



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ
ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ**



ΚΑΡΑΝΑΣΙΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δ. ΤΣΑΜΠΟΥΛΑΣ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΪΟΣ 2007



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ

ΚΑΡΑΝΑΣΙΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΤΩΝ: Δ. ΤΣΑΜΠΟΥΛΑΣ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΪΟΣ 2007

ΣΥΝΟΨΗ

ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ

ΕΚΠΟΝΗΣΗ: ΚΑΡΑΝΑΣΙΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Α. ΤΣΑΜΠΟΥΛΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά την περίοδο Μαρτίου 2006-Μαΐου 2007, στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π., με σκοπό την ανάπτυξη μεθοδολογίας που βοηθά την εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου να αξιολογήσει αν η κατασκευή σιδηροδρομικής σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου είναι οικονομικά βιώσιμη. Η μεθοδολογία βασίζεται σε ορισμένες υποθέσεις εργασίας που απλοποιούν την όλη διαδικασία. Το κόστος κατασκευής και συντήρησης της σύνδεσης αναλαμβάνονται από την εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου που είναι και ο διαχειριστής της υποδομής σύμφωνα και με τη σχετική Ευρωπαϊκή νομοθεσία. Όσον αφορά στα έσοδα της εταιρείας, θεωρούμε ότι προκύπτουν από τα τέλη χρήσης υποδομής που θα πληρώνουν οι σιδηροδρομικές εταιρείες. Το κριτήριο αξιολόγησης που χρησιμοποιείται στη μεθοδολογία είναι η Καθαρά Παρούσα Αξία. Πίνεται και εφαρμογή της μεθοδολογίας σε ένα παράδειγμα για την καλύτερη κατανόησή της. Συμπεραίνουμε ότι παρά την ευκολία εφαρμογής της μεθοδολογίας τα αποτελέσματά της μπορεί να μην είναι ακριβή λόγω των παραδοχών και υποθέσεων που έχουν γίνει.

Λέξεις κλειδιά: Εμπορευματικό Κέντρο, σιδηρόδρομος, σιδηροδρομική σύνδεση, αξιολόγηση

ABSTRACT

THESIS SUBJECT: EVALUATION OF A FREIGHT VILLAGE RAILWAY CONNECTION

BY: KARANASIOU MARIA

SUPERVISOR: DIMITRIOS A. TSAMBOULAS

This thesis was elaborated during the period between March 2006 and May 2007, at the Department of Transportation Planning and Engineering, Faculty of Civil Engineering, NTUA, in order to develop a methodology which supports an owner/operator of a freight village to evaluate the feasibility of constructing a railway line which connects the site of the freight village with the main railway line. The methodology is based on certain assumptions which simplify the whole process. It is assumed that the costs associated with construction will be undertaken by the owner of Freight Village, who will also be the only infrastructure manager of this connection,

following the relevant EU legislation. As far as the revenues of the Freight village company are concerned, they are generated from the charges paid by train companies that will use the railway infrastructure. The Net Present Value (NPV) is used as a criterion to evaluate the feasibility of the project. The proposed methodological framework was implemented for a case study so as to be comprehensible and tested in practice. The conclusion of this case study is that although the methodology is easy to apply, it could draw false results because of the assumptions that have been made.

Key words: freight village, railway, rail connection, evaluation

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε με σκοπό την ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας η οποία θα αποτελεί βοηθητικό εργαλείο για μία εταιρεία Εμπορευματικού Κέντρου για να ελέγχει εάν η κατασκευή σιδηροδρομικής σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο είναι οικονομικά βιώσιμη θεωρώντας ως μοναδική πηγή εσόδων τα τέλη χρήσης της υποδομής που θα εισπράττονται από τις σιδηροδρομικές εταιρείες.

Αρχικά γίνεται μία εισαγωγή στην έννοια του Εμπορευματικού Κέντρου, των λειτουργιών του και των σκοπών που εξυπηρετεί και παρουσιάζεται περιληπτικά το κλίμα ενδιαφέροντος που επικρατεί στην Ευρώπη και στην Ελλάδα ιδιαίτερα σε σχέση με τα Εμπορευματικά Κέντρα και τις συνδυασμένες μεταφορές.

Στη συνέχεια γίνεται μία βιβλιογραφική ανασκόπηση και παρουσιάζονται κάποιες μελέτες που έχουν γίνει στην Ελλάδα αλλά και στο εξωτερικό σχετικές με τα Εμπορευματικά Κέντρα και τη χρήση του σιδηρόδρομου στις εμπορευματικές μεταφορές. Παρατηρήσαμε ότι η ενασχόληση της επιστημονικής κοινότητας με θέματα που αφορούν την κατασκευή και λειτουργία Εμπορευματικών Κέντρων καθώς και σιδηροδρομικές συνδέσεις είναι εκτεταμένη. Παρ' όλα αυτά δεν υπάρχει κάποιο σαφές μεθοδολογικό πλαίσιο που να μπορεί να εφαρμοστεί για την αξιολόγηση σιδηροδρομικής σύνδεσης Εμπορευματικού Κέντρου.

Ακολουθεί μια σύντομη αναφορά στα κυριότερα χαρακτηριστικά μιας γραμμής. Παρουσιάζονται τα κρίσιμότερα κατά την άποψή μας γεωμετρικά στοιχεία που υπεισέρχονται στη χάραξη μιας γραμμής και που διαφοροποιούνται για μια γραμμή αποκλειστικής εμπορευματικής χρήσης καθώς και ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως τα υλικά της επιδομής γραμμής. Επίσης παρουσιάζεται ο τρόπος κατάταξης των γραμμών και του ορίου φόρτωσης βαγονιών.

Για την διευκόλυνσή μας στην ανάπτυξη της μεθοδολογίας μας διαχωρίζουμε το έργο της σιδηροδρομικής σύνδεσης ενός Εμπορευματικού Κέντρου σε τρία επιμέρους μέρη: (α) Υποδομή εντός του Εμπορευματικού Κέντρου, (β) Γραμμή σύνδεσης και (γ) Σύνδεση με το κύριο δίκτυο. Το καθένα από τα παραπάνω τμήματα εξετάζεται χωριστά.

Αρχικά μελετάμε την υποδομή εντός του Εμπορευματικού Κέντρου. Παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα υφιστάμενων Εμπορευματικών Κέντρων στην Ελλάδα και στο εξωτερικό. Περιγράφονται συνοπτικά οι εγκαταστάσεις που περιλαμβάνουν με έμφαση στη σιδηροδρομική υποδομή τους. Με βάση κάποια στοιχεία από υφιστάμενα Εμπορευματικά Κέντρα δημιουργείται μία συσχέτιση μεταξύ έκτασης Εμπορευματικού Κέντρου και μήκος σιδηροδρομικής υποδομής που θα μας χρησιμεύσει στον υπολογισμό του κόστους της υποδομής εντός του.

Ακολουθεί η μελέτη της γραμμής σύνδεσης. Γίνεται καταγραφή περιπτώσεων χάραξης γραμμής σύνδεσης ενός Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο και τονίζονται κυρίως τα χαρακτηριστικά του όταν διαφοροποιούνται επηρεάζουν σημαντικά το κόστος κατασκευής της. Δίνεται και ένα ενδεικτικό κόστος για τα επιμέρους στοιχεία της γραμμής.

Στη συνέχεια για ό,τι αφορά στον τρόπο σύνδεσης με το κύριο δίκτυο, παρουσιάζονται στοιχεία για τον τρόπο σύνδεσης των γραμμών γενικά και διαχωρίζονται και δύο βασικές περιπτώσεις για το πώς θα συνδεθεί η γραμμή με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο. Δίνονται και ενδεικτικά στοιχεία κόστους.

Μετά αναλύεται η μεθοδολογία αξιολόγησης που αναπτύξαμε για να βοηθήσει μια εταιρεία Εμπορευματικού Κέντρου να ελέγξει τη βιωσιμότητα μιας πιθανής σιδηροδρομικής σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο δίκτυο θεωρώντας ως μοναδική πηγή εσόδων της τα τέλη χρήσης της υποδομής που θα εισπράττει από τις σιδηροδρομικές εταιρείες. Αρχικά παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο βασίζεται η ανάπτυξη της μεθοδολογίας και στη συνέχεια γίνεται η αναλυτική παρουσίασή της.

Στη συνέχεια γίνεται μία εφαρμογή της μεθοδολογίας για την καλύτερη κατανόησή της. Δημιουργήσαμε ένα σενάριο επιλέγοντας τα χαρακτηριστικά που επιθυμούμε να έχει η εξεταζόμενη σιδηροδρομική σύνδεση όσον αφορά στην υποδομή εντός του Εμπορευματικού Κέντρου, στην γραμμή σύνδεσης και στον τρόπο σύνδεσης με το κύριο δίκτυο. Με βάση τα χαρακτηριστικά του σεναρίου που επιλέχθηκαν, διαχωρίστηκαν στη συνέχεια περιπτώσεις με διαφορετικά σενάρια χρηματοδότησης του έργου έτσι ώστε να παρατηρήσουμε πώς επηρεάζεται η βιωσιμότητά του. Τέλος γίνεται και ανάλυση ευαισθησίας του αποτελέσματος σε σχέση με το μήκος της συνδετικής γραμμής και με την έκταση του Εμπορευματικού Κέντρου.

Τέλος, συνοψίζονται οι στόχοι, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματά της διπλωματικής εργασίας. Γίνεται μία αξιολόγηση της προτεινόμενης μεθοδολογίας με βάση τα αποτελέσματα της εφαρμογής της και τέλος διατυπώνονται απόψεις για περαιτέρω μελέτη της παρούσας μεθοδολογίας.

Ευχαριστίες

Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας προσπάθειας κ. Δημήτριο Α. Τσαμπούλα, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π., για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας, την πολύτιμη καθοδήγηση που μου παρείχε σε όλα τα βήματα της έρευνας και για την εξαιρετική συνεργασία μέσω της οποίας μου δόθηκε η ευκαιρία να αναπτύξω πρωτοβουλίες χωρίς στιγμή να νιώσω ότι έπαισα να έχω την πλήρη στήριξή του στις αποφάσεις μου.

Σημαντική βοήθεια για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας αποτέλεσαν οι συμβουλές και οι εύστοχες υποδείξεις:

Του κ. Αθανάσιου Μπαλλή, Επίκουρου Καθηγητή του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π.

Του κ. Κωνσταντίνου Λυμπέρη, Λέκτορα του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και τους φίλους μου για την απεριόριστη στήριξη που μου παρείχαν.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά.....	1
1.2 Τι είναι τα Εμπορευματικά Κέντρα.....	2
1.3 Τι υπηρεσίες προσφέρει ένα Εμπορευματικό Κέντρο.....	3
1.4 Ευρωπαϊκή εμπειρία για τα Εμπορευματικά Κέντρα.....	6
1.5 Διευρωπαϊκά δίκτυα μεταφορών.....	7
1.6 Ελληνικό δίκτυο Εμπορευματικών Κέντρων.....	7
1.7 Αντικείμενο και στόχος της διπλωματικής εργασίας.....	8
1.8 Δομή της διπλωματικής εργασίας.....	9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	12
2.2 Συμπεράσματα βιβλιογραφικής ανασκόπησης.....	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΡΑΜΜΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ

3.1 Εισαγωγή.....	22
3.2 Γεωμετρικά στοιχεία που υπεισέρχονται στη χάραξη μιας γραμμής.....	23
3.2.1 Χαρακτηριστικά στοιχεία στις καμπύλες.....	23
3.2.1.1 Υπερύψωση γραμμής.....	24
3.2.1.2 Μεταβολή της εφαρμοζόμενης υπερύψωσης στις παραβολικές συναρμογές ανά μονάδα μήκους.....	27
3.2.1.3 Μεταβολή της ανεπάρκειας της εφαρμοζόμενης υπερύψωσης στις παραβολικές συναρμογές ανά μονάδα χρόνου.....	28
3.2.2 Μέγιστες επιτρεπόμενες ταχύτητες στις καμπύλες, συναρτήσει της ακτίνας R της καμπύλης ή της υπερύψωσης ή της γραμμής.....	29
3.2.3 Εφαρμογές των τύπων για ταχύτητες 10km/h-70km/h.....	30
3.3 Καθορισμός κρίσιμων παραμέτρων για τη χάραξη.....	33
3.3.1 Ακτίνα καμπυλότητας R.....	33
3.3.2 Κατά μήκος κλίση ε (‰).....	33
3.4 Υλικά της επιδομής γραμμής.....	34
3.4.1 Σιδηροτροχιά.....	35
3.4.2 Στρωτήρες.....	38
3.4.3 Έρμα.....	42
3.5 Κατάταξη γραμμών – Όρια φόρτωσης βαγονιών.....	42
3.5.1 Κατηγορίες γραμμών.....	42

3.5.2 Κατάταξη γραμμών.....	43
3.5.3 Όρια φόρτισης βαγονιών.....	44
3.5.4 Κατάταξη γραμμών με σκοπό τη συντήρησή τους.....	47
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο – ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ	
4.1 Εισαγωγή.....	49
4.2 Παραδείγματα υφιστάμενων ή υπό μελέτη Εμπορευματικών Κέντρων.....	50
4.2.1 Σιδηροδρομικός Εμπορευματικός Σταθμός Θριάσιου Πεδίου.....	50
4.2.2 Επιλιμένος σιδηροδρομικός σταθμός Αλεξανδρούπολης.....	52
4.2.3 Prologis Park Gariopoli Athens.....	54
4.2.4 Prologis Park Isle d' Abeau.....	55
4.2.5 Interporto Quadrante Europa.....	57
4.3 Μέσο μήκος σιδηροδρομικών γραμμών που υφίστανται σε Ευρωπαϊκά Εμπορευματικά Κέντρα.....	59
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο - ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΜΕ ΤΟ ΚΥΡΙΟ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ	
5.1 Εισαγωγή.....	67
5.2 Διαφοροποίηση γραμμής με βάση λειτουργικές και τεχνικές απαιτήσεις.....	68
5.2.1 Επιλογές χαρακτηριστικών γραμμής σύνδεσης με βάση το μέγεθος του Εμπορευματικού Κέντρου και κόστος επιμέρους στοιχείων της.....	68
5.2.1.1 Μονή ή διπλή γραμμή.....	68
5.2.1.2 Διατομές.....	70
5.2.1.3 Περιτυπώματα τροχαίου υλικού.....	72
5.2.1.4 Ηλεκτροκίνηση.....	76
5.2.1.5 Επιλογή κατηγορίας γραμμής, τρένου σχεδιασμού.....	76
5.2.1.6 Επιλογή κατηγορίας γραμμής με σκοπό τη συντήρησή της.....	78
5.2.1.7 Επιλογή υλικών επιδομής.....	79
5.2.1.8 Μήκος συρμού σχεδιασμού-πληρότητα συρμού.....	81
5.2.2 Επιλογές χαρακτηριστικών γραμμής σύνδεσης με βάση το ανάγλυφο της περιοχής και διαφοροποίηση του κόστους.....	82
5.2.2.1 Μήκος γραμμής σύνδεσης.....	82
5.2.2.2 Ακτίνα καμπυλότητας της χάραξης.....	83
5.2.2.3 Τεχνικά έργα.....	83
5.2.2.4 Απαιτήσεις.....	85
5.3 Κόστος μελέτης και σηματοδότησης.....	86
5.3.1 Μελέτες.....	86

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

5.3.2 Σύστημα σηματοδότησης της συνδετικής γραμμής και κόστος.....	87
5.3.2.1 Σύστημα σηματοδότησης.....	87
5.3.2.2 Κόστος σηματοδότησης.....	89
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο - ΣΥΝΔΕΣΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕ ΤΟ ΚΥΡΙΟ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	
6.1 Γενικά.....	91
6.2 Αλλαγές και διασταυρώσεις.....	92
6.2.1 Αλλαγές.....	92
6.2.2 Διασταυρώσεις.....	97
6.3 Σύνδεση γραμμών.....	101
6.4 Σύνδεση του Εμπορευματικού Κέντρου με την κύρια σιδηροδρομική γραμμή και κόστος.....	101
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	
7.1 Εισαγωγή.....	107
7.2 Χρηματική αξιολόγηση.....	107
7.3 Μεθοδολογία.....	112
7.3.1 Από τη σκοπιά του ιδιοκτήτη και διαχειριστή της υποδομής.....	112
7.3.2 Από τη σκοπιά του αποστολέα.....	124
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο - ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ	
8.1 Εισαγωγή.....	128
8.2 Εφαρμογή της μεθοδολογίας.....	128
8.2.1 Σενάρια χρηματοδότησης του έργου.....	137
8.3 Ανάλυση ευαισθησίας.....	143
8.3.1 Ανάλυση ευαισθησίας μήκους γραμμής σύνδεσης.....	144
8.3.2 Ανάλυση ευαισθησίας έκτασης Εμπορευματικού Κέντρου.....	150
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
9.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων μεθοδολογικής προσέγγισης.....	156
9.2 Συμπεράσματα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας.....	158
9.3 Συνολικά συμπεράσματα.....	161
9.4 Προτάσεις για περαιτέρω μελέτη.....	162
 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	163
 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	166

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Τα εμπορευματικά κέντρα δεν είναι ένα γεγονός νέο για τους Έλληνες. Ήδη από το 3000 π.Χ. οι Μίνωες είχαν δημιουργήσει τους πρώτους εμπορικούς σταθμούς στα νησιά των Κυκλάδων, που αργότερα αναπτύχθηκαν σε μεγάλα εμπορικά και εμπορευματικά κέντρα και σε λιμενικές ελεύθερες ζώνες με τεράστια για την εποχή οικονομική σημασία. Του ίδιου τύπου οργανωμένα κέντρα βρίσκουμε και κατά τη διάρκεια της Ελληνιστικής περιόδου. Μια τέτοια οργάνωση, που στηριζόταν στις ιδιαίτερα ανεπτυγμένες από τους Έλληνες θαλάσσιες μεταφορές, δεν περιοριζόταν μόνο στην οργάνωση κατάλληλων λιμενικών χώρων, αλλά επεκτεινόταν και στην ενδοχώρα με τη δημιουργία αποθηκών, υπηρεσιών και άλλων διευκολύνσεων που διέθεταν τα εμπορευματικά κέντρα/λιμάνια της εποχής (Μελέτη Κοζάνης, 2000).

Οι σύγχρονες μέθοδοι και τρόποι συσκευασίας και μεταφοράς, η ανάπτυξη των Διευρωπαϊκών Δικτύων, καθώς και η συνεχώς αυξανόμενη σημασία των συνδυασμένων μεταφορών που βελτιστοποιούνται στην συμπληρωματικότητα των διαφόρων μεταφορικών μέσων και συστημάτων αλλά και η συνεχώς αυξανόμενη σημασία των θαλάσσιων συνδέσεων κοντινών αποστάσεων (SHORT SEA SHIPPING CONNECTIONS), δημιούργησαν την αναγκαιότητα για νέες συνθήκες στην διαδικασία διακίνησης και διαχείρισης των εμπορευμάτων.

Παράλληλα οι κοσμοϊστορικές αλλαγές που συνέβησαν στην Ανατολική Ευρώπη και ιδιαίτερα στη Βαλκανική χερσόνησο, η Ευρωπαϊκή ολοκλήρωση, η διεθνοποίηση του εμπορίου και τα νέα οικονομικά δεδομένα, δημιούργησαν ένα νέο περιβάλλον για τις μεταφορές που καλούνται να παίζουν συνεχώς σημαντικότερο ρόλο στο σύγχρονο οικονομικό γίγνεσθαι, με υποτέλεσμα την αναθεώρηση όλων σχεδόν των μέχρι πρότινος υφιστάμενων μεθόδων και συστημάτων, που πλέον μπνούν σε μια άλλη παγκόσμια και ειδικότερα Πανευρωπαϊκή διάσταση σχεδιασμού τους, ενώ ο χάρτης των μεταφορών ξανασχεδιάζεται από την αρχή.

Οι εξελίξεις αυτές δημιουργούν την ανάγκη εφαρμογής σύγχρονων μεταφορικών μέσων και υποδομών, φιλικών προς το περιβάλλον που να λαμβάνουν υπόψη την συνεχώς αυξανόμενη κυκλοφοριακή συμφόρηση, ενώ παράλληλα παρατηρείται μια συνεχής αλλαγή στις προτιμήσεις των πελατών, με την εφαρμογή της αρχής "μη αποθεμάτων" (no stock-just in time), καθώς και την αποφυγή εμπλοκής τους με την διαδικασία διανομής, συσκευασίας κλπ. (outsourcing).

Τα γεγονότα αυτά δημιουργούν την ανάγκη ανάπτυξης σύγχρονων εμπορευματικών κέντρων ή αλλιώς εμπορευματικών χωριών (freight villages), όπου οι χρήστες και εμπλεκόμενοι με τις μεταφορές, θα μπορούν να λειτουργήσουν και να αναπτύξουν νέους τρόπους και μεθόδους διαχείρισης των εμπορευμάτων, (logistics) και να αξιοποιήσουν καλύτερα την χρήση των διαφόρων μεταφορικών μέσων τα οποία πλέον λειτουργούν συμπληρωματικά και όχι ανταγωνιστικά προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες των πελατών τους, να βελτιστοποιήσουν τις μεθόδους διαχείρισης και διανομής εμπορευμάτων κατά τρόπο πλέον ανταγωνιστικά, προσφέροντας τους καλύτερης ποιότητας υπηρεσίες και μείωση μεταφορικού κόστους (Μελέτη Κοζάνης, 2000)

1.2 Τι είναι τα Εμπορευματικά Κέντρα

Αρχικά θα πρέπει να απασφηνιστεί η έννοια του Εμπορευματικού κέντρου (freight villages, Interporti, Plateaux logistique, Guterverkehrszentren) και να γίνει διαχωρισμός τους από τα λιμάνια, τους σταθμούς διαλογής εμπορευμάτων και άλλα παρόμοια κέντρα μεταφόρτωσης και υποδοχής φορτίων (conventional transshipment terminals). Βασικό σημείο διάκρισης των εμπορευματικών κέντρων είναι η εγκατάσταση εντός αυτών πολλών επιχειρήσεων (multi-firm commercial estates) και η ύπαρξη εντός του χώρου τους ενσωματωμένου σταθμού μεταφόρτωσης (terminal)

Η Ένωση Ευρωπαϊκών Εμπορευματικών Κέντρων (Europlatforms) δίνει τον εξής ορισμό για ένα Εμπορευματικό Κέντρο : Εμπορευματικό Κέντρο είναι μια καλά προσδιορισμένη περιοχή μέσα στην οποία αναπτύσσονται όλες οι δραστηριότητες σχετικές με τη μεταφορά, διαχείριση και διανομή αγαθών, για τοπικές, εθνικές και διεθνείς μεταφορές από διάφορους χρήστες εγκατεστημένους στο κέντρο και

διευθύνεται από έναν και μόνο φορέα. Οι χρήστες του κέντρου μπορεί να είναι ιδιοκτήτες ή ενοικιαστές των εγκαταστάσεων και των υπηρεσιών του που έχουν αναπτυχθεί εντός των κέντρων. Επίσης, για να είναι δυνατή η λειτουργία των κέντρων με τους κανόνες του ελεύθερου ανταγωνισμού, πρέπει να επιτρέπει την πρόσβαση σε όλες τις επιχειρήσεις που είναι σχετικές με τις δραστηριότητές του. Ένα Εμπορευματικό Κέντρο επίσης πρέπει να είναι εξοπλισμένο με όλες τις δυνατές υπηρεσίες εξυπηρέτησης εμπορευμάτων και μεταφορικών μέσων. Αν είναι δυνατόν πρέπει επίσης να συμπεριλαμβάνει και βοηθητικές υπηρεσίες για το προσωπικό καθώς και για τους χρήστες του κέντρου. Προς ενθάρρυνση της συνδυασμένης μεταφοράς για τη διαχείριση των εμπορευμάτων, ένα Ε/Κ πρέπει κατά προτίμηση να εξυπηρετείται με πολλαπλούς τρόπους μεταφοράς (Europlatforms Year Book 1996).

Ο ορισμός που δίνεται από τον νόμο υπ' αριθμ. 3333 «Ίδρυση και λειτουργία Εμπορευματικών Κέντρων και άλλες διατάξεις» είναι: Εμπορευματικό Κέντρο είναι ένα οργανικά ολοκληρωμένο σύνολο δομών, διαρθρωμένων υπηρεσιών και υποδομών διαφορετικών μέσων μεταφοράς, που ιδρύεται και λειτουργεί σε περιοχή, που επιτρέπονται δραστηριότητες για εξυπηρέτηση συνδυασμένων μεταφορών και υποχρεωτικά περιλαμβάνει ή συνδέεται με σιδηροδρομικό σταθμό ή λιμάνι ή αεροδρόμιο (Ν.3333/2006 (ΦΕΚ 91 Α')).

1.3 Τι υπηρεσίες προσφέρει ένα Εμπορευματικό Κέντρο

Τα Εμπορευματικά Κέντρα εξυπηρετούν τη συγκέντρωση φορτίων που προέρχονται από διαφορετικά μεταφορικά μέσα και είδη, ή που έχουν ανάγκη αλλαγής από διακίνηση μικρής απόστασης σε διακίνηση μεγαλύτερης ή αντίθετα, με το ίδιο μεταφορικό μέσο ή με διαφορετικά. Ειδικά τα Ε/Κ συνδυασμένων μεταφορών προσφέρουν τη δυνατότητα μέγιστης αξιοποίησης των διάφορων μεταφορικών μέσων και συνεπώς μείωση του κόστους μεταφοράς. Οι υπηρεσίες που πρέπει να προσφέρουν τα Ε/Κ για να μπορούν να εξυπηρετούν το σκοπό της δημιουργίας τους είναι (Μελέτη Κοζάνης, 2000):

- Ευκολίες μεταφόρτωσης και διαχείρισης φορτίων
- Υποδομές για πρόσβαση σε μεταφορικά μέσα
- Συμπληρωματικές υποδομές και λειτουργίες για εξυπηρέτηση και εγκατάσταση χρηστών και άλλων βοηθητικών προς αυτές

Αναλυτικότερα έχουμε τις εξής υποδομές:

(α) Ευκολίες μεταφόρτωσης και διαχείρισης

Περιλαμβάνει:

- χώρους φορτοεκφόρτωσης φορτίων

- εξοπλισμό
- εξοπλισμό για μετακίνηση φορτίων
- αποθήκες / οικό για αποθήκευση ή συντήρηση φορτίων (ψυκ. χώρους κλπ.)
- ευκολίες για εναπόθεση Χρόνου φορτίων
- χώρους για διαλογή φορτίων
- χώρους για διαχείριση φορτίων και συσκευασία, ανασυσκευασία
- εξοπλισμό για φόρτωση containers, παλετάρισμα και ομαδοποίηση φορτίων
- αποθήκευση φορτίων ειδικού χειρισμού, επικινδύνων, εύφλεκτων κλπ.

Πέραν αυτών πρέπει να έχουν ευκολίες για εξυπηρέτηση συνδυασμένων συστημάτων containers, semitrailers, case trucks.

- μηχανήματα για μετακίνηση container
- εναπόθεση εμφόρτων containers κ.α
- ζυγαριές
- μηχανουργεία για επσσκευή και συντήρηση
- εξοπλισμό για πλύσιμο και απολύμανση
- γερανούς και ειδικό μηχανολογικό εξοπλισμό φορτοεκφόρτωσης και διαχωρισμού

(β) Υποδομές και προσβάσεις σε μεταφορικά μέσα

- χώρους ανοικτούς
- χώρους φορτοεκφόρτωσης
- χώρους στάθμευσης
- σιδηροδρομικούς σταθμούς
- χώρους πρόσβασης σταθμού
- συνδετικούς κόμβους με εθνικές οδούς
- συνδέσεις με λιμάνια
- δίκτυο τηλεματικής

(γ) Συμπληρωματικές υποδομές και λειτουργίες Χώροι εγκατάστασης μεταφορέων και σχετικών με τη μεταφορική επιχείρηση

Πολύ σημαντικό για τη μείωση του κόστους μέσω της συνεργασίας και της βελτιστοποίησης των λειτουργιών είναι η δυνατότητα εγκατάστασης μεταφορικών επιχειρήσεων στο Ε/Κ. Τα Ε/Κ προσφέρουν χώρους εγκατάστασης διαμεταφορέων, φορτωτών, εκτελωνιστών και μεταφορέων εθνικών και διεθνών μεταφορών.

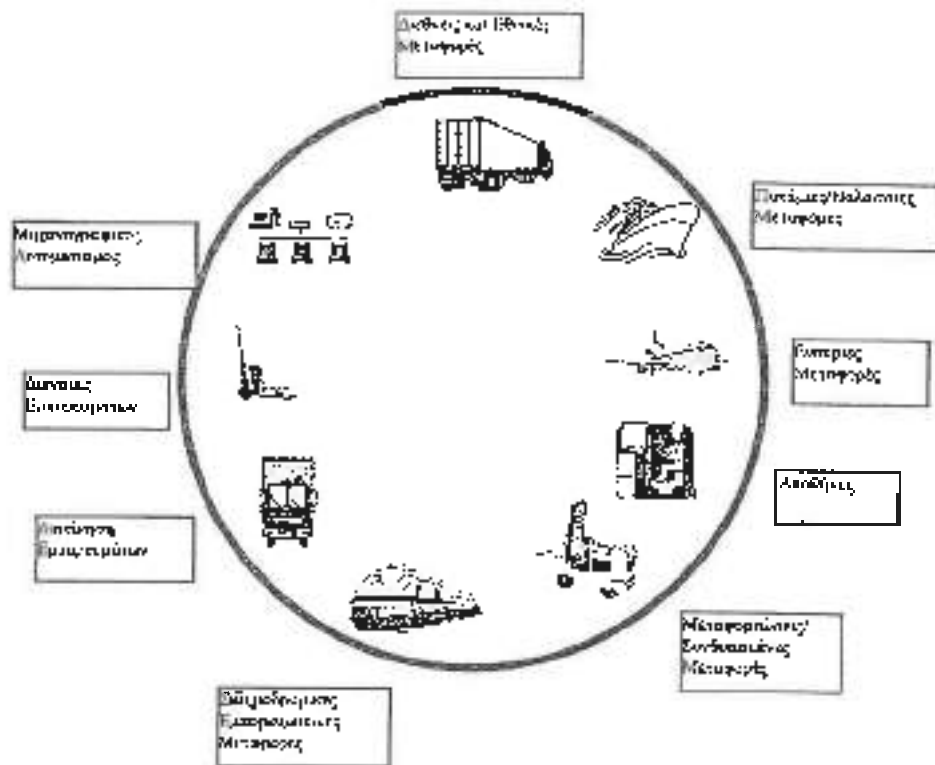
Επίσης εταιρειών διανομής, χονδρεμπόρων, εισαγωγέων και εξαγωγέων που μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν το κέντρο σαν χώρο διαλογής και αποθήκευσης. Επίσης εταιρίες πακεταρίσματος, τυποποίησης, εμπορεύσεων κλπ.

στους οποίους προσφέρεται ιδανική ευκαιρία εγκατάστασης λόγω ύπαρξης κοινών διευκολύνσεων δίπλα σε άλλες επιχειρήσεις που αναλαμβάνουν την εξυπηρέτηση άλλων φάσεων του μεταφορικού κύκλου.

Τελωνεία, ταχυδρομείο, τηλεφωνικό κέντρο, γραφείο πληροφοριών, τράπεζες, ασφαλιστικές εταιρείες ειδικευμένες στις μεταφορές, εστιατόρια, self service, Bar, ξενοδοχεία, πρώτες βοήθειες, πυροσβεστικές υπηρεσίες, οδική βοήθεια, γυμναστήρια, κέντρα μεταφορικών ερευνών, συνεδριακά κέντρα, τουριστικά γραφεία, υγειονομικές υπηρεσίες, χρηματιστήριο, εμπόρους σταθμούς πετρέλευσης (βενζινοδίκια) και συναφείς υπηρεσίες καθώς και υπηρεσίες πληροφορικής και τηλεματικής.



Εικόνα 1.1: ProLogis Park Garonor Aulnay (Πηγή :δικτυακός τόπος www.prologis.com)



Σχήμα 1.1: Προσφερόμενες υπηρεσίες των Εμπορευματικών Κέντρων (Πηγή : Daniel Holtgen, 1996)

1.4 Ευρωπαϊκή εμπειρία για τα εμπορευματικά Κέντρα

Τα Ε/Κ πρωτοεμφανίστηκαν στη Γαλλία την δεκαετία του 1960. Τα δύο πρώτα «GARONOR» και «SOGARIS» δημιουργήθηκαν έξω απ' το Παρίσι με σκοπό τη μείωση της κυκλοφορίας βαρέων οχημάτων μέσα στην πόλη. Από τότε αναπτύχθηκαν πολλά τέτοια κέντρα και σε άλλες μεγάλες πόλεις της Γαλλίας που με τον καιρό εκσυγχρονίζονται για να εξυπηρετούν και τη συνδυασμένη μεταφορά.

Σήμερα Ε/Κ υπάρχουν σε αρκετές Ευρωπαϊκές χώρες με διαφορετικά χαρακτηριστικά που αφορούν στην έκτασή τους, στο ιδιοκτησιακό καθεστώς που τα διέπει, στις διάφορες δραστηριότητες και υπηρεσίες που προσφέρουν, στην εξυπηρέτηση των μεταφορών (οδός-οδός), (οδός-σιδηροδρόμος) κλπ και στο μέγεθος δράσης τους. Οι χώρες που προηγούνται στην ανάπτυξη Ε/Κ εκτός από τη Γαλλία είναι η Γερμανία, η Ιταλία, η Μεγ. Βρετανία, η Ολλανδία, η Δανία και η Ισπανία.

1.5 Διευρωπαϊκά Δίκτυα Μεταφορών

Οι δράσεις βελτίωσης των ελληνικών εμπορευματικών μεταφορών αποτελούν κομμάτι της ευρύτερης εθνικής στρατηγικής που εφαρμόζεται στον τομέα των μεταφορών. Το καθοριστικό στοιχείο για τον στόχο αυτό είναι η συνολική ολοκληρωμένη μεταφορική αλυσίδα. Από την αγορά των πρώτων υλών στον τόπο παραγωγής τους μέχρι την παράδοση των προϊόντων στην αποθήκη του παραλήπτη, η παραγωγή, η μεταφορά, η αποθήκευση, η διανομή και η παροχή πληροφοριών είναι στοιχεία που ενσωματώνονται σε ένα και μόνο δίκτυο. Η ανάγκη για μια ολοκληρωμένη μεταφορική αλυσίδα έχει οδηγήσει στην καθιέρωση των συνδυασμένων μεταφορών. Οι κύριοι στόχοι των συνδυασμένων μεταφορών είναι η αύξηση της ταχύτητας διανομής των φορτίων και η μείωση του ύψους του μη παραγωγικού κεφαλαίου (Παπαδημητρίου Σ., Σχινάς Ο., 2004). Η στρατηγική αυτή έχει ως στόχο τη βελτιστοποίηση των συστημάτων μεταφοράς μέσω της αποτελεσματικότερης διαχείρισης των υφιστάμενων υποδομών και της δημιουργίας νέων.

Η ανάπτυξη νέων υποδομών καθώς και η αναβάθμιση των υφιστάμενων, όσον αφορά τα κύρια δίκτυα μεταφοράς, εντάσσονται παράλληλα και στις στρατηγικές ανάπτυξης των Διευρωπαϊκών Δικτύων Μεταφοράς (Trans-European Transport Networks – TEN) της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Walker W. et al., 2004). Στα σχεδιαζόμενα αυτά δίκτυα εντάσσονται και οι συγκοινωνιακοί Άξονες του Πανευρωπαϊκού Δικτύου Μεταφορών για τη διακίνηση εμπορευμάτων στην Ευρώπη και στην ευρύτερη περιοχή. Οι πιο σημαντικοί άξονες για την Ελλάδα είναι ο άξονας Χ (Μόναχο-Θεσσαλονίκη), ο άξονας IV (Δρέσδη-Θεσσαλονίκη-Κων/πολη) και ο άξονας IX (Ελσίνκι-Αλεξανδρούπολη) (Σαμπράκος Ε., 2001).

1.6 Ελληνικό Δίκτυο Εμπορευματικών Κέντρων

Το Δεκέμβριο του 1995, το Ταμείο Συνοχής ύστερα από διαβουλεύσεις με τα Ελληνικά Επιμελητήρια, ανακοίνωσε το ενδιαφέρον του για την ανάπτυξη ενός Δικτύου Εμπορευματικών Κέντρων στην Ελλάδα, η δημιουργία του οποίου θα εξασφάλιζε την ομαλή ροή των φορτίων στη χώρα και στην ευρύτερη περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και Μαύρης Θάλασσας που θα συνέδεε τα υφιστάμενα και αναπτυσσόμενα μεταφορικά δίκτυα και μεταφορικές υποδομές, εξασφαλίζοντας τη μέγιστη αξιοποίησή τους (Μελέτη Κοζάνης, 2000).

Οι σχετικές δράσεις για την ανάπτυξη Ε/Κ στην Ελλάδα ξεκίνησαν αρκετά χρόνια πριν την εκπόνηση της Μελέτης του δικτύου από τον Πειραιά (1990) και έκτοτε το θέμα προωθείται συστηματικά σε πανελλήνια κλίμακα. Η δημιουργία κόμβων Ε/Κ έχει ήδη δρομολογηθεί, έχουν γίνει οι απαιτούμενες μελέτες και έχει

αρχίσει και η κατασκευή των υποδομών ενώ κάποια βρίσκονται σε αρχικό στάδιο Επιγραμματικά αναφέρουμε τα εξής (Μελέτη Κοζάνης, 2000):

- Διεθνές Εμπορευματικό Κέντρο Πειραιά (ΔΕΚΕΠ)
- Διεθνές Εμπορευματικό Κέντρο Κεντρικής Μακεδονίας στο Νομό Κιλκίς
- Διεθνές Εμπορευματικό Κέντρο Αιγαίου στη νήσο Λέσβο (ΔΕΚΑ-Λ)
- Σταθμός Συνδυασμένων Μεταφορών Πιερίας
- Εμπορευματικός Σταθμός Συνδυασμένων Μεταφορών και Εμπορίου Προμαχώνα Σερρών
- Διεθνές Εμπορευματικό Κέντρο Θεσσαρωτίας
- Διεθνές Εμπορευματικό Κέντρο Αχαΐας
- Διεθνές Εμπορευματικό Κέντρο Θεσσαλίας
- Εμπορευματικός Σταθμός Ιωαννίνων κλπ.



Σχήμα 1.2: Προτεινόμενο σχέδιο του υπό κατασκευή ΕΚ στο Θριάσιο στην Αθήνα (Πηγή : Ballis A., Freight villages : Warehouse design and rail link aspects)

1.7 Αντικείμενο και στόχος της διπλωματικής εργασίας

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να αναπτυχθεί μια μεθοδολογία για να εξετάζεται η οικονομική βιωσιμότητα (για τη εταιρεία του ΕΚ) σιδηροδρομικής σύνδεσης του ΕΚ. Βέβαια, τα αποτελέσματα εφαρμογής της μεθοδολογίας είναι απλά ένα βοηθητικό εργαλείο για μία εταιρεία Εμπορευματικού Κέντρου, δεδομένου ότι η απόφαση κατασκευής της υποδομής εξαρτάται και από άλλους παράγοντες (αύξηση εμπορευματικής κίνησης στο ΕΚ)

Αφορμή για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι το αυξημένο ενδιαφέρον που παρουσιάζεται τα τελευταία χρόνια για την ίδρυση Εμπορευματικών Κέντρων και για τον ρόλο του σιδηροδρόμου στη μεταφορική

αλυσίδα. Μάλιστα στην Ελλάδα ψηφίστηκε πρόσφατα (2005) νόμος σχετικά με την ίδρυση και τη λειτουργία Εμπορευματικών Κέντρων σύμφωνα με τον οποίο υποχρεωτικά πρέπει να εξασφαλίζεται η πρόσβαση σε σιδηροδρομικό σταθμό ή λιμένα ή αερολιμένα με δυνατότητες εξυπηρέτησης μοναδοποιημένων φορτίων. Όσον αφορά στην κατασκευή σιδηροδρομικής σύνδεσης διευκρινίζεται ότι η φροντίδα και οι δαπάνες κατασκευής της αναλαμβάνονται από την εταιρεία Εμπορευματικού Κέντρου. Επιπλέον, ο σιδηρόδρομος κατέχει έναν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην αλυσίδα των Συνδυασμένων Μεταφορών αποτελώντας ένα ταχύ μέσο μεταφοράς, οικονομικά και ασφαλές που δεν προκαλεί κυκλοφοριακή συμφόρηση, ενώ αποτελεί ένα μέσο φιλικό για το περιβάλλον σε αντίθεση με την οδική μεταφορά (Σαμπράκος, Ε, 2001). Ο συνδυασμός των ιδιοτήτων αυτών του σιδηροδρόμου τον καθιστά ιδιαίτερα ελκυστικό στις υπεραστικές εμπορευματικές μεταφορές, ιδιαίτερα στο πλαίσιο των αναβαθμισμένων Διευρωπαϊκών Σιδηροδρομικών Δικτύων. Στην Ευρώπη εδώ και μερικές δεκαετίες, αλλά και στην Ελλάδα πλέον έχει εκδηλωθεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την δημιουργία Εμπορευματικών Κέντρων που εξυπηρετούν και τις συνδυασμένες μεταφορές.

Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου είναι απαραίτητα να διερευνηθούν τρία καίρια σημεία, τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- Η σιδηροδρομική υποδομή εντός του Εμπορευματικού Κέντρου.
- Η γραμμή σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο.
- Το σημείο και ο τρόπος που θα γίνεται η σύνδεση της γραμμής με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο.

1.8 Δομή της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία δομείται σε εννέα κεφάλαια, τα οποία έχουν ως εξής:

• Κεφάλαιο 1^ο – Εισαγωγή

Πρόκειται για το παρόν κεφάλαιο το οποίο αποτελεί μια γενικότερη εισαγωγή στο θέμα της διπλωματικής εργασίας. Γίνεται εισαγωγή στην έννοια του Εμπορευματικού Κέντρου, των λειτουργιών του και των σκοπών που εξυπηρετεί και παρουσιάζεται περιληπτικά το κλίμα που επικρατεί στην Ευρώπη και στην Ελλάδα ιδιαίτερα σε σχέση με τα Εμπορευματικά Κέντρα και τις συνδυασμένες μεταφορές. Τέλος καθορίζεται ο στόχος της διπλωματικής εργασίας.

- **Κεφάλαιο 2^ο – Βιβλιογραφική ανασκόπηση**

Στο 2^ο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζονται κάποιες μελέτες που έχουν γίνει στην Ελλάδα αλλά και στο εξωτερικό σχετικές με το Εμπορευματικό Κέντρο και τη χρήση του σιδηρόδρομου στις εμπορευματικές μεταφορές. Παρατηρήσαμε ότι η ενασχόληση της επιστημονικής κοινότητας με θέματα που αφορούν την κατασκευή και λειτουργία Εμπορευματικών Κέντρων καθώς και σιδηροδρομικές συνδέσεις είναι εκτεταμένη. Παρ' όλα αυτά δεν υπάρχει κάποιο σαφές μεθοδολογικό πλαίσιο που να μπορεί να εφαρμοστεί για την αξιολόγηση σιδηροδρομικής σύνδεσης Εμπορευματικού Κέντρου.

- **Κεφάλαιο 3^ο – Χαρακτηριστικά γραμμής σύνδεσης με Ε/Κ**

Στο 3^ο κεφάλαιο γίνεται μία σύντομη αναφορά στα κυριότερα χαρακτηριστικά μιας γραμμής. Παρουσιάζονται τα κυριότερα γεωμετρικά στοιχεία που υπεισέρχονται στη χάραξη μιας γραμμής και που διαφοροποιούνται για μια γραμμή αποκλειστικής εμπορευματικής χρήσης καθώς και ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως τα υλικά της επιδομής γραμμής. Επίσης παρουσιάζεται ο τρόπος κατάταξης των γραμμών και του ορίου φόρτωσης βαγονιών.

- **Κεφάλαιο 4^ο – Εντός του Εμπορευματικού Κέντρου**

Σ' αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα υφιστάμενων Εμπορευματικών Κέντρων στην Ελλάδα και στο εξωτερικό. Περιγράφονται συνοπτικά οι εγκαταστάσεις που περιλαμβάνουν με έμφαση στη σιδηροδρομική υποδομή τους. Με βάση κάποια στοιχεία από υφιστάμενα Εμπορευματικά Κέντρα δημιουργείται μία συσχέτιση μεταξύ έκτασης Εμπορευματικού Κέντρου και μήκος σιδηροδρομικής υποδομής.

- **Κεφάλαιο 5^ο – Περιπτώσεις χάραξης γραμμής σύνδεσης Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο και κόστος επιμέρους στοιχείων της**

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται καταγραφή περιπτώσεων χάραξης γραμμής σύνδεσης ενός Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο και τονίζονται κυρίως τα χαρακτηριστικά που όταν διαφοροποιούνται επηρεάζουν σημαντικά το κόστος κατασκευής της. Δίνεται και ένα ενδεικτικό κόστος για τα επιμέρους στοιχεία της γραμμής.

- **Κεφάλαιο 6^ο – Σύνδεση γραμμής με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο**

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται στοιχεία για τον τρόπο σύνδεσης των γραμμών και διαχωρίζονται και κάποιες περιπτώσεις για το πώς θα συνδεθεί η γραμμή με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο. Δίνονται και ενδεικτικά στοιχεία κόστους.

- **Κεφάλαιο 7^ο – Μεθοδολογία αξιολόγησης**

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία αξιολόγησης που αναπτύξαμε για να βοηθήσει μια εταιρεία Εμπορευματικού Κέντρου να ελέγξει τη βιωσιμότητα μιας πιθανής σιδηροδρομικής σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο δίκτυο θεωρώντας ως μοναδική πηγή εισροών της τα τέλη χρήσης της υποδομής που θα εισπράττει από τις σιδηροδρομικές εταιρείες. Αρχικά παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο βασίζεται η ανάπτυξη της μεθοδολογίας και στη συνέχεια γίνεται η αναλυτική παρουσίασή της.

- **Κεφάλαιο 8^ο – Εφαρμογή μεθοδολογίας**

Στο 8^ο κεφάλαιο γίνεται μία εφαρμογή της μεθοδολογίας για την καλύτερη κατανόησή της. Δημιουργήσαμε ένα σενάριο επιλέγοντας τα χαρακτηριστικά που επιθυμούμε να έχει η εξεταζόμενη σιδηροδρομική σύνδεση όσον αφορά στην υποδομή εντός του Εμπορευματικού Κέντρου, στην γραμμή σύνδεσης και στον τρόπο σύνδεσης με το κύριο δίκτυο. Με βάση τα χαρακτηριστικά του σεναρίου που επιλέχθηκαν, διαχωρίστηκαν στη συνέχεια περιπτώσεις με διαφορετικά σενάρια χρηματοδότησης του έργου έτσι ώστε να παρατηρήσουμε πώς επηρεάζεται η βιωσιμότητά του. Τέλος γίνεται και ανάλυση ευαισθησίας του αποτελέσματος σε σχέση με το μήκος της συνδετικής γραμμής και με την έκταση του Εμπορευματικού Κέντρου.

- **Κεφάλαιο 9^ο – Συμπεράσματα**

Στο κεφάλαιο αυτό συναψίζονται οι στόχοι, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας. Γίνεται μία αξιολόγηση της προτεινόμενης μεθοδολογίας με βάση τα αποτελέσματα της εφαρμογής της και τέλος διατυπώνονται απόψεις για περαιτέρω μελέτη της παρούσας μεθοδολογίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

2.1 Σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η ανάγκη για βελτίωση της ποιότητας και της αξιοπιστίας των εμπορευματικών μεταφορών έχει γίνει ανηλεπήτη εδώ και αρκετές δεκαετίες και προς αυτή την κατεύθυνση κινούνται σταδιακά όλες οι χώρες. Όσον αφορά τα Ευρωπαϊκά δεδομένα από τη δεκαετία του '60 πρωτοεμφανίστηκαν στη Γαλλία τα Εμπορευματικά Κέντρα και στη συνέχεια εξαπλώθηκαν και σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Με τον καιρό τα Εμπορευματικά Κέντρα άρχισαν να εκσυγχρονίζονται με σκοπό την εξυπηρέτηση της συνδυασμένης μεταφοράς. Τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζεται για τον ρόλο του σιδηροδρόμου στη συνδυασμένη μεταφορά. Στα πλαίσια της ακολουθίας μιας κοινής πολιτικής μεταφορών από τα κράτη μέλη, οι μεταφορές τέθηκαν στο επίκεντρο της οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης της Ευρώπης.

Εξαπίας αυτής της τάσης που επικρατεί στην Ευρώπη και όχι μόνο, αρκετές έρευνες και μελέτες έχουν διεξαχθεί με θέματα που αφορούν στην κατασκευή και λειτουργία Εμπορευματικών Κέντρων, στην χρήση συνδυασμένης μεταφοράς κλπ.

Η εταιρεία Network Rail στην οποία ανήκει η σιδηροδρομική υποδομή της Αγγλίας έχει συντάξει κάποιες απλές «οδηγίες» που αφορούν στη διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί από έναν ιδιώτη ο οποίος επιθυμεί να κατασκευάσει μια ιδιωτική δευτερεύουσα γραμμή που θα συνδέει τις εγκαταστάσεις του με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο. Μια από τις «οδηγίες» (Network Rail, "Guide to Freight Connections") περιγράφει τη διαδικαστική πλευρά του θέματος, το ιδιοκτησιακό καθεστώς, τις νομικές συμφωνίες που πρέπει να γίνουν, τα π μελέτες απαιτούνται κλπ. Η συγκεκριμένη οδηγία θα μπορούσε να φανεί χρήσιμη σαν ένα πρώτο

καθοδηγητικό εργαλείο σε μια εταιρεία που ενδέχεται να προχωρήσει σε μια τέτοια επένδυση.

Μια άλλη «οδηγία» που έχει συνταχθεί από την Network Rail αφορά στον σχεδιασμό της γραμμής σύνδεσης (Network Rail, "Design"). Παρουσιάζονται περιληπτικά κάποια βασικά στοιχεία και ιδιότητες που πρέπει να έχει η γραμμή σύνδεσης ή που πρέπει να αποφευχθούν για να επιτευχθεί ο βέλτιστος σχεδιασμός της. Τα στοιχεία και οι ιδιότητες αυτές παρουσιάζονται περιληπτικά :

- Ευέλικτη σύνδεση με την κύρια γραμμή.
- Οι σιδηροδρομικές εγκαταστάσεις πρέπει να είναι αναπόσπαστο κομμάτι του Εμπορευματικού Κέντρου.
- Αποφυγή μικρών ακτινών καμπυλότητας στην δευτερεύουσα γραμμή.
- Αποφυγή μεγάλων κατά μήκος κλίσεων στην δευτερεύουσα γραμμή.
- Αποφυγή εμπλοκών μεταξύ σιδηροδρόμου και άλλων μέσων
- Ελαχιστοποίηση απόστασης μεταφόρτωσης.
- Σχεδιασμός που προβλέπει μελλοντική περεταίρω ανάπτυξη.
- Ελαχιστοποίηση της όχλησης για γειτνιάζουσες περιοχές.
- Διαφήμιση της εγκατάστασης.

Σε κάποιες άλλες οδηγίες η Network Rail παρέχει πληροφορίες σχετικά με την μεταφορά των εμπορευμάτων, την επιλογή εμπορευματικής υπηρεσίας που ταιριάζει με τις ανάγκες του κάθε πελάτη, με το είδος και τον όγκο εμπορευμάτων που φορτώνονται σε ένα τρένο κλπ. Παρέχονται επίσης πληροφορίες σε σχέση με το είδος και τα χαρακτηριστικά των μοναδοποιημένων φορτίων συνδυασμένης μεταφοράς, καθώς και για τον σχεδιασμό ενός καινούριου Εμπορευματικού Κέντρου. Για το σχεδιασμό δίνονται κάποια απαραίτητα στοιχεία που πρέπει να έχει ένα Εμπορευματικό Κέντρο σε σχέση με την τοποθέτησή του στο χώρο (Network Rail, "Moving Freight", "Intermodal Services", "Terminal & Private Sidings", "Planning New Terminals").

Οι «οδηγίες» που δίνει η Network Rail είναι πολύ γενικές και βέβαια όταν έρχεται η στιγμή να αποφασίσει μια εταιρεία αν θα προχωρήσει στην κατασκευή μιας συνδετικής γραμμής λαμβάνονται υπ' όψη και πολλοί άλλοι παράγοντες και γίνεται λεπτομερής διερεύνηση του θέματος. Όμως οι οδηγίες αυτές δείχνουν προς ποίες κατευθύνσεις πρέπει να στραφεί και τι πρέπει να διερευνήσει κανείς.

Ένας πολύ σημαντικός οδηγός για την αξιολόγηση των σιδηροδρόμων είναι ο RAILPAG (Railway Project Appraisal Guidelines). Σκοπός του είναι να παρέχει ένα κοινό μεθοδολογικό πλαίσιο για την αξιολόγηση σιδηροδρομικών έργων στην Ευρώπη. Ο οδηγός αυτός έχει συνταχθεί ακολουθώντας μια πρωτοβουλία της

European Investment Bank (EIB) με την υποστήριξη της European Commission (DG TREN), διεθνών οικονομικών ιδρυμάτων και ομίλων της σιδηροδρομικής βιομηχανίας, οι οποίες συμμετέχουν σε μια οργανωτική επιτροπή που επιβλέπει την εξέλιξή του (www.railcad.com, επίσκεψη το 2007).

Μια μελέτη που αφορά στην δυνατότητα ανάπτυξης σιδηροδρομικής εμπορευματικής υποδομής ανατέθηκε στην "Intermodality LLP" από την "Transport for London". Αυτή η μελέτη σκοπιμότητας σκοπό έχει να παρέχει μια αρχική εκτίμηση επιλογών για την ανάπτυξη επιπλέον σιδηροδρομικών υποδομών στην περιοχή Barking και Dagenham στη Μεγάλη Βρετανία. Αρχικά γίνεται πρόβλεψη για τον φόρτο εμπορευματικής κυκλοφορίας από και προς την περιοχή για τα επόμενα 10-15 χρόνια και εντοπίζονται οι τομείς της αγοράς που είναι πιθανό να προσελκυσθούν από την επέκταση των υποδομών. Στη συνέχεια εντοπίζονται οι κρίσιμοι παράγοντες που θα παίξουν ρόλο στο να επιτευχθούν οι προβλέψεις. Ένας από τους κρίσιμους αυτούς παράγοντες είναι και η διαθεσιμότητα σιδηροδρομικής σύνδεσης με τις κύριες γραμμές. Ακολούθως γίνεται καταγραφή των είδη υπάρχοντων υποδομών στην ευρύτερη περιοχή και της ικανότητας διαχείρισης εμπορευμάτων που έχουν. Μετά γίνεται αναλυτικότερη περιγραφή των Εμπορευματικών Κέντρων σε τρεις περιοχές Barking (Freightliner), Dagenham (Ford) και Slade Green (ProLogis). Δίνονται στοιχεία όπως η έκτασή τους, οι συνδέσεις που υπάρχουν με σιδηρόδρομο ή αυτοκινητόδρομο, η ικανότητα διαχείρισης φορτίων που έχουν κλπ. Στη συνέχεια εξετάζονται οι πιθανές νέες συνδέσεις που μπορούν γίνουν με το σιδηροδρομικό και με το οδικό δίκτυο και παρουσιάζονται και κάποιες προτάσεις για την χωρική κατανομή των υποδομών μέσα στο Εμπορευματικό Κέντρο με μια αντίστοιχη χονδρική προλόγηση. Τέλος αναφέρονται κάποια γενικά συμπεράσματα και καταδεικνύεται η ανάγκη για περαιτέρω μελέτη. Παρατηρούμε ότι στη συγκεκριμένη μελέτη έχει προβλεφθεί ένας φόρτος εμπορευματικής κυκλοφορίας και προτείνονται κάποιες λύσεις με στόχο να μπορέσει να εξυπηρετηθεί ο φόρτος αυτός, χωρίς όμως να έχει γίνει αξιολόγηση των λύσεων.

Μια εργασία του J. P. Baumgartner, καθηγητή του Πολυτεχνείου της Λοζάνης η οποία αφορά στο κόστος του ταμεία των σιδηροδρόμων, μπορεί να μας φανεί αρκετά χρήσιμη. Η εργασία αυτή που έγινε το 2001 με τίτλο "Prices and costs in the railway sector" μας παρέχει ενδεικτικές τιμές για την σιδηροδρομική υποδομή σύμφωνα με τα δεδομένα του έτους 2000. Οι τιμές που έχουν υπολογιστεί αφορούν:

- Υποδομή και εξοπλισμό της γραμμής
 - Μελέτες
 - Απαλλοτριώσεις
 - Κατασκευή υποδομής γραμμής
 - Οικονομική ζωή υποδομών
 - Κόστος συντήρησης υποδομών
 - Κόστος επιδομής γραμμής (σιδηροτροχιές, στρωτήρες, έρμα)

- Οικονομική ζωή επιδομής
- Κόστος συντήρησης επιδομής
- Κόστος εξοπλισμού ηλεκτροκίνησης
- Κόστος σηματοδότησης
- Εξοπλισμός σταθερών σημείων
 - Κόστος αλλαγών, διασπυρώσεων
 - Κόστος σταθμών
 - Κόστος για σέρβις μηχανών
 - Οικονομική ζωή εξοπλισμού σταθερών σημείων
 - Κόστος συντήρησης εξοπλισμού σταθερών σημείων
- Οχήματα
 - Κόστος ηλεκτροκίνητων και δηζελοκίνητων μηχανών έλξης
 - Οικονομική ζωή ηλεκτροκίνητων και δηζελοκίνητων μηχανών έλξης
 - Κόστος συντήρησης ηλεκτροκίνητων και δηζελοκίνητων μηχανών έλξης
 - Κόστος βαγονιών για εμπορευματικές μεταφορές
 - Οικονομική ζωή βαγονιών για εμπορευματικές μεταφορές
 - Κόστος συντήρησης βαγονιών για εμπορευματικές μεταφορές
- Εξοπλισμός για συνδυασμένες μεταφορές
 - Κόστος εξοπλισμού για συνδυασμένες μεταφορές
 - Οικονομική ζωή εξοπλισμού για συνδυασμένες μεταφορές
 - Κόστος συντήρησης εξοπλισμού για συνδυασμένες μεταφορές
- Κατανάλωση ηλεκτρικής δύναμης
 - Ηλεκτροκίνηση
 - Δηζελοκίνηση

Η εργασία αυτή δεν είναι κατάλογος τιμών για ότι αφορά στους σιδηροδρόμους. Το κόστος πρέπει να υπολογίζεται για κάθε περίπτωση ξεχωριστά γιατί διαφοροποιείται. Όμως η εργασία αυτή αποτελεί σημαντική βοήθεια για να βρούμε την τάξη μεγέθους του κόστους ενός έργου που μελετάμε.

Στον Ελλαδικό χώρο το ενδιαφέρον για τη δημιουργία Εμπορευματικών Κέντρων εκδηλώθηκε τα τελευταία χρόνια. Έχουν γίνει κάποιες μελέτες για την κατασκευή Εμπορευματικών Κέντρων και για τη σύνδεσή τους με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο αλλά ακόμα δεν υπάρχει μεγάλη εμπειρία σ' αυτόν τον τομέα.

Μια έρευνα που έχει διεξαχθεί από το Πανεπιστήμιο του Αιγαίου από το Τμήμα Μηχανικών Οικονομίας & Διοίκησης το 2005, αφορά στη σύνδεση βιομηχανικών περιοχών με το σιδηροδρομικό δίκτυο. Συγκεκριμένα το ερευνητικό έργο αξιολογεί την χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική απόδοση 4 προτεινόμενων σιδηροδρομικών συνδέσεων των βιομηχανικών περιοχών στη Θιάβη Βοιωτίας-Οινοφύτων και στον Αλμυρό Μαγνησίας. Το ερευνητικό ενδιαφέρον έγκειται στην αποκλειστική χρήση συνδέσεων από βιομηχανικές μονάδες, στην εκτίμηση των ωφελειών και ιδιαίτερα των κοινωνικοοικονομικών και στην ενδεχόμενη αλληλεπίδραση των συνδέσεων.

Αρχικά γίνεται επικαιροποίηση του κόστους επένδυσης. Για κάθε μία από τις 4 συνδέσεις καταγράφονται τα εξής χαρακτηριστικά τους:

- Μήκος γραμμής σύνδεσης (m)
- Ταχύτητα μελέτης (km/h)
- Ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας (m)
- Μέγιστη κατά μήκος κλίση (‰)
- Γέφυρες (m)
- Σήραγγες (m)
- Cut & cover (m)
- Αποκατάσταση τοπικού οδικού δικτύου (m)

Στη συνέχεια γίνεται ο προϋπολογισμός της μελέτης και υπολογίζεται το κόστος αξιολόγησης. Μετά εκτιμώνται τα έσοδα λειτουργίας χρησιμοποιώντας κυρίως τους φόρτους των συνδέσεων από τις κυριότερες υφιστάμενες βιομηχανικές μονάδες. Γενικά οι τιμές στις οποίες βασίζεται η μελέτη είναι σταθερές τιμές του 2005. Υπολογίζονται έτσι τα έσοδα που θα προκύψουν από τις 4 εν δυνάμει συνδέσεις για το έτος 2010. Δίνεται επίσης μέσω γραφημάτων, η εξέλιξη του προβλεπόμενου μεταφορικού έργου και η εξέλιξη των προβλεπόμενων εσόδων μέχρι το έτος 2050.

Για την εκτίμηση του κόστους λειτουργίας ελήφθη υπ' όψη το σύνολο των σημαντικών συνιστωσών κόστους. Σύμφωνα με την συγκεκριμένη εργασία οι σημαντικοί παράγοντες του κόστους λειτουργίας είναι οι εξής:

- Κόστος διαχείρισης κυκλοφορίας
- Κόστος ελιγμών
- Κόστος οδήγησης συρμών
- Κόστος τροχαίου υλικού
- Κόστος υποδομής
- Γενικά έξοδα

Ο υπολογισμός των συνιστωσών του κόστους βασίστηκε σε συγκεκριμένες κρίσιμες παραμέτρους όπως ορίζονται στη συνέχεια:

- Χαρακτηριστικά μεγέθη μεταφορικού έργου (Όγκος έργου, διάνυση έργου, θέση προελεύσεων-προορισμών στο δίκτυο)
- Σχέδιο μεταφοράς (Απευθείας συρμοί, προσθήκη/αποκοπή φορτίων σε κόμβους)
- Χαρακτηριστικά τροχασίου υλικού (Μεταφορική ικανότητα φορτηγών οχημάτων, ελκτική ικανότητα κινητηρίων μονάδων)
- Αμοιβές προσωπικού (Μισθοδοσία διαφόρων κλάδων προσωπικού)

Έτσι για κάθε μια από τις 4 συνδέσεις υπολογίζεται το επίσης κόστος λειτουργίας της και το κόστος μεταφοράς 1 τόνου εμπορευμάτων σε απόσταση 1 χιλιομέτρου (Ελτν-κμ). Με ένα γράφημα δίνεται και η διαχρονική εξέλιξη του κόστους λειτουργίας μέχρι το έτος 2050.

Στη συνέχεια γίνεται η εκτίμηση των κοινωνικοοικονομικών ωφελειών. Τα οφέλη που υπολογίζονται είναι περιβαλλοντικά καθώς και οφέλη από μείωση επιχημάτων. Αφού εκτιμηθούν τα οφέλη για κάθε σύνδεση σε χρηματικές μονάδες και δοθεί και η εξέλιξη τους μέχρι το 2050, παρατίθενται και κάποιες προοπτικές ανάπτυξης των υπό εξέταση περιοχών.

Από το Μάιο του 1999 ως το Νοέμβριο του 2000 εκπονήθηκε μια μελέτη σκοπιμότητας-βιωσιμότητας του Διεθνούς Εμπορευματικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας στο νομό Κοζάνης (ΔΕΚΚ). Η μελέτη αυτή έγινε από την Αναπτυξιακή Εταιρεία Δυτικής Μακεδονίας (ΑΝΚΟ ΑΕ) σε συνεργασία με τον Ελληνικό Επιμελητηριακό Σύνδεσμο Μεταφορών (ΕΕΣΥΜ) και αποτελεί συνέχεια της προηγηθείσας μελέτης στρατηγικής χωροθέτησης του Ελληνικού Δικτύου Εμπορευματικών Κέντρων που εκπόνησε ο ΕΕΣΥΜ.

Βασικοί στόχοι της μελέτης είναι η εκτίμηση της οικονομικής βιωσιμότητας και σκοπιμότητας του ΔΕΚΚ, ο προσδιορισμός της ακριβούς θέσης που θα αναπτυχθεί, το μέγεθός του, το είδος των αναγκαίων λειτουργιών, σχετικών υποδομών και εξοπλισμού καθώς και γενικό σχέδιο ανάπτυξης του (Master Plan), οι τυχούσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το νομικό και διοικητικό πλαίσιο ίδρυσης και λειτουργίας του.

Για τις ανάγκες της μελέτης έγιναν τρεις έρευνες με χρήση ερωτηματολογίων. Έγινε έρευνα προθέσεων των επιχειρήσεων στην αγορά των μεταφορών, έρευνα για την επιλογή της θέσης εγκατάστασης του Εμπορευματικού Κέντρου και έρευνα παρά την οδό. Επειδή η ανταπόκριση στα ερωτηματολόγια ήταν σχεδόν μηδενική, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από προηγούμενες παρόμοιες έρευνες στα πλαίσια άλλων μελετών.

Για την επιλογή της ακριβούς θέσης έγινε μία αξιολόγηση και ιεράρχηση διαφόρων εναλλακτικών θέσεων κατά έναν ορθολογικό και συστηματικό τρόπο που λαμβάνει υπόψη τα βασικά κριτήρια σχεδιασμού, σε συνδυασμό με τις υφιστάμενες και προβλεπόμενες δεσμεύσεις και περιορισμούς και τον γενικότερο αναπτυξιακό σχεδιασμό του Νομού. Η εν λόγω αξιολόγηση και ιεράρχηση οδήγησε στην τελική επιλογή της θέσης.

Ως βασικά χαρακτηριστικά επιλογής προσδιορίστηκαν η γειτνίαση με τα βασικά χερσαία μεταφορικά δίκτυα της περιοχής και πρωτίστως με το βασικό οδικό δίκτυο της χώρας, η μορφολογία του εδάφους, η γειτνίαση με κύριους παραγωγικούς πόλους, η εξασφάλιση στοιχειωδών περιβαλλοντικών όρων, η εξασφάλιση εύκολης πρόσβασης των εργαζομένων και η εγγύτητά του προς το βασικό σιδηροδρομικό δίκτυο που αναμένεται να συμβάλλει στην προοπτική του ΔΕΚΚ να λειτουργήσει ως Κέντρο Συνδυασμένων Μεταφορών. Κατά την εξέταση των διαφόρων θέσεων ελήφθη υπόψη και η δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης.

Στη συνέχεια γίνεται προσδιορισμός των δραστηριοτήτων του ΔΕΚΚ και εκτίμηση της ικανότητάς του να συμβάλει στην ανάδειξη των συνδυασμένων μεταφορών. Κατόπιν διεξάγεται έρευνα για την εκτίμηση της εμπορευματικής κίνησης του ΔΕΚΚ και της ζώνης επιρροής του, η οποία πραγματοποιείται με δειγματοληπτική οδική έρευνα. Έχει αποδειχθεί ότι ο κυριότερος παράγοντας προσέλκυσης μετακινήσεων από κάποιο πόλο έλξης είναι το κόστος αφού και άλλοι παράγοντες όπως ο χρόνος, η ποιότητα παρεχόμενων υπηρεσιών, η ασφάλεια κλπ. αποτιμώνται μέσω του κόστους.

Για τις οδικές μεταφορές γίνεται η παραδοχή ότι οι επιχειρήσεις, που θα χρησιμοποιούσαν το Εμπορευματικό Κέντρο, θα διαφοροποιούσαν ελαφρά τη συνολική διαδρομή, διαιρώντας την σε δύο τμήματα: (α) από την Προέλευση του εμπορεύματος έως το Εμπορευματικό Κέντρο και (β) από το Εμπορευματικό Κέντρο έως τον τελικό Προορισμό του εμπορεύματος. Για να είναι συμφέρουσα αυτή η επιλογή διαδρομής θα πρέπει το κόστος της να είναι μικρότερο από την άλλη που δεν περιλαμβάνει το Εμπορευματικό Κέντρο. Εάν το κόστος μεταφοράς ανά τόνο εμπορεύματος πριν τη χρήση του Εμπορευματικού Κέντρου είναι $C_{ΠΕΝ}$, με τη χρήση του Εμπορευματικού Κέντρου είναι $C_{ΜΕΛΑ}$ και το κόστος χρήσης του Εμπορευματικού Κέντρου είναι $C_{ΠΚ}$, τότε το Εμπορευματικό Κέντρο θα προτιμηθεί εφόσον ισχύει η σχέση: $C_{ΜΕΛΑ} + C_{ΠΚ} < C_{ΤΟΙΚ}$. Για τις σιδηροδρομικές μεταφορές γίνεται μια πολύ σύντομη αναφορά και δεν παρουσιάζεται κάποιος συγκεκριμένος τρόπος προσέγγισης του θέματος.

Στη συνέχεια γίνεται προσδιορισμός των τύπων εγκαταστάσεων και εξοπλισμού του ΔΕΚΚ και προσδιορισμός του μεγέθους των εγκαταστάσεων, ενώ ακολουθεί η εκτίμηση του κόστους των αναγκαίων υποδομών και του

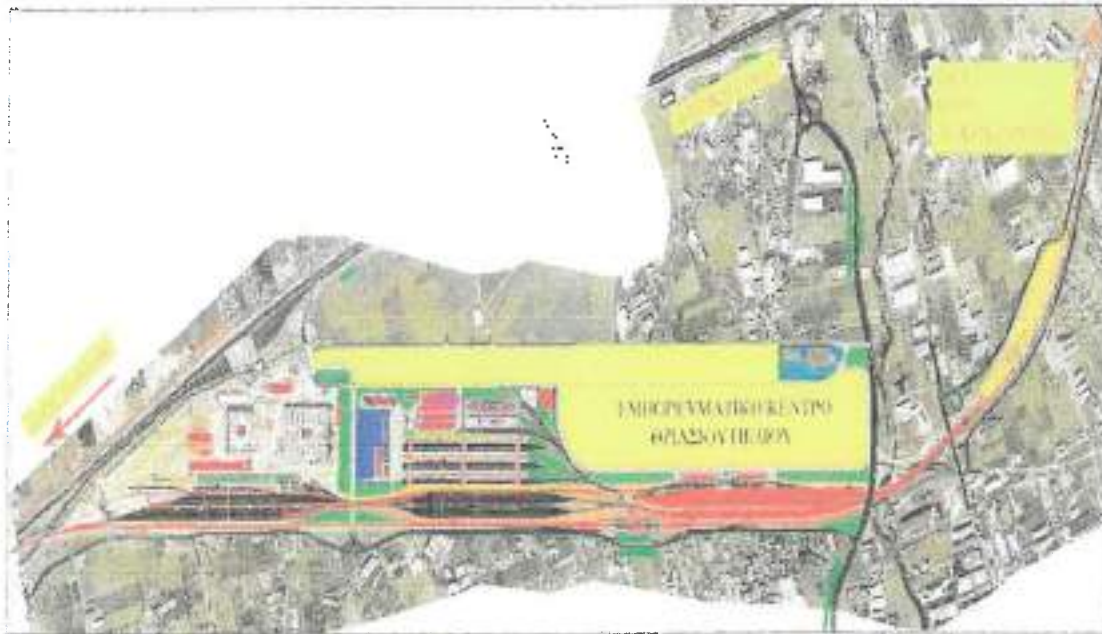
ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται και στην εξέταση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την ανάπτυξη του Εμπορευματικού Κέντρου.

Η μελέτη οικονομικής σκοπιμότητας και βιωσιμότητας είναι πολύ σημαντικό στάδιο της μελέτης. Η οικονομοτεχνική μελέτη ακολουθεί τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο εκπονείται η χρηματική αξιολόγηση της δημιουργίας του ΔΕΚΚ. Αναλύονται οι οικονομικές δραστηριότητες του Σταθμού, το επενδυτικό σχέδιο με (SWOT analysis- Δυνατότητες, αδυναμίες, ευκαιρίες, απειλές), το κόστος επένδυσης, οι σταθερές και μεταβλητές δαπάνες, καθώς και τα αναμενόμενα έσοδα. Μελετώνται οι ταμειακές και λογιστικές ροές σε χρονικό ορίζοντα εικοσαετίας και παρουσιάζονται τα πιθανά χρηματοδοτικά σενάρια λειτουργίας του σταθμού. Στο δεύτερο στάδιο εξετάζεται η οικονομική σκοπιμότητα του έργου σε σχέση κόστος – ωφέλειας και γίνεται η χρηματοοικονομική ανάλυση. Στο τρίτο στάδιο και αφού παρατεθούν οι χρηματοοικονομικοί δείκτες που προκύπτουν, αξιολογούνται οι επιπτώσεις της δημιουργίας του ΔΕΚΚ στο ευρύτερο οικονομικό επίπεδο.

Παρατηρούμε ότι στη μελέτη αυτή αν και προβλέπεται σύνδεση του εν δυνάμει Εμπορευματικού Κέντρου με το εθνικό σιδηροδρομικό δίκτυο, δεν διεξάγεται κομία έρευνα για τη σύνδεση αυτή, εκτός από κάποια θεωρητική αναφορά που γίνεται.

Μια άλλη εργασία που αφορά στο υπό κατασκευή συγκρότημα του Σιδηροδρομικού Εμπορευματικού Σταθμού του Θριάσιου Πεδίου έχει εκπονηθεί από την ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε., Υπηρεσία Σιδηροδρομικών Έργων και έχει δημοσιευθεί στα Τεχνικά Χρονικά Μάιος-Ιούνιος 2006. Στην εργασία αυτή εξετάζονται τόσο τα χαρακτηριστικά και οι λειτουργικοί στόχοι και απαιτήσεις του νέου Σιδηροδρομικού Εμπορευματικού Σταθμού Θριάσιου Πεδίου (ΣΕΣΘΠ), όσο και τα χαρακτηριστικά του Εμπορευματικού Κέντρου, που θα υλοποιηθεί από ιδιώτες και την ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ Α.Ε., στην άμεση γειτονία του ΣΕΣΘΠ. Παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά σύγχρονων Εμπορευματικών Κέντρων στην Ευρώπη με αναφορά στους κρίσιμους παράγοντες χωροθέτησης και ανάπτυξής τους. Έμφαση δίδεται στην κομβική και κεντροβορική χωροθέτηση του ΣΕΣΘΠ ως προς το εθνικό οδικό δίκτυο, και στη σύνδεσή του με το νέο Εμπορικό Λιμένα Ικονίου (ΟΛΠ) και τον Αερολιμένα Αθηνών (Ελ. Βενιζέλος). Περιγράφονται οι χρήσεις του ΣΕΣΘΠ βάσει των αναγκών του ΟΣΕ και της ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ Α.Ε., καθώς και οι προβλεπόμενοι διακινούμενοι φόρτοι, ο γενικός σχεδιασμός λειτουργίας του, και τα έως τώρα εκτελεσθέντα έργα και οι απομένουσες εργασίες για την πλήρη λειτουργία αυτού.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το Masterplan του Σιδηροδρομικού Εμπορευματικού Κέντρου Θριάσιου Πεδίου (ΣΕΚΘΠ).



Σχήμα 2.1: Masterplan του ΣΕΚΟΠ (Πηγή: «Σιδηροδρομικός Εμπορευματοκέντρο Θριάσιου Πεδίου», Τεχνικά Χρονικά Μάιος-Ιούνιος 2006)

Παρατηρούμε ότι και σε αυτή την εργασία αν και γίνεται εκτενής αναφορά στην σύνδεση του Εμπορευματοκέντρου Θριάσιου Πεδίου με το σιδηροδρομικό δίκτυο, δεν γίνεται καμία αξιολόγηση της σύνδεσης αυτής. Παρόλα αυτά όμως η εργασία μας παρέχει πολλά και χρήσιμα στοιχεία για τις εγκαταστάσεις που υπάρχουν εντός ενός Εμπορευματοκέντρου, για τα είδη των σιδηροδρομικών γραμμών, τις λειτουργίες που λαμβάνουν χώρα κλπ.

Ως απόρροια του Στρατηγικού Σχεδίου ανάπτυξης των Συγκοινωνιακών υποδομών της περιοχής του Λιμένα Αλεξανδρούπολης προκύπτει η εργασία «Σιδηροδρομική σύνδεση στα Ελληνικά Λιμάνια : Σχεδιασμός επιπιμμένου σιδηροδρομικού σταθμού Αλεξανδρούπολης» που εκπονήθηκε από τους Α. Γ. Καρλαύτη και Μ. Γ. Αυδάκη. Η προσπάθεια αυτή για την αναβάθμιση του Λιμένα της Αλεξανδρούπολης παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία στόχοι της οποίας είναι τρεις : Πρώτον, να γίνει ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των φορτίων τα οποία καλείται να εξυπηρετήσει το Λιμάνι. Δεύτερον, να χωροθετηθούν τόσο οι λιμενικές όσο και οι σιδηροδρομικές εγκαταστάσεις (χώροι σταθασίας Ε/Κ, χώροι αποθήκευσης, χώροι Ro-Ro, κλπ.) με βάση τους φόρτους οι οποίοι προκύπτουν από την ανάλυση του πρώτου σταδίου, και να εξασφαλιστεί η διαλειτουργικότητα των δύο δικτύων. Τρίτον, να σχεδιαστούν τα σιδηροδρομικά έργα και οι συνδέσεις αυτών μεταξύ τους αλλά και με το Λιμάνι.

Στα πλαίσια αυτά γίνεται αρχικά γεωγραφική ανάλυση της Ευρύτερης Περιοχής του Λιμένα Αλεξανδρούπολης. Στη συνέχεια ακολουθεί ο σχεδιασμός του

επιλιμένιου σιδηροδρομικού σταθμού Αλεξανδρούπολης. Περιγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση του Λιμένα και γίνεται προσδιορισμός των εμπορευματικών ροών καθώς και προβλέψεις για την διακίνηση των Εμπορευματοκιβωτίων στον Λιμένα. Η κατασκευή και χωροθέτηση των απαιτούμενων έργων βασίζεται σε δύο σενάρια, ένα αισιόδοξο και ένα απαισιόδοξο τα οποία περιγράφονται. Τέλος παρουσιάζεται ο Τεχνικός Σχεδιασμός του Εμπορευματικού Σιδηροδρομικού Σταθμού όπου αναφέρονται τα έργα που προβλέπεται να κατασκευασθούν. Βλέπουμε ότι δεν γίνεται ούτε στην παρούσα εργασία κάποια αξιολόγηση των προβλεπόμενων σιδηροδρομικών συνδέσεων ή κάποιου άλλου έργου.

2.2 Συμπεράσματα βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Παρατηρούμε ότι η ενασχόληση της επιστημονικής κοινότητας με θέματα που αφορούν την κατασκευή και λειτουργία Εμπορευματικών Κέντρων καθώς και σιδηροδρομικές συνδέσεις είναι εκτεταμένη. Παρ' όλα αυτά δεν υπάρχει κάποιο σαφές μεθοδολογικό πλαίσιο που να μπορεί να εφαρμοστεί για την αξιολόγηση σιδηροδρομικής σύνδεσης Εμπορευματικού Κέντρου.

Για τον λόγο αυτό θα προσπαθήσουμε συγκεντρώνοντας και χρησιμοποιώντας στοιχεία από τις υφιστάμενες μελέτες που αφορούν στα Εμπορευματικά Κέντρα και στη σιδηροδρομική γενικότερα να συνθέσουμε ένα μεθοδολογικό πλαίσιο με σκοπό να αποτελέσει βοήθεια για έναν ιδιοκτήτη Εμπορευματικού Κέντρου να ελέγξει εάν η κατασκευή υποδομής που θα εξυπηρετεί την σιδηροδρομική πρόσβαση στο Εμπορευματικό Κέντρο είναι οικονομικά βιώσιμη θεωρώντας ως μοναδική πηγή εισορών τα τέλη χρήσης της υποδομής που θα καταβάλλονται από τις σιδηροδρομικές εταιρείες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΡΑΜΜΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ

3.1 Εισαγωγή

Για την χάραξη μιας σιδηροδρομικής γραμμής κανονικού εύρους στην Ελλάδα χρησιμοποιείται ο Νέος Κανονισμός Επιδομής Γραμμής (Ν.Κ.Ε.Γ.) που συντάχθηκε για να εκσυγχρονίσει τους προϋπάρχοντες και για να εφαρμόσει ταχύτητες μέχρι 200km/h αφού μέχρι πρότινος η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα ήταν 100km/h. Ο Ν.Κ.Ε.Γ. είναι διαμορφωμένος στα πλαίσια διεθνών προδιαγραφών που είναι θεσπισμένες και κατοχυρωμένες με διεθνείς συμφωνίες.

Μια σιδηροδρομική γραμμή όμως που κατασκευάζεται αποκλειστικά για να ενώνει ένα Εμπορευματικό Κέντρο με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο χρησιμοποιείται μόνο από εμπορικές αμαξοστοιχίες και οι συνθήκες λειτουργίας της είναι διαφορετικές από αυτές του κύριου δικτύου. Τα βασικά σημεία διαφοροποίησης τους είναι τα ακόλουθα : Οι εμπορικές αμαξοστοιχίες έχουν μεγαλύτερο αξονικό φορτίο από τις επιβατικές και συνεπώς καταπονούν περισσότερο τις σιδηροτροχιές. Από την άλλη οι ταχύτητες που αναπτύσσουν είναι μικρότερες σε σχέση με τις επιβατικές και θεωρούμε ότι για την γραμμή σύνδεσης κυμαίνονται από 10km/h έως 70km/h. Τέλος ο κυκλοφοριακός φόρτος της γραμμής σύνδεσης είναι πολύ μικρότερος από τον φόρτο της κύριας γραμμής, δηλαδή ο μέσος αριθμός διελεύσεων ανά ημέρα διαφέρει κατά πολύ στις δύο γραμμές.

Με αφορμή αυτή τη διαφορετικότητα που παρατηρείται, στο παρόν κεφάλαιο θα προσπαθήσουμε να επεξεργαστούμε, με βάση τους υφιστάμενους κανονισμούς, τις παραμέτρους χάραξης μιας γραμμής ώστε να δώσουμε ένα σαφές πλαίσιο τιμών

που θα αφορά σε μία γραμμή χρησιμοποιούμενη αποκλειστικά από εμπορευματικά τρένα. Εκτός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της γραμμής, θα διερευνηθούν και ποιοτικά χαρακτηριστικά της..

3.2 Γεωμετρικά στοιχεία που υπεισέρχονται στη χάραξη μιας γραμμής

Εδώ αναφέρονται τα χαρακτηριστικά γεωμετρικά στοιχεία που χρειάζονται για τη χάραξη μιας γραμμής. Όπως προαναφέραμε επειδή η γραμμή σύνδεσης που μας ενδιαφέρει θα χρησιμοποιείται αποκλειστικά από εμπορευματικούς συρμούς, οι ταχύτητες οι οποίες μας ενδιαφέρουν και σύμφωνα με τις οποίες θα γίνουν οι υπολογισμοί κυμαίνονται από 10 έως 70 km/h. Τα γεωμετρικά αυτά στοιχεία είναι τα εξής :

Οριζοντιογραφικά :

- Η ευθεία
- Η κυκλική καμπύλη
- Η καμπύλη συναρμογής ή τόξο συναρμογής

Υψομετρικά :

- Η καμπύλη υψομετρικής συναρμογής
- Η υπερύψωση
- Η υψομετρική συναρμογή της υπερύψωσης (ράμπα υπερύψωσης)

Τα στοιχεία αυτά συνδυάζονται με την ταχύτητα σχεδιασμού V (km/h), την κατά μήκος κλίση s (‰), τη μη εξισορροπούμενη πλευρική επιτάχυνση b (m/s^2), το είδος των συρμών, την απόσταση μεταξύ των γραμμών και το κινηματικό περιτύπωμα (Λυμπέρης, Κ., 2004).

3.2.1 Χαρακτηριστικά στοιχεία στις καμπύλες

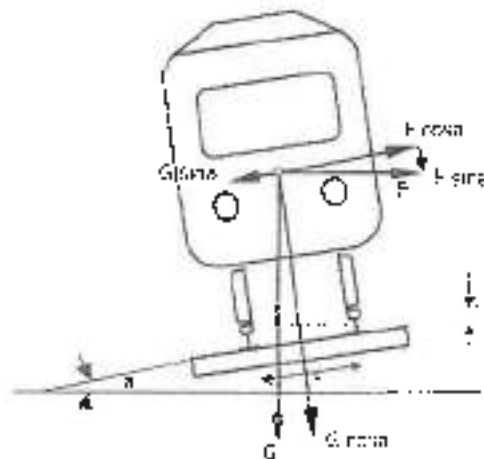
Μια σιδηροδρομική γραμμή θα μπορούσε να θεωρηθεί ιδανική ως προς τη γεωμετρία χάραξής της αν πληρούσε τις εξής προϋποθέσεις :

- Αποτελείται αποκλειστικά από ευθύγραμμα τμήματα
- Κείται, σε όλο το μήκος της, επί ενός οριζόντιου επιπέδου
- Δεν παρουσιάζει γεωμετρικά σφάλματα (www.survey.ntua.gr)

Αυτή είναι μια ιδανική κατάσταση η οποία δεν είναι εφικτή. Στην πραγματικότητα μια σιδηροδρομική γραμμή περιλαμβάνει καμπύλες τμήματα, έχει

κατά μήκος κλίση και τα γεωμετρικά σφάλματα είναι αναπόφευκτα ιδιαίτερα μετά από ένα διάστημα χρήσης της γραμμής εξαιτίας της υπερχόμενης φθοράς

Για να μπορέσει να κινηθεί ένα όχημα ή ένας συρμός σε κυκλικό τόξο απαιτείται η παρουσία της κεντρομόλου δύναμης που έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της καμπύλης. Το όχημα «αντιλαμβάνεται» την φυγόκεντρο δύναμη, την αδρανειακή δύναμη που είναι ίση και αντίθετη της κεντρομόλου. Για να περιοριστεί η επίδραση της φυγόκεντρου επιτάχυνσης η επιφάνεια κύλισης κατασκευάζεται με κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο με την εξωτερική τροχιά υπερυψωμένη σε σχέση με την εσωτερική.



Σχήμα 3.1: Ισορροπία του οχήματος σε κυκλική τροχιά (Πηγή : Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)

Εξετάζοντας την ισορροπία του οχήματος που κινείται ισοταχώς σε κυκλικό τόξο με υπερυψωμένη την εξωτερική σιδηροτροχιά προκύπτουν μέσω σχέσεων της φυσικής τύποι που αφορούν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της χάραξης και παρουσιάζονται στη συνέχεια.

3.2.1.1 Υπερύψωση γραμμής

Όταν ένα σιδηροδρομικό όχημα μάζας m κινείται με ταχύτητα V σε μια στροφή ακτίνας καμπυλότητας R , υπόκειται στην επίδραση φυγόκεντρης δύναμης F , η οποία το ωθεί προς το εξωτερικό της καμπύλης, εφαρμόζεται στο κέντρο βάρους του και είναι ίση με :

$$F = \frac{mV^2}{R} \quad (3.1)$$

Για να περιορίσουμε τις εγκάρσιες δυνάμεις που ασκούνται στην εξωτερική σιδηροτροχιά, την υπερυψώνουμε σε σχέση με την εσωτερική. Η υψομετρική αυτή διαφορά των δύο σιδηροτροχιών ονομάζεται «υπερύψωση γραμμής» (h) και εκφράζεται σε mm.

Η υπερύψωση που πρέπει να δοθεί στην εξωτερική σιδηροτροχιά για να εξισορροπηθεί πλήρως η αναπτυσσόμενη φυγόκεντρος δύναμη ονομάζεται **θεωρητική υπερύψωση h_s** και εκφράζεται από τον τύπο :

$$h_s = 11,8 \frac{V^2}{R} \quad (3.2)$$

όπου V η ταχύτητα σε km/h, R η ακτίνα καμπυλότητας σε m και h_s σε mm.

Παρατηρούμε ότι σε μια στροφή δεδομένης ακτίνας καμπυλότητας R , για διαφορετικές ταχύτητες διέλευσης αντιστοιχούν και διαφορετικές τιμές θεωρητικής υπερύψωσης. Συμπεραίνουμε ότι πρακτικά ποτέ δεν επιτυγχάνεται η ισορροπία αυτή γιατί :

- Ο μηχανοδηγός του συρμού είναι δύσκολο να διατηρήσει σταθερή τη την θεωρητική ταχύτητα για την συγκεκριμένη υπερύψωση.
- Η γεωμετρία της γραμμής παρουσιάζει αποκλίσεις κατά τη διάρκεια λειτουργίας.
- Το αμόξωμα λόγω της δευτερεύουσας ανάρτησης λαμβάνει διαφορετικές εγκάρσιες κλίσεις ως προς την επίκλιση της γραμμής (Λυμπέρης, Κ., 2004).

Έτσι διακρίνονται δύο περιπτώσεις :

Η περίπτωση στην οποία η συνιστώσα της επιτάχυνσης της βαρύτητας υπερτερεί της φυγόκεντρου επιτάχυνσης, γεγονός που σημαίνει ότι η κατασκευασθείσα υπερύψωση είναι μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για τη συγκεκριμένη ταχύτητα και έχουμε **πλεόνασμα υπερύψωσης h_s** .

Η περίπτωση στην οποία η συνιστώσα της φυγόκεντρου επιτάχυνσης υπερτερεί της επιτάχυνσης της βαρύτητας, γεγονός που σημαίνει ότι η κατασκευασθείσα υπερύψωση είναι μικρότερη από αυτή που απαιτείται για τη συγκεκριμένη ταχύτητα και έχουμε **ανεπάρκεια υπερύψωσης h_s** .

Στην πράξη εφαρμόζουμε την κανονική υπερύψωση h που είναι μία ενδιάμεση τιμή και ουσιαστικά εκφράζει την επιτόπου μετρούμενη υπερύψωση μιας συγκεκριμένης καμπύλης. Η τιμή της είναι πάντα μικρότερη από τη θεωρητική υπερύψωση που αντιστοιχεί στα πιο γρήγορα τρένα (h_v^{max}) και μεγαλύτερη από τη θεωρητική υπερύψωση που αντιστοιχεί στα πιο αργά τρένα (h_v^{min}). Εκφράζεται από τον τύπο :

$$h = \frac{160}{265} \cdot \frac{11.8V^2}{R} - \frac{7.12V^4}{R} \quad (3.3)$$

όπου V η μέγιστη εφαρμοζόμενη ταχύτητα σε km/h, R η ακτίνα της καμπύλης σε m και h η υπερύψωση σε mm.

Η ανεπάρκεια της υπερύψωσης h_a , η οποία ισούται με τη διαφορά της εφαρμοζόμενης υπερύψωσης h από τη θεωρητική h_v^{max} , που αντιστοιχεί στη μέγιστη ταχύτητα $V_{max}=70\text{km/h}$ για την περίπτωση μας εκφράζεται από τη σχέση $h_a = h_v^{max} - h$ και μπορούμε να την υπολογίσουμε από τον τύπο :

$$h_a = \frac{105}{265} \cdot \frac{11.8V^2}{R} = \frac{4.68V^2}{R} \quad (3.4)$$

όπου V η μέγιστη εφαρμοζόμενη ταχύτητα σε km/h, R η ακτίνα της καμπύλης σε m και h_a η ανεπάρκεια υπερύψωσης σε mm.

Το πλεόνασμα της υπερύψωσης h_e , το οποίο ισούται με τη διαφορά της θεωρητικής υπερύψωσης h_v^{min} που αντιστοιχεί στη θεωρούμενη σαν ελάχιστη ταχύτητα $V_{min}=10\text{km/h}$, από την εφαρμοζόμενη υπερύψωση h εκφράζεται από τη σχέση $h_e = h - h_v^{min}$ και μπορούμε να το υπολογίσουμε και από τον τύπο :

$$h_e = \frac{160}{265} \cdot \frac{11.8V^2}{R} - \frac{11.8V_{min}^2}{R} = \frac{11.8}{R} (0.60V^2 - V_{min}^2) \quad (3.5)$$

όπου V η μέγιστη εφαρμοζόμενη ταχύτητα σε km/h, R η ακτίνα της καμπύλης σε m, $V_{\min}$ η ελάχιστη ταχύτητα σε km/h και h_r το πλεόνασμα υπερύψωσης σε mm.

Στα ευθύγραμμα τμήματα των γραμμών, οι επιφάνειες κύλισης των σιδηροτροχιών τοποθετούνται στο ίδιο ύψος και για τις δύο τροχιοσειρές. Οι εφαρμοζόμενες υπερυψώσεις στρογγυλεύονται στα 5 mm και υπερυψώσεις με πμή μικρότερη των 20 mm δεν κατασκευάζονται. Στις κύριες γραμμές μέσα σε σταθμούς, η εφαρμοζόμενη υπερύψωση δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την τιμή $h = 100$ mm. Σε ειδικές περιπτώσεις, επιτρέπεται η εφαρμογή μεγαλύτερων υπερυψώσεων, ύστερα από έγκριση της ΔΓ. Στις περιπτώσεις που προκύπτουν αρνητικές τιμές (δηλαδή υποβιβασμοί – πράγμα απαράδεκτο), θα εφαρμόζεται μηδενική υπερύψωση.

Οι οριακές τιμές σύμφωνα με τους κανονισμούς για τα παραπάνω μεγέθη είναι :

- Οριακή πμή της υπερυψώσεως h που μπορεί να εφαρμοσθεί :

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

- Οριακή τιμή της ανεπάρκειας h_u της υπερυψώσεως :

$$h_u^{\max} = h_u^{\text{πμγ}} \cdot h = 105 \text{ mm}$$

- Οριακή τιμή του πλεονάσματος h_x της υπερυψώσεως :

$$h_x^{\max} = h - h_u^{\text{πκλ}} = 100 \text{ mm}$$

3.2.1.2 Μεταβολή της εφαρμοζόμενης υπερύψωσης στις παραβολικές συναρμογές ανά μονάδα μήκους

Η μετάβαση από ένα τμήμα γραμμής με μηδενική υπερύψωση, σε άλλο με υπερύψωση h , καθώς και η μετάβαση από τμήμα γραμμής με υπερύψωση h_1 σε τμήμα με υπερύψωση h_2 (μεγαλύτερη ή μικρότερη), πραγματοποιείται με ευθύγραμμο πρηνές υπερύψωσης.

Η μεταβολή της υπερύψωσης ανά μονάδα μήκους ονομάζεται κλίση του πρηνούς υπερύψωσης (i) και εκφράζεται με το λόγο : $i = \frac{\Delta h}{\Delta L}$ (3.6) , όπου Δh η μεταβολή υπερύψωσης που αντιστοιχεί σε μήκος συναρμογής ΔL .

Για την κλίση i του πρηνούς υπερύψωσης πρέπει να ισχύει :

$$i \leq \frac{144}{V_{\max}} \quad (3.7)$$

όπου το i εκφράζεται σε mm/m και $V_{\max}$ είναι η μέγιστη εφαρμοζόμενη ταχύτητα σε km/h

Αν από τον τύπο προκύψει τιμή κλίσεως $i > 2,5$ mm/m, εφαρμόζεται η τελευταία αυτή τιμή, δηλαδή η οριακή τιμή της εφαρμοζόμενης υπερυψώσεως ή στις παραβολικές συναρμογές ανά μονάδα μήκους είναι $i_{\max} = 2.5$ mm/m.

3.2.1.3 Μεταβολή της ανεπάρκειας της εφαρμοζόμενης υπερύψωσης στις παραβολικές συναρμογές ανά μονάδα χρόνου

Η μεταβολή μ της ανεπάρκειας υπερύψωσης ανά μονάδα χρόνου εκφράζεται με το λόγο : $\mu = \frac{\Delta \alpha}{\Delta \chi}$ (3.8) σε mm/sec, όπου $\Delta \alpha$ η μεταβολή της ανεπάρκειας υπερύψωσης σε χρονικό διάστημα $\Delta \chi$. Η μεταβολή αυτή, $\frac{\Delta \alpha}{\Delta \chi}$, υπολογίζεται συναρτήσει της αντίστοιχης μεταβολής της ανεπάρκειας υπερύψωσης μήκους ανά μονάδα μήκους $\frac{\Delta \alpha}{\Delta L}$, με τη σχέση :

$$\frac{\Delta \alpha}{\Delta \chi} = \frac{\Delta \alpha}{\Delta L} \cdot \frac{V_{\max}}{3,6} \quad (3.9)$$

και έχει σταθερή τιμή ίση με :

$$\mu = \frac{\alpha}{L} \cdot \frac{V_{\max}}{3,6} \quad (3.10)$$

όπου η ανεπάρκεια α εκφράζεται σε mm, το μήκος L σε m και η μέγιστη εφαρμοζόμενη ταχύτητα $V'_{\max}$ σε km/h.

Η οριακή τιμή της μεταβολής της ανεπάρκειας της εφαρμοζόμενης υπερύψωσης στις παραβολικές συναρμογές ανά μονάδα χρόνου είναι :

$$\mu = \frac{\Delta\alpha}{\Delta\chi} = 60 \text{ mm/sec}$$

3.2.2 Μέγιστες επιτρεπόμενες ταχύτητες στις καμπύλες, συναρτήσει της ακτίνας R της καμπύλης ή της υπερύψωσης ή της γραμμής

Η ακτίνα καμπυλότητας R , οι ταχύτητες διέλευσης V των συρμών και η υπερύψωση h της γραμμής συνδέονται με απλές μαθηματικές σχέσεις. Οι σχέσεις αυτές επιτρέπουν να επιλεγεί η κατάλληλη ακτίνα καμπυλότητας R στην οριζοντιογραφία, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται για την επιθυμητή ταχύτητα η ομαλή διέλευση των συρμών.

Η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα, συναρτήσει της ακτίνας R των κυκλικών καμπύλων, που είναι επακριβώς πασαλωμένες, εφόσον δεν συντρέχουν άλλοι περιορισμοί λόγω κατά μήκος κλίσης της γραμμής, κλίσης του πρανούς υπερύψωσης κλπ., θα υπολογίζεται με τον τύπο :

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{265R}{11.8}} = 4,74 \sqrt{R} \quad (3.11)$$

Στους τύπους αυτούς η ταχύτητα V εκφράζεται σε km/h και η ακτίνα R σε m

Από την επίλυση της εξίσωσης (3.11) ως προς το R προκύπτει ο εξής αντίστοιχος τύπος :

$$R_{\min} = \frac{11,8 V'^2_{\max}}{265} = 0,045 V'^2_{\max} \quad (3.12)$$

που δίνει την ελάχιστη ακτίνα $R_{\min}$ συναρτήσει της μέγιστης ταχύτητας $V'_{\max}$.

Οι επιτρεπόμενες από τον Κανονισμό Κινησεως μέγιστες ταχύτητες δεν πρέπει να υπερβαίνονται.

Η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα $V_{\max}$ για μια καμπύλη με ακτίνα R , συναρτήσει μόνο της υπερύψωσης, δίνεται από τον τύπο :

$$V_{\max} = 0.375\sqrt{R \cdot h} \quad (3.13)$$

Η μέγιστη δυνατή ταχύτητα – επιτρεπτή μόνο ύστερα από έγκριση της ΔΓ – σε μια καμπύλη με ακτίνα R , συναρτήσει μόνο της υπερύψωσης, δίνεται από τον τύπο :

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{R}{11.8} (h + 105)} \quad (3.14)$$

Ο τύπος (3.14) για $h = 0$ γίνεται : $V_{\max} = 2.98\sqrt{R} \quad (3.14\alpha)$

Και για $h = 160$ γίνεται : $V_{\max} = 4.74\sqrt{R} \quad (3.14\beta)$

3.2.3 Εφαρμογές των τύπων για ταχύτητες 10km/h-70km/h

Εφαρμόζοντας τους τύπους (3.12), (3.3), (3.4) και (3.5) προκύπτουν οι παρακάτω πμές για την ελάχιστη ακτίνα, την υπερύψωση, την ανεπάρκεια υπερύψωσης και το πλεόνασμα υπερύψωσης, οι οποίες αφορούν ταχύτητες από 10 km/h έως 70 km/h.

Πίνακας 3.1: Τιμές ελάχιστης ακτίνας, υπερύψωσης, ανεπάρκειας υπερύψωσης και πλεονάσματος υπερύψωσης σε σχέση με την ταχύτητα

Ταχύτητα $V(\text{km/h})$	$R_{\min}(\text{m})$	Υπερύψωση $h(\text{mm})$	Ανεπάρκεια υπερύψωσης $h_a(\text{mm})$	Πλεόνασμα υπερύψωσης $h_s(\text{mm})$
70	220,5	158,22	104	151,98
60	162	158,22	104	150,05
50	112,5	158,22	104	146,84
40	72	158,22	104	140,94
30	40,5	158,22	104	128,20
20	18	158,22	104	91,78
10	4,5	158,22	104	-104,89

Επίσης από τον τύπο (3.7) προκύπτει και η μέγιστη αποδεκτή τιμή της κλίσης του πραναύς υπερύψωσης i που είναι : $i \leq \frac{144}{70} = 2,057 \text{ mm/m}$

Τέλος υπολογίζεται από τον τύπο (3.10) η μεταβολή της ανεπάρκειας υπερύψωσης ανά μονάδα χρόνου σε συνάρτηση με το μήκος L , που είναι :

$$\mu = \frac{104}{L} \cdot \frac{70}{3,6} - \frac{2022,2}{L} \text{ mm/sec}$$

Επειδή όμως οι εφαρμοζόμενες υπερυψώσεις στρογγυλοποιούνται στα 5 mm, προκύπτουν οι ακόλουθες τιμές υπερύψωσης, ανεπάρκειας υπερύψωσης και πλεονάσματος υπερύψωσης :

Πίνακας 3.2: Τιμές ελάχιστης ακτίνας, υπερύψωσης, ανεπάρκειας υπερύψωσης και πλεονάσματος υπερύψωσης σε σχέση με την ταχύτητα, στρογγυλοποιημένες στα 5 mm

Ταχύτητα $V(\text{km/h})$	$R_{\min}$ (m)	$R_{\min}$ (m) πραγματική	Υπερύψωση $h(\text{mm})$	Ανεπάρκεια υπερύψωσης $h_a(\text{mm})$	Πλεόνασμα υπερύψωσης $h_p(\text{mm})$
70	220,5	220,5	155	100	100
60	162	170	155	100	100
50	112,5	170	155	100	100
40	72	170	155	100	100
30	40,5	170	155	100	100
20	18	170	155	100	90
10	4,5	170	155	100	0

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των τύπων για την ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας, την υπερύψωση, την ανεπάρκεια και το πλεόνασμα υπερύψωσης πρέπει να ελεγχθούν ως προς την δυνατότητα εφαρμογής τους στην πράξη. Όσον αφορά στην τιμή της ελάχιστης ακτίνας καμπυλότητας παρατηρούμε ότι προκύπτουν κάποιες πολύ μικρές τιμές για μικρές ταχύτητες. Αυτές οι τιμές δεν είναι εφαρμόσιμες στην πράξη. Η ελάχιστη χρησιμοποιούμενη τιμή για ακτίνες καμπυλότητας είναι 170m (Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδος). Η ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας έχει επιλεγεί με κρίσιμη παράμετρο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των σιδηροδρομικών οχημάτων και όχι με βάση την ταχύτητα. Έτσι όλα τα σιδηροδρομικά οχήματα που υπάρχουν αυτή τη στιγμή στην κυκλοφορία μπορούν να διαγράψουν καμπύλες με ακτίνα 170m.

Γενικά, κατά την επιλογή των τιμών των παραμέτρων χάραξης γίνεται διαχωρισμός μεταξύ τιμών που λαμβάνονται συνήθως και των οριακών. Οι οριακές τιμές καλό είναι να επιλέγονται σε περιπτώσεις που δεν είναι δυνατό να γίνει κάτι άλλο (και όχι για να *μη* γίνει κάτι άλλο). Η χρησιμοποίηση οριακών τιμών οδηγεί στο άμεσο χρονικό διάστημα λειτουργίας σε υπέρβασή τους, με συνέπεια τη συχνή συντήρηση της γραμμής, κάτι που δημιουργεί υψηλές λειτουργικές δαπάνες. Επίσης η ταχύτητα σχεδιασμού οφείλεται να διατηρείται στο μεγαλύτερο τμήμα της γραμμής προκειμένου να εξασφαλίζεται αφενός σταθερή πορεία του συρμού και αφετέρου να ελαχιστοποιείται το λειτουργικό κόστος (π.χ. μείωση της κατανάλωσης ενέργειας) (Λυμπέρης, Κ., 2004).

3.3 Καθορισμός κρίσιμων παραμέτρων για τη χάραξη

Οι παράμετροι της χάραξης που μας ενδιαφέρουν στην παρούσα φάση είναι αυτές που επηρεάζουν σημαντικά το κόστος κατασκευής της γραμμής σύνδεσης. Γι' αυτό το λόγο διεξοδικά θα ασχοληθούμε μόνο με αυτές που θεωρούμε κρίσιμες. Ότι αφορά στις οριζόντιες και τις κατακόρυφες συναρμογές, αναφέρεται στους κανονισμούς και παρατίθεται στο παράρτημα στο τέλος της διπλωματικής εργασίας.

3.3.1 Ακτίνα καμπυλότητας R

Όπως παρατηρούμε από τον πίνακα 3.2 προκύπτουν κάποιες τιμές για την ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας από τον τύπο $R_{\min} = \frac{11,8 V_{\text{km/h}}^2}{265} = 0,045 V_{\text{km/h}}^2$ που συσχετίζει την ακτίνα καμπυλότητας με την ταχύτητα του συρμού. Αρχικά πρέπει να αναφερθεί ότι αν το ανάγλυφο της περιοχής το επιτρέπει, καλό είναι να χρησιμοποιούνται όσο το δυνατόν μεγαλύτερες ακτίνες καμπυλότητας που σίγουρα είναι και πιο οικονομικές στην κατασκευή τους. η κύλιση του συρμού είναι πιο ομαλή, η ταχύτητα που μπορεί να έχει ο συρμός δεν περιορίζεται λόγω της καμπυλότητας και επίσης δεν γίνεται χρήση οριακών ημίων.

Βέβαια και τα παραπάνω είναι σχετικά. Σε περίπτωση που η χάραξη της γραμμής γίνεται σε πεδινό έδαφος, μπορούμε θεωρητικά να χρησιμοποιήσουμε μεγάλες ακτίνες καμπυλότητας. Μπορεί όμως η συγκεκριμένη χάραξη με τις μεγάλες ακτίνες καμπυλότητας να απαιτεί πολλές απαλλοτριώσεις που θα αυξήσουν σημαντικά το κόστος και τελικά ίσως να είναι συμφέρουσα κάποια άλλη λύση που οι ακτίνες καμπυλότητας να είναι μικρότερες. Αντίθετα σε μια ορεινή περιοχή ίσως να είναι πιο συμφέρουσα μια χάραξη με μικρές ακτίνες καμπυλότητας προκειμένου να αποφευχθούν κάποια τεχνικά έργα που κοστίζουν πολύ όπως οι γέφυρες, τα τούνελ κλπ. Συμπερασματικά καλό είναι να χρησιμοποιούνται μεγάλες ακτίνες καμπυλότητας και να αποφεύγονται οι πολύ μικρές χωρίς όμως αυτό να αποτελεί κανόνα σε κάθε περίπτωση. Η κάθε χάραξη είναι διαφορετική και πρέπει να αντιμετωπίζεται με κριτικό πνεύμα έτσι ώστε να γίνει η κατάλληλη επιλογή ακτίνων.

3.3.2 Κατά μήκος κλίση s (‰)

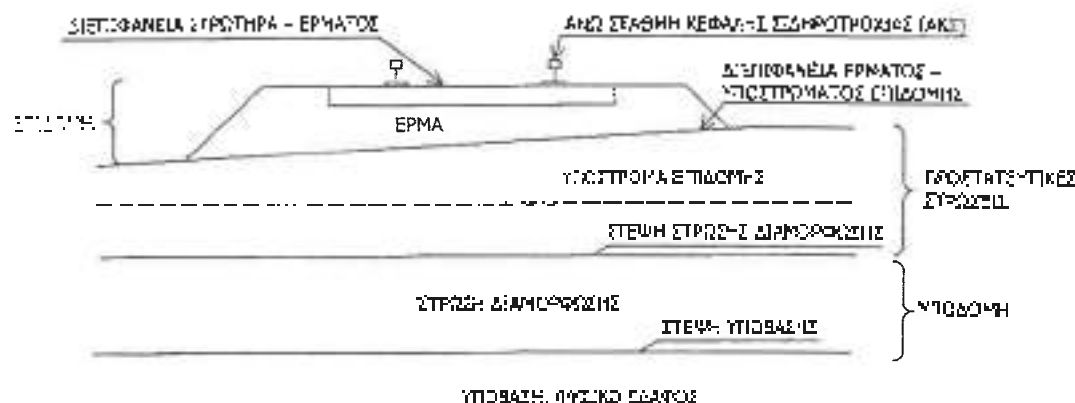
Η κατά μήκος κλίση είναι μία ακόμη κρίσιμη παράμετρος στη χάραξη μιας γραμμής που μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το κόστος κατασκευής της καθώς και την κατανάλωση καυσίμων των ελκτικών μηχανών, επηρεάζει δηλαδή και το λειτουργικό κόστος.

Η κατά μήκος κλίση που χρησιμοποιείται σε κύριες γραμμές υπερσυστικών σιδηροδρόμων δεν υπερβαίνει την τιμή 12,5‰ ενώ ο ΟΣΕ δέχεται 16‰. Στους σταθμούς η κατά μήκος κλίση οφείλει να μην υπερβαίνει το 2,5‰ και σε γραμμές σταθμών διαλογής το 1,67‰. Σε σιδηράγγες μήκους μικρότερο των 1000 m δεν πρέπει να υπερβαίνει το 2‰ ενώ για μήκος μεγαλύτερο των 1000 m δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1‰ (Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές Π.Ε.ΤΕ.Π.). Στην περίπτωση της γραμμής σύνδεσης που αφορά μόνο εμπορευματικούς συρμούς οι κλίσεις μπορεί να διαφέρουν επειδή οι ταχύτητες είναι μικρές και το ελκόμενο βάρος πολύ μεγάλο και γι' αυτό η κινητική ενέργεια των συρμών ίσως να μην επαρκεί για να υπερβούν τις κλίσεις αυτές.

Όταν η χάραξη γίνεται σε πεδινό έδαφος όπου η κατά μήκος κλίση είναι μικρή ή και μηδενική, είναι μειωμένες οι χωματουργικές εργασίες και η κατανάλωση ενέργειας της μηχανής έλξης είναι στα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα. Αντίθετα όταν το ανάγλυφο της περιοχής μας αναγκάσει να χρησιμοποιήσουμε μεγαλύτερες κλίσεις οι χωματουργικές εργασίες καθώς και η κατανάλωση ενέργειας είναι αυξημένες. Όταν πρόκειται για χάραξη σε ορεινή περιοχή ο περιορισμός της μέγιστης χρησιμοποιούμενης κλίσης μπορεί να επιβίβει την κατασκευή τεχνικού έργου όπως γέφυρα ή τούνελ, γεγονός που θα αυξήσει σημαντικά το κόστος.

3.4 Υλικά της επιδομής γραμμής

Εκτός από το χαρακτηριστικά της χάραξης της σιδηροδρομικής γραμμής σημαντικά παράγοντα του κόστους της γραμμής αποτελεί και η επιδομή. Τα υλικά της επιδομής μιας γραμμής είναι η σιδηροτροχιά, οι στρωτήρες και το έρμα. Στο παρακάτω Σχήμα 3.2 φαίνεται σχηματικά η δομή μιας σιδηροδρομικής γραμμής (επιδομή, προστατευτικές στρώσεις, υποδομή).



Σχήμα 3.2: Δομή σιδηροδρομικής γραμμής (Πηγή : Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)

3.4.1 Σιδηροτροχιά

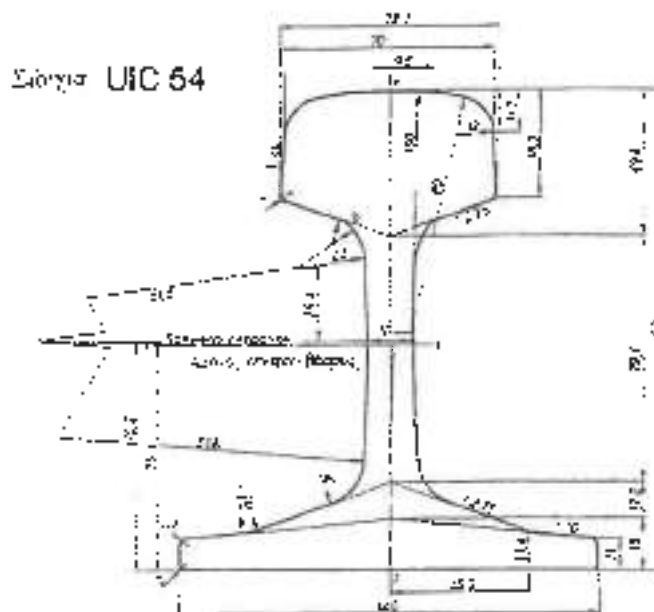
Η σιδηροτροχιά είναι στοιχείο της επιδομής που έχει σκοπό να παραλάβει τα φορτία από τους τροχούς και να τα μεταβιβάσει στους στρωτήρες, καθώς επίσης και να καθοδηγεί τους τροχούς και να τους προσφέρει μια ευθείαγενή επιφάνεια κύλισης.

Οι γενικές απαιτήσεις στη σιδηροτροχιά είναι οι ακόλουθες (Λυμπέρης, Κ., 2004) :

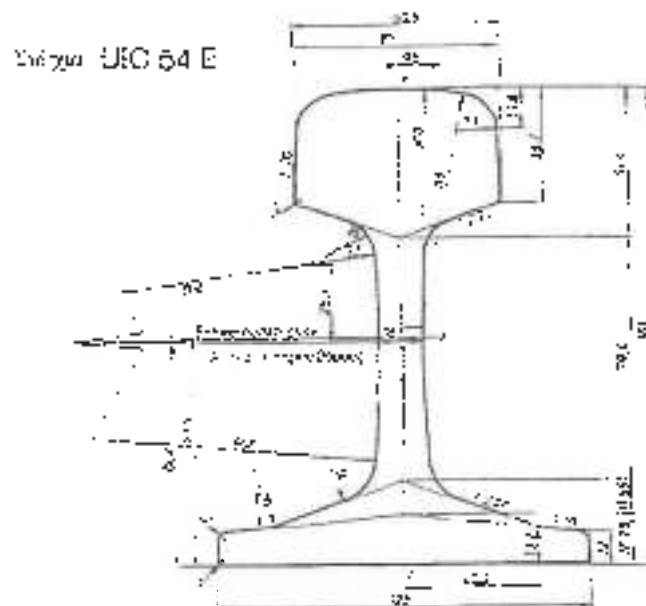
- Ικανοποιητικό πλάτος της επιφάνειας κύλισης και τέτοια διαμόρφωση ώστε οι πιέσεις να είναι όσο το δυνατόν μικρές
- Ποσότητα υλικού τέτοια, ώστε να εξασφαλίζεται (με την προβλεπόμενη φθορά) μεγάλη ενεργός διάρκεια ζωής της
- Επάρκεια της φέρουσας ικανότητας και ακαμψίας της σιδηροτροχιάς (αρκετό πάχος, προβλεπόμενης και της ελάττωσης του υλικού λόγω σκουριάς)
- Πλάτος πέλματος τέτοιο, ώστε σταθερή έδραση και μικρή πίεση επί του στρωτήρα
- Πάχος πέλματος τέτοιο για επαρκή ακαμψία
- Ροπή αντίστασης της σιδηροτροχιάς όσο το δυνατόν μεγαλύτερη έναντι κατακόρυφων δυνάμεων (σχέση διατομών κεφαλής/πέλματος με διατομή κορμού)
- Ροπή αντίστασης της σιδηροτροχιάς όσο το δυνατόν μεγαλύτερη έναντι οριζόντιων δυνάμεων για επαρκή πλευρική ακαμψία
- Σταθερή έναντι ανατροπής (σχέση ύψους/πέλματος)

- Κέντρο βάρους της επιφάνειας διατομής στο μισό ύψος της περίπου
- Υποδοχή του αμφιδέτη στη μορφή του αμφιδέτη
- Στρογγύλευση των θέσεων μετάβασης των τάσεων για την ευχερέστερη κατανομή των τάσεων στη διατομή της σιδηροτροχιάς με όσο το δυνατόν μεγαλύτερες ακτίνες

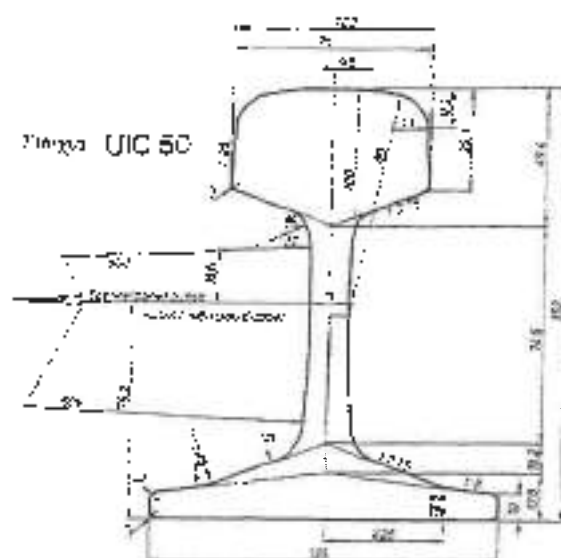
Οι σιδηροτροχιές και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους που χρησιμοποιούνται σήμερα στην Ευρώπη και σε Οργανισμούς της UIC (Union International des Chemins de fer) φαίνονται στα παρακάτω σχήματα.



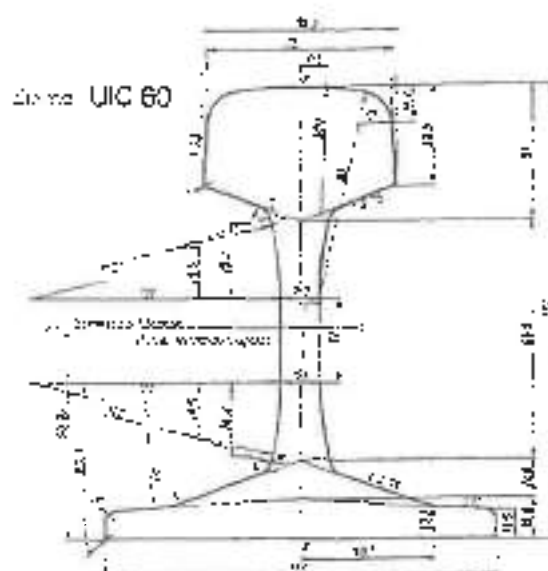
Σχήμα 3.3: Σιδηροτροχιά UIC 54 (Πηγή : Oberbau-Profille, Oberbau-Fertigteile VOEST-ALPINE, Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)



Σχήμα 3.4: Σιδηροτροχιά UIC 54 E (Πηγή : Oberbau-Profil, Oberbau-Fertigtelle VOEST-ALPINE, Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)



Σχήμα 3.5: Σιδηροτροχιά UIC 50 (Πηγή : Oberbau-Profil, Oberbau-Fertigtelle VOEST-ALPINE, Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)



Σχήμα 3.6: Σιδηροτροχιά UIC 60 (Πηγή : Oberbau-Profile, Oberbau-Fertigtelle VOEST-ALPINE, Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)

Η κάθε κατηγορία σιδηροτροχιάς έχει διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά καθώς και διαφορετική αντοχή. Η επιλογή της σιδηροτροχιάς βασίζεται στις απαιτήσεις αντοχής που έχουμε σε κάθε περίπτωση. Οι κύριες γραμμές στις οποίες οι διελεύσεις συρμών είναι πολύ συχνές είναι λογικό ότι θα χρειάζονται σιδηροτροχιές υψηλότερης αντοχής από μια γραμμή που οι διελεύσεις είναι πολύ λίγες. Ο ΟΣΕ χρησιμοποιεί κατά κύρια λόγο την σιδηροτροχιά UIC 54. Στην περίπτωση της γραμμής σύνδεσης του Ε/Κ με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο θα μπορούσε να εξεταστεί και το ενδεχόμενο χρήσης σιδηροτροχιάς με μικρότερες αντοχές και επομένως πιο οικονομικής, αν αναλογιστούμε ότι οι διελεύσεις συρμών θα είναι περιορισμένες. Απ' την άλλη βέβαια πρέπει να ληφθεί υπ' όψη και το γεγονός ότι πρόκειται για εμπορευματικούς συρμούς που έχουν μεγαλύτερο φορτίο ανά άξονα απ' ότι ένας επιβατικός συρμός. Τα φορτία ανά άξονα θα αναλυθούν περαιτέρω στην ενότητα που αφορά την κατάταξη των γραμμών.

3.4.2 Στρωτήρες

Οι στρωτήρες είναι διαδοκίδες τοποθετημένες εγκάρσια ως προς τον άξονα της γραμμής, με σκοπό να εδράζονται οι σιδηροτροχιές, να διατηρούν την απόσταση μεταξύ των σιδηροτροχιών σταθερή και να διανέμουν τις τάσεις στο έρμα (Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη Σιδηροδρομική»).

Τα είδη των στρωτήρων είναι τα εξής :

- Ξύλινοι

- Μεταλλικοί
 - Συνήθεις
 - Υψιλον Υ
- Από σπλισμένο σκυρόδεμα
 - Διμερείς
 - Ολόσωμοι
 - Πλασιόμορφοι (RS 95, δBB)
 - Πλατιάς βάσης (BBS 2, DB)
 - Ολόσωμοι για σταθερή επιδομή

Οι ξύλινοι στρωτήρες κατασκευάζονται είτε από μαλακό είτε από σκληρό ξύλο. Το μαλακό ξύλο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κυμπύλες με $R < 1000m$ ή σε κατά μήκος κλίσεις $> 5\%$ και σε ισόπεδες διαβάσεις. Το σκληρό ξύλο χρησιμοποιείται σε σήραγγες, σε τμήματα γραμμής με ηλεκτρικά κυκλώματα και σε αλλαγές τροχιάς. Οι ξύλινοι στρωτήρες έχουν αρκετά πλεονεκτήματα και είναι ανθεκτικοί σε μεγάλες καταπονήσεις κατά την κυκλοφορία των συρμών και κατά την φορτοεκφόρτωσή τους αλλά είναι πολύ ακριβοί λόγω της περιορισμένης υλοτομίας.

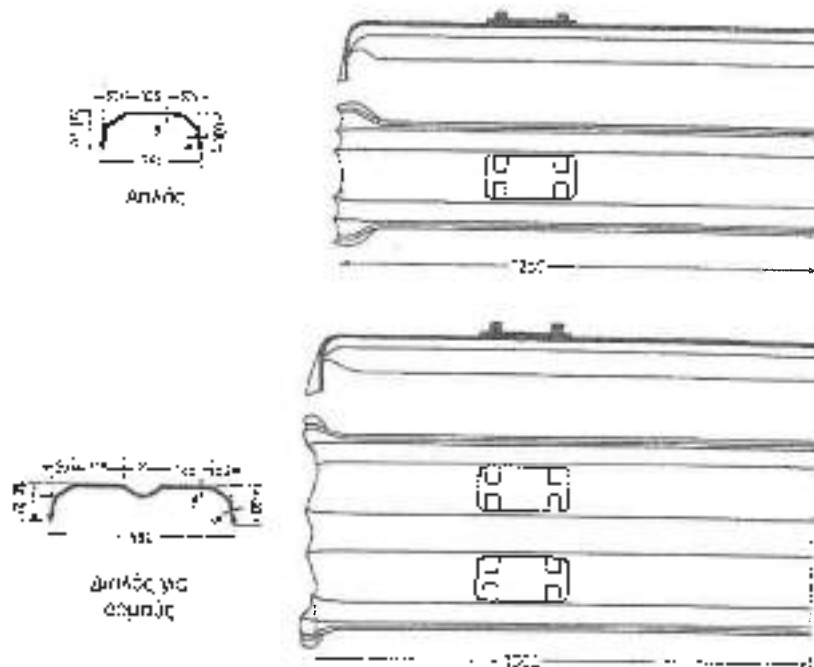
Οι στρωτήρες από σκυρόδεμα έχουν μεγαλύτερο βάρος, το οποίο επιδρά ευνοϊκά από κάθε άποψη για τη σταθερότητα της επιδομής καθώς και μεγάλη διάρκεια ζωής (ήδη > 40 έτη χωρίς αντικατάσταση). Σημαντικό πλεονέκτημά τους είναι και το χαμηλό κόστος τους. Οι στρωτήρες από σκυρόδεμα λόγω του μεγάλου βάρους τους είναι δυσπανηρότεροι στη μετακίνηση και αντικατάστασή τους και επίσης είναι δαπανηροί σε ειδικά μήκη όπως στις αλλαγές τροχιάς.

Όσον αφορά στους μεταλλικούς στρωτήρες, αυτοί διαμορφώνονται εύκολα με κατάλληλα έλαστρα και πρέσες και επομένως είναι εύκολη η κατασκευή τέτοιων ειδικού μήκους για τις αλλαγές. Επιπλέον δεν είναι ευαίσθητοι στις μεγάλες καταπονήσεις, έχουν μεγάλη ενεργό διάρκεια ζωής και μικρή διακύμανση τιμών. Τα μειονεκτήματα των μεταλλικών στρωτήρων από άποψη κόστους είναι ότι έχουν μεγάλο κόστος συντήρησης και τοποθέτησης, είναι δαπανηρή η μόνωση και η συντήρηση της σιδηροτροχιάς και η επεξεργασία τους είναι δαπανηρότερη έναντι αυτής των ξύλινων στρωτήρων. Τέλος είναι ευαίσθητοι στις χημικές επιδράσεις από τον αέρα (συνήθως πλησίον σε βιομηχανικές περιοχές).

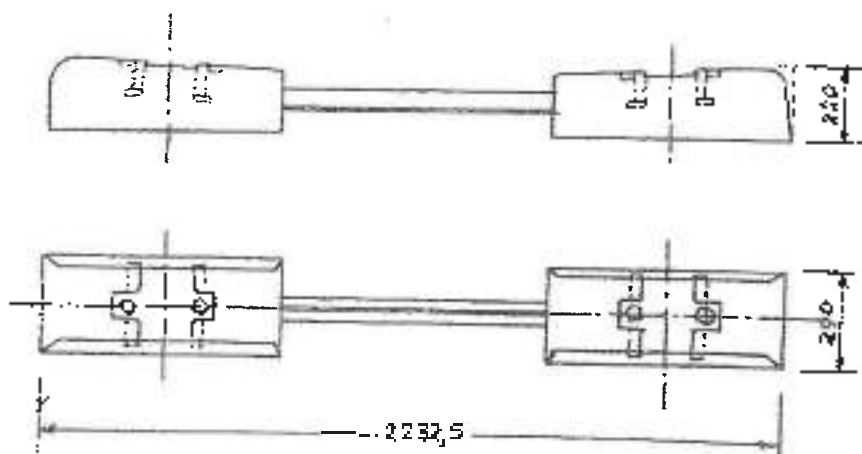
Ένυ πρώτο συμπέρασμα που εξάγεται από τη σύγκριση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των διάφορων τύπων στρωτήρων είναι ότι για τη γραμμή σύνδεσης του Ε/Κ με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο ενδείκνυται να χρησιμοποιηθούν μπετονένιοι στρωτήρες. Στα τμήματα αλλαγών τροχιάς θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν μεταλλικοί στρωτήρες που είναι αρκετά οικονομικοί και ανθεκτικοί στις καταπονήσεις, αλλά αν το Ε/Κ βρίσκεται σε βιομηχανική περιοχή

καλό θα ήταν να χρησιμοποιούνται ξύλινοι στρωτήρες αφού οι μεταλλικοί είναι ευαίσθητοι στις χημικές επιδράσεις από τον αέρα.

Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται κάποια χαρακτηριστικά είδη στρωτήρων.

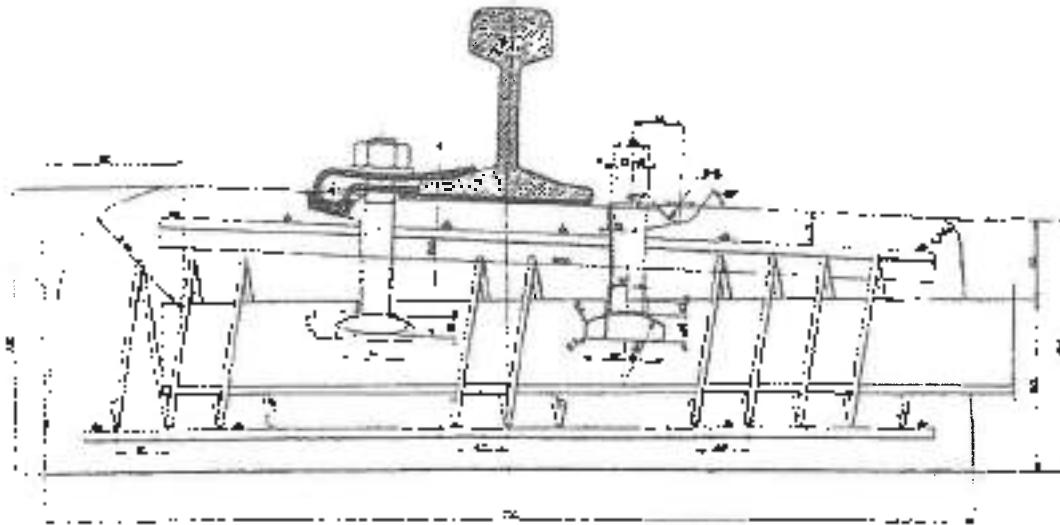


Σχήμα 3.7: Μεταλλικοί στρωτήρες (Πηγή : Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)

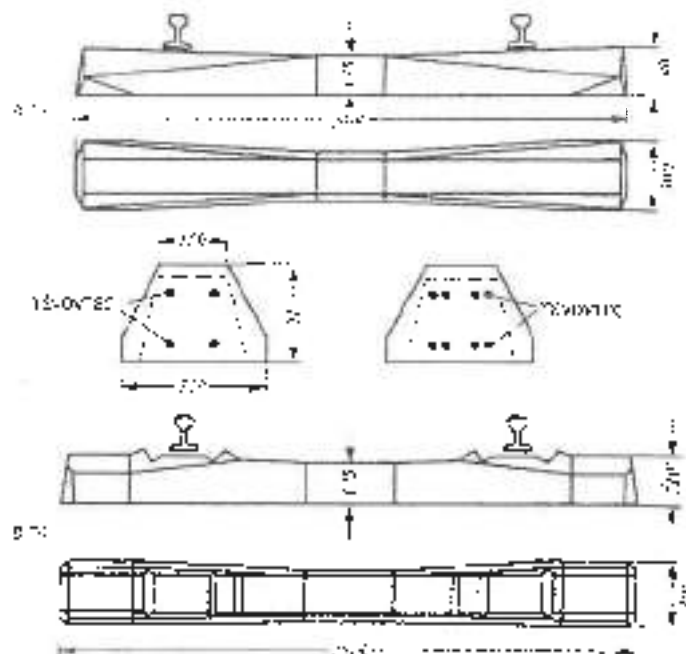


Σχήμα 3.8: Στρωτήρες από οπλισμένο σκυρόδεμα διμερείς (Πηγή : Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)

Οι διμερείς στρωτήρες αποτελούνται από δύο τεμάχια οπλισμένου σκυροδέματος συνδεδεμένα μεταξύ τους με μεταλλική ράβδο που καταπονείται σε εφελκυσμό.



Σχήμα 3.9: Τομή του ενός μέρους διμερούς στρωτήρα από οπλισμένο σκυρόδεμα (Πηγή : Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)



Σχήμα 3.10: Ολόσωμοι στρωτήρες από προεντεταμένο σκυρόδεμα (Πηγή : Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)

3.4.3 Έρμα

Το έρμα είναι η στρώση μεταξύ στρωτήρα και υπεδάφους. Σκοπός της ύπαρξής του είναι η ομοιόμορφη κατανομή της πίεσης των στρωτήρων στην υποδομή, η εξασφάλιση στους στρωτήρες (και κατ' επέκταση στη γραμμή) επαρκούς αντίστασης έναντι εγκάρσιας και κατά μήκους μετακίνησης, διατήρηση της γραμμής σε ξηρή κατάσταση με εξασφάλιση αεροδιαπερατότητας και υδατοπερατότητας και τέλος ελαστική συμπεριφορά (Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)

Το υλικό στρώσης που χρησιμοποιείται είναι το χαλίκι. Είναι θραυστό, διαβαθμισμένο, φυσικό πέτρωμα. Τα πιο κατάλληλα πετρώματα είναι τα μαγματικά και μια καλή διαβάθμιση είναι 25/65 mm. Για την καταλληλότητα του έρματος συνεκτιμώνται και καθαρά μηχανικές ιδιότητες όπως η αντοχή σε θλίψη, η αντοχή σε κρούση και η πυκνότητα του πετρώματος.

Εναλλακτική λύση, εκτός από την χρήση έρματος, είναι η σταθερή επιδομή. Η σταθερή επιδομή έχει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι της κλασσικής επιδομής με έρμα. Δεν χρειάζεται σχεδόν καθόλου συντήρηση, το ύψος της κατασκευής είναι μικρό, παρέχει υπερβολική ασφάλεια, παρέχει δυνατότητα χάραξης μικρότερων παραμέτρων κλπ. Τα κυριότερα μειονεκτήματά της είναι το μεγαλύτερο κόστος κατασκευής, η περισσότερη διαδικασία για επιδιόρθωση ή αντικατάσταση και το γεγονός ότι απαιτείται επιπλέον αντιθρομβική στρώση.

3.5 Κατάταξη γραμμών – Όρια φόρτωσης βαγονιών

Σκοπός μας σε αυτό το σημείο είναι η κατάταξη της γραμμής ή τμημάτων της γραμμής σε κατηγορίες, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ελέγξουμε αν αυτή μπορεί να δεχτεί ένα βαγόνι όπως επίσης και για να καθορίσουμε το μέγιστο φορτίο του με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του : απόσταση των αξόνων, φορτίο ανά άξονα και φορτίο ανά μονάδα μήκους. Το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο για κάθε τύπο βαγονιού μπορεί να υπολογιστεί με βάση τα παραπάνω κριτήρια

3.5.1 Κατηγορίες γραμμών

Η κάθε κατηγορία γραμμής ορίζεται από 3 τιμές που αφορούν στο βαγόνι σχεδιασμού της που παρουσιάζεται στον πίνακα 3.3, οι οποίες είναι οι εξής :

- Φορτίο ανά άξονα
- Φορτίο ανά μονάδα μήκους
- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αποστάσεων των αξόνων

Όταν η καθορισμένη κατηγορία του βαγονιού είναι μικρότερη ή ίση με την κατηγορία της γραμμής, τότε το όχημα έχει την άδεια να εισέλθει στη γραμμή. Όταν όμως η καθορισμένη κατηγορία του βαγονιού υπερέχει της κατηγορίας της γραμμής, τότε το όχημα μπορεί να τρέξει στη γραμμή μόνο κατόπιν ειδικής συμφωνίας.

3.5.2 Κατάταξη γραμμών

Οι εταιρείες σιδηροδρομικών υποδομών πρέπει να κατατάσσουν τις γραμμές τους ή τα τμήματα των γραμμών τους στις κατηγορίες γραμμών A, B1, B2, C2, C3, C4, D2, D3, D4, E4 και E5 όπως ορίζονται στον πίνακα 3.3. Επιπλέον οι εταιρείες σιδηροδρομικών υποδομών πρέπει να διαλέγουν μία κατηγορία γραμμής που να ταιριάζει με τις συνθήκες λειτουργίας.

Για να αποφασίσουμε την κατηγορία στην οποία θα κατατάξουμε μια γραμμή, ο σιδηρόδρομος θα πρέπει να λάβει υπ' όψη του ένα τρένο που θα αποτελείται από απεριόριστο αριθμό βαγονιών σχεδιασμού σε συμφωνία με τα δεδομένα του πίνακα 3.3.

Όταν ορίζεται μία κατηγορία γραμμής σε ένα τμήμα γραμμής, η σιδηροδρομική εταιρεία πρέπει να λαμβάνει υπ' όψη της την ικανότητα ανάληψης φορτίου από την υποδομή (σιδηροδρομική γραμμή, γέφυρες, αναχώματα, άλλες κατασκευές που υποστηρίζουν την γραμμή κλπ.) και από κάθε άλλη σχετική υποδομή καθώς και λειτουργικές μελέτες που λαμβάνουν υπ' όψη τους την κατάσταση της υποδομής και τη μέγιστη ταχύτητα για την κατηγορία γραμμής και το είδος κυκλοφορίας που επιτρέπεται από την σιδηροδρομική εταιρεία.

Περιορισμοί ταχύτητας μπορεί να επιβάλλονται σε συγκεκριμένα τμήματα γραμμών ή σε ειδικές κατασκευές. Κάθε σιδηροδρομική εταιρεία πρέπει να καθορίζει τους περιορισμούς ταχύτητας, εάν υπάρχουν, σε συμφωνία με τους δικούς της κανονισμούς που βασίζονται στα χαρακτηριστικά της υποδομής, των απαιτήσεων λειτουργίας κλπ.

Το αν ένα βαγόνι μπορεί να γίνει δεκτό σε μια γραμμή αποφασίζεται με βάση τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά από άποψη απόστασης αξόνων, φορτίο ανά άξονα και φορτίο ανά μονάδα μήκους. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ωφέλιμο φορτίο και το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο άξονα κάθε τύπου βαγονιού που αντιστοιχεί σε κάθε κατηγορία γραμμής εξάγεται από αυτά τα κριτήρια. Το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο άξονα για κάθε κατηγορία γραμμής δίνεται στον πίνακα 3.3. Περιορισμοί ισχύουν και για τις μηχανές κίνησης καθώς και για άλλου είδους οχήματα.

3.5.3 Όρια φόρτισης βαγονιών

Το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο που μπορεί να μεταφερθεί από ένα βαγόνι, από την άποψη της γραμμής και των κατασκευών, είναι η χαμηλότερη τιμή που προκύπτει από τους ακόλουθους τύπους :

$$X = nP - T$$

$$Y = L\rho - T$$

$$Z = nP_r - T$$

Όπου .

n : αριθμός αξόνων του βαγονιού

ρ : φορτία ανά μονάδα μήκους του βαγονιού

L : μήκος ανάμεσα στους προφυλακτήρες του βαγονιού

T : απόβαρο του βαγονιού

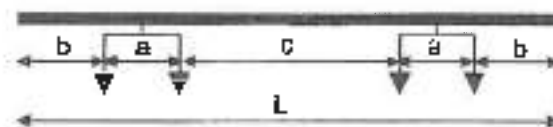
P : φορτίο ανά άξονα του βαγονιού

P_r : μειωμένο φορτίο ανά άξονα του βαγονιού

Το απόβαρο που λαμβάνεται υπόψη είναι το μέσο απόβαρο.

Πίνακας 3.3: Μοντέλα φόρτωσης (βαγόνια σχεδιασμού) που αντιπροσωπεύουν τις κατηγορίες γραμμών (Πηγή : UIC CODE 700 OR, "Classification of lines-Resulting load limits for wagons")

Κατηγορία	Φορτίο ανά άξονα	Φορτίο ανά μονάδα μήκους	Γεωμετρικά χαρακτηριστικά
A	$P=16t$	$p=5,0t/m$	$a=1,80m$ $b=1,50m$ $c=8,20m$ $L=12,80m$
B1	$P=18t$	$p=5,0t/m$	$a=1,80m$ $b=1,50m$ $c=7,80m$ $L=14,40m$
B2	$P=18t$	$p=6,4t/m$	$a=1,80m$ $b=1,50m$ $c=4,65m$ $L=11,25m$
C2	$P=20t$	$p=6,4t/m$	$a=1,80m$ $b=1,50m$ $c=5,90m$ $L=12,50m$
C3	$P=20t$	$p=7,2t/m$	$a=1,80m$ $b=1,50m$ $c=4,50m$ $L=11,10m$
C4	$P=20t$	$p=8,0t/m$	$a=1,80m$ $b=1,50m$ $c=3,40m$ $L=10,00m$
D2	$P=22,5t$	$p=6,4t/m$	$a=1,80m$ $b=1,50m$ $c=7,45m$ $L=14,05m$
D3	$P=22,5t$	$p=7,2t/m$	$a=1,80m$ $b=1,50m$ $c=5,90m$ $L=12,50m$
D4	$P=22,5t$	$p=8,0t/m$	$a=1,80m$ $b=1,50m$ $c=4,65m$ $L=11,25m$
E4	$P=25t$	$p=8,0t/m$	$a=1,80m$ $b=1,50m$ $c=5,90m$ $L=12,50m$
E5	$P=25t$	$p=8,8t/m$	$a=1,80m$ $b=1,50m$ $c=4,75m$ $L=11,35m$



Όπου :

a =απόσταση μεταξύ αξόνων

b =απόσταση από τον τελευταίο άξονα ως το τέλος του πλησιέστερου προφυλακτήρα

c =απόσταση μεταξύ των δύο εσωτερικών αξόνων

L =μήκος του βαγονιού από το ένα άκρο του ενός προφυλακτήρα ως το άλλα άκρο του άλλου.

Στο δίκτυο του ΟΣΕ τα βαγόνια που χρησιμοποιούνται είναι τετραξονικά. Στον παρακάτω πίνακα δίνεται το επιτρεπόμενο μέγιστο φορτίο ανά άξονα P , για τις διάφορες κατηγορίες γραμμών σε σχέση με τις διαστάσεις a και b .

Πίνακας 3.4: Επιτρεπόμενο μέγιστο φορτίο ανά άξονα P , για τις διάφορες κατηγορίες γραμμών σε σχέση με τις διαστάσεις a και b (Πηγή : UIC CODE 700 OR, "Classification of lines-Resulting load limits for wagons")

Τιμές των διαστάσεων		Κατηγορίες γραμμών					Τιμές των διαστάσεων	
a (m)	b (m)	A (t)	B2 B1 (t)	C4 C3 C2 (t)	D4 D3 D2 (t)	E5 E4 (t)	b (m)	a (m)
1,80	1,50	16	18	20	22,5	25	1,50	1,80
	1,40	15	17	19	21,5	24	1,40	
	1,30	15	16,5	18,5	20,5	23	1,30	
	1,20	14	16	18	20	22	1,20	
1,70	1,50	15,5	17,5	19,5	22	23,5	1,50	1,70
	1,40	15	17	19	21	23,5	1,40	
	1,30	14	16	18	20	22,5	1,30	
	1,20	14	15,5	17,5	19,5	21,5	1,20	
1,60	1,50	15	17	19	21	22,5	1,50	1,60
	1,40	14,5	16,5	18,5	20	22,5	1,40	
	1,30	14	15,5	17,5	19	22	1,30	
	1,20	13,5	15	17	18,5	21	1,20	
1,50	1,50	14,5	16,5	18,5	20	21	1,50	1,50
	1,40	14	16	18	19,5	21	1,40	
	1,30	13,5	15,5	17,5	19	21	1,30	
	1,20	13	14,5	17	18	20,5	1,20	
1,40	1,50	13,5	15,5	17	19	20	1,50	1,40
	1,40	13,5	15,5	17	18,5	20	1,40	
	1,30	13	15	16,5	18,5	20	1,30	
	1,20	12	14	15,5	17,5	20	1,20	
1,30	1,50	13	15	16,5	18,5	18,5	1,50	1,30
	1,40	13	15	16,5	18,5	18,5	1,40	
	1,30	12,5	14,5	16,5	18	18,5	1,30	

	1.20	11.5	13.5	15.5	17	18,5	120	
--	------	------	------	------	----	------	-----	--

3.5.4 Κατάταξη γραμμών με σκοπό τη συντήρησή τους

Ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που έχουν άμεση επιρροή στην συντήρηση της γραμμής. Με σκοπό τη διευκόλυνση οικονομικών μελετών και συγκρίσεων μεταξύ διαφορετικών σιδηροδρόμων, οι γραμμές κατατάσσονται σε ομάδες ανάλογα με το είδος κυκλοφορίας τους και με το φορτίο που δέχονται. Γι' αυτό το σκοπό θα χρησιμοποιηθεί μια θεωρητική τιμή κυκλοφορίας λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα της ταχύτητας και της φθοράς που προκαλούν τα φορτία των αξόνων.

Η κατάταξη των γραμμών θα αποφασίζεται με βάση τον θεωρητικό κυκλοφοριακό φόρτο T_f που εκφράζεται με τον ακόλουθο τύπο :

$$T_f = S_m (K_n \cdot T'_n - K_r \cdot T_m) \quad (3.15)$$

Όπου :

T'_n : Το ημερήσιο μικτό βάρος του εμπορευματικού φορτίου που μεταφέρεται

T_m : Η μέση ημερήσια χωρητικότητα ελκτικών μονάδων που χρησιμοποιούνται στην εμπορευματική κυκλοφορία, σε τόνους

K_n : Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την επιρροή του φορτίου και της φθοράς που επιφέρουν τα εμπορευματικά οχήματα, ο οποίος συνήθως αντιστοιχεί στις ακόλουθες τιμές : $K_n = 1,15$

και για γραμμές βαρείας κυκλοφορίας :

$K_n = 1,30$ για κυκλοφορία που βασίζεται κυρίως σε οχήματα 20t ανά άξονα (>50% της κυκλοφορίας) ή για σημαντικό ποσοστό της κυκλοφορίας με 22,5t ανά άξονα (>25% της κυκλοφορίας)

ή $K_n = 1,45$ για κυκλοφορία που βασίζεται κυρίως σε 22,5t ανά άξονα (>50% της κυκλοφορίας) ή για κυκλοφορία που το μεγαλύτερο μέρος της αποτελείται από 20t ή περισσότερο ανά άξονα (>75% της κυκλοφορίας)

K_r : συντελεστής με τον οποίο λαμβάνεται υπ' όψη η φθορά που προκαλείται από τους άξονες των μονάδων έλξης και έχει τιμή ίση με 1,40.

S_m : Σχετίζεται με την ταχύτητα των συνήθων εμπορευματικών τρένων. Οι τιμές του

S_m που μας ενδιαφέρουν για τη γραμμή σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου με

το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο είναι $S_m = 1,00$ για ταχύτητα $V \leq 60$ km/h, και $S_m = 1,05$ για ταχύτητες $60 \text{ km/h} < V \leq 80 \text{ km/h}$.

Ο τύπος (3.15) έχει προκύψει από τον τύπο που προτείνει ο κώδικας της UIC στο τεύχος UIC Code 714 R, ο οποίος αφορά σε γραμμές μικτής κυκλοφορίας. Επειδή στην περίπτωση της γραμμής σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο θα υπάρχει μόνο κυκλοφορία εμπορευματικών συρμών, οι όροι που αφορούσαν σε επιβατικές αμαξοστοιχίες έχουν αφαιρεθεί. Έτσι προκύπτει ο τύπος (3.15) για καθαρά εμπορευματική κυκλοφορία.

Οι γραμμές κατατάσσονται σε ομάδες ανάλογα με την τιμή της θεωρητικής τους κυκλοφορίας όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 3.5:

Πίνακας 3.5: Κατάταξη γραμμών σε ομάδες ανάλογα με την θεωρητική τους κυκλοφορία (Πηγή : UIC Code 714 R, "Classification of lines for the purpose of track maintenance")

Ομάδες	Τιμές θεωρητικής κυκλοφορίας
Ομάδα 1	$130000 \text{ v/d} < T_r$
Ομάδα 2	$80000 \text{ v/d} < T_r \leq 130000 \text{ v/d}$
Ομάδα 3	$40000 \text{ v/d} < T_r \leq 80000 \text{ v/d}$
Ομάδα 4	$20000 \text{ v/d} < T_r \leq 40000 \text{ v/d}$
Ομάδα 5	$5000 \text{ v/d} < T_r \leq 20000 \text{ v/d}$
Ομάδα 6	$T_r \leq 5000 \text{ v/d}$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ

4.1 Εισαγωγή

Παρότι ο σχεδιασμός Εμπορευματικών Κέντρων (ως χώρων αποθήκευσης, διαμεταφοράς και μεταφόρτωσης) άρχισε στην Ευρώπη κατά τη δεκαετία του 1960, ο σύγχρονος σχεδιασμός περιλαμβάνοντας ολοκληρωμένες υπηρεσίες, άρχισε στην Ευρώπη περί το τέλος της δεκαετίας του 1980. Η άνθισή τους σημειώθηκε κατά την περίοδο 1992-1998, όταν τα περισσότερα Ευρωπαϊκά κράτη, και ειδικά αυτά με μεγάλη εξάρτηση από το σιδηροδρομικό τους δίκτυο, εκτίμησαν την πολυδιάστατη συνεισφορά τους στην οικονομία και στον εξορθολογισμό του συστήματος των εμπορευματικών μεταφορών τους, και άρχισαν να επενδύουν σε Εμπορευματικά Κέντρα.

Ένα πρόσφατο χαρακτηριστικό είναι η ενίσχυση της Ευρωπαϊκής πολιτικής υπέρ της ανάπτυξης του σιδηροδρομικού, ώστε να επιτευχθεί η αποσυμφόρηση του οδικού δικτύου και η μείωση ρυτίων και ατυχημάτων. Αυτό διαφαίνεται και στον Ευρωπαϊκό σχεδιασμό για τις μεταφορές (γνωστό ως TEN-T, 1996-2010), καθώς και στα Ευρωπαϊκά κανόνια για τα Εμπορευματικά Κέντρα και τις μεταφορές εν γένει (Τεχνικά Χρονικά Μάιος-Ιούνιος 2006, «Σιδηροδρομικός Εμπορευματικός Σταθμός Θρίσσιου Πεδίου»).

Παρατηρείται ότι το 30% περίπου των Εμπορευματικών Κέντρων στην Ευρώπη διαθέτει σιδηροδρομική σύνδεση, ενώ στην Γαλλία, στην Ιταλία και στη Γερμανία σχεδόν όλα είναι συνδεδεμένα με το σιδηροδρομικό δίκτυο. Η σιδηροδρομική υποδομή εντός των Εμπορευματικών Κέντρων παρουσιάζει ενδιαφέρον ως προς τη χωροθέτησή της, την έκτασή της, τις λειτουργίες που εξυπηρετεί κλπ. Για την παρούσα διπλωματική εργασία το ενδιαφέρον εστιάζεται

κυρίως στο κόστος που αφορά στη σιδηροδρομική υποδομή εντός του Εμπορευματοκέντρου. Στη συνέχεια θα παρασχεθούν μερικά παραδείγματα υφιστάμενων ή υπό μελέτη Εμπορευματοκέντρων που θα μας βοηθήσουν να διαμορφώσουμε μια εικόνα για τη σιδηροδρομική υποδομή τους και συσχετίζοντας τη με κάποιους άλλους παράγοντες να εξαγάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα.

4.2 Παραδείγματα υφιστάμενων ή υπό μελέτη Εμπορευματοκέντρων

4.2.1 Σιδηροδρομικός Εμπορευματικός Σταθμός Θριάσιου Πεδίου

Ο Σιδηροδρομικός Εμπορευματικός Σταθμός Θριάσιου Πεδίου βρίσκεται ήδη σε φάση κατασκευής. Το Συγκρότημα Εγκαταστάσεων Θριάσιου αποτελείται από δύο τμήματα:

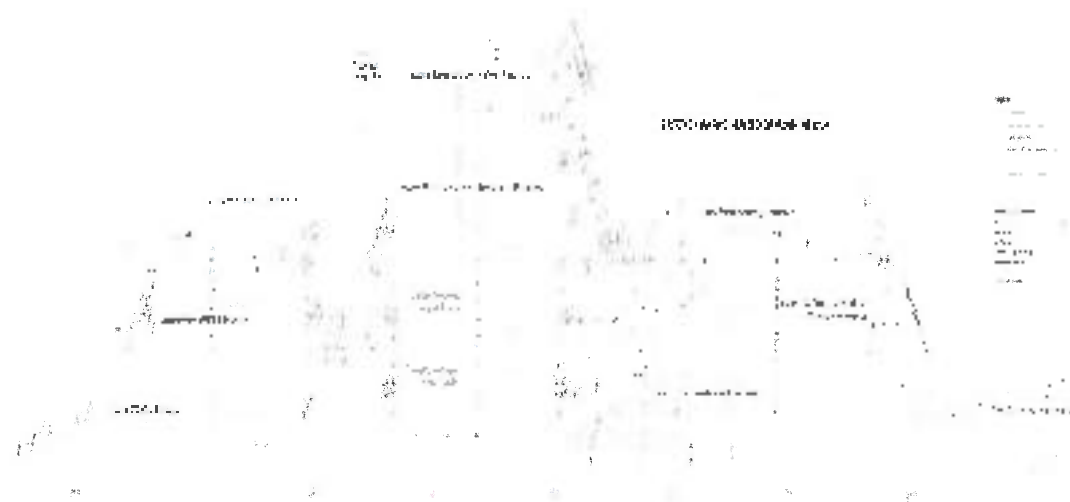
- (α) Από τον Εμπορευματικό Σιδηροδρομικό Σταθμό (ΕΣΣ), έκτασης 1.350 στρεμμάτων, όπου προβλέπονται οι χώροι σιδηροδρομικών γραμμών, με όλες τις εγκαταστάσεις τους, όπως σιδηροδρομικός σταθμός διαλογής, χώροι εναπόθεσης φορτίων, χώροι τελωνείου και γραφείων, χώροι αποθήκευσης και μεταφόρτωσης, όπως και εγκαταστάσεις εργοστασιακής υποστήριξης λειτουργιών του ΟΣΕ (περίπου 350 στρεμμάτων) και
- (β) Από το Εμπορευματικό Κέντρο Θριάσιου Πεδίου, έκτασης 600 στρεμμάτων για την εγκατάσταση ιδιωτών που θα παρέχουν υπηρεσίες Logistics.

Το συνολικό μήκος των σιδηροδρομικών γραμμών του ΣΕΚΘΠ το οποίο καταλαμβάνει έκταση περίπου 450 στρεμμάτων είναι περίπου 80 000 μέτρα, από τα οποία τα μισά θα είναι ηλεκτροκινούμενα.

Εκτός των κύριων γραμμών του δικτύου, περιλαμβάνονται γραμμές εισόδου/εξόδου, γραμμές διαλογής, πρόσβασης/διέλευσης, αναμονής, ανταπόκρισης και χώροι κενών βαγονιών, βραχυπρόθεσμης επίσκευής, στάθμευσης και ανεφοδιασμού, χώροι βαγονιών επικίνδυνων εμπορευμάτων, καθαρισμού βαγονιών καθώς και επισκευής/συντήρησης επιδομής.

Το ΕΚΘΠ συνδέεται σιδηροδρομικά απ' ευθείας με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο. Επίσης, έχει άμεση σιδηροδρομική σύνδεση με όλες τις κύριες εγκαταστάσεις του ΕΣΣ, όπως τους χώρους μεταφόρτωσης, διαλογής και απόθεσης βαγονιών (Τεχνικά Χρονικά Μάιος-Ιούνιος 2006, «Σιδηροδρομικός Εμπορευματικός Σταθμός Θριάσιου Πεδίου»)

Στα επόμενο σχήμα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της γραμμολογίας του ΣΕΚΘΠ καθώς και οι κύριες χρήσεις της.



Σχήμα 4.1: Γραμμολογία ΣΕΚΘΠ (Πηγή : Τεχνικά Χρονικά Μάιος-Ιούνιος 2006, «Σιδηροδρομικός Εμπορευματικός Σταθμός Θριάσιου Πεδίου»)

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται ένας σταθμός διαλογής.



Εικόνα 4.1: Γραμμές διαλογής (Πηγή : Τεχνικά Χρονικά Μάιος-Ιούνιος 2006, «Σιδηροδρομικός Εμπορευματικός Σταθμός Θριάσιου Πεδίου»)

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τρεις εναλλακτικές λύσεις σχεδιασμού του ΣΕΚΘΠ. Στο σχέδιο 1 και 3 επιλέγεται ευθύγραμμη εμπορευματική ροή με μοναδική διαφορά ανάμεσα στα δύο σχέδια την τοποθέτηση της πύλης σε διαφορετικά σημεία, ενώ στο σχέδιο 2 παρουσιάζεται κυκλική διάταξη της γραμμής και άρα κυκλική εμπορευματική ροή.



Σχήμα 4.2: Εναλλακτικά σχέδια του Εμπορευματικού Κέντρου Θριάσιου Πεδίου (Πηγή : Α. Ballis, "Freight Villages : Warehouse design and rail link aspects")

4.2.2 Επιλιμένος σιδηροδρομικός σταθμός Αλεξανδρούπολης

Στα πλαίσια της προσπάθειας για αναβάθμιση του Λιμένα της Αλεξανδρούπολης, έγινε Στρατηγικό σχέδιο ανάπτυξης των συγκοινωνιακών υποδομών του (Master Plan) με βάση το οποίο ξεκινούν πλέον οι μελέτες εφαρμογής. Ο νέος υπό κατασκευή προβλήτας του Λιμένα που προορίζεται για την υποδοχή των εμπορευματοκιβωτίων (Ε/Κ) θα είναι η κύρια οδός εισαγωγής σιδηροδρομικού μεταφορικού έργου. Ο καθορισμός του πλήθους των παρακαμπτήριων γραμμών του σιδηροδρομικού σταθμού, του προβλήτα και της γενικότερης διάρθρωσης του χώρου βασίστηκε σε προβλέψεις εμπορευματικού φόρτου που θα κληθεί να εξυπηρετήσει ο Λιμένας. Οι προβλέψεις αυτές πραγματοποιήθηκαν με βάση δύο σενάρια, ένα αισιόδοξο και ένα απαισιόδοξο μέχρι

το έτος 2025. Σύμφωνα με αυτές τις προβλέψεις γίνεται ο τεχνικός σχεδιασμός του Εμπορευματικού Σιδηροδρομικού Σταθμού.

Προτείνονται οι ακόλουθες κατηγορίες γραμμών :

- 1) Γραμμή για την εξυπηρέτηση του τερματικού σταθμού των Ε/Κ και των γραμμών φόρτωσης – εκφόρτωσης «γενικού φορτίου» από υφιστάμενες σιδηροδρομικές εγκαταστάσεις που διατηρούνται μελλοντικά.
- 2) Γραμμή για την στάθμευσή άδειων βαγονιών για τον Τερματικό Σταθμό Ε/Κ.
- 3) Γραμμή κυκλοφορίας βαγονιών που αναχωρούν από το λιμάνι.
- 4) Γραμμές για την εξυπηρέτηση του Τερματικού Σταθμού Ε/Κ
- 5) Γραμμές για τη σύνθεση τρένων με τον ίδιο προορισμό
- 6) Γραμμή για την εξυπηρέτηση του Τερματικού Σταθμού Ε/Κ αλλά και των γραμμών που προβλέπονται στις περιοχές επέκτασης του Λιμένα. (Α. Γ., Καρλαούτης, Μ. Γ., Λυδάκη, «Σιδηροδρομική σύνδεση στα Ελληνικά Λιμάνια : Σχεδιασμός επιλιμένου Σιδηροδρομικού Σταθμού Αλεξανδρούπολης»)

Προτείνεται ένα σύνολο 6 παρακαμπτήριων γραμμών για το σύνολο του Σταθμού Λιμένα Αλεξανδρούπολης. Το ωφέλιμο (χρησιμοποιήσιμο) μήκος των παρακαμπτήριων γραμμών στο σύνολο του Σιδηροδρομικού Σταθμού του Λιμένα που επιλέχθηκε, είναι ένα μέσο μήκος ίσο με 450μ. περίπου.

Οι εγκαταστάσεις συνολικά θα είναι οι εξής : Σιδηροδρομικός Σταθμός του Λιμένα - Κύριος Εμπορευματικός Σταθμός, Τερματικός Σταθμός Εμπορευματοκιβωτίων, Σιδηροδρομικά Κτίρια, Τερματικός Σταθμός Χύδην Προϊόντων, Πολυχρηστικός Τερματικός Σταθμός και οι απαραίτητες γραμμές.

Πιο αναλυτικά θα γίνουν τα παρακάτω σιδηροδρομικά έργα :

- Η προσαρμογή του υφιστάμενου δικτύου γραμμών και εγκαταστάσεων στην διπλή γραμμή (κατάργηση γραμμών και κατασκευή νέων διαγώνιων).
- Η κατασκευή του Σταθμού Λιμένα, δηλαδή οι παρακαμπτήριες και νεκρές γραμμές από ότι αφορά σε σιδηροδρομικά έργα.
- Η κατασκευή της μονής γραμμής σύνδεσης και του Τερματικού Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων που περιλαμβάνει τις παρακαμπτήριες γραμμές και το κτίριο διαχείρισης του Σταθμού. Ο Τερματικός Σταθμός Ε/Κ προτείνεται να συντίθεται από 4 γραμμές οι οποίες απαιτούνται για την φόρτωση-εκφόρτωση του μέγιστου αριθμού Ε/Κ (Huyh N And Walton M., 2005).
- Τερματικός Σταθμός Χύδην Προϊόντων και Πολυχρηστικός Τερματικός Σταθμός με τρεις παρακαμπτήριες γραμμές έκαστος,
- Η κατασκευή δέσμης τριών γραμμών για την ανάληψη γενικού φορτίου και χύδην προϊόντων μαζί με ιδιαίτερη μονή γραμμή σύνδεσης στην περιοχή

επέκτασης του Λιμένα που προβλέπεται για την παραλαβή τέτοιων φορτίων. Προβλέπεται και μια γραμμή που καταλήγει σε πλαγιομετωπικό κρηπίδωμα ανάληψης αυτοκινήτων ή στρατιωτικών οχημάτων σε χώρα του Λιμένα που προβλέπεται για παραλαβή αυτοκινήτων ΙΧ και για στρατιωτική χρήση (Α. Γ., Καρλαύτης, Μ. Γ., Λυδάκη, «Σιδηροδρομική σύνδεση στα Ελληνικά λιμάνια : Σχεδιασμός επιλεγμένου Σιδηροδρομικού Σταθμού Αλεξανδρούπολης»)

4.2.3 Prologis Park Garonor Aulnay

Το Prologis Park Garonor Aulnay είναι ένα από τα μεγαλύτερα Εμπορευματικά Κέντρα στη Γαλλία. Βρίσκεται έξω από τα Παρίσι, στη διασταύρωση των αυτοκινητοδρόμων Α1 και Α3 σε απόσταση 12 km από τον περιφερειακό αυτοκινητόδρομο του Παρισιού. Έχει πολύ καλή σύνδεση και με άλλους αυτοκινητοδρόμους καθώς και με δύο αεροδρόμια, τον διεθνή αερολιμένα «Roissy-Charles de Gaulle» και τον αερολιμένα «Le Bourget». Επίσης διαθέτει και σιδηροδρομική υποδομή και συνδέεται με τον σταθμό «Boulogne-Drancy». Έχει έκταση 400.000 m². Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται το Εμπορευματικό Κέντρο Prologis Park Garonor Aulnay καθώς και η οδική και σιδηροδρομική του υποδομή.



Σχήμα 4.3: Κάτοψη Εμπορευματικού Κέντρου Prologis Park Garonor Aulnay
(Πηγή : δικτυακός τόπος www.prologis.com)

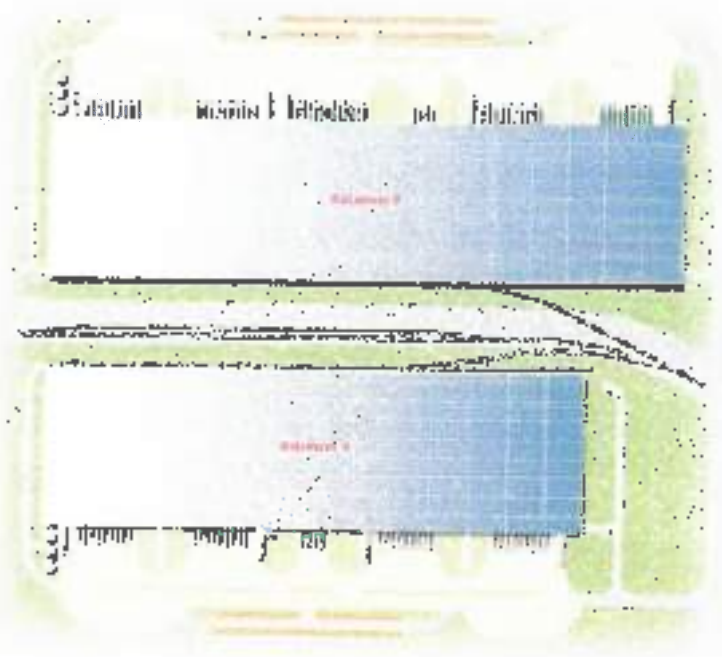
4.2.4 Prologis Park Isle d' Abeau

Το Prologis Park Isle d' Abeau βρίσκεται στην περιοχή της Lyon στη Γαλλία και είναι απευθείας προσβάσιμο από τον αυτοκινητόδρομο A43 (Lyon-Grenoble). Η τοποθεσία του και η εύκολη προσέγγιση σημαντικών οδικών και σιδηροδρομικών δικτύων καθώς και η γρήγορη σύνδεσή του με το αεροδρόμιο «Saint Exupery» του προσδίδουν στρατηγική σημασία στην Βορειοανατολική Ευρώπη αφού εξυπηρετεί μεταφορές για τη Βόρεια Γαλλία, την Ελβετία και την Ιταλία. Έχει έκταση μεγαλύτερη από 200.000 m², αποτελείται από 6 καινούρια κτίρια που εξυπηρετούν δραστηριότητες logistics και απέκτησε άλλα και για άλλα 2 νέα κτίρια που θα εξυπηρετούνται και από σιδηρόδρομο. Αναλυτικότερα, όσον αφορά στη σιδηροδρομική υποδομή, όλα τα κτίρια εξυπηρετούνται άμεσα από το σιδηρόδρομο με σκεπασμένες πλατφόρμες πλάτους 4,5 m που τρέχουν σε όλο το μήκος της πίσω όψης των κτιρίων. Όλο το Ευρωπαϊκό σιδηροδρομικό δίκτυο είναι προσβάσιμο μέσω σταθμών διαλογής στη Lyon.

Στο Σχήμα που ακολουθεί φαίνονται οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις του Εμπορευματικού Κέντρου και στη συνέχεια παρουσιάζονται και τα 2 νέα κτίρια που θα κατασκευαστούν.



Σχήμα 4.4: Κάτοψη Εμπορευματικού Κέντρου Prologis Park Isle d' Abeau
(Πηγή : δικτυακός τόπος www.prologis.com)



Σχήμα 4.5: Κάτοψη νέων κτιρίων και σιδηροδρομικών συνδέσεων του Εμπορευματικού Κέντρου Prologis Park Isle d' Abeau (Πηγή : δικτυακός τόπος www.prologis.com)

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται το διάγραμμα των χώρων του Εμπορευματικού Κέντρου αναλυτικά.

Πίνακας 4.1: Διάγραμμα χώρων του Prologis Park Isle d' Abeau (Πηγή : δικτυακός τόπος www.prologis.com)

Χώρος	IDC2	IDC3	IDC4	IDC5	IDC6	IDC7	IDC8	IDC9
Περιοχή αποθηκών (m ²)	19619	11741	19064	21995	19477	31579	36699	31238
Γραφεία (ισόγειο) (m ²)	275,50	188	266	295	273	413	518	440
Γραφεία (1 ^η όροφος) (m ²)	275,50	181	286	295	273	413	518	440
Τεχνική περιοχή (m ²)	180	171	195	215	195	405	483	383
Σιδηροδρομικές αποβάθρες (m ²)	605	322	525	615	504	1534	1944	1650
Συνολικά εμβαδόν δαπέδων (m ²)	20955	12583	20316	23415	20722	34344	40162	34151
Αποβάθρες φορτηγών	30	16	26	32	26	44	54	42

Ράμπες πρόσβασης	2	2	2	2	2	4	5	4
Parking αυτοκινήτων	31	60	112	72	86	100	106	90
Parking φορτηγών	0	0	5	5	5	10	8	8

Τα δύο νέα κτίρια που πρόκειται να κατασκευαστούν είναι τα IDC8 και IDC9

4.2.5 Interporto Quadrante Europa

Η ιδέα της δημιουργίας του Εμπορευματικού Κέντρου Interporto Quadrante Europa στη Verona της Ιταλίας έχει τις απαρχές της στα τέλη της δεκαετίας του '60 όταν μια έκταση 400 εκτάρων χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη δραστηριοτήτων και υπηρεσιών που θα διευκόλυναν τις διεθνείς μεταφορές. Το 1977 για να βελτιωθούν οι υπηρεσίες που παρέχονται σχεδιάστηκε κέντρο συνδυασμένων μεταφορών χάρη στο οποίο είναι πλέον εφικτή η αλλαγή μεταφορικού μέσου για τα εμπορεύματα από φορτηγό σε τρένο και αντίστροφα.

Το Εμπορευματικό Κέντρο καλύπτει συνολικά 2.500.000m² από τα οποία τα 800.000 m² αποτελούν τη σιδηροδρομική περιοχή του. Προς το παρόν από αυτά είναι χρησιμοποιούμενα μόνο τα 310.000m². Η σιδηροδρομική ζώνη περιλαμβάνει τον σταθμό συνδυασμένων μεταφορών (Combined Transportation Terminal) και τη σιδηροδρομική σύνδεση (Railroad Connection).

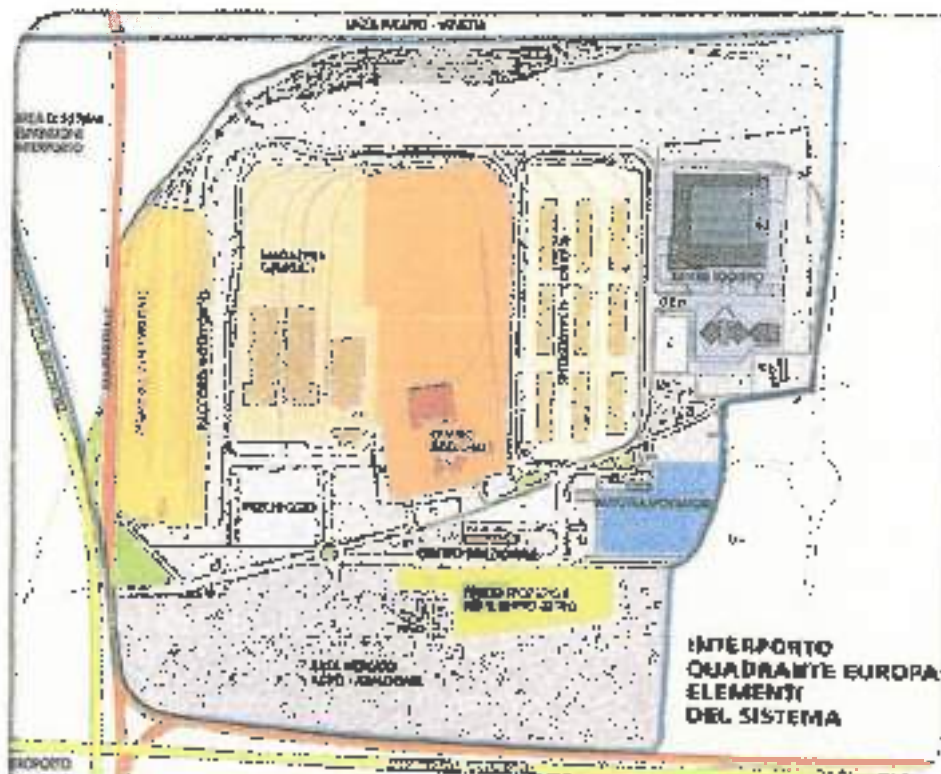
Ο σταθμός συνδυασμένων μεταφορών εκτείνεται σε 160.000 m² και περιλαμβάνει 12 σιδηροδρομικές γραμμές με μήκος 650m η κάθε μία, 12 γεραμούς και 2 κτίρια υπηρεσιών. Υποστηρίζεται επίσης από έναν σταθμό με 18 γραμμές. Η περιοχή της σιδηροδρομικής σύνδεσης αποτελείται από 15 γραμμές των 600m και βρίσκεται ακριβώς δίπλα στο σταθμό συνδυασμένων μεταφορών. Περιλαμβάνονται επίσης και γραμμές συνολικού μήκους 7000m που συνδέουν όλες τις εγκαταστάσεις του Εμπορευματικού Κέντρου. Η σιδηροδρομική σύνδεση του Εμπορευματικού Κέντρου με μήκος 12 km, κινεί περίπου 50.000 βαγόνια το χρόνο.

Το Interporto Quadrante Europa είναι το ιδανικό σημείο συνάντησης για εθνικές και διεθνείς οδικές και σιδηροδρομικές μεταφορές καθώς και αερομεταφορές λόγω της τοποθεσίας του και των καίριων συνδέσεων του με οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα. Το Interporto Quadrante Europa διακινεί το 30% των εμπορευματικών συνδυασμένων μεταφορών της Ιταλίας και πάνω από το 50% των διεθνών εμπορευματικών μεταφορών. Η στρατηγική που ακολουθεί εστιάζεται στην διακίνηση των εμπορευμάτων με «πλήρεις» σμαξοστοιχίες

Προς το παρόν το Εμπορευματικό Κέντρο Interporto Quadrante Europa μεταφέρει περισσότερους από 6.000.000 τόνους εμπορευμάτων με το σιδηρόδρομο και περίπου 14.000.000 τόνους με οδική μεταφορά.



Εικόνα 4.2: Interporto Quadrante Europa (Πηγή : δικτυακός τόπος www.quadranteeuropa.com)



Εικόνα 4.3: Κάτοψη των εγκαταστάσεων του Εμπορευματικού Κέντρου Interporto Quadrante Europa (Πηγή : δικτυακός τόπος www.quadranteeuropa.com)

4.3 Μέσο μήκος σιδηροδρομικών γραμμών που υφίστανται σε Ευρωπαϊκά Εμπορευματικά Κέντρα

Η σύνδεση ενός Εμπορευματικού Κέντρου με το σιδηροδρομικό δίκτυο απαιτεί την ύπαρξη σιδηροδρομικής υποδομής εντός του Ε/Κ. Οι γραμμές σχεδιάζονται είτε έτσι ώστε να διασχίζουν το Ε/Κ (ευθύγραμμη ροή), είτε περιμετρικά του Ε/Κ (κυκλική ροή) (Ballis A., 2006). Ο σχεδιασμός διαφοροποιείται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του Ε/Κ όπως οι λειτουργίες του, το σχετικό μέγεθος, βάρος και πασότητα των εμπορευμάτων που παραλαμβάνονται ή διανέμονται κλπ. Για να γίνει με το βέλτιστο τρόπο η φορτοεκφόρτωση των βαγονιών χρειάζεται στη μια πλευρά της αποθήκης να υπάρχει πλατφόρμα πλάτους περίπου 5m και μήκους όσο ένα αλόκληρο τρένο. Για τα Ευρωπαϊκά δεδομένα το μήκος αυτό κυμαίνεται από 550m μέχρι 700m (Ballis A., 2006).

Επειδή η σιδηροδρομική υποδομή εντός του Ε/Κ αποτελεί μια παράμετρο του κόστους κατασκευής σύνδεσης του Ε/Κ με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο, πρέπει να υπολογιστεί το μέσο μήκος των γραμμών που χρειάζονται σε ένα Ε/Κ. Ο υπολογισμός γίνεται με βάση υφιστάμενα Ε/Κ στην Ευρώπη και ανάλογα με την έκτασή τους. Χρησιμοποιούνται ενδεικτικά στοιχεία από Ε/Κ στην Γαλλία, την Ισπανία και την Γερμανία

Πίνακας 4.2: Στοιχεία για ορισμένα Ε/Κ στη Γαλλία (Πηγή : IMPULSE PROJECT WP 1.1 INFRASTRUCTURE FRAMEWORK CONDITIONS)

Γαλλία	Εκταση (m ²)	Αριθμός γραμμών φόρτωσης	Μήκος γραμμών φόρτωσης (m)	Συνολικό μήκος γραμμών (m)	Μήκος γραμμών ανά 1000m ²
Avignon-CNC	20000	2+2	275	1400	70
		1	300		
Avignon-Nova	30000	2+2	330	1320	44
Bordeaux-CNC	25000	2	415	1660	66,4
		2	415		
Bordeaux-Nova	25000	3	260	1480	59,2
		2	350		

Hendaye-CNC	3200	2	250	500	158,3
Le Havre "Plaine"	5000	2+1	250	750	150
Le Havre- Normandie	350000	3	450	1350	3,9
Lille-CNC	24000	4	350	1750	72,9
		1	350		
Lille-Nova	9300	2	470	940	101,1
Lyon- Vénissieux	46000	2	220	1540	33,5
		2	330		
		2	170+270		
Marseille- CNC	41400	2	300	2120	51,2
		2	270		
		3	270		
		1	170		
Marseille- Nova	15000	3	210	1200	80
		3	180		
Noisy-le- sec	70500	3	350	3610	51,2
		4	400		
		3	320		
Rungis	30000	2	130	1355	45,2
		3	365		
Strasbourg- CNC	48000	2	330	1680	34,6
		2	300		
		2	200		
Toulouse- CNC	55000	2	500	1900	34,5
		2	450		
Toulouse- Nova	32000	3	300	1890	59,1

		3	330		
Μέσο μήκος γραμμών ανά 1000m ²					65,5

**Πίνακας 4.3: Στοιχεία για Ε/Κ στην Ισπανία (Πηγή : IMPULSE PROJECT WP 1.1
INFRASTRUCTURE FRAMEWORK CONDITIONS)**

Ισπανία	Έκταση (m ²)	Αριθμός γραμμών φόρτωσης	Μήκος γραμμών φόρτωσης (m)	Συνολικό μήκος γραμμών (m)	Μήκος γραμμών ανά 1000m ²
Barcelona Marvot (National)	120000	6	2700(all)	2700	22,5
Madrid Abronidal (National)	204000	11	4840(all)	4840	23,7
Silla (Valencia)	96000	3	3*300	4200	43,8
		4	1500(all)		
		5	1800(all)		
Jundiz (Vitoria)	40000	1	350	350	8,8
Irun	16000	3	400	1200	75
Port-Bou	200000	6	1902(all)	4118	20,6
		6	2216(all)		
Grannollers	25600	3	940(all)	940	36,7
Constanti	35000	2	2*370	740	21,1
Valencia Port	420000	2	2*450	1390	3,3
		1	300		
		1	190		
Algeciras	4200	2	2*190	360	85,7

Μέσο μήκος γραμμών ανά 1000m ²					34,1
---	--	--	--	--	------

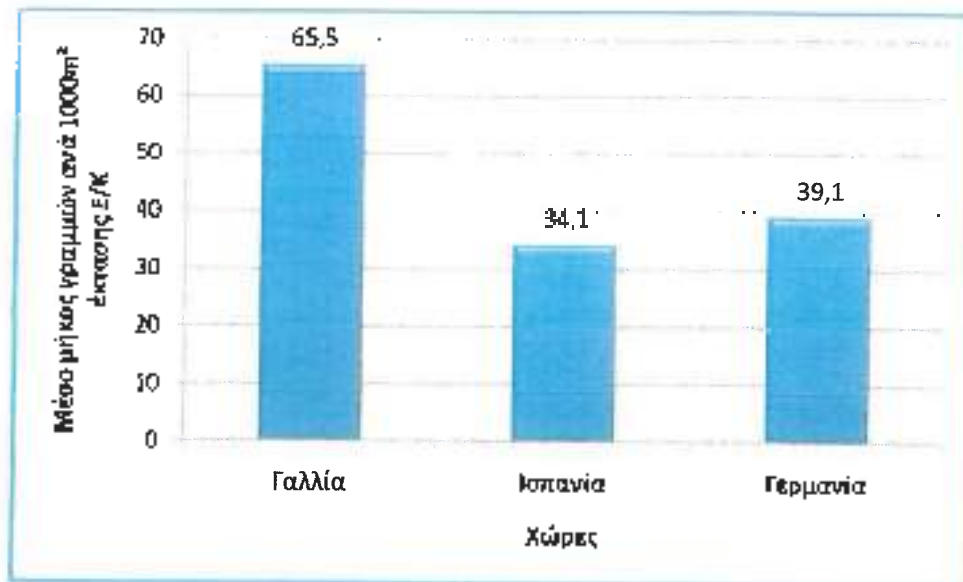
Πίνακας 4.4: Στοιχεία για Ε/Κ στην Γερμανία (Πηγή : IMPULSE PROJECT WP 1.1 INFRASTRUCTURE FRAMEWORK CONDITIONS)

Γερμανία	Έκταση (m ²)	Αριθμός γραμμών φόρτωσης	Μήκος γραμμών φόρτωσης (m)	Συνολικό μήκος γραμμών (m)	Μήκος γραμμών ανά 1000m ²
Augsbourg OBERHAUSEN	10000	7	827	827	82,7
Basel Bad GBF	60000	2	610	1710	28,5
		6	1100		
Benin Hul	78500	4	2200	2200	28,0
Bochoum Langendreer	36560	4	1091	1091	29,8
Breinen Großland Roland	145000	4	2800	2800	19,3
Dresden Neustadt	30000	3	280	1920	64
		3	360		
Duisburg- Ruhrort Hafen	60000	5	3375	3375	56,3
Düsseldorf-Bilk	40000	2	350	350	8,8
Frankfurt (Main) Ost	76000	2	600	600	7,9
Freiburg Breisgau GBF	5122	2	440	440	85,9
Hagen HBF	26250	4	850	850	32,4
Hamburg- Billwerder	210026	4	2880	5360	25,5
		4	2480		
Hannover Linden	5000	4	710	710	142

Ingolstadt Nord	15000	2	500	500	33,3
Karlsruhe HBF	42000	2	610	610	14,5
Köln Eifeltor	30000	2	2241	3477	115,9
		4	1236		
Leipzig	28570	4	240	240	8,4
Ludwigsburg	80344	5	1390	2750	34,2
		5	1360		
Mannheim Rbf	42000	4	1610	1610	38,3
München Riem	350000	4	2800	5600	16
		4	2800		
Neu Ulm	23380	2	320	500	21,4
		1	180		
Nauss	33300	8	1520	1520	45,6
Nürnberg HGBF	100000	2	880	2327	23,3
		3	1447		
Offenburg	8800	1	60	60	6,8
Regensburg	8000	2	387	387	48,4
Saarbrücken	215600	3	240	600	2,8
		2	360		
Wuppertal- Langerfeld	70000	4	2520	2520	36
Μέσο μήκος γραμμών ανά 1000m ²					39,1

Παρατηρούμε ότι στην Γαλλία το μέσο μήκος γραμμών φόρτωσης ανά 1000 m² έκτασης που υπάρχει στα Ε/Κ είναι 65,5m/1000m², στην Ισπανία είναι 34,1m/1000m² και στη Γερμανία είναι 39,1m/1000m². Έτσι θεωρούμε ένα γενικότερο

μέσο μήκος γραμμών φόρτωσης το οποίο θα χρησιμοποιούμε για τυχόν υπολογισμούς που είναι $50\text{m}/1000\text{m}^2$ έκτασης. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται σχηματικά το μέσο μήκος σιδηροδρομικής υποδομής που διαθέτουν τα Εμπορευματικά Κέντρα των τριών Ευρωπαϊκών χωρών για κάθε 1000m^2 έκτασής τους.



Σχήμα 4.6: Μέσο μήκος σιδηροδρομικής υποδομής που διαθέτουν τα Εμπορευματικά Κέντρα των τριών Ευρωπαϊκών χωρών για κάθε 1000m^2 έκτασής τους

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα περιορίσουμε το ενδιαφέρον μας για ότι αφορά στις υποδομές εντός του Εμπορευματικού Κέντρου, στον υπολογισμό του μέσου μήκους σιδηροδρομικών γραμμών που διαθέτει ένα Εμπορευματικό Κέντρο ανάλογα με την έκτασή του. Ο στόχος μας είναι να υπολογίσουμε προσεγγιστικά το κόστος των σιδηροδρομικών υποδομών ενός Εμπορευματικού Κέντρου ανάλογα με το μέγεθός του.

Εκτός από τις γραμμές που εξυπηρετούν την φόρτωση και την εκφόρτωση των εμπορευμάτων, σε ένα Εμπορευματικό Κέντρο υπάρχουν και πολλά άλλα είδη γραμμών όπως παρατηρήσαμε και στα παραδείγματα των προηγούμενων παραγράφων. Ένα Εμπορευματικό Κέντρο μπορεί να περιλαμβάνει και σιδηροδρομικό σταθμό διαλογής. Επίσης περιλαμβάνονται γραμμές εισόδου/εξόδου, γραμμές διαλογής, πρόσβασης/διέλευσης, αναμονής, ανταπόκρισης, και χώροι κενών βαγονιών, βραχυπρόθεσμης επίσκευσης, στάθμευσης και ανεφοδιασμού, χώροι βαγονιών επεκίνδυνων εμπορευμάτων, καθαρισμού βαγονιών καθώς και επίσκευσης/συντήρησης επιδομής.

Το συνολικό μήκος γραμμών που χρειάζεται για την εξυπηρέτηση ενός Εμπορευματικού Κέντρου δεν μπορεί να προσδιοριστεί σε θεωρητικό επίπεδο με ακρίβεια. Η σιδηροδρομική υποδομή που απαιτείται εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως η διάταξη των εγκαταστάσεων εντός του Εμπορευματικού Κέντρου, το είδος και το πλήθος μηχανολογικού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται κλπ.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα θεωρήσουμε ότι το Εμπορευματικό Κέντρο περιλαμβάνει και σταθμό διαλογής το κόστος του οποίου θα αλλάζει σύμφωνα με το μέγεθος του Εμπορευματικού Κέντρου. Το ενδεικτικό κόστος κατασκευής ενός σιδηροδρομικού σταθμού διαλογής παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 4.5: Ενδεικτικό κόστος σταθμού διαλογής Εμπορευματικού Κέντρου
(Πηγή : «Prices and costs in the railway sector», J.P. Baumgartner)

Σταθμός διαλογής	Μέσο κόστος (€)
Μικρό Εμπορευματικό Κέντρο	500.000
Μεσαίου μεγέθους Εμπορευματικό Κέντρο	750.000
Μεγάλο Εμπορευματικό Κέντρο	1.000.000

Ο διαχωρισμός των Εμπορευματικών Κέντρων σε μεγάλα, μεσαία και μικρά, όπως αναφέρεται και στο 5^ο κεφάλαιο, γίνεται σύμφωνα με το Νόμο 3333/12.04.05 «Ίδρυση και Λειτουργία Εμπορευματικών Κέντρων και άλλες Διατάξεις» ΦΕΚ Α/91/12.04.2005. Στον παραπάνω νόμο τα Εμπορευματικά Κέντρα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες :

- Έκταση μεγαλύτερη των 500.000 m² (μεγάλο)
- Έκταση μεταξύ 500.000 m² και 250.000m² (μεσαίο)
- Έκταση μεταξύ 250.000m² και 100.000m² (μικρό)

Έτσι για να υπολογίσουμε προσεγγιστικά το κόστος που αφορά στη σιδηροδρομική υποδομή που βρίσκεται εντός του Εμπορευματικού Κέντρου θα ακολουθούμε το εξής βήματα:

Ανάλογα με την έκταση που θα έχει το Εμπορευματικό Κέντρο, υπολογίζουμε αρχικά το μήκος των γραμμών που απαιτείται για την εξυπηρέτηση των λειτουργιών του. Σύμφωνα με παραδείγματα Εμπορευματικών Κέντρων ευρωπαϊκών χωρών έγινε παραπάνω ένας προσεγγιστικός υπολογισμός σύμφωνα με τον οποίο αντιστοιχούν 20m σιδηροδρομικής γραμμής για κάθε 1000m² έκτασης όταν πρόκειται για μικρό Εμπορευματικό Κέντρο, 40m όταν πρόκειται για μεσαίου μεγέθους Εμπορευματικό Κέντρο και 50m όταν πρόκειται για μεγάλο Εμπορευματικό Κέντρο.

Στη συνέχεια υπολογίζεται το ενδεικτικό κόστος κατασκευής και συντήρησης αυτής της υποδομής. Το ενδεικτικό κόστος κατασκευής της σιδηροδρομικής υποδομής εντός του Εμπορευματικού Κέντρου το θεωρούμε ίσο με 150.000€/km γραμμής, ενώ το ετήσιο κόστος συντήρησης της υποδομής ίσο με 0,05% του κόστους κατασκευής.

Το δεύτερο βήμα είναι ο υπολογισμός του κόστους κατασκευής και συντήρησης του σιδηροδρομικού σταθμού διαλογής του Εμπορευματικού Κέντρου. Ανάλογα με το μέγεθος του Εμπορευματικού Κέντρου επιλέγουμε σύμφωνα με τον πίνακα 4.5 το αντίστοιχο κόστος. Το ετήσιο κόστος συντήρησης του σιδηροδρομικού σταθμού διαλογής εκτιμάται στο 0,05% του κόστους κατασκευής του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΜΕ ΤΟ ΚΥΡΙΟ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ

5.1 Εισαγωγή

Η χάραξη μιας σιδηροδρομικής γραμμής είναι μια πολύπλοκη διαδικασία αφού εκτός από τα τεχνικά θέματα που πρέπει να μελετηθούν, χρειάζεται να αντιμετωπιστούν και άλλοι παράγοντες (π.χ. ιδιοκτησιακά θέματα, ευρωπαϊκοί κανονισμοί διαλειτουργικότητας κλπ.). Στο παρόν κεφάλαιο, αφού έχουμε ήδη αναφέρει τις πιο κρίσιμες παραμέτρους που αφορούν στη χάραξη μιας γραμμής, θα προσπαθήσουμε να καταγράψουμε αναλυτικά περιπτώσεις χάραξης με διαφορετικά χαρακτηριστικά, της γραμμής σύνδεσης ενός Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο και να δώσουμε επίσης προσεγγιστικά και το κόστος κάθε περίπτωσης. Οι τιμές του κόστους που θα δωθούν παρακάτω είναι ενδεικτικές αφού δεν μπορούν να γίνουν ακριβείς υπολογισμοί από τη στιγμή που δεν εξετάζουμε κάποια συγκεκριμένη περίπτωση χάραξης.

Τα χαρακτηριστικά της γραμμής που διαφοροποιούνται δεν αφορούν αποκλειστικά στα γεωμετρικά στοιχεία της χάραξης αλλά και στα υλικά της γραμμής, στο είδος της γραμμής, στην κατηγορία γραμμής, στο έδαφος επί του οποίου θα κατασκευαστεί η γραμμή καθώς και σε άλλες παραμέτρους σχετικές με τη λειτουργία της.

5.2 Διαφοροποίηση γραμμής με βάση λειτουργικές και τεχνικές απαιτήσεις

5.2.1 Επιλογές χαρακτηριστικών γραμμής σύνδεσης με βάση το μέγεθος του Εμπορευματικού Κέντρου και κόστος επιμέρους στοιχείων της

Το μέγεθος ενός Εμπορευματικού Κέντρου που πρόκειται να συνδεθεί με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο αποτελεί τον πρώτο κύριο παράγοντα που θα επηρεάσει τα χαρακτηριστικά της γραμμής σύνδεσής του. Αρχικά πρέπει να αναφέρουμε έναν διαχωρισμό που γίνεται ως προς το μέγεθος ενός Εμπορευματικού Κέντρου σύμφωνα με το Νόμο 3333/12.04.05 «Ίδρυση και Λειτουργία Εμπορευματικών Κέντρων και άλλες Διατάξεις» ΦΕΚ Α/91/12.04.2005. Στον παραπάνω νόμο τα Εμπορευματικά Κέντρα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες :

1. Έκταση μεγαλύτερη των 500.000 m² (μεγάλο)
2. Έκταση μεταξύ 500.000 m² και 250.000m² (μεσαίο)
3. Έκταση μεταξύ 250.000m² και 100.000m² (μικρό)

Όπως είναι λογικό, το μέγεθος ενός Εμπορευματικού Κέντρου είναι άμεσα συνδεδεμένο με το φόρτο που εξυπηρετεί. Όσο μεγαλύτερο είναι ένα Εμπορευματικό Κέντρο τόσο μεγαλύτερος είναι και ο φόρτος του. Με βάση το φόρτο μπορούμε να κάνουμε τους εξής διαχωρισμούς.

5.2.1.1 Μονή ή διπλή γραμμή

Συνήθως η γραμμή σύνδεσης ενός Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο είναι μονή γιατί η εμπορευματική σιδηροδρομική κίνηση μπορεί συνήθως να εξυπηρετηθεί με τη μονή γραμμή. Θα θεωρήσουμε ένα μέγεθος εμπορευματικής κίνησης το οποίο αν ξεπεραστεί θα χρειάζεται η κατασκευή διπλής γραμμής σύνδεσης. Για να υπολογίσουμε ποιο είναι το μέγεθος αυτό θα κάνουμε κάποιες παραδοχές και υπολογισμούς που παρουσιάζονται ακολούθως.

Για την περίπτωση της συνδετικής γραμμής που εξετάζουμε υποθέτουμε αρχικά ότι η γραμμή θα είναι μονή και ότι θα λειτουργεί ως τμήμα αποκλεισμού, δηλαδή όταν βρίσκεται στη γραμμή αυτή ένας συρμός δεν θα επιτρέπεται η είσοδος και δεύτερου συρμού. Η απλοποιητική αυτή παραδοχή γίνεται επειδή θεωρούμε ότι η γραμμή σύνδεσης θα είναι σχετικά μικρού μήκους (<10km). Σε περίπτωση που το μήκος της γραμμής σύνδεσης σε συνδυασμό με τον προβλεπόμενο φόρτο καθιστούν αδύνατη τη λειτουργία της γραμμής ως μοναδικό τμήμα αποκλεισμού, τότε θα πρέπει να εξετάσουμε την δημιουργία περισσότερων τμημάτων αποκλεισμού και την

κατάσκευη κάποιας παράλληλης γραμμής που θα χρησιμοποιείται για τη διαστάυρωση δύο αντίθετα κινούμενων συρμών στην μόνη γραμμή.

Έστω ότι το μήκος της γραμμής σύνδεσης είναι L (km) και η μέση ταχύτητα των συρμών που κινούνται σε αυτή είναι $V_{\mu}=40\text{km/h}$. Το χρονικό διάστημα που θα απαιτείται για να διανύσει τη συνδετική γραμμή ένας συρμός θα είναι επομένως $t = \frac{L}{V_{\mu}} = \frac{L}{40}$ (h) $= \frac{60L}{40}$ (min) $= 1,5L$ (min), κατά το οποίο μόνο αυτός ο συρμός θα βρίσκεται στη γραμμή. Επίσης θεωρούμε ένα περιθώριο ασφαλείας ανάμεσα στην αναχώρηση δύο συρμών ίσο με 5min. Έτσι σε χρονικό διάστημα 1 ώρας μπορούν να διανύσουν τη γραμμή $\frac{60}{1,5L+5}$ συρμοί

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφέρουμε ότι υποθέτουμε πως η χωρητικότητα της κύριας γραμμής επιτρέπει στους συρμούς που προέρχονται από το Εμπορευματικό Κέντρο να εισέλθουν σε αυτή χωρίς να χρειάζεται να αναμείνουν στο σταθμό σύνδεσης περισσότερο από 5min, δηλαδή περισσότερο από το χρονικό περιθώριο ασφαλείας που έχουμε επιλέξει. Σε αντίθετη περίπτωση που ο χρόνος αναμονής είναι μεγαλύτερος, τότε θα πρέπει ο επόμενος συρμός να αναχωρεί από το σταθμό του Εμπορευματικού Κέντρου αφού βεβαιωθεί το γεγονός ότι ο προπορευόμενος συρμός θα έχει εισέλθει στην κύρια γραμμή μέχρι την άφιξη του επόμενου. Σε περίπτωση που ο σταθμός σύνδεσης με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο διαθέτει περισσότερες γραμμές αναμονής, οι συρμοί μπορούν να αναμένουν σε αυτές μέχρι να εισέλθουν στην κύρια γραμμή. Η γενικότερη αρχή που πρέπει να ακολουθείται είναι η εξής: η χωρητικότητα του σταθμού να είναι μεγαλύτερη από τη χωρητικότητα της γραμμής.

Θεωρούμε επίσης ότι το Εμπορευματικό Κέντρο όπως επίσης και η συνδετική του γραμμή θα λειτουργούν 20 ώρες την ημέρα και 360 ημέρες τον χρόνο. Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε τον αριθμό των συρμών που μπορούν να εξυπηρετηθούν ανά ημέρα και ανά έτος. Οπότε έχουμε :

$20 \cdot \frac{60}{1,5L+5} = \frac{1200}{1,5L+5}$ συρμοί/ημέρα, και $360 \cdot \frac{1200}{1,5L+5} = \frac{432000}{1,5L+5}$ συρμοί/έτος, όπου το L το μετράμε σε km.

Όπως αναφέρεται και παρακάτω ο συρμός σχεδιασμού αποτελείται από 20 βαγόνια το καθ' ένα από τα οποία έχει μέση μεταφορική ικανότητα 20tn. Δημιουργούμε δύο διαφορετικά σενάρια για την πληρότητα των συρμών. Σύμφωνα με το πρώτο σενάριο οι συρμοί φεύγουν και έρχονται από και προς το Εμπορευματικό Κέντρο πλήρεις. Σύμφωνα με το δεύτερο σενάριο η μέση πληρότητα των συρμών είναι 80%.

Σύμφωνα με το πρώτο σενάριο κάθε συρμός είναι ικανός να μεταφέρει $20 \times 20 = 400\text{tn}$ περίπου. Επομένως σε ημερήσια βάση μπορούν να μεταφερθούν

$\frac{1200}{1,5 \cdot 1,5} \cdot 400 = \frac{480000}{1,5 \cdot 5}$ tη εμπορευμάτων μέσω της μονής συνδετικής γραμμής ενώ κατά τη διάρκεια ενός έτους μπορούν να μεταφερθούν $360 \cdot \frac{480000}{1,5 \cdot 5} = \frac{172800000}{1,5 \cdot 5}$ tη.

Σύμφωνα με το δεύτερο σενάριο η μεταφορική ικανότητα κάθε συρμού είναι $20 \times 20 \times 0,6 = 240$ tη. Επομένως σε ημερήσια βάση μπορούν να μεταφερθούν $\frac{1200}{1,5 \cdot 5} \cdot 240 = \frac{288000}{1,5 \cdot 5}$ tη ενώ σε ένα χρόνο μπορούν να μεταφερθούν $360 \cdot \frac{288000}{1,5 \cdot 5} = \frac{103680000}{1,5 \cdot 5}$ tη.

Στη συνέχεια ακολουθεί μία εφαρμογή των παραπάνω υπολογισμών για μήκος γραμμής $L=10$ km και σύμφωνα με το δεύτερο σενάριο που προβλέπει πληρότητα ίση με 60% :

Το κάθε τρένο καταλαμβάνει τη γραμμή για χρόνο $t = 1,5 \cdot L = 15$ min, άρα κάθε ώρα μπορούν να εξυπηρετηθούν το πολύ $\frac{60}{1,5 \cdot 10 + 5} = 3$ τρένα. Συνεπώς σε μία ημέρα μπορούν να εξυπηρετηθούν $\frac{1200}{1,5 \cdot 10 + 5} = 60$ συρμοί. Το εμπορευματικό φορτίο που μπορεί να διακινηθεί σε μία μέρα σύμφωνα με το δεύτερο σενάριο είναι $\frac{288000}{1,5 \cdot 10 + 5} = 14400$ tη ενώ σε ένα έτος $\frac{103680000}{1,5 \cdot 10 + 5} = 51840000$ tη.

Παρατηρούμε ότι το μέγεθος εμπορευματικής κίνησης που μπορεί να εξυπηρετηθεί από μονή γραμμή σύνδεσης Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο είναι πολύ μεγάλο ιδιαίτερα για τα ελληνικά δεδομένα αν αναλογιστούμε ότι το έτος 1996 η συνολική διακίνηση εμπορευμάτων μέσω του σιδηροδρόμου ήταν 554000 tη (Στατιστική Επετηρίδα της Ελλάδας, Αθήνα 1996). Συνεπώς επιλέγουμε μονή συνδετική γραμμή.

5.2.1.2 Διατομές

Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τυπικές διατομές για μονή γραμμή σε ευθυγράμμια και σε καμπύλη με υπερύψωση ως 150 mm.

Πίνακας 5.1: Ενδεικτικό κόστος κατασκευής γραμμής έργων (Πηγή : «Prices and costs in the railway sector», J.P.Baumgartner και «Feasibility Study for the Western Extensions of the Railway Network of Greece», Hellenic Institute of Transport (Center for Research and Technology)-and Dr. Gollias)

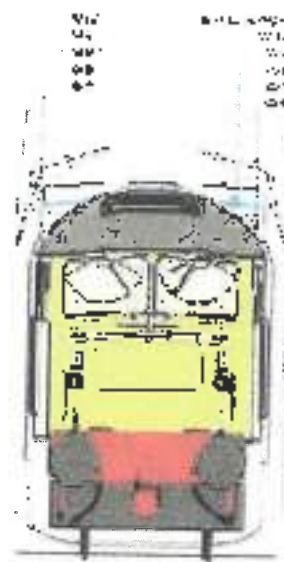
Τύπος γραμμής	Μέγιστη ταχύτητα (km/h)	Εύκολη τοπογραφία	Μέτριας δυσκολίας τοπογραφία	Δύσκολη τοπογραφία
		Μέσο κόστος (€/km)	Μέσο κόστος (€/km)	Μέσο κόστος (€/km)
Μονή γραμμή	100	200.000	500.000	1 000.000

Στην επένδυση περιλαμβάνονται τα ακόλουθα :

- Οργάνωση και επίβλεψη των εργασιών
- Προετοιμασία του εδάφους (αποψίλωση κλπ.)
- Εκτροπή κυκλοφορίας
- Επιχώματα
- Αποστράγγιση, προστασία για παγετό
- Προστατευτικές κατασκευές
- Μικρά τεχνικά έργα : τείχοι, αγωγοί νερού
- Υπέργειες και υπόγειες διαβάσεις
- Ηχοπετάσματα
- Φράχτες
- Παράπλευροι οδοί
- Προσωρινές οικονομικές χρεώσεις
- Γενικά έξοδα
- Αρχική επιπρόσθετη συντήρηση

5.2.1.3 Περιτυπώματα τροχαίου υλικού

Ως περιτύπωμα νοείται η περιβάλλουσα διατομή του οχήματος σε επίπεδο κάθετο στον κατά μήκος άξονα της σιδηροδρομικής γραμμής και διακρίνεται σε στατικό περιτύπωμα, κινηματικό περιτύπωμα στην ευθυγράμμια, ανεπτυγμένο περιτύπωμα και περιτύπωμα εμποδίων (Λυμπέρης, Κ., 2004).



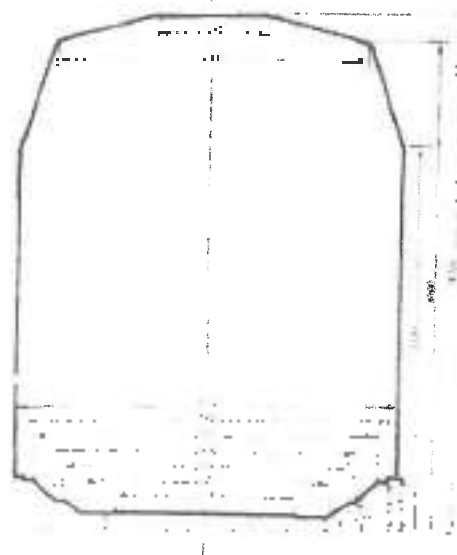
Σχήμα 5.5: Περιτυπώματα τροχαίου υλικού (Πηγή : δικτυακός τόπος www.btinternet.com/~joyce.whitchurch/gauges/text.htm)

Το περιτύπωμα μας ενδιαφέρει για να μπορούμε να καθορίσουμε τον χώρο που πρέπει να είναι ελεύθερος εμποδίων για την ασφαλή διέλευση των συρμών, την απόσταση μεταξύ των αξόνων των σιδηροτροχιών, τις διαστάσεις τεχνικών έργων όπως τούνελ, γέφυρες κλπ.

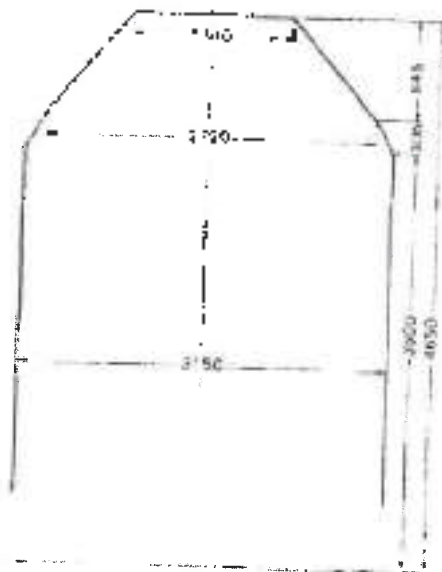
Η UIC κατατάσσει τα περιτυπώματα τροχαίου υλικού σε τέσσερις κατηγορίες Α, Β, Β* και C. Οι προβλεπόμενες διαστάσεις των κατηγοριών αυτών είναι οι ακόλουθες :

- Κατηγορία Α : Συνολικό ύψος βαγονιού και μοναδοποιημένου εμπορευματικού φορτίου 3,85 m πάνω από τη σιδηροτροχιά και 1,28 m σε κάθε πλευρά από τον άξονα της γραμμής.
- Κατηγορία Β : Συνολικό ύψος βαγονιού και μοναδοποιημένου εμπορευματικού φορτίου 4,08 m πάνω από τη σιδηροτροχιά και 1,28 m σε κάθε πλευρά από τον άξονα της γραμμής.
- Κατηγορία Β* : Συνολικό ύψος βαγονιού και μοναδοποιημένου εμπορευματικού φορτίου 4,18 m πάνω από τη σιδηροτροχιά και 1,36 m σε κάθε πλευρά από τον άξονα της γραμμής.
- Κατηγορία C : Συνολικό ύψος βαγονιού και μοναδοποιημένου εμπορευματικού φορτίου 4,65 m πάνω από τη σιδηροτροχιά και 1,45 m σε κάθε πλευρά από τον άξονα της γραμμής.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται σχηματικά τα περιτυπώματα των 4 αυτών κατηγοριών σύμφωνα με τις οδηγίες της UIC.



Σχήμα 5.8: Περιτύπωμα κατηγορίας Β' της UIC (Πηγή: δικτυακός τόπος www.btinternet.com/~joyce.whitchurch/gauges/text.htm)



Σχήμα 5.9: Περιτύπωμα κατηγορίας C της UIC (Πηγή: δικτυακός τόπος www.btinternet.com/~joyce.whitchurch/gauges/text.htm)

5.2.1.4 Ηλεκτροκίνηση

Στις κύριες γραμμές των σιδηροδρομικών δικτύων είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη η ηλεκτρική ενέργεια για την κίνηση των συρμών (ηλεκτροκίνηση). Η ηλεκτροκίνηση είναι οικονομικά συμφέρουσα σε γραμμές με μεγάλο φόρτο κυκλοφορίας γιατί οι επενδυτικές δαπάνες που απαιτούνται για την κατασκευή και εγκατάσταση των συστημάτων παραχής ηλεκτρικής ενέργειας στο σιδηροδρομικό δίκτυο είναι αυξημένες. Οι ηλεκτρώμαξες (electric locomotives) έχουν κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με τις ντίζελμάξες (diesel locomotives). Μπορούν να αναπτύξουν πολύ μεγαλύτερη ισχύ από την ονομαστική τους καταφεύγοντας στους πόρους του δικτύου ηλεκτροκίνησης έτσι ώστε να εκκινήσουν την έλξη ενός βαρύ συρμού ή να ανέβουν μια έντονη κλίση. Επίσης έχουν μικρότερο κόστος συντήρησης και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και είναι πιο αθόρυβες (www.surveynova.gr). Παρά τα σαφή πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η ηλεκτροκίνηση είναι απαραίτητο να μελετηθεί αν είναι οικονομικά συμφέρουσα η εγκατάστασή της σε μια γραμμή σύνδεσης ενός Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο. Αν η κίνηση του Εμπορευματικού Κέντρου είναι μικρή τότε η ηλεκτροκίνηση θα είναι ασύμφορη. Σε αντίθετη περίπτωση, όταν πρόκειται δηλαδή για μεγάλο Εμπορευματικό Κέντρο με αυξημένη κίνηση είναι καλό να εξετάζεται το ενδεχόμενο της ηλεκτροκίνησης.

Στην περίπτωση μας δεν θα εξετάσουμε το ενδεχόμενο της ηλεκτροκίνησης, αλλά για την πληρότητα της διπλωματικής εργασίας, το κόστος για την κατασκευή και συντήρηση των απαραίτητων εγκαταστάσεων (υποσταθμοί και ηλεκτροφόρες γραμμές) παρατίθεται στο παράρτημα.

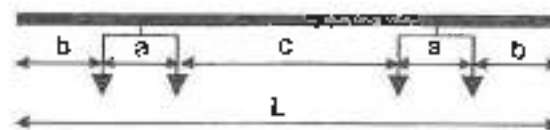
5.2.1.5 Επιλογή κατηγορίας γραμμής, τρένου σχεδιασμού

Η γραμμή σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο θα είναι μία γραμμή αποκλειστικής εμπορευματικής χρήσης. Αυτό συνεπάγεται αυξημένο φορτίο ανά άξονα. Έτσι επιλέγουμε η κατηγορία στην οποία θα ανήκει η συνδετική γραμμή να επιτρέπει τη διέλευση συρμών με μέγιστο φορτίο ανά άξονα ίσο με $P=22,5t/άξονα$.

Η κατηγορία που δέχεται αυτό το φορτίο σύμφωνα με τις οδηγίες της UIC είναι η κατηγορία D. Η κατηγορία γραμμής D διαχωρίζεται σε 3 υποκατηγορίες με βάση το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο ανά μονάδα μήκους του βαγονιού, δηλαδή εξαρτάται και από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του βαγονιού. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι υποκατηγορίες D2, D3 και D4 καθώς και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του βαγονιού που μπορεί να διατρέξει την κάθε μία.

Πίνακας 5.2: Πρότυπα μοντέλα φόρτωσης (βαγόνια σχεδιασμού) που αντιπροσωπεύουν τις κατηγορίες γραμμών D1, D2 και D3(Πηγή: UIC CODE 700 OR, "Classification of lines-Resulting load limits for wagons")

Κατηγορία	Φορτίο ανά άξονα	Φορτίο ανά μονάδα μήκους	Γεωμετρικά χαρακτηριστικά
D2	$P=22,5t$	$p=6,4t/m$	$a=1,80m$ $b=1,50m$ $c=7,45m$ $L=14,05m$
D3	$P=22,5t$	$p=7,2t/m$	$a=1,80m$ $b=1,50m$ $c=5,90m$ $L=12,50m$
D4	$P=22,5t$	$p=8,0t/m$	$a=1,80m$ $b=1,50m$ $c=4,65m$ $L=11,25m$



Όπου :

a =απόσταση μεταξύ αξόνων

b =απόσταση από τον τελευταίο άξονα ως το τέλος του πλησιέστερου προφυλακτήρα

c =απόσταση μεταξύ των δύο εσωτερικών αξόνων

L =μήκος του βαγονιού από το ένα άκρο του ενός προφυλακτήρα ως το άλλο άκρο του άλλου.

Παρατηρούμε ότι η δυσμενέστερη περίπτωση βαγονιού σχεδιασμού είναι αυτή που αντιστοιχεί στην κατηγορία γραμμής D4 αφού έχει το μεγαλύτερο φορτίο ανά μονάδα μήκους $p=8,0t/m$. Επιλέγοντας αυτή την κατηγορία γραμμής και το δυσμενέστερο βαγόνι σχεδιασμού η γραμμή μας θα μπορεί να δεχτεί όλα τα υφιστάμενα είδη εμπορευματικών βαγονιών αφού σύμφωνα με τη μελέτη με τίτλο «Innovative Technologies for Inter-modal Transfer Points» του Edoardo Peterlini (Euretitalia s.r.l.) το μέγιστο φορτίο ανά άξονα των υφιστάμενων εμπορευματικών βαγονιών είναι $P=22,5t$ άξονα.

5.2.1.6 Επιλογή κατηγορίας γραμμής με σκοπό τη συντήρησή της

Ο κυκλοφορισκός φόρτος είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που έχουν άμεση επιρροή στην συντήρηση της γραμμής. Οι γραμμές κατατάσσονται σε ομάδες ανάλογα με το είδος κυκλοφορίας τους και με το φορτίο που δέχονται και γι' αυτό το σκοπό θα χρησιμοποιηθεί μια θεωρητική τιμή κυκλοφορίας λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα της ταχύτητας και της φθοράς που προκαλούν τα φορτία των αξόνων.

Η κατάταξη γίνεται με βάση τον κώδικα της UIC και περιγράφεται πιο αναλυτικά στο 3° κεφάλαιο. Προκύπτουν έτσι 6 ομάδες ανάλογα με τον υπολογιζόμενο θεωρητικό κυκλοφορικό φόρτο που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.3: Κατάταξη γραμμών σε ομάδες ανάλογα με την θεωρητική τους κυκλοφορία (Πηγή: UIC Code 714 R, "Classification of lines for the purpose of track maintenance")

Ομάδες	Τιμές θεωρητικής κυκλοφορίας
Ομάδα 1	$130.000 \text{ t/d} < T_f$
Ομάδα 2	$80.000 \text{ t/d} < T_f \leq 130.000 \text{ t/d}$
Ομάδα 3	$40.000 \text{ t/d} < T_f \leq 80.000 \text{ t/d}$
Ομάδα 4	$20.000 \text{ t/d} < T_f \leq 40.000 \text{ t/d}$
Ομάδα 5	$5.000 \text{ t/d} < T_f \leq 20.000 \text{ t/d}$
Ομάδα 6	$T_f \leq 5.000 \text{ t/d}$

Στη μελέτη του J.P. Baumgartner έχει υπολογιστεί το ετήσιο κόστος συντήρησης μιας γραμμής ανάλογα με τη μεικτή κυκλοφορία που εξυπηρετεί ανά ημέρα και ανά έτος. Με τον όρο μεικτή κυκλοφορία εννοούμε ότι περιλαμβάνονται και οι μηχανές έλξης στον υπολογισμό της.

Πίνακας 5.4: Ενδεικτικό κόστος συντήρησης γραμμής ανάλογα με τον φόρτο και την ταχύτητα (Πηγή: «Prices and costs in the railway sector», J.P. Baumgartner)

Μέγιστη ταχύτητα (km/h)	Μεικτός κυκλοφοριακός φόρτος σε μία γραμμή			
	10×10 ³ tn/ημέρα 2,5-3,8×10 ⁶ tn/έτος	30×10 ³ tn/ημέρα 7,5-11×10 ⁶ tn/έτος	100×10 ³ tn/ημέρα 25-38×10 ⁶ tn/έτος	300×10 ³ tn/ημέρα 75-108×10 ⁶ tn/έτος
100	Μέσο κόστος (€/km)	Μέσο κόστος (€/km)	Μέσο κόστος (€/km)	Μέσο κόστος (€/km)
	5.000	10.000	20.000	40.000

Εάν τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της γραμμής παραμένουν σταθερά τότε το κόστος συντήρησης μεταβάλλεται ανάλογα με τα εξής :

- Όσο μεγαλύτερο είναι το φορτίο ανά άξονα
- Όσο μικρότερες είναι οι ακτίνες καμπυλότητας
- Όσο μεγαλύτερη είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα

τότε τόσο υψηλότερο είναι και το κόστος συντήρησης μιας γραμμής. Στην παρούσα διπλωματική εργασία ο φόρτος της γραμμής θα αποτελεί άγνωστο μέγεθος και τελικό ζητούμενο της μεθοδολογίας που θα αναπτυχθεί. Αυτό μας εμποδίζει να κατατάξουμε τη γραμμή σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες με σκοπό τον υπολογισμό του κόστους συντήρησής της. Στην προκειμένη περίπτωση θα κάνουμε την παραδοχή ότι το ετήσιο κόστος συντήρησης της γραμμής θα ισούται με 0,5% του κόστους κατασκευής της, δηλαδή 1.000€/km όταν πρόκειται για γραμμή εύκολης τοπογραφίας, 2.500€/km όταν πρόκειται για γραμμή μέτριας δυσκολίας τοπογραφίας και 5.000€/km όταν πρόκειται για γραμμή δύσκολης τοπογραφίας. Όσον αφορά στην σιδηροδρομική υποδομή που θα βρίσκεται εντός του Εμπορευματικού Κέντρου το κόστος κατασκευής της το θεωρούμε ίσο με 150.000€/km και το ετήσιο κόστος συντήρησής της ίσο με 0,05% του κόστους κατασκευής, δηλαδή ίσο με 75€/km.

5.2.1.7 Επιλογή υλικών επιδομής

Τα υλικά της επιδομής που θα επιλέξουμε για τη γραμμή σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο επηρεάζουν το κόστος κατασκευής της. Λέγοντας υλικά επιδομής εννοούμε τις σιδηροτροχιές και τους στρωτήρες. Η επιλογή υλικών γίνεται με βάση τις απαιτήσεις σε αντοχή της επιδομής

που εξαρτάται άμεσα από το φορτίο ανά άξονα των οχημάτων, την ταχύτητα διέλευσης των συρμών, την ποιότητα του εδάφους έδρασης της υποδομής κλπ. Η σιδηροτροχιά που θα επιλέξουμε πρέπει να είναι ικανή να φέρει με ασφάλεια όλα τα σιδηροδρομικά οχήματα που θα την διατρέχουν και να ικανοποιεί τις απαιτήσεις που αναφέρονται στην παράγραφο 3.4.1.

Γενικά σε μια γραμμή είναι καλό να μη χρησιμοποιείται σιδηροτροχιά κατώτερη του τύπου UIC 50. Στην προκειμένη περίπτωση επιλέγουμε για την γραμμή μας την σιδηροτροχιά UIC 54. Παρακάτω θα γίνει έλεγχος για να διαπιστώσουμε αν επαρκεί αυτός ο τύπος σιδηροτροχιάς για το βαγόνι και την ταχύτητα σχεδιασμού μας.

Όσον αφορά στους στρωτήρες αν η γραμμή μας αναμένεται να έχει σχετικά μικρό φόρτο, δηλαδή αν εξυπηρετεί ένα μικρό ή μεσαίο Εμπορευματικό Κέντρο, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ξύλινους μεταχειρισμένους στρωτήρες για να έχουμε μια πιο οικονομική λύση. Αν πάλι ο φόρτος μας είναι μεγάλος θα χρησιμοποιήσουμε μπετονένιους στρωτήρες τύπου B70. Οι στρωτήρες που θα χρησιμοποιηθούν στις αλλαγές τροχιάς συμφέρει να είναι από σκληρό ξύλο γιατί οι μπετονένιοι σε ειδικά μήκη είναι πολύ πιο ακριβοί. Όσον αφορά στην απόσταση μεταξύ των στρωτήρων, αυτή έχει μεγάλη επίδραση στις καταπονήσεις και στη σταθερότητα της επιδομής. Ιδιαίτερης σημασίας για τη σταθερότητα της στρώσης του έρματος είναι ο λόγος της απόστασης των στρωτήρων σε σχέση με το πάχος της στρώσης του έρματος (Λυμπέρης, Κ., 2004). Έχει αποδειχθεί ότι η απόσταση μεταξύ των στρωτήρων πρέπει να είναι μικρότερη από 70cm γιατί σε αντίθετη περίπτωση προκαλείται άνοδος υλικού του υπεδάφους στην περιοχή ανάμεσα σε δύο στρωτήρες (Λυμπέρης, Κ., 2004). Για τη γραμμή σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο επιλέγουμε απόσταση μεταξύ των στρωτήρων ίση με 60cm.

Στο παράρτημα παρά τίθεται και ο υπολογισμός επιδομής γραμμής για να ελέγξουμε αν η τροχιά τύπου UIC54 επαρκεί για την γραμμή που σχεδιάζουμε. Παρατηρούμε ότι η χρήση της σιδηροτροχιάς UIC 54 ενδείκνυται για την περίπτωση της γραμμής σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο αφού καλύπτονται οι απαιτήσεις σε αντοχή. Θα μπορούσαμε να εξετάσουμε και την περίπτωση χρήσης κατώτερης σιδηροτροχιάς (π.χ. UIC 50) για λόγους οικονομίας αλλά σύμφωνα με τις οδηγίες της UIC προτείνεται η σταδιακή αντικατάσταση των σιδηροτροχιών όλων των εθνικών δικτύων με σιδηροτροχιές τύπου UIC 54 και UIC 60. Προτείνεται επίσης στις γραμμές με βαριά κυκλοφορία να χρησιμοποιείται σιδηροτροχιά UIC 60.

Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται μια τυπική διάταξη γραμμής με μπετονένιους στρωτήρες και σιδηροτροχιές με διατομή Vignoli.



Εικόνα 5.1: Τυπική διάταξη γραμμής με μπετονένιους στρωτήρες και σιδηροτροχιά με διατομή Vignol (πηγή: δικτυακός τόπος www.railway-technical.com)

5.2.1.8 Μήκος συρμού σχεδιασμού-πληρότητα συρμού

Το μήκος του συρμού σχεδιασμού που επιλέγουμε για τη γραμμή σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο είναι 500 m. Επιλέγουμε αυτό το μήκος γιατί οι «μακρύτεροι» εμπορευματικοί συρμοί στην Ευρώπη φτάνουν τα 600-750m (Ballis A., Golias J., 2002). Η επιλογή του μήκους συρμού σχεδιασμού θα παίξει ρόλο στον καθορισμό παραμέτρων όπως το ωφέλιμο μήκος των αποβαθρών φόρτωσης-εκφόρτωσης των εμπορευμάτων, στον όγκο των εμπορευμάτων που διακινούνται με έναν συρμό κλπ.

Θεωρούμε ότι το μέσο μήκος μιας μηχανής έλξης και ενός εμπορευματικού βαγονιού είναι 20 m. Προκύπτει ότι ένας συρμός 500 m αποτελείται από περίπου $500 \div 20 = 25$ οχήματα. Προσεγγιστικά θεωρούμε ότι ο συρμός σχεδιασμού μας αποτελείται από 20 βαγόνια αφού κάποια από τα οχήματα θα είναι μηχανές έλξης.

Επιλέγουμε το βαγόνι σχεδιασμού να είναι τετραξονικό με μήκος 20m. Τέτοιου είδους βαγόνια έχουν μεταφορική ικανότητα μέχρι και 70tn εμπορευμάτων, την οποία όμως δεν καλύπτουν σχεδόν ποτέ. Τα εμπορεύματα χαρακτηρίζονται από δύο μεγέθη, τον όγκο τους (V) και το βάρος τους (W). Ο λόγος $\frac{V}{W}$ δεν είναι πάντα ο μέγιστος που θα μπορούσε έτσι ώστε το κάθε βαγόνι να μεταφέρει 70tn εμπορεύματος. Ο λόγος αυτός εξαρτάται από το είδος των εμπορευμάτων που μεταφέρονται και για την περίπτωση που μελετάμε θα πρέπει είναι τέτοιος ώστε η φόρτιση ανά άξονα να μην ξεπερνάει τους 22,5tn, αφού γι' αυτή τη φόρτιση έχουμε σχεδιάσει τη γραμμή μας

Με βάση τον παραπάνω συλλογισμό λαμβάνουμε σαν μέσο φόρτο εμπορευμάτων ανά όχημα τους 20tn. Έτσι προκύπτει από την υπόθεσή μας ότι ο αυρμός σχεδιασμού μεταφέρει $20 \cdot 20 = 400$ tn/αυρμό.

5.2.2 Επιλογές χαρακτηριστικών γραμμής σύνδεσης με βάση το ανάγλυφο της περιοχής και διαφοροποίηση του κόστους

Η χάραξη μιας σιδηροδρομικής γραμμής εξαρτάται από το ανάγλυφο της περιοχής στην οποία θα κατασκευαστεί. Έτσι κάθε χάραξη γραμμής είναι μοναδική και διαφορετική από κάθε άλλη. Στην παρούσα διπλωματική εργασία δεν μπορούμε να καθορίσουμε με ακρίβεια τα χαρακτηριστικά της χάραξης της γραμμής σύνδεσης ενός Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο αφού δεν εξετάζουμε κάποια συγκεκριμένη περίπτωση. Αυτό που θα κάνουμε παρακάτω είναι να εξετάσουμε σε θεωρητικό επίπεδο τα κρίσιμα χαρακτηριστικά μιας χάραξης που επηρεάζουν σημαντικά το κόστος κατασκευής και συντήρησης μιας γραμμής.

5.2.2.1 Μήκος γραμμής σύνδεσης

Το μήκος της γραμμής σύνδεσης ενός Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο εξαρτάται από τη θέση του Εμπορευματικού Κέντρου σε σχέση με το κύριο δίκτυο και πιο συγκεκριμένα με το σημείο όπου θα γίνει η σύνδεση. Λογικά με την αύξηση του μήκους της γραμμής σύνδεσης αυξάνεται και το κόστος κατασκευής της αλλά αυτό δεν είναι μονοσήμαντο.

Όσον αφορά στο κόστος της επιδομής της γραμμής αυτό αυξάνεται αναλογικά με το μήκος. Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος της γραμμής τόσο μεγαλύτερες είναι και οι απαιτήσεις σε υλικά επιδομής με επακόλουθη αύξηση του κόστους (κόστος στρωτήρων, σιδηροτροχιών, έρματος, κόστος μεταφοράς, κόστος τοποθέτησης κλπ.).

Αν εξετάσουμε όμως το συνολικό κόστος κατασκευής μιας γραμμής τα αποτελέσματα μπορεί να είναι τελείως διαφορετικά. Μπορεί επιλέγοντας μια χάραξη με μεγαλύτερο μήκος να αποφεύγουμε την κατασκευή τεχνικών έργων όπως γέφυρες και σήραγγες που έχουν ιδιαίτερα αυξημένο κόστος. Έτσι παρά το γεγονός ότι το κόστος των υλικών της επιδομής είναι μεγαλύτερο για την χάραξη αυτή, το συνολικό κόστος κατασκευής μπορεί να πολύ μικρότερο από αυτό της πιο σύντομης διαδρομής.

Συμπεραίνουμε από το παραπάνω απλουστευμένο παράδειγμα ότι δεν υπάρχει κάποιος κανόνας που να ισχύει σε όλες τις περιπτώσεις χάραξης και ότι

κάθε περίπτωση πρέπει να αντιμετωπίζεται αυτόνομα. Για να γίνουν ακριβείς υπολογισμοί του κόστους κατασκευής μιας γραμμής θα πρέπει να έχει καθοριστεί η χάραξη και η μήκότητά της.

5.2.2.2 Ακτίνα καμπυλότητας της χάραξης

Στο 3^ο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιώντας τον τύπο που προτείνεται από τον Νέο Κανονισμό Επαρμόγης Γραμμής και που συσχετίζει την ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας μιας γραμμής $R_{ελ}$ με τη μέγιστη ταχύτητα που αναπτύσσει ο συρμός $V_{μγ}$, υπολογίζουμε τις ελάχιστες ακτίνες καμπυλότητας για ένα εύρος τιμών ταχύτητας από 10km/h έως 70km/h. Από τους υπολογισμούς προκύπτουν κάποιες τιμές ακτίνων καμπυλότητας. Όμως λόγω της γεωμετρίας των σιδηροδρομικών οχημάτων τίθεται ένας περιορισμός για την ελάχιστη χρησιμοποιούμενη ακτίνα καμπυλότητας. Για τη συνδυαστική γραμμή επιλέγουμε ως ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας την τιμή $R_{ελ}=170m$ την οποία μπορεί να διατρέξει ένας συρμός με ταχύτητα που να μην ξεπερνάει τα 60km/h. Για ταχύτητα 70km/h η ελάχιστη ακτίνα που μπορεί να διατρέξει ο συρμός με ασφάλεια είναι $R=220,5m$. Έτσι αν χρειαστεί κάπου στη χάραξη να χρησιμοποιηθεί ακτίνα μικρότερη της $R=220,5m$ θα πρέπει να επιβληθεί περιορισμός στην ταχύτητα του συρμού.

Η επιρροή που έχουν οι ακτίνες καμπυλότητας που θα χρησιμοποιηθούν, στο κόστος κατασκευής της γραμμής δεν μπορεί να καθοριστεί με ακρίβεια. Οι λόγοι είναι παρόμοιοι με αυτούς που προαναφέρθηκαν, ότι δηλαδή δεν μπορεί να γίνει ακριβής κοστολόγηση χωρίς να έχει γίνει η χάραξη και η μήκότητά της γραμμής. Γενικά είναι αποδεκτό ότι είναι προτιμότερη η χρήση όσο το δυνατόν μεγαλύτερων ακτίνων καμπυλότητας όταν αυτά είναι εφικτά. Αν συγκρίνουμε δύο γραμμές με κοινά χαρακτηριστικά και συνθήκες κυκλοφορίας που έχουν όμως διαφορετικές ακτίνες καμπυλότητας, θα συμπεράνουμε ότι αυτή με τις μικρότερες ακτίνες έχει μικρότερη διάρκεια οικονομικής ζωής και μεγαλύτερο κόστος συντήρησης (Baumgartner J.P., 2001).

5.2.2.3 Τεχνικά έργα

Πολλές φορές λόγω του γεωγραφικού ανάγλυφου μιας περιοχής είναι απαραίτητη η κατασκευή τεχνικών έργων όπως γέφυρες, πεζογέφυρες, σήραγγες, υπόγειες και υπέργειες διαβάσεις δρόμων, ηχοπετάσματα κλπ. Τα παραπάνω τεχνικά έργα έχουν υψηλό κόστος κατασκευής αλλά πολλές φορές είναι αναπόφευκτα.

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες ενδεικτικές τιμές κόστους κατασκευής και συντήρησης των τεχνικών αυτών έργων με βάση την μελέτη «Prices and costs in the railway sector» του J.P. Baumgartner καθώς και της «Feasibility Study for the Western Extensions of the Railway Network of Greece», του Hellenic Institute of Transport

Πίνακας 5.6: Ενδεικτικό κόστος κατασκευής τεχνικών έργων (Πηγή: «Prices and costs in the railway sector», J.P.Baumgartner και «Feasibility Study for the Western Extensions of the Railway Network of Greece», Hellenic Institute of Transport (Center for Research and Technology)-and Dr. Gollias)

Τεχνικά Έργα	Μέσο κόστος (€/km γραμμής)
Σήραγγα : -μονή γραμμή	9.000.000
Γέφυρες και πεζογέφυρες : -μικρού ανοίγματος καιή με εύκολη θεμελίωση -μεγάλου ανοίγματος καιή με δύσκολη θεμελίωση	5.130.000 7.000.000
Ανισώπεδη διασταύρωση γραμμής με δρόμο : -υπέργεια διάβαση δρόμου -υπόγεια διάβαση δρόμου	2.000.000 3.000.000
Διασταύρωση γραμμής με αυτοκινητόδρομο : -υπέργεια ή υπόγεια διάβαση	5.000.000
Ηχοπετάσματα : -στη μία πλευρά της γραμμής -στις δύο πλευρές της γραμμής	200.000 400.000

Το κόστος συντήρησης που θα παρουσιαστεί παρακάτω είναι υπολογισμένο σε ετήσια βάση με τις τιμές προσαρμοσμένες στο έτος βάση όταν έγιναν δηλαδή τα έργα αυτά. Το κόστος δίνεται σε ποσοστό επί του αρχικού ποσού επένδυσης.

Πίνακας 5.7: Ενδεικτικό κόστος συντήρησης έργων (Πηγ : «Prices and costs in the railway sector», J.P. Baumgartner)

Έργα	Ποσοστό επί της αρχικής επένδυσης
Επιχώματα, ορύγματα	0,5%
Έργα αποστράγγισης	2%
Τοίχοι	0,5%
Γέφυρες	1%
Σήραγγες	0,5%

5.2.2.4 Απαλλοτριώσεις

Σημαντική συνιστώσα του γενικευμένου κόστους της κατασκευής μιας γραμμής αποτελούν οι απαλλοτριώσεις. Ανάλογα με τη χρήση της γης που πρέπει να απαλλοτριωθεί αλλάζει και το κόστος.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται το κόστος απαλλοτριώσεων ανά χιλιόμετρο σιδηροδρομικής γραμμής.

Πίνακας 5.8: Ενδεικτικό κόστος απαλλοτριώσεων ανάλογα με τη χρήση γης (Πηγή: «Prices and costs in the railway sector», J.P. Baumgartner)

Χρήση γης	Μέσο κόστος (€/km γραμμής μονής ή διπλής)
Ακατοίκητη περιοχή	50.000
10 κάτοικοι ανά km ²	500.000
100 κάτοικοι ανά km ²	5.000.000
1000 κάτοικοι ανά km ²	20.000.000

Στην παρούσα διπλωματική εργασία το κόστος απαλλοτριώσεων θα υπολογιστεί διαφορετικά και θα χρησιμοποιηθούν άλλες πηγές που να συμβαδίζουν περισσότερο με τα ελληνικά δεδομένα. Θεωρούμε ότι το πλάτος της έκτασης που πρέπει να απαλλοτριωθεί είναι 30m σε όλο το μήκος της γραμμής. Επιλέγουμε πλάτος απαλλοτριώσεων 30m για να υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής διπλής γραμμής εάν κριθεί απαραίτητο στο μέλλον. Πολλαπλασιάζοντας το πλάτος με το

αντίστοιχο κάθε φορά μήκος της γραμμής σύνδεσης θα μπορούμε να υπολογίσουμε το εμβαδόν της έκτασης που πρέπει να απολλοτριωθεί.

Στην Ελλάδα το κόστος απολλοτριώσεως κυμαίνεται από 2.200€/1000m² (Hellenic Institute of Transport (Center for Research and Technology)-and Dr. Gollias), έως 30.000€/1000m². Εμείς θα διαχωρίσουμε 3 περιπτώσεις όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.9: Ενδεικτικό κόστος απολλοτριώσεων ανάλογα με τη χρήση γης για τα ελληνικά δεδομένα (Πηγή: «Feasibility Study for the Western Extensions of the Railway Network of Greece», Hellenic Institute of Transport (Center for Research and Technology)-and Dr. Gollias)

Χρήση γης	Μέσο κόστος (€/m ²)
Ακατοίκητη περιοχή	2,20
Πολύ αραιοκατοικημένη περιοχή	15
Αραιοκατοικημένη περιοχή	30

5.3 Κόστος μελέτης και σηματοδότησης

5.3.1 Μελέτες

Για τη χάραξη μιας σιδηροδρομικής γραμμής απαιτείται να έχει προηγηθεί μελέτη σκοπιμότητας για να διαπιστωθεί η αναγκαιότητα κατασκευής του συγκεκριμένου έργου στα πλαίσια κόστους-οφέλους. Στα πλαίσια της μελέτης σκοπιμότητας γίνεται αναγνωριστική χάραξη του διαδρόμου. Στη συνέχεια ακολουθεί η προκαταρκτική μελέτη κατά την οποία διερευνάται η βέλπστη όδευση του υπ' όψη σιδηροδρομικού άξονα και τέλος πραγματοποιείται η μελέτη. Οι παραπάνω διαδικασίες που είναι απαραίτητες για την κατασκευή ενός έργου έχουν κόστος το οποίο παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 5.10: Ενδεικτικό κόστος μελετών (Πηγή: «Prices and costs in the railway sector», J.P. Baumgartner)

Μελέτες	Μέσο κόστος (€/km γραμμής)
Τεχνοοικονομική μελέτη σκοπιμότητας	5.000
Προκαταρκτική μελέτη	40.000
Μελέτη	1% του προϋπολογισμού του έργου

5.3.2 Σύστημα σηματοδότησης της συνδετικής γραμμής και κόστος

5.3.2.1 Σύστημα σηματοδότησης

Τα σιδηροδρομικά σήματα αποτελούν μορφή επικοινωνίας, σχεδιασμένη να πληροφορεί το πλήρωμα της αμαξοστοιχίας, ιδιαίτερα τους μηχανοδηγούς, για τις συνθήκες της γραμμής μπροστά τους και να δίνει οδηγίες για τον τρόπο με τον οποίο θα κινηθούν το τρένο. Οι μέθοδοι ελέγχου της κυκλοφορίας των συρμών εξελίχθηκαν στη διάρκεια πολλών ετών προσπάθειών λαθών και βελτιώσεων (Λέντλινγκεν, 1998, σ. 12).

Στις μέρες μας τα συστήματα ελέγχου κυκλοφορίας συρμών έχουν εξελιχθεί πολύ και έχουν αυτοματοποιηθεί έτσι ώστε να παρέχουν την μέγιστη δυνατή ασφάλεια.

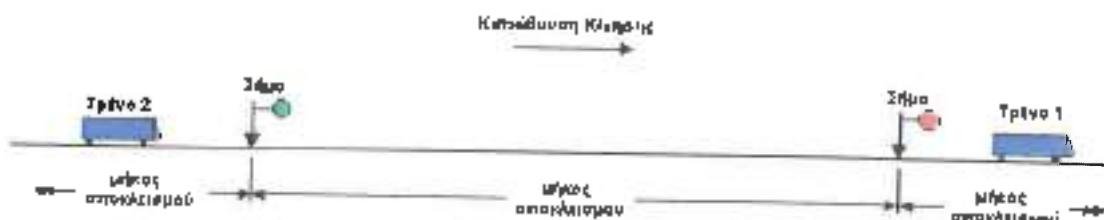
Για τη συνδετική γραμμή του Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο θα επιλέξουμε ένα απλό σύστημα σηματοδότησης έτσι ώστε να είναι ασφαλές αλλά και οικονομικό, αφού δεν θα έχουμε υψηλές απαιτήσεις στη χωρητικότητα της γραμμής μας.

Επιλέγουμε έτσι να εφαρμόσουμε στη συνδετική γραμμή τα μήκη αποκλεισμού. Στο σύστημα κυκλοφορίας που βασίζεται στα μήκη αποκλεισμού (block systems), απαγορεύεται το τρένο να εισέλθει σε ένα τμήμα γραμμής, μέχρι το προηγούμενο τρένο, που βρίσκεται ήδη στο τμήμα αυτό, να έχει εξέλθει.

Κάθε τμήμα αποκλεισμού (block) προστατεύεται από σταθερό σήμα, τοποθετημένο στην είσοδο του τμήματος και ευκρινώς ορατό από το μηχανοδηγό κάθε τρένου που προσεγγίζει. Εάν το τμήμα είναι «καθαρό», δηλαδή δεν υπάρχει τρένο σε αυτό, το σήμα θα παράσχει ένδειξη «ελεύθερο». Αντίθετα, αν το τμήμα είναι κατειλημμένο από τρένο, το σήμα θα παράσχει την ένδειξη «stop». Το επόμενο τρένο

θα περιμένει στην είσοδο του τμήματος, μέχρι να εξέλθει από αυτό το προπορευόμενο. Στη βάση αυτής της αρχής σχεδιάζονται και λειτουργούν όλα τα συστήματα σηματοδότησης (www.survey.ntua.gr).

Ολόκληρη η συνδετική μας γραμμή θα αποτελεί ένα και μόνο τμήμα αποκλεισμού. Αυτό σημαίνει ότι ένα μόνο τρένο θα μπορεί να κινείται σε αυτή. Την επιλογή αυτή την κάνουμε γιατί θεωρούμε ότι η συνδετική γραμμή θα είναι περιορισμένου μήκους (περίπου 10km) και τα δρομολόγια δεν θα είναι πυκνά ώστε να πρέπει να κινούνται παραπάνω από ένας συρμοί την φορά επί της γραμμής. Με αυτό τον τρόπο θα χρειαστούμε λιγότερα σήματα και έτσι θα μειώσουμε και το κόστος σηματοδότησης. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται ένα απλουστευμένο διάγραμμα περιγραφής της βασικής αρχής λειτουργίας του μήκους αποκλεισμού.



Σχήμα 5.10: Απλουστευμένο διάγραμμα περιγραφής βασικής αρχής λειτουργίας μήκους αποκλεισμού (block), (Πηγή: www.survey.ntua.gr)

Παρατηρούμε ότι το μήκος αποκλεισμού που καταλαμβάνεται από το τρένο 1 προστατεύεται από το κόκκινο σήμα στην είσοδο του μήκους. Το επόμενο μήκος είναι ελεύθερο από τρένα και έτσι το πράσινο σήμα επιτρέπει στο τρένο 2 να εισέλθει στο μήκος αυτό. Με τον ίδιο τρόπο θα γίνει και η σηματοδότηση συνδετικής γραμμής του Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο. Δηλαδή θα τοποθετηθεί ένα σήμα στην αρχή και ένα στο τέλος της γραμμής, τα οποία θα δίνουν άδεια εισόδου στη γραμμή σύνδεσης και στον σταθμό αντίστοιχα.

Το σύστημα σηματοδότησης της γραμμής θα είναι αυτόματο (automatic block system). Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί κυκλώματα γραμμής που βραχυκυκλώνονται από τους τραχούς και άξονες ενός τρένου, ενεργοποιώντας την ένδειξη κινδύνου (κόκκινο) όταν φανό σηματοδότησης πίσω από το τρένο (ή και όταν φανό μπροστά από το τρένο, σε περιπτώσεις μονής γραμμής).



Εικόνα 5.2: Φωτεινή σηματοδότηση (Πηγή: www.survey.ntua.gr)

5.3.2.2 Κόστος σηματοδότησης

Τα στοιχεία που αφορούν στο κόστος της σηματοδότησης μιας γραμμής παρουσιάζονται παρακάτω (J.P. Baumgartner, 2001).

Πίνακας 5.11: Ενδεικτικό κόστος συστήματος αυτόματου αποκλεισμού (Πηγή: «Prices and costs in the railway sector», J.P. Baumgartner)

Σύστημα αυτόματου αποκλεισμού (χωρίς καλώδια)	Μέσο κόστος (€/μήμα αποκλεισμού)
Τμήμα αποκλεισμού μονής κατεύθυνσης κίνησης	100.000
Τμήμα αποκλεισμού για κίνηση και προς τις δύο κατευθύνσεις (μονή γραμμή)	200.000

Πίνακας 5.12: Ενδεικτικό κόστος ασύρματης σύνδεσης (Πηγή: «Prices and costs in the railway sector», J.P. Baumgartner)

Ασύρματη σύνδεση μεταξύ αποστολέα και τρένου	Μέσο κόστος (€/km γραμμής)
Για κάθε χιλιόμετρο γραμμής	10.000
Για κάθε μονάδα έλεγχου	30.000

Σύμφωνα με τη μελέτη που έγινε για την επέκταση του σιδηροδρομικού δικτύου της Δυτικής Ελλάδας το κόστος σηματοδότησης υπολογίζεται σε 130.000€/km γραμμής. Στους υπολογισμούς μας θα θεωρήσουμε μία ενδιάμεση τιμή κόστους σηματοδότησης από αυτή που δίνεται από τον Baumgartner και από αυτή τη μελέτη. Θεωρούμε κόστος σηματοδότησης ίσο με 200.000€/km γραμμής, το οποίο περιλαμβάνει όλες τις εγκαταστάσεις που απαιτούνται (καλώδια, σήματα κλπ.)

Πίνακας 5.13: Ενδεικτικό κόστος σηματοδότησης ισόπεδων διασταυρώσεων
(Πηγή: «Prices and costs in the railway sector», J.P. Baumgartner)

Περιπτώσεις	Μέσο κόστος (€/μονάδα)
Ισόπεδη διασταύρωση με οπτικό και ηχητικό σήμα	20.000
Ισόπεδη διασταύρωση με αυτόματες μονόπλευρες μπάρες : -σε μονή γραμμή	200.000
Ισόπεδη διασταύρωση με τέσσερις αυτόματες μπάρες	300.000

Το ετήσιο κόστος συντήρησης των εγκαταστάσεων που αφορούν στη σηματοδότηση είναι, εκφρασμένο σε ποσοστό, το 1% της επένδυσης στο επίπεδο τιμών του έτους αναφοράς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΣΥΝΔΕΣΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕ ΤΟ ΚΥΡΙΟ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

6.1 Γενικά

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναφερθήκαμε στα δύο μέρη που αφορούν σε μια γραμμή σύνδεσης Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο, δηλαδή το τμήμα που βρίσκεται εντός του Εμπορευματικού Κέντρου και την γραμμή σύνδεσης. Δόθηκαν τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους και κάποια στοιχεία για το κόστος τους. Στο παρόν κεφάλαιο στόχος μας είναι να διερευνήσουμε το πώς θα γίνει η σύνδεση της γραμμής με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο.

Γενικά η σύνδεση μιας δευτερεύουσας γραμμής με μια κύρια δεν γίνεται απ' ευθείας σε οποιοδήποτε σημείο της κύριας γραμμής. Είναι υποχρεωτικό η σύνδεση να γίνει σε κάποιο σταθμό. Σ' αυτό το σημείο πρέπει να διευκρινήσουμε τι σημαίνουν οι όροι κύρια γραμμή και σταθμός με τους ορισμούς που δίνονται από το Γενικό Κανονισμό Κίνησης του Ο.Σ.Ε.

Με τον όρο κύρια γραμμή χαρακτηρίζεται το τμήμα της σιδηροδρομικής γραμμής που περιλαμβάνεται μεταξύ των κύριων σημάτων καλύψεως δύο συνακόλουθων σε λειτουργία σταθμών (Γενικός Κανονισμός Κίνησης, Μέρος Α, Έκδοση 1988).

Με τον όρο σταθμός χαρακτηρίζεται κάθε συμπλέγμα γραμμών ή και μία μόνο γραμμή που :

- Επικοινωνεί με την κύρια γραμμή, με μία ή και περισσότερες αλλαγές τροχιάς
- Συνδέεται με τηλεγράφο ή τηλέφωνο εφοδιασμένο συνήθως με καταγραφική συσκευή, με όμοια συμπλέγματα που βρίσκονται και προς τις δύο κατευθύνσεις της κύριας γραμμής και

- Καλύπτεται με σήματα καλύψεως
(Γενικός Κανονισμός Κίνησης, Μέρος Α, Έκδοση 1988).

Στην πρώτη προσέγγιση του θέματος, το πώς θα συνδεθεί δηλαδή η δευτερεύουσα γραμμή με την κύρια, έγινε η σκέψη να εξεταστεί η κατασκευή σταθμού σε σημείο της κύριας γραμμής έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το μήκος της γραμμής σύνδεσης. Στην πορεία της διερεύνησης που έγινε, η λύση αυτή επανεξετάστηκε, αφού στο κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο ανά 10km το πολύ υπάρχει σταθμός. Έτσι ίσως να είναι πιο συμφέρουσα λύση για την εταιρεία του Εμπορευματοικού Κέντρου να αυξήσει λίγο το μήκος της γραμμής σύνδεσης και να συνδεθεί σε έναν ήδη υπάρχοντα σταθμό. Με αυτό τον τρόπο απαλλάσσεται από το κόστος κατασκευής ενός σταθμού και επιβαρύνεται μόνο με το κόστος της κατασκευής της γραμμής και των συσκευών γραμμής για να γίνει η σύνδεση στον υφιστάμενο σταθμό.

Η επιλογή της πιο συμφέρουσας λύσης δεν μπορεί να γίνει σε θεωρητικό επίπεδο αν δεν αναφερόμαστε σε κάποια συγκεκριμένη περίπτωση σύνδεσης έτσι ώστε να υπάρχουν πραγματικά στοιχεία. Στην παρούσα διπλωματική εργασία περιοριζόμαστε μόνο στην αναφορά των δύο λύσεων, της κατασκευής δηλαδή νέου σταθμού ή της απλής σύνδεσης σε έναν υφιστάμενο.

6.2 Αλλαγές και διασταυρώσεις

6.2.1 Αλλαγές

Για να μπορέσει ένας συρμός να αλλάξει κατεύθυνση πορείας χρησιμοποιούνται μηχανισμοί που λέγονται αλλαγές. Οι αλλαγές εκτρέπουν τους συρμούς σε άλλες γραμμές. Για να περιγράψουμε τις αλλαγές χρησιμοποιούμε τέσσερα στοιχεία :

- Είδος αλλαγής
- Τύπος σιδηροτροχιάς
- Ακτίνα αλλαγής (σε m)
- Κλίση αλλαγής (στη μορφή 1:n)

Οι αλλαγές και οι διασταυρώσεις διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: ευθύγραμμες και καμπύλες.

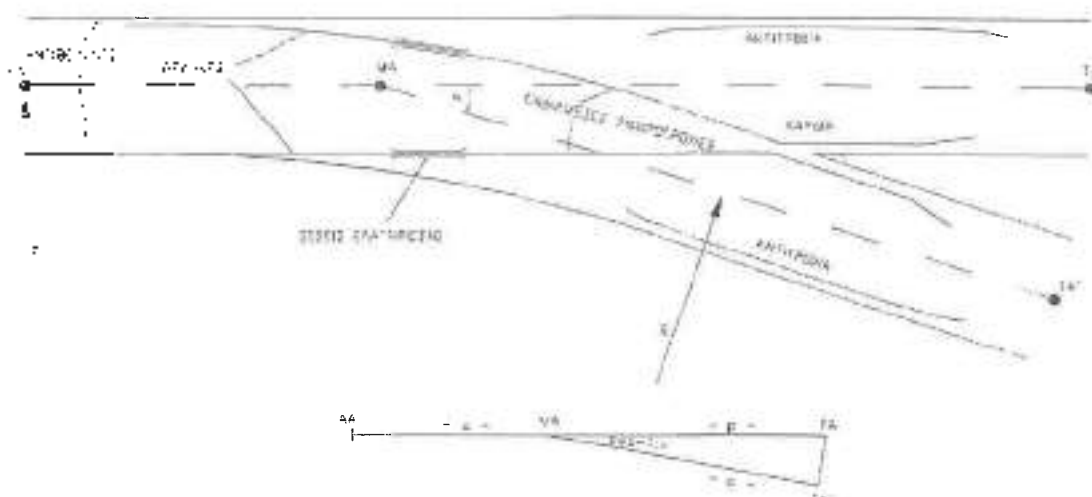
- Ευθύγραμμες αλλαγές και διασταυρώσεις
 - Απλή αλλαγή
 - Διπλή αλλαγή (μονόπλευρη ή αμφίπλευρη)

- Διασταύρωση
 - Απλή διασταύρωση-αλλαγή
 - Διπλή διασταύρωση-αλλαγή
- Καμπύλες αλλαγές και διασταυρώσεις (προέρχονται από τις ευθύγραμμες με κάμψη αυτών)
 - Εσωτερική καμπύλη αλλαγή
 - Εξωτερική καμπύλη αλλαγή
 - Καμπύλη διασταύρωση
 - Απλή εσωτερική καμπύλη διασταύρωση-αλλαγή (περιορισμένης γεωμετρίας)
 - Απλή εξωτερική καμπύλη διασταύρωση-αλλαγή (περιορισμένης γεωμετρίας)
 - Διπλή καμπύλη διασταύρωση-αλλαγή (Λυμπέρης, Κ., 2004)

Η γεωμετρία της αλλαγής καθορίζεται από την ακτίνα R του καμπύλου κλάδου και την κλίση $1:n$, και είναι ανεξάρτητη της διατομής της σιδηροτροχιάς από την οποία κατασκευάζεται. Τα κατασκευαστικά στοιχεία των αλλαγών είναι :

- Καρδιά (σταυρός) : Στην απλή αλλαγή οι δύο εσωτερικές σιδηροτροχιές διασταυρώνονται σε ένα τεμάχιο που λέγεται καρδιά.
- Βελόνες : Είναι τα κινητά μέρη στην αρχή μιας αλλαγής που οδηγούν το συρμό στη μία ή στην άλλη κατεύθυνση. Σε μία ευθύγραμμη αλλαγή υπάρχουν πάντοτε μία ευθεία και μία καμπύλη βελόνα, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με ράβδους κίνησης και ελέγχου.
- Αντιβελόνες : Είναι τα τεμάχια στα οποία προσκινται οι βελόνες κατά τη θέση επαφής. Είναι κανονική σιδηροτροχιά της οποίας η κεφαλή έχει διαμορφωθεί κατάλληλα ώστε να δέχεται τη διατομή της βελόνας.
- Αντιτροχιές («κόντρα σίδερα») : Για να διέλθει ο τροχός στο επιθυμητό κανάλι (στη θέση της καρδιάς), τοποθετούνται οι απέναντι τροχιές, οπότε δεσμεύεται ο απέναντι από την καρδιά τροχός. Έτσι ο τροχός που βρίσκεται στη θέση χωρίς καθοδήγηση ακολουθεί αναγκαστικά το σωστό κανάλι.
- Ενδιάμεσες σιδηροτροχιές : Είναι οι σιδηροτροχιές κανονικής διατομής μεταξύ των βελόνων και της καρδιάς. (Λυμπέρης, Κ., 2004)

Παρακάτω φαίνεται το σχήμα της απλής ευθύγραμμης αλλαγής όπου μπορούμε να διακρίνουμε και τα κατασκευαστικά στοιχεία της.

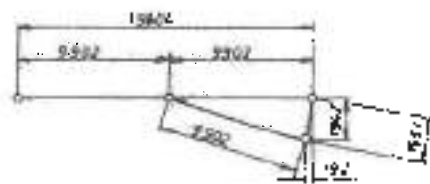


Σχήμα 6.1: Απλή ευθύγραμμη αλλαγή (Πηγή: Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)

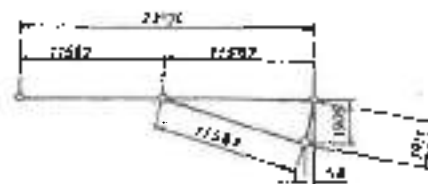
Η ακτίνα του καμπύλου κλάδου αναφέρεται στον άξονα της γραμμής. Η καμπύλη αρχίζει στην αρχή της αλλαγής (ΑΑ) και συνήθως τελειώνει μετά την καρδιά στο τέλος της αλλαγής (ΤΑ). Τότε η καρδιά βρίσκεται ολόκληρη στην καμπύλη και ονομάζεται καμπύλη καρδιά, ενώ αν η ακτίνα σταματάει πριν την καρδιά τότε η καρδιά είναι ευθύγραμμη.

Το τέλος του τόξου του καμπύλου κλάδου ορίζει την κλίση της αλλαγής. Η κλίση είναι η εφαπτομένη της γωνίας α που σχηματίζεται ανάμεσα στον άξονα της κύριας τροχιάς και στον άξονα του καμπύλου κλάδου. Η κλίση δίνεται με τη μορφή 1:n.

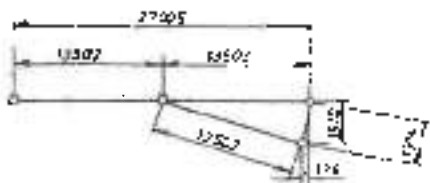
Η διπλή αλλαγή αποτελείται κατὰ κανόνα από δύο απλές αλλαγές τοποθετημένες πολύ κοντά η μία στην άλλη. Στη μονόπλευρη διπλή αλλαγή και οι δύο διακλαδώσεις είναι προς την ίδια πλευρά της κύριας γραμμής ενώ στην αμφίπλευρη διπλή αλλαγή η κύρια τροχιά διακλαδίζεται σε δύο αντίθετους μεταξύ τους κλάδους.



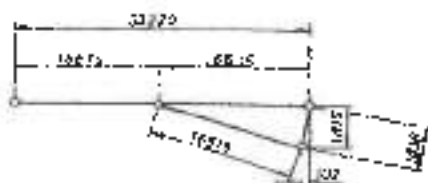
ΑΕΑ 100 - 1:5



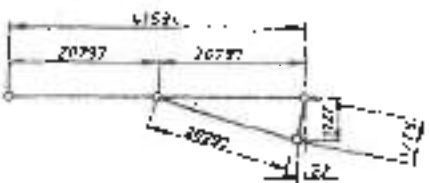
ΑΕΑ 140 - 1:6



ΑΕΑ 190 - 1:7



ΑΕΑ 300 - 1:9



ΑΕΑ 500 - 1:13

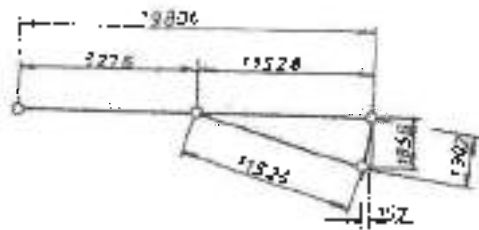


ΑΕΑ 760 - 1:14

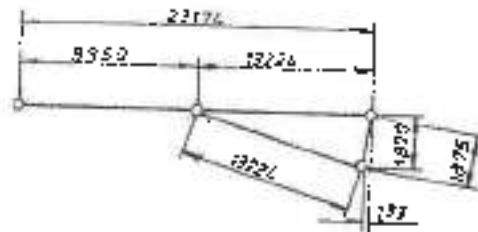


ΑΕΑ 1200 - 1:18,5

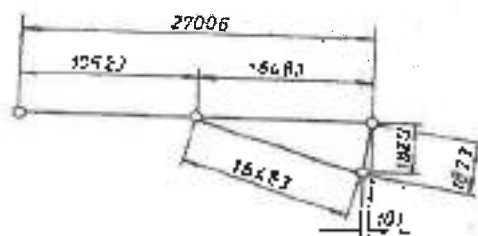
Σχήμα 6.2: Απλές ευθύγραμμες αλλαγές (ΑΕΑ) εξ'ολοκλήρου σε καμπύλη
(Πηγή: Λυμπερίης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)



ΑΕΑ 100 - 1:6



ΑΕΑ 140 - 1:7

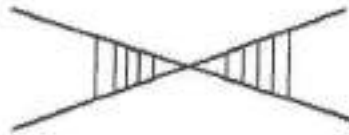


ΑΕΑ 190 - 1:9

Σχήμα 6.3: Απλές ευθύγραμμες αλλαγές (ΑΕΑ) με ευθύγραμμο τελικό τμήμα
(Πηγή: Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)

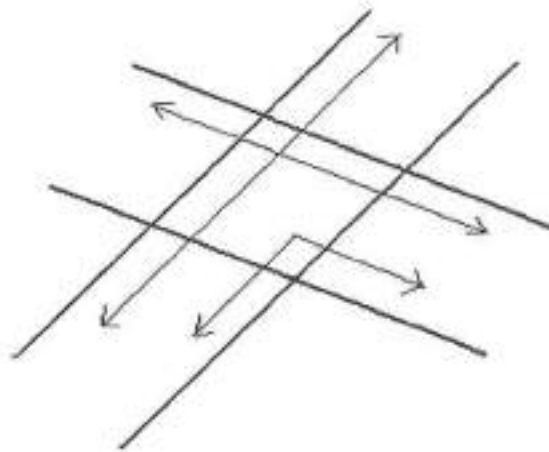
6.2.2 Διασταυρώσεις

Μία διασταύρωση είναι η τομή δύο ευθύγραμμων τροχιών. Απεικονίζεται ως εξής :

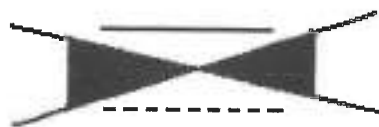


Σχήμα 6.4: Διασταύρωση

Μία απλή διασταύρωση-αλλαγή είναι η τομή δύο ευθύγραμμων τροχιών που δίνει τη δυνατότητα μέσω μιας μονόπλευρα τοποθετημένης καμπύλης να περάσουμε από τη μία ευθύγραμμη τροχιά στην άλλη. Οι επιτρεπόμενες κινήσεις και ο τρόπος απεικόνισής της απλής διασταύρωσης-αλλαγής φαίνονται στα σχήματα που ακολουθούν.

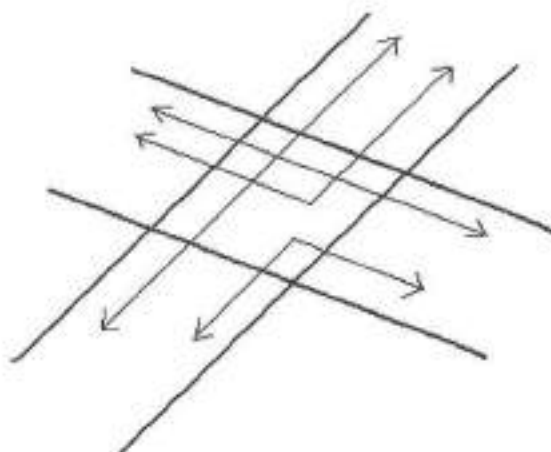


Σχήμα 6.5: Επιτρεπόμενες κινήσεις σε απλή διασταύρωση αλλαγή



Σχήμα 6.6: Απλή Διασταύρωση-αλλαγή

Μία διπλή διασταύρωση-αλλαγή είναι η τομή δύο ευθύγραμμων τροχιών όπου επιτρέπεται η διέλευση προς όλους τους κλάδους. Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται οι επιτρεπόμενες κινήσεις σε μια διπλή διασταύρωση-αλλαγή καθώς και ο τρόπος απεικόνισής της.

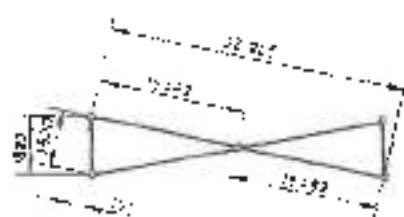


Σχήμα 6.7: Επιτρεπόμενες κινήσεις σε διπλή διασταύρωση-αλλαγή

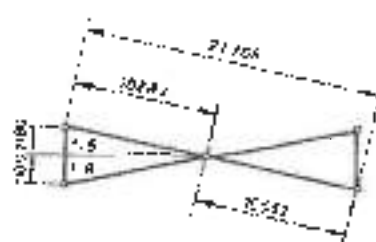


Σχήμα 6.8: Διπλή διασταύρωση-αλλαγή

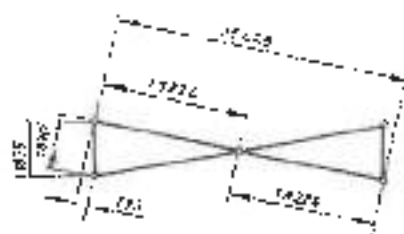
Οι ευθύγραμμες αλλαγές μπορούν να καμφθούν σε εσωτερικές και εξωτερικές καμπύλες αλλαγές με βασική προϋπόθεση την διατήρηση της κλίσης και στην καμπύλη αλλαγή. Οι απλές και διπλές διασταυρώσεις-αλλαγές μπορούν πολύ περιορισμένα να καμφθούν σε καμπύλες διασταυρώσεις-αλλαγές. Γενικότερα η χρήση ευθύγραμμων αλλαγών και διασταυρώσεων-αλλαγών είναι πιο συμφέρουσα οικονομικά και προτιμάται όπου είναι δυνατόν.



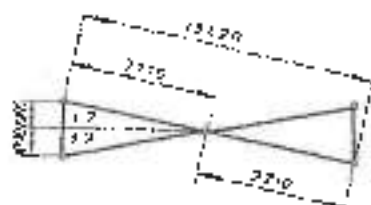
Δ 1:9



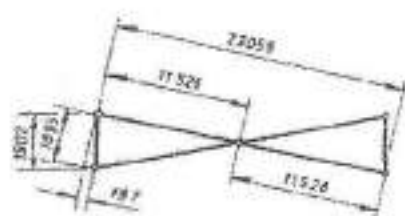
Δ 1:4,444



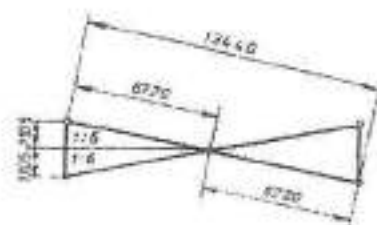
Δ 1:7



Δ 1:3,429

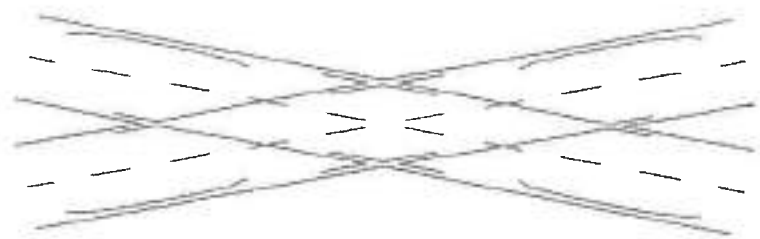


Δ 1:6

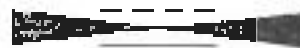
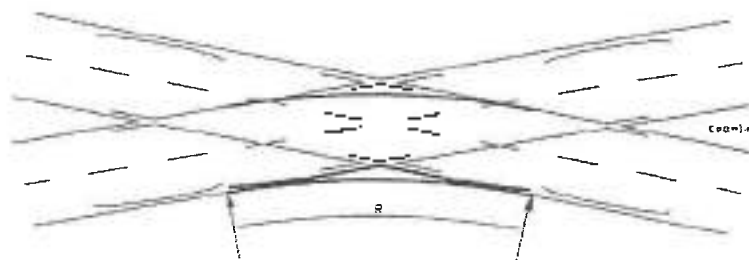


Δ 1:2,917

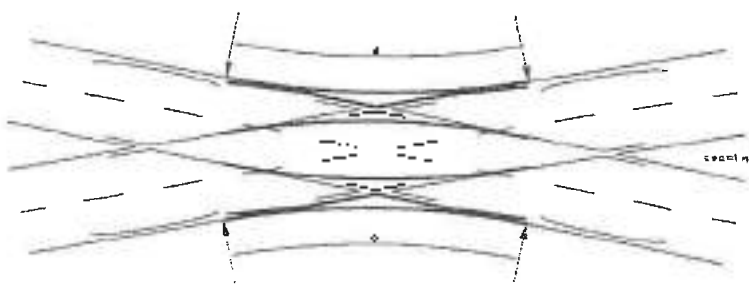
Σχήμα 6.9: Διασταυρώσεις (Πηγή: Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)



ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗ



ΑΛΛΑΓΗ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΕΞΙΟΤΗΤΑ ΚΕΙΜΕΝΟΥ (ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ)



ΑΛΛΑΓΗ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΕΞΙΟΤΗΤΑ ΚΕΙΜΕΝΟΥ (ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ)

Σχήμα 6.10: Διασταυρώσεις, Διασταυρώσεις-αλλαγές (Πηγή: Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)

6.3 Σύνδεση γραμμών

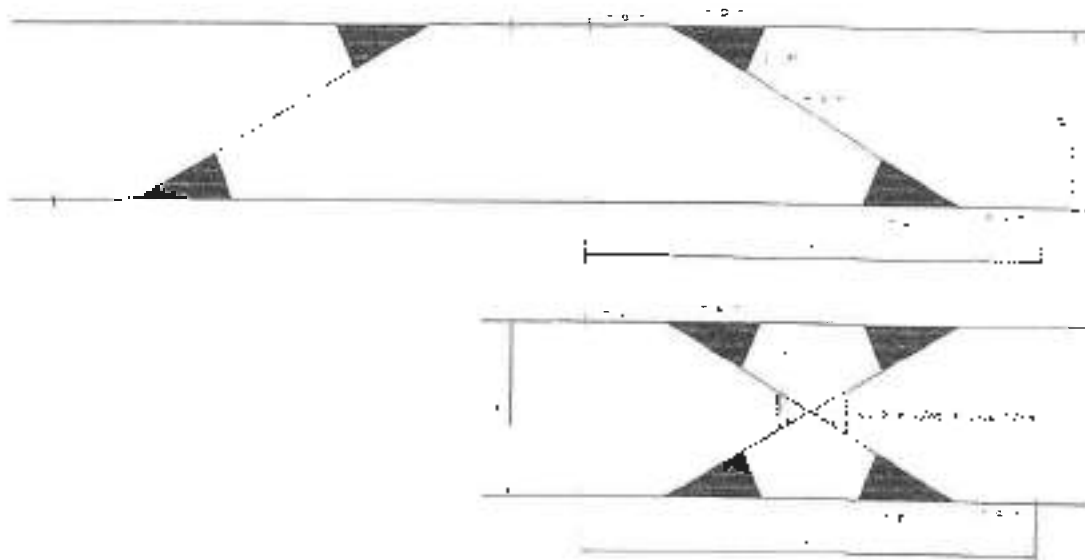
Η σύνδεση των γραμμών γίνεται με τη βοήθεια αλλαγών και διασταυρώσεων (Λυμπέρης, Κ., 2004). Το κατάλληλο μήκος σύνδεσης L είναι ίσο με $L = 2 \cdot a + d \cdot n$ για σύνδεση με απλές ευθύγραμμες αλλαγές. Όπου :

a : το μήκος από την αρχή έως τη μέση της αλλαγής

d : η απόσταση μεταξύ των γραμμών

n : ο παρανομοστής από το κλάσμα που δείχνει την κλίση της αλλαγής

Όταν παρεμβάλλεται ευθύγραμμο τμήμα c μεταξύ των αλλαγών, το μήκος του θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από $\sqrt{10}$ ή μεγαλύτερο από 4.0m (Λυμπέρης, Κ., 2004). Παρακάτω φαίνονται δύο περιπτώσεις σύνδεσης γραμμών με 4 απλές αλλαγές και με 4 αλλαγές και μία διασταύρωση ανάλογα με το χώρο που υπάρχει.



Σχήμα 6.11: Συνδέσεις γραμμών (με 4 απλές αλλαγές και με 4 αλλαγές και μία διασταύρωση) (Πηγή: Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)

6.4 Σύνδεση του Εμπορευματικού Κέντρου με την κύρια σιδηροδρομική γραμμή και κόστος

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα υποθέσουμε δύο σενάρια :

(α) Η σύνδεσή μας γίνεται σε έναν υφιστάμενο σταθμό που διαθέτει την απαραίτητη σιδηροδρομική υποδομή, κύριες και δευτερεύουσες γραμμές, έτσι ώστε να εξυπηρετείται η κυκλοφορία των συρμών ανάλογα με τις συνθήκες κυκλοφορίας που επικρατούν. Υποθέτουμε επίσης ότι το κόστος που επιβαρύνει την εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου σύμφωνα με αυτό το σενάριο, είναι αποκλειστικά η σύνδεση της γραμμής με κάποια από της παράλληλες γραμμές του σταθμού.

(β) Η Εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου αναλαμβάνει την κατασκευή σταθμού για να συνδέσει τη γραμμή του με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο σε όποια σημείο είναι συμφέρον. Σε αυτή την περίπτωση όλα τα έξοδα της κατασκευής του σταθμού επιβαρύνουν την Εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου.

Με βάση τις παραπάνω υποθέσεις θα παρουσιάσουμε παρακάτω κάποιες περιπτώσεις τρόπων σύνδεσης γραμμών και το αντίστοιχο ενδεικτικό κόστος τους με βάση τη μελέτη του J.P. Baumgartner, «Prices and costs in the railway sector».

Πίνακας 6.1: Ενδεικτικό κόστος αλλαγών και διασταυρώσεων και κόστος συντήρησης (Πηγή: «Prices and costs in the railway sector», J.P. Baumgartner)

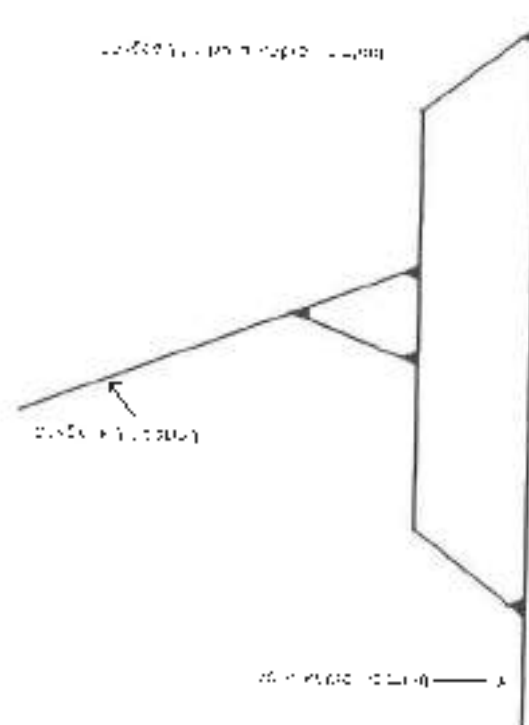
Είδος συσκευής γραμμής	Μέσο κόστος (€)
Αλλαγή μεγάλης κλίσης (γωνίας) (1:8 – 1:9)	60.000
Διπλή διασταύρωση - αλλαγή	140.000
Αλλαγή μικρής κλίσης (γωνίας) (1:16 – 1:20)	130.000
Κόστος συντήρησης αλλαγών και διασταυρώσεων ανά έτος	1% του κόστους επένδυσης

Στους υπολογισμούς μας επειδή δεν μπορούμε να γνωρίζουμε την κλίση των χρησιμοποιούμενων αλλαγών θα θεωρούμε ένα ενδεικτικό κόστος κατασκευής της κάθε αλλαγής ίσο με 100.000€ και το ετήσιο κόστος συντήρησης της σύνδεσης της γραμμής με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο ίσο με 0,5% του κόστους κατασκευής της.

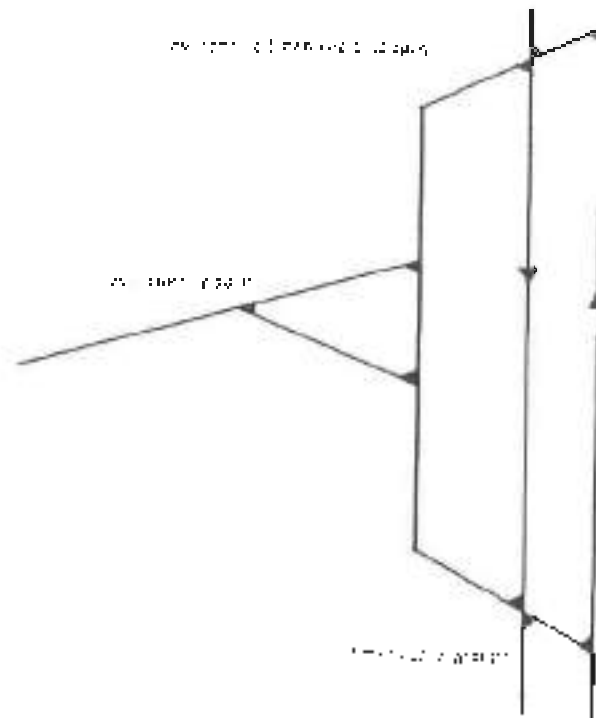
Πίνακας 6.2: Ενδεικτικό κόστος σταθμών (Πηγή: «Prices and costs in the railway sector», J.P. Baumgartner)

Σταθμοί	Μέσο κόστος (€)
Ενδιάμεσος σταθμός με γραμμή υπέρβασης σε μονή γραμμή, χωρίς σηματοδότηση και χωρίς άλλο εξοπλισμό	500.000
Ενδιάμεσος σταθμός με γραμμή υπέρβασης σε μονή γραμμή με σηματοδότηση και συγχρονισμένη λειτουργία χωρίς άλλο εξοπλισμό	2.000.000
Ένα ζεύγος συνδέσεων (4 αλλαγές) ανάμεσα στις δύο γραμμές μιας διπλής γραμμής με σηματοδότηση, τηλεχειρισμό κλπ.	5.000.000
Σταθμός εξυπηρέτησης διπλής γραμμής (2 ζεύγη συνδέσεων και 2 γραμμές υπέρβασης) με σηματοδότηση κλπ.	20.000.000
Ανισόπεδη δικασταύρωση γραμμών	10.000.000

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν και σχεδιαστικά σε μορφή σκαρίφηματος οι δύο βασικές περιπτώσεις σύνδεσης, όταν έχουμε δηλαδή μονή κύρια γραμμή και όταν έχουμε διπλή κύρια γραμμή. Υπάρχουν αρκετοί εναλλακτικοί τρόποι σύνδεσης που θα μπορούσαν να εξετασθούν αλλά αυτή η διαδικασία θα ήταν εκτός των πλασίων της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

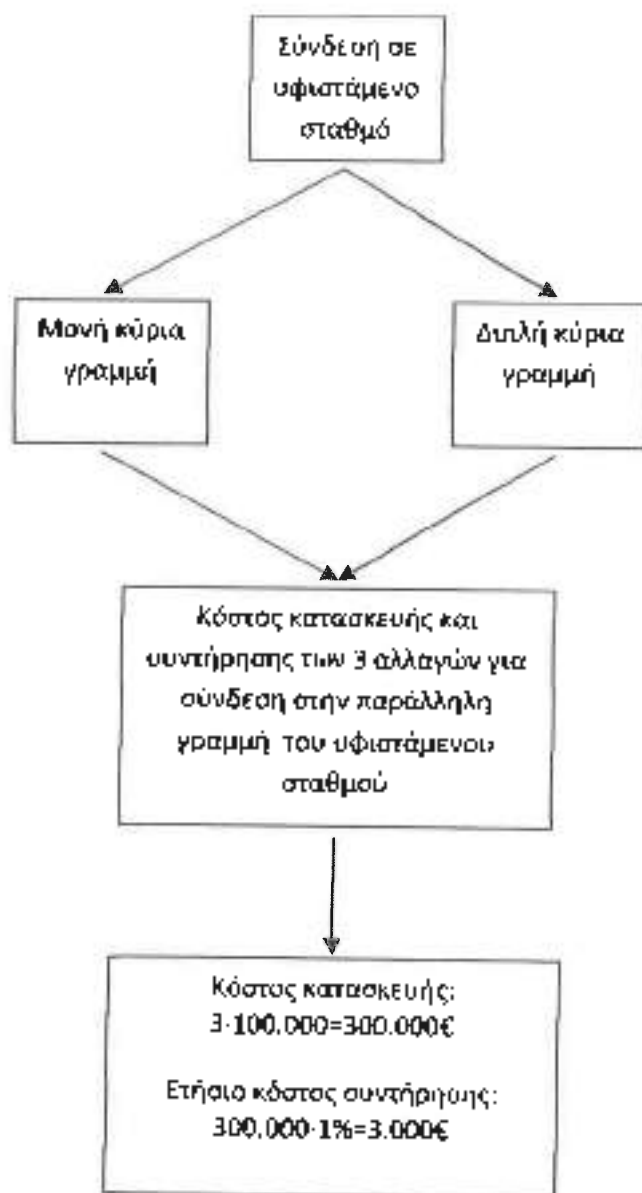


Σχήμα 6.12: Σκαρίφημα σύνδεσης γραμμής Εμπορευματικού με μονή κύρια γραμμή

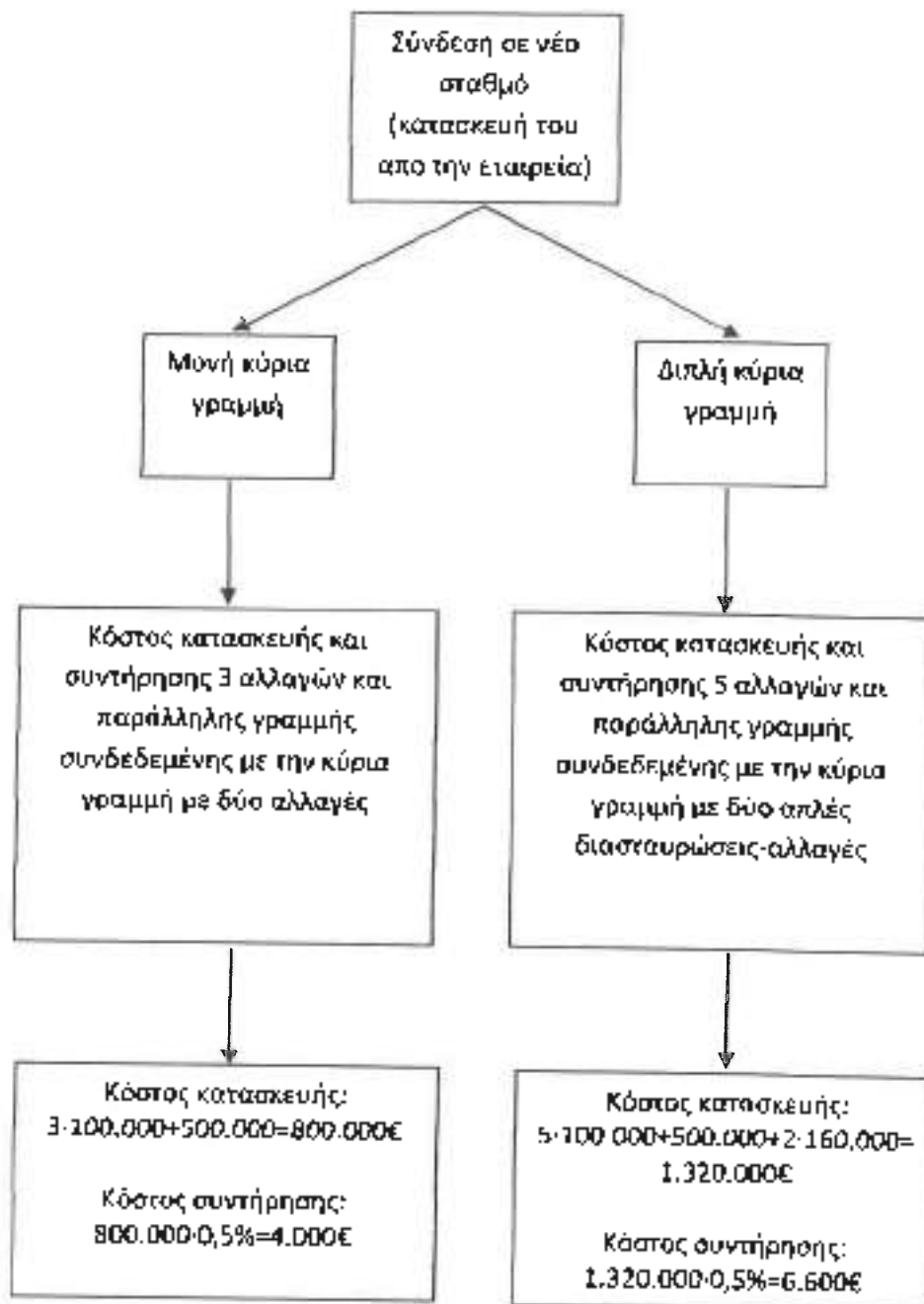


Σχήμα 6.13: Σκαρίφημα σύνδεσης γραμμής Εμπορευματικού με διπλή κύρια γραμμή

Σε αυτό το σημείο θα διαχωρίσουμε κάποιες περιπτώσεις σύνδεσης και θα υπολογίσουμε και το αντίστοιχο κόστος κατασκευής και συντήρησής τους. Πρέπει να αναφερθεί ότι στην περίπτωση που η σύνδεση γίνεται σε κάποιον υφιστάμενο σταθμό, υποθέτουμε ότι το κόστος το οποίο αναλαμβάνει η εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου είναι μόνο το κόστος των αλλαγών για να συνδεθεί η γραμμή με κάποια παράλληλη γραμμή του σταθμού. Επίσης παρατηρούμε ότι το κόστος των αλλαγών διαφοροποιείται ανάλογα με την κλίση (γωνία) της αλλαγής (μεγαλύτερη κλίση, μικρότερο κόστος). Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζεται η πορεία υπολογισμού του κόστους κατασκευής και συντήρησης της σύνδεσης της γραμμής με το κύριο δίκτυο.



Σχήμα 6.14: Υπολογισμός κόστους σύνδεσης γραμμής με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο σε υφιστάμενο σταθμό



Σχήμα 6.15: Υπολογισμός κόστους σύνδεσης γραμμής με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο μέσω νέου σταθμού

Επαναλαμβάνουμε ότι οι παραπάνω τιμές είναι ενδεικτικές και θα χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια ενός παραδείγματος που θα παρατεθεί σε ένα επόμενο κεφάλαιο, αφού δεν μελετάμε κάποια συγκεκριμένη περίπτωση για να έχουμε πιο συγκεκριμένα τεχνικά και οικονομικά στοιχεία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

7.1 Εισαγωγή

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναλύθηκαν τα στοιχεία μιας σιδηροδρομικής σύνδεσης ενός Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο και παρουσιάστηκε και το ενδεικτικό κόστος των πιο βασικών στοιχείων της. Στη συνέχεια θα αναλύσουμε την μέθοδο αξιολόγησης που θα χρησιμοποιήσουμε για να βρούμε σε ποιες περιπτώσεις συμφέρει μία εταιρεία Εμπορευματικού Κέντρου να προχωρήσει στην κατασκευή μιας συνδετικής γραμμής θεωρώντας ως μοναδική πηγή εισροών της τα τέλη χρήσης της υποδομής που θα εκπράττει από τις σιδηροδρομικές εταιρείες. Αρχικά παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο βασίζεται η ανάπτυξη της μεθοδολογίας μας.

7.2 Χρηματική αξιολόγηση

Η χρηματική αξιολόγηση επιλέγεται όταν θέλουμε να ελέγξουμε το κατά πόσο θα είναι οικονομικά βιώσιμο ένα σχέδιο που θα αναληφθεί από μια ιδιωτική εταιρεία. Η χρηματική αξιολόγηση γίνεται σε χρηματικούς όρους και διερευνά την επίπτωση της επένδυσης μόνο στη χρηματική κατάσταση του φορέα που την πραγματοποιεί. Το «ταμειακό αποτέλεσμα», δηλαδή η διαφορά μεταξύ εσόδων-εξόδων γίνεται για κάθε χρόνο χωριστά και αθροιστικά για όλα τα χρόνια αξιολόγησης του έργου. Η χρηματική αξιολόγηση γίνεται με βάση τις τρέχουσες τιμές αγοράς, δηλαδή οι τιμές περιλαμβάνουν φόρους, επιδοτήσεις, δασμούς και κάθε σχετική επιβάρυνση που ισχύει στην αγορά τη χρονική στιγμή που πραγματοποιείται (Τσιμπούλας Δ., 2004).

Ο χρόνος έχει πολύ μεγάλη σημασία στην αξιολόγηση των επενδύσεων αφού οι ροές των δαπανών και των ωφελειών των σχεδίων επένδυσης έχουν διαφορετική χρονική κατανομή. Στην φάση μελέτης και κατασκευής του έργου έχουμε το κόστος επένδυσης ενώ οι ωφέλειες έρχονται αργότερα στη φάση λειτουργίας του έργου. Η χρονική ανομοιογένεια των ροών κόστους και ωφελειών μας εμποδίζει να τις συγκρίνουμε ή να τις αθροίσουμε και έτσι δεν μπορούμε να καταλήξουμε άμεσα σε συμπεράσματα. Πρέπει επομένως να μετατραπούν σε αξίες της ίδιας χρονικής βάσης.

Η μετατροπή μελλοντικών αξιών σε σημερινές (παρούσες) αξίες γίνεται με βάση ένα επιλεγμένο «επιτόκιο αναγωγής» που μαθηματικά αντιστοιχεί στην προεξόφληση που εφαρμόζεται από τις τράπεζες. Το «επιτόκιο αναγωγής» εκφράζει την σημερινή αξία που δίνουμε ανάμεσα στις παρούσες και μελλοντικές αξίες και μας επιτρέπει να συγκρίνουμε ή να κάνουμε ισοδύναμες τις αξίες που δε συμβαίνουν στην ίδια χρονική περίοδο.

Ο υπολογισμός του «επιτοκίου αναγωγής» γίνεται με αρκετούς τρόπους, όπως:

(α) Λαμβάνοντας υπόψη το επιτόκιο της πιο αποδοτικής τραπεζικής επένδυσης από το οποίο αφαιρείται ο πληθωρισμός και η τιμή που προκύπτει διεθνώς είναι περίπου 8%.

(β) Το δείκτη μακροοικονομικής ανάπτυξης της χώρας που συνήθως δεν ξεπερνά το 2%-3%.

Για την Ελλάδα ως «επιτόκιο αναγωγής» για τα συγκοινωνιακά έργα, που αποτελεί και το ευκαιριακό κόστος κεφαλαίου, συνιστάται να λαμβάνεται $i = 4\%-6\%$.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι μαθηματικές σχέσεις που μας επιτρέπουν να ανάγουμε χρηματικές αξίες διαφορετικών χρονικών περιόδων σε μία κοινή βάση αναφοράς έτσι ώστε οι αξίες να είναι συγκρίσιμες (Τσαμπούλας Δ., 2004) :

- Εύρεση της αξίας μετά από n έτη (ή χρονικές περιόδους), ποσού αξίας $P \in$ σήμερα :

$$S = P(1 + i)^n \quad (7.1)$$

Όπου $f_{0,n} = (1 + i)^n$, ο συντελεστής ανατοκισμού n ετών (compound amount factor)

- Εύρεση της αξίας σήμερα, ποσού $S \in$ μετά από n έτη ή χρονικές περιόδους :

$$P = \frac{S}{(1+i)^n} \quad (7.2)$$

Όπου $f_{1,n} = \frac{1}{(1+i)^n}$, ο συντελεστής παρούσης αξίας n ετών (present worth factor ή discount factor)

- Εύρεση του ποσού $R \in$ που πρέπει να καταβάλλεται (εισπράττεται) ανά έτος ή χρονική περίοδο, ώστε συνολικά το ποσό που θα καταβληθεί (εισπραχθεί) μετά από n έτη ή χρονικές περιόδους να είναι $S \in$:

$$R = S \cdot \frac{i}{(1+i)^n - 1} \quad (7.3)$$

Όπου $f_{2,n} = \frac{i}{(1+i)^n - 1}$, ο συντελεστής αποσβέσεως υπολειμματικής αξίας για n έτη (sinking fund factor)

- Εύρεση του ποσού $R \in$ που πρέπει να καταβάλλεται (εισπράττεται) κάθε έτος ή χρονική περίοδο, ώστε το συνολικό ποσό που θα καταβληθεί (εισπραχθεί) σε n έτη ή χρονικές περιόδους να έχει αξία σήμερα $P \in$, και με ανατοκισμό του αναπομένοντος ποσού κάθε έτος ή χρονική περίοδο :

$$R = P \cdot \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (7.4)$$

Όπου $f_{3,n} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$, ο συντελεστής επανακτήσεως κεφαλαίου για n έτη (capital recovery factor)

- Εύρεση της σημερινής αξίας του ποσού $R \in$ που καταβάλλεται (εισπράττεται) κάθε έτος ή χρονική περίοδο για n συνεχή έτη ή χρονικές περιόδους :

$$P = R \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (7.5)$$

Όπου $f_{4,n} = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$, ο συντελεστής παρούσης αξίας ετήσιας δόσης για n έτη (present worth of annuity factor)

- Εύρεση της αξίας μετά από n έτη ή χρονικές περιόδους του ποσού $R \in$, που καταβάλλεται (εισπράττεται) κάθε έτος ή χρονική περίοδο και με ανατοκισμό του προκύπτοντος ποσού κάθε έτος ή χρονική περίοδο :

$$S = R \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (7.6)$$

Όπου $f_{5,n} = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$, ο συντελεστής ανατοκισμού ετήσιας δόσης για n έτη (compounding factor for 1 per annum)

Η χρονική περίοδος μέσα στην οποία ελέγχεται η σκοπιμότητα ενός έργου ως σύνολο ονομάζεται *οικονομική ζωή* του έργου T_1 και είναι το σύνολο των χρονικών μονάδων που το έργο προβλέπεται ότι θα λειτουργήσει συντηρούμενο και διοικούμενο για τον σκοπό που κατασκευάστηκε. Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιλέγουμε η οικονομική ζωή του έργου σύνδεσης ενός Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο να είναι 30 έτη. Η *φυσική ζωή* των επί μέρους στοιχείων i του έργου T_n , είναι το σύνολο των χρονικών περιόδων κατά τη διάρκεια των οποίων κάθε επί μέρους στοιχείο του έργου μπορεί να διατηρηθεί. Η *χρονική περίοδος οικονομικής απαξίωσης* του έργου T_2 , ορίζεται ως το σύνολο των χρονικών μονάδων που το έργο εξακολουθεί να εξυπηρετεί τις ανάγκες για τις οποίες κατασκευάστηκε. Έτσι η οικονομική ζωή ενός έργου καθορίζεται βάση των ακόλουθων περιορισμών :

$$(\alpha) T \leq T_2$$

(β) $T <$ του χρόνου για τον οποίο είναι δυνατή, με βάση τις υπάρχουσες μεθοδολογίες, η πρόβλεψη του τρόπου και του βαθμού χρησιμοποίησης του έργου κατά έναν ικανοποιητικό τρόπο.

Όμως και μετά τη λήξη της περιόδου αξιολόγησης μπορεί να υπάρχουν τμήματα του έργου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Η αξία του έργου στο τέλος της οικονομικής του ζωής ονομάζεται *υπολειμματική αξία*. Την υπολειμματική αξία ενός έργου αποτελούν η γη, τα υλικά, τα κτίρια, τα μηχανήματα κλπ. που έχουν απομείνει μετά την παραγωγική χρήση στο τέλος του προβλεπόμενου χρόνου ζωής του έργου. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ορισμένοι τυπικοί χρόνοι ζωής κάποιων παραγωγικών στοιχείων των σχεδίων επένδυσης για τον σιδηρόδρομο.

Πίνακας 7.1: Τυπικός χρόνος ζωής σιδηροδρομικών εγκαταστάσεων (Πηγή: Τσαμπούλας, Δ., «Στοιχεία για την αξιολόγηση συγκοινωνιακών έργων υποδομής», 2004)

ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΣ	
Είδος εγκατάστασης	Τυπικός χρόνος ζωής (σε έτη)
Υποδομή	90
Σήραγγες	100
Γέφυρες	80
Επιδομή-Σιδηροτροχιές	25
Κτίρια	60
Εγκαταστάσεις σηματοδότησης	35
Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	35
Τοίχοι ηχοπροστασίας ή ηχοπετάσματα	50

Για να κάνουμε τη χρηματική αξιολόγηση του έργου πρέπει αρχικά να υπολογίσουμε το συνολικό κόστος του έργου. Για ένα συγκοινωνιακό έργο το συνολικό του κόστος αποτελείται από το άθροισμα των εξής δαπανών (Τσαμπούλας Δ., 2004):

- Μελετών : αναφέρεται στη δαπάνη εκπόνησης μελετών του έργου και συνήθως λαμβάνεται ως ποσοστό του κόστους κατασκευής.
- Απαιλοτριώσης : περιλαμβάνει τα ποσά που απαιτούνται για απαιλοτριώση.
- Κατασκευής : περιλαμβάνει οποιαδήποτε δαπάνη σχετική με την κατασκευή του έργου.
- Συντήρησης και λειτουργίας : περιλαμβάνει κάθε δαπάνη σχετική με τη συντήρηση και καλή λειτουργία του έργου και τις διοικητικές δαπάνες.
- Όχληση της κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της κατασκευής : καθυστερήσεις στην κυκλοφορία κατά τη διάρκεια των εργασιών οδηγούν σε πιθανές σημαντικές αυξήσεις στους χρόνους διαδρομής και στο λειτουργικό κόστος των χρηστών.
- Κόστος χρήσης του έργου

Στη συνέχεια πρέπει να γίνει επικαιροποίηση του κόστους, δηλαδή το κόστος του έργου πρέπει να αναχθεί σε ένα έτος βάση το οποίο θα είναι κοινό για όλους τους υπολογισμούς. Η αναγωγή του κόστους του έργου, P , στη χρονική στιγμή έναρξης της κατασκευής του γίνεται με βάση την ακόλουθη σχέση :

$$P = \sum_{k=1}^n R_k \cdot \frac{1}{(1+i)^k} \quad (7.7)$$

Όπου R_k η τμηματική δαπάνη των δαπανών που είναι σταθερή κάθε χρονική περίοδο k , i , το επιτόκιο προεξόφλησης και n τα έτη.

Ο προϋπολογισμός του έργου, Π , θα είναι $\Pi = n \cdot R_k$ (7.8).

Αν σε κάθε χρονική περίοδο η τμηματική διάθεση κεφαλαίου δεν είναι σταθερή και ίση προς $R_1, R_2, \dots, R_n$ τότε :

$$P = \frac{R_1}{(1+i)^1} + \frac{R_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{R_n}{(1+i)^n} \quad (7.9)$$

Και $\Pi = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (7.10)

Στη συνέχεια υπολογίζονται τα έσοδα της επιχείρησης σε χρηματικές μονάδες και αφού αναχθούν και αυτές στο έτος βάση μπορούμε να εφαρμόσουμε κάποιο από τα κριτήρια χρηματικής αξιολόγησης.

Επιλέγουμε το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Χρηματικής Αξίας (Net Present Value) που είναι το πιο συνηθισμένο. Η ΚΧΠΑ είναι η αξία που προκύπτει αν προεξοφλήσουμε στο παρόν για κάθε έτος χωριστά τη διαφορά μεταξύ όλων των

μελλοντικών χρηματικών (ταμειακών) εισροών και εκροών για ολόκληρο τον χρόνο ζωής του έργου με βάση έναν συντελεστή προεξόφλησης.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(Εισρ_t - Εκρ_t)}{(1+i)^t} \quad (7.11)$$

Για να είναι συμφέρουσα η κατασκευή του έργου θα πρέπει η $NPV > 0$

Στο παράδειγμα που θα ακολουθήσει στο επόμενο κεφάλαιο χρησιμοποιούμε ένα επιπλέον κριτήριο αξιολόγησης του έργου, τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (Internal Rate of Return-IRR). Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης είναι ένα κριτήριο του πόσο γρήγορα επανακτάται το κεφάλαιο της επένδυσης από τα έσοδα (Τσαμπούλας Δ, 2004). Για την περίπτωση όπου δεν υπάρχει ανατοκισμός, έχουμε:

$$P = -I + \frac{A}{i} \quad (7.12)$$

$$P = 0 \Rightarrow i = \frac{A}{I} \equiv i^* \quad (7.13)$$

Όπου

I: δαπάνες

A: έσοδα

Με τη μέθοδο αυτή ευρίσκουμε το επιτόκιο $i = i^*$, τέτοιο ώστε $NPV=0$. Κατά συνέπεια δεν χρειάζεται να καθορίσουμε το επιτόκιο αναγωγής εξ' αρχής όπως συμβαίνει με τις άλλες μεθόδους. Το επιτόκιο αναγωγής, i^* , που ευρίσκεται κατ' αυτό τον τρόπο, συγκρίνεται με το ευκαιριακό κόστος κεφαλαίου, d . Εάν $i^* > d$ τότε η κατασκευή του έργου είναι εφικτή ενώ σε αντίθετη περίπτωση όχι.

7.3 Μεθοδολογία

7.3.1 Από τη σκοπιά του ιδιοκτήτη και διαχειριστή της υποδομής

Η μεθοδολογία αξιολόγησης που θα ακολουθήσουμε στην παρούσα διπλωματική εργασία βασίζεται στο κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Χρηματικής Αξίας. Στα προηγούμενα κεφάλαια αναλύθηκαν οι τρεις βασικές συνιστώσες της κατασκευής γραμμής σύνδεσης Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο. Οι συνιστώσες αυτές είναι: (α) Η σιδηροδρομική υποδομή εντός του

Εμπορευματοκού Κέντρου, (β) Η γραμμή σύνδεσης και (γ) Η σύνδεση της γραμμής με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο.

Για κάθε μία από τις παραπάνω συνιστώσες έγινε καταγραφή και κατηγοριοποίηση των βασικότερων παραγόντων που θεωρούμε ότι επηρεάζουν το κόστος κατασκευής και συντήρησής τους. Για την σιδηροδρομική υποδομή εντός του Εμπορευματοκού Κέντρου δημιουργήσαμε μία προσεγγιστική σχέση που συνδέει την έκταση ενός Εμπορευματοκού Κέντρου με το μήκος της σιδηροδρομικής υποδομής του με βάση υφιστάμενα Εμπορευματικά Κέντρα σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες. Όσον αφορά στη γραμμή σύνδεσης δόθηκαν και πιο αναλυτικά κάποια χαρακτηριστικά για τις παραμέτρους χάραξης, για τα υλικά της επιδομής κλπ. Για τη σύνδεση της γραμμής με το κύριο δίκτυο διαχωρίστηκαν περιπτώσεις ανάλογα με το αν η σύνδεση θα γίνει σε υφιστάμενο ή νέο σταθμό και με το αν η κύρια γραμμή είναι μονή ή διπλή.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας με την κατηγοριοποίηση που έχει γίνει.

Πίνακας 7.2: Κατηγοριοποίηση των αγνώστων και των ζητούμενων που θα χρησιμοποιηθούν στο μεθοδολογικό πλαίσιο

Αγνώστα μεγέθη	Μεταβλητές
Εντός του Εμπορευματοκού Κέντρου	
Έκταση Εμπορευματοκού Κέντρου (m^2)	E_1
Μήκος γραμμών εντός του Ε/Κ (km)	L_1
Κόστος κατασκευής σιδηροδρομικής υποδομής εντός του Ε/Κ (€/km)	C_{C1}
Κόστος συντήρησης σιδηροδρομικής υποδομής εντός του Ε/Κ (€/km) ανά έτος	C_{M1}
Κόστος κατασκευής σιδηροδρομικού σταθμού διαλογής (€):	C_{C2}
- Μικρό Ε/Κ, $E_1 < 250.000m^2$	C_{C21}
- Μεσαίου μεγέθους Ε/Κ, $250.000m^2 \leq E_1 < 500.000m^2$	C_{C22}
- Μεγάλο Ε/Κ, $E_1 \geq 500.000m^2$	C_{C23}
Κόστος συντήρησης σιδηροδρομικού σταθμού διαλογής (€) ανά έτος:	C_{M2}
- Μικρό Ε/Κ, $E_1 < 250.000m^2$	C_{M21}
- Μεσαίου μεγέθους Ε/Κ, $250.000m^2 \leq E_1 < 500.000m^2$	C_{M22}
- Μεγάλο Ε/Κ, $E_1 \geq 500.000m^2$	C_{M23}
Συνολικό κόστος κατασκευής της σιδηροδρομικής υποδομής εντός του Ε/Κ	C_{CA}
Συνολικό κόστος συντήρησης της σιδηροδρομικής υποδομής εντός του Ε/Κ	C_{MA}

Ε/Κ ανά έτος

Γραμμή σύνδεσης

Μήκος γραμμής σύνδεσης (km)

L_2

Έκταση απαλλοτριώσεων (m^2)

E_2

Κόστος απαλλοτριώσεων (€/m²):

- Ακατοίκητη περιοχή
- Πολύ αραιοκατοικημένη περιοχή
- Αραιοκατοικημένη περιοχή

C_{a2}

C_{a21}

C_{a22}

C_{a23}

Κόστος κατασκευής μόνης συνδετικής γραμμής (€/km):

- Εύκολη τοπογραφία
- Μέτριας δυσκολίας τοπογραφία
- Δύσκολη τοπογραφία

C_{c2}

C_{c21}

C_{c22}

C_{c23}

Κόστος συντήρησης μόνης συνδετικής γραμμής (€/km) ανά έτος.

- Εύκολη τοπογραφία
- Μέτριας δυσκολίας τοπογραφία
- Δύσκολη τοπογραφία

C_{m2}

C_{m21}

C_{m22}

C_{m23}

Μήκος τεχνικών έργων (km):

- Μήκος σήραγγας
- Μήκος γέφυρας
- Μήκος γραμμής με ηχοπετάσματα

L_3

L_4

L_5

Κόστος κατασκευής τεχνικών έργων

- Σήραγγα (€/km)
- Γέφυρα μικρού ανοίγματος ή/και με εύκολη θεμελίωση (€/km)
- Γέφυρα μεγάλου ανοίγματος ή/και με δύσκολη θεμελίωση (€/km)
- Ηχοπετάσματα στη μία πλευρά της γραμμής (€/km)
- Ηχοπετάσματα και στις δύο πλευρές της γραμμής (€/km)
- Διασταύρωση γραμμής με οδό (υπέργεια διάβαση οδού) (€)
- Διασταύρωση γραμμής με οδό (υπόγεια διάβαση οδού) (€)
- Διασταύρωση γραμμής με αυτοκινητόδρομο (€)

C_{c4}

C_{c41}

C_{c42}

C_{c43}

C_{c44}

C_{c45}

C_{c46}

C_{c47}

C_{c48}

Κόστος συντήρησης τεχνικών έργων ανά έτος:

- Σήραγγα (€/km)
- Γέφυρα μικρού ανοίγματος ή/και με εύκολη θεμελίωση (€/km)
- Γέφυρα μεγάλου ανοίγματος ή/και με δύσκολη θεμελίωση (€/km)
- Ηχοπετάσματα στη μία πλευρά της γραμμής (€/km)
- Ηχοπετάσματα και στις δύο πλευρές της γραμμής (€/km)

C_{m4}

C_{m41}

C_{m42}

C_{m43}

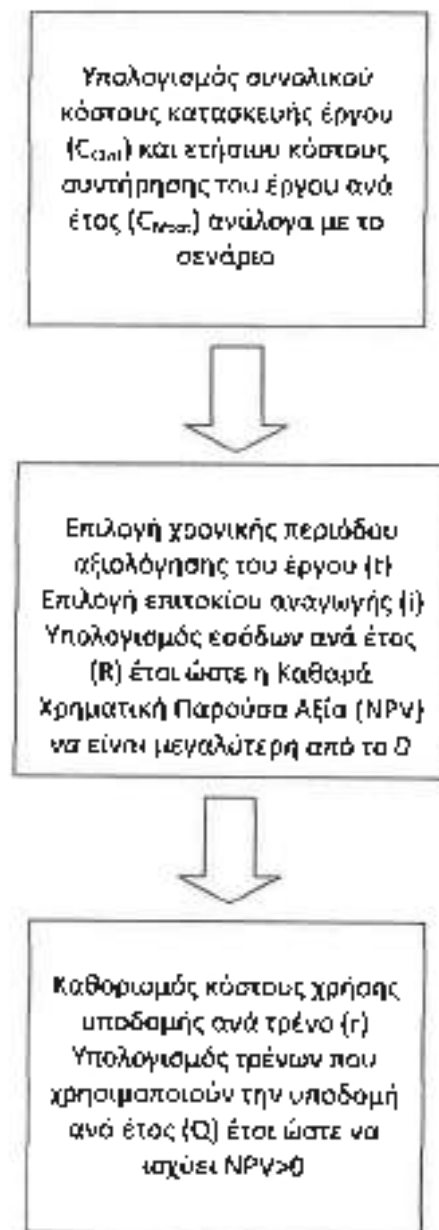
C_{m44}

- Διασταύρωση γραμμής με οδό (υπέργεια διάβαση οδού) (€)	C _{TM5}
- Διασταύρωση γραμμής με οδό (υπόγεια διάβαση οδού) (€)	C _{TM6}
- Διασταύρωση γραμμής με αυτοκινητόδρομο (€)	C _{TM7}
	C _{TM8}
Κόστος σηματοδότησης γραμμής (€/km)	C _{CS}
Κόστος συντήρησης εγκαταστάσεων σηματοδότησης ανά έτος (€/km)	C _{MS}
Κόστος σηματοδότησης ισόπεδων διασταυρώσεων (€)	C _{CS1}
- Ισόπεδη διασταύρωση με οπτικό και ηχητικό σήμα	C _{CS1}
- Ισόπεδη διασταύρωση με αυτόματες μονόπλευρες μπάρες σε μονή γραμμή	C _{CS2}
- Ισόπεδη διασταύρωση με τέσσερις αυτόματες μπάρες	C _{CS3}
Κόστος συντήρησης εγκαταστάσεων σηματοδότησης ισόπεδων διασταυρώσεων ανά έτος (€):	C _{MS}
- Ισόπεδη διασταύρωση με οπτικό και ηχητικό σήμα	C _{MS1}
- Ισόπεδη διασταύρωση με αυτόματες μονόπλευρες μπάρες σε μονή γραμμή	C _{MS2}
- Ισόπεδη διασταύρωση με τέσσερις αυτόματες μπάρες	C _{MS3}
Συνολικό κόστος κατασκευής γραμμής σύνδεσης	C _{CB}
Συνολικό κόστος συντήρησης γραμμής σύνδεσης ανά έτος	C _{MB}
<u>Σύνδεση με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο</u>	
Κόστος σύνδεσης γραμμής με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο (€):	C _{CT}
- Υφιστάμενος σταθμός και μονή κύρια γραμμή	C _{CT1}
- Υφιστάμενος σταθμός και διπλή κύρια γραμμή	C _{CT2}
- Νέος σταθμός και μονή κύρια γραμμή	C _{CT3}
- Νέος σταθμός και διπλή κύρια γραμμή	C _{CT4}
Κόστος συντήρησης της σύνδεσης ανά έτος (€):	C _{MT}
- Υφιστάμενος σταθμός και μονή κύρια γραμμή	C _{MT1}
- Υφιστάμενος σταθμός και διπλή κύρια γραμμή	C _{MT2}
- Νέος σταθμός και μονή κύρια γραμμή	C _{MT3}
- Νέος σταθμός και διπλή κύρια γραμμή	C _{MT4}
Συνολικό κόστος κατασκευής σύνδεσης γραμμής με κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο	C _{CC}
Συνολικό κόστος συντήρησης σύνδεσης γραμμής με κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο ανά έτος	C _{MC}

Κόστος μελετών	C_{m}
Συνολικό κόστος κατασκευής έργου	C_{ctot}
Συνολικό κόστος συντήρησης έργου ανά έτος	C_{mtat}
<u>Αξιολόγηση</u>	
Χρονική περίοδος αξιολόγησης (έτη)	t
Επιτόκιο ανσπαγωγής (%)	i
Κόστος χρήσης υποδομής ανά τρένο-χιλόμετρο (€/tn-km)	r
Υπολειμματική αξία έργου (€)	Y
Αριθμός βαγονιών ανά συρμό	w
Χωρητικότητα βαγονιών σε εμπορεύματα (tn)	V_w
Συντελεστής πληρότητας συρμού (%)	p
<u>Ζητούμενα</u>	
Έσοδα του διαχειριστή της υποδομής ανά έτος (€/έτος)	R
Ελάχιστος απαιτούμενος ετήσιος αριθμός τρένων	Q
Ελάχιστος απαιτούμενος ετήσιος εμπορευματικός φόρτος (tn)	q

Με βάση τις παραπάνω περιπτώσεις μπορούμε να δημιουργήσουμε διαφορετικά σενάρια επιλέγοντας κάθε φορά τις παραμέτρους που επιθυμούμε. Παρατηρούμε ότι οι δύο πιο βασικοί και κρίσιμοι παράγοντες που υπεισέρχονται σε κάθε σενάριο είναι το μέγεθος του Εμπορευματικού Κέντρου και το μήκος της συνδετικής γραμμής. Τα δύο αυτά μεγέθη αποτελούν τη βάση όλων των υπολογισμών.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται συνοπτικά η πορεία της μεθοδολογίας που επιχειρούμε να δημιουργήσουμε και στη συνέχεια περιγράφεται αναλυτικά



Σχήμα 7.1: Συνοπτική πορεία της μεθοδολογίας

Πιο αναλυτικά τα βήματα που πρέπει να ακολουθούνται σύμφωνα με την προτεινόμενη μεθοδολογία είναι τα ακόλουθα :

Βήμα 1^ο:

Καθορισμός της έκτασης του Εμπορευματικού Κέντρου (E_1).

Βήμα 2^ο:

Υπολογισμός του μήκους των γραμμών εντός του Εμπορευματικού Κέντρου (L_1).

Βήμα 3^ο:

Υπολογισμός του κόστους κατασκευής των γραμμών εντός του Εμπορευματικού Κέντρου (C_{c1}).

Βήμα 4^ο

Υπολογισμός του ετήσιου κόστους συντήρησης των γραμμών εντός του Εμπορευματικού Κέντρου (C_{m1}).

Βήμα 5^ο:

Υπολογισμός του κόστους κατασκευής του σιδηροδρομικού σταθμού διαλογής του Εμπορευματικού Κέντρου ανάλογα με την έκταση του Εμπορευματικού Κέντρου (C_{c2}).

Βήμα 6^ο:

Υπολογισμός του ετήσιου κόστους συντήρησης του σιδηροδρομικού σταθμού διαλογής (C_{m2}).

Βήμα 7^ο:

Καθορισμός του μήκους της γραμμής σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο (L_2).

Βήμα 8^ο:

Καθορισμός παραμέτρων χάραξης και δημιουργία σεναρίου και υπολογισμός του αντίστοιχου κόστους κάθε επιλογής:

- Υπολογισμός έκτασης απαλλοτριώσεων (E_2)
- Κόστος απαλλοτριώσεων (C_{a2})
- Κόστος κατασκευής γραμμής ανάλογα με την τοπογραφία (C_{c3})
- Καθορισμός μήκους τεχνικών έργων (L_3, L_4, L_5)
- Υπολογισμός κόστους τεχνικών έργων (C_{ce})
- Υπολογισμός κόστους σηματοδότησης (C_{cs})
- Υπολογισμός κόστους σηματοδότησης ισόπεδων διασταυρώσεων (C_{cs9})

Βήμα 9^ο:

Υπολογισμός του αντίστοιχου κόστους συντήρησης της υποδομής ανά έτος ανάλογα με τις επιλογές του σεναρίου:

- Ετήσιο κόστος συντήρησης της γραμμής (C_{m3})
- Ετήσιο κόστος συντήρησης των τεχνικών έργων (C_{m4})
- Ετήσιο κόστος συντήρησης εγκαταστάσεων σηματοδότησης (C_{m5})
- Ετήσιο κόστος συντήρησης εγκαταστάσεων σηματοδότησης ισόπεδων διασταυρώσεων (C_{m6})

Βήμα 10^ο:

Καθορισμός χαρακτηριστικών σύνδεσης γραμμής (υφιστάμενος ή νέας σταθμός και μονή ή διπλή κύρια γραμμή) με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο και υπολογισμός του αντίστοιχου κόστους κατασκευής (C_{ct}).

Βήμα 11^ο:

Υπολογισμός του αντίστοιχου ετήσιου κόστους συντήρησης της σύνδεσης της γραμμής με το κύριο δίκτυο (C_{mt}).

Βήμα 12^ο:

Υπολογισμός του κόστους μελέτης του έργου για το συγκεκριμένο σενάριο (C_m).

Βήμα 13^ο:

Υπολογισμός του συνολικού κόστους κατασκευής του έργου για το σενάριο που έχει επιλεγεί (C_{cat}), καθώς και του συνολικού κόστους συντήρησης του έργου ανά έτος για το συγκεκριμένο σενάριο (C_{mtt}).

Βήμα 14^ο: Καθορισμός της υπολειμματικής αξίας του έργου (ϵ)**Βήμα 15^ο:**

Καθορισμός χρονικής περιόδου αξιολόγησης (t).

Βήμα 16^ο:

Καθορισμός επιτοκίου αναγωγής (i).

Βήμα 17^ο:

Καθορισμός κόστους χρήσης της υποδομής ανά τρένο-χιλιόμετρο για τους χρήστες της υποδομής (r).

Βήμα 18^ο:

Υπολογισμός απαιτούμενων ετήσιων εσόδων για να είναι βιώσιμη οικονομικά η κατασκευή του έργου για τον ιδιοκτήτη και διαχειριστή της υποδομής (R).

Βήμα 19^ο:

Υπολογισμός απαιτούμενου ετήσιου αριθμού τρένων που κινούνται από και προς το Εμπορευματικό Κέντρο (Q).

Βήμα 20^ο:

Υπολογισμός απαιτούμενου εμπορευματικού φόρτου που πρέπει να κινείται από και προς το Εμπορευματικό Κέντρο (q).

Από τα βήματα 1-6 προκύπτει το συνολικό κόστος κατασκευής της σιδηροδρομικής υποδομής εντός του Εμπορευματικού Κέντρου C_{CA} και το συνολικό ετήσιο κόστος συντήρησής της C_{MA} .

$$C_{CA} = C_{C1} + C_{C2} \quad (7.12)$$

$$C_{MA} = C_{M1} + C_{M2} \quad (7.13)$$

Από τα βήματα 7-9 προκύπτει το συνολικό κόστος κατασκευής της συνδετικής γραμμής του Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο C_{CB} και το συνολικό ετήσιο κόστος συντήρησής της C_{MB} .

$$C_{CB} = C_{C3} + C_{C4} + C_{C5} + C_{C6} \quad (7.14)$$

$$C_{MB} = C_{M3} + C_{M4} + C_{M5} + C_{M6} \quad (7.15)$$

Από τα βήματα 10-11 προκύπτει το κόστος κατασκευής της σύνδεσης της γραμμής με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο C_{CC} και το ετήσιο κόστος συντήρησής της C_{MC} και από το βήμα 12 προκύπτει το κόστος μελέτης του έργου C_{se} .

$$C_{CC} = C_{C7} \quad (7.16)$$

$$C_{MC} = C_{M7} \quad (7.17)$$

$$C_{se} = 1\% \cdot (C_{CA} + C_{CB} + C_{CC}) \quad (7.18)$$

Από τις παραπάνω σχέσεις, στο βήμα 13, προκύπτει το συνολικό κόστος επένδυσης C_{Ctot} που απαιτείται για την κατασκευή και μελέτη του έργου και το συνολικό ετήσιο κόστος συντήρησής του έργου C_{Mtot} . Υπενθυμίζουμε ότι οι τιμές του κόστους δεν είναι μονοσήμαντες, αλλά αλλάζουν ανάλογα με το σενάριο που επιλέγουμε.

$$C_{Ctot} = C_{CA} + C_{CB} + C_{CC} + C_{se} \quad (7.19)$$

$$C_{Mtot} = C_{MA} + C_{MB} + C_{MC} \quad (7.20)$$

Αφού έχουμε υπολογίσει το κόστος κατασκευής και το κόστος ετήσιας συντήρησης του έργου και έχουμε καθορίσει και τις παραμέτρους που αφορούν στην αξιολόγηση (βήματα 14-17), προχωράμε στο επόμενο βήμα που είναι ο υπολογισμός των απαιτούμενων ετήσιων εσόδων για να είναι συμφέρουσα η επένδυση.

Στα σημεία αυτά πρέπει να ανφέρουμε τις υποθέσεις εργασίας που κάνουμε:

- Υποθέτουμε ότι το κόστος επένδυσης που αναλαμβάνεται εξ' ολοκλήρου από την εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου, δεν διατίθεται τμηματικά αλλά διατίθεται στο έτος $t=0$. Δηλαδή κατά το έτος $t=0$ οι εκροές ισούνται με το κόστος επένδυσης C_{0M} και οι εισροές είναι μηδενικές.
- Υποθέτουμε ότι από το έτος $t=1$ μέχρι το τελευταίο έτος της περιόδου αξιολόγησης $t=n$ οι εκροές είναι σταθερές και ίσες με το ετήσιο κόστος συντήρησης του έργου C_{Mnt} .
- Υποθέτουμε ότι από το έτος $t=1$ μέχρι το τελευταίο έτος της περιόδου αξιολόγησης $t=n$ οι εισροές ανά έτος είναι σταθερές (R) και προέρχονται αποκλειστικά από τα χρήματα που εισπράττει η εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου (διαχειριστής της υποδομής) από τους χρήστες (σιδηροδρομικές εταιρείες) της σιδηροδρομικής της υποδομής, οι οποίοι καταβάλλουν ένα ποσό (r) σε αυτή.

Οι απαιτούμενες ετήσιες εισροές προκύπτουν ως εξής από την σχέση που εκφράζει την Καθαρά Παρούσα Χρηματική Αξία:

$$NPV > 0 \Rightarrow$$

$$\sum_{t=0}^n \frac{(εισρο_t - εκρο_t)}{(1+i)^t} + Y > 0 \rightarrow$$

$$\sum_{t=0}^n \frac{[R_t - (C_{εtot,t} + C_{Mtot,t})]}{(1+i)^t} + Y > 0 \quad (7.21)$$

Η παραπάνω σχέση μπορεί να απλοποιηθεί επειδή θεωρούμε τις δαπάνες και τις ωφέλειες (έσοδα και κόστος συντήρησης) σταθερές για κάθε έτος της περιόδου αξιολόγησης του έργου $t=1, 2, 3, \dots, n$ και θεωρούμε επίσης ότι το κόστος κατασκευής του έργου έχει ολοκληρωθεί το έτος 0. Έτσι προκύπτει η παρακάτω απλοποιημένη σχέση:

$$f_{4,n} \cdot (R - C_{\text{Μετα}}) + Y - C_{\text{Εξοδ}} > 0 \Rightarrow$$

$$\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \cdot (R - C_{\text{Μετα}}) + Y - C_{\text{Εξοδ}} > 0 \Rightarrow$$

$$(R - C_{\text{Μετα}}) \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} > C_{\text{Εξοδ}} - Y \Rightarrow$$

$$R - C_{\text{Μετα}} > \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \cdot (C_{\text{Εξοδ}} - Y) \Rightarrow$$

$$R > C_{\text{Μετα}} + \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \cdot (C_{\text{Εξοδ}} - Y) \quad (7.22)$$

Όπου:

R: ελάχιστα ετήσια έσοδα έτσι ώστε η κατασκευή του έργου να αρχίσει να θεωρείται συμφέρουσα (€)

C_{Μετα}: ετήσιες εκροές που καλούνται με ετήσιο κόστος συντήρησης του έργου (€)

C_{Εξοδ}: κόστος επένδυσης του έργου (€)

i: επιτόκιο αναγωγής

t: χρονική περίοδος αξιολόγησης

α: το τελευταίο έτος της περιόδου αξιολόγησης

Y: η υπολειμματική αξία του έργου (€)

Στη συνέχεια αφού έχουμε υπολογίσει τα απαιτούμενα ετήσια έσοδα, μπορούμε να υπολογίσουμε τον απαιτούμενο ετήσιο αριθμό τρένων που πρέπει να κινούνται από και προς το Εμπορευματικό Κέντρο με την ακόλουθη σχέση:

$$Q = \frac{R}{r \cdot t_z} \quad (7.23)$$

Όπου

Q: ελάχιστος ετήσιος απαιτούμενος αριθμός τρένων που πρέπει να κινούνται από και προς το Εμπορευματικό Κέντρο έτσι ώστε η κατασκευή του έργου να αρχίσει να θεωρείται συμφέρουσα

R: ελάχιστα ετήσια έσοδα έτσι ώστε η κατασκευή του έργου να αρχίσει να θεωρείται συμφέρουσα (€)

L_2 : μήκος γραμμής σύνδεσης Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο (km)

c : κόστος χρήσης που καταβάλλει κάθε σιδηροδρομική εταιρεία στον ιδιοκτήτη της σιδηροδρομικής υποδομής για να κινεί τα τρένα της στην υποδομή αυτή (Ε/τρένο-km)

Αφού έχουμε υπολογίσει τον ελάχιστο ετήσιο απαιτούμενο αριθμό συρμών, μπορούμε να υπολογίσουμε και τον ελάχιστο απαιτούμενο ετήσιο εμπορευματικό φόρτο που θα πρέπει να διακινείται με τον σιδηρόδρομο για να καταστήσει βιώσιμη την κατασκευή της σιδηροδρομικής σύνδεσής ενός Εμπορευματικού Κέντρου.

$$q = Q \cdot w \cdot V_w \cdot p \quad (7.24)$$

Όπου:

q : ελάχιστος απαιτούμενος ετήσιος εμπορευματικός φόρτος (tn)

Q : ελάχιστος ετήσιος απαιτούμενος αριθμός τρένων που πρέπει να κινούνται από και προς το Εμπορευματικό Κέντρο έτσι ώστε η κατασκευή του έργου να αξίζει να θεωρείται συμφέρουσα

w : αριθμός βαγονιών ανά συρμό

V_w : χωρητικότητα βαγονιών σε εμπορεύματα (tn)

p : Συντελεστής πληρότητας συρμού (%)

Εάν ο φορτός που αναμένεται να δημιουργηθεί με την κατασκευή της σιδηροδρομικής σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο είναι μεγαλύτερος από αυτόν που υπολογίστηκε με βάση την προτεινόμενη μεθοδολογία, τότε η επένδυση αυτή θα είναι επικερδής για την εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου που είναι και ο διαχειριστής της υποδομής. Σε αντίθετη περίπτωση το ταμειακό αποτέλεσμα θα είναι αρνητικό και η επένδυση δεν θα είναι συμφέρουσα αλλά θα προκαλέσει ζημία.

Πρέπει να τονίσουμε ότι η παραπάνω μεθοδολογία δεν μπορεί να αποτελέσει αποκλειστικό κριτήριο για την λήψη απόφασης κατασκευής ή όχι μίας σιδηροδρομικής σύνδεσης Εμπορευματικού Κέντρου. Αυτό συμβαίνει γιατί το πραγματικό κέρδος που θα έχει η εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου δεν προέρχεται αποκλειστικά και μόνο από τα τέλη χρήσης της υποδομής που θα εισπράττει (υπόθεση εργασίας της παρούσας δ.ε.) αλλά και από την αύξηση των εσόδων της από τις υπόλοιπες υπηρεσίες που προσφέρει ένα Εμπορευματικό Κέντρο (π.χ αποθήκευση εμπορευμάτων). Ο υπολογισμός όμως του γενικότερου κέρδους της εταιρείας Εμπορευματικού Κέντρου είναι εκτός των πλαισίων της παρούσας διπλωματικής εργασίας και γι' αυτό στη μεθοδολογία που αναπτύσσεται προσμετρούνται ως κέρδη της εταιρείας από την κατασκευή της σιδηροδρομικής σύνδεσης μόνο τα έσοδα από τα τέλη χρήσης της υποδομής αυτής.

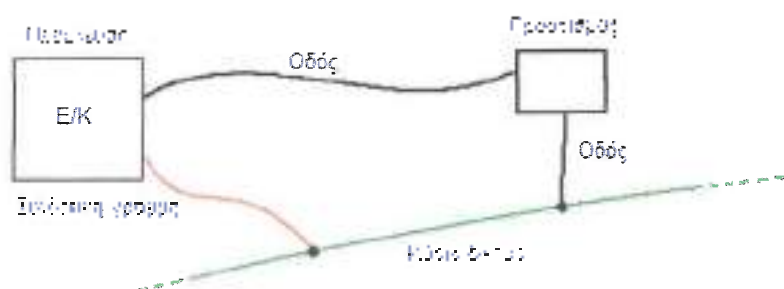
7.3.2 Από τη σκοπιά του αποστολέα

Για να είναι όντως βιώσιμη οικονομικά η σιδηροδρομική σύνδεση ενός Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο θα πρέπει να υπάρχει ένας ελάχιστος αριθμός συρμών που θα χρησιμοποιούν την υποδομή κάθε έτος, όπως είδαμε και στην προηγούμενη παράγραφο. Ο εμπορευματικός αυτός φόρτος θα προκύψει από τους νέους χρήστες που θα προσελκύσει η κατασκευή αυτής της καινούριας σιδηροδρομικής σύνδεσης αλλά και από χρήστες που προέρχονται από αλλαγή μεταφορικού μέσου.

Αναλυτικότερα, πριν την κατασκευή σιδηροδρομικής σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο δίκτυο η μεταφορά των αγαθών γινόταν αποκλειστικά οδικά με τη χρήση φορτηγών αυτοκινήτων. Με τη δημιουργία της σιδηροδρομικής σύνδεσης παρέχεται στο χρήστη (αποστολέα) η δυνατότητα επιλογής μεταφορικού μέσου για την μετακίνηση των αγαθών του από την προέλευση (origin) στον προορισμό τους (destination).

Η επιλογή μέσου στις εμπορευματικές μεταφορές είναι μία πολυσύνθετη διαδικασία γιατί ο αποστολέας (shipper) θεωρεί την επιλογή μεταφορικού μέσου ως μέρος της γενικότερης επιχειρηματικής στρατηγικής μιας εταιρείας σε συνάρτηση με την τοποθεσία, την διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, της παραγωγής και της διανομής (Bolis and Maggi, 1998). Οι κυριότεροι παράγοντες που λαμβάνονται υπ' όψη στη διαδικασία λήψης απόφασης για την επιλογή του μέσου που θα χρησιμοποιηθεί είναι η αξιοπιστία, η τιμή, η ταχύτητα και η ασφάλεια (Fowkes et al., 1991).

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι δύο εναλλακτικές λύσεις που θα παρέχονται από ένα Εμπορευματικό Κέντρο σύμφωνα με την παρούσα διπλωματική εργασία. Με μαύρο απεικονίζεται η οδός, με κόκκινο η συνδετική γραμμή του Εμπορευματικού Κέντρου και με πράσινο το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο. Στο σχήμα δεν υπάρχει κάποια κλίμακα και ο προορισμός μπορεί να είναι οποιοσδήποτε.



Σχήμα 7.2: Εναλλακτικές διαδρομές μετακίνησης προέλευσης-προορισμού

Παρατηρούμε ότι η μία εναλλακτική για τη μεταφορά αγαθών από την προέλευση, Εμπορευματικό Κέντρο στη συγκεκριμένη περίπτωση, σε έναν προορισμό είναι η αποκλειστική χρήση της οδού. Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτής της επιλογής είναι ότι η μεταφορά γίνεται από πόρτα σε πόρτα (door-to-door), ενώ η επιλογή της χρήσης του σιδηροδρόμου περιλαμβάνει και μία μεταφόρτωση των αγαθών σε φορτηγό για να μεταφερθούν στον τελικό τους προορισμό. Αυτό βέβαια δεν συμβαίνει σε όλες τις περιπτώσεις προέλευσης-προορισμού γιατί μπορεί ο προορισμός κάποιων αγαθών να συνδέεται απ' ευθείας με σιδηρόδρομο (π.χ. ένας σταθμός σε λιμάνι).

Στην παρούσα διπλωματική εργασία δεν θα αναλύσουμε διεξοδικά το θέμα της επιλογής μεταφορικού μέσου γιατί δεν εξετάζουμε κάποιο συγκεκριμένο ζεύγος προέλευσης-προορισμού ώστε να έχουμε πραγματικά στοιχεία. Σε μία μελέτη με αληθινά στοιχεία θα έπρεπε να μελετήσουμε όλη την διαδρομή της μεταφορικής κίνησης από το Εμπορευματικό Κέντρο μέχρι τον τελικό προορισμό και να συγκρίνουμε το κόστος μεταφοράς που αντιστοιχεί στις δύο εναλλακτικές λύσεις (τρένο, φορτηγό). Θα επιχειρήσουμε μία απλοποιημένη, θεωρητική προσέγγιση του θέματος με σκοπό μόνο να ελέγξουμε ποιό είναι το ελάχιστο μήκος διαδρομής που θα καθιστά ανταγωνιστική τη χρήση του σιδηρόδρομου για την μεταφορά αγαθών ενός αποστολέα σε σχέση με το φορτηγό.

Θα συγκρίνουμε λοιπόν, ένα θεωρητικό ζεύγος προέλευσης-προορισμού (Origin-Destination) κάνοντας κάποιες απλοποιητικές παραδοχές οι οποίες παρουσιάζονται στη συνέχεια

- Η προέλευση στην περίπτωση που θα εξετάσουμε είναι το Εμπορευματικό Κέντρο και ο προορισμός είναι ένας οποιοσδήποτε σταθμός της κύριας γραμμής.
- Θεωρούμε ότι η απόσταση O-D (Ε/Κ-σταθμός) είναι ίδια και για τις 2 επιλογές και ίση με d .
- Θεωρούμε ότι το κόστος που επιβαρύνει τον αποστολέα για μεταφορά αγαθών ενός τόνου σε απόσταση ενός χιλιομέτρου με τρένο είναι C_{trn} (€/tn-km).
- Θεωρούμε ότι για την μεταφορά με τρένο από το Ε/Κ μέχρι το σταθμό πρέπει να προσθέσουμε ένα επιπλέον αντίτιμο (penalty) στο συνολικό κόστος μεταφοράς για τη μεταφόρτωση των αγαθών που θα χρειαστεί να γίνει για να φτάσουν στον τελικό τους προορισμό. Το κόστος μεταφόρτωσης είναι C_{lrm} (€/κίνηση γερανού). Θεωρούμε ότι σε κάθε βαγόνι φορτώνεται ένα Εμπορευματοκιβώτιο των 20tn οπότε το κόστος μεταφόρτωσης μπορεί να ονοχθεί σε €/tn αν διαιρεθεί με 20 για να έχουμε κοινές μονάδες στη σχέση

που θα δημιουργήσουμε. Και αν διαιρεθεί και με το μήκος της συνδετικής γραμμής θα προκύψει το κόστος μεταφόρτωσης ανηγμένο σε € ανά τόνο-χιλιόμετρο (€/tn-km).

- Θεωρούμε ότι το κόστος που επιβαρύνει τον αποστολέα για μεταφορά αγαθών ενός τόνου σε απόσταση ενός χιλιομέτρου με φορτηγό είναι C_{truck} (€/tn-km). Στη μεταφορά με φορτηγό δεν προσθέτουμε κόστος μεταφόρτωσης γιατί τα εμπορεύματα θα μεταφερθούν απ' ευθείας με το φορτηγό στον τελικό τους προορισμό.

- Γενικά ισχύει ότι $C_{truck} > C_{rail}$.

Με βάση τις παραπάνω υποθέσεις μπορούμε να δημιουργήσουμε μία συνθήκη που θα πρέπει να ισχύει για να προτιμηθεί η μεταφορά εμπορευμάτων με τρένο από τους αποστολείς. Από τη συνθήκη αυτή προκύπτει η σχέση που μας δίνει το ελάχιστο μήκος της διαδρομής έτσι ώστε να γίνεται ανταγωνιστική τη χρήση του σιδηρόδρομου για την μεταφορά αγαθών ενός αποστολέα σε σχέση με το φορτηγό. Η πορεία των υπολογισμών παρουσιάζεται στη συνέχεια.

$$C_{rail} \cdot d + \frac{C_{trans}}{V_w \cdot d} < C_{truck} \cdot d \Rightarrow$$

$$C_{rail} \cdot d^2 + \frac{C_{trans}}{V_w} < C_{truck} \cdot d^2 \Rightarrow$$

$$C_{truck} \cdot d^2 - C_{rail} \cdot d^2 > \frac{C_{trans}}{V_w} \Rightarrow$$

$$d^2 > \frac{C_{trans}}{V_w \cdot (C_{truck} - C_{rail})} \Rightarrow$$

$$d > \sqrt{\frac{C_{trans}}{V_w \cdot (C_{truck} - C_{rail})}} \quad (7.25)$$

Όπου:

d : ελάχιστο μήκος διαδρομής το οποίο θα καθιστά ανταγωνιστικό το σιδηρόδρομο έναντι του φορτηγού (km)

C_{truck} : κόστος μεταφοράς με φορτηγό αγαθών ενός τόνου σε απόσταση ενός χιλιομέτρου (€/tn-km)

C_{rail} : κόστος μεταφοράς με τρένο αγαθών ενός τόνου σε απόσταση ενός χιλιομέτρου (€/tn-km)

C_{trans} : κόστος μεταφόρτωσης μοναδοποιημένου φορτίου (€/κίνηση γερανού)

V_w : χωρητικότητα βαγονιών σε εμπορεύματα (tn)

Προκύπτει λοιπόν ότι αν το μήκος της συνολικής διαδρομής είναι μεγαλύτερο από d , τότε αρχίζει να γίνεται ανταγωνιστική η χρήση του σιδηροδρόμου για τις εμπορευματικές μεταφορές

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζεται και ένα παράδειγμα εφαρμογής της μεθοδολογίας για την καλύτερη κατανόησή της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

8.1 Εισαγωγή

Στο 7^ο κεφάλαιο παρουσιάστηκε η μεθοδολογία που θα συντελέσει στο να εξετάσουμε εάν η σιδηροδρομική σύνδεση ενός Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο είναι οικονομικά βιώσιμη για τον ιδιοκτήτη της υποδομής θεωρώντας ως μοναδική πηγή εσόδων τα τέλη χρήσης της υποδομής που θα εισπράττουνται από τις σιδηροδρομικές εταιρείες που θα τη χρησιμοποιούν. Παρουσιάστηκαν αναλυτικά τα βήματα τα οποία πρέπει να ακολουθηθούν για την εφαρμογή της μεθοδολογίας και οι σχέσεις οι οποίες μας βοηθούν στους απαραίτητους υπολογισμούς.

Για να διευκολύνουμε τον χρήστη με την εφαρμογή της μεθοδολογίας αναπτύξαμε σε περιβάλλον Microsoft Office Excel 2007 κάποια φύλλα εργασίας που μας παρέχουν βοήθεια με τους απαιτούμενους υπολογισμούς. Στη συνέχεια παραθέτουμε κάποια παραδείγματα για την καλύτερη κατανόηση της μεθοδολογίας.

8.2 Εφαρμογή της μεθοδολογίας

Στο παράδειγμα που θα ακολουθήσει, αρχικά θα δημιουργήσουμε ένα σενάριο επιλέγοντας τα χαρακτηριστικά που επιθυμούμε να έχει η εξεταζόμενη σιδηροδρομική σύνδεση όσον αφορά στην υποδομή εντός του Εμπορευματικού Κέντρου, στην γραμμή σύνδεσης και στον τρόπο σύνδεσης με το κύριο δίκτυο, δίνοντας τιμές στις μεταβλητές που δίνονται στον πίνακα 7.2 του προηγούμενου κεφαλαίου. Με βάση τα χαρακτηριστικά του σεναρίου που θα επιλέξουμε, θα

διαχωρίσουμε στη συνέχεια περιπτώσεις με διαφορετικά σενάρια χρηματοδότησης του έργου για να δούμε πώς αυτό επηρεάζει την βιωσιμότητά του

Τα χαρακτηριστικά που επιλέγουμε για το βασικό σενάριό μας είναι τα ακόλουθα.

Α) Έντός του Εμπορευματικού Κέντρου:

- Έκταση Εμπορευματικού Κέντρου $E_1=200.000m^2$
- Μικρός σιδηροδρομικός σταθμός διαλογής αφού η έκταση του Εμπορευματικού Κέντρου είναι μικρότερη από $250.000m^2$

Β) Γραμμή σύνδεσης:

- Μήκος γραμμής σύνδεσης $L_2=3km$
- Ακατοίκητη περιοχή
- Εύκολη τοπογραφία
- Δεν υπάρχουν μεγάλα τεχνικά έργα
- Σηματοδότηση
- Υπάρχει μία ισόπεδη διασταύρωση με οδό που καλύπτεται με οπτικό και ηχητικό σήμα

Γ) Σύνδεση με κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο:

- Η σύνδεση θα γίνει σε υφιστάμενο σταθμό και η κύρια γραμμή θα είναι διπλή

Δ) Αξιολόγηση:

- Χρονική περίοδος αξιολόγησης $t=30$ έτη
- Επιτόκιο αναγωγής $i=5\%$
- Κόστος χρήσης υποδομής ανά τρένο-χιλιόμετρο $r=2,5€/train-km$
- Υπολειμματική αξία έργου $Y=40\%C_{αα}$
- Αριθμός βαγονιών ανά συρμό $w=20$
- Χωρητικότητα βαγονιών σε εμπορεύματα $V_w=20tn$
- Συντελεστής πληρότητας συρμού $p=0.7$

Οι παραπάνω επιλογές θα εισαχθούν στο φύλλο εργασίας που έχουμε δημιουργήσει και οι υπόλοιπες μεταβλητές θα πάρουν τιμές με βάση κάποιες σχέσεις που έχουν δημιουργηθεί. Οι τιμές του κόστους κάθε μονάδας καθώς και οι υπόλοιπες τιμές των μεταβλητών που έχουν ληφθεί για το παράδειγμα παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας Β.1: Τιμές όλων των μεταβλητών που λαμβάνονται για το παράδειγμα

Κατηγοριοποίηση αγνώστων και ζητούμενων	Συμβολισμός	Τιμές - παράδειγμα
Εντός του Εμπορευματοικού Κέντρου		
*έκταση Εμπορευματοικού Κέντρου (m^2)	E_1	
*μήκος γραμμών εντός του Ε/Κ (km)	L_1	$0,00005 \cdot E_1 \text{ km}$
*κόστος κατασκευής σιδηροδρομικής υποδομής εντός του Ε/Κ (€/km)	$Cc1$	150.000 €/km
*κόστος συντήρησης σιδηροδρομικής υποδομής εντός του Ε/Κ (€/km) ανά έτος	$Cm1$	$0,05\% Cc1 = 75 \text{ €/km}$
*κόστος κατασκευής σιδηροδρομικού σταθμού διαλογής (€)	$Cc2$	
— μικρό Ε/Κ $E < 250000m^2$	$Cc21$	500.000 €
— μεσαίου μεγέθους Ε/Κ $250000m^2 \leq E < 500000m^2$	$Cc22$	750.000 €
— μεγάλο Ε/Κ $E \geq 500000m^2$	$Cc23$	1.000.000 €
*κόστος συντήρησης σιδηροδρομικού σταθμού διαλογής (€) ανά έτος	$Cm2$	$0,05\% Cc2 \text{ €}$
— μικρό Ε/Κ $E < 250000m^2$	$Cm21$	250 €
— μεσαίου μεγέθους Ε/Κ $250000m^2 \leq E < 500000m^2$	$Cm22$	375 €
— μεγάλο Ε/Κ $E \geq 500000m^2$	$Cm23$	500 €
Συνολικό κόστος κατασκευής της σιδηροδρομικής υποδομής εντός του Ε/Κ	CcA	$Cc1 + Cc2$
Συνολικό κόστος συντήρησης της σιδηροδρομικής υποδομής εντός του Ε/Κ ανά έτος	CmA	$Cm1 + Cm2$
Γραμμή σύνδεσης		
*μήκος γραμμής σύνδεσης (km)	L_2	
*Έκταση απαλλοτριώσεων (m^2)	E_2	$30 \cdot L_2 \cdot 1000 m^2$
*κόστος απαλλοτριώσεων (€/m ²):	Cex	
— ακατοίκητη περιοχή	$Cex1$	2,20 €/m ²
— πολύ αραιοκατοικημένη περιοχή	$Cex2$	15 €/m ²
— αραιοκατοικημένη περιοχή	$Cex3$	30 €/m ²
*κόστος κατασκευής μονής συνδετικής γραμμής (€/km)	$Cc3$	
— εύκολη τοπογραφία	$Cc31$	200.000 €/km
— μετριας δυσκολίας τοπογραφία	$Cc32$	500.000 €/km
— δύσκολη τοπογραφία	$Cc33$	1.000.000 €/km
*κόστος συντήρησης μονής συνδετικής γραμμής (€/km) ανά έτος	$Cm3$	
— εύκολη τοπογραφία	$Cm31$	1000 €/km
— μετριας δυσκολίας τοπογραφία	$Cm32$	2.500 €/km
— δύσκολη τοπογραφία	$Cm33$	5.000 €/km
*μήκος τεχνικών έργων (km)		
— μήκος σήραγγας	L_3	

— μήκος γέφυρας	L ₄	
— μήκος γραμμής με ηχοπετάσματα	L ₅	
• κόστος κατασκευής τεχνικών έργων	Cc4	
— σήραγγα (€/km)	Cc41	9.000.000 €/km
— γέφυρα μικρού ανοίγματος ή/και με εύκολη θεμελίωση (€/km)	Cc42	5.130.000 €/km
— γέφυρα μεγάλου ανοίγματος ή/και με δύσκολη θεμελίωση (€/km)	Cc43	7.000.000 €/km
— ηχοπετάσματα στη μία πλευρά της γραμμής (€/km)	Cc44	200.000 €/km
— ηχοπετάσματα και στις δύο πλευρές της γραμμής (€/km)	Cc45	400.000 €/km
— διασταύρωση γραμμής με οδό (υπέργεια διάβαση της οδού) (€)	Cc46	2.000.000 €
— διασταύρωση γραμμής με οδό (υπόγεια διάβαση της οδού) (€)	Cc47	3.000.000 €
— διασταύρωση γραμμής με αυτοκινητόδρομο (υπόγεια ή υπέργεια διάβαση) (€)	Cc48	5.000.000 €
• κόστος συντήρησης τεχνικών έργων ανά έτος	CM4	
— σήραγγα (€/km)	CM41	0,5%·Cc41=45.000 €
— γέφυρα μικρού ανοίγματος ή/και με εύκολη θεμελίωση (€/km)	CM42	1%·Cc42=51.300 €
— γέφυρα μεγάλου ανοίγματος ή/και με δύσκολη θεμελίωση (€/km)	CM43	1%·Cc43=70.000 €
— ηχοπετάσματα στη μία πλευρά της γραμμής (€/km)	CM44	0,05%·Cc44=100 €
— ηχοπετάσματα και στις δύο πλευρές της γραμμής (€/km)	CM45	0,05%·Cc45=200 €
— διασταύρωση γραμμής με οδό (υπέργεια διάβαση της οδού) (€)	CM46	0,05%·Cc46=1.000 €
— διασταύρωση γραμμής με οδό (υπόγεια διάβαση της οδού) (€)	CM47	0,05%·Cc47=1.500 €
— διασταύρωση γραμμής με αυτοκινητόδρομο (υπόγεια ή υπέργεια διάβαση) (€)	CM48	0,05%·Cc48=2.500 €
• κόστος σηματοδότησης γραμμής (€/km)	Cc5	200.000 €/km
• κόστος συντήρησης εγκαταστάσεων σηματοδότησης ανά έτος (€/km)	CM5	1%·Cc5=2.000 €/km
• κόστος σηματοδότησης ισόπεδων διασταυρώσεων (€)	Cc6	
— ισόπεδη διασταύρωση με οπτικό και ηχητικό σήμα	Cc61	20.000 €
— ισόπεδη διασταύρωση με αυτόματες μονόπλευρες μπάρες σε μονή γραμμή	Cc62	200.000 €
— ισόπεδη διασταύρωση με τρέσες/εξ αυτόματες μπάρες	Cc63	300.000 €
• κόστος συντήρησης εγκαταστάσεων σηματοδότησης ισόπεδων διασταυρώσεων ανά έτος (€)	CM6	1%·Cc6 €
— ισόπεδη διασταύρωση με οπτικό και ηχητικό σήμα	CM61	1%·Cc61=200 €
— ισόπεδη διασταύρωση με αυτόματες μονόπλευρες μπάρες σε μονή γραμμή	CM62	1%·Cc62=2.000 €

— ισόπεδη διασταύρωση με τέσσερεις αυτόματες μπαρές	C_{M63}	$1\% \cdot C_{C63} = 3.000 \text{ €}$
Συνολικό κόστος κατασκευής γραμμής σύνδεσης	C_{C8}	$C_{C61} + C_{C63} + C_{C64} + C_{C65} + C_{C66}$
Συνολικό κόστος συντήρησης γραμμής σύνδεσης ανά έτος	C_{M8}	$C_{M71} + C_{M72} + C_{M73} + C_{M74}$
Σύνδεση με κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο		
*κόστος σύνδεσης γραμμής με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο (€)	C_{L7}	
— υφιστάμενος σταθμός και μονή κύρια γραμμή	C_{C71}	300.000 €
— υφιστάμενος σταθμός και διπλή κύρια γραμμή	C_{C72}	300.000 €
— νέος σταθμός και μονή κύρια γραμμή	C_{C73}	800.000 €
— νέος σταθμός και διπλή κύρια γραμμή	C_{C74}	1.320.000 €
*κόστος συντήρησης της σύνδεσης με το δίκτυο ανά έτος (€)	C_{M7}	
— υφιστάμενος σταθμός και μονή κύρια γραμμή	C_{M71}	$1\% \cdot C_{C71} = 3.000 \text{ €}$
— υφιστάμενος σταθμός και διπλή κύρια γραμμή	C_{M72}	$1\% \cdot C_{C72} = 3.000 \text{ €}$
— νέος σταθμός και μονή κύρια γραμμή	C_{M73}	$0,5\% \cdot C_{C73} = 4.000 \text{ €}$
— νέος σταθμός και διπλή κύρια γραμμή	C_{M74}	$0,5\% \cdot C_{C74} = 6.600 \text{ €}$
Συνολικό κόστος κατασκευής σύνδεσης γραμμής με κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο	C_{C9}	C_{C7}
Συνολικό κόστος συντήρησης σύνδεσης γραμμής με κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο ανά έτος	C_{M9}	C_{M7}
*κόστος μελετών	C_{S1}	$1\% \cdot (C_{C61} + C_{C63} + C_{C65})$
*Συνολικό κόστος κατασκευής έργου	C_{S1001}	$C_{C61} + C_{C63} + C_{C65} + C_{C67}$
*Συνολικό κόστος συντήρησης έργου ανά έτος	C_{S100}	$C_{M61} + C_{M63} + C_{M65}$
Αξιολόγηση		
Χρονική περίοδος αξιολόγησης (έτη)	t	30 έτη
Επιτόκιο αναγωγής (%)	i	5%
Κόστος χρήσης υποδομής ανά τρένο-χιλιόμετρο (€/train-km)	r	2,5 €/train-km
Υπολειμματική αξία έργου (€)	Y	$40\% C_{S1001}$
Αριθμός βαγονιών ανά συρμό	w	20
Χωρητικότητα βαγονιών σε εμπορεύματα (tn)	V_w	20
Συντελεστής πληρότητας συρμού (%)	p	50%
Ζητούμενα		
Έσοδα του διαχειριστή της υποδομής ανά έτος (€/έτος)	R	
Ελάχιστος απαιτούμενος αριθμός τρένων ανά ημέρα	Q	
Ελάχιστος απαιτούμενος ετήσιος εμπορευματικός φόρτος (tn)	q	

Τα αποτελέσματα που εξάγονται για το σενάριο που δημιουργήσαμε με βάση τις τιμές των μεταβλητών που επιλέχθηκαν από τον παραπάνω πίνακα, είναι τα ακόλουθα.

Πίνακας 8.2: Αποτελέσματα κόστους που αφορούν την υποδομή εντός του Εμπορευματικού Κέντρου

Εντός του Ε/Κ	Σελίδα 1
Εκταση Ε/Κ	
E_1 (m ²)	200000
Μήκος γραμμών	
L_1 (km)	4
Κόστος κατασκευής γραμμής	
C_{c1} (€)	800000
Κόστος συντήρησης γραμμής	
C_{m1} (€)	300
Κόστος κατασκευής σταθμού διαλογής	
C_{c2} (€)	500000
Κόστος συντήρησης σταθμού διαλογής	
C_{m2} (€)	250
Συνολικό κόστος κατασκευής	
C_{ca} (€)	1100000
Συνολικό κόστος επίσης συντήρησης	
C_{ma} (€)	550

Πίνακας 8.3: Αποτελέσματα κόστους που αφορούν στην συνδυαστική γραμμή

Γραμμή συνδέσης	Column1
Μήκος γραμμής	
L_2 (km)	3
Έκταση απαλλοτριώσεων	
E_2 (m ²)	90000
Κόστος απαλλοτριώσεων	
C_{ea} (€)	198000
Κόστος κατασκευής γραμμής	
C_{ca} (€)	600000
Κόστος συντήρησης γραμμής	
C_{ms} (€)	3000
Κόστος κατασκευής τεχνικών έργων	
C_{ca} (€)	0
Κόστος συντήρησης τεχνικών έργων	
C_{ms} (€)	0
Κόστος σηματοδότησης	
C_{cs} (€)	600000
Κόστος συντήρησης σηματοδότησης	
C_{ms} (€)	6000
Κόστος σηματοδότησης διασταυρώσεων	
C_{ca} (€)	20000
Κόστος συντήρησης σηματοδότησης διασταυρώσεων	
C_{ms} (€)	200
Συνολικό κόστος κατασκευής	
C_{ca} (€)	1418000
Συνολικό κόστος επίσης συντήρησης	
C_{ms} (€)	9200

Πίνακας 8.4: Αποτελέσματα κόστους που αφορούν στην σύνδεση της γραμμής με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο

Σύνδεση με δίκτυο	Column1
Κόστος κατασκευής σύνδεσης	
C_{uj} (€)	300000
Κόστος συντήρησης σύνδεσης	
C_{mt} (€)	3000
Συνολικό κόστος κατασκευής	
C_{cc} (€)	300000
Συνολικό κόστος συντήρησης	
C_{mc} (€)	3000

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα συνολικά αποτελέσματα του κόστους κατασκευής και μελέτης, του κόστους ετήσιας συντήρησης καθώς και η υπολειμματική αξία του έργου, σύμφωνα πάντα με το σενάριο που έχουμε επιλέξει.

Πίνακας 8.5: Συνολικές τιμές κόστους κατασκευής και ετήσιας συντήρησης του έργου

Κόστος μελετών	
C_{st} (€)	28180
Συνολικό κόστος κατασκευής έργου	
C_{tot} (€)	2846180
Συνολικό κόστος ετήσιας συντήρησης έργου	
C_{tstot} (€)	12750
Υπολειμματική αξία έργου	
Y (€)	1138472

Αφού έχουμε κάνει τους απαραίτητους υπολογισμούς και έχουν προκύψει οι παραπάνω πένε κόστους για το βασικό μας σενάριο, θα υπολογίσουμε για τρία διαφορετικά σενάρια χρηματοδότησης του έργου τον ελάχιστο αριθμό συρμών ανά ημέρα που θα πρέπει να εξυπηρετεί το Εμπορευματικό Κέντρο ώστε να αρχίσει να θεωρείται οικονομικά βιώσιμη η σιδηροδρομική σύνδεσή του ($NPV > 0$). Το βασικό κριτήριο αξιολόγησης που χρησιμοποιούμε και στο οποίο στηρίζεται και η μεθοδολογία μας είναι το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας. Στην εφαρμογή της μεθοδολογίας μας χρησιμοποιούμε και ένα δεύτερο κριτήριο αξιολόγησης, τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (Internal Rate of Return-IRR).

Από την εφαρμογή του δεύτερου σκέλους της μεθοδολογίας μας που αφορά στον υπολογισμό του μήκους της συνδυετικής γραμμής που καθιστά ανταγωνιστική τη χρήση του σιδηροδρόμου έναντι του φορτηγού για την μεταφορά εμπορευμάτων, παραθέτουμε στη συνέχεια ένα παράδειγμα. Το κόστος μεταφοράς ενός τόνου εμπορευμάτων σε απόσταση ενός χιλιομέτρου με τρένο και φορτηγό καθώς και το μοναδιαίο κόστος μεταφόρτωσης που επιλέγονται για το παράδειγμα είναι ενδεικτικά και μπορούν να μεταβληθούν.

Πίνακας 8.6: Παράδειγμα υπολογισμού ελάχιστου μήκους γραμμής για να είναι ανταγωνιστική η χρήση της σε σχέση με το φορτηγό

Μεταβλητές	Τιμές
V_{th} (tn)	20
C_{rail} (€/tn-km)	0,032
C_{truck} (€/tn-km)	0,05
C_{trans} (€/crane movement)	50
d (km)	11,8

Παρατηρούμε ότι για τις συγκεκριμένες τιμές κόστους του παραδείγματος η χρήση του σιδηροδρόμου θα γινόταν ελκυστική για τον χρήστη (αποστολέα) εάν η απόσταση της μεταφοράς ήταν μεγαλύτερη από 11,8km. Σε αντίθετη περίπτωση το κόστος μεταφοράς με φορτηγό είναι μικρότερο οπότε λογικά απορρίπτεται η χρήση του σιδηροδρόμου. Όπως προαναφέραμε και στο 7^ο κεφάλαιο, η επιλογή μέσου είναι μία πολύπλοκη διαδικασία κατά την οποία ο χρήστης λαμβάνει υπ' όψη του κι άλλους παράγοντες όπως η αξιοπιστία, η ταχύτητα και η ασφάλεια, το είδος των εμπορευμάτων που πρόκειται να μεταφερθούν κλπ.

8.2.1 Σενάρια χρηματοδότησης του έργου

Κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας μας αναπτύξαμε 3 διαφορετικά σενάρια χρηματοδότησης του έργου για να δούμε πώς επηρεάζεται το αποτέλεσμα που αναζητούμε, δηλαδή ο ελάχιστος αριθμός τρένων που θα πρέπει να χρησιμοποιεί την σιδηροδρομική σύνδεση του Εμπορευματικού Κέντρου έτσι ώστε να καθιστά την κατασκευή της οικονομικά βιώσιμη για την Εταιρεία που θα την διαχειρίζεται θεωρώντας ως μοναδική πηγή εσόδων τα τέλη χρήσης της υποδομής που θα εισπράττωνται από τις σιδηροδρομικές εταιρείες που θα τη χρησιμοποιούν. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα τελικά αποτελέσματα της ανάλυσής μας για το κάθε σενάριο, ενώ οι υπολογισμοί (φύλλα εργασίας του Microsoft Office Excel 2007) παρατίθενται στο παράρτημα.

Σενάριο 1: Το κόστος κατασκευής αναλαμβάνεται εξ' ολοκλήρου από την Εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου

Σύμφωνα με το πρώτο σενάριο χρηματοδότησης υποθέτουμε ότι το κόστος κατασκευής της σιδηροδρομικής σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου αναλαμβάνεται εξ' ολοκλήρου από την Εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου. Υποθέτουμε ότι η κατασκευή του έργου καθώς και οι δαπάνες κατασκευής (C_{0a}) του γίνονται κατά το έτος $t=0$ της περιόδου αξιολόγησης. Στο παρόν έτος $t=0$ τα έσοδα της Εταιρείας του Εμπορευματικού Κέντρου από την παρούσα επένδυση είναι μηδενικά ($R_0=0$) και το κόστος συντήρησης είναι μηδενικό ($C_{1a}=0$). Από το έτος $t=1$ που αρχίζει και η λειτουργία της σύνδεσης αρχίζουν να υπάρχουν εισροές για την Εταιρεία από τα τέλη χρήσης της υποδομής που κατεβάλλουν οι σιδηροδρομικές εταιρείες, καθώς και σταθερές ετήσιες εκροές οι οποίες είναι το ετήσιο κόστος συντήρησης του έργου.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν ύστερα από δοκιμές που έγιναν στο Excel για το πρώτο σενάριο χρηματοδότησης του έργου.

Πίνακας 8.7: Σενάριο 1 - Τελικά αποτελέσματα

Μεταβλητές	Τιμές
E_1 (m ²)	200.000
L_2 (km)	3
C_{tot} (€)	2.846.180
C_{mt} (€/year)	12.750
r (€/train-km)	2,5
ρ	0,7
Q (trains/day)	68
q (tn/year)	6.854.400
NPV	29.597
IRR	5%

Πρακτύπει λοιπόν ότι ο ελάχιστος αριθμός τρένων που θα πρέπει να κινούνται ανά ημέρα από και προς το Εμπορευματικό Κέντρο είναι συνολικά 68 έτσι ώστε να είναι βιώσιμη η επένδυση σύμφωνα με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του έργου και σύμφωνα με το συγκεκριμένο χρηματοδοτικό σενάριο. Το Εμπορευματικό Κέντρο που έχουμε επιλέξει να εξετάσουμε στο παράδειγμα αυτό είναι ένα μικρό Εμπορευματικό Κέντρο ενώ ο αριθμός τρένων ανά ημέρα που προέκυψε ότι είναι αναγκαίος για να αρχίσει να γίνεται βιώσιμη η επένδυση είναι πολύ μεγάλος. Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι η επένδυση αυτή θα ήταν καλύτερο να μη γίνει στη συγκεκριμένη περίπτωση γιατί είναι εξαιρετικά δύσκολο να επιτευχθεί ο απαραίτητος σιδηροδρομικός φόρτος.

Σενάριο 2: Το έργο επιδοτείται κατά 50% από την Ευρωπαϊκή Ένωση

Σύμφωνα με αυτό το σενάριο χρηματοδότησης το κόστος κατασκευής της σιδηροδρομικής σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου αναλαμβάνεται κατά 50% από την Εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου και το άλλο 50% του κόστους επιδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Υποθέτουμε ότι η κατασκευή του έργου ολοκληρώνεται το έτος $t=0$ και ότι από το έτος $t=1$ αρχίζει η λειτουργία του οπότε

αρχίζουν και οι εισροές από τα τέλη χρήσης της υποδομής. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν για το δεύτερο χρηματοδοτικό σενάριο παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Πίνακας 8.8: Σενάριο 2 – Τελικά αποτελέσματα

Μεταβλητές	Τιμές
E_1 (m ³)	200.000
L_2 (km)	3
C_{tot} (€)	2.846.180
Επιδότηση ΕΕ (€)	1.423.090
C_{fin} (€/year)	12.750
r (€/train-km)	2,5
ρ	0,7
Q (trains/day)	33
q (tn/year)	3.326.400
NPV	1.400
IRR	5%

Προκύπτει ότι ο ελάχιστος απαιτούμενος αριθμός τρένων ανά ημέρα για να αρχίσει να γίνεται συμφέρουσα η κατασκευή της σιδηροδρομικής σύνδεσης είναι 33 τρένα. Εκτιμούμε ότι και αυτός ο αριθμός τρένων ανά ημέρα είναι δύσκολο να επιτευχθεί από ένα μικρό Εμπορευματικό Κέντρο και έτσι η επένδυση δεν θεωρείται συμφέρουσα για το συγκεκριμένο σενάριο.

Σενάριο 3: Το έργο επιδοτείται κατά 50% από την Ευρωπαϊκή Ένωση και λαμβάνεται και δάνειο για το υπόλοιπο 30% του κόστους κατασκευής

Σύμφωνα με αυτό το σενάριο το 50% του κόστους κατασκευής του έργου καλύπτεται από επιδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το 30% από δάνειο που λαμβάνεται και το υπόλοιπο 20% από την Εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου. Θεωρούμε ότι η αποπληρωμή του δανείου γίνεται κατά τα 20 πρώτα έτη λειτουργίας

του έργου και το επιτόκιο λαμβάνεται ίσο με 4,5%. Τα αποτελέσματα ακολουθούν στη συνέχεια

Πίνακας 8.9: Σενάριο 3 – Τελικά αποτελέσματα

Μεταβλητές	Τιμές
E_1 (m ²)	200.000
L_2 (km)	3
$C_{\text{τσιμ}}$ (€)	2.846.180
Επιδότηση ΕΕ (€)	1.423.090
Δάνειο (€)	853.854
Τοκοχρεωλύσιο (€)	65.841
$C_{\text{μολ}}$ (€/year)	12.750
r (€/train-km)	2,5
ρ	0,7
Q (trains/day)	37
q (tn/year)	3.729.600
NPV	11.698
IRR	5%

Παρατηρούμε ότι γι' αυτό το χρηματοδοτικό σενάριο ο αριθμός των απαιτούμενων τρένων ανά ημέρα αυξάνεται σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο. Και πάλι θεωρούμε ότι για ένα μικρό Εμπορευματικό Κέντρο είναι δύσκολο να επιτευχθεί αυτή η σιδηροδρομική εμπορευματική κίνηση και γι' αυτό η σιδηροδρομική σύνδεση του συγκεκριμένου Εμπορευματικού Κέντρου κρίνεται ασύμφορη.

Αν εξετάσουμε τα αποτελέσματα του κόστους κατάσκευής και συντήρησης που προκύπτουν σύμφωνα με τις τιμές του παραδείγματος για κάθε τμήμα του έργου ξεχωριστά (Υποδομή εντός του ΕΚ, γραμμή σύνδεσης, σύνδεση με κύριο δίκτυο) για γραμμή μήκους $L_2=1\text{km}$ Προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 8.10: Κόστος κατασκευής υποδομής για γραμμή μήκους $L_2=1\text{km}$

	Εντός του ΕΚ	Γραμμή σύνδεσης	Σύνδεση με κύριο δίκτυο
Κόστος κατασκευής (€)	1.100.000	486.000	300.000
Ποσοστό επί του συνολικού κόστους κατασκευής	58,3%	25,8%	15,9%

Παρατηρούμε ότι το κόστος κατασκευής της γραμμής αποτελεί μόλις το 25,8% του συνολικού κόστους κατασκευής του έργου και ότι έχουμε υψηλό πάγιο κόστος (Υποδομή εντός του ΕΚ και σύνδεση με δίκτυο) για οποιοδήποτε διαφορετικό μήκος γραμμής.

Θα εφαρμόσουμε την μεθοδολογία σε ένα ακόμα παράδειγμα στο οποίο θα μειώσουμε πολύ το πάγιο κόστος κατασκευής της υποδομής, δηλαδή το κόστος της υποδομής εντός του Εμπορευματικού Κέντρου και της σύνδεσης με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο για να ελέγξουμε τι αποτελέσματα θα αποφέρει στον απαιτούμενο αριθμό συρμών ανά ημέρα που καθιστούν την σύνδεση αυτή οικονομικά βιώσιμη.

Κρατάμε όλα τα στοιχεία που αφορούν στη γραμμή σύνδεσης ίδια και αλλάζουμε μόνο το κόστος της υποδομής εντός του Εμπορευματικού Κέντρου και το κόστος της σύνδεσης με το κύριο δίκτυο. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας με τα νέα αυτά δεδομένα παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Πίνακας 8.11: Κόστος κατασκευής υποδομής με μειωμένο το κόστος της υποδομής εντός του ΕΚ και της σύνδεσης με το δίκτυο

Εντός του ΕΚ C_{ca} (€)	200.000
Γραμμή σύνδεσης C_{cb} (€)	1.418.000
Σύνδεση με κύριο δίκτυο C_{cc} (€)	50.000

Πίνακας 8.12: Αποτελέσματα εφαρμογής παραδείγματος με μειωμένο κόστος της υποδομής εντός του ΕΚ και της σύνδεσης με το δίκτυο (Σενάριο 1)

Μεταβλητές	Τιμές
E_1 (m ²)	200 000
L_2 (km)	3
$C_{\text{σταθ}} (\text{€})$	1.684.680
$C_{\text{μισθ}} (\text{€/year})$	10 250
r (€/train-km)	2,5
p	0,7
Q (trains/day)	41
q (tn/year)	4.132.800
NPV	7.597
IRR	5%

Πίνακας 8.13: Αποτελέσματα εφαρμογής παραδείγματος με μειωμένο κόστος της υποδομής εντός του ΕΚ και της σύνδεσης με το δίκτυο (Σενάριο 2)

Μεταβλητές	Τιμές
E_T (m ²)	200.000
L_2 (km)	3
$C_{\text{σταθ}} (\text{€})$	1.684 680
Επιδότηση ΕΕ (€)	842.340
$C_{\text{μισθ}} (\text{€/year})$	10.250
r (€/train-km)	2,5
p	0,7
Q (trains/day)	21
q (tn/year)	2.116.800

NPV	19.242
IRR	5%

Πίνακας 8.14: Αποτελέσματα εφαρμογής παραδείγματος με μειωμένο κόστος της υποδομής εντός του ΕΚ και της σύνδεσης με το δίκτυο (Σενάριο3)

Μεταβλητές	Τιμές
E_1 (m ²)	200.000
L_2 (km)	3
C_{con} (€)	1.684.680
Επένδυση ΕΕ (€)	842.340
Δάνειο (€)	505.404
Τοκοχρεωλύσιο (€)	38.854
C_{train} (€/year)	10.250
r (€/train-km)	2,5
p	0,7
Q (trains/day)	23
q (tn/year)	2.318.400
NPV	10.806
IRR	5%

Παρατηρούμε ότι με την μείωση του κόστους κατασκευής της υποδομής μειώνονται κατά πολύ τα απαιτούμενα τρένα ανά ημέρα και με αυτόν τον τρόπο είναι πιο πιθανό να είναι οικονομικά βιώσιμη η κατασκευή σιδηροδρομικής σύνδεσης Εμπορευματικού Κέντρου.

8.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Η ανάλυση ευαισθησίας είναι μία διαδικασία κατά την οποία αναγνωρίζονται οι μεταβλητές που επηρεάζουν περισσότερο τα καθαρά οφέλη ενός έργου και

αξιολογεί τη σχετική τους σημασία. Βοηθά στην αναγνώριση των παραμέτρων στις οποίες πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία και να προσεχθούν ώστε να μειωθεί η αβεβαιότητα (αστάθεια των εκτιμήσεων που υπεισέρχονται στη λήψη μιας απόφασης αξιολόγησης) για τις τιμές που λαμβάνουν. Ακόμη βοηθάει ώστε να υπάρχει μια αίσθηση της ριψοκινδυνότητας. Η ανάλυση ευαισθησίας παρουσιάζει μόνο την ευαισθησία του αποτελέσματος σε διάφορους παράγοντες και τιμές τους καθώς και το εύρος των τριών των πιθανών αποτελεσμάτων, αλλά δεν εξετάζει την πιθανότητα να γίνουν πραγματικότητα τα αποτελέσματα.

Η τεχνική που θα ακολουθήσουμε στην ανάλυση ευαισθησίας είναι η παράμετρος προς παράμετρο προσέγγιση (variable-by-variable approach). Οι παράμετροι ως προς τις οποίες επιλέγουμε να κάνουμε ανάλυση ευαισθησίας για το έργο της σιδηροδρομικής σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου που εξετάζουμε στο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι οι εξής:

- Το μήκος της γραμμής σύνδεσης L_2
- Η έκταση του Εμπορευματικού Κέντρου E_1

8.3.1 Ανάλυση ευαισθησίας μήκους γραμμής σύνδεσης

Αρχικά θα κάνουμε την ανάλυση ευαισθησίας για το μήκος της γραμμής σύνδεσης. Κρατάμε όλους τις υπόλοιπους παράγοντες σταθερούς και αλλάζουμε μόνο το μήκος της γραμμής (και αυτόματα αλλάζουν και το κόστος κατασκευής και συντήρησης της). Για κάθε μία περίπτωση θα υπολογίζουμε τον ελάχιστο αριθμό τρένων ανά ημέρα που απαιτούνται έτσι ώστε η Καθαρά Παρούσα Αξία του έργου να είναι μεγαλύτερη του μηδενός ($NPV > 0$). Θα επαναλάβουμε την ίδια διαδικασία και για τα 3 χρηματοδοτικά σενάρια

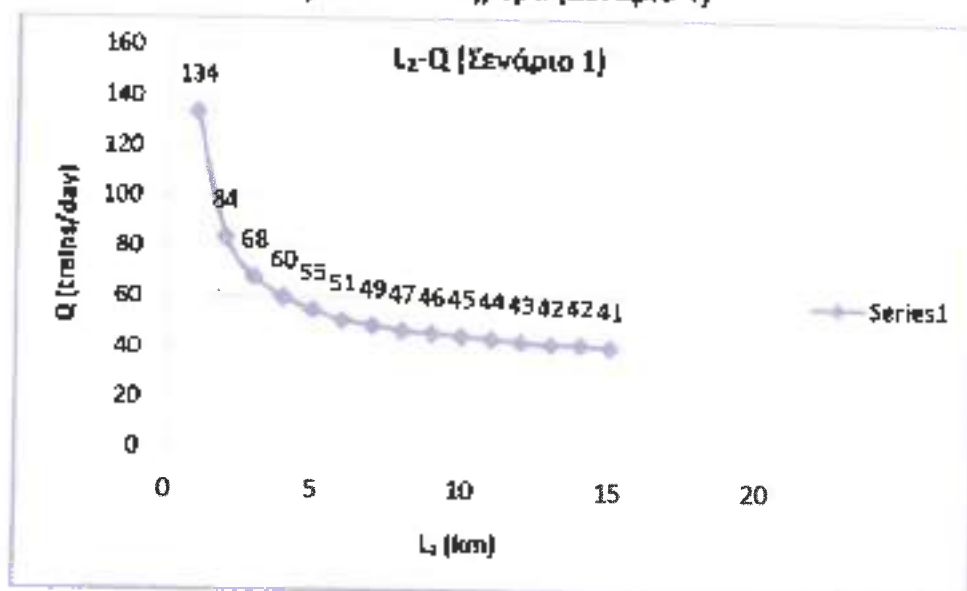
Σενάριο 1: Το κόστος κατασκευής αναλαμβάνεται εξ' ολοκλήρου από την Εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου

Όλοι οι άλλοι παράγοντες, εκτός από το μήκος της γραμμής σύνδεσης που του δίνουμε διάφορες τιμές, παραμένουν σταθεροί. Ο αριθμός των τρένων που αντιστοιχεί σε κάθε περίπτωση είναι ο ελάχιστος που απαιτείται έτσι ώστε η Καθαρά Παρούσα Αξία να είναι μεγαλύτερη του μηδενός. Προκύπτουν τα εξής:

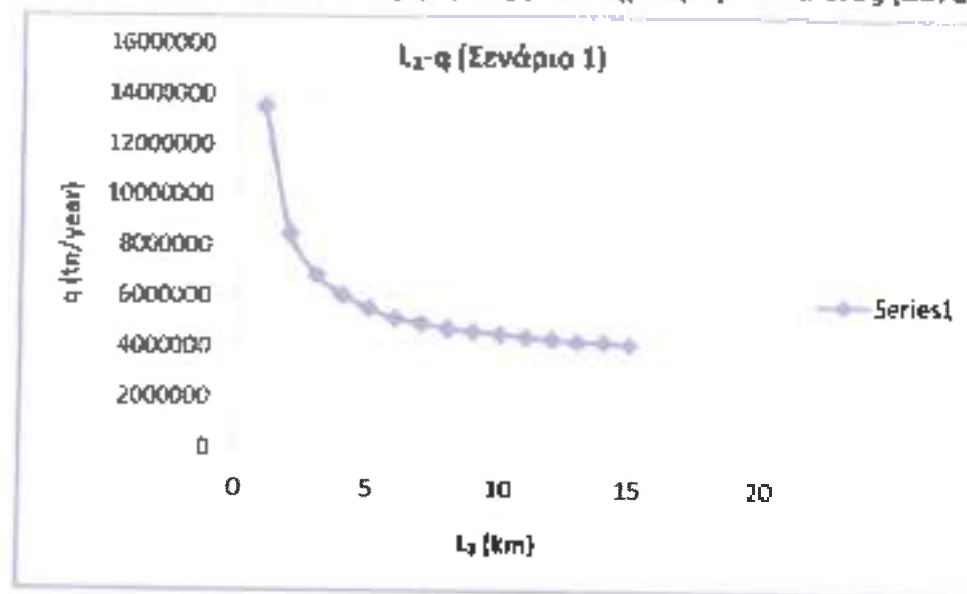
Πίνακας 8.15: Ανάλυση ευαισθησίας για το μήκος γραμμής σύνδεσης (Σενάριο 1)

L_2 (km)	Q (trains/day)	NPV	q (tn/year)
1	134	12587	13507200
2	84	7905	8467200
3	68	29597	6854400
4	60	51288	6048000
5	55	59803	5544000
6	51	15612	5140800
7	49	50480	4939200
8	47	32642	4737600
9	46	80686	4636800
10	45	102377	4536000
11	44	97715	4435200
12	43	66701	4334400
13	42	9334	4233600
14	42	110084	4233600
15	41	13187	4132800

Γράφημα 8.1: Ανάλυση ευαισθησίας για το μήκος γραμμής σύνδεσης – αριθμός τρένων ανά ημέρα (Σενάριο 1)



Γράφημα 8.2: Ανάλυση ευαισθησίας για το μήκος γραμμής σύνδεσης – διακινούμενος εμπορευματικός φόρτος με σιδηρόδρομο ανά έτος (Σενάριο 1)



Σενάριο 2: Το έργο επιδονέται κατά 50% από την Ευρωπαϊκή Ένωση

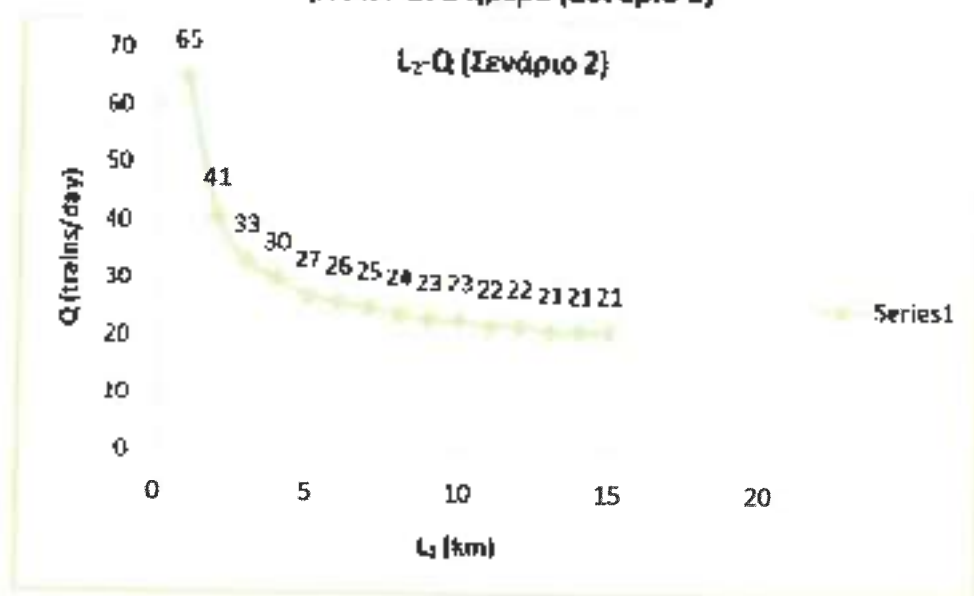
Όλοι οι άλλοι παράγοντες, εκτός από το μήκος της γραμμής σύνδεσης που του δίνουμε διάφορες τιμές, παραμένουν σταθεροί. Ο αριθμός των τρένων που αντιστοιχεί σε κάθε περίπτωση είναι ο ελάχιστος που απαιτείται έτσι ώστε η Καθαρά Παρούσα Αξία να είναι μεγαλύτερη του μηδενός. Προκύπτουν τα εξής:

Πίνακας 8.16: Ανάλυση ευαισθησίας για το μήκος γραμμής σύνδεσης (Σενάριο 2)

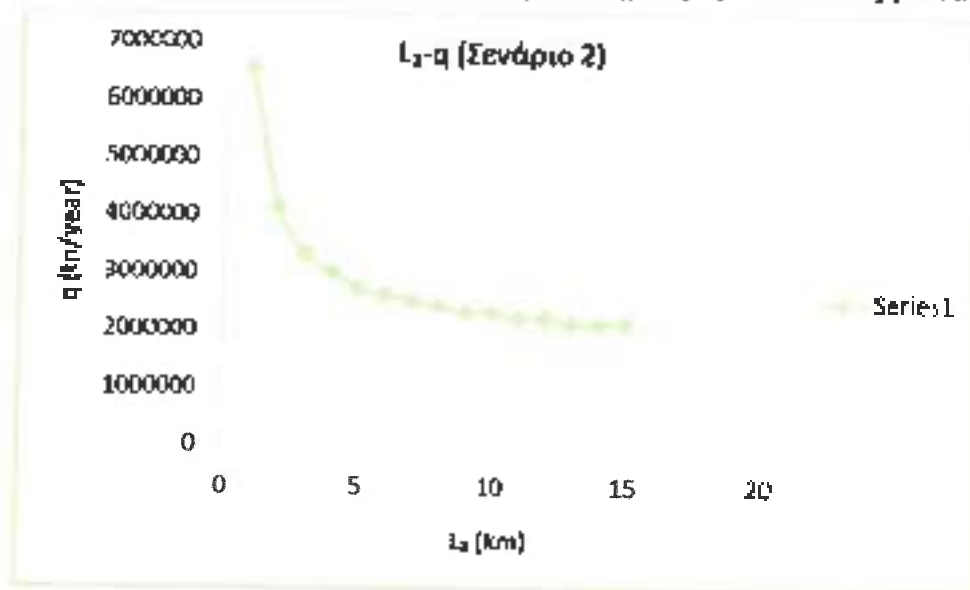
L ₂ (km)	Q (trains/day)	NPV	q (tn/year)
1	65	10472	6552000
2	41	5936	4132800
3	33	1400	3326400
4	30	49569	3024000
5	27	18680	2721600
6	26	66849	2620800
7	25	88666	2520000

8	24	84129	2419200
9	23	53240	2318400
10	23	127762	2318400
11	22	57344	2217600
12	22	118690	2217600
13	21	8742	2116800
14	21	56912	2116800
15	21	105081	2116800

Γράφημα 8.3: Ανάλυση ευαισθησίας για το μήκος γραμμής σύνδεσης – αριθμός τρένων ανά ημέρα (Σενάριο 2)



Γράφημα 8.4: Ανάλυση ευαισθησίας για το μήκος γραμμής σύνδεσης – διακινούμενος εμπορευματικός φόρτος με σιδηρόδρομο ανά έτος (Σενάριο 2)



Σενάριο 3: Το έργο επιδοτείται κατά 50% από την Ευρωπαϊκή Ένωση και λαμβάνεται και δάνειο για το υπόλοιπο 30% του κόστους κατασκευής

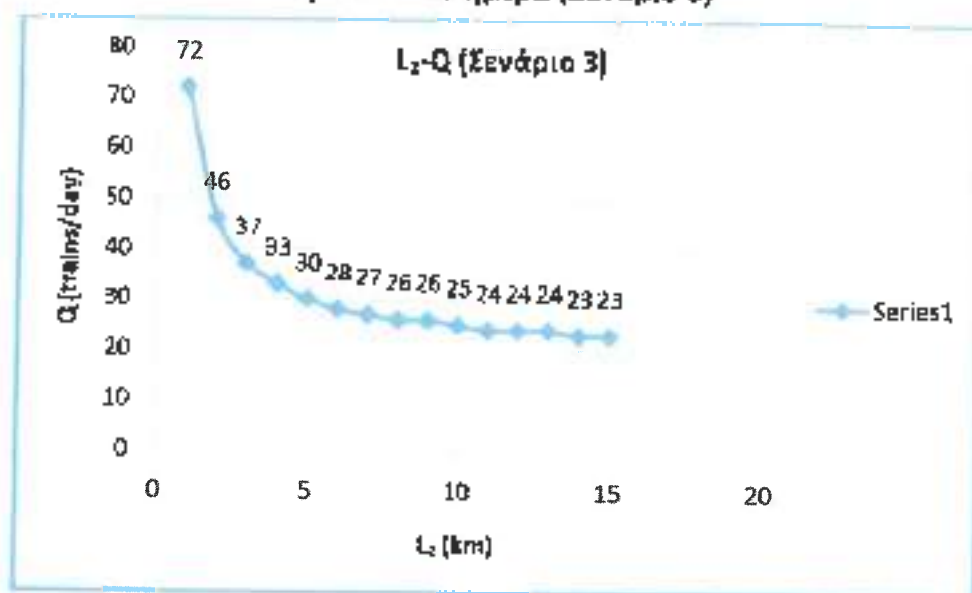
Όλοι οι άλλοι παράγοντες, εκτός από το μήκος της γραμμής σύνδεσης που του δίνουμε διάφορες τιμές, παραμένουν σταθεροί. Ο αριθμός των τρένων που αντιστοιχεί σε κάθε περίπτωση είναι ο ελάχιστος που απαιτείται έτσι ώστε η Καθαρά Παρούσα Αξία να είναι μεγαλύτερη του μηδενός. Προκύπτουν τα εξής:

Πίνακας 8.17: Ανάλυση ευαισθησίας για το μήκος γραμμής σύνδεσης (Σενάριο 3)

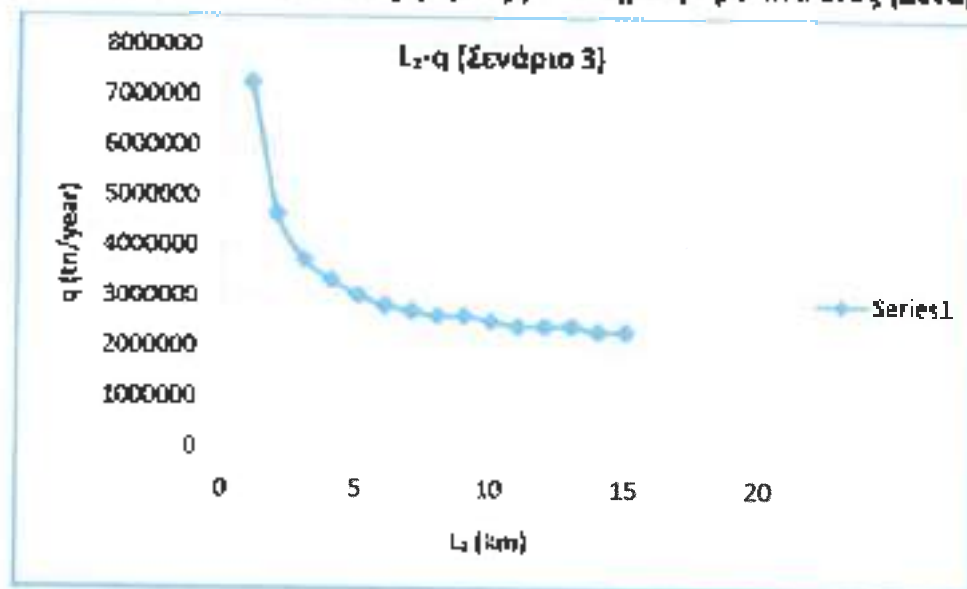
L_2 (km)	Q (trains/day)	NPV	q (tn/year)
1	72	3777	7257600
2	46	14326	4836800
3	37	11698	3729600
4	33	35423	3326400
5	30	19619	3024000
6	28	3816	2822400
7	27	27541	2721600
8	26	24913	2620800

9	26	114520	2620800
10	25	72364	2520000
11	24	3854	2419200
12	24	67109	2419200
13	24	130363	2419200
14	23	9148	2318400
15	23	59226	2318400

Γράφημα 8.5: Ανάλυση ευαισθησίας για το μήκος γραμμής σύνδεσης – αριθμός τρένων ανά ημέρα (Σενάριο 3)



Γράφημα 8.6: Ανάλυση ευαισθησίας για το μήκος γραμμής σύνδεσης – διακινούμενος εμπορευματικός φόρτος με σιδηρόδρομο ανά έτος (Σενάριο 3)



Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας βλέπουμε ότι όσο αυξάνεται το μήκος της γραμμής μειώνονται τα απαιτούμενα τρένα ανά ημέρα. Το αποτέλεσμα αυτό εκ πρώτης όψεως μπορεί να μας προβληματίσει, γιατί θα θεωρούσε κανείς λογικό πως με την αύξηση του μήκους της γραμμής και την παράλληλη αύξηση του κόστους κατασκευής και συντήρησης θα έπρεπε να αυξάνεται και ο απαιτούμενος αριθμός των τρένων ανά ημέρα. Συμβαίνει όμως το αντίθετο.

Από τη μία έχουμε αύξηση του κόστους κατασκευής αλλά παράλληλα έχουμε και αύξηση των εσόδων της εταιρείας. Τα έσοδα προκύπτουν από την είσπραξη του τέλους χρήσης της υποδομής (το οποίο αποτελεί και την μοναδική πηγή εσόδων της εταιρείας σύμφωνα με την μεθοδολογία μας), οπότε αυξάνονται με την αύξηση του μήκους της γραμμής. Αυτό συμβαίνει γιατί το τέλος χρήσης της υποδομής είναι σε ευρώ ανά τρένο-χιλιόμετρα, άρα τα έσοδα που αποφέρει το ένα τρένο που θα χρησιμοποιήσει τη γραμμή αυξάνονται ανάλογα με το μήκος της. Οπότε το αποτέλεσμα της ανάλυσης ευαισθησίας είναι λογικό.

8.3.2 Ανάλυση ευαισθησίας έκτασης Εμπορευματικού Κέντρου

Μετά την ανάλυση ευαισθησίας ως προς το μήκος της γραμμής σύνδεσης θα ακολουθήσει ανάλυση ευαισθησίας για το μέγεθος του Εμπορευματικού Κέντρου. Κρατάμε όλους τις υπόλοιπους παράγοντες σταθερούς και αλλάζουμε μόνο την έκταση του Εμπορευματικού Κέντρου (E_1). Αυτόματα αλλάζει και το μήκος των γραμμών εντός του Εμπορευματικού Κέντρου όπως και το μέγεθος του σταθμού διαλογής, οπότε αλλάζει και το κόστος κατασκευής και συντήρησης της σιδηροδρομικής υποδομής εντός του Εμπορευματικού Κέντρου. Για κάθε μία περίπτωση θα υπολογίζουμε τον ελάχιστο αριθμό τρένων ανά ημέρα που απαιτούνται έτσι ώστε η Καθαρά Παρούσα Αξία του έργου να είναι μεγαλύτερη του μηδενός ($NPV > 0$). Θα επαναλάβουμε την ίδια διαδικασία και για τα 3 χρηματοδοτικά σενάρια.

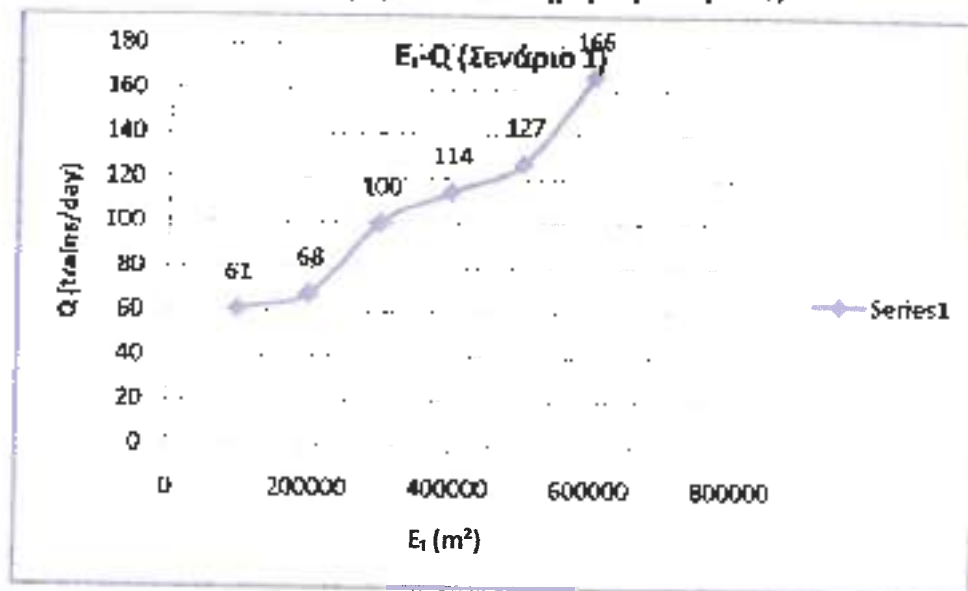
Σενάριο 1: Το κόστος κατασκευής αναλαμβάνεται εξ' ολοκλήρου από την Εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου

Όλοι οι παράγοντες μένουν σταθεροί εκτός από την έκταση του Εμπορευματικού Κέντρου και ότι αυτή επηρεάζει (μήκος γραμμών εντός του Ε/Κ, μέγεθος σταθμού διαλογής). Τα χαρακτηριστικά της συνδετικής γραμμής και ο τρόπος σύνδεσης με το κύριο δίκτυο παραμένουν ίδια όπως παρουσιάστηκαν στους πίνακες 8.2 και 8.3 αντίστοιχα. Ο αριθμός των τρένων που αντιστοιχεί σε κάθε περίπτωση είναι ο ελάχιστος που απαιτείται έτσι ώστε η Καθαρά Παρούσα Αξία να είναι μεγαλύτερη του μηδενός. Προκύπτουν τα εξής:

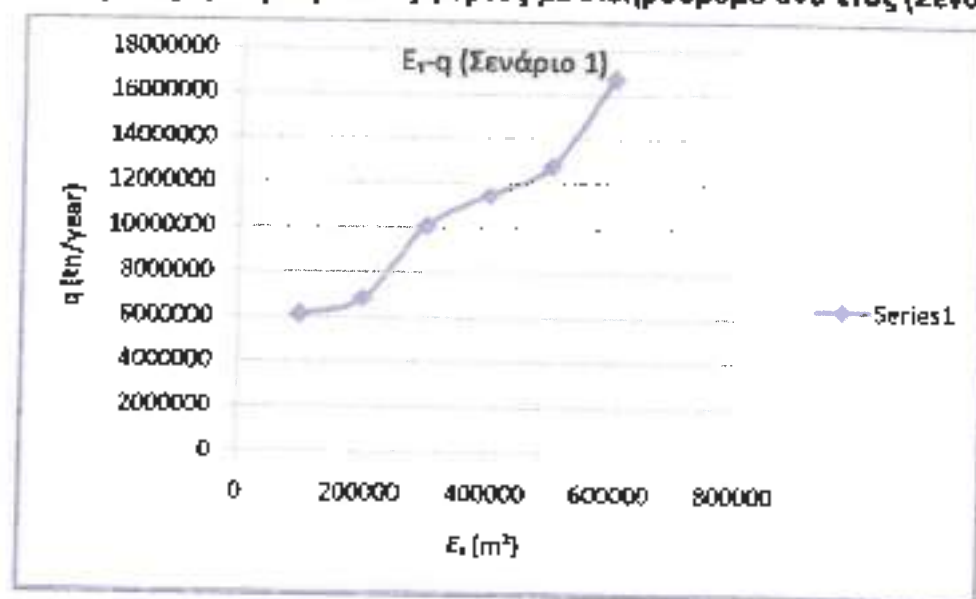
Πίνακας 8.18: Ανάλυση ευαισθησίας για την έκταση του Εμπορευματικού Κέντρου (Σενάριο 1)

E_1 (m ²)	Q (trains/day)	NPV	a (tr/year)
100000	61	18224	6148800
200000	68	29597	6854400
300000	100	12093	10080000
400000	114	34838	11491200
500000	127	18053	12801600
600000	166	11922	16732800

Γράφημα 8.7: Ανάλυση ευαισθησίας για την έκταση Εμπορευματικού Κέντρου – αριθμός τρένων ανά ημέρα (Σενάριο 1)



Γράφημα 8.8: Ανάλυση ευαισθησίας για την έκταση Εμπορευματικού Κέντρου – διακινούμενος εμπορευματικός φόρτος με σιδηρόδρομο ανά έτος (Σενάριο 1)



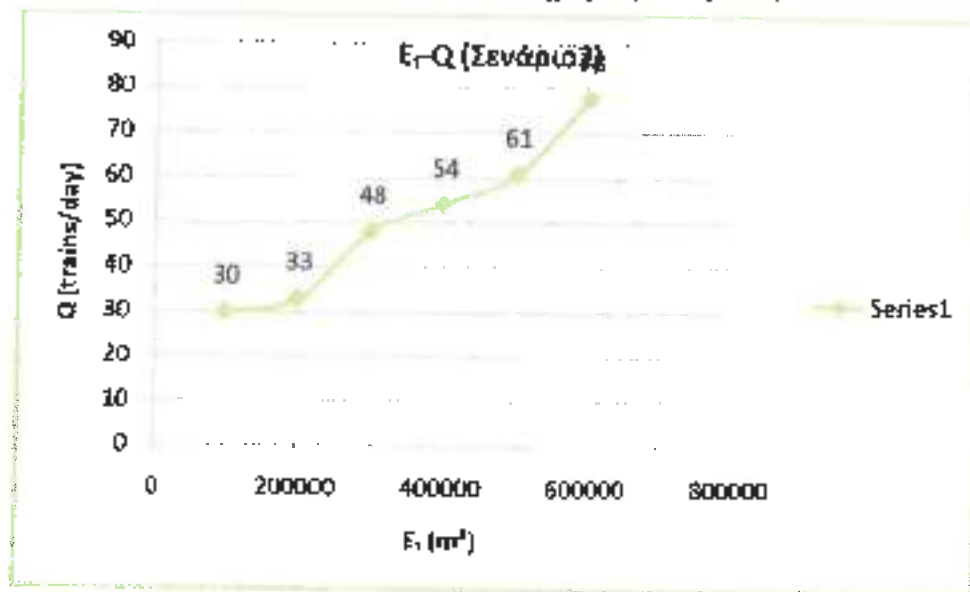
Σενάριο 2: Το έργο επιδοτείται κατά 50% από την Ευρωπαϊκή Ένωση

Όλοι οι παράγοντες μένουν σταθεροί εκτός από την έκταση του Εμπορευματικού Κέντρου και ότι αυτή επηρεάζει (μήκος γραμμών εντός του Ε/Κ, μέγεθος σταθμού διαλογής). Τα χαρακτηριστικά της συνδετικής γραμμής και ο τρόπος σύνδεσής με το κύριο δίκτυο παραμένουν ίδια όπως παρουσιάστηκαν στους πίνακες 8.2 και 8.3 αντίστοιχα. Ο αριθμός των τρένων που αντιστοιχεί σε κάθε περίπτωση είναι ο ελάχιστος που απαιτείται έτσι ώστε η Καθαρή Παραύσα Αξία να είναι μεγαλύτερη του μηδενός. Προκύπτουν τα εξής:

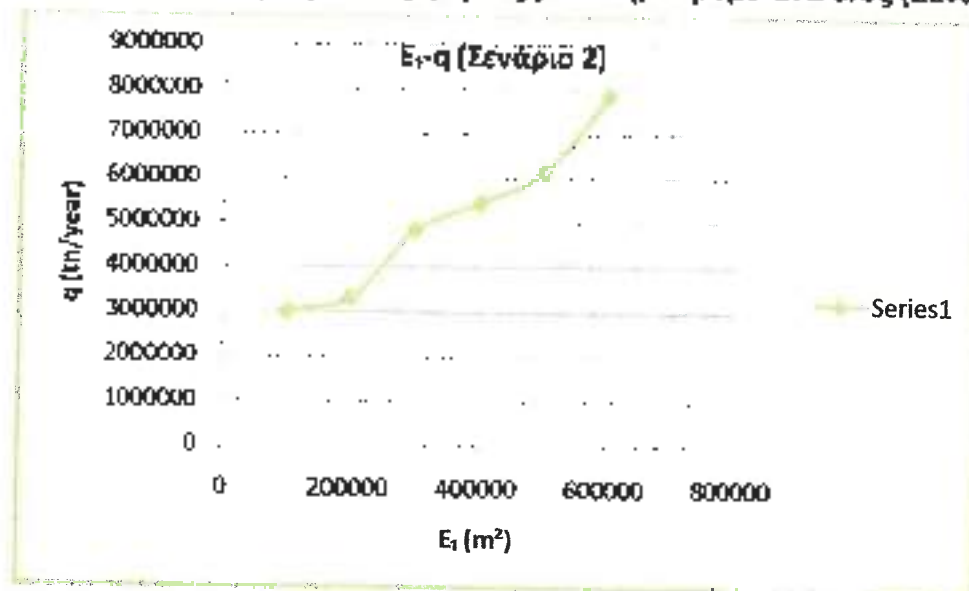
Πίνακας 8.19: Ανάλυση ευαισθησίας για την έκταση του Εμπορευματικού Κέντρου (Σενάριο 2)

E_1 (m ²)	Q (trains/day)	NPV	q (tn/year)
100000	30	3858	3024000
200000	33	1400	3326400
300000	48	9281	4838400
400000	54	4364	5443200
500000	61	38977	6148800
600000	78	4871	7862400

Γράφημα 8.9: Ανάλυση ευαισθησίας για την έκταση Εμπορευματικού Κέντρου
- αριθμός τρένων ανά ημέρα (Σενάριο 2)



Γράφημα 8.10: Ανάλυση ευαισθησίας για την έκταση Εμπορευματικού Κέντρου
- διακινούμενος εμπορευματικός φόρτος με σιδηρόδρομο ανά έτος (Σενάριο 2)



Σενάριο 3: Το έργο επιδοτείται κατά 50% από την Ευρωπαϊκή Ένωση και λαμβάνεται και δάνειο για το υπόλοιπο 30% του κόστους κατασκευής

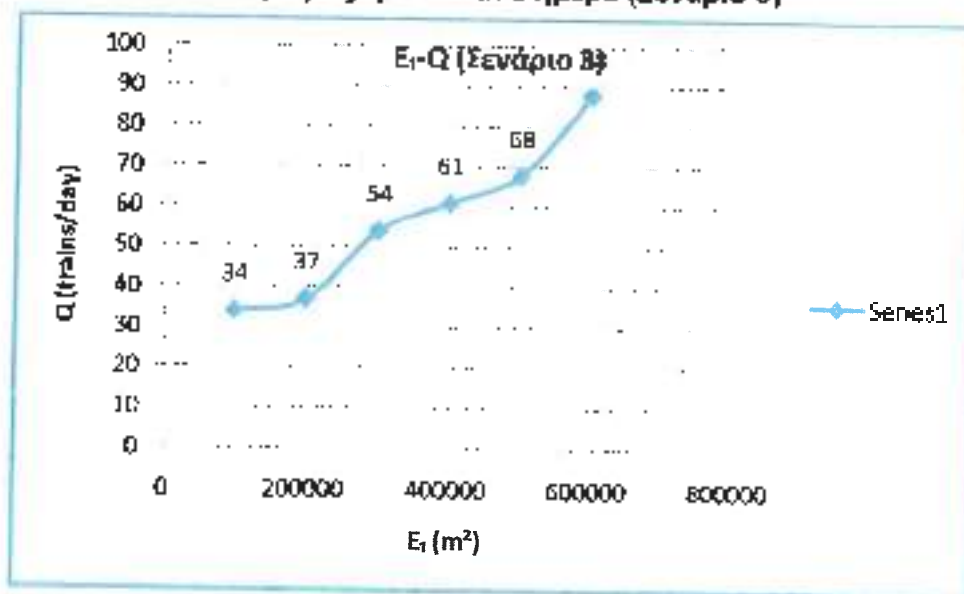
Όλοι οι παράγοντες μένουν σταθεροί εκτός από την έκταση του Εμπορευματικού Κέντρου και όη αυτή επηρεάζει (μήκος γραμμών εντός του Ε/Κ,

μέγεθος σταθμού διαλογής). Τα χαρακτηριστικά της συνδετικής γραμμής και ο τρόπος σύνδεσης με το κύριο δίκτυο παραμένουν ίδια όπως παρουσιάστηκαν στους πίνακες 8.2 και 8.3 αντίστοιχα. Ο αριθμός των τρένων που αντιστοιχεί σε κάθε περίπτωση είναι ο ελάχιστος που απαιτείται έτσι ώστε η Καθαρά Παρούσα Αξία να είναι μεγαλύτερη του μηδενός. Προκύπτουν τα εξής:

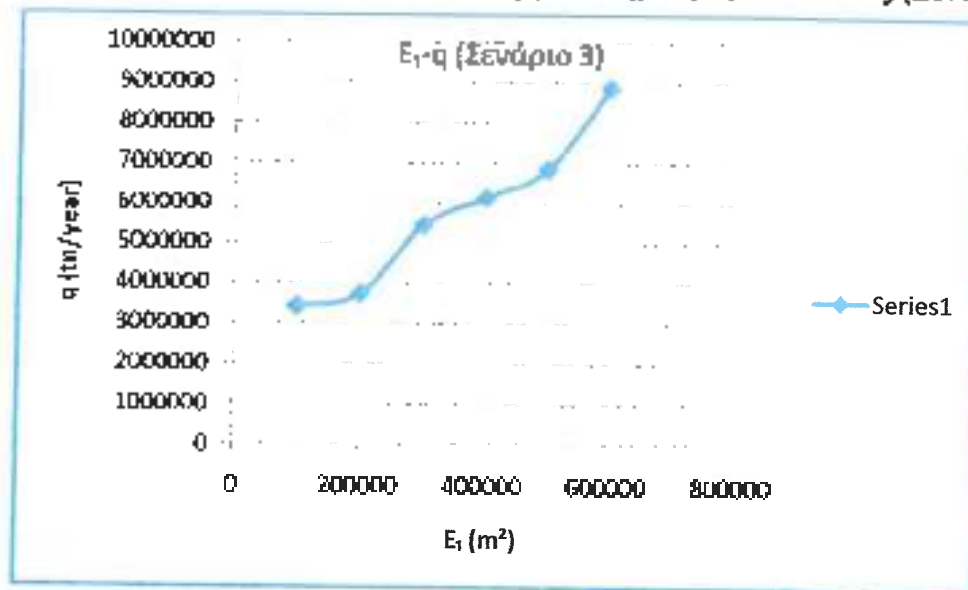
Πίνακας 8.20: Ανάλυση ευαισθησίας για την έκταση του Εμπορευματικού Κέντρου (Σενάριο 3)

E_t (m ²)	Q (trains/day)	NPV	q (tn/year)
100000	34	29893	3427200
200000	37	11698	3729600
300000	54	22578	5443200
400000	61	25718	6149800
500000	68	28857	6854400
600000	88	21542	8870400

Γράφημα 8.11: Ανάλυση ευαισθησίας για την έκταση Εμπορευματικού Κέντρου – αριθμός τρένων ανά ημέρα (Σενάριο 3)



Γράφημα 8.12: Ανάλυση ευαισθησίας για την έκταση Εμπορευματικού Κέντρου – διακινούμενος εμπορευματικός φόρτος με σιδηρόδρομο ανά έτος (Σενάριο 3)



Στο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθοδολογίας καθώς και τα ευρύτερα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

9.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων μεθοδολογικής προσέγγισης

Η ανάγκη για βελτίωση της ποιότητας και της αξιοπιστίας των εμπορευματικών μεταφορών έχει γίνει απλήγητη εδώ και αρκετές δεκαετίες και προς αυτή την κατεύθυνση κινούνται σταδιακά όλες οι χώρες. Η ανάγκη αυτή οδήγησε στην δημιουργία Εμπορευματικών Κέντρων με σκοπό την εξυπηρέτηση της συνδυασμένης μεταφοράς. Τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζεται για τον ρόλο του σιδηροδρόμου στη συνδυασμένη μεταφορά.

Στα πλαίσια της έρευνας που έγινε (βιβλιογραφική και διαδικτυακή) για την εκπάνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, παρατηρήθηκε ότι η ενοσχόληση της επιστημονικής κοινότητας με θέματα που αφορούν στην κατασκευή και λειτουργία Εμπορευματικών Κέντρων καθώς και στις συνδυασμένες μεταφορές είναι εκτεταμένη. Παρατηρήθηκε επίσης ότι αν και έχει γίνει σε κάποιες περιπτώσεις αξιολόγηση σιδηροδρομικών συνδέσεων με βιομηχανικές περιοχές, δεν έχει γίνει αξιολόγηση σιδηροδρομικής σύνδεσης Εμπορευματικού Κέντρου και δεν έχει αναπτυχθεί κάποια σαφής μεθοδολογία για την αντιμετώπιση ενός τέτοιου θέματος.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία προσπαθήσαμε να αναπτύξουμε μία απλή μεθοδολογία η οποία θα μας βοηθά να βρούμε σε ποικες περιπτώσεις συμφέρει μία εταιρεία Εμπορευματικού Κέντρου να προχωρήσει στην κατασκευή μιας συνδετικής γραμμής θεωρώντας ως μοναδική πηγή εισροών της το τέλος χρήσης της υποδομής που θα εισπράττει από τις σιδηροδρομικές εταιρείες

Αρχικά έγινε διαχωρισμός της υποδομής σε τρεις κατηγορίες. (α) σιδηροδρομική υποδομή εντός του Εμπορευματικού Κέντρου, (β) γραμμή σύνδεσης, (γ) σύνδεση με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο. Για κάθε μία από τις παραπάνω

κατηγορίες καθορίστηκαν οι κρίσιμες παράμετροι που επηρεάζουν σημαντικά το κόστος κατασκευής και συντήρησής τους.

Όσον αφορά στην σιδηροδρομική υποδομή εντός του Εμπορευματικού Κέντρου ο κρίσιμος παράγοντας είναι το μέγεθος του Εμπορευματικού Κέντρου γιατί με βάση την έκτασή του καθορίζεται το μήκος της απαιτούμενης σιδηροδρομικής υποδομής του. Για την συνδετική γραμμή κρίσιμο θεωρούμε το μήκος της γραμμής, την αξία της γης που θα απαλλοτριωθεί, την τοπογραφία του εδάφους, την ύπαρξη μεγάλων τεχνικών έργων και την ύπαρξη σηματοδότησης. Τέλος για τη σύνδεση της γραμμής με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο θεωρούμε κρίσιμο τον τρόπο που θα γίνει η σύνδεση, δηλαδή αν θα γίνει σε υφιστάμενο ή νέο σταθμό.

Ακολούθησε ο διαχωρισμός διαφόρων περιπτώσεων με βάση τους κρίσιμους παράγοντες που αναφέραμε παραπάνω και στη συνέχεια βυθιζόμενοι στις αρχές της χρηματικής αξιολόγησης, αναπτύξαμε τη μεθοδολογία αξιολόγησης κάνοντας κάποιες παραδοχές. Το κριτήριο αξιολόγησης στο οποίο βασίσαμε τη μεθοδολογία μας είναι η Καθαρή Παρούσα Χρηματική Αξία. Χρησιμοποιώντας τη σχέση της Καθαρής Παρούσας Χρηματικής Αξίας και κάνοντας κάποιες υποθέσεις εργασίας καταλήξαμε σε μία σχέση με την οποία υπολογίζονται τα ελάχιστη ετήσια έσοδα που πρέπει να έχει η εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου έτσι ώστε η επένδυση αυτή να είναι οικονομικά βιώσιμη.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας κάνουμε την υπόθεση ότι τα έσοδα της εταιρείας προέρχονται μόνο από τα τέλη χρήσης της υποδομής. Τα έσοδα αυτά στην πραγματικότητα μπορούν να προκύψουν όχι μόνο από τα τέλη χρήσης της υποδομής που θα εισπράττει η εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου (διαχειριστής της υποδομής), αλλά και από τις άλλες υπηρεσίες που προσφέρει ένα Εμπορευματικό Κέντρο, αφού η ύπαρξη αυτής της νέας υπηρεσίας (σιδηροδρομική σύνδεση) θα προσελκύσει νέους πελάτες.

Στη συνέχεια τα ελάχιστα απαιτούμενα έσοδα μετατρέπονται σε ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό τρένων ανά ημέρα που πρέπει να χρησιμοποιούν την υποδομή και σε ελάχιστο ετήσιο εμπορευματικό φόρτο που πρέπει να διακινείται μέσω σιδηροδρόμου έτσι ώστε να αρχίσει να είναι συμφέρουσα η κατασκευή της σύνδεσης ($NPV > 0$).

Τέλος προσεγγίζουμε την σιδηροδρομική σύνδεση Εμπορευματικού Κέντρου και από την πλευρά του αποστολέα. Επιχειρήθηκε μία απλοποιημένη, θεωρητική προσέγγιση του θέματος με σκοπό μόνο να ελεγχθεί ποσο είναι το ελάχιστο μήκος διαδρομής που καθιστά ανταγωνιστική τη χρήση του σιδηροδρόμου για την μεταφορά των εμπορευμάτων ενός αποστολέα σε σχέση με το φορτηγό.

9.2 Συμπεράσματα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας

Έγινε εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας με παράδειγμα ενός Εμπορευματικού Κέντρου που καταλαμβάνει έκταση 200.000m².

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας έγινε για τρία διαφορετικά σενάρια χρηματοδότησης. Σύμφωνα με το πρώτο σενάριο το κόστος κατασκευής του έργου αναλαμβάνεται εξ' ολοκλήρου από την εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου. Σύμφωνα με το δεύτερο σενάριο η εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου αναλαμβάνει το 50% του κόστους και το άλλο 50% καλύπτεται από επιδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ενώ σύμφωνα με το τρίτο σενάριο το 50% του κόστους επιδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και το 30% προέρχεται από δάνειο.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν για κάθε σενάριο παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 9.1: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του παραδείγματος εφαρμογής της μεθοδολογίας για τα τρία διαφορετικά σενάρια χρηματοδότησης

	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Έκταση Ε/Κ Ε _i (m ²)	200000	200000	200000
Μήκος γραμμής L ₂ (km)	3	3	3
Κόστος κατασκευής C _{const} (€)	2.848.180	2.848.180	2.848.180
Κόστος ετήσιας συντήρησης C _{maint} (€)	12.750	12.750	12.750
Επιδότηση ΕΕ (€)	-	1.423.090	1.423.090
Δάνειο (€)	-	-	853.854
Τοκοχρεώλυση (€)	-	-	65.641
Τέλος χρήσης υποδομής r (ελtrain-km)	2,5	2,5	2,5
Αριθμός βαγονιών ανά συρμό w	20	20	20
Χωρητικότητα βαγονιών V _w (tn)	20	20	20
Συντελεστής πληρότητας συρμού p	0,7	0,7	0,7
Αριθμός συρμών ανά ημέρα Q	68	33	37
Ετήσιος εμπορευματικός φόρτος q (tn)	6.854.400	3.328.400	3.729.600
NPV (€)	29.597	1.400	11.698
IRR	5%	5%	5%

Παρατηρούμε ότι το δεύτερο σενάριο είναι αυτό που απαιτεί τον μικρότερο αριθμό τρένων ανά ημέρα έτσι ώστε η κατασκευή σιδηροδρομικής σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου να αρχίσει να γίνεται συμφέρουσα σύμφωνα με τις παραδοχές που έχουμε κάνει.

Τα 33 τρένα την ημέρα που προκύπτει ότι απαιτούνται, αποτελούν φόρτο που είναι σχεδόν αδύνατο να επηρευθεί από ένα μικρό Εμπορευματικό Κέντρο όπως αυτό που εξετάζουμε. Έτσι μετά την εφαρμογή της μεθοδολογίας μας στο συγκεκριμένο παράδειγμα συμπεραίνουμε ότι η σιδηροδρομική σύνδεση του υπό εξέταση Εμπορευματικού Κέντρου δεν συμφέρει οικονομικά την εταιρεία του αν θεωρήσουμε ότι τα έσοδά της θα προέρχονται μόνο από τα τέλη χρήσης της υποδομής.

Έτσι εξετάζουμε συνοπτικά και ένα δεύτερο παράδειγμα στο οποίο τα χαρακτηριστικά και το κόστος της γραμμής σύνδεσης παραμένουν ως έχουν και μειώνουμε πολύ το κόστος κατασκευής της υποδομής εντός του Εμπορευματικού Κέντρου καθώς και το κόστος της σύνδεσης με την κύρια γραμμή. Παρατηρούμε ότι ο απαιτούμενος αριθμός των τρένων ανά ημέρα μειώνεται κατά πολύ. Το αποτέλεσμα αυτό θα το αξιολογήσουμε στη συνέχεια σε συνδυασμό και με τα αποτελέσματα από την ανάλυση ευαισθησίας.

Από την ανάλυση ευαισθησίας που έγινε για το μήκος της γραμμής σύνδεσης και για το μέγεθος του Εμπορευματικού Κέντρου προέκυψαν τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται συνοπτικά στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 9.2: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα από την ανάλυση ευαισθησίας για το μήκος της γραμμής σύνδεσης

	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
L_d (km)	Q (trains/day)		
1	134	65	72
2	84	41	46
3	68	33	37
4	60	30	33
5	55	27	30
6	51	26	28
7	49	25	27
8	47	24	26
9	46	23	26
10	45	23	25
11	44	22	24
12	43	22	24
13	42	21	24
14	42	21	23
15	41	21	23

Πίνακας 9.3: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα από την ανάλυση ευαισθησίας για την έκταση του Εμπορευματικού Κέντρου

	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
E_i (m ²)	Q (trains/day)		
100000	61	30	34
200000	68	33	37
300000	100	48	54
400000	114	54	61
500000	127	61	68
600000	166	78	88

Από την παραπάνω ανάλυση παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται το μήκος της γραμμής μειώνονται τα απαιτούμενα τρένα ανά ημέρα. Το γεγονός αυτό εκ πρώτης όψεως μπορεί να μας προβληματίσει γιατί θα θεωρούσε κανείς λογικό πως με την αύξηση του μήκους της γραμμής και την παράλληλη αύξηση του κόστους κατασκευής και συντήρησης θα έπρεπε να αυξάνεται και ο απαιτούμενος αριθμός των τρένων ανά ημέρα. Συμβαίνει όμως το αντίθετο γιατί το κόστος χρήσης της υποδομής το οποίο αποτελεί την μοναδική πηγή εσόδων της εταιρείας σύμφωνα με την μεθοδολογία μας, αυξάνεται με την αύξηση του μήκους της γραμμής. Το τέλος χρήσης της υποδομής είναι σε ευρώ ανά τρένο-χιλιόμετρο, άρα τα έσοδα που αποφέρει το ένα τρένο που θα χρησιμοποιήσει τη γραμμή αυξάνονται ανάλογα με το μήκος της γραμμής.

Όσον αφορά στο μέγεθος του Εμπορευματικού Κέντρου παρατηρούμε ότι όσο αυτό αυξάνεται, αυξάνεται και ο απαιτούμενος αριθμός τρένων ανά ημέρα (το μήκος της γραμμής καθώς και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της παραμένουν σταθερά). Αυτό είναι ένα λογικό αποτέλεσμα σύμφωνα με τις παραδοχές που έχουμε κάνει γιατί ενώ το κόστος κατασκευής και συντήρησης της υποδομής αυξάνεται, τα έσοδα ανά τρένο παραμένουν ίδια αφού δεν αλλάζει το μήκος της γραμμής.

Από την παραπάνω ανάλυση καταλήγουμε ότι δεν είναι το μήκος της γραμμής σύνδεσης κρίσιμο για την βιωσιμότητα της σιδηροδρομικής σύνδεσης ενός Εμπορευματικού Κέντρου γιατί το μήκος της γραμμής εισάγεται και στη συνάρτηση που δίνει το κόστος της γραμμής αλλά και στη συνάρτηση που δίνει τα έσοδα της εταιρείας.

Αυτό που κρίνουμε σημαντικό να κάνει μία εταιρεία Εμπορευματικού Κέντρου που θέλει να συνδέσει το ΕΚ με το κύριο δίκτυο είναι να στοχεύσει στην μέγιστη δυνατή μείωση του κόστους κατασκευής της υποδομής είτε μειώνοντας το κόστος που απαιτείται μέσα στο ΕΚ ή/και στο σημείο σύνδεσης με την κύρια γραμμή ή/και το κόστος κατασκευής της γραμμής.

9.3 Συνολικά συμπεράσματα

Τα συνολικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάζονται συνοπτικά στη συνέχεια:

- Η αξιολόγηση της σιδηροδρομικής σύνδεσης ενός Εμπορευματικού Κέντρου αποτελεί απαραίτητη διαδικασία για την εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου γιατί σύμφωνα με τον νόμο υπ' αριθμ. 3333 του 2005 οι δαπάνες κατασκευής της αναλαμβάνονται από την ίδια την εταιρεία.
- Η παρούσα μεθοδολογία μπορεί να συντελέσει στην αξιολόγηση της σιδηροδρομικής σύνδεσης ενός Εμπορευματικού Κέντρου αλλά δεν μπορεί να αποτελεί μοναδικό κριτήριο για τη λήψη της απόφασης κατασκευής ή όχι της σύνδεσης, δεδομένου ότι η απόφαση κατασκευής της υποδομής εξαρτάται και από άλλους παράγοντες (αύξηση εμπορευματικής κίνησης στο ΕΚ).
- Η μεθοδολογία είναι δομημένη με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί ανεξάρτητα του μεγέθους του Εμπορευματικού Κέντρου.
- Η παρούσα μεθοδολογία δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας και εφαρμογής διαφόρων σεναρίων.
- Η διαδικασία αξιολόγησης μιας σιδηροδρομικής σύνδεσης Εμπορευματικού Κέντρου γίνεται πιο εύκολα αν διαχωρίσουμε (α) τη σιδηροδρομική υποδομή εντός του Εμπορευματικού Κέντρου, (β) τη γραμμή σύνδεσης και (γ) τη σύνδεση με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο και τα μελετήσουμε ξεχωριστά.
- Ο υπολογισμός του κόστους κατασκευής και συντήρησης της σιδηροδρομικής σύνδεσης εμπεριέχει κάποιες εκτιμήσεις και συνεπώς οι τιμές που προκύπτουν μπορεί να απέχουν από τις πραγματικές.
- Σε μικρά Εμπορευματικά Κέντρα όπως αυτό του παραδείγματος είναι πολύ πιθανό να μην συμφέρει η κατασκευή σιδηροδρομικής σύνδεσης.
- Δεν είναι το μήκος της γραμμής σύνδεσης κρίσιμο για την βιωσιμότητα της σιδηροδρομικής σύνδεσης ενός Εμπορευματικού Κέντρου γιατί το μήκος της γραμμής εισάγεται και στη συνάρτηση που δίνει το κόστος της γραμμής αλλά και στη συνάρτηση που δίνει τα έσοδα της εταιρείας.

- Πρέπει να γίνεται έλεγχος της ανταγωνιστικότητας του σιδηροδρόμου σε σχέση με το φορτηγό πριν ληφθεί η απόφαση κατασκευής μιας σιδηροδρομικής σύνδεσης Εμπορευματικού Κέντρου.

9.4 Προτάσεις για περαιτέρω μελέτη

Τα τελευταία χρόνια στην Ευρώπη και πρόσφατα και στην Ελλάδα παρατηρούμε ότι γίνεται διαχωρισμός των φορέων που διαχειρίζονται τους σιδηροδρόμους. Ενώ στο παρελθόν ο διαχειριστής της υποδομής και των σιδηροδρομικών υπηρεσιών ήταν κοινός, πλέον διαφοροποιείται. Με βάση αυτά τα νέα δεδομένα στο πεδίο των σιδηροδρομικών μεταφορών, στην παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύξαμε μια μεθοδολογία που συμβάλλει στη χρηματική αξιολόγηση της σιδηροδρομικής σύνδεσης Εμπορευματικού Κέντρου για την εταιρεία του Εμπορευματικού Κέντρου. Η δημιουργία μιας μεθοδολογίας που θα βοηθούσε στην αξιολόγηση της σιδηροδρομικής σύνδεσης από την οπτική γωνία του μεταφορέα θα συνέβαλε στην ολοκληρωμένη αξιολόγηση ενός τέτοιου έργου.

Επιπλέον θα συστήναμε την περαιτέρω εξέλιξη της παρούσας μεθοδολογίας έτσι ώστε να επιτρέπει την δημιουργία περισσότερων σεναρίων στα οποία θα μπορούμε να επιλέγουμε διαφορετικούς τρόπους χρηματοδότησης του έργου, διαφορετικές χρονικές κατανομές των χρηματικών ροών, λεπτομερέστερη ανάλυση των στοιχείων κόστους, χρήση επιπλέον κριτηρίων αξιολόγησης κλπ. Τα αποτελέσματα μιας τέτοιας είδους μεθοδολογίας θα μπορούσαν να είναι πολύ πιο ακριβή εάν η αξιολόγηση της σιδηροδρομικής σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου γινόταν στα πλαίσια της ευρύτερης στρατηγικής της εταιρείας και όχι εξετάζοντας το ζήτημα μεμονωμένα όπως στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Τέλος θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένα πρόγραμμα για εφαρμογή σε ηλεκτρονικό υπολογιστή με βάση την προτεινόμενη μεθοδολογία που να διευκολύνει περισσότερο τη διαδικασία της αξιολόγησης μιας σιδηροδρομικής σύνδεσης Εμπορευματικού Κέντρου με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ballis A., *Freight Villages: Warehouse Design and Rail Link Aspects*, Accepted for publication in the Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board (May 2006)
- Ballis A., Golias J., (2002), *Comparative Evaluation of Existing and Innovative Rail-Road Freight Transport Terminals*, Transportation Research Part A, Vol.36, pp:593-611
- Baumgartner J.P., (2001), *Prices and Costs in the Railway Sector*
- Bollis S., Maggi R., *Adaptive Stated Preference Analysis of Shippers' Transport and Logistics Choice*, 38th Congress of the ERSA, Wien 1998
- European Commission, European Investment Bank, *Railway Project Appraisal Guidelines (RAILPAG)* in site: www.railpag.com
- Europlatformes, Yearbook 1996
- Fowkes A.S., Nash C.A. and Tweddle G., (1991), *Investigating the Market for Inter-Modal Freight Technologies*, Transportation Research A, Vol.25A-4, pp:161-172
- Hellenic Institute of Transport (Center for Research and Technology)- and Dr. Golias, *Feasibility Study for the Western Extensions of the Railway Network of Greece*
- Holtgen D., (1995), *Terminals, Intermodal Logistics Centres and European Infrastructure Policy*. Ph.D. Dissertation, University of Cambridge, UK
- IMPULSE, (1996), *Impulse Project WP 1.1 Infrastructure Framework Conditions*
- Network Rail, *Design*, in site: www.networkrail.co.uk
- Network Rail, *Guide to Freight Connections*, in site: www.networkrail.com
- Network Rail, *Intermodal Services*, in site: www.networkrail.com

- **Network Rail, Moving Freight**, in site: www.networkrail.co.uk
- **Network Rail, Planning New Terminals**, in site: www.networkrail.co.uk
- **Network Rail, Terminal and Private Sidings**, in site: www.networkrail.co.uk
- **Peterlini E., Innovative Technologies for Intermodal Transfer Points**
- **Transport for London, Intermodality LLP, (2004), Barking & Dagenham Rail Freight Terminal Study**
- **UIC CODE 700 OR, Classification of Lines – Resulting Load Limits for Wagons**
- **UIC CODE 714 R, Classification of Lines for the Purpose of Track Maintenance**
- **Walker W., van Groi R., Rahman A., Lierens A. and Horlings E., (2004), Improving the Intermodal Freight Transport System Linking Western Europe with Central and Eastern Europe: Identifying and Prioritizing Policies, Transportation Research Board**
- **ANKO A.E., E.E.SY.M., (2000), Μελέτη Σκοπιμότητας-Βιωσιμότητας Διεθνούς Εμπορευματικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας στα Νομό Κοζάνης (ΔΕΚ-Κ) Τελική Έκθεση**
- **ΕΡΓΟΣΕ, (2006), Σιδηροδρομικός Εμπορευματικός Σταθμός Θριάσιου Πεδίου, Τεχνικά Χρονικά**
- **Καλτσούνης Α., Σημειώσεις του μαθήματος «Σιδηροδρομική» της Σχολής Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών του Ε.Μ.Π. στον δικτυακό τόπο: www.survey.pma.gr**
- **Καρλαύτης Α., Αυδάκη Μ., Σιδηροδρομική Σύνδεση στα Ελληνικά Λιμάνια: Σχεδιασμός Επιλεγμένου Σιδηροδρομικού Σταθμού Αλεξανδρούπολης, 2^ο Διεθνές Συνέδριο «Ανάπτυξη σιδηροδρομικών μεταφορών», Δεκέμβριος 2005, Αθήνα**
- **Λυμπέρης Κ., (2004), Εφαρμοσμένη Σιδηροδρομική, Αθήνα**

- Μίνης Ι., και Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τμήμα Μηχανικών Οικονομίας και Διοίκησης, (2006), *Χρηματοοικονομική και Κοινωνικοοικονομική Αξιολόγηση Σύνδεσης των Βι.Πε. Θάλασσας Βασιτιάς – Οινόφυτων και της Περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας με το Σιδηροδρομικό Δίκτυο του Ο.Σ.Ε.*
- Νόμος 3333/12.04.05, (2005), *Ίδρυση και Λειτουργία Εμπορευματικών Κέντρων και Άλλες Διατάξεις*, ΦΕΚ Α/91/12.04.2005
- Ο.Σ.Ε., *Γενικός Κανονισμός Κίνησης του Ο.Σ.Ε.* Μέρος Α, Έκδοση 1988
- Ο.Σ.Ε., *Νέος Κανονισμός Επιδομής Γραμμής (Ν.Κ.Ε.Γ.)*
- Παπαδημητρίου Σ. και Σχινάς Ο., (2004), *Εισαγωγή στα Logistics*, Σταμούλης, Αθήνα
- Σαμπράκος Ε., (2001), *Εισαγωγή στην Οικονομική των Μεταφορών*, Σταμούλης, Αθήνα
- Στατιστική Επετηρίδα της Ελλάδας, Αθήνα 1996
- Τσαρπούλας Δ., *Στοιχεία για την Αξιολόγηση Συγκοινωνιακών Έργων Υποδομής*, Ε.Μ.Π., Αθήνα 2004
- Υπουργείο ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., *Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΠΕΤΕΠ: 07-01-01-10 : Ε1/1/2004)*

Δικτυακοί Τόποι:

www.dxo.org.gr

www.networkrail.com

www.raiford.com

www.suivien.nl.nl

www.euroadante.europa.com

www.britta.net.com

www.railway-technical.com

ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΣΥΝΑΡΜΟΓΕΣ

Μεταξύ ευθυγραμμίας και κυκλικής καμπύλης (με ακτίνα R) ή μεταξύ δύο συνεχόμενων, ομόστροφων κυκλικών καμπυλών, (με ακτίνες R_1 και R_2) πρέπει να παρεμβάλλεται καμπύλη συναρμογής για να εξασφαλίζεται βαθμιαία και ομαλή μεταβολή της ακτίνας καμπυλότητας, από την τιμή ∞ που έχει για την ευθυγραμμία στην τιμή R , ή από R_1 σε R_2 , κατά την μετάβαση από τη μια καμπύλη στην άλλη.

Κατά μήκος της καμπύλης συναρμογής, μεταξύ ευθυγραμμίας και κυκλικής καμπύλης, η καμπυλότητα πρέπει να μεταβάλλεται γραμμικά, από τη μηδενική τιμή που έχει στην αρχή της (δηλαδή στο σημείο επαφής της με την ευθυγραμμία), ως την τελική τιμή $\frac{1}{R}$, που αντιστοιχεί στην ακτίνα R της κυκλικής καμπύλης, στο τέλος της καμπύλης συναρμογής (δηλαδή το σημείο επαφής της με το κυκλικό τόξο). Γραμμική επίσης πρέπει να είναι η μεταβολή καμπυλότητας της καμπύλης συναρμογής όταν παρεμβάλλεται μεταξύ δύο συνεχόμενων ομόστροφων κυκλικών καμπυλών.

Η καμπύλη συναρμογής που θα εφαρμόζεται είναι κυβική παραβολή της μορφής:

$$y = K \cdot x^3$$

Για την περίπτωση συναρμογής ευθυγραμμίας και κυκλικής καμπύλης, ο σταθερός συντελεστής K ορίζεται:

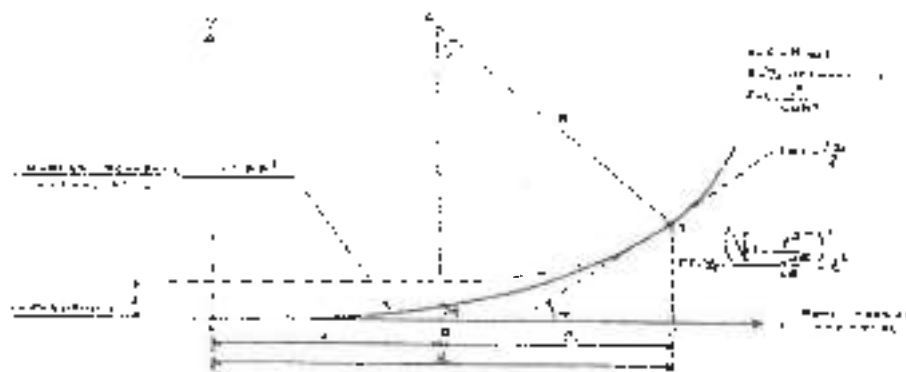
$$K = \frac{1}{6LR \sin^3 \tau}$$

Όπου: L η προβολή στην ευθυγραμμία του μήκους L της καμπύλης συναρμογής, R η ακτίνα της καμπύλης και τ η γωνία που σχηματίζει με την ευθυγραμμία η κοινή εφαπτομένη της καμπύλης συναρμογής και του κυκλικού τόξου στο σημείο επαφής τους (σχ. 1).

Και η εξίσωση της καμπύλης συναρμογής γίνεται:

$$y = \frac{x^3}{6LR \sin^3 \tau} \quad (1)$$

Σχήμα 1: Παραβολική συναρμογή μεταξύ ευθυγραμμίας και κυκλικής καμπύλης

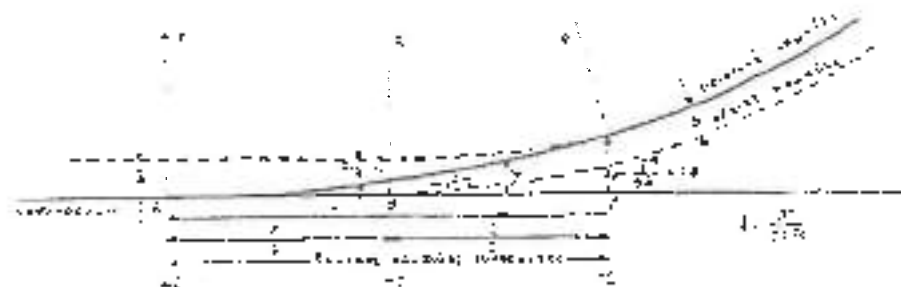


Στις περιπτώσεις που το μήκος της καμπύλης συναρμογής είναι : $L \leq \frac{R}{3,5}$
επιτρέπεται να εφαρμόζεται αντί του τύπου (1), ο απλοποιημένος τύπος της της

$$\text{κυβικής παραβολής : } y = \frac{x^3}{6LR} \quad (2)$$

όπου δεχόμαστε ότι : $L=1$ (σχ.1α)

Σχήμα 1α: Παραβολική συναρμογή μεταξύ ευθυγραμμίας και κυκλικής καμπύλης (περίπτωση $L \leq \frac{R}{3,5}$)



Για την περίπτωση συνδέσεως δύο ομόστροφων, συνεχόμενων, κυκλικών καμπυλών με ακτίνες R_1 και R_2 (όπου $R_1 > R_2$), οι οποίες έχουν αντίστοιχα με τις εκατέρωθεν ευθυγραμμίες καμπύλες συναρμογής μήκους L_1 και L_2 , με προβολές h_1 και h_2 και μετατοπίσεις δ_1 και δ_2 , η παραβολική συναρμογή ορίζεται από τις εξισώσεις : (σχ.2)

α. Για την πλευρά προς την καμπύλη με ακτίνα R_1 :

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

β. Για την πλευρά προς την καμπύλη με ακτίνα R_2 :

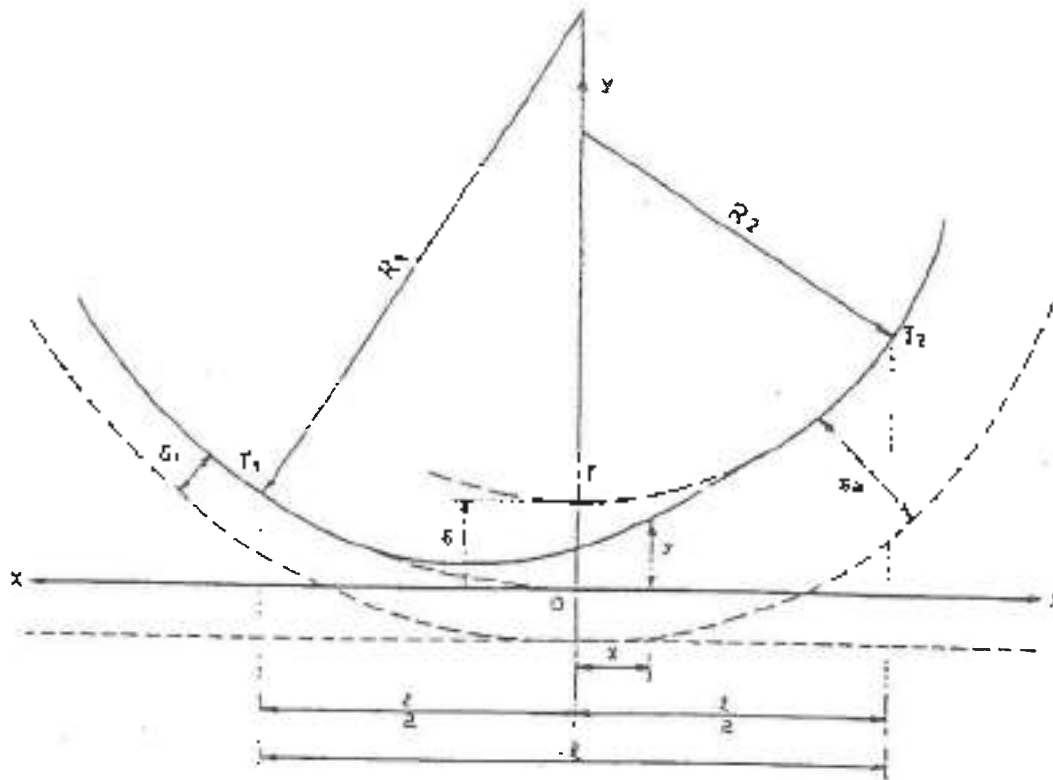
$$y = \frac{X^2}{2R_1} + \frac{\delta}{2} - \frac{l}{6l\rho} \left[\left(\frac{l}{2} \right)^3 - \left(\frac{l}{2} - x \right)^3 \right] \quad (3b) \text{ όπου } \rho =$$

$$\text{η μετατόπιση } \delta = \delta_2 - \delta_1 = \frac{l_2^3}{24R_2} - \frac{l_1^3}{24R_1} \quad (4)$$

$$\rho = \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} \quad (5) \text{ και}$$

$$l = \sqrt{24\rho\delta} \quad (6)$$

Όπως δείχνεται στο σχήμα 2 σαν αρχή των συντεταγμένων ορίζεται το σημείο 0.



Σχήμα 2: Παραβολική συναρμογή μεταξύ δύο συνεχόμενων κυκλικών καμπυλών ($R_1 > R_2$)

Για την περίπτωση δύο ομόστροφων κυκλικών καμπυλών με ακτίνες R_1 και R_2 (όπου $R_1 > R_2$), που μεταξύ τους μεσολαβεί μια μικρή ευθυγραμμία, της οποίας το μήκος δεν είναι αρκετό για να τοποθετηθεί στην κάθε καμπύλη κανονική παραβολική συναρμογή με στρογγυλεύσεις και να παραμείνει το απαιτούμενο ενδιάμεσο τμήμα (μήκος τουλάχιστον 30 m.), η σύνδεση των δύο καμπυλών γίνεται με μια ενιαία παραβολική συναρμογή T_1-T_2 (σχ.3), χωρίς μεσολάβηση ευθύγραμμου τμήματος. Οι συντεταγμένες της ενιαίας αυτής συναρμογής δίνονται από την εξίσωση :

$$y = \frac{X^2}{6l_2 R_2 \sin^2 \tau_2} \quad (7), \quad \text{εφόσον} \quad L_2 \geq \frac{R_2}{3,5}.$$

ή από την απλοποιημένη μορφή της :

$$y = \frac{X^2}{6l_2 R_2} \quad (7a), \quad \text{εφόσον} \quad L_2 \leq \frac{R_2}{3,5}.$$

Στις εξισώσεις αυτές και στο σχήμα 3 είναι :

- L_1, L_2 τα απαιτούμενα μήκη τόξων συναρμογής της ευθυγραμμίας με τις δύο κυκλικές καμπύλες (αντίστοιχων ακτινών R_1, R_2)
- l_1, l_2 τα αντίστοιχα μήκη προβολών των δύο αυτών τόξων συναρμογής επί της ευθυγραμμίας.
- δ_1, δ_2 οι μετατοπίσεις των δύο κυκλικών καμπύλων, που αντιστοιχούν στα μήκη συναρμογής L_1, L_2 .
- M_1, M_2 τα σημεία επαφής των αρχικών καμπυλών με την ενδιάμεσή τους ευθυγραμμία.

Οι εξισώσεις (7) και (7α) εφευρμόζονται με τις εξής προϋποθέσεις :

- Οι τιμές του x πρέπει να μεταβάλλονται μεταξύ l_1 και l_2 , δηλαδή

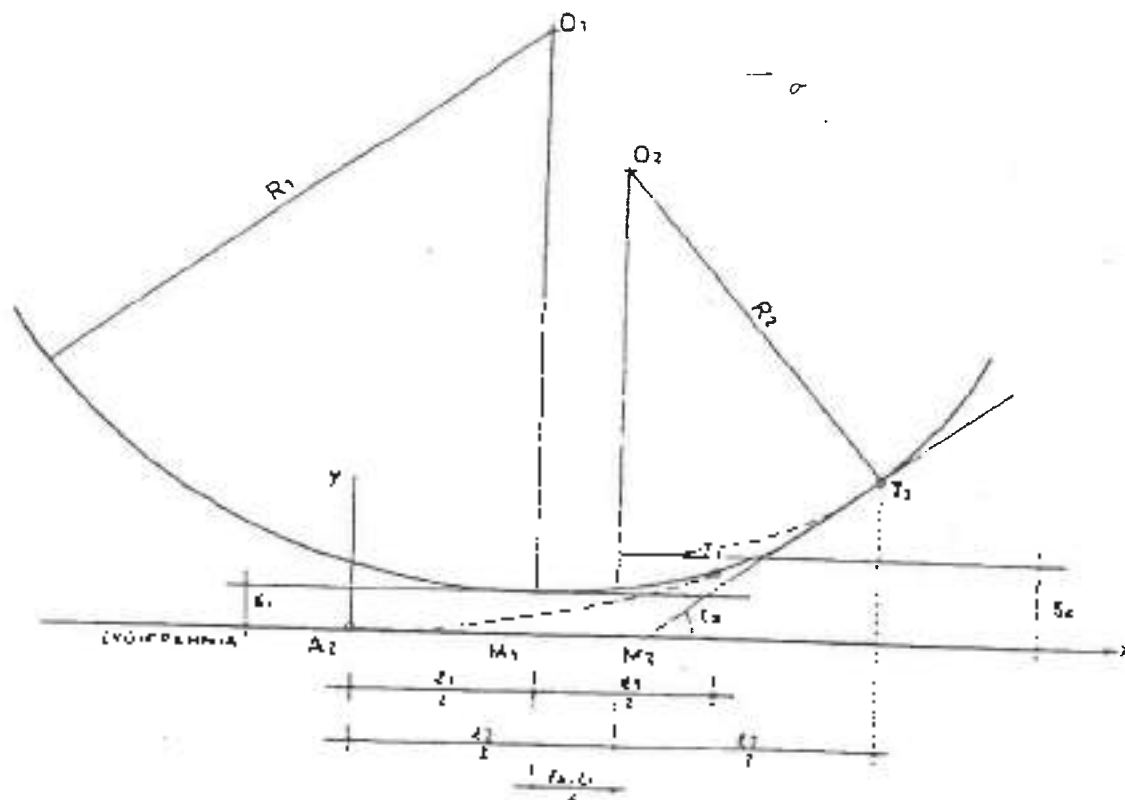
$$l_1 \leq x \leq l_2$$

- Η αρχική ενδιάμεση ευθυγραμμία M_1M_2 πρέπει να έχει μήκος :

$$(M_1M_2) \geq \frac{l_{2\alpha} - l_{1\alpha}}{2}$$

Όπου $l_{1\alpha}$ και $l_{2\alpha}$ είναι τα ελάχιστα μήκη προβολών των τόξων συναρμογής που αντιστοιχούν στη μέγιστη επιτρεπτή κλίση του πρανούς υπερύψωσης :

- Τα μήκη l_1 και l_2 πρέπει να υπολογιστούν για την ίδια ταχύτητα V και την ίδια κλίση i του πρανούς υπερύψωσης : $i = \frac{144}{V}$



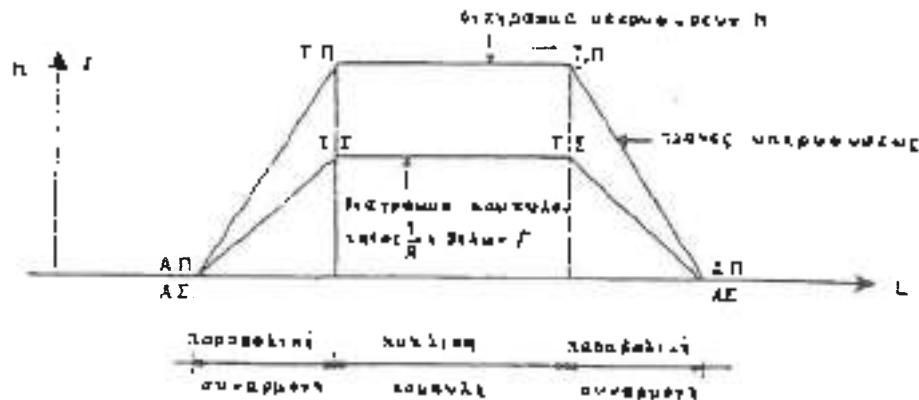
Σχήμα 3: Παραβολική συναρμογή μεταξύ δύο ομόστροφων κυκλικών καμπύλων ακτινών R_1 & R_2 ($R_1 > R_2$) με μικρή ενδιάμεση ευθυγραμμία

Μεταξύ δύο αντίστροφων κυκλικών καμπυλών της κύριας γραμμής πρέπει οπωσδήποτε να μεσολαβεί ένα ευθύγραμμο τμήμα αρκετά μεγάλο ώστε να μπορούν να παρεμβληθούν από μια παραβολική συναρμογή προς την κάθε κυκλική καμπύλη. Μεταξύ των δύο αυτών συναρμογών πρέπει να παραμένει ευθύγραμμο τμήμα ελάχιστου μήκους 30 m, στο οποίο στο οποίο δεν συμπεριλαμβάνονται οι στρογγυλεύσεις στις άκρες των συναρμογών που απαιτούνται όπως θα οριστεί παρακάτω. Σε περίπτωση που δεν είναι δυνατή η παρεμβολή του ελάχιστου ευθύγραμμου τμήματος θα πρέπει το τμήμα αυτό να παραλείπεται και οι δύο συναρμογές να έχουν κοινή αρχή, κοινή εφαπτομένη και την ίδια μεταβολή καμπυλότητας.

Οι οριζόντιες συναρμογές των προηγούμενων παραγράφων επιτρέπεται να μην εφαρμόζονται σε δευτερεύοντες κλάδους αλλαγών τροχιάς, σε συνδέσεις αλλαγών μεταξύ τους καθώς επίσης και σε παρακαμπτήριες γραμμές σταθμών, βιομηχανικών συνδέσεων, λιμένων κλπ.

Για την ομαλή κύλιση των τρένων πρέπει τα πρυνές υπερύψωσης να εκτείνεται στο μήκος της παραβολικής συναρμογής. Δηλαδή η υπερύψωση να αρχίζει

στο ίδιο σημείο με την παραβολική συναρμογή και αυξανοντας γραμμικά ως το τέλος της συναρμογής να φτάνει στο σημείο αυτό την καθορισμένη για το κυκλικό τόξο, τιμή h , όπως δείχνει το σχήμα 4.



Α.Π. : αρχή παραβολής υπερυψώσεως

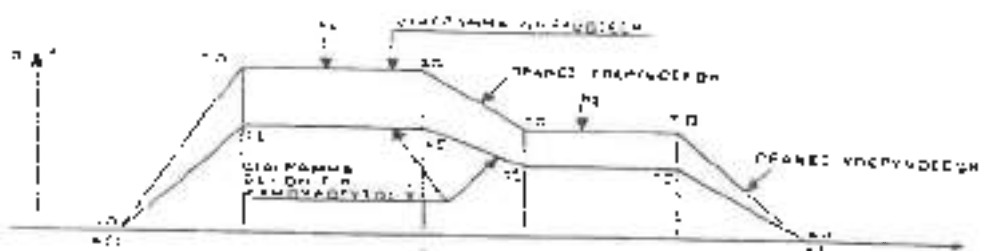
Τ.Π. : τέλος παραβολής υπερυψώσεως

Α.Ε. : αρχή παραβολικής αναρμολογίας

Τ.Σ. : τέλος παραβολικής αναρμολογίας

Σχήμα 4: Διάγραμμα βελών και υπερυψώσεων

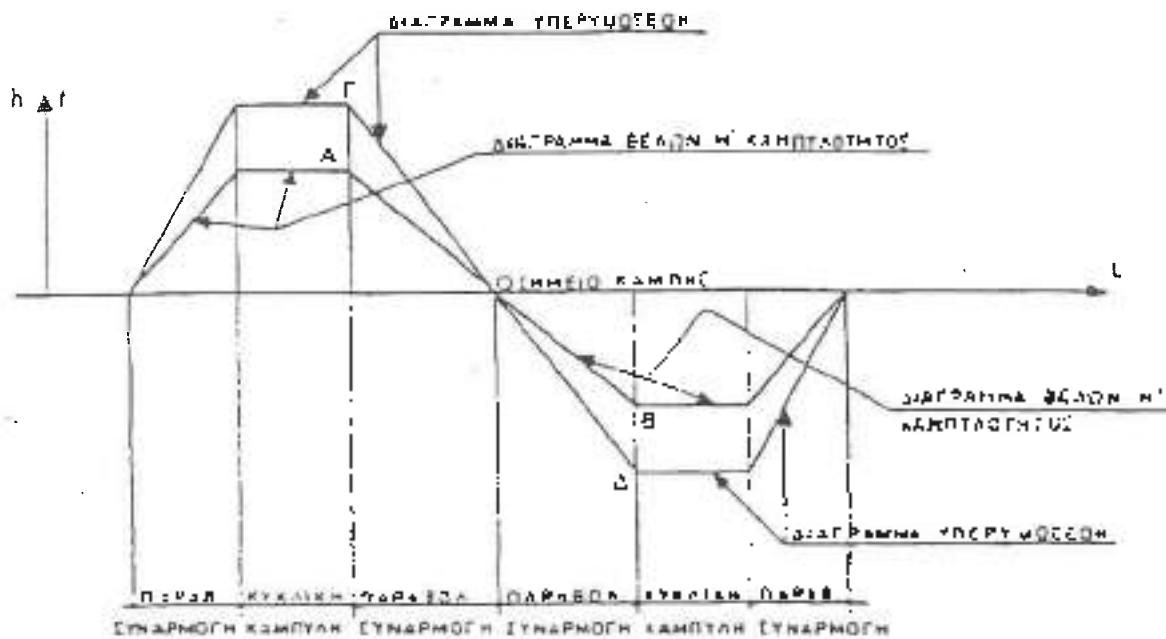
Μεταξύ δύο ομόστροφων συνεχόμενων καμπυλών με ακτίνες R_1 και R_2 και αντίστοιχες υπερυψώσεις h_1 και h_2 , η ενδιάμεση παραβολική συναρμογή θα έχει στην αρχή της υπερύψωση h_1 και στο τέλος h_2 με ενδιάμεση γραμμική μεταβολή (σχ.5)



Σχήμα 5: Διάγραμμα βελών και υπερυψώσεων δύο διαδοχικών κυκλικών καμπυλών

Μεταξύ δύο αντίστροφων καμπυλών με κοινή αρχή καμπύλης συναρμογής, όπου η μεταβολή της καμπυλότητας είναι η ίδια σε όλο το μήκος των δύο συναρμογών, θα πρέπει επίσης η υπερύψωση να μεταβάλλεται ομοιόμορφα σε όλο

τα μήκος των δύο συναρμογών και να μηδενίζεται στην κοινή αρχή τους (σημείο καμπής). Στη γραφική παράσταση αυτών των καμπυλών η γραμμική μεταβολή των βελών και των υπερυψώσεων απεικονίζονται αντίστοιχα με τα ευθύγραμμα τμήματα ΑΟΒ και ΓΟΔ.



Σχήμα 6: Διάγραμμα βελών και υπερυψώσεων δύο διαδοχικών αντίστροφων κυκλικών καμπυλών

Για τον προσδιορισμό του ελάχιστου μήκους της παραβολικής συναρμογής χρησιμοποιούνται : η οριακή τιμή της μεταβολής της υπερύψωσης ανά μονάδα μήκους (κλίση του προνούς υπερύψωσης) και η επίσης οριακή τιμή της μεταβολής της ανεπάρκειας υπερύψωσης ανά μονάδα χρόνου που υπολογίζονται πάντοτε για τη μέγιστη υποδεκτέ ταχύτητα V στη συγκεκριμένη θέση.

Εφόσον η υπερύψωση που θα εφαρμοστεί υπολογίζεται με τον τύπο:

$$h = \frac{160}{265} \cdot \frac{11.8 V^2}{R} = \frac{7.12 V^2}{R}$$

όπως κατ' κανόνα πρέπει να γίνεται, για τον υπολογισμό του ελάχιστου μήκους L_a της παραβολικής συναρμογής, θα λαμβάνεται υπόψη μόνο η οριακή τιμή της

μεταβολής της υπερύψωσης ανά μονάδα μήκους ($i \leq \frac{144}{V_{\text{max}}}$ και $i \leq 2,5 \text{ m/m}$) γιατί δίνει δυσμενέστερα αποτελέσματα, (μεγαλύτερα μήκη του $L_{\text{ελ}}$).

Διακρίνονται οι εξής δύο περιπτώσεις :

Περίπτωση α : Σύνδεση ευθυγραμμίας με καμπύλη ακτίνας R, για αποδεκτή μέγιστη ταχύτητα V στην καμπύλη.

$$L_{\text{ελ}} = \frac{h \cdot V}{144} \quad (\text{B}) \text{ εφόσον } V \geq 57,6 \text{ km/h}$$

$$L_{\text{ελ}} = \frac{h}{2,5} \quad (\text{Bα}) \text{ εφόσον } V < 57,6 \text{ km/h}$$

Περίπτωση β : Σύνδεση δύο ομόστροφων, συνεχόμενων, κυκλικών καμπυλών με ακτίνες R₁ και R₂, και αντίστοιχες υπερυψώσεις h₁ και h₂ για αποδεκτή μέγιστη ταχύτητα V στις δύο καμπύλες.

$$L_{\text{ελ}} = \frac{(h_2 - h_1) \cdot V}{144} \quad (\text{9}) \text{ εφόσον } V \geq 57,6 \text{ km/h}$$

$$L_{\text{ελ}} = \frac{h_2 - h_1}{2,5} \quad (\text{9α}) \text{ εφόσον } V < 57,6 \text{ km/h}$$

Σε όλους αυτούς τους τύπους η υπερύψωση h εκφράζεται σε χιλιοστά, το μήκος L της συναρμογής σε μέτρα και η ταχύτητα V σε km/h.

Αν όμως η εφαρμοζόμενη υπερύψωση προκύπτει από τον τύπο:

$$h = \frac{11,8 V^2}{R} - 105 \text{ τότε στον υπολογισμό του ελάχιστου μήκους της παραβολικής}$$

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.

Διακρίνονται επίσης δύο περιπτώσεις :

Περίπτωση α : Σύνδεση ευθυγραμμίας και καμπύλης, με ακτίνα R, υπερύψωση h και ανεπάρκεια υπερύψωσης α, για την αποδεκτή μέγιστη ταχύτητα V στην καμπύλη.

Το ελάχιστο μήκος της παραβολικής συναρμογής θα είναι το μεγαλύτερο που προκύπτει από τους εξής τρεις τύπους :

$$L_{\alpha} = \frac{h \cdot V}{144} \quad (8)$$

$$L_{\alpha} = \frac{a \cdot V}{216} \quad (10)$$

$$L_{\alpha} = \frac{h}{2,5} \quad (8a)$$

Περίπτωση β : Σύνδεση δύο αμμόστροφων, συνεχόμενων, κυκλικών καμπυλών με ακτίνες R_1 και R_2 , αντίστοιχες υπερυψώσεις h_1 και h_2 και ανεπάρκειες υπερύψωσης a_1 και a_2 , για μέγιστη αποδεκτή ταχύτητα V στις δύο καμπύλες.

Το ελάχιστο μήκος της παραβολικής συναρμογής θα είναι το μεγαλύτερο που προκύπτει από τους εξής τρεις τύπους :

$$L_{\alpha} = \frac{(h_2 - h_1) \cdot V}{144} \quad (9)$$

$$L_{\alpha} = \frac{(a_2 - a_1) \cdot V}{216} \quad (11)$$

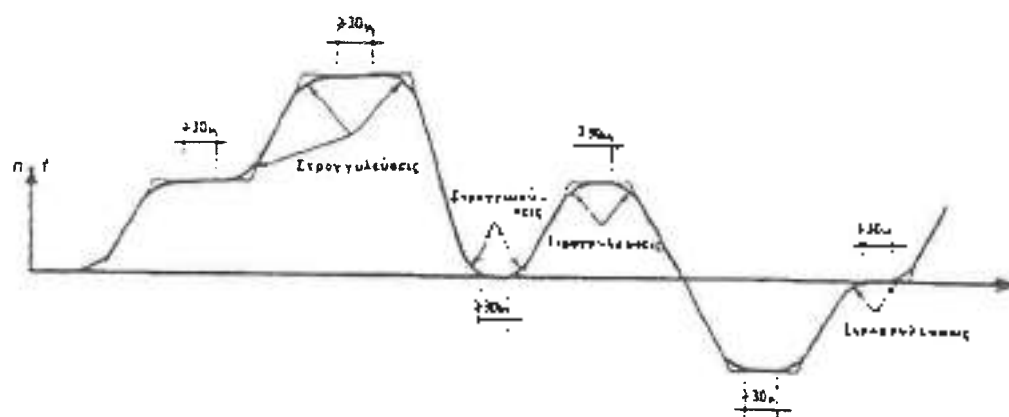
$$L_{\alpha} = \frac{h_2 - h_1}{2,5} \quad (9a)$$

Σε όλους αυτούς τους τύπους το μήκος L_{α} εκφράζεται σε μέτρα, οι υπερυψώσεις h_1 , h_2 καθώς και οι ανεπάρκειες υπερύψωσης a_1 , a_2 σε χιλιοστά και η ταχύτητα V σε km/h.

Στην περίπτωση σύνδεσης δύο αντίστροφων καμπυλών, με κοινή αρχή καμπύλης συναρμογής, θα πρέπει οι δύο συνεχόμενες παραβολικές συναρμογές να έχουν ελάχιστο μήκος που υπολογίζεται για την κάθε μια σύμφωνα με όσα ορίζονται στις προηγούμενες παραγράφους και να συνδυάζονται κατά τρόπο ώστε να αποτελούν ενιαία συναρμογή με σταθερή μεταβολή καμπυλότητας.

Στις άκρες των οριζοντιογραφικών συναρμογών των κυκλικών καμπυλών, τόσο προς την ευθεία όσο και προς το κυκλικό τμήμα της καμπύλης, δημιουργούνται υποχρεωτικά στρογγυλεύσεις όπως δείχνει το σχήμα 7, για να γίνει η κύλιση

ομαλότερη. Αντίστοιχες στρογγυλεύσεις εφαρμόζονται και στις υπερυψώσεις. Η μορφή αυτών των στρογγυλεύσεων καθορίζεται με τεχνική οδηγία της Δ.Γ.

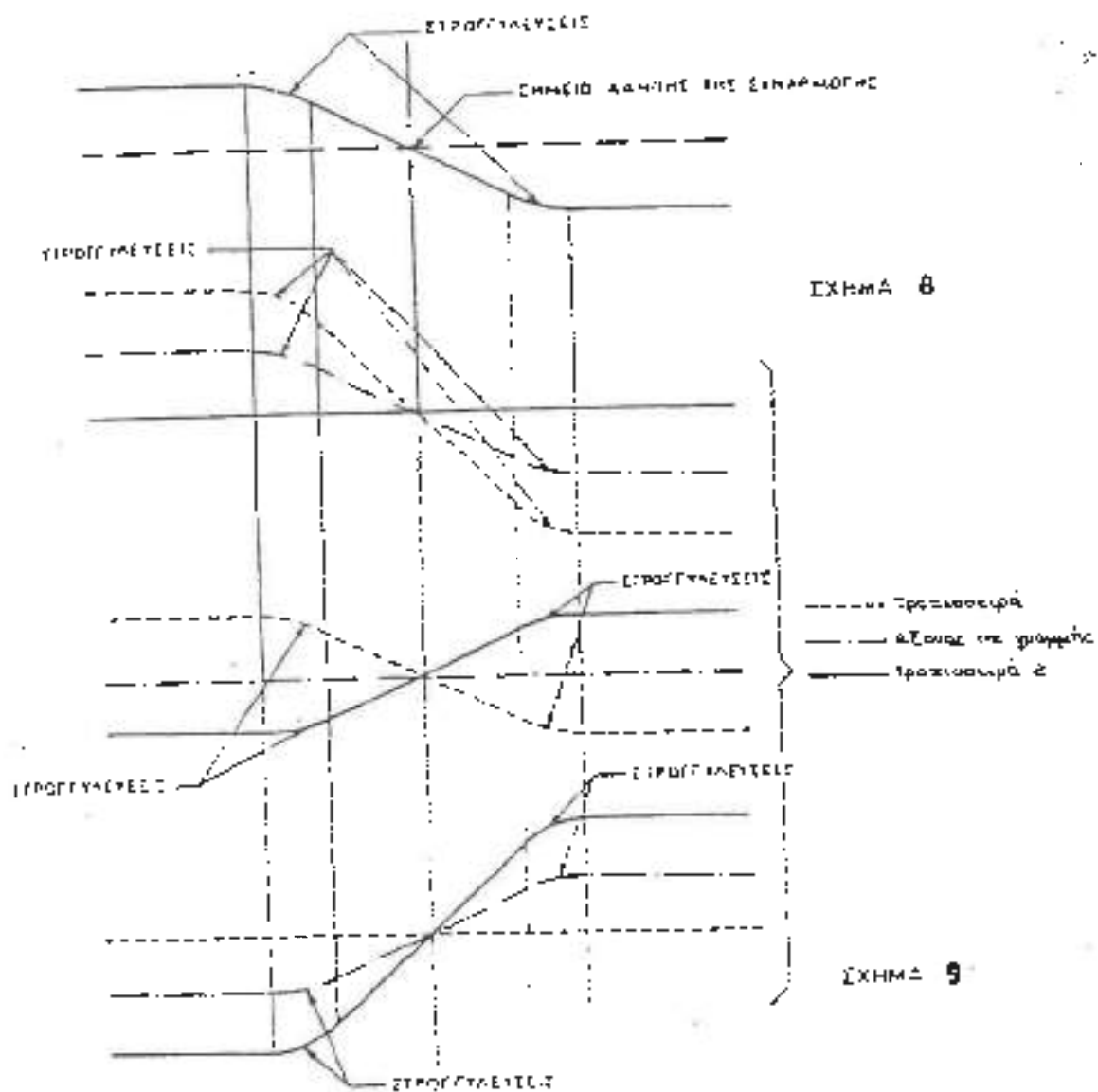


Σχήμα 7: Στρογγυλεύσεις στα άκρα οριζοντιων συναρμογών και πραινών υπερυψώσεων

Οι ανωμαλίες που προκαλούνται από την είσοδο ή έξοδο σε μια παραβολική συναρμογή (ή πραινές υπερύψωσης) δεν υποσβένονται αμέσως και επομένως αν οι δύο συναρμογές βρίσκονται κοντά η μία στην άλλη είναι πιθανό οι ανωμαλίες να επαιξηθούν.

Γ' αυτό το λόγο επιβάλλεται να αφήνεται ένα διάστημα τουλάχιστον 30m- ανεξάρτητα από την παχύτητα- ανάμεσα στα σημεία περατώσεως των στρογγυλεύσεων δύο διαδοχικών συναρμογών (ή πραινών υπερύψωσης), τόσο στο μεταξύ των δύο καμπυλών ευθύγραμμο τμήμα, όσο και στο καθαρό κυκλικό τόξο που απομένει στην κάθε καμπύλη (σχ. 7).

Στην περίπτωση δύο αντίστροφων καμπυλών με κοινή αρχή καμπύλης συναρμογής, δεν γίνονται στρογγυλεύσεις στο σημείο καμπής της συναρμογής (σχ. 7 και 8). Για τη μόρφωση του πραινούς υπερύψωσης των δύο τροχιοσειρών μπορεί να εφαρμοσθεί οποιαδήποτε από τις τρεις διατάξεις του σχήματος 9 και εκλέγεται κατά περίπτωση εκείνη που συνεπάγεται τις λιγότερες εργασίες ανύψωσης ή υποβιβασμού της γραμμής.



ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΣΥΝΑΡΜΟΓΕΣ

Στην κατά μήκος τομή της γραμμής τα τμήματα της ερυθράς με διαφορετικές κλίσεις πρέπει να συναρμολογούνται στα σημεία αλλαγής κλίσεων με κατάλληλα κυκλικά τόξα (κατακόρυφες κυκλικές συναρμογές), εφόσον η διαφορά των αντίστοιχων κλίσεων· αν είναι ομόρροπες· ή το άθροισμά τους· αν είναι αντίρροπες –προκύπτει μεγαλύτερο από 0,0025.

Για την άνεση της κυκλοφορίας πρέπει να επιδιώκεται η ακτίνα της κατακόρυφης κυκλικής συναρμογής να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη. Ανάλογα με την εφαρμόζόμενη μέγιστη ταχύτητα ορίζονται και οι ελάχιστες επιτρεπόμενες ακτίνες της κατακόρυφης συναρμογής. Στην περίπτωση της γραμμής σύνδεσης ενός Ε/Κ με το δίκτυο του ΟΣΕ που η μέγιστη ταχύτητα θα είναι $V_{\max}=70 \text{ km/h}$, μας καλύπτει η πρώτη κατηγορία που είναι για $V \leq 100 \text{ km/h}$, $R=5000\text{m}$ και κατ' εξαίρεση μέχρι 2500m .

Η κατακόρυφη συναρμογή πρέπει όσο είναι δυνατό να αποφεύγεται στα πραιντή υπερύψωσης. Αν όμως αυτό δεν μπορεί να γίνει θα εφαρμόζεται συναρμογή με ακτίνα όσο το δυνατόν μεγαλύτερη. Επίσης η κατακόρυφη συναρμογή κλίσεων πρέπει να τερματίζεται σε απόσταση τουλάχιστον 8m από την αρχή ή το τέλος κάθε συσκευής γραμμής (αλλαγή τροχιάς, συσκευή διαστολής κλπ.). Σε εξαιρετικές περιπτώσεις και για ταχύτητες μέχρι 100 km/h , επιτρέπεται η ύπαρξη καμπύλης κατακόρυφης συναρμογής κλίσεων και σε συσκευές γραμμής, εφόσον η ακτίνα της κυκλικής αυτής συναρμογής είναι τουλάχιστον 5000m . Τέλος οι κατακόρυφες συναρμογές πρέπει να αποφεύγονται στα χωρίς έρμα καταστρώματα μεταλλικών γεφυρών.

Η υψομετρική πασσαλώση των κατακόρυφων συναρμογών κλίσεως είναι υποχρεωτική.

Το μήκος l των εφαπτόμενων των κατακόρυφων συναρμογών κλίσεως δίνεται με ικανοποιητική προσέγγιση από τους εξής τύπους (δες σχ 10):

A) Συναρμογή οριζώντιου τμήματος γραμμής με κακλιμένο κλίσεως 1·m:

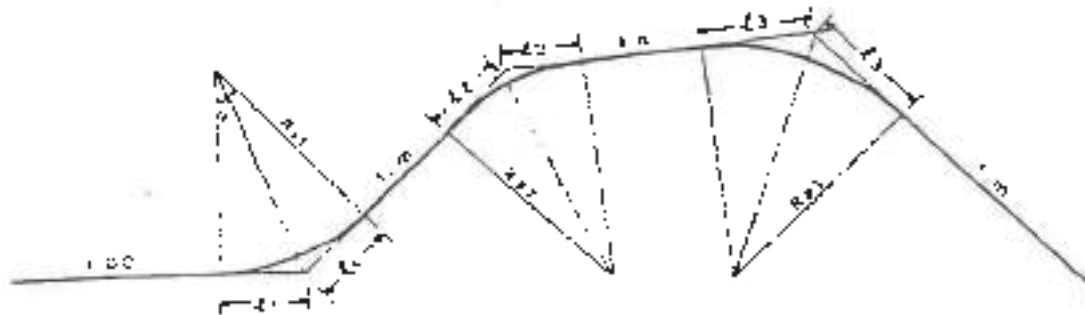
$$l_1 = \frac{R\sigma_1}{2} - \frac{l}{m} \quad (12\alpha)$$

B) Συναρμογή μεταξύ ομόσημων κλίσεων 1·m και 1·n:

$$l_2 = \frac{R\sigma_2}{2} \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \quad (12\beta)$$

Γ) Συναρμογή μεταξύ ετερόσημων κλίσεων 1:π και 1:π:

$$l_3 = \frac{R\sigma_3}{2} \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{n} \right) \quad (12\gamma)$$

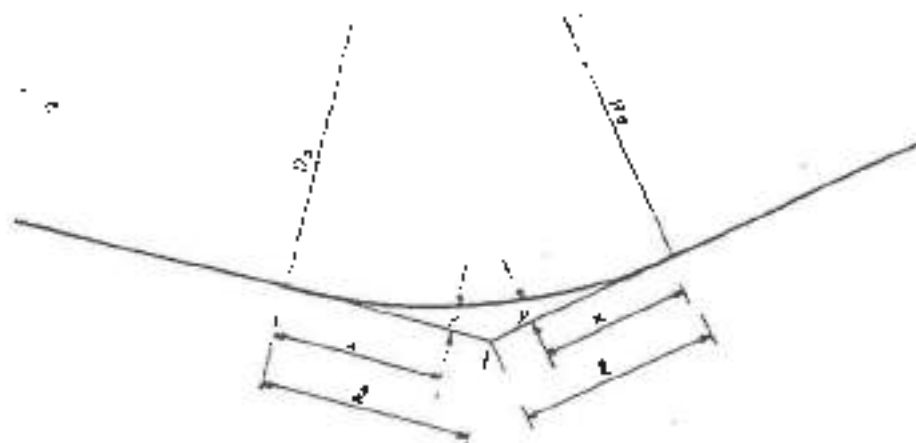


Σχήμα 10: Κατακόρυφη συναρμογή διαφορετικών κλίσεων

Οι τεταγμένες y , για τη χάραξη της κυκλικής κατακόρυφης συναρμογής δίνονται με ικανοποιητική προσέγγιση από τον τύπο :

$$y = \frac{X^2}{2R\sigma} \quad (13) \text{ (δες σχ. 11)}$$

Σαν άξονας των τετμημένων x θεωρείται η κάθε μια από τις συναρμοζόμενες κλίσεις και οι τεταγμένες y μετρούνται κάθετα στις κλίσεις αυτές



Σχήμα 11

Η αρχή των τετμημένων προσδιορίζεται από το μήκος l των εφαπτομένων που υπολογίζεται με έναν από τους τύπους (12).

ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το κόστος κατασκευής και συντήρησης των εγκαταστάσεων για την ηλεκτροκίνητη έλξη.

Πίνακας 1: Ενδεικτικό κόστος κατασκευής υποσταθμών (Πηγή : «Prices and costs in the railway sector», J.P.Baumgartner)

Υποσταθμοί	
Ηλεκτρική ενέργεια για την έλξη	Μέσο κόστος (€/MVA)
AC 25 kV, 50 Hz ή 60 Hz	200000
AC 15 kV, 16 2/3 Hz	300000
DC 3 kV ή 1,5 kV	300000

Πίνακας 2: Ενδεικτικό κόστος ηλεκτροφόρων γραμμών (Πηγή : «Prices and costs in the railway sector», J.P.Baumgartner)

Ηλεκτροφόρες γραμμές	Μέγιστη ταχύτητα 100 km/h
Ηλεκτρική ενέργεια για την έλξη	Μέσο κόστος (€/km γραμμής)
AC 25 kV, 50 Hz ή 60 Hz	150000
AC 15 kV, 16 2/3 Hz	
DC 3 kV	170000
DC 1,5 kV	200000

Εάν όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά μιας γραμμής παραμείνουν ίδια, τότε όσο μικρότερη είναι η ακτίνα καμπυλότητας της γραμμής τόσο μεγαλύτερο είναι το κόστος επένδυσης για τις ηλεκτροφόρες γραμμές.

Το ετήσιο κόστος συντήρησης της υποδομής δίνεται ως ποσοστό επί του αρχικού ποσού της επένδυσης προσαρμοσμένο στις τιμές του έτους αναφοράς.

Πίνακας 3: Ενδεικτικό επίσηο κόστος συντήρησης υποδομής για ηλεκτροκίνηση (Πηγή : «Prices and costs in the railway sector», J.P.Baumgartner)

Υποδομή ηλεκτροκίνησης	Ποσοστό επί της αρχικής επένδυσης
Υποσταθμοί	2%
Ηλεκτροφόρες γραμμές	2%

ΣΤΑΘΜΟΙ

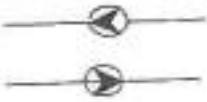
Οι σιδηροδρομικοί σταθμοί είναι συστήματα σιδηροδρομικών εγκαταστάσεων με τουλάχιστον μία αλλαγή, όπου οι συρμοί μπορούν να αναχωρούν, να αφικνούνται, να αλλάζουν κατεύθυνση και να αναστρέφουν (Λυμπέρης, Κ., 2004). Οι σιδηροδρομικοί σταθμοί προσφέρουν συγκοινωνιακή και λειτουργική εξυπηρέτηση.

Σε ότι αφορά στη χάραξη των σταθμών κάποιοι γενικοί κανόνες που τη διέπουν είναι οι ακόλουθοι :

- Είναι επιθυμητή η οριζόντια θέση της γραμμής στον σταθμό και όπου αυτό δεν είναι εφικτό, η μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση είναι 2,5% (εξαιρούνται οι γραμμές σύνδεσης συρμών και οι γραμμές σύνθεσης και αποσύνθεσης εμπορικών συρμών μέσω βαρύτητας)
- Οι συρμοί πρέπει να τοποθετούνται κατά το δυνατό σε ευθύγραμμα τμήματα. Αν αυτό δεν μπορεί να επιτευχθεί, οι ελάχιστες τιμές ακτίνων καμπυλότητας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι σε κύριες διερχόμενες γραμμές $r=300m$, και σε αποβάθρες $r=500m$.
- Η υπερύψωση των γραμμών μέσα στους σταθμούς θα πρέπει να αποφεύγεται, αλλά σύμφωνα με τον ισχύοντα κανονισμό του Ο.Σ.Ε. η μέγιστη επιτρεπόμενη υπερύψωση μέσα σε σταθμό είναι 100mm. (Λυμπέρης, Κ., 2004)

Σε ένα σταθμό οι γραμμές διαχωρίζονται σε κύριες και δευτερεύουσες. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα είδη των γραμμών, η χρήση τους, καθώς και η προτεινόμενη απεικόνισή τους.

Πίνακας 1: Διαχωρισμός κύριων γραμμών σιδηροδρομικού σταθμού (Πηγή : Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)

Περιγραφή	Χρήση	Προτεινόμενη απεικόνιση
Διερχόμενες κύριες γραμμές	Κύριες γραμμές της ελεύθερης γραμμής που διέρχονται από το σταθμό.	
Κύριες γραμμές επιβατικών συρμών	Γραμμές αποβάθρας (όπου στην κανονική λειτουργία μπορούν να κυκλοφορούν και εμπορικοί συρμοί). Εξυπηρετούν μερικές φορές και υπέρβασεις.	
Κύριες γραμμές εμπορικών συρμών -Γραμμές λειτουργικής υπέρβασης -Γραμμές συγκοινωνιακής υπέρβασης	 -Εξυπηρετούν την αλλαγή της ακολουθίας των συρμών στη γραμμή (υπέρβαση) -Εξυπηρετούν τη σύνθεση εμπορικών συρμών (προσθαφαίρεση βαγονιών)	

Πίνακας 2: Διαχωρισμός δευτερεύουσων γραμμών σιδηροδρομικού σταθμού
(Πηγή : Λυμπέρης, Κ., 2004, «Εφαρμοσμένη σιδηροδρομική»)

Περιγραφή	Χρήση	Προτεινόμενη απεικόνιση
Γραμμές κυκλοφορίας Διερχόμενες γραμμές	Εξυπηρετούν τη μετακίνηση ολόκληρου του συρμού (χωρίς αποσύνδεση της μηχανής) μεταξύ των άκρων του σταθμού και την παράκαμψη γραμμών στάθμευσης και σύνδεσης.	
Γραμμές αναστροφής «Σύρτες»	Εξυπηρετούν τη μετακίνηση ολόκληρου του συρμού (χωρίς αποσύνδεση της μηχανής) μεταξύ των γραμμών του σταθμού και την απόφυγή κατάληψης κύριων γραμμών. Τελειώνουν σε προσκρουστήρα.	
Γραμμές σύνθεσης	Εξυπηρετούν την προσθήκη βαγονιών (κυρίως εμπορευματικών), τη σύνθεση και αποσύνθεση συρμών.	
Γραμμές ενυπόθεσης	Εξυπηρετούν την εναπόθεση και τον καθαρισμό των βαγονιών μεταξύ χρήσεων.	
Γραμμές αναμονής	Εξυπηρετούν την προετοιμασία των κινητήριων οχημάτων.	
Γραμμές φορτο-εκφόρτωσης	Εξυπηρετούν τη διακίνηση εμπορευμάτων	

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Κατηγοριοποίηση αγνώστων και ζητούμενων	Συμβολισμός	Τιμές - παράδειγμα
Εντός του Εμπορευματικού Κέντρου		
*έκταση Εμπορευματικού Κέντρου (m^2)	E_1	
*μήκος γραμμών εντός του Ε/Κ (km)	L_1	$0,00005 \cdot E_1 \text{ km}$
*κόστος κατασκευής σιδηροδρομικής υποδομής εντός του Ε/Κ (€/km)	C_{c1}	150.000 €/km
*κόστος συντήρησης σιδηροδρομικής υποδομής εντός του Ε/Κ (€/km) ανά έτος	C_{m1}	$0,05\%C_{c1}=75 \text{ €/km}$
*κόστος κατασκευής σιδηροδρομικού σταθμού διαλογής (€)	C_{c2}	
— μικρό Ε/Κ $E < 250000m^2$	C_{c21}	500.000 €
— μεσαίου μεγέθους Ε/Κ $250000m^2 \leq E < 500000m^2$	C_{c22}	750.000 €
— μεγάλο Ε/Κ $E \geq 500000m^2$	C_{c23}	1.000.000 €
*κόστος συντήρησης σιδηροδρομικού σταθμού διαλογής (€) ανά έτος	C_{m2}	$0,05\%C_{c2} \text{ €}$
— μικρό Ε/Κ $E < 250000m^2$	C_{m21}	250 €
— μεσαίου μεγέθους Ε/Κ $250000m^2 \leq E < 500000m^2$	C_{m22}	375 €
— μεγάλο Ε/Κ $E \geq 500000m^2$	C_{m23}	500 €
Συνολικό κόστος κατασκευής της σιδηροδρομικής υποδομής εντός του Ε/Κ	C_{cA}	$C_{c1} + C_{c2}$
Συνολικό κόστος συντήρησης της σιδηροδρομικής υποδομής εντός του Ε/Κ ανά έτος	C_{mA}	$C_{m1} + C_{m2}$
Γραμμή σύνδεσης		
*μήκος γραμμής σύνδεσης (km)	L_2	
*Έκταση απαλλοτριώσεων (m^2)	E_2	$30 \cdot L_2 \cdot 1000 m^2$
*κόστος απαλλοτριώσεων (€/m ²):	C_{a1}	
— οικόπεδη περιοχή	C_{a11}	2,20 €/m ²
— πολύ αραιοκατοικημένη περιοχή	C_{a12}	15 €/m ²
— αραιοκατοικημένη περιοχή	C_{a13}	30 €/m ²
*κόστος κατασκευής μονής συνδετικής γραμμής (€/km)	C_{c3}	
— εύκολη τοπογραφία	C_{c31}	200.000 €/km
— μετριας δυσκολίας τοπογραφία	C_{c32}	500.000 €/km
— δύσκολη τοπογραφία	C_{c33}	1.000.000 €/km
*κόστος συντήρησης μονής συνδετικής γραμμής (€/km) ανά έτος	C_{m3}	
— εύκολη τοπογραφία	C_{m31}	1000 €/km

— μετριας δυσκολίας τοπογραφία	Cm32	2.500 €/km
— δύσκολη τοπογραφία	Cm33	5.000 €/km
*μήκος τεχνικών έργων (km)		
— μήκος σήραγγας	L _s	
— μήκος γέφυρας	L _g	
— μήκος γραμμής με ηχοπετάσματα	L _h	
*κόστος κατασκευής τεχνικών έργων		
— σήραγγα (€/km)	Cc41	9.000.000 €/km
— γέφυρα μικρού ανοίγματος ή/και με εύκολη θεμελίωση (€/km)	Cc42	5.130.000 €/km
— γέφυρα μεγάλου ανοίγματος ή/και με δύσκολη θεμελίωση (€/km)	Cc43	7.000.000 €/km
— ηχοπετάσματα στη μία πλευρά της γραμμής (€/km)	Cc44	200.000 €/km
— ηχοπετάσματα και στις δύο πλευρές της γραμμής (€/km)	Cc45	400.000 €/km
— διασταύρωση γραμμής με οδό (υπέργεια διάβαση της οδού) (€)	Cc46	2.000.000 €
— διασταύρωση γραμμής με οδό (υπόγεια διάβαση της οδού) (€)	Cc47	3.000.000 €
— διασταύρωση γραμμής με αυτοκινητόδρομο (υπόγεια ή υπέργεια διάβαση) (€)	Cc48	5.000.000 €
*κόστος συντήρησης τεχνικών έργων ανά έτος		
— σήραγγα (€/km)	Cm41	0,5%·Cc41=45.000 €
— γέφυρα μικρού ανοίγματος ή/και με εύκολη θεμελίωση (€/km)	Cm42	1%·Cc42=51.300 €
— γέφυρα μεγάλου ανοίγματος ή/και με δύσκολη θεμελίωση (€/km)	Cm43	1%·Cc43=70.000 €
— ηχοπετάσματα στη μία πλευρά της γραμμής (€/km)	Cm44	0,05%·Cc44=100 €
— ηχοπετάσματα και στις δύο πλευρές της γραμμής (€/km)	Cm45	0,05%·Cc45=200 €
— διασταύρωση γραμμής με οδό (υπέργεια διάβαση της οδού) (€)	Cm46	0,05%·Cc46=1.000 €
— διασταύρωση γραμμής με οδό (υπόγεια διάβαση της οδού) (€)	Cm47	0,05%·Cc47=1.500 €
— διασταύρωση γραμμής με αυτοκινητόδρομο (υπόγεια ή υπέργεια διάβαση) (€)	Cm48	0,05%·Cc48=2.500 €
*κόστος σηματοδότησης γραμμής (€/km)		
Cc9		200.000 €/km
*κόστος συντήρησης εγκαταστάσεων σηματοδότησης ανά έτος (€/km)		
Cm5		1%·Cc9=2.000 €/km
*κόστος σηματοδότησης ισόπεδων διασταυρώσεων (€)		
Cc6		
— ισόπεδη διασταύρωση με οπτικό και ηχητικό σήμα	Cc61	20.000 €
— ισόπεδη διασταύρωση με αυτόματες μονόπλευρες πιτάρες σε μονή γραμμή	Cc62	200.000 €
— ισόπεδη διασταύρωση με τέσσερις αυτόματες πιτάρες	Cc63	300.000 €
*κόστος συντήρησης εγκαταστάσεων σηματοδότησης ισόπεδων διασταυρώσεων ανά έτος (€)		
Cm6		1%·Cc6 €

— ισοπέδη διασταύρωση με οπτικό και ηχητικό σήμα	C_{M51}	$1\% \cdot C_{C61} = 200 \text{ €}$
— ισοπέδη διασταύρωση με αυτόματες μονόπλευρες πιτάρες σε μονή γραμμή	C_{M52}	$1\% \cdot C_{C62} = 2.000 \text{ €}$
— ισοπέδη διασταύρωση με τέσσερις αυτόματες πιτάρες	C_{M53}	$1\% \cdot C_{C63} = 3.000 \text{ €}$
Συνολικό κόστος κατασκευής γραμμής σύνδεσης	C_{CB}	$C_{C61} + C_{C62} + C_{C63} + C_{C64} + C_{C65} + C_{C66}$
Συνολικό κόστος συντήρησης γραμμής σύνδεσης ανά έτος	C_{M6}	$C_{M51} + C_{M52} + C_{M53} + C_{M54}$
Σύνδεση με κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο		
• κόστος σύνδεσης γραμμής με το κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο (€)	C_{C7}	
— υφιστάμενος σταθμός και μονή κύρια γραμμή	C_{C71}	300.000 €
— υφιστάμενος σταθμός και διπλή κύρια γραμμή	C_{C72}	300.000 €
— νέος σταθμός και μονή κύρια γραμμή	C_{C73}	800.000 €
— νέος σταθμός και διπλή κύρια γραμμή	C_{C74}	1.320.000 €
• κόστος συντήρησης της σύνδεσης με το δίκτυο ανά έτος (€)	C_{M7}	
— υφιστάμενος σταθμός και μονή κύρια γραμμή	C_{M71}	$1\% \cdot C_{C71} = 3.000 \text{ €}$
— υφιστάμενος σταθμός και διπλή κύρια γραμμή	C_{M72}	$1\% \cdot C_{C72} = 3.000 \text{ €}$
— νέος σταθμός και μονή κύρια γραμμή	C_{M73}	$0,5\% \cdot C_{C73} = 4.000 \text{ €}$
— νέος σταθμός και διπλή κύρια γραμμή	C_{M74}	$0,5\% \cdot C_{C74} = 6.600 \text{ €}$
Συνολικό κόστος κατασκευής σύνδεσης γραμμής με κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο	C_{CC}	C_{C7}
Συνολικό κόστος συντήρησης σύνδεσης γραμμής με κύριο σιδηροδρομικό δίκτυο ανά έτος	C_{MC}	C_{M7}
• κόστος μελετών	C_{SE}	$1\% \cdot (C_{CA} + C_{CB} + C_{CC})$
• Συνολικό κόστος κατασκευής έργου	C_{COT}	$C_{CA} + C_{CB} + C_{CC} + C_{SE}$
• Συνολικό κόστος συντήρησης έργου ανά έτος	C_{MT}	$C_{MA} + C_{MB} + C_{MC}$
Αξιολόγηση		
χρονική περίοδος αξιολόγησης (έτη)	t	30 έτη
επιτόκιο αναγωγής (%)	i	5%
Κόστος χρήσης υποδομής ανά τρένο-χιλιόμετρο (€/train-km)	r	2,5 €/train-km
Υπολειμματική αξία έργου (€)	y	$40\% C_{COT}$
Αριθμός βαγονιών ανά συρμό	w	20
Χωρητικότητα βαγονιών σε εμπορεύματα (tn)	v_w	20
Συντελεστής πληρότητας συρμού (%)	p	50%
Ζητούμενα		
Εσοδα του διαχειριστή της υποδομής ανά έτος (€/έτος)	R	
Ελάχιστος απαιτούμενος αριθμός τρένων ανά ημέρα	Q	

Ελάχιστος απαιτούμενος ετήσιος εμπορευματικός φόρτος (tn)

q

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΣΕΝΑΡΙΟ 1: ΟΛΟ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΑΛΑΜΒΑΝΕΤΑΙ ΕΞ'ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΙΔΙΩΤΗ

n (έτη)	C _{tot} (€)	C _{oper} (€)	R (€/year)	R-C	Y (€)	11384/2
0	2846180	0	0	-2846180	r (€/train/km)	2,5
1		12750	183600	170850	L ₂ (km)	3
2		12750	183600	170850	p	0,5
3		12750	183600	170850		
4		12750	183600	170850	q (tn/year)	4896000
5		12750	183600	170850	Q (trains/day)	68
6		12750	183600	170850		
7		12750	183600	170850	NPV	29.597 €
8		12750	183600	170850	IRR	5%
9		12750	183600	170850		
10		12750	183600	170850		
11		12750	183600	170850		
12		12750	183600	170850		
13		12750	183600	170850		
14		12750	183600	170850		
15		12750	183600	170850		
16		12750	183600	170850		
17		12750	183600	170850		
18		12750	183600	170850		
19		12750	183600	170850		

20	12750	183600	170850
21	12750	183600	170850
22	12750	183600	170850
23	12750	183600	170850
24	12750	183600	170850
25	12750	183600	170850
26	12750	183600	170850
27	12750	183600	170850
28	12750	183600	170850
29	12750	183600	170850
30	12750	183600	170850

1138472

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΣΕΝΑΡΙΟ 2: ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΔΟΤΕΙΤΑΙ ΚΑΤΑ 50% ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

n (έτη)	C _{tot} (€)	C _{net} (€)	R (€/year)	ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ ΕΕ	R-C	Υ (€)	1138472
0	2846180	0	0	1423090	1423090	r (€/train/km)	2,5
1		12750	89100		76350	L ₂ (km)	3
2		12750	89100		76350	p	0,5
3		12750	89100		76350		
4		12750	89100		76350	q (tn/year)	2376000
5		12750	89100		76350	Q (trains/day)	33
6		12750	89100		76350		
7		12750	89100		76350		
8		12750	89100		76350		
9		12750	89100		76350		
10		12750	89100		76350		
11		12750	89100		76350		
12		12750	89100		76350		
13		12750	89100		76350		
14		12750	89100		76350		
15		12750	89100		76350		
16		12750	89100		76350		
17		12750	89100		76350		
18		12750	89100		76350		
19		12750	89100		76350		
20		12750	89100		76350		
21		12750	89100		76350		
22		12750	89100		76350		
23		12750	89100		76350		
24		12750	89100		76350		

NPV	1.400 €
IRR	5%

25	12750	89100	76350
26	12750	89100	76350
27	12750	89100	76350
28	12750	89100	76350
29	12750	89100	76350
30	12750	89100	76350
			1138472

ΣΕΝΑΡΙΟ 3: ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΔΟΤΕΙΤΑΙ ΚΑΤΑ 50% ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΕ ΚΑΙ ΤΟ 30% ΚΑΛΥΠΤΕΤΑΙ ΑΠΟ ΔΑΝΕΙΟ 20 ΕΤΩΝ

n (έτη)	C _{const} (€)	C _{init} (€)	R (€/year)	ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ ΕΕ	
				ΔΑΝΕΙΟ	PMT
0	2846180	0	0	2276944	-569236
1		12750	99900		-65.641,00 €
2		12750	99900		-65.641,00 €
3		12750	99900		-65.641,00 €
4		12750	99900		-65.641,00 €
5		12750	99900		-65.641,00 €
6		12750	99900		-65.641,00 €
7		12750	99900		-65.641,00 €
8		12750	99900		-65.641,00 €
9		12750	99900		-65.641,00 €
10		12750	99900		-65.641,00 €
11		12750	99900		-65.641,00 €
12		12750	99900		-65.641,00 €
13		12750	99900		-65.641,00 €
14		12750	99900		-65.641,00 €
15		12750	99900		-65.641,00 €
16		12750	99900		-65.641,00 €
17		12750	99900		-65.641,00 €
18		12750	99900		-65.641,00 €

19	12750	99900	-65 641,00 €	21509
20	12750	99900	-65.641,00 €	21509
21	12750	99900		21509
22	12750	99900		21509
23	12750	99900		21509
24	12750	99900		21509
25	12750	99900		21509
26	12750	99900		21509
27	12750	99900		21509
28	12750	99900		21509
29	12750	99900		21509
30	12750	99900		21509
				1138472

Y (€) 1138472

r
(€/train/km) 2,5

L₂ (km) 3

p 0,5

q (tn/year) 2664000

Q
(trains/day) 37

ΔANEIO 853854

65.641

PMT €

NPV	11.698 €
IRR	5%

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

**ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟ ΤΗ ΣΚΟΠΙΑ ΤΟΥ
ΑΠΟΣΤΟΛΕΑ**

<u>Δεδομένα</u>	<u>Τιμές</u>
V_w (tn)	20
C_{rat} (€/tn-km)	0,032
C_{truck} (€/tn-km)	0,05
C_{trans} (€/crane movement)	50

<u>Ζητούμενο</u>	
L_2 (km)	11,8

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΔΟΜΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣΔεδομέναΣιδηροτροχιά

UIC 54

 $F=69,34 \text{ cm}^2$ (εμβαδόν διατομής σιδηροτροχιάς) $E=2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ (μέτρο ελαστικότητας) $I_x=2346 \text{ cm}^4$ (ροπή αδράνειας της σιδηροτροχιάς) $W_{xk}=279,3 \text{ cm}^3$ (ροπή αντίστασης στην κεφαλή της σιδηροτροχιάς) $W_{xm}=312,8 \text{ cm}^3$ (ροπή αντίστασης στο πέλμα της σιδηροτροχιάς) $s=1500 \text{ mm}$ (απόσταση μεταξύ σιδηροτροχιών)Στρωτήρας

Ξύλινος

Μήκος στρωτήρα $l=2600 \text{ mm}$ Πλάτος στρωτήρα $b_s=250 \text{ mm}$ Εξέχον μήκος $u=550 \text{ mm}$ Απόσταση μεταξύ στρωτήρων $a=600 \text{ mm}$ ΌχημαΑξονικό φορτίο $A=225 \text{ kN}$ Στατικό φορτίο τροχού $Q=112,5 \text{ kN}$ Απόσταση αξόνων στο φορτίο $x_G=1800 \text{ mm}$ $V_{max}=70 \text{ km/h}$

Οι υπολογισμοί θα γίνουν για διάφορες τιμές του δείκτη αντίδρασης εδάφους C που εξαρτώνται από την ποιότητα του υπεδάφους και από την εποχή του έτους. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται ενδεικτικά τιμές του C ανάλογα με το υπέδαφος.

Δείκτης αντίδρασης εδάφους (μέσες τιμές)	Υπέδαφος
$C=0,02 \text{ N/mm}^2$	Πολύ κακό υπέδαφος
$C=0,05 \text{ N/mm}^2$	Κακό υπέδαφος
$C=0,10-0,60 \text{ N/mm}^2$	Καλό υπέδαφος
$C=0,30-0,60 \text{ N/mm}^2$	Άκαμπτο υπέδαφος

Επίλυση

Το μεσαίο τμήμα του στρωτήρα με βάση τις δοσμένες διαστάσεις του είναι
 $m = l - 4a = 2600 - 4 \cdot 550 = 400 \text{ mm}$.

Η ενεργός επιφάνεια του στρωτήρα κάτω από τη μία σιδηροτροχιά είναι
 $F_1 = (l - s) \cdot b_e = (2600 - 1500) \cdot 250 = 275000 \text{ mm}^2$.

Το ιδανικό πλάτος του υποθετικού κατά μήκος στρωτήρα είναι

$$b = \frac{F_1}{a} = \frac{275000}{600} = 458,3 \text{ mm}.$$

Ενθυγραμμία υπό κατακόρυφο φορτίο**1. Στατική καταπόνηση****α. Κατόπνηση κατά Zimmermann**

Ελαστικό μήκος του υποτιθέμενου κατά μήκος φορέα: $L = \sqrt{\frac{4 \cdot E \cdot I_x}{b \cdot c}}$

Συντελεστής ξ : $\xi = \frac{x}{L}$ (με $x = x_0$)

c (N/mm ²)	L (mm)	ξ	η	μ
0,02	1210,9	1,49	0,24440	-0,20632
0,05	963,0	1,67	0,10209	-0,19278
0,1	809,8	2,22	0,02036	-0,15180
0,15	731,7	2,46	-0,01252	-0,12018
0,25	644,0	2,80	-0,03672	-0,07823

Με βάση το ξ προκύπτουν οι συντελεστές η και μ κατά Zimmermann από τους τύπους $\eta = e^{-\xi} \cdot (\cos \xi + \sin \xi)$ και $\mu = e^{-\xi} \cdot (\cos \xi - \sin \xi)$.

Στη συνέχεια υπολογίζονται η μέγιστη καμπτική ροπή της σιδηροτροχιάς $M_{\max}$, η μέγιστη βύθιση της σιδηροτροχιάς $y_{\max}$ και η μέγιστη πίεση που αναπτύσσεται στη διεπιφάνεια στρωτήρα-έρματος $p_{\max}$.

$$M_{max} = \frac{Q \cdot L}{4} \cdot 1 + \frac{Q \cdot L}{4} \cdot \mu$$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

$$y_{max} = \frac{Q}{2 \cdot b \cdot c \cdot L} \cdot 1 + \frac{Q}{2 \cdot b \cdot c \cdot L} \cdot \eta$$

$$p_{max} = c \cdot y = \frac{Q}{2 \cdot b \cdot L} \cdot (1 + \eta)$$

Η p_{max} οφείλει να μην υπερβαίνει μια οριακή τιμή, προκειμένου το έρμα να έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Η τιμή αυτή κυμαίνεται μεταξύ 0,3-0,4 N/mm². Συνήθως λαμβάνεται 0,3 N/mm².

Η τάση στο μέσο του πέλματος ισούται με $\sigma = \frac{M}{W_{\chi\chi}}$.

Η δύναμη αντίδρασης του στρωτήρα S_x υπολογίζεται με τη σχέση

$$S_x = b \cdot c \cdot y \cdot a \text{ (N)}$$

β. Συντελεστής ελατηρίου

Ο συντελεστής ελατηρίου υπολογίζεται από τη σχέση $c = F_1 / \delta = \frac{S_x}{y}$ (N/mm).

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον παρακάτω πίνακα.

C (N/mm ²)	M _{max} (kNm)	Y _{max} (mm)	P _{max} (N/mm ²)	σ (N/mm ²)	S _x (kN)	c (N/mm)
0,02	27,03	6,3	0,13	86,4	34,7	5,5
0,05	21,86	2,8	0,14	89,9	39,8	13,75
0,1	19,32	1,5	0,15	81,8	42,5	27,5
0,15	18,11	1,1	0,17	57,9	45,5	41,25
0,25	16,70	0,7	0,18	53,4	50,5	68,75

2. Δυναμική καταπόνηση

Για τον υπολογισμό της σιδηροτροχιάς λαμβάνονται :

- Η μικρότερη τιμή του C

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

- Στατιστική ασφάλεια 99,7% που σημαίνει $t=3$
- Κατάσταση επιδομής $\rho=0,3$ (δυσμενέστερη τιμή)

Συνεπώς ο δυναμικός συντελεστής θ είναι $\theta = 1 + \rho \cdot \varphi \cdot t$ με

$$\varphi = 1 + \frac{70-50}{1+0} = 1,07, \text{ οπότε } \theta = 1 + 0,3 \cdot 1,07 \cdot 3 = 1,96.$$

Ο συντελεστής θ πρέπει να είναι μικρότερος του 2. Στην περίπτωση μας αυτό ισχύει

Η δυναμική τάση σ_{dyn} στο μέσο του πέλματος της σιδηροτροχιάς που είναι και η μέγιστη τάση σ_{max} υπολογίζεται ως

$$\sigma_{dyn} = \theta \cdot \sigma = 1,96 \cdot 86,4 = 169,34 \text{ N/mm}^2.$$

Στη συνέχεια δίνονται η δυναμική βύθιση y_{dyn} , η δυναμική τάση στρωτήρα-έρματος ρ_{dyn} και η δυναμική αντίδραση στρωτήρα $S_{s,dyn}$

$$y_{dyn} = y_{max} \cdot \theta$$

$$\rho_{dyn} = \rho_{max} \cdot \theta$$

$$S_{s,dyn} = S_s \cdot \theta = 34,7 \cdot 1,96 = 68,012 \text{ (kN)}$$

C (N/mm ²)	y_{dyn} (mm)	ρ_{dyn} (N/mm ²)	$S_{s,dyn}$ (kN)
0,02	12,4	0,25	67,98
0,05	5,5	0,28	75,71
0,1	3,0	0,30	83,35
0,15	2,2	0,32	89,27
0,25	1,4	0,36	98,95

Γραμμή σε καμπύλη

Για τη γραμμή σε καμπύλη θεωρείται συνήθως μετατόπιση φορτίου στην εξωτερική σιδηροτροχιά κατά 20%. Συνεπώς όλα τα παραπάνω μεγέθη σ_{dyn} , y_{dyn} , ρ_{dyn} και $S_{s,dyn}$ πολλαπλασιάζονται με το συντελεστή 1,2. Η μέγιστη σ_{dyn} υπολογίζεται ως $\max \sigma_{dyn} = \sigma_{dyn} \cdot 1,2 = 169,34 \cdot 1,2 = 203,208 \text{ N/mm}^2$.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Η τάση $203,208 \text{ N/mm}^2$ είναι μικρότερη της οριακής τάσης 282 N/mm^2 . Η επιτρεπόμενη καμπτική τάση διαρκείας στο μέσο πέλματος σιδηροτροχιάς είναι για σιδηροτροχιά UIC 54 282 N/mm^2 για τάση θραύσης του υλικού 880 N/mm^2 . Στην τιμή αυτή συμπεριλαμβάνονται και οι ίδιες τάσεις καθώς και αυτές από τις θερμοκρασιακές μεταβολές.