = \left(\frac{E_1}{2}\right) \cdot \lambda_1$$

**Παρατήρηση: Η τελευταία διατομή του διαγράμματος των επιφανειών δεν είναι απαραίτητα μηδενική**

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (20/41)

---

- Τα μεγέθη εντός παρένθεσης ονομάζονται «μέσες επιφάνειες». Ο υπολογισμός του όγκου των χωματισμών γίνεται ξεχωριστά για τα ορύγματα και τα επιχώματα.

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (21/41)

- Έτσι για ένα τμήμα οδού ο συνολικός όγκος των ορυγμάτων προκύπτει από τον παρακάτω τύπο:

$$\sum V_{OP} = \frac{O_1 + O_2}{2} \cdot \lambda_1 + \frac{O_2 + O_3}{2} \cdot \lambda_2 + \dots + \frac{O_{v-1} + O_v}{2} \cdot \lambda_{v-1} \quad (9)$$

- Αντίστοιχα ο συνολικός όγκος των επιχωμάτων προκύπτει από τον τύπο:

$$\sum V_E = \frac{E_1 + E_2}{2} \cdot \lambda_1 + \frac{E_2 + E_3}{2} \cdot \lambda_2 + \dots + \frac{E_{v-1} + E_v}{2} \cdot \lambda_{v-1} \quad (10)$$

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (22/41)

## Μέθοδος εφαρμοστέων μηκών

- Η μέθοδος των εφαρμοστέων μηκών αποτελεί μία παραλλαγή της μεθόδου των μέσων επιφανειών. Έτσι για τον υπολογισμό του συνολικού όγκου των ορυγμάτων χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$\sum V_{OP} = O_1 \cdot \frac{\lambda_1}{2} + O_2 \cdot \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} + O_3 \cdot \frac{\lambda_2 + \lambda_3}{2} + \dots + O_v \cdot \frac{\lambda_v}{2} \quad (11)$$

- Αντίστοιχα για τον υπολογισμό του συνολικού όγκου των επιχωμάτων χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$\sum V_E = E_1 \cdot \frac{\lambda_1}{2} + E_2 \cdot \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} + E_3 \cdot \frac{\lambda_2 + \lambda_3}{2} + \dots + E_v \cdot \frac{\lambda_v}{2} \quad (12)$$

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (23/41)

- Οι όροι  $\frac{\lambda_1}{2}, \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}, \dots, \frac{\lambda_n}{2}$  ονομάζονται εφαρμοστέα μήκη. Προφανώς και το αποτέλεσμα του υπολογισμού ταυτίζεται με το αποτέλεσμα που προκύπτει από την εφαρμογή της μεθόδου των μέσω επιφανειών (τυχόν πολύ μικρές αποκλίσεις οφείλονται σε στρογγυλοποιήσεις αποτελεσμάτων ενδιάμεσων υπολογισμών).

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (24/41)

- Για την εφαρμογή της μεθόδου των εφαρμοστέων μηκών γίνονται οι εξής παραδοχές:
  - i. Γίνεται αναφορά στις διατομές όπου θεωρείται ότι συγκεντρώνεται το σύνολο του όγκου των ορυγμάτων ή των επιχώματων που αντιστοιχούν στο ήμισυ των τμημάτων εκατέρωθεν της διατομής.
  - ii. Μεταξύ δύο διαδοχικών διατομών εκ των οποίων η μία είναι πλήρης σε όρυγμα και η άλλη πλήρης σε επίχωμα, η απόσβεση τόσο του ορύγματος όσο και του επιχώματος θεωρείται ότι γίνεται στο μέσο της απόστασης μεταξύ των διατομών. Ομοίως μεταξύ δύο διατομών εκ των οποίων η μία είναι μικτή (όρυγμα και επίχωμα) και η άλλη είναι πλήρης σε όρυγμα ή επίχωμα, η απόσβεση του ορύγματος ή του επιχώματος θεωρείται ότι γίνεται στο μέσο της απόστασης μεταξύ των διατομών.



# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (25/41)

- iii. Μεταξύ δύο διαδοχικών διατομών εκ των οποίων η μία είναι πλήρης σε όρυγμα ή σε επίχωμα ή είναι μικτή και η άλλη εμφανίζει μηδενικό εμβαδό επιφάνειας χωματισμών (μηδενική διατομή), η απόσβεση του ορύγματος ή/ και του επιχώματος γίνεται στη μηδενική διατομή.

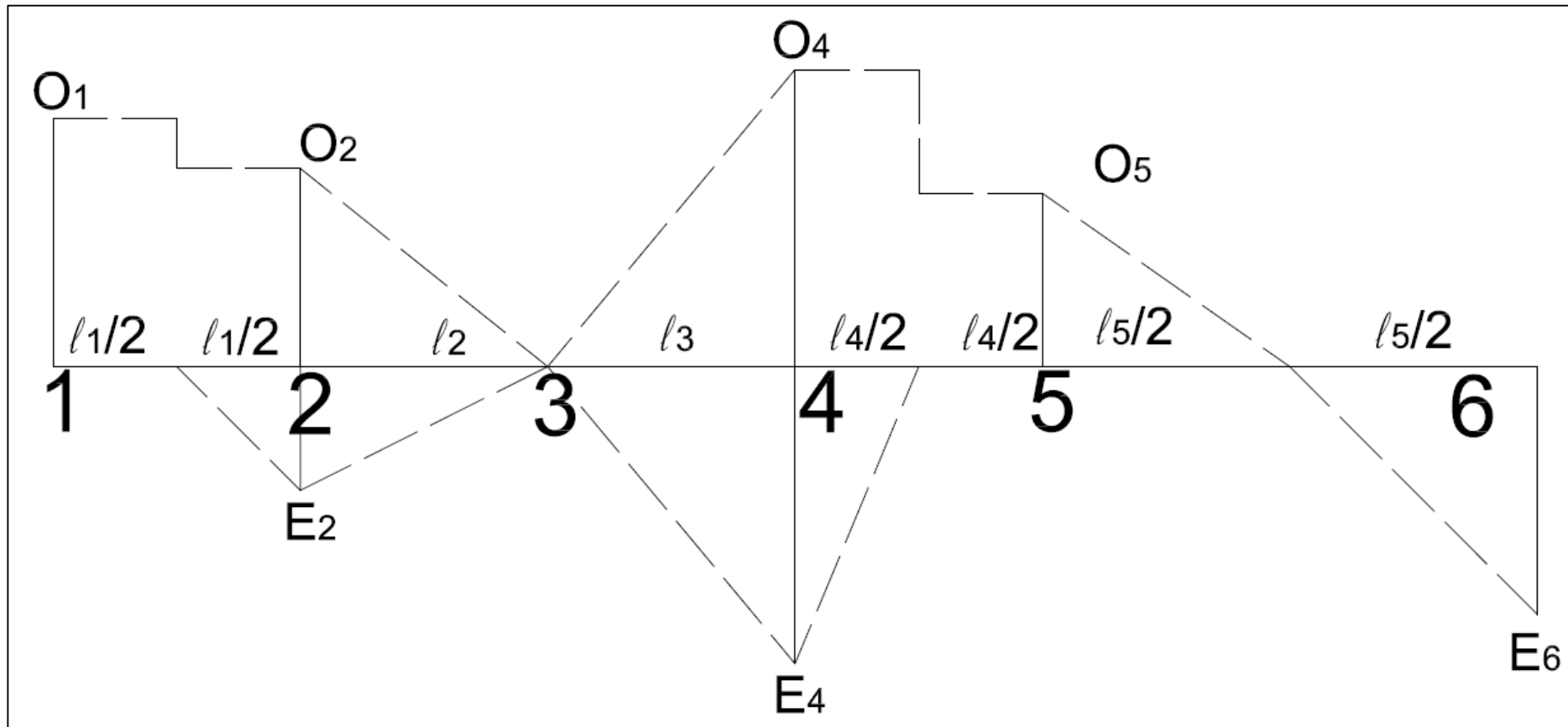
# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (26/41)

- Όπως και στην περίπτωση της μεθόδου των μέσων επιφανειών η μέθοδος δίνει αποτελέσματα πάντοτε μεγαλύτερα των πραγματικών. Η απόκλιση περιορίζεται έως το 2% όταν για το εμβαδόν δύο διαδοχικών επιφανειών ισχύει ο τύπος  $E_1 : E_2 < 1 : 2$  (8).

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (27/41)

- Για την κατανόηση του τρόπου εφαρμογής της μεθόδου κατασκευάζεται το διάγραμμα – σκαρίφημα των εφαρμοστέων μηκών για το υπό μελέτη τμήμα της οδού. Έτσι, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 8, οι διατομές του υπό μελέτη τμήματος της οδού τοποθετούνται σε οριζόντιο άξονα  $x$  στον οποίο αναγράφονται οι μεταξύ τους αποστάσεις.

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (28/41)



Σχήμα 8: Σχηματική παράσταση της μεταβολής του όγκου των χωματισμών – Μέθοδος Εφαρμοστέων Μηκών

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (29/41)

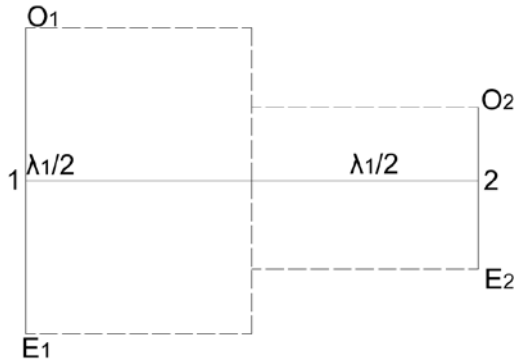
## Μέθοδος εφαρμοστέων μηκών

- Παρακάτω παρουσιάζονται διαφορετικές τυπικές περιπτώσεις διαμόρφωσης δύο διαδοχικών διατομών για τις οποίες υποδεικνύεται και ο υπολογισμός του όγκου των χωματισμών.

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (30/41)

## Μέθοδος εφαρμοστέων μηκών

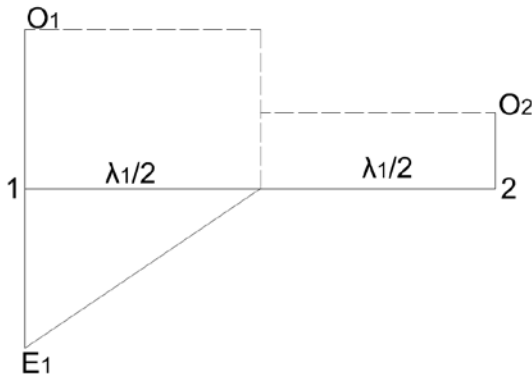
1.



$$V_{OP} = O_1 \cdot \left(\frac{\lambda_1}{2}\right) + O_2 \cdot \left(\frac{\lambda_1}{2}\right)$$

$$V_E = E_1 \cdot \left(\frac{\lambda_1}{2}\right) + E_2 \cdot \left(\frac{\lambda_1}{2}\right)$$

2.

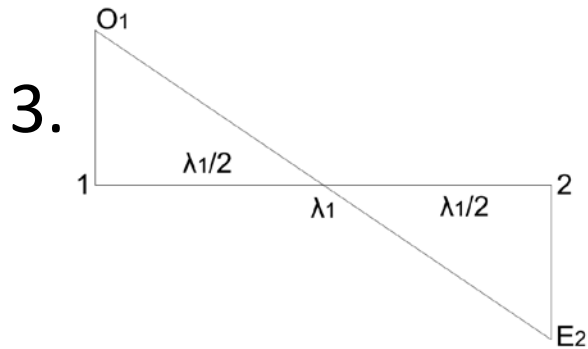


$$V_{OP} = O_1 \cdot \left(\frac{\lambda_1}{2}\right) + O_2 \cdot \left(\frac{\lambda_1}{2}\right)$$

$$V_E = E_1 \cdot \left(\frac{\lambda_1}{4}\right)$$

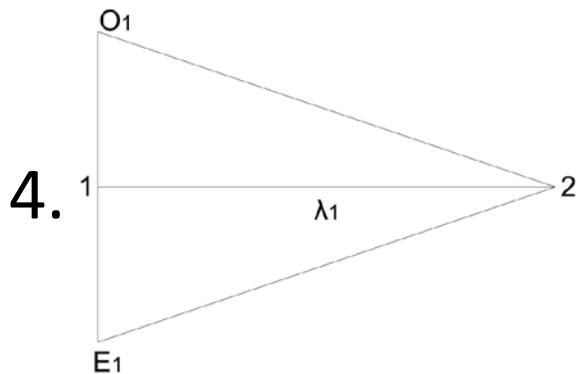
# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (31/41)

## Μέθοδος εφαρμοστέων μηκών



$$V_{OP} = O_1 \cdot \left(\frac{\lambda_1}{4}\right)$$

$$V_E = E_2 \cdot \left(\frac{\lambda_1}{4}\right)$$



$$V_{OP} = O_1 \cdot \left(\frac{\lambda_1}{2}\right)$$

$$V_E = E_1 \cdot \left(\frac{\lambda_1}{2}\right)$$

**Παρατήρηση: Η τελευταία διατομή του διαγράμματος των επιφανειών δεν είναι απαραίτητα μηδενική**

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (32/41)

- Τα μεγέθη εντός της παρένθεσης ονομάζονται «εφαρμοστέα μήκη». Η μέθοδος των εφαρμοστέων μηκών χρησιμοποιήθηκε ευρύτερα πριν από τη χρήση Η/Υ για τους υπολογισμούς στην Οδοποιία αφού οι υπολογισμοί, με αναφορά στις διατομές και όχι στα μέσα των τμημάτων μεταξύ των διατομών, μπορούσαν να γίνουν απευθείας με τη βοήθεια ενός πίνακα στον οποίο αναγράφονται οι επιφάνειες των χωματισμών στην κάθε διατομή.



# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (33/41)

## Υπολογισμός στοιχείων των διατομών

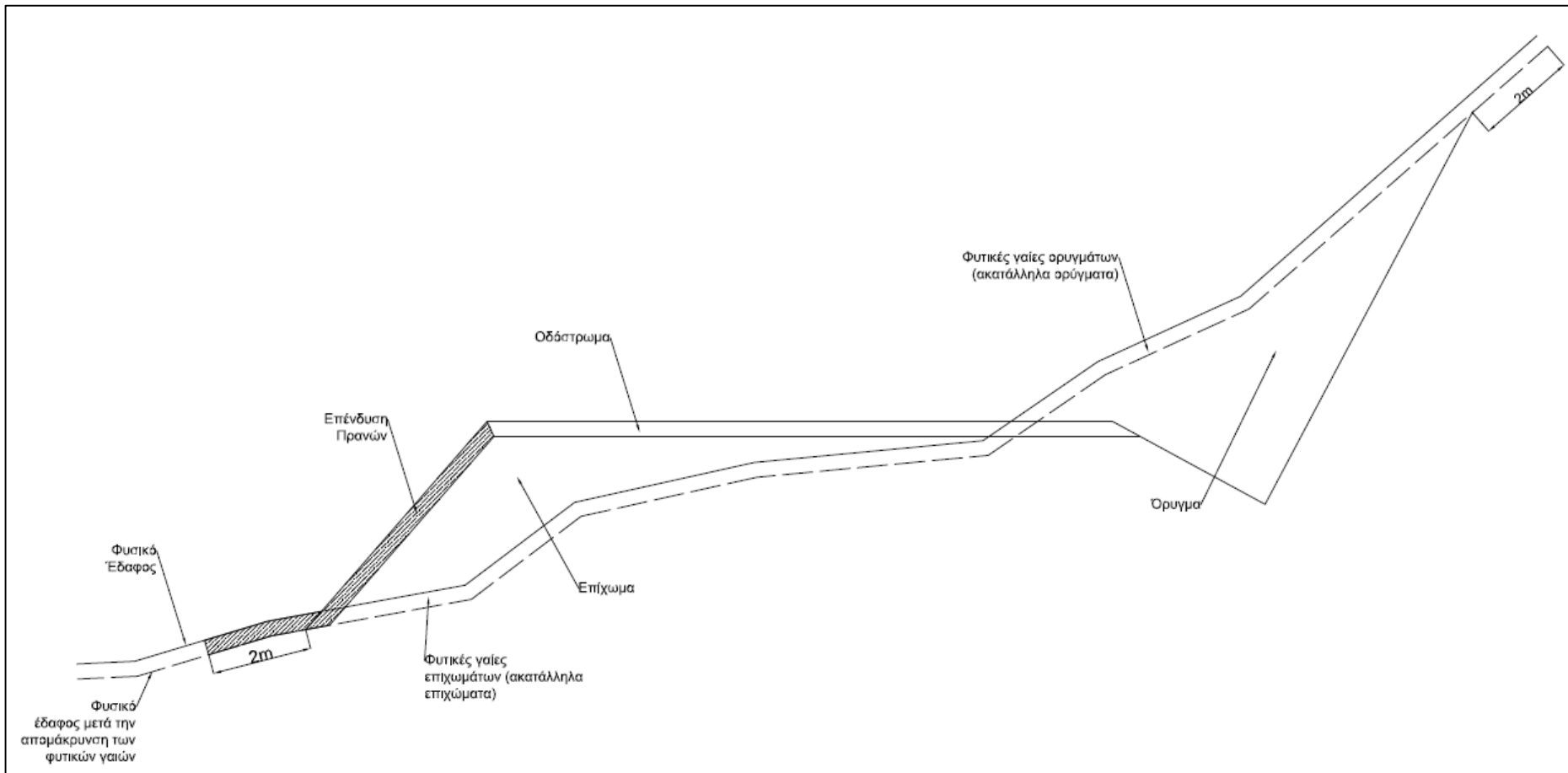
- Ο υπολογισμός του όγκου των χωματισμών γίνεται με τη χρήση τιμών των επιμέρους στοιχείων των διατομών. Συνήθως υπολογίζονται οι τιμές των παρακάτω στοιχείων των διατομών.
  - Ορύγματα ( $m^2$ )
  - Επιχώματα ( $m^2$ )
  - Φυτικές γαίες ορυγμάτων (ακατάλληλα ορύγματα) (m)
  - Φυτικές γαίες επιχωμάτων (ακατάλληλα επιχώματα) (m)
  - Επένδυση πρανών (m)

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (34/41)

---

- Στο Σχήμα 9 παρουσιάζονται τα επιμέρους στοιχεία της διατομής τα οποία υπολογίζονται για τον προσδιορισμό του όγκου των χωματισμών.

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (35/41)



Σχήμα 9: Σχηματική παράσταση των στοιχείων της διατομής

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (36/41)

## Υπολογισμός στοιχείων των διατομών

- Οι φυτικές γαίες των ορυγμάτων και των επιχωμάτων (ακατάλληλα ορύγματα και επιχώματα) προκύπτουν από την αφαίρεση της επιφανειακής στρώσης του φυσικού εδάφους, συνήθως 30-40cm, στο οποίο υπάρχουν φυτικά οργανικά στοιχεία (βλαστοί, φύλλα, ρίζες, κ.λπ.), τα οποία εάν παραμείνουν εντός της κατασκευής θα σαπίσουν μειώνοντας έτσι τον όγκο των χωματισμών των επιχωμάτων με αποτέλεσμα να σημειώνονται μικρές καθιζήσεις αυτών και κατά συνέπεια του συνολικού τμήματος της οδού στο επίχωμα.

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (37/41)

- Στο εμβαδόν της επιφανείας του ορύγματος δε συνυπολογίζεται το εμβαδό της ζώνης των φυτικών γαιών του ορύγματος. Αντίθετα, συνυπολογίζεται στο εμβαδόν της επιφανείας του επίχωματος, αφού πρώτα αφαιρούνται οι φυτικές γαίες και στη συνέχεια κατασκευάζεται το επίχωμα.

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (38/41)

- Όταν στη βάση του επιχώματος κατασκευάζονται αναβαθμοί για τη σταθεροποίησή του (εγκάρσια κλίση εδάφους  $> 19\%$ ) τότε αφαιρείται πρώτα η στρώση των φυτικών γαιών επιχώματος, γίνεται εκσκαφή του εδάφους για την κατασκευή του επιχώματος το οποίο κατασκευάζεται στη συνέχεια.

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (39/41)

- Ο όγκος (επιφάνεια) των χωματισμών που προκύπτει από την εκσκαφή των αναβαθμών προστίθεται στον όγκο (επιφάνεια) του ορύγματος. Στην περίπτωση αυτή στην επιφάνεια του επιχώματος συνυπολογίζονται τόσο η στρώση των φυτικών γαιών επιχώματος όσο και η επιφάνεια των αναβαθμών για την κατασκευή του επιχώματος.

# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (40/41)

- Οι φυτικές γαίες ορυγμάτων και επιχωμάτων μπορεί να εναποτεθούν σε χώρο πλησίον της οδού, να καθαρισθούν και στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν ως στρώση επένδυσης των πρανών των επιχωμάτων, συνήθως ύψους 20-30cm.



# Υπολογισμός του όγκου των χωματισμών (41/41)

- Για τον υπολογισμό των στοιχείων των διατομών χρησιμοποιούνται  $m^2$  για το εμβαδόν των επιφανειών τόσο των ορυγμάτων όσο και των επιχωμάτων και  $m$  (μήκος) για το μήκος των στρώσεων των φυτικών γαιών και της επένδυσης των πρανών.

# Πίνακες υπολογισμού των χωματισμών (1/14)

- Συνήθως, ο υπολογισμός του όγκου των χωματισμών γίνεται με τη βοήθεια τυποποιημένων πινάκων οι οποίοι ανάλογα με τις απαιτήσεις της μελέτης μπορεί να είναι απλοί ή σύνθετοι. Υπόδειγμα τυπικού υπολογισμού του όγκου των χωματισμών δίδεται στο Σχήμα 10.

# Πίνακες υπολογισμού των χωματισμών (2/14)

Στοιχεία Διατομών			Ορύγματα				Κατάταξη Ορυγμάτων			Επιχώματα				Κίνηση γαιών					
Διατομές	Χλιομετρικές θέσεις	Αποστάσεις μεταξύ	Επιφάνειες	Μέσες επιφάνειες ή Εφαρμοστέα μήκη	Κύβοι	Φυτικές γαίες Ορυγμάτων	Γαιώδη	Ημιβραχώδη	Βραχώδη	Επιφάνειες	Μέσες επιφάνειες ή Εφαρμοστέα μήκη	Κύβοι	Φυτικές γαίες Επιχωμάτων	Συντελεστής επιπλήσματος	Όρυγμα με επίπλησμα	Όρυγμα χρήσιμο στη διατομή	Πλεονάσματα χωματισμών		Αλγεβρικό άθροισμα πλεονασμάτων
																	Ορύγματα	Επιχώματα	
		m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /m	m <sup>3</sup>	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /m	m <sup>3</sup>	m		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Παρατήρηση:

Στη μέθοδο μέσω επιφανειών αναφορά γίνεται στο μέσο της απόστασης μεταξύ των διατομών

Στη μέθοδο εφαρμοστέων μηκών αναφορά γίνεται στη διατομή (οι πράξεις αναπτύσσονται στη γραμμή της κάθε διατομής)

Σχήμα 10: Πίνακας Χωματισμών

# Πίνακες υπολογισμού των χωματισμών (3/14)

- Στον πίνακα των χωματισμών που παρουσιάζεται στο Σχήμα 10 αναγράφονται τα εξής στοιχεία:

Στήλη 1	Διατομές
Στήλη 2	Χιλιομετρική θέση διατομών
Στήλη 3	Αποστάσεις μεταξύ των διατομών
Στήλη 4	Εμβαδόν επιφάνειας ορυγμάτων
Στήλη 5	Μέσες επιφάνειες ή εφαρμοστέα μήκη
Στήλη 6	Κύβοι (όγκος ορυγμάτων)
Στήλη 7	Φυτικές γαίες ορυγμάτων
Στήλη 8	Γαιώδη (όγκος γαιώδους ορύγματος)
Στήλη 9	Ημιβραχώδη (όγκος ημιβραχώδους ορύγματος)

# Πίνακες υπολογισμού των χωματισμών (4/14)

Στήλη 10	Βραχώδη (όγκος βραχώδους ορύγματος)
Στήλη 11	Εμβαδόν επιφανείας επιχωμάτων
Στήλη 12	Μέσες επιφάνειες ή εφαρμοστέα μήκη
Στήλη 13	Κύβοι (όγκος επιχωμάτων)
Στήλη 14	Ροπές
Στήλη 15	Φυτικές γαίες επιχωμάτων
Στήλη 16	Συντελεστές επιπλήσματος
Στήλη 17	Ορύγματα σε επίπλησμα
Στήλη 18	Όρυγμα χρήσιμο στην ίδια διατομή
Στήλη 19	Πλεόνασμα ορυγμάτων
Στήλη 20	Πλεόνασμα επιχωμάτων
Στήλη 21	Αλγεβρικό άθροισμα κύβων πλεονασμάτων
Στήλη 22	Επένδυση πρανών

# Πίνακες υπολογισμού των χρωματισμών (5/14)

- Ο υπολογισμός των στοιχείων των στηλών **6,13, 16, 17, 18, 19, 20** γίνεται ως εξής:
  - $6 = 3 * 5$
  - $13 = 3 * 12$
  - $16 = 15 * 8$  ή  $9$  ή  $10$
  - $17 =$  Σύγκριση τιμών στηλών  $13$  &  $16$  (χρήσιμα ορύγματα μόνο όσα καλύπτουν τα επιχώματα που δημιουργούνται στο τμήμα)

# Πίνακες υπολογισμού των χωματισμών (6/14)

---

–  $18 = 16 - 13$

– Έλεγχοι:

- $13 = 17 + 19$

- $16 = 17 + 18$

# Πίνακες υπολογισμού των χωματισμών (7/14)

- Συντελεστής επιπλήσματος είναι ο λόγος του όγκου του συμπυκνωμένου επιχώματος ( $m^3$ ) προς τον όγκο του ορύγματος που προκύπτει από εκσκαφή.
- Οι συνήθεις τιμές για τον συντελεστή επιπλήσματος είναι:
  - Γαιώδη: 0,90 – 1,00
  - Ημιβραχώδη: 1,05 – 1,10
  - Βραχώδη: 1,15



# Πίνακες υπολογισμού των χωματισμών (8/14)

- Για την κατασκευή των επιχωμάτων χρησιμοποιούνται είτε πλεονάσματα των ορυγμάτων (ίδιοι χωματισμοί) είτε υλικά επιχωμάτωσης τα οποία μεταφέρονται στο έργο. Τα πλεονάσματα των ορυγμάτων προκύπτουν από τμήματα της οδού στα οποία υπερισχύουν τα ορύγματα έναντι των επιχωμάτων.

# Πίνακες υπολογισμού των χωματισμών (9/14)

---

- Στην περίπτωση των μικτών διατομών γίνεται μεταφορά όγκου ορύγματος στην ίδια διατομή για την κατασκευή του επιχώματος μερικά ή στο σύνολο του όγκου. Η μεταφορά χωματισμών στην ίδια διατομή ονομάζεται αυτοδιανομή.

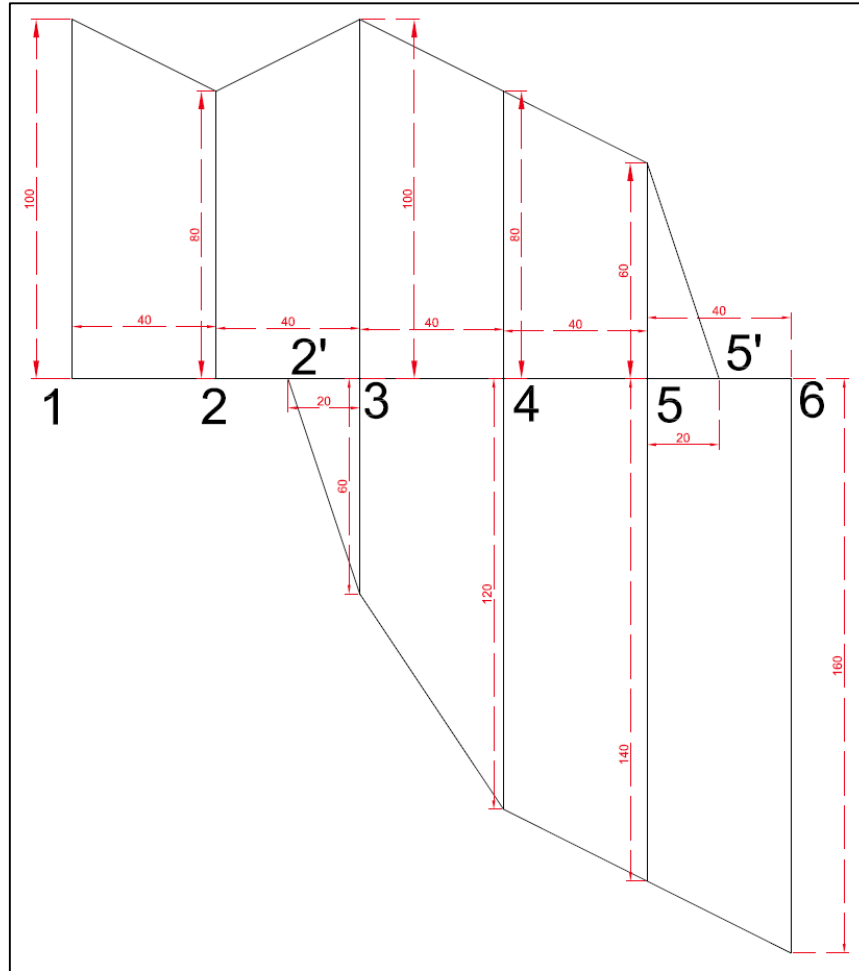
# Πίνακες υπολογισμού των χωματισμών (10/14)

- Με την εφαρμογή των αυτοδιανομών μπορεί να συνταχθεί το τελικό διάγραμμα των επιφανειών στο οποίο φαίνονται οι επιφάνειες των ορυγμάτων ή των επιχωμάτων στις διατομές της οδού από τις οποίες θα υπολογισθούν οι όγκοι των χωματισμών που θα χρησιμοποιηθούν στο διάγραμμα κίνησης και διανομής των γαιών.

# Πίνακες υπολογισμού των χωματισμών (11/14)

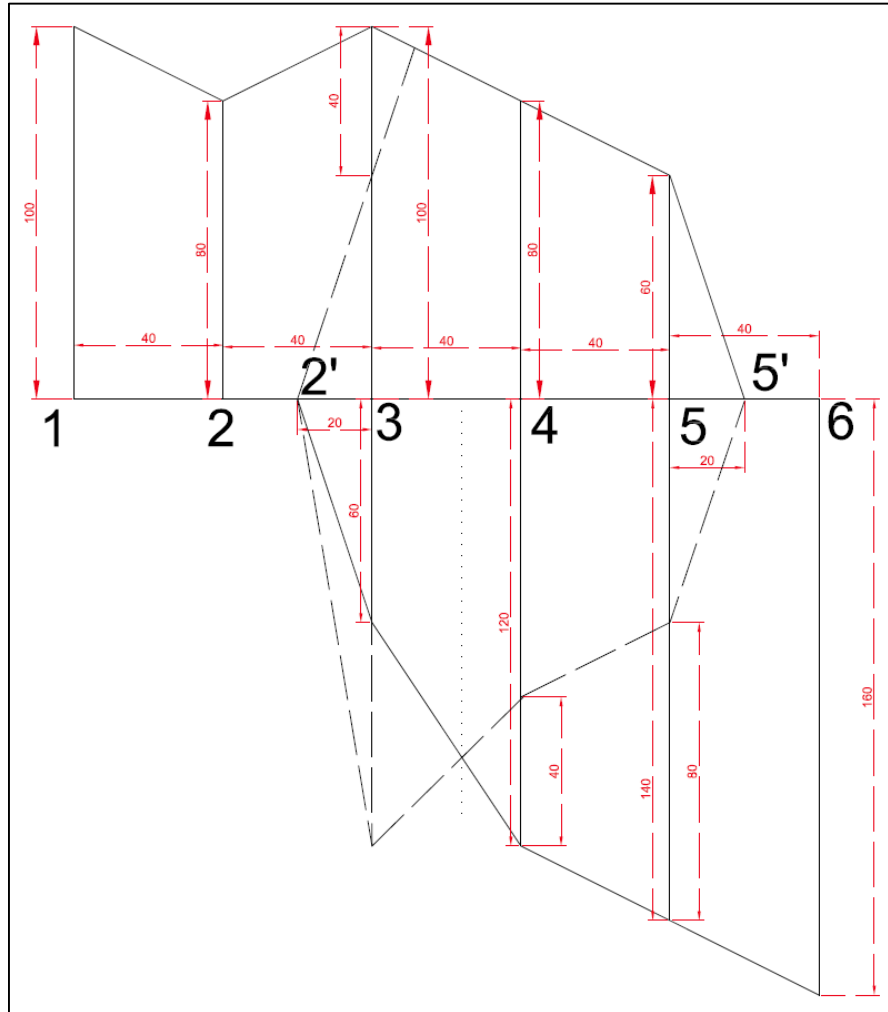
- Για τη σύνταξη του τελικού διαγράμματος των επιφανειών (μετά την αφαίρεση των αυτοδιανομών) χρησιμοποιούνται οι όγκοι των ορυγμάτων μετά την εφαρμογή του συντελεστή επιπλήσματος.
- Παράδειγμα αφαίρεσης των αυτοδιανομών και σύνταξη του τελικού διαγράμματος επιφανειών παρουσιάζεται στα Σχήματα 11α, 11β και 11γ..

# Πίνακες υπολογισμού των χωματισμών (12/14)



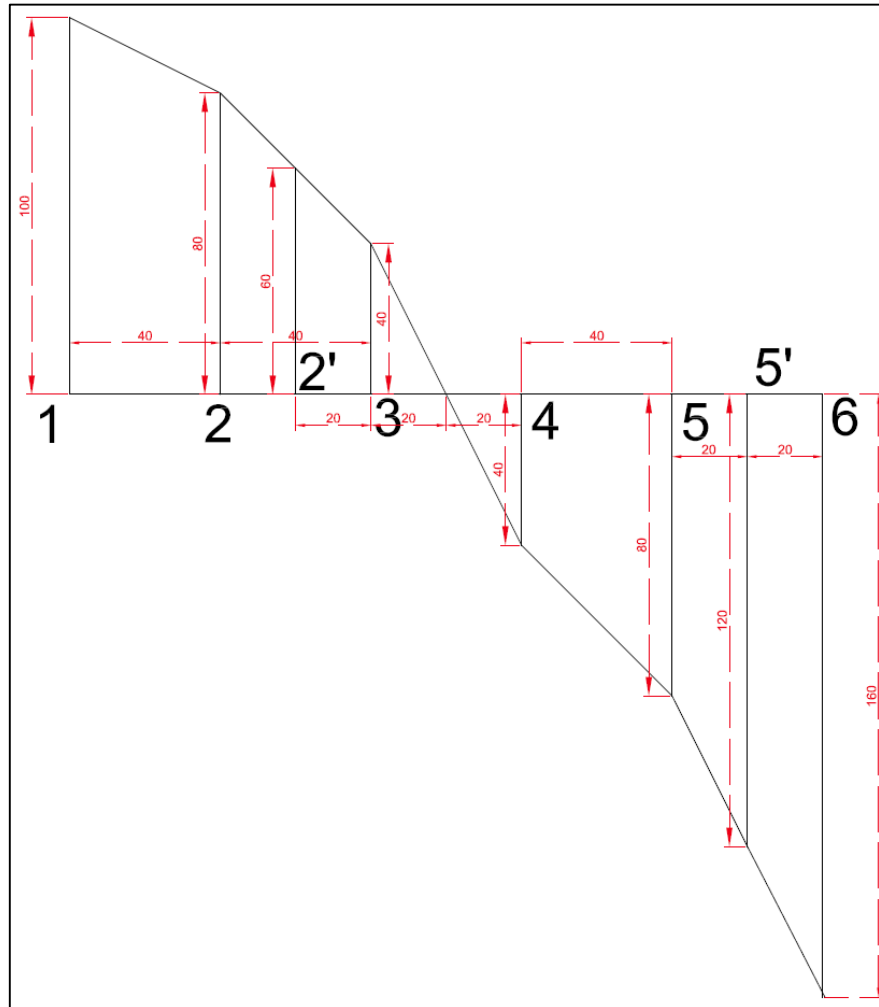
Σχήμα 11-α: Παράδειγμα αφαίρεσης αυτοδιανομών και σύνταξης τελικού διαγράμματος επιφανειών

# Πίνακες υπολογισμού των χωματισμών (13/14)



Σχήμα 11-β: Παράδειγμα αφαίρεσης αυτοδιανομών και σύνταξης τελικού διαγράμματος επιφανειών

# Πίνακες υπολογισμού των χωματισμών (14/14)



Σχήμα 11-γ: Παράδειγμα αφαίρεσης αυτοδιανομών και σύνταξης τελικού διαγράμματος επιφανειών

# Κίνηση και διανομή των γαιών (1/106)

- Ο όγκος των ορυγμάτων και των επιχωμάτων που προκύπτει κατά την κατασκευή μιας οδού υπολογίζεται από τον Πίνακα Χωματισμών. Ειδικότερα για τα ορύγματα γίνεται επιμέρους διαχωρισμός σε γαιώδη, ημιβραχώδη και βραχώδη, κατηγορίες για τις οποίες εφαρμόζεται διαφορετική τιμή μονάδας για το κόστος εκσκαφής.



# Κίνηση και διανομή των γαιών (2/106)

- Ο υπολογισμός του κόστους για την εκσκαφή των ορυγμάτων και την κατασκευή των επιχωμάτων γίνεται με την εφαρμογή τιμών μονάδας για κάθε εργασία η οποία προκύπτει από το Αναλυτικό Τιμολόγιο Έργων Οδοποιίας (ΑΤΕΟ) του Υπουργείου Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων για τα δημόσια έργα καθώς και με βάση τις τιμές της αγοράς για τα ιδιωτικά έργα.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (3/106)

- Η συνολική δαπάνη για την ολοκλήρωση των χωματουργικών εργασιών ενός οδικού έργου δεν ταυτίζεται μόνο με το κόστος κατασκευής των ορυγμάτων και των επιχωμάτων αλλά περιλαμβάνει και το κόστος για την κίνηση και τη διανομή των ίδιων χωματισμών καθώς και δανείων για την κατασκευή των επιχωμάτων.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (4/106)

- Για την ελαχιστοποίηση του κόστους των χωματουργικών εργασιών κατασκευής μιας οδού απαιτείται:
  - i. Εκλογή της κατάλληλης ερυθράς έτσι ώστε αφενός μεν να προκύπτει ο μικρότερος, δυνατόν, όγκος χωματισμών, αφετέρου δε η συνεχής, κατά το δυνατόν, εναλλαγή ορυγμάτων και επιχωμάτων έτσι ώστε να μειώνεται το κόστος μεταφοράς των χωματισμών.
  - ii. Προσδιορισμός του ευνοϊκότερου τρόπου μετακίνησης και χρησιμοποίησης των χωματισμών για την ολοκλήρωση των χωματουργικών εργασιών της οδού, με την επιλογή, κάθε φορά, των κατάλληλων μεταφορικών μέσων.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (5/106)

- Η εκλογή της κατάλληλης ερυθράς γίνεται στο στάδιο σύνταξης των τευχών της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής, ενώ ο προσδιορισμός του κόστους των χωματοургικών εργασιών γίνεται με τη σύνταξη του πίνακα των χωματισμών (ορύγματα – επιχώματα) και του διαγράμματος και του πίνακα κίνησης και διανομής των γαιών.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (6/106)

- Η μελέτη της κίνησης και διανομής των γαιών (χωματισμών) γίνεται με τη βοήθεια των διαγραμμάτων **Lalanne** και **Bruckner** ενώ το κόστος για την εργασία αυτή προκύπτει από τον πίνακα κίνησης και διανομής των γαιών.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (7/106)

- Για τη μελέτη της κίνησης και διανομής των γαιών χρησιμοποιείται ο όγκος των διαθέσιμων ή απαιτούμενων χωματισμών (πλεονάσματα) όπως αυτός προκύπτει μετά την κατασκευή των χωματοургικών εργασιών σε κάθε διατομή και προσδιορίζεται στον πίνακα των χωματισμών ως αλγεβρικό άθροισμα των πλεονασμάτων (διαθέσιμων) από την αρχή της οδού. Διευκρινίζεται ότι σε διατομή πλήρως σε όρυγμα το σύνολο των κατάλληλων εκσκαφών αποτελεί πλεόνασμα (διαθέσιμο) όγκου γαιών για μεταφορά και διανομή, σε διατομή πλήρως σε επίχωμα το σύνολο των απαιτούμενων για επιχωμάτωση γαιών αποτελεί πλεόνασμα (απαιτούμενο) όγκου γαιών για μεταφορά ενώ σε μικτή διατομή το θετικό (υπεροχή ορύγματος) ή το αρνητικό (υπεροχή επιχωμάτων) πλεόνασμα γαιών αποτελεί πλεόνασμα όγκου γαιών για μεταφορά και διανομή.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (8/106)

## Μέθοδος Διάγραμμα Lalanne

- Η σχεδίαση του διαγράμματος Lalanne βασίζεται στην παραδοχή ότι για τη σύνταξη του πίνακα των χωματισμών χρησιμοποιείται η μέθοδος των εφαρμοστέων μηκών όπου γίνεται η παραδοχή ότι τα πλεονάσματα των γαιών συγκεντρώνονται στις διατομές της οδού, όπως αυτές ορίζονται στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή της μελέτης χάραξης.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (9/106)

- Το διάγραμμα Lalanne είναι ένα ορθωγωνικό διάγραμμα, στον άξονα  $x$  του οποίου (μήκη) τοποθετούνται διαδοχικά οι διατομές της οδού, με βάση τις αποστάσεις μεταξύ τους (μηκοτομή του άξονα της οδού) και στον άξονα  $y$  τοποθετούνται ως τεταγμένες οι τιμές του αλγεβρικού αθροίσματος των πλεονασμάτων των γαιών ( $m^3$ ) από την αρχή όπως αυτές σημειώνονται στην αντίστοιχη στήλη του πίνακα των χωματισμών, που προκύπτει από την εφαρμογή της μεθόδου των εφαρμοστέων μηκών (με πρόσημα (+) τα πλεονάσματα των ορυγμάτων και με πρόσημο (-) τα πλεονάσματα των επιχωμάτων).

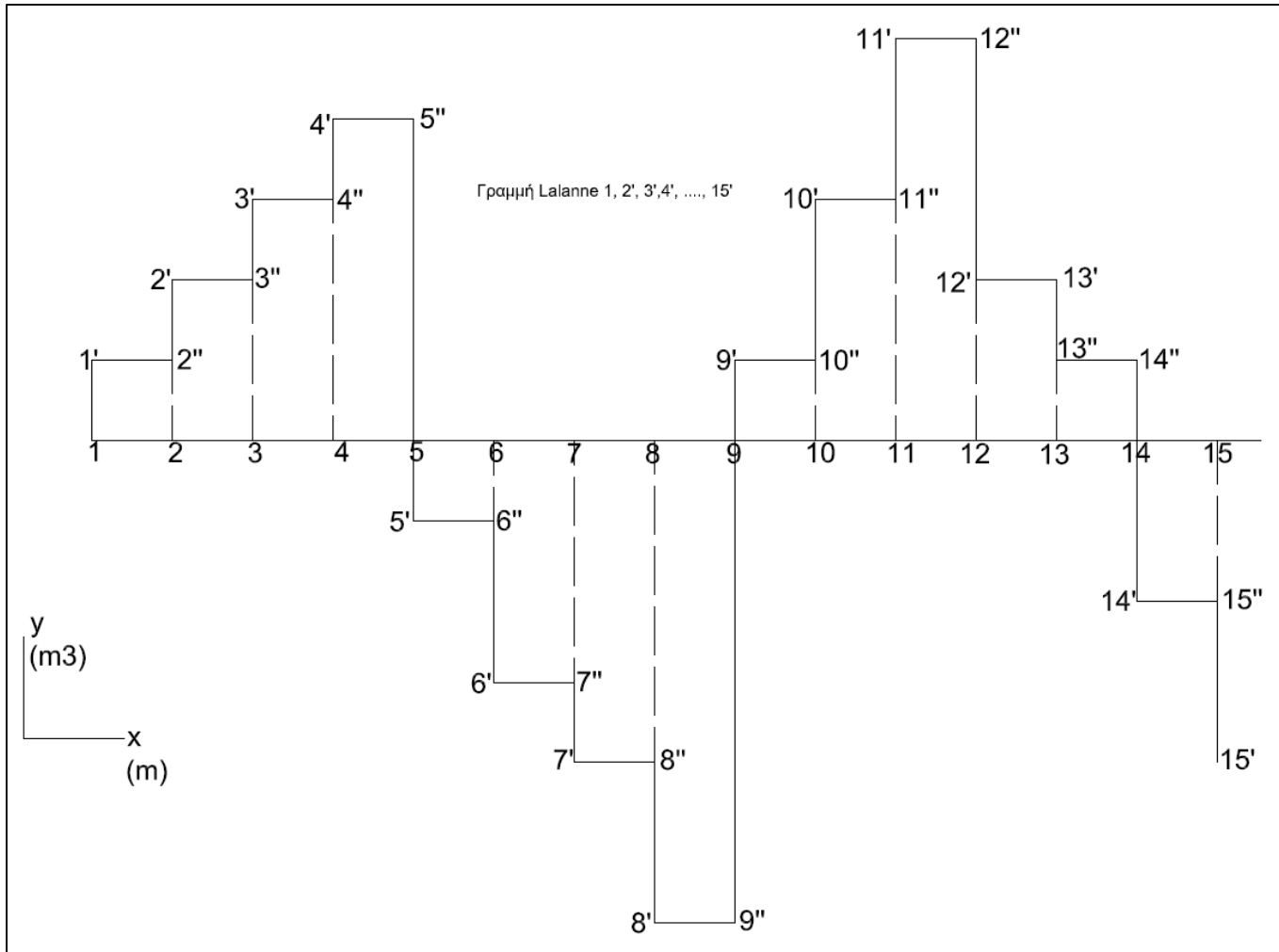


# Κίνηση και διανομή των γαιών (10/106)

---

- Τυπικό παράδειγμα του διαγράμματος Lalanne δίνεται στο Σχήμα 12.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (11/106)



Σχήμα 12: Τυπικό παράδειγμα διαγράμματος Lalanne

# Κίνηση και διανομή των γαιών (12/106)

- Όπως φαίνεται στο διάγραμμα του Σχήματος 12, η γραμμή Lalanne είναι ορθογωνική (1, 1', 2'', 2', 3'', 3', 4'', ...15'). Οι ανιόντες κλάδοι συμβολίζουν περίσσευμα ορυγμάτων (+) ενώ οι κατιόντες κλάδοι περίσσευμα επιχωμάτων (-).

# Κίνηση και διανομή των γαιών (13/106)

- Από κάθε τεταγμένη του διαγράμματος Lalanne, φέρονται ευθείες παράλληλες προς τον άξονα  $x$  οι οποίες τέμνουν τις τεταγμένες ή τις προεκτάσεις των επόμενων διατομών (π.χ. Σχήμα 12: 2'', 3'', 4'', ...). Η συνεχής ορθογωνική γραμμή 1,2'', 2', 3'', 3', ..., 9'', 9', 10'', ...) αποτελεί ουσιαστικά και τη γραμμή των κύβων του διαγράμματος Lalanne.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (14/106)

- Ως επεξήγηση του διαγράμματος αναφέρονται οι παρακάτω περιπτώσεις:
  - Η τεταγμένη 2-2' παριστά τον όγκο των πλεονασμάτων των γαιών από την αρχή της οδού έως το μέσο του τμήματος μεταξύ των διατομών 2 και 3,
  - Η τεταγμένη 2-2'' παριστά τον όγκο των πλεονασμάτων των γαιών μεταξύ των μέσων των τμημάτων που ορίζονται από τις διατομές 1-2 και 2-3.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (15/106)

- Το διάγραμμα Lalanne, χρησιμοποιήθηκε ευρέως από τους μελετητές, την εποχή που δεν είχαν διαδοθεί ευρέως τα λογισμικά χάραξης των οδών και η μέθοδος των εφαρμοστέων μηκών επικρατούσε της αντίστοιχης των μέσων επιφανειών για τον υπολογισμό του όγκου των χωματισμών στο στάδιο της εκπόνησης της μελέτης χάραξης της οδού.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (16/106)

## Διάγραμμα Bruckner

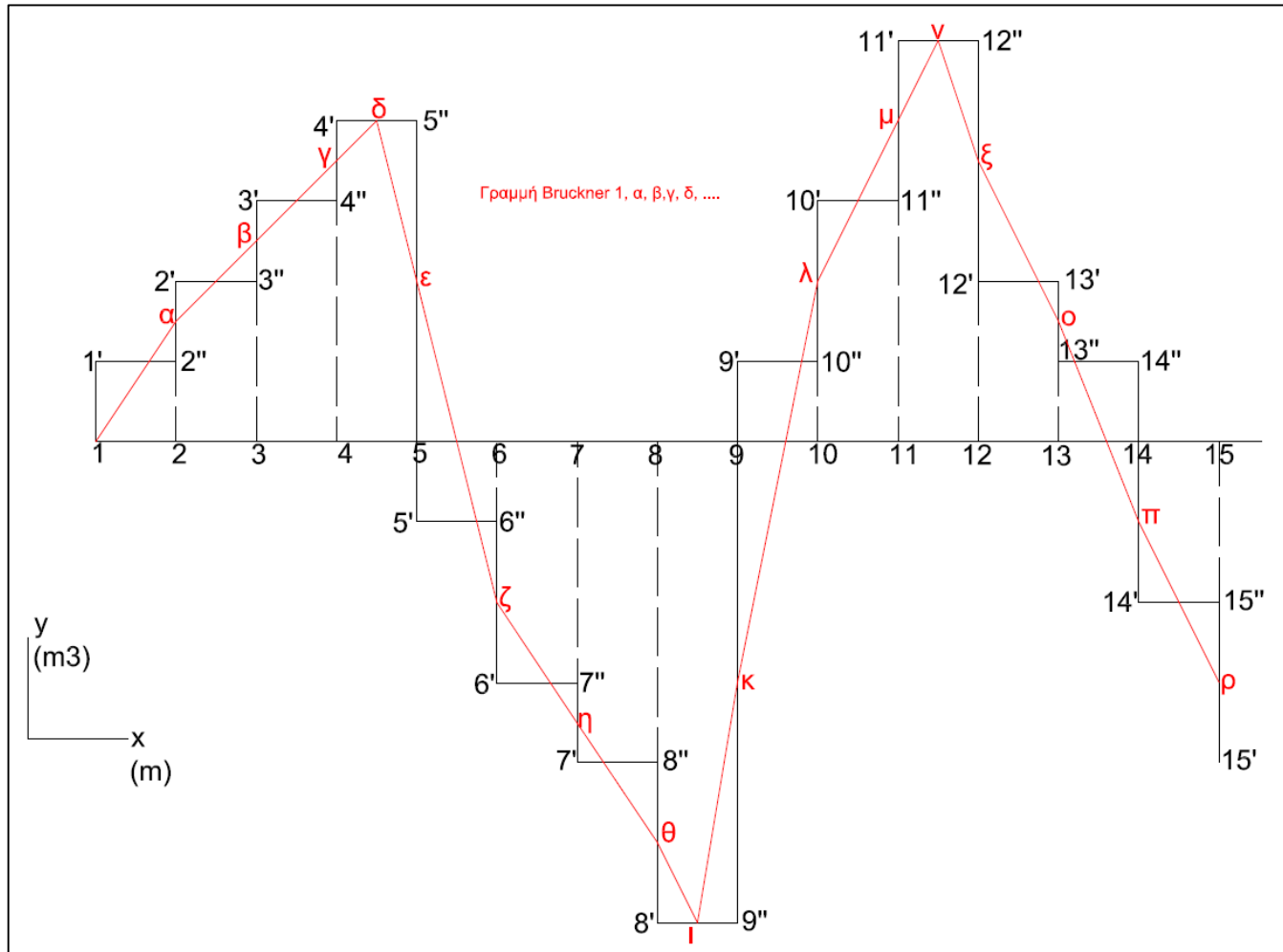
- Η σχεδίαση του διαγράμματος Bruckner βασίζεται στην παραδοχή ότι για τη σύνταξη του πίνακα των χωματισμών χρησιμοποιείται η μέθοδος των μέσων επιφανειών όπου γίνεται η παραδοχή ότι μεταξύ των διαδοχικών διατομών της οδού υπάρχει γραμμική μεταβολή των πλεονασμάτων (διαθέσιμων) των χωματισμών και ότι μεταξύ διαδοχικών διατομών με χωματισμούς αντίθετου πρόσημου ο μηδενισμός των γαιών γίνεται στο μέσο του τμήματος μεταξύ των διαδοχικών διατομών.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (17/106)

- Το διάγραμμα Bruckner είναι επίσης ένα ορθογωνικό διάγραμμα, στον άξονα  $x$  του οποίου (μήκη) τοποθετούνται διαδοχικά οι διατομές της οδού, με βάση τις αποστάσεις μεταξύ τους (μηκοτομή του άξονα της οδού) και στον άξονα  $y$  τοποθετούνται ως τεταγμένες οι τιμές του αλγεβρικού αθροίσματος των πλεονασμάτων των γαιών ( $m^3$ ) από την αρχή όπως αυτές σημειώνονται στην αντίστοιχη στήλη του πίνακα των χωματισμών που προκύπτει από την εφαρμογή της μεθόδου των μέσων επιφανειών.
- Τυπικό παράδειγμα του διαγράμματος Bruckner δίνεται στο Σχήμα 13.



# Κίνηση και διανομή των γαιών (18/106)



Σχήμα 13: Τυπικό παράδειγμα διαγράμματος Bruckner

# Κίνηση και διανομή των γαιών (19/106)

- Όπως φαίνεται στο διάγραμμα του Σχήματος 13 η γραμμή Bruckner είναι μια πολυγωνική γραμμή (1, α, β, γ, δ, ..., ρ) οι ανιόντες κλάδοι της οποίας συμβολίζουν περίσσευμα ορυγμάτων (+) ενώ οι κατιόντες κλάδοι περίσσευμα επιχωμάτων (-).

# Κίνηση και διανομή των γαιών (20/106)

- Προκειμένου να συνταχθεί το διάγραμμα Bruckner ακολουθείται μία εκ των εξής πρακτικών:
  - i. Κατασκευάζεται το διάγραμμα Lalanne και σημειώνονται τα μέσα (όταν οι διατομές ισαπέχουν μεταξύ τους) των κατακόρυφων τμημάτων της γραμμής Lalanne (π.χ. 2'-2'', 3'-3'', ...) καθώς και τα μέσα των υψηλοτέρων ή των χαμηλοτέρων τμημάτων της γραμμής 4'-5'', 8'-9'', ...).

# Κίνηση και διανομή των γαιών (21/106)

Τα σημεία αυτά (1,α,β,γ,δ,...) ενώνονται μεταξύ τους και έτσι κατασκευάζεται η γραμμή Bruckner ως συνεχής πολυγωνική ή δυνητικά συνεχής καμπύλη, αφού η γραμμή Bruckner προκύπτει με ολοκλήρωση της γραμμής των επιφανειών. Έτσι, τα υψηλότερα σημεία της γραμμής Bruckner αντιστοιχούν σε θέσεις όπου υπάρχει μετάβαση από όρυγμα σε επίχωμα και τα χαμηλότερα σημεία της γραμμής αντιστοιχούν σε θέσεις όπου υπάρχει μετάβαση από επίχωμα σε όρυγμα.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (22/106)

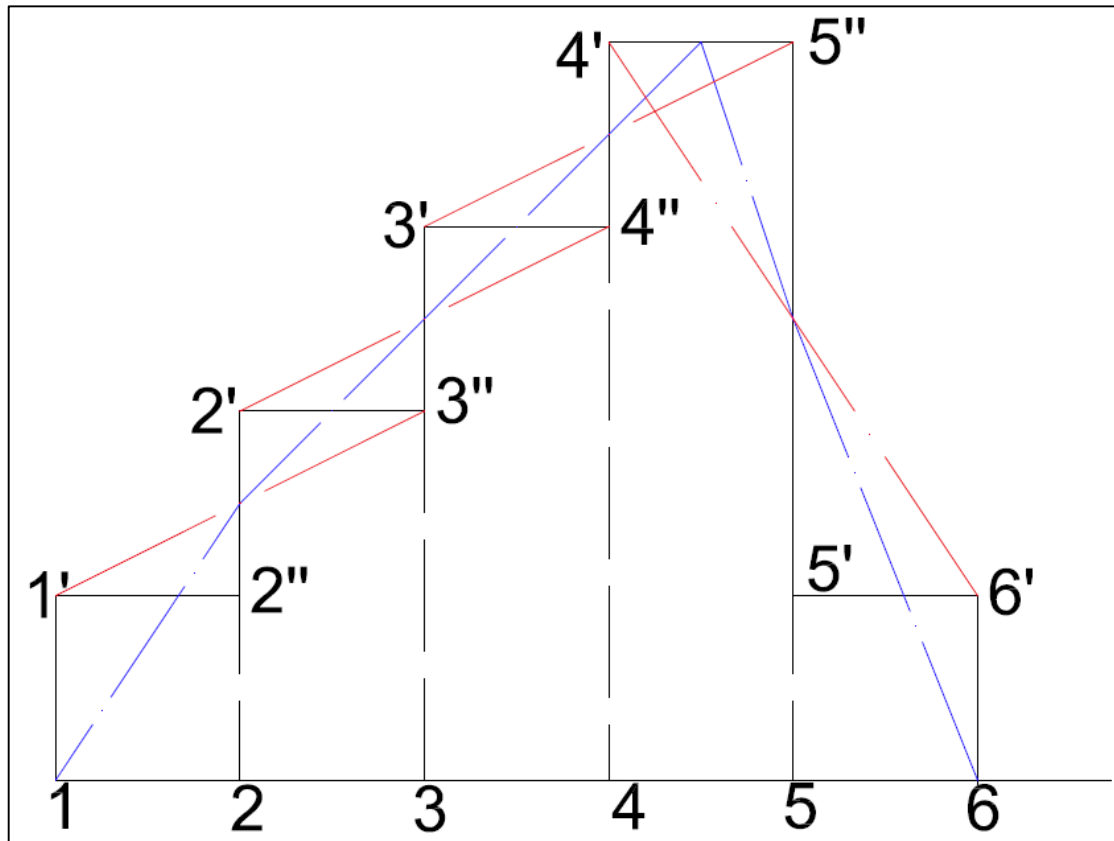
- ii. Τοποθετούνται οι διαδοχικές διατομές της οδού, ως τετμημένες στον άξονα  $x$  του διαγράμματος Bruckner και οι τιμές του αλγεβρικού αθροίσματος των πλεονασμάτων (διαθέσιμων) γαιών που αντιστοιχούν στο μέσο των τμημάτων μεταξύ των διαδοχικών διατομών ως τεταγμένες  $y$  του διαγράμματος (μέθοδος μέσων επιφανειών). Τα διαδοχικά σημεία (τεταγμένες) ενώνονται για να προκύψει η γραμμή Bruckner.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (23/106)

- Όπως και στο διάγραμμα Lalanne οι τεταγμένες του διαγράμματος Bruckner αντιστοιχούν στο συνολικό όγκο των πλεονασμάτων (διαθέσιμων) των χωματισμών από την αρχή της οδού. Η διαφορά των τεταγμένων διαδοχικών διατομών αντιστοιχεί στη διαφορά των όγκο των πλεονασμάτων μεταξύ των διαδοχικών διατομών.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (24/106)

- Η μεταφορά από το διάγραμμα Lalanne στο διάγραμμα Bruckner γίνεται ως εξής (Σχήμα 14).



Σχήμα 14: Μεταφορά από διάγραμμα Lalanne σε διάγραμμα Bruckner

# Κίνηση και διανομή των γαιών (25/106)

- Χαράσσονται οι ευθείες 1'-3'', 2'-4'', 3'-5'', 4'-6' και προσδιορίζονται τα σημεία τομής τους με τα κατακόρυφα τμήματα της γραμμής Lalanne αντίστοιχα, 2'-2'', 3'-3'', 4'-4'', 4'-5'', 5'-5''. Σε περίπτωση που οι αποστάσεις μεταξύ των διατομών είναι ίσες, τα σημεία α, β, γ, δ, ε, ... είναι τα μέσα των κατακόρυφων και των ακραίων σημείων της γραμμής Lalanne. Σημεία της γραμμής Bruckner είναι και τα μέσα των υψηλότερων ή των χαμηλότερων τμημάτων του διαγράμματος Lalanne.



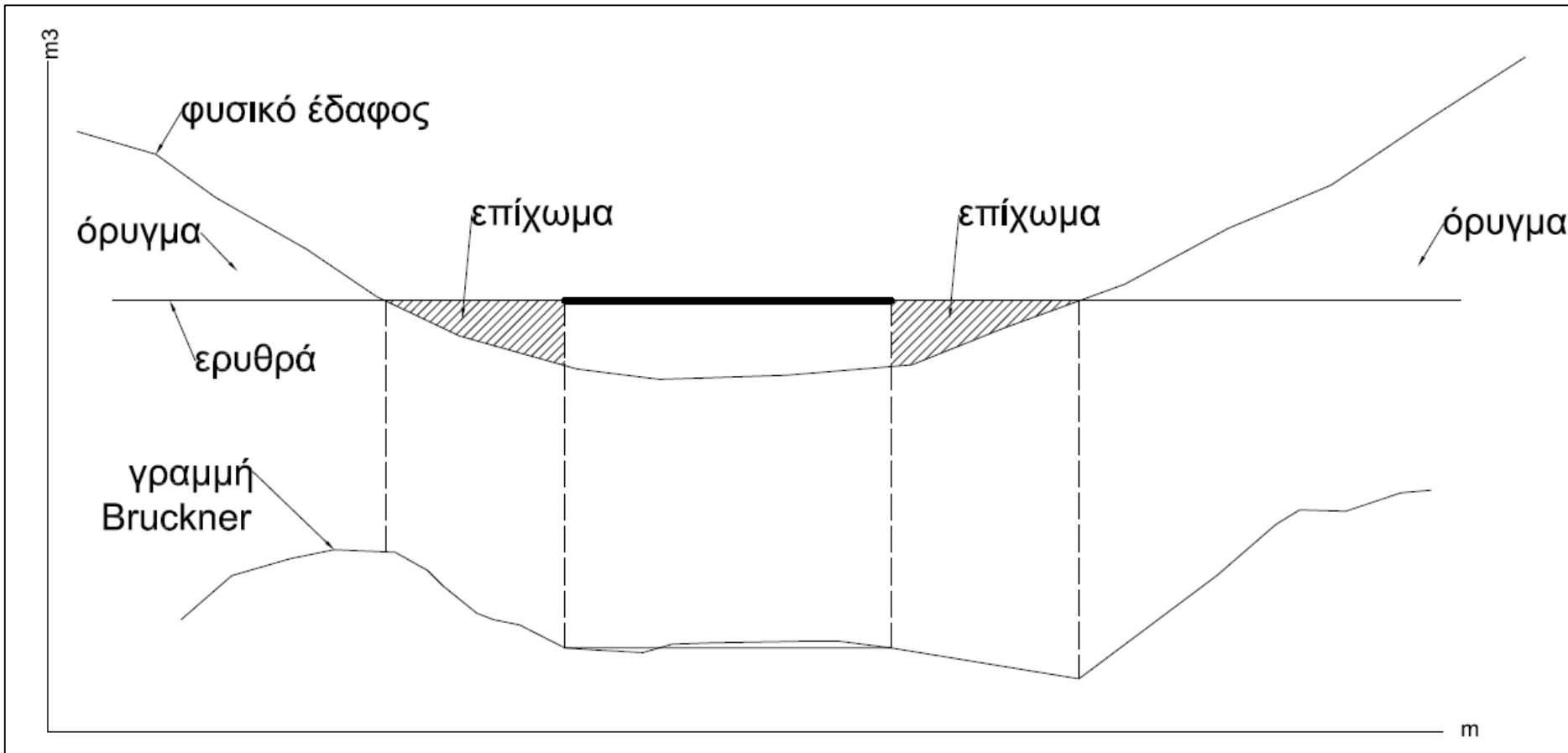
# Κίνηση και διανομή των γαιών (26/106)

- Η γραμμή Bruckner έχει τις παρακάτω ιδιότητες:
  - i. Οι τεταγμένες της παριστούν όγκους σε  $m^3$ . Όταν είναι θετικές παριστούν πλεόνασμα ορυγμάτων ενώ όταν είναι αρνητικές παριστούν πλεόνασμα επιχωμάτων.
  - ii. Η γραμμή Bruckner εξετάζεται από τα αριστερά (αρχή της οδού προς τα δεξιά). Όταν ανέρχεται, υπάρχει πλεόνασμα ορυγμάτων (γραμμή παροχής) ενώ όταν κατέρχεται υπάρχει πλεόνασμα επιχωμάτων (γραμμή ανάλωσης).
  - iii. Η εφαπτόμενη της γωνίας που σχηματίζει η πλευρά της πολυγωνικής γραμμής Bruckner με τον άξονα  $x$  είναι ανάλογη με τον όγκο των πλεονασμάτων των χωματισμών μεταξύ των δύο ακραίων διατομών της πλευράς.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (27/106)

- iv. Τα μέγιστα και τα ελάχιστα της γραμμής Bruckner αντιστοιχούν στις θέσεις μετάβασης από όρυγμα σε επίχωμα και από επίχωμα σε όρυγμα αντίστοιχα.
- v. Όταν στη γραμμή Bruckner εμφανίζονται οριζόντια τμήματα, τότε στα αντίστοιχα τμήματα δεν υπάρχουν πλεονάσματα ορυγμάτων ή δεν απαιτούνται δάνειοι χωματισμοί για επιχωμάτωση. Μια τέτοια περίπτωση αποτελεί η περίπτωση κατασκευής γέφυρας σε τμήμα της οδού. Στο τμήμα αυτό η γραμμή Bruckner παραμένει οριζόντια (Σχήμα 15).

# Κίνηση και διανομή των γαιών (28/106)

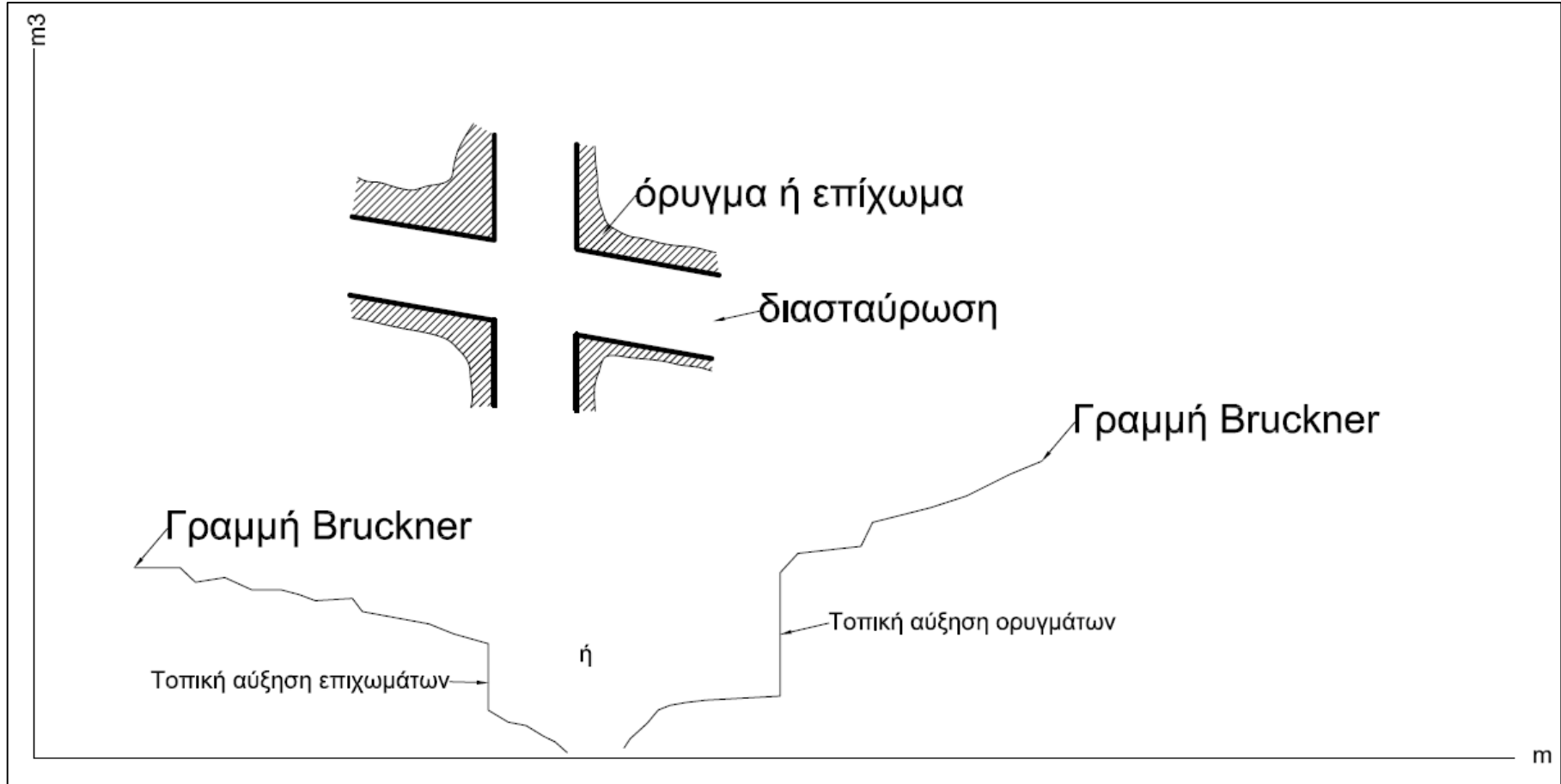


Σχήμα 15: Σχηματική παράσταση του διαγράμματος Bruckner σε θέση κατασκευής γέφυρας

# Κίνηση και διανομή των γαιών (29/106)

- vi. Η διαφορά διαδοχικών τεταγμένων παριστάνει το πλεόνασμα των ορυγμάτων ή των επιχωμάτων μεταξύ των αντίστοιχων διατομών.
- vii. Σε διασταυρώσεις οδών προκύπτει, τοπικά, αύξηση των πλεονασμάτων ορυγμάτων ή επιχωμάτων, η οποία συμβολίζεται στο διάγραμμα Bruckner με κατακόρυφη γραμμή (Σχήμα 16).

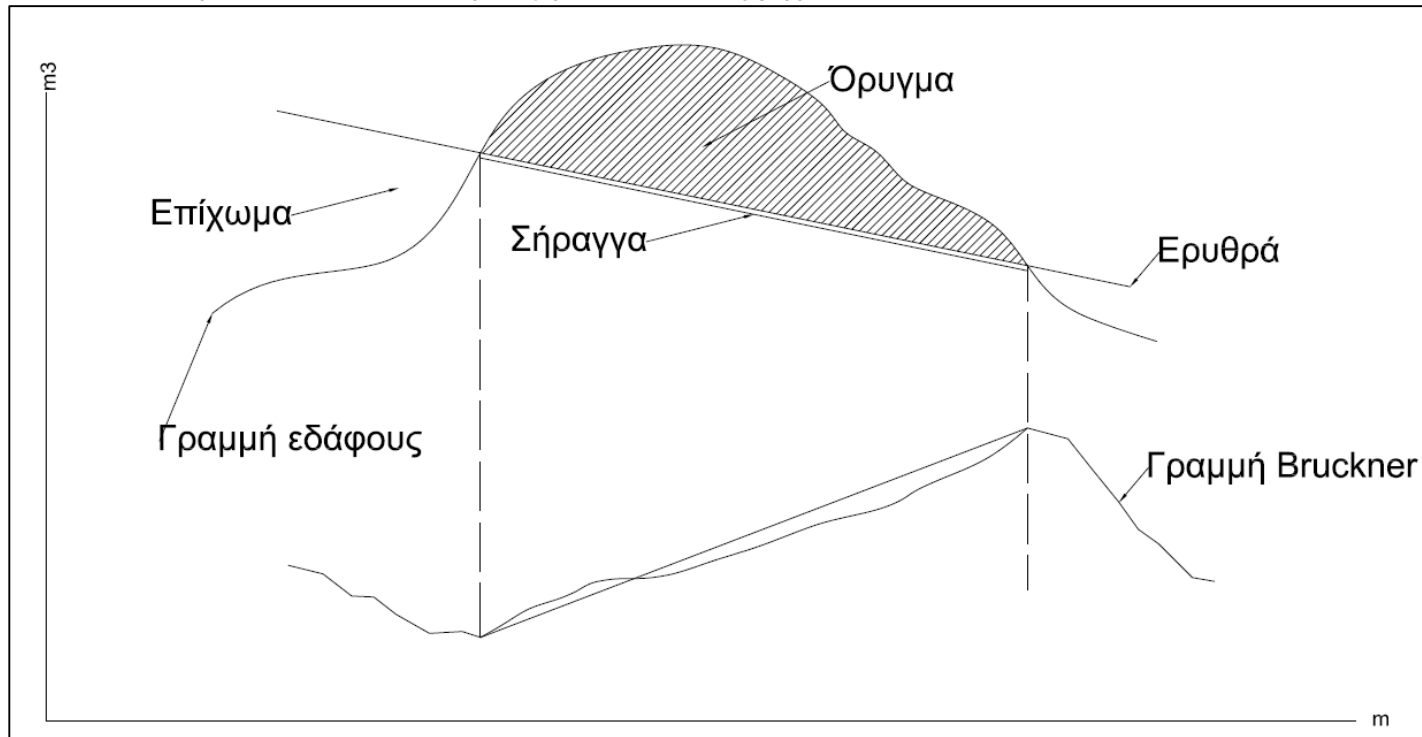
# Κίνηση και διανομή των γαιών (30/106)



Σχήμα 16: Σχηματική παράσταση του διαγράμματος Bruckner σε διασταύρωση οδών

# Κίνηση και διανομή των γαιών (31/106)

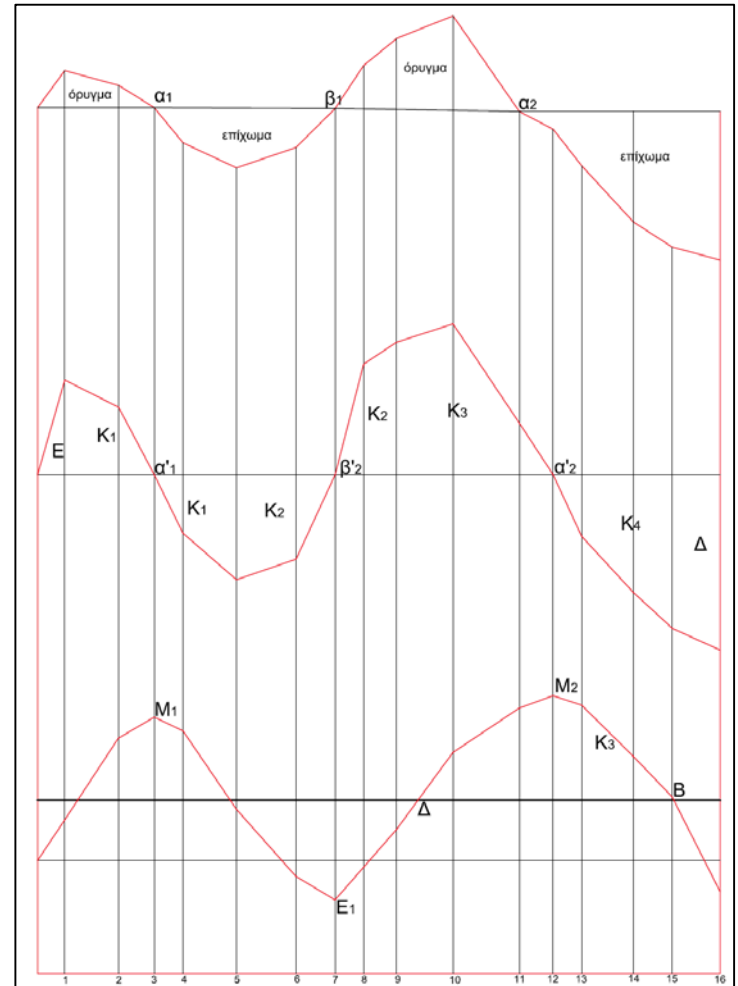
- viii. Όταν σε κάποια θέση της οδού κατασκευάζεται σήραγγα τότε στο τμήμα αυτό έχουμε αύξηση των ορυγμάτων κατά συνέπεια και αύξηση των πλεονασμάτων των ορυγμάτων (Σχήμα 17).



Σχήμα 17: Σχηματική παράσταση του διαγράμματος Bruckner σε σήραγγα

# Κίνηση και διανομή των γαιών (32/106)

- Το διάγραμμα Bruckner βρίσκεται σε αντιστοιχία με το διάγραμμα μηκοτομής του άξονα της οδού και το διάγραμμα επιφανειών όπως φαίνεται στο Σχήμα 18.



Σχήμα 18: Διάγραμμα Bruckner σε αντιστοιχία με το διάγραμμα μηκοτομής του άξονα της οδού και το διάγραμμα επιφανειών

# Κίνηση και διανομή των γαιών (33/106)

- Στο Σχήμα 18, φαίνεται χαρακτηριστικά ότι τα ακραία σημεία ( $\alpha_1$ - $M_1$ ,  $\beta_1$ - $E_1$ ,  $\alpha_2$ - $M_2$ ) της γραμμής Bruckner αντιστοιχούν σε διατομές της οδού όπου παρατηρείται αλλαγή από όρυγμα σε επίχωμα και το αντίθετο.
- Εξετάζοντας το πλήρες ανάπτυγμα του διαγράμματος Bruckner μιας οδού AB παρατηρούμε τις παρακάτω περιπτώσεις:
  - i. Η αρχή A και το τέλος B της οδού βρίσκονται στην ίδια οριζόντια ευθεία. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει εξίσωση του συνόλου των πλεονασμάτων των ορυγμάτων με τον αντίστοιχο όγκο των επιχωμάτων (απαιτούμενες γαίες).



# Κίνηση και διανομή των γαιών (34/106)

---

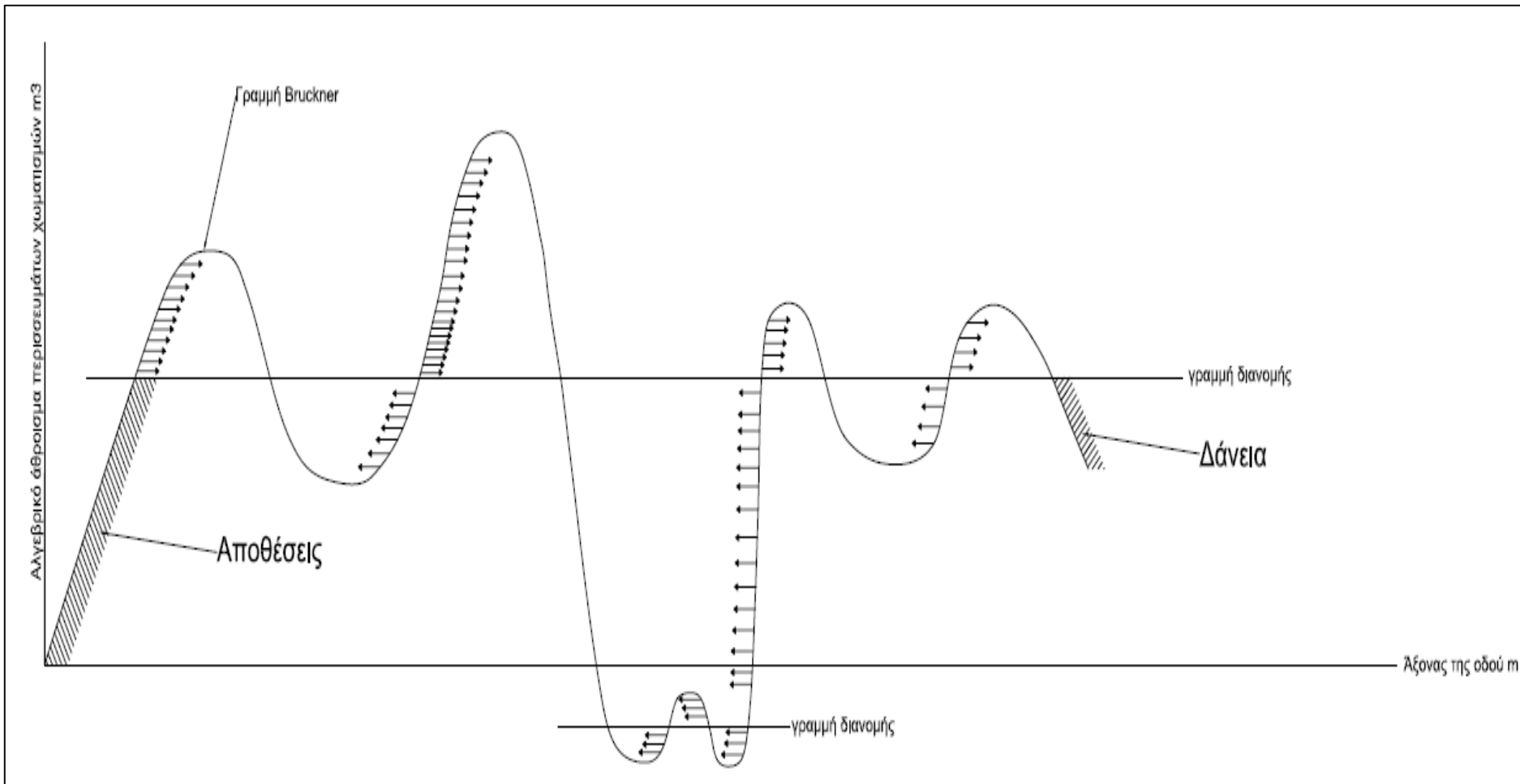
- ii. Η αρχή A βρίσκεται υψηλότερα από το τέλος B της οδού. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει πλεόνασμα για επιχωμάτωση (απαιτούμενες γαίες).
- iii. Η αρχή A βρίσκεται χαμηλότερα από το τέλος B της οδού. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει πλεόνασμα ορυγμάτων.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (35/106)

## Γραμμές Διανομής

- Κάθε ευθεία παράλληλη προς τον άξονα των τετμημένων, η οποία τέμνει το διάγραμμα Bruckner τουλάχιστον σε δύο σημεία και καθορίζει την κίνηση και τη διανομή, με εξίσωση των πλεονασμάτων των ορυγμάτων και των επιχωμάτων, μεταξύ των δύο διαδοχικών σημείων καλείται **γραμμή διανομής**.
- Η γραμμή διανομής ή οι γραμμές διανομής ορίζει/ ουν τον τρόπο που θα γίνει η κίνηση των πλεονασμάτων των ορυγμάτων προς τους απαιτούμενους χωματισμούς (επιχώματα) καθώς και το μέγεθος των αποθέσεων και των δανείων (Σχήμα 19).

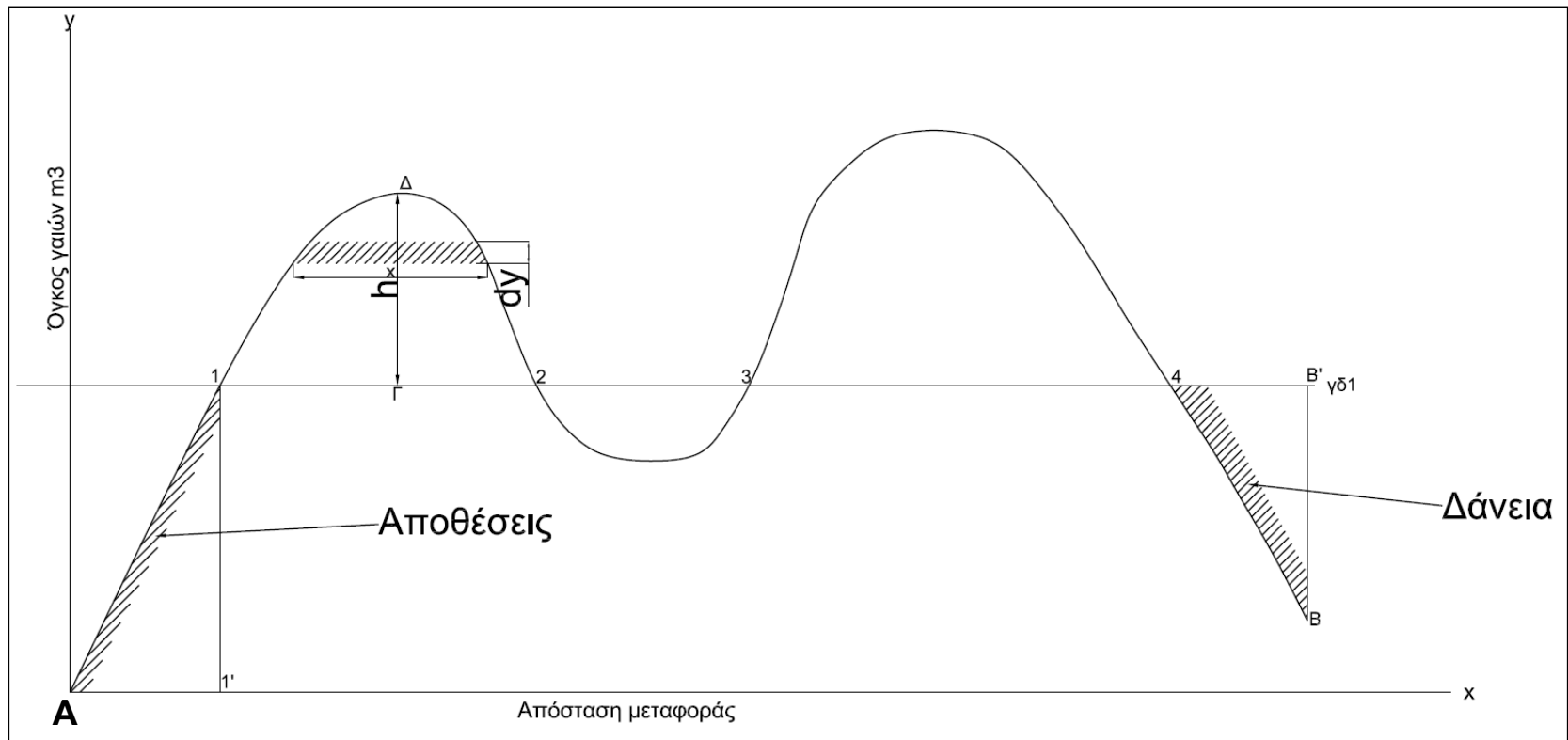
# Κίνηση και διανομή των γαιών (36/106)



Σχήμα 19: Σχηματική παράσταση γραμμών διανομής στο διάγραμμα Bruckner

# Κίνηση και διανομή των γαιών (37/106)

- Στο Σχήμα 20 παριστάνεται διάγραμμα Bruckner το οποίο εμφανίζει τρεις διαδοχικές κορυφές. Η γραμμή Bruckner τέμνεται από τη γραμμή διανομής  $\gamma\delta 1$ .



Σχήμα 20: Διάγραμμα Bruckner και γραμμές διανομής

# Κίνηση και διανομή των γαιών (38/106)

- Από τη μελέτη του διαγράμματος Bruckner του Σχήματος 20 προκύπτουν τα εξής:
  - i. Η γραμμή διανομής  $\gamma\delta 1$  τέμνει τη γραμμή Bruckner και σχηματίζει τρία φατνώματα με χορδές τα τμήματα 1-2, 2-3 και 3-4. Τα φατνώματα με χορδές 1-2 και 3-4 στρέφουν τα κοίλα προς τα κάτω και ορίζονται ως **κυρτά** φατνώματα. Το φάτνωμα με χορδή 2-3 στρέφει το κοίλο προς τα επάνω και ορίζεται ως κοίλο φάτνωμα.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (39/106)

- ii. Εντός των τριών φατνωμάτων και συνολικά κατά μήκος των χορδών τους, που αποτελούν διαδοχικά τμήματα της οδού, υπάρχει εξίσωση των πλεονασμάτων των χωματισμών με μεταφορά των πλεονασμάτων των ορυγμάτων (ανιόντες κλάδοι της γραμμής Bruckner εντός των φατνωμάτων) προς τις απαιτούμενες γαίες – πλεόνασμα επιχωμάτων (κατιόντες κλάδοι της γραμμής Bruckner εντός των φατνωμάτων).
- iii. Ο ανιών κλάδος A-1 του διαγράμματος Bruckner υποδεικνύει την ύπαρξη πλεονασμάτων ορυγμάτων (**Αποθέσεις**) στο τμήμα A-1' της οδού, ο όγκος των οποίων συμβολίζεται με την τεταγμένη 1-1'. Αντίστοιχα ο κατιών κλάδος 4-B του διαγράμματος Bruckner υποδεικνύει την ύπαρξη αναγκών για επιχώματα (**Δάνεια**) στο τμήμα 4-B' της οδού, ο όγκος των οποίων συμβολίζεται με την τεταγμένη B-B'.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (40/106)

- iv. Στο κυρτό φάτνωμα χορδής 1-2 (Σχήμα 20) φαίνεται ότι το στοιχείο  $dy$  των πλεονασμάτων των ορυγμάτων μεταφέρεται σε απόσταση  $x$  για την κατασκευή επιχώματος αντίστοιχου όγκου γαιών. Το γινόμενο του στοιχειώδους όγκου του ορύγματος  $dy$  επί το μήκος  $x$  καλείται στοιχειώδης **ροπή μεταφοράς**  $dm = x \cdot dy$ . Η στοιχειώδης ροπή μεταφοράς  $dm$  είναι το εμβαδόν του τμήματος μήκους  $x$  και πλάτους  $dy$  όπως φαίνεται στο Σχήμα 20. Αντίστοιχα καλείται **ροπή μεταφοράς**  $m$ , η οποία προκύπτει από τη μεταφορά του πλεονάσματος γαιών του ανιόντα κλάδου 1-Δ προς τον κατιόντα κλάδο Δ-2, το εμβαδόν του φατνώματος 1-Δ-2 (χορδής 1-2) του διαγράμματος. Το εμβαδόν του φατνώματος είναι ουσιαστικά το άθροισμα όλων των στοιχειωδών ροπών μεταφορά για το τμήμα της οδού 1-2. Έτσι:

$$m = \sum dm = \sum x \cdot dy \quad \text{ή} \quad m = \int_0^h x \cdot dy \quad (13)$$

Όπου  $h$  ο συνολικός όγκος ( $m^3$ ) των πλεονασμάτων ορυγμάτων που μεταφέρεται από τον ανιόντα κλάδο 1-Δ προς τον κατιόντα κλάδο Δ-2. Η ροπή υπολογίζεται σε κυβοχιλιόμετρα ( $m^3 \cdot km$ ).

# Κίνηση και διανομή των γαιών (41/106)

## Μεταφορά Χωματισμών – Μεταφορικά Μέσα

- Η εκσκαφή, η επιχωμάτωση, η φόρτωση και η μεταφορά των χωματισμών, στα έργα οδοποιίας μπορεί να γίνουν με διάφορα μέσα όπως είναι ο Προωθητήρας (bulldozer), ο Χωματοσυλλέκτης (scraper), ο Εκσκαφέας, ο Φορτωτής και το Αυτοκίνητο. Η επιλογή του μέσου ή των μέσων που θα χρησιμοποιηθούν κάθε φορά εξαρτάται από τη σύσταση του εδάφους, την απόσταση μεταφοράς, τη διαθεσιμότητα των μηχανημάτων στο εργοτάξιο και το μέγεθος των εργασιών.



# Κίνηση και διανομή των γαιών (42/106)

- Σε ότι αφορά στη φόρτωση και τη μεταφορά των χωματισμών τα χρησιμοποιούμενα μέσα διακρίνονται ως εξής:
  - Μεταφορικά μέσα με τα οποία γίνεται η μεταφορά σε ένα στάδιο (Πρωθητήρας).
  - Μεταφορικά μέσα με τα οποία γίνεται η μεταφορά σε δύο στάδια (φόρτωση και μεταφορά) αλλά από το ίδιο μηχάνημα (Χωματοσυλλέκτης).
  - Μεταφορικά μέσα με τα οποία γίνεται η μεταφορά σε δύο στάδια με διαφορετικά μηχανήματα – φόρτωση (Φορτωτής), μεταφορά (Αυτοκίνητο).

# Κίνηση και διανομή των γαιών (43/106)

- Επιτυχής επιλογή μεταφορικού μέσου ή συνδυασμού μεταφορικών μέσων σημαίνει μείωση της δαπάνης για τη μεταφορά των χωματισμών.
- Για τον υπολογισμό του κόστους των εργασιών μεταφοράς και διανομής των γαιών εξετάζονται οι παρακάτω δύο περιπτώσεις:
  - i. Χρήση τριών μεταφορικών μέσων (γενική περίπτωση)**
    - Η εκτέλεση εργασιών μεταφοράς των χωματισμών με τη χρήση τριών μεταφορικών μέσων – Προωθητήρας, Χωματοσυλλέκτης, Αυτοκίνητο σε συνδυασμό με Φορτωτή – είναι μια γενική πρακτική η οποία έχει αναφορά σε μεγάλα έργα οδοποιίας και όταν το έδαφος, το μέγεθος του έργου, οι αποστάσεις μεταφοράς και η διαθεσιμότητα των μέσων στο εργοτάξιο ευνοούν την υλοποίηση των εν λόγω εργασιών με το συνδυασμό των τριών μεταφορικών μέσων. Επίσης στη γενική αυτή περίπτωση θεωρούμε ότι δεν υπάρχει ελάχιστη απόσταση μεταφοράς για την οποία το κόστος μεταφοράς παραμένει σταθερό.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (44/106)

- Η δαπάνη μεταφοράς των χωματισμών υπολογίζεται από το γενικό τύπο  $\Delta = \alpha + \beta * T$  (14), όπου:

$\Delta$  (m<sup>3</sup>) = δαπάνη μεταφοράς 1m<sup>3</sup> χωματισμών σε απόσταση T (km)

$\alpha$  (€) = δαπάνη φόρτωσης 1m<sup>3</sup> χωματισμών

$\beta$  (€) = δαπάνη μεταφοράς 1m<sup>3</sup> χωματισμών σε απόσταση 1km

T (km) = απόσταση μεταφοράς των χωματισμών

# Κίνηση και διανομή των γαιών (45/106)

- Οι τιμές των όρων  $\alpha$  και  $\beta$  δεν είναι ίδιες για τα τρία μεταφορικά μέσα, διαφοροποιούνται δε και από το είδος των γαιών.
- Αναλυτικά η δαπάνη μεταφοράς για τα τρία μεταφορικά μέσα υπολογίζεται από τους τύπους:
  1. Προωθητήρας:  $\Delta_1 = \alpha_1 + \beta_1 * T$  (15)
  2. Χωματοσυλλέκτης:  $\Delta_2 = \alpha_2 + \beta_2 * T$  (16)
  3. Αυτοκίνητο:  $\Delta_3 = \alpha_3 + \beta_3 * T$  (17)

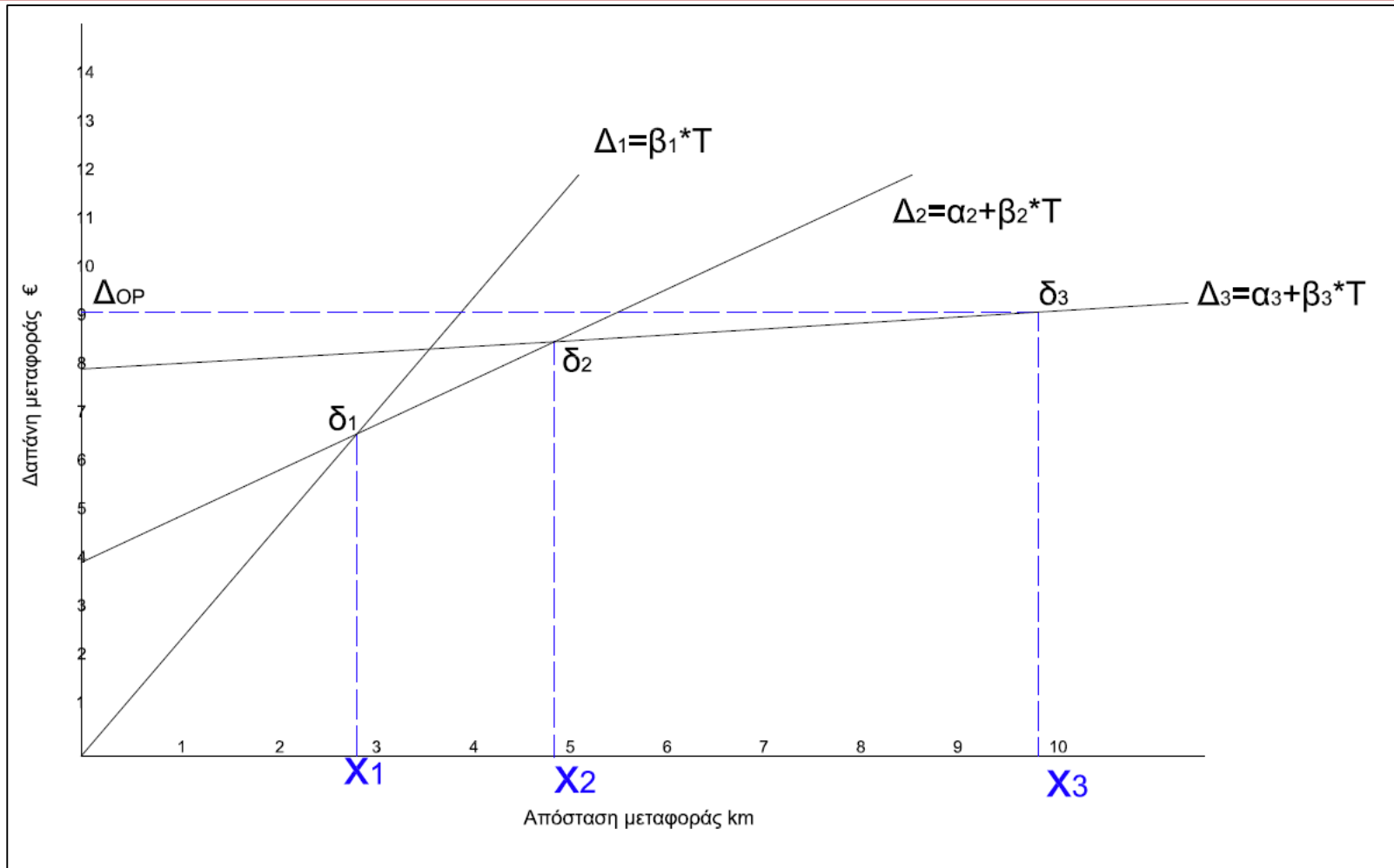
# Κίνηση και διανομή των γαιών (46/106)

- Η τιμή του όρου  $\alpha_1$  ισούται με μηδέν ( $\alpha_1 = 0$ ) αφού για τον Προωθητήρα δεν υφίσταται το στάδιο της φόρτωσης. Έτσι η δαπάνη μεταφοράς για τον Προωθητήρα υπολογίζεται από τον τύπο  $\Delta_1 = \beta_1 * T$  (18).
- Μεταξύ των όρων  $\alpha$  και  $\beta$  υπάρχουν οι παρακάτω συσχετίσεις:
  - $\alpha_3 > \alpha_2 > \alpha_1 = 0$
  - $\beta_1 > \beta_2 \gg \beta_3$

# Κίνηση και διανομή των γαιών (47/106)

- Οι γραμμικές εξισώσεις υπολογισμού του κόστους μεταφοράς με τα τρία μεταφορικά μέσα παρίστανται γραφικά με το διάγραμμα των μεταφορικών μέσων, το οποίο είναι ένα ορθογωνικό διάγραμμα στον άξονα  $x$  του οποίου παρίστανται τα μήκη μεταφοράς ενώ στον άξονα  $y$  παρίσταται η δαπάνη μεταφοράς (Σχήμα 21).

# Κίνηση και διανομή των γαιών (48/106)



Σχήμα 21: Σχηματική παράσταση του διαγράμματος μεταφορικών μέσων

# Κίνηση και διανομή των γαιών (49/106)

- Στο διάγραμμα του Σχήματος 21 οι εξισώσεις των μεταφορικών μέσων παρίστανται με τις ευθείες  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$  και  $\Delta_3$ . Τα σημεία τομής  $\delta_1$  και  $\delta_2$  μεταξύ των ευθειών  $\Delta_1 - \Delta_2$  και  $\Delta_2 - \Delta_3$ , αντίστοιχα ορίζουν τις τετμημένες  $x_1$  και  $x_2$  οι οποίες, στη συνέχεια, ορίζουν και τις περιοχές της απόστασης μεταφοράς για τις οποίες η μεταφορά είναι πλέον οικονομική με το αντίστοιχο μέσο. Έτσι, για αποστάσεις από 0 έως  $x_1$  km η μεταφορά με τον Προωθητήρα είναι η λιγότερο δαπανηρή επιλογή. Για τις αποστάσεις από  $x_1$  έως  $x_2$  km η μεταφορά με το Χωματοσυλλέκτη είναι η λιγότερο δαπανηρή επιλογή. Τα μήκη  $x_1$  και  $x_2$  ορίζονται ως **οριακά μήκη του Προωθητήρα και του Χωματοσυλλέκτη**, αντίστοιχα.



# Κίνηση και διανομή των γαιών (50/106)

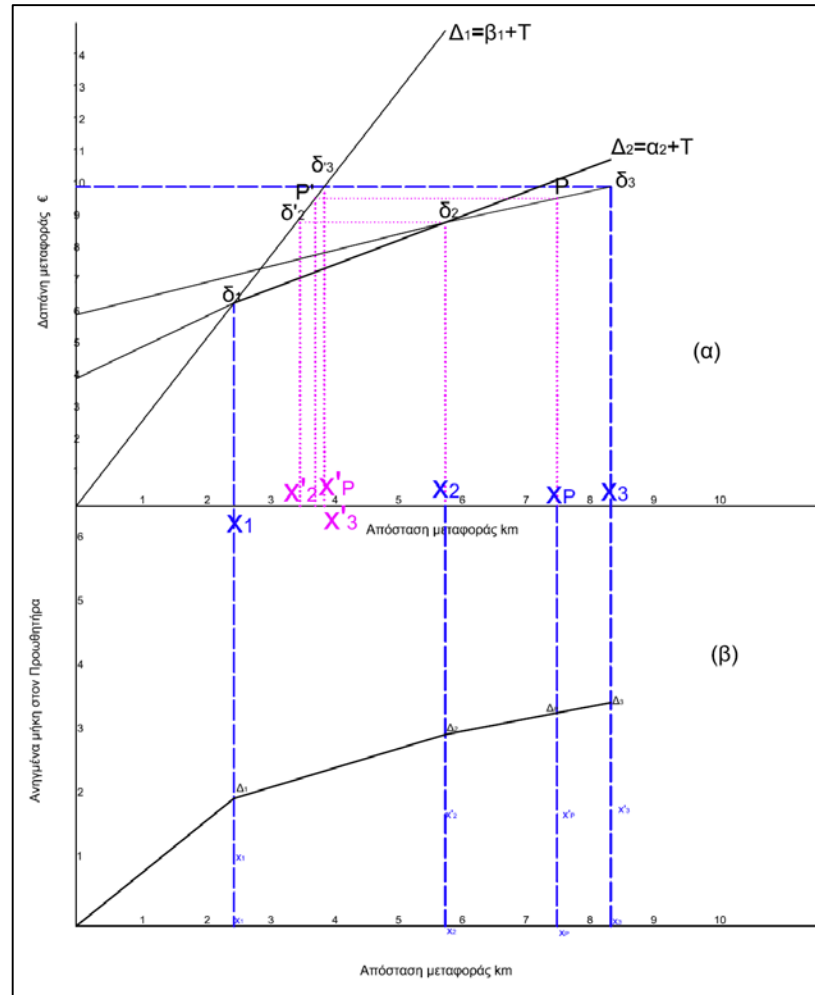
- Για τον καθορισμό του **οριακού μήκους του Αυτοκινήτου** χρησιμοποιείται η δαπάνη  $\Delta_{op}$  (οριακή δαπάνη μεταφοράς ιδίων πλεονασμάτων) η οποία απαιτείται για την απόθεση πλεονασμάτων ορυγμάτων εκτός έργου ή/ και τη λήψη δανείων για την κάλυψη των αναγκών του έργου σε τμήματα όπου πλεονάζουν τα επιχώματα. Το οριακό μήκος του Αυτοκινήτου ορίζεται με την τετμημένη  $x_3$ . Πέραν της απόστασης αυτής δεν είναι συμφέρουσα η μεταφορά και διανομή ιδίων πλεονασμάτων αλλά η απόθεση και/ ή ο δανεισμός γαιών (αποθέσεις – δάνεια).

# Κίνηση και διανομή των γαιών (51/106)

## Διάγραμμα αναγωγής σε ένα μεταφορικό μέσο

- Με τα διαγράμματα των μεταφορικών μέσων προσδιορίζονται οι δαπάνες μεταφοράς για συγκεκριμένα πάντοτε μήκη, οι οποίες όμως πολλές φορές αφορούν διαφορετικά μεταφορικά μέσα. Έτσι, τα μήκη που μετρώνται στο διάγραμμα Bruckner δεν αποτελούν ομοειδή μεγέθη, με οικονομικούς όρους, με συνέπεια να μην μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους. Η χρησιμοποίηση του μήκους (απόσταση) ως μοναδικού μέτρου σύγκρισης εργασίας μεταφοράς χωματισμών, με οικονομικούς όρους (δαπάνη) δε θα είναι δυνατή παρά μόνο όταν όλα τα μήκη – αποστάσεις αναχθούν σε ένα μεταφορικό μέσο το οποίο είναι συνήθως ο Προωθητήρας.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (52/106)



Σχήμα 22: Σχηματική παράσταση του διαγράμματος μεταφορικών μέσων και του διαγράμματος αναγωγής μηκών στον Προωθητήρα

# Κίνηση και διανομή των γαιών (53/106)

- Η αναγωγή των μηκών στον Προωθητήρα γίνεται με τη χρήση του διαγράμματος αναγωγής των μηκών στον Προωθητήρα – Σχήμα 22. Η κατασκευή του διαγράμματος αναγωγής γίνεται ως εξής:
  - i. Συντάσσεται το διάγραμμα μεταφορικών μέσων (Σχήμα 22-α). Ορίζονται τα οριακά μήκη των μεταφορικών μέσων

$$T_{\rho_{\Pi\rho}} \equiv x_1, T_{\rho_X} \equiv x_2 \text{ και } T_{\rho_A} \equiv x_3$$

Τα σημεία τομής των  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  και  $\delta_3$  προβάλλονται στην ευθεία του Προωθητήρα ( $\Delta_1 = \beta_1 * T$ ). Τα σημεία προβολής είναι το  $\delta_1$ ,  $\delta_2 \rightarrow \delta'_2$  και  $\delta_2 \rightarrow \delta'_3$  των οποίων οι τεταγμένες είναι  $x_1$ ,  $x'_2$  και  $x'_3$  αντίστοιχα.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (54/106)

- ii. Κατασκευάζεται το διάγραμμα αναγωγής μηκών του Προωθητήρα (Σχήμα 22-β). Είναι ορθογωνικό διάγραμμα στους άξονες  $x$  και  $y$  του οποίου παρίστανται μήκη. Η κλίμακα των μηκών στους δύο άξονες του διαγράμματος είναι κοινή με την κλίμακα των μηκών (άξονας  $x$ ) του διαγράμματος των μεταφορικών μέσων. Μεταφέρονται οι τετμημένες  $x_1$ ,  $x_2$  και  $x_3$  (οριακά μήκη μεταφορικών μέσων) στον άξονα  $x$  του διαγράμματος αναγωγής και τοποθετούνται για κάθε μία τετμημένη ως τεταγμένες τα μήκη  $x_1$ ,  $x'_2$  και  $x'_3$  ορίζοντας έτσι τα σημεία  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$  και  $\Delta_3$  τα οποία αποτελούν τις κορυφές του διαγράμματος αναγωγής μηκών στον Προωθητήρα και το οποίο παρίσταται με τη γραμμή  $0\Delta_1\Delta_2\Delta_3$  (Σχήμα 22-β).

# Κίνηση και διανομή των γαιών (55/106)

- iii. Προκειμένου να κάνουμε την αναγωγή του μήκους  $x_p$  (σημείο P) – Σχήμα 22-α - στον Προωθητήρα, προβάλλουμε το σημείο P στην ευθεία  $\Delta_1$  (σημείο P') και βρίσκουμε την τετμημένη  $x'_p$  του σημείου P'. Στο διάγραμμα αναγωγής (Σχήμα 22-β) τοποθετούμε ως τετμημένη το μήκος  $x_p$  και ως τεταγμένη το μήκος  $x'_p$  και προσδιορίζουμε την τεταγμένη  $x''_p$  ως το ανηγμένο μήκος στον Προωθητήρα της απόστασης  $x_p$ . Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να προσδιορίσουμε τα ανηγμένα μήκη διαφόρων αποστάσεων από το διάγραμμα των μεταφορικών μέσων.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (56/106)

- iv. Χρησιμοποιώντας τα ανηγμένα μήκη στο ίδιο μεταφορικό μέσο (π.χ. Προωθητήρας) μπορούμε να συγκρίνουμε, με οικονομικούς όρους, διαφορετικές λύσεις κίνησης και διανομής των γαιών όπως αυτές προσδιορίζονται με την τοποθέτηση των γραμμών διανομής στο διάγραμμα Bruckner. Επεξηγηματικά αναφέρεται ότι με συγκεκριμένη δαπάνη  $\Delta$  η μεταφορά  $1\text{m}^3$  χωματισμών γίνεται σε διαφορετικές αποστάσεις για τα τρία μεταφορικά μέσα ( $S_{\text{ΠΡ}} < S_{\text{Χ}} < S_{\text{Α}}$ ). Με την αναγωγή των μηκών  $S_{\text{ΠΡ}}$ ,  $S_{\text{Χ}}$ ,  $S_{\text{Α}}$  στον Προωθητήρα προκύπτουν τα ισοδύναμα με όρους κόστους μήκη  $S_{\text{ΠΡ}}$ ,  $S'_{\text{Χ}}$ ,  $S'_{\text{Α}}$  με τη χρήση των οποίων είναι δυνατή η σύγκριση διαφορετικών λύσεων διανομής των γαιών.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (57/106)

---

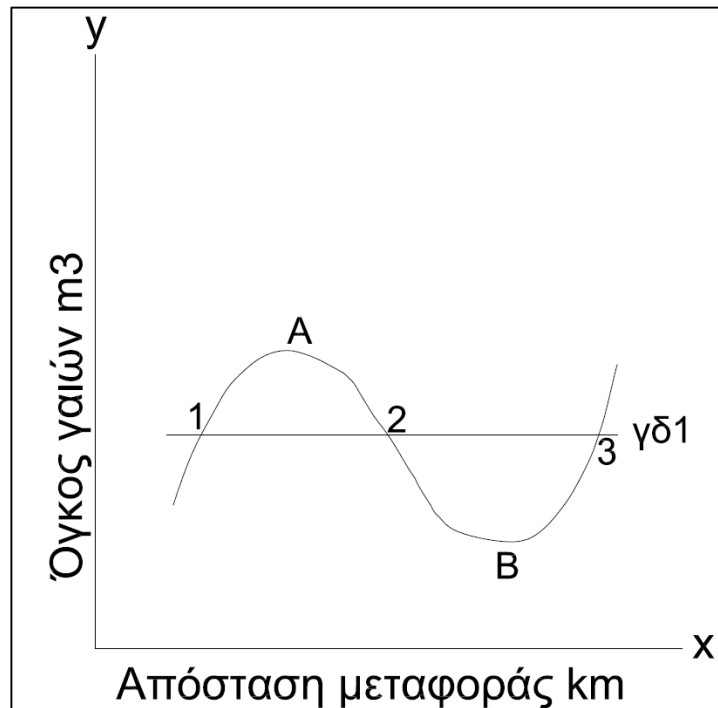
- Τα διαγράμματα μεταφορικών μέσων και αναγωγής μηκών σε ένα μεταφορικό μέσο μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τον ίδιο τρόπο όταν τα μέσα μεταφοράς είναι μόνο δύο.



# Κίνηση και διανομή των γαιών (58/106)

## Καθορισμός της θέσης της βέλτιστης γραμμής διανομής

- Όπως φαίνεται στο Σχήμα 23 η γραμμή διανομής  $\gamma\delta 1$  καθορίζει τον τρόπο κίνησης και διανομής των πλεονασμάτων των χωματισμών.



Σχήμα 23: Σχηματική παράσταση γραμμή διανομής στο διάγραμμα Bruckner

# Κίνηση και διανομή των γαιών (59/106)

- Στο κυρτό φάτνωμα 1-A-2 γίνεται μεταφορά των πλεονασμάτων ορυγμάτων από τον κλάδο 1-A στον κατιόντα κλάδο A-2.
- Αντίστοιχα στο κοίλο φάτνωμα 2-B-3 γίνεται μεταφορά των πλεονασμάτων ορυγμάτων από τον ανιόντα κλάδο 3-B στον κατιόντα κλάδο B-2. Η ροπή μεταφοράς στο κάθε φάτνωμα, σε κυβοχιλιόμετρα ( $m^3 \cdot km$ ), προσδιορίζεται με το εμβαδόν του κάθε φατνώματος. Έτσι, το σύνολο της ροπής μεταφοράς στο διάγραμμα Bruckner ισούται με το άθροισμα του εμβαδού των επί μέρους φατνωμάτων.

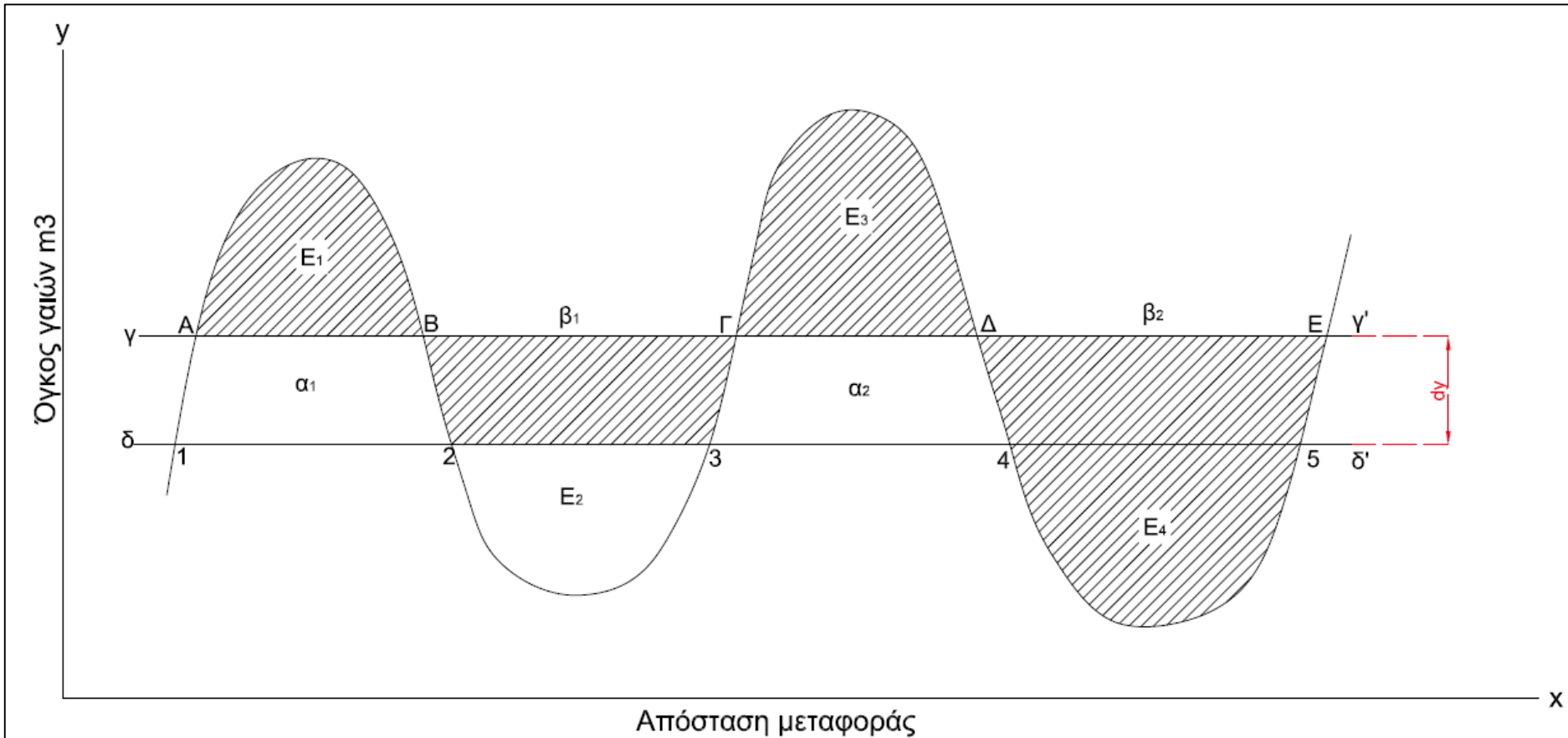
# Κίνηση και διανομή των γαιών (60/106)

- Επειδή το κόστος μεταφοράς είναι πάντοτε ανάλογο της απόστασης μεταφοράς, η δαπάνη μεταφοράς ισούται με το γινόμενο της ροπής μεταφοράς επί το κόστος για τη μεταφορά  $1\text{m}^3$  σε  $1\text{km}$ . Με την παραδοχή, όπως άλλωστε συμβαίνει, ότι το κόστος μεταφοράς ενός  $\text{m}^3 \cdot \text{km}$  είναι το ίδιο για όλα τα προϊόντα ορυγμάτων - προκύπτει ότι η δαπάνη μεταφοράς είναι ανάλογη προς τη ροπή μεταφοράς. Από αυτό προκύπτει ότι η βέλτιστη (ευνοϊκότερη, ευκταία) γραμμή διανομής, η γραμμή που ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος μεταφοράς των χωματισμών, είναι αυτή που ελαχιστοποιεί το συνολικό άθροισμα των εμβαδών των επιφανειών των φατνωμάτων του διαγράμματος Bruckner.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (61/106)

- Για τον καθορισμό της βέλτιστης γραμμής διανομής διακρίνουμε δύο περιπτώσεις ως εξής:
  - i. **Άρτιος αριθμός φατνωμάτων**
    - Στο Σχήμα 24 φαίνεται διάγραμμα Bruckner στο οποίο η γραμμή διανομής  $\gamma-\gamma'$  δημιουργεί τέσσερα (άρτιος αριθμός) φατνώματα χορδών  $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2$  και εμβαδών επιφανείας  $E_1, E_2, E_3$  και  $E_4$  αντίστοιχα.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (62/106)



Σχήμα 24: Σχηματική παράσταση διαγράμματος Bruckner με άρτιο αριθμό φατνωμάτων

# Κίνηση και διανομή των γαιών (63/106)

- Τοποθετείται μια νέα γραμμή διανομής δ-δ' σε απόσταση  $dy$  από τη γ-γ' η οποία ορίζει νέα φατνώματα με αντίστοιχα εμβαδά επιφανείας  $E_1+A-1-2-B$ ,  $E_2+B-2-3-Γ$ ,  $E_3+Γ-3-4-Δ$  και  $E_4+Δ-4-5-E$ . Επειδή το μήκος  $dy$  είναι απειροελάχιστο, γίνεται η παραδοχή ότι  $A-1-2-B=\alpha_1 \cdot dy$ ,  $B-2-3-Γ=\beta_1 \cdot dy$ ,  $Γ-3-4-Δ=\alpha_2 \cdot dy$  και  $Δ-4-5-E=\beta_2 \cdot dy$ .
- Έτσι το άθροισμα των εμβαδών για τη γραμμή διανομής δ-δ' γίνεται:

$$\sum E = (E_1 + \alpha_1 \cdot dy) + (E_2 - \beta_1 \cdot dy) + (E_3 + \alpha_2 \cdot dy) + (E_4 - \beta_2 \cdot dy) \quad (19)$$

ή

$$\sum E = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4) + (\alpha_1 + \alpha_2 - \beta_1 - \beta_2) \cdot dy \quad (20)$$

# Κίνηση και διανομή των γαιών (64/106)

- Η ελάχιστη τιμή του ΣΕ προκύπτει όταν  $\Sigma E / dy = 0$ . Ισχύει ότι

$$\frac{d(E_1 + E_2 + E_3 + E_4)}{dy} = 0 \quad (21)$$

Διότι τα εμβαδά αυτά προκύπτουν από την τοποθέτηση της ευθείας  $\gamma\gamma'$  που έχει σταθερή θέση.

Άρα πρέπει και

$$\frac{(a_1 + a_2 - \beta_1 - \beta_2) \cdot dy}{dy} = 0 \quad \text{ή} \quad \alpha_1 + \alpha_2 - \beta_1 - \beta_2 = 0 \quad \text{ή} \quad \alpha_1 + \alpha_2 = \beta_1 + \beta_2 \quad (22)$$

$$\text{δηλαδή} \quad \sum \alpha_i = \sum \beta_i \quad (23)$$

# Κίνηση και διανομή των γαιών (65/106)

- Η εφαρμογή του κανόνα τοποθέτησης της βέλτιστης γραμμής διανομής με τη σχέση (23) οδηγεί και στην επιλογή της οικονομικότερης λύσης για την κίνηση και τη διανομή των γαιών. Προκειμένου όμως να είναι δυνατή η χρησιμοποίηση της απόστασης ως παραμέτρου αξιολόγησης της οικονομικότητας της προτεινόμενης λύσης θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν τα ανηγμένα μήκη σε ένα μεταφορικό μέσο – συνήθως του Προωθητήρα. Έτσι, τελικά η βέλτιστη γραμμή διανομής για άρτιο αριθμό φατνωμάτων της γραμμής Bruckner προκύπτει όταν το άθροισμα των ανηγμένων μηκών των χορδών των κυρτών φατνωμάτων ισούται με το άθροισμα των ανηγμένων μηκών των χορδών των κοίλων φατνωμάτων.

$$\sum \alpha'_i = \sum \beta'_i \quad (24)$$

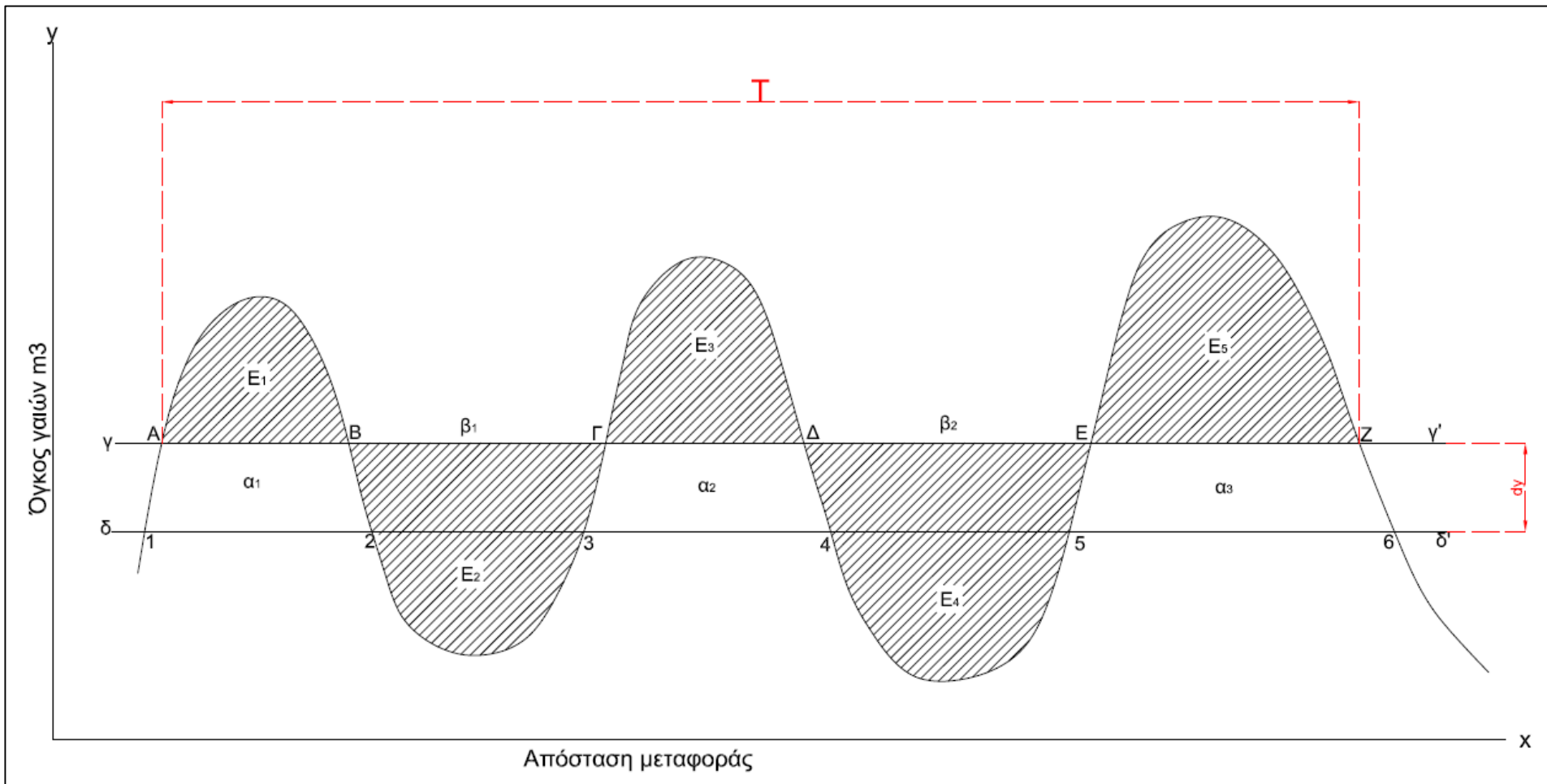


# Κίνηση και διανομή των γαιών (66/106)

## ii. Περισσότερος αριθμός φατνωμάτων

- Στο Σχήμα 25 φαίνεται διάγραμμα Bruckner στο οποίο η γραμμή διανομής  $\gamma-\gamma'$  δημιουργεί πέντε (περισσότερος αριθμός) φατνώματα χορδών  $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2, \alpha_3$  με συνολικό μήκος χορδών  $T$  και εμβαδόν επιφανείας φατνωμάτων  $E_1, E_2, E_3, E_4$  και  $E_5$  αντίστοιχα. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση για τον προσδιορισμό της οικονομικότερης λύσης θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν τα ανηγμένα μήκη στο ίδιο μεταφορικό μέσο – συνήθως στον Προωθητήρα.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (67/106)



Σχήμα 25: Σχηματική παράσταση διαγράμματος Bruckner με περιττό αριθμό φατνωμάτων

# Κίνηση και διανομή των γαιών (68/106)

## Τοποθέτηση γραμμών διανομής στο διάγραμμα Bruckner

- Σε κάθε διάγραμμα Bruckner υπάρχουν δύο **οριακές γραμμές διανομής** οι οποίες φέρονται από την αρχή και το τέλος του διαγράμματος Bruckner παράλληλα στον άξονα  $x$ . Στην περίπτωση που το διάγραμμα Bruckner εκκινεί ή τελειώνει στον άξονα  $x$  τότε ο άξονας  $x$  είναι μια εκ των δύο οριακών γραμμών διανομής. Εάν το διάγραμμα Bruckner αρχίζει και τελειώνει στον άξονα  $x$  τότε ο άξονας είναι η μοναδική οριακή γραμμή διανομής (Σχήμα 26).

# Κίνηση και διανομή των γαιών (69/106)

- Τοποθετείται μια νέα γραμμή διανομής σε απόσταση  $dy$  από τη  $\gamma-\gamma'$  η οποία ορίζει νέα φατνώματα με αντίστοιχα εμβαδά επιφανείας  $E_1+\alpha_1*dy$ ,  $E_2-\beta_1*dy$ ,  $E_3+\alpha_2*dy$ ,  $E_4-\beta_2*dy$ ,  $E_5+\alpha_3*dy$ . Παρατηρείται ότι η νέα γραμμή διανομής εκτός από τη μεταβολή στα εμβαδά των επιφανειών των φατνωμάτων επιφέρει και μεταβολή στα δάνεια και στις αποθέσεις. Έτσι, ενώ το τμήμα 1-A αποτελούσε κλάδο απόθεσης για τη γραμμή διανομής  $\gamma-\gamma'$  μεταφέρεται για τη γραμμή  $\delta-\delta'$ . Η μεταβολή αυτή είναι ίση με  $T*dy$ . Έτσι:

$$\sum E = (E_1 + \alpha_1 \cdot dy) + (E_2 - \beta_1 \cdot dy) + (E_3 + \alpha_3 \cdot dy) + (E_4 - \beta_2 \cdot dy) + (E_5 + \alpha_3 \cdot dy) - T_{dy} \quad (5)$$

ή

$$\sum E = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5) + (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 - \beta_1 - \beta_2) \cdot dy$$

# Κίνηση και διανομή των γαιών (70/106)

- Έτσι τελικά, η βέλτιστη γραμμή διανομής για περιττό αριθμό φατνωμάτων προκύπτει όταν το άθροισμα των ανηγμένων μηκών των χορδών των κυρτών φατνωμάτων ισούται με το άθροισμα των ανηγμένων μηκών των χορδών των κοίλων φατνωμάτων ή αντίστροφα, συν το ανηγμένο μήκος του αθροίσματος των μηκών των χορδών (T).

$$\sum a'_i = \sum \beta'_i + T' \quad (25)$$

# Κίνηση και διανομή των γαιών (71/106)

- Όπως προκύπτει από τη Σχέση (13) τα μήκη  $\alpha_i$ ,  $\beta_i$  και  $T$  αναφέρονται στο ίδιο μεταφορικό μέσο και ως εκ τούτου στην εν λόγω σχέση χρησιμοποιούνται τα ανηγμένα μήκη σε ένα μέσο. Επίσης το μήκος  $T$  δεν μπορεί να πάρει τιμή μεγαλύτερη από  $T_{op}$  που προκύπτει από το διάγραμμα μεταφορικών μέσων. Στην περίπτωση που το  $T$  παίρνει μεγαλύτερη τιμή από το  $T_{op}$  τότε η Σχέση (13) μετασχηματίζεται σε

$$\sum a'_i = \sum \beta'_i + T'_{op} \quad (26)$$

# Κίνηση και διανομή των γαιών (72/106)

- Το εμβαδόν  $T_{dy}$  εκφράζει την κίνηση του τμήματος 6-Z στο τμήμα 1-A.
- Για να γίνει ελάχιστο το ΣΕ πρέπει  $\Sigma E / dy = 0$ . Ισχύει ότι

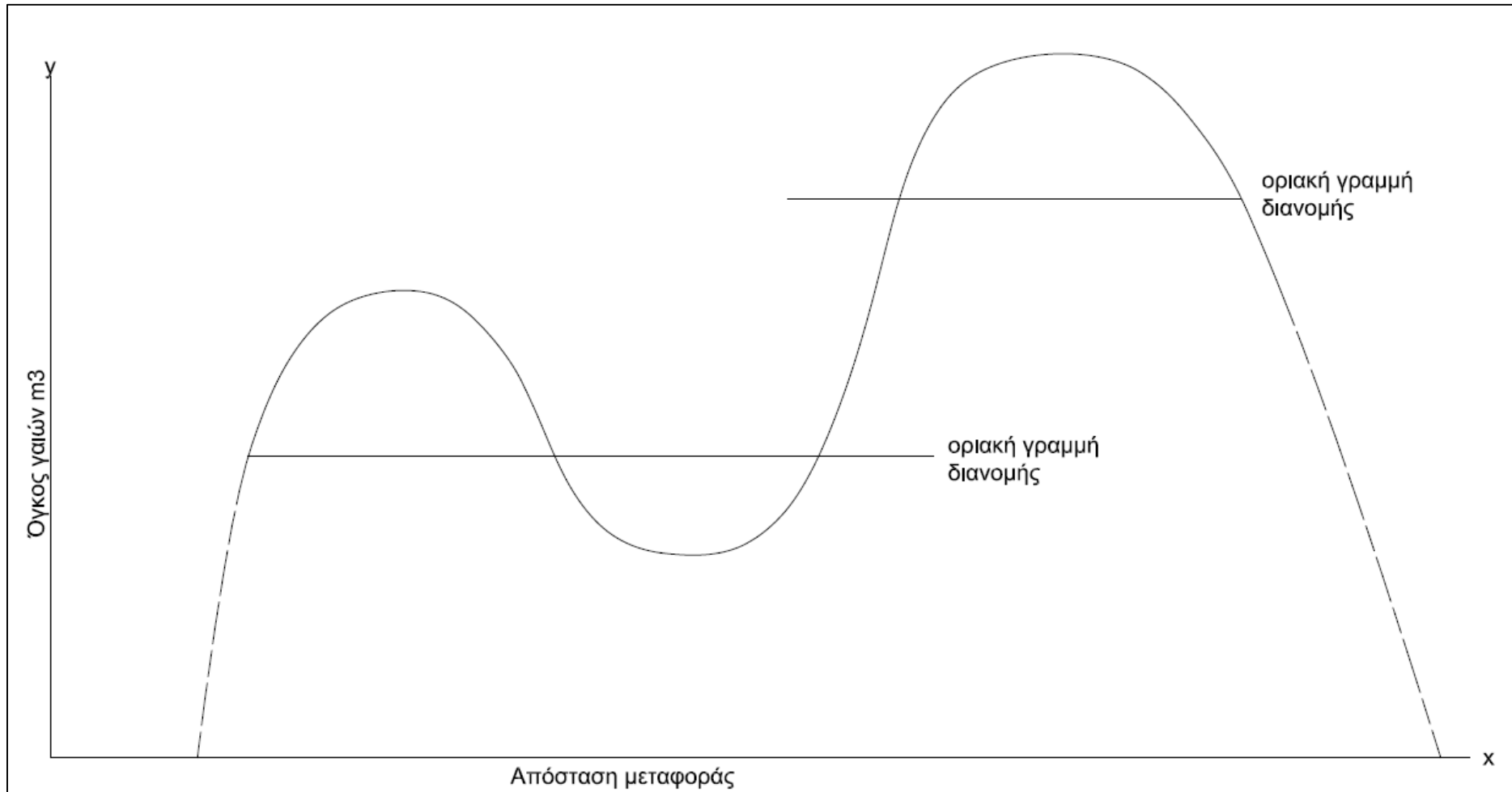
$$\frac{d(E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5)}{dy} = 0$$

διότι τα εμβαδά αυτά προκύπτουν από την τοποθέτηση της ευθείας γ-γ' που έχει σταθερή θέση.

Άρα πρέπει και 
$$\frac{(a_1 + a_2 + a_3 - \beta_1 - \beta_2 - T) \cdot dy}{dy} = 0 \quad \text{ή} \quad a_1 + a_2 + a_3 = \beta_1 + \beta_2 + T \quad (6)$$

δηλαδή 
$$\sum \alpha_i = \sum \beta_i + T \quad (7)$$

# Κίνηση και διανομή των γαιών (73/106)



Σχήμα 26: Σχηματική παράσταση οριακών γραμμών διανομής σε διάγραμμα Bruckner

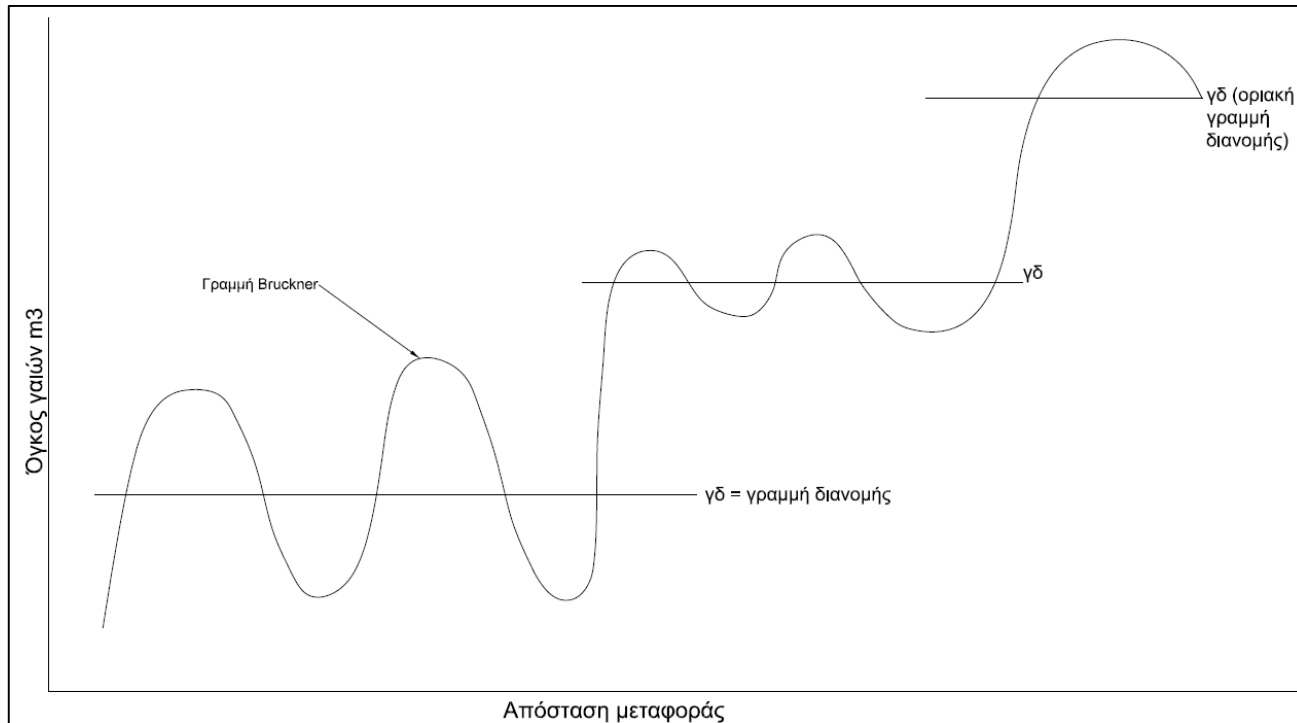


# Κίνηση και διανομή των γαιών (74/106)

- Οι γραμμές διανομής τοποθετούνται στο διάγραμμα Bruckner έτσι ώστε να προκύπτει, κάθε φορά, ένας συγκεκριμένος τρόπος κίνησης και διανομής των πλεονασμάτων των χωματισμών μεταξύ των διαφόρων τμημάτων της οδού. Με την τοποθέτηση της ευνοϊκότερης γραμμής διανομής προκύπτει και ο οικονομικότερος τρόπος για την κίνηση και τη διανομή των χωματισμών κατά μήκος της γραμμής διανομής.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (75/106)

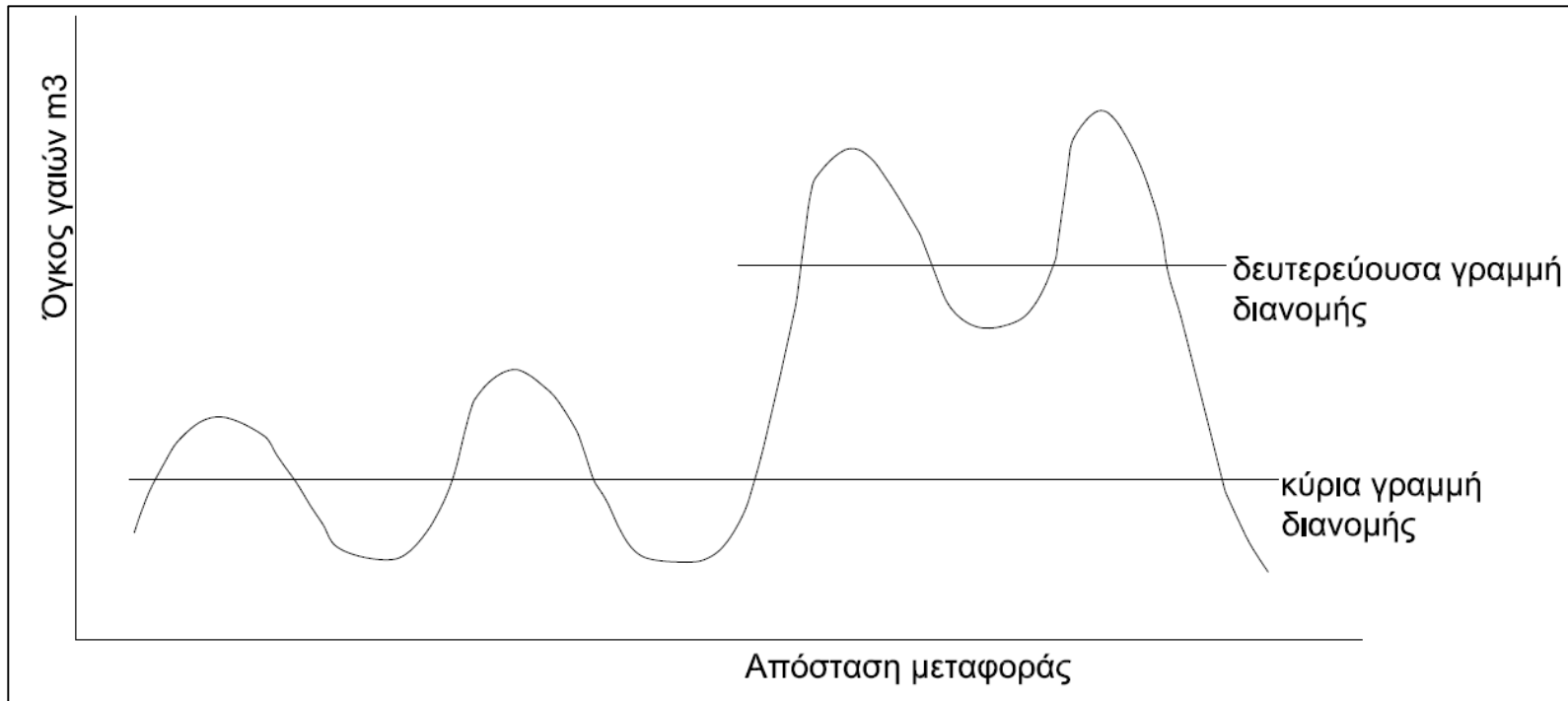
- Βασικός κανόνας στην τοποθέτηση των γραμμών διανομής είναι η τομή όλων των πολυκόρυφων της γραμμής Bruckner καθώς και η δημιουργία μεμονωμένων φατνωμάτων (Σχήμα 27).



Σχήμα 27: Σχηματική παράσταση γραμμών διανομής στο διάγραμμα Bruckner

# Κίνηση και διανομή των γαιών (76/106)

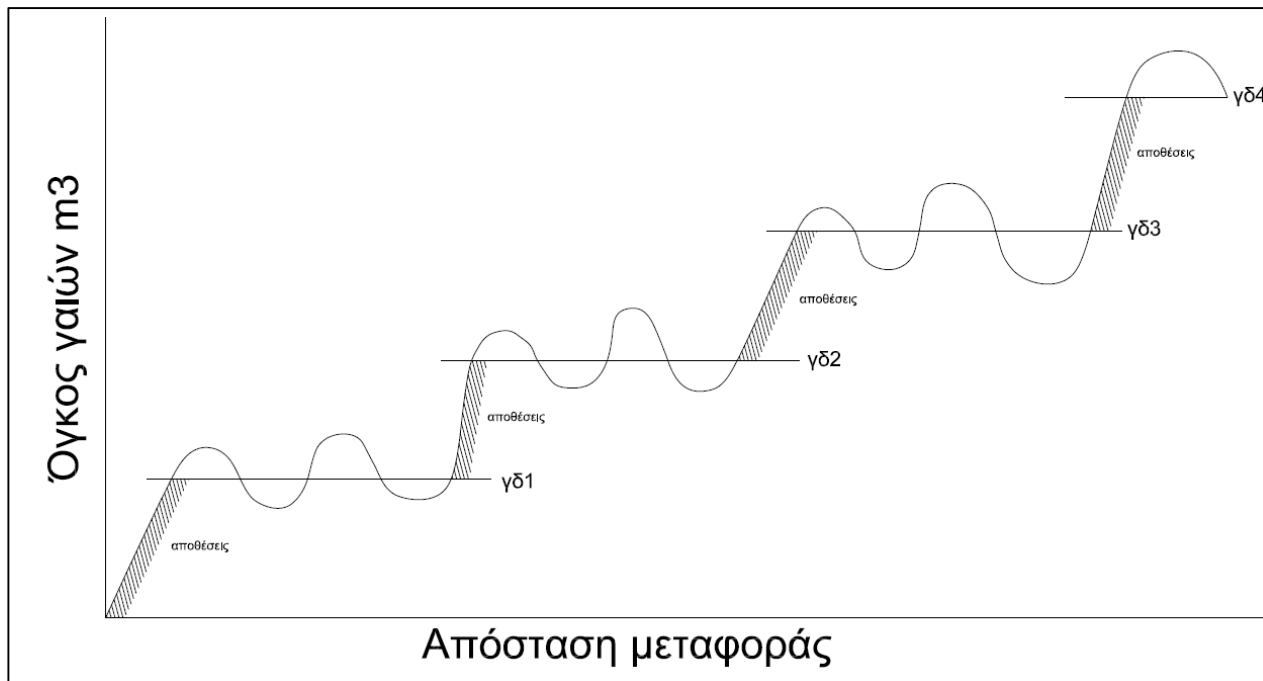
- Σε ένα διάγραμμα Bruckner μπορεί να υπάρχει μια κύρια (ευνοϊκότερη, ευκαταία) γραμμής διανομής ή ακόμη αυτή να συμπληρώνεται με δευτερεύουσες γραμμές διανομής – Σχήμα 28.



Σχήμα 28: Σχηματική παράσταση γραμμών διανομής στο διάγραμμα Bruckner

# Κίνηση και διανομή των γαιών (77/106)

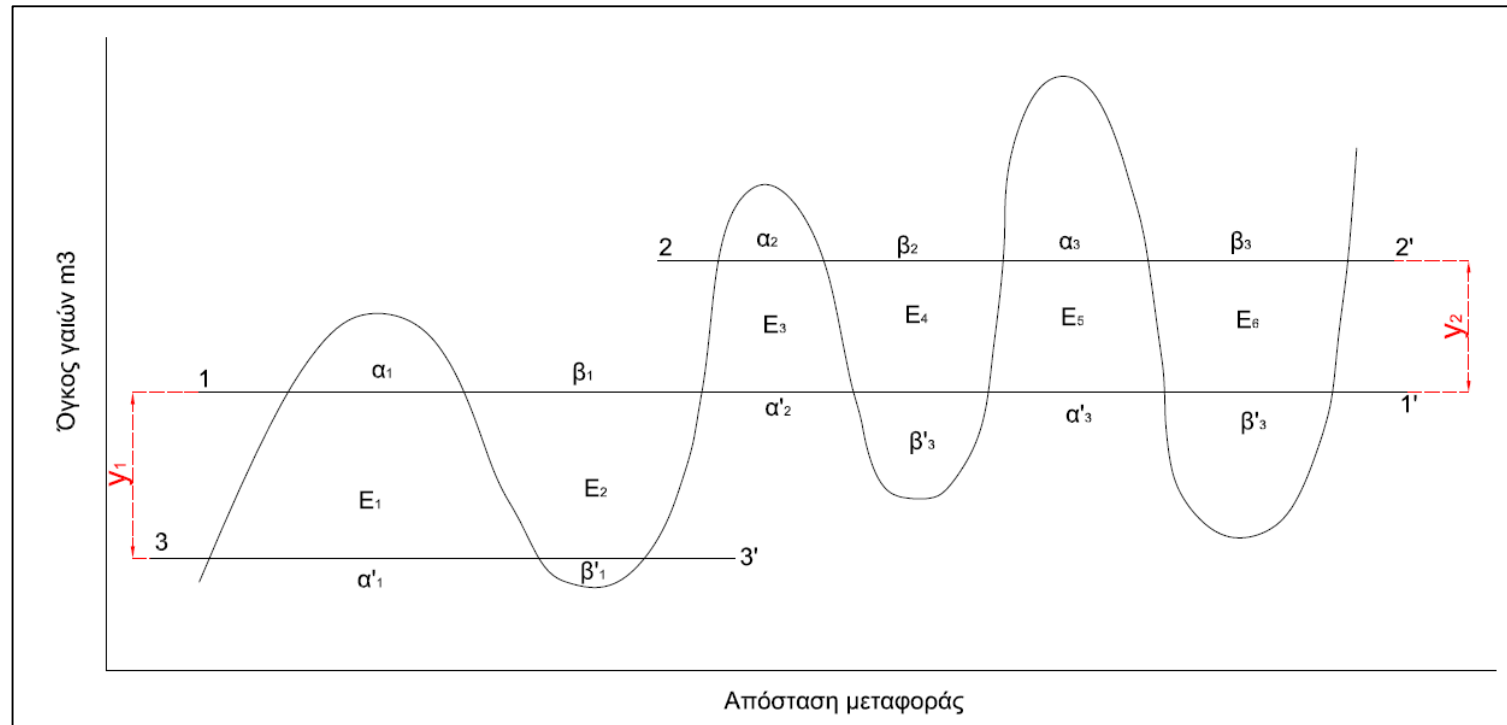
- Σε ένα διάγραμμα Bruckner μπορεί να μη χρησιμοποιηθεί καμία κύρια γραμμή διανομής αλλά περισσότερες από μια δευτερεύουσες γραμμές διανομής οι οποίες τοποθετούνται κλιμακωτά – Σχήμα 29.



Σχήμα 29: Σχηματική παράσταση κλιμακωτών δευτερεύουσες γραμμών διανομής στο διάγραμμα Bruckner

# Κίνηση και διανομή των γαιών (78/106)

- Ομοίως, όταν οι θέσεις των δανείων και των αποθέσεων είναι προαιρετικές είναι πλέον οικονομική η λύση της διάσπασης της κύριας γραμμής διανομής (1-1') σε δύο ή περισσότερες, κλιμακωτά διαμορφούμενες, δευτερεύουσες γραμμές διανομής (2-2', 3-3') – Σχήμα 30.



Σχήμα 30: Σχηματική παράσταση διάσπασης της γραμμής διανομής στο διάγραμμα Bruckner

# Κίνηση και διανομή των γαιών (79/106)

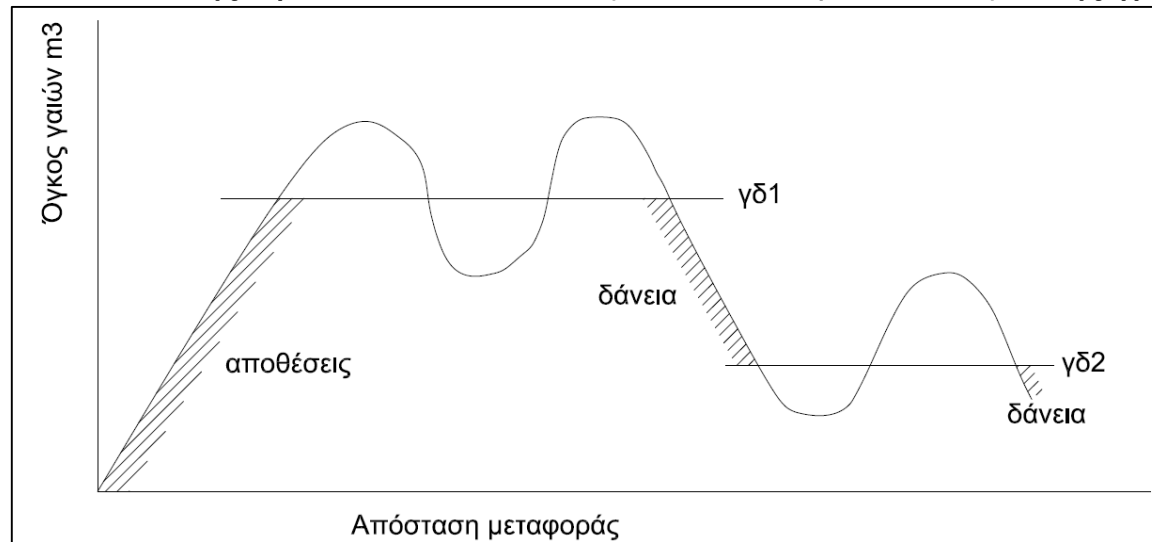
- Για τη γραμμή διανομής 1-1' (ενιαία γραμμή διανομής) ισχύει ότι:  
 $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$  .
- Για τις γραμμές διανομής 2-2' και 3-3' (η κύρια γραμμή διασπασμένες σε δύο γραμμές διανομής ισχύει ότι):  $\alpha'_1 = \beta'_1$  και  $\alpha'_2 + \alpha'_3 = \beta'_2 + \beta'_3$
- Η διαφορά της συνολικής δαπάνης μεταφοράς μεταξύ των γραμμών διανομής 1:  $\Delta_1$  και 2&3:  $\Delta_2$  είναι ανάλογη του:

$$E = E_1 + E_3 + E_5 - E_2 - E_4 - E_6 = \frac{1}{2} \cdot [(\beta_1 + \beta'_1) - (\alpha_1 - \alpha'_1)] \cdot \gamma_1 + \frac{1}{2} \cdot [(\alpha_2 + \alpha'_2) + (\alpha_3 + \alpha'_3) - (\beta_2 + \beta'_2) - (\beta_3 + \beta'_3)] \cdot \gamma_2 =$$
$$= (\beta_1 - \alpha_1) \cdot \gamma_1 + (\alpha_2 + \alpha_3 - \beta_2 - \beta_3) \cdot \gamma_2 > 0 \quad (27)$$

Οπότε και  $\Delta_1 > \Delta_2$  και η κλιμακωτή γραμμή διανομής 2-2' & 3-3' είναι ευνοϊκότερη της γραμμής 1.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (80/106)

- Τα τμήματα της γραμμής Bruckner που βρίσκονται εκτός φατνωμάτων αποτελούν θέσεις στις οποίες τα πλεονάσματα ορυγμάτων πρέπει να απομακρυνθούν και να αποθετηθούν – **αποθέσεις** (ανιόντες κλάδοι) καθώς και θέσεις στις οποίες πρέπει να μεταφερθούν χωματισμοί από δανειοθαλάμους ώστε να συμπληρώσουν τα επιχώματα – **δάνεια** (κατιόντες κλάδοι) – Σχήμα 31.

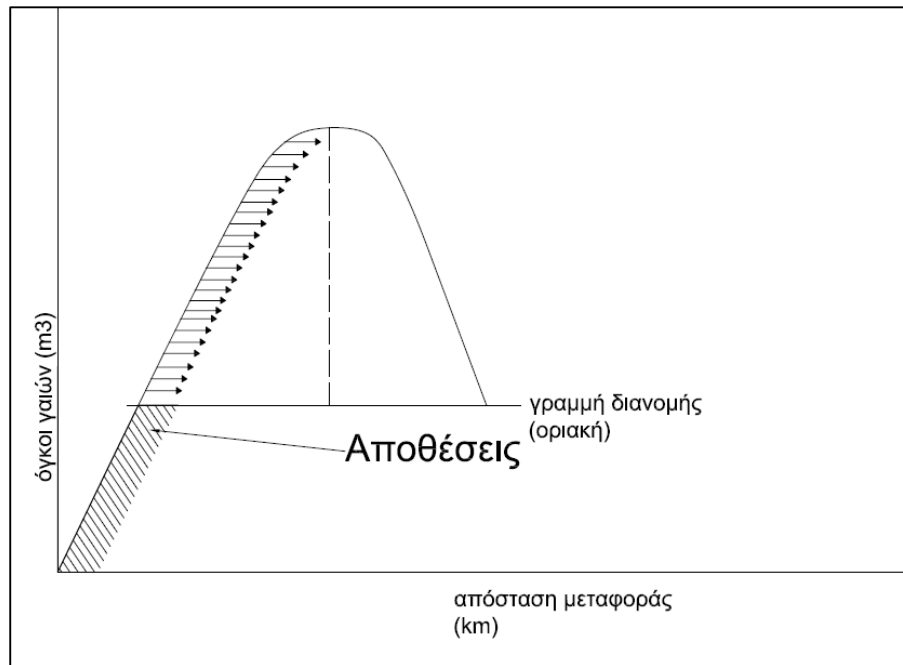


Σχήμα 31: Σχηματική παράσταση διαγράμματος Bruckner

# Χάραξη γραμμών διανομής (1/6)

## Παραδείγματα

- Περίπτωση 1: Στο διάγραμμα Bruckner του Σχήματος 1 χρησιμοποιείται ως γραμμή διανομής η οριακή γραμμή διανομής η οποία ορίζει ένα κλειστό κυρτό φάτνωμα.

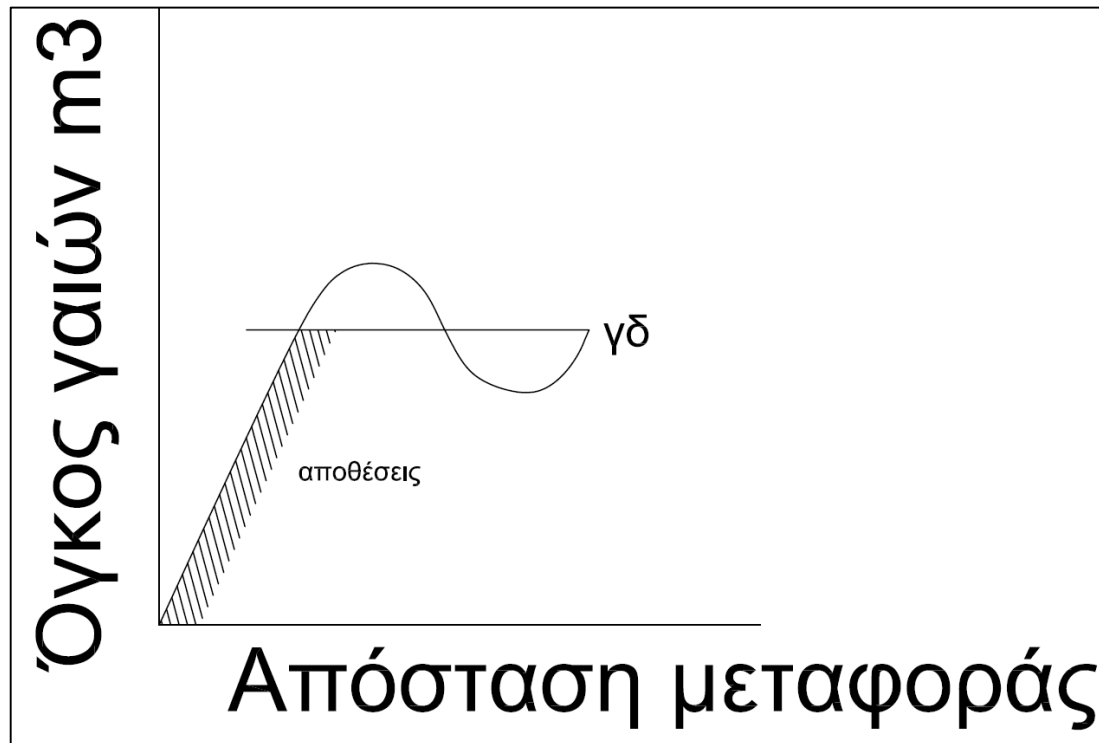


Σχήμα 1: Σχηματική παράσταση διαγράμματος Bruckner



## Χάραξη γραμμών διανομής (2/6)

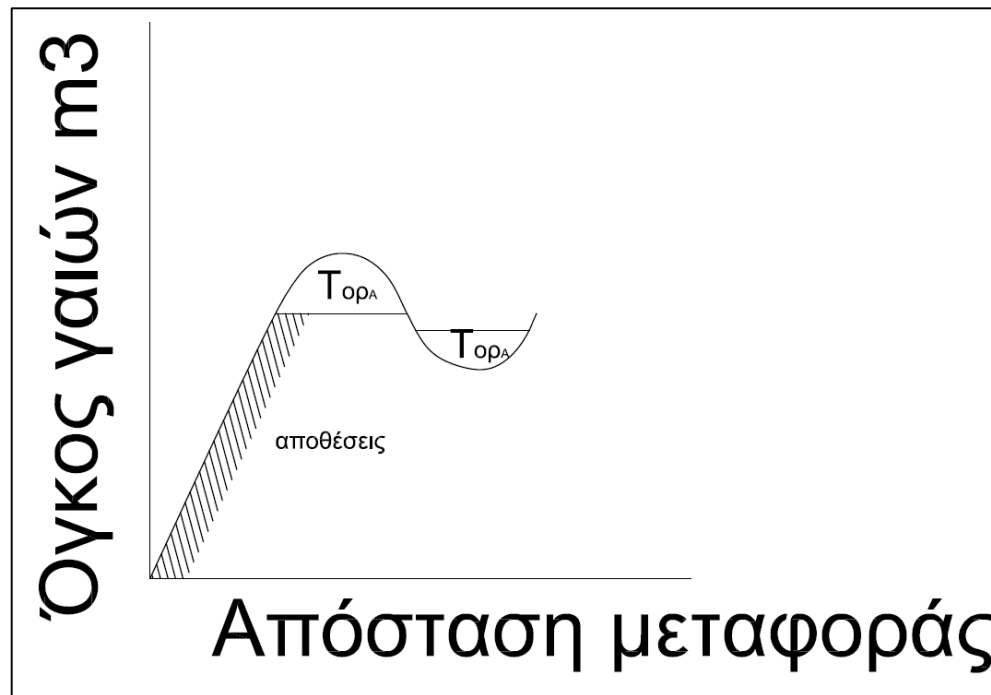
- Περίπτωση 2: Στο διάγραμμα Bruckner του Σχήματος 2 ικανοποιείται η σχέση  $\Sigma \alpha'_i = \Sigma \beta'_i$  (άρτιος αριθμός φατνωμάτων). Έτσι ως βέλτιστη γραμμή διανομής χρησιμοποιείται η γραμμή διανομής του Σχήματος 2.



Σχήμα 2: Σχηματική παράσταση διαγράμματος Bruckner

# Χάραξη γραμμών διανομής (3/6)

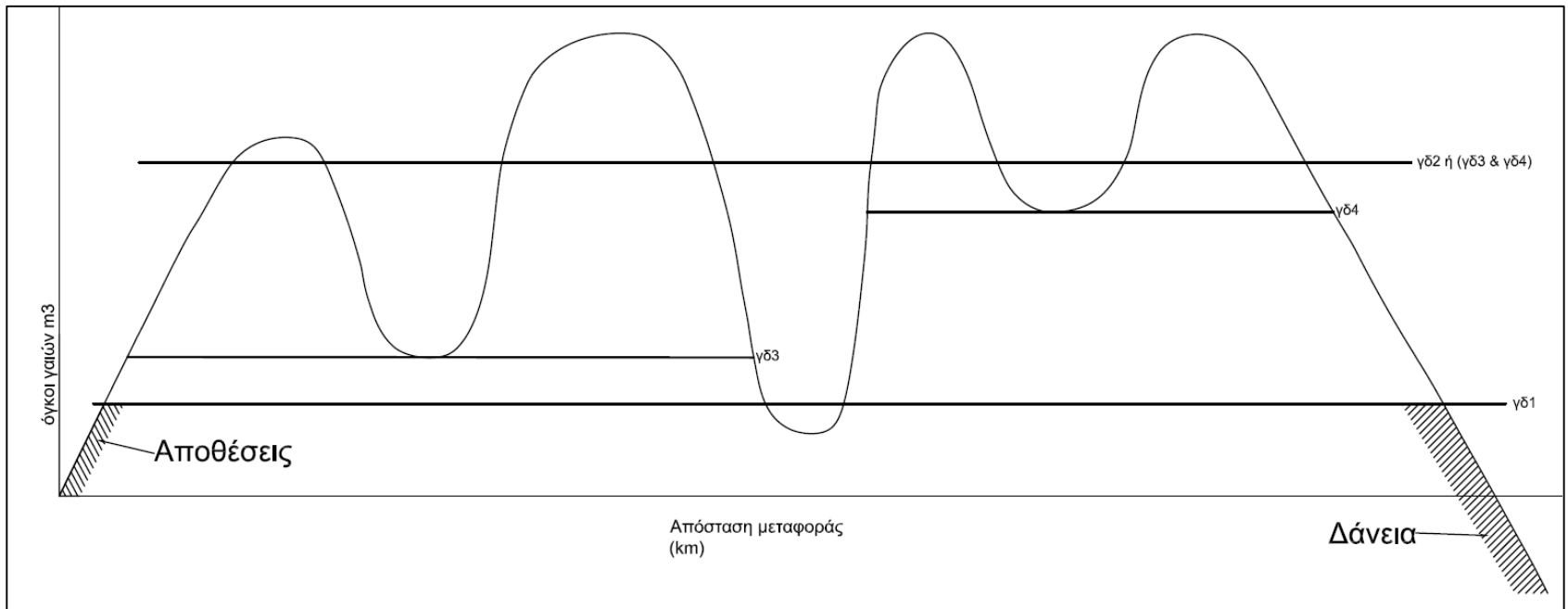
- Περίπτωση 3: Στο διάγραμμα Bruckner του Σχήματος 3 δεν μπορεί να ικανοποιηθεί η σχέση  $\alpha'_i = \beta'_i$  για  $\alpha$  και  $\beta < T_{opA}$ . Στην περίπτωση αυτή δεν ορίζεται η βέλτιστη γραμμή διανομής. Έτσι χρησιμοποιείται το  $T_{opA}$  για τον καθορισμό των δύο φατνωμάτων.



Σχήμα 3: Σχηματική παράσταση διαγράμματος Bruckner

# Χάραξη γραμμών διανομής (4/6)

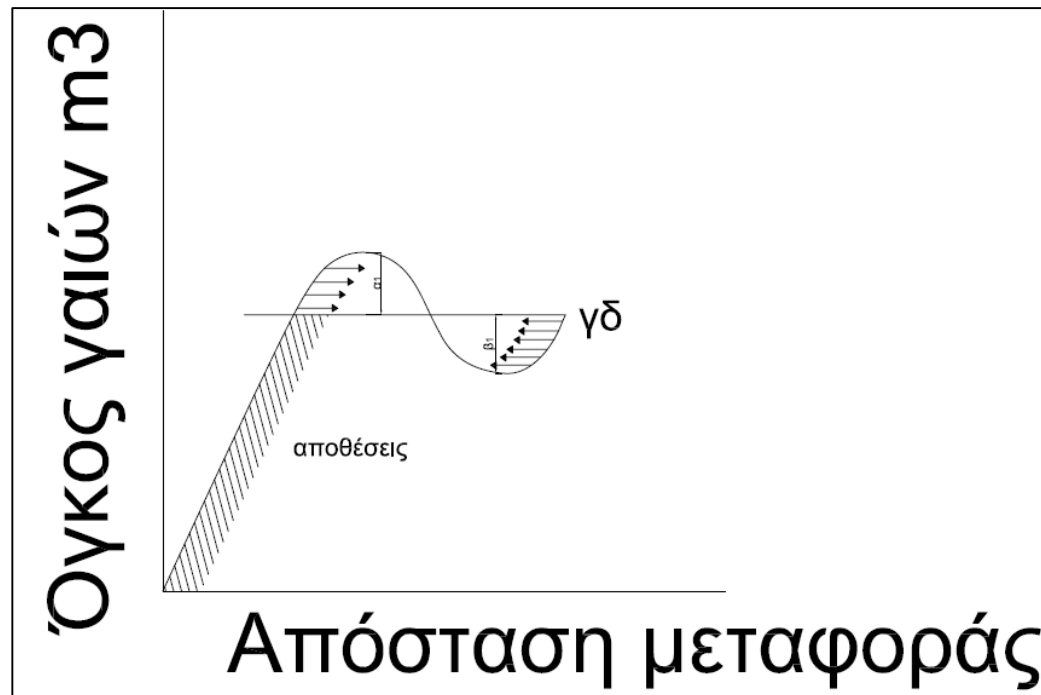
- Περίπτωση 4: Στο διάγραμμα Bruckner του Σχήματος 4 ορίζεται η κύρια γραμμή διανομής  $\gamma\delta 1$  καθώς και η δευτερεύουσα γραμμή  $\gamma\delta 2$ . Πρέπει να διερευνηθεί εάν αντί της γραμμής  $\gamma\delta 2$  είναι πλέον συμφέρουσα λύση η χρήση των δύο εφαπτόμενων γραμμών διανομής  $\gamma\delta 3$  και  $\gamma\delta 4$ .



Σχήμα 4: Σχηματική παράσταση διαγράμματος Bruckner

# Χάραξη γραμμών διανομής (5/6)

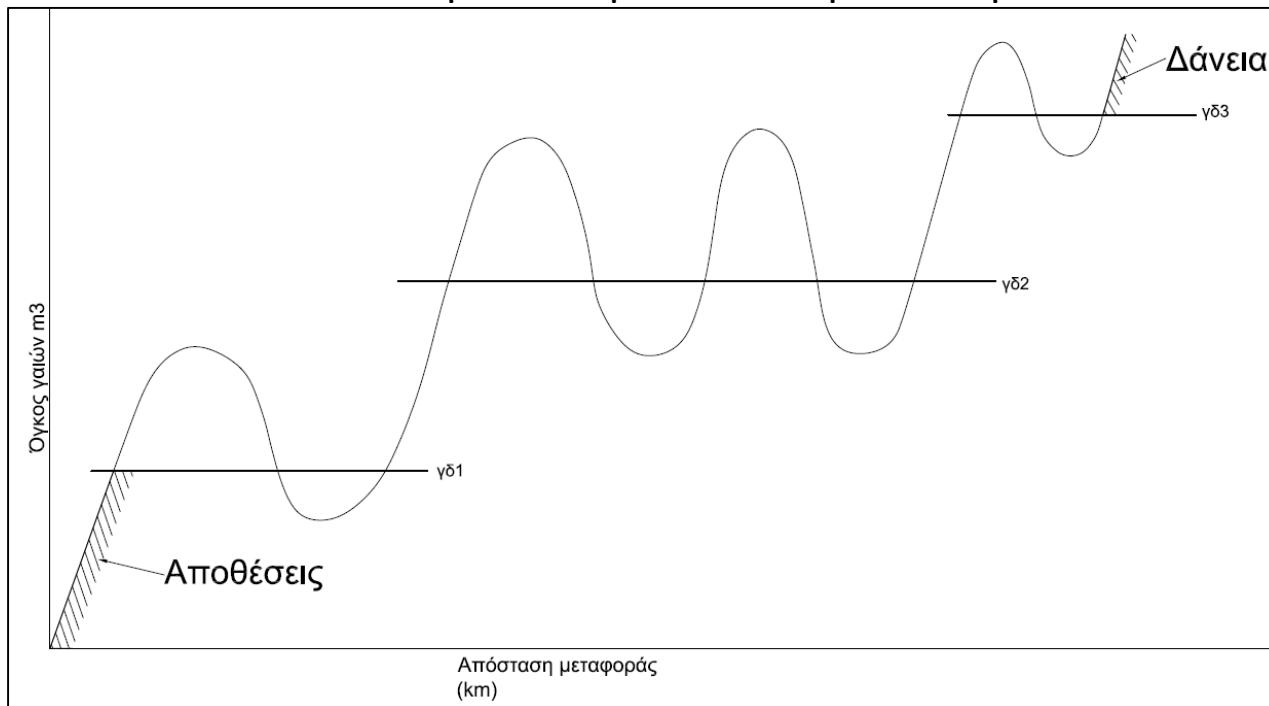
- Περίπτωση 5: Στο διάγραμμα Bruckner του Σχήματος 5 δεν μπορεί να ικανοποιηθεί η σχέση  $\alpha'_i = \beta'_i$ , οπότε χρησιμοποιείται ως γραμμή διανομής η οριακή γραμμή διανομής.



Σχήμα 5: Σχηματική παράσταση διαγράμματος Bruckner

# Χάραξη γραμμών διανομής (6/6)

- Περίπτωση 6: Στο διάγραμμα Bruckner του Σχήματος 6 τοποθετούνται μόνο δευτερεύουσες γραμμές διανομής με βάση τους κανόνες  $\Sigma\alpha'_i = \Sigma\beta'_i$  και  $\Sigma\alpha'_i = \Sigma\beta'_i + T'$ .



Σχήμα 6: Σχηματική παράσταση διαγράμματος Bruckner

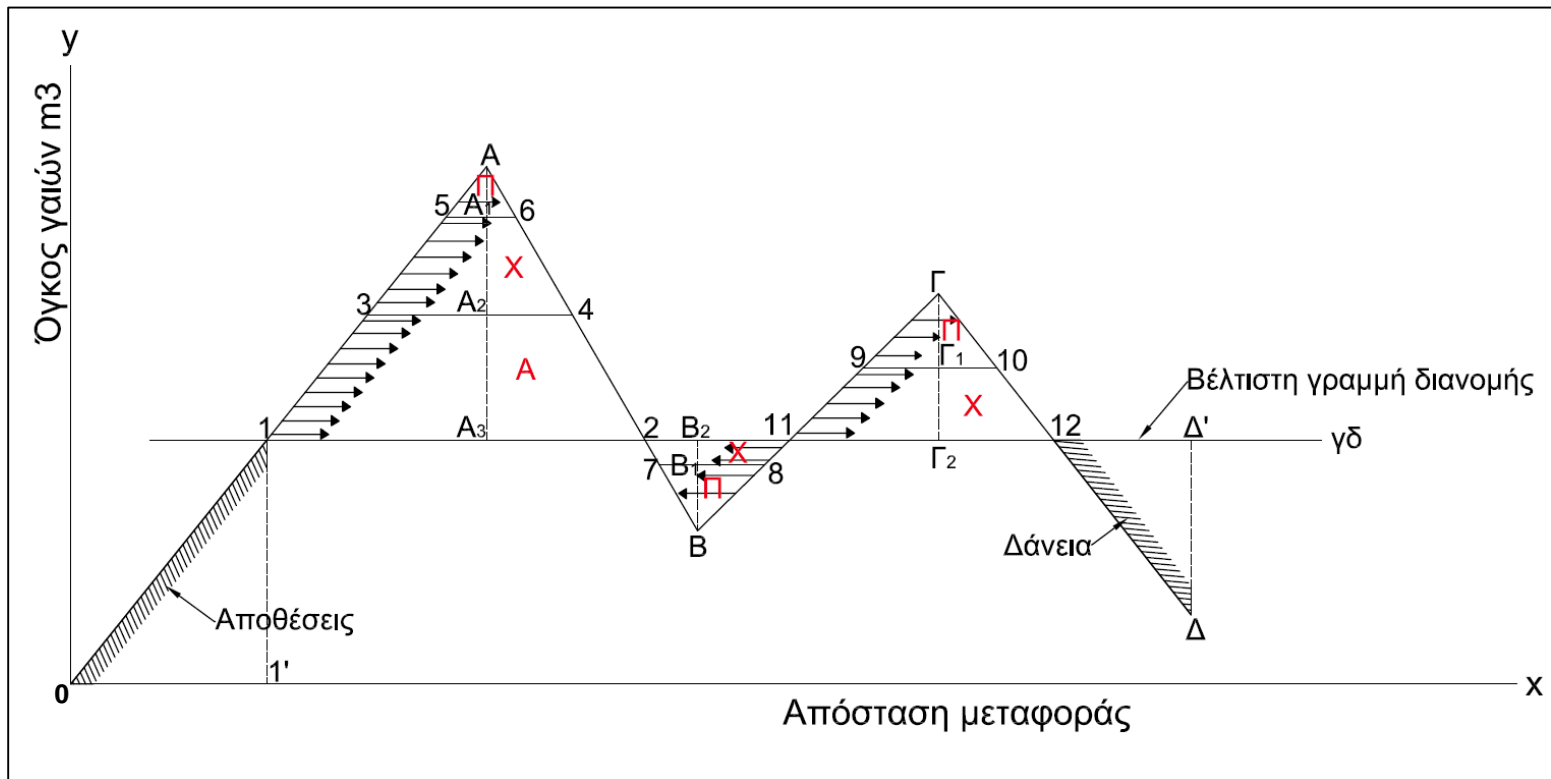
# Κίνηση και διανομή των γαιών (81/106)

## Τοποθέτηση οριακών μηκών μεταφοράς στο διάγραμμα Bruckner

- Το τελευταίο βήμα για την ολοκλήρωση του διαγράμματος Bruckner και στη συνέχεια τη σύνταξη του πίνακα κίνησης και διανομής των γαιών, με τον οποίο γίνεται ο υπολογισμός της δαπάνης μεταφοράς των πλεονασμάτων των χωματισμών, είναι η τοποθέτηση των οριακών μηκών μεταφοράς για τα διαφορετικά μέσα και ο χαρακτηρισμός των τμημάτων της οδού στα οποία γίνεται μεταφορά αποθέσεων ή δανείων.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (82/106)

- Στο Σχήμα 32 παρουσιάζεται, σχηματικά, διάγραμμα Bruckner στο οποίο έχουν τοποθετηθεί τα οριακά μήκη μεταφοράς των μέσων μεταφοράς (Πρωθητήρας, Χωματοσυλλέκτης, Αυτοκίνητο) και έχουν προσδιορισθεί οι θέσεις και οι όγκοι των αποθέσεων και των δανείων.



Σχήμα 32: Σχηματική παράσταση διαγράμματος Bruckner με τα οριακά μήκη μεταφοράς

# Κίνηση και διανομή των γαιών (83/106)

- Για την τοποθέτηση των οριακών μηκών μεταφοράς στο διάγραμμα Bruckner ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:
  - i. Προσδιορίζονται όλα τα κλειστά, κυρτά και κοίλα, φατνώματα του διαγράμματος Bruckner. Στο Σχήμα 32: 1-2, 2-11, 11-12.
  - ii. Εντός των φατνωμάτων και με βάση την κλίμακα των μηκών του άξονα  $x$ , τοποθετούνται τα οριακά μήκη μεταφοράς των μέσων μεταφοράς. Η τοποθέτηση γίνεται με παράλληλη κίνηση των μηκών προς τον άξονα  $x$  με σειρά από το μικρότερο μήκος – Προωθητήρας – προς το μεγαλύτερο – Αυτοκίνητο.



# Κίνηση και διανομή των γαιών (84/106)

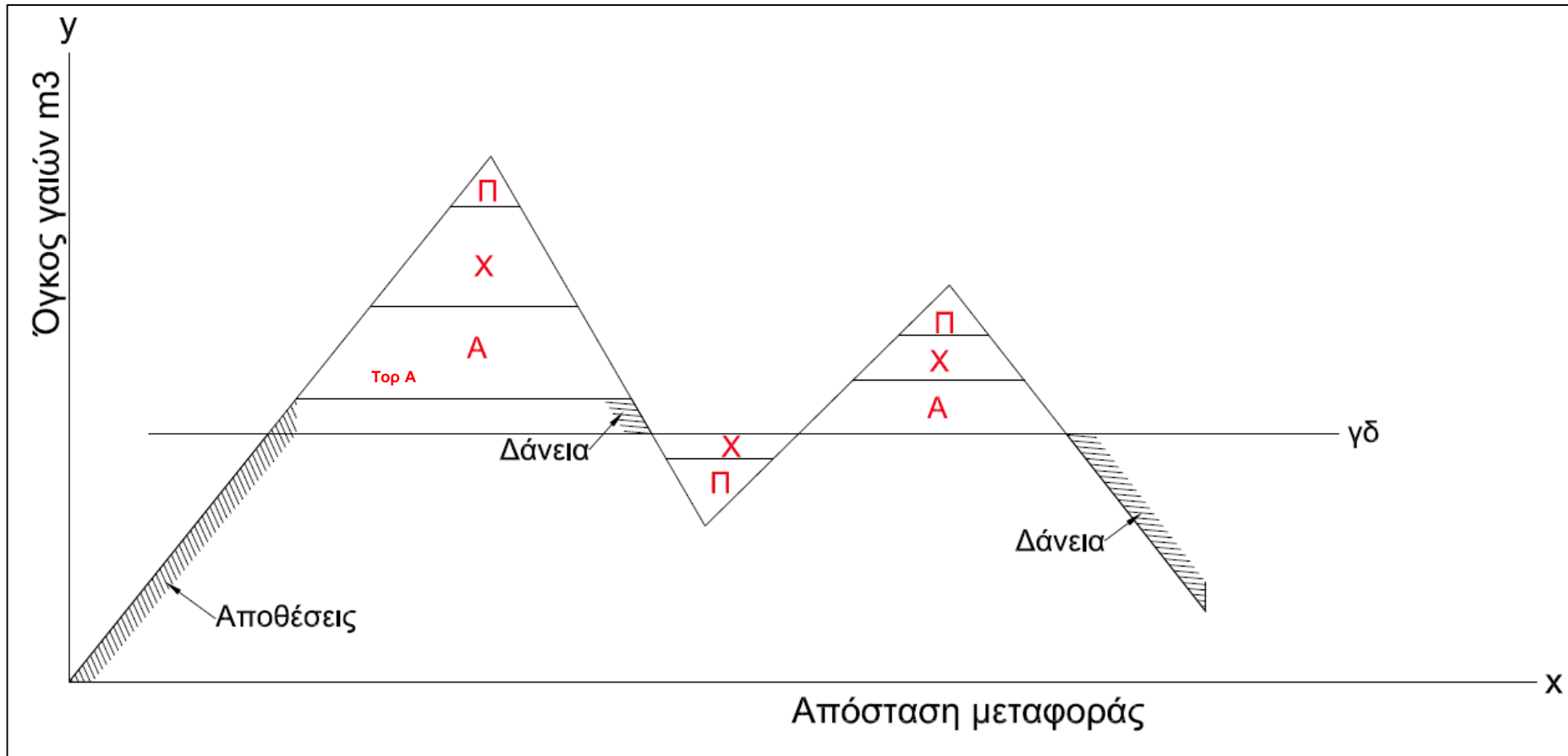
**Η τοποθέτηση των οριακών μηκών μεταφοράς γίνεται μόνο εντός των κλειστών φατνωμάτων και ποτέ εκτός αυτών.**

Στο Σχήμα 32 φαίνεται ότι στο κλειστό κυρτό φάτνωμα 1-A-2 έχουν τοποθετηθεί τα οριακά μήκη του Προωθητήρα 5-6 και του Χωματοσυλλέκτη 3-4. Ομοίως το κλειστό κοίλο φάτνωμα 2-B-11 το οριακό μήκος του Προωθητήρα 7-8. Τέλος, στο κλειστό κυρτό φάτνωμα 11-Γ-12 το οριακό μήκος του Προωθητήρα 9-10. Στο υπόλοιπο τμήμα του φατνώματος 1-A-2 έχει τοποθετηθεί το Αυτοκίνητο για το οποίο ισχύει ότι  $1-2 \equiv T_{ορΑ}$  ή  $1-2 < T_{ορΑ}$ . Ομοίως στο υπόλοιπο τμήμα των φατνωμάτων 2-B-11 και 11-Γ-12 έχει τοποθετηθεί ο Χωματοσυλλέκτης για το οποίο ισχύει ότι 2-11 και 11-12  $\equiv T_{ορΑ}$  ή 2-11 και 11-12  $< T_{ορΑ}$ .

# Κίνηση και διανομή των γαιών (85/106)

- iii. Προσδιορίζονται οι θέσεις και οι όγκοι των αποθέσεων και των δανείων, εφόσον υπάρχουν, στο διάγραμμα Bruckner. Στο Σχήμα 32 φαίνεται ότι στο τμήμα της οδού 0 – 1' δημιουργούνται αποθέσεις – πλεόνασμα ορυγμάτων – ο όγκος των οποίων είναι  $1-1'$  m<sup>3</sup>. Αντίστοιχα στο τμήμα της οδού 12 – Δ' προκύπτει η ανάγκη για μεταφορά δανείων – πλεόνασμα επιχωμάτων – ο όγκος των οποίων είναι  $\Delta - \Delta'$  m<sup>3</sup>. Οι θέσεις στις οποίες απαντώνται αποθέσεις ή/ και δάνεια είναι είτε εκτός είτε εντός των φατνωμάτων όπως, διευκρινιστικά, φαίνεται στο Σχήμα 33.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (86/106)



Σχήμα 33: Σκαρίφημα διαγράμματος Bruckner

# Κίνηση και διανομή των γαιών (87/106)

- iv. Με την τοποθέτηση των οριακών γραμμών διανομής για τα διαφορετικά μέσα μεταφοράς καθώς και τον προσδιορισμό των θέσεων τόσο των αποθέσεων όσο και των δανείων ορίζονται τα τμήματα της οδού, με τα αντίστοιχα μήκη, στα οποία γίνεται η μεταφορά πλεονασμάτων χωματισμών καθώς και ο όγκος που μεταφέρεται στο κάθε τμήμα με το συγκεκριμένο μέσο μεταφοράς. Στο Σχήμα 32 μεταφορά πλεονασμάτων χωματισμών με τον Προωθητήρα γίνεται στα τμήματα 5-6, 7-8 και 9-10 με μεταφερόμενους συνολικά όγκους, από τον ανιόντα προς τον κατιόντα κλάδο,  $A - A_1 \text{ m}^3$ ,  $B - B_1 \text{ m}^3$  και  $\Gamma - \Gamma_1 \text{ m}^3$  αντίστοιχα.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (88/106)

- iv. Με το Χωματοσυλλέκτη γίνεται μεταφορά πλεονασμάτων στα τμήματα 3-4, 2-11 και 11-12 με μεταφερόμενους συνολικά όγκου, από τον ανιόντα προς τον κατιόντα κλάδο,  $A_2-A_3 \text{ m}^3$ ,  $1 - 1' \text{ m}^3$  και  $\Delta - \Delta' \text{ m}^3$  αντίστοιχα. Με το Αυτοκίνητο γίνεται μεταφορά πλεονασμάτων χωματισμών στο τμήμα 1-2, ο δε μεταφερόμενος όγκος είναι  $A_2A_3 \text{ m}^3$ . Τέλος αποτίθενται σε χώρο απόθεσης προϊόντων εκσκαφής  $1 - 1' \text{ m}^3$  αποθέσεις και μεταφέρονται από δανειοθάλαμο  $\Delta - \Delta' \text{ m}^3$  χωματισμών στο τμήμα  $12 - \Delta'$  όπου προκύπτει πλεόνασμα επιχωμάτων.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (89/106)

## Πίνακας κίνησης και διανομής γαιών

- Για τον υπολογισμό του συνολικού όγκου των πλεονασμάτων χωματισμών που μεταφέρονται από τα διαφορετικά μέσα μεταφοράς καθώς και των αποθέσεων ή/ και των δανείων και τελικά τον υπολογισμό της συνολικής δαπάνης μεταφοράς των πλεονασμάτων των χωματισμών συντάσσεται ο **πίνακας κίνησης και διανομής των γαιών**.
- Ο πίνακας κίνησης και διανομής των γαιών – Σχήμα 34 – συντάσσεται με δεδομένα που λαμβάνονται από το πλήρες διάγραμμα Bruckner (Σχήμα 32) και το διάγραμμα των μεταφορικών μέσων.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (90/106)

ΠΡΟΩΘΗΤΗΡΑΣ				ΧΩΜΑΤΟΣΥΛΛΕΚΤΗΣ				ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ				ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ			ΔΑΝΕΙΑ		
Από (km)	Έως (km)	ΚΥΒΟΙ (m <sup>3</sup> )	ΡΟΠΕΣ (m <sup>3</sup> *km)	Από (km)	Έως (km)	ΚΥΒΟΙ (m <sup>3</sup> )	ΡΟΠΕΣ (m <sup>3</sup> *km)	Από (km)	Έως (km)	ΚΥΒΟΙ (m <sup>3</sup> )	ΡΟΠΕΣ (m <sup>3</sup> *km)	Από (km)	Έως (km)	ΚΥΒΟΙ (m <sup>3</sup> )	Από (km)	Έως (km)	ΚΥΒΟΙ (m <sup>3</sup> )
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ΣΥΝΟΛΟ				ΣΥΝΟΛΟ				ΣΥΝΟΛΟ				ΣΥΝΟΛΟ			ΣΥΝΟΛΟ		
$M.A.M.(m) = \frac{\sum \text{Ροπές}}{\sum \text{Κύβοι}}$ M.Δ.Μ.(€/ m <sup>3</sup> ) = Μέση Δαπάνη Μεταφοράς Μερική Δαπάνη Μεταφοράς				$M.A.M.(m) = \frac{\sum \text{Ροπές}}{\sum \text{Κύβοι}}$ M.Δ.Μ.(€/ m <sup>3</sup> ) = Μέση Δαπάνη Μεταφοράς Μερική Δαπάνη Μεταφοράς				$M.A.M.(m) = \frac{\sum \text{Ροπές}}{\sum \text{Κύβοι}}$ M.Δ.Μ.(€/ m <sup>3</sup> ) = Μέση Δαπάνη Μεταφοράς Μερική Δαπάνη Μεταφοράς				M.Δ.Μ.(€) = Μερική Δαπάνη Μεταφοράς			M.Δ.Μ.(€) = Μερική Δαπάνη Μεταφοράς		

$$\text{Συνολική Δαπάνη} = \sum \text{Μερική Δαπάνη}$$

Σχήμα 34: Σχηματική παράσταση πίνακα κίνηση και διανομής γαιών

# Κίνηση και διανομή των γαιών (91/106)

- Στον πίνακα κίνησης και διανομής γαιών εισάγονται πληροφορίες και γίνονται υπολογισμοί αποστάσεων μεταφοράς, όγκου, ροπής, και δαπάνης, ως εξής:
  - i. Στις τέσσερις στήλες του πίνακα που αντιστοιχούν στο κάθε μεταφορικό μέσο, εισάγονται πληροφορίες που αντιστοιχούν το μήκος μεταφοράς κάθε επιμέρους τμήματος για τα διαφορετικά μέσα μεταφοράς – Στήλη 1 και 2 – με αναφορά στη χιλιομετρική θέση αρχής (**Από**) και τέλους (**Έως**), π.χ. από **0+000km** έως **0+080km**.



# Κίνηση και διανομή των γαιών (92/106)

- i. Παραδειγματικά και με αναφορά στο Σχήμα 32, παρουσιάζονται τα τμήματα 5 -6 (από 5 έως 6) Προωθητήρας, 3 -4 (από 3 έως 4) Χωματοσυλλέκτης και 1 -2 (από 1 έως 2) Αυτοκίνητο. Η διαφορά των χιλιομετρικών θέσεων σε km αποτελεί το μήκος του τμήματος. Ομοίως συμπληρώνονται και οι αντίστοιχες στήλες για τις αποθέσεις και τα δάνεια (13, 14 και 16, 17).
- ii. Στις στήλες 3, 7, 11, 15 και 18 εισάγονται οι όγκοι των πλεονασμάτων χωματισμών που μεταφέρονται στα εν λόγω τμήματα ή αποτίθενται ή μεταφέρονται από δανειοθαλάμους στις θέσεις που υπάρχει πλεόνασμα επιχωμάτων.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (93/106)

- ii. Για κάθε επιμέρους τμήμα υπολογίζεται αθροιστικά ο όγκος μεταφοράς πλεονασμάτων που είναι η μεγαλύτερη τεταγμένη του φατνώματος ή τμήματος αυτού που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο μεταφορικό μέσο. Παραδειγματικά και με αναφορά στο Σχήμα 32, οι όγκοι μεταφοράς στα τμήματα 5 – 6, 3 – 4, και 1 – 2 είναι οι τεταγμένες  $A - A_1$ ,  $A_1 - A_2$  και  $A_2 - A_3$  αντίστοιχα εκφραζόμενες σε  $m^3$ . Επίσης υπολογίζονται οι ροπές μεταφοράς σε  $m^3/km$  για κάθε φάτνωμα ή τμήμα αυτού που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο μεταφορικό μέσο.
- iii. Μετά τη συμπλήρωση όλων των στηλών του πίνακα κίνησης και διανομής γαιών υπολογίζεται το σύνολο των όγκων και των ροπών για κάθε μεταφορικό μέσο και το σύνολο των μεταφερόμενων όγκων για τις αποθέσεις και τα δάνεια.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (94/106)

- iv. Στη συνέχεια ο υπολογισμός των παρακάτω παραμέτρων για κάθε μεταφορικό μέσο χωριστά:
- Μέση Απόσταση Μεταφοράς – Μ.Α.Μ. (km): Υπολογίζεται ως ο λόγος του συνόλου των ροπών ( $m^3 \cdot km$ ) προς το σύνολο των κύβων ( $m^3$ ) και εκφράζεται σε km. Αποτελεί τη μέση απόσταση στην οποία γίνεται μεταφορά πλεονασμάτων χωματισμών με το κάθε μέσο χωριστά στο έργο.
  - Μέση Δαπάνη Μεταφοράς – Μ.Δ.Μ. ( $€/m^3$ ): Υπολογίζεται από τον τύπο υπολογισμού της δαπάνης μεταφοράς σε απόσταση  $T$  (km) ενός  $m^3$  πλεονασμάτων για το κάθε μεταφορικό μέσο μεταφοράς, όπως αυτοί χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του διαγράμματος των μεταφορικών μέσων. Παραδειγματικά ο τύπος  $\Delta_3 = \alpha_3 + \beta \cdot T$  για το Αυτοκίνητο. Ως μήκος  $T$  χρησιμοποιείται η Μ.Α.Μ. (km) χωριστά για κάθε μεταφορικό μέσο.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (95/106)

- Μερική Δαπάνη Μεταφοράς (€): Αφορά στο κόστος μεταφοράς των πλεονασμάτων χωματισμών με κάθε μέσο μεταφοράς χωριστά καθώς και στο κόστος μεταφοράς αποθέσεων και δανείων. Υπολογίζεται, για τα μεταφορικά μέσα, ως το γινόμενο της Μ.Δ.Μ. (€/m<sup>3</sup>) με το σύνολο των κύβων (m<sup>3</sup>) για κάθε μέσο. Για τις αποθέσεις και τα δάνεια υπολογίζεται ως το γινόμενο του κόστους για τη μεταφορά ενός m<sup>3</sup> αποθέσεων ή/ και δανείων (€/m<sup>3</sup>), το οποίο χρησιμοποιείται στο διάγραμμα μεταφορικών μέσων για τον προσδιορισμό του οριακού μήκους μεταφοράς του Αυτοκινήτου, με το σύνολο των κύβων των αποθέσεων ή των δανείων.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (96/106)

- Συνολική Δαπάνη Μεταφοράς (€): Υπολογίζεται ως το άθροισμα των μερικών δαπανών μεταφοράς των πλεονασμάτων χωματισμών με τα διαφορετικά μέσα μεταφοράς και της μερικής δαπάνης μεταφοράς των αποθέσεων ή/ και των δανείων για όλο το έργο.
- Η διαδικασία σύνταξης του διαγράμματος των μεταφορικών μέσων, του διαγράμματος Bruckner και του πίνακα κίνησης και διανομής ακολουθείται και στη συνήθη περίπτωση χρησιμοποίησης δύο μέσων μεταφοράς (Πρωθητήρας και Αυτοκίνητο) για τη μεταφορά των πλεονασμάτων χωματισμών.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (97/106)

Κόστος εκσκαφής και μεταφοράς (Σημειώσεις Οδοποιίας II, ΕΜΠ – 2001, Κανελλαΐδης Γ., Καλτσούνης Α., Μαλέρδος Γ. & Γλαρός Γ.)

- Σε ορισμένες περιπτώσεις η μεθοδολογία υπολογισμού του κόστους μεταφοράς πλεονασμάτων χωματισμών απλοποιείται στη βάση των παρακάτω παραδοχών:
  - Ορίζεται μια ελάχιστη απόσταση μεταφοράς χωματισμών για την οποία το συνολικό κόστος εκσκαφής και μεταφοράς ενός  $m^3$   $\Delta(\text{€})$  είναι σταθερό και ίσο με το κόστος εκσκαφής  $K_E$ . Αυτή η απόσταση καλείται **ελεύθερη απόσταση μεταφοράς  $T_F$  (km)**.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (98/106)

- Για τον υπολογισμό του κόστους μεταφοράς των πλεονασμάτων χωματισμών χρησιμοποιείται μια τιμή για τη μεταφορά ενός  $m^3$  σε απόσταση 1km, ανεξάρτητα του μέσου μεταφοράς το οποίο προφανώς είναι το Αυτοκίνητο.
- Αυτή η προσέγγιση ακολουθείται στην τιμολόγηση της μεταφοράς των προϊόντων εκσκαφής στα Δημόσια Έργα στην Ελλάδα (Αναλυτικό Τιμολόγιο Οδικών Έργων – Α.Τ.Ο.Ε.).

# Κίνηση και διανομή των γαιών (99/106)

- Το κόστος μεταφοράς για αποστάσεις μεγαλύτερες από την ελεύθερη απόσταση μεταφοράς ( $T_F$ ) προστίθεται στο κόστος εκσκαφής. Έτσι:
  - Για αποστάσεις μεταφοράς  $T \leq T_F$  είναι  $\Delta = K_E$ .
  - Για αποστάσεις μεταφοράς  $T > T_F$  είναι  $\Delta = K_E + \beta * (T - T_F)$ .

Όπου  $\Delta$  = το συνολικό κόστος εκσκαφής και μεταφοράς ενός  $m^3$  ορύγματος ( $\text{€}/m^3$ ) και  $\beta$  = κόστος μεταφοράς ενός  $m^3$  σε απόσταση 1km ( $\text{€}/m^3 * \text{km}$ ).



# Κίνηση και διανομή των γαιών (100/106)

- Το οριακό μήκος ( $T_{op}$ ) για την κατασκευή επιχωμάτων από προϊόντα εκσκαφής, υπολογίζεται με βάση την εξίσωση του κόστους εκσκαφής και μεταφοράς ενός  $m^3$  προϊόντων εκσκαφής ( $\Delta$ ) με το κόστος απόθεσης ( $\Delta_{ap}$ ) και λήψης δανείων ( $\Delta_{δαν}$ ). Για αποστάσεις μεγαλύτερες από το  $T_{op}$  είναι οικονομικά πλέον συμφέρουσα η απόθεση των προϊόντων εκσκαφής και η λήψη δανείων χωματισμών από δανειοθάλαμο κατά το δυνατόν εγγύτερα στο έργο.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (101/106)

## Κόστος εκσκαφής και μεταφοράς

- Έτσι:  $\Delta = K_E + \beta \cdot (T - T_F)$  (27)

$$\Delta_{\alpha\pi} = K_E + \beta \cdot (T_{\alpha\pi} - T_F)$$
 (28)

$$\Delta_{\delta\alpha\nu} = K_E + \beta \cdot (T_{\delta\alpha\nu} - T_F)$$
 (29)

$$\Delta = \Delta_{\alpha\pi} + \Delta_{\delta\alpha\nu}$$
 (30)

- Όταν  $T = T_{op}$  ισχύει ότι:

$$K_E + \beta \cdot (T_{op} - T_F) = K_E + \beta \cdot (T_{\alpha\pi} - T_F) + K_E + \beta \cdot (T_{\delta\alpha\nu} - T_F) \rightarrow T_{op} = \frac{K_E}{\beta} + T_{\alpha\pi} + T_{\delta\alpha\nu} - T_F$$
 (31)

# Κίνηση και διανομή των γαιών (102/106)

- Για τον υπολογισμό του  $T_{op}$  οι τιμές των  $K_E$ ,  $\beta$  και  $T_F$  λαμβάνονται από το Α.Τ.Ο.Ε. ή παρόμοια αναλυτικά τιμολόγια εργασιών για οδικά έργα. Οι τιμές των  $T_{απ}$  και  $T_{δαν}$  ορίζονται κατά περίπτωση και σύμφωνα με τις θέσεις τόσο των χώρων απόθεσης των προϊόντων εκσκαφής όσο και των δανειοθαλάμων λήψης δανείων χωματισμών για την επιχωμάτων.
- Στην περίπτωση αυτή ο υπολογισμός του κόστους εκσκαφής, και μεταφοράς των προϊόντων εκσκαφής υπολογίζεται με τη βοήθεια του παρακάτω πίνακα κίνησης και διανομής γαιών (Σχήμα 35).

# Κίνηση και διανομή των γαιών (103/106)

Χιλιομετρικές θέσεις		T≤TF	Μεταφορά χωματισμών				Αποθέσεις	Δάνεια
			T>TF					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Από	Έως	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	M.A.M. (km)	M.A.M. - TF	m <sup>3</sup> *km	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Σύνολο								

Σχήμα 35: Πίνακας κίνησης και διανομής γαιών (Κανελλαΐδης Γ., Καλτσούνης Α., Μαλέρδος Γ. & Γλαρός Γ.)

# Κίνηση και διανομή των γαιών (104/106)

- Στις στήλες 1 και 2 αναγράφονται οι χιλιομετρικές θέσεις της αρχής και του τέλους των τμημάτων της οδού στα οποία γίνεται η μεταφορά, όπως αυτά προκύπτουν από το διάγραμμα Bruckner.
- Στη στήλη 3 αναγράφεται ο όγκος των προϊόντων εκσκαφής, τα οποία μεταφέρονται σε απόσταση  $T \leq T_F$ .
- Στη στήλη 4 αναγράφεται ο όγκος των προϊόντων εκσκαφής, τα οποία μεταφέρονται σε απόσταση  $T > T_F$ .
- Στη στήλη 5 αναγράφεται η Μέση Απόσταση Μεταφοράς (Μ.Α.Μ.) για τους όγκους που αναγράφονται στη στήλη 4.
- Στη στήλη 6 αναγράφεται η διαφορά μεταξύ των τιμών της στήλης 5 (Μ.Α.Μ.) και της ελεύθερης απόστασης μεταφοράς.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (105/106)

- Στη στήλη 7 αναγράφεται η τιμή της ροπής μεταφοράς ( $m^3 \cdot km$ ) για κάθε τμήμα του διαγράμματος Bruckner, η οποία υπολογίζεται ως το γινόμενο των τιμών των στηλών 4 και 6.
- Στις στήλες 8 και 9 αναγράφονται οι τιμές των όγκων αποθέσεων ή/ και δανείων όπως αυτοί προκύπτουν από το διάγραμμα Bruckner.
- Το άθροισμα των στηλών 3, 4 και 8 πρέπει να ισούται με το συνολικό όγκο των ορυγμάτων ο οποίος υπολογίζεται στον αντίστοιχο πίνακα χωματισμών.

# Κίνηση και διανομή των γαιών (106/106)

- Η ροπή μεταφοράς ( $m^3 \cdot km$ ) για κάθε επιμέρους τμήμα της οδού στο διάγραμμα Bruckner υπολογίζεται από το εμβαδόν του αντίστοιχου φατνώματος στο διάγραμμα. Αντίστοιχα η M.A.M. υπολογίζεται από τον τύπο:

$$M.A.M.(km) = \frac{\text{ροπή μεταφοράς } (m^3 \cdot km)}{\text{μεταφερόμενος όγκος } (m^3)} \quad (32)$$

# Βιβλιογραφία

- Γ. Μίντσης, «Πανεπιστημιακές Σημειώσεις μαθήματος Οδοποιία II – Τεύχος Γ, Υπολογισμός Κύβων Χωματισμών, Διανομή και Κίνηση Γαιών», Τομέας Συγκοινωνιακών & Υδραυλικών Έργων, Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Γ. Πενέλης, Μ. Πιτσιάβα, «Σημειώσεις Οδοποιίας – Διάγραμμα Κινήσεως Γαιών», Έδρα Οδοποιίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 1976
- «Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων Τεύχος 3: Χαράξεις (ΟΜΟΕ – Χ)», Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων, Ελληνική Δημοκρατία
- Κανελλαΐδης Γ., Καλτσούνης Α., Μαλέρδος Γ. & Γλαρός Γ., «Σημειώσεις Οδοποιίας II: Χωματισμοί – Κίνηση Γαιών», Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2011
- Ι. Κοφίτσας, «Στοιχεία Οδοποιίας», 2<sup>η</sup> έκδοση, ΙΩΝ, 2001



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/1)

- Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:
- Σχήμα 4: Σχήμα 1-12, Κανελλαΐδης Γ., Καλτσούνης Α., Μαλέρδος Γ. & Γλαρός Γ., «Σημειώσεις Οδοποιίας II», Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2011
- Σχήμα 5: Σχήμα 1-12, Κανελλαΐδης Γ., Καλτσούνης Α., Μαλέρδος Γ. & Γλαρός Γ., «Σημειώσεις Οδοποιίας II», Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2011

# Σημείωμα Αναφοράς

---

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Γεώργιος Μίντσης.  
«Οδοποιία II. Χωματισμοί, κίνηση και διανομή γαιών». Έκδοση: 1.0.  
Θεσσαλονίκη 2014.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

[http://opencourses.auth.gr/eclass\\_courses](http://opencourses.auth.gr/eclass_courses).

# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λπ., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



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

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



# Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Ευστάθιος Μπουχουράς,  
Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2014



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Σημειώματα

# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

---

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.00.

# Διατήρηση Σημειωμάτων

---

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.