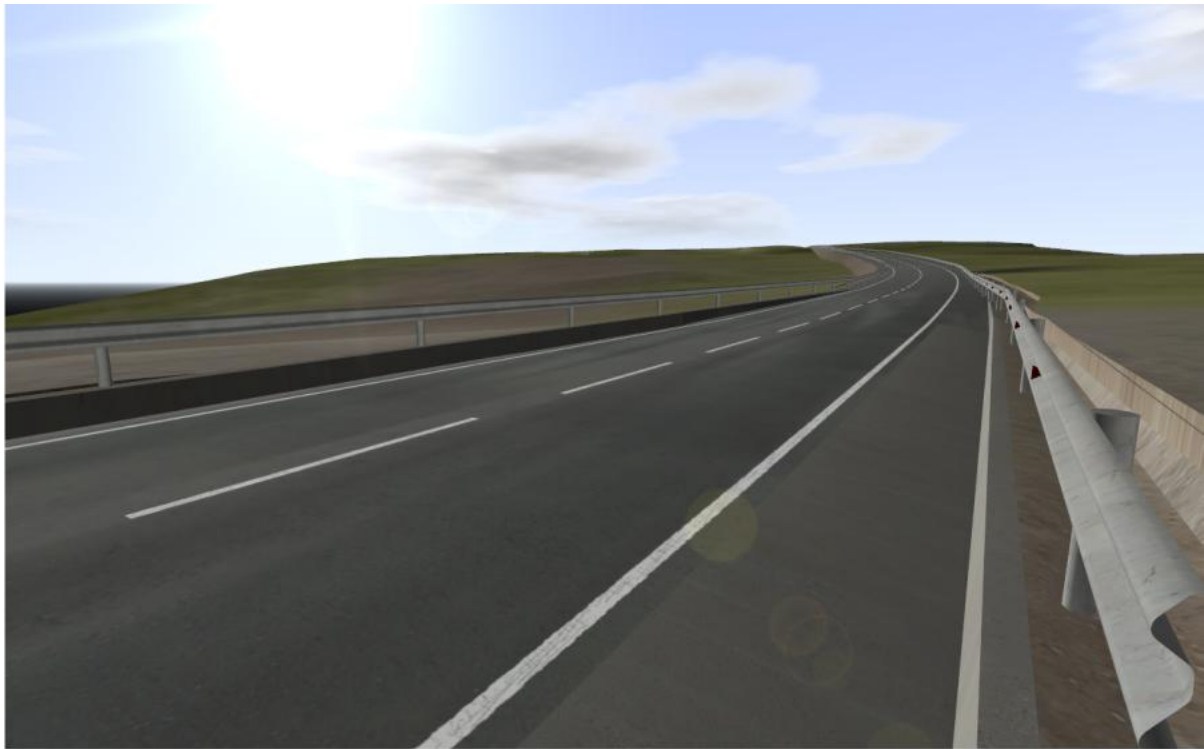


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ (ΠΑΤΡΩΝ)
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ
ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ
ΣΤΗΝ ΟΔΟΠΟΪΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗ**



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ : ΣΤΕΛΛΑΤΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ Α.Μ. : 4551

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

I. ΠΡΟΛΟΓΟΣ	σελ. 3
II. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ. 4-7
III ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ V	σελ. 8-15
IV ΚΛΩΘΟΕΙΔΗΣ ΚΑΙ ΚΥΒΙΚΗ ΠΑΡΑΒΟΛΗ	σελ. 17-22
V ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΒΙΚΗΣ ΠΑΡΑΒΟΛΗΣ	σελ. 23-24
VI ΝΕΑ ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ	σελ. 25-27
VII ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ	σελ. 27-34
VIII TESSERA	σελ. 34-36
IX ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	σελ. 36-37
X ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ. 38

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η επιλογή των κατάλληλων καμπύλων συναρμογής είναι ένας σημαντικός παράγων για τη διασφάλιση σωστών οδικών και σιδηροδρομικών χαράξεων. Η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών αλλάζει τα δεδομένα και τα κριτήρια επιλογής της κατάλληλης καμπύλης. Στην παρούσα εργασία γίνεται μια συγκριτική παρουσίαση των χρησιμοποιούμενων, στην οδοποιία και στη σιδηροδρομική, καμπύλων συναρμογής. Αξιολογούνται η κλωθοειδής, δύο μορφές της κυβικής παραβολής και μία νέα καμπύλη συναρμογής, που ονομάσαμε Συμμετρικά Προβαλλόμενη Καμπύλη Συναρμογής. Περιγράφεται συνοπτικά ο τρόπος υπολογισμού των σχετικών μεγεθών και στη συνέχεια δίνονται πίνακες που βοηθούν στην κατανόηση των σχετικών διαφορών και στην οριοθέτηση των περιοχών χρησιμοποίησής τους. Στους σχετικούς πίνακες παρουσιάζονται, για διάφορες τιμές, η εξέλιξη χαρακτηριστικών μεγεθών όλων των καμπύλων.



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το είδος των καμπύλων που χρησιμοποιούνται θεωρείται ένα λυμένο από παλιά ζήτημα (Kasper 1954). Οι καθιερωμένες καμπύλες και οι σχέσεις μεταξύ των αντίστοιχων μεγεθών δε αποτελούν σήμερα αντικείμενο αξιολόγησης ως προς την ακρίβειά τους και ως προς τη σκοπιμότητα χρήσης τους.

Ωστόσο η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών αλλάζει τα δεδομένα και τα κριτήρια επιλογής της κατάλληλης καμπύλης. Η προτίμηση μιας καμπύλης έναντι μιας άλλης με μόνο κριτήριο την απλότητα των υπολογισμών πρέπει να επανεξεταστεί. Όλες οι καμπύλες είναι το ίδιο απλές όταν οι υπολογισμοί γίνονται από ένα πρόγραμμα. Το σημαντικό είναι ο μελετητής να ξέρει τα περιθώρια σφάλματος των υπολογισμών στις διάφορες περιοχές χρησιμοποίησης των καμπύλων αυτών.

Όπως προαναφέραμε θα συγκρίνουμε τις χρησιμοποιούμενες, στην οδοποιία και στη σιδηροδρομική, καμπύλες συναρμογής. Αναλυτικότερα συγκρίνονται η κλωθειδής με δύο εναλλακτικές μορφές της κυβικής παραβολής καθώς επίσης και με μια νέα καμπύλη συναρμογής που δανείζονται στοιχεία και μεθόδους υπολογισμού από την κλωθειδή και την κυβική παραβολή, και που ονομάστηκε Συμμετρικά Προβαλλόμενη Καμπύλη Συναρμογής.

Περιγράφεται συνοπτικά ο τρόπος υπολογισμού των σχετικών μεγεθών και στη συνέχεια δίνονται πίνακες που βοηθούν στην κατανόηση των μεταξύ τους διαφορών και στην οριοθέτηση των περιοχών χρησιμοποίησής τους. Στους σχετικούς πίνακες παρουσιάζονται για διάφορες τιμές, η εξέλιξη χαρακτηριστικών μεγεθών όλων των καμπύλων. Επίσης παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα της νέας καμπύλης και ιδιαίτερα η συμμετρία που την χαρακτηρίζει, η οποία απλοποιεί τον έλεγχο της χάραξης και στην οποία συμμετρία οφείλει και το όνομα της. Τέλος αξιολογούνται όλες οι καμπύλες ως προς τη δυνατότητα χρήσης τους για τη συναρμογή ομόροπων διαδοχικών κυκλικών τάξεων με διαφορετικές ακτίνες.

ΜΕΡΙΚΑ ΠΡΑΓΜΑΤΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ

Η ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Η ασφάλεια αποτελεί ένα θέμα πρωτίστης σημασίας για τους συγκοινωνιολόγους μηχανικούς εδώ και πολλά χρόνια. Πρόσφατα, η αναγνώριση του υψηλού κόστους των τροχαίων ατυχημάτων στην κοινωνία έχει δώσει την ώθηση στο ζήτημα του ασφαλέστερου σχεδιασμού των οδών. Χαρακτηριστικά αναφέρονται τα κάτωθι στοιχεία : Ο φόρος που καταβάλλουν οι Ευρωπαίοι στον βωμό της κινητικότητας ήταν και παραμένει πολύ υψηλός. Το 2000, τα τροχαία ατυχήματα οδήγησαν στον θάνατο περισσότερων από 40.000 ανθρώπων ενώ ο αριθμός των τραυματιών υπερέβη τα 1,7 εκατομμύρια στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η ηλικιακή μερίδα που πλήττεται περισσότερο είναι αυτή των 14-25 ετών, στην οποία οι θάνατοι από τροχαία ατυχήματα αποτελούν την πρώτη αιτία θανάτων. Ένα άτομο στα τρία προβλέπεται ότι θα τραυματιστεί στη διάρκεια της ζωής του σε τροχαίο ατύχημα. Το άμεσα μετρήσιμο κόστος των τροχαίων ατυχημάτων ανέρχεται σε 45 δισεκατομμύρια ευρώ. Το έμμεσο κόστος (συμπεριλαμβανομένων των φυσικών και ηθικών βλαβών για τα θύματα και τις οικογένειές τους) υπολογίζεται ότι είναι τριπλάσιο ή τετραπλάσιο. Ετησίως, διατίθεται ποσό ύψους 160 δισεκατομμυρίων ευρώ, το οποίο ισοδυναμεί με το 2% του ΑΕΠ της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Λευκή Βίβλος 2001). Ενώ πιο συγκεκριμένα στην χώρα μας ισχύουν τα κάτωθι:

Κυριότερες Αιτίες Ατυχημάτων

Ως κυριότερες αιτίες για τον αυξημένο αριθμό ατυχημάτων, και ιδιαίτερα των νεκρών, στη χώρα μας θα μπορούσαν να αναφερθούν :

α. Η κακή κατάσταση του οδικού δικτύου : Ολισθηρότητα, ατελής σήμανση, ανεπαρκή γεωμετρικά στοιχεία, κακή ορατότητα κλπ.

β. Ο μεγάλος αριθμός των κυκλοφορούντων μοτοσικλετών. Κυκλοφορεί μια περίπου μοτοσικλέτα ανά 7 επιβατικά αυτοκίνητα. Ο δείκτης ατυχημάτων μοτοσικλετών είναι περίπου 3,5 φορές εκείνος των επιβατικών αυτοκινήτων, με αποτέλεσμα να έχουμε ένα υψηλό ποσοστό ατυχημάτων με μοτοσικλέτες που, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες φθάνει το 45% όλων των ατυχημάτων με θύματα.

γ. Ο μεγάλος αριθμός των πεζών κυρίως λόγω ευνοϊκού κλίματος. Περίπου 30% όλων των νεκρών από οδικά ατυχήματα είναι πεζοί σε σύγκριση με ποσοστά μεταξύ 15-20% που παρατηρούνται σε άλλες βορειότερες ευρωπαϊκές χώρες όπως η Δανία, η Σουηδία και η Ολλανδία.

δ. Η μεγάλη ηλικία και κακή συντήρηση των οχημάτων. Η καθιέρωση κινήτρων για την αντικατάσταση των παλιών αυτοκινήτων με αυτοκίνητα νέας τεχνολογίας επιτάχυνε το ρυθμό απόσυρσης των παλιών και επέδρασε ευνοϊκά στη μέση ηλικία και επομένως και στην ασφάλεια των οχημάτων.

ε. Το μεγάλο ποσοστό των φορτηγών και αγροτικών μηχανημάτων που, λόγω των μικρών τους ταχυτήτων, προκαλούν μεγάλο αριθμό προσπερασμάτων.

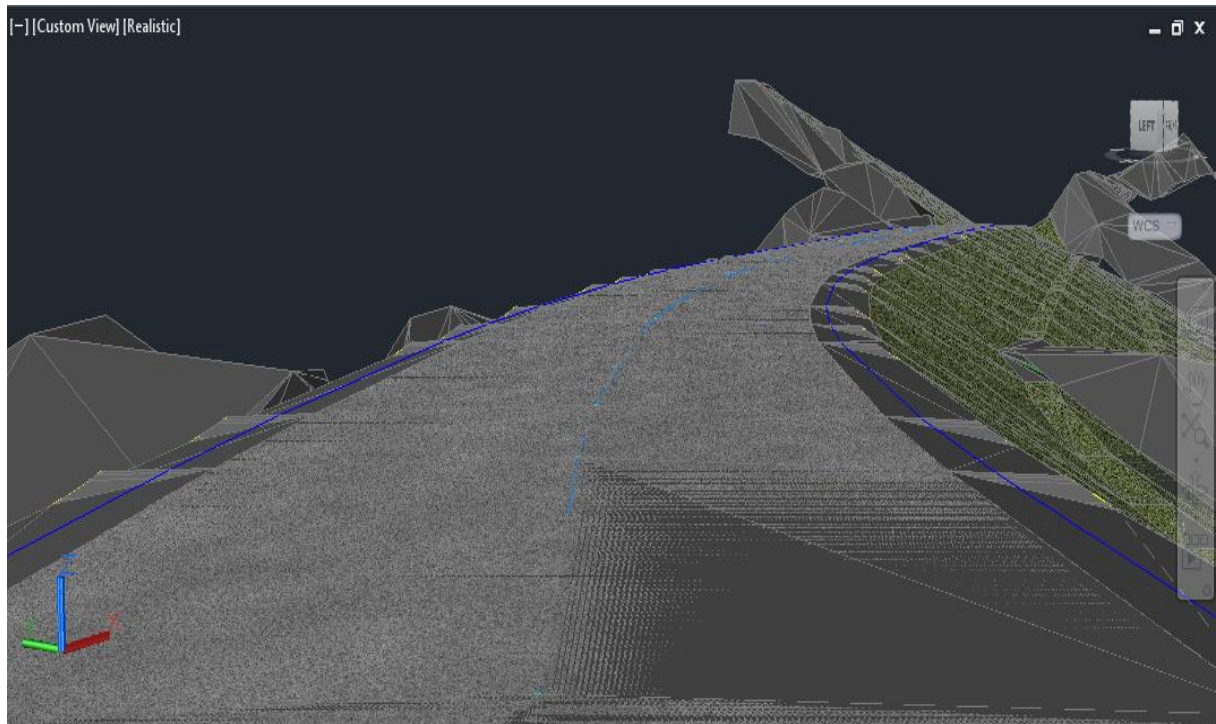
στ. Η μη τήρηση των κανόνων οδικής κυκλοφορίας, συμπεριλαμβανομένης και της χαμηλής χρήσης της ζώνης ασφαλείας στα αυτοκίνητα και του προστατευτικού κράνους στις μοτοσικλέτες.

ζ. Η παρόδια ανάπτυξη χωρίς κατάλληλο έλεγχο των προσβάσεων κατά μήκος των κύριων οδών.

Εδώ και αρκετό καιρό έχει βρεθεί ότι υπάρχει ισχυρός συσχετισμός μεταξύ δυσμενούς γεωμετρίας οδού και εμφάνισης ατυχημάτων. Το πρόβλημα στον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών σχέσεων μεταξύ τροχαίων ατυχημάτων και γεωμετρικού σχεδιασμού έχει μελετηθεί εκτενώς λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του καταστρώματος, καθώς και τα πλευρικά χαρακτηριστικά των οδών.

Ένα σημαντικό ποσοστό αυτών των ερευνών υστερούν, καθώς παρουσιάζουν ουσιώδη μεθοδολογικά προβλήματα. Όμως, από την άλλη πλευρά, η διαθέσιμη τεχνολογία δεν επιτρέπει τη συλλογή συγκεκριμένων δεδομένων με εξαντλητικό και ακριβή τρόπο. Δεδομένων τέτοιων μεθοδολογικών προβλημάτων, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι η σχέση μεταξύ ατυχημάτων και χαρακτηριστικών σχεδιασμού δεν είναι γνωστή με ακρίβεια έως και σήμερα. Ωστόσο βάση μιας εκτεταμένη βρετανικής έρευνας (Sabey και Taylor, 1980) έδειξε ότι σε ποσοστό 65% των μελετηθέντων ατυχημάτων ο ανθρώπινος παράγοντας ήταν το μόνο καθοριστικό αίτιο, ενώ μόλις σε ποσοστό 24% των ατυχημάτων αποδόθηκε τόσο στους χρήστες της οδού όσο και στο οδικό περιβάλλον.

Επιπρόσθετα, κρίνεται απαραίτητο για ορισμένες χώρες να υιοθετήσουν Κανονισμούς Γεωμετρικού Σχεδιασμού που μελετήθηκαν και αναπτύχθηκαν σε άλλες χώρες. Το ερώτημα που προκύπτει όμως είναι αν οι Κανονισμοί αυτοί είναι δυνατόν να προβλέψουν επαρκώς τη συμπεριφορά των οδηγών στη χώρα που τις υιοθέτησε. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η χώρα μας όπου οι κυριότερες αιτίες για τον αυξημένο αριθμό ατυχημάτων, και ιδιαίτερα των νεκρών, είναι τα γ,δ και στ που αναφέρθηκαν παραπάνω και τα οποία επαληθεύουν εν μέρει την διαφορετικότητα των οδηγών σε σχέση με τις χώρες που εστερνιστήκαμε τα “μοντέλα” κατασκευής και χάραξης οδών.



Ορισμός Ταχύτητας V

1.1 Ορισμοί

Παρακάτω αναφέρονται ορισμοί και συνοπτική περιγραφή μερικών μεγεθών που χρησιμοποιούνται στην παρούσα πτυχιακή εργασία, σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Χ. [Ψαριανός, 2001]. Επίσης παρουσιάζονται μεγέθη που χρησιμοποιήθηκαν σε παλαιότερες έρευνες, ώστε αυτές να γίνουν περισσότερο κατανοητές.

1.1.1. Ταχύτητα Νεπιτρ

Η επιτρεπόμενη ταχύτητα Νεπιτρ είναι το τοπικό ή σχετικά ισχύον μέγιστο όριο ταχύτητας. Η επιτρεπόμενη ταχύτητα διαφέρει ανάλογα με την κατηγορία της οδού. Η ταχύτητα αυτή θεωρείται καθοριστική, διότι η ταχύτητα μελέτης, η οποία σχετίζεται άμεσα με τα στοιχεία της μελέτης της οδού, πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση από την επιτρεπόμενη ταχύτητα.

1.1.2. Ταχύτητα μελέτης V_e

Η ταχύτητα μελέτης V_e προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη τα περιβαλλοντικά και οικονομικά κριτήρια, που ανταποκρίνονται στον προβλεπόμενο λειτουργικό χαρακτήρα της οδού, στο οδικό δίκτυο και την επιδιωκόμενη ποιότητα κυκλοφοριακής ροής, με βάση τον λειτουργικό χαρακτήρα της οδού. Στην ταχύτητα μελέτης αντιστοιχούν οριακές και προτεινόμενες τιμές για τα περισσότερα στοιχεία μελέτης καθώς και οι αποδεκτές τιμές για τη συσχέτιση των μεμονωμένων στοιχείων μελέτης. Ειδικότερα για ένα οδικό τμήμα η ταχύτητα μελέτης καθορίζει:

- τις ελάχιστες ακτίνες των οριζόντιων καμπυλών
- τις ελάχιστες παραμέτρους των κλωθειδών
- τις μέγιστες κατά μήκος κλίσεις
- τις ελάχιστες ακτίνες των κυρτών και κοίλων κατακόρυφων καμπυλών.

Σύμφωνα με τους Ελβετικούς Κανονισμούς η ταχύτητα μελέτης είναι η μέγιστη ταχύτητα με την οποία κάθε όχημα μπορεί να κινηθεί σε κάποιο σημείο της οδού με επαρκή ασφάλεια.

Σύμφωνα με τους Ελληνικούς Κανονισμούς(103/1.Ε 60-62) η αντιστοιχία μεταξύ ταχύτητας μελέτης και τύπου οδού φαίνεται στον στον κάτωθι πίνακα :

ΤΥΠΟΣ ΟΔΟΥ	V_e Km/h						
	2 ΛΩΡΙΔΕΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	30	40	50	65	80	100
4 ΛΩΡΙΔΕΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ					80	100	120

Με τον τρόπο αυτό η V_e επηρεάζει, μεταξύ άλλων, αποφασιστικά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ενός οδικού τμήματος, καθώς επίσης το επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού και την οικονομικότητα της.

Γενικό συμπέρασμα

1) Η ταχύτητα μελέτης V_e πρέπει κατά βάση να παραμένει σταθερή για ένα αρκετά μεγάλο μήκος οδού, ώστε τα χαρακτηριστικά του οδικού τμήματος κατά μήκος μιας οδού να μπορούν να γίνουν αντιληπτά από τον οδηγό. Εφόσον κατά μήκος ενός μεγαλύτερου οδικού τμήματος, π.χ λόγω αισθητής μεταβολής της μορφολογίας του εδάφους, απαιτηθεί αλλαγή των χαρακτηριστικών του οδικού τμήματος και επομένως αλλαγή της ταχύτητας μελέτης, τότε θα πρέπει να υπάρξει μια σταδιακή μεταβολή των στοιχείων μελέτης στη μεταβατική περιοχή προσαρμογής, με ταυτόχρονη εξασφάλιση προσεκτικής και αρμονικής σύνδεσης μεταξύ τους.

2) Ο μελετητής πρέπει να εκλέγει την ταχύτητα μελέτης σύμφωνα με την επιθυμία και τις συνήθειες των οδηγών.

Γενικά προτείνεται:

Μεγάλη ταχύτητα:

1. Σε πεδινά εδάφη.
2. Σε μη κατοικημένες περιοχές.
3. Όταν προβλέπεται μεγάλος κυκλοφοριακός όγκος.

Μικρή ταχύτητα:

1. Σε ορεινές περιοχές.
2. Σε κατοικημένες περιοχές.
3. Όταν προβλέπεται μικρός κυκλοφοριακός όγκος.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (V_k) :

Ταχύτητα κυκλοφορίας ονομάζουμε την ταχύτητα, όπου το σύνολο της οδού μπορεί να διανυθεί με ασφάλεια. Έτσι, σε μια οδό ή σε ένα τμήμα της που κατασκευάστηκε με μια ταχύτητα μελέτης (V_e), η ταχύτητα κυκλοφορίας (V_k), κατά μέσο όρο, είναι μικρότερη της (V_e). Η ταχύτητα κυκλοφορίας έχει πάντα ως βάση την ταχύτητα μελέτης της οδού. Ο λόγος της ταχύτητας κυκλοφορίας προς την ταχύτητα μελέτης κυμαίνεται μεταξύ 0,67 και 0,90.

Η αναντιστοιχία μεταξύ ταχύτητας και κυκλοφορίας - μελέτης δίνεται στον παρακάτω πίνακα :

Ve Km/h						
30	40	50	65	80	100	120
Ve Km/h						
28	36	44	55	64	73	80

ΟΔΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΟΜΑΔΑΣ Α

Σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς (RAS-L-1 1984) οι οδοί κατατάσσονται, σε πέντε ομάδες κατηγοριών από Α έως Ε. Ενδεικτικά αναφέρουμε την ομάδα Α. Συνεπώς :

ΟΜΑΔΑ Α: Οι οδοί της ομάδας κατηγοριών Α συνδέουν ευρύτερους χώρους, περιφερειακά διαμερίσματα (νομούς, κοινότητες), διάφορες επιφάνειες (γήπεδα, γαιωτήματα) καθώς και άλλους δευτερεύοντες χώρους, εκτός κατοικημένων περιοχών. Δεν έχουν παρόδια δόμηση και όταν έχουν 2 λωρίδες κυκλοφορίας, αποκτούν εν μέρει μόνο δυνατότητα άμεσης πρόσβασης σε παρόδια οικόπεδα ή κτήματα. Η επιτρεπόμενη μέγιστη ταχύτητα είναι κατά κανόνα, για οδούς 2 λωρίδων κυκλοφορίας, 100 km/h ενώ για τις οδούς με διαχωρισμένα οδοστρώματα είναι απεριόριστη. Στον παρακάτω πίνακα διακρίνουμε τις κατηγορίες οδών της ομάδας Α.

ΟΜΑΔΑ Α	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΟΔΩΝ	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ	Ve (km/h)
Οδοί χωρίς παρόδια δόμηση, εκτός κατοικημένων περιοχών με καθοριστική λειτουργία σύνδεσης.	A 1 Σύνδεση ευρύτερων περιοχών της χώρας	Καμία , ≤100 (120)	Διαχωρισμένο Ενιαίο	120 100 100 90 (80)
	A 2 Σύνδεση περιοχών της χώρας	Καμία (≤100) ≤100	Διαχωρισμένο Ενιαίο	100 90 (80) 90 80 (70)
	A 3 Σύνδεση οικιστικών περιοχών	≤100 ≤100	Διαχωρισμένο Ενιαίο	(90) 80 70 80 70 60
	A 4 Σύνδεση εκτάσεων	≤100 ≤100	Ενιαίο	70 60 (50)
	A 5 Δευτερεύουσα Σύνδεση	≤100	Ενιαίο	50 (καμία)
	A 6 Αγροτικές Οδοί	≤100	Ενιαίο	καμία

1.1.3. Λειτουργική ταχύτητα V85

Η λειτουργική ταχύτητα V85 είναι ένα μέγεθος που χρησιμοποιείται στο γεωμετρικό σχεδιασμό μεμονωμένων στοιχείων μελέτης της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής και της διατομής και έχει άμεση σχέση με τη δυναμική της κίνησης των οχημάτων. Στις οδούς της ομάδας A (υπεραστικές οδοί με βασική λειτουργία τη σύνδεση) η ταχύτητα V85 αντιστοιχεί στην ταχύτητα, με την οποία θα κινηθεί ανεμπόδιστα το 85% των επιβατηγών οχημάτων σε καθαρό και υγρό οδόστρωμα. Με την ταχύτητα V85 καθορίζονται:

- οι επικλίσεις στις οριζόντιες καμπύλες
- τα απαιτούμενα μήκη ορατότητας για στάση και κατά συνέπεια οι ακτίνες των κυρτών κατακόρυφων καμπυλών
- τα απαιτούμενα μήκη ορατότητας για προσπέραση
- οι ελάχιστες οριζόντιες ακτίνες σε περίπτωση εφαρμογής αρνητικής επίκλισης
- τα στοιχεία για την απορροή των όμβριων .

Η ταχύτητα V85 μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού και χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της ποιότητας σχεδιασμού των οδικών τμημάτων όσον αφορά την ασφάλεια.

Αναφορικά με τη μέτρηση της ταχύτητας V85 σε υγρά οδοστρώματα, σχετικές έρευνες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η ταχύτητα V85 σε στεγνό οδόστρωμα, δε διαφέρει ουσιαστικά από την ταχύτητα V85 σε υγρό οδόστρωμα, εφόσον η ένταση της βροχής είναι τέτοια, ώστε το μήκος ορατότητας των οδηγών να είναι τουλάχιστον ίσο με 150 m. Αυτό σημαίνει ότι η ταχύτητα V85 που αναφέρεται στην κρίσιμη περίπτωση του υγρού οδοστρώματος, ισχύει τόσο σε υγρά όσο και σε στεγνά οδοστρώματα.

Σύμφωνα με τους Ελληνικούς Κανονισμούς, η ταχύτητα V85 για τις οδούς ομάδας A με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, περίπτωση στην οποία υπάγονται οι υπό μελέτη καμπύλες, είναι συνάρτηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού. Η V85 προσδιορίζεται για κάθε μεμονωμένο γεωμετρικό στοιχείο (καμπύλη ή ευθυγραμμία) καθώς επίσης και για ένα οδικό τμήμα με ενιαία χαρακτηριστικά.

Οι καθοριστικοί παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την τιμή της ταχύτητας V85 είναι η ελικτότητα (το τεταμένο) KE της μεμονωμένης καμπύλης και το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας b. Η ταχύτητα V85 υπολογίζεται χωριστά για κάθε μία καμπύλη χάραξης της οδού ως συνάρτηση της τιμής της ελικτότητας KE της κάθε μεμονωμένης καμπύλης, καθώς επίσης και για κάθε “Ανεξάρτητη Ευθυγραμμία” (KE = 0 gon/km). Η ταχύτητα V85 σε οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας της ομάδας A προσδιορίζεται ως η μέση τιμή των ταχυτήτων και για τις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας, σε συνάρτηση με το τεταμένο της καμπύλης ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του οδικού τμήματος (κατά μήκος κλίση, μήκος εφαρμογής της κλίσης και πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας).

Σύμφωνα με τους Γερμανικούς Κανονισμούς(1984), η ταχύτητα V85 προσδιορίζεται κατά τμήματα, ως εξής:

-Σε οδούς της ομάδας κατηγοριών A με δυο διαχωρισμένα οδοστρώματα δεν υπάρχουν, ιδιαίτερα όσον αφορά στις κατώτερες ταχύτητες μελέτης, τεκμηριωμένες γνώσεις σχετικά με την αλληλεξάρτηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού και της ταχύτητας κυκλοφορίας. Η ταχύτητα V85 θα υπολογίζεται κατά συνέπεια, προσωρινά γι'αυτές τις κατηγορίες των οδών, ως εξής:

$$V85=V_e+10 \text{ Km/h} \quad \text{για } V_{\mu} \geq 100 \text{ Km/h}$$

$$V85=V_e+20 \text{ Km/h} \quad \text{για } V_{\mu} < 100$$

-Σε οδούς της ομάδας κατηγοριών A με μη διαχωριζόμενο οδόστρωμα, η ταχύτητα V85 θα εκτιμάται με βάση την ελικτότητα και το πλάτος της οδού.

-Σε οδούς των ομάδων κατηγοριών B και C, θα λαμβάνεται η ταχύτητα V85 ίση με την επιτρεπόμενη μέγιστη ταχύτητα: $V85=V_{\text{επιτρ}}$.

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας των κατηγοριών των ομάδων B και C:

ΟΜΑΔΑ ΟΔΩΝ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΟΔΩΝ	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ	Ve (km/h)
B Οδοί χωρίς παρόδια δόμηση, προς ή εντός κατοικημένων περιοχών με καθοριστική λειτουργία σύνδεσης	B2 Αστικός αυτοκινητόδρομος	≤ 80	Διαχωρισμένο	80 70 (60)
	B3 Αρτηρία	≤ 70 ≤ 70	Διαχωρισμένο Ενιαίο	70 60 (50) 70 60 (50)
	B4 Κύρια συλλέκτρια οδός	≤ 60	Ενιαίο	60 50
C Οδοί με παρόδια δόμηση εντός κατοικημένων περιοχών με καθοριστική λειτουργία πρόσβασης	C3 Αρτηρία	50 (≤ 70) 50 (≤ 60)	Διαχωρισμένο Ενιαίο	70 (60) 50 (40) (60) 50 (40)
	C4 Κύρια συλλέκτρια οδός	≤ 50	Ενιαίο	50 (40)

Στις οδούς της ομάδας κατηγοριών A, με μη διαχωριζόμενο οδόστρωμα, οι αναμενόμενες ταχύτητες V85 είναι συνάρτηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού. Οι καθοριστικοί παράγοντες, που επηρεάζουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά μιας οδού είναι η ελικτότητα και το πλάτος του οδοστρώματος. Ως ελικτότητα ορίζεται το πηλίκο του αθροίσματος των απόλυτων τιμών των γωνιών διεύθυνσης του άξονα της οδού προς το συνολικό μήκος της οδού. Η προς εξέταση οδός πρέπει να χωρίζεται σε οδικά τμήματα με όμοια ελικτότητα. Η ταχύτητα μελέτης Ve και η ταχύτητα V85 πρέπει να έχουν μια εξισορροπημένη σχέση μεταξύ τους. Θα πρέπει επομένως να επιδιώκεται ώστε τα χαρακτηριστικά του οδικού τμήματος και η συμπεριφορά των οδηγών κατά την οδήγηση του οχήματος, να είναι μεταξύ τους εναρμονισμένα.

Η ταχύτητα V85 δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την ταχύτητα μελέτης περισσότερο από 20Km/h. Αν ισχύει: $V85 - V_e > 20 \text{ Km/h}$, Τότε θα πρέπει, είτε να αυξηθεί η ταχύτητα μελέτης V_e του τμήματος της οδού, είτε να μειωθεί με κατάλληλες επεμβάσεις η αναμενόμενη ταχύτητα V85. Στην περίπτωση που σε διαδοχικά τμήματα μιας οδού, οι υπολογισθείσες ταχύτητες V85 διαφέρουν περισσότερο από 10 Km/h, πρέπει να εξετάζεται αν μπορούν να προσαρμοστούν μεταξύ τους οι τιμές ταχυτήτων των δύο τμημάτων ή αν μέσω ενός επιπλέον τμήματος συναρμογής μπορεί να εξασφαλισθεί η σταδιακή μεταβολή από τη μία περιοχή ταχυτήτων στην άλλη. Κατά την ανακατασκευή τμημάτων υπάρχουσών οδών πρέπει να δίνεται προσοχή στα στοιχεία μελέτης των προς σύνδεση οδικών τμημάτων. Στην περίπτωση εμφανών διαφορών στα χαρακτηριστικά του οδικού τμήματος, πρέπει τα τμήματα συναρμογής να διαμορφώνονται με ιδιαίτερη επιμέλεια.

1.1.4. Βαθμός καμπύλης (D)

Ως βαθμός καμπύλης ή βαθμός καμπυλότητας μιας καμπύλης ορίζεται η γωνία ϕ που αντιστοιχεί σε τόξο καμπύλης ίσο με 100 ft (1ft=0.3048m) και μετριέται σε μοίρες / μέτρο [AASHTO, 1984].

Στο κυκλικό τόξο ο βαθμός καμπύλης δίνεται από τη σχέση:

$$D = 30.48 \cdot \frac{360}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

όπου:

D [°/m] = βαθμός της καμπύλης (μοίρες / 30.48 m.),

π = 3.14,

R [m] = η ακτίνα της καμπύλης.

Σχήμα 1.1



IV ΚΛΩΘΟΕΙΔΗΣ ΚΑΙ ΚΥΒΙΚΗ ΠΑΡΑΒΟΛΗ

Σ' αυτή την παράγραφο θα αναφερθούμε στις ομοιότητες και τις διαφορές μεταξύ της κλωθοειδούς και της κυβικής παραβολής. Πρωτού όμως αρχίσουμε μια ενδελεχότερη ανάλυση των διαφορών θα αναφέρουμε "δύο" πράγματα σχετικά με τις προαναφερθείσες καμπύλες.

Η κλωθοειδής είναι η καμπύλη που χρησιμοποιείται κατά τη μετάβαση από ευθυγραμμία σε κυκλικό τόξο και αντίστροφα αλλά και για τη συναρμογή δύο ομόροπων κυκλικών τόξων διαφορετικών ακτίνων, με τη χρήση της επιτυγχάνεται η μετάβαση από μία καμπυλότητα σε μία άλλη και πιο συγκεκριμένα η συνεχής γραμμική μεταβολή της φυγόκεντρης επιτάχυνσης. Γνωρίζοντας ότι η κλωθοειδής έχει την ιδιότητα της γραμμικής μεταβολής της καμπυλότητάς της σε σχέση με το μήκος της ,εκφράζεται από την σχέση:

$$RL = A^2 \quad (1)$$

που είναι η εξίσωση της κλωθοειδούς (Γιώτης 1990) και δείχνει ότι σε οποιοδήποτε σημείο της, το γινόμενο της απόστασής της από την αρχή (L) επί την ακτίνα της καμπυλότητας σε εκείνη τη θέση (R) είναι σταθερό και ίσο με το τετράγωνο της παραμέτρου (A) που την χαρακτηρίζει. Στην διαδικασία επίλυσης της σχέσης (1) προκύπτει ότι η γωνία εκτροπής τ (Σχ. 1) δίνεται από τη σχέση:

$$t = \frac{1^2}{2A^2} \quad (2)$$

και οι συντεταγμένες οποιουδήποτε σημείου της, που απέχει απόσταση 1 από την αρχή της (Lamm 1999) από τις παρακάτω:

$$x = 1 - \frac{1^4}{40A^4} + \frac{1^9}{3456A^8} - \frac{1^{13}}{599040A^{12}} + \dots \quad (3)$$

$$y = \frac{1^3}{6A^2} - \frac{1^7}{336A^6} + \frac{1^{11}}{42240A^{10}} - \dots \quad (4)$$

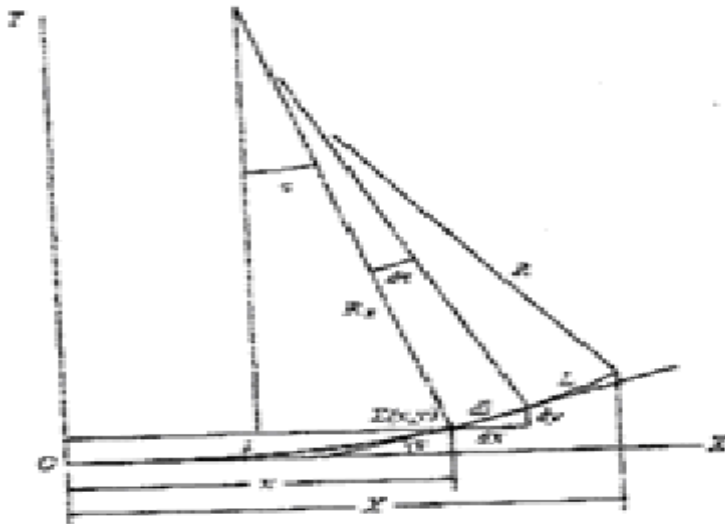
Χρησιμοποιώντας μόνο τους πρώτους όρους των σχέσεων (3) και (4) προκύπτει μία προσέγγιση της κλωθοειδούς που ονομάζεται κυβική παραβολή και εκφράζεται από τη σχέση:

$$y = \frac{x^3}{6A^2} \quad (5)$$

η οποία είναι περισσότερο γνωστή με την παρακάτω μορφή:

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

όπου R είναι η ακτίνα του κύκλου που συναρμόζει στο τέλος της κυβικής παραβολής μήκους L και X η παραβολή της στον άξονα x. Να σημειωθεί ότι συνηθίζεται η χρήση της σχέσης (6) αντί (5), γιατί στην κυβική παραβολή δεν ορίζεται μέγεθος ανάλογο της παραμέτρου A της κλωθοειδούς. Από τις σχέσεις (5), (6) μπορούμε να υπολογίσουμε τη γωνία τ για την περίπτωση της κυβικής παραβολής χρησιμοποιώντας τη σχέση:



Σχήμα 1. Καμπύλη συναρμογής

ΣΧΗΜΑ 1 ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ

$$\tan t = \frac{dy}{dx} = \frac{x^2}{2A^2} = \frac{x^2}{2RX} \quad (7)$$

Το μήκος L της κυβικής παραβολής θεωρείται ότι είναι ίσο με την παραβολή X στον άξονα x. Αυτή είναι μια προσέγγιση που τις περισσότερες φορές είναι ικανοποιητική. Για τον υπολογισμό του πραγματικού μήκους L πάνω στην κυβική παραβολή (Προφυλλίδης 1994. Πυργίδης 1994) χρησιμοποιείται η σχέση:

$$L = X \left[1 + \frac{1}{10} \left(\frac{X}{2R} \right)^2 \right] \quad (8)$$

Αυτή προκύπτει ακολουθώντας την πιο κάτω διαδικασία. Από το σχήμα 1 προκύπτει:

$$dI = \frac{dx}{\cos t} \quad (9)$$

Που με τη χρήση της:

$$\frac{I}{\cos t} = \sqrt{1 + \tan^2 t} \quad (10)$$

Και της (7) γίνεται:

$$dI = \sqrt{1 + \frac{x^4}{4A^4}} dx \quad (11)$$

Αναλύοντας την σε σειρά Taylor έχουμε την:

$$dI = \left\{ 1 + \frac{x^4}{8,4} - \frac{x^8}{128,4^8} + \dots \right\} dx \quad (12)$$

που ολοκληρώνοντας την προκύπτει για το τελικό μήκος της κυβικής παραβολής ($x = X$) η σχέση:

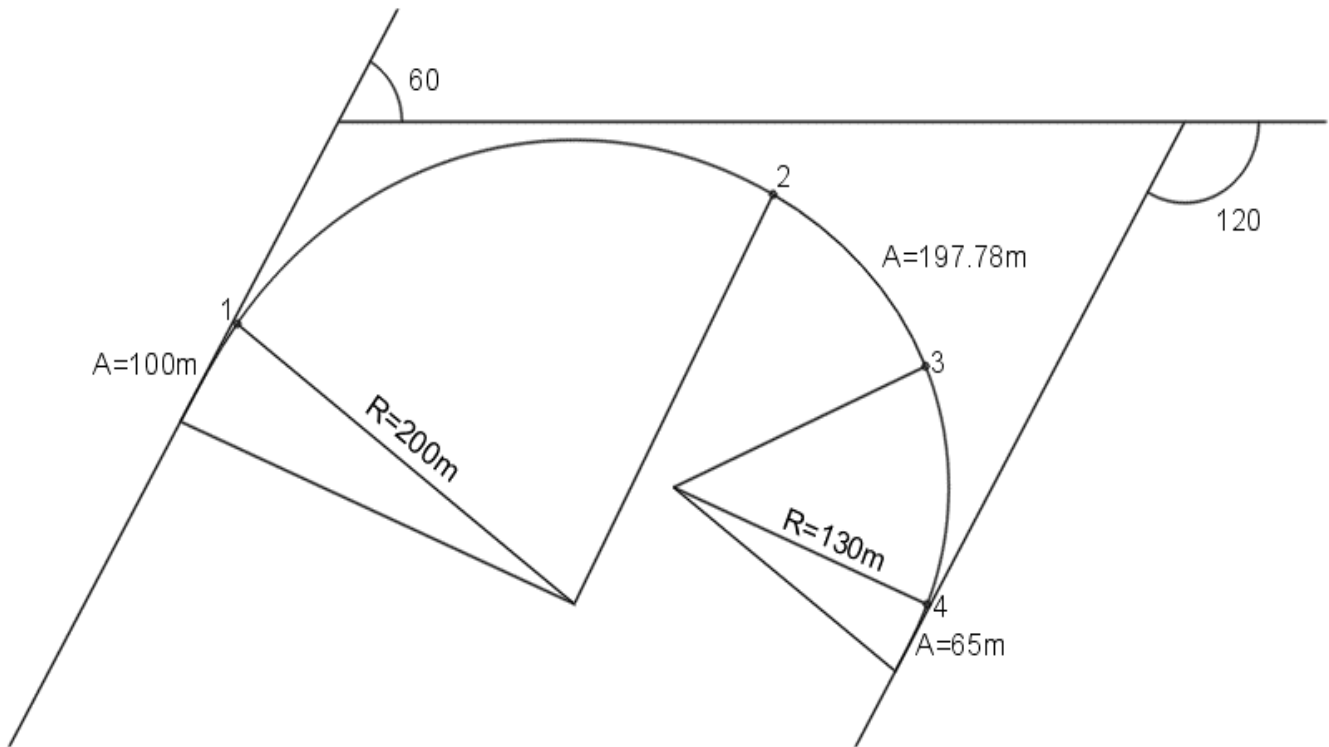
$$L = X \left\{ 1 + \frac{1}{10} \left(\frac{X}{2R} \right)^2 - \frac{1}{72} \left(\frac{X}{2R} \right)^4 + \dots \right\} \quad (13)$$

η οποία αν θεωρηθούν σημαντικοί μόνο οι δύο πρώτοι όροι της συμπίπτει με τη σχέση (8).

Ωστόσο πρέπει να αναφέρουμε ότι για μη τυπικές εφαρμογές της κλωθοειδούς διαφοροποιούνται κάποια πράγματα. Πιο συγκεκριμένα, όταν η κλωθοειδής χρησιμοποιείται με τη μορφή της ωοειδούς, σαν καμπύλη συναρμογής μεταξύ δύο ομόροπων κυκλικών τόξων, υπάρχουν περιπτώσεις που η παράμετρος της ωοειδούς A είναι μεγαλύτερη από την ακτίνα του ενός κυκλικού τόξου άρα το συνολικό μήκος κλωθοειδούς L είναι μεγαλύτερο από την παράμετρο A .

Μία τέτοια περίπτωση θα “δωθει” μέσα από ένα παράδειγμα χάραξης με τη χρήση ωειδούς. Στο Σχήμα 2 φαίνονται δύο διαδοχικά κυκλικά τόξα ακτινών $R_1=200\text{m}$ και $R_2=130\text{m}$ μεταξύ των οποίων μεσολαβεί μία ωειδής καμπύλη με παράμετρο $A=197.78\text{m}$. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στη μοναδική λύση τόξου συναρμογής μεταξύ των δύο κυκλικών τόξων αν θεωρήσουμε δεδομένη την πολυγωνική της χάραξης.

Σχήμα 2:



Πριν το πρώτο κυκλικό τόξο έχουμε κλωθοειδή εισόδου με παράμετρο $A=100m$ και μετά το δεύτερο κυκλικό τόξο κλωθοειδή εξόδου με παράμετρο $A=65m$. Οι τιμές της παραμέτρου που επιλέχθηκαν για τις εκατέρωθεν κλωθοειδείς είναι τέτοιες ώστε να προκύπτουν μικρά σχετικά μήκη κλωθοειδούς και στους σχετικούς πίνακες να είναι εμφανής η διαφορά, ανάμεσα σε τυπικές και μη τυπικές εφαρμογές, όσον αφορά στην ακρίβεια των υπολογισμών με τη χρήση των δύο πρώτων όρων.

Έχουν επιλεγεί μερικά χαρακτηριστικά σημεία πάνω στον άξονα, αυτά που σημειώνονται με τους αριθμούς 1-4, για τα οποία θα υπολογιστούν τα x , y της κλωθοειδούς. Στον Πίνακα 3 φαίνονται αναλυτικά οι τιμές των όρων, των οποίων το αλγεβρικό άθροισμα είναι η τιμή της τετμημένης x . Σε κάθε στήλη φαίνονται οι όροι που αντιστοιχούν στο κάθε χαρακτηριστικό σημείο του άξονα.

<i>Πίνακας 3. Υπολογισμός επιμέρους ότων τετμημένης x</i>				
Όρος(n)	Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4
0	50.000000	195.580000	300.900000	32.5000
1	-0.078120	-4.675550	-40.301522	-0.0507
2	0.000056	0.051747	2.499004	0.0000
3	-0.000000	-0.000285	-0.077240	-0.0000
4	0.000000	0.000001	0.001413	0.0000
5	-0.000000	-0.000000	-0.000017	-0.0000

Βλέπουμε ότι για τα σημεία 1 και 4, εκατέρωθεν κλωθοειδείς με μικρά σχετικά μήκη, αρκούν οι δύο πρώτοι όροι για τον υπολογισμό της προβολής τους x πάνω στην πολυγωνική. Για το σημείο 2 είναι υπολογίσιμος και ο τρίτος όρος ενώ για το σημείο 3 αυτός είναι πολύ σημαντικός και είναι υπολογίσιμος και ο τέταρτος.

Στον Πίνακα 4 φαίνονται αναλυτικά οι τιμές των όρων των οποίων το αλγεβρικό άθροισμα είναι η τιμή της τεταγμένης y . Σε κάθε στήλη φαίνονται οι όροι που αντιστοιχούν στο κάθε χαρακτηριστικό σημείο, από τα 1- 4, του άξονα.

<i>Πίνακας 4. Υπολογισμός επιμέρους όρων τεταγμένης y</i>				
Όρος(n)	Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4
0	2.083333	31.875524	116.078174	1.35416
1	-0.002325	-0.544299	-11.105083	-0.00151
2	0.000001	0.004140	0.473256	0.000000
3	-0.000000	-0.000017	-0.011067	-0.000000
4	0.000000	0.000000	0.000163	0.000000
5	-0.000000	--0.000000	-0.000002	-0.000000

Βλέπουμε ότι για τα σημεία 1 και 4, εκατέρωθεν κλωθοειδείς με μικρά σχετικά μήκη, αρκεί ίσως και ο πρώτος μόνο όρος για τον υπολογισμό της απόστασής τους y από την πολυγωνική. Για το σημείο 2 αρκούν οι δύο πρώτοι όροι και είναι οριακά αμελητέος ο τρίτος όρος ενώ για το σημείο 3 αυτός είναι πολύ σημαντικός και είναι σχετικά υπολογίσιμος και ο τέταρτος.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κλωθοειδής είναι το τόξο συναρμογής στο οποίο η καμπυλότητα μεταβάλλεται γραμμικά με το μήκος. Αυτό το βασικό χαρακτηριστικό της την κάνει κατάλληλη για τη συναρμογή της μηδενικής καμπυλότητας της ευθυγραμμίας με τη σταθερή καμπυλότητα του κυκλικού τόξου ή ακόμη για τη συναρμογή δύο ομόροπων κυκλικών τόξων διαφορετικών ακτίμων.

Η επίλυση της εξίσωσης της κλωθοειδούς οδηγεί σε δύο σειρές που δίνουν τις τιμές της τετμημένης και της τεταγμένης συναρτήσεως του μήκους. Οι σχετικοί πίνακες και οι αναδρομικές σχέσεις βοηθούν στον εύκολο υπολογισμό οσωνδήποτε όρων αυτών των σειρών.

Στις συνηθισμένες περιπτώσεις, όπου επιλέγεται παράμετρος κλωθοειδούς αρκετά μικρότερη από την ακτίνα του κυκλικού τόξου, αρκούν για ικανοποιητική ακρίβεια μόνο οι δύο πρώτοι όροι της σειράς για την τετμημένη και μόνο ο πρώτος της αντίστοιχης σειράς για την τεταγμένη.

Υπάρχουν περιπτώσεις που για τον ακριβή υπολογισμό των συντεταγμένων των σημείων της κλωθοειδούς επιβάλλεται να χρησιμοποιηθούν περισσότεροι όροι. Όταν τμήμα της κλωθοειδούς χρησιμοποιείται σαν καμπύλη συναρμογής μεταξύ δύο ομόροπων κυκλικών τόξων, με τη μορφή της ωειδούς, υπάρχουν περιπτώσεις που η παράμετρος της ωειδούς πλησιάζει ή είναι και μεγαλύτερη από την ακτίνα του ενός κυκλικού τόξου. Τότε απαιτείται η χρήση περισσότερων όρων για τον ακριβή υπολογισμό των συντεταγμένων, όπως υποδεικνύουν και οι σχετικοί πίνακες.

Υ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΒΙΚΗΣ ΠΑΡΑΒΟΛΗΣ

Η κυβική παραβολή σαν μία πολύ απλή σχέση χρησιμοποιήθηκε σαν τόξο συναρμογής στην Σιδηροδρομική και χρησιμοποιείται και σήμερα με δύο διαφορετικές μορφές. Η ίδια σχέση με την (6) μπορεί να προκύψει ξεκινώντας από την γενική εξίσωση της κυβικής παραβολής;

$$y = kx^2 \quad (14)$$

Θεωρώντας ότι το μήκος της καμπύλης είναι κατά προσέγγιση ίσο με την τετμημένη x και τη δεύτερη παράγωγος της καμπύλης ισούται με την καμπυλότητα (Esveld 2001) εφαρμόζεται οριακή συνθήκη σε απόσταση L από την αρχή της (με αντίστοιχη προβολή X). Προκύπτει ότι για να συναρμόζει η κυβική παραβολή με κύκλο ακτίνας R πρέπει η καμπυλότητά της σε εκείνη τη θέση να είναι η ίδια με αυτή του κύκλου, όπως φαίνεται στην παρακάτω σχέση;

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = 6kX = \frac{1}{R} \Rightarrow k = \frac{1}{6RX} \quad (15)$$

από την οποία προκύπτει η τιμή του k αν τεθεί στην (14) προκύπτει η (6). Η σχέση αυτή δίνει την τεταμένη y οποιουδήποτε σημείου της κυβικής παραβολής συναρτήσει της προβολής του άξονα x και προκύπτει κάνοντας την παραδοχή $X=L$, η οποία για μικρά x σε σχέση με την ακτίνα R είναι αποδεκτή. Για μεγαλύτερα μήκη ($L > R/3.5$) προτείνεται (Προφυλλίδης 1994, Πυργίδης 1994) η χρήση μιας διαφορετικής μορφής της κυβικής παραβολής, η οποία περιγράφεται από την εξίσωση;

$$y = \frac{x^3}{6RX} \left(1 + \left(\frac{X}{2R} \right)^2 \right)^{3/2} \quad (16)$$

όπου X η προβολή όλης της καμπύλης στον άξονα x . Αυτή προκύπτει χωρίς τις παραδοχές που έγιναν για την απλή κυβική παραβολή και μπορεί να λειτουργήσει σωστά σαν καμπύλη συναρμογής για μεγάλες τιμές του λόγου X/R . Πιο συγκεκριμένα η δεύτερη παράγωγος οποιασδήποτε συνάρτησης της μορφής $y=f(x)$ με τη βοήθεια του Σχήματος 1 γράφεται:

$$\frac{d^2 x}{dx^2} = \frac{d(\tan t)}{dx} = \frac{1}{\cos^2 t} \frac{dt}{dx} = \frac{1}{\cos^2 t} \frac{dt}{\cos t dl} = \frac{1}{\cos^3 t} \frac{1}{R} \quad (17)$$

και εφαρμόζοντας την οριακή συνθήκη στην κυβική παραβολή για το σημείο ($x = X$) προκύπτει:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = 6kX = \frac{1}{R \cos^3 t_4} \Rightarrow k = \frac{1}{6RX \cos^3 t_c} \text{ όπου } t_4 = t(c = X) \quad (18)$$

Από τη σχέση (18), που είναι διαφορετική διατύπωση της (15), προκύπτει η παρακάτω μορφή της κυβικής παραβολής :

$$y = \frac{x^3}{6RX \cos^2 t_x} \quad (19)$$

Η σχέση (19), η οποία γράφεται και με τη μορφή της (16), δεν στηρίζεται σε καμία παραδοχή και προτείνεται σαν κατάλληλη (N.K.E.Γ. 2000) για τόξο συναρμογής μεγάλου μήκους. Αυτή όμως η σχέση εξαρτά την εξέλιξη όλης της καμπύλης από τη γωνία τα στο τέλος της όπως φαίνεται από την σχέση (19), ή από το συνολικό μήκος της και από την ακτίνα στην οποία καταλήγει όπως προκύπτει από την σχέση (16). Δηλαδή ενώ η απλή κυβική παραβολή εξαρτάται μόνο από το γινόμενο RX , που ουσιαστικά παίζει το ρόλο της παραμέτρου A της κλωθοειδούς, η κυβική παραβολή των σχέσεων (16), (19) εξαρτάται και χωριστά από τα R και X .

VI ΝΕΑ ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ

Χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία υπολογισμού της κλωθοειδούς θα υπολογιστεί μια άλλη καμπύλη συναρμογής της οποίας η πρώτη προσέγγιση είναι η απλή κυβική παραβολή, χωρίς όμως την παραδοχή ότι το μήκος L είναι ίσο με την παραβολή X .

Χρησιμοποιείται σαν βάση μια σχέση ανάλογη της (1) ορίζοντας μιας παράμετρο A ανάλογη αυτής που χρησιμοποιείται στην κλωθοειδή. Η καμπύλη αυτή θα ονομάζεται πιο κάτω Συμμετρικά Προβαλλόμενη Καμπύλη Συναρμογής και για συντομία με τα αρχικά SPTC (Symmetrical Projected Transition Curve). Η παρακάτω ανάλυση θα βασιστεί στη σχέση;

$$RX = R_x x = A^2 \quad (20)$$

όπου R η ακτίνα καμπυλότητας στο τέλος της καμπύλης και X η προβολή της στον άξονα x . Αναφερόμενοι στο Σχήμα 1 έχουμε τη σχέση;

$$dx = dl \cos t = R_x dt \cos t \quad (21)$$

η οποία χρησιμοποιώντας τη σχέση (20) μας δίνει την

$$dx = \frac{A^2}{x} \cos t dt \Rightarrow x dx = A^2 \cos t dt \quad (22)$$

και με ολοκλήρωση

$$\int x dx = A^2 \int \cos t dt + C \Rightarrow \frac{x^2}{2} = A^2 \sin t + C \quad (23)$$

Στην αρχή όμως της καμπύλης συναρμογής έχουμε $x=0$ και $t_a=0$, τότε η γωνία t_a (σε rad) εκφράζεται με τη σχέση;

$$\sin t = \frac{c^2}{2A^2} = \frac{c}{2R_x} \quad (24)$$

η οποία είναι ανάλογη της (2) και της (7) και εκφράζει τη γωνία t συναρτήσει της προβολής ενδιάμεσου σημείου της καμπύλης στον άξονα x και της παραμέτρου A ή της ακτίνας καμπυλότητας R σ' εκείνο το σημείο.

$$dy = \tan t dx = \frac{\sin t}{\sqrt{1 - \sin^2 t}} \quad (25)$$

η οποία βάσει της (24) και μετά από ολοκλήρωση των δύο μελών γίνεται;

$$y = \int_0^x \frac{\frac{x^2}{2A^2}}{\sqrt{1 - \frac{x^4}{4A^4}}} dx \quad (26)$$

Για την επίλυση του ολοκληρώματος γίνεται ανάλυση σε σειρά Taylor (Ελίου 2004) και μετά την ολοκλήρωση προκύπτει η σειρά;

$$y = \sum_{i=0}^p \frac{c_i}{4i+3} \quad \text{όπου } c_1 = c_{14} \frac{2i-1x^4}{2i4A^i} \text{ και } c_0 = \frac{x^3}{2A^2} \quad (27)$$

της οποίας παρατίθεται ενδεικτικά οι τέσσερις πρώτοι όροι;

$$y = \frac{x^3}{2A^2} \left(\frac{1}{3} + \frac{1x^4}{56A^4} + \frac{3x^8}{1408A^8} + \frac{1x^{12}}{3072A^{12}} + \dots \right) \quad (28)$$

Για τον υπολογισμό του μήκους πάνω στην καμπύλη ξεκινώντας από τη σχέση(9) και χρησιμοποιώντας την παρακάτω;

$$\cos t = \sqrt{1 - \sin^2 t} = \sqrt{1 - \frac{x^4}{4A^4}} \quad (29)$$

καταλήγουμε στην

$$1 = \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{1 - \frac{x^4}{4A^4}}} \quad (30)$$

της οποίας η λύση (Ελίου 2004) είναι;

$$1 = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{b_i}{4i+1} \text{ όπου } b_i = b_{i-1} \frac{2i-1x^4}{2i4A^4} \text{ και } b_0=x \quad (31)$$

και οι τέσσερις πρώτοι όροι:

$$1 = x \left(1 + \frac{1}{10} \left(\frac{x^2}{2A^2} \right)^2 + \frac{1}{24} \left(\frac{x^2}{2A^2} \right)^4 + \frac{5}{208} \left(\frac{x^2}{2A^2} \right)^6 + \dots \right) \quad (32)$$

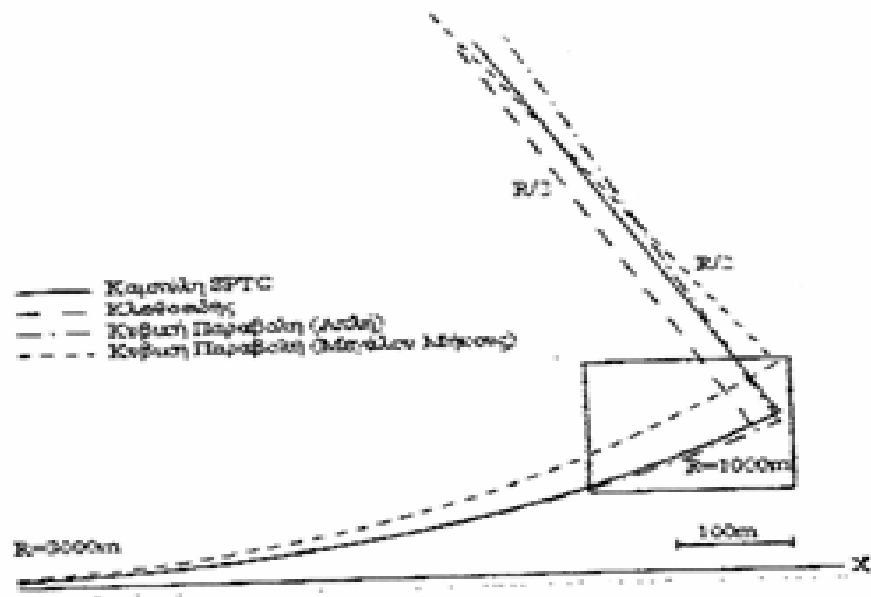
Ενώ για το συνολικό μήκος θα ισχύει:

$$L = X \left[1 + \frac{1}{10} \left(\frac{X}{2R} \right)^2 + \frac{1}{24} \left(\frac{X}{2R} \right)^4 + \frac{5}{208} \left(\frac{X}{2R} \right)^6 + \dots \right] \quad (33)$$

που είναι η σχέση η ανάλογη της (13).

VII ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ

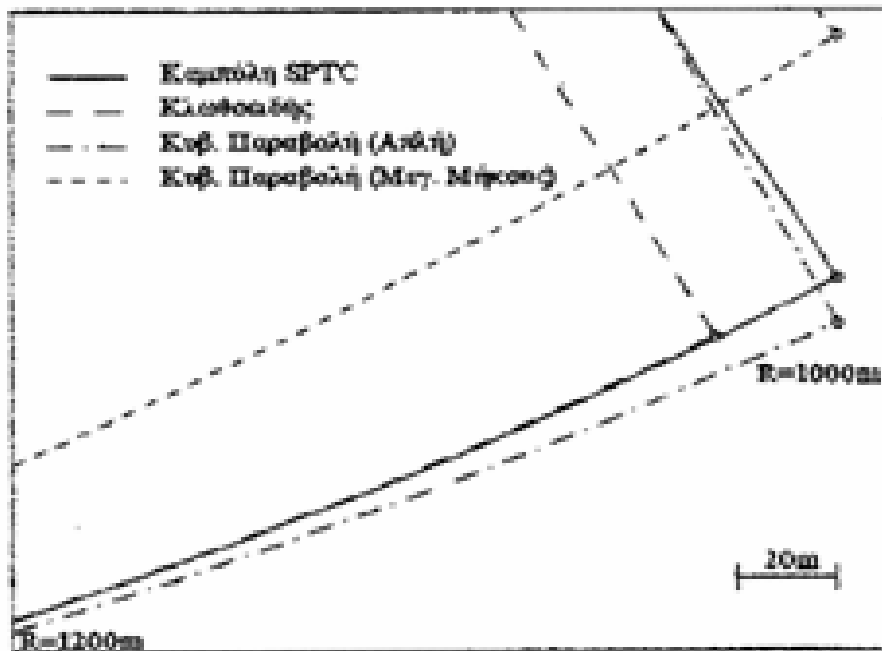
Με τη χρήση των σχέσεων των προηγούμενων παραγράφων υπολογίστηκαν οι καμπύλες συναρμογής, των οποίων τμήματα φαίνονται στο Σχήμα 2. Για τη γραφική παράστασή τους χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Anadelta Tessera το οποίο περιλαμβάνει τις συζητούμενες σ' αυτή την εργασία καμπύλες. Όλες οι καμπύλες καταλήγουν σε ακτίνα καμπυλότητας R=1000m.



Σχήμα 2. Τμήματα καμπυλών συναρμογής

2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Βόλος, 18-20 Μαΐου 2005

ΣΧΗΜΑ 2. ΤΜΗΜΑΤΑ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ



Σχήμα 3. Λεπτομέρεια τελευταίου τμήματος καμπυλών συναρμογής

ΣΧΗΜΑ 3. ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ

Η καμπύλη SPTC του Σχήματος 2 έχει παράμετρο $A=1000m$ και συνεπώς προβολή $X=1000m$, η κλωθοειδής την ίδια παράμετρο και συνολικό μήκος $L=1000m$ ενώ οι δύο κυβικές παραβολές έχουν προβολή $X=1000m$. Επιλέχθηκε για εμφάνιση μόνο το τελευταίο τμήμα της κάθε καμπύλης που αντιστοιχεί σε ακτίνα καμπυλότητας $R \leq 3000$, ώστε να αναδειχθούν κάπως οι διαφορές μεταξύ των καμπύλων. Είναι εμφανής η απόκλιση της κυβικής παραβολής μεγάλου μήκους από τις υπόλοιπες. Η απόκλιση αυτή είναι σημαντική για μεγάλα μήκη.

Οι ομοιότητες και οι διαφορές μεταξύ των τριών πρώτων καμπύλων γίνονται περισσότερο εμφανείς στο Σχήμα 3 (ακτίνες $R \leq 1200m$). Από αυτό φαίνεται ότι η συμμετρικά προβαλλόμενη καμπύλη συναρμογής (SPTC) πλησιάζει πάρα πολύ στην κλωθοειδή με την ίδια παράμετρο. Η διαφορά τους είναι στο μήκος και αυτό οφείλεται στο ότι το μήκος της κλωθοειδούς που είναι $L=1000m$ είναι ίσο με την προβολή της καμπύλης SPTC. Δηλαδή με την δεύτερη καμπύλη έχουμε μετάβαση από την ακτίνα $R = \infty$ στην ακτίνα $R=1000m$ σε μήκος και μεγαλύτερο από 28m. Η κυβική παραβολή αποκλίνει από τις δύο προηγούμενες σε περιοχές με λόγο $\chi/R > 0.5$ εκεί δηλαδή που έχει προταθεί η αντικατάστασή της από την κυβική παραβολή μεγάλου μήκους.

Στους πίνακες 1-5 που ακολουθούν παρουσιάζονται ορισμένα χαρακτηριστικά μεγέθη των καμπύλων συναρμογής και δίνονται τόσο για την ανάδειξη των διαφορών που δεν μπορούν να αναδειχθούν μέσα από σχήματα όσο και για την επισήμανση των ομοιοτήτων μεταξύ των καμπύλων. Επιπλέον οι πίνακες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μια γρήγορη εκτίμηση των σχετικών μεγεθών για διάφορους λόγους χ/R . Παρουσιάζονται μεγέθη για την κλωθοειδή, την κυβική παραβολή, την καμπύλη SPTC με ακρίβεια (10 όρους της σειράς) και δύο προσέγγισης της καμπύλης SPTC με τρεις και δύο όρους αντίστοιχα. Δεν περιλαμβάνεται η κυβική παραβολή μεγάλου μήκους, σχέση(16), γιατί αυτή δεν μπορεί να εκφραστεί συναρτηθεί της παραμέτρου A . Όλες οι καμπύλες που περιλαμβάνονται στους πίνακες έχουν παράμετρο $A=1000m$ και καταλήγουν σε ακτίνα $R=1000m$. Η κλωθοειδής υπολογίζεται σύμφωνα με την σχέση (4) χρησιμοποιώντας σαν τιμή του I αυτή που αντιστοιχεί σε προβολή ίση με την πρώτη στήλη του Πίνακα. Ο υπολογισμός αυτός γίνεται σύμφωνα με την σχέση (3). Χρησιμοποιήθηκε η κλωθοειδής με αυτό τον τρόπο ώστε να μεγέθη που προκύπτουν να είναι άμεσα συγκρίσιμα με τα μεγέθη των άλλων καμπύλων.

Στον Πίνακα 1 φαίνονται οι τιμές της μετατόπισης Y για διάφορες τιμές του X. Είναι εμφανής η απόκλιση της κυβικής παραβολής από τις υπόλοιπες καμπύλες για μεγάλες τιμές του X, λόγους $X/A > 0.5$, καθώς και η συγγένεια της κλωθοειδούς με την SPTC. Οι δύο τελευταίες στήλες μας δίνει μια ένδειξη των περιοχών που είναι ικανοποιητική η χρήση των προσεγγιστικών λύσεων της SPTC για απλοποίηση των υπολογισμών, όταν αυτοί δεν γίνονται από υπολογιστή.

Πίνακας 1. Μετατόπιση Y(m) για διάφορες τιμές του X.

X((m)	Κλωθοειδής	Κυβ.Παραβολή	SPTC (10 όροι)	SPTC (3)	SPTC(2)
100	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
200	1.333	1.333	1.333	1.333	1.333
300	4.502	4.500	4.502	4.502	4.502
400	10.682	10.667	10.681	10.681	10.681
500	20.908	20.833	20.904	20.904	20.903
600	36.271	36.000	36.254	36.254	36.250
700	57.976	57.167	57.924	57.923	57.902
800	87.444	85.333	87.303	87.297	87.206
900	126.491	121.500	126.143	126.105	125.771
1000	177.678	166.667	176.858	176.661	175.595

Στον Πίνακα 2 φαίνονται οι τιμές τις γωνίας τ σε μοίρες ενώ στον Πίνακα 3 τα μήκη πάνω στην καμπύλη που αντιστοιχούν στις τιμές του X. Τα συμπεράσματα είναι ανάλογα με αυτά της προηγούμενης παραγράφου.

Στον Πίνακα 2. Γωνία εκτροπής τ(μοίρες) για διάφορες τιμές του X.

X((m)	Κλωθοειδής	Κυβ.Παραβολή	SPTC(10 όροι)	SPTC (3)	SPTC(2)
100	0.28648	0.28648	0.28648	0.28648	0.28648
200	1.14601	1.14576	1.14599	1.14599	1.14599
300	2.57936	2.57657	2.58857	2.57918	2.57918
400	4.58955	4.57392	4.58857	4.58857	4.58850
500	7.18453	7.12502	7.18076	7.18075	7.18010
600	10.38118	10.20397	10.36976	10.36965	10.36572
700	14.21129	13.76630	14.18183	14.18089	14.16307
800	18.73093	17.74467	18.66292	18.65686	18.59212
900	24.03667	22.04795	23.89113	23.85986	23.66376
1000	30.29735	26.56505	30.00000	29.86525	29.35776

Πίνακας 3. Μήκη καμπύλων συναρμογής L(m) για διάφορες τιμές του X.

X(m)	Κλωθοειδής	Κυβ.Παραβολή	SPTC (10 όροι)	SPTC (3)	SPTC(2)
100	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
200	200.008	200.008	200.008	200.008	200.008
300	300.061	300.061	300.061	300.061	300.061
400	400.257	400.256	400.257	400.257	400.257
500	500.787	500.781	500.786	500.786	500.786
600	601.973	601.944	601.971	601.971	601.970
700	704.321	704.202	704.311	704.310	704.307
800	808.599	808.192	808.564	808.562	808.542
900	915.990	914.762	915.879	915.867	915.771
1000	1028.386	1025.000	1028.057	1027.980	1027.604

Στον Πίνακα 4 φαίνονται οι τιμές της εκτροπής ΔR (Σχ.4) για τις διάφορες τιμές του X. Οι τιμές της εκτροπής της δεύτερης στήλης του Πίνακα προκύπτουν από την προσεγγιστική σχέση;

$$\Delta R = \frac{X^2}{24R} \quad (34)$$

η οποία είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη. Για τις υπόλοιπες στήλες του Πίνακα χρησιμοποιήθηκε η ακριβής σχέση;

$$\Delta R = Y - R(1 - \cos t) \quad (35)$$

Είναι εμφανής η απόκλιση της πραγματικής εκτροπής της κυβικής παραβολής από την προσεγγιστική σχέση (34) για μεγάλες τιμές του λόγου $X/A > 0.5$. Η χάραξη με την ταυτόχρονη χρήση της κυβικής παραβολής και της προσεγγιστικής τιμής της εκτροπής μπορεί να οδηγήσει σε υπολογίσιμα σφάλματα.

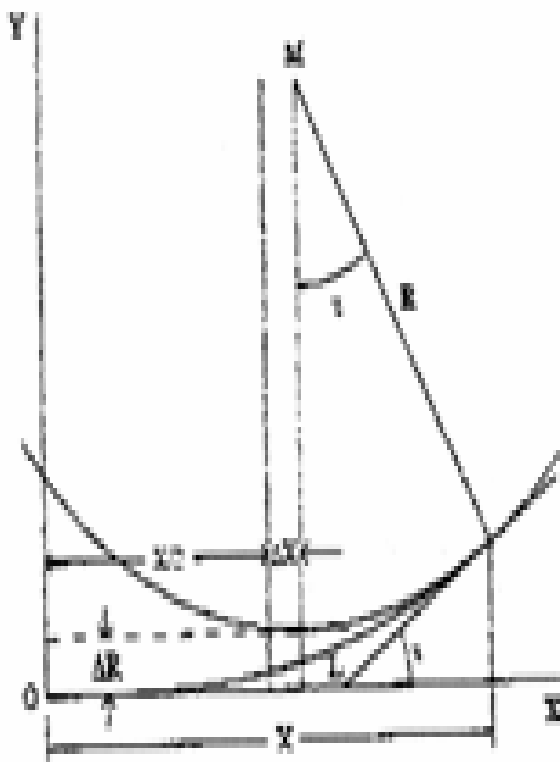
Πίνακας 4. Εκτροπή $\Delta R(m)$ για διάφορες τιμές του X .

$X(m)$	Προσέγγιση	Κλωθοειδής	Κυβ.Παραβολή	SPTC (10 όροι)	SPTC (3)	SPTC(2)
100	0.04167	0.04167	0.04167	0.04167	0.04167	0.04167
200	0.33333	0.33333	0.33363	0.33335	0.33335	0.33335
300	1.12500	1.12492	1.13012	1.12524	1.12524	1.12525
400	2.66667	2.66606	2.70486	2.66850	2.66850	2.66870
500	5.20833	5.20543	5.38909	5.21710	5.21712	5.21942
600	9.00000	8.98959	9.63887	9.03157	9.03205	9.04875
700	14.29167	14.26107	16.13011	14.38539	14.39032	14.47809
800	21.33333	21.25548	25.86352	21.57540	21.61157	21.97114
900	30.37500	30.19768	40.24449	30.93898	31.14653	32.34456
1000	41.66667	41.29661	61.09386	42.88336	43.85947	47.17075

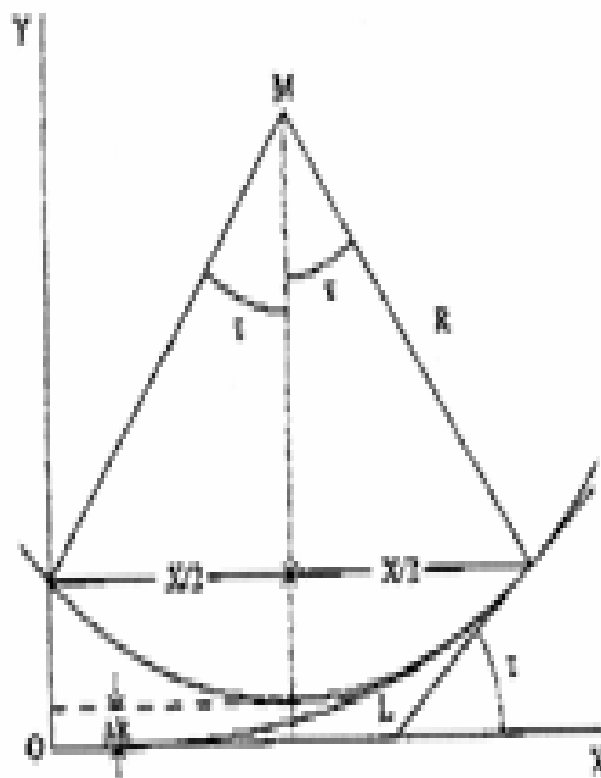
Η χρήση της κυβικής παραβολής για λόγους $X/A \leq 0.3$ δεν οδηγεί σε σφάλματα αλλά και δεν την διαφοροποιεί από τις άλλες καμπύλες όπως προκύπτει από τους Πίνακες 1-4. Αυτό σημαίνει ότι πέραν της απλότητας που την χαρακτηρίζει δεν έχει τίποτα να προσφέρει σε σχέση με την κλωθοειδή. Η προτεινόμενη καμπύλη SPTC και με τις προσεγγιστικές μορφές της μπορεί να προσφέρει σωστές λύσεις εκεί που μέχρι τώρα προτιμάται η χρήση της κυβικής παραβολής αντί της κλωθοειδούς.

Πίνακας 5. Μετατόπιση $\Delta X(m)$ για διάφορες τιμές του X .

$X(m)$	Προσέγγιση	Κλωθοειδής	Κυβ.Παραβολή	SPTC (10 όροι)	SPTC (3)	SPTC(2)
100	0.00063	0.00021	0.00062	0.00000	-0.00005	-0.00005
200	0.02000	0.00667	0.01999	0.00000	-0.00005	-0.00004
300	0.15187	0.05062	0.15164	0.00000	-0.00005	-0.00018
400	0.64000	0.21327	0.63694	0.00000	-0.00003	-0.00301
500	1.95313	0.65053	1.93053	0.00000	0.00025	0.02260
600	4.86000	1.61738	4.74500	0.00000	0.00307	0.11548
700	10.50437	3.49096	10.05396	0.00000	0.02270	0.45372
800	20.48000	6.79180	19.03034	0.00000	0.12536	1.46384
900	36.90563	12.20138	32.90848	0.00000	0.55439	4.03497
1000	62.50000	20.57446	52.78640	0.00000	2.03807	9.73871



Σχήμα 4. Καμπύλη συναρμογής



Σχήμα 5. Καμπύλη SPTC

Στον Πίνακα 5 φαίνονται οι τιμές του μεγέθους ΔX συναρτήσει του X . Το μέγεθος ΔX (Σχ. 4) παριστάνει την απόσταση της προβολής του κέντρου καμπυλότητας στο τέλος της καμπύλης από το μέσο του ευθυγράμμου τμήματος που ορίζει η προβολή όλης της καμπύλης. Οι δύο προβολές θεωρούνται ως προς τον άξονα X .

Στην δεύτερη στήλη του Πίνακα δίνεται η τιμή του ΔX υπολογισμένη με βάση την προσεγγιστική σχέση (Esveld 2001):

$$\Delta R = \frac{X^3}{16R^2} \quad (36)$$

η οποία ισχύει μόνο με την κυβική παραβολή. Οι ακριβείς τιμές στις επόμενες στήλες υπολογίζονται με βάση την σχέση;

$$\Delta X = \frac{X}{2} - R_A \sin t_c \quad (37)$$

όπου με δείκτη χ συμβολίζονται η ακτίνα R και η γωνία τ για το συγκεκριμένο σημείο της καμπύλης συναρμογής, που η προβολή του απέχει απόσταση X από την αρχή της. Αξίζει να σημειωθεί η καλή προσέγγιση του ΔX της απλής κυβικής παραβολής από την σχέση (36) για τιμές του λόγου $X/A \leq 0.5$, όπως φαίνεται η σύγκριση της δεύτερης με την τέταρτη στήλη του Πίνακα 5.

Το πιο αξιοσημείωτο όμως σημείο του Πίνακα είναι η ιδιότητα της καμπύλης SPTC να έχει πάντοτε μηδενικό ΔX . Κοιτάζοντας τη σχέση (24) και το Σχήμα 5 αυτή η ιδιότητα εξηγείται εύκολα, παραμένει όμως μία ιδιότητα χρήσιμη στην απλοποίηση της χάραξης, ένα επιπλέον στοιχείο για την προτίμηση της καμπύλης SPTC σε σχέση με την απλή κυβική προβολή.

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

VIII TESSERA

Το Tessera είναι ένα ολοκληρωμένο λογισμικό σχεδιασμού και κατασκευής οδικών έργων. Συνδυάζει λειτουργίες χάραξης και CAD δύο και τριών διαστάσεων διευρύνοντας τους ορίζοντες σχεδιασμού. Δίνει τη δυνατότητα στο μελετητή να επινοήσει εύκολες εναλλακτικές τεχνικές σχεδιασμού χωρίς να χρειάζεται να αλλάξει περιβάλλον. Δυνατότητα που μόνο η Anadelta Software με την πολυετή πείρα πάνω στο αντικείμενο έχει αποδείξει ότι μπορεί να προσφέρει.

Το Tessera προσαρμόζεται στους κανονισμούς του έργου και παραμετροποιείται στο μέγιστο βαθμό. Λαμβάνει υπόψη του το υπόβαθρο με ένα εξελιγμένο σύστημα υπολογισμού μοντέλου εδάφους.

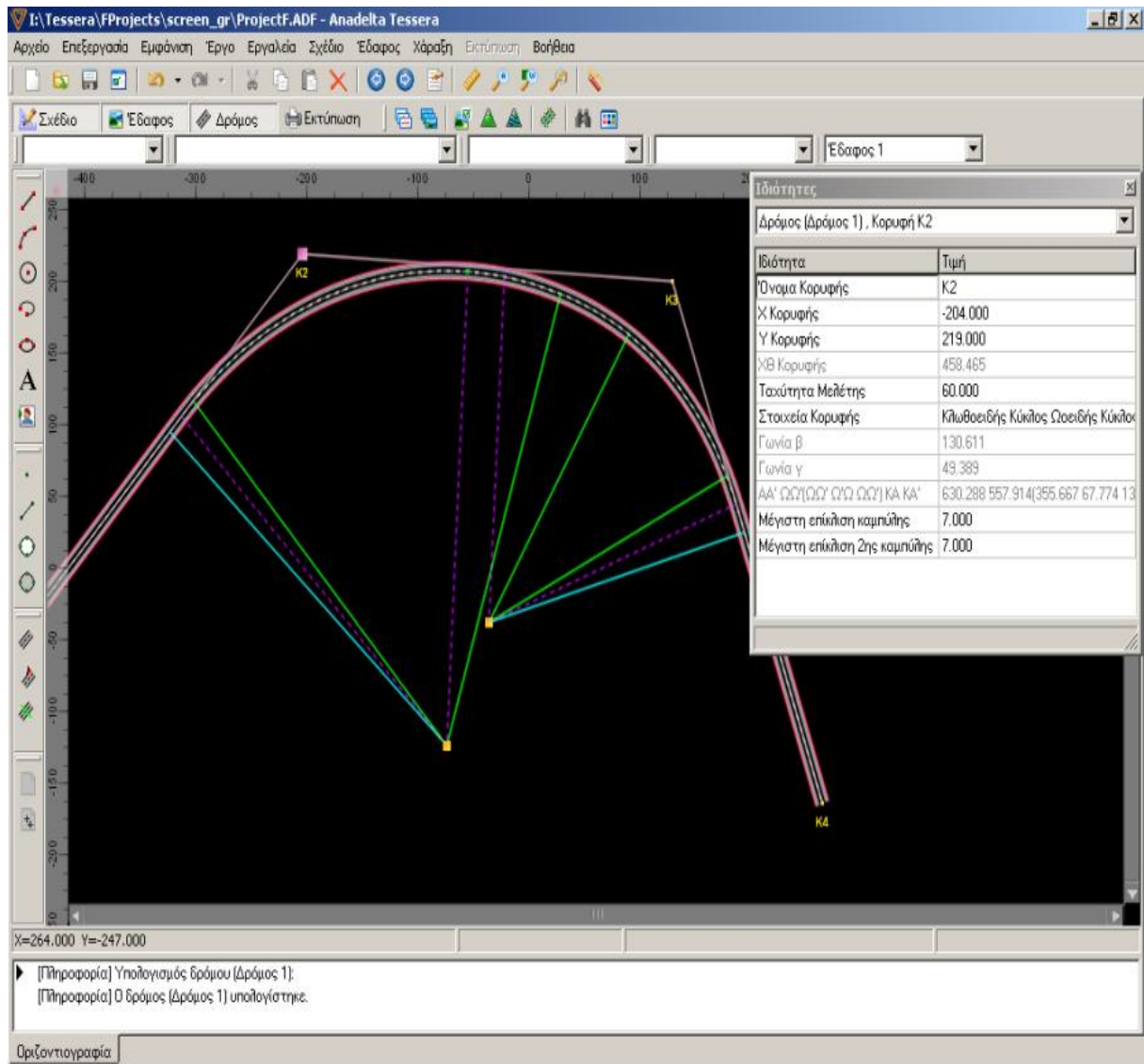
Περιλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά που χρειάζονται για να οριστεί με σαφήνεια το υπόβαθρο όπως γραμμές αλλαγής κλίσης, περίμετροι κλπ.

Η γεωμετρία του δρόμου ορίζεται με ελάχιστες κινήσεις και στη συνέχεια μπορεί να παραμετροποιηθεί με λεπτομέρεια. Το Tessera προσφέρει πολλά είδη καμπυλών συναρμογής και σύνθετες καμπύλες με τη σύζευξη δύο διαδοχικών κορυφών. Η επιφάνεια του καταστρώματος είναι παρούσα στη φάση της χάραξης. Οι οριογραμμές έχουν τις δικές τους ιδιότητες και επανασχεδιάζονται σε πραγματικό χρόνο, ενώ για την αξιολόγηση της χάραξης των οδών ως προς την ασφάλεια εφαρμόζονται τα κριτήρια ασφαλείας ΟΜΟΕ.

Με βάση το μοντέλο εδάφους το πρόγραμμα παράγει το φυσικό έδαφος της μηκοτομής και των διατομών. Ο ορισμός των κορυφών της κατακόρυφης χάραξης και των ακτίνων καμπυλότητας γίνεται και γραφικά με ταυτόχρονη παρουσίαση βοηθητικών στοιχείων όπως κλίσεις και υψομετρικές διαφορές. Η κατακόρυφη χάραξη συνδυάζεται αμφίδρομα με την οριζόντια. Οι διατομές ενημερώνονται για οποιαδήποτε μεταβολή στην οριζόντια ή στην κατακόρυφη χάραξη.

Η ακριβής γεωμετρία των διατομών ορίζεται με τη χρήση τυπικών διατομών που μπορούν να βρεθούν στη βιβλιοθήκη του προγράμματος, να τροποποιηθούν με γραφικό τρόπο ή να σχεδιαστούν εξ αρχής. Μία τυπική διατομή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πρότυπο για να προκύψει μια άλλη με τροποποίηση, προσθήκη ή διαγραφή κάποιων στοιχείων της. Κάθε διατομή μπορεί να τροποποιηθεί ελεύθερα και μετά την εφαρμογή της τυπικής και να υπολογιστεί εκ νέου. Αυτόματα γίνεται ο υπολογισμός των ποσοτήτων σύμφωνα με τις οριζόμενες από το χρήστη τυπικές εργασίες.

Το Tessera παράγει σχέδια σε κάθε τύπο εκτυπωτή και plotter, ενώ εξάγει και αρχεία Dxf. Τα σχέδια τόσο της οριζοντιογραφίας, όσο και της μηκοτομής και των διατομών παραμετροποιούνται πλήρως ικανοποιώντας τις απαιτήσεις παρουσίασης του έργου



ΙΧ ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συγκρίνοντας την απλή κυβική παραβολή με την κλωθοειδή προκύπτει ότι για λόγους $X/A \leq 0.3$ οι δύο καμπύλες δεν έχουν αξιοσημείωτες διαφορές. Αυτό σημαίνει ότι, πέραν της απλότητας που την χαρακτηρίζει, η κυβική προβολή δεν έχει τίποτα να προσφέρει σε σχέση με την κλωθοειδή. Επιπλέον η χρησιμοποίησή τους για λόγους $X/A > 0.5$, σε συνδυασμό με τον προσεγγιστικό τρόπο υπολογισμό της εκτροπής ΔR , μπορεί να οδηγήσει σε σφάλματα χάραξης. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να είναι γνωστά τα όρια μέσα στα οποία η κάθε καμπύλη συναρμογής είναι χρησιμοποιήσιμη.

Η κυβική παραβολή μεγάλου μήκους δεν θα μπορούσε, συμπεριλαμβανομένη στους πίνακες, να συγκριθεί με ίσους όρους με τις άλλες τρεις καμπύλες. Ενώ η κυβική παραβολή μπορεί να θεωρηθεί ότι χαρακτηρίζεται από μία παράμετρο της μορφής $A=RX$, η εναλλακτική μορφή που προτείνεται για τη βελτίωσή της δεν μπορεί να εκφραστεί συναρτήσει μιας τέτοιας παραμέτρου. Δηλαδή δύο καμπύλες αυτής της μορφής με ίδια αρχή, ίδιο γινόμενο RX και διαφορετικός μήκος δεν θα ταυτίζονται κατά το μήκος της μικρότερης.

Για ιστορικούς και μόνους λόγους, σε σιδηροδρομικές χαράξεις, προτιμάται η χρήση της κυβικής παραβολής αντί της κλωθοειδούς. Αν η επιλογή μιας καμπύλης της μορφής $y=f(x)$ είναι προτιμότερη για λόγους συνήθειας, τότε η προτεινόμενη σ' αυτή την εργασία καμπύλη SPTC μπορεί να προσφέρει λύσεις πολύ πιο ακριβείς απ' ότι η κυβική παραβολή. Επιπλέον η συμμετρία που την χαρακτηρίζει, στην οποία οφείλει το όνομά της, επιτρέπει την απλοποίηση, την ακρίβεια αλλά και τον έλεγχο της χάραξης. Τέλος διαθέτοντας την ίδια ακρίβεια με την κλωθοειδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αυτή για τη συναρμογή δύο διαδοχικών ομόροπων κυκλικών τόξων διαφορετικών ακτίνων.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εν κατακλείδι θα ήθελα να ευχαριστήσω εκ βάθης καρδίας την οικογένεια μου που μου συμπαραστάθηκε με όλες της τις δυνάμεις συνεχώς και αδιαλείπτως σε αυτό το δύσκολο πολυετές έργο των σπουδών μου.

Τους καθηγητές μου για την μεταλλαμπάδευση γνώσεων που λειτούργησαν σαν φωτεινοί φάροι σε αυτή την πνευματική μου αναζήτηση και διεύρυναν τους πνευματικούς μου ορίζοντες για να με κάνουν ένα καλύτερο άνθρωπο και επιστήμονα. Καθώς και σε όλους τους συμφοιτητές-ριες μου που όλα αυτά τα χρόνια μου συμπαραστάθηκαν και βαδίσσαμε μαζί στα μονοπάτια της γνώσης, όπως και σε όλους τους συμβαλλόμενους που σύμπραξαν ο καθένας από το πόστο του για να επέλθει το σημερινό αποτέλεσμα.

Τέλος θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στο επιβλέποντα καθηγητή μου κ Σαραντόπουλο Ανδρέα ο οποίος μου έδωσε την δυνατότητα με αυτή την πτυχιακή εργασία να ολοκληρώσω τον κύκλο των σπουδών μου στο Α.Τ.Ε.Ι Δυτικής Ελλάδος (Πατρών) τμήμα ΣΤΕΦ Σχολή: Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε. και να διεκδικήσω μια θέση στην αγορά εργασίας .

Μετά τιμής, Στελλάτος Ελευθέριος

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Eliou, N.E., Kaliabetsos, G.D.(2004). "A New, Simple and Accurate Transition Curve Type, for use in a Road and Railway Alignment Design." Journal of Transportation Engineering., Manuscript Number.TE/2004/023198

Esveld, C. (2001). Modern Railway Track, 2nd Ed., T.U.Delft, The Netherlands.

Kasper, H., Schnerba, W., and Lorenz, H. (1954). The Clothoid as Element of Horizontal Alignment, F. Dummlers, Publishing House, Bonn, Germany.

Lmm, R, Psarianos, B., and Mailaender, T. (1999). Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook. McGraw-Hill, New York.

Γιώτης, Α., Κανελλαΐδης, Γ., ΜΑΛΕΡΔΟΣ, γ. (1990). Γεωμετρικός σχεδιασμός των Οδών Αθήνα; Συμμεών.

N.K.E.Γ. (2000). Νέος Κανονισμός Επιδομής Γραμμής ΦΕΚ. Β'1156/19-9-2000

Προφυλλίδης Β. (1994). Σιδηροδρομική, Τόμος Α. Ξάνθη; Εταιρεία Αξιοποίησης και Διαχείρισης Περιουσίας Δ.Π.Θ.

Κοφίτσας Ιωάννης, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις ΙΩΝ

Πυργίδης Χ. (1994). Σχεδιασμός και Κατασκευή Σιδηροδρομικής Υποδομής. Θεσσαλονίκη; Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ.

ANADELTA SOFTWARE (2012) <http://www.anadelta.com/index-gr.php?s=road>

ΦΩΤΟΠΟ Α.Ε. http://www.fotopo.gr/1/gr/1_3/1.htm

ΟΜΟΕ – Χ. [Ψαριανός, 2001]

Μουρατίδης Α Ηλίου Ν.Ε. Η οδική ασφάλεια σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της οδού. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας. Θεσσαλονίκη 1994.

Γεωργιάδης Ηλίας Α Ανάπτυξη μεθοδολογίας προσδιορισμού των αιτιών οδικών ατυχημάτων, Θεσσαλονίκη 2003.

Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος www.statistics.gr