



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

Διπλωματική Εργασία

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ  
ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΟΚΚΙΝΑ-ΒΟΛΟΣ**

**Αλεξάνδρα Τόλια Παπαζαφείρη**

Επιβλέποντες: Νικόλαος Ηλιού, Γιώργος Καλιαμπέτσος

Βόλος, Ιούλιος 2024

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/1932 Άρθρο 202 Παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής Δρ. Νικόλαος Ηλιού

(Επιβλέπων) Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Γεώργιος Καλιαμπέτσος

(Επιβλέπων) Επιστημονικός συνεργάτης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Αθανάσιος Θεοφιλάτος

Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας



### Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των προπτυχιακών μου σπουδών στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και ολοκληρώθηκε τον Ιούλιο του 2024. Μετά την ολοκλήρωση της διπλωματικής αυτής εργασίας, θεωρώ αναγκαίο να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες προς όλους όσους συνέβαλαν στην διεκπεραίωσή της, με οποιονδήποτε τρόπο.

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, Νικόλαο Ηλιού για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που παρείχε καθ' όλη την πορεία της εργασίας. Οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες στον κ. Καλιαμπέτσο Γεώργιο, επιστημονικό συνεργάτη στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την συμβολή, την υποστήριξη και την καθοδήγηση του καθώς για την άμεση ανταπόκριση σε όλη την διάρκεια της εργασίας. Είμαι ιδιαίτερα ευγνώμων στο κ. Λεμονάκη Παναγιώτη, για τη βοήθεια και τις εύστοχες παρεμβάσεις του. Ακόμη νιώθω χρέος μου να ευχαριστήσω, το τρίτο μέλος της εξεταστικής επιτροπής της παρούσας διπλωματικής, τον καθηγητή κ. Θεοφιλάτο για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις του.

Τέλος, θα ήθελα να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους και την οικογένεια μου, που είναι πάντα δίπλα μου και με στηρίζουν με αμέριστη υπομονή και αγάπη.



## **ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ**

### **ΚΟΚΚΙΝΑ – ΒΟΛΟΣ**

Αλεξάνδρα Τόλια Παπαζαφείρη

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2024

Επιβλέπων Καθηγητής: Νικόλαος Ηλιού, Καθηγητής Οδοποιίας

#### **Περίληψη**

Η δόμηση των σύγχρονων κοινωνιών συνδέθηκε στενά με την ανάπτυξη των μεταφορών. Με κυρίαρχες τις χερσαίες μεταφορές, η ανάπτυξη του σιδηροδρομικού δικτύου έμελλε να αποτελέσει καταλυτικό παράγοντα στη δημιουργία των μεγάλων αστικών κέντρων. Ο σιδηρόδρομος από την εμφάνιση του έως και σήμερα αποτέλεσε τον ασφαλέστερο και πιο αποτελεσματικό τρόπο μαζικής μεταφοράς αγαθών και προσώπων.

Στη χώρα μας, το υπάρχων σιδηροδρομικό δίκτυο ενώ βρίσκεται σε λειτουργία δείχνει να υφίσταται βαθμιαία πτώση. Μεγάλο μέρος του είτε πλέον δεν χρησιμοποιείται, είτε έχει οδηγηθεί σε υποβάθμιση. Οι εικόνες αυτές αποτυπώνονται και μέσα από το μεγαλύτερο σιδηροδρομικό ατύχημα, στα όρια της ελληνικής επικράτειας, το δυστύχημα των Τεμπών. Οι λόγοι αυτοί αποτελούν το έναυσμα για τη διερεύνηση των περιθωρίων βελτίωσης.

Στην παρούσα εργασία, εξετάζεται ένα τμήμα της σιδηροδρομικής γραμμής Βόλος – Παλαιοφάρσαλα, η οποία δεν βρίσκεται πλέον εν λειτουργία. Ειδικότερα, θα αξιολογηθεί το τμήμα Κόκκινα – Βόλος και θα γίνει προσπάθεια βελτιστοποίησης του βάσει των προτύπων του ΕΛΟΤ. Το υπόλοιπο τμήμα της γραμμής εξετάστηκε ενδελεχώς σε άλλη διπλωματική εργασία(μέρος α').

Στο πρώτο μέρος θα γίνει η βιβλιογραφική ανασκόπηση και θα αναφερθούν οι κανονισμοί που αποτέλεσαν οδηγό στην εκπόνηση της εργασίας. Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί η περιοχή μελέτης και θα αποτυπωθεί με την χρήση του προγράμματος Plex Earth. Η χάραξη της υφιστάμενης γραμμής και η διερεύνηση της βελτιστοποίησής της θα αποτυπωθούν με τη χρήση του λογισμικού Anadelta Tessera, οδηγώντας στο τελευταίο μέρος της εργασίας όπου θα αναλυθούν οι οικονομικοί παράγοντες ενός τέτοιου έργου.

# ASSESSMENT OF THE RAILWAY LINE KOKKINA – VOLOS

Alexandra Tolia Papazafeiri

University of Thessaly, Department of Civil Engineering, 2024

Supervisor: Nikolaos Eliou, Professor of Road Construction

## **Abstract**

The building of modern societies has been closely linked to the development of transport. Dominated by land transport, the development of the railway network was to be a catalyst in the creation of large urban centers. From its inception to the present day, the railways have been the safest and most efficient means of mass transport of goods and passengers.

In our country, the existing railway network, while in operation, appears to be in gradual decline. Much of it is either no longer in use or has been degraded. These images are also reflected in the biggest railway accident on the borders of Greek territory, the Tempi accident. These are the reasons for the investigation of the margins for improvement.

In the present study, a section of the Volos - Paleofarsala railway line, which is no longer in operation, is examined. In particular, the section Kokkina - Volos will be evaluated and an attempt will be made to optimize it according to ELOT standards. The rest of the line has been examined in detail in another thesis(part a).

In the first part, the literature review will be carried out and the regulations that guided the preparation of the thesis will be mentioned. Then the study area will be presented and mapped using the Plex Earth program. The drawing of the existing line and the investigation of its optimization will be mapped using Anadelta Tessera software, leading to the last part of the paper where the economic factors of such a project will be analyzed.

## Πίνακας Περιεχομένων

<b>Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας</b> .....	<b>1</b>
1.1.1 Γενικά.....	1
1.1.2 Ο Σιδηρόδρομος.....	1
1.1.3 Η εμφάνιση του σιδηρόδρομου στην Ελληνική επικράτεια .....	1
1.1.4 Το Θεσσαλικό Δίκτυο .....	2
<b>1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας</b> .....	<b>3</b>
<b>Κεφάλαιο 2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Γενικά</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2 Οριζοντιογραφία</b> .....	<b>5</b>
2.2.1 Ακτίνες Καμπυλότητας και Ταχύτητες .....	5
<b>2.3 Μηκοτομή</b> .....	<b>18</b>
2.3.1 Μέγιστη κατά μήκος κλίση .....	21
<b>Κεφάλαιο 3 Επεξήγηση Σκεπτικού</b> .....	<b>23</b>
<b>Κεφάλαιο 4 Τεχνική Περιγραφή</b> .....	<b>25</b>
<b>4.1 Γενικά</b> .....	<b>25</b>
<b>4.2 Η Γραμμή</b> .....	<b>25</b>
4.2.1 Περιοχή Μελέτης : Κοκκίνα -Βόλος.....	25
4.2.2 Αποτύπωση του υφιστάμενου δικτύου.....	26
4.2.3 Χάραξη Οριζοντιογραφίας.....	30
4.2.4 Διορθώσεις στην Οριζοντιογραφία .....	32
4.2.5 Χάραξη στη Μηκοτομή.....	38
4.2.6 Υπολογισμός Διατομών .....	40
<b>Κεφάλαιο 5 Προμέτρηση- Προϋπολογισμός Έργου</b> .....	<b>43</b>
<b>5.1 Γενικά</b> .....	<b>43</b>
<b>5.2 Συνιστώσες Σιδηροδρομικού Συστήματος</b> .....	<b>43</b>
<b>5.3 Προμέτρηση Υλικών</b> .....	<b>45</b>
<b>5.4 Προϋπολογισμός Έργου</b> .....	<b>46</b>
<b>Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα</b> .....	<b>48</b>
<b>Κεφάλαιο 7 Βιβλιογραφία</b> .....	<b>49</b>
<b>Κεφάλαιο 8 Παράρτημα</b> .....	<b>50</b>



## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2-1: Ζεύγη μέγιστης και ελάχιστης ταχύτητας.....	6
Πίνακας 2-2: Ελάχιστες επιτρεπόμενες ακτίνες της κατακόρυφης συναρμογής.....	19
Πίνακας 2-4: Μήκος 1 κατακόρυφων συναρμογών .....	21
Πίνακας 5-1: Πίνακας 5.1 Πίνακας Χωματισμών Έργου.....	46
Πίνακας 8-1: Στοιχεία Κορυφών Πολυγωνικής Α' .....	50
Πίνακας 8-2: Στοιχεία Κορυφών Πολυγωνικής Β' .....	51
Πίνακας 8-3: Πίνακας 8-3: Ιδιότητες Σιδηροδρόμου .....	52
Πίνακας 8-4: Πίνακας 8-4: Προδιαγραφές Σιδηροδρόμου .....	53
Πίνακας 8-5: Υπολογισμός υπερύψωσης και ελάχιστου μήκους συναρμογής για κάθε κορυφή της πολυγωνικής Α' .....	54
Πίνακας 8-6: Υπολογισμός υπερύψωσης και ελάχιστου μήκους συναρμογής για κάθε κορυφή της πολυγωνικής Β' .....	55
Πίνακας 8-7: Υπολογισμός υπερύψωσης και ελάχιστου μήκους συναρμογής για κάθε κορυφή της πολυγωνικής Γ' .....	55
Πίνακας 8-8: Πίνακας 8-4: Προϋπολογισμός Έργου .....	56
Πίνακας 8-9: Πίνακας 5.1 Πίνακας Χωματισμών .....	58



# **Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή**

## **1.1 Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας**

### **1.1.1 Γενικά**

Κάθε τεχνικό έργο που προσφέρει υπηρεσίες στο ευρύ κοινό οφείλει να εκσυγχρονίζεται και να συμβαδίζει με τους πρότυπους κανονισμούς . Με την θέσπιση του Οργανισμού Σιδηροδρόμων Ελλάδος (ΟΣΕ) τίθεται ως πρωταρχικός σκοπός η βελτιστοποίηση των πάσης φύσεως επιβατικών σιδηροδρομικών υπηρεσιών προς όφελος του επιβατικού κοινού με αίσθημα ευθύνης ως προς την ασφάλεια του δικτύου η οποία οφείλει να αναπτύσσεται, να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα και να βελτιώνεται συνεχώς (ΡΑΣ, 2013).

Η συγκεκριμένη εργασία ασχολείται με ένα σιδηροδρομικό τμήμα του υφιστάμενου εθνικού δικτύου. Μέσω της γραμμής Παλαιοφάρσαλα-Βόλος, εξετάζεται η υφιστάμενη χάραξη και παρατηρούνται τα προβλήματα ασφάλειας που προκύπτουν μέσω του αρχικού σχεδιασμού. Στη συνέχεια διερευνάται η εκσυγχρόνιση της γραμμής βάσει των ισχυόντων προδιαγραφών και προτείνονται όλες οι απαραίτητες αλλαγές στην οποία πρέπει να υποβληθεί

### **1.1.2 Ο Σιδηρόδρομος**

Κατά το δεύτερο μισό του 18ου αιώνα, οι ακραίες μεταβολές σε επίπεδο κοινωνικό, οικονομικό αλλά και τεχνικό ώθησαν την κοινωνία να μεταβεί σε μία νέα εποχή εκβιομηχάνισης. Η αύξηση της παραγωγής των υλών σε συνδυασμό με την πρώτη εφαρμογή της ατμομηχανής καθιστούν το πλαίσιο ιδανικό για την γένεση του σιδηροδρόμου. Η μεταφορά της παραγωγής από τα μεγάλα αστικά κέντρα προς το υπόλοιπο ηπειρωτικό μέρος πλέον καθίσταται εφικτή και η Αγγλία είναι η πρώτη χώρα που εγκαθιστά το σιδηροδρομικό δίκτυο. Το παράδειγμα της στη συνέχεια ακολουθούν και άλλες ευρωπαϊκές χώρες αλλά και οι ΗΠΑ. Εξαιτίας μεγάλων τεχνικών αλλά και οικονομικών προβλημάτων η εξάπλωση του σιδηρόδρομου έγινε κατά την περίοδο 1860-1910 (Βικιπαίδεια).

### **1.1.3 Η εμφάνιση του σιδηρόδρομου στην Ελληνική επικράτεια**

Το ελληνικό κράτος αναγνωρίζεται ως ανεξάρτητο το 1832, περίοδο που ταυτίζεται χρονολογικά με την λειτουργία των πρώτων σιδηροδρομικών δικτύων στην Ευρώπη. Σε μια προσπάθεια εκσυγχρονισμού της τότε ελληνικής κοινωνίας ξεκινάνε οι συζητήσεις για την κατασκευή της πρώτης σιδηροδρομικής υποδομής. Η γραμμή θα

συνέδεε τον μεγαλύτερο εμπορικό λιμένα του κράτους με την μητροπολιτική πόλη των Αθηνών. Ωστόσο η ιδέα αυτή ξεκινά να υλοποιείται μόνο 22 χρόνια αργότερα με την υπογραφή της σύμβασης το 1857. Η ολοκλήρωση της γραμμής μήκους 8,8 χιλιομέτρων έγινε σε βάθους 12 χρόνων ενώ χρειάστηκαν τέσσερις διαφορετικές εταιρείες για την κατασκευή της.

Η γραμμή επεκτείνεται έως την Ομόνοια το 1895 ενώ σύντομα με την εισαγωγή της ηλεκτροκίνησης στην υπόλοιπη Ευρώπη, η γραμμή με τρίτη τροχιά μετατρέπεται σε ηλεκτροκίνητη, δημιουργώντας την γραμμή 1 του μετρό της Αθήνας όπως την γνωρίζουμε έως σήμερα.

Ο τότε πρωθυπουργός Αλέξανδρος Κουμουνδούρος οραματιζόταν την εγκαθίδρυση της Ελλάδας ως ένα κομβικό σημείων στην διαδρομή των ταξιδιών ανάμεσα σε Ευρώπη, Ασία και Ινδία. Έτσι, το 1881 με την υπογραφή τεσσάρων συνθηκών, προβλεπόταν η εγκατάσταση ενός σιδηροδρομικού δικτύου κανονικού εύρους 1.435 χιλιοστών. Ωστόσο οι συμβάσεις, δεν έγιναν ποτέ πραγματικότητα, καθώς ακυρώθηκαν με την έλευση του νέου προέδρου. Το 1882 ο Χαρίλαος Τρικούπης αναλαμβάνει τα ηνία της προεδρίας και αντικαθιστά τις συμβάσεις με τέσσερις νέες με όραμα του, το σιδηροδρομικό δίκτυο να αποτελέσει ένα μέσο εσωτερικής ανάπτυξης της χώρας.

### **1.1.4 Το Θεσσαλικό Δίκτυο**

Το θεσσαλικό δίκτυο, αποτέλεσε τον κεντρικό άξονα της πολιτικής του Χαριλάου Τρικούπη, σε μια προσπάθεια ένωσης της ενδοχώρας με τα κοντινότερα λιμάνια, που με τη σειρά τους θα συμμετείχαν σε ένα διεθνές δίκτυο ένωσης της Ελλάδας με τα Βαλκάνια και την δυτική Ευρώπη. Για το σιδηροδρομικό αυτό δίκτυο που άγγιζε τα 204 χιλιόμετρα, επιλέχθηκε το μετρικό εύρος. Η απόφαση αυτή πάρθηκε με κύριο γνώμονα το χαμηλότερο κόστος κατασκευής.

Οι Θεσσαλικοί Σιδηρόδρομοι στάθηκαν καταλυτικός παράγοντας στην ανάπτυξη της Θεσσαλίας και την έφεραν στο προσκήνιο, καθώς ο Θεσσαλικός κάμπος ήταν η κύρια εθνική πηγή γεωργικών προϊόντων. Ο Βόλος ως μητροπολιτική πόλη με σημαντικό λιμάνι, αποτέλεσε τον εναρκτήριο σταθμό του σιδηροδρομικού δικτύου που θα έωνε την θεσσαλική ύπαιθρο με το υπόλοιπο της ενδοχώρας.

Το 1882 ξεκινάνε με ταχύ ρυθμό οι εργασίες, με την ανάθεση της κατασκευής στην εταιρία Σιδηρόδρομων Θεσσαλίας και επικεφαλής τον Ιταλό μηχανικό Ευαρίστο ντε Κίρικο. Τα υλικά κατασκευής της γραμμής μετακινούνταν μέσω του λιμένα του Βόλου, λόγω σημαντικής έλλειψης υπεραστικών αρτηριών. Μέσα σε βάθος χρόνου πέντε ετών, η Θεσσαλία έχει αποκτήσει τους δύο κύριους σιδηροδρομικούς κλάδους με 17 σταθμούς. (Ραβασόπουλος, 2012).

Η μεταφορά αγαθών και προσώπων μειώνεται αισθητά σε χρόνο, ενώ με το πέρασμα του χρόνου ο σιδηρόδρομος αποτελεί κύριο μέσο μεταφοράς αλληλογραφίας. Κατά την διάρκεια του ελληνοτουρκικού πολέμου ο σιδηρόδρομος αναλαμβάνει στα καθήκοντα του την διακομιδή τραυματιών, νεκρών και εφοδίων προς τον Ελληνικό Στρατό (Γιαννούλας, 2022). Ωστόσο το 1897 βρίσκει την Θεσσαλική Γη, με το μέρος των

ηττημένων. Το τροχαίο υλικό και το σιδηροδρομικό δίκτυο υπέστησαν καταστροφικές ζημιές με αποτέλεσμα να ξεκινήσουν την λειτουργία τους σχεδόν από το μηδέν.

Το μετρικό εύρος της γραμμής, αντικαταστάθηκε από γραμμή κανονικού εύρους το 1960, δίνοντας την ευκαιρία στους ταξιδιώτες να διανύουν απευθείας την διαδρομή Αθήνα-Βόλος. Το τμήμα Αθήνα-Λάρισα είχε ήδη αποκτήσει μετρικό εύρος από το 1908. Όμως η αναβάθμιση αυτή, συνέπεσε χρονικά με τον ανταγωνισμό των μεγάλων εθνικών οδικών δικτύων. Η άνοδος των ιδιόκτητων οχημάτων σε συνδυασμό με τις εναλλακτικές μεθόδους μεταφοράς αγαθών, επέφερε μείωση του επιβατικού κοινού (Γιαννούλας, 2022). Μέσα στα επόμενα χρόνια, εκτός από το τμήμα Λάρισα- Βόλος που υπάγεται στο εθνικό δίκτυο, οι θεσσαλικές γραμμές λειτουργούν με μειωμένο μεταφορικό έργο.

### 1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελεί το δεύτερο μέρος, της διερεύνησης, της γραμμής Παλαιοφάρσαλα-Βόλος. Η προσπάθεια αποτύπωσης τόσο της υφιστάμενης γραμμής αλλά και η προσπάθεια χάραξης της με τα τωρινά δεδομένα, αποσκοπούν σε μια χάραξη ασφαλή & λειτουργική, που θα τεθεί σε επαναιετοργία δίνοντας πνοή στην τοπική κοινωνία. Ταυτόχρονα θα γίνει το πρώτο βήμα για την αναθεώρηση πολλών τεχνικών σιδηροδρομικών έργων, που έως σήμερα δεν έχουν εκσυγχρονιστεί.

### 1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται μια εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση που καλύπτει το θεωρητικό υπόβαθρο, για την υλοποίηση της εργασίας. Παρατίθεται και αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο που αντλήθηκε για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Δίνεται έμφαση στις μαθηματικές σχέσεις που διέπουν τις αρχές της σιδηροδρομικής χάραξης και αναλύεται διεξοδικά το ισχύον πλαίσιο κανονισμών σύμφωνα με τον Ν.Κ.Ε.Γ. Το κεφάλαιο παρέχει τη βάση για την κατανόηση των επιστημονικών και τεχνικών αρχών που εφαρμόζονται στις επόμενες φάσεις της εργασίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η προσέγγιση που εφαρμόστηκε κατά την πορεία της εργασίας για την οριζοντιογραφική χάραξη. Η προσέγγιση αυτή περιλαμβάνει την υιοθέτηση της κλωθοειδούς καμπύλης ως τόξο συναρμογής.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η τεχνική περιγραφή της εργασίας. Αναλύονται τα βήματα και οι ενέργειες που έγιναν στην προσπάθεια βελτιστοποίησης της υφιστάμενης χάραξης. Αναλύονται τα βήματα που πραγματοποιήθηκαν, συμπεριλαμβανομένου του λογισμικού Plex Earth, μέσα από το οποίο αντλήθηκαν τα δεδομένα του εδάφους γραμμής. Στη συνέχεια, η γραμμή σχεδιάστηκε και αναλύθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος Anadelta Tessera. Η ενότητα αυτή περιγράφει τη διαδικασία εισαγωγής και επεξεργασίας των δεδομένων, καθώς και τις παραμέτρους σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύονται τα επί μέρους τμήματα μιας σιδηροδρομικής γραμμής. Πραγματοποιείται η προμέτρηση των υλικών ανά τρέχον μέτρον, βάσει των

## **Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή**

---

διατομών της γραμμής και σύμφωνα με τον πρότυπο προϋπολογισμό του ΟΣΕ υπολογίζεται το κόστος κατασκευής του έργου.

Στο έκτο κεφάλαιο αποτυπώνονται τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας, όπως αυτά προέκυψαν μέσα από την μελέτη του αντικειμένου

Στο τελευταίο παράρτημα της εργασίας παρατίθενται οι υπολογισμοί και οι πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια της ανάλυσης. Οι πίνακες περιλαμβάνουν στοιχεία που αντλήθηκαν μέσα από το πρόγραμμα Anadelta Tessera και υπολογισμούς που έγιναν με τη βοήθεια του προγράμματος Excel. Τα παραρτήματα παρέχουν λεπτομερή τεχνικά δεδομένα και αποτελούν υποστηρικτικό υλικό για τις αναλύσεις που παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια.

## Κεφάλαιο 2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

### 2.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση της βιβλιογραφίας που αντλήθηκε για την διεκπεραίωση της Διπλωματικής Εργασίας. Παρουσιάζονται οι βασικές αρχές και οι μαθηματικές σχέσεις που διέπουν τη σιδηροδρομική χάραξη ενώ αναλύονται οι τροποποιήσεις που αυτές επιδέχονται, ανάλογα την περίπτωση. Για την καλύτερη κατανόηση της επιλογής των βασικών μεγεθών της γραμμής, παρατίθεται το θεσμικό πλαίσιο, που ισχύει για τα Ελληνικά Σιδηροδρομικά Δίκτυα.

### 2.2 Οριζοντιογραφία

#### 2.2.1 Ακτίνες Καμπυλότητας και Ταχύτητες

Στη οριζοντιογραφική χάραξη, τα καμπύλα τμήματα εκφράζονται μέσω των ακτίνων καμπυλότητας που συμβολίζεται με  $R_c$ . Εάν και μια χάραξη θεωρείται γεωμετρικά ιδανική, όταν αποτελείται επί το πλείστον από ευθύγραμμα τμήματα, καθώς πραγματευόμαστε φυσικά δεδομένα κάτι τέτοιο δεν μπορεί να επιτευχθεί.

Η ακτίνα καμπυλότητας στην οριζοντιογραφία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την βέλτιστη λειτουργία και εκμετάλλευση του σιδηροδρομικού δικτύου. Η επιλογή μεγάλων ακτίνων καμπυλότητας στην οριζοντιογραφία, συμβάλλει στη μεταφορική ικανότητα του συρμού καθώς και στην άνεση των επιβατών κατά την διάρκεια του ταξιδιού.

Σύμφωνα με τον Νέο Κανονισμό Επιδομής Γραμμής (ΝΚΕΓ) προκύπτουν οι απλοποιημένες σχέσεις για τις ελάχιστες οριακές τιμές της ακτίνας καμπυλότητας :

$$R_{cmin} = \frac{11,8V_{max}^2}{U_{max} + I_{ma}} \quad (2.1)$$

$$R_{cmin} = \frac{11,8(V_{max}^2 - V_{min}^2)}{U_{max} + I_{max}} \quad (2.2)$$

Από τις σχέσεις 2.1 και 2.2 επιλέγεται η μεγαλύτερη τιμή της  $R_c$  που προκύπτει.

Εφαρμόζοντας στις σχέσεις 2.1 και 2.2 τα χαρακτηριστικά του Ελληνικού Σιδηροδρομικού Δικτύου, με βάση τον Νέο Κανονισμό Επιδομής Γραμμής (ΝΚΕΓ) οι σχέσεις διαμορφώνονται ως εξής :

$$R_{cmin} = \frac{11,8V_{max}^2}{265} = 0,045V_{max}^2 \quad (2.3)$$

$$R_{cmin} = \frac{11,8}{205} (V_{max}^2 - 80^2) \quad (2.4)$$

Επομένως η επιλογή της ταχύτητας που μπορεί να αναπτύξει η αμαξοστοιχία, οδηγεί στην επιλογή της ελάχιστης ακτίνας καμπυλότητας για το εκάστοτε υπό μελέτη τμήμα. Παρακάτω παρατίθενται οι συνδυασμοί ταχυτήτων όπως αυτές ορίζονται από τον κανονισμό.

	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ
$\alpha$	$V_{max} \leq 100 \text{ km/h}$	$V_{min} = 60 \text{ km/h}$
$\beta$	$100 < V_{max} \leq 140 \text{ km/h}$	$V_{min} = 70 \text{ km/h}$
$\gamma$	$140 < V_{max} \leq 200 \text{ km/h}$	$V_{min} = 80 \text{ km/h}$

Πίνακας 2.1 Ζεύγη μέγιστης και ελάχιστης ταχύτητας (Ν.ΚΕ.Γ. 2000)

Σημειώνεται ότι  $V_{max}$  ισχύει για τις επιβατικές αμαξοστοιχίες και  $V_{min}$  για τις εμπορικές. Η σχέση 2.3 ισχύει για τους  $\alpha$  και  $\beta$  συνδυασμούς των  $R_{max}$  και  $V_{min}$ , καθώς ισχύει και για τον συνδυασμό  $\gamma$ , εφόσον  $V_{max} \leq 170 \text{ χλμ./ώρα}$ . Η σχέση 2.4 ισχύει για  $170 < V_{max} \leq 200 \text{ χλμ./ώρα}$ .

Εφόσον δεν συντρέχουν άλλοι περιορισμοί, λόγω κατά μήκος κλίσεως της γραμμής, κλίσεως του πρσανούς υπερύψωσης κτλ., η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα, μπορεί να υπολογιστεί μέσω του τύπου 2.5 συναρτήσει της της ακτίνας  $R$  των κυκλικών καμπυλών ως εξής :

$$V_{max} = \sqrt{\frac{265R}{11,8}} = 4,74\sqrt{R} \quad (2.5)$$

Η Σχέση 2.5 ισχύει για τις κατηγορίες  $\alpha$  και  $\beta$  του Πίνακα . Για τον συνδυασμό  $\gamma$ , η σχέση 2.5 ισχύει με την προϋπόθεση ότι  $R \leq 1250 \text{ m}$ . Στην περίπτωση όπου  $R > 1250 \text{ m}$ , ο τύπος της μέγιστης επιτρεπόμενης ταχύτητας μετασχηματίζεται στην σχέση:

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{205R}{11,8} + 80^2} \quad (2.6)$$

### 2.2.2 Υπερύψώσεις

Καθώς το τροχαίο υλικό κινείται σε ένα καμπύλο τμήμα, ακτίνας  $R$ , ασκούνται σε αυτό εγκάρσιες δυνάμεις στις εξωτερικές σιδηροτροχιές εξαιτίας της φυγόκεντρης δύναμης. Για τον περιορισμό των εγκάρσιων δυνάμεων, η εξωτερική σιδηροτροχιά της γραμμής τοποθετείται υψηλότερα από την εσωτερική, ώστε η εγκάρσια συνιστώσα του βάρους  $F_a$  να αντισταθμίζεται στην φυγόκεντρη δύναμη. Η διαφορά ύψους των δύο σιδηροτροχιών ονομάζεται "υπερύψωση γραμμής" και συμβολίζεται με  $h$  (mm). Η υπερύψωση κρίνεται απαραίτητη για την κίνηση των συρμών με ταχύτητα  $V > 40$  km/h, ενώ κατά κανόνα αποδίδεται μόνο μέσω της εξωτερικής σιδηροτροχιάς. Στα ευθύγραμμα τμήματα, η επιφάνεια κύλισης των σιδηροτροχιών τοποθετείται στο ίδιο ύψος και για τις δύο τροχιοσειρές.

Η υπερύψωση διακρίνεται σε δύο κατηγορίες, την θεωρητική και την κανονική. Ως θεωρητική υπερύψωση ορίζεται η υπερύψωση που θα έπρεπε να δοθεί στην εξωτερική σιδηροτροχιά για να εξισορροπηθεί πλήρως η αναπτυσσόμενη φυγόκεντρη δύναμη.

Η επιλογή της υπερύψωσης κατά τον σχεδιασμό της γραμμής γίνεται, βάσει μιας ενδιάμεσης τιμής, μεταξύ της θεωρητικής υπερύψωσης που αντιστοιχεί στα τρένα υψηλών ταχυτήτων ( $h_{\theta v \max}$ ) και στα πιο αργά τρένα ( $h_{\theta v \min}$ ). Η επιλογή της υπερύψωσης θα πρέπει να γίνεται με γνώμονα την ασφαλή διέλευση των συρμών, την δυναμική άνεση των επιβατών καθώς και την δυνατότητα παραμονής σε καμπύλα τμήματα δίχως τον κίνδυνο ανατροπής. Η τιμή της δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την  $h_{\theta v \max}$ . Η ανώτατη επιτρεπτή τιμή, που δύναται να πάρει σύμφωνα με τον ΝΚΕΓ, δίνεται από τη σχέση 2.7 :

$$h_{\max} = 160 \text{ mm}$$

Για την περίπτωση κύριων γραμμών σε σταθμούς, σταθμούς, η εφαρμοζόμενη υπερύψωση δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την τιμή  $h = 100$  mm.

Η κανονική τιμή της υπερύψωσης, υπολογίζεται από την σχέση:

$$h = \frac{160}{265} \cdot \frac{11,8 V_{\max}^2}{R} = \frac{7,12 V_{\max}^2}{R} \quad (2.7)$$

Σε ορισμένες καμπύλες, όπου οι τοπικές συνθήκες δεν επιτρέπουν την εφαρμογή της υπερύψωσης, που προκύπτει από την εφαρμογή της σχέσης 2.7, για οποιοδήποτε λόγο, επιτρέπεται, η εφαρμογή μικρότερης υπερύψωσης. Η τιμή της οποίας καθορίζεται από τον τύπο:

$$h = \frac{11,8Vmax^2}{R} - 105 \quad (2.8)$$

Αρνητικές τιμές υπερύψωσης δεν γίνονται δεκτές, και αντικαθιστώνται από μηδενική υπερύψωση. Τιμές μικρότερες των 20 mm , μπορούν να αγνοηθούν. Κάθε τιμή της υπερύψωσης που προκύπτει μπορεί να στρογγυλευτεί ανά 5 mm. Η στρογγυλοποίηση αυτή γίνεται είτε προς τα επάνω είτε προς τα κάτω ανάλογα εάν θέλουμε να ευνοήσουμε τα αργά ή τα γρήγορα τρένα.

### **2.2.3 Οριζόντιες Συναρμογές**

Στην οριζοντιογραφία η ομαλή μετάβαση από μια καμπυλότητα σε μία άλλη επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός τόξου συναρμογής. Η καμπύλη συναρμογής πρόκειται για ένα τόξο προοδευτικά μεταβαλλόμενης ακτίνας, που είναι επιφορτισμένο με την συνεχή γραμμική μεταβολή της φυγόκεντρης επιτάχυνσης προκειμένου να περιορίζεται η όχληση των επιβατών . Η εφαρμογή της μπορεί να γίνει, για την μετάβαση από την ευθυγραμμία σε ένα κυκλικό τόξο και αντίστροφα, αλλά και για τη συναρμογή δύο ομόρροπων κυκλικών τόξων. Η επιλογή των κατάλληλων καμπυλών συναρμογής είναι ένας σημαντικός παράγων για τη διασφάλιση σωστών σιδηροδρομικών χαράξεων.

Η καμπύλη συναρμογής έχει παραβολική μορφή. Συνήθως εκφράζεται μέσω της κυβικής παραβολής, οδηγώντας σε αποτελέσματα παραπλήσια με αυτά της κλωθοειδούς, που χρησιμοποιείται στην οδοποιία.

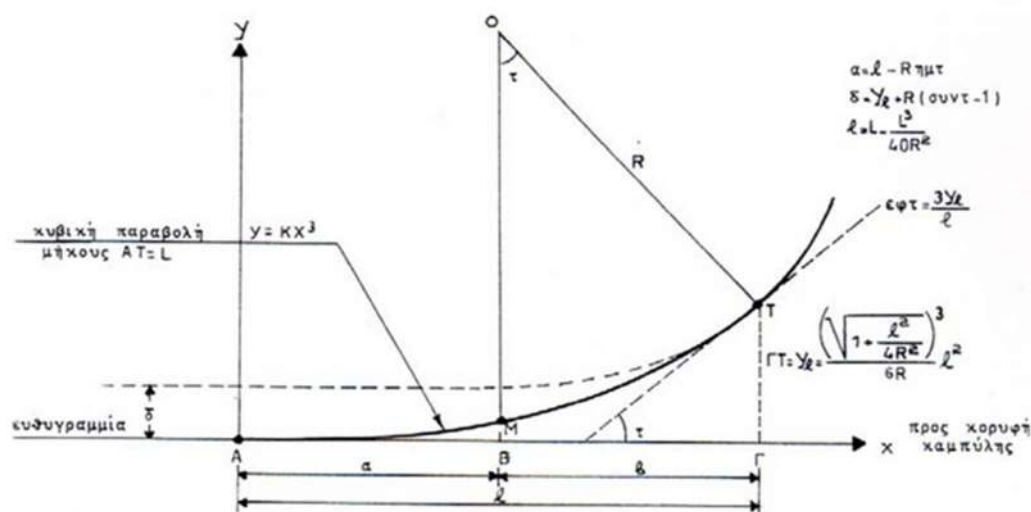
$$Y = Kx^3 \quad (2.9)$$

Αντίστοιχα μπορεί να χρησιμοποιηθεί παραβολή τετάρτου ή και μεγαλύτερου βαθμού.

Για την περίπτωση συναρμογής ευθυγραμμίας και κυκλικής καμπύλης, ο σταθερός συντελεστής K δίνεται από την σχέση :

$$K = \frac{1}{6l Rc \cos^3 \tau} \quad (2.10)$$

Όπου:  $l$  η προβολή του μήκους  $L_k$  της καμπύλης συναρμογής στην ευθυγραμμία,  $R_c$  η ακτίνα καμπύλης και  $\tau$ : Η γωνία που σχηματίζει μεταξύ την ευθυγραμμία και η κοινή εφαπτομένης της καμπύλης συναρμογής και του κυκλικού τόξου, στο σημείο επαφής τους.



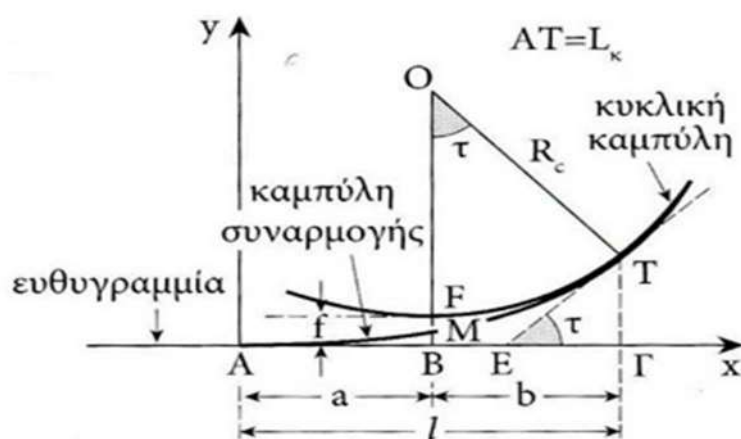
Σχήμα 2.1 : Παραβολική συναρμογή μεταξύ ευθυγραμμίας και κυκλικής καμπύλης

Η καμπύλη της εξίσωσης περιγράφεται από την σχέση :

$$Y = \frac{X^3}{6LRc \cos^3 \tau} \quad (2.11)$$

Για την περίπτωση,  $L < \frac{R}{3,5}$ , μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο απλοποιημένος τύπος της κυβικής παραβολής :

$$y = \frac{x^3}{6lR} \quad (2.12)$$



Σχήμα 2.2 Κυβική παραβολή

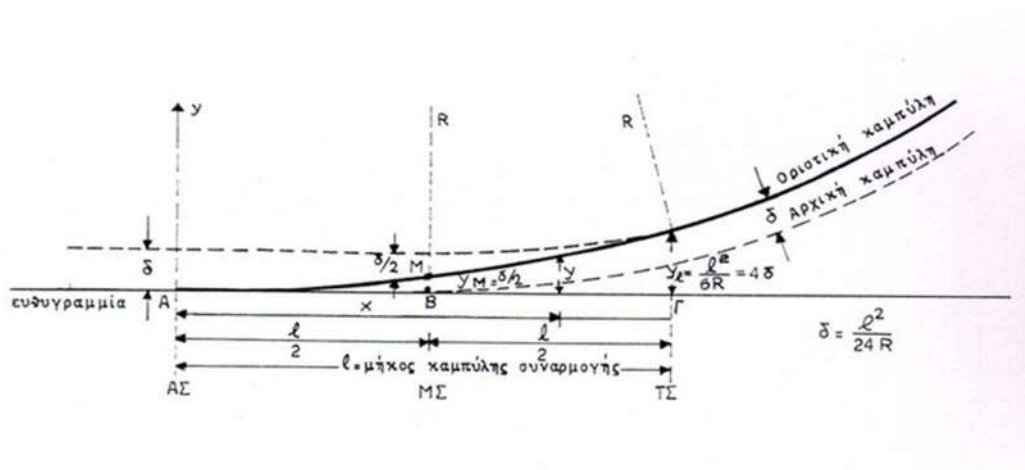


Σχήμα 2.3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά κυβικής καμπύλης συναρμογής μεταξύ ευθυγραμμίας και κυκλικής καμπύλης (Πυργίδης Χ., 2009)

Στο Σχήμα 2.3, η απόσταση  $f$  αφορά την εκτροπή. Ως εκτροπή ορίζουμε την απόσταση που πρέπει να υποχωρήσει εκ της επαφτομένης ο κύκλος, προκειμένου να υπάρξει χώρος για το τόξο της συναρμογής.

Για την περίπτωση,  $L < \frac{R}{3,5}$ , μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο απλοποιημένος τύπος της κυβικής παραβολής :

$$y = \frac{x^3}{6lR} \quad (2.12)$$



Σχήμα 2.4 Παραβολική συναρμογή μεταξύ ευθυγραμμίας και κυκλικής καμπύλης (περίπτωση  $L < \frac{R}{3,5}$ )

Σε περίπτωση συνδέσεως δύο ομόστροφων, συνεχόμενων, κυκλικών καμπυλών, με ακτίνες  $R_1$  και  $R_2$  (όπου  $R_1 > R_2$ ), με αντίστοιχες καμπύλες συναρμογής μήκους  $L_1$  και  $L_2$ , με προβολές  $l_1$  και  $l_2$  με εκτροπές  $f_1$  και  $f_2$ , και ενδιαμέσο ευθύγραμμο τμήμα μήκους τουλάχιστον 30 m, η παραβολική συναρμογή ορίζεται μέσω των δύο εξισώσεων (Πυργίδη,2009):

- Για την καμπύλη ακτίνας  $R_1$

$$y = \frac{x^2}{2R_1} + \frac{f}{2} - \frac{1}{6l\rho} \left[ \left(\frac{l}{2}\right)^3 - \left(\frac{l}{2} - x\right)^3 \right] \quad (2.13)$$

- Για την καμπύλη ακτίνας  $R_2$

$$y = \frac{x^2}{2R_2} + \frac{f}{2} + \frac{1}{6l\rho} \left[ \left(\frac{l}{2}\right)^3 - \left(\frac{l}{2} - x\right)^3 \right] \quad (2.14)$$

Η διαφορά των εκτροπών δίνεται από τον τύπο :

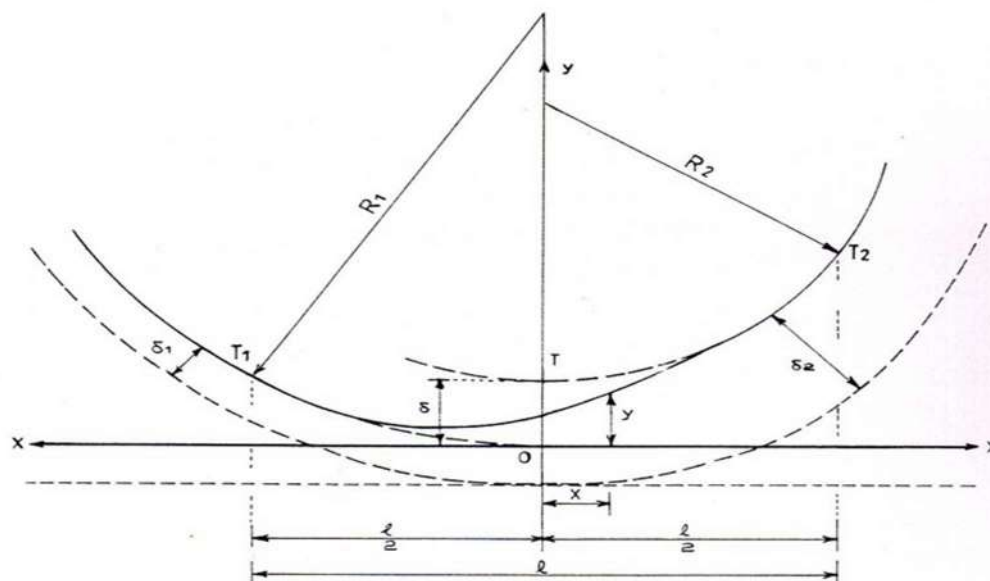
$$f = f_2 - f_1 = \frac{l_2^2}{24R_2} - \frac{l_1^2}{24R_1} \quad (2.15)$$

Η σχέση του μήκους συναρμογής, υπολογίζεται από την σχέση:

$$l = \sqrt{24\rho f} \quad (2.16)$$

Και για την ισοδύναμη ακτίνα ισχύει:

$$\rho = \frac{R_{c1} \cdot R_{c2}}{R_{c1} - R_{c2}} \quad (2.17)$$



Σχήμα 2.5 Παραβολική συναρμογή μεταξύ δύο συνεχόμενων κυκλικών καμπυλών(N.K.E.Γ.2000)

Στην περίπτωση συνδέσεως δύο ομόστροφων, συνεχόμενων, κυκλικών καμπυλών, με ακτίνες  $R_1$  και  $R_2$  (όπου  $R_1 > R_2$ ), που μεταξύ τους μεσολαβεί ένα ευθύγραμμο τμήμα με μήκος μικρότερο από το απαιτούμενο, για να τοποθετηθεί, στην κάθε καμπύλη, κανονική παραβολική συναρμογή, η σύνδεση των δύο καμπυλών γίνεται με μια ενιαία παραβολική συναρμογή  $T_1 - T_2$  (βλ. σχ. 2.6), χωρίς μεσολάβηση ευθύγραμμου τμήματος. Οι συντεταγμένες της ενιαίας συναρμογής δίνονται μέσω της εξίσωσης:

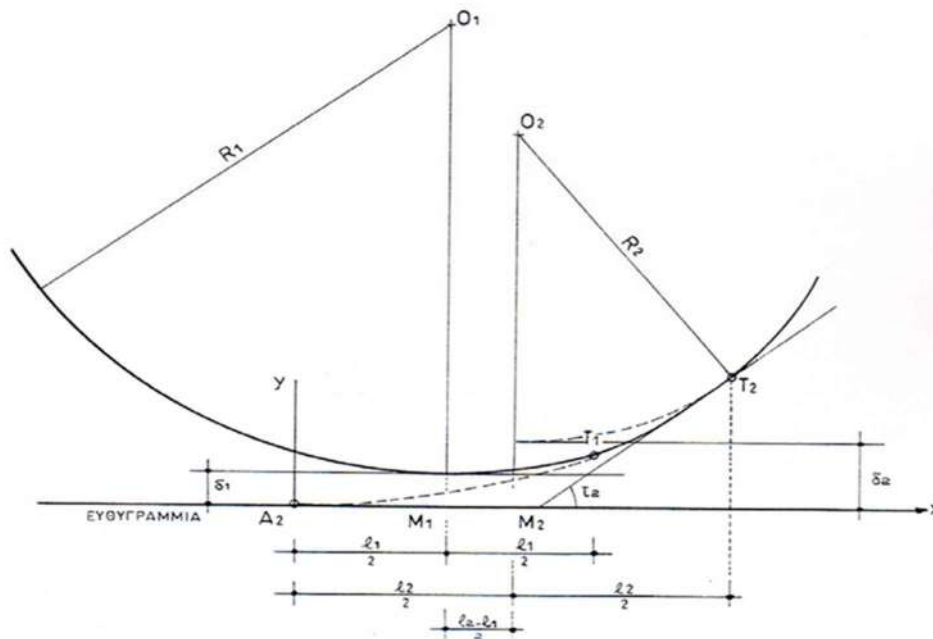
$$y = \frac{x^3}{6l_2 \cdot R_{c2} \cdot \cos^3 \tau} \quad \text{όταν } L_{k2} > \frac{R_{c2}}{3,5} \quad (2.18)$$

και

$$y = \frac{x^3}{6l_2 \cdot R_{c2}} \quad \text{όταν } L_{k2} < \frac{R_{c2}}{3,5} \quad (2.19)$$

όπου

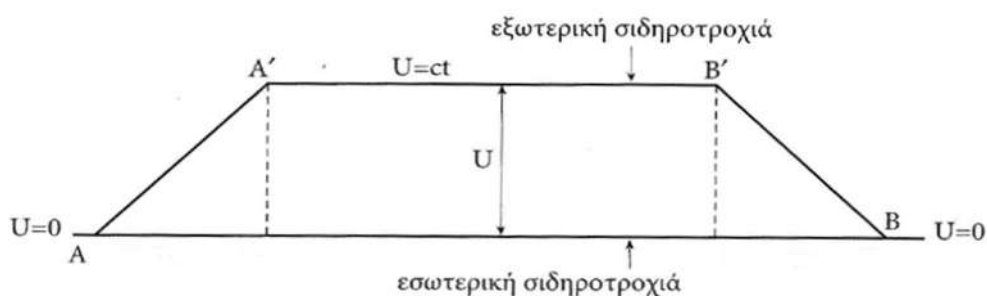
- α.  $L_{k1}, L_{k2}$  : τα απαιτούμενα μήκη τόξων συναρμογής της ευθυγραμμίας με τις δύο κυκλικές καμπύλες,
- β.  $l_1, l_2$  : τα αντίστοιχα μήκη προβολών των δύο αυτών τόξων συναρμογής επί της ευθυγραμμίας.



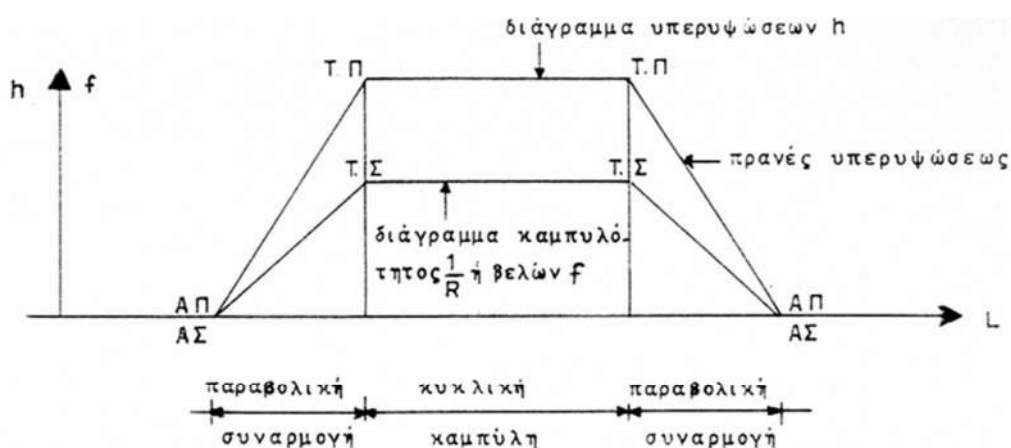
Σχήμα 2.6 Παραβολική συναρμογή μεταξύ δύο ομόστροφων κυκλικών καμπυλών ακτίνας  $R_2$  ( $R_1 > R_2$ ) με μικρή ενδιάμεση ευθυγραμμία (Ν.Κ.Ε.Γ.2000)

Σε περίπτωση σύνδεσης δύο αντίστροφων κυκλικών καμπυλών της κύριας γραμμής πρέπει να μεσολαβεί οπωσδήποτε ένα ευθύγραμμο τμήμα, αρκετά μεγάλο, ελάχιστου μήκους 30 m, ώστε να μπορούν να παρεμβληθούν από μια παραβολική συναρμογή προς την κάθε κυκλική καμπύλη. Εάν κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατό θα πρέπει να παραλείπεται το ευθύγραμμο τμήμα και οι δύο συναρμογές να έχουν κοινή αρχή, εφαπτομένη και ίδια μεταβολής της καμπυλότητας.

Η μετάβαση από ένα τμήμα της κύριας γραμμής με μηδενική υπερύψωση (ευθυγραμμία) σε ένα άλλο με σταθερή υπερύψωση (καμπύλη) είναι σημαντικό να γίνεται ομαλά. Για την ομαλή κίνηση του τροχαίου υλικού θα πρέπει η υπερύψωση να έχει ως αφητηρία το ίδιο σημείο με την παραβολική συναρμογή και, αυξάνοντας γραμμικά ως το τέλος της συναρμογής, να φθάνει στο σημείο αυτό, την καθορισμένη, για το κυκλικό τόξο, τιμή  $h$  (βλ. Σχήμα 2.8). Η γραμμική αύξηση, δίνεται μέσω της κεκλιμένης επιφάνειας, η οποία καλείται **πρανές υπερύψωσης**.



Σχήμα 2.7: Πρανές Υπερυψωσης (Πυργίδης, 2009)



A.Π = αρχή πρανούς υπερυψώσεως

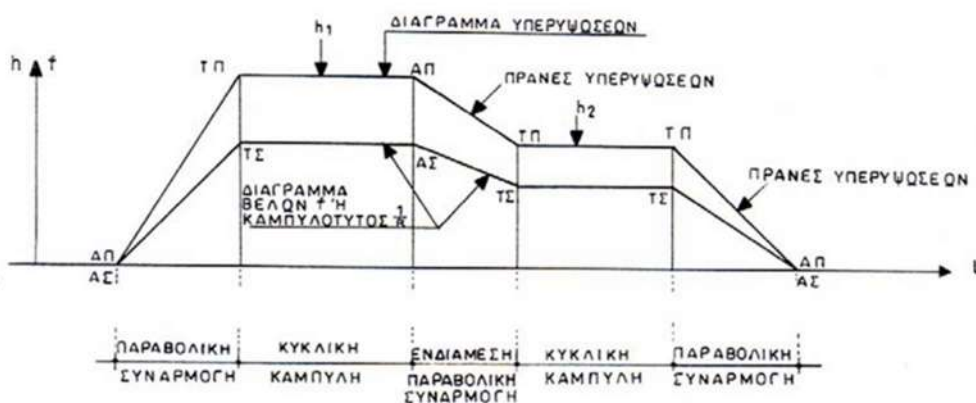
T.Π = τέλος πρανούς υπερυψώσεως

A.Σ = αρχή παραβολικής συναρμογής

T.Σ = τέλος παραβολικής συναρμογής

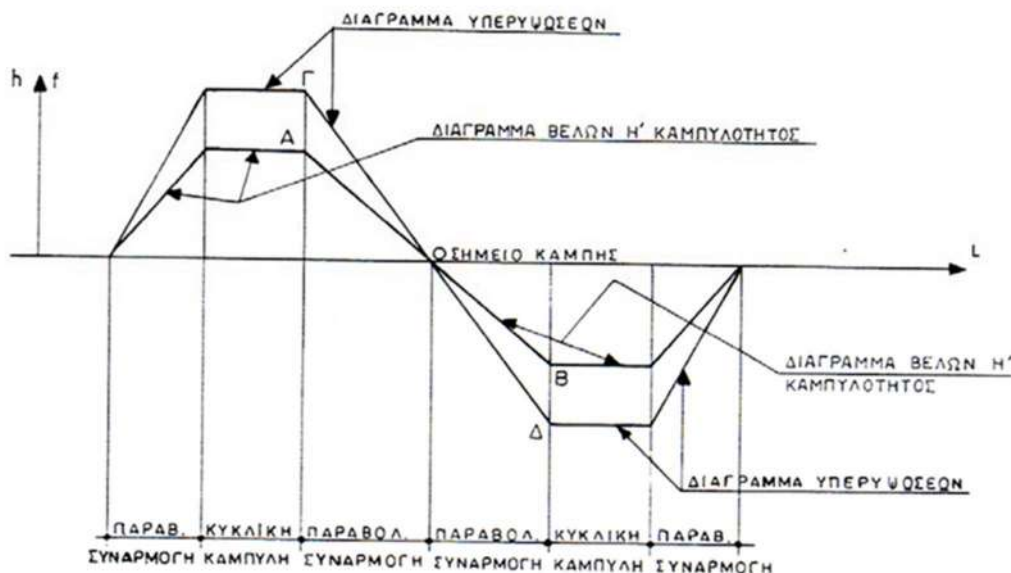
Σχήμα 2.8: Διάγραμμα Καμπυλότητας και Υπερυψώσεων (N.K.E.Γ. 2000)

Στην περίπτωση συνδέσεως δύο ομόστροφων, συνεχόμενων καμπυλών, με ακτίνες  $R_1$  και  $R_2$  και αντίστοιχες υπερυψώσεις  $h_1$  και  $h_2$ , η ενδιάμεση παραβολική συναρμογή θα μεταβάλλεται γραμμικά με αρχή την τιμή  $h_1$  έως την τιμή  $h_2$  (βλ. σχήμα 2.9).



Σχήμα 2.9: Διάγραμμα βελών και υπερυψώσεων δύο διαδοχικών κυκλικών καμπυλών (Ν.Κ.Ε.Γ. 2000)

Κατά τη σύνδεση δύο αντίστροφων καμπύλων με κοινή αρχή καμπύλης συναρμογής, όπου η μεταβολή της καμπυλότητας παραμένει ίδια σε όλο το μήκος των δύο συναρμογών, η υπερύψωση θα πρέπει να μεταβάλλεται ομοιόμορφα, σε όλο το μήκος των δύο συναρμογών και να μηδενίζεται στην κοινή αρχή τους.



Σχήμα 2.10: Διάγραμμα βελών και υπερυψώσεων δύο διαδοχικών αντίστροφων κυκλικών καμπυλών

## Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

---

Η μέγιστη ανεκτή κλίση  $i$  του πρανούς υπερυψώσεως, ορίζεται σαν συνάρτηση της ταχύτητας και αποδίδεται μέσω του τύπου :

$$i = \frac{144}{v_{max}} \text{ (mm/ m) } \quad (2.20)$$

Με ανώτατο όριο:

$$i \leq 2,5 \text{ mm/m}$$

Αναφέρεται πως τα πρανή υπερυψώσεις θα πρέπει να βρίσκονται έξω από αλλαγές γραμμής. Όπου αυτό δεν είναι δυνατόν θα πρέπει να επιβάλλεται περιορισμός ταχύτητας.

Ο υπολογισμός του ελάχιστου μήκους  $L_{min}$  της παραβολικής συναρμογής, θα λαμβάνει υπόψη μόνο την οριακή τιμή της μεταβολής της υπερυψώσεως ανά μονάδα μήκους ( $i=144/V_{max}$  (mm/ m) ,  $i \leq 2,5$  mm/m) εφόσον αυτή έχει υπολογιστεί από την σχέση 2.7, καθώς για την τιμή αυτή προκύπτουν δυσμενέστερα αποτελέσματα, (μεγαλύτερα μήκη του  $L_{min}$ ). Διακρίνονται οι εξής δύο περιπτώσεις:

$$h = \frac{160}{265} \cdot \frac{11,8V_{max}^2}{R} = \frac{7,12 V_{max}^2}{R} \quad (\text{Σχέση 2.7})$$

Περίπτωση α: Σύνδεση ευθυγραμμίας με καμπύλη ακτίνας R

$$L_{min} = \frac{hV_{max}}{144} \quad \text{ισχύει για } V \geq 57,6 \text{ km/h} \quad (\text{Σχέση 2.21})$$

$$L_{min} = \frac{h}{2,5} \quad \text{ισχύει για } V \leq 57,6 \text{ km/h} \quad (\text{Σχέση 2.22})$$

Περίπτωση β: Σύνδεση δύο ομόστροφων, συνεχόμενων, κυκλικών καμπυλών, με ακτίνες  $R_1$  και  $R_2$ , και αντίστοιχες υπερυψώσεις  $h_1$  και  $h_2$

$$L_{min} = \frac{(h_2 - h_1) V_{max}}{144} \quad \text{ισχύει για } V \geq 57,6 \text{ km/h} \quad (2.23)$$

$$L_{min} = \frac{h_2 - h_1}{2,5} \quad \text{ισχύει για } V \geq 57,6 \text{ km/h} \quad (2.24)$$

Όπου: L εκφράζεται σε m

V εκφράζεται σε km/h

h εκφράζεται σε mm.

Στην περίπτωση όπου η υπερύψωση δεν αποδίδεται μέσω του τύπου (2.7) αλλά χρησιμοποιείται ο τύπος (2.8) ή παίρνει μια ενδιάμεση τιμή, μεταξύ αυτών που δίνουν οι τύποι (2.7) και (2.8) τότε στον υπολογισμό του ελάχιστου μήκους της παραβολικής συναρμογής θα λαμβάνονται υπόψη τόσο η οριακή τιμή της μεταβολής της υπερύψωσης ανά μονάδα μήκους, όσο και η οριακή τιμή της μεταβολής της ανεπάρκειας υπερύψωσης ανά μονάδα χρόνου (N.K.E.Γ. 2000).

Αντίστοιχα διακρίνονται δύο περιπτώσεις:

Περίπτωση α: Σύνδεση ευθυγραμμίας και καμπύλης, με ακτίνα R, υπερύψωση h και ανεπάρκεια υπερυψώσεως α

$$L_{\min} = \frac{hV_{\max}}{144} \quad (2.23)$$

$$L_{\min} = \frac{\alpha V_{\max}}{216} \quad (2.24)$$

$$L_{\min} = \frac{h}{2,5} \quad (2.25)$$

Το  $L_{\min}$  προκύπτει από την μεγαλύτερη τιμή των τριών παραπάνω τύπων

Περίπτωση β: Σύνδεση δύο ομόστροφων, συνεχόμενων, κυκλικών καμπυλών με ακτίνες  $R_1$  και  $R_2$ , αντίστοιχες υπερυψώσεις  $h_1$  και  $h_2$  και ανεπάρκειες υπερυψώσεως  $\alpha_1$  και  $\alpha_2$

$$L_{\min} = \frac{(h_2 - h_1)V_{\max}}{144} \quad (2.26)$$

$$L_{\min} = \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)V_{\max}}{216} \quad (2.27)$$

$$L_{\min} = \frac{h_2 - h_1}{2,5} \quad (2.28)$$

Το  $L_{\min}$  προκύπτει από την μεγαλύτερη τιμή των τριών παραπάνω τύπων

### 2.3 Μηκοτομή

Στην κατά μήκος τομή της γραμμής, τα τμήματα της ερυθράς με διαφορετικές κλίσεις, πρέπει να συναρμολογούνται στα σημεία αλλαγής κλίσεων, με την παρεμβολή τμήματος κυκλικού τόξου. Η συναρμογή αυτή δεν είναι απαραίτητη εφ' όσον η διαφορά των αντίστοιχων κλίσεων (αν είναι ομόρροπες) ή το άθροισμά τους (αν είναι αντίρροπες) προκύπτει μεγαλύτερο από 2,5‰.

\*Εξαιρέση αποτελούν η γραμμή Flambahn στην Νορβηγία (5,5‰), η γραμμή υψηλών ταχυτήτων Paris-Lyon στην Γαλλία(3,5‰) και η γραμμή Cologne-Rhine/Main στην Γερμανία (maxi=4‰)

Η επιλογή της ακτίνας καμπυλότητας  $R_v$  είναι ιδιαίτερα σημαντική και οφείλει να εξασφαλίζει για την επιλεγμένη ταχύτητα διέλευσης των συρμών:

- Καλή ορατότητα: Ένα καθήμενο άτομο επί της γραμμής (όπου ύψος οφθαλμών 0,5 m ανώτερα από την επιφάνεια κύλισης των σιδηροτροχιών) θα πρέπει να αντιλαμβάνεται τα φώτα ενός αντίθετα κινούμενου συρμού τουλάχιστον 30 δευτερόλεπτα νωρίτερα από την διέλευση του από το ίδιο σημείο.
- Συνεχή επαφή σιδηροτροχιών-τροχών: Στα κοίλα τμήματα, εάν η κατακόρυφη επιτάχυνση έχει πολύ μεγάλες τιμές, το βάρος του τροχαίου υλικού δεν κατανέμεται ομοιόμορφα με αποτέλεσμα να εγκυμονεί κίνδυνος εκτροχιασμού.
- Κατακόρυφη δυναμική άνεση επιβατών: Η κατακόρυφη δυναμική άνεση των επιβατών αφορά την ποιοτική και ποσοτική όχληση των επιβατών από τις κατακόρυφες επιταχύνσεις του αμαξώματος. Για να περιορισθεί η όχληση αυτή θα πρέπει :

$$\gamma_v = \frac{V^2}{R_v} \leq \gamma_{\max} \quad (2.29)$$

$$R_v = \frac{V^2}{\gamma_v} \quad (2.30)$$

Σαν τιμή  $\gamma_{\max}$  συνήθως λαμβάνεται 0,05 g, ο τύπος (2.30) διαμορφώνεται :

$$R_v = 2V^2 \quad (2.31)$$

Για την άνεση της κυκλοφορίας, θα πρέπει η επιλογή της ακτίνας της κατακόρυφης κυκλικής συναρμογής να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερη. Ανάλογα με την μέγιστη ταχύτητα του συρμού που εφαρμόζεται, διακρίνονται οι εξής ελάχιστες επιτρεπόμενες ακτίνες της κατακόρυφης συναρμογής:

ΤΑΧΥΤΗΤΑ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΚΤΙΝΑ R [m]	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΚΤΙΝΑ R [m] Κατ' εξαίρεση
$V \leq 100$ km/h	5000m	2.500 m
$100 < V \leq 150$ km/h	10000m	5000 m
$150 < V \leq 200$ km/h	20000m	10000 m

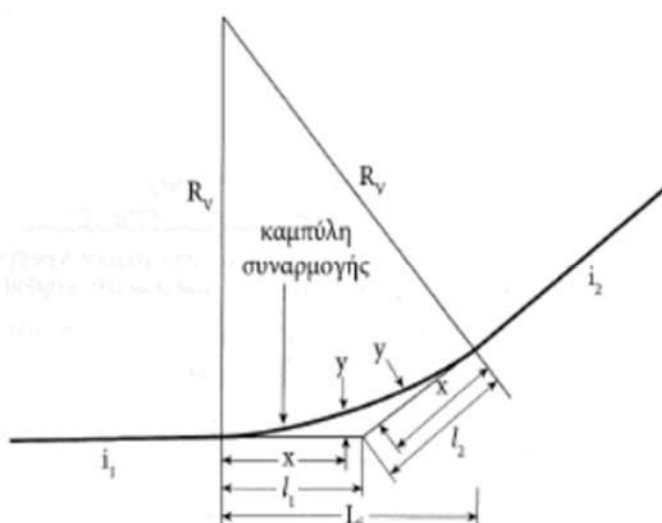
Πίνακας 2.2.Ελάχιστες επιτρεπόμενες ακτίνες της κατακόρυφης συναρμογής(N.ΚΕ.Γ. 2000)

Οι παραπάνω τιμές του πίνακα ισχύουν στην περίπτωση κυρτών καμπυλών. Στις κυρτές καμπύλες η επίδραση των κατακόρυφων επιταχύνσεων είναι εντονότερη στους επιβάτες. Στα κοίλα τμήματα μπορούμε να έχουμε μεγαλύτερες κατακόρυφες επιταχύνσεις, επομένως γίνονται δεκτές αρκετά μικρότερες ακτίνες καμπυλότητας.

Οι τεταγμένες  $y$ , για την χάραξη της κυκλικής κατακόρυφης συναρμογής, υπολογίζονται , με ικανοποιητική προσέγγιση, από τον τύπο:

$$y = \frac{x^2}{2R\sigma} \quad (2.32)$$

Κάθε μια από τις συναρμοζόμενες κλίσεις θεωρείται ως ο άξονας των τετμημένων  $x$ . Οι τεταγμένες  $y$  μετρώνται κάθετα στις κλίσεις αυτές.



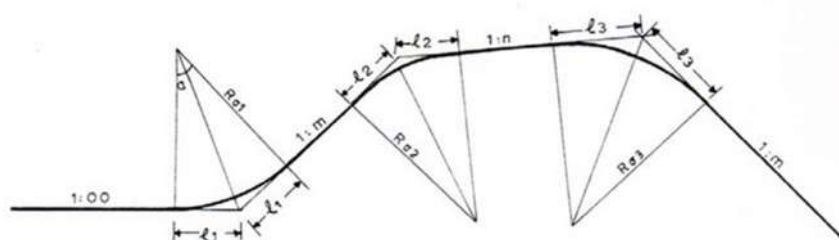
Σχήμα 2.11 Συναρμογή στην μηκοτομή (Πυργίδης, 2009)

## Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η αρχή των τετμημένων προσδιορίζεται από το μήκος  $l$ , των εφαπτόμενων κατακόρυφων συναρμογών. Αποδίδεται με ικανοποιητική προσέγγιση, από τους παρακάτω τύπους:

Συναρμογή, οριζόντιου τμήματος γραμμής με κεκλιμένο, κλίσεως 1:m	$l_1 = \frac{R_{\sigma 1}}{2} \times \frac{1}{m}$	(2.33)
Συναρμογή μεταξύ ομόσημων κλίσεων 1:m και 1:n	$l_2 = \frac{R_{\sigma 1}}{2} \left( \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$	(2.34)
Συναρμογή μεταξύ ετερόσημων κλίσεων 1:m και 1:n	$l_3 = \frac{R_{\sigma 1}}{2} \left( \frac{1}{m} + \frac{1}{n} \right)$	(2.35)

Πίνακας 2.3: Μήκος  $l$  κατακόρυφων συναρμογών(ΠΕΤΕΠ:07-01-01-10)



Σχήμα 2.12: Κατακόρυφη συναρμογή διαφορετικών κλίσεων (N.ΚΕ.Γ. 2000)

Στα σημεία όπου στην οριζοντιογραφία υπάρχουν παραβολικές συναρμογές και κατ' επέκταση πρηνή υπερύψωση, δεν θα πρέπει να γίνονται αλλαγές κλίσης. Σε περίπτωση όπου δεν μπορεί να αποφευχθεί, η ταυτόχρονη συνύπαρξη συναρμογών τόσο στην οριζοντιογραφία όσο και στην μηκοτομή, συνίσταται η εφαρμογή όσο τον δυνατόν μεγαλύτερων ακτίων. Τέλος ανάμεσα σε δύο συνεχόμενες κορυφές συναρμογής θα πρέπει να παρεμβάλλεται οπωσδήποτε ένα ευθύγραμμο τμήμα 30m.

### **2.3.1 Μέγιστη κατά μήκος κλίση**

Σύμφωνα με τον Νέο Κανονισμό Επιδομής Γραμμής, για το Ελληνικό Σιδηροδρομικό Δίκτυο η μέγιστη κατά μήκος κλίση ορίζεται σε:

#### **Ελεύθερη (εκτός σταθμών) γραμμή**

- Έως 25 ‰ σε υφιστάμενες γραμμές για ταχύτητες  $V \leq 120$  km/h
- Έως 14 ‰ σε νέες γραμμές (έως 16‰ κατόπιν εγκρίσεως της Δ.Γ.)

#### **Σήραγγες (νεοκατασκευαζόμενες)**

- Μήκους  $l \leq 1.000$  m:  $\leq 2\%$
- Μήκους  $l > 1.000$  m:  $\leq 1\%$

#### **Σταθμοί (νεοκατασκευαζόμενοι)**

- Έως 2,5‰



### Κεφάλαιο 3 Επεξήγηση Σκεπτικού

Κατά την εξέταση του θεωρητικού πλαισίου, μελετήθηκαν δεδομένα από διάφορες εργασίες και διατριβές προκειμένου να αναλυθεί εις βάθος το αντικείμενο της εργασίας. Κατά την ανασκόπηση αυτή και στεκόμενοι στην επιλογή των κατάλληλων καμπύλων συναρμογής στην σιδηροδρομική χάραξη, διαπιστώθηκε πως η πρόταση των σύγχρονων κανονισμών για την προσέγγιση των τμημάτων συναρμογής, μέσω της κυβικής παραβολής, δεν είναι η βέλτιστη πρακτική. Χρησιμοποιώντας ως οδηγό την Διδακτορική Διατριβή του Επιστημονικού συνεργάτη του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και επιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, Γιώργου Καλιαμπέτσου, παρουσιάζονται τα προβλήματα που προκύπτουν μέσω της κυβικής παραβολής και προτείνεται η υιοθέτηση της κλωθοειδούς καμπύλης ως συναρμογή.

Ο προβληματισμός έγκειται στην περίπτωση συνδέσεως δύο ομόστροφων, κυκλικών καμπυλών, όπου σύμφωνα με τον Κανονισμό, η επιλογή της κυβικής παραβολής ως τόξο συναρμογής δεν προτείνεται. Εναλλακτικά εξετάζεται:

Σε περίπτωση που μεσολαβεί ένα ευθύγραμμο τμήμα με μήκος μικρότερο από το απαιτούμενο, για να τοποθετηθεί, στην κάθε καμπύλη, κανονική παραβολική συναρμογή, η σύνδεση των δύο καμπυλών να πραγματοποιείται με μια ενιαία παραβολική συναρμογή  $T_1 - T_2$  (βλ. σχ. 7), χωρίς μεσολάβηση ευθύγραμμου τμήματος. Οι συντεταγμένες της ενιαίας συναρμογής δίνονται μέσω της εξίσωσης όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2:

$$y = \frac{x^3}{6l_2 \cdot R_{c2} \cdot \cos^3 \tau} \quad \text{όταν } L_{k2} > \frac{R_{c2}}{3,5} \quad (3.1)$$

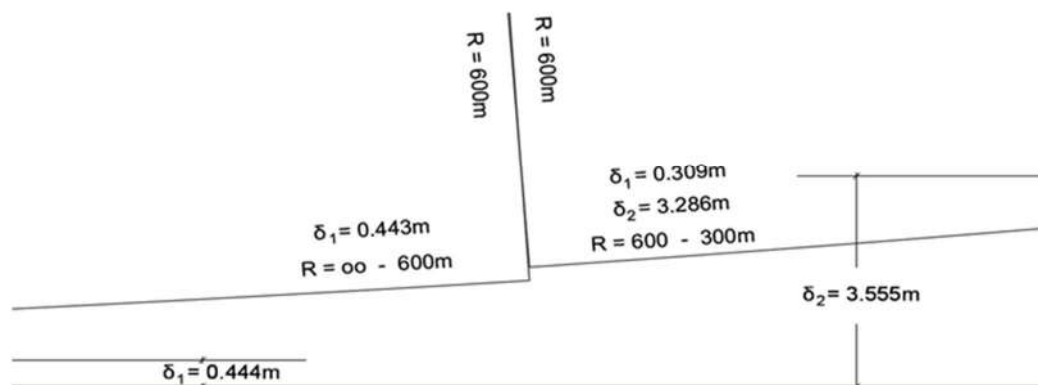
και

$$y = \frac{x^3}{6l_2 \cdot R_{c2}} \quad \text{όταν } L_{k2} < \frac{R_{c2}}{3,5} \quad (3.2)$$

Χρησιμοποιώντας μόνο το τελευταίο τμήμα της συναρμογής  $T_1-T_2$ , η παραβολική συναρμογή εξαρτάται μόνο από την ακτίνα της δεύτερης καμπύλης  $R_{c2}$  (Ηλιού, 2012). Ωστόσο θα πρέπει η ενιαία συναρμογή των δύο ομόροπων κυκλικών τόξων να εξαρτάται άμεσα από μια μοναδική παράμετρο, όπως η κλωθοειδής (Ηλιού, 2005). Με δεδομένο αυτό, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η σχέση 3.2 εξαρτάται από την παράμετρο  $l_2 \cdot R_{c2}$ . Ωστόσο η σχέση 3.1 δεν εξαρτάται από μια παράμετρο ίδιας μορφής αφού στην εξίσωση της, υπάρχει ο όρος  $\cos^3 \tau$ , που είναι μεταβλητό και

### Κεφάλαιο 3: Επεξήγηση Σκεπτικού

εξαρτάται από τη θέση συναρμογής με το ένα ή με το άλλο τόξο. Δηλαδή δύο καμπύλες αυτής της μορφής με ίδια αρχή, ίδιο γινόμενο  $RX$  και διαφορετικό μήκος δεν θα ταυτίζονται κατά το μήκος της μικρότερης.



Σχήμα 3-1: Σημείο ασυνέχειας μεταξύ δύο παραβολικών συναρμογών (Ηλίου 2012)

Στο σχήμα 3.2 παρατηρούμε την ασυνέχεια που προκύπτει στο σημείο μετάβασης μεταξύ δύο παραβολικών συναρμογών. Πριν το σημείο μετάβασης, υπάρχει ένα τμήμα κανονικής παραβολικής συναρμογής που συνδέει την ευθυγραμμία με ένα κυκλικό τόξο ακτίνας 600m. Μετά το σημείο μετάβασης έχουμε φαίνεται μια ενιαία παραβολική συναρμογή T1-T2, που ενώνει το κυκλικό τόξο ακτίνας 600m με το κυκλικό τόξο ακτίνας 300m. Ωστόσο η παραβολική ενιαία καμπύλη δεν συναρμόζει το πρώτο κυκλικό τόξο όμοια με το δεύτερο. Αυτό το γεγονός οδηγεί σε ασυνέχεια της μεταβολής της καμπυλότητας, συνεπώς και της φυγόκεντρης δύναμης που αναπτύσσεται.

Προκειμένου να επιτύχουμε την γραμμικής μεταβολή της καμπυλότητας και κατ' επέκτασης της αναπτυσσόμενης φυγόκεντρης δύναμης, στην περιοχή συναρμογής μεταξύ ευθυγραμμίας και κυκλικού τόξου, όπου λαμβάνει χώρα η περιστροφή του οδοστρώματος ή η υπερύψωση της εξωτερικής σιδηροτροχιάς (Καλιαμπέτσος, 2013) προτείνεται η υιοθέτηση της κλωθοειδούς ως τμήμα συναρμογής έναντι της χρήσης της κυβικής παραβολής. Αντίστοιχα η ωοειδής καμπύλη, ως τμήμα της κλωθοειδούς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την συναρμογή δύο ομόροπων κυκλικών τόξων διαφορετικών ακτίνων.

## **Κεφάλαιο 4 Τεχνική Περιγραφή**

### **4.1 Γενικά**

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια ιστορική αναδρομή στην υπό εξέταση γραμμή και στις λειτουργίες που αυτή επιτελούσε. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα δύο λογισμικά που συντέλεσαν στην ανάλυση της γραμμής και παρατίθεται η τεχνική περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθούθηκε κατά την πορεία της εργασίας.

### **4.2 Η Γραμμή**

Μετά την προσάρτηση της Θεσσαλίας, το 1881, στην ελληνική επικράτεια, ιδρύονται οι Σιδηρόδρομοι Θεσσαλίας, ένας φορέας με χαρακτήρα εκσυγχρονιστικό και όραμα ένωσης των μεγάλων αστικών κέντρων. Η ένωση ολοκληρώνεται το 1886 με την κατασκευή της γραμμής Παλαιοφάρσαλα – Βελεστίνο, μιας γραμμής μετρικού εύρους που δίνει ανάσα στις τοπικές μεταφορές. Ωστόσο η αναβάθμιση του υπόλοιπου θεσσαλικού δικτύου σε κανονικού εύρους γραμμή, θα λειτουργήσει ανασταλτικά για το τμήμα. Χωρίς σχέδια για διαπλάτυνση του τμήματος, η γραμμή οδηγείται σε διακοπή της λειτουργίας της το 1999. Η πόλη του Βόλου χάνει μεγάλο μέρος της εμπορικής δραστηριότητας της καθώς αποκόπτεται από την χερσαία διαδρομή που την ενώνει με τις δύο μεγαλύτερες πόλεις της χώρας (Αθήνα- Θεσσαλονίκη). Ταυτόχρονα η επιβατική εμπειρία οξύνεται καθώς οι χρόνοι ταξιδιού και το κόστος μετακίνησης παρουσιάζουν σημαντική αύξηση. Από την παύση της λειτουργίας έως και σήμερα οι κάτοικοι των δύο πόλεων συνεχίζουν με έντονες διαμαρτυρίες την προσπάθεια επαναλειτουργίας της γραμμής.

Έκτοτε έχουν γίνει προτάσεις εκσυγχρόνιση της γραμμής, οι οποίες περιλαμβάνουν την ηλεκτροκίνηση της, που θα επιτρέψει τη χρήση ηλεκτρικών τρένων, μειώνοντας έτσι το κόστος καυσίμων και κατ' επέκταση τις εκπομπές ρύπων. Αντίστοιχα υπάρχουν σχέδια διαπλάτυνσης της γραμμής ενισχύοντας την ταχύτητα διέλευσης και αναβαθμίζοντας το μεταφορικό της έργο. Οι προτάσεις αυτές αποτελούν μέρος ενός ευρύτερου σχεδίου αναβάθμισης των υποδομών, συγχρηματοδοτούμενο από την Ευρωπαϊκή Ένωση και την ελληνική κυβέρνηση στα πλαίσια μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, που θα ολοκληρωθεί έως το 2040.

#### **4.2.1 Περιοχή Μελέτης : Κοκκίνα -Βόλος**

Η γραμμή μελέτης παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον τόσο για την πολυπλοκότητά της όσο και για τους λόγους που οδήγησαν στην αναστολή της λειτουργίας της. Έτσι για

## Κεφάλαιο 4: Τεχνική Περιγραφή

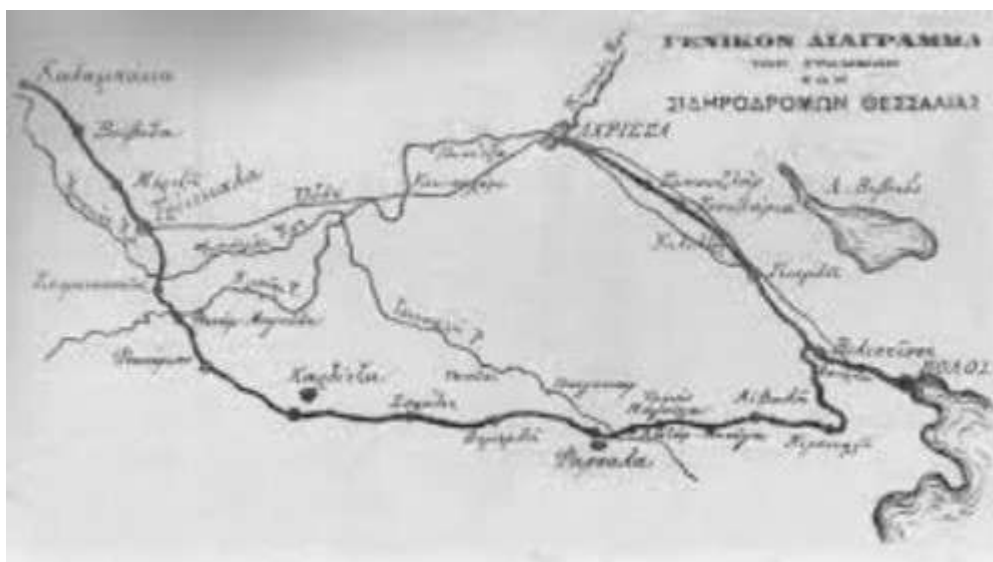
την ασφαλέστερη και πιο αποτελεσματική εξέτασή της, αποφασίστηκε να μελετηθεί σε δύο μέρη. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται το τμήμα Κοκκίνα- Βόλος (β' μέρος), μία διαδρομή μήκους 38 χιλιομέτρων.

### 4.2.2 Αποτύπωση του υφιστάμενου δικτύου

Για την εύρεση των σημείων εδάφους γύρω από το εξεταζόμενο τμήμα της γραμμής, έγινε χρήση του Google Earth Pro. Σε αυτή την διαδικασία, εντοπίστηκε η περιοχή μελέτης και βάσει των δορυφορικών εικόνων που προσφέρονται, έγινε η κατά προσέγγιση σχεδίαση της γραμμής. Στη συνέχεια με την χρήση του λογισμικού Plex Earth βρέθηκαν τα επιμέρους σημεία εδάφους της περιοχής και διαμορφώθηκε το μορφολογικό υπόβαθρο.

#### 1. Εύρεση περιοχής ενδιαφέροντος

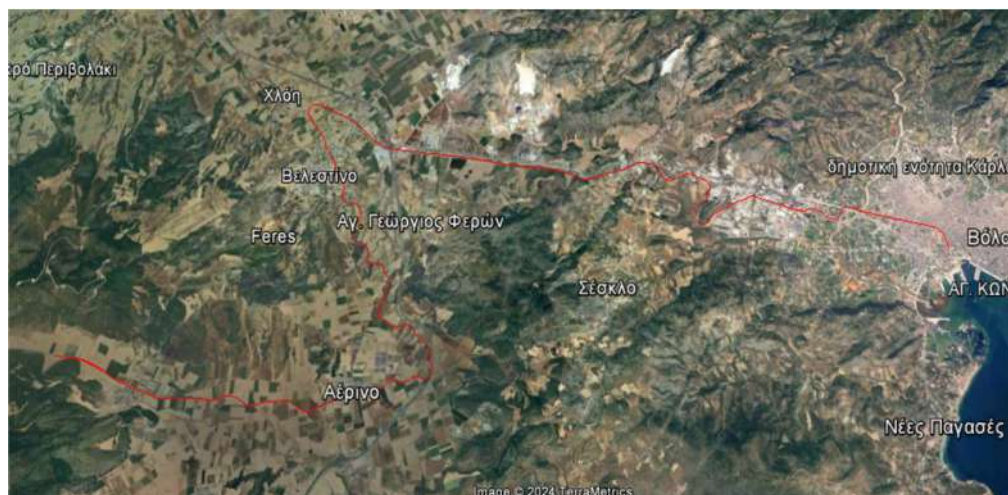
Η γραμμή χωρίστηκε σε δύο τμήματα βάσει χιλιομετρικής απόστασης και σημάνθηκαν οι στάσεις που πραγματοποιούσε η γραμμή κατά το διάστημα λειτουργίας της.



Εικόνα 4.1 Η γραμμή Παλαιοφάρσαλα Βόλος

#### 2. Προσθήκη Διαδρομής

Μέσα από της δορυφορικές εικόνες του προγράμματος Google Earth Pro, προσεγγίστηκε η τροχιά που ακολουθούσε η γραμμή και απαθανατίστηκε με την χρήση της εντολής *Προσθήκη διαδρομής*. Το αποτέλεσμα, που έγινε η βάση της εργασίας, υπό την μορφή πολυγωνικής γραμμής, μεταφέρθηκε σε αρχείο AutoCAD.



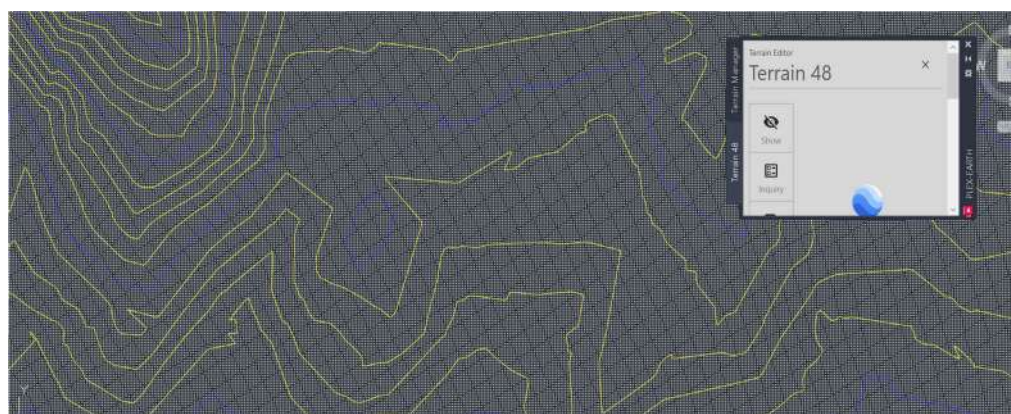
Εικόνα 4.2 Υφιστάμενη Γραμμή

Καθώς η γραμμή, είχε εισαχθεί από το πρόγραμμα google earth pro, διατήρησε τις συντεταγμένες των σημείων της . Η ιδιότητα αυτή του συνόλου, στάθηκε ιδιαίτερα βοηθητική στα επόμενα βήματα.

### 3. Plex Earth

Το λογισμικό Plex Earth, αποτέλεσε ένα από τα πιο σημαντικά εργαλεία της εργασίας αυτής. Πρόκειται για ένα λογισμικό που δίνει την δυνατότητα πλήρους διαμόρφωσης της γεωγραφικής εικόνας ενός έργου μέσα από εικόνες και δεδομένα. Όλα τα στοιχεία που προσφέρονται, αντλούνται από βάσεις δεδομένων όπως Airbus, Maxar, Nearmap, Hexagon, Inflight, Google Maps.

Χρησιμοποιώντας το λογισμικό του plex earth, στην γραμμή του βήματος 2, εισήχθησαν στο σχέδιο στιγμιότυπα του εδάφους. Τα στιγμιότυπα δημιουργήθηκαν στο περιβάλλον του AutoCAD, όπου έχει εφαρμογή το λογισμικό, με την βοήθεια της εντολή import terrain. Για την εκτέλεση της εντολής ορίστηκε η εισαγωγή σημείων εδάφους ανά ορισμένη απόσταση, με άντληση δεδομένων από το σχέδιο. Κάθε σημείο εδάφους χαρακτηρίζεται από τρεις μεταβλητές x,y,z. Τα στιγμιότυπα που προέκυψαν ήταν τόσα ώστε να καλύπτουν όλο το μήκος της γραμμής.



Εικόνα 4.3 Αποτέλεσμα Terrain στο περιβάλλον του Plex Earth

Για την εργασία έγιναν δύο προσπάθειες αποτυπώσεις του γεωμορφολογικού υπόβαθρου. Η πρώτη προσπάθεια, χαρακτηριζόταν από εισαγωγή σημείων ανά 50 m. Στην πορεία όμως διαπιστώθηκε πως η ακρίβεια που προσέφερε δεν ήταν ικανοποιητική, γεγονός που οδήγησε στην δεύτερη προσπάθεια. Σε αυτήν τα σημεία που εισήχθησαν, είχαν απόσταση μικρότερη των 10 m.

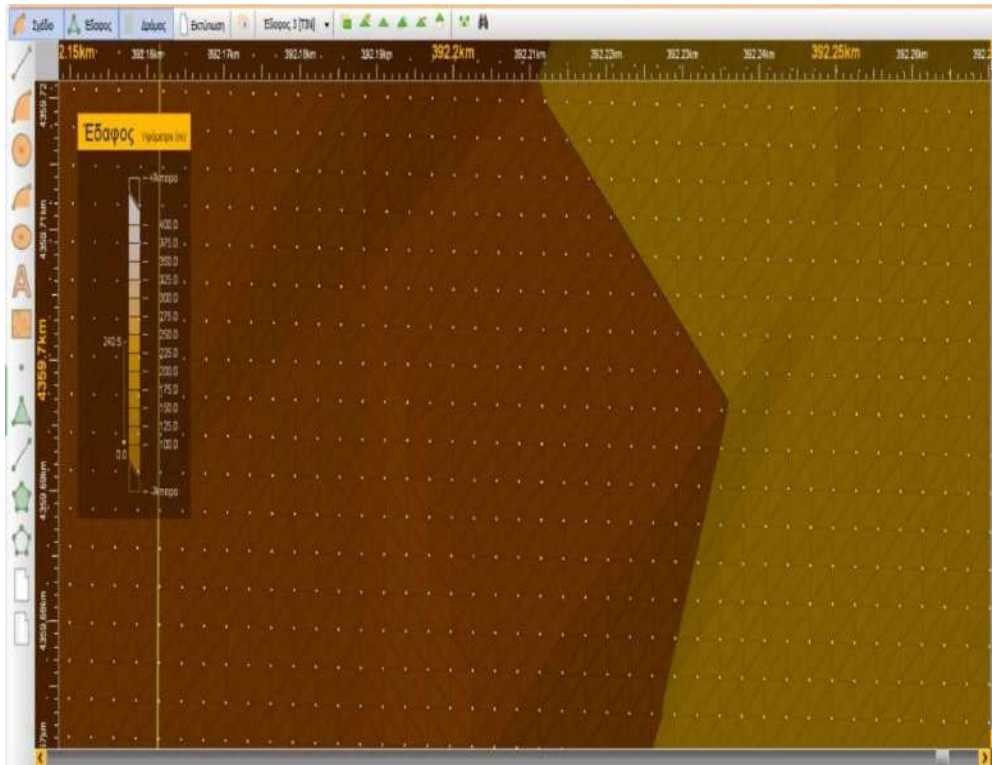
Το αποτέλεσμα για κάθε στιγμιότυπο που δημιουργήθηκε, ήταν μια ενότητα σημείων. Για να αντληθεί κάθε επιμέρους σημείο του στιγμιότυπου χρησιμοποιήθηκε η εντολή explode από το περιβάλλον του AutoCAD. Το σύνολο των σημείων, από τα εκάστοτε στιγμιότυπα αποθηκεύτηκαν υπό μορφή dxf.

#### 4. Anadelta Tessera

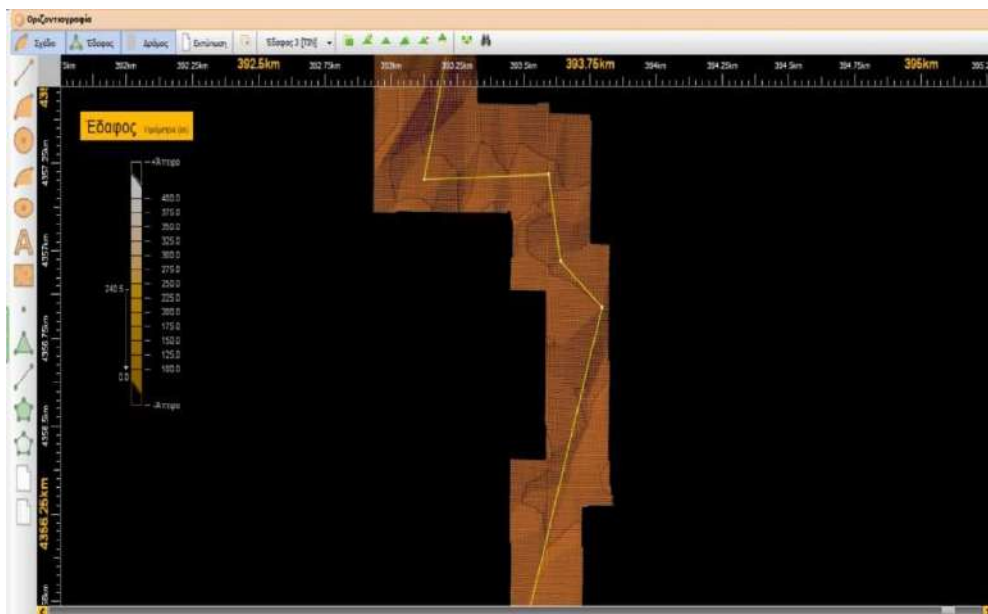
Το λογισμικό του προγράμματος Anadelta Tessera αποτέλεσε τη βάση της εργασίας. Στο περιβάλλον του προγράμματος έγινε η αποτύπωση του μορφολογικού προφίλ του εδάφους, η προσέγγιση της υφιστάμενης χάραξης καθώς και η βελτιστοποίησή της.

Πρόκειται για ένα λογισμικό σχεδιασμού και κατασκευής σιδηροδρομικών έργων και οδοποιίας. Μέσα από το πρόγραμμα προσφέρεται η δυνατότητα σχεδιασμού, λαμβάνοντας υπόψιν το εδαφικό υπόβαθρο, κανονισμούς και τις εκάστοτε παραμέτρους του έργου, δίνοντας έτσι στον μελετητή τη δυνατότητα να ορίσει με σαφήνεια τα τεχνικά χαρακτηριστικά.

Τα σημεία του εδάφους που εξήχθησαν στα προηγούμενα βήματα, προσέφεραν την πρώτη αποτύπωση του εδάφους. Ωστόσο υπήρχε η ανάγκη για την συγκρότηση ενός ενοποιημένου μοντέλου που θα κάλυπτε όλη, την υπό εξέταση περιοχή. Για αυτόν τον λόγο στο περιβάλλον του προγράμματος δημιουργήσαμε τα μοντέλο εδάφους (τρίγωνα), δημιουργώντας το προφίλ όλων των ενδιάμεσων σημείων. Τα τρίγωνα δημιουργήθηκαν μέσω της εντολής Υπολογισμός Τριγώνων, αφού πρώτα είχαν θεωρηθεί όλα τα σημεία, ως σημεία εδάφους.



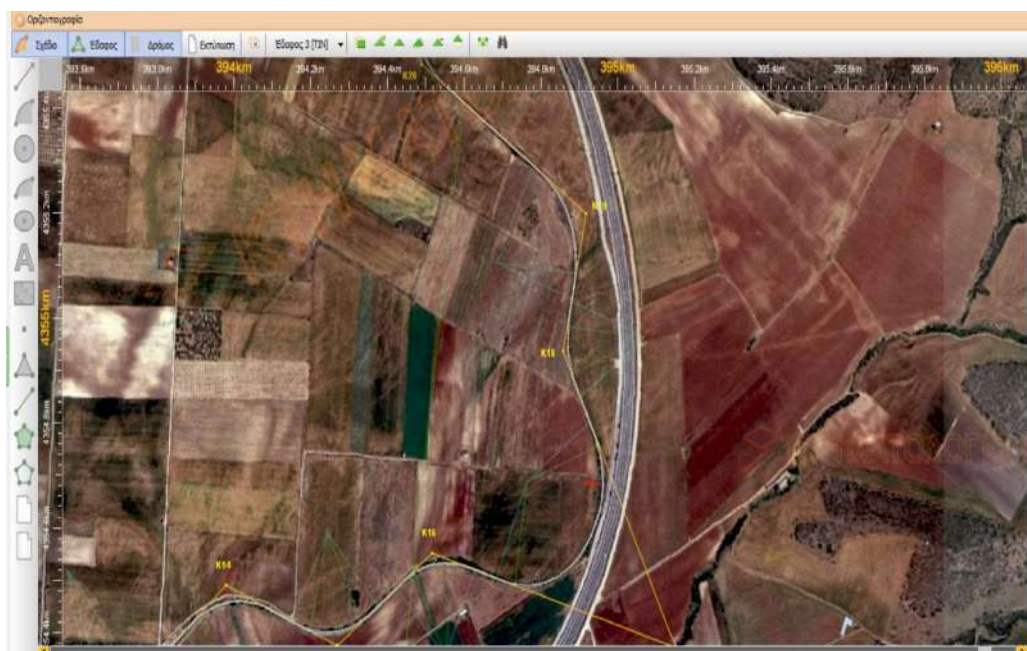
Εικόνα 4.4 Τρίγωνα Εδάφους Σε Κοντινή Απεικόνιση



Εικόνα 4.5 Ενοποιημένο Μοντέλο Εδάφους

### 4.2.3 Χάραξη Οριζοντιογραφίας

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του μοντέλου εδάφους σε συνδυασμό με δεδομένα από την βάση του Ελληνικού Κτηματολογίου, έγινε η αποτύπωση της υφιστάμενης χάραξης. Η χάραξη ωστόσο, καθώς βρίσκεται εδώ και αρκετά χρόνια σε παύση λειτουργίας, προσεγγίστηκε με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Η προσέγγιση αυτή, αποτέλεσε τον οδηγό για την εύρεση των ακτίνων της οριζοντιογραφίας.



Εικόνα 4.6 Οριζοντιογραφική Χάραξη

Καθώς πρόκειται για μια προσπάθεια βελτιστοποίησης και αναπροσαρμογής της παλαιάς χάραξης όλοι οι υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν, έγιναν με βάση τον Νέο Κανονισμό Επιδομής Γραμμής. Οι υπολογισμοί ακολουθούν :

❖ Μέγιστη και ελάχιστη ταχύτητα :

Μέσα από την χάραξη της υφιστάμενης γραμμής προέκυψε ότι η ελάχιστη ακτίνα είναι  $R_{\min}=150\text{m}$ . Βάσει της ελάχιστης ακτίνας και για ακτίνες  $R<1250\text{ m}$  η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει η επιβατική αμαξοστοιχία υπολογίζεται μέσω του τύπου 2.5 που αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2.2.2:

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{265R}{11,8}} = 4,74\sqrt{R} = 4,74\sqrt{150} = 58,1 \text{ km/h}$$

Για  $V_{\max} = 58,1 \text{ km/h} \leq 100 \text{ km/h}$  προκύπτει  $V_{\min} = 60 \text{ km/h}$ , σύμφωνα με τον Πίνακα 2-1, των ζευγών ελάχιστης και μέγιστης ταχύτητας.

❖ Υπερύψωση :

Κάνοντας χρήση του τύπου 2.7, έχοντας ως δεδομένο ότι  $V_{max} = 58,1$  km/h, προκύπτουν οι υπερυψώσεις των κορυφών της οριζοντιογραφίας.

Σε περίπτωση τιμών μικρότερων των 20 mm, η υπερύψωση αγνοήθηκε. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι κορυφές K3 & K24 :

Κορυφή K3 :  $R_c = 1500$  m

$$h_3 = \frac{160}{265} \cdot \frac{11,8V_m^2}{R_c} = \frac{7,12 V_{max}^2}{R_c} = \frac{7,12 (58,1)^2}{1500} = 16\text{mm} \rightarrow h_3 = 0 \text{ mm}$$

Κορυφή K24 :  $R_c = 1200$  m

$$h_{24} = \frac{160}{265} \cdot \frac{11,8V_m^2}{R_c} = \frac{7,12 V_{max}^2}{R_c} = \frac{7,12 (58,1)^2}{1200} = 20\text{mm} \rightarrow h_{24} = 0 \text{ mm}$$

Η ανώτατη επιτρεπτή τιμή της υπερύψωσης σύμφωνα με τον κανονισμό είναι  $h_{max} = 160$  mm. Όλες οι υπερυψώσεις στρογγυλοποιήθηκαν προς τα επάνω, ευνοώντας τα γρήγορα τρένα (βλ. Παράγραφος 2.2.2).

❖ Ελάχιστο μήκος παραβολικής συναρμογής ( $L_{min}$ )

Για τον υπολογισμό του ελάχιστου μήκους  $L_{min}$  της παραβολικής συναρμογής, λαμβάνεται υπόψιν μόνο η οριακή τιμή της μεταβολής της υπερυψώσεως ανά μονάδα μήκους,  $= 144 / V_{max}$  (mm/ m), με  $i \leq 2,5$  mm/m, καθώς για την τιμή αυτή προκύπτουν δυσμενέστερα αποτελέσματα, (μεγαλύτερα μήκη του  $L_{min}$ ) όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Στην εργασία μας η πιο συχνή συναρμογή που εμφανίζεται είναι εκείνη μεταξύ ευθυγραμμίας και καμπύλης, όπου το μήκος  $L_{min}$  δίνεται από τον παρακάτω τύπο. Η μόνη προϋπόθεση που πρέπει να πληρείται είναι  $V \geq 57,6$  km/h, όπου στο εξεταζόμενο τμήμα έχουμε  $V_{max} = 58,1 \geq 57,6$  km/h.

Επομένως :

$$L_{min} = \frac{hV_{max}}{144}$$

Οι υπολογισμοί του μήκους της παραβολικής συναρμογής, παρατίθενται αναλυτικά στις τελευταίες σελίδες τη εργασίας.

### 4.2.4 Διορθώσεις στην Οριζοντιογραφία

Κατά τον υπολογισμό των παραπάνω μεγεθών, διαπιστώθηκε πως στην περίπτωση των τόξων συναρμογής, οι αρχικά προσεγγιστικές τιμές που χρησιμοποιήθηκαν, δεν πληρούσαν τις προϋποθέσεις του κανονισμού. Για τις κορυφές αυτές επιλέχθηκε εκ νέου μήκος συναρμογής που να αντιστοιχεί κατ' ελάχιστον στην τιμή του  $L_{\min}$ . Σε ορισμένες περιπτώσεις κάτι τέτοιο δεν ήταν εφικτό, καθώς είτε υπήρχε αλληλοεπικάλυψη κλωθοειδών μεταξύ των κορυφών, είτε το διάστημα που μεσολαβούσε ήταν αρκετά μικρότερο από 30 m.

Καθώς η χάραξη της γραμμής έχει γίνει πριν την εισαγωγή των πρότυπων κανονισμών, σε αρκετά σημεία δεν επαρκεί το τμήμα της οδού για να παρεμβληθεί το ελάχιστο απαιτούμενο μήκος συναρμογής. Κάτι τέτοιο εμφανίστηκε τόσο στην περίπτωση σύνδεσης ομόροπων καμπυλών όσο και στην περίπτωση σύνδεσης αντίροπων καμπυλών. Αναλυτικότερα, ακολουθούν οι συγκεκριμένες υποπεριπτώσεις:

#### Κορυφή 18-19: Περίπτωση σύνδεσης αντίροπων καμπυλών

Σύμφωνα με τον κανονισμό απαιτείται για την κάθε κορυφή ελάχιστο μήκος συναρμογής ίσο με:

Οι ακτίνες των δύο καμπυλών είναι ίσες με  $R_{C18} = R_{C19} = 200$  m

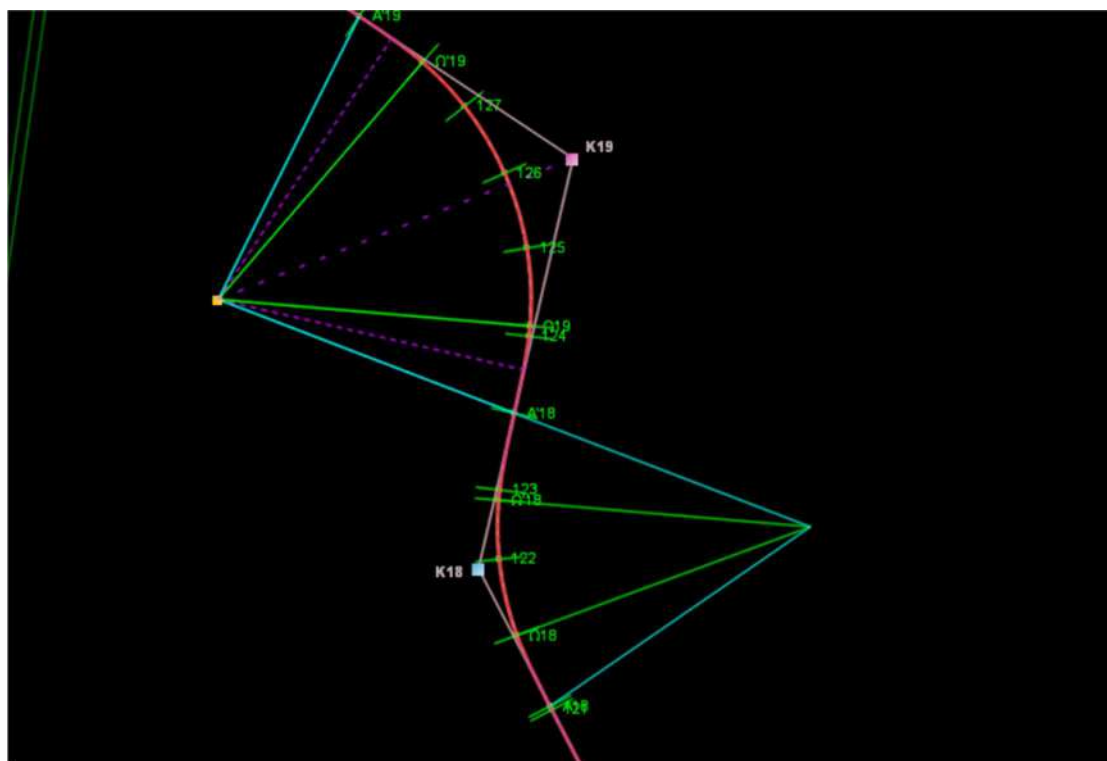
$$h_{18} = h_{19} = \frac{160}{265} \cdot \frac{11,8V_{max}^2}{R_C} = \frac{7,12 V_{max}^2}{R_C} = \frac{7,12 (58,1)^2}{200} = 120\text{mm}$$

$$L_{\min(18)} = L_{\min(19)} = \frac{hV_{max}}{144} = 48,42 \text{ m}$$

Εφαρμόζοντας τα ελάχιστα μήκη συναρμογών σε κάθε κυκλικό τόξο, διαπιστώσαμε πως το διάστημα ευθυγραμμίας που μεσολαβεί είναι μικρότερο από 30 m. Σύμφωνα με τον κανονισμό, το διάστημα αυτό θα παραλείπεται και θα πρέπει να εξασφαλίζεται σε όλο το μήκος των συναρμογών η ίδια καμπυλότητα και η ομοιόμορφη μεταβολή της υπερύψωσης με τρόπο τέτοιο ώστε να μηδενίζεται στην κοινή αρχή των δύο συναρμογών.

Μετά από δοκιμές με τα μήκη των κλωθοειδών καταλήξαμε στην εφαρμογή:

$L_{(18)} = L_{(19)} = 56,55 \text{ m}$  όπου ήταν το επιθυμητό προκειμένου οι δύο συναρμογές να έχουν κοινή αρχή και η μεταβολή της υπερύψωσης να γίνεται με ομαλό τρόπο.



Εικόνα 4.7 Συναρμογή Κορυφών 18-19

Από το διάγραμμα της υπερύψωσης βλέπουμε την ομαλή μεταβολή της υπερύψωσης μεταξύ των δύο κορυφών:



Εικόνα 4.8 Υπερύψωση Κορυφών 18-19

Κορυφή 26-27-28: Περίπτωση σύνδεσης αντίρροπων καμπυλών

Οι ακτίνες των δύο καμπυλών είναι ίσες με  $R_{c27} = R_{c28} = R_{c29} = 150 \text{ m}$

$$h_{27} = h_{28} = h_{29} = \frac{160}{265} \cdot \frac{11,8V}{R_c}^2 = \frac{7,12 Vmax^2}{R_c} = \frac{7,12 (58,1)^2}{150} = 160\text{mm}$$

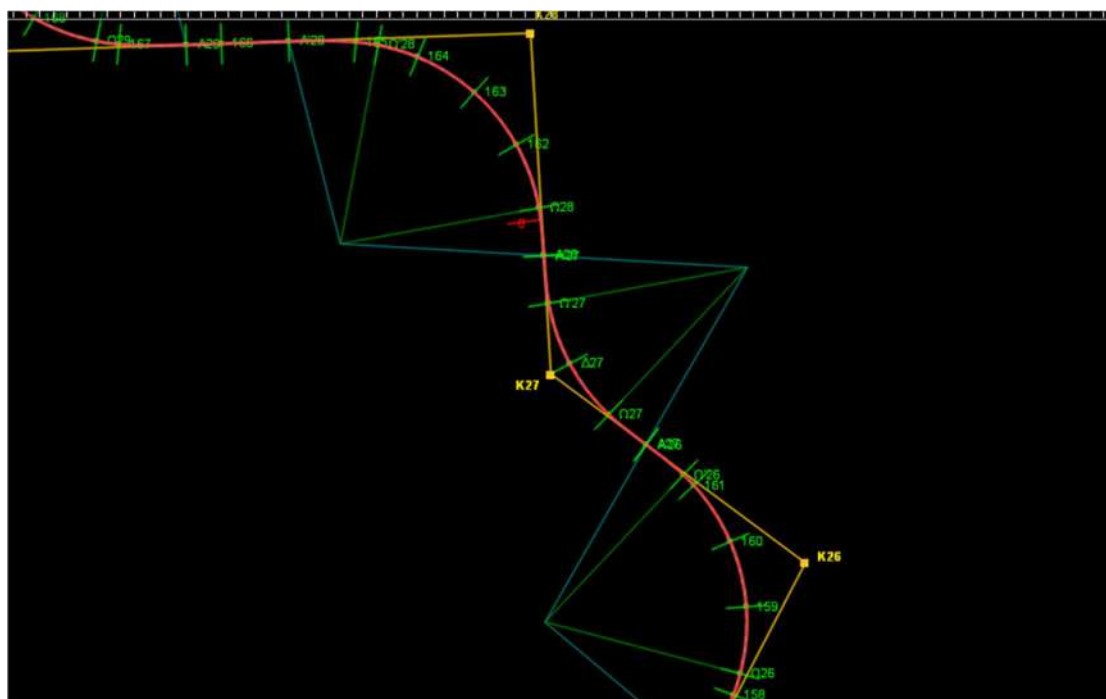
#### Κεφάλαιο 4: Τεχνική Περιγραφή

Βάσει κανονισμού απαιτείται για την κάθε κορυφή ελάχιστο μήκος συναρμογής ίσο με:

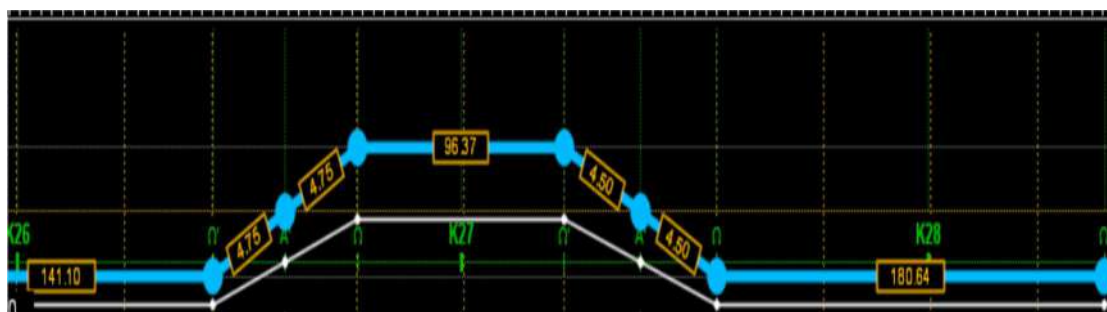
$$L_{\min(26)} = L_{\min(27)} = L_{\min(28)} = \frac{h \cdot V_{\max}}{144} = 64,56 \text{ m}$$

Σε αυτό το παράδειγμα ο χώρος που παρεμβάλλεται μεταξύ των καμπυλών δεν επαρκεί για την συναρμογή τους με  $L_{\min}$ . Έτσι επιλέγεται η συναρμογή τους με κοινή αρχή. Κατόπιν δοκιμών καταλήγουμε στα εξής μήκη κλωθοειδούς :

$$L_{(26)} = L_{(27)} = 33,7 < L_{\min} \quad \& \quad L_{(27)} = L_{(28)} = 35,53\text{m} < L_{\min}$$



Εικόνα 4.9 Συναρμογή Κορυφών 30-31



Εικόνα 4.10 Υπερύψωση Κορυφών 27-28-29

#### Κορυφή 30-31: Περίπτωση σύνδεσης αντίρροπων καμπυλών

Σύμφωνα με τον κανονισμό απαιτείται για την κάθε κορυφή ελάχιστο μήκος συναρμογής ίσο με:

Οι ακτίνες των δύο καμπυλών είναι ίσες με  $R_{c30} = 170 \text{ m}$  &  $R_{c31} = 210 \text{ m}$

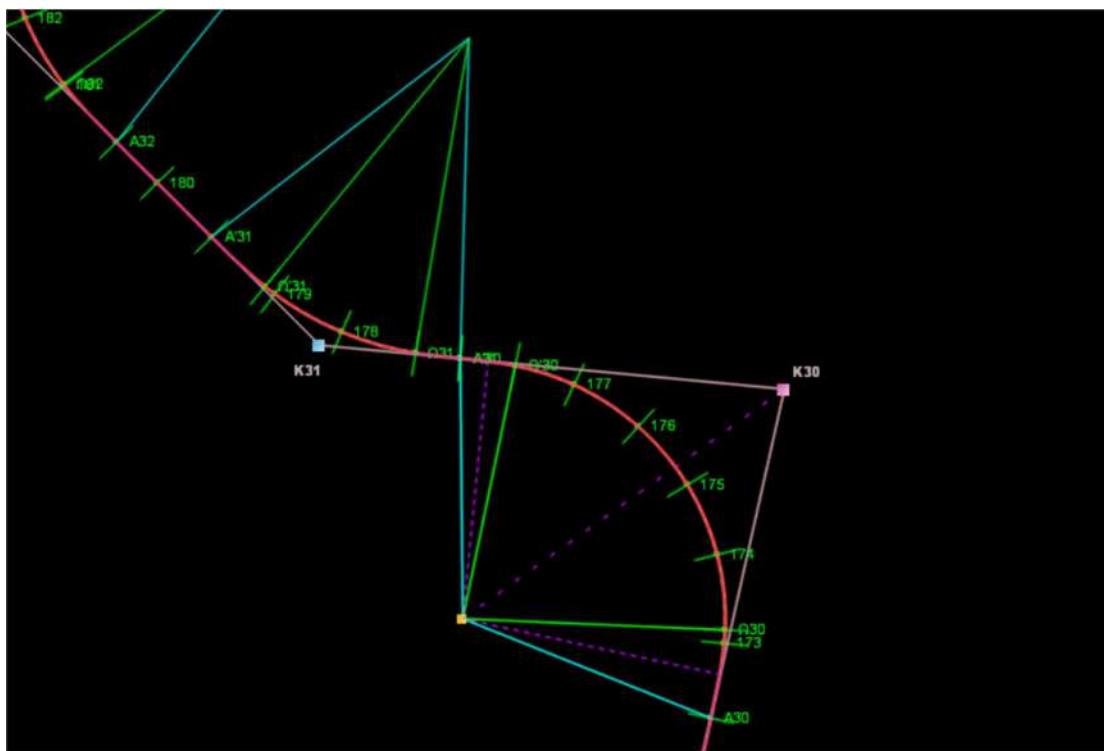
$$h_{30} = \frac{160}{265} \cdot \frac{11,8V_{max}^2}{R_C} = \frac{7,12 V_{max}^2}{R_C} = \frac{7,12 (58,1)^2}{170} = 141\text{mm}$$

$$h_{31} = \frac{160}{265} \cdot \frac{11,8V_{max}^2}{R_C} = \frac{7,12 V_{max}^2}{R_C} = \frac{7,12 (58,1)^2}{210} = 114\text{mm}$$

$$L_{\min(30)} = \frac{hV_{max}}{144} = 56,96 \text{ m}$$

$$L_{\min(31)} = \frac{hV_{max}}{144} = 46,11 \text{ m}$$

Όμως παρατηρούμε ότι δεν επαρκεί ο χώρος για την επιβολή του ελάχιστου απαιτούμενου μήκους συναρμογής για την κάθε καμπύλη. Και σε αυτήν την περίπτωση επιλέγεται η εφαρμογή συναρμογής με κοινή αρχή προκειμένου να εξασφαλίζουμε την ομαλή μεταβολή της υπερύψωσης με τη χρήση της επαναληπτικής διαδικασίας έως ότου έχουμε ίδια κλίση πρανούς και για τις δύο κορυφές.



Εικόνα 4.11 Συναρμογή Κορυφών 30-31

## Κεφάλαιο 4: Τεχνική Περιγραφή

Αντίστοιχα από το διάγραμμα της υπερύψωσης :



Εικόνα 4.12 Υπερύψωση Κορυφών 30-31

Κορυφή 42-43: Περίπτωση σύνδεσης ομόροπων καμπυλών

Κατά την προσέγγιση της υφιστάμενης χάραξης η αρχική επιλογή της ακτίνας για το σημείο της Εικόνας 4.13 ήταν ενιαία. Ωστόσο καθώς η εν λόγω ακτίνα δεν ανταποκρινόταν πλήρως στην υφιστάμενη χάραξη, αποφασίστηκε το καμπύλο τμήμα να προσεγγιστεί μέσω δύο ακτινών  $R_{42}$  και  $R_{43}$ , λόγω αλλαγής της καμπυλότητας. Έτσι οι ακτίνες που επιλέχθηκαν ήταν:

$$R_{42} = R_{43} = 202,37 \text{ m}$$

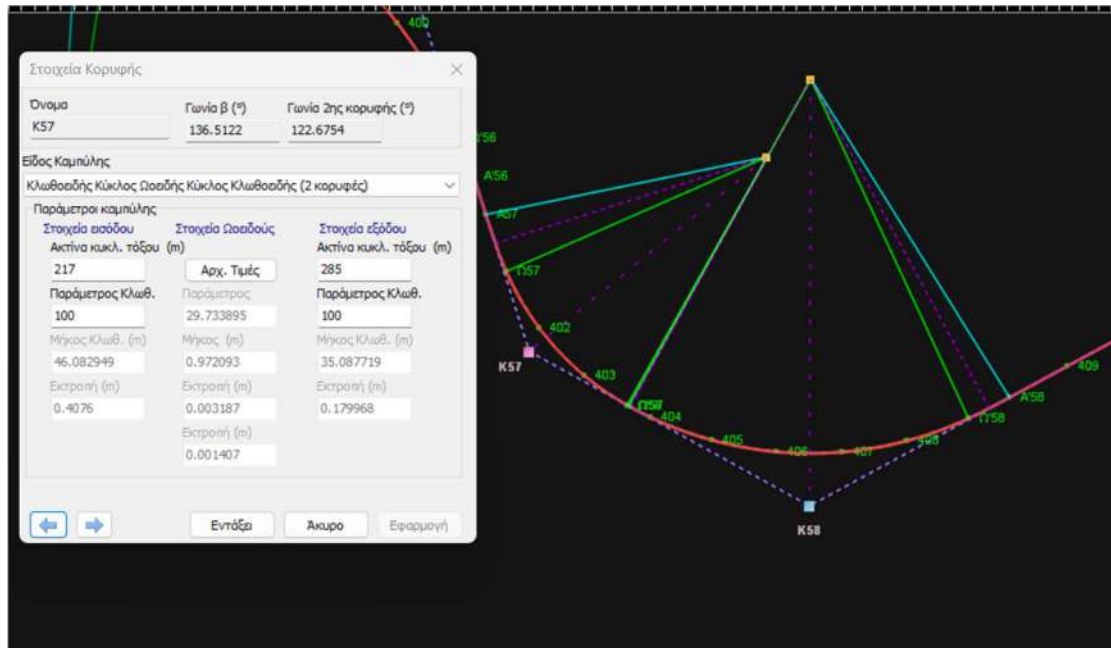
Οι δύο καμπύλες έχουν κοινή αρχή και μεταξύ τους δεν παρεμβάλλεται ευθύγραμμο τμήμα. Αντίστοιχα δεν υπάρχει τμήμα συναρμογής μεταξύ των δύο κορυφών.



Εικόνα 4.13 Κορυφές 42 και 43

Κορυφή 57-58: Περίπτωση σύνδεσης ομόροπων καμπυλών

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, χρησιμοποιήθηκε ως είδος καμπύλης, ο τύπος «Κλωθοειδής κύκλος ωσειδής κύκλος κλωθοειδής» για την περιγραφή της υφιστάμενης διαδρομής.

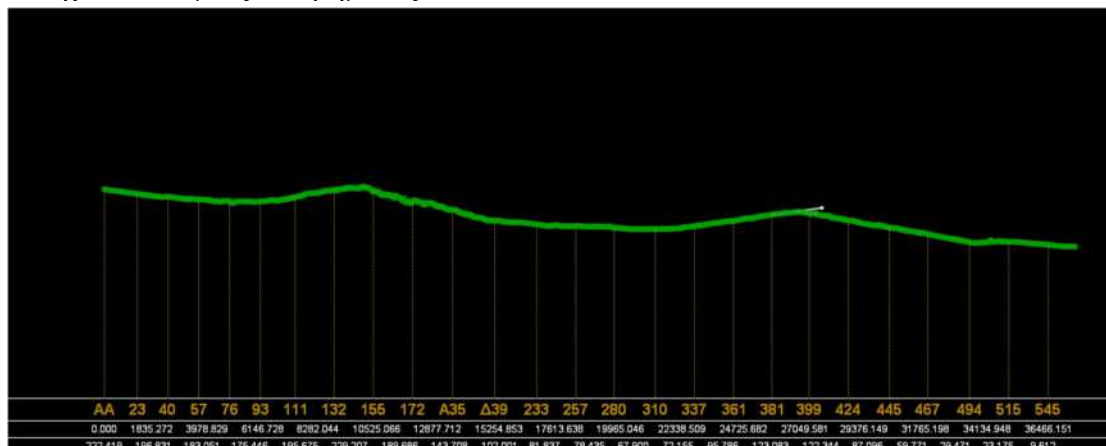


Εικόνα 4.14 Χρήση ωσειδούς καμπύλης

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3, η χρήση της ωσειδούς καμπύλης ως τμήμα της κλωθοειδής προτείνεται στην περίπτωση σύνδεσης δύο ομόρροπων καμπύλων τμημάτων.

### 4.2.5 Χάραξη στη Μηκοτομή

Έχοντας οριστικοποιήσει όλα τα στοιχεία που αφορούν την οριζοντιογραφική απεικόνιση της γραμμής, γίνεται ο σχεδιασμός της προτεινόμενης υψομετρικής διαμόρφωσης της γραμμής. Κατά την μηκοτομή της γραμμής γίνεται χρήση των στοιχείων εδάφους του βήματος 4.2.2.



Εικόνα 4.15: Μηκοτομή εδάφους

Στην εικόνα 4.14 βλέπουμε την εικόνα του εδάφους στην περιοχή της υφιστάμενης χάραξης. Σε γενικές γραμμές εάν και βλέπουμε ότι το έδαφος είναι ομαλό, με μια πιο κοντινή απεικόνιση παρατηρούνται περιοχές με έντονες διαβαθμίσεις. Καθώς πρόκειται για μια υφιστάμενη σιδηροδρομική γραμμή, το γεγονός αυτό προκαλεί απορία. Ωστόσο καθώς η γραμμή έχει παραμεληθεί στο μεγαλύτερο της τμήμα, στην θέση της γραμμής ενδέχεται να παρεμβάλλονται στοιχεία που να επηρεάζουν τα δεδομένα του εδάφους.

Στη συνέχεια χαράχθηκε η πολυγωνικής της μηκοτομής για την οδό. Κατά την χάραξη καθώς μελετάται υφιστάμενη χάραξη, κύρια επιδίωξη είναι η κατά μήκος κλίση, να έχει μην ξεπερνά την ανώτερη ανεκτή τιμή 2,5%.

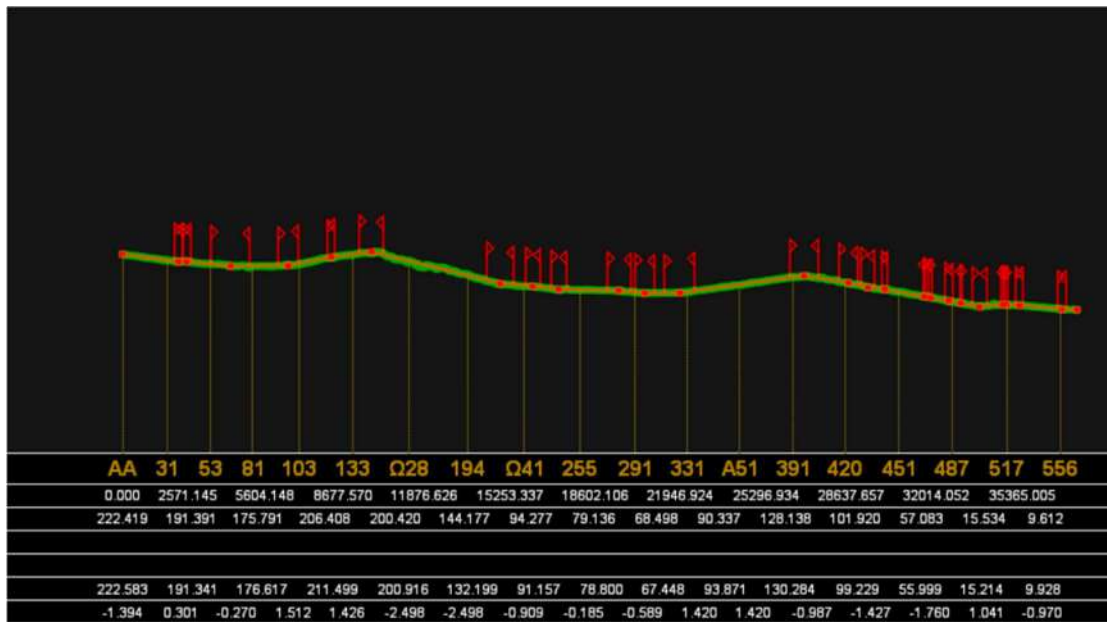
Προσεγγίζοντας όσο το δυνατόν καλύτερα της γραμμής του φυσικού εδάφους, καταλήξαμε στην μηκοτομή της Εικόνας 4.15. Με την εντολή « Νέα Πολυγωνική» δημιουργήθηκε η γραμμή της ερυθράς, με προκαθορισμένες ιδιότητες δρόμου (βλ. Παράρτημα Πίνακα 8.3)

Έλεγχος της κατά μήκος κλίσης μεταξύ των κορυφών της πολυγωνικής :

$$M_1-M_2 : i = 1,4 \% < 2,5 \%$$

$$M_{10}-M_{11} : i = 0,19 \% < 2,5 \%$$

$$M_{14}-M_{15} : i = 1,7 \% < 2,5 \%$$



Εικόνα 4.16 Ερυθρά Γραμμής

Κατά τη διαδρομή της γραμμής, η χάραξη συναντά υφιστάμενα τεχνικά έργα. Κυρίως στο εξεταζόμενο τμήμα, η γραμμή διασταυρώνεται με τμήματα οδού. Σε εκείνα τα σημεία η ερυθρά της μηκοτομής τοποθετείται χαμηλότερα του τεχνικού αγνοώντας τις αιχμές προς τα πάνω. Στις εικόνες 4.17 και 4.18 απεικονίζεται η ερυθρά της μηκοτομής στα σημεία συμβολής με τις οδούς:



Εικόνα 4.17 X.Θ : 31+621 Συμβολή γραμμής με τμήμα οδού

## Κεφάλαιο 4: Τεχνική Περιγραφή



Εικόνα 4.18 Χ.Θ : 34+135 Συμβολή γραμμής με τμήμα οδού

### 4.2.6 Υπολογισμός Διατομών

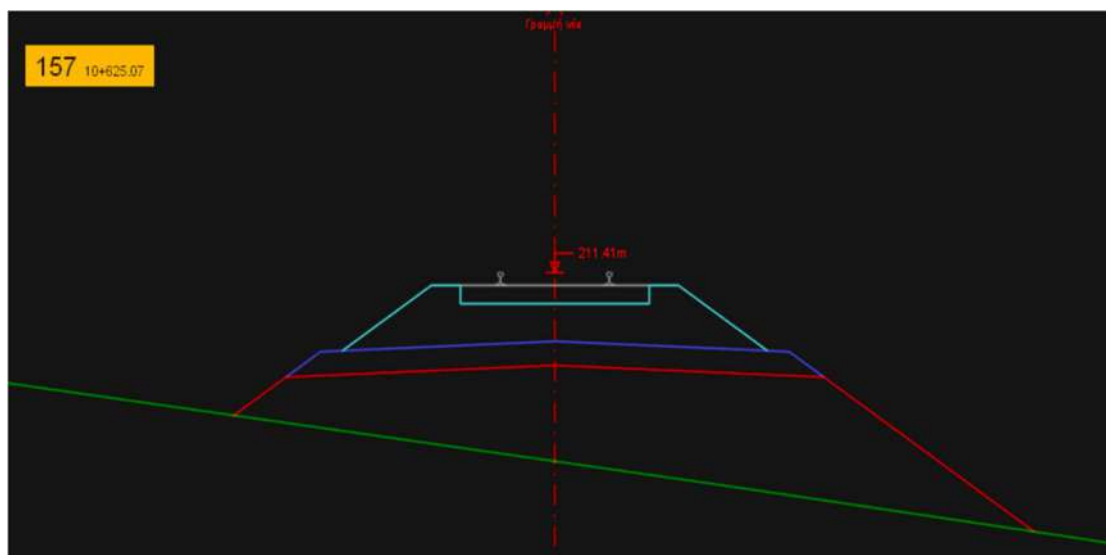
Εφόσον είχε υπολογιστεί η μηκοτομή της γραμμής, προχωρήσαμε στον υπολογισμό διατομών της γραμμής προκειμένου να αποδοθεί η πραγματική εικόνα των χωματουργικών εργασιών που θα προκύψουν κατά την υλοποίηση του έργου. Χρησιμοποιώντας τρεις τυπικές διατομές ,ανάλογα τη χιλιομετρική θέση, έγινε ο υπολογισμός των διατομών για όλο το μήκος της γραμμής.

Συγκεκριμένα οι τυπικές διατομές που χρησιμοποιήθηκαν :

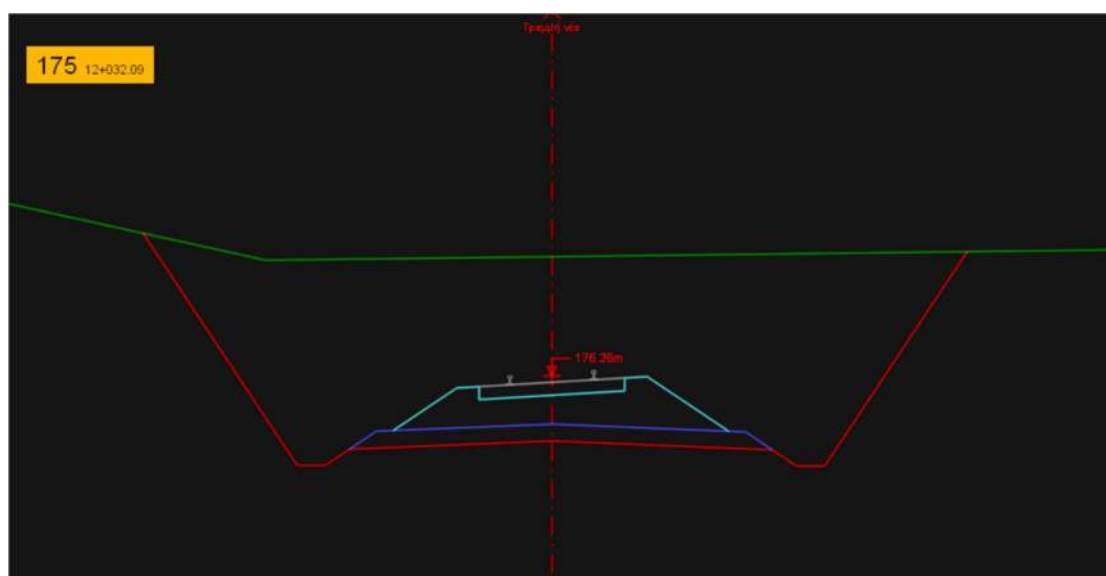
- Ευθυγραμμία
- Αριστερή Στροφή
- Δεξιά Στροφή

Εφαρμόζοντας τις παραπάνω τυπικές διατομές σε συνδυασμό με το διάγραμμα επικλίσεων (διαμορφώθηκε βάσει της υπερύψωσης) στην εκάστοτε περίπτωση, προέκυψαν οι διατομές της οδού. Επιλέχθηκε, σταθερή απόσταση μεταξύ των διατομών τα 50 m και λήψη εδάφους εκατέρωθεν 15 m.

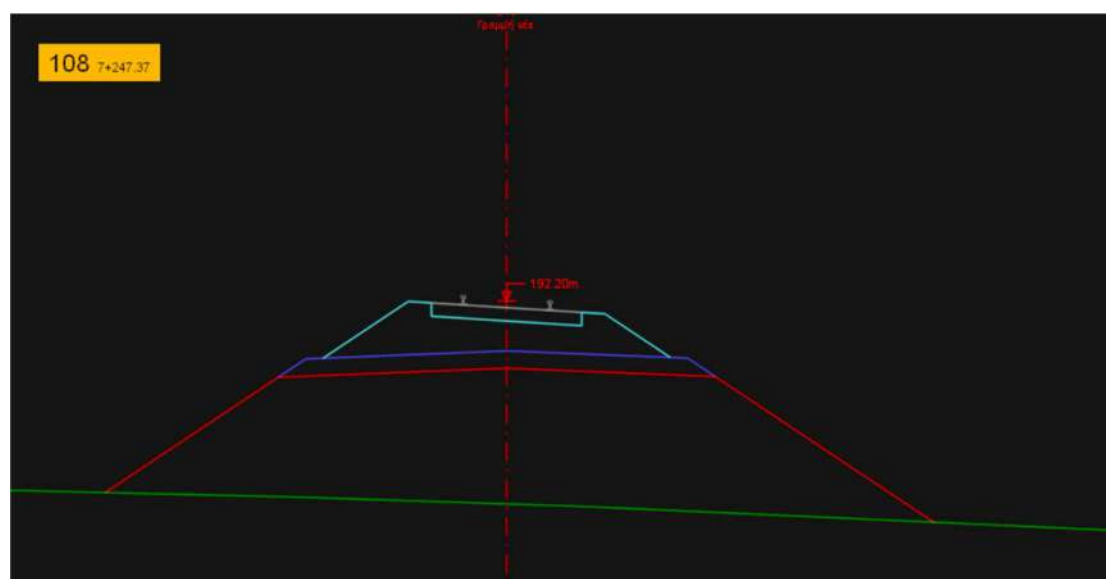
Μέσω των διατομών, στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι απαραίτητες εκσκαφές και επιχώσεις που απαιτούνται για την κατασκευή του σιδηροδρομικού τμήματος και με την βοήθεια τους δημιουργήθηκε ο πίνακα χωματισμών του Κεφαλαίου 5.



Εικόνα 4.19 Διατομή Ευθυγραμμίας



Εικόνα 4.20 Διατομή Αριστερής Στροφής



Εικόνα 4.21 Διατομή Δεξιάς Στροφής



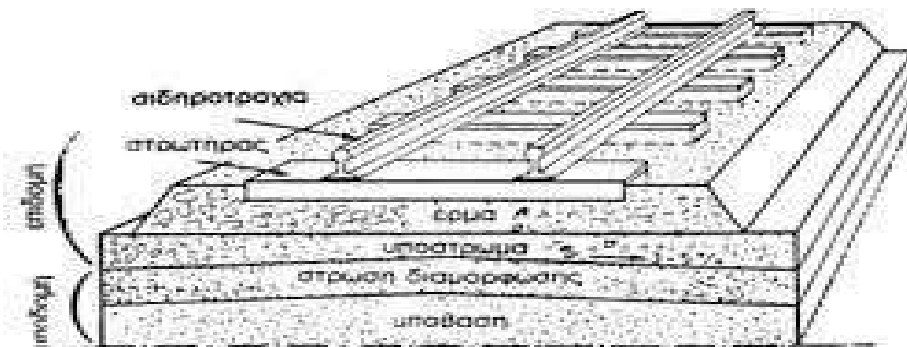
## Κεφάλαιο 5 Προμέτρηση- Προϋπολογισμός Έργου

### 5.1 Γενικά

Όπως κάθε έργο που υπόκειται σε μελέτη, εκτός από την χάραξη του, θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν και οι οικονομικοί παράγοντες που το συνοδεύουν. Στο κεφαλαίο αυτό θα γίνει η αναλυτική προμέτρηση των υλικών και θα υπολογιστεί το κόστος κατασκευής της σιδηροδρομικής γραμμής ανά τρέχον μέτρο.

### 5.2 Συνιστώσες Σιδηροδρομικού Συστήματος

Η σιδηροδρομική υποδομή ορίζεται ως η σιδηροδρομική οδός μεταφοράς καθώς και το σύνολο των τεχνικών έργων και εγκαταστάσεων που εξασφαλίζουν την κυκλοφορία των συρμών. Μια σειρά στοιχείων και υλικών που μεταφέρουν στατικά και δυναμικά φορτία προς το έδαφος έδρασης, απαρτίζουν την σιδηροδρομική γραμμή (Πυργίδης, 2009).



Σχήμα 5.1 Σιδηροδρομική οδός μεταφοράς (Πυργίδης, 2009)

Το άνωθεν τμήμα, το οποίο παραλαμβάνει το δυναμικό φορτίο των τροχών και το διανέμει με ασφάλεια στην υποδομή ονομάζεται επιδομή της σιδηροδρομικής γραμμής. Η επιδομή περιλαμβάνει το έρμα, τους στρωτήρες καθώς και τις σιδηροτροχιές.

**Σιδηροτροχιά :** Η σιδηροτροχιά είναι το ανώτερο τμήμα της επιδομής και υλοποιεί την επιφάνεια κύλισης των τροχών. Κατασκευασμένη από χυτοχάλυβα, έχει μήκος ίσο με το ξεταζόμενο τμήμα Κόκκινα-Βόλος επί δύο.

**Στρωτήρες :** Είναι η επιφάνεια έδρασης των σιδηροτροχιών. Τα τελευταία χρόνια οι Ελληνικοί Σιδηρόδρομοι υιοθέτησαν την χρήση ολόσωμων προεντεταμένων

στρωτήρων από σκυρόδεμα. Με διαστάσεις 2,60 m x 0,3 απαιτείται η τοποθέτηση δύο ανά τρέχον μέτρο.

**Έρμα :** Πρόκειται για ένα στρώμα ικανού πάχους από θραυστά υλικά, το οποίο χαρακτηρίζεται από μεγάλη αντοχή σε θλίψη, κρούση και θραύση. Τα υλικά πρόκειται συνήθως για σκύρα λατομείου με διάμετρο από 30-65mm. Η λειτουργία που επιτελεί έχει ως σκοπό:

- i. Την ασφαλή διανομή και μεταφορά των φορτιών προς την επιφάνεια των χωματουργικών εργασιών
- ii. Να εξασφαλίζει αποστράγγιση και απορροή υδάτων
- iii. Να αποφορά κραδασμούς από την διέλευση του τροχαίου υλικού
- iv. Να εξασφαλίζει την σταθερότητα της γραμμής ως προς τις κατακόρυφες παραμορφώσεις και τις εγκάρσιες μετατοπίσεις.

Το κάτωθεν τμήμα, το οποίο αποτελεί την σταθερή θεμελίωση της γραμμής είναι υποδομή. Πρόκειται για ένα στρώμα εδάφους επάνω στο οποίο εδράζεται η επιδομή. Συνήθως αποτελείται από δύο τμήματα, τη στρώση διαμόρφωσης και την πλατφόρμα.

**Υπόστρωμα:** Πρόκειται για το τμήμα μεταξύ στρώσης διαμόρφωσης και του έρματος. Τα υλικά που επιλέγονται και το πάχος του υποστρώματος σχετίζεται άμεσα τα χαρακτηριστικά της υποδομής, τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε περιοχής καθώς και τις κλιματολογικές συνθήκες της. Συνήθως προτιμώνται άμμος- χαλίκια ευρείας κοκκομετρικής διαβάθμισης ή σκωρίες.

**Γεούφασμα:** Πρόκειται για μία διαπερατή μεμβράνη που αποτελείται από συνθετικό υλικό πολυπροπυλένιο ή ίνες πολυεστέρα (διακρίνονται σε υφαντά και μη). Χρησιμοποιείται για την βελτίωση των συνθηκών αποστράγγισης, διευκολύνει την τοποθέτηση της έδρασης επάνω στην υποδομή και ενισχύει την μηχανική αντίστασή της. Συνήθως συναντάται σε έδαφος όπου η υπόβαση είναι χαμηλής και πολύ χαμηλής ποιότητας.

### **Στρώση Διαμόρφωσης:**

Η στρώση διαμόρφωσης ως η ανώτερη στρώση της υπόβασης τοποθετείται εφόσον το εδαφικό υλικό δεν είναι καλής ποιότητας. Χαρακτηρίζεται από υλικά άριστης ποιότητας με ομοιογένεια. Ως στρώση είναι απαλλαγμένη από συγκεντρώσεις λεπτόκοκκων στοιχείων και πρέπει να έχει μεγαλύτερο βαθμό συμπίκνωσης μεγαλύτερο από την υπόβαση. Το πάχος της κυμαίνεται μεταξύ 20 – 35 cm.

**Υπόβαση – Φυσικό Έδαφος:** Πρόκειται για θραυστό ή φυσικό εδαφικό υλικό . Αποτελεί το αποτέλεσμα της ειδικής κατεργασίας των θραυστών αυτών υλικών (συμπύκνωση, στερεοποίηση) προκειμένου να αποκτήσουν την απαιτούμενη μηχανική αντοχή.

### 5.3 Προμέτρηση Υλικών

Ακολουθούν οι υπολογισμοί για τα επί μέρους υλικά της γραμμής, όπως αυτοί προέκυψαν από το περιβάλλον του Anadelta, με τη βοήθεια των διατομών που υπολογίστηκαν στην παράγραφο 4.2.6. Οι υπολογισμοί αυτοί είναι απαραίτητοι για τον προγραμματισμό των εργασιών, την προμήθεια των υλικών και τη διασφάλιση της ομαλής εξέλιξης του έργου.

Σε κάθε διατομή υπολογίζονται :

*Ο όγκος των εκσκαφών και των επιχωμάτων*

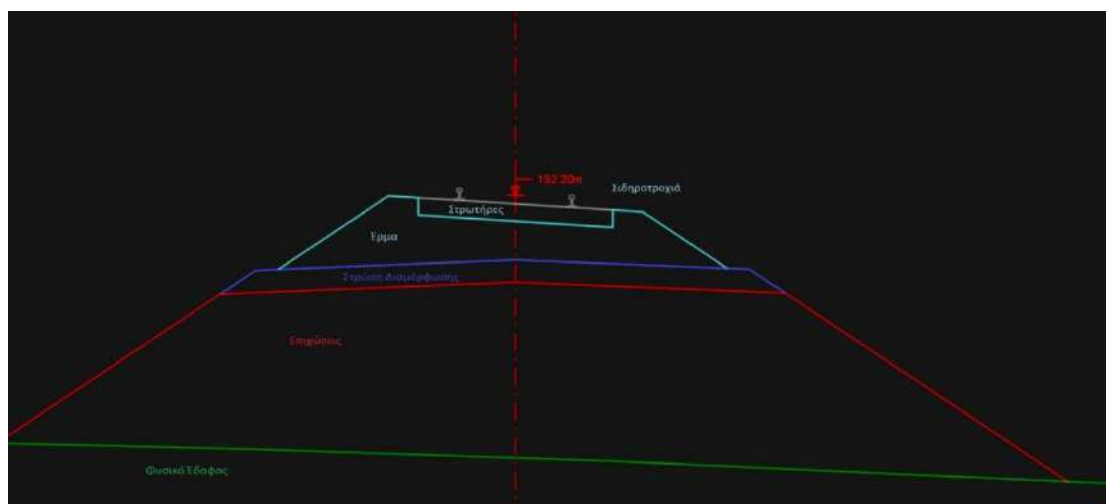
Σε κάθε διατομή του έργου, υπολογίζονται ο όγκος των υλικών που θα αφαιρεθούν από το έδαφος (εκσκαφές) προκειμένου να δημιουργηθεί η επιθυμητή επιφάνεια καθώς και ο όγκος των υλικών που θα τοποθετηθούν σε αυτό (επιχώσεις) ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή στάθμη και μορφή της διατομής.

*Ο όγκος της στρώσης διαμόρφωσης από σκύρα*

Θα πρέπει να καθοριστεί η απαίτηση σε θραυστά υλικά για την δημιουργία μιας σταθερής βάσης όπου θα εδραστεί η επιδομή. Ο όγκος των σκύρων υπολογίζεται βάσει του απαιτούμενου πάχους της στρώσης και της επιφάνειας της διατομής.

*Αριθμός στρωτήρων*

Τέλος σε κάθε διατομή υπολογίζεται ο απαιτούμενος αριθμός στρωτήρων, δεδομένου ότι έχει οριστεί σταθερή απόσταση μεταξύ τους (βλ. Κεφάλαιο 5.2)



Εικόνα 5.1 Επί μέρους στοιχεία της διατομής

## Κεφάλαιο 5: Προμέτρηση- Προϋπολογισμός Έργου

Γενικά Στοιχεία	Επιχώσεις (m <sup>3</sup> )	Εκσκαφές (m <sup>3</sup> )	Έρμα (m <sup>3</sup> )	Στρώση Διαμόρφωσης (m <sup>3</sup> )	Στρωτήρες (τμχ)
Σύνολο	224000	605000	112000	79000	75038

Πίνακας 5.1 Πίνακας Χωματισμών Έργου

Στον πίνακα 5.1 βλέπουμε το αποτέλεσμα υπολογισμών των διατομών. Το αποτέλεσμα αυτό από το περιβάλλον του Anadelta αποτέλεσε τον οδηγό για την κοστολόγηση των εργασιών που απαιτούνται στα πλαίσια αναβάθμισης της γραμμής

### 5.4 Προϋπολογισμός Έργου

Από την προμέτρηση προέκυψαν οι υπολογισμοί των απαιτούμενων ποσοτήτων για τα υλικά που θα πλαισιώσουν την κατασκευή του εξεταζόμενου έργου. Οι υπολογισμοί έχουν γίνει το συνολικό μήκος της διαδρομής. Χρησιμοποιώντας τον πρότυπο προϋπολογισμό έργου του ΟΣΕ και ανάγοντας τις εργασίες που περιγράφονται σε αυτόν, στα πλαίσια του έργου, προέκυψε ο τελικός προϋπολογισμός. Παρακάτω παρατίθεται ο Προϋπολογισμός του κόστους του τμήματος Κόκκινα-Βόλος.

#### ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΟΚΚΙΝΑ-ΒΟΛΟΣ

Α/Α	ΑΡ. ΤΙΜ.	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΜΟΝ.	ΚΩΔ. ΑΝΑΘ.	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (ΜΕΛΕΤΗΣ)	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ (ΕΥΡΩ)	ΔΑΠΑΝΗ	
							ΜΕΡΙΚΗ	ΟΛΙΚΗ
<b>1η ΟΜΑΔΑ</b>		<b>ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ</b>						
1	A-2	Εκσκαφή σε έδαφος σε εδαφος γαιώδες - ημιβραχώδες	μ3	ΟΔΟ 1123Α	605000	2,30	1.391.500,00	
2	NA 3	Προμήθεια επί τόπου του έργου, θραυστών επιλεκτικών υλικών λατομείου (3Α) για την κατασκευή σιδηροδρομικών επιχωμάτων	μ3	ΟΔΟ 1510	112000	20,00	2.240.000,00	
3	A-20	Κατασκευή επιχωμάτων	μ3	ΟΔΟ 1530	224.000	0,55	123.200,00	
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΟΜΑΔΑΣ</b>								<b>2.363.200,00</b>
<b>5η ΟΜΑΔΑ</b>		<b>ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ</b>						
4	NA 17	Προσκυρόστρωση μονής γραμμής κανονικού εύρους με σκόρα D12x12 μετά της προμήθειας και μεταφοράς των σκύρων	μ3	NATEO 1530	51.350,00	32,00	1.643.200,00	
5	NA 18	Προσκυρόστρωση μονής γραμμής κανονικού εύρους με σκόρα D12x8 μετά της προμήθειας και μεταφοράς των σκύρων	μ3	NATEO 1530	27.650,00	24,00	663.600,00	
6	NA 23	Υπογώμηση, οριζοντιογραφική και υμετρομετρική τακτοποίηση γραμμής κανονικού εύρους, με χρήση βαρέων μηχανημάτων γραμμής	μμ	NATEO 2312 10% NATEO 1510 90%	37.520,00	20,00	750.400,00	
7	NA 25	Στρώση σιδηρής γραμμής κανονικού εύρους με σιδηροτροχές UIC54 και ολόσωμους στρωτήρες B70 σε επιδομή με έρμα	μμ	ΟΔΟ 2806.3.4	37.520,00	450,00	16.884.000,00	
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΟΜΑΔΑΣ</b>								<b>19.941.200,00</b>
<b>ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ :</b>								<b>22.304.400,00</b>
ΠΡΟΣΤΙΘΕΝΤΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΕΞΟΔΑ ΚΑΙ ΟΦΕΛΟΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ 18%								4.014.792,00
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΔΑΠΑΝΩΝ :</b>								<b>26.319.192,00</b>
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 9%								2.368.727,08
<b>ΔΑΠΑΝΗ ΕΡΓΟΥ :</b>								<b>28.687.919,08</b>

Εικόνα 5.2: Προϋπολογισμός έργου

Από τον πίνακα προκύπτει ότι για την αναβάθμιση του άξονα Κόκκινα-Βόλος θα απαιτηθεί κόστος κατασκευής ίσο με 28.687.919,08 €, που συμπεριλαμβάνει το σύνολο των εργασιών και υλικών.



## Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία αναλύθηκε η υφιστάμενη σιδηροδρομική γραμμή Κοκκίνα - Βόλος, που αποτελεί το β' μέρος της διαδρομής Βόλος – Παλαιοφάρσαλα. Αναφέρθηκαν ιστορικά στοιχεία της γραμμής και έγινε αναφορά στο μεταφορικό έργο που αυτή επιτελούσε κατά το διάστημα λειτουργίας της.

Έγινε η προσέγγιση του μορφολογικού υπόβαθρου με την βοήθεια του λογισμικού Plex Earth, και στη συνέχεια τα δεδομένα αυτά εισήχθησαν στο περιβάλλον του προγράμματος Anadelta Tessera, όπου έγινε η προσεγγιστική χάραξη της αρχικής γραμμής. Έχοντας ως οδηγό τους κανονισμούς του ΕΛΟΤ και Ν.Κ.Γ.Ε, η χάραξη αναπροσαρμόστηκε, διαπλατύνθηκε από μετρικό σε κανονικό εύρος και βελτιώθηκε η χάραξη της αρχικής μελέτης.

Έγινε η αναλυτική προμέτρηση των υλικών, που θα απαιτηθούν και στη συνέχεια ο προϋπολογισμός του κόστους αναβάθμισής της, χρησιμοποιώντας τον πρότυπο προϋπολογισμό έργου του ΟΣΕ. Σε συνδυασμό με το μέρος α' της διαδρομής, όπως αυτό υπολογίστηκε σε άλλη εργασία, το συνολικό κόστος κατασκευής της γραμμής Παλαιοφάρσαλα-Βόλος ανέρχεται σε 87.000.000 €.

Η διακοπή της σιδηροδρομικής σύνδεσης, έχει επιφέρει την μείωση του επιβατικού κοινού μεταξύ των δύο περιοχών. Ταυτόχρονα τα μειωμένα δρομολόγια των λεωφορειακών γραμμών δυσχεραίνουν την μετακίνηση των πολιτών από τους Νομούς Καρδίτσας και Τρικάλων προς το Νομό Μαγνησίας.

Όλα τα δεδομένα που αντλήθηκαν ήταν προσεγγιστικά. Κατά συνέπεια η ανάλυση που διεξήχθη στην παρούσα εργασία δεν αποτελεί μια ολοκληρωμένη μελέτη του αντικειμένου. Μπορεί όμως, να αποτελέσει το εναρκτήριο βήμα για την επανεξέταση της αρχικής χάραξης με σκοπό την επαναλειτουργία της γραμμής.

Η σιδηροδρομική αυτή γραμμή αποτέλεσε κατά το παρελθόν σημαντικό παράγοντα εξέλιξης της τοπικής κοινωνίας. Η βελτιστοποίησή της σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς και η επαναλειτουργία της ως μέρος του εθνικού άξονα θεωρείται σκόπιμο τουλάχιστον να επανεκτιμηθεί.

## Κεφάλαιο 7 Βιβλιογραφία

- [1] Γιαννούλιας Παναγιώτης, Η άγνωστη ιστορία των Σιδηροδρόμων Θεσσαλίας, 2022
- [2] ΕΛΟΤ, Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή - Χάραξη Σιδηροδρομικής Γραμμής, ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-07-01-01-10:2009, Αθήνα, 2009.
- [3] Ηλιού, Ν.Ε., και Γ.Δ. Καλιαμπέτσος, Αξιολόγηση καμπυλών συναρμογής για χρήση στην Οδοποιία και στη Σιδηροδρομική, 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Βόλος, 2005.
- [4] Ηλιού, Ν.Ε., και Γ.Δ. Καλιαμπέτσος, Η χρήση της ωειδούς καμπύλης στις σιδηροδρομικές χαράξεις, 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Αθήνα, 2012.
- [5] Καλιαμπέτσος Γ.Δ. , Ανάπτυξη και βελτιστοποίηση αλγορίθμων για τον σχεδιασμό συγκοινωνιακών έργων
- [6] Κρανιάς Γ., Το τρένο της Καλαμπάκας»: Ιστορικό και προοπτικές, 2017
- [7] Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδος Γενική Διεύθυνση Υποδομής Διεύθυνση Γραμμής 'Νέος Κανονισμός Επιδομής Γραμμής' Νέο κωδικοποιημένο κείμενο με τροποποιήσεις – συμπληρώσεις της υπ' αριθμό. 2467/9.2.2000 Απόφασης του ΔΣ/ΟΣΕ
- [8] ΟΣΕ (χ.χ) Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδος, Ανάκτηση από <https://ose.gr/>
- [9] Πυργίδης, Χ., Σύστημα σιδηροδρομικών μεταφορών: υποδομή-τροχαίο υλικό-εκμετάλλευση. Θεσσαλονίκη: εκδόσεις Ζήτη, 2009
- [10] ΡΑΣ (χ.χ) Ρυθμιστική Αρχή Σιδηροδρόμων, Ανάκτηση από <https://ras-el.gr/>

## Κεφάλαιο 8 Παράρτημα

Πίνακας 8.1: Στοιχεία Κορυφών Πολυγωνικής Α΄

	Χ.Θ. (m)	Χ Κορυφής (m)	Υ Κορυφής (m)	Απόσταση από προηγούμενη κορυφή (m)	Γωνία ως προς προηγούμενο τμήμα (°)	Παράμετρος κλωθοσείδους	Μήκος κλωθοσείδους (m)	Εκτροπή (m)	Ακτίνα κύκλου (m)	Παράμετρος κλωθοσείδους	Μήκος κλωθοσείδους (m)	Εκτροπή (m)
K1	0.000	387621.713	4354379.698									
K2	719.610	388293.139	4354118.375	720.487		150.000	50.000	0.231	450.000	150.000	50.000	0.231
K3	1504.055	389078.413	4354104.456	785.397	20.251	280.000	52.267	0.076	1500.000	280.000	52.267	0.076
K4	1737.983	389312.276	4354124.827	234.748	5.994	140.000	43.556	0.176	450.000	140.000	43.556	0.176
K5	2062.944	389632.391	4354043.524	330.279	-19.229	100.000	28.571	0.097	350.000	100.000	28.571	0.097
K6	2488.681	390046.870	4354228.026	453.689	38.247	120.000	29.388	0.073	490.000	120.000	29.388	0.073
K7	3071.700	390560.424	4353884.174	618.038	-57.800	100.000	40.000	0.267	250.000	100.000	40.000	0.267
K8	3334.706	390812.970	4353993.324	275.125	57.178	100.000	33.333	0.154	300.000	100.000	33.333	0.154
K9	3978.829	391459.078	4354043.781	648.075	-18.909	100.000	38.462	0.237	260.000	100.000	38.462	0.237
K10	4499.533	391903.746	4353745.421	535.488	-38.326	100.000	38.462	0.237	260.000	100.000	38.462	0.237
K11	5371.314	392722.663	4354078.710	884.142	56.006	100.000	43.478	0.342	230.000	100.000	43.478	0.342
K12	5675.438	393027.622	4354055.158	305.867	-26.562	100.000	35.714	0.190	280.000	100.000	35.714	0.190
K13	6380.895	393701.874	4354267.122	706.785	21.868	100.000	35.714	0.190	280.000	100.000	35.714	0.190
K14	6726.071	393980.569	4354490.343	357.069	21.241	100.000	50.000	0.521	200.000	100.000	50.000	0.521
K15	7017.638	394270.400	4354375.138	311.888	-60.370	100.000	52.632	0.607	190.000	100.000	52.632	0.607
K16	7305.851	394517.402	4354551.461	303.480	57.199	100.000	55.556	0.714	180.000	100.000	55.556	0.714
K17	7729.471	395151.649	4354371.290	659.342	-51.380	100.000	50.505	0.536	198.000	100.000	50.505	0.536
K18	8133.406	394858.246	4354936.402	636.739	133.296	100.000	50.000	0.521	200.000	106.350	56.552	0.666
K19	8381.340	394918.697	4355198.486	268.966	-40.426	106.350	56.552	0.666	200.000	100.000	50.000	0.521
K20	8874.556	394490.162	4355483.083	514.429	69.400	100.000	50.000	0.521	200.000	100.450	50.451	0.530
K21	9174.575	394392.201	4355843.660	373.647	-41.212	98.880	48.886	0.498	200.000	106.500	56.711	0.670
K22	9511.014	394022.347	4355652.037	416.547	102.190	105.600	55.757	0.647	200.000	100.000	50.000	0.521
K23	10062.830	393522.694	4355947.753	580.603	-58.008	100.000	66.667	1.232	150.000	100.000	66.667	1.232
K24	10462.612	393644.325	4356348.340	418.646	-76.271	200.000	33.333	0.039	1200.000	200.000	33.333	0.039
K25	10723.217	393700.882	4356603.082	260.945	4.372	100.000	25.000	0.065	400.000	127.350	40.545	0.171
K26	10954.132	393818.508	4356828.834	254.558	-15.004	127.350	108.120	3.232	150.000	71.100	33.701	0.315
K27	11161.099	393629.519	4356968.875	235.220	80.983	71.100	33.701	0.315	150.000	73.070	35.595	0.352
K28	11378.499	393614.431	4357221.559	253.134	-50.045	73.060	35.585	0.352	150.000	100.000	66.667	1.232
K29	11773.366	393130.673	4357205.127	484.037	88.528	100.000	66.667	1.232	150.000	100.000	66.667	1.232
K30	12155.052	393235.616	4357682.276	488.553	-104.349	100.000	58.824	0.847	170.000	78.200	35.972	0.317
K31	12405.218	392934.858	4357711.146	302.141	96.921	78.150	29.083	0.168	210.000	100.000	47.619	0.450
K32	12758.486	392661.163	4357988.926	389.962	-39.941	100.000	51.282	0.562	195.000	100.800	52.106	0.580
K33	12982.479	392825.622	4358187.235	257.629	-84.245	100.800	25.402	0.067	400.000	100.000	25.000	0.065
K34	13294.778	392974.915	4358471.962	321.493	12.000	100.000	38.462	0.237	260.000	100.000	38.462	0.237
K35	13612.556	392834.606	4358779.736	338.248	52.177	100.000	47.619	0.450	210.000	100.000	47.619	0.450
K36	14006.949	392379.837	4358824.799	456.996	59.834	100.000	51.282	0.562	195.000	100.000	51.282	0.562
K37	14399.008	392461.281	4359269.621	452.217	-94.717	100.000	50.000	0.521	200.000	100.000	50.000	0.521
K38	14803.141	392160.554	4359561.371	418.992	56.244	100.000	38.462	0.237	260.000	100.000	38.462	0.237
K39	15069.387	392158.606	4359834.979	273.615	-45.460	100.000	40.000	0.267	250.000	100.000	40.000	0.267
K40	15656.131	391866.696	4360346.328	588.803	29.312	100.000	37.037	0.212	270.000	109.980	44.799	0.310

Πίνακας 8.2: Στοιχεία Κορυφών Πολυγωνικής Β'

	Χ.Θ. (m)	Χ Κορυφής (m)	Υ Κορυφής (m)	Απόσταση από προηγούμενη κορυφή (m)	Γωνία ως προς προηγούμενο τμήμα (°)	Παράμετρος κλωθοσάουδου	Μήκος κλωθοσάουδου (m)	Εκτροπή (m)	Ακτίνα κύκλου (m)	Παράμετρος κλωθοσάουδου	Μήκος κλωθοσάουδου (m)	Εκτροπή (m)
K35	13612.556	392834.606	4358779.736	338.248	52.177	100.000	47.619	0.450	210.000	100.000	47.619	0.450
K36	14006.949	392379.837	4358824.799	456.996	59.834	100.000	51.282	0.562	195.000	100.000	51.282	0.562
K37	14399.008	392461.281	4359269.621	452.217	-94.717	100.000	50.000	0.521	200.000	100.000	50.000	0.521
K38	14803.141	392160.554	4359561.371	418.992	56.244	100.000	38.462	0.237	260.000	100.000	38.462	0.237
K39	15069.387	392158.606	4359834.979	273.615	-45.460	100.000	40.000	0.267	250.000	100.000	40.000	0.267
K40	15656.131	391866.696	4360346.328	588.803	29.312	100.000	37.037	0.212	270.000	109.980	44.799	0.310
K41	15812.743	391841.150	4360502.718	158.463	-20.443	109.980	44.799	0.310	270.000	100.000	37.037	0.212
K42	16781.110	391250.103	4361301.776	993.896	27.212							
K43	17361.841	391444.602	4361536.099	304.527	-76.184							
K44	17437.041	391831.489	4361387.074	414.597	-71.372	200.000	40.000	0.067	1000.000	200.000	40.000	0.067
K45	18400.277	392687.506	4360943.771	963.993	-6.312	150.000	45.000	0.169	500.000	150.000	45.000	0.169
K46	19317.353	393338.041	4360280.418	929.103	-18.181	300.000	100.000	0.463	900.000	300.000	100.000	0.463
K47	21229.149	395243.151	4360017.808	1923.125	37.710	0.000	0.000	0.000	5000.000	0.000	0.000	0.000
K48	22336.993	396339.722	4359860.025	1107.864	-0.339	200.000	26.667	0.020	1500.000	200.000	26.667	0.020
K49	23006.171	396994.207	4359719.925	669.311	-3.895	150.000	32.143	0.061	700.000	150.000	32.143	0.061
K50	23644.915	397632.195	4359684.227	638.986	8.880	300.000	60.000	0.100	1500.000	300.000	60.000	0.100
K51	24446.593	398421.676	4359539.524	802.632	-7.184	300.000	90.000	0.337	1000.000	300.000	90.000	0.337
K52	25023.944	398958.289	4359282.674	594.917	-15.192	130.000	39.302	0.150	430.000	130.000	39.302	0.150
K53	25404.064	399307.206	4359473.145	397.520	54.208	150.000	37.500	0.098	600.000	150.000	37.500	0.098
K54	25958.070	399850.543	4359586.163	554.967	-16.879	200.000	40.000	0.067	1000.000	200.000	40.000	0.067
K55	26453.203	400309.482	4359778.702	497.690	11.009	120.000	36.000	0.135	400.000	120.000	36.000	0.135
K56	26924.385	400804.411	4359724.476	497.891	-29.012	100.000	30.303	0.116	330.000	100.000	30.303	0.116
K57	27265.996	400916.582	4359371.540	370.332	-66.116							
K58	27825.245	401129.906	4359253.872	243.625	43.488							
K59	27981.119	401582.708	4359499.148	514.966	57.325	110.000	40.333	0.226	300.000	110.000	40.333	0.226
K60	28637.657	402211.766	4359177.804	706.383	-55.503	100.000	52.632	0.607	190.000	100.000	52.632	0.607
K61	29041.088	402027.203	4358771.702	446.074	-87.381	100.000	45.455	0.391	220.000	76.500	26.601	0.134
K62	29255.268	401812.759	4358698.842	226.483	-46.794	76.500	26.601	0.134	220.000	100.000	45.455	0.391
K63	29705.075	401643.043	4358255.346	474.861	50.294							
K64	30386.572	401899.698	4358023.386	345.944	68.834							
K65	30350.325	402144.088	4358362.322	417.856	96.313	130.000	42.250	0.186	400.000	130.000	42.250	0.186
K66	30961.316	402681.533	4358656.764	612.816	-25.490	150.000	20.455	0.016	1100.000	150.000	20.455	0.016
K67	31568.158	403261.047	4358846.938	609.919	-10.548	100.000	43.478	0.342	230.000	100.000	43.478	0.342
K68	32889.050	404518.085	4358419.539	1327.710	-36.946	110.000	44.815	0.310	270.000	110.000	44.815	0.310
K69	33234.228	404857.730	4358549.191	363.550	39.672	110.000	48.400	0.390	250.000	110.000	48.400	0.390
K70	33831.933	405384.918	4358106.382	688.482	-60.922	110.000	62.051	0.822	195.000	110.000	62.051	0.822
K71	34254.334	405610.126	4358588.247	531.896	104.979	100.000	50.000	0.521	200.000	100.000	50.000	0.521
K72	34815.296	406173.722	4358400.398	594.078	-83.384	300.000	60.000	0.100	1500.000	300.000	60.000	0.100
K73	36763.803	408090.699	4357954.017	1968.262	5.325	130.000	43.333	0.201	390.000	130.000	43.333	0.201
K74	37519.791	408332.116	4357216.854	775.688	-58.758							

Πίνακας 8-3: Ιδιότητες Σιδηροδρόμου

Ιδιότητες Δρόμου

Γενικά Bruckner

Περιγραφή δρόμου

Αρχική ακτίνα κορυφών πολυγωνικής  
10000.000

Χιλιομετρική θέση αρχής 0.000	Ύψος οφθαλμών 1.000
Πλάτος κυκλοφορίας αριστερά 0.500	Πλάτος κυκλοφορίας δεξιά 0.500
Ταχύτητα μελέτης (km/h) 60.000	Ταχύτητα V85 (km/h) 60.000

Τύπος

Δρόμος

Σιδηροδρομική Γραμμή

Κλίσεις επί "τοισ χιλίσις"

Εντόξει Ακύρωση

Πίνακας 8-4: Προδιαγραφές Σιδηρόδρομου

Προδιαγραφές Δρόμου "Γραμμή νέα" ✕

Γενικά Πλάτη Κλίσεις Διάγραμμα Πύκνωση Λήψη Εδάφους Κορυφή Ανάλυση Κλίσεων

Περιγραφή

Χιλιομετρική θέση αρχής  Ταχύτητα μελέτης (km/h)

Συντ. πλευρικής τριβής  Προσαύξ. ορατότητας

Επιτρεπ. Ταχύτητα (km/h)

Κατεύθυνσεις

Μονής κατεύθυνσης

Διπλής κατεύθυνσης

Φορά Κίνησης

Κατά τη Χ.Θ.

Αντίθετα από τη Χ.Θ.

Κατηγορία οδού

Ομάδας Α - Διαχωρισμένες επιφ. κυκλοφ.

Ομάδας Α - Ενιαίες επιφ. κυκλοφ.

Ομάδας ΒΙ

Ομάδας ΒΙΙ

Ομάδας ΒΙΙΙ

Τύπος οχήματος

Επιβατηγό όχημα 4m

Φορτηγό (βαρύ όχημα) 8m

Ημιρυμουλκούμενο (επικαθήμενο) 10m

Λεωφορείο 1 (τυπικό λεωφορείο) 8.5m

Λεωφορείο 2 (αρθρωτό λεωφορείο) 9m

Λεωφορείο 3 (τύπου megaliner) 11.7m

Μήκος οχήματος (m)

Πλευρά οδήγησης

Δεξιά

Αριστερά

Τύπος

Δρόμος

Σιδηροδρομική Γραμμή

Μορφολογία εδάφους

Πεδινό

Λοφώδες / Ορεινό

Πίνακας 8-5: Υπολογισμός υπερύψωσης και ελάχιστου μήκους συναρμογής για κάθε κορυφή της πολυγωνικής Α΄

	A	B	E	F
1	ΟΝΟΜΑ ΚΟΡΥΦΗΣ	ΑΚΤΙΝΑ ΚΥΚΛΙΚΟΥ ΤΟΞΟΥ R(m)	ΥΠΕΡΥΨΩΣΕΙΣ ΣΤΡΟΓΓΥΛΟΠΟΙΗΣΗ h (mm)	ΜΗΚΟΣ ΤΟΞΟΥ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ Lελ (m)
2	K1	300	80	32,28
3	K2	450	53	21,52
4	K3	1500	16	6,46
5	K4	450	53	21,52
6	K5	350	69	27,67
7	K6	490	49	19,76
8	K7	250	96	38,73
9	K8	300	80	32,28
10	K9	260	92	37,24
11	K10	260	92	37,24
12	K11	230	104	42,10
13	K12	280	86	34,58
14	K13	280	86	34,58
15	K14	200	120	48,42
16	K15	190	126	50,96
17	K16	180	133	53,80
18	K17	198	121	48,91
19	K18	200	120	48,42
20	K19	200	120	48,42
21	K20	190	126	50,96
22	K21	197	122	49,15
23	K22	200	120	48,42
24	K23	150	160	64,56
25	K24	1200	20	8,07
26	K25	400	60	24,21
27	K26	150	160	64,56

Πίνακας 8-6: Υπολογισμός υπερύψωσης και ελάχιστου μήκους συναρμογής για κάθε κορυφή της πολυγωνικής Β'

	A	B	E	F
28	K27	150	160	64,56
29	K28	150	160	64,56
30	K29	150	160	64,56
31	K30	170	141	56,96
32	K31	210	114	46,11
33	K32	195	123	49,66
34	K33	400	60	24,21
35	K34	260	92	37,24
36	K35	210	114	46,11
37	K36	195	123	49,66
38	K37	200	120	48,42
39	K38	260	92	37,24
40	K39	250	96	38,73
41	K40	270	89	35,86
42	K41	270	89	35,86
43	K42	202,036971	119	47,93
44	K43	202,036971	119	47,93
45	K44	1000	24	9,68
46	K45	500	48	19,37
47	K46	900	27	10,76
48	K47	6000	4	1,61
49	K48	1500	16	6,46
50	K49	700	34	13,83
51	K50	1500	16	6,46
52	K51	1000	24	9,68
53	K52	430	56	22,52
54	K53	600	40	16,14

Πίνακας 8-7: Υπολογισμός υπερύψωσης και ελάχιστου μήκους συναρμογής για κάθε κορυφή της πολυγωνικής Γ'

	A	B	E	F
55	K54	1000	24	9,68
56	K55	400	60	24,21
57	K56	310	77	31,24
58	K57	217	111	44,62
59	K58	285	84	33,98
60	K59	300	80	32,28
61	K60	190	126	50,96
62	K61	220	109	44,02
63	K62	220	109	44,02
64	K63	218	110	44,42
65	K64	168	143	57,57
66	K65	170	141	56,96
67	K66	400	60	24,21
68	K67	1100	22	8,80
69	K68	230	104	42,10
70	K69	270	89	35,86
71	K70	250	96	38,73
72	K71	195	123	49,66
73	K72	200	120	48,42
74	K73	1500	16	6,46
75	K74	390	62	24,83
76	K75	300	80	32,28
77				

Πίνακας 8-8: Προϋπολογισμός Έργου

<b>ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>								
ΕΡΓΟ: ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΙΑΡΟΛΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΟΚΚΙΝΑ-ΒΟΛΟΣ								
A / A	ΑΡ. ΤΙΜ.	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΜΟΝ.	ΚΩΔ. ΑΝΑΘ.	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (ΜΕΤΡΗΣ)	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ (ΕΥΡΩ)	ΔΑΠΑΝΗ ΜΕΡΙΚΗ	ΔΑΠΑΝΗ ΟΛΙΚΗ
<b>1η ΟΜΑΔΑ</b>								
<b>ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ</b>								
1	A-2	Επισκευή σε έδαφος σε έδαφος γκαζιάς - τσιμεντοστρώδες	μ3	ΟΔΟ 1123Α	605000	2,30	1.381.500,00	
2	NA 3	Προμήθεια επί τόπου του έργου, θραυστών επικετακτων υακων καταμίλου (3α) για την κατασκευή οδωροδρομικων επιχωμάτων	μ3	ΟΔΟ 1510	112000	20,00	2.240.000,00	
3	A-20	Κατασκευή επιχωμάτων	μ3	ΟΔΟ 1530	224.000	0,55	123.200,00	
							<b>2.363.200,00</b>	
<b>2η ΟΜΑΔΑ</b>								
<b>ΣΙΑΡΟΛΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ</b>								
4	NA 17	Προσυναρμολόγηση μηχανής γραμμής κοπνοκοιτού ελαστικού με σκίνα Dna12 μετά της προμήθεσ και μεταφοράς των σκίλων	μ3	NATEO 1530	51.350,00	32,00	1.643.200,00	
5	NA 18	Προσυναρμολόγηση μηχανής γραμμής κοπνοκοιτού ελαστικού με σκίνα Dna8 μετά της προμήθεσ και μεταφοράς των σκίλων	μ3	NATEO 1530	27.690,00	24,00	663.600,00	
6	NA 23	Υποστήριξη, οφκονομικη και υποστηρικη τοποθιορηση γραμμής κοπνοκοιτού ελαστικού με χερση βελόνη μηχανοκίνητων γραμμής	μμ	NATEO 2312 10%	37.520,00	20,00	750.400,00	
7	NA 25	Σιρόπη σκάκις γραμμής κοπνοκοιτού ελαστικού με οδωροτομική UIC54 και αλλοιωτικός σιρόπης Β70 σε επιβολή με έρμη	μμ	ΟΔΟ 2806.3.4	37.520,00	450,00	16.884.000,00	
							<b>19.941.200,00</b>	
<b>ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ :</b>								
							<b>22.304.400,00</b>	
<b>ΠΡΟΣΤΙΘΕΝΤΑ ΓΕΝΙΚΑ ΕΞΟΔΑ ΚΑΙ ΟΦΕΛΟΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ 18%</b>								
							<b>4.014.792,00</b>	
<b>ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΔΑΠΑΝΩΝ :</b>								
							<b>26.319.192,00</b>	
<b>ΔΙΠΛΩΔΕΙΤΑ 9%</b>								
							<b>2.368.727,08</b>	
<b>ΔΑΠΑΝΗ ΕΡΓΟΥ :</b>								
							<b>28.687.919,08</b>	



Πίνακας 8-9: Πίνακας Χωματισμών

541	36065.005	50.00	50.00	0.00	690.00	50.00	142.00	104.00
542	36115.005	50.00	50.00	0.00	958.00	50.00	142.00	104.00
543	36165.005	50.00	50.00	0.00	1097.00	50.00	142.00	104.00
544	36215.005	50.00	50.00	0.00	1085.50	50.00	142.00	104.00
545	36265.005	50.00	50.00	0.00	1148.50	50.00	142.00	104.00
546	36315.005	50.00	50.00	0.00	1071.50	50.00	142.00	104.00
547	36365.005	50.00	50.00	0.00	1423.50	50.00	142.00	104.00
548	36415.005	50.00	50.00	0.00	990.50	50.00	142.00	104.00
549	36465.005	50.00	50.00	0.00	1070.50	50.00	142.00	104.00
550	36515.005	27.15	38.58	0.00	728.30	38.58	109.55	80.24
A73	36542.159	43.33	35.24	0.00	666.39	35.24	100.08	73.30
Ω73	36585.492	50.00	46.66	0.00	1185.29	46.66	147.93	99.40
551	36635.492	50.00	50.00	0.00	1225.50	50.00	158.50	106.50
552	36685.492	50.00	50.00	0.00	1327.50	50.00	158.50	106.50
553	36735.492	28.31	39.16	0.00	850.06	39.16	124.12	83.40
Δ73	36763.803	28.31	28.31	0.00	568.46	28.31	89.74	60.30
554	36792.115	50.00	39.16	0.00	834.00	39.16	124.12	83.40
555	36842.115	50.00	50.00	0.00	1231.00	50.00	158.50	106.50
556	36892.115	50.00	50.00	0.00	563.00	50.00	158.50	106.50
Ω73	36942.115	43.33	46.66	0.00	541.78	46.66	147.93	99.40
A73	36985.448	50.00	46.66	0.00	589.85	46.66	132.53	97.06
557	37035.448	50.00	50.00	0.00	520.50	50.00	142.00	104.00
558	37085.448	50.00	50.00	0.00	477.00	50.00	142.00	104.00
559	37135.448	50.00	50.00	0.00	538.00	50.00	142.00	104.00
Σε Μεταφορά			223834.17	598469.04	37160.47	110572.54	78054.79	

Γενικά Στοιχεία				Επιχώσεις	Εκσκαφές	Στρωτήρες	Έρμα	ση Διαμόρφ
Όνομα Διατομής	Χιλιομετρική Θέση	Απόσταση Μεταξύ	Εφαρμοστέο Μήκος					
Από Μεταφορά				223834.17	598469.04	37160.47	110572.54	78054.79
560	37185.448	50.00	50.00	0.00	400.00	50.00	142.00	104.00
561	37235.448	50.00	50.00	0.00	693.00	50.00	142.00	104.00
562	37285.448	50.00	50.00	0.00	1258.50	50.00	142.00	104.00
563	37335.448	50.00	50.00	0.00	809.50	50.00	142.00	104.00
564	37385.448	50.00	50.00	0.00	989.00	50.00	142.00	104.00
565	37435.448	50.00	50.00	0.00	1097.00	50.00	142.00	104.00
566	37485.448	34.34	42.17	0.00	546.10	42.17	119.76	87.71
AT	37519.791	0.00	17.17	0.00	237.29	17.17	48.76	35.71
Σύνολο				223834.17	604499.43	37519.81	111593.06	78802.21