

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ ΩΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Άγγελος Βασιλάς, Σπουδαστής ΕΜΠ

Κωνσταντίνος Αποστολέρης, Πολιτικός Μηχανικός, MSc

Σοφία Βαρδάκη, Δρ. Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχανικός

Φώτιος Μερτζάνης, Αγρονόμος-Τοπογράφος Μηχανικός, MSc

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ : Κωνσταντίνος Αποστολέρης, Πολιτικός Μηχανικός, MSc

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας

- Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση της γεωμετρίας ενός οδικού δικτύου όπως προκύπτει από επεξεργασία ενός τοπογραφικού υποβάθρου.
- Στόχος είναι η επισήμανση περιοχών που αποκλίνουν από τα όρια που έχουν τεθεί στους σύγχρονους ισχύοντες κανονισμούς (Ο.Μ.Ο.Ε., RAA-2008, RAS-L κ.α.) και επομένως θεωρείται ότι αποτελούν εν δυνάμει σημεία οδικών ατυχημάτων.

Απαιτούμενα στοιχεία για να γίνει πλήρης αξιολόγηση

Για την αξιολόγηση της γεωμετρίας ενός οδικού δικτύου χρειάζεται να γνωρίζω :

- Τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν την οριζοντιογραφία :
 1. Στοιχεία Πολυγωνικής (Συντεταγμένες κορυφών)
 2. Εφαρμοσμένες ακτίνες R
 3. Μήκη τόξων συναρμογής L
- Τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν τη μηκοτομή :
 1. Στοιχεία πολυγωνικής (Χ.Θ. και Υψόμετρο)
 2. Ακτίνες κυρτών και κοίλων καμπυλών
- Τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν τις επικλίσεις
 1. Τιμή επίκλισης σε ευθυγραμμίες και καμπύλες
 2. Πρόσθετη κλίση οριογραμμών ΔS
- Τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν τις διατομές
 1. Πλάτος οδοστρώματος και ερεισμάτων
 2. Διαπλατύνσεις
- Πρόσθετα στοιχεία που επηρεάζουν την ορατότητα :
 1. Πλευρικά εμπόδια (στηθαία ασφαλείας, πρανή ορυγμάτων κ.α.)

Εξαγωγή όλων των απαιτούμενων στοιχείων από τοπογραφικό υπόβαθρο – Λογισμικό H12

Όλη η απαραίτητη πληροφορία για την αξιολόγηση της γεωμετρίας ενός οδικού δικτύου παρέχεται από την τοπογραφική αποτύπωση. Αναλυτικά είναι απαραίτητη η αποτύπωση:

- Του άξονα της οδού
- Των οριογραμμών της οδού
- Πλευρικών εμποδίων που επηρεάζουν την ορατότητα

Προκειμένου να επιταχυνθεί η διαδικασία επεξεργασίας της τοπογραφικής πληροφορίας δημιουργήθηκε ένα νέο λογισμικό (Λογισμικό H12).

Στοιχεία που εισάγονται : 1. Η τρισδιάστατη πληροφορία του τοπογραφικού

Στοιχεία που εξάγονται :

1. Το γωνιακό διάγραμμα
2. Η οριζοντιογραφία,
3. Η μηκοτομή
4. Τα διαγράμματα επικλίσεων και διαπλατύσεων
5. Το διάγραμμα ορατότητας για στάση
6. Έλεγχος με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας εξετάστηκαν δύο οδικά τμήματα ίδιας κατηγορίας, μήκους περίπου 5 χιλιομέτρων το καθένα:

1. Τμήμα της Ε.Ο. Αντιρρίου-Ιωαννίνων (Πεδινό τμήμα, φωτογραμμετρική αποτύπωση)
2. Τμήμα της Ε.Ο. Κοζάνης - Καστοριάς (Ορεινό τμήμα, επίγεια αποτύπωση)

Παραγωγή Γωνιακού Διαγράμματος

Στάδια παραγωγής γωνιακού διαγράμματος

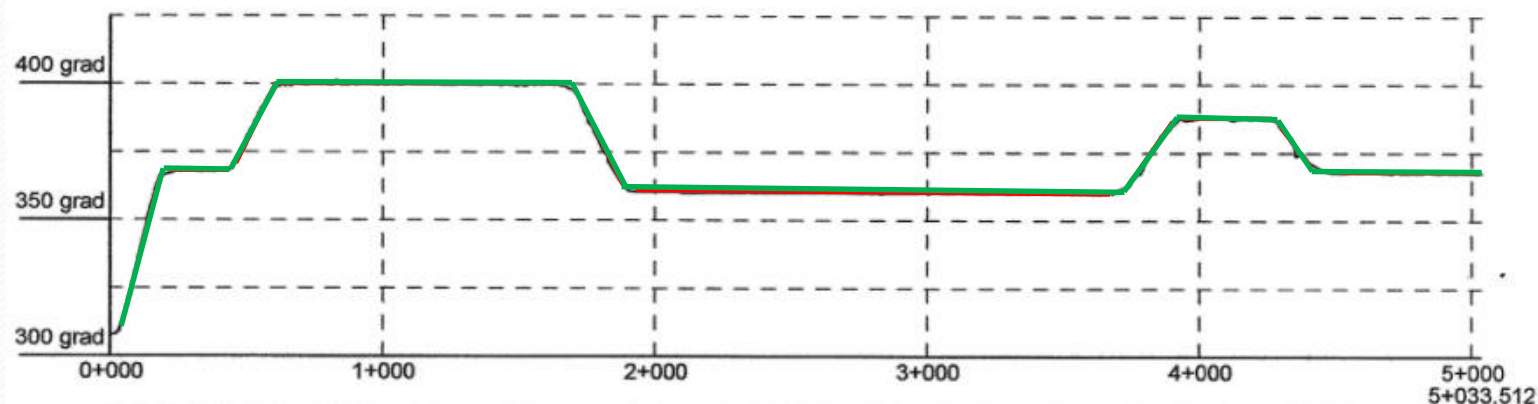
Στάδιο 1 : Υπολογισμός του μήκους του κάθε ευθύγραμμου τμήματος. Το άθροισμα όλων των ευθύγραμμων τμημάτων δίνει το μήκος του εξεταζόμενου οδικού τμήματος

Στάδιο 2 : Υπολογισμός του αζιμουθίου του κάθε ευθύγραμμου τμήματος και αποτύπωση του σε άξονες χιλιομέτρηση – αζιμούθιο.

Στάδιο 3 : Ορισμός των ευθύγραμμων τμημάτων του γωνιακού διαγράμματος

Στάδιο 4 : Διόρθωση των ευθύγραμμων τμημάτων με την Μ.Ε.Τ. προκειμένου να προκύψει το μικρότερο δυνατό σφάλμα μεταξύ ευθειών και αποτύπωσης

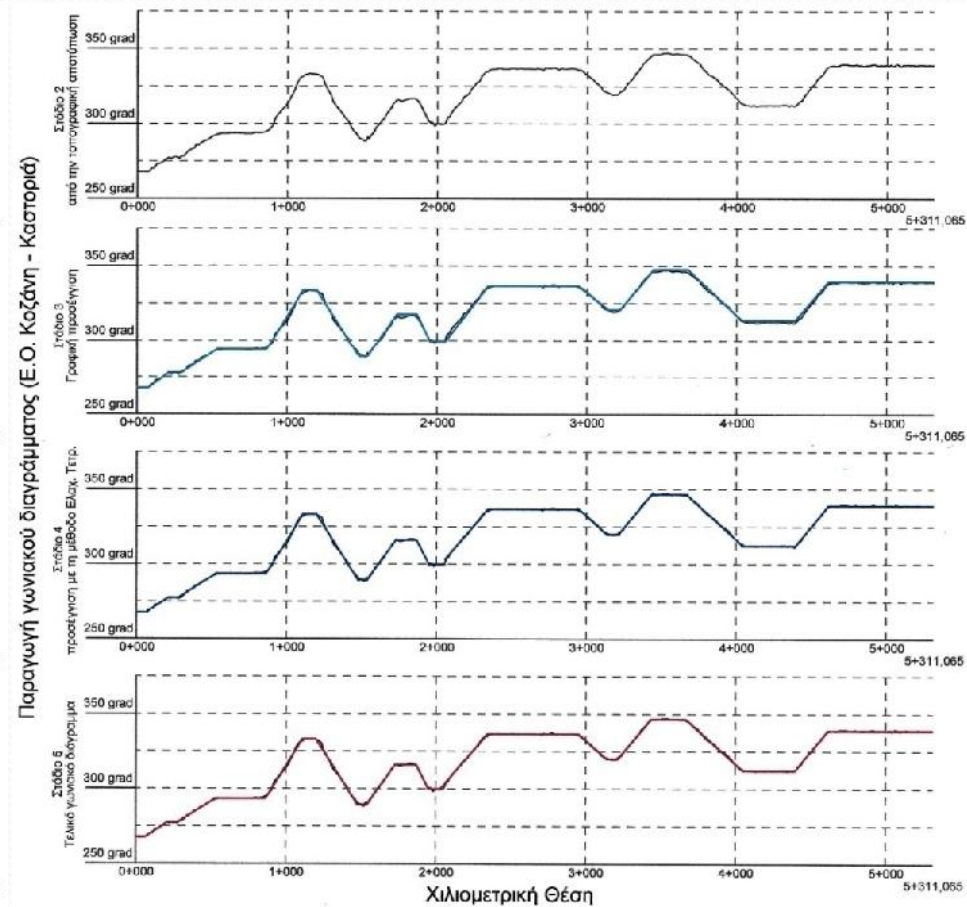
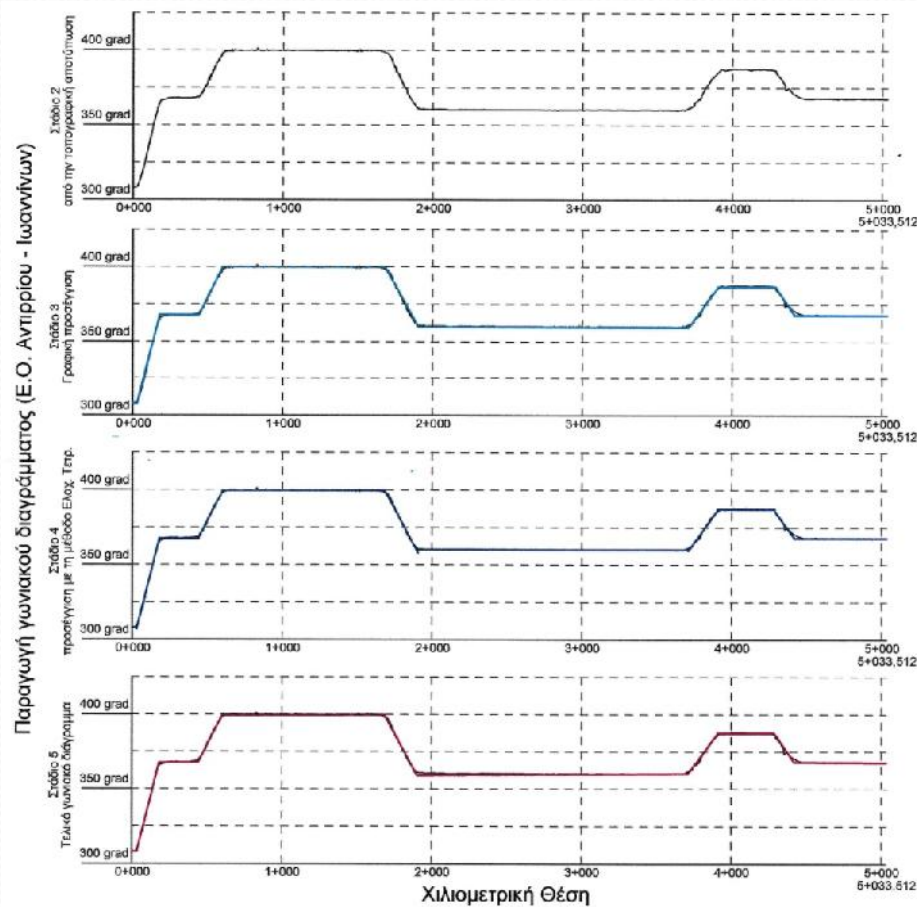
Στάδιο 5 : Η τομή των βέλτιστων ευθειών δίνει το τελικό γωνιακό διάγραμμα



Παραγωγή Γωνιακού Διαγράμματος

Ε.Ο. Αντιρρίου – Ιωαννίνων

Ε.Ο. Κοζάνη - Καστοριά



Παραγωγή Οριζοντιογραφίας

Στάδια παραγωγής Οριζοντιογραφίας

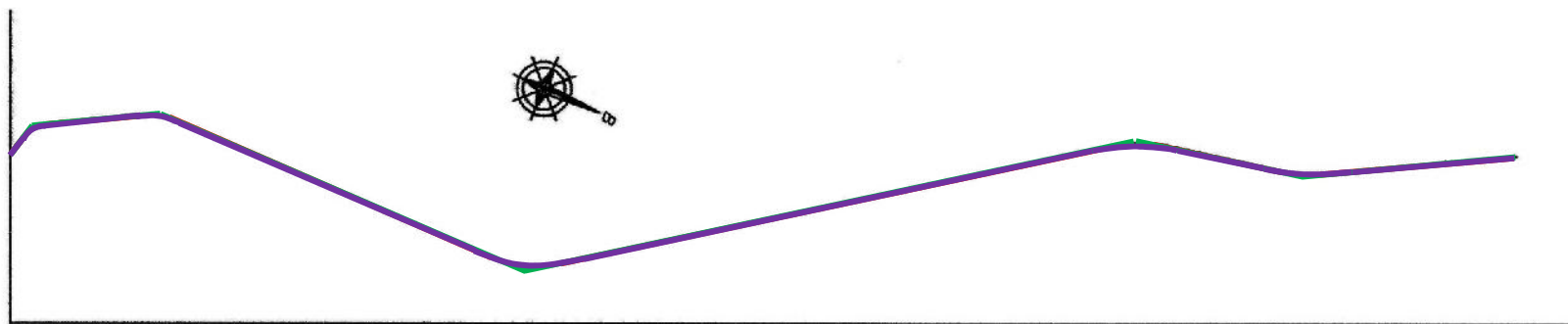
Στάδιο 1 : Έγινε αποτύπωση κάθε σημείου με βάση τις συντεταγμένες του Χ και Υ. Από τα παραγόμενα σημεία προκύπτει η οριζοντιογραφία της οδού βάσει του τοπογραφικού.

Στάδιο 2 : Από τις ευθείες του γωνιακού διαγράμματος (αζιμούθιο και χιλιομέτρηση) αποτυπώθηκαν στην οριζοντιογραφία τα ευθύγραμμα τμήματα.

Στάδιο 3 : Διόρθωση των ευθειών με την Μ.Ε.Τ. προκειμένου να προκύψει το μικρότερο δυνατό σφάλμα μεταξύ ευθειών και αποτύπωσης

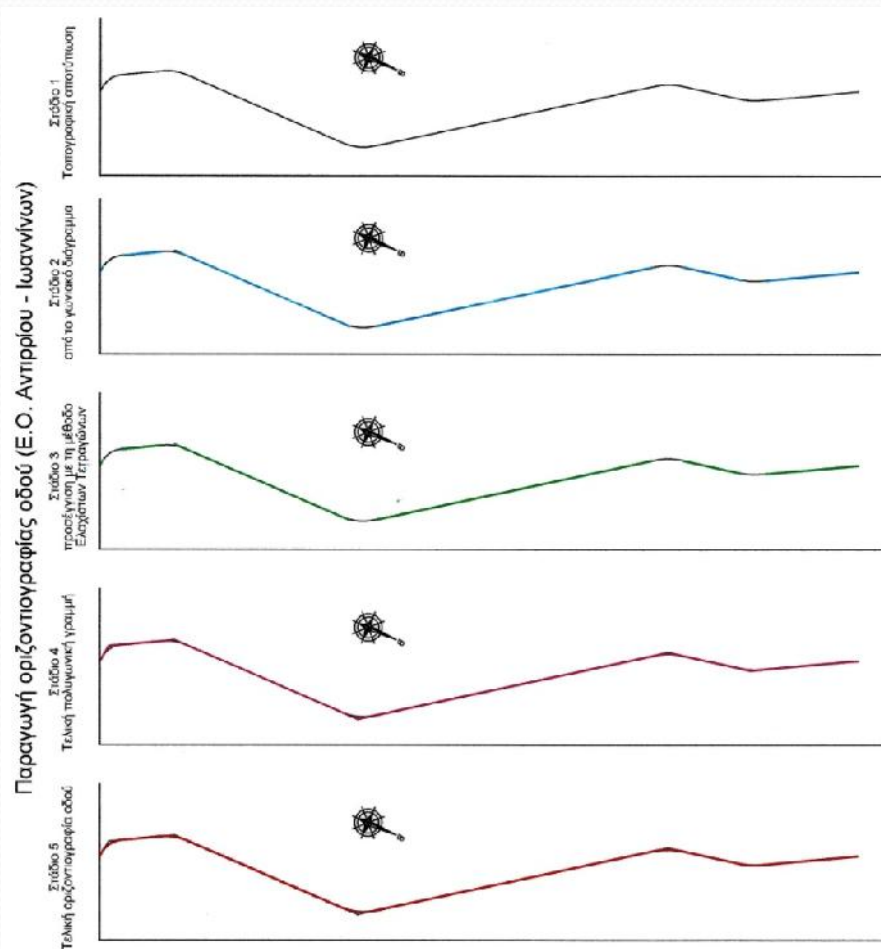
Στάδιο 4 : Η τομή των βέλτιστων αυτών ευθειών έδωσε και την τελική πολυγωνική της οριζοντιογραφίας της οδού

Στάδιο 5 : Από την πολυγωνική και την τιμή των ακτίνων έγινε υπολογισμός όλων των στοιχείων της οριζοντιογραφίας και σχεδιάστηκε ο τελικός άξονας της οδού.

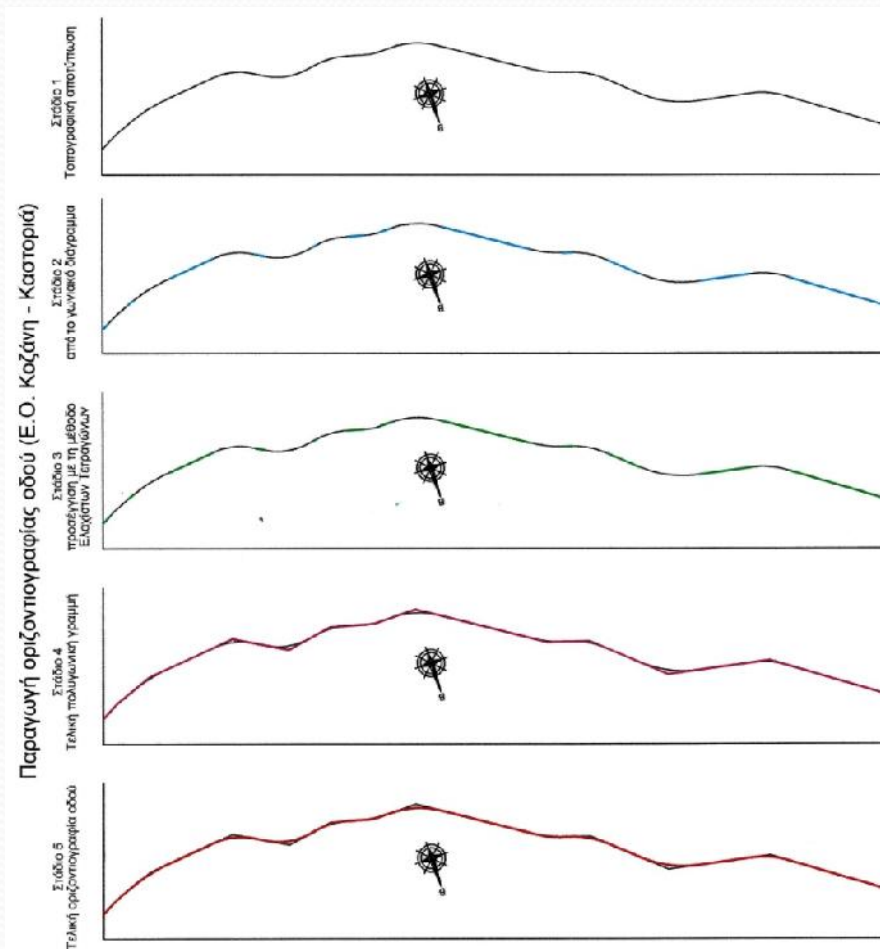


Παραγωγή Οριζοντιογραφίας

Ε.Ο. Αντιρρίου – Ιωαννίνων



Ε.Ο. Κοζάνης - Καστοριάς



Παραγωγή Μηκοτομής

Στάδια παραγωγής μηκοτομής

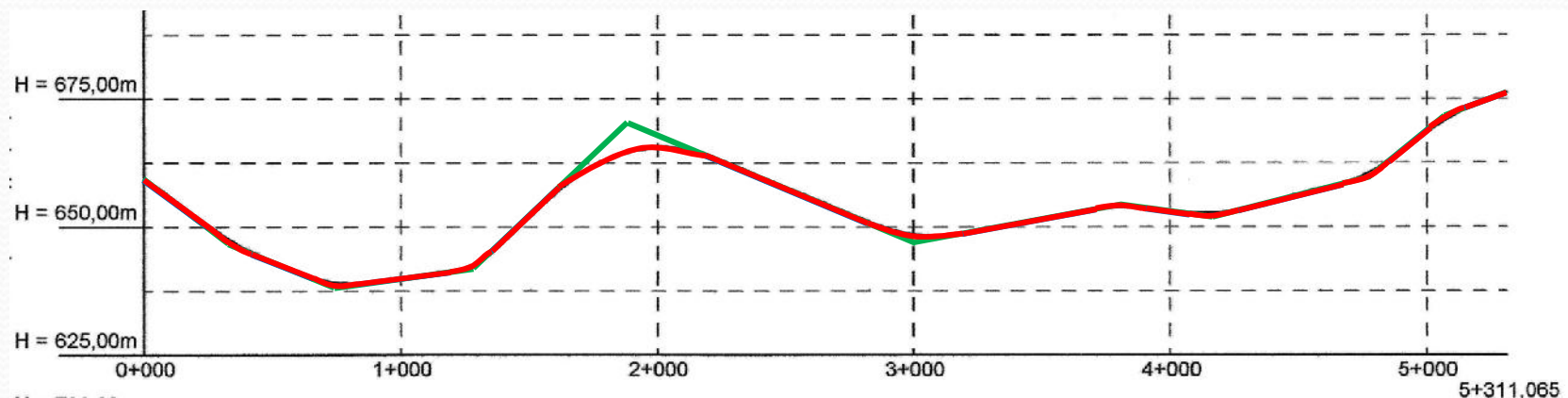
Στάδιο 1 : Έγινε σχεδίαση κάθε σημείου της τοπογραφικής αποτύπωσης σε άξονες χιλιομέτρηση - υψόμετρο.

Στάδιο 2 : Ορίσθηκαν τα τμήματα που η μηκοτομή παρουσίαζε σταθερή κατά μήκος κλίση .

Στάδιο 3 : Διόρθωση των ευθειών με την Μ.Ε.Τ. προκειμένου να προκύψει το μικρότερο δυνατό σφάλμα μεταξύ ευθειών και αποτύπωσης

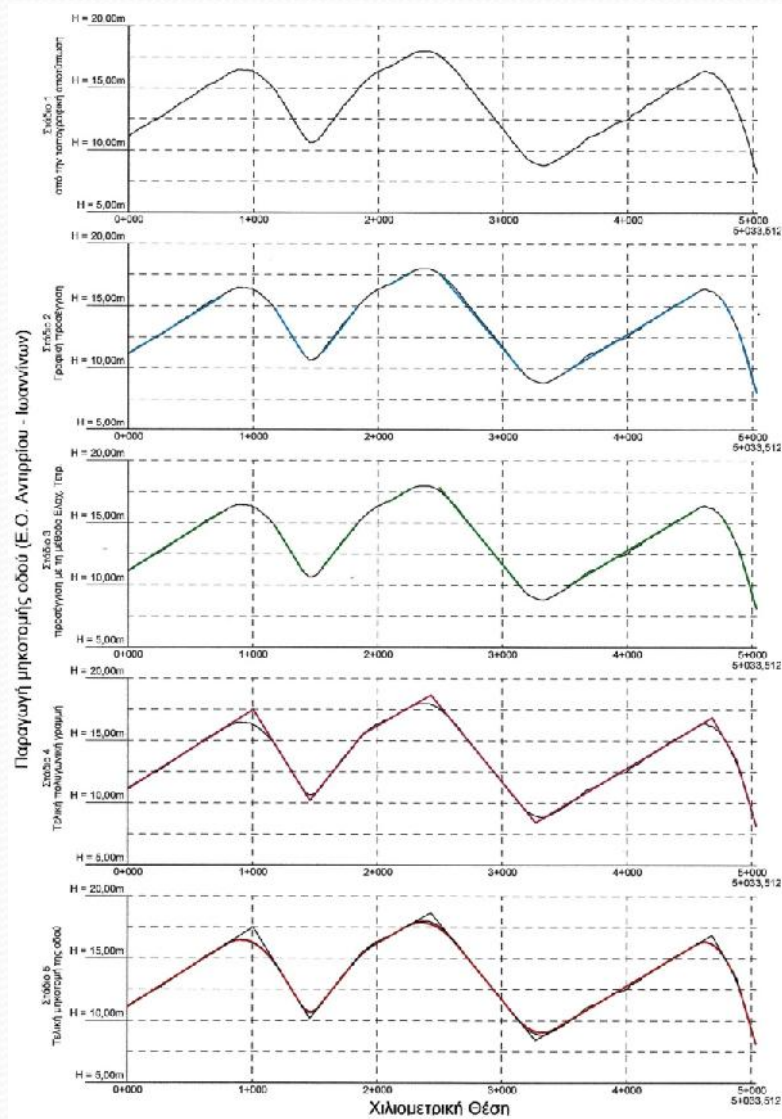
Στάδιο 4 : Η τομή των βέλτιστων αυτών ευθειών έδωσε και την τελική πολυγωνική της μηκοτομής της οδού

Στάδιο 5 : Τέλος έγινε χρήση της Μ.Ε.Τ. προκειμένου να υπολογιστούν οι βέλτιστοι κύκλοι που εφάπτονται στην πολυγωνική και προσεγγίζουν με την καλύτερη δυνατή ακρίβεια τα αποτυπωμένα σημεία.

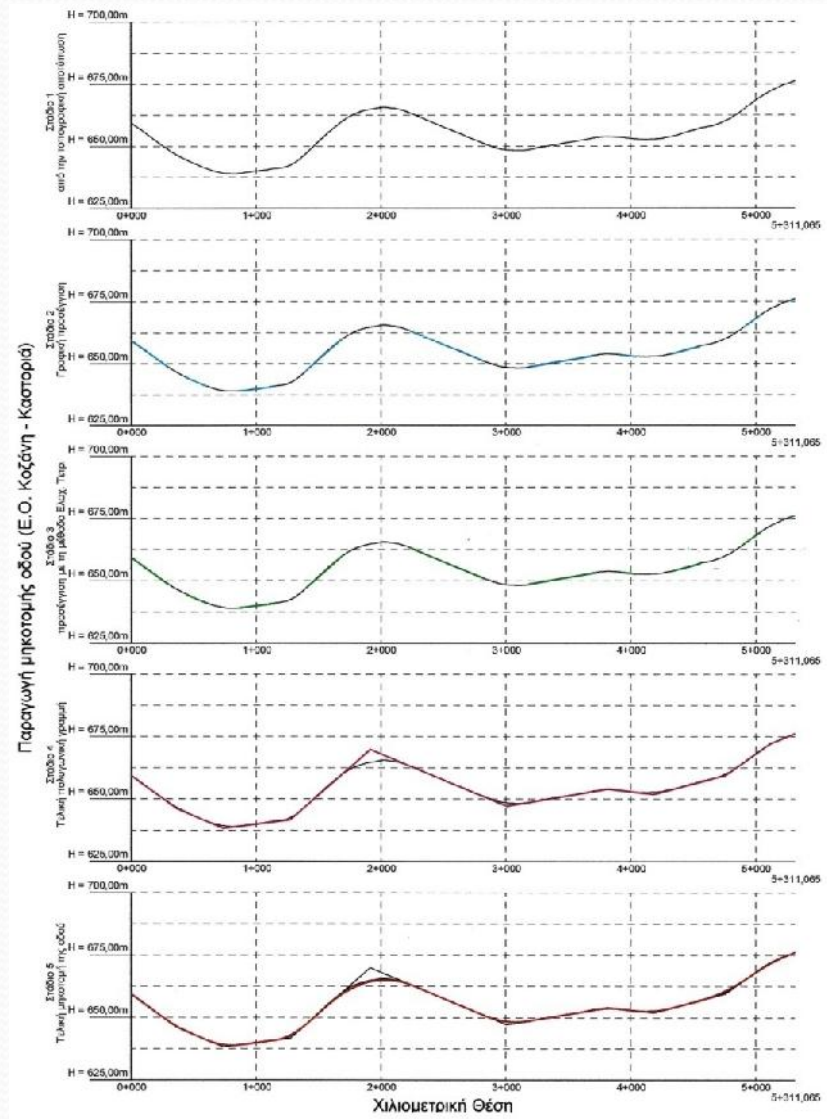


Παραγωγή Μηκοτομής

Ε.Ο. Αντιρρίου – Ιωαννίνων

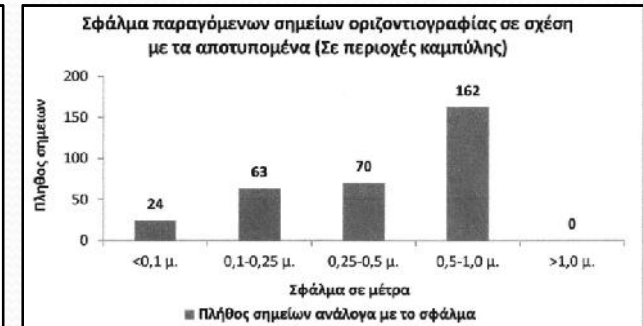
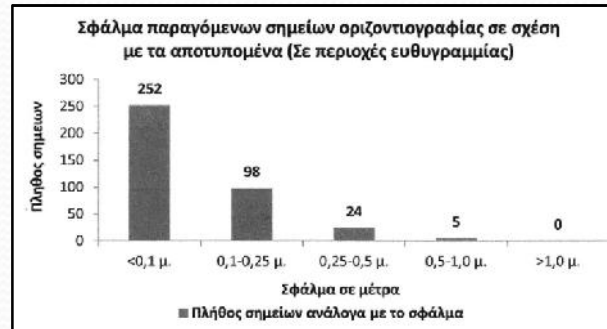
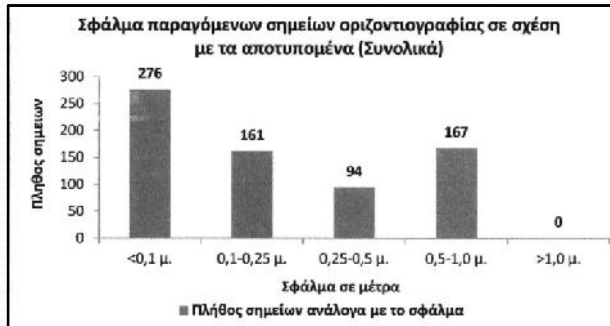


Ε.Ο. Κοζάνης - Καστοριάς

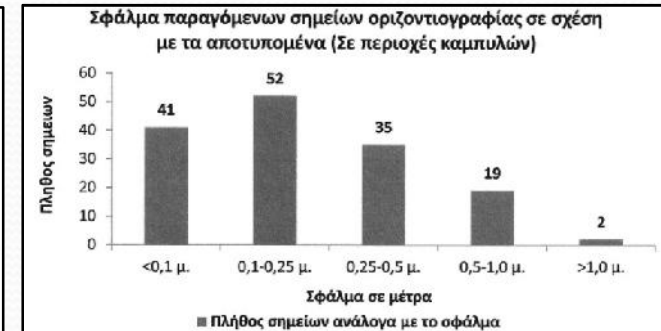
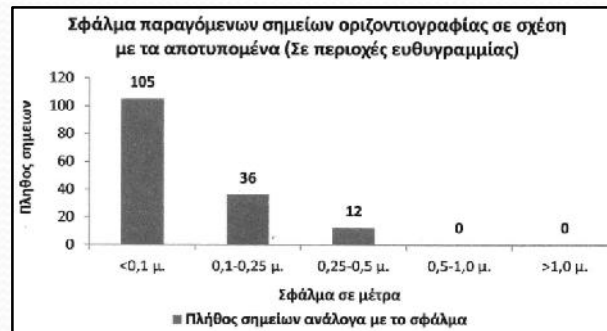
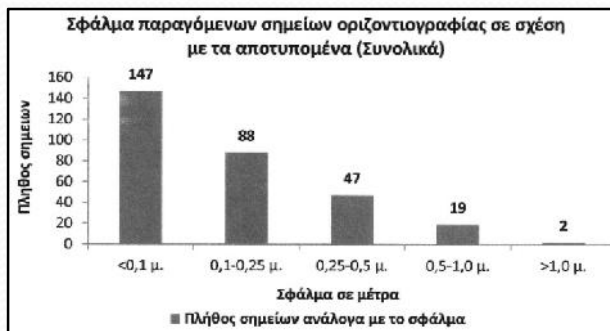


Ακρίβεια στην προσέγγιση της οριζοντιογραφίας

Ε.Ο. Αντιρρίου – Ιωαννίνων



Ε.Ο. Κοζάνης - Καστοριάς

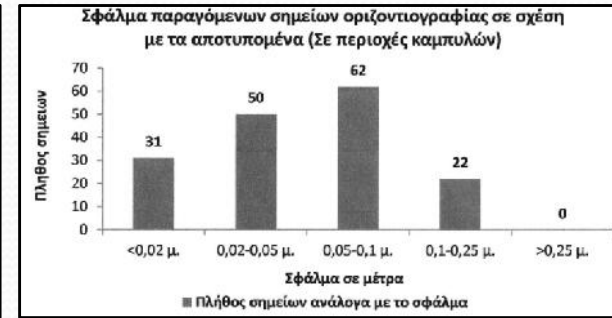
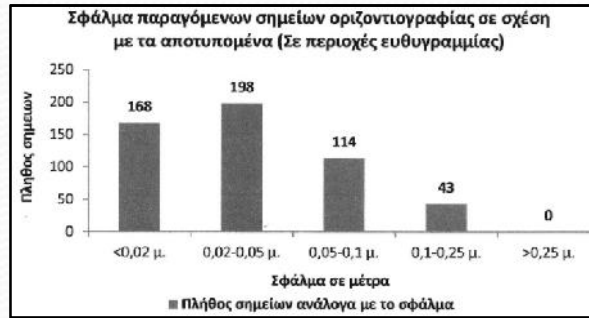
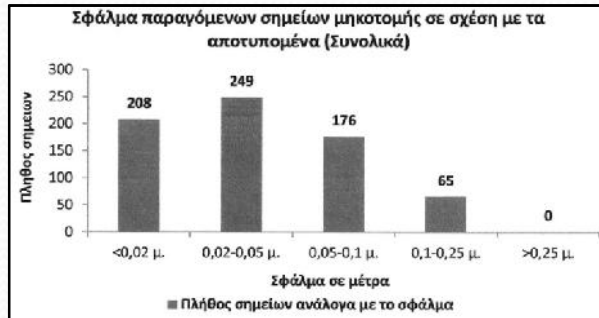


Μέση απόκλιση του άξονα της οριζοντιογραφίας από την τοπογραφική αποτύπωση

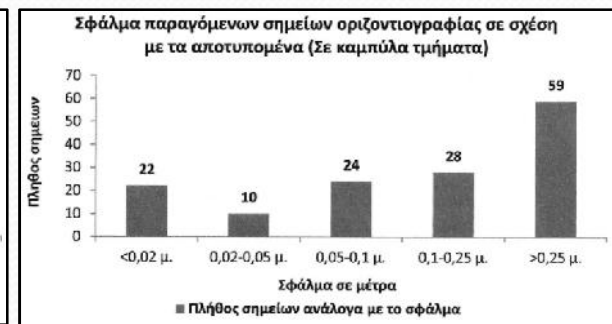
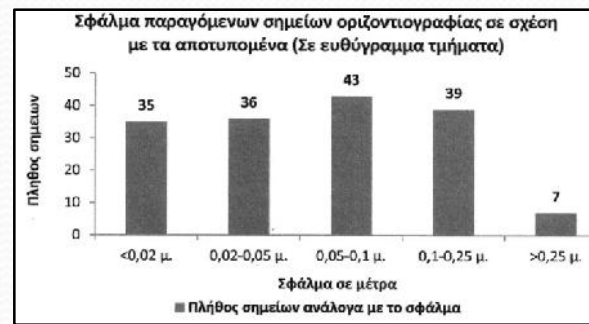
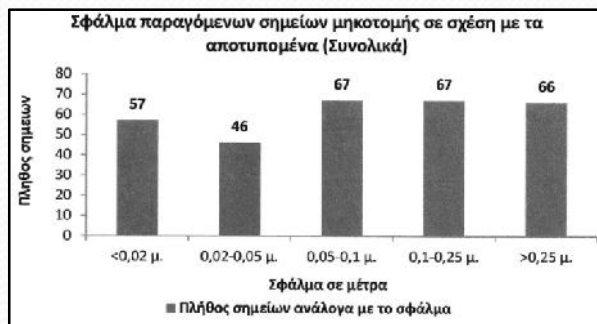
	Σύνολο	Ευθυγραμμίες	Καμπύλες
Ε.Ο Αντιρρίου - Ιωαννίνων	27 εκ.	10 εκ.	48 εκ.
Ε.Ο Κοζάνης - Καστοριάς	17 εκ.	9 εκ.	26 εκ.

Ακρίβεια στην προσέγγιση της μηκοτομής

Ε.Ο. Αντιρρίου - Ιωαννίνων



Ε.Ο. Κοζάνης - Καστοριάς



Μέση απόκλιση του άξονα της μηκοτομής από την τοπογραφική αποτύπωση

	Σύνολο	Ευθυγραμμίες	Καμπύλες
Ε.Ο Αντιρρίου - Ιωαννίνων	4,5 εκ.	4,2 εκ.	5,7 εκ.
Ε.Ο Κοζάνης - Καστοριάς	16 εκ.	8 εκ.	25 εκ.

Έλεγχος οριζοντιογραφίας και μηκοτομής με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς

Προκειμένου το πρόγραμμα να πραγματοποιήσει τους ελέγχους ζητείται από το χρήστη η εισαγωγή των ακόλουθων γενικών στοιχείων :

1. Ταχύτητα μελέτης
2. Κατηγορία Οδού
3. Μορφολογία εδάφους

Το πρόγραμμα πραγματοποιεί 19 αυτοματοποιημένους ελέγχους που περιγράφονται συνοπτικά ακολούθως:

1. Συνδυασμός ταχύτητας και κατηγορίας οδού
2. Μέγιστο μήκος ευθυγραμμίας
3. Ελάχιστο μήκος ευθυγραμμίας ομόροπων καμπυλών
4. Ύπαρξη ακτίνας
5. Ακτίνα οριζοντιογραφίας
6. Μήκος κυκλικού τόξου
7. Αλληλουχία ακτίνων οριζοντιογραφίας
8. Ύπαρξη κλωθοειδών
9. Παράμετρος κλωθοειδούς
10. Ελάχιστη εκτροπή σε μεγάλες ακτίνες οριζοντιογραφίας
11. Χρήση τόξου συναρμογής
12. Μέγιστη κατά μήκος κλίση μηκοτομής
13. Ελάχιστη κατά μήκος κλίση μηκοτομής
14. Απαίτηση κοίλης ή κυρτής καμπύλης
15. Απαιτούμενη απόσταση κορυφών πολυγωνικής μηκοτομής
16. Ακτίνα κοίλων και κυρτών καμπυλών
17. Απαιτούμενο μήκος εφαπτομένης
18. Κριτήριο ασφαλείας I
19. Κριτήριο ασφαλείας II

Αποκλίσεις από τους κανονισμούς

Ε.Ο. Αντιρρίου - Ιωαννίνων

1. Υπέρβαση μέγιστου μήκους ευθυγραμμίας (1662μ. αντί για 1600μ.)
2. Ανεπαρκές μήκος ευθύγραμμου τμήματος μεταξύ ομόρροπων οριζοντιογραφικών καμπυλών (262μ. αντί για 480μ.)
3. Ακτίνα κυρτής καμπύλης κάτω από το επιτρεπόμενο όριο (2370μ. αντί για 4500μ)
4. Μήκος εφαπτομένης Τ της μηκοτομής μικρότερο από το επιτρεπόμενο όριο (20μ. αντί για 80μ.)
5. Κριτήριο II (σύγκριση V85) απαράδεκτο μεταξύ δύο διαδοχικών καμπυλών.

Ε.Ο. Κοζάνης - Καστοριάς

1. Ανεπαρκές μήκος ευθύγραμμου τμήματος μεταξύ ομόρροπων οριζοντιογραφικών καμπυλών (66μ. και 327μ. αντί για 480μ.)
2. Μήκος εφαπτομένης Τ της μηκοτομής μικρότερο από το επιτρεπόμενο όριο (72μ. αντί για 80μ.)

Κρισιμότητα της απόκλισης και επομένως της μη συμμόρφωσης με τους κανονισμούς

Δεδομένου ότι η απόκλιση από τους κανονισμούς μπορεί να είναι σημαντική (π.χ. ακτίνα κυρτής καμπύλης 2370μ. αντί για 4500μ.) ή οριακή (π.χ. μήκος ευθύγραμμου τμήματος 1662μ. με μέγιστο όριο τα 1600μ.), είναι σημαντικό σε κάθε περιοχή να επισημαίνεται και το μέγεθος της απόκλισης. Η αναφορά αυτή μπορεί να γίνεται με ένα ανοιγμένο μέγεθος όπως π.χ. η ακόλουθη μαθηματική σχέση :

$$\left| \frac{\text{Τιμ Προκ πτουςα} - \text{Τιμ Κανονισμο}}{\text{Τιμ Κανονισμο}} \right|$$

Ο αριθμός αυτός δίνει το μέγεθος της απόκλισης και επομένως την κρισιμότητα της μη συμμόρφωσης προς τους κανονισμούς.

Επισήμανση προβληματικών θέσεων

Ε.Ο. Αντιρρίου - Ιωαννίνων

	Τιμή Κανονισμού	Τιμή που εφαρμόστηκε	Ποσοστό απόκλισης
Μέγιστο Μήκος Ευθυγραμμίας	1600 μ.	1662 μ.	3,875 %
Μήκος Ευθυγραμμίας μεταξύ ομόρροπων καμπυλών	480 μ.	262 μ.	45,4 %
Ακτίνα κυρτής καμπύλης	4500 μ.	2370 μ.	47,33 %
Μήκος Εφαπτομένης "Τ"	80 μ.	20 μ.	75 %

Ε.Ο. Κοζάνης - Καστοριάς

	Τιμή Κανονισμού	Τιμή που εφαρμόστηκε	Ποσοστό απόκλισης
Μήκος Ευθυγραμμίας μεταξύ ομόρροπων καμπυλών	480 μ.	66 μ.	86,25 %
		327 μ.	31,875 %
Μήκος Εφαπτομένης "Τ"	80 μ.	72 μ.	10 %

Είναι προφανές ότι είναι ιδιαίτερα κρίσιμες οι αποκλίσεις από τους κανονισμούς που παρουσιάζονται με κόκκινο χρώμα και χρήζουν άμεσης πρότασης αντιμετώπισης. Από την άλλη μεριά είναι σημαντικό να εξεταστούν οι περιπτώσεις που παρουσιάζονται με πορτοκαλί χρώμα ενώ θα μπορούσαν ακόμα και να αγνοηθούν αποκλίσεις με ποσοστό μικρότερο από 10%.

Συμπεράσματα

Η προσπάθεια που έγινε έχει ως στόχο τη δημιουργία ενός προγράμματος μέσω του οποίου να πραγματοποιούνται αυτοματοποιημένα όλοι οι ενδεδειγμένοι έλεγχοι σχετικά με την ασφάλεια της χάραξης ενός οδικού τμήματος με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς. Δεδομένου ότι με την εξέλιξη της τεχνολογίας η τοπογραφική αποτύπωση που απαιτείται για την παραπάνω ανάλυση είναι εύκολη, γρήγορη και οικονομική, δίνει τη δυνατότητα να αξιολογηθεί ένα υφιστάμενο οδικό τμήμα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, με σκοπό να επισημανθούν-βελτιωθούν σημεία που αποτελούν εν δυνάμει θέσεις οδικών ατυχημάτων.

Περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα εργασία αποτελεί την αφετηρία σε μία προσπάθεια με στόχο την αυτοματοποιημένη εξαγωγή όλων των απαραίτητων στοιχείων που διαμορφώνουν τη χάραξη κάθε οδικού έργου μέσω τοπογραφικής αποτύπωσης. Στο πλαίσιο αυτό, στοιχεία που μπορούν να αποτελέσουν για σημεία περαιτέρω έρευνα μπορεί να είναι τα ακόλουθα:

1. Υπολογισμός κατάλληλων παραμέτρων καμπύλων συναρμογής (κλωθοειδών) προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η απόκλιση της παραγόμενης οριζοντιογραφίας σε σχέση με την αποτυπωμένη.
2. Εξαγωγή των επικλίσεων και των διαπλατύνσεων του οδικού τμήματος από την τοπογραφική πληροφορία των οριογραμμών της οδού.
3. Αυτοματοποιημένος έλεγχος της ορατότητας για στάση σε υγρό οδόστρωμα και της ορατότητας για προσπέραση.



Ευχαριστώ πολύ!!!