Γεωμετρικός Σχεδιασμός Οδού

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Ισοκλινής και Πολυγωνική

Χ. Μηλιώτη

Έναρξη της χάραξης

Υποχρεωτικά σημεία διέλευσης

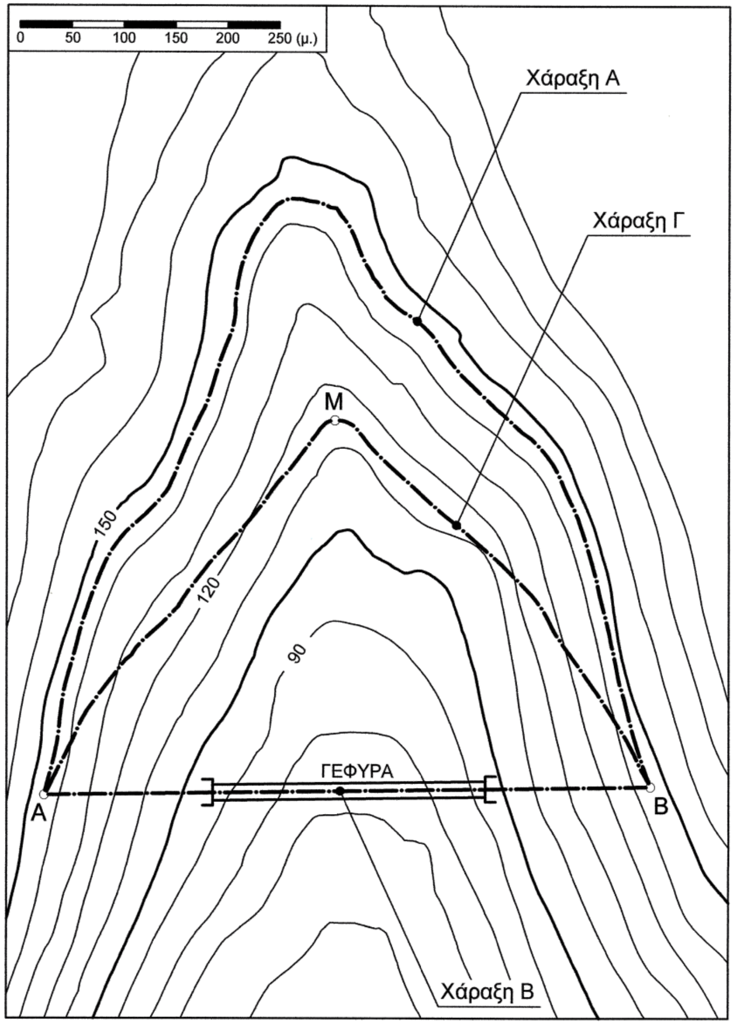
Υποχρεωτικά σημεία διέλευσης της οδού είναι η αρχή (A) και το τέλος (B) της χάραξης. Αυτά ορίζονται εξ' αρχής και καθορίζουν τα γεωγραφικά όρια του έργου.

Τα ενδιάμεσα υποχρεωτικά σημεία διέλευσης ορίζονται κυρίως από τον Μελετητή και χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

(α) Τα υποχρεωτικά λειτουργικά σημεία διέλευσης, που αφορούν κυρίως θέσεις εξυπηρέτησης από τον δρόμο όπως π.χ. ένας οικισμός, ένα στρατόπεδο, ένας σιδηροδρομικός σταθμός, ένα τοπικό αεροδρόμιο, κλπ.

(β) Τα υποχρεωτικά σημεία διέλευσης από κατασκευαστικούς και οικονομικούς λόγους που αποτελούν τεχνικούς περιορισμούς όπως π.χ. η διέλευση από έναν αυχένα, μια υφιστάμενη γέφυρα, από το στενότερο σημείο της κοίτης ενός ποταμού, κλπ.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ



<u>*ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1 - Διέλευση μισγάγγειας*</u>

A=145m

B=145m

Λύση 1: να κινηθούμε πάνω στην ισοϋψή 145μ

Λύση 2: να κινηθούμε πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα AB

Λύση 3: να κατέβω με την Smax μέχρι το σημείο M και να ξανανέβω μέχρι το B

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

A=115m

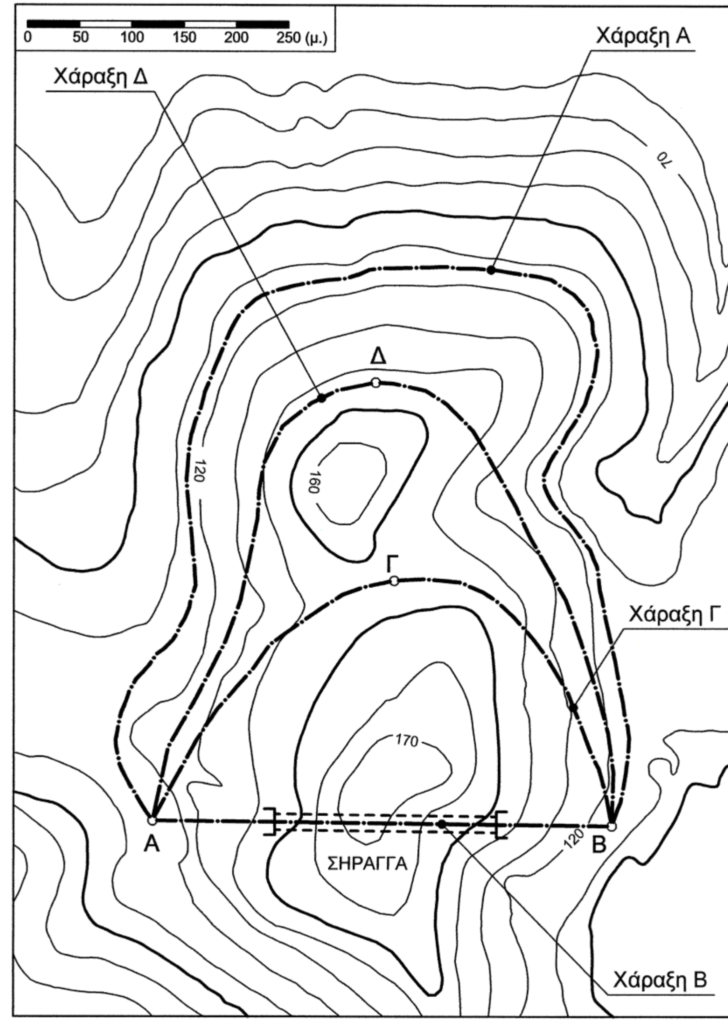
B=115m

Λύση 1: να κινηθούμε πάνω στην ισοϋψή 115μ

Λύση 2: να κινηθούμε πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα ΑΒ (κατασκευή ορύγματος)

Λύση 3: να περάσω από το σημείο Γ (αυχένα)

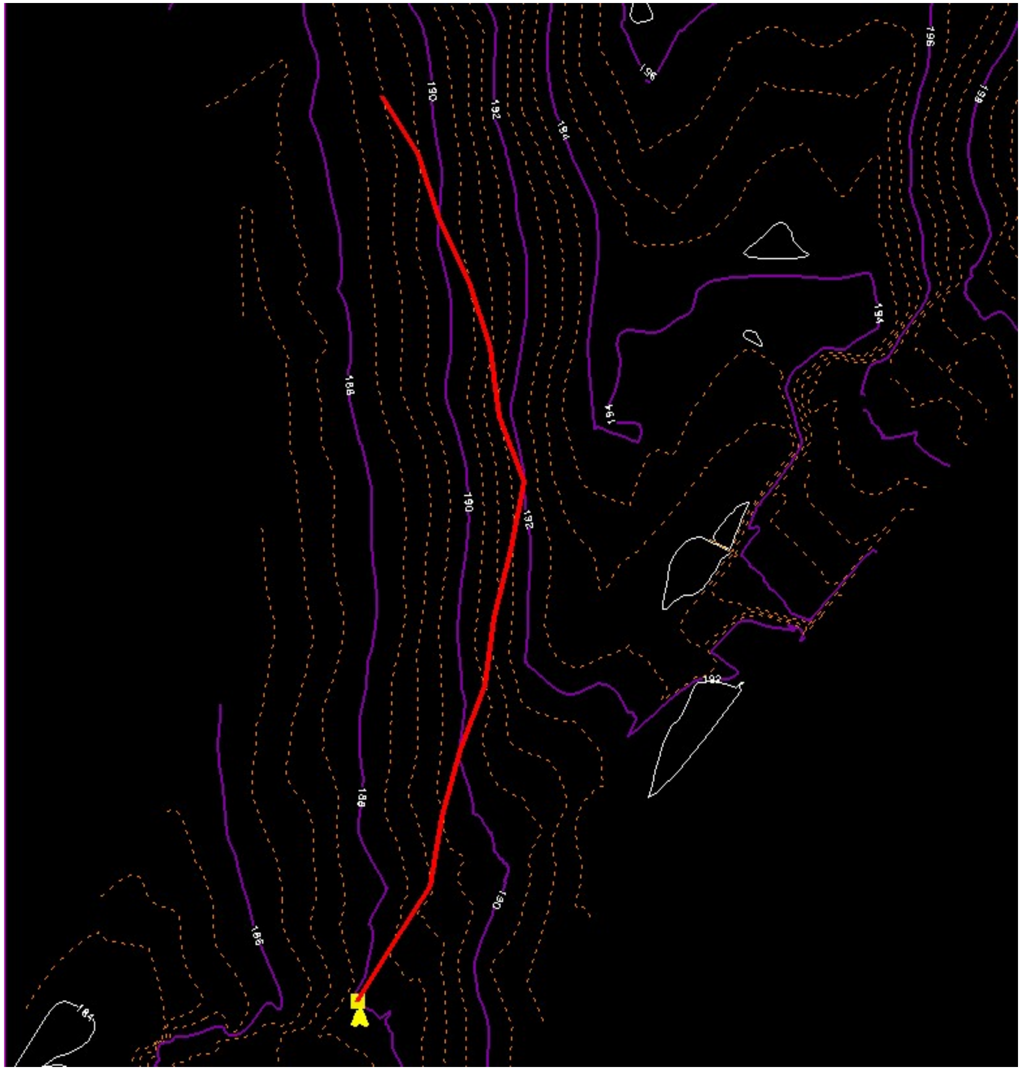
Λύση 4: να ανέβω με την Smax μέχρι το σημείο Δ(145μ) και να ξανανέβω μέχρι το Β



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2 - Διέλευση λόφου

Ισοκλινής

- Τεθλασμένη γραμμή
  - οι κορυφές βρίσκονται επί των ισοϋψών
  - οι πλευρές έχουν σταθερή κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο και βρίσκονται πάνω στο έδαφος



Ισοκλινής Γραμμή

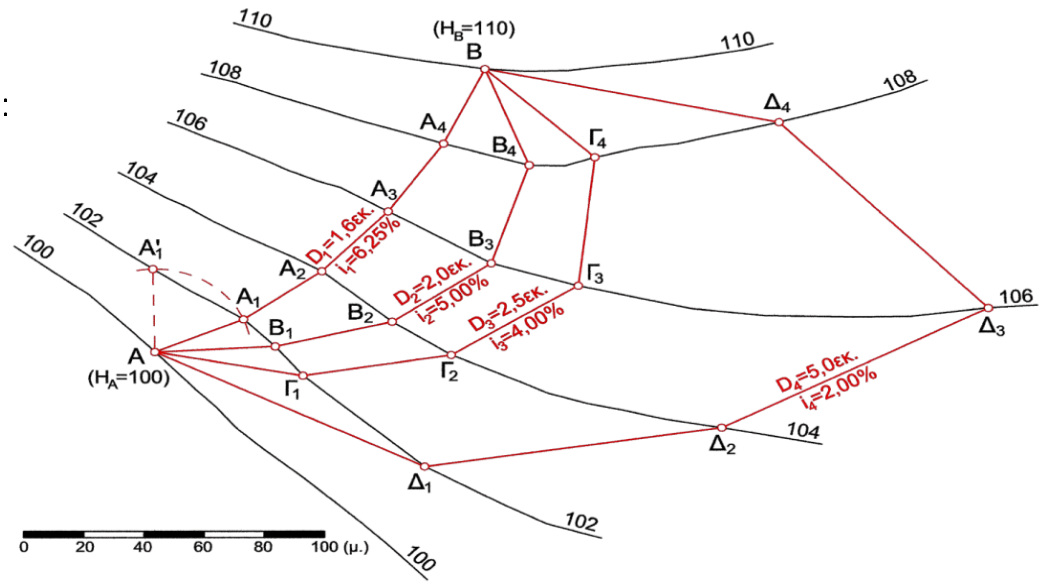
Η κατά μήκος κλίση (S) που ορίζεται από τη σχέση:

$$S = \frac{\Delta H}{L}$$

όπου: S [-] η κατά μήκος κλίση

ΔΗ [μ] η υψομετρική διαφορά

L [μ] το μήκος της οδού



Η γραμμή που συνδέει τα σημεία Α και Β και έχει την ίδια σταθερή κλίση λέγεται **ισοκλινής** γραμμή. Εξ' ορισμού λοιπόν ισοκλινής γραμμή είναι η γραμμή εκείνη η οποία μεταξύ δύο δοθέντων σταθερών σημείων προσαρμόζεται κατά το δυνατόν πλησιέστερα στο έδαφος και παρουσιάζει μια σταθερή κλίση (με οριακή την κλίση maxS).

Μεταξύ δύο σημείων Α και Β υπάρχουν θεωρητικά άπειρες ισοκλινείς, με αντίστοιχες άπειρες κλίσεις.

Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση τόσο μικρότερο είναι το μήκος L.

Προφανώς συντομότερη (μικρότερου μήκους) είναι αυτή με την μέγιστη κλίση (maxS).

Χάραξη ισοκλινούς γραμμής

Κατά μήκος κλίση

Για τη χάραξη της ισοκλινούς γραμμής χρειάζεται να υπολογίσουμε την κατά μήκος κλίση με βάση τη σχέση που προαναφέραμε:

$$S = \frac{\Delta H_{AB}}{L_{AB}}$$

Όπου: S [-] η κατά μήκος κλίση

$\Delta H_{AB} = H_B - H_A$ [μ] η υψομετρική διαφορά μεταξύ των Α και Β

L_{AB} [μ] το μήκος μεταξύ των σημείων Α και Β

maxS [-] η μέγιστη κατά μήκος κλίση

Θα πρέπει να ισχύει S<= max S

Χάραξη ισοκλινούς γραμμής

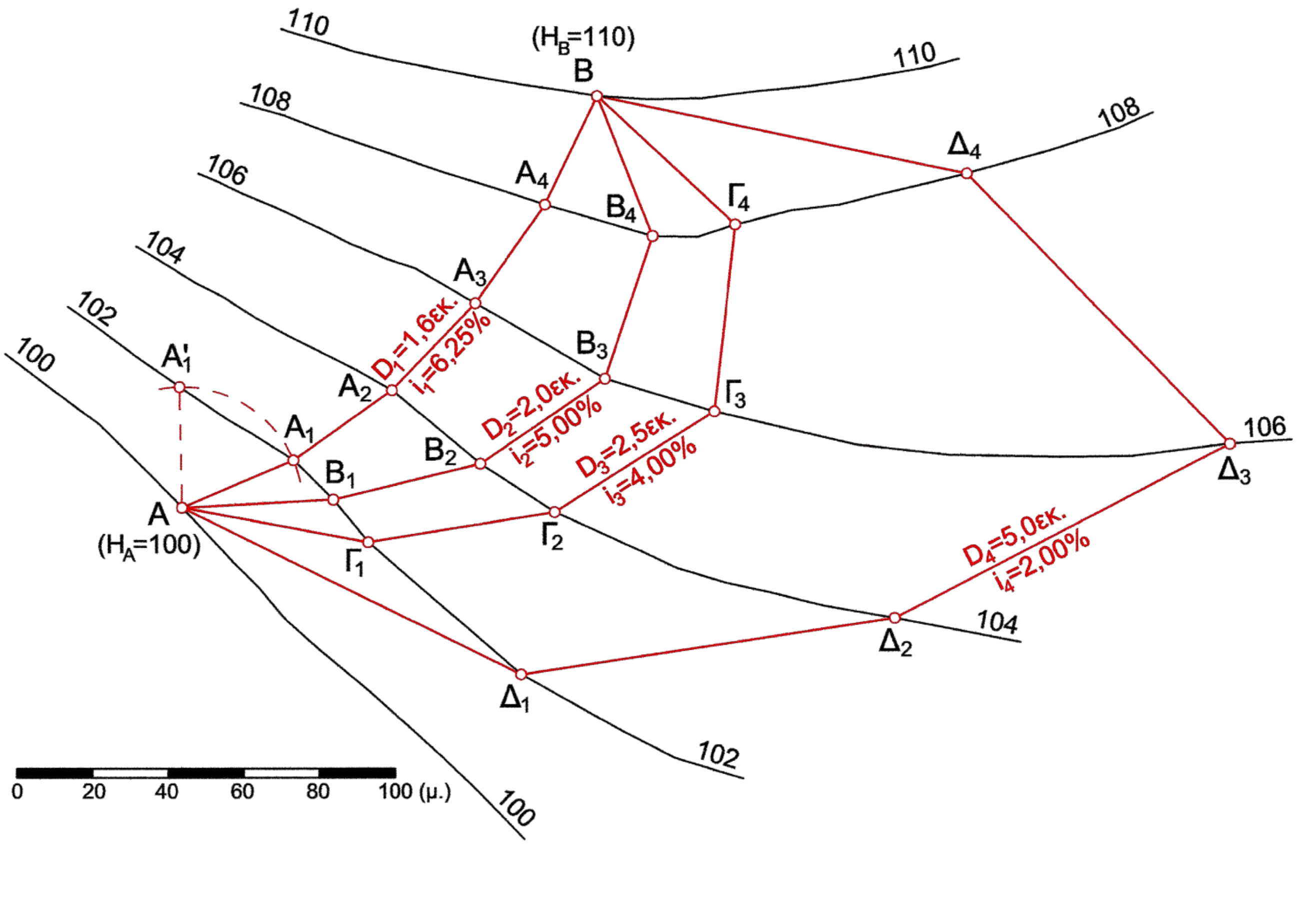
Βήμα της ισοκλινούς

Εάν (δ) είναι η ισοδιάσταση μεταξύ των ισοϋψών τότε η απόσταση (D) της ισοκλινούς από την μία ισοϋψή στην αμέσως επόμενη είναι:

$$D^{[\mu]} = \frac{\delta^{[\mu]}}{S}$$

Η απόσταση αυτή λέγεται **βήμα** της ισοκλινούς και εκφράζεται σε μέτρα. Εάν λοιπόν ορίσουμε το βήμα D στην κλίμακα του τοπογραφικού, τότε αποκόπτοντας ένα τμήμα τέτοιου μήκους μεταξύ δύο ισοϋψών αυτό θα έχει κλίση S = δ/D, δηλαδή την κλίση που θέλουμε.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΙΣΟΚΛΙΝΟΥΣ ΓΡΑΜΜΗΣ



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΙΣΟΚΛΙΝΟΥΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

Υψόμετρα αρχής H_A = 100 μ. και τέλους H_B = 110 μ.
Κλίμακα 1: 2000

Να χαραχθεί ισοκλινής

Α. Με μέγιστη **δυνατή** κλίση
Β. Με κλίση 2%
Γ. Με μέγιστη **επιτρεπόμενη** κλίση S=5%

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΙΣΟΚΛΙΝΟΥΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

Α. Με μέγιστη δυνατή κλίση

Υψόμετρα αρχής H_A = 100 μ. και τέλους H_B = 110 μ. άρα ΔH_{AB}= 10,00 μ.

Μετράμε το ευθύγραμμο μήκος $L_{AB\varepsilon\upsilon\theta}$ = 7,8 εκ. Χ 2000 = 156 μ.

Θεωρούμε L_{AB} =160μ

Υπολογίζουμε την κλίση $S=\Delta H_{AB}/L_{AB}=10/160=0.0625$ ή 6.25%

Το D1=2/0,0625=32μ (0,016μ στην κλίμακα)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΙΣΟΚΛΙΝΟΥΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

Β. Με κλίση 2%

Υψόμετρα αρχής H_A = 100 μ. και τέλους H_B = 110 μ.

ΔH_{AB}= 10,00 μ.

D_4=2/0,02=100μ (0,05μ στην κλίμακα)

L_{AB} =n* D_4=5*100=500μ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΙΣΟΚΛΙΝΟΥΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

Γ. Με μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση S=5%

Υψόμετρα αρχής H_A = 100 μ. και τέλους H_B = 110 μ.

ΔH_{AB}= 10,00 μ.

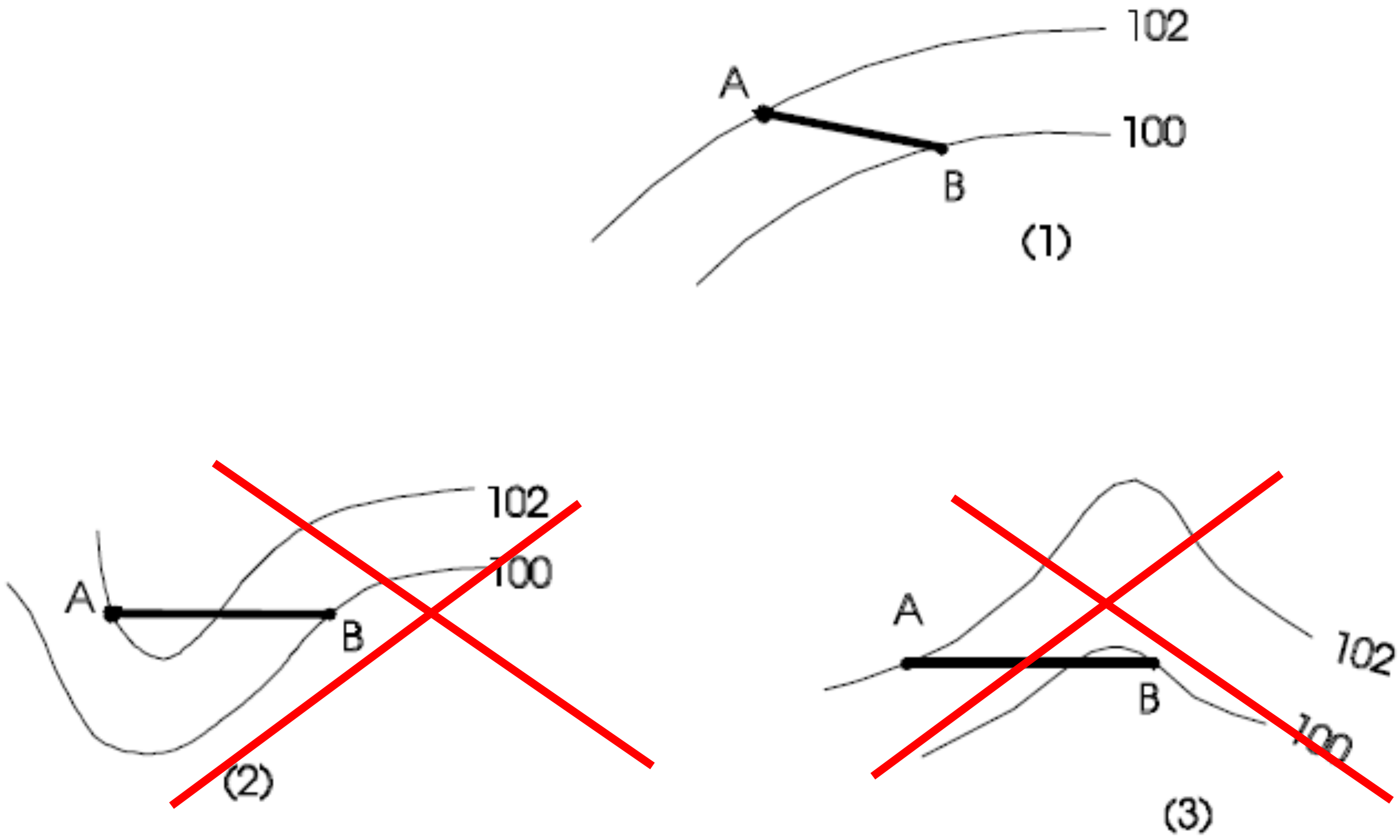
Το οριακό μήκος προκύπτει όταν χρησιμοποιήσουμε τη μέγιστη κλίση

D_2=2/0,05=40μ (0,02μ στην κλίμακα)

L_{AB} =n* D_2=5*40=200μ

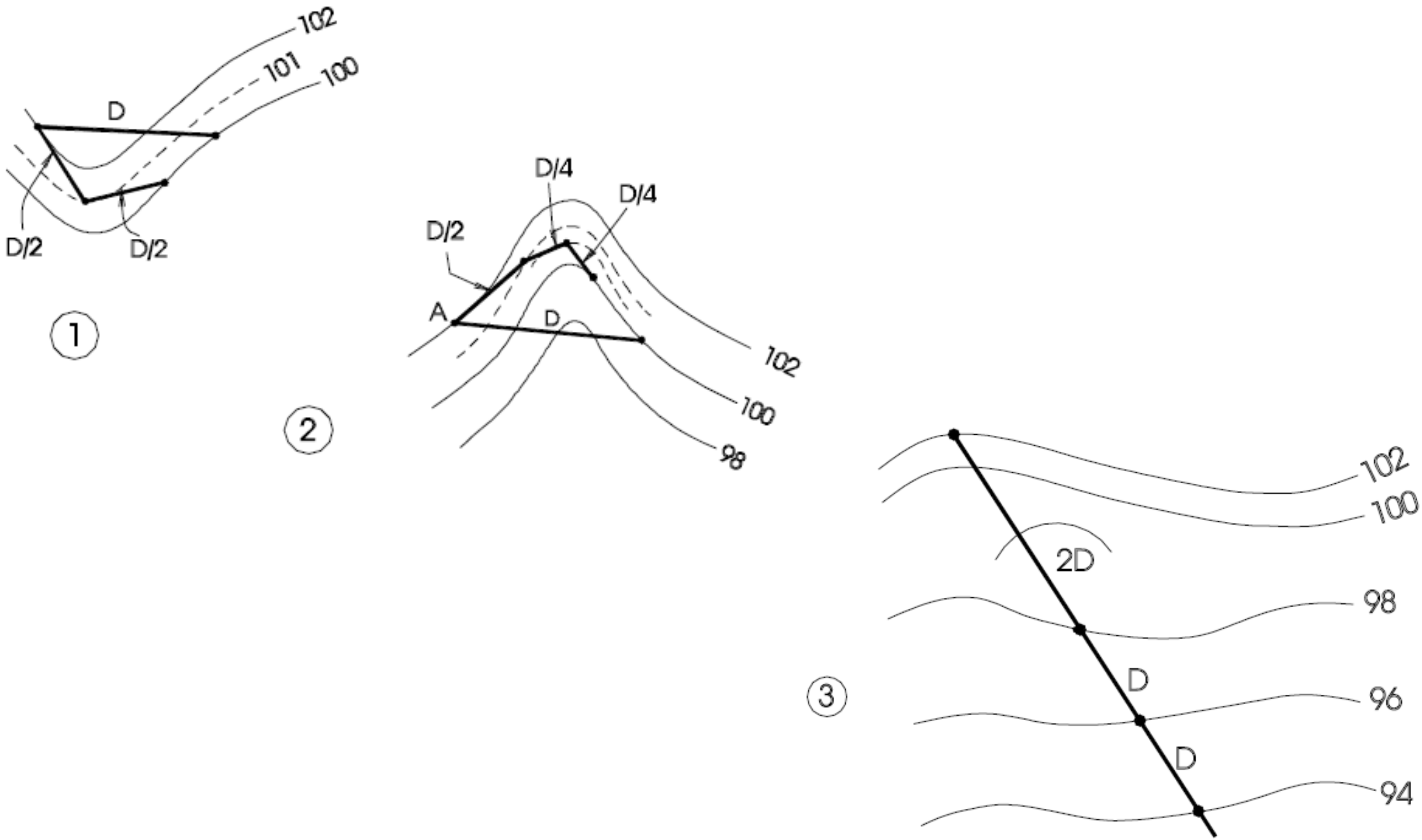
Ισοκλινής

ΠΗΓΗ: Κανελλαϊδης (2014)

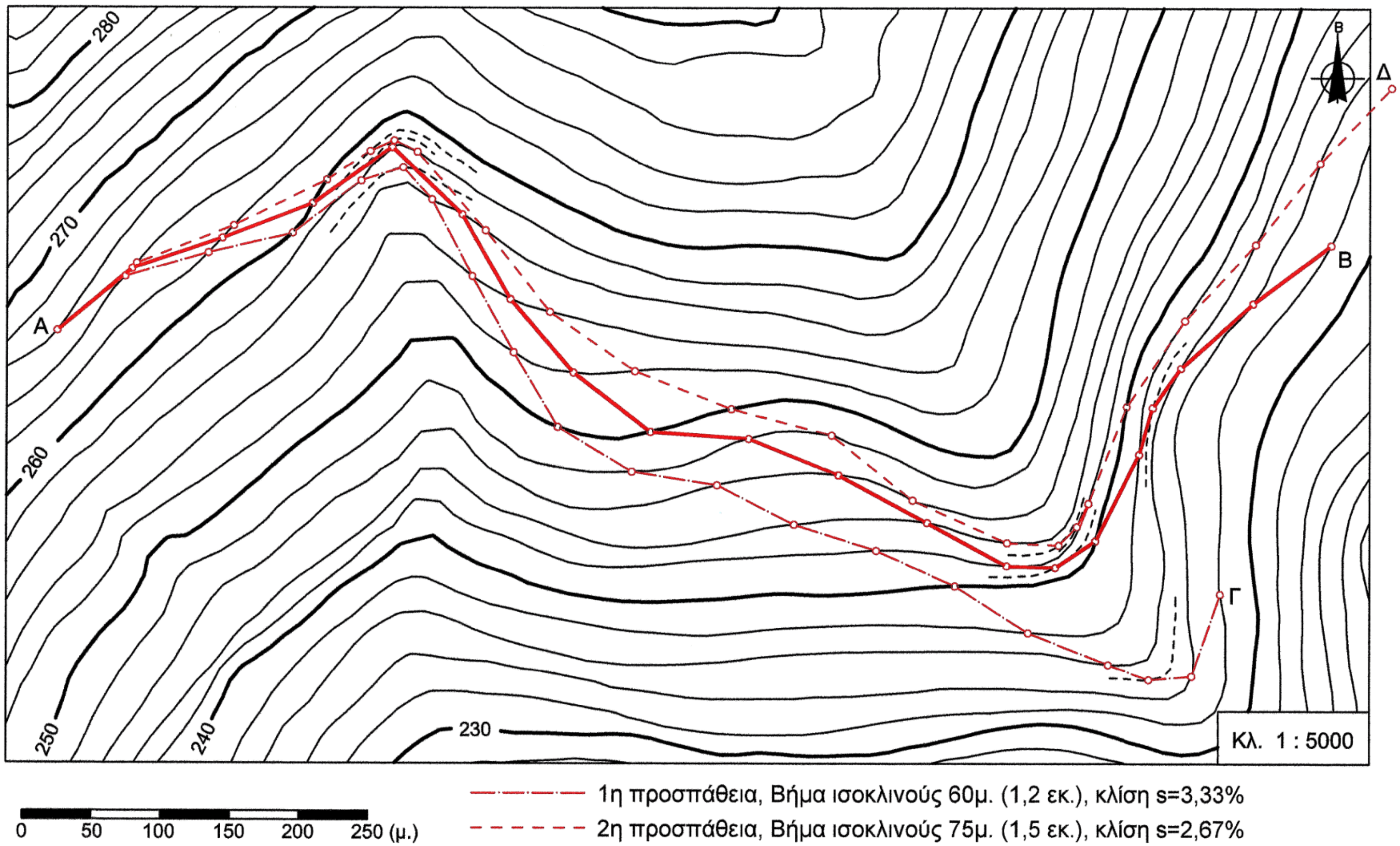


Ισοκλινής

ΠΗΓΗ: Κανελλαϊδης (2014)



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΙΣΟΚΛΙΝΟΥΣ ΓΡΑΜΜΗΣ



1η προσπάθεια, Βήμα ισοκλινούς 60μ. (1,2 εκ.), κλίση s=3,33%

2η προσπάθεια, Βήμα ισοκλινούς 75μ. (1,5 εκ.), κλίση s=2,67%

3η προσπάθεια, Βήμα ισοκλινούς 67,5μ. (1,35 εκ.), κλίση s=2,96%

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΙΣΟΚΛΙΝΟΥΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

Ακολουθώντας την αναπτυχθείσα βήμα προς βήμα διαδικασία έχουμε:

1. Υψόμετρα αρχής H_A = 266 μ. και τέλους H_B = 232 μ. άρα ΔH_{AB}= 34,00 μ.

2. Μετράμε το ευθύγραμμο μήκος $L_{AB\varepsilon\upsilon\theta}$ = 18,5 εκ. X 5000 = 925 μ.

3. Το έδαφος έχει μικρή πτύχωση και θεωρούμε σε πρώτη προσέγγιση σ=1,10

   Οπότε 1η προσέγγιση $L_{AB(1)} = \sigma * L_{AB\varepsilon\upsilon\theta}$ = 1,10 X 925 = 1017,5 μ.

4. Υπολογίζουμε την κλίση S_1

$$S_1 = \frac{\Delta H_{AB}}{L_{AB(1)}} = \frac{34,00}{1017,50} = 0,0334 \qquad = 3,34\% \ (< Smax)$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΙΣΟΚΛΙΝΟΥΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

5.Προσδιορίζουμε το βήμα (D_1) που αντιστοιχεί στην κλίση S_1

$$D_1 = \frac{\delta}{S_1} = \frac{2,00}{0,0334} = 60\mu$$

6. Ο αριθμός των πλευρών της ισοκλινούς είναι:

$$n = \frac{\Delta H}{\delta} = \frac{34,00}{2,00} = 17$$

(17 τμήματα με βήμα μήκους D_1)

7. Με βήμα (D_1 = 60 μ = 1,2 εκ) ξεκινάμε από το Α με κατεύθυνση το Β. Πυκνώνουμε με τις ισοϋψείς 257 και 235.

8. Φθάνουμε στο σημείο Γ, που απέχει από Β απόσταση ίση με 5,2 εκ = 260μ.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΙΣΟΚΛΙΝΟΥΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

9. Προσεγγίζουμε ορθότερα το μήκος, και η αριθμητική προσέγγιση είναι :

$L_{AB\,(2)}$ = n * D_1 ± ΒΓ = 17 x 60 + 260 μ = 1280 μ.

Όπου: n = 17 ο αριθμός των πλευρών της ισοκλινούς μήκους D_1,
D_1 = 60 μ. η πρώτη προσέγγιση του βήματος, και
ΒΓ = +260 μ. Το πρόσημο είναι θετικό διότι το Γ έπεσε πριν το Β,
άρα θέλουμε αύξηση του μήκους.

10. Με το νέο μήκος $L_{AB\,(2)}$ επιχειρούμε τη δεύτερη προσέγγιση με κλίση:

$$S_2 = \frac{\Delta H_{AB}}{L_{AB(2)}} = \frac{34,00}{1280,00} = 0,0267$$ (= 2,67 %)

και επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία με νέο βήμα :

11. Φθάνουμε στο σημείο Δ, που απέχει από το Β απόσταση ίση με 2,6 εκ = 130μ.

$$D_2 = \frac{\delta}{S_2} = \frac{2,00}{0,0267} = 75,0\mu$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΙΣΟΚΛΙΝΟΥΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

12. Προσεγγίζουμε ορθότερα το μήκος, και η αριθμητική προσέγγιση είναι :

$L_{AB\,(3)}$ = n * D_2 ± ΒΔ = 17 x 75 - 130 μ = 1150 μ.

Όπου: n = 17 ο αριθμός των πλευρών της ισοκλινούς μήκους D_1,
D_2 = 75 μ. η δεύτερη προσέγγιση του βήματος, και
ΒΔ = -130 μ. Το πρόσημο είναι αρνητικό διότι το Δ έπεσε μετά το Β, άρα θέλουμε μείωση του μήκους.

13. Με το νέο μήκος $L_{AB\,(3)}$ επιχειρούμε την τρίτη προσέγγιση με κλίση :

(= 2,96 %)

Και επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία με νέο βήμα :

$$S_3 = \frac{\Delta H_{AB}}{L_{AB(3)}} = \frac{34,00}{1150,00} = 0,0296$$

Σταματάμε τη διαδικασία μόλις φτάσουμε σε απόσταση μέχρι 0,5εκ. (5 χιλιοστά) από το σημείο Β.

$$D_3 = \frac{\delta}{S_3} = \frac{2,00}{0,0296} = 67,6\mu$$

Πολυγωνική της χάραξης

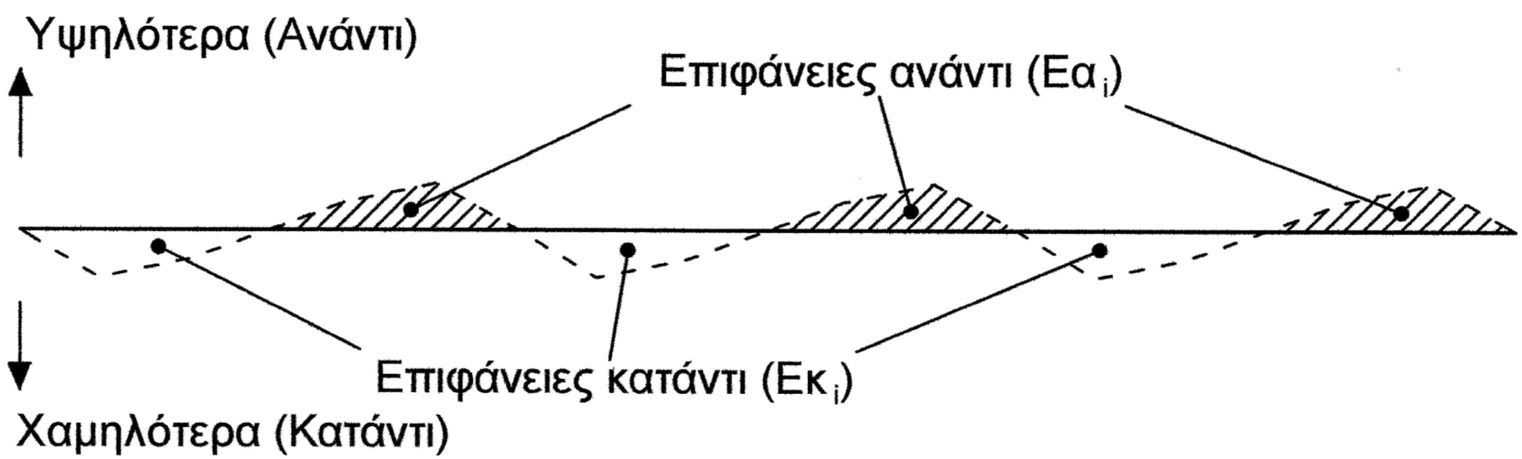
ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΗΣ

1. Η πολυγωνική πρέπει να είναι **όσο πιο κοντά γίνεται στην ισοκλινή**, οπότε η απόκλιση από την κατά μήκος κλίση της ισοκλινούς θα είναι μικρή και δεν θα απαιτούνται ιδιαίτερα μεγάλες χωματουργικές εργασίες (επιχώματα και ορύγματα).

2. Όσο περισσότερο αποκλίνει η πολυγωνική από την ισοκλινή τόσο δημιουργείται η ανάγκη περισσότερων χωματουργικών.
    - ✓ Όταν μετακινείται προς τα κατάντι δημιουργούνται επιχώματα ενώ η μετακίνηση προς τα ανάντι δημιουργεί ορύγματα.
    - ✓ Τα ορύγματα θα πρέπει να είναι <u>**περίπου ίσα**</u> με τα επιχώματα. Με τον τρόπο αυτό θα χρησιμοποιήσουμε τα προϊόντα των ορυγμάτων (εκσκαφές) για τη δημιουργία των επιχωμάτων και έτσι δε θα χρειασθεί ούτε να δανειστούμε χώματα αλλά ούτε και να πετάξουμε χώματα.
    - ✓ Η σχετική αυτή εξίσωση λέγεται **εξισορρόπηση** των χωματουργικών.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΗΣ

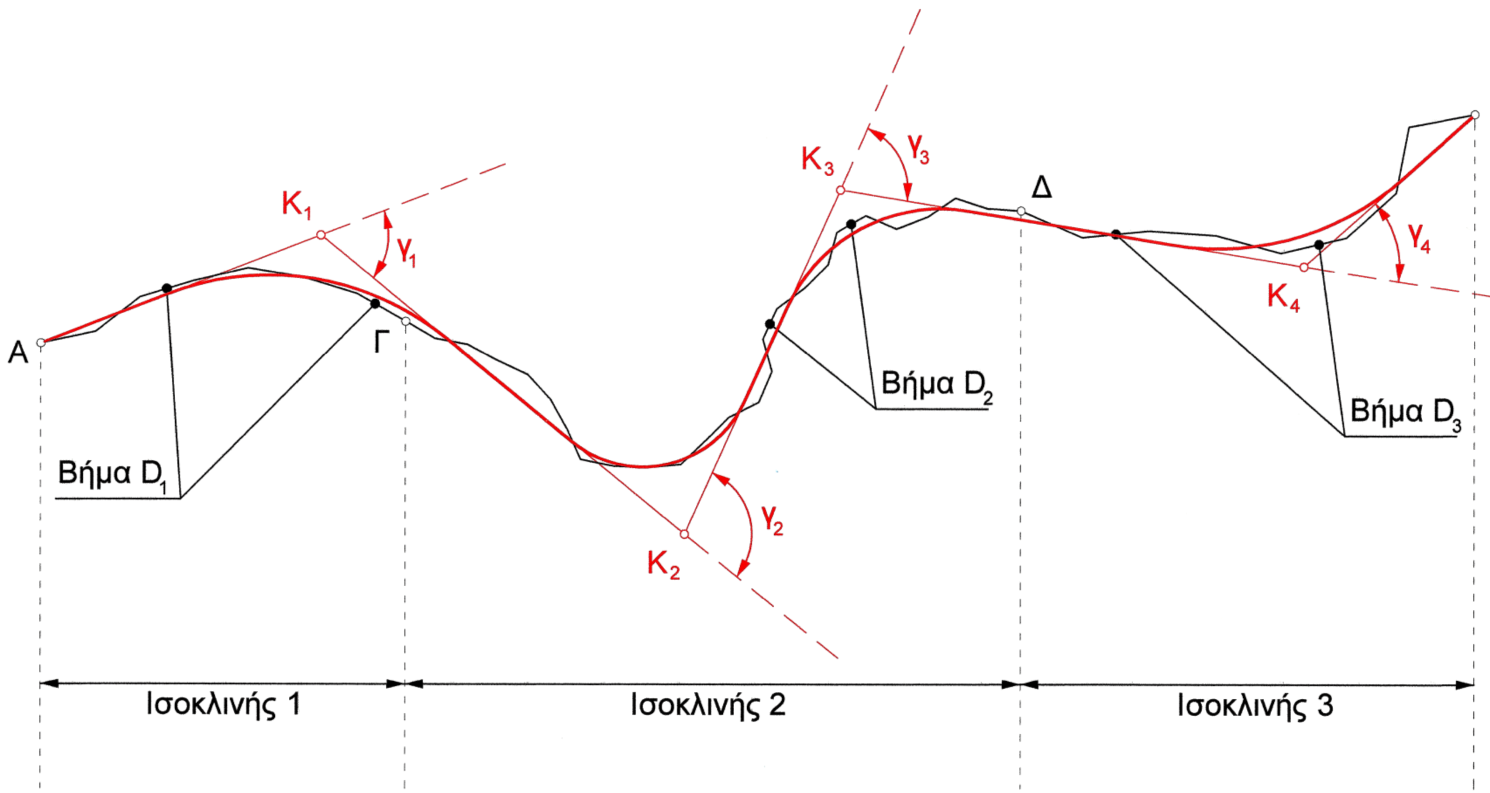
Μια πρώτη προσπάθεια για να πετύχουμε αυτό το αποτέλεσμα είναι να φροντίσουμε ώστε η πολυγωνική να αποκλίνει περίπου το ίδιο προς τα ανάντι και προς τα κατάντι. Με άλλα λόγια οι επιφάνειες που αφήνονται εκατέρωθεν, μεταξύ ισοκλινούς και πολυγωνικής, να είναι περίπου ισοσκελισμένες.



Εάν λοιπόν το άθροισμα των επιφανειών ανάντι της πολυγωνικής είναι ($ΣΕ_{αi}$) και το άθροισμα των επιφανειών κατάντι της πολυγωνικής είναι ($ΣΕ_{κi}$) επιδιώκουμε $ΣΕ_{αi} \approx ΣΕ_{κi}$.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΗΣ

3. Αφού φέρουμε τις **πλευρές της πολυγωνικής** βλέπουμε ότι εκεί που τέμνονται δημιουργούνται **κορυφές** (K_i), που σχηματίζουν γωνίες θλάσης, **εσωτερικές γωνίες** ($β_i$) ή **εξωτερικές γωνίες** ($γ_i$). Οι εξωτερικές γωνίες ($γ_i$) εκφράζουν και την αλλαγή κατεύθυνσης της χάραξης.



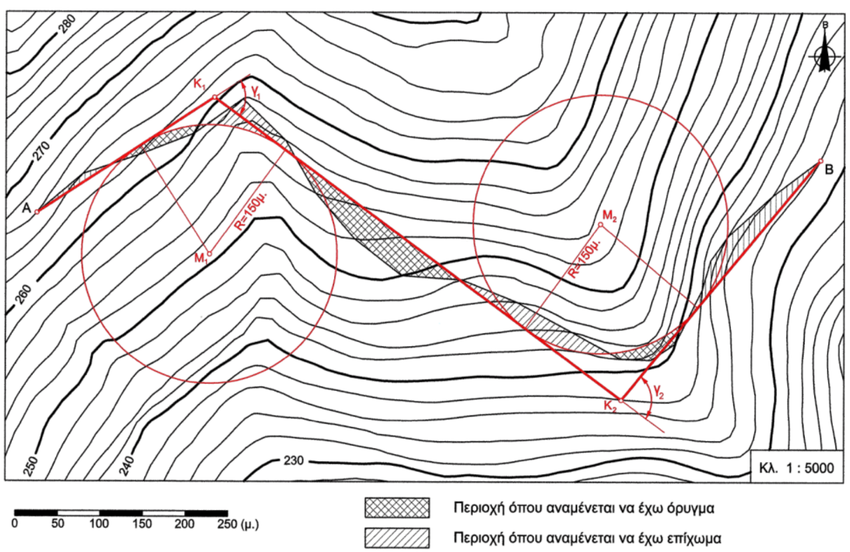
ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΗΣ

4.Μετά την τοποθέτηση των οριζοντιογραφικών καμπυλών θα απομείνουν κάποια ευθύγραμμα τμήματα.

✓Τα μήκη των ευθύγραμμων αυτών τμημάτων πρέπει να κυμαίνονται μεταξύ κάποιων ορίων: ενός ελαχίστου και ενός μεγίστου. Το **επιθυμητό μήκος της ευθυγραμμίας** αποτελεί ένα ακόμη κριτήριο για την χάραξη της πολυγωνικής.

Σημαντική Παρατήρηση: Το τελικό μήκος της πολυγωνικής ($L_{πολυγ}$) θα είναι μικρότερο από αυτό της ισοκλινούς ($L_{ισοκλ}$). ⇨ η κλίση της πολυγωνικής θα είναι μεγαλύτερη από αυτή της ισοκλινούς

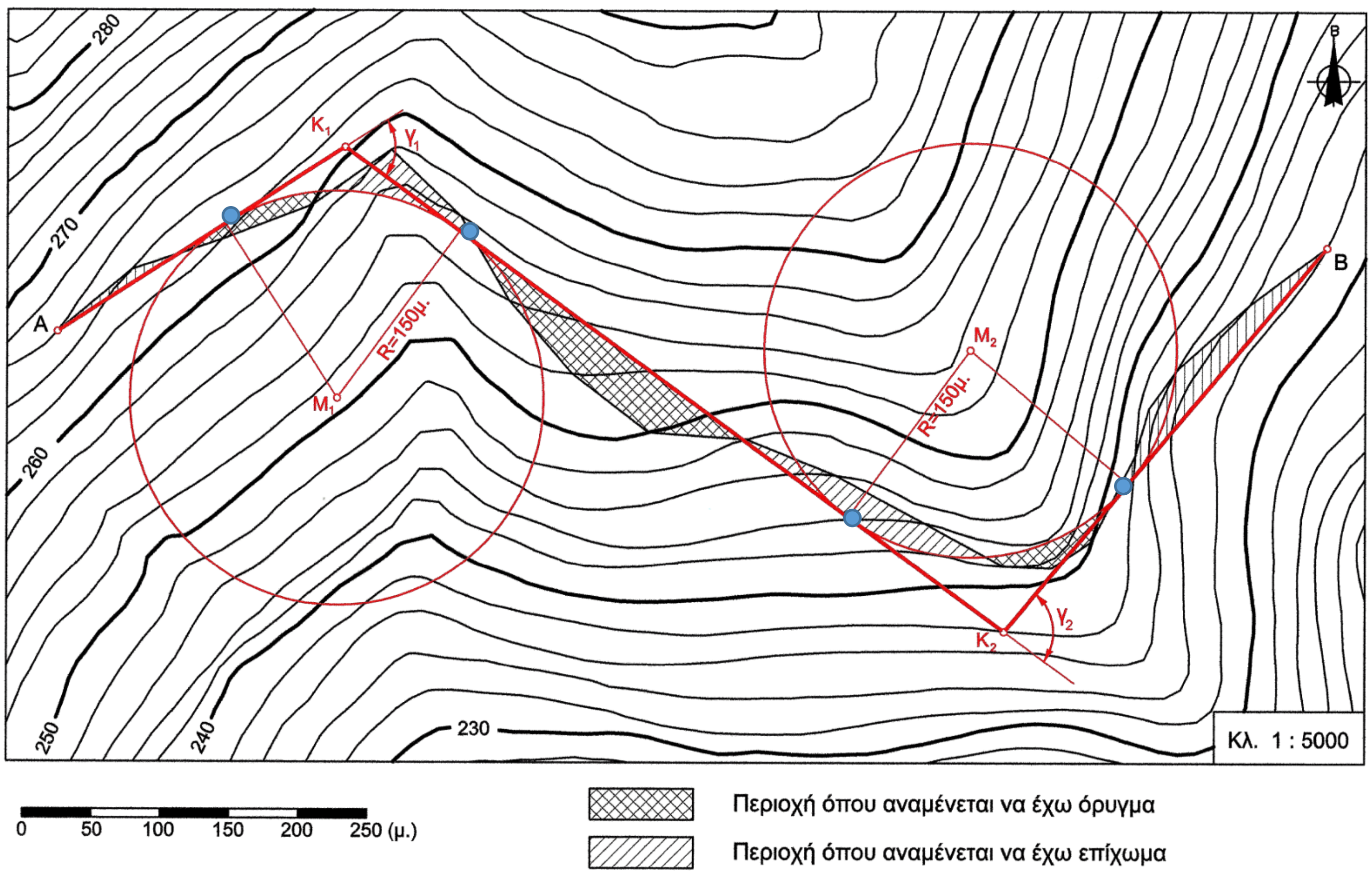
- ✓ *Εάν για τη χάραξη της ισοκλινούς έχουμε χρησιμοποιήσει τη μέγιστη κατά μήκος κλίση (maxS), τότε η κλίση της πολυγωνικής θα είναι μεγαλύτερη!*
- ✓ *Για να μη βρεθούμε λοιπόν με αυτή την έκπληξη όταν θα κάνουμε τη μηκοτομή, θα πρέπει εξ αρχής να χρησιμοποιήσουμε κλίση μικρότερη της maxS, για τη χάραξη της ισοκλινούς. Το ποσό της μείωσης αυτής εξαρτάται από την πτύχωση του εδάφους και την εμπειρία του Μελετητή. Σε εδάφη με έντονες πτυχώσεις συνιστάται να χρησιμοποιείται (maxS-1%) και σε ομαλότερα εδάφη (maxS-0,5%).*



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΗΣ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΗΣ

Στο προηγούμενο τοπογραφικό διάγραμμα όπου έγινε η ισοκλινής γραμμή, ζητείται να χαραχθεί κατάλληλη πολυγωνική γραμμή για οδό με ταχύτητα μελέτης 60 χαω, προκειμένου οι παραγόμενες χωματουργικές εργασίες να είναι οι ελάχιστες δυνατές.



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΗΣ

1.Αρχικά με βάση την ταχύτητα μελέτης προσδιορίζουμε την ελάχιστη οριζοντιογραφική ακτίνα που πρέπει να έχει ο δρόμος. Σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Χ για οδούς κατηγορίας Α (Πίνακας 5.1.), για ταχύτητα μελέτης 60χαω σε ημιορεινό ή ορεινό έδαφος η R_{min}=140μ. Επομένως πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ακτίνα τουλάχιστον ίση με 140μ. και επιλέγουμε R=150μ.

V_e [km/h]	R_{min} [m]						
	Ομάδα οδών Α					Ομάδα οδών Β	
	πεδινά εδάφη			λοφώδη και ορεινά εδάφη		όλες οι κατηγορίες εδαφών	
	q_{max} =8 (9)%		q_{min} =2,5%	q_{max} = 7%	q_{min} = 2,5%	q_{max} = 6%	q_{min} = 2,5%
	n = 45%		*n* = 10%	*n* = 40%	*n* = 10%	*n* = 60%	*n* = 30%
1	2		3	4	5	6	7
50	80		325	95	325	70	150
60	125	(120)	490	140	490	110	230
70	180	(170)	700	200	700	160	335
80	250	(235)	960	280	960	220	470
90	330	(310)	1.260	370	1.260	300	630
100	420	(400)	1.620	480	1.620	–	–
110	530	(500)	2.020	600	2.020	–	–
120	650	(620)	2.470	740	2.470	–	–
(130)	790	(740)	2.970	890	2.970	–	–

Οι τιμές σε ( ) εφαρμόζονται σε εξαιρετικές περιπτώσεις

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΗΣ

2. Εντοπίζουμε από την χαραγμένη ισοκλινή περιοχές με σαφή αλλαγή κατεύθυνσης στις οποίες πρέπει να εγγράψουμε κύκλους με ακτίνα μεγαλύτερη από R_{min}.

· Σχεδιάζουμε τους κύκλους με ακτίνα ίση με R=150μ. (3 εκ. στην κλίμακα 1:5000) > R_{min} προσπαθώντας να βρισκόμαστε όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην ισοκλινή γραμμή (κύκλοι με κέντρα M_1 και M_2).

Φέρνουμε εφαπτόμενη από το σημείο Α στον 1ο κύκλο, την κοινή εφαπτομένη μεταξύ των δύο κύκλων και εφαπτόμενη από το σημείο Β πάνω στον 2ο κύκλο.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΗΣ

3.Γραμμοσκιάζουμε τις περιοχές όπου η πολυγωνική γραμμή βρίσκεται ανάντι της ισοκλινούς γραμμής (περιοχές αναμενόμενων ορυγμάτων) και τις περιοχές όπου η πολυγωνική γραμμή βρίσκεται κατάντι της ισοκλινούς γραμμής (περιοχές αναμενόμενων επιχωμάτων).

Αν οπτικά φαίνεται να υπάρχει ισορροπία μεταξύ ορυγμάτων και επιχωμάτων τότε προεκτείνουμε τις εφαπτόμενες στους κύκλους οι οποίες τέμνονται στα σημεία K_1 και K_2 και η τεθλασμένη γραμμή AK_1K_2B που προκύπτει αποτελεί την πολυγωνική γραμμή που έχουμε επιλέξει.

Αν δεν επιτυγχάνεται εξισορρόπηση μεταξύ ορυγμάτων και επιχωμάτων, τότε επαναλαμβάνουμε τα βήματα 3 και 4 με νέους κύκλους και νέες εφαπτόμενες μέχρι να πετύχουμε οπτικά την επιθυμητή εξισορρόπηση .

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

Η πολυγωνική γραμμή είναι μια τεθλασμένη γραμμή που ξεκινά από την αρχή (Α), περνά από τα ενδιάμεσα υποχρεωτικά σημεία Γ, Δ, κλπ. και καταλήγει στο τέλος (Β). Οι κορυφές της πολυγωνικής ονομάζονται **Κορυφές της Χάραξης** και τις συμβολίζουμε με το γράμμα Κ (K_1, K_2, K_3, κλπ).

Τις γωνίες της πολυγωνικής (γωνίες της χάραξης) τις διακρίνουμε σε εσωτερικές και εξωτερικές. Τις **εσωτερικές γωνίες** τις συμβολίζουμε με το γράμμα β (β_1, β_2, β_3, κλπ) και τις **εξωτερικές γωνίες** με το γράμμα γ (γ_1, γ_2, γ_3, κλπ). Προφανώς ισχύει:

$$\boldsymbol{\beta_i + \gamma_i = 200^g} \quad \text{(παραπληρωματικές γωνίες)}$$

Η μέτρηση των στοιχείων αυτών μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

Γραφική Μέθοδο

Αναλυτική Μέθοδο.

ΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Με τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούμε τη γραφική κλίμακα του σχεδίου.

Τις πλευρές τις μετράμε με το υποδεκάμετρο και κάνουμε την αναγωγή με βάση την κλίμακα.

Τις γωνίες τις μετράμε με το βαθμογνωμόνιο απ’ ευθείας σε βαθμούς (grad) και προφανώς είναι ανεξάρτητες από την κλίμακα.

Χρησιμοποιούμε μοιρογνωμόνιο και κάνουμε αναγωγή σε βαθμούς διαιρώντας δια 0,9 αφού $90^o = 100^g$.

Προσοχή: Στην Οδοποιΐα τη γωνία την εκφράζουμε πάντα σε βαθμούς γι’ αυτό και πρέπει η αναγωγή να γίνεται αμέσως, καθότι από την αιτία αυτή γίνονται πολλά λάθη.