



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

**ΧΡΗΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ
ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ & ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΜΟΥ ΣΕ ΜΕΛΕΤΕΣ ΟΔΙΚΩΝ
ΕΡΓΩΝ**

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΟ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ
ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΠΟΛΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ- ΑΓΙΟΥ ΚΟΣΜΑ**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΛΑΛΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΣΤ. ΜΑΥΡΟΜΑΤΗΣ, ΕΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2019

**ΧΡΗΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ
ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ & ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΜΟΥ ΣΕ ΜΕΛΕΤΕΣ
ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΟ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ
ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΠΟΛΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ-ΑΓ.ΚΟΣΜΑ**

**USING CONTEMPORARY 3D & MODELLING SOFTWARE
IN ROAD PROJECTS**

**APPLICATION AT THE INTEGRATED DEVELOPMENT PROJECT OF
THE METROPOLITAN PARK OF ELLINIKO-AGHIOS KOSMAS**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΛΑΛΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΣΤ. ΜΑΥΡΟΜΑΤΗΣ, ΕΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

Το περιεχόμενο της ανά χείρας διπλωματικής εργασίας αποτελεί προϊόν της δικής μου πνευματικής προσπάθειας. Η ενσωμάτωση σε αυτήν υλικού τρίτων, δημοσιευμένου ή μη, γίνεται με δόκιμη αναφορά στις πηγές, που δεν επιτρέπει ασάφειες ή παρερμηνείες.

Αθήνα, Ιούλιος 2019

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Έχοντας ολοκληρώσει την παρούσα διπλωματική εργασία, η οποία σηματοδοτεί και το τέλος των προπτυχιακών σπουδών μου, οφείλω να ευχαριστήσω το σύνολο των ανθρώπων που με βοήθησαν και στάθηκαν δίπλα μου όλο αυτό το διάστημα.

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Στέργιο Μαυρομάτη για την καθοδήγησή του και την άψογη συνεργασία μας όλη αυτή την περίοδο.

Επίσης, οφείλω να ευχαριστήσω την Lamda Development A.E. που μου έδωσε την άδεια να χρησιμοποιήσω τμήματα του οδικού έργου από την επένδυση του Σχεδίου Ολοκληρωμένης Ανάπτυξης Μητροπολιτικού Πάρκου Ελληνικού & Αγ. Κοσμά και τον κ. Χρυσόστομο Ριζομυλιώτη για την μεσολάβηση και τη στήριξη του στο θέμα αυτό. Θα ήθελα ακόμη, να ευχαριστήσω την ομάδα εκπόνησης της μελέτης του έργου της εταιρείας Denco Transport E.Π.Ε. για την πολύτιμη βοήθεια τους και τις συμβουλές τους που υπήρξαν καθοριστικές για την πορεία και την ολοκλήρωση της εργασίας.

Τέλος, θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την αμέριστη υποστήριξή τους όλο αυτό το διάστημα.

ΣΥΝΟΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρεί να αναδείξει τα πλεονεκτήματα της χρήσης σύγχρονων λογισμικών τρισδιάστατης απεικόνισης και φωτορεαλισμού έναντι των συμβατικών δισδιάστατων απεικονίσεων καθώς και τη συμβολή τους στη δυνατότητα εντοπισμού κρίσιμων καταστάσεων ως προς την παρεχόμενη ασφάλεια. Διερευνάται η επάρκεια ενός από τα πιο αντιπροσωπευτικά παραδείγματα σε τρισδιάστατη απεικόνιση που ενδεχομένως είναι και το πιο κρίσιμο ως προς την αδυναμία αξιολόγησής του με βάση την υφιστάμενη πρακτική σχεδιασμού οδικών έργων: το μήκος ορατότητας για στάση. Προς αυτήν την κατεύθυνση και μετά από αξιολόγηση των δυνατοτήτων των σχετικών λογισμικών επιλέχθηκε ένα από τα πιο αντιπροσωπευτικά λογισμικά τρισδιάστατης απεικόνισης και φωτορεαλισμού προκειμένου να εφαρμοστεί στη μελέτη οδοποιίας του οδικού δικτύου του Σχεδίου Ολοκληρωμένης Ανάπτυξης του Μητροπολιτικού Πόλου Ελληνικού-Αγίου Κοσμά.

Λέξεις-Κλειδιά: φωτορεαλισμός, τρισδιάστατη απεικόνιση, μήκος ορατότητας

ABSTRACT

This diploma thesis attempts to highlight the advantages of the use of modern three-dimensional imaging and photorealistic software versus conventional two-dimensional representations, as well as their contribution to the possibility of identifying critical situations regarding the provided safety. Visibility distance is one of the most critical factors of road safety. However, it is often misevaluated under the current road design practice, therefore its adequacy is explored herein. Towards this goal, after evaluating the efficiency of similar software, the most representative 3d visualization and photorealistic software was selected for the Integrated Development Project of the Metropolitan Park of Elliniko - Agios Kosmas road network study.

Keywords: photorealism, 3d modelling, visibility distance

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι να αναδείξει τους λόγους που οι τρισδιάστατες απεικονίσεις και κυρίως τα φωτορεαλιστικά βίντεο οδικών έργων υπερτερούν των δισδιάστατων συμβατικών μεθόδων κατά τους ελέγχους κρίσιμων γεωμετρικών παραμέτρων. Στην παρούσα εργασία διερευνάται η πιο κρίσιμη παράμετρος που σχετίζεται άμεσα με τη δυνατότητα ασφαλούς και αποτελεσματικής ολοκλήρωσης αιφνίδιων ελιγμών: το ελάχιστο μήκος ορατότητας, γνωστό ως **μήκος ορατότητας για στάση**. Το μήκος ορατότητας για στάση αφορά στο ελάχιστο μήκος που πρέπει να υφίσταται προκειμένου όχημα κινούμενο με την επιτρεπόμενη ή λειτουργική ταχύτητα να δύναται να ακινητοποιηθεί πριν προσκρούσει σε απροσδόκητο σταθερό εμπόδιο. Το μήκος ορατότητας για στάση πρέπει να διατίθεται σε όλο το μήκος μιας οδού. Για αυτόν τον σκοπό δημιουργήθηκαν τα προαναφερθέντα **φωτορεαλιστικά βίντεο** οδικών τμημάτων από τη μελέτη οδοποιίας του **Σχεδίου Ολοκληρωμένης Ανάπτυξης του Μητροπολιτικού Πόλου Ελληνικού-Αγίου Κοσμά**.

Η μεθοδολογία της εργασίας περιλαμβάνει αρχικά βιβλιογραφική ανασκόπηση ως προς τα εργαλεία και τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται αναφορικά με τη δημιουργία τρισδιάστατων φωτορεαλιστικών βίντεο. Στη συνέχεια η εργασία χωρίζεται στα εξής κύρια **μέρη** τα οποία έχουν ως εξής: **αναφορά στις βασικές έννοιες του φωτορεαλισμού**, στα σχετικά λογισμικά καθώς και λεπτομερής παρουσίαση του λογισμικού που επελέγη για τη συνέχεια της παρούσας εργασίας (Κεφάλαια 2&3), **συσχέτιση μεταξύ** τρισδιάστατης απεικόνισης και συμβατικών απεικονίσεων όσον αφορά στην ορατότητα για στάση σε οδικά τμήματα (Κεφάλαιο 4), **παρουσίαση** περιοχής μελέτης – εφαρμογής (Κεφάλαιο 5), εφαρμογή φωτορεαλιστικών τεχνικών στην περιοχή μελέτης, και τέλος **αποτελέσματα, συμπεράσματα και προτάσεις** (Κεφάλαια 6&7).

Στο πρώτο μέρος παρουσιάζονται απαραίτητες έννοιες του φωτορεαλισμού και της τρισδιάστατης απεικόνισης - σχεδιασμού αλλά και πεδία με τις πιο βασικές εφαρμογές. Αναλύεται η διαδικασία παραγωγής τρισδιάστατων γραφικών ηλεκτρονικού υπολογιστή η οποία χωρίζεται σε **τρεις επιμέρους φάσεις**, την

τρισδιάστατη μοντελοποίηση, τον σχεδιασμό της διάταξης της απεικόνισης η οποία συνοδεύεται από τη δημιουργία κίνησης και τέλος **την τρισδιάστατη απόδοση της** (3d modeling, layout and animation, 3d rendering). Στη συνέχεια αναφέρονται διάφορα εξειδικευμένα λογισμικά ψηφιακής επιμέλειας και τρισδιάστατης απεικόνισης όπως το 3ds Max, Maya, Blender, SketchUp, Cinema 4d, Vue 11, MeshLab, Inventor τα οποία αναλύονται εκτενέστερα και επιλέγεται η λεπτομερέστερη παρουσίαση ενός εξ'αυτών (3ds Max). Παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα του υπόψη λογισμικού με ιδιαίτερη έμφαση στη δυνατότητα συνεργασίας που παρέχεται με το λογισμικό σχεδιασμού οδικών έργων Autodesk Civil 3d, καθώς και ο τρόπος εξαγωγής, εισαγωγής και επεξεργασίας δεδομένων μεταξύ τους.

Το δεύτερο μέρος της εργασίας αναφέρεται στον **έλεγχο επάρκειας μήκους ορατότητας με συμβατικές μεθόδους αλλά και μέσω τρισδιάστατων απεικονίσεων**. Παρουσιάζονται τα βασικά πλεονεκτήματα που υπάρχουν κατά το σχεδιασμό οδών στον χώρο και ειδικότερα στα θέματα διερεύνησης της ορατότητας.

Στο τρίτο μέρος γίνεται αναλυτική **περιγραφή της περιοχής μελέτης** και εφαρμογής της παρούσας εργασίας. Η περιοχή μελέτης είναι το τμήμα του οδικού έργου του σχεδίου ολοκληρωμένης ανάπτυξης του Μητροπολιτικού Πόλου Ελληνικού-Αγίου Κοσμά. Παρουσιάζονται οι δισδιάστατες απεικονίσεις της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής, οι τυπικές διατομές καθώς και βασικές παράμετροι σχεδιασμού όπως οι κατηγορίες οδών των υπό μελέτη οδών καθώς και η ταχύτητα μελέτης, . Παρέχονται επίσης τα αντίστοιχα στοιχεία για την χάραξη του τραμ.

Στο τέταρτο και τελευταίο μέρος γίνεται η **εφαρμογή των φωτορεαλιστικών απεικονίσεων στην περιοχή μελέτης** που περιγράφηκε παραπάνω. Επισημαίνεται η αναγκαιότητα δημιουργίας φωτορεαλιστικών βίντεο που απεικονίζουν τις πλήρεις συνθήκες που υπάρχουν από τη θέση του οδηγού και όχι απλά της τρισδιάστατης απεικόνισης. Επιλέχθηκαν δύο οδικά τμήματα στα οποία, με τη βοήθεια των προαναφερθέντων βίντεο, γίνονται, οι έλεγχοι επάρκειας του μήκους ορατότητας για στάση. Συγκεκριμένα τα οδικά αυτά τμήματα βρίσκονται σε περιοχές με άνω και

κάτω διάβαση αντίστοιχα. Καταλήγοντας, επισημαίνονται τα πολλαπλά εκπαιδευτικά, επικοινωνιακά και ουσιαστικά ως προς την ενίσχυση της παρεχόμενης ασφάλειας πλεονεκτήματα που έχει η υπόψη μέθοδος, καθώς διευκολύνεται η ανταλλαγή περισσότερων πληροφοριών σε μικρότερο χρονικό διάστημα ενώ παράλληλα υπογραμμίζεται η αναγκαιότητα χρησιμοποίησης των σύγχρονων τεχνολογιών και δυνατοτήτων οπτικοποίησης των μελετών.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΣΥΝΟΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	8
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	11
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	14
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	15
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	16
1.1 Αντικείμενο και σκοπός της διπλωματικής εργασίας.....	16
1.2 Στάδια διπλωματικής εργασίας.....	16
2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΜΟΥ & ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	18
2.1 Εισαγωγή.....	18
2.2 Φωτορεαλισμός και Τρισδιάστατος Σχεδιασμός.....	18
2.3 Λεπτομερειακή παρουσίαση τεχνικής φωτορεαλισμού.....	20
2.4 Λογισμικά δημιουργίας τρισδιάστατων απεικονίσεων και φωτορεαλισμού 27	
2.5 Δυνατότητες του λογισμικού φωτορεαλισμού 3ds Max.....	31
2.6 Σύνοψη Κεφαλαίου.....	32
3. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΜΟΥ 3ds Max.....	34
3.1 Εισαγωγή στη χρήση του λογισμικού 3ds Max.....	34
3.2 Δημιουργία και επεξεργασία βασικών αντικειμένων.....	35
3.3 Επεξεργασία μορφής σχήματος.....	36
3.4 Προσθήκη υφής.....	36
3.5 Δημιουργία βίντεο (Animation).....	37
3.6 Διαδικασία μετατροπής από Civil 3d σε 3ds Max.....	38
3.6.1 Εξαγωγή γεωμετρίας από το AutoCAD Civil 3d.....	38
3.6.2 Εισαγωγή γεωμετρίας από το Civil 3d.....	40
3.7 Επεξεργασία στοιχείων στο 3ds Max.....	44
3.7.1 Απεικόνιση τεχνικών έργων.....	44
3.7.2 Συστήματα αναχαίτισης οχημάτων.....	46

3.7.2.1	Γενικά	46
3.7.3	Διαγραμμώσεις Οδών	53
3.7.3.1	Γενικά	53
3.7.3.2	Μορφές διαγραμμώσεων.....	55
3.7.3.3	Γεωμετρικά στοιχεία διαγραμμώσεων.....	58
3.7.4	Ηλεκτροφωτισμός Οδών	65
3.7.5	Απεικόνιση συνθηκών κυκλοφορίας στις οδούς.....	70
3.7.6	Προσθήκη καμερών στις οδούς.....	72
3.8	Σύνοψη Κεφαλαίου.....	73
4.	ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ - ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ	74
4.1	Γενικά	74
4.1.1	Έλεγχος επάρκειας μήκους ορατότητας με τρισδιάστατη απεικόνιση	75
4.2	Συμβατικοί μέθοδοι υπολογισμού μηκών ορατότητας	82
4.2.1	Γενικά	82
4.2.2	Μήκος Ορατότητας για Στάση.....	83
4.2.3	Απαιτούμενο Μήκος Ορατότητας για Στάση	85
4.2.4	Διατιθέμενο Μήκος Ορατότητας για Στάση.....	89
4.2.5	Επάρκεια Μήκους Ορατότητας για Στάση	93
4.3	Σύνοψη Κεφαλαίου.....	96
5.	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	98
5.1	Περιγραφή Περιοχής Μελέτης	98
5.2	Βασικό Οδικό Δίκτυο.....	103
5.2.1	Οριζοντιογραφία.....	104
5.2.2	Μηκοτομή.....	120
5.2.3	Επικλίσεις.....	120
5.2.4	Τυπικές Διατομές.....	120
5.2.5	Τεχνικά Έργα	121
5.3	Χάραξη τραμ.....	122
5.3.1	Γενικά	122
5.3.2	Οριζοντιογραφία – Μηκοτομή	122
5.3.3	Τυπική Διατομή.....	123
5.3.4	Στάσεις	123

5.4	Σύνοψη Κεφαλαίου	124
6.	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΩΝ ΒΙΝΤΕΟ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	125
6.1	Ανάγκη δημιουργίας φωτορεαλιστικών βίντεο.....	125
6.2	Δεδομένα που εισήχθησαν στα βίντεο.....	126
6.3	Έλεγχος επάρκειας ορατότητας στάσης μέσω βίντεο	130
6.3.1	Υπόγεια Διάβαση	132
6.3.2	Άνω Διάβαση	136
6.4	Αποτελέσματα μελέτης.....	141
6.5	Σύνοψη Κεφαλαίου	142
7.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	143
7.1	Σύνοψη Συμπερασμάτων	143
7.2	Συνολικά Συμπεράσματα	144
7.3	Προτάσεις.....	146

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 - Τρισδιάστατο Μοντέλο & Τρισδιάστατη Εκτύπωση	21
Εικόνα 2.2 - Μοντέλα Χαμηλής (δεξιά) και Υψηλής (αριστερά) Ανάλυσης.....	22
Εικόνα 2.3 - Μοντέλο επιφάνειας (αριστερά) και Στερεό Μοντέλο (δεξιά).....	22
Εικόνα 2.4 - Σκηνή Πριν και Μετά την Εφαρμογή Υφής.....	23
Εικόνα 2.5 - Εφαρμογή Διαφορετικών Απεικόνισης και Τεχνικών Απόδοσης στο ίδιο τρισδιάστατο αντικείμενο	24
Εικόνα 2.6 - Παράδειγμα απόδοσης σκηνής με φωτισμό.....	25
Εικόνα 2.7 - Παράδειγμα του Επιπέδου Λεπτομέρειας που μπορεί να αποδώσει το Autodesk Mudbox	28
Εικόνα 2.8 - Παράδειγμα εφαρμογής του Blender	29
Εικόνα 2.9 - Παράδειγμα εφαρμογής του Sketchup	29
Εικόνα 2.10 - Παράδειγμα εφαρμογής του Cinema 4d.....	30
Εικόνα 2.11 - Παράδειγμα εφαρμογής του Vue 11.....	31
Εικόνα 3.1 - Το περιβάλλον εργασίας του 3ds Max	34
Εικόνα 3.2 - Βασικά τρισδιάστατα αντικείμενα	35
Εικόνα 3.3 - Σχήματα, στα οποία έχουν εφαρμοστεί βασικοί μετασχηματισμοί.....	36
Εικόνα 3.4 - Material Editor	36
Εικόνα 3.5 - Αντικείμενα μετά την προσθήκη υφής μέσω του Material Editor.....	37
Εικόνα 3.6 - Περιβάλλον εργασίας του Civil 3d.....	38
Εικόνα 3.7 - Απόδοση 3d μέσω Civil 3d - Δρόμοι (corridors) (μπλε χρώμα) & επιφάνεια εδάφους (ανοιχτό μπλε χρώμα).....	39
Εικόνα 3.8 – Επιφάνεια μετά την αφαίρεση – 3d Αποτέλεσμα μέσω του Civil 3d	39
Εικόνα 3.9 - Τελική επιφάνεια (μπλε) & Επάνω επιφάνειες δρόμων (κόκκινο) – 3d Αποτέλεσμα μέσω του Civil 3d.....	40
Εικόνα 3.10 - Παράθυρο διαλόγου του Civil View	41
Εικόνα 3.11 - Πλαίσιο Εισαγωγής Δεδομένων	42
Εικόνα 3.12 - Αρχικό Αποτέλεσμα	42
Εικόνα 3.13 - Τελικό Αποτέλεσμα υφής εδάφους.....	43
Εικόνα 3.14 - Επιφάνεια υπερυψωμένου τμήματος οδού χωρίς την απαραίτητη επεξεργασία	44
Εικόνα 3.15 – Τομή υπερυψωμένου τμήματος οδού	45
Εικόνα 3.16 - Αποτέλεσμα του Επεξεργαστή Απεικόνισης Αντικειμένων σε υπερυψωμένο τμήμα οδού.....	45
Εικόνα 3.17 - Επεξεργαστής Απεικόνισης Αντικειμένων.....	45
Εικόνα 3.18 - Είδη συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων	46
Εικόνα 3.19 - Κατηγορίες ικανότητας συγκράτησης	50
Εικόνα 3.20 - Διαγράμμιση επιφάνειας αποκλεισμού οδοστρώματος	57
Εικόνα 3.21 - Τεθλασμένη γραμμή στο άκρο του οδοστρώματος.....	57
Εικόνα 3.22 - Βέλη επιλογής λωρίδας	57
Εικόνα 3.23 - Πλέγμα γραμμών σε πολυσύχναστο ισόπεδο κόμβο. Η είσοδος στην περιοχή απαγορεύεται εάν το όχημα πρόκειται να παραμείνει εκεί	57
Εικόνα 3.24 - Επανάληψη επάνω στο οδόστρωμα σήματος πινακίδας	58
Εικόνα 3.25 - Κίτρινη διαγράμμιση σε περιοχή εκτελούμενων έργων, η οποία υπερισχύει της λευκής	58
Εικόνα 3.26 - Road Markings Style Editor.....	64

Εικόνα 3.27 - Οδός με και χωρίς διαγραμμίσεις	64
Εικόνα 3.28 - Επεξεργαστής Απεικόνισης Τοποθέτησης αντικειμένων (Object Placement Style Editor)	70
Εικόνα 3.29 - Αποτέλεσμα του Επεξεργαστή Απεικόνισης Τοποθέτησης αντικειμένων (Object Placement Style Editor)	70
Εικόνα 3.30 - Επεξεργαστής Απεικόνισης Τοποθέτησης αντικειμένων (Object Placement Style Editor)	71
Εικόνα 3.31 - Ρυθμίσεις του Επεξεργαστή Απεικόνισης Τοποθέτησης αντικειμένων (Object Placement Style Editor)	71
Εικόνα 3.32 - Αποτέλεσμα του Επεξεργαστή Απεικόνισης Τοποθέτησης αντικειμένων (Object Placement Style Editor)	72
Εικόνα 3.33 - Επεξεργαστής Απεικόνισης Τοποθέτησης αντικειμένων (Object Placement Style Editor)	73
Εικόνα 5.1 - Ελληνικό Άποψη	99
Εικόνα 5.2 - Ελληνικό	100
Εικόνα 5.3 - Ποδηλατοδρόμοι και μέσα μεταφοράς	101
Εικόνα 5.4 - Ευρύτερη Περιοχή Μητροπολιτικού Πάρκου Ελληνικού.....	102
Εικόνα 5.5 - Ποδηλατοδρόμοι και πεζόδρομοι	103
Εικόνα 5.6 - Masterplan	104
Εικόνα 5.7 - Νοτιοανατολικό Βασικό Δίκτυο	109
Εικόνα 5.8 - Νοτιοανατολικό Βασικό Δίκτυο	110
Εικόνα 6.1 - Φωτορεαλιστική Απεικόνιση της Νότιας πλευράς του οδικού έργου.....	127
Εικόνα 6.2 – Φωτορεαλιστική Απεικόνιση Υπόγειας Διάβασης και χάραξης τραμ.....	128
Εικόνα 6.3 - Φωτορεαλιστική Απεικόνιση εσωτερικά της Υπόγειας Διάβασης.....	128
Εικόνα 6.4 - Φωτορεαλιστική Απεικόνιση χάραξης τραμ	129
Εικόνα 6.5 - Φωτορεαλιστική Απεικόνιση Άνω Διάβασης & παραλιακού μετώπου.....	129
Εικόνα 6.6 - Φωτορεαλιστική Απεικόνιση της Άνω Διάβασης.....	130
Εικόνα 6.7 - Φωτορεαλιστική Απεικόνιση της ευρύτερης περιοχής της Άνω Διάβασης.....	130
Εικόνα 6.8 - Περιοχές μελέτης.....	131
Εικόνα 6.9 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα εισέρχεται στην καμπύλη (Υπόγεια Διάβαση) (ταχύτητα 50km/h – εμπόδιο στα 44m).....	133
Εικόνα 6.10 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα κινείται πάνω στην καμπύλη (Υπόγεια Διάβαση) (ταχύτητα 50km/h – εμπόδιο στα 44m).....	134
Εικόνα 6.11 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα εξέρχεται από την καμπύλη (Υπόγεια Διάβαση) (ταχύτητα 50km/h – εμπόδιο στα 46m).....	134
Εικόνα 6.12 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα εισέρχεται στην καμπύλη (Υπόγεια Διάβαση) (ταχύτητα 80km/h – εμπόδιο στα 101m).....	135
Εικόνα 6.13 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα κινείται πάνω στην καμπύλη (Υπόγεια Διάβαση) (ταχύτητα 80km/h – εμπόδιο στα 101m).....	135
Εικόνα 6.14 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα εξέρχεται από την καμπύλη (Υπόγεια Διάβαση) (ταχύτητα 80km/h – εμπόδιο στα 101m).....	136

Εικόνα 6.15 – Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα εισέρχεται στην καμπύλη (Άνω Διάβαση) (ταχύτητα 50km/h – εμπόδιο στα 42m).....	138
Εικόνα 6.16 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα κινείται πάνω στην καμπύλη (Άνω Διάβαση) (ταχύτητα 50km/h – εμπόδιο στα 42m).....	138
Εικόνα 6.17 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα εξέρχεται από την καμπύλη (Άνω Διάβαση) (ταχύτητα 50km/h – εμπόδιο στα 42m).....	139
Εικόνα 6.18 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα εισέρχεται στην καμπύλη (Άνω Διάβαση) (ταχύτητα 80km/h – εμπόδιο στα 96m).....	139
Εικόνα 6.19 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα κινείται πάνω στην καμπύλη (Άνω Διάβαση) (ταχύτητα 80km/h – εμπόδιο στα 96m).....	140
Εικόνα 6.20 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα εξέρχεται από την καμπύλη (Άνω Διάβαση) (ταχύτητα 80km/h – εμπόδιο στα 96m).....	140

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1 - Κατηγορίας λειτουργικού πλάτους.....	51
Πίνακας 3.2 - Κατηγορίες σφοδρότητας πρόσκρουσης	53
Πίνακας 3.3 - Διαγραμμίσεις εγκάρσιες στην οδό	60
Πίνακας 3.4 - Διαγραμμίσεις διαμήκεις στην οδό	61
Πίνακας 3.5 - Ορισμός πάχους διαμήκους διαγράμμισης.....	62
Πίνακας 4.1 - Υπολογισμός συντελεστή d	84
Πίνακας 4.2 - Απαιτούμενος χρόνος ενεργοποίησης του συστήματος πέδησης	86
Πίνακας 4.3 - Τιμές παραμέτρων που λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του απαιτούμενου SSD.	87
Πίνακας 4.4 - Συσχέτιση τιμών SSD μεταξύ ΟΜΟΕ-Χ, AASHTO και RAA-RAL (Οι τιμές αναφέρονται σε υγρό οδόστρωμα)	87
Πίνακας 4.5 - Ύψη εμποδίου και οφθαλμών οδηγού που λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του διατιθέμενου SSD.....	92
Πίνακας 5.1 - Βασικό Οδικό Δίκτυο	105
Πίνακας 5.2 - Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά Χάραξης – Οριζοντιογραφία	122
Πίνακας 6.1 - Δεδομένα για τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας στην Υπόγεια Διάβαση.....	133
Πίνακας 6.2 - Δεδομένα για τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας στην Άνω Διάβαση.....	137

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.1 - Διαστάσεις διαγράμμισης στις επιφάνειες αποκλεισμού	60
Σχήμα 3.2 - Λεπτομέρεια επιφάνειας αποκλεισμού	62
Σχήμα 3.3 - Διαμόρφωση μεγάλης επιφάνειας αποκλεισμού μεταξύ λωρίδων κυκλοφορίας της ίδιας κατεύθυνσης	62
Σχήμα 3.4 - Τύποι εισόδων σε δευτερεύοντα οδοστρώματα (διανεμητήριοι κλάδοι)	63
Σχήμα 3.5 - Τύποι εξόδων από δευτερεύοντα οδοστρώματα (διανεμητήριοι κλάδοι)	63
Σχήμα 3.6 - Τύποι εξόδων από δευτερεύοντα οδοστρώματα (διανεμητήριοι κλάδοι)	64
Σχήμα 3.7 - Είδη διατάξεων φωτιστικών σωμάτων	68
Σχήμα 4.1 - Κρίσιμη περίπτωση περιοχών απόκρυψης οδού	76
Σχήμα 4.2 - Εξασφάλιση τρισδιάστατης εποπτείας της καμπυλότητας μιας καμπύλης στην οριζοντιογραφία	76
Σχήμα 4.3 - Χάραξη στο χώρο (περίπτωση ευθυγραμμίας στην οριζοντιογραφία)	77
Σχήμα 4.4 - Χάραξη στο χώρο (περίπτωση καμπύλης στην οριζοντιογραφία)	79
Σχήμα 4.5 - Προοπτική απεικόνιση άλματος και βυθίσματος	80
Σχήμα 4.6 - Προοπτική απεικόνιση θλάσεων στη χάραξη	81
Σχήμα 4.7 - Διαδικασία ακινητοποίησης του οχήματος	86
Σχήμα 4.8 - Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση σε υγρό οδόστρωμα, σε οδούς των ομάδων Α & Β	88
Σχήμα 4.9 - Μήκος Ορατότητας για στάση για κύριες αστικές οδούς (ομάδα Γ)	89
Σχήμα 4.10 - Διατιθέμενο μήκος ορατότητας σε δεξιόστροφες και αριστερόστροφες καμπύλες	91
Σχήμα 4.11 - Διατιθέμενο μήκος ορατότητας σε αριστερόστροφες καμπύλες αυτοκινητόδρομων	91
Σχήμα 4.12 - Διερεύνηση επάρκειας ορατότητας με βάση τη μηκοτομή	94
Σχήμα 4.13 - Διερεύνηση επάρκειας ορατότητας σε τρισδιάστατο οδικό περιβάλλον	95
Σχήμα 4.14 - Πρόσθετη εκσκαφής ορύγματος στην περιοχή της εσωτερικής οριογραμμής καμπύλων οδικών τμημάτων για διασφάλιση επάρκειας SSD	95
Σχήμα 4.15 - Διερεύνηση επάρκειας SSD στην εσωτερική λωρίδα αυτοκινητόδρομου	96
Σχήμα 5.1 - Τυπική Διατομή 01	111
Σχήμα 5.2 - Τυπική Διατομή 02	112
Σχήμα 5.3 - Τυπική Διατομή 04	113
Σχήμα 5.4 - Τυπική Διατομή 05	114
Σχήμα 5.5 - Τυπική Διατομή 08	115
Σχήμα 5.6 - Τυπική Διατομή 09	116
Σχήμα 5.7 - Τυπική Διατομή 10	117
Σχήμα 5.8 - Τυπική Διατομή 11	118
Σχήμα 5.9 - Τυπική Διατομή Τραμ	119

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο και σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι **η ανάδειξη του τρόπου με τον οποίο τα λογισμικά φωτορεαλισμού και τρισδιάστατης απεικόνισης μπορούν να βοηθήσουν στην παρουσίαση οδικών έργων**, στον εντοπισμό και την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση των επιμέρους σχεδίων δισδιάστατης απεικόνισης στον πραγματικό τρισδιάστατο χώρο, καθώς και τη συμβολή τους στη δυνατότητα εντοπισμού κρίσιμων καταστάσεων ως προς την παρεχόμενη ασφάλεια. Στο πλαίσιο αυτό, διερευνάται η επάρκεια ενός από τα πιο αντιπροσωπευτικά παραδείγματα σε τρισδιάστατη απεικόνιση και ενδεχομένως το πιο κρίσιμο ως προς την αδυναμία αξιολόγησης του με βάση την υφιστάμενη πρακτική σχεδιασμού οδικών έργων: το μήκος ορατότητας για στάση. Οι δυνατότητες εφαρμογής ενός τέτοιου λογισμικού ως προς τον παραπάνω έλεγχο παρουσιάζονται στο πλαίσιο σχεδιασμού του οδικού έργου του σχεδίου ολοκληρωμένης ανάπτυξης του μητροπολιτικού πόλου Ελληνικού-Αγ.Κοσμά.

1.2 Στάδια διπλωματικής εργασίας

Οι συμβατικές - δισδιάστατες μέθοδοι απεικόνισης οδικών έργων και των - σχετικά με την παρεχόμενη ασφάλεια - παραμέτρων τους αδυνατούν να λάβουν υπόψη όλα τα στοιχεία του παρόδιου χώρου. Επιπροσθέτως, οι σχετικοί έλεγχοι βασίζονται σε εμπειρικές μεθόδους, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η επαρκής αξιολόγηση όλων των δεδομένων που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση των επιμέρους σχεδίων.

Προς αυτόν τον σκοπό, **η μεθοδολογία της εργασίας** χωρίζεται στα παρακάτω στάδια. Το πρώτο στάδιο αφορά στη **βιβλιογραφική ανασκόπηση** αναφορικά με την τεχνολογία του φωτορεαλισμού. Γίνεται μία παρουσίαση – σύγκριση των διαθέσιμων λογισμικών με στόχο να διερευνηθεί η ευκολία πρόσβασης και εκμάθησης του μέσου χρήστη καθώς και να αιτιολογηθεί η επιλογή του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε στη συνέχεια. Επιπροσθέτως, γίνεται **παρουσίαση του λογισμικού φωτορεαλισμού 3ds Max**, με το οποίο εκπονήθηκε η διπλωματική εργασία και αναλύονται οι δυνατότητες του γενικότερα, και ειδικότερα στα οδικά

έργα. Επιπλέον, δίνεται έμφαση στα αποτελέσματα της συνεργασίας του 3ds Max με το ευρύτατα διαδεδόμενο λογισμικό σχεδιασμού οδικών έργων Autodesk Civil 3d. Το επόμενο στάδιο αναφέρεται στα **συγκριτικά πλεονεκτήματα των τρισδιάστατων απεικονίσεων έναντι των παραδοσιακών δισδιάστατων στον τομέα των οδικών μελετών**, και ιδιαίτερα όσον αφορά στον έλεγχο επάρκειας ορατότητας. Το τρίτο στάδιο, περιλαμβάνει την **παρουσίαση της περιοχής εφαρμογής** παρέχοντας απαραίτητες λεπτομέρειες ως προς τις παραμέτρους οδοποιίας. Στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο, γίνεται **αξιολόγηση των αποτελεσμάτων** που παρήχθησαν από τα φωτορεαλιστικά βίντεο με σκοπό την κατανόηση του ελέγχου ορατότητας για στάση καθώς και τον τρόπο απόδοσης του τρισδιάστατο πρότυπου του οδικού έργου της περιοχής Ελληνικού-Αγ.Κοσμά.

2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΜΟΥ & ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

2.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση των βασικών εννοιών του φωτορεαλισμού και του τρισδιάστατου σχεδιασμού, αλλά και εφαρμογών που έχουν σε διάφορους τομείς. Επίσης, γίνεται μια πρώτη αναφορά σε κάποια λογισμικά τριδιάστατης απεικόνισης και φωτορεαλισμού από το ευρύ φάσμα των λογισμικών που κυκλοφορούν.

2.2 Φωτορεαλισμός και Τρισδιάστατος Σχεδιασμός

Ο φωτορεαλισμός είναι η **τρειςδιάστατη αναπαράσταση** των κτιρίων ή άλλων σχεδιαστικών αντικειμένων **με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή, με πιστή αναπαράσταση των υλικών, των χρωμάτων και του φωτισμού βάσει των δισδιάστατων σχεδίων του αντικειμένου**. Οι φωτορεαλιστικές απεικονίσεις είναι πλέον απαραίτητες στη σημερινή εποχή για τον αρχιτέκτονα, πολιτικό μηχανικό, σχεδιαστή, διακοσμητή και ιδιώτη γιατί, σε αντίθεση με την παραδοσιακή κατασκευή μακετών, χρησιμοποιούν πλέον τα εξελιγμένα 3d προγράμματα, με αποτέλεσμα να σχηματίζουν μια πληρέστερη άποψη του υπό κατασκευή έργου, ακόμα και από τα αρχικά του στάδια. Η ανάγκη για γρήγορη και αποτελεσματική μετάδοση πληροφοριών γίνεται όλο και πιο επιτακτική και μπορεί να καλυφθεί μέσω της οπτικοποίησης καθώς κάθε πληροφορία γίνεται πιο εύκολα και πιο γρήγορα αντιληπτή μέσω σχημάτων και εικόνων.

Ο μελετητής έτσι **διευκολύνεται στη σύλληψη και βελτίωση του έργου του**, ενώ παράλληλα του παρέχεται η δυνατότητα ελέγχου και οριστικοποίησης των χρωμάτων, των υλικών και της αισθητικής του. Επιπρόσθετα δίνεται η ευκαιρία στους μελλοντικούς αγοραστές-επενδυτές να έχουν μία πλήρη άποψη για το αποτέλεσμα που πρέπει να περιμένουν από την ολοκλήρωση του υπό κατασκευή έργου. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι πως με αυτόν τον τρόπο μειώνεται το κόστος εξ αιτίας αλλαγών και διορθώσεων κατά την κατασκευή του έργου. Η παρουσίαση παίζει σημαντικό ρόλο στον κατασκευαστικό κλάδο, όπου επενδύονται ετησίως μεγάλα ποσά χρημάτων.

Οι φωτορεαλιστικές εικόνες είναι **απεικονίσεις της αναπαράστασης του ψηφιακού μοντέλου με πληροφορίες υλικών και φωτισμού**. Προκύπτουν από πολύπλοκη διαδικασία υπολογισμών, της φωτορεαλιστικής απεικόνισης ή rendering, και με χρήση ειδικών αλγορίθμων από το λογισμικό. Φωτορεαλιστικές απεικονίσεις μπορεί να είναι όλα τα είδη προβολής του ψηφιακού μοντέλου. Ο μελετητής επιλέγει συγκεκριμένα επίπεδα προβολής ή σημεία παρατήρησης, στη συνέχεια διαμορφώνει τις οπτικές παραμέτρους για τη διαδικασία του φωτορεαλισμού. Το ψηφιακό μοντέλο απεικονίζεται με μεγάλη λεπτομέρεια ενώ το λογισμικό υπολογίζει, μέσω της φωτορεαλιστικής απεικόνισης, όλα τα οπτικά αποτελέσματα από τη χρήση των υλικών και του φωτισμού που ορίστηκαν. Με αυτόν τον τρόπο παράγονται φωτορεαλιστικά σχέδια και εικόνες στα οποία παρέχεται η δυνατότητα περαιτέρω επεξεργασίας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Το **φωτορεαλιστικό μοντέλο ή μοντέλο σκίασης** χρησιμοποιείται στην προσομοίωση του τρόπου παραγωγής των εικόνων στον πραγματικό κόσμο και η απόδοση μίας σκηνής καθορίζεται από τις ιδιότητες των πηγών φωτισμού όπως επίσης και από τις ανακλαστικές ιδιότητες των επιφανειών.

Η τρισδιάστατη φωτορεαλιστική απεικόνιση είναι πλέον απαραίτητη για τον σύγχρονο αρχιτέκτονα-διακοσμητή γιατί, σε αντίθεση με την παραδοσιακή κατασκευή μακετών, μπορεί να προσφέρει μια πιο λεπτομερή εικόνα για το τελικό αποτέλεσμα της κατασκευής.

Οι ψηφιακές αυτές απεικονίσεις:

- διευκολύνουν την κατανόηση μιας αρχιτεκτονικής ή διακοσμητικής μελέτης
- δίνουν τη δυνατότητα να συζητηθούν πιθανές βελτιώσεις
- εξασφαλίζουν την τελική επιλογή των χρωμάτων και των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν

Δίνεται δηλαδή η δυνατότητα να παρουσιαστούν αισθητικές επιλογές ακόμα και πριν την έναρξη της κατασκευής.

Τα τρισδιάστατα βίντεο (animation) ενδείκνυνται για **παρουσιάσεις μεγάλων κατασκευών, όπως οδικά έργα, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, εμπορικά κέντρα κλπ, δίνοντας στον επενδυτή μεγαλύτερη αντίληψη**, τόσο των χώρων που θα ανεγερθούν, όσο και των λειτουργιών που θα φιλοξενήσουν. Κάνει τους επενδυτές να νιώθουν ασφάλεια, έχοντας μια πλήρη εικόνα του τελικού αποτελέσματος, ιδιαίτερα στο θέμα του οδικού σχεδιασμού, δεδομένου ότι οι εποπτικές εικόνες και τα βίντεο από τη θέση του οδηγού συμβάλλουν αισθητά στην ποιοτική αξιολόγηση της χάραξης μέσω της αξιολόγησης της αλληλουχίας των επί μέρους στοιχείων σχεδιασμού.

Διάφορα εξειδικευμένα λογισμικά ψηφιακής επιμέλειας και τρισδιάστατης απεικόνισης είναι το 3ds Max, Maya, Blender, SketchUp, Cinema 4d, Vue 11, MeshLab, Inventor και πολλά ακόμα. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία χρησιμοποιήθηκε το 3ds Max για την φωτορεαλιστική απόδοση.

Ο τρισδιάστατος σχεδιασμός είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με την τρισδιάστατη εκτύπωση, που έχει εφαρμογή σε πολυάριθμους τομείς. Οι πιο σημαντικοί είναι:

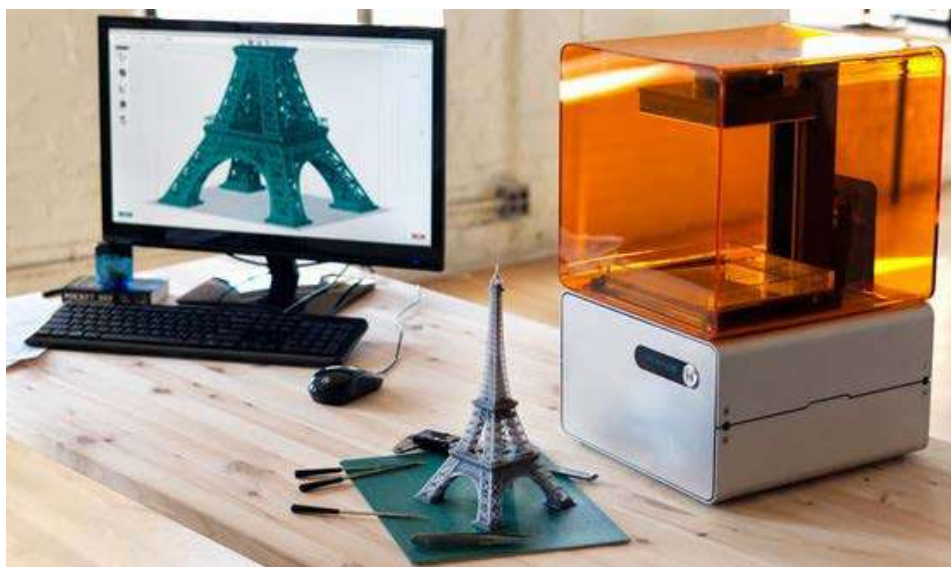
- αρχιτεκτονική (κατασκευή μακετών)
- διακόσμηση (δημιουργία διακοσμητικών αντικειμένων)
- οδοποιία (κατασκευή μακετών)
- ιατρικές / οδοντιατρικές εφαρμογές
- βιομηχανία / μηχανολογία (επιτάχυνση της διαδικασίας σχεδιασμού και κατασκευής προϊόντων)
- marketing (κατά την ανάδειξη και γνωστοποίηση των προϊόντων)
- τέχνη (κατά τη διαδικασία του πειραματισμού και για την ολοκλήρωση της διαδικασίας παραγωγής μοντέλων)
- εκπαιδευτικός τομέας / έρευνα (τρόπος εκμάθησης)
- χόμπυ (μοντελισμός, μινιατούρες κτλ)

2.3 Λεπτομερειακή παρουσίαση τεχνικής φωτορεαλισμού

Η διαδικασία παραγωγής τρισδιάστατων γραφικών ηλεκτρονικού υπολογιστή χωρίζεται σε **τρεις κύριες φάσεις**, την τρισδιάστατη μοντελοποίηση, τον σχεδιασμό

της διάταξης της απεικόνισης η οποία συνοδεύεται από τη δημιουργία κίνησης και τέλος την τρισδιάστατη απόδοση της (3d modeling, layout and animation, 3d rendering).

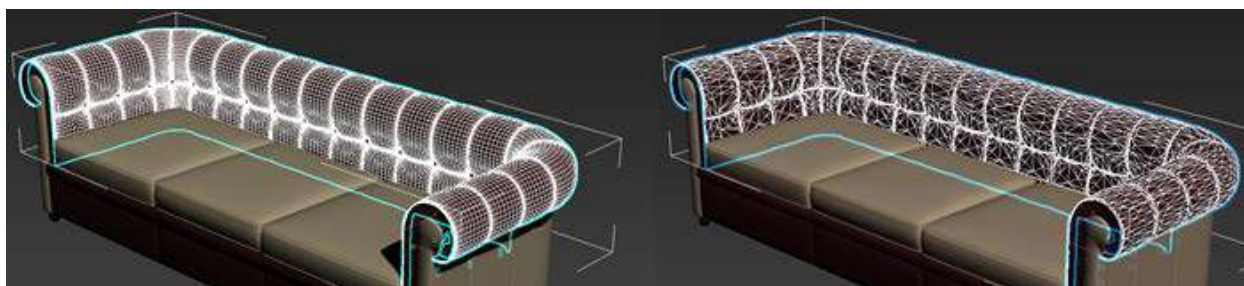
Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση είναι η διαδικασία της ανάπτυξης μίας μαθηματικής αναπαράστασης μίας επιφάνειας ή ενός αντικειμένου (έμψυχου ή άψυχου) σε τρεις διαστάσεις χρησιμοποιώντας εξειδικευμένο λογισμικό. Το προϊόν αυτής της διαδικασίας ονομάζεται τρισδιάστατο μοντέλο και μπορεί να απεικονιστεί σε δισδιάστατες εικόνες μέσω της τρισδιάστατης απόδοσης (3d rendering) ή να χρησιμοποιηθεί σε προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων. Τα τελευταία χρόνια έγινε δυνατή η πραγματική κατασκευή του μοντέλου μέσω της τρισδιάστατης εκτύπωσης.



Εικόνα 2.1 - Τρισδιάστατο Μοντέλο & Τρισδιάστατη Εκτύπωση

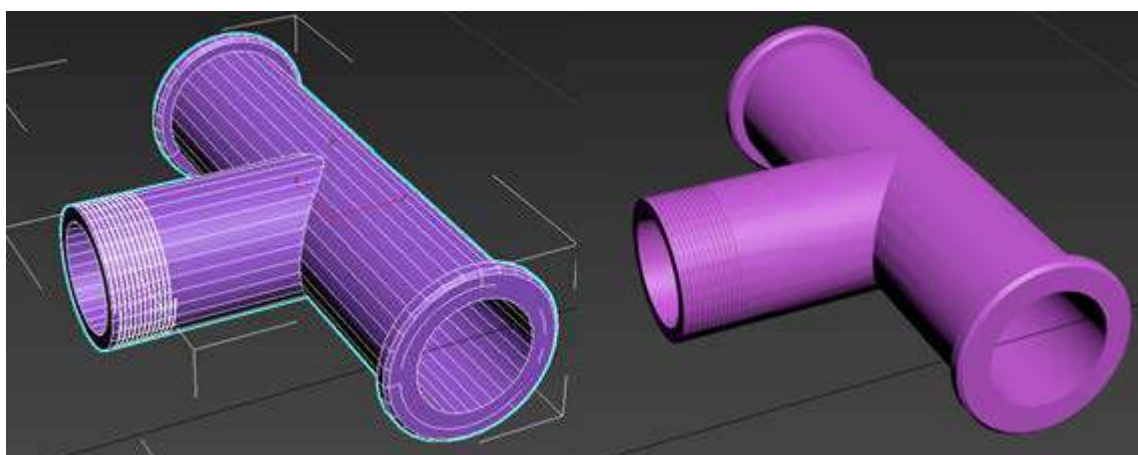
Τα **τρειςδιάστατα μοντέλα** αποτελούν αναπαραστάσεις φυσικών σωμάτων με τη χρήση ενός αθροίσματος σημείων στον τρισδιάστατο χώρο συνδεδεμένων μεταξύ τους μέσω γεωμετρικών οντοτήτων όπως τρίγωνα, γραμμές καμπύλες επιφάνειες κ.α. Κατά την κατασκευή ενός τρισδιάστατου μοντέλου δηλαδή, γίνεται προσπάθεια να αποδοθεί όσο το δυνατόν πιστότερα ένα φυσικό σώμα, προσεγγίζοντας όσο καλύτερα γίνεται το πραγματικό του σχήμα με τη χρήση ενός αθροίσματος πολυγώνων, συνήθως τριγώνων. Το πλήθος των πολυγώνων που χρησιμοποιούνται

ορίζει την ανάλυση, άρα και την ακρίβεια απόδοσης του επιθυμητού σχήματος, του τρισδιάστατου μοντέλου.



Εικόνα 2.2 - Μοντέλα Χαμηλής (δεξιά) και Υψηλής (αριστερά) Ανάλυσης

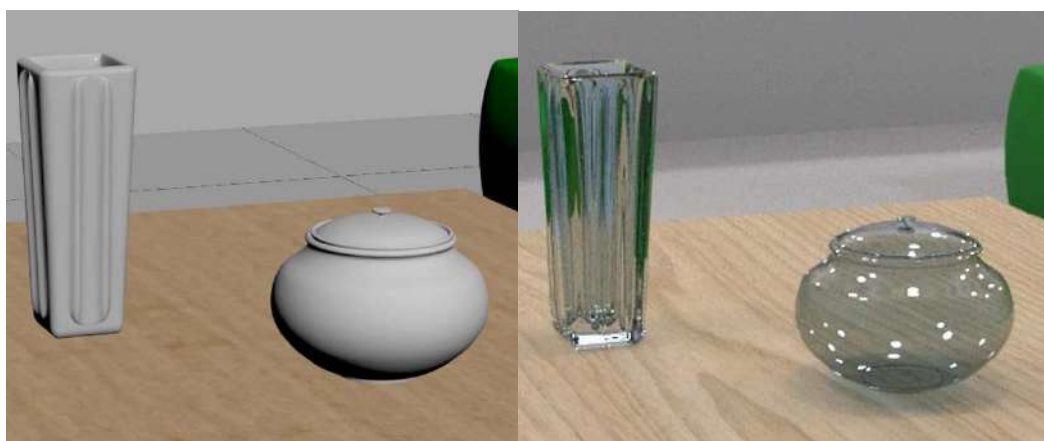
Τα τρισδιάστατα μοντέλα χωρίζονται σε **δύο κύριες υποκατηγορίες**, τα στερεά και τις επιφάνειες ή όρια. Τα στερεά μοντέλα ορίζουν και εμπεριέχουν τον όγκο του αντικειμένου που αντιπροσωπεύουν και χρησιμοποιούνται κυρίως σε μηχανικές ή ιατρικές προσομοιώσεις. Τα μοντέλα επιφανειών αντιθέτως, αντιπροσωπεύουν μόνο την εξωτερική επιφάνεια του αντικειμένου χωρίς τον εσωτερικό όγκο του (σαν το τσόφλι ενός αυγού). Τα μοντέλα αυτού του τύπου είναι ευκολότερα στην επεξεργασία και ταχύτερα στην τρισδιάστατη απόδοση και για αυτόν τον λόγο σχεδόν όλα τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία βιντεοπαιχνιδιών και ταινιών είναι μοντέλα επιφανειών.



Εικόνα 2.3 - Μοντέλο επιφάνειας (αριστερά) και Στερεό Μοντέλο (δεξιά)

Στη σημερινή εποχή τα τρισδιάστατα μοντέλα βρίσκουν **χρήση σε πολλούς τομείς**. Η ιατρική βιομηχανία χρησιμοποιεί λεπτομερή μοντέλα οργάνων. Στον

κινηματογράφο χρησιμοποιούνται ως χαρακτήρες, φόντα ή και απλά αντικείμενα στις ταινίες, στον τομέα των φυσικών επιστημών χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία πειραματικών μοντέλων, και στην αρχιτεκτονική χρησιμοποιούνται αντί μακετών. Τα μοντέλα μπορούν να **δημιουργηθούν αυτόματα ή χειροκίνητα**. Η διαδικασία τρισδιάστατης μοντελοποίησης μπορεί να γίνει με το χέρι μέσω εξειδικευμένου προγράμματος λογισμικού, ήσαρώνοντας το αντικείμενο με ειδικό σαρωτή, ή τέλος μπορεί να γίνει και αλγοριθμικά. Η διαδικασία της μοντελοποίησης με το χέρι θα μπορούσε να παρομοιαστεί με τις μεθόδους της παραδοσιακής γλυπτικής. Οι επιφάνειές του μοντέλου μπορούν να οριστούν περαιτέρω με την απόδοση κάποιας υφής ή ενός υλικού.

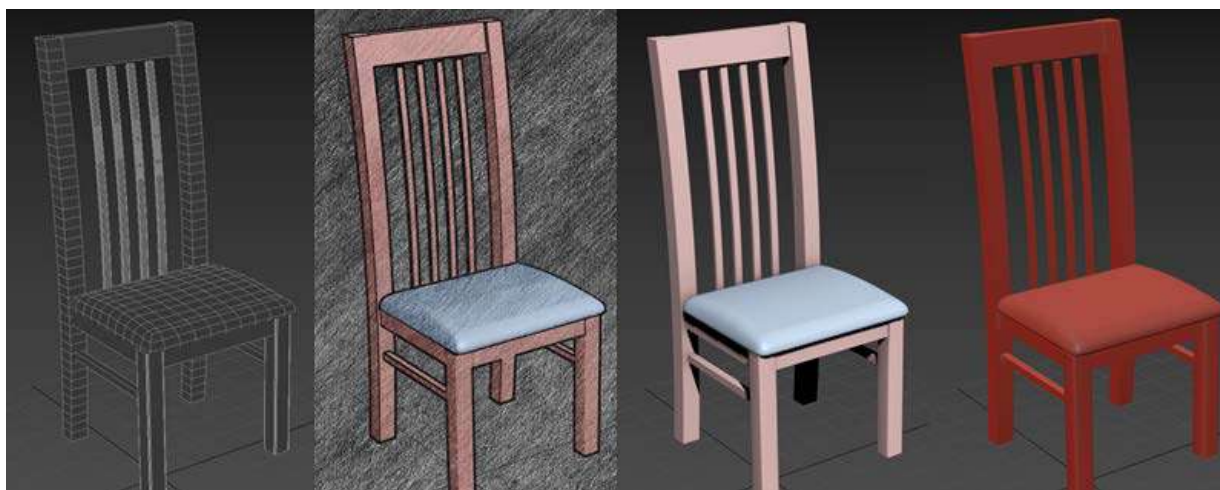


Εικόνα 2.4 - Σκηνή Πριν και Μετά την Εφαρμογή Υφής

Η δεύτερη διακριτή φάση της δημιουργίας τρισδιάστατων γραφικών είναι η **διάταξη της ή δημιουργία κίνησης**. Η συγκεκριμένη φάση διαφοροποιείται αναλόγως αν το τελικό επιθυμούμενο αποτέλεσμα είναι μια διδιάστατη εικόνα ή ένα βίντεο. Στην περίπτωση της εικόνας, τα αντικείμενα τα οποία θα παρασταθούν πρέπει να τοποθετηθούν μέσα στη σκηνή και να προσδιοριστούν οι χωρικές τους ιδιότητες και σχέσεις (σχετικές θέσεις και μεγέθη). Στην περίπτωση που παράγεται βίντεο θα πρέπει να πραγματοποιηθεί η χρονική περιγραφή των αντικειμένων (πως κινούνται και παραμορφώνονται με την πάροδο του χρόνου). Σε πολλές περιπτώσεις η περιγραφή της κίνησης προκύπτει μέσω φυσικής προσομοίωσης.

Η τρίτη και τελευταία φάση της **απόδοσης ή της σύνθεσης εικόνας** (rendering) είναι η αυτοματοποιημένη διαδικασία δημιουργίας μίας φωτορεαλιστικής ή μη

φωτορεαλιστικής εικόνας από ένα δισδιάστατο ή τρισδιάστατο μοντέλο μέσω ειδικού λογισμικού υπολογιστή. Η διαδικασία της απόδοσης μετατρέπει το μοντέλο σε εικόνα, είτε προσομοιώνοντας την διακίνηση του φωτός εντός της σκηνής για να παράγει φωτορεαλιστικές εικόνες, είτε εφαρμόζοντας κάποιο καλλιτεχνικό στυλ στη μη φωτορεαλιστική απόδοση.



Εικόνα 2.5 - Εφαρμογή Διαφορετικών Απεικόνισης και Τεχνικών Απόδοσης στο ίδιο τρισδιάστατο αντικείμενο

Οι δύο βασικές λειτουργίες στη ρεαλιστική απόδοση είναι η διακίνηση (πόσο φως φθάνει από το ένα σημείο στο άλλο) και η διάχυση του φωτός (πως οι επιφάνειες αντιδρούν με το φως). Όλες οι εφαρμογές με στόχο τη δημιουργία ρεαλιστικών αποδόσεων επιχειρούν να υπολογίσουν την συμπεριφορά του φωτός επιλύοντας την **εξίσωση απόδοσης (rendering equation)**. Πρόκειται για μια εξίσωση με ολοκληρώματα η οποία, αν και δεν περιγράφει όλα τα φαινόμενα φωτισμού, δημιουργεί Αένα γενικό μοντέλο φωτισμού για τη δημιουργία ψηφιακών εικόνων. Από τη λύση της συγκεκριμένης εξίσωσης περιγράφεται η κίνηση του φωτός σε κάθε σημείο της σκηνής και προκύπτει η παραγόμενη εικόνα. Λόγω της πολυπλοκότητας της επίλυσης της εξίσωσης αυτής έχουν δημιουργηθεί ποικίλοι αλγόριθμοι οι οποίοι επιχειρούν να τη λύσουν μέσω ανάλυσης με αναλυτικές (πεπερασμένα στοιχεία) ή προσεγγιστικές μεθόδους.



Εικόνα 2.6 - Παράδειγμα απόδοσης σκηνής με φωτισμό

Η ανίχνευση και η μελέτη κάθε χωριστής ακτίδας φωτός δεν είναι καθόλου πρακτική και θα έπαιρνε **τεράστιο διάστημα χρόνου**. Ακόμη και η ανίχνευση ενός μόνο μέρους, ικανοποιητικά μεγάλου για την παραγωγή μιας εικόνας, θα έπαιρνε υπερβολικά μεγάλο διάστημα αν η δειγματοληψία δεν περιορίζονταν με έξυπνο τρόπο. Για αυτόν τον λόγο έχουν αναπτυχθεί τρεις κύριες οικογένειες αποδοτικών μεθόδων μοντελοποίησης της κίνησης του φωτός.

- Η **τμηματοποίηση** («ραστεροποίηση») χωρίζει την εικόνα σε γραμμές σάρωσης και προβάλλει γεωμετρικά τα αντικείμενα στο επίπεδο της εικόνας χωρίς εξελιγμένα οπτικά εφέ.
- Η **τεχνική εκπομπής ακτινών** θεωρεί ότι εκπέμπονται ακτίνες από το σημείο θέασης προς τη σκηνή και, βρίσκοντας την πρώτη επαφή τους με κάποιο αντικείμενο, προσδιορίζει τη γεωμετρία της τελικής εικόνας.
- Η **τεχνική ανίχνευσης ακτινών** έχει παρόμοια αρχή λειτουργίας με την τεχνική εκπομπής ακτινών με τη διαφορά ότι οι ακτίνες εκπέμπονται από την πηγή φωτός και ακολουθούνται οι πιθανές αντανάκλασεις και διαθλάσεις τους μέχρι την πρώτη τους επαφή με το επίπεδο της εικόνας. Ο τρόπος λειτουργίας της τεχνικής ανίχνευσης ακτινών θα μπορούσε να παρομοιαστεί με την τεχνική της φωτογραφίας όπου οι ακτίνες φωτός αφού ανακλαστούν ή διαθλαστούν από τα αντικείμενα της σκηνής καταλήγουν στο φιλμ και αφήνουν το ίχνος τους.

Η τελευταία από τις τρεις τεχνικές παράγει τα πιστότερα αποτελέσματα αλλά είναι και η πιο χρονοβόρα και απαιτητική με αποτέλεσμα οι εικόνες να αποδίδονται αργά σε μεγάλο διάστημα χρόνου.

Στην απόδοση τριδιάστατων γραφικών από υπολογιστή υπάρχουν δύο διακριτές μεταξύ τους κατευθύνσεις, η **απόδοση σε πραγματικό χρόνο** και η **απόδοση σε μη πραγματικό χρόνο**. Κατά την απόδοση σε μη πραγματικό χρόνο, οι εικόνες ή τα βίντεο δεν αποδίδονται σε πραγματικό χρόνο από τη συσκευή που τα αναπαράγει. Αντιθέτως, έχουν αποδοθεί νωρίτερα σε διαφορετικό εξοπλισμό (συνήθως σημαντικά ισχυρότερο) λόγω του αυξημένου επιπέδου πολυπλοκότητας τους το οποίο δεν θα επέτρεπε στην τρέχουσα συσκευή να τα αποδώσει σε πραγματικό χρόνο. Η απόδοση σε μη πραγματικό χρόνο επιτρέπει τη χρησιμοποίηση μοντέλων ή τεχνικών απόδοσης πολυπλοκότερων από αυτές που θα μπορούσαν να αποδοθούν σε πραγματικό χρόνο χάρη στη δυνατότητα χρησιμοποίησης των υπολογιστικών συστημάτων για μεγάλο διάστημα προκειμένου να αποδώσουν το τελικό αποτέλεσμα. Η διαδικασία αυτή συνήθως διαρκεί πολλές ώρες ή ακόμη και ημέρες. Το μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η μειωμένη διαδραστικότητα του αποτελέσματος και η δυσκολία στην πραγματοποίηση αλλαγών ή στην μετακίνηση της κάμερας.

Η **απόδοση σε πραγματικό χρόνο** χρησιμοποιεί κυρίως τις απλούστερες μεθόδους της ραστεροποίησης και της εκπομπής ακτινών ώστε η ταχύτητα επεξεργασίας των εικόνων να επιτρέπει την παραγωγή τους σε τέτοιο ρυθμό, που να δίνει την αίσθηση της κίνησης (άνω των 24 εικόνων ανά δευτερόλεπτο). Η αίσθηση της κίνησης που δημιουργείται επιτρέπει την ουσιαστική αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή ούτως ώστε οι υπολογισμοί για την απόδοση της εικόνας να μπορούν να λάβουν υπ' όψη τους τις εντολές του χρήστη. Σε πολλές περιπτώσεις η διαδραστικότητα με το χρήστη είναι καθοριστικής σημασίας με αποτέλεσμα, ακόμη και αν η ποιότητα της απόδοσης είναι σαφώς κατώτερη της απόδοσης σε μη πραγματικό χρόνο, να είναι απαραίτητη η απόδοση σε πραγματικό χρόνο. Οι περισσότερες εφαρμογές τρισδιάστατης σχεδίασης χρησιμοποιούν μία μίξη των δύο μεθόδων προσφέροντας στον χρήστη μια προεπισκόπηση του αποτελέσματος σε

πραγματικό χρόνο, κατά τη φάση της σχεδίασης, και αποδίδοντας σε μη πραγματικό χρόνο το τελικό αποτέλεσμα όπου είναι σημαντική η ποιότητα της απόδοσης. Στην σημερινή εποχή τα γραφικά πραγματικού χρόνου έχουν εξελιχθεί και η διαφορά με την απόδοση μη πραγματικού χρόνου ολοένα μικραίνει καθώς πλέον είναι δυνατό να παρασταθεί σε πραγματικό χρόνο και ο φωτισμός, έστω και απλοποιημένος.

2.4 Λογισμικά δημιουργίας τρισδιάστατων απεικονίσεων και φωτορεαλισμού

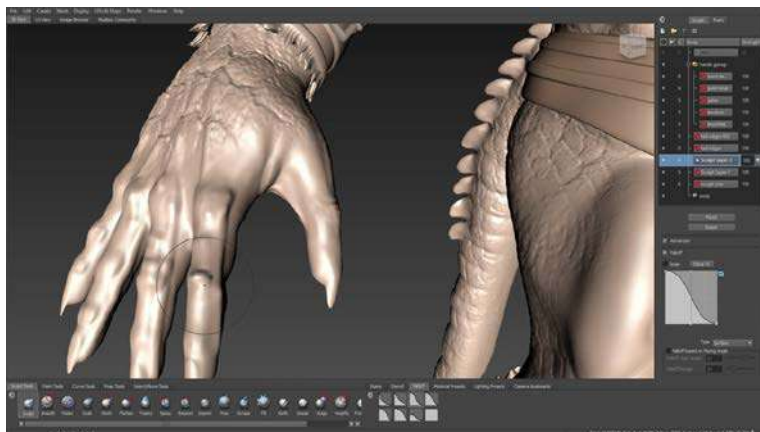
Τις τελευταίες δεκαετίες έχει αναπτυχθεί ένα εντυπωσιακό πλήθος εφαρμογών τρισδιάστατου σχεδιασμού και απόδοσης γραφικών, με αποτέλεσμα οι τεχνολογίες που παρουσιάστηκαν στο τελευταίο υποκεφάλαιο να έχουν γίνει πλέον συνήθεις. Το πλήθος των εφαρμογών με δυνατότητες τρισδιάστατου σχεδιασμού και απόδοσης που βρίσκονται σε κυκλοφορία σήμερα είναι πρακτικά ανεξάντλητο.

Υπάρχουν ποικίλες εξειδικευμένες εφαρμογές με διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και η επιλογή του μηχανικού **δεν εξαρτάται πλέον από την διαθεσιμότητα του λογισμικού** όπως γινόταν παλαιότερα αλλά από προσωπικές επιλογές και από οικονομικούς παράγοντες. Τα περισσότερα προγράμματα ηλεκτρονικής σχεδίασης (τύπου CAD) προσφέρουν τουλάχιστον κάποιες δυνατότητες τρισδιάστατης σχεδίασης αλλά υπάρχουν και ολοκληρωμένες σουίτες λογισμικού τρισδιάστατης σχεδίασης προσιτές στον σημερινό μηχανικό. Στη συνέχεια θα δοθούν κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Από τις παλαιότερες εταιρίες στον χώρο της σχεδίασης με ηλεκτρονικό υπολογιστή είναι η Autodesk. Ήταν υπεύθυνη για την ανάπτυξη του προγράμματος AutoCAD το πρώτο πρόγραμμα ηλεκτρονικής σχεδίασης που μπορούσε να εκτελεστεί σε οικιακό υπολογιστή. Στη σημερινή γραμμή των προϊόντων της ανήκουν το 3Ds Max, το Maya και το AutoCAD, οι **τρεις κορυφαίες σουίτες δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων και φωτορεαλισμού** σε κυκλοφορία. Χρησιμοποιούνται από το μεγαλύτερο μέρος των επαγγελματιών του χώρου και φημίζονται για την ποιότητα των αποτελεσμάτων τους. Ήταν τα πρώτα προγράμματα που ενσωμάτωσαν νέες

τεχνολογίες στην τριδιάστατη απόδοση και εξακολουθούν να είναι πρωτοπόρα στον τομέα με τεράστιο εύρος εφαρμογών, από εφαρμογές μηχανικού έως ειδικά εφέ στον αμερικάνικο κινηματογράφο. Μειονέκτημά τους αποτελεί η πολύ απότομη καμπύλη εκμάθησης των προγραμμάτων που καθιστά δύσκολη τη χρησιμοποίησή τους από νέους χρήστες. Η πρόσβαση στις συγκεκριμένες εφαρμογές διευκολύνεται από τις μαθητικές άδειες χρήσης οι οποίες διατίθενται και για τα τρία προγράμματα.

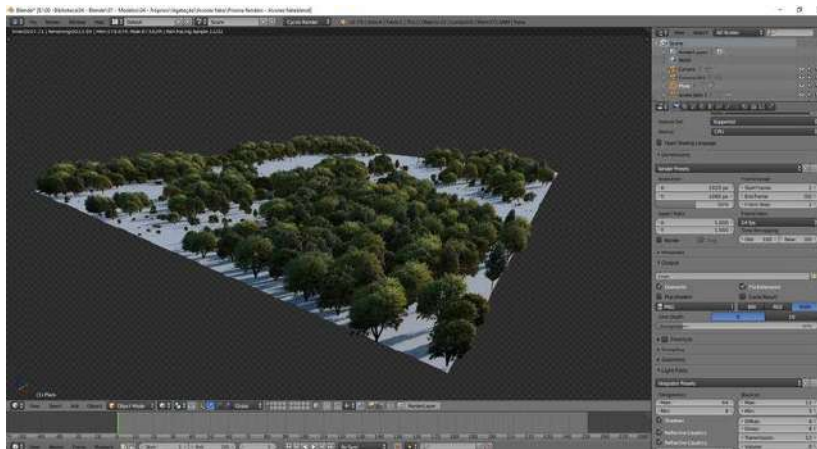
Από την ίδια εταιρεία διατίθεται και το **Autodesk Mudbox** το οποίο θεωρείται μία από τις κορυφαίες εφαρμογές δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων καθώς προσφέρει μια **εναλλακτική προσέγγιση στον τρόπο δημιουργίας τους**. Προσφέρει εργαλεία “γλυπτικής” που καθιστούν τη δημιουργική διαδικασία πιο φυσική και αυθόρμητη και επιτρέπουν την απόδοση μεγάλου βάθους λεπτομερειών. Όμως προσφέρει λίγα στον τομέα της απόδοσης υλικών και φωτισμού και δεν έχει τη δυνατότητα δημιουργίας βίντεο. Χρησιμοποιείται κυρίως για τη δημιουργία μοντέλων που θα εισαχθούν αργότερα σε κάποιο άλλο πρόγραμμα.



Εικόνα 2.7 - Παράδειγμα του Επιπέδου Λεπτομέρειας που μπορεί να αποδώσει το Autodesk Mudbox

Χαρακτηριστικό παράδειγμα για την ευκολία πρόσβασης που έχει ο σημερινός μελετητής σε προγράμματα δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων είναι το **Blender** ένα εναλλακτικό πρόγραμμα τρισδιάστατου σχεδιασμού το οποίο διατίθεται δωρεάν. Είναι **λογισμικό ανοιχτού κώδικα**, και διατίθεται ελεύθερα μέσω διαδικτύου. Έχει κατακτήσει μεγάλο κομμάτι της αγοράς και θεωρείται εφάμιλλης ποιότητας με τα προαναφερθέντα προγράμματα. Έχει όλες τις λειτουργίες που

περιέχουν τα εμπορικά προγράμματα τρισδιάστατων γραφικών και διακρίνεται για την απλότητά του και την ευκολία της εκμάθησής του.



Εικόνα 2.8 - Παράδειγμα εφαρμογής του Blender

Ακόμη μεγαλύτερη προσβασιμότητα και ευκολία στην εκμάθηση έχει το **Sketchup**. Η ποιότητα των σχεδίων και των απεικονίσεων που παράγονται από τη συγκεκριμένη εφαρμογή είναι πολύ χαμηλότερης κατηγορίας σε σχέση με τις προηγούμενες εφαρμογές, και χρησιμεύουν κυρίως σε φάση προμελέτης ή για να “δώσει τη γενική ιδέα του σχεδίου”, εντυπωσιάζει όμως η **αμεσότητα και η ευκολία χρήσης της εφαρμογής**. Πρόκειται για την εφαρμογή που έκανε την τρισδιάστατη μοντελοποίηση και το φωτορεαλισμό προσιτά στον οποιονδήποτε, και καθιστά εφικτή τη δημιουργία μοντέλου και απεικόνισης σε μερικά λεπτά, έστω κι αν δεν φτάνει την ποιότητα απόδοσης των προαναφερθέντων προγραμμάτων.



Εικόνα 2.9 - Παράδειγμα εφαρμογής του Sketchup

Το εύρος των προγραμμάτων τρισδιάστατης σχεδίασης είναι τόσο μεγάλο ώστε να έχουν αναπτυχθεί πλήρεις σουίτες τρισδιάστατου σχεδιασμού και απόδοσης που

λειτουργούν χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης από περιβάλλον προγράμματος περιήγησης, με χαρακτηριστικό παράδειγμα το **Clara.io** . Χρησιμοποιεί τη μηχανή απόδοσης V-ray που επιτρέπει τη **γρήγορη και πιστή απόδοση των μοντέλων**. Με τη χρήση εφαρμογών του είδους είναι δυνατόν ο οποιοσδήποτε να μπορεί να σχεδιάσει ένα μοντέλο, χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης κάποιου λογισμικού, αλλά μέσω μίας διαδικτυακής υπηρεσίας .

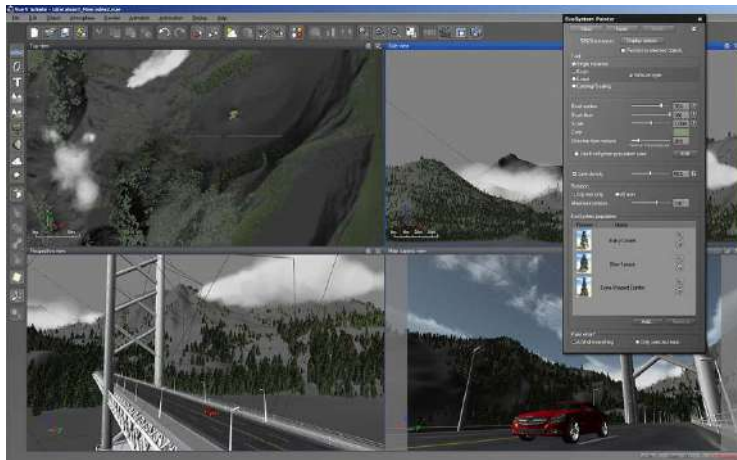
Λόγω του κορεσμού του τομέα των προγραμμάτων μοντελοποίησης εμφανίστηκαν προγράμματα με **πιο εξειδικευμένους στόχους**. Παραδείγματος χάριν, το **Cinema 4d**, ενώ δεν έχει σχεδιαστεί με γνώμονα τις εφαρμογές μηχανικού και στοχεύει κυρίως στην δημιουργία ειδικών εφέ στον κινηματογράφο, έχει ενδιαφέρον, καθώς με τα εργαλεία του, καθιστά τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου πολύ γρήγορη και έχει ενσωματώσει στη μηχανή απόδοσης του κάποιες πρωτοποριακές λειτουργίες ούτως ώστε να πετυχαίνει πολύ ρεαλιστική απεικόνιση των υλικών και του φωτισμού.



Εικόνα 2.10 - Παράδειγμα εφαρμογής του Cinema 4d

Αντίστοιχα, το **Vue 11** είναι ένα πρόγραμμα τρισδιάστατου σχεδιασμού το οποίο φημίζεται για την **ποιότητα απόδοσης φυσικών τοπίων**. Πετυχαίνει τη δημιουργία ατμοσφαιρικών εικόνων και έχει μεγάλο βαθμό ρεαλισμού σε δέντρα, φυτά και φυσικά ανάγλυφα. Η κύρια χρήση του όμως περιορίζεται στη δημιουργία καλλιτεχνικών στιγμιότυπων καθώς δεν παρέχει εύκολα εργαλεία δημιουργίας

λεπτομερών μοντέλων, και έχει περιορισμένες επιλογές στα διαθέσιμα υλικά, στα εφέ καθώς και στη δημιουργία κίνησης.



Εικόνα 2.11 - Παράδειγμα εφαρμογής του Vue 11

Ένας από τους δευτερεύοντες στόχους της παρούσης εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας μέσω της οποίας ο μέσος μελετητής μηχανικός θα μπορέσει να εκμεταλλευτεί τα πλεονεκτήματα της τρισδιάστατης απόδοσης της χάραξης του οδικού έργου. Για τον λόγο αυτό, το πρόγραμμα λογισμικού που θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου και του φωτορεαλιστικού βίντεο θα πρέπει να έχει **κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά**. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι η κάλυψη όλων των φάσεων της δημιουργίας τρισδιάστατων γραφικών, καθώς και η συμβατότητα με άλλες εφαρμογές του τομέα. Οι αναγκαιότητες αυτές οδηγούν στην επιλογή του προγράμματος 3ds Max, το οποίο είναι γνωστό στους περισσότερους μηχανικούς καθώς χρησιμοποιείται ευρέως στον κλάδο, είναι ολοκληρωμένη σουίτα δημιουργίας τρισδιάστατων γραφικών η οποία καλύπτει όλες τις φάσεις από τη δημιουργία του μοντέλου μέχρι την τελική απόδοση και τέλος, είναι συμβατό με πολλές πλατφόρμες και με τις περισσότερες μορφές τρισδιάστατων αρχείων διευκολύνοντας έτσι τη συμβατότητα με άλλα προγράμματα.

2.5 Δυνατότητες του λογισμικού φωτορεαλισμού 3ds Max

Το **3ds Max** είναι μία εφαρμογή τρισδιάστατου σχεδιασμού, για τη δημιουργία τρισδιάστατων σκηνών, μοντέλων, βιντεοπαιχνιδιών και εικόνων.

Διαθέτει **ισχυρά εργαλεία μοντελοποίησης**, και χρησιμοποιείται από δημιουργούς παιχνιδιών, από τηλεοπτικά και διαφημιστικά Studios, καθώς και από αρχιτεκτονικά Studios. Εκτός από τα εργαλεία για τη μοντελοποίηση και την κίνηση, διαθέτει επίσης δυναμικές προσομοιώσεις, συστήματα σωματιδίων, δυνατότητα χρήσης χαρτών, φωτορεαλισμό και έμμεσο φωτισμό. Για τον σχεδιασμό το 3ds max παρέχει μία πληθώρα εντολών για τη δημιουργία και επεξεργασία γραμμών. Όλες αυτές οι γραμμές συνήθως θα αποτελούν τη βάση για την δημιουργία σύνθετων τρισδιάστατων αντικειμένων. Παρέχει επίσης εργαλεία για την εύκολη δημιουργία και επεξεργασία απλών γεωμετρικών αντικειμένων, καθώς και τροποποιητές οι οποίοι επεμβαίνουν στη γεωμετρία των αντικειμένων αυτών. Πέρα από αυτές τις λειτουργίες, το 3ds Max διαθέτει εργαλεία για αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, όπως τοίχους, παράθυρα, πόρτες και σκάλες, αλλά και εργαλεία για την επεξεργασία σύνθετων πολυγωνικών αντικειμένων. Δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας και εισαγωγής καταλλήλων υλικών, αλλά και κατάλληλο φωτισμό, βασιζόμενο σε πραγματικές ρυθμίσεις φωτισμού. Επιπλέον, το συγκεκριμένο λογισμικό συνεργάζεται απόλυτα με το πρόγραμμα οδοποιίας της Autodesk το Civil 3d, προσφέροντας στον χρήστη τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει τα εργαλεία που διαθέτει για σχεδιασμό οδοποιίας οδικών έργων.

Τέλος, το λογισμικό διαθέτει κατάλληλους επεξεργαστές τρισδιάστατης φωτορεαλιστικής απεικόνισης (Renderers) οι οποίοι δίνουν τη δυνατότητα δημιουργίας φωτορεαλιστικών εικόνων και βίντεο υψηλής ανάλυσης για την παρουσίαση ενός μοντέλου ή μίας σκηνής.

2.6 Σύνοψη Κεφαλαίου

Ως **οπτικοποίηση** χαρακτηρίζεται η προσπάθεια για τη γρήγορη και αποτελεσματική μετάδοση πληροφοριών μέσω σχημάτων και εικόνων. Η φύση του επαγγέλματος του μηχανικού έκανε πάντα αναγκαία τη χρησιμοποίηση κάποιου είδους τεχνικής απεικόνισης για την μετάδοση των πληροφοριών. Αυτή η ανάγκη οδήγησε στην ανάπτυξη πολλαπλών μεθόδων δημιουργίας τεχνικών σχεδίων με πιο πρόσφατη εξέλιξη της απόδοση απολύτως ρεαλιστικών τρισδιάστατων εικόνων μέσω υπολογιστή ή αλλιώς την τεχνική του φωτορεαλισμού.

Η διαδικασία παραγωγής τρισδιάστατων γραφικών σε υπολογιστή χωρίζεται σε τρεις κύριες φάσεις. Η πρώτη φάση είναι αυτή της **τρισδιάστατης μοντελοποίησης** δηλαδή της αυτόματης ή χειροκίνητης παραγωγής των τρισδιάστατων μοντέλων τα οποία στη δεύτερη φάση **θα διαταχθούν ανάλογα** για να διαμορφώσουν την επιθυμητή σκηνή. Η τρίτη φάση είναι η **απόδοση ή σύνθεση της εικόνας** κατά την οποία εφαρμόζονται οι ανάλογες υφές και τα υλικά, υπολογίζεται ο φωτισμός και οι αντανακλάσεις και παράγεται το τελικό αποτέλεσμα.

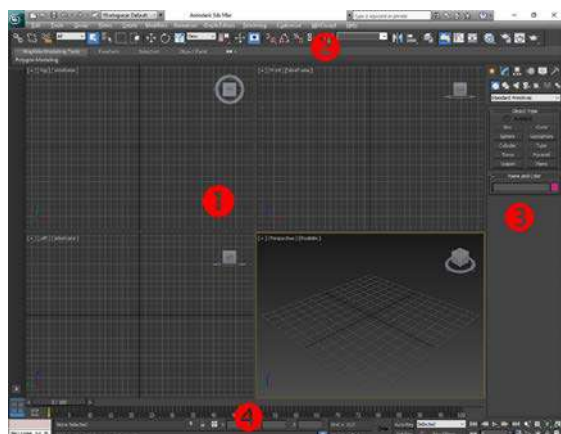
Κατόπιν αναλύθηκε η **διαθεσιμότητα** λογισμικού και η **προσβασιμότητα** του μέσου χρήστη σε αυτά στον τομέα του τρισδιάστατου σχεδιασμού. Παρατηρήθηκε ότι, λόγω της πληθώρας λογισμικού σε κυκλοφορία, η επιλογή του μηχανικού δεν εξαρτάται πλέον από τη διαθεσιμότητα του λογισμικού αλλά από προσωπικές προτιμήσεις. Εύκολα διαθέσιμες είναι πλέον κορυφαίες σουίτες δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων, λογισμικά με εναλλακτικές προσεγγίσεις στον τρόπο δημιουργίας μοντέλων, λογισμικά ανοιχτού κώδικα, εφαρμογές με έμφαση στην αμεσότητα και την ευκολία χρήσης, ακόμη και εφαρμογές που εκτελούνται από περιβάλλον προγράμματος περιήγησης ή οι οποίες καλύπτουν πιο εξειδικευμένους στόχους. Με βάση κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνει το πρόγραμμα σχεδιασμού το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία, επιλέχθηκε το πρόγραμμα 3ds Max της Autodesk.

3. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΜΟΥ 3ds Max

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια **αναλυτική παρουσίαση του λογισμικού 3ds Max** που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας αλλά και επιδικνύεται η χρήση του για την αισθητική βελτίωση των αποτελεσμάτων που παράγει το Civil 3d, καθώς τα δυο αυτά προγράμματα είναι συμβατά μεταξύ τους. Στη συνέχεια, αναλύεται ο τρόπος εξαγωγής και εισαγωγής των δεδομένων οδοποιίας, που είναι απαραίτητα στο λογισμικό, αλλά και επεξεργασίας αυτών με βάση τις υφιστάμενες προδιαγραφές.

3.1 Εισαγωγή στη χρήση του λογισμικού 3ds Max

Στο πάνω μέρος του παραθύρου της εφαρμογής εμφανίζεται το κεντρικό μενού, το οποίο διαθέτει σχεδόν όλες τις επιλογές του προγράμματος (να γίνει αναφορά σε εικόνα όπου να φαίνονται αυτά και να αλλάξει η σειρά με το προηγούμενο). Ακριβώς κάτω από το μενού υπάρχουν τα εικονίδια των εργαλείων. Ουσιαστικά είναι τα εργαλεία τα οποία μας επιτρέπουν την επιλογή, μετακίνηση, περιστροφή του μοντέλου ή του χώρου, πλοήγηση της κάμερας κτλ. Επίσης, κάτω από την κεντρική οθόνη βρίσκεται το εργαλείο καθορισμού του χρόνου (timeline), το οποίο μας δίνει τη δυνατότητα να καθορίσουμε διάφορα χαρακτηριστικά στο μοντέλο μας σε κάθε χρονική στιγμή, κάτι που είναι πολύ χρήσιμο στη φάση της δημιουργίας βίντεο (animation). Δεξιά υπάρχει μια γραμμή εργαλείων, στην οποία είναι συγκεντρωμένες οι περισσότερες ιδιότητες, μέσω των οποίων γίνεται η επεξεργασία των αντικειμένων.



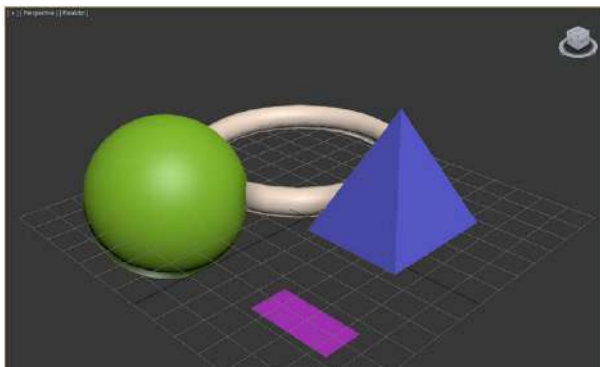
Εικόνα 3.1 - Το περιβάλλον εργασίας του 3ds Max

Στην Εικόνα 3.1 εμφανίζεται το περιβάλλον εργασίας του εργαλείου. Η βασική οθόνη χωρίζεται σε 4 τμήματα (σημείο 1) που ονομάζονται viewports και αποτελούν διαφορετικές όψεις του ίδιου αντικειμένου. Στα σημεία 2, 3, και 4 εμφανίζονται διάφορες ρυθμίσεις και επιλογές του μενού σχετικά με τα αντικείμενα σχεδίασης που έχουν τοποθετηθεί στη σκηνή.

Στην προεπιλεγμένη ρύθμιση (default setting) τα τρία viewports δείχνουν από τρεις διαφορετικές δισδιάστατες οπτικές, κάθετες μεταξύ τους (κάτοψη, πρόσοψη και πλάγια όψη), τον σκελετό (wireframe) των σχημάτων που έχουν δημιουργηθεί. Το τέταρτο παράθυρο κάτω δεξιά δείχνει τα αντικείμενα κανονικά, δηλαδή από μια ενδιάμεση γωνία, με προοπτική (perspective).

3.2 Δημιουργία και επεξεργασία βασικών αντικειμένων

Για τη δημιουργία βασικών γεωμετρικών σχημάτων υπάρχουν διαθέσιμα συγκεκριμένα εργαλεία. Τα βασικά (primitive) 3D σχήματα, που φαίνονται στην Εικόνα 3.2 είναι διαθέσιμα και μέσω του μενού «Create > Standard primitives».



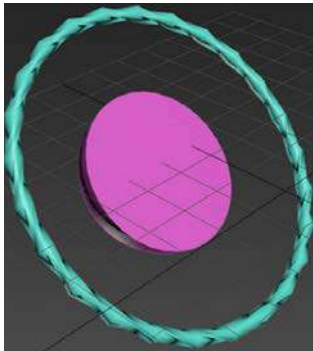
Εικόνα 3.2 - Βασικά τρισδιάστατα αντικείμενα

Με δεξί κλικ πάνω σε κάποιο αντικείμενο, εμφανίζονται αρκετές επιλογές, π.χ.:

- Scale: μεταβολή μεγέθους.
- Rotate: περιστροφή.
- Select: επιλογή.
- Move: μετακίνηση.
- Curve editor: επεξεργασία των καμπυλών των σχημάτων.
- Convert to...: επιλογές για μετατροπή σε πολύγωνα και περαιτέρω επεξεργασία.

3.3 Επεξεργασία μορφής σχήματος

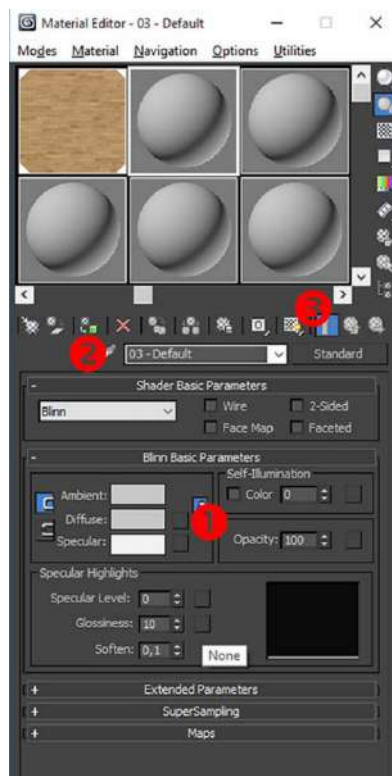
Μέσω του εικονιδίου «Modify» βρίσκουμε την αναδυόμενη λίστα «Modifier list». Εκεί παρατίθεται ένα σύνολο από τροποποιητές (μετασχηματιστές), που μας επιτρέπουν αλλαγές πάνω στα τρισδιάστατα αντικείμενα. Στην Εικόνα 3.3 εμφανίζονται δύο σχήματα, στα οποία εφαρμόστηκαν κάποιοι βασικοί μετασχηματισμοί.



Εικόνα 3.3 - Σχήματα, στα οποία έχουν εφαρμοστεί βασικοί μετασχηματισμοί

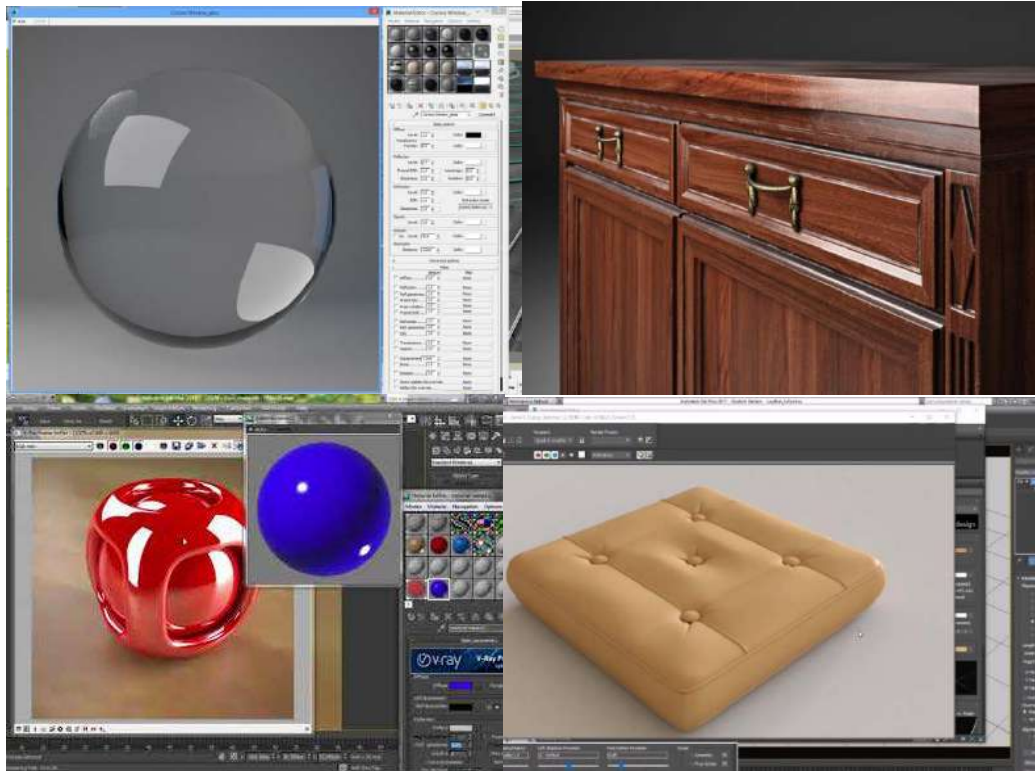
3.4 Προσθήκη υφής

Για την προσθήκη υφής σε ένα αντικείμενο χρησιμοποιείται ο επεξεργαστής Material Editor που εμφανίζεται στην Εικόνα 3.4.



Εικόνα 3.4 - Material Editor

Μέσω αυτού του επεξεργαστή ένα αντικείμενο μπορεί να πάρει την πραγματική του υφή. Για παράδειγμα μια μπάλα να γίνει γυάλινη ή και πλαστική, ένα τραπέζι ξύλινο, ένα μαξιλάρι δερμάτινο και άλλα (Εικόνα 3.5).



Εικόνα 3.5 - Αντικείμενα μετά την προσθήκη υφής μέσω του Material Editor

3.5 Δημιουργία βίντεο (Animation)

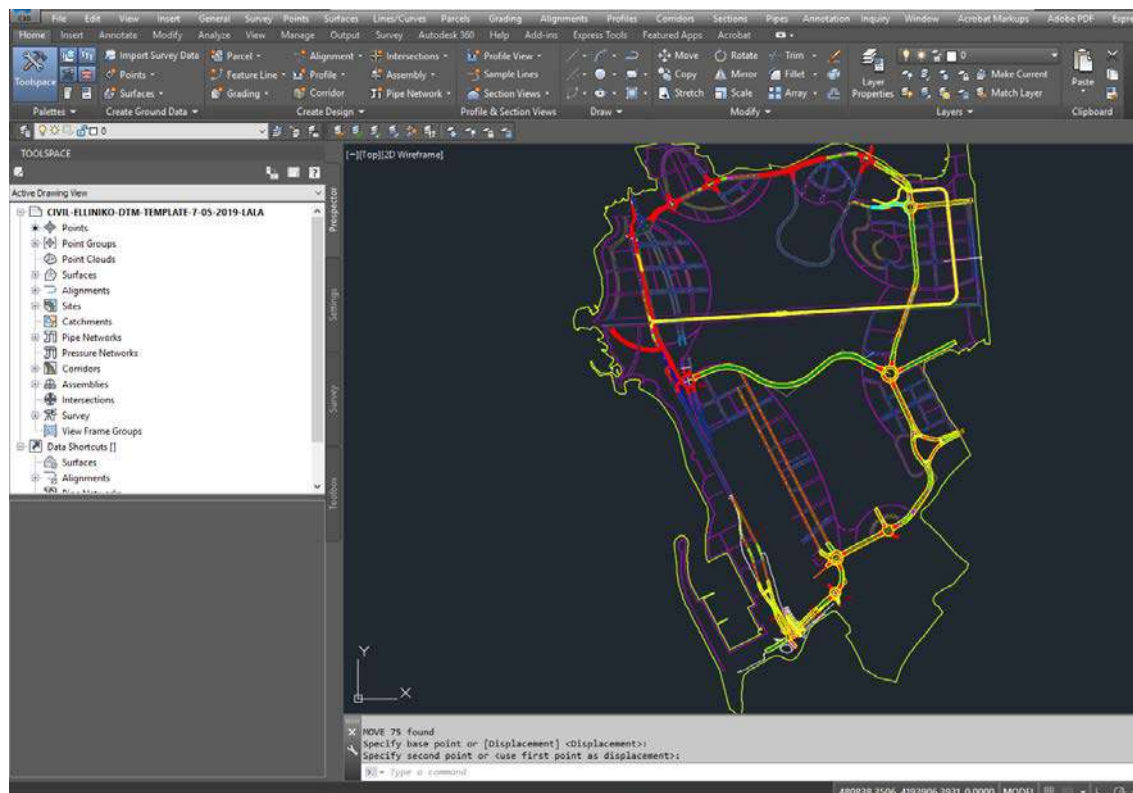
Ένας απλός τρόπος κίνησης ενός αντικειμένου είναι με τη χρήση του κουμπιού «Auto Key», που υπάρχει στο κάτω μέρος του 3ds Max. Ουσιαστικά ορίζεται το πρώτο καρέ (keyframe) της κίνησης. Στη συνέχεια πρέπει να οριστούν τα υπόλοιπα καρέ της κίνησης μετακινώντας το αντικείμενο σε κάποια θέση και αντίστοιχα ορίζοντας σε ποιο καρέ της κίνησης αντιστοιχεί αυτό το keyframe. Το τελικό keyframe ορίζεται στην τελική θέση, όπου χρειάζεται να μετακινηθεί το αντικείμενο. Κάνοντας κλικ στο εικονίδιο Play Animation, γίνεται αναπαραγωγή της κίνησης. Για την εξαγωγή του βίντεο (animation) πρέπει μέσω του Ρυθμιστή Render Setup να οριστεί ο αριθμός των καρέ (frames), η ποιότητα του παραγόμενου βίντεο και άλλες απαραίτητες παράμετροι.

3.6 Διαδικασία μετατροπής από Civil 3d σε 3ds Max

Το Civil 3d είναι πρόγραμμα που αφορά μελέτες οδοποιίας, τοπογραφίας, υδρολογίας, υδραυλικών έργων καθώς και χωματουργικών διαμορφώσεων. Το 3ds Max αξιοποιώντας δεδομένα άλλων σχεδιαστικών προγραμμάτων παράγει ποιοτικές φωτορεαλιστικές παρουσιάσεις. Τα **δύο αυτά προγράμματα είναι συμβατά** και συνεργάζονται απόλυτα για τη δημιουργία φωτορεαλιστικών απεικονίσεων οδικών έργων.

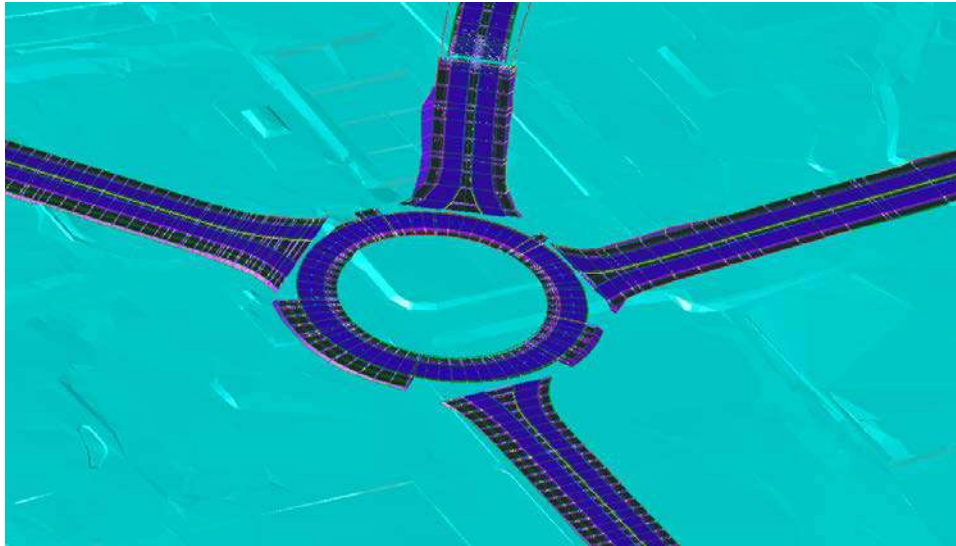
3.6.1 Εξαγωγή γεωμετρίας από το AutoCAD Civil 3d

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το πρόγραμμα 3ds Max είναι συμβατό με το Civil 3d. Για να εκμεταλλευτούμε όμως αυτή τη σχέση θα πρέπει να το τροφοδοτήσουμε με τα κατάλληλα δεδομένα και μόνον αυτά. Σε περίπτωση που φορτώσουμε στο 3ds Max όλα τα δεδομένα που μας παρέχει το Civil 3d τότε η χρήση του 3ds Max θα γίνει σχεδόν αδύνατη καθώς θα **υπερφορτωθεί με δεδομένα** που δεν χρειάζονται για την παραγωγή του φωτορεαλιστικού αποτελέσματος. Η πρόσθετη γεωμετρία απλά επιβραδύνει το 3ds Max χωρίς να συμβάλλει στο μοντέλο απεικόνισης.



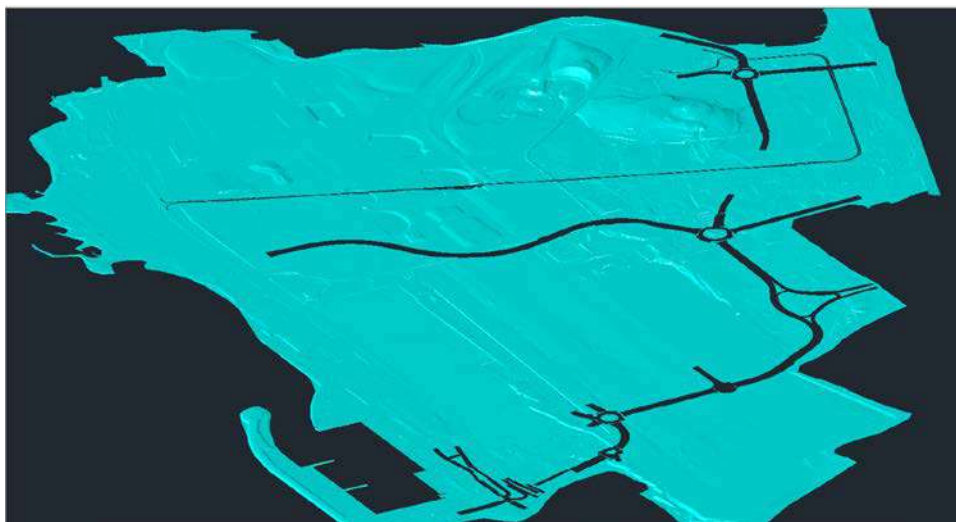
Εικόνα 3.6 - Περιβάλλον εργασίας του Civil 3d

Τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την εξαγωγή απαρτίζονται από τους **διαδρόμους** (corridors) (Εικόνα 3.7) των **επιθυμητών χαράξεων** και φυσικά το **έδαφος**. Με τον όρο διάδρομος περιγράφεται το τρισδιάστατο μοντέλο που παράγεται από την κατά μήκος εφαρμογή μιας ή περισσότερων τυπικών διατομών στον άξονα κάθε οδικού τμήματος.



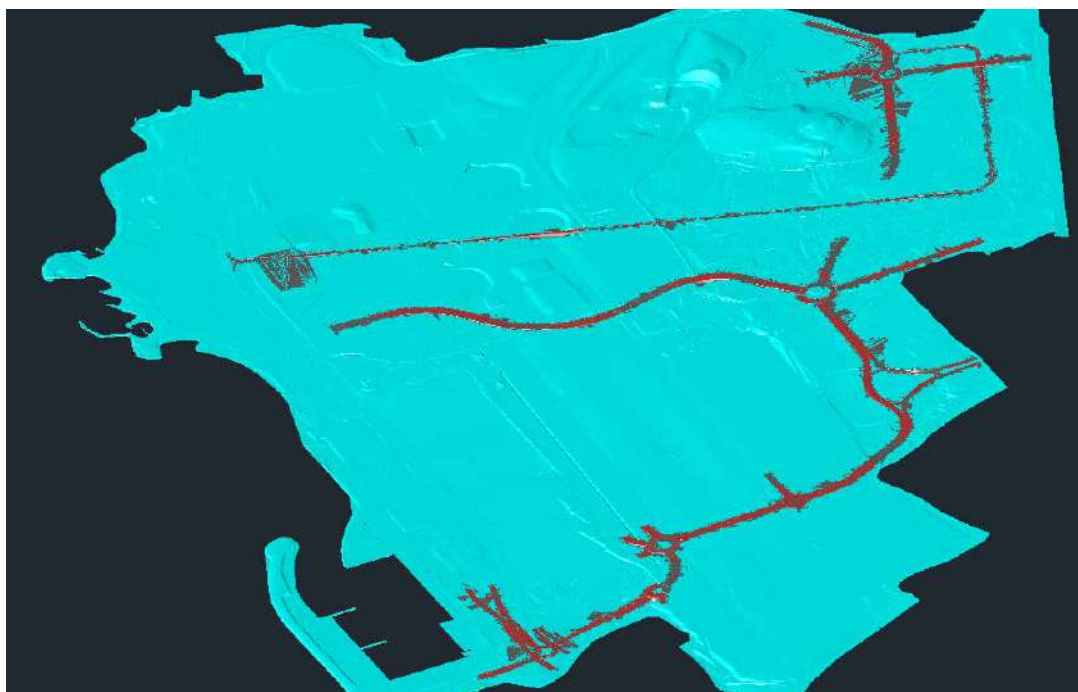
Εικόνα 3.7 - Απόδοση 3d μέσω Civil 3d - Δρόμοι (corridors) (μπλε χρώμα) & επιφάνεια εδάφους (ανοιχτό μπλε χρώμα)

Στη συνέχεια από την επιφάνεια του εδάφους θα πρέπει να αφαιρεθεί το σύνολο των σημείων που απαρτίζουν το οδικό δίκτυο, ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατόν καλύτερο αποτέλεσμα στο 3ds Max (Εικόνα 3.8).



Εικόνα 3.8 – Επιφάνεια μετά την αφαίρεση – 3d Αποτέλεσμα μέσω του Civil 3d

Για τους παραπάνω λόγους κρίνεται απαραίτητο να δημιουργηθεί η επάνω επιφάνεια (top surface) του κάθε διαδρόμου (corridor) ξεχωριστά (Εικόνα 3.9).



Εικόνα 3.9 - Τελική επιφάνεια (μπλε) & Επάνω επιφάνειες δρόμων (κόκκινο) – 3d Αποτέλεσμα μέσω του Civil 3d

Αφού έχουν δημιουργηθεί τα δεδομένα που χρειάζεται το 3ds Max, το επόμενο βήμα είναι η εξαγωγή τους μέσω της βοήθειας ενός μεταβατικού αρχείου τύπου VSP3D. Το αρχείο αυτό καθορίζει πώς τα υλικά που έχουν εφαρμοστεί στο Civil 3d, εφαρμόζονται αντίστοιχα στο 3ds Max.

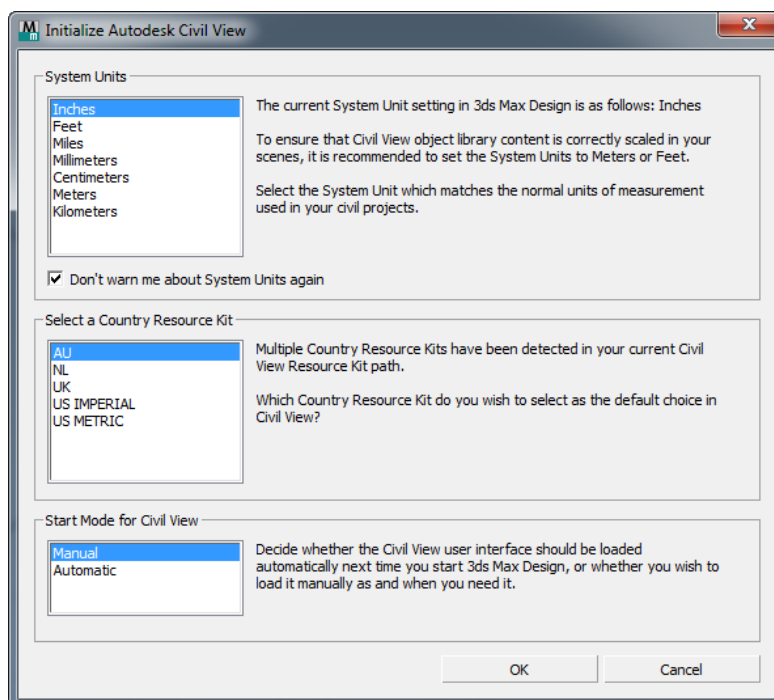
3.6.2 Εισαγωγή γεωμετρίας από το Civil 3d

Για την επεξεργασία και δημιουργία του φωτορεαλιστικού αποτελέσματος του οδικού έργου στο 3ds Max, χρησιμοποιήθηκε το πρόσθετο του εργαλείο Civil View το οποίο αποτελεί **εξειδικευμένο εργαλείο διαχείρισης οδικών έργων** στο περιβάλλον του 3ds Max.

Το πρόσθετο εργαλείο Civil View του 3ds Max παρέχει **έναν τρόπο εισαγωγής, εξαγωγής και διαχείρισης δεδομένων σχεδιασμού οδοποιίας** που παράχθηκαν μέσω του Civil 3d. Επιτρέπει την εισαγωγή:

- διαγραμμίσεων
- πινακίδων
- στηθαίων ασφαλείας
- κιγκλιδωμάτων
- στύλων φωτισμού
- τροχιών κίνησης άλλων μέσων (πχ τραμ, τρένο)
- κυκλοφορίας οχημάτων
- οποιουδήποτε στοιχείου του εξωτερικού περιβάλλοντος (πχ. κτήρια, φύτευση)
- καμερών που διαγράφουν την κίνηση των οχημάτων
- απαραίτητες διαμορφώσεις για τεχνικά έργα (πχ. γέφυρες, υπόγειες διαβάσεις)

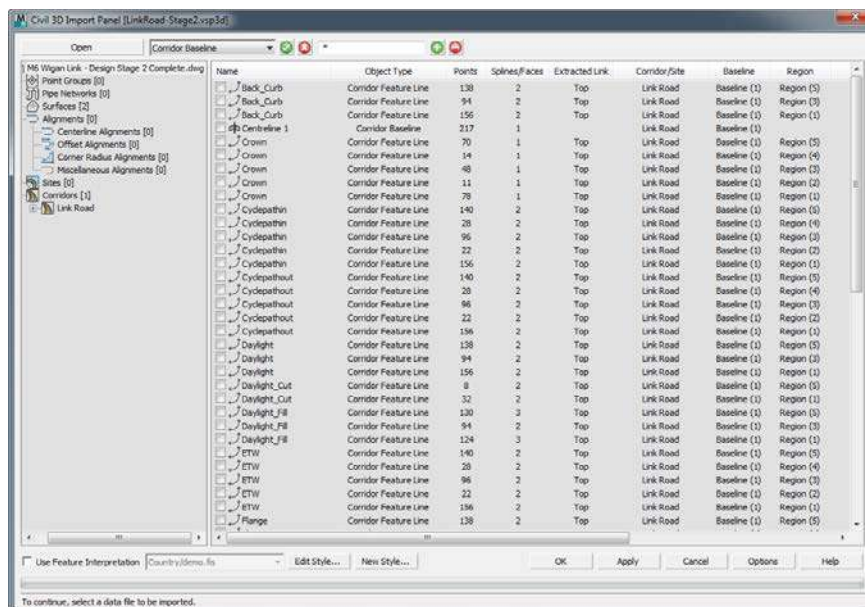
Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία εισαγωγής των δεδομένων στο 3ds Max και επεξεργασίας τους μέσω του Civil View.



Εικόνα 3.10 - Παράθυρο διαλόγου του Civil View

Στο παράθυρο διαλόγου του Civil View επιλέχθηκαν οι απαραίτητες ρυθμίσεις όπως φαίνονται στην Εικόνα 3.10 και πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή του αρχείου Civil 3d τύπου (VSP3D). Το Πλαίσιο εισαγωγής δεδομένων (Civil 3D Import Panel) που

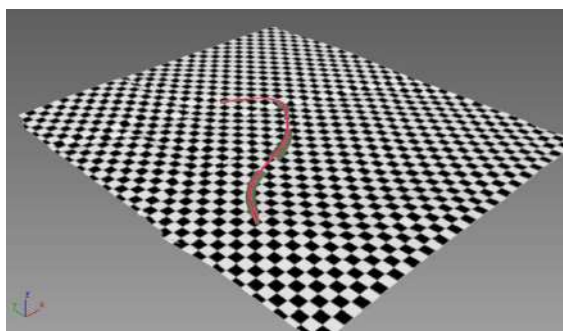
εμφανίστηκε παρουσιάζει όλη τη γεωμετρία των οδών που χρειάζεται το 3ds Max(Εικόνα 3.11).



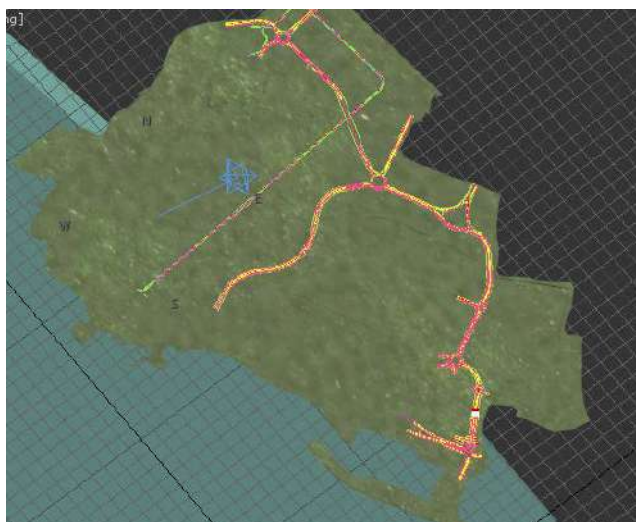
Εικόνα 3.11 - Πλαίσιο Εισαγωγής Δεδομένων

Στη συνέχεια έγινε εισαγωγή της γεωμετρίας στο 3ds Max. Επιλέχθηκαν αποκλειστικά οι διάδρομοι (corridors) και η τελική επιφάνεια του εδάφους διότι η πρόσθετη γεωμετρία που παρέχει το Civil 3d απλά επιβραδύνει το 3ds Max χωρίς να συμβάλλει στο μοντέλο απεικόνισης όπως αναφέρθηκε νωρίτερα.

Το αρχικό αποτέλεσμα που εμφανίστηκε στο παράθυρο προβολής είναι οι γραμμές και οι επιφάνειες που ορίζουν τους δρόμους και **μια επιφάνεια που αναπαριστά το έδαφος**, το οποίο από προεπιλογή εμφανίζεται με την υφή της Εικόνα 3.12. Στη συνέχεια προστέθηκε η υφή του εδάφους ώστε να προσομοιάζει την πραγματικότητα Εικόνα 3.13.



Εικόνα 3.12 - Αρχικό Αποτέλεσμα



Εικόνα 3.13 - Τελικό Αποτέλεσμα υψής εδάφους

Συνοπτικά το αποτέλεσμα της μεταφοράς των δεδομένων από Civil 3d σε 3ds Max:

- Οι περιοχές, οι επιφάνειες, οι τυπικές διατομές και οι γραμμές χαρακτηριστικών (feature lines) **παραμένουν με το όνομα τους και τα χαρακτηριστικά** τους εντός του περιβάλλοντος απεικόνισης Civil View.
- Τα δεδομένα επιφάνειας των διαδρόμων (corridors) που εξάχθηκαν επιτρέπουν στον χρήστη **να εκμεταλλευτεί τα στοιχεία γεωμετρίας** που χρειάζεται στην εκάστοτε σκηνή απεικόνισης.
- Τα εξαγόμενα δεδομένα επιφάνειας είναι **βελτιστοποιημένα**. Αυτό μπορεί συχνά να μειώσει τον αριθμό των κορυφών σε μια επιφάνεια χωρίς μείωση της ακρίβειας ή του γεωμετρικού σχήματος της.
- Τα επιμέρους υλικά και κατασκευές που προβλέπονται στην τυπική διατομή από το Civil 3d, στο 3ds Max **απεικονίζονται με το αντίστοιχο υλικό**.
- Στο πρόσθετο εργαλείο Civil View, αντικείμενα όπως στύλοι φωτισμού, σήματα κυκλοφορίας ή φύτευση **μπορούν να συσχετιστούν με εισαγόμενες ομάδες σημείων** από το Civil 3d, γεγονός που καθιστά εύκολη την τοποθέτησή τους σε μια σειρά ήδη καθορισμένων σημείων.

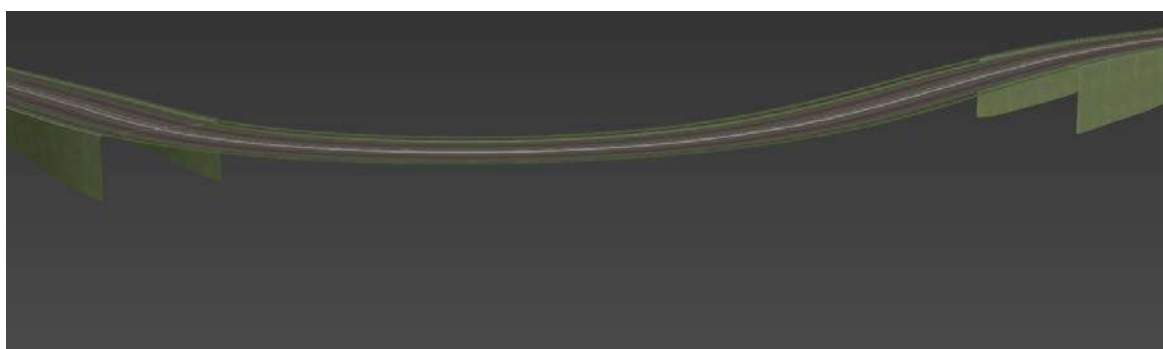
Συνοψίζοντας, μετά το τέλος της μεταφοράς των απαραίτητων δεδομένων του σχεδιασμού, ακολουθεί η επεξεργασία τους. Τα στοιχεία πλέον βρίσκονται σε ένα **εύχρηστο περιβάλλον** όπου μπορούν να δεχθούν κατάλληλη επεξεργασία.

3.7 Επεξεργασία στοιχείων στο 3ds Max

Εν συνεχεία, αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία της εξαγωγής και εισαγωγής των δεδομένων από το Civil 3d στο 3ds Max, σε αυτό το βήμα έγινε η επεξεργασία της εμφάνισης των διαδρόμων, του εδάφους, των υλικών, του φωτισμού της σκηνής αλλά και των πιο χαρακτηριστικών στοιχείων, διατάξεων και εξοπλισμού που απεικονίζονται σε ένα οδικό έργο. Τα στοιχεία αυτά είναι η τα τεχνικά έργα, τα συστήματα αναχαίτισης οχημάτων (ΣΑΟ), οι διαγραμμίσεις των οδών, οι στύλοι οδοφωτισμού, καθώς και η προσθήκη συνθηκών κυκλοφορίας. Προκειμένου να είναι πιο ρεαλιστική η απεικόνιση των παραπάνω, έγινε προσθήκη καμερών από διάφορες χαρακτηριστικές οπτικές γωνίες.

3.7.1 Απεικόνιση τεχνικών έργων

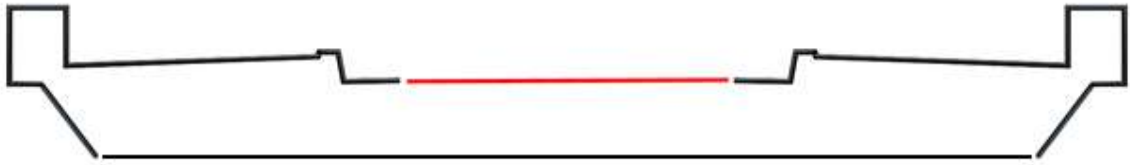
Η γεωμετρία των διαδρόμων που εισήχθη από το Civil 3d δεν αντικατοπτρίζει τη πραγματική γεωμετρία των αντικειμένων, καθώς δημιουργήθηκαν με τη μέθοδο των επιφανειών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εμφανίζονται χωρίς τη μια από τις τρεις διαστάσεις τους, (Εικόνα 3.14), κάτι που στους επίγειους διαδρόμους δεν είναι αντιληπτό, αλλά στα τεχνικά έργα, παραδείγματος χάριν υπέργειες διαβάσεις ή υπόγεια τμήματα είναι κάτι που αποκλίνει από την πραγματικότητα. Λείπουν ακόμα και οι τρόποι στήριξης που είναι απαραίτητο να διαθέτει ένα υπερυψωμένο τμήμα οδού.



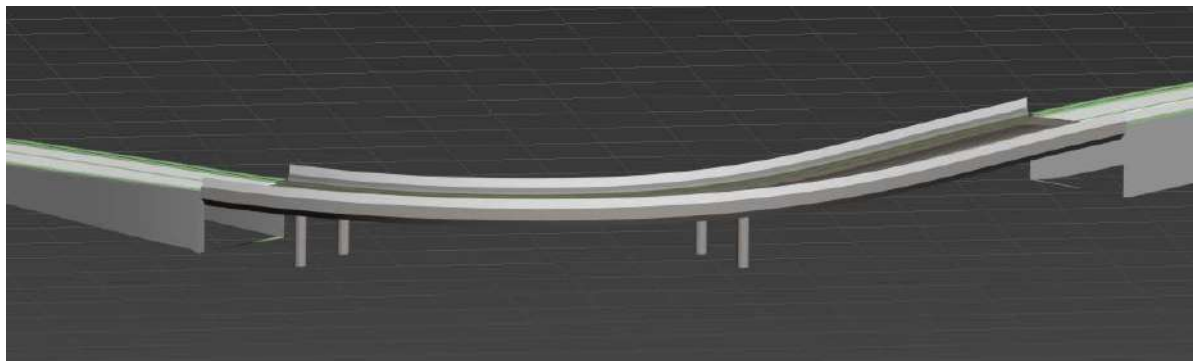
Εικόνα 3.14 - Επιφάνεια υπερυψωμένου τμήματος οδού χωρίς την απαραίτητη επεξεργασία

Μέσω του Επεξεργαστή Απεικόνισης αντικειμένων (Swept Object Style) (Εικόνα 3.17) τα τεχνικά έργα αποκτούν τις σωστές τους διαστάσεις-αναλογίες και **απεικόνιση τρόπων** στήριξης. Στην Εικόνα 3.15 βλέπουμε με κόκκινο χρώμα την επιφάνεια που παίρνουμε από το Civil 3d, και με μαύρο χρώμα τη διαμόρφωση που

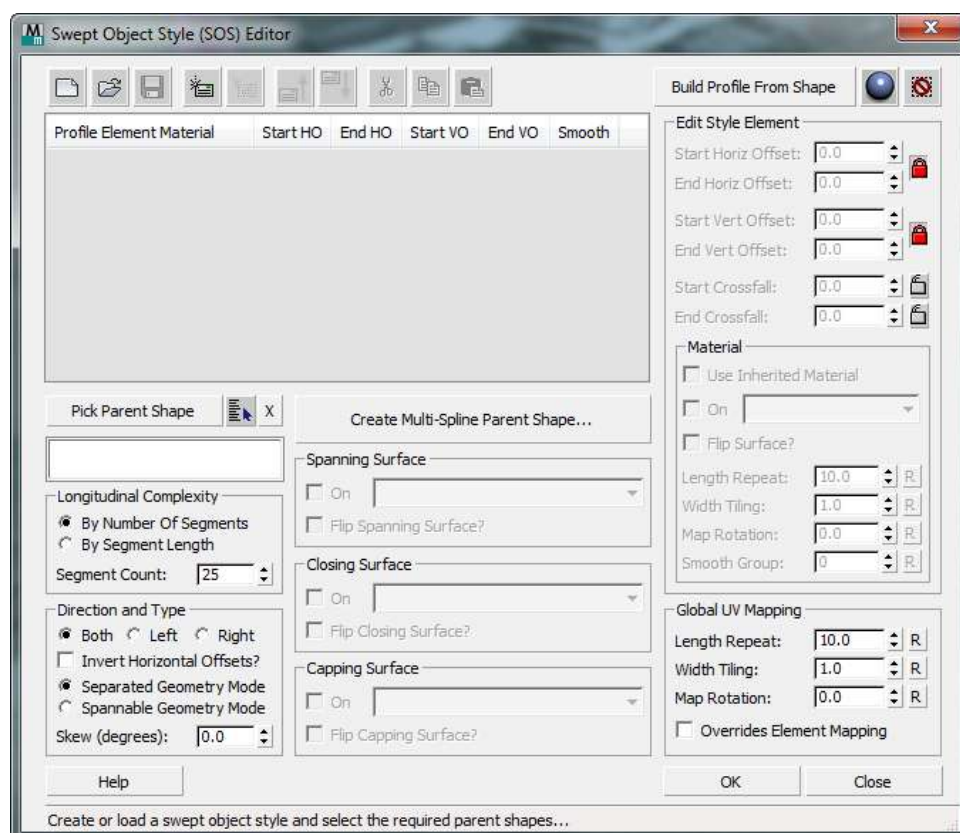
παρήχθη μέσω του Civil View του 3ds Max. Το τελικό αποτέλεσμα του τεχνικού έργου φαίνεται στην Εικόνα 3.16.



Εικόνα 3.15 – Τομή υπερυψωμένου τμήματος οδού



Εικόνα 3.16 - Αποτέλεσμα του Επεξεργαστή Απεικόνισης Αντικειμένων σε υπερυψωμένο τμήμα οδού



Εικόνα 3.17 - Επεξεργαστής Απεικόνισης Αντικειμένων

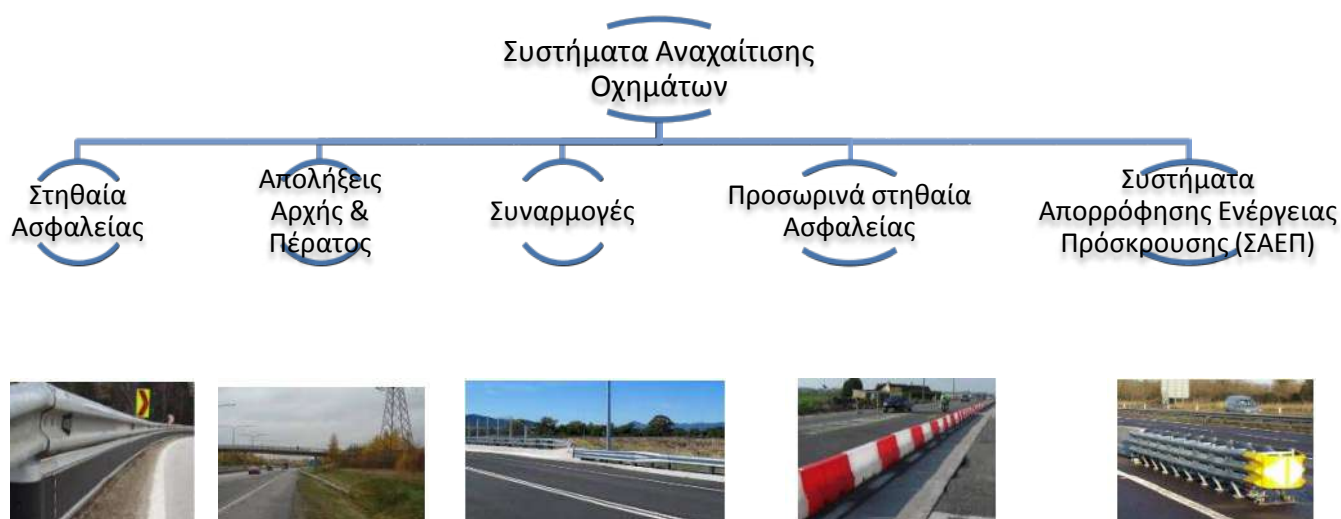
Ο Επεξεργαστής Απεικόνισης Αντικειμένων (Swept Object Style) διευκολύνει τη δημιουργία αντικείμενων όπως:

- καταστρώματα γέφυρας
- στηθαία ασφαλείας
- επενδύσεις σήραγγας
- ηχοπετάσματα
- τοίχων αντιστήριξης

3.7.2 Συστήματα αναχαίτισης οχημάτων

3.7.2.1 Γενικά

Τα συστήματα αναχαίτισης οχημάτων (ΣΑΟ), ή συστήματα παθητικής ασφάλειας οδών, έχουν σκοπό **τη συγκράτηση κάθε οχήματος που παρεκκλίνει** από την κανονική του πορεία και κινδυνεύει, είτε να περάσει έξω από το κατάστρωμα της οδού, είτε να βρεθεί στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, σε διαχωρισμένες οδούς. Στην Εικόνα 3.18 φαίνονται τα είδη συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων με βάση τις ισχύουσες Ευρωπαϊκές οδηγίες EN1317.



Εικόνα 3.18 - Είδη συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων

Το βασικό μέσο αναχαίτισης είναι τα γνωστά στηθαία. Τα στηθαία είναι επιμήκεις διατάξεις που τοποθετούνται στις οριογραμμές του οδοστρώματος ή του ενδιάμεσου χώρου, και σκοπό έχουν να αποτρέψουν την έξοδο του οχήματος, υποχρεώνοντάς το να κινηθεί κατά μήκος του μετά από τη σύγκρουση.

Ουσιαστικά, τα εν λόγω συστήματα έχουν λόγο ύπαρξης μόνο **σε περιπτώσεις όπου η ενδεχόμενη έξοδος από την οδό ενός οχήματος γίνεται σε κάποιο επικίνδυνο σημείο**. Τέτοια σημεία είναι, γενικά, ακλόνητα αντικείμενα κοντά στην οριογραμμή του οδοστρώματος, όπως στύλοι ηλεκτροφωτισμού, πινακίδες και γέφυρες σήμανσης, στύλοι δικτύων κοινής ωφέλειας ή φράκτες (όπου μία σύγκρουση του οχήματος με αυτά θα είχε δυσάρεστες συνέπειες), επιχώματα με απότομες κλίσεις (όπου υπάρχει κίνδυνος ανατροπής ή απότομης πτώσης του οχήματος), σημεία παραπλεύρως υδάτινων οδών ή χαραδρών, υψηλά επιχώματα και γέφυρες. Επίσης, τοποθετούνται σε περιπτώσεις όπου επιδιώκεται η προστασία πεζών, ιδίως σε σημεία με αυξημένο ιστορικό εξόδων οχημάτων.

Τα χαρακτηριστικά των ΣΑΟ επιλέγονται ανάλογα με τις απαιτήσεις των οδικών τμημάτων, όπου λαμβάνεται υπόψη **η κυκλοφοριακή ασφάλεια, η λειτουργικότητα και η οικονομία**.

Έχουν αναπτυχθεί και εφαρμόζονται διάφοροι τύποι συστημάτων αναχαίτισης, που περιλαμβάνουν **εύκαμπτες, ημιάκαμπτες και άκαμπτες διατάξεις**.

- Τα **εύκαμπτα** συστήματα έχουν βασικό σκοπό **να απορροφήσουν την ενέργεια της σύγκρουσης** μέσω της παραμόρφωσής τους, επιτρέποντας στο όχημα να επιβραδύνει ηπιότερα και να μην εκτιναχθεί βίαια πίσω στο χώρο κυκλοφορίας.
- Τα **άκαμπτα** συστήματα εφαρμόζονται σε περιπτώσεις όπου το κύριο ζητούμενο είναι το όχημα, που μπορεί να είναι οποιουδήποτε μεγέθους, **να μην περάσει επουδενί πίσω από το στηθαίο**, όπως σε γέφυρες ή παραπλεύρως χαραδρών, όμως οι συνέπειες της σύγκρουσης με το στηθαίο μπορεί να είναι δυσμενείς.

Διεθνώς οι πιο συνήθεις τύποι ΣΑΟ ευρείας εφαρμογής είναι είτε **μεταλλικοί** (από διάφορα κράμματα), είτε από **σκυρόδεμα** (πχ. τύπου New Jersey).

3.7.2.2 Τοποθέτηση συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων και κριτήρια εφαρμογής

Τα συστήματα αναχαίτισης οχημάτων **δεν προλαμβάνουν τα οδικά ατυχήματα, αλλά μειώνουν τις επιπτώσεις τους**. Κατά συνέπεια, οι θέσεις όπου επιβάλλεται η

τοποθέτησή τους προκύπτουν από τη συχνότητα ή την πιθανότητα πρόκλησης ατυχημάτων εξαιτίας εκτροπής οχημάτων. Για την αναγκαιότητα τοποθέτησης ενός στηθαίου, μεγάλη σημασία έχει η απόσταση μεταξύ της οριογραμμής του οδοστρώματος και του επικίνδυνου σημείου.

Τα στηθαία τοποθετούνται σε:

- Εξωτερική οριογραμμή οδοστρώματος
- Οριογραμμές γεφυρών και τοίχων αντιστήριξης
- Κεντρική και πλευρική διαχωριστική νησίδα
- Τοίχοι και μέτωπα σηράγγων

Η **επιλογή κατηγοριών** επίδοσης μόνιμων στηθαίων ασφαλείας καθορίζεται με βάση συγκεκριμένα κριτήρια, όπως αυτά περιγράφονται στις οδηγίες ΟΜΟΕ-ΣΑΟ:

1. Προσδιορισμός **της επικίνδυνης θέσης και κατηγοριοποίηση** της αναφορικά με τον κίνδυνο
2. Προσδιορισμός της **απόστασης της επικίνδυνης θέσης από την οριογραμμή** του οδοστρώματος (καθοριστική απόσταση).
3. Προσδιορισμός **κρίσιμης απόστασης (ΑΕ ή Α) σε συνάρτηση με την κατηγορία κινδύνου**, στην οποία υπάγεται το εμπόδιο, της επιτρεπόμενης ταχύτητας ($V_{\text{επιτρ.}}$) και της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ της οδού και της εμπρόσθιας όψης του εμποδίου.
4. Προσδιορισμός των **παραγόντων που επηρεάζουν την κυκλοφορία**, δηλαδή της επιτρεπόμενης ταχύτητας ($V_{\text{επιτρ.}}$), της Μέσης Ημερήσιας Κυκλοφορίας (ΜΗΚ) όλων των οχημάτων, της Μέσης Ημερήσιας Κυκλοφορίας (ΜΗΚ) των Βαρέων Οχημάτων (ΒΟ) και της αυξημένης πιθανότητας εκτροπής. Η ΜΗΚ(ΒΟ) δίδεται σε οχήματα/24h και αφορά στη συμμετοχή των βαρέων οχημάτων στην κυκλοφορία, δηλαδή φορτηγών >3.5t και λεωφορείων.
5. Προσδιορισμός της **ελάχιστης απαιτούμενης ικανότητας συγκράτησης** του συστήματος αναχαίτισης σε συνάρτηση με τα αναφερόμενα στα προηγούμενα βήματα.
6. Προσδιορισμός της **κατηγορίας του λειτουργικού πλάτους** του συστήματος αναχαίτισης σε συνάρτηση με τον διατιθέμενη απόσταση αυτού από τα

πλευρικά εμπόδια. Είναι δυνατόν να επιλεγεί σύστημα με μεγαλύτερη κατηγορία ικανότητας συγκράτησης από την απαιτούμενη, εάν η απόσταση μεταξύ της εμπρόσθιας όψης του στηθαίου ασφαλείας και της εμπρόσθιας όψης του εμποδίου είναι μικρή.

7. Προσδιορισμός της **κατηγορίας σφοδρότητας πρόσκρουσης** του συστήματος αναχαίτισης. Προτιμώνται τα συστήματα αναχαίτισης με κατηγορία σφοδρότητας πρόσκρουσης A, όταν τα υπόλοιπα δεδομένα είναι ίδια για λόγους ασφάλειας. Εάν δεν υπάρχουν συστήματα με κατηγορία σφοδρότητας πρόσκρουσης A επιλέγονται συστήματα με κατηγορία σφοδρότητας πρόσκρουσης B. Η κατηγορία σφοδρότητας πρόσκρουσης C επιλέγεται μόνον σε πολύ εξαιρετικές περιπτώσεις και εφόσον οι απαιτούμενες κατηγορίες επίδοσης δεν πληρούνται από συστήματα με κατηγορία σφοδρότητας πρόσκρουσης A ή έστω B.

Η αναγκαιότητα τοποθέτησης των στηθαίων ασφαλείας καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την **ύπαρξη επικίνδυνης θέσης ή εμποδίου**. Η απόσταση εντός της οποίας πρέπει να εξεταστεί αυτή η αναγκαιότητα ονομάζεται **κρίσιμη απόσταση**.

Οι θέσεις, στις οποίες **επιβάλλεται η τοποθέτηση στηθαίων ασφαλείας**, προκύπτουν από τη συχνότητα ή την πιθανότητα πρόκλησης τροχαίων ατυχημάτων εξαιτίας της εκτροπής οχημάτων από την πορεία τους. Αυτές οι θέσεις διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες κινδύνου:

- **Κατηγορία κινδύνου 1:** Περιλαμβάνονται περιοχές που χρήζουν προστασίας με ιδιαίτερο κίνδυνο για τρίτους (Χημικές εγκαταστάσεις, Περιοχές με έντονη χρήση παραμονής, πχ σταθμοί εξυπηρέτησης αυτοκινητιστών, Παράπλευρες σιδηροδρομικές γραμμές υψηλής ταχύτητας, φέροντα στοιχεία τεχνικών έργων με κίνδυνο κατάρρευσης σε περίπτωση πρόσκρουσης)
- **Κατηγορία κινδύνου 2:** Περιλαμβάνονται περιοχές που χρήζουν προστασίας με κίνδυνο για τρίτους (Παράπλευροι πεζόδρομοι και ποδηλατόδρομοι, παράπλευρη σιδηροδρομική γραμμή με φόρτο > 30 συρμούς/24h, Παράπλευρες οδοί με φόρτο > 500 οχήματα/24h)

- **Κατηγορία κινδύνου 3:** Περιλαμβάνονται εμπόδια με ιδιαίτερο κίνδυνο για τους επιβαίνοντες σε όχημα (Μη παραμορφώσιμα εμπόδια κάθετα στην κατεύθυνση κυκλοφορίας (στην οδό), Μη παραμορφώσιμα μεμονωμένα εμπόδια (δένδρα, στύλοι οδοφωτισμού), Ηχοπετάσματα)
- **Κατηγορία κινδύνου 4:** Περιλαμβάνονται εμπόδια με κίνδυνο για τους επιβαίνοντες σε όχημα (Μεμονωμένα παραμορφώσιμα αλλά μη ανατρεπόμενα σημειακά εμπόδια, Τάφροι, Πρανή ορυγμάτων (κλίση > 1/3), Πρανή επιχωμάτων (ύψος > 3m και κλίση > 1/3), Οχετοί, Παραμορφώσιμοι στύλοι οδοφωτισμού, Τηλέφωνα έκτακτης ανάγκης, Ύδατα βάθους > 1m Ρέματα, ποταμοί)

Η **ικανότητα συγκράτησης** χαρακτηρίζει την δυσμενέστερη τυπική περίπτωση πρόσκρουσης που δύναται να αντιμετωπίσει με επιτυχία ένα σύστημα αναχαίτισης οχημάτων.

Είναι συνάρτηση του τύπου του οχήματος, της γωνίας πρόσκρουσης και της ταχύτητας πρόσκρουσης και προσδιορίζεται σε δοκιμές πρόσκρουσης κατά ΕΛΟΤ EN 1317-2. Η ικανότητα συγκράτησης διακρίνεται σε τρεις επιμέρους βασικές κατηγορίες (Εικόνα 3.19), στις οποίες το όχημα σχεδιασμού διαφέρει:

- Κανονική (N1, N2)
- Υψηλή (H1, H2, H3)
- Πολύ υψηλή (H4a, H4b)

N1	N2	H1	H2	H3	H4b
					
1500kg	1500kg	10000kg	13000kg	16000kg	38000kg
80km/h	110km/h	70km/h	70km/h	80km/h	65km/h

Εικόνα 3.19 - Κατηγορίες ικανότητας συγκράτησης

Στα οχήματα μικρής μάζας, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή σε ό,τι αφορά στην επιλογή στηθαίων τα οποία είναι σχεδιασμένα για υψηλή ικανότητα συγκράτησης. Αυτό οφείλεται στο ότι τα στηθαία με υψηλή ικανότητα συγκράτησης, γενικά παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή καθώς και ακαμψία δεδομένης της πιο αυξημένης δύναμης πρόσκρουσης.

Πιο συγκεκριμένα, στα οχήματα μικρής μάζας, η αύξηση στην ικανότητα συγκράτησης, πέρα από την προτεινόμενη για αυτού του τύπου τα οχήματα, δεν μεταβάλλει την ενέργεια κρούσης. Κατά συνέπεια, στις περιπτώσεις αυτές, η ασφάλεια των επιβαινόντων θα είναι μικρότερη.

Όσο μικρότερος είναι ο διατιθέμενος χώρος τόσο άκαμπτο πρέπει να είναι το σύστημα που θα τοποθετηθεί. Για αυτό το λόγο υπάρχει **μία άμεση αλληλεξάρτηση μεταξύ της σφοδρότητας πρόσκρουσης και του διατιθέμενου χώρου για παραμόρφωση**, η οποία και καθορίζει την ικανότητα συγκράτησης.

Κατά συνέπεια, τα συστήματα αναχαίτισης οχημάτων πρέπει να επιλέγονται έτσι, ώστε το λειτουργικό τους πλάτος να είναι μικρότερο ή ίσο με την απόσταση μεταξύ της εμπρόσθιας όψης του στηθαίου ασφαλείας και της εμπρόσθιας όψης του εμποδίου. Για τον προσδιορισμό λοιπόν του **απαιτούμενου λειτουργικού πλάτους (W)** εφαρμόζονται οκτώ κατηγορίες, οι οποίες φαίνονται στον Πίνακας 3.1.

Κατηγορία	Λειτουργικό Πλάτος (m)
W1	$W \leq 0.6$
W2	$W \leq 0.8$
W3	$W \leq 1.0$
W4	$W \leq 1.3$
W5	$W \leq 1.7$
W6	$W \leq 2.1$
W7	$W \leq 2.5$
W8	$W \leq 3.5$

Πίνακας 3.1 - Κατηγορίας λειτουργικού πλάτους

Η λειτουργία των ΣΑΟ **δεν πρέπει να παρεμποδίζεται από τη διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου αυτών**. Ως περιβάλλον χώρος των συστημάτων αναχαίτισης ορίζεται η περιοχή μεταξύ του οδοστρώματος και του συστήματος αναχαίτισης καθώς και το λειτουργικό πλάτος του συστήματος.

Πρέπει να αποφεύγεται η διάταξη κρασπέδων και αποχετευτικών ρείθρων εμπροσθεν συστημάτων αναχαίτισης, όταν το ύψος τους είναι μεγαλύτερο των 7cm πάνω από την οριογραμμή του οδοστρώματος. Επίσης η λειτουργία των συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων δεν πρέπει να παρεμποδίζεται από την βλάστηση, τους ορθοστάτες των πινακίδων σήμανσης, κλπ., που βρίσκονται στο εύρος του λειτουργικού πλάτους του συστήματος αναχαίτισης.

Με την **σφοδρότητα πρόσκρουσης προσδιορίζεται η φυσική καταπόνηση, η σοβαρότητα των τραυματισμών ή ο κίνδυνος απώλειας της ζωής των επιβαινόντων** σε επιβατικά οχήματα. Όσο πιο συμπαγές ή άκαμπτο είναι ένα σύστημα τόσο μεγαλύτερη είναι η επιβράδυνση που επενεργεί στους επιβαίνοντες στο όχημα. Η **σφοδρότητα πρόσκρουσης** αποτιμάται με τους παρακάτω δείκτες:

- Σοβαρότητα επιτάχυνσης [acceleration severity index (ASI)]
- Θεωρητική ταχύτητα πρόσκρουσης κεφαλής [theoretical head impact velocity (THIV)]

Με τον **δείκτη ASI** εκτιμάται η **επικινδυνότητα των κινήσεων επιβαίνοντα** σε όχημα κατά την πρόσκρουση με ΣΑΟ. Αποτελεί αδιάστατο μέγεθος ($ASI > 0$), όπου η επικινδυνότητα αυξάνει για τιμές $ASI > 1$.

Ο **δείκτης THIV** αξιολογεί την **σοβαρότητα των επιπτώσεων ως προς τους επιβαίνοντες** για οχήματα που έχουν εμπλακεί σε συγκρούσεις με ΣΑΟ. Ο επιβαίνων θεωρείται ελεύθερα κινούμενο αντικείμενο (η κεφαλή αυτού), το οποίο με τη μεταβολή της ταχύτητας του οχήματος κατά τη διάρκεια πρόσκρουσης με ΣΑΟ συνεχίζει να κινείται έως ότου προσκρούσει σε εσωτερική επιφάνεια του οχήματος.

Με βάση τις τιμές ASI και THIV προκύπτουν συγκεκριμένες κατηγορίες σφοδρότητας πρόσκρουσης (Πίνακας 3.4).

Κατηγορία Σφοδρότητας Πρόσκρουσης	Τιμές Δεικτών	
A	ASI≤1.0	THIV≤33km/h
B	ASI≤1.4	
C	ASI≤1.9	

Πίνακας 3.2 - Κατηγορίες σφοδρότητας πρόσκρουσης

Τα συστήματα με κατηγορία σφοδρότητας πρόσκρουσης **A** παρέχουν **μεγαλύτερη ασφάλεια στους επιβαίνοντες ενός οχήματος** που παρεκκλίνει της πορείας του από ότι εκείνα με κατηγορία σφοδρότητας πρόσκρουσης **B** και πρέπει να προτιμώνται, όταν τα υπόλοιπα δεδομένα είναι ίδια, για λόγους ασφάλειας.

Τα συστήματα με κατηγορία σφοδρότητας πρόσκρουσης **B** πρέπει να **προτιμώνται από εκείνα με κατηγορία σφοδρότητας πρόσκρουσης C**, όταν τα υπόλοιπα δεδομένα είναι ίδια. Είναι δυνατόν να επιλεγεί σύστημα, του οποίου η κατηγορία σφοδρότητας πρόσκρουσης είναι C, μόνον εφόσον οι απαιτούμενες κατηγορίες επίδοσης δεν πληρούνται από συστήματα με κατηγορία σφοδρότητας πρόσκρουσης A ή έστω B.

3.7.2.3 Απεικόνιση Σηθαιών Ασφαλείας

Για την Απεικόνιση Σηθαιών Ασφαλείας χρησιμοποιήθηκε ο **Επεξεργαστής Απεικόνισης Αντικειμένων** (Swept Object Style) που χρησιμοποιήθηκε και για την απεικόνιση τεχνικών έργων παραπάνω (Εικόνα 3.17).

Εισήχθησαν οι απαραίτητες ρυθμίσεις, οι οποίες είναι ο τύπος σηθαίου ασφαλείας και οι διαστάσεις τους αλλά και οι αποστάσεις από τις οριογραμμές του δρόμου.

3.7.3 Διαγραμμίσεις Οδών

3.7.3.1 Γενικά

Η οριζόντια σήμανση των οδών περιγράφεται η σήμανση που περιλαμβάνει τις ενδείξεις επί του οδοστρώματος. Σκοπός της είναι, είτε από μόνη της, είτε σε συνδυασμό με άλλες διατάξεις ελέγχου της κυκλοφορίας, **να καθοδηγήσει τον οδηγό, να ρυθμίσει την κυκλοφορία, να καθορίσει ειδικές περιοχές του**

οδοστρώματος και να καταστήσει εμφανή ορισμένα επικίνδυνα σημεία της οδού. Οι βασικές διατάξεις που αποτελούν την οριζόντια σήμανση είναι οι διαγραμμίσεις και οι ανακλαστήρες οδοστρώματος.

Οι διαγραμμίσεις συναντώνται σχεδόν σε οποιοδήποτε οδικό περιβάλλον, σε αστικές ή υπεραστικές οδούς, και διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη λειτουργικότητα και ασφάλεια της κίνησης. Διαγραμμίσεις που υποδεικνύουν τα άκρα της οδού και διαχωρίζουν τις λωρίδες κίνησης προσφέρουν σημαντική βοήθεια στον οδηγό, όσον αφορά στο έργο του **ελέγχου της θέσης επάνω στο οδόστρωμα**, τόσο σε σχέση με τα άκρα του οδοστρώματος και των λωρίδων κυκλοφορίας, όσο και σε σχέση με τα άλλα αυτοκίνητα που βρίσκονται γύρω του.

Τα πλεονεκτήματα της διαγράμμισης για την οπτική καθοδήγηση **γίνονται ιδιαίτερα σημαντικά όταν οι καιρικές συνθήκες δεν είναι καλές**, ή τη νύχτα, όταν το μάτι δεν μπορεί να διακρίνει τα στοιχεία που περιβάλλουν την οδό. Επίσης, αν ο οδηγός θαμπωθεί από τους φανούς αυτοκινήτου που έρχεται από την αντίθετη κατεύθυνση, μπορεί να ελέγχει τη θέση του με βάση τη διαγράμμιση στην άκρη της οδού, αποφεύγοντας έτσι να κοιτά εμπρός.

Οι διαγραμμίσεις τοποθετούνται, επίσης, για να **ρυθμίζουν την κυκλοφορία στην οδό**, υποδεικνύοντας, για παράδειγμα, τις λωρίδες επιτάχυνσης, επιβράδυνσης ή στάθμευσης ή ως απαγορευτικά σήματα, όπως συνεχής γραμμή που απαγορεύει την υπέρβαση της. Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο ρόλος τους και για τη διευθέτηση της κυκλοφορίας σε διασταυρώσεις, όπου συναντώνται βέλη, επιφάνειες αποκλεισμού και γραμμές στάσης. Όλες αυτές οι διαγραμμίσεις καθοδηγούν την κυκλοφορία, διευκολύνουν ή επιβάλλουν τη λήψη αποφάσεων για την πορεία του αυτοκινήτου και προειδοποιούν τον οδηγό για τον κίνδυνο που αντιμετωπίζει αφήνοντας μια συγκεκριμένη λωρίδα.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό η σημασία τόσο του **ορθού σχεδιασμού των διαγραμμίσεων**, όσο και της πρόσδοσης σε αυτές των επιθυμητών χαρακτηριστικών που θα διατηρούν τη χρησιμότητά τους σε υψηλά επίπεδα. Η σημασία αυτή γίνεται περισσότερο έντονη, δεδομένου ότι οι διαγραμμίσεις

καλούνται να λειτουργήσουν ικανοποιητικά σε ένα ευρύ φάσμα καιρικών συνθηκών και ορατότητας.

Συνοπτικά αναφέρεται ότι τα βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία μίας διαγράμμισης είναι το χρώμα, η λαμπρότητα, η οπισθανάκλαση, η αντίσταση σε ολίσθηση και η διάρκεια ζωής. Ως οπισθανάκλαση χαρακτηρίζεται η ικανότητα του υλικού της διαγράμμισης να αντανακλά το προσπίπτον φως στην ίδια διεύθυνση της πρόσπτωσης, και είναι μία ιδιότητα καθοριστικής σημασίας στη νυχτερινή οδήγηση.

3.7.3.2 *Μορφές διαγραμμίσεων*

Από την καθημερινή εμπειρία, εύκολα διαπιστώνεται ότι υπάρχει ένα **ευρύ φάσμα ειδών και χρωμάτων διαγραμμίσεων** στα οδοστρώματα κυκλοφορίας. Ως προς τις μορφές τους, οι διαγραμμίσεις διακρίνονται σε **διαμήκεις, εγκάρσιες και ειδικές διαγραμμίσεις**. Παρακάτω παρουσιάζονται οι μορφές που συναντώνται στην Ελλάδα, σύμφωνα με τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας και το Π.Δ. 75.

Οι **διαμήκεις διαγραμμίσεις** συνιστώνται από γραμμές που σχεδιάζονται κατά μήκος της οδού, συνήθως στον άξονα ή στις οριογραμμές της:

- **Συνεχής γραμμή στο άκρο** του οδοστρώματος, που λειτουργεί ως οριογραμμή.
- **Συνεχής μονή ή διπλή γραμμή στον άξονα** της οδού, που διαχωρίζει τις αντίθετες κατευθύνσεις κυκλοφορίας και απαγορεύει την υπέρβασή της.
- **Διακεκομμένη γραμμή στον άξονα** της οδού, που διαχωρίζει τις αντίθετες κατευθύνσεις και επιτρέπει το προσπέρασμα.
- **Μικτή γραμμή στον άξονα** της οδού, αποτελούμενη από μία συνεχή και μία διακεκομμένη γραμμή, που διαχωρίζει τις αντίθετες κατευθύνσεις και ρυθμίζει ανάλογα το προσπέρασμα.
- **Διακεκομμένες γραμμές διαχωρισμού λωρίδων ίδιας κατεύθυνσης**, που χαράσσονται σε οδούς με πολλαπλές λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση.
- **Διακεκομμένη γραμμή διαχωρισμού λωρίδας επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης**, που διαχωρίζει τις εν λόγω λωρίδες από την κυρίως οδό, και έχει πυκνότερη διάταξη από τις συνήθεις διακεκομμένες γραμμές των προηγούμενων περιπτώσεων

- **Διακεκομμένη γραμμή προειδοποίησης**, σε προσέγγιση διπλής ή συνεχούς γραμμής, ή σε άλλο τμήμα της οδού με ιδιαίτερο κίνδυνο, και έχει ακόμα πιο πυκνή διάταξη.
- **Διπλές διακεκομμένες γραμμές διαχωρισμού λωρίδων**, όταν η κατεύθυνση σε αυτές δύναται να αντιστραφεί.

Οι **εγκάρσιες διαγραμμίσεις** είναι διαγραμμίσεις τις οποίες ο οδηγός συναντάει εγκάρσια προς την πορεία του:

- **Συνεχής γραμμή κάθετη στη λωρίδα κυκλοφορίας**, που λειτουργεί ως γραμμή στάσης.
- **Διακεκομμένη γραμμή κάθετα στη λωρίδα κυκλοφορίας**, που επιβάλλει παραχώρηση προτεραιότητας (π.χ. σε ισόπεδους κόμβους).
- **Διαγραμμίσεις διαβάσεων πεζών**
- **Γραμμή αποτελούμενη από τετράγωνα ή παραλληλόγραμμα σύμβολα**, σε διαβάσεις ποδηλατιστών.

Τέλος, υπάρχουν και οι **λοιπές ειδικές διαγραμμίσεις**, οι οποίες περιλαμβάνουν είτε γραμμές, είτε επιγραφές, είτε διάφορα σύμβολα επάνω στο οδόστρωμα:

- **Παράλληλες λοξές συνεχείς γραμμές**, που υποδηλώνουν επιφάνεια αποκλεισμού επάνω στο οδόστρωμα, Εικόνα 3.20 - Διαγράμμιση επιφάνειας αποκλεισμού οδοστρώματος
- **Τεθλασμένη γραμμή στο άκρο του οδοστρώματος**, που απαγορεύει τη στάθμευση, Εικόνα 3.21
- **Συνεχής ή διακεκομμένη γραμμή**, είτε για διαχωρισμό λωρίδας αποκλειστικής κίνησης οχημάτων, είτε κίτρινου χρώματος στο άκρο του οδοστρώματος για περιορισμό στάσης και στάθμευσης.
- **Βέλη εκτροπής ή επιλογής λωρίδας**, Εικόνα 3.22
- **Αναγραφές λέξεων στο οδόστρωμα**, όπως STOP, BUS, TAXI κλπ.
- **Διάφορα σύμβολα ή σχήματα**, όπως ποδήλατο, λεωφορείο, σύμβολο για ΑΜΕΑ, ή τρίγωνα, ρόμβοι κλπ., αντίστοιχα.
- **Διαγραμμίσεις χώρων στάθμευσης**
- **Πλέγμα διαγώνιων γραμμών σε ισόπεδους κόμβους**, Εικόνα 3.23

- Σύμβολα πινακίδων κυκλοφορίας επάνω στο οδόστρωμα, από ειδικές μεμβράνες, τα οποία επαναλαμβάνουν αντίστοιχα σήματα πινακίδων, Εικόνα 3.24



Εικόνα 3.20 - Διαγράμμιση επιφάνειας αποκλεισμού οδοστρώματος



Εικόνα 3.21 - Τεθλασμένη γραμμή στο άκρο του οδοστρώματος



Εικόνα 3.22 - Βέλη επιλογής λωρίδας

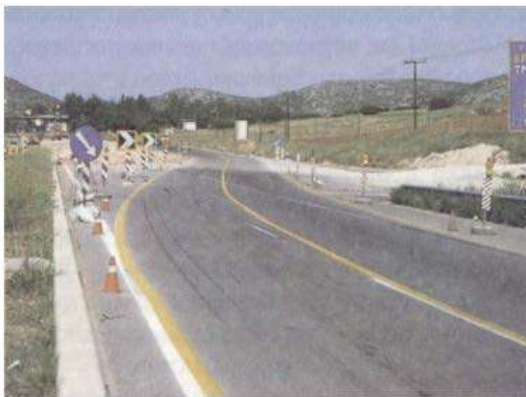


Εικόνα 3.23 - Πλέγμα γραμμών σε πολυσύχναστο ισόπεδο κόμβο. Η είσοδος στην περιοχή απαγορεύεται εάν το όχημα πρόκειται να παραμείνει εκεί



Εικόνα 3.24 - Επανάληψη επάνω στο οδόστρωμα σήματος πινακίδας

Το **χρώμα** των διαγραμμίσεων μπορεί να είναι λευκό, κίτρινο ή κυανό, ενώ στο εξωτερικό χρησιμοποιείται κατά περίπτωση και το κόκκινο. Στην Ελλάδα το χρώμα που εφαρμόζεται στην πλειοψηφία των διαγραμμίσεων είναι το λευκό. Κίτρινο και κυανό εφαρμόζονται κυρίως σε διαγραμμίσεις που σχετίζονται με έλεγχο στάθμευσης. Κίτρινες είναι, επίσης, διαγραμμίσεις σε περιοχές με συχνές ομίχλες, καθώς και οι προσωρινές διαγραμμίσεις σε περιοχές έργων, οι οποίες υπερισχύουν των υπάρχουσών λευκών, όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στην Εικόνα 3.25.



Εικόνα 3.25 - Κίτρινη διαγράμμιση σε περιοχή εκτελούμενων έργων, η οποία υπερισχύει της λευκής

3.7.3.3 Γεωμετρικά στοιχεία διαγραμμίσεων

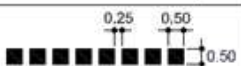
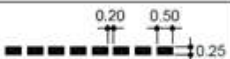
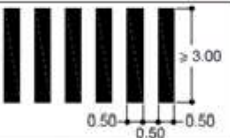
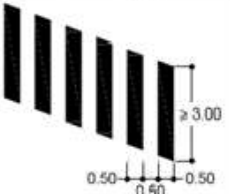
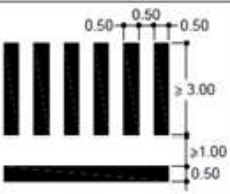
Τα γεωμετρικά στοιχεία των εφαρμοζόμενων διαγραμμίσεων είναι τα **χαρακτηριστικά που ουσιαστικά προσδιορίζουν τη μορφή** και «προσωπικότητά» τους. Τα γεωμετρικά αυτά στοιχεία είναι το πάχος των γραμμών, τα μήκη και οι αποστάσεις των διακεκομμένων γραμμών, η διαμόρφωση των διαβάσεων και διαγραμμίσεων αποκλεισμού, και η μορφή των συμβόλων, γραμμάτων και σχημάτων που χρησιμοποιούνται. Για την Ελλάδα όλα τα παραπάνω στοιχεία

καθορίζονται από σχετική Υπουργική Απόφαση. Ειδικότερα, ισχύουν, μεταξύ άλλων (Πίνακας 3.3, Πίνακας 3.4, Πίνακας 3.5) και τα εξής:

- Το **πλάτος των γραμμών** που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 cm. Οι γραμμές που διαχωρίζουν μια λωρίδα κυκλοφορίας από μια λωρίδα επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης πρέπει να έχουν ελάχιστο πάχος 20 cm.
- Η **απόσταση μεταξύ δύο** γειτονικών κατά μήκος γραμμών πρέπει να είναι μεταξύ 10 και 18 cm.
- Σε μία διακεκομμένη γραμμή που χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει δυο λωρίδες κυκλοφορίας, **ο λόγος του μήκους της γραμμής προς το μήκος του διάκενου** πρέπει να είναι μεταξύ 1:2 και 1:4, το μήκος της γραμμής μεταξύ 1 και 9 m, το δε μέγιστο μήκος διακένου 12 m. Για τη διαμόρφωση λαμβάνεται υπόψη η ταχύτητα μελέτης της οδού.
- Μία συνεχής απλή ή διπλή διαχωριστική γραμμή δεν πρέπει να έχει **μήκος μικρότερο από 20 m**. Η ακριβής διαμόρφωση της διαγράμμισης, όσον αφορά τις συνθήκες προσπέρασης, εξαρτάται από την ταχύτητα και ορατότητα στα εν λόγω σημεία (π.χ. οριζόντιες και κατακόρυφες καμπύλες).
- Το **πάχος της γραμμής διακοπής πορείας** κυμαίνεται μεταξύ 20 και 60 cm (συνιστάται πάχος 30 cm). Η εγκάρσια γραμμή διακοπής πορείας μπορεί να συνοδεύεται και από κατά μήκος διαγράμμιση, καθώς επίσης και από την λέξη STOP που αναγράφεται επάνω στο οδόστρωμα.
- Το **πάχος των διακεκομμένων γραμμών παραχώρησης προτεραιότητας** πρέπει να είναι μεταξύ 20 και 60 cm, το δε μήκος τους τουλάχιστο διπλάσιο του πλάτους.
- Στις **διαβάσεις πεζών τύπου “Zebra” το διάστημα μεταξύ των ραβδώσεων** πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το πλάτος των γραμμών και όχι μεγαλύτερο από το διπλάσιό του. Το πλάτος μίας τέτοιας γραμμής και ενός κενού μαζί πρέπει να είναι μεταξύ 80 και 140 cm, Σχήμα 3.1. Σαν ελάχιστο πλάτος της διαβάσεως συνιστώνται για τις μεν οδούς με όριο ταχύτητας μέχρι 60 km/h τα 2,5 m, για τις δε οδούς με όριο ταχύτητας μεγαλύτερο από 60 km/h, τα 4,0 m.

Περιγραφή	Βασική μορφή διαγράμμισης [m]	Χαρακτηρισμός
Λοξή διαγράμμιση		μεγάλη επιφάνεια αποκλεισμού
Λοξή διαγράμμιση		μικρή επιφάνεια αποκλεισμού

Σχήμα 3.1 - Διαστάσεις διαγράμμισης στις επιφάνειες αποκλεισμού

#	Περιγραφή	Μορφή διαγράμμισης	Λειτουργία	Εφαρμογή							
1	Συνεχής γραμμή		Ορισμός θέσης στάσης	Υλοποίηση γραμμής STOP							
2.1	Διακεκομμένη γραμμή 2 : 1		Ορισμός θέσης παραχώρησης προ- τεραιότητας	Υλοποίηση γραμμής όπου επιβάλλεται η παραχώρηση προτεραιότητας στη διερχόμενη κυκλοφορία							
2.2	Διακεκομμένη γραμμή με τρίγωνα 1 : 1	 <table border="1" data-bbox="537 1079 718 1191"><thead><tr><th>Ταχύτητα πρόσβασης [km/h]</th><th>a [cm]</th><th>b [cm]</th></tr></thead><tbody><tr><td>V ≤ 40</td><td>40</td><td>60</td></tr><tr><td>V ≥ 50</td><td>60</td><td>90</td></tr></tbody></table>			Ταχύτητα πρόσβασης [km/h]	a [cm]	b [cm]	V ≤ 40	40	60	V ≥ 50
Ταχύτητα πρόσβασης [km/h]	a [cm]	b [cm]									
V ≤ 40	40	60									
V ≥ 50	60	90									
3	Διακεκομμένη γραμμή 2,5 : 1		Οριοθέτηση διάβασης ποδηλατών	Εκατέρωθεν του πλάτους της ποδηλατολωρίδας σε θέσεις διασταυρώσεων							
4.1	συνεχείς παράλληλες γραμμές (ζέβρα ορθής γωνίας)		Οριοθέτηση πλάτους πεζοδιάβασης	Υλοποίηση πεζοδιαβάσεων με οριζόντια σήμανση							
4.2	Συνεχείς παράλληλες γραμμές (ζέβρα λοξής γωνίας)										
5	Συνδυασμός συνεχούς γραμμής και ζέβρας		Ορισμός θέσης στάσης ενόψει πε- ζοδιάβασης	Όπου απαιτείται γραμμή STOP πριν από πεζοδιάβαση							

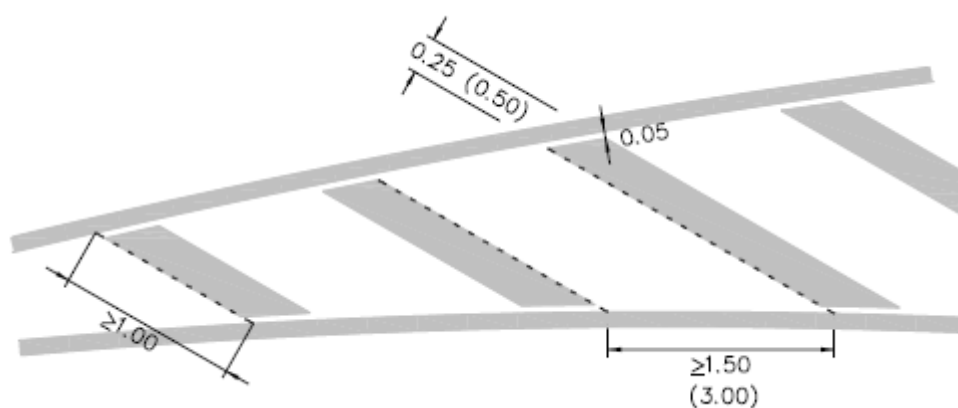
Πίνακας 3.3 - Διαγραμμίσεις εγκάρσιες στην οδό

#	Περιγραφή	Σύμβολο	Μορφή διαγράμμισης	Λειτουργία	Εφαρμογή
1	Συνεχής στενή γραμμή	(S)		Διαχωρισμός λωρίδων κυκλοφορίας (οχημάτων ή ποδηλάτων)	Μεταξύ γειτονικών λωρίδων αντίθετης κατεύθυνσης, όπου επιβάλλεται απαγόρευση προσπέρασης και στις δύο κατευθύνσεις
				Οριοθέτηση επιφάνειας κυκλοφορίας (οχημάτων ή ποδηλάτων)	Μεταξύ γειτονικών λωρίδων ίδιας κατεύθυνσης, σε μήκος ≤ 30 m πριν από τη γραμμή STOP
				Διαχωρισμός επιφάνειας κυκλοφορίας μεταξύ ποδηλάτων και πεζών	Μεταξύ λωρίδας οχημάτων και ποδηλάτων όταν η επιστροφή τους είναι με διαφορετικά υλικά
				Οριοθέτηση θέσεων στάθμευσης	Οριογραμμές κυκλοφορίας σε οδούς με κεντρική νηίδα, με ενιαίο ή με διαχωρισμένα οδοστρώματα
2	Διακεκομμένη στενή γραμμή $\Gamma / \Delta = 1 : 2$ εκτός περιοχών κόμβων	(S)		Καθοδήγηση κυκλοφορίας για το διαχωρισμό των λωρίδων	Μεταξύ γειτονικών λωρίδων, εκτός περιοχών κόμβων
3	Διακεκομμένη στενή γραμμή $\Gamma / \Delta = 1 : 1$ σε περιοχές κόμβων	(S)		Καθοδήγηση κυκλοφορίας για το διαχωρισμό των λωρίδων	Μεταξύ γειτονικών λωρίδων, σε περιοχές κόμβων
4	Διακεκομμένη στενή γραμμή $\Gamma / \Delta = 2 : 1$	(S)		Καθοδήγηση κυκλοφορίας για το διαχωρισμό των λωρίδων και προεδοποίηση για επερχόμενη αλλαγή, με περιορισμό ή ελευθερία στην περιορισμένη χρήση της λωρίδας της αντίθετης κατεύθυνσης	Μεταξύ γειτονικών λωρίδων (βλ. Πίνακα H2-6)
5	Συνεχής πλατιά γραμμή	(B)		Οριοθέτηση επιφάνειας κυκλοφορίας	Οριογραμμές κυκλοφορίας, σε οδούς με έρεσμα πλάτους $\geq 1,00$ m
				Διαχωρισμός γειτονικών λωρίδων ίδιας κατεύθυνσης με χρήση από διαφορετικά είδη οχημάτων (αυτοκίνητα-λεωφορεία, οχήματα-τροχόδρομοι, οχήματα-ποδήλατα)	Οριογραμμές κυκλοφορίας σε αυτοδρόμους
6	Διακεκομμένη πλατιά γραμμή $\Gamma / \Delta = 1 : 1$	(B)		Οριοθέτηση διερχόμενης κυκλοφορίας	Μεταξύ λωρίδας χρησιμοποιούμενης από όλα τα οχήματα και λωρίδας αποκλειστικής χρήσης από συγκεκριμένα είδη οχημάτων, π.χ. λεωφορεία. Στην περίπτωση που η λωρίδα τροχόδρομου δεν είναι αποκλειστικής χρήσης, εφαρμόζεται η διακεκομμένη στενή γραμμή για καθοδήγηση κυκλοφορίας για το διαχωρισμό των λωρίδων #2
				Διαχωρισμός λωρίδων αριστερής στροφής και διερχόμενων	Εξωτερική οριογραμμή κυκλοφορίας διερχόμενων λωρίδων σε θέσεις προσβάσεων εγκάρσιων οδών (σε περιοχές κόμβων)
7	Διακεκομμένη πλατιά γραμμή $\Gamma / \Delta = 2 : 1$	(B)		Διαχωρισμός γειτονικών λωρίδων ίδιας κατεύθυνσης με χρήση από διαφορετικά είδη οχημάτων (αυτοκίνητα-λεωφορεία, οχήματα-τροχόδρομοι, οχήματα-ποδήλατα), σε θέσεις αναγκαστικής πρόσβασης σε παρόδια εγκατάσταση	Όταν, είτε οι λωρίδες αριστερής στροφής, είτε οι διερχόμενες είναι περισσότερες της μίας
8	Διπλή γραμμή, αποτελούμενη από μία συνεχή και μία διακεκομμένη 1:2 στενή γραμμή	(S)		Διαχωρισμός λωρίδων αντίθετης κατεύθυνσης με επιτρεπόμενη την υπέρβαση της γραμμής από την κατεύθυνση που είναι η διακεκομμένη	Μεταξύ λωρίδας χρησιμοποιούμενης από όλα τα οχήματα και λωρίδας αποκλειστικής χρήσης από συγκεκριμένα είδη οχημάτων, π.χ. λεωφορεία, σε θέσεις αναγκαστικής πρόσβασης σε παρόδια εγκατάσταση
9	Διπλή γραμμή, αποτελούμενη από δύο συνεχείς στενές γραμμές	(S)		Διαχωρισμός λωρίδων αντίθετης κατεύθυνσης που δεν επιτρέπει την υπέρβαση της από καμία κατεύθυνση	Όπου επιβάλλεται απαγόρευση προσπέρασης μόνο στη μία κατεύθυνση
					Σε ιδιαίτερα επικίνδυνες θέσεις, όπου επιβάλλεται απαγόρευση προσπέρασης και στις δύο κατευθύνσεις
					Σε οδούς ενιαίου οδοστρώματος με δύο ή περισσότερες λωρίδες ανά κατεύθυνση

Πίνακας 3.4 - Διαγραμμίσεις διαμήκεις στην οδό

Κατηγορία οδού	Τμήμα οδού	Είδος γραμμής	
		Πλατιά (B)	Στενή (S)
Αυτοκινητόδρομος	εκτός σήραγγας	0,30 m	0,15 m
	εντός σήραγγας	0,25 m	
Άλλες Οδοί	οποιοδήποτε	0,20 m	0,10 m

Πίνακας 3.5 - Ορισμός πάχους διαμήκους διαγράμμισης

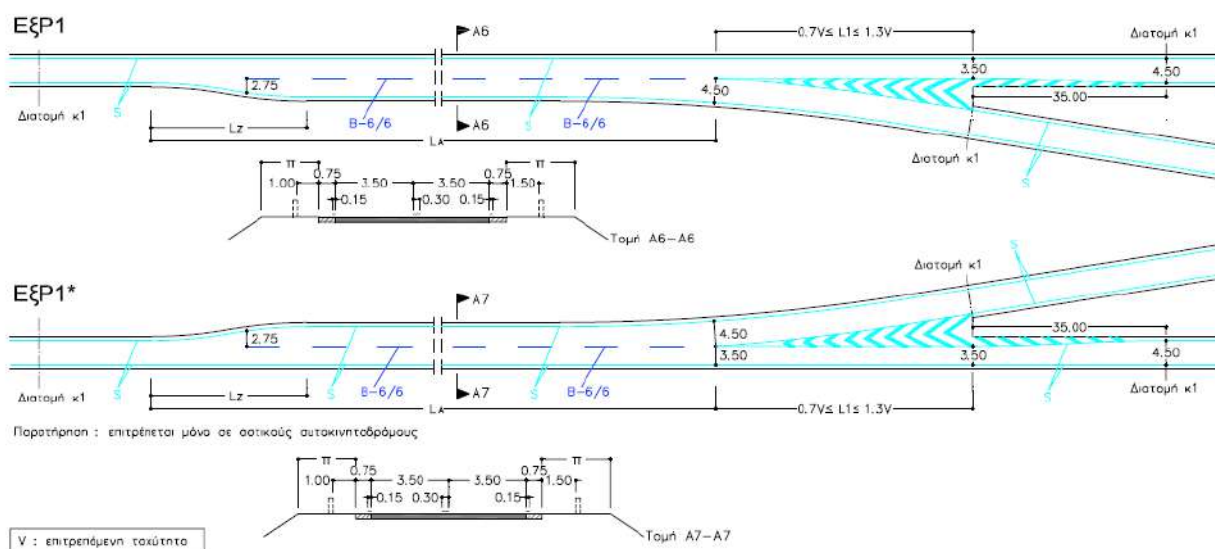
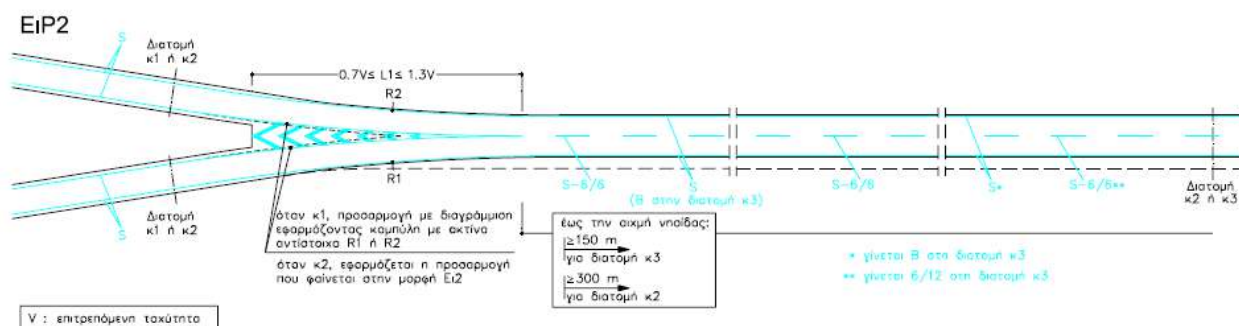


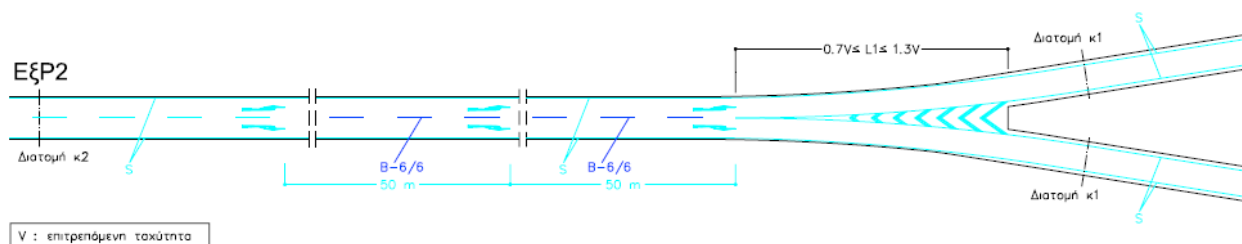
Σχήμα 3.2 - Λεπτομέρεια επιφάνειας αποκλεισμού



Σχήμα 3.3 - Διαμόρφωση μεγάλης επιφάνειας αποκλεισμού μεταξύ λωρίδων κυκλοφορίας της ίδιας κατεύθυνσης

Όσον αφορά το **μήκος των διαγραμμίσεων αποκλεισμού**, αυτό προσδιορίζεται από τον πλάτος των οδών, τις λωρίδες κυκλοφορίας, αλλά και τον αν είναι είσοδος ή έξοδος (Σχήμα 3.4, Σχήμα 3.3, Σχήμα 3.6).

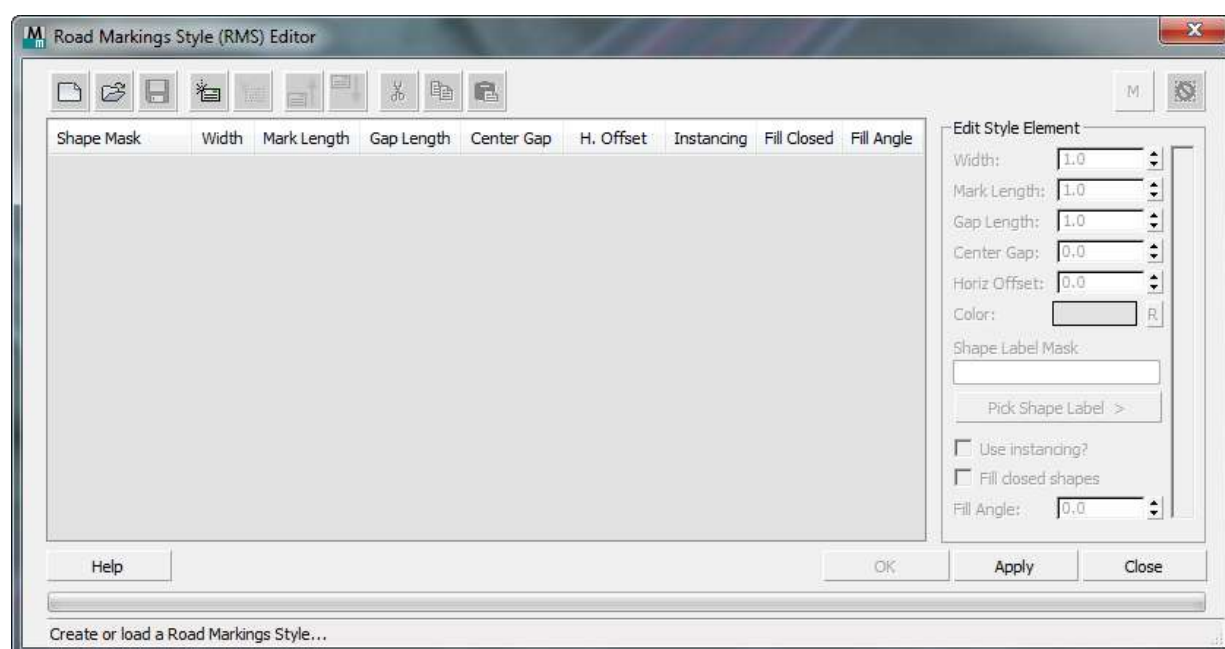




Σχήμα 3.6 - Τύποι εξόδων από δευτερεύοντα οδοστρώματα (διανεμητήριοι κλάδοι)

3.7.3.4 Απεικόνιση διαγραμμίσεων στις οδούς

Η προσθήκη των διαγραμμίσεων στις οδούς επιτυγχάνεται μέσω του Επεξεργαστή Απεικόνισης (Road Markings Style Editor) (Εικόνα 3.26).



Εικόνα 3.26 - Road Markings Style Editor



Εικόνα 3.27 - Οδός με και χωρίς διαγραμμίσεις

3.7.4 Ηλεκτροφωτισμός Οδών

3.7.4.1 Γενικά

Η οδήγηση κατά τις νυχτερινές ώρες είναι μία από τις δυσκολότερες συνθήκες στις οποίες καλείται να ανταπεξέλθει ένας οδηγός. Το περιορισμένο βάθος ορατότητας, η ανικανότητα διάκρισης του περιβάλλοντος χώρου, η φτωχή αντίθεση του φωτιζόμενου τμήματος, η δυσκολία διάκρισης της οριζόντιας και κατακόρυφης σήμανσης, η θάμβωση και η συνεχής εναλλαγή των φανών του οχήματος, είναι μερικές μόνο από τις καταστάσεις που καθορίζουν το πρόβλημα της νυχτερινής οδήγησης.

Για την αντιμετώπιση του εν λόγω προβλήματος επιστρατεύεται ο τεχνητός ηλεκτροφωτισμός, η συμβολή του οποίου στην αναβάθμιση της οδικής ασφάλειας είναι δεδομένη και αποδεδειγμένη από συνεχείς στατιστικές έρευνες. Έτσι, ο σωστός φωτισμός εξασφαλίζει ένα επιθυμητό επίπεδο ορατότητας που επιτρέπει στους χρήστες της οδού να διακρίνουν έγκαιρα, με καθαρότητα και σαφήνεια όλες τις απαραίτητες λεπτομέρειες για την ασφαλή τους κίνηση, και κυρίως την τροχιά και το περιβάλλον της οδού, τα εμπόδια στο δρόμο και την κίνηση που βρίσκεται επάνω στην οδό, ή που προτίθεται να εισέλθει σε αυτήν. Επίσης, ο φωτισμός βρίσκει εφαρμογή και κατά τη διάρκεια της ημέρας, στην περίπτωση των σηράγγων, ενώ, τέλος, δευτερευόντως διευκολύνει την κίνηση των πεζών και την ανάπτυξη εμπορικών δραστηριοτήτων παρά την οδό, σε αστικό περιβάλλον.

Μία εγκατάσταση φωτισμού πρέπει να παρέχει στον οδηγό τη **δυνατότητα να καθορίζει:**

- την **κατάσταση της οδού** στο τμήμα που πρόκειται να διανύσει στα επόμενα 5-10sec
- τη **θέση του οχήματός του και την κίνησή του** στο εν λόγω τμήμα
- την **αντίστοιχη θέση και κίνηση** των λοιπών οχημάτων
- την **ύπαρξη τυχόν εμποδίων** επάνω στο οδόστρωμα
- τη **σήμανση της οδού**, κάθετη και οριζόντια

Πρέπει να σημειωθεί ότι αν και σε κάθε περίπτωση ο φωτισμός είναι επιθυμητός, σπανίως δικαιολογείται οικονομικά σε τμήματα υπεραστικών οδών, πλην αυτών

με μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους. Έτσι, περιορίζεται σε συγκεκριμένα κρίσιμα σημεία, για τα οποία οι έρευνες δείχνουν σαφή βελτίωση της οδικής ασφάλειας με την εφαρμογή του, ή σε διάφορες άλλες περιπτώσεις που είναι ευνόητα απαραίτητος. Τα σημεία αυτά είναι:

- **Οδοί με υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο** (ΕΜΗΚ>30.000 ΜΕΑ/ημ.)
- Σημεία οδών με **έντονες αλλαγές χάραξης** ή με φτωχά γεωμετρικά χαρακτηριστικά
- **Κόμβοι με αξιόλογη κίνηση** ή με διαρρύθμιση, καθώς και κυκλικοί κόμβοι
- **Ανισόπεδοι κόμβοι αυτοκινητοδρόμων**
- **Γέφυρες μεγάλου ανοίγματος**
- **Σήραγγες και υπόγεια τμήματα**
- **Περιοχές στάθμευσης και εξυπηρέτησης αυτοκινητιστών**
- **Σταθμοί διοδίων**
- **Αστικές οδοί με αξιόλογη κίνηση** ή παράπλευρη εμπορική δραστηριότητα
- **Επικίνδυνες κατασκευές**, όπως μεσόβαθρα και στενές γέφυρες
- **Πινακίδες σήμανσης**
- **Τμήματα με αξιόλογη κυκλοφορία πεζών**
- **Γενικώς, σημεία στα οποία απαιτείται η τεταμένη προσοχή του οδηγού**, όπως θέσεις μετατροπής οδών ταχείας κυκλοφορίας σε συμβατικές οδούς ή σημεία συχνής διάσχισης πεζών έξω από πόλεις

Ακριβείς προϋποθέσεις για την εφαρμογή φωτισμού σε κάθε περίπτωση μπορούν να βρεθούν σε πλήθος κανονισμών και προδιαγραφών φωτισμού. Αυτό που θα πρέπει να καταστεί σαφές είναι πως σε κάθε περίπτωση απαιτείται η σοβαρή αντιμετώπιση του προβλήματος του φωτισμού. **Κακώς σχεδιασμένος φωτισμός μπορεί να έχει τα αντίθετα από τα επιθυμητά αποτελέσματα**, δυσχεραίνοντας την ορατότητα του οδηγού, ή και προκαλώντας τη θάμβωσή του.

3.7.4.2 Εγκάρσια τοποθέτηση

Πέρα από τη χρησιμότητά τους για τη στήριξη των σωμάτων φωτισμού, οι στύλοι παραπλεύρως του οδοστρώματος **αποτελούν ένα πρόβλημα για την κυκλοφορία**,

καθώς περιορίζουν την ορατότητα και μπορεί να αποδειχθούν επικίνδυνοι για οχήματα που εκτρέπονται από την πορεία τους.

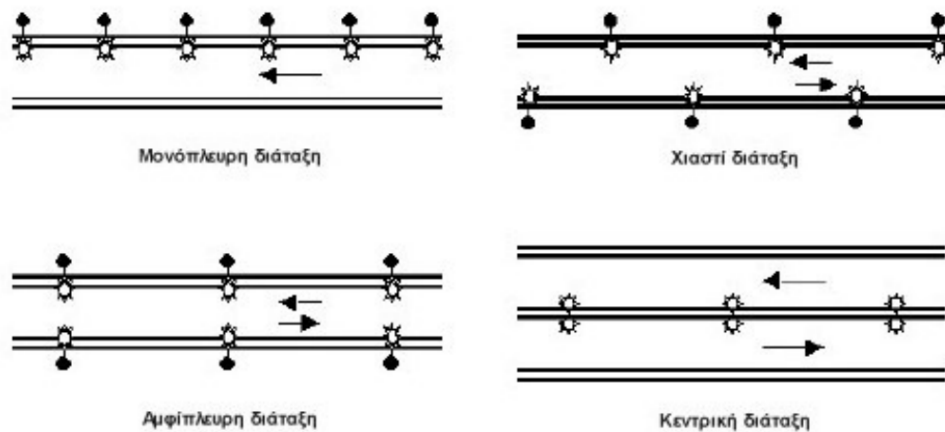
Έτσι, οι στύλοι θα πρέπει να τοποθετούνται **όσο το δυνατόν μακρύτερα από την οριογραμμή** της διερχόμενης κυκλοφορίας, σε συνάρτηση, βέβαια, και με τα διαθέσιμα μήκη βραχιόνων και τα απαιτούμενα φωτομετρικά χαρακτηριστικά. Από εκεί και πέρα, σε οδούς με μεγάλες ταχύτητες οι στύλοι ηλεκτροφωτισμού θα πρέπει να προστατεύονται από στηθαία ασφαλείας, εκτεταμένα σε όλο το μήκος τοποθέτησης στύλων. Οι στύλοι θα πρέπει να βρίσκονται σε τέτοια απόσταση από το στηθαίο, ώστε να μπορεί αυτό να παραμορφώνεται ελεύθερα. Παραπάνω λεπτομέρειες αναλύονται στον υποκεφάλαιο 3.7.2 που αφορά τα συστήματα αναχαίτησης.

Σε τμήματα με πεζοδρόμια, η ελάχιστη απόσταση των στύλων από την ακμή του πεζοδρομίου θα πρέπει να είναι 0,8 m, και όχι μικρότερη από την αντίστοιχη απόσταση λοιπών στύλων δικτύων κοινής ωφέλειας.

3.7.4.3 Διαμήκης τοποθέτηση

Σχετικά με τη διαμήκη τοποθέτηση τίθενται δύο ζητήματα, **το είδος της διάταξης** των φωτιστικών σωμάτων και η **απόσταση επανάληψής τους**. Τα είδη διάταξης δίνονται στην Σχήμα 3.7 και έχουν ως εξής:

- **Μονόπλευρη διάταξη:** Όλα τα φωτιστικά σώματα βρίσκονται στην ίδια πλευρά της οδού.
- **Χιαστί διάταξη:** Τα φωτιστικά τοποθετούνται και στις δύο πλευρές, σε εναλλάξ θέσεις.
- **Αμφίπλευρη διάταξη:** Τα φωτιστικά τοποθετούνται και στις δύο πλευρές της οδού, γενικά σε απέναντι θέσεις.
- **Κεντρική διάταξη:** Οι στύλοι τοποθετούνται στον ενδιάμεσο χώρο διαιρεμένων οδών και διαθέτουν διπλούς βραχίονες.



Σχήμα 3.7 - Είδη διατάξεων φωτιστικών σωμάτων

Η επιλογή της διάταξης που θα εφαρμοστεί **εξαρτάται κυρίως από το είδος και πλάτος της οδού**, καθώς και από το **επιθυμητό επίπεδο φωτισμού**.

- Η **μονόπλευρη διάταξη** εφαρμόζεται κυρίως σε οδούς μικρού πλάτους ($<1-1,5 \times \text{Ύψος Ανάρτησης}$), ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι πολλές φορές το απέναντι άκρο μπορεί να μην είναι επαρκώς ορατό.
- Η **χιαστί διάταξη** δίνει πολύ καλή φωτεινή κατανομή σε οδούς με μέτριο πλάτος ($1,5-2 \times \text{Ύψος Ανάρτησης}$), χρειάζεται, όμως, έλεγχος για αποφυγή σχηματισμού σκοτεινών κυματοειδών κηλίδων.
- Η **αμφίπλευρη διάταξη** εφαρμόζεται σε οδούς με μεγάλα πλάτη,
- Η **κεντρική διάταξη** βρίσκει εφαρμογή σε διαχωρισμένες οδούς, όπου επιτυγχάνεται ελάττωση του αριθμού στύλων και του μήκους της καλωδίωσης.

Επίσης, η κεντρική διάταξη μπορεί να συνδυαστεί και με αμφίπλευρη, για μεγάλα πλάτη των εκατέρωθεν οδοστρωμάτων, ενώ για μεγάλους ενδιάμεσους χώρους, όπου οι κεντρικά τοποθετημένοι στύλοι θα βρίσκονταν πολύ μακριά από τα δύο οδοστρώματα, οι δύο κλάδοι φωτίζονται θεωρούμενοι ως ξεχωριστές οδοί, συνήθως με αμφίπλευρη διάταξη έκαστος.

Τέλος, το **μήκος επανάληψης των φωτιστικών σωμάτων**, δηλαδή η μεταξύ των στύλων απόσταση, είναι ένα μέγεθος που καθορίζεται **με βάση τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά** της εγκατάστασης. Δίνουν ο εξής τύπος:

$$S = \frac{LL \cdot CU \cdot LLD \cdot LDD}{E_h \cdot W} \text{ (m)}$$

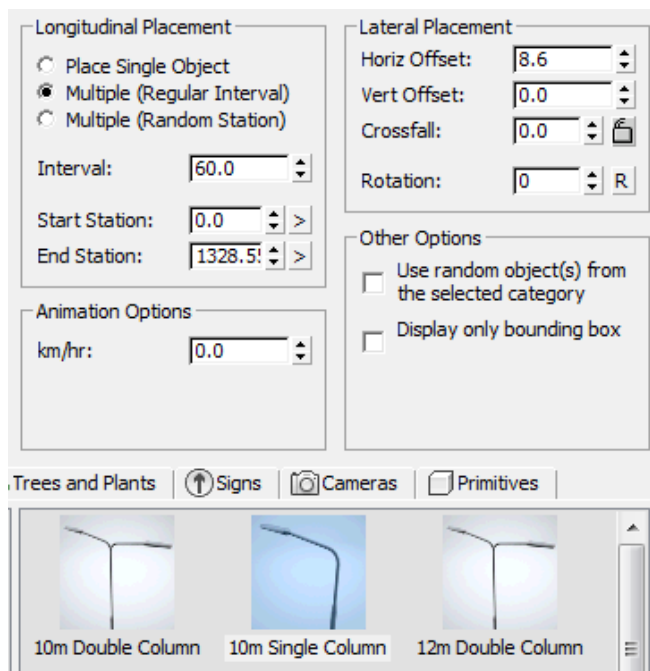
όπου:

- LL (Lamp Lumens): η αρχική φωτεινή ροή του φωτιστικού σώματος, που δίνεται από τον κατασκευαστή (σε lumens)
- CU (Coefficient of Utilization): ο συντελεστής χρήσης
- LLD (Lamp Lumen Depreciation factor): ο συντελεστής απαξίωσης του φωτισμού, που μπορεί να ληφθεί ίσος με 0,80 κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές
- LDD (Luminaire Dirt Depreciation factor): ο συντελεστής απαξίωσης λόγω ρύπανσης και σκόνης, ίσος με 0,90 κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές
- E_h : το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού, (σε lux)
- W: το πλάτος της οδού, μαζί με τα ερείσματα (σε m)

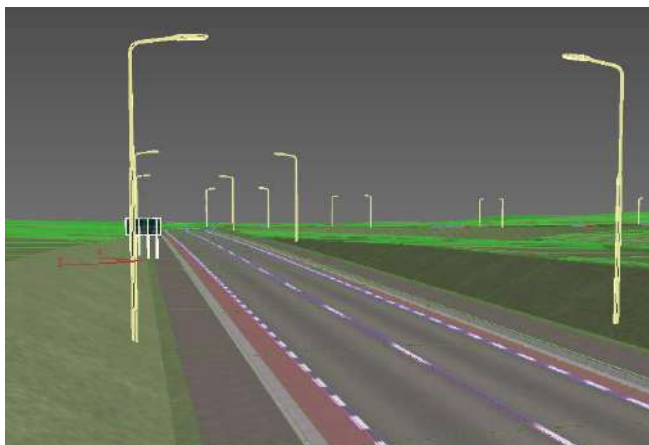
Τυπικές αποστάσεις προκύπτουν στα 50-80 m για υπεραστικές οδούς.

3.7.4.4 Απεικόνιση στύλων οδοφωτισμού στις οδούς

Η προσθήκη στύλων φωτισμού πραγματοποιήθηκε μέσω του Επεξεργαστή Απεικόνισης Τοποθέτησης Αντικειμένων (Object Placement Style Editor) Εικόνα 3.28. Ο επεξεργαστής απαιτεί διάφορες παραμέτρους που παρουσιάστηκαν παραπάνω, όπως αποστάσεις στύλων από τον δρόμο, αποστάσεις μεταξύ τους, αριθμός στύλων και τύπος και φωτομετρικά χαρακτηριστικά στύλου, για την αποδοτική τοποθέτηση της Εικόνα 3.28.



Εικόνα 3.28 - Επεξεργαστής Απεικόνισης Τοποθέτησης αντικειμένων (Object Placement Style Editor)

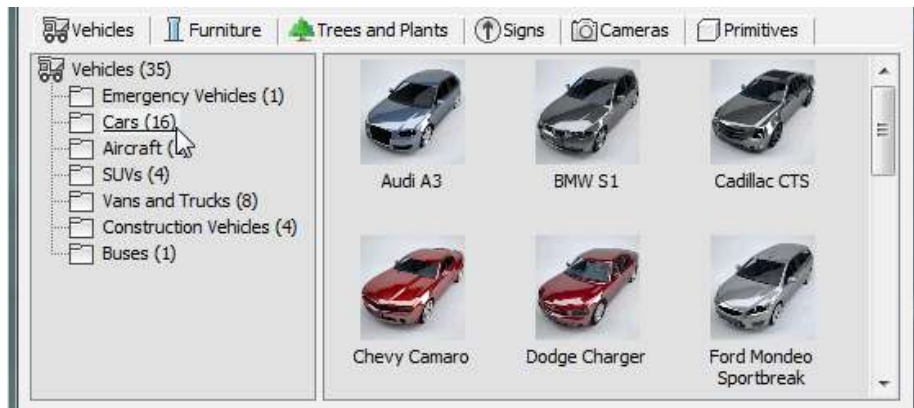


Εικόνα 3.29 - Αποτέλεσμα του Επεξεργαστή Απεικόνισης Τοποθέτησης αντικειμένων (Object Placement Style Editor)

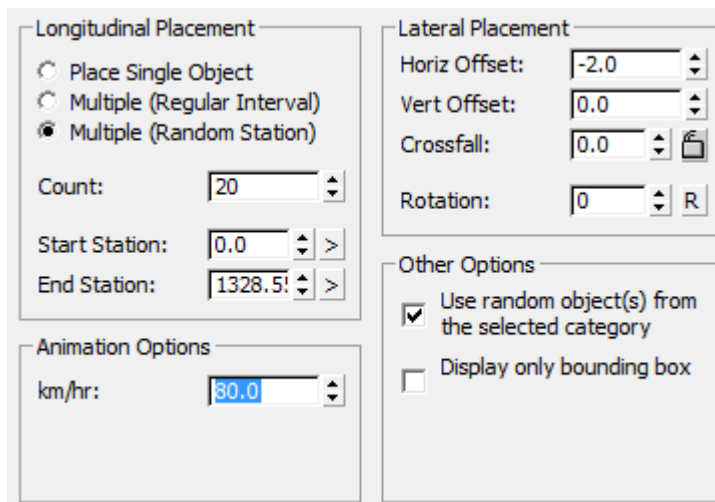
3.7.5 Απεικόνιση συνθηκών κυκλοφορίας στις οδούς

Το Civil View δίνει τη δυνατότητα να προσθέσουμε **κυκλοφοριακή κίνηση οχημάτων στο μοντέλο μας μέσω του Επεξεργαστή Απεικόνισης Τοποθέτησης Αντικειμένων** (Object Placement Style Editor) (Εικόνα 3.30) που αφορά την κατηγορία των αυτοκινήτων.

Τα δεδομένα της κυκλοφορίας που εισάγονται είναι δυνατόν να είναι πραγματικών κυκλοφοριακών μετρήσεων ή και μια τυχαία κυκλοφοριακή κίνηση οχημάτων.



Εικόνα 3.30 - Επεξεργαστής Απεικόνισης Τοποθέτησης αντικειμένων (Object Placement Style Editor)



Εικόνα 3.31 - Ρυθμίσεις του Επεξεργαστή Απεικόνισης Τοποθέτησης αντικειμένων (Object Placement Style Editor)

Διάφορες ρυθμίσεις που είναι απαραίτητες να συμπληρωθούν για την κίνηση των οχημάτων είναι η ταχύτητα των οχημάτων, η κατεύθυνση τους, η ποσότητα τους αλλά ακόμα και ο τύπος οχημάτων τους (πχ. επιβατικό, φορτηγό, λεωφορείο και άλλα).

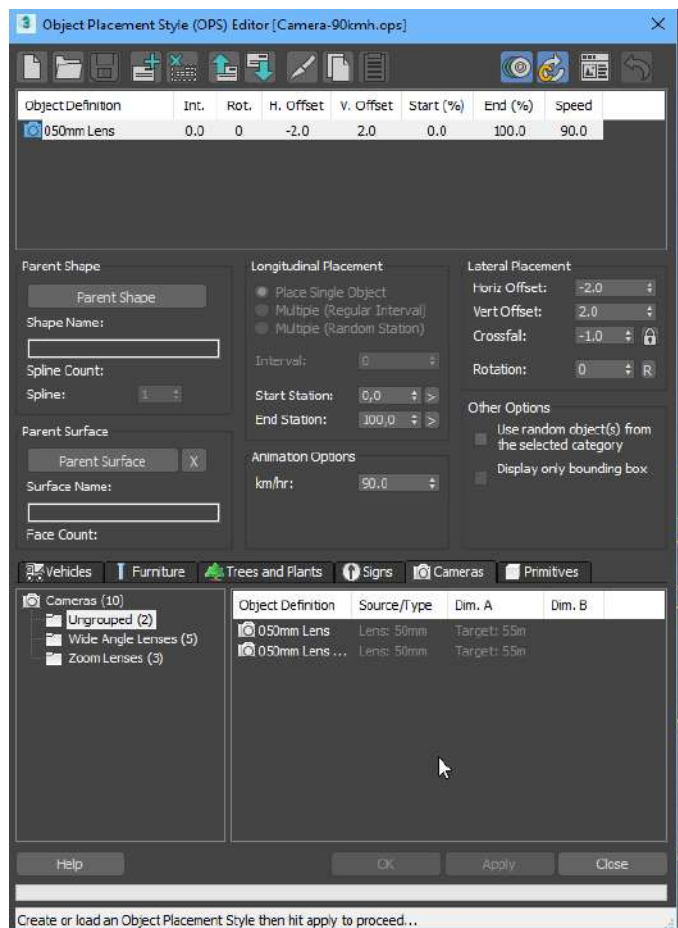


Εικόνα 3.32 - Αποτέλεσμα του Επεξεργαστή Απεικόνισης Τοποθέτησης αντικειμένων (Object Placement Style Editor)

3.7.6 Προσθήκη καμερών στις οδούς

Η προσθήκη των καμερών χρησιμεύει στη δημιουργία βίντεο από συγκεκριμένη προοπτική ή οπτική γωνία. Πολλές φορές η κάμερα είναι χρήσιμο να τοποθετηθεί στο ύψος του οφθαλμού του οδηγού ώστε να είναι δυνατή η απεικόνιση των αντικειμένων του οπτικού του πεδίου ή κινούμενη, προσομοιάζοντας την κίνηση ενός drone για την προοπτική παρουσίαση ενός οδικού έργου.

Για την προσθήκη καμερών στις οδούς **χρησιμοποιείται και πάλι Επεξεργαστής Απεικόνισης Τοποθέτησης Αντικειμένων (Object Placement Style Editor)** (Εικόνα 3.33) που αφορά στην αντίστοιχη κατηγορία. Ο επεξεργαστής απαιτεί τη ρύθμιση διάφορων παραμέτρων, όπως αποστάσεις καμερών από τον δρόμο, κατεύθυνση, ύψος από τον δρόμο, ταχύτητα αλλά και τύπος φακού κάμερας.



Εικόνα 3.33 - Επεξεργαστής Απεικόνισης Τοποθέτησης αντικειμένων (Object Placement Style Editor)

3.8 Σύνοψη Κεφαλαίου

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάστηκε αναλυτικά το σύνολο των διεργασιών που είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν σε μια μελέτη οδοποιίας κατά την επεξεργασία της στο λογισμικό **3ds Max**, ώστε να δημιουργηθεί μια τρισδιάστατη φωτορεαλιστική απεικόνιση αλλά και ένα φωτορεαλιστικό βίντεο που διαθέτει τα πιο χαρακτηριστικά στοιχεία που έχει μια οδός κατά την τελική της μορφή (πχ. στηθαία, οδοφωτισμός, κυκλοφορία οχημάτων). Επιπροσθέτως, έγινε αναφορά στις ισχύουσες προδιαγραφές και οδηγίες μελετών για το κάθε στοιχείο ξεχωριστά. Όσον αφορά στα συστήματα αναχαίτισης, τις διαγραμμίσεις και τους στύλους φωτισμού αναφέρθηκαν οι τύποι τους αλλά και ο τρόπος τοποθέτησης τους. Σχετικά με την προσθήκη καμερών, τονίζεται πως είναι απαραίτητες ώστε να είναι εφικτή η προοπτική παρουσίαση ενός έργου αλλά και για να δίνει τη δυνατότητα της απεικόνισης αντικειμένων του οπτικού πεδίου ενός οδηγού.

4. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ - ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

4.1 Γενικά

Μέχρι πρότινος η σχεδίαση χαράξεων οδικών έργων αλλά και οι απαραίτητοι έλεγχοι αυτών βασιζόνταν αποκλειστικά σε πρότυπα δύο διαστάσεων. Σχετικά πρόσφατα, με την ανάπτυξη εξειδικευμένων λογισμικών παρέχεται η **δυνατότητα δημιουργίας τρισδιάστατων προτύπων**.

Η απεικόνιση μιας οδού στον χώρο αποτελεί τον πλέον αξιόπιστο τρόπο προκειμένου να αξιολογηθεί **η αλληλουχία των επί μέρους στοιχείων σχεδιασμού**. Η παραδοσιακή προσέγγιση, αν και χρησιμοποιείται ευρέως, είναι ελλιπής και δύναται να οδηγήσει σε εσφαλμένα συμπεράσματα και κατά συνέπεια σε σφάλματα όσον αφορά στην παρεχόμενη ασφάλεια στον οδηγό.

Για την επίτευξη **ασφαλούς και αρμονικής χάραξης της οδού στον χώρο**, πέρα από την ισορροπία κατά τη μεταβολή των παραμέτρων σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής, απαιτείται να λαμβάνεται υπόψη και το παρόδιο περιβάλλον, ώστε η οδός να βρίσκεται **σε αρμονία με τον περιβάλλοντα χώρο** και κατά συνέπεια η οπτική καθοδήγηση του οδηγού να είναι πιο σαφής.

Τα τρισδιάστατα πρότυπα παρέχουν την ευχέρεια εντοπισμού και βελτίωσης πιθανών παραμέτρων που προκαλούν ανυσυχία ως προς την παρεχόμενη ασφάλεια. Οι κυριότερες από αυτές αφορούν:

- Γεωμετρικό σχεδιασμό (αλληλουχία καμπυλών, αλληλεπίδραση οριζοντιογραφίας – μηκοτομής)
- Περιοχές κόμβων
- Περιοχές εφαρμογής σήμανσης
- Παρόδιο χώρος – εξοπλισμό οδού
- Επάρκεια ορατότητας
- Περιοχές με αναγκαιότητα φωτισμού

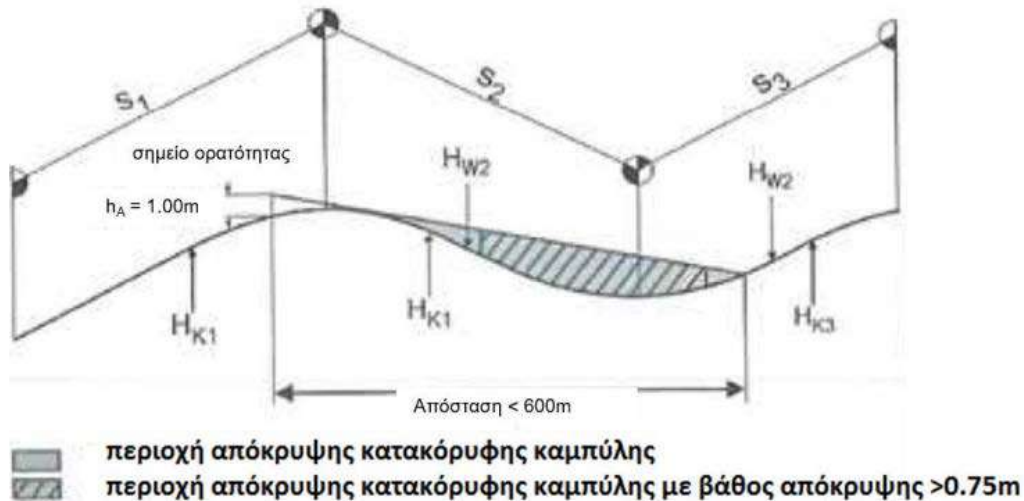
Το παρόν κεφάλαιο ασχολείται με έναν από τους παραπάνω ελέγχους, τον πιο κρίσιμο, τον έλεγχο ορατότητας, και πιο συγκεκριμένα, τον έλεγχο επάρκειας μήκους ορατότητας στάσης.

Ένα τρισδιάστατο μοντέλο μπορεί να αποδώσει **με ακρίβεια την περίπτωση σύνθετου οδικού περιβάλλοντος**, όπου πιθανόν συνυπάρχει ανεπιτυχής συνδυασμός οριζοντιογραφίας, μηκοτομής και στοιχείων του παρόδιου χώρου, και να επιτρέψει τον προσδιορισμό του πραγματικού οπτικού πεδίου του οδηγού ώστε να εξεταστεί με αξιοπιστία η ύπαρξη των ελάχιστα απαιτούμενων μηκών ορατότητας για στάση.

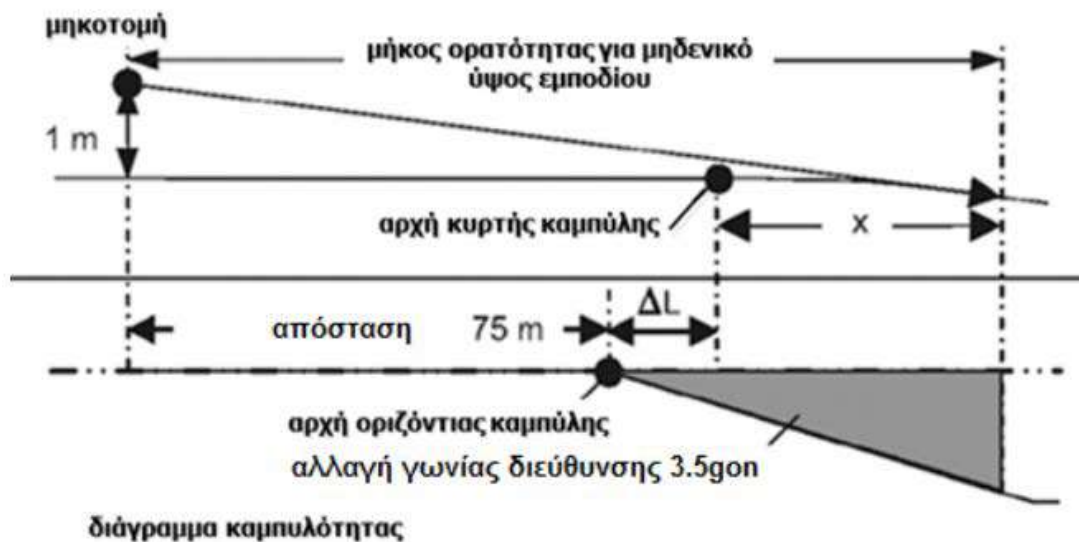
4.1.1 Έλεγχος επάρκειας μήκους ορατότητας με τρισδιάστατη απεικόνιση

Σε **επίπεδο διερεύνησης της επάρκειας ορατότητας, με βάση την προοπτική απεικόνιση της οδού**, τον προσδιορισμό των αναγκαίων μηκών ορατότητας για στάση (τόσο του απαιτούμενου όσο και του διατιθέμενου), αλλά λαμβάνοντας υπόψη και τη δυνατότητα του οδηγού να κατανοήσει το τρισδιάστατο οδικό περιβάλλον, σχετική έρευνα υποδεικνύει με μορφή κριτηρίων τις αναγκαίες αποστάσεις ώστε :

- Να **αποφεύγεται το πολύ επικίνδυνο φαινόμενο απόκρυψης της καμπύλης** της οδού από την κυρτότητα της στην μηκοτομή
- Να **αποφεύγεται η δημιουργία περιοχών απόκρυψης** (δηλαδή τμημάτων οδού τα οποία αν και βρίσκονται εντός της οπτικής ακτίνας του οδηγού εντούτοις δεν είναι ορατά σε αυτόν)
- Να **εξασφαλίζεται η δυνατότητα τρισδιάστατης εποπτείας της καμπυλότητας μιας καμπύλης στην οριζοντιογραφία** προκειμένου αυτή να γίνει κατανοητή



Σχήμα 4.1 - Κρίσιμη περίπτωση περιοχών απόκρυψης οδού

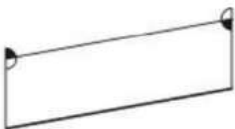
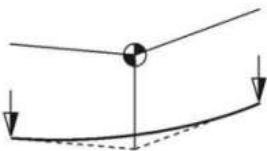
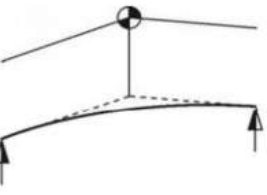


Σχήμα 4.2 - Εξασφάλιση τρισδιάστατης εποπτείας της καμπυλότητας μιας καμπύλης στην οριζοντιογραφία

Στις παραγράφους που ακολουθούν, παρουσιάζονται οι πιο χαρακτηριστικοί **συνδυασμοί οριζοντιογραφίας και μηκοτομής** όπου σχολιάζονται οι αντίστοιχες τρισδιάστατες απεικονίσεις με βάση εμπειρικά δεδομένα. Στο Σχήμα 4.3 φαίνονται οι διαφορετικοί συνδυασμοί ευθυγραμμίας στην οριζοντιογραφία με:

- **Σταθερή κλίση** στη μηκοτομή
 - ο η οδήγηση για μεγάλα μήκη είναι μονότονη
 - ο δίδεται η εντύπωση ακινησίας για μεγάλα μήκη ευθυγραμμίας
 - ο κίνδυνος θάμβωσης από τους προβολείς των αντίθετα κινούμενων οχημάτων (οδοί με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας)

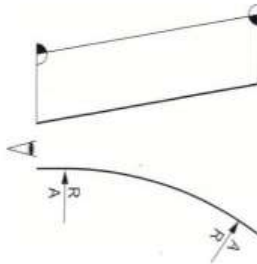
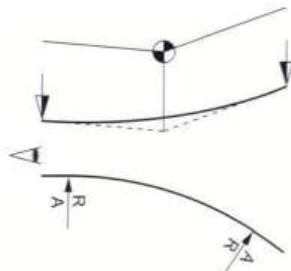
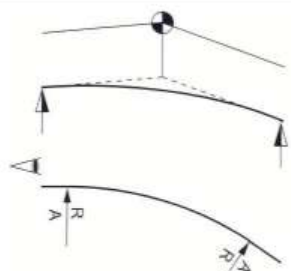
- ο κατάλληλος συνδυασμός για το σχεδιασμό κόμβων
- **Κοίλη καμπύλη** στη μηκοτομή
 - ο εξασφαλίζεται ικανοποιητική ορατότητα και οπτική καθοδήγηση
 - ο η εφαρμογή αυξημένων κοίλων κατακόρυφων καμπυλών αποτελεί εναλλακτική λύση σε αυξημένα μήκη ευθυγραμμιών
 - ο κατάλληλος συνδυασμός για το σχεδιασμό κόμβων
 - ο ο πλέον κατάλληλος συνδυασμός για προσπέραση
- **Κυρτή καμπύλη** στη μηκοτομή
 - ο ο περιορίζεται η ορατότητα
 - ο παρέχεται δυσμενής οπτική καθοδήγηση
 - ο ακατάλληλος συνδυασμός για το σχεδιασμό κόμβων

Οριζοντιογραφία / Μηκοτομή		Προοπτική Εικόνα
μηκοτομή		
οριζοντιογραφία	$R = \infty$	
Σταθερή κλίση στη μηκοτομή		
μηκοτομή		
οριζοντιογραφία	$R = \infty$	
Κοίλη καμπύλη στη μηκοτομή		
μηκοτομή		
οριζοντιογραφία	$R = \infty$	
Κυρτή καμπύλη στη μηκοτομή		

Σχήμα 4.3 - Χάραξη στο χώρο (περίπτωση ευθυγραμμίας στην οριζοντιογραφία)

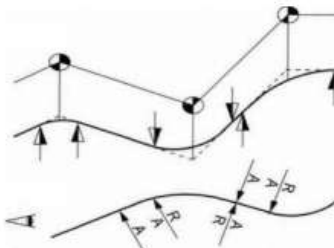
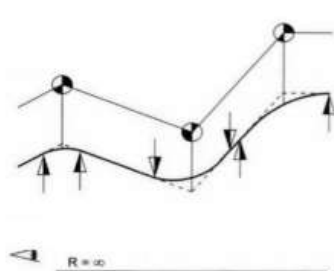
Στο Σχήμα 4.4 φαίνονται και σχολιάζονται οι διαφορετικοί **συνδυασμοί καμπύλης στην οριζοντιογραφία** με:

- **Σταθερή κλίση** στη μηκοτομή
 - ο ικανοποιητική χάραξη όταν παρέχεται επαρκής ορατότητα
 - ο παρέχεται δυνατότητα καλής προσαρμογής στο περιβάλλον
- **Κοίλη καμπύλη** στη μηκοτομή
 - ο δημιουργείται η εντύπωση μικρότερης καμπυλότητας στην οριζοντιογραφία και εμφανίζονται τάσεις οδήγησης με υψηλότερες ταχύτητες
 - ο παρέχεται δυνατότητα καλής προσαρμογής στο περιβάλλον και βελτίωσης της οπτικής καθοδήγησης
- **Κυρτή καμπύλη** στη μηκοτομή
 - ο δημιουργείται η εντύπωση μεγαλύτερης καμπυλότητας στην οριζοντιογραφία και εμφανίζονται τάσεις οδήγησης με χαμηλότερες ταχύτητες
 - ο παρέχεται δυνατότητα καλής προσαρμογής στο περιβάλλον και βελτίωσης της οπτικής καθοδήγησης

Οριζοντιογραφία / Μηκοτομή		Προοπτική Εικόνα
μηκοτομή		
οριζοντιογραφία		
Σταθερή κλίση στη μηκοτομή		
μηκοτομή		
οριζοντιογραφία		
Κοίλη καμπύλη στη μηκοτομή		
μηκοτομή		
οριζοντιογραφία		
Κυρτή καμπύλη στη μηκοτομή		

Σχήμα 4.4 - Χάραξη στο χώρο (περίπτωση καμπύλης στην οριζοντιογραφία)

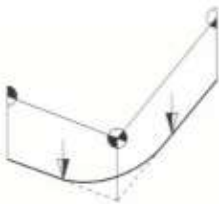
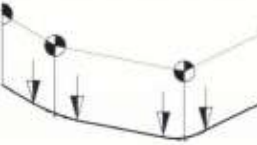
Στο Σχήμα 4.5 φαίνεται η προοπτική απεικόνιση άλματος και βυθίσματος κατά την απόκρυψη της χάραξης. Στην περίπτωση του άλματος, η κυρτή κατακόρυφη καμπύλη αποκρύπτει τμήμα της χάραξης το οποίο επανεμφανίζεται αιφνιδιαστικά, ενώ κατά το βύθισμα η χάραξη αποκρύπτεται κατά την αλληλουχία κυρτών και κοίλων κατακόρυφων καμπυλών.

Οριζοντιογραφία / Μηκοτομή	Προοπτική Εικόνα
μηκοτομή  οριζοντιογραφία	
Άλμα	
μηκοτομή  οριζοντιογραφία	
Βύθισμα	

Σχήμα 4.5 - Προοπτική απεικόνιση άλματος και βυθίσματος

Στο Σχήμα 4.6 φαίνεται η προοπτική απεικόνιση θλάσεων στη χάραξη. Η **αποφυγή θλάσεων** στη χάραξη επιτυγχάνεται με:

- Αποφυγή σχεδιασμού οριακών κοίλων κατακόρυφων καμπυλών μεταξύ μεγάλων ευθύγραμμων τμημάτων με σταθερή κατά μήκος κλίση
- Αποφυγή σχεδιασμού οριακών κατακόρυφων καμπυλών σε τμήματα με αλγεβρική διαφορά κλίσεων $s_2 - s_1 > 10\%$
- Σχεδιασμό οριζόντιων καμπυλών όπου η έμπροσθεν ορατή επιφάνεια της οδού να υφίσταται αλλαγή της γωνίας διεύθυνσης $> 3\text{grad}$
- Αποφυγή σχεδιασμού οριζοντιογραφικών καμπυλών με οριακή ακτίνα σε τμήματα όπου η έμπροσθεν ορατή επιφάνεια της οδού παρουσιάζει μικρή αλλαγή στη γωνία διεύθυνσης
- Αποφυγή σχεδιασμού τμημάτων με σταθερή κατά μήκος κλίση μεταξύ δύο όμοιων στρογγυλεύσεων στη μηκοτομή (είτε κυρτή είτε κοίλη καμπύλη) ενοποιώντας τα δύο τόξα

Οριζοντιογραφία / Μηκοτομή		Προοπτική Εικόνα
μηκοτομή		
οριζοντιογραφία		
Οπτική θλάση στη μηκοτομή		
μηκοτομή		
οριζοντιογραφία		
Οπτική θλάση στην οριζοντιογραφία		
μηκοτομή		
οριζοντιογραφία		
Οπτική θλάση στην μηκοτομή και στην οριζοντιογραφία		
μηκοτομή		
οριζοντιογραφία		
Εμφάνιση μη αναμενόμενης κατωφέρειας		
μηκοτομή		
οριζοντιογραφία		
Εμφάνιση κυρτώματος σε περιοχή διαδοχικών κοιλωμάτων		

Σχήμα 4.6 - Προοπτική απεικόνιση θλάσεων στη χάραξη

Με βάση τις οδηγίες RAL, ο έλεγχος της χάραξης στο χώρο πραγματοποιείται μέσω μιας διαδικασίας τριών βημάτων.

- Στο **πρώτο βήμα** η χάραξη ελέγχεται για το αν συμπίπτουν τα σημεία καμπής (πολυγωνική της χάραξης) σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή, καθώς επίσης και κατά πόσο πιθανός επανασχεδιασμός της χάραξης θα επιφέρει καλύτερο συντονισμό στα υπόψη σημεία καμπής.
- Σε **δεύτερο στάδιο** ελέγχεται αν η αρχή των οριζοντιογραφικών καμπυλών είναι έγκαιρα και επαρκώς αντιληπτές. Επίσης ο ίδιος έλεγχος γίνεται και για το σύνολο της χάραξης με την έννοια ότι δεν δημιουργούνται περιοχές απόκρυψης των κατακόρυφων καμπυλών. Προβλήματα αυτού του τύπου δύνανται να αντιμετωπιστούν με τροποποίηση των γεωμετρικών παραμέτρων (οριζοντιογραφίας και μηκοτομής).
- Το **τρίτο βήμα** αφορά στην ποιοτική αξιολόγηση της χάραξης με χρήση προοπτικών εικόνων ή ακόμα καλύτερα, με τη βοήθεια εξειδικευμένων λογισμικών, μέσω εικόνας (βίντεο) από τη θέση του οδηγού τόσο σε συνθήκες ημέρας όσο κατά τη νυκτερινή οδήγηση.

4.2 Συμβατικοί μέθοδοι υπολογισμού μηκών ορατότητας

4.2.1 Γενικά

Το μήκος ορατότητας αποτελεί **την πιο κρίσιμη παράμετρο** που σχετίζεται άμεσα με τη δυνατότητα ασφαλούς και αποτελεσματικής ολοκλήρωσης αιφνίδιων ελιγμών. Ορίζεται ως το εκάστοτε διατιθέμενο ορατό μήκος οδού το οποίο βρίσκεται στο οπτικό πεδίο του οδηγού.

Αν το **μήκος ορατότητας είναι περιορισμένο**, αυτό σημαίνει ότι **υπάρχει λιγότερος διαθέσιμος χρόνος** από τον οδηγό για την επεξεργασία της οπτικής πληροφορίας που λαμβάνει.

Για να ολοκληρωθεί μια μελέτη είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν έλεγχοι ορατότητας **ανάλογα με την κατηγορία της οδού**. Η **ασφάλεια της κυκλοφορίας και η ποιότητα της κυκλοφοριακής ροής** απαιτούν:

- την ύπαρξη ελάχιστων μηκών ορατότητας, προκειμένου να είναι δυνατή η έγκαιρη ακινητοποίηση ενός οχήματος (απαιτούμενο **μήκος ορατότητας για στάση**)
- η ασφαλής προσπέραση (απαιτούμενο **μήκος ορατότητας για προσπέραση**)
- η ασφαλής εξέλιξη της απόφασης του οδηγού για αλλαγή πορείας (**μήκος ορατότητας για απόφαση**).

Το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση είναι καθοριστικής σημασίας για την αξιολόγηση των συνθηκών ορατότητας σε όλες τις κατηγορίες οδών. Το ίδιο ισχύει και για το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση, το οποίο χρησιμοποιείται άμεσα στην αξιολόγηση των συνθηκών ορατότητας σε οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας της ομάδας Α. Για τις οδούς της ομάδας Β το μήκος ορατότητας για προσπέραση έχει δευτερεύουσα σημασία.

4.2.2 Μήκος Ορατότητας για Στάση

Το ελάχιστο μήκος ορατότητας, γνωστό ως μήκος ορατότητας για στάση (SSD) αποτελεί καθοριστικής σημασίας παράμετρο προκειμένου να αξιολογηθούν οι συνθήκες ορατότητας σε όλες τις κατηγορίες οδών. Αφορά στο ελάχιστο μήκος που πρέπει να υφίσταται προκειμένου όχημα κινούμενο με την επιτρεπόμενη ή λειτουργική ταχύτητα να δύναται να ακινητοποιηθεί πριν προσκρούσει σε απροσδόκητο σταθερό εμπόδιο. **Το μήκος ορατότητας για στάση πρέπει να διατίθεται σε όλο το μήκος μιας οδού.**

Με βάση το μήκος ορατότητας για στάση προσδιορίζονται οι κυρτές και κοίλες κατακόρυφες ακτίνες καμπυλότητας, το πλάτος του ελεύθερου οπτικών εμποδίων χώρου σε δεξιόστροφες καμπύλες (λόγω πρανών, στηθαίων, δενδροφύτευσης, κλπ.), καθώς και το πλάτος της εσωτερικής λωρίδας καθοδήγησης ή το εύρος της κεντρικής νησίδας σε αριστερόστροφες καμπύλες οδών με διαχωρισμένο οδόστρωμα, λαμβάνοντας υπόψη ότι δεν επιτρέπεται η οπτική ακτίνα μεταξύ οδηγού – εμποδίου να τέμνεται από τα οχήματα που κινούνται στην αντίθετη κατεύθυνση κυκλοφορίας.

Κάτω από τις ίδιες συνθήκες φωτισμού, υπάρχουν **δύο είδη μήκους ορατότητας για στάση**:

- **Απαιτούμενο**, το οποίο αφορά στη δυνατότητα στάσης του οχήματος και εξαρτάται από την οδό ως προς τη γεωμετρία της, τον οδηγό ως προς την ικανότητα αντίληψης – αντίδρασης του και το όχημα ως προς τα δυναμικά χαρακτηριστικά του
- **Διατιθέμενο**, το οποίο αφορά στην οπτική ακτίνα μεταξύ οδηγού και εμποδίου και σχετίζεται κυρίως με το οδικό περιβάλλον (εμπόδια, βλάστηση κλπ.) αλλά και την γεωμετρία της οδού

Είναι σαφές ότι η επάρκεια ορατότητας για στάση υπάρχει όταν:

$$SSD_{\text{διατιθέμενο}} - SSD_{\text{απαιτούμενο}} \geq 0$$

$$SSD = S_1 + S_2$$

$$S_1 = (V_{85} / 3,6) \cdot t_r$$

$$S_2 = (V_{85} / 3,6)^2 / [2 \cdot (d + g \cdot s)]$$

Όπου:

SSD (m) = μήκος ορατότητας για στάση

S_1 (m) = διανυόμενο μήκος κατά τη διάρκεια του χρόνου αντίληψης-αντίδρασης

S_2 (m) = μήκος πέδησης

V_{85} (km/h) = λειτουργική ταχύτητα 85%

t_r (s) = χρόνος αντίληψης-αντίδρασης (λαμβάνεται ως 2sec)

g (m/s²) = επιτάχυνση βαρύτητας

d (m/s²) = συντελεστής εξαρτώμενος από την ταχύτητα (η τιμή του λαμβάνεται από τον Πίνακα 4.1)

s (m/m) = κατά μήκος κλίση (θετική: ανωφέρεια, αρνητική: κατωφέρεια)

V_{85}	Km/h	50	60	70	80	90	100	110	120	130
d	m/s ²	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6	3,4	3,3	3,1	3,0

Πίνακας 4.1 - Υπολογισμός συντελεστή d

Στην υφιστάμενη πρακτική η διερεύνηση της επάρκειας ορατότητας αναφέρεται σε επιβατηγά οχήματα. **Τα βαριά οχήματα** και ιδιαίτερα τα φορτηγά χρειάζονται κατά κανόνα **μεγαλύτερα μήκη επιβράδυνσης**. Το γεγονός αυτό όμως αντισταθμίζεται γενικά από τη σημαντικά υψηλότερη θέση οδήγησης που έχουν τα φορτηγά οχήματα σε σχέση με τα επιβατηγά, με αποτέλεσμα να αυξάνεται το διατιθέμενο μήκος ορατότητας. Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες το πλεονέκτημα της υψηλότερης θέσης οδήγησης εξουδετερώνεται (π.χ. όταν η ορατότητα περιορίζεται από πλευρικά εμπόδια), προτείνεται να αυξάνονται οι διατιθέμενες αποστάσεις ορατότητας, ώστε να εξυπηρετούνται ασφαλώς και τα φορτηγά.

Όταν συνεχώς το πεδίο ορατότητας του οδηγού περιορίζεται στις ελάχιστες τιμές της ορατότητας στάσης, τότε ο οδηγός βρίσκεται σε **διαρκή ένταση που προκαλεί κόπωση**. Για το λόγο αυτό κατά ΟΜΟΕ-Χ επιβάλλεται να εξασφαλίζονται συνολικά στο 70% της οδού μήκη ορατότητας κατά **30% μεγαλύτερα από τα ελάχιστα απαιτούμενα**.

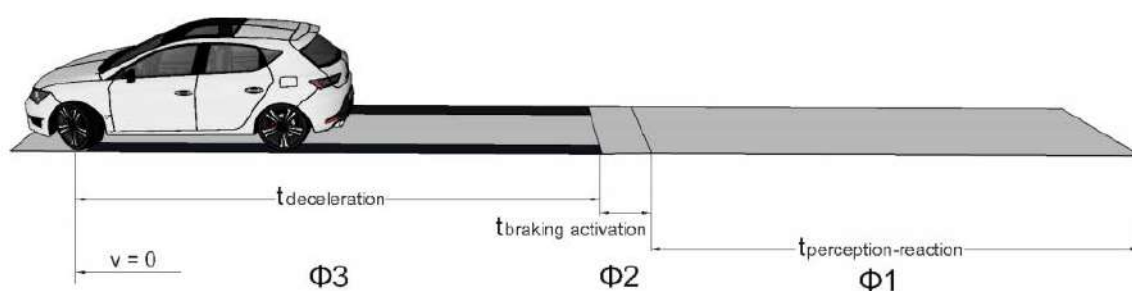
4.2.3 Απαιτούμενο Μήκος Ορατότητας για Στάση

Κατά τη διαδικασία ακινητοποίησης του οχήματος, διακρίνονται οι εξής τρεις φάσεις (Σχήμα 4.7):

Φ1: Μήκος που διανύεται κατά το χρόνο αντίληψης – αντίδρασης

Φ2: Μήκος που διανύεται κατά το χρόνο έναρξης της ενεργοποίησης του συστήματος πέδησης με αυξανόμενη ένταση έως πλήρους ενεργοποίησης

Φ3: Μήκος που διανύεται κατά το χρόνο αμιγούς πέδησης με σταθερή επιβράδυνση



Σχήμα 4.7 - Διαδικασία ακινητοποίησης του οχήματος

Ο απαιτούμενος χρόνος ενεργοποίησης του συστήματος πέδησης ανά κατηγορία οχήματος είναι (Πίνακας 4.2):

Κατηγορία Οχήματος	$t_{\text{braking activation (sec)}}$
Επιβατηγό	0.2-0.4
Μοτοποδήλατο	0.4-0.5
Φορτηγό	0.4-0.5

Πίνακας 4.2 - Απαιτούμενος χρόνος ενεργοποίησης του συστήματος πέδησης

Ο χρόνος αντίληψης – αντίδρασης εξαρτάται από μια σειρά παραμέτρων με κυριότερες:

- Ηλικία
- Φύλλο
- φυσική κατάσταση
- ψυχολογική κατάσταση
- εμπειρία

Τα εύρη τιμών του χρόνου αντίληψης – αντίδρασης κυμαίνονται μεταξύ 0.5sec – 2.5sec, με τυπική τιμή το 1.0sec. Δεδομένου ότι γενικά παρατηρείται αυξητική τάση στη μέση ηλικία οδήγησης, ως τιμή σχεδιασμού του χρόνου αντίληψης – αντίδρασης λαμβάνονται τα 2.0sec (2.5sec κατά AASHTO), όπου πρακτικά ενσωματώνεται και ο χρόνος ενεργοποίησης του συστήματος πέδησης.

Μια εποπτική εικόνα των επιμέρους τιμών που λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας για στάση κατά ΟΜΟΕ-Χ, AASHTO, RAA και RAL αντίστοιχα δίδεται στον Πίνακα 4.3.

V (km/h)	ΟΜΟΕ-Χ		AASHTO		RAA, RAL	
	Επιβράδυνση (m/sec ²)	t _{perception-reaction} (sec)	Επιβράδυνση (μέση) (m/sec ²)	t _{perception-reaction} (sec)	Επιβράδυνση (μέση) (m/sec ²)	t _{perception-reaction} (sec)
50	4.4	2.0	3.4	2.5	3.7	2.0
60	4.2					
70	4.0					
80	3.8					
90	3.6					
100	3.4					
110	3.3					
120	3.1					
130	3.0					

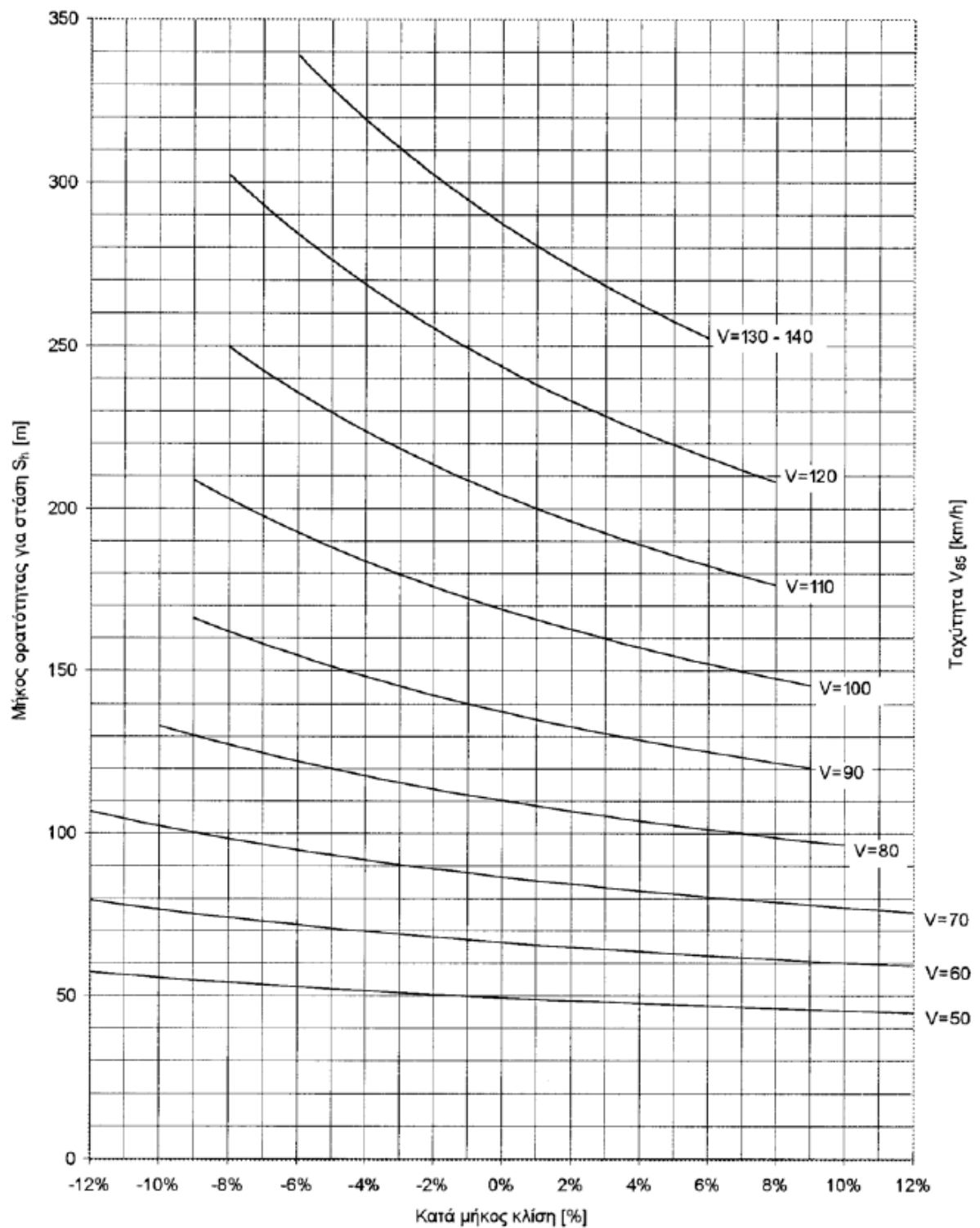
Πίνακας 4.3 - Τιμές παραμέτρων που λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του απαιτούμενου SSD.

Στον Πίνακα 4.4 δίδεται συσχέτιση τιμών μήκους ορατότητας για στάση μεταξύ ΟΜΟΕ-Χ, AASHTO, RAA και RAL, όπου είναι σαφές ότι οι οδηγίες AASHTO, δεδομένου του πιο αυξημένου χρόνου αντίληψης – αντίδρασης (2.5sec) δίδουν περισσότερο συντηρητικές τιμές SSD.

	ΟΜΟΕ-Χ			RAA, RAL					AASHTO		
V (km/h)	s (%)			RAA	RAL	s (%)			s (%)		
	-4%	0%	4%	κλάση οδού	κλάση οδού	-4%	0%	4%	-4%	0%	4%
60	70.0	66.5	63.6						87.9	82.6	78.3
70	92.0	86.6	82.2		EKL 4	96.0	90.0	85.1	111.5	104.3	98.5
80	118.1	110.2	103.8	EKA 3		119.1	111.2	104.8	137.7	128.3	120.7
90	148.8	137.5	128.6		EKL 3	144.5	134.5	126.4	166.5	154.5	145.0
100	184.3	168.9	156.8	EKA 2	EKL 2	172.2	159.8	149.8	197.9	183.0	171.3
110	224.8	204.3	188.5		EKL 1	202.2	187.3	175.2	231.8	213.8	199.6
120	270.2	243.8	223.5	EKA 1B		234.6	216.8	202.4	268.3	246.9	230.0
130	320.4	287.1	261.8	EKA 1A		269.3	248.4	231.5	307.3	282.3	262.4

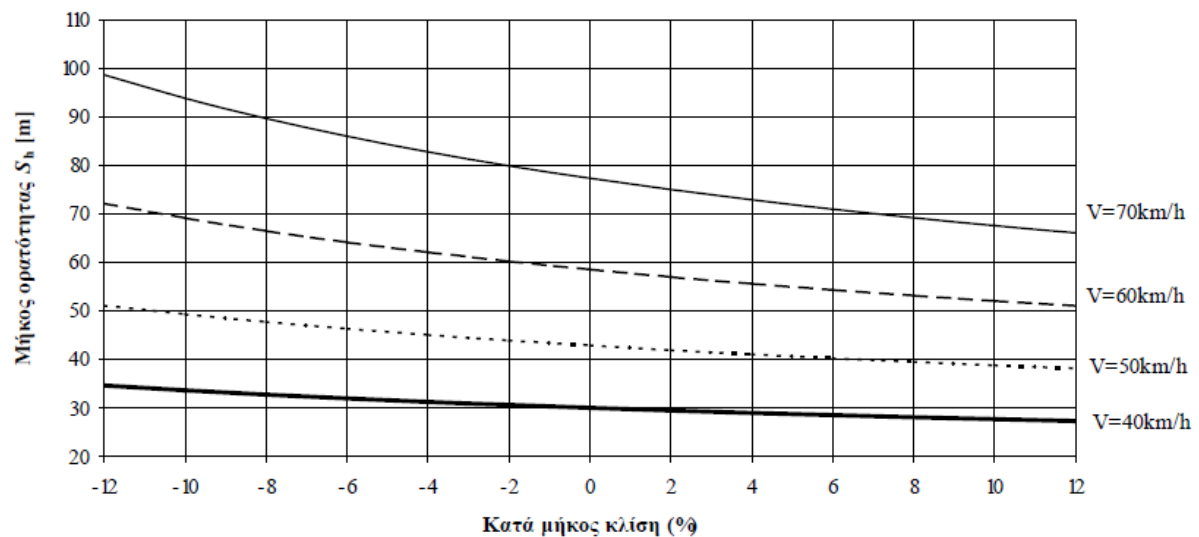
Πίνακας 4.4 - Συσχέτιση τιμών SSD μεταξύ ΟΜΟΕ-Χ, AASHTO και RAA-RAL (Οι τιμές αναφέρονται σε υγρό οδόστρωμα)

Στο Σχήμα 4.9 δίνεται το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση SSD κατά ΟΜΟΕ-Χ, για διάφορες τιμές κλίσης και λειτουργικής ταχύτητας V_{85} .



Σχήμα 4.8 - Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση σε υγρό οδόστρωμα, σε οδούς των ομάδων Α & Β

Στο Σχήμα 4.9 δίνεται το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση SSD κατά ΟΜΟΕ-ΚΑΟ, για αστικά δίκτυα για διάφορες τιμές κλίσης και λειτουργικής ταχύτητας V_{85} . Το μήκος ορατότητας κατά ΟΜΟΕ-ΚΑΟ υπολογίζεται και από τους παραπάνω τύπους που υπολογίζονται και κατά ΟΜΟΕ-Χ, αλλά με χρόνο αντίληψης 1,5sec.



Σχήμα 4.9 - Μήκος Ορατότητας για στάση για κύριες αστικές οδούς (ομάδα Γ)

Κατά την κίνηση οχήματος σε καμπύλη, το μήκος ορατότητας για στάση μετράται επί της καμπύλης, συνήθως στο μέσο της λωρίδας αναφοράς. Στην περίπτωση αυτή η διατιθέμενη τριβή στην επαπτομενική διεύθυνση του οχήματος είναι μειωμένη, δεδομένου ότι, ποσοστό της συνολικής τριβής διατίθεται ταυτόχρονα και στην εγκάρσια διεύθυνση της κίνησης σύμφωνα με την έλλειψη επαπτομενικού – εγκάρσιου συντελεστή τριβής.

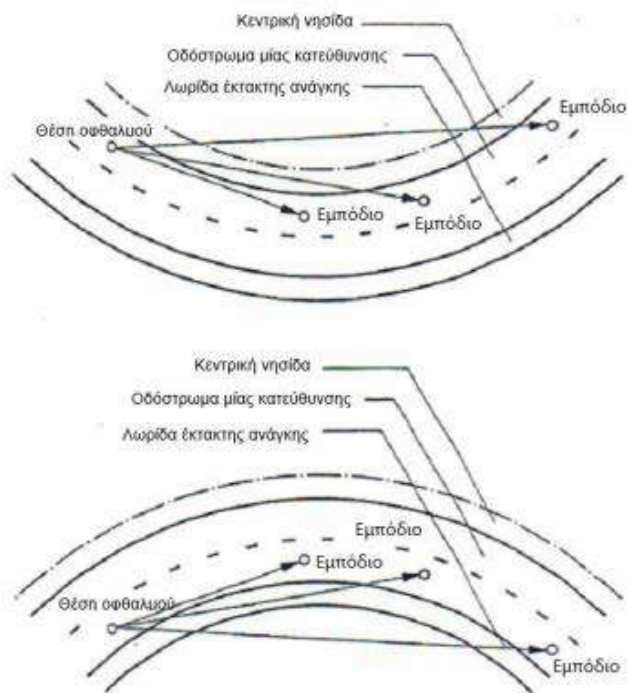
4.2.4 Διατιθέμενο Μήκος Ορατότητας για Στάση

Το διατιθέμενο μήκος ορατότητας για στάση περιγράφεται με τη βοήθεια της οριακής οπτικής ακτίνας μεταξύ οφθαλμού οδηγού και εμποδίου όπου το τυπικό ύψος οφθαλμού είναι 1.00m στα επιβατηγά και 2.00m στα φορτηγά, ενώ το τυπικό ύψος εμποδίου κυμαίνεται από 0.50m έως 1.00m.

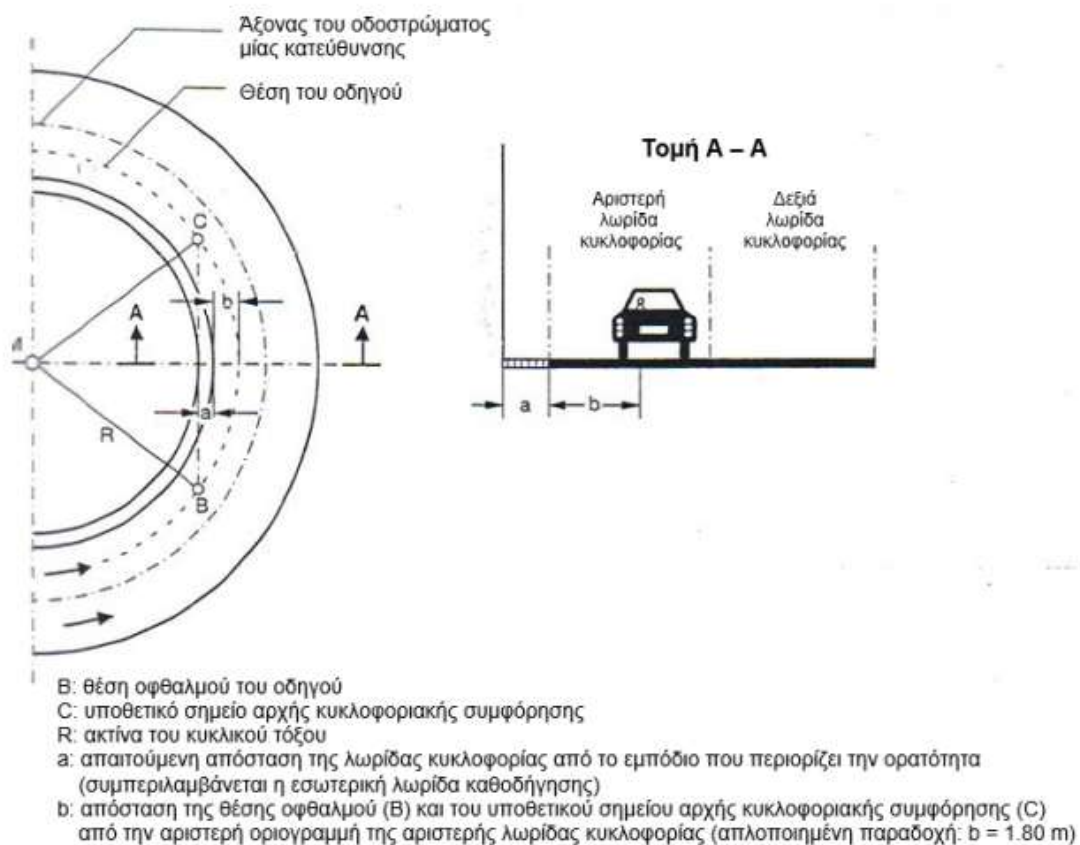
Ως άξονας αναφοράς για την πορεία της οπτικής ακτίνας θεωρείται συνήθως ο άξονας που χαράσσεται στο μέσο της κρίσιμης λωρίδας κυκλοφορίας. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.10, το διατιθέμενο μήκος ορατότητας προσδιορίζεται τόσο σε

δεξιόστροφες (οδοί με ενιαία και διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας), όσο και αριστερόστροφες καμπύλες (οδοί με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας).

Η παροχή ικανού διατιθέμενου μήκους ορατότητας για στάση, ιδιαίτερα στις αριστερόστροφες καμπύλες αυτοκινητόδρομων με υψηλές ταχύτητες, αποτελεί κρίσιμο ζήτημα οδικής ασφάλειας, δεδομένου ότι πρέπει έγκαιρα οι οδηγοί να αντιληφθούν πιθανή κυκλοφοριακή συμφόρηση. Η εφαρμογή στηθαίων ασφαλείας στην κεντρική διαχωριστική νησίδα, ενώ συμβάλλει αποφασιστικά στη βελτίωση της παρεχόμενης ασφάλειας, είναι δυνατόν να λειτουργήσει υπό συγκεκριμένες συνθήκες ως περιοριστικός παράγοντας της ορατότητας του οδηγού. Καθοριστική επιρροή στον περιορισμό του διατιθέμενου μήκους ορατότητας έχουν η οριζόντια ακτίνα καμπύλης R , η απόσταση a του εμποδίου που περιορίζει την ορατότητα από την οριογραμμή της υπόψη λωρίδας κυκλοφορίας καθώς και το ύψος της κεντρικής νησίδας (Σχήμα 4.11). Αναφορικά με το τελευταίο, οι γερμανικές οδηγίες RAA ορίζουν ότι προκειμένου να υπάρχουν ικανά μήκη ορατότητας, στην κεντρική νησίδα δεν πρέπει να τοποθετούνται διατάξεις συγκράτησης οχημάτων με ύψος που να υπερβαίνει τα 0.90m. Στο ύψος αυτό περιλαμβάνεται και η φύτευση. Στις περιπτώσεις μειωμένης ορατότητας, γενικά προτείνεται περιορισμός στην επιτρεπόμενη ταχύτητα, καθώς πιθανή επαύξηση της απόστασης a , πέρα της ανομοιογένειας που επιφέρει στην τυπική διατομή, μπορεί να εκθλιφθεί από τους οδηγούς ως πρόσθετη εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας.



Σχήμα 4.10 - Διατιθέμενο μήκος ορατότητας σε δεξιόστροφες και αριστερόστροφες καμπύλες



Σχήμα 4.11 - Διατιθέμενο μήκος ορατότητας σε αριστερόστροφες καμπύλες αυτοκινητόδρομων

Στον Πίνακα 4.5 δίδονται τα ύψη οφθαλμών και εμποδίου κατά ΟΜΟΕ-Χ, AASHTO, RAA και RAL αντίστοιχα.

V (km/h)	ΟΜΟΕ-Χ		AASHTO		RAA, RAL	
	Ύψος Εμποδίου h_z (m)	Ύψος Οφθαλμών h_1 (m)	Ύψος Εμποδίου h_z (m)	Ύψος Οφθαλμών h_1 (m)	Ύψος Εμποδίου h_z (m)	Ύψος Οφθαλμών h_1 (m)
50	0.07	1.06	0.60	1.08 (2.33)	1.00 (0.50)	1.00
60	0.10					
70	0.13					
80	0.16					
90	0.20					
100	0.25					
110	0.30					
120	0.35					
130	0.42					

Πίνακας 4.5 - Ύψη εμποδίου και οφθαλμών οδηγού που λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του διατιθέμενου SSD

Το ύψος εμποδίου στις ΟΜΟΕ-Χ υπολογίζεται με βάση παλαιότερη θεώρηση όπου το ζητούμενο ύψος προκύπτει με σταθερή οπτική γωνία 5 πρώτα λεπτά της μοίρας για το μήκος ορατότητας για στάση που αντιστοιχεί στην κίνηση οχήματος με την ταχύτητα V_{85} . Στις πιο σύγχρονες οδηγίες (RAA, RAL, AASHTO, κλπ.) ως ύψος εμποδίου λαμβάνεται το ύψος των οπίσθιων φανών στάσης (stop lights). Τα ύψη οφθαλμών οδηγού και εμποδίου χρησιμοποιούνται, μεταξύ άλλων, και για τον καθορισμό των ελάχιστων παραμέτρων κυρτών κατακόρυφων τόξων. Προκειμένου να αποφευχθεί η υιοθέτηση συντηρητικών μηκών διατιθέμενου μήκους ορατότητας για στάση, στις γερμανικές οδηγίες RAA και RAL, **γενικά ως ύψος εμποδίου λαμβάνεται $h_z=1.00m$** και μόνο στον υπολογισμό των κυρτών κατακόρυφων καμπυλών λαμβάνεται $h_z=0.50m$. Στην περίπτωση που χρειάζεται να πραγματοποιηθεί ξεχωριστός έλεγχος ορατότητας για φορτηγά οχήματα, στις οδηγίες AASHTO προτείνεται η χρήση ύψους οφθαλμών του οδηγού φορτηγού $h_1=2.33m$ από το οδόστρωμα.

4.2.5 Επάρκεια Μήκους Ορατότητας για Στάση

Σχετικά πρόσφατα, με την ανάπτυξη εξειδικευμένων λογισμικών παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας τρισδιάστατων προτύπων, άρα και αξιολόγησης της σχετικής επάρκειας σε τρεις διαστάσεις. Η δισδιάστατη προσέγγιση, αν και χρησιμοποιείται ευρέως στην υφιστάμενη πρακτική ως βασικό εργαλείο αξιολόγησης της διατιθέμενης ορατότητας, είναι **ελλιπής** και δύναται με την ίδια ευκολία να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση ή, πολύ χειρότερα, σε υποεκτίμηση της επάρκειας ορατότητας και άρα της παρεχόμενης ασφάλειας στον οδηγό όπως ήδη αναφέρθηκε.

Δισδιάστατα πρότυπα αξιολόγησης της επάρκειας ορατότητας σε μια οδό υπάρχουν με βάση:

- Τη χάραξη στην οριζοντιογραφική
- Τη χάραξη στη μηκοτομή

Ως αποτέλεσμα, οι προτάσεις για τη διασφάλιση επάρκειας SSD, μέσω της επιλογής κρίσιμων παραμέτρων κατά το συνδυασμένο σχεδιασμό οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, δίδονται μόνο σε εμπειρικό επίπεδο.

Η επάρκεια ορατότητας με βάση την οριζοντιογραφία ελέγχεται με στοιχεία αναφοράς από:

- Τις γεωμετρικές παραμέτρους στην οριζοντιογραφία
- Την ταχύτητα του οχήματος
- Τις εγκάρσιες αποστάσεις οφθαλμού – εμποδίου από τον άξονα της οδού

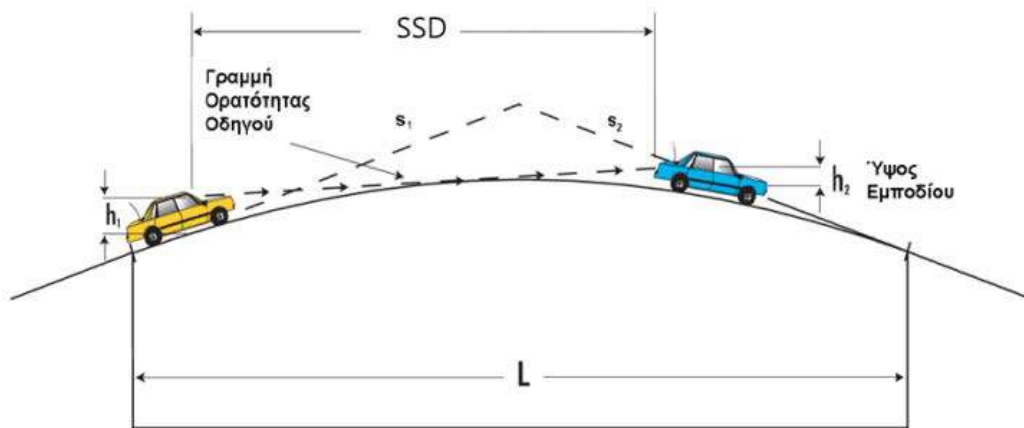
Επισημαίνεται ότι κατά τη διαδικασία καθορισμού ορίων ταχύτητας, εκτός του ελέγχου επάρκειας ορατότητας, απαιτείται η συνεκτίμηση και άλλων κρίσιμων παραμέτρων οι οποίες μεταξύ άλλων αφορούν στον έλεγχο ολίσθησης, στην κατηγορία της υπό εξέτασης οδού, στη συνέχεια της χάραξης κλπ.

Κατά τον ίδιο τρόπο, ο έλεγχος της επάρκειας ορατότητας με βάση τη μηκοτομή (Σχήμα 4.12) είναι ελλιπής, καθώς απαιτούνται στοιχεία από:

- Τις γεωμετρικές παραμέτρους στη μηκοτομή

- Την ταχύτητα του οχήματος
- Τα ύψη οφθαλμού – εμποδίου

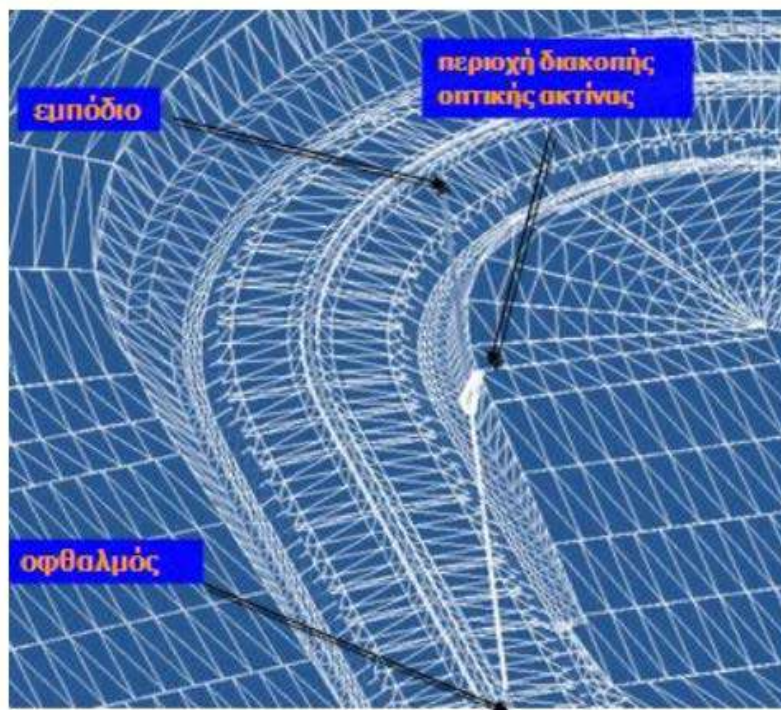
Η οριζοντιογραφία θεωρείται ευθύγραμμη, ενώ με βάση σχετικές έρευνες σημαντική είναι και η επιρροή της εγκάρσιας στροφής του οδοστρώματος. Στην περίπτωση αυτή, κατά τον υπολογισμό του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση, πρέπει να ληφθεί υπόψη η συνεχώς μεταβαλλόμενη κλίση της οδού.



Σχήμα 4.12 - Διερεύνηση επάρκειας ορατότητας με βάση τη μηκοτομή

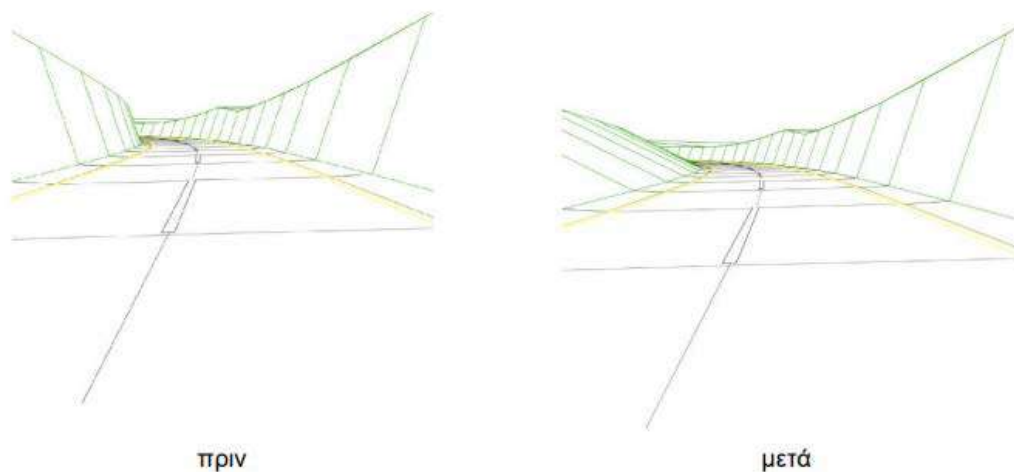
Τα τελευταία χρόνια όμως όπως ήδη αναφέρθηκε παραπάνω, στη διαδικασία ελέγχου επάρκειας ορατότητας, έχουν αναπτυχθεί πρότυπα τα οποία λαμβάνοντας υπόψη την **αλληλεπίδραση της οριζοντιογραφίας με τη μηκοτομή της οδού**, παρέχουν τη δυνατότητα ανάπτυξης τρισδιάστατων προτύπων έργου τα οποία προκύπτουν από το **συνδυασμό του ψηφιακού μοντέλου εδάφους με την επιφάνεια της οδού** αλλά και του **περιβάλλοντος οδικού χώρου** (Σχήμα 4.13).

Το παραγόμενο τρισδιάστατο μοντέλο μπορεί να αποδώσει **με ακρίβεια την περίπτωση σύνθετου οδικού περιβάλλοντος** όπου πιθανόν συνυπάρχει ανεπιτυχής συνδυασμός οριζοντιογραφίας, μηκοτομής και στοιχείων του παρόδιου χώρου και να επιτρέψει τον προσδιορισμό του πραγματικού οπτικού πεδίου του οδηγού και συνεπώς να εξεταστεί με αξιοπιστία η ύπαρξη των ελάχιστα απαιτούμενων μηκών ορατότητας για στάση.



Σχήμα 4.13 - Διερεύνηση επάρκειας ορατότητας σε τρισδιάστατο οδικό περιβάλλον

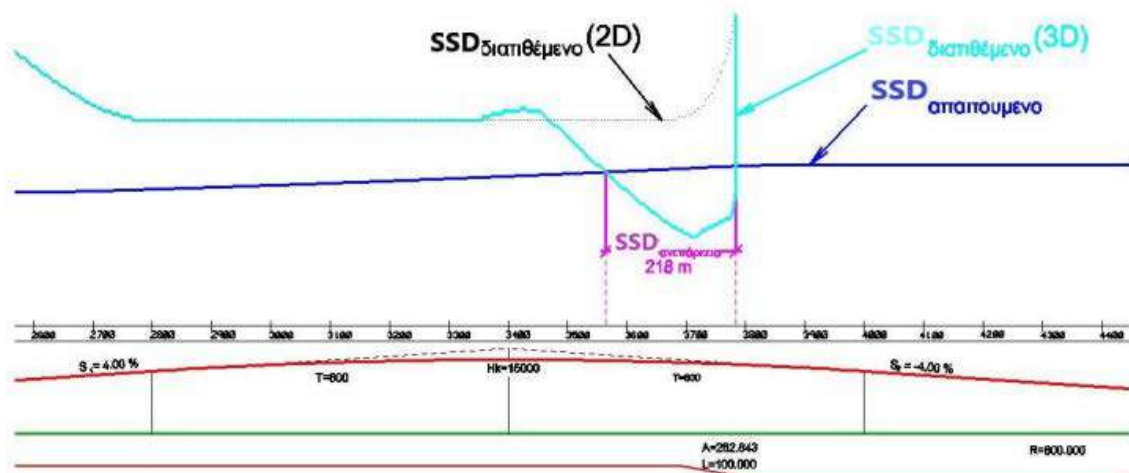
Η διερεύνηση επάρκειας ορατότητας σε τρισδιάστατο οδικό περιβάλλον αποτελεί και την **πιο αξιόπιστη μέθοδο** προκειμένου να αιτιολογηθεί, αλλά και να καθοριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια, η αναγκαιότητα πρόσθετης εκσκαφής ορύγματος στην περιοχή της εσωτερικής οριογραμμής καμπύλων οδικών τμημάτων (Σχήμα 4.14).



Σχήμα 4.14 - Πρόσθετη εκσκαφής ορύγματος στην περιοχή της εσωτερικής οριογραμμής καμπύλων οδικών τμημάτων για διασφάλιση επάρκειας SSD.

Με βάση τον τρισδιάστατο έλεγχο επάρκειας ορατότητας είναι δυνατή και η αξιόπιστη απεικόνιση των περιοχών με μειωμένη ορατότητα, προκειμένου να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα. Τα μέτρα αυτά αφορούν κυρίως **σε εφαρμογή ορίου ταχύτητας**, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις ενδεχομένως να απαιτηθεί και επανασχεδιασμός του κρίσιμου από άποψη ορατότητας οδικού τμήματος.

Στο Σχήμα 4.15 απεικονίζεται η διερεύνηση της επάρκειας SSD στην εσωτερική λωρίδα αυτοκινητόδρομου όπου η τυπική διαμόρφωση είναι σύμφωνη με το Σχήμα 4.6. Το υπόψη οδικό τμήμα βρίσκεται σε κυρτή καμπύλη υψομετρικά και η οριζοντιογραφία του περιλαμβάνει ευθυγραμμία και αριστερόστροφη καμπύλη στη συνέχεια. Ως ύψη οφθαλμών οδηγού – εμποδίου ελήφθη 1.00m. Προφανώς, η κρίσιμη περιοχή εντοπίζεται **εκεί όπου το απαιτούμενο SSD είναι μεγαλύτερο του αντίστοιχου διατιθέμενου**.



Σχήμα 4.15 - Διερεύνηση επάρκειας SSD στην εσωτερική λωρίδα αυτοκινητόδρομου

Από τη συσχέτιση $SSD_{\text{διατιθέμενο}} (2D)$ και $SSD_{\text{διατιθέμενο}} (3D)$, είναι **σαφές ότι τρισδιάστατος έλεγχος επάρκειας ορατότητας υπερτερεί του δισδιάστατου**.

4.3 Σύνοψη Κεφαλαίου

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάστηκαν οι λόγοι για τους οποίους οι τρισδιάστατες απεικονίσεις οδικών έργων αποτελούν **προτιμότερη και ασφαλέστερη μέθοδο** από την συμβατική δισδιάστατη προσέγγιση. Ειδικότερα, όσον αφορά τον έλεγχο

επάρκειας του μήκους ορατότητας στάσης οι τρισδιάστατες απεικονίσεις οδικών έργων κρίνονται απαραίτητες και πολύ αποδοτικότερες από τις παραδοσιακές μεθόδους, οι οποίες μπορούν να χαρακτηριστούν ελλιπής σχετικά με την ασφάλεια του οδηγού. Επιπλέον, αναπτύχθηκαν **βασικές έννοιες της επάρκειας ορατότητας μήκους στάσης** στα οδικά έργα. Καταλήγοντας, μέσα από διάφορα παράδειγματα, το συμπέρασμα προκύπτει ότι τα τρισδιάστα μοντέλα αποτελούν βασικό εργαλείο της απόδοσης και του ελέγχου ενός οδικού έργου ως προς την ορατότητα.

5. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται εκτενώς η **περιοχή μελέτης του οδικού έργου του Μητροπολιτικού Πάρκου**, στην περιοχή του Ελληνικού-Αγ.Κοσμάς πάνω στην οποία αναπτύχθηκε ένα φωτορεαλιστικό τρισδιάστατο μοντέλο το οποίο περιγράφεται αναλυτικά στο τελευταίο κεφάλαιο.

5.1 Περιγραφή Περιοχής Μελέτης

Το σχέδιο για την έκταση του πρώην αεροδρομίου του Ελληνικού είναι ο σχεδιασμός μιας πρωτοποριακής ανάπτυξης για την Αθήνα, με κυρίαρχο στοιχείο τη δημιουργία ενός Μητροπολιτικού Πάρκου διεθνούς εμβέλειας, συνολικής έκτασης 2.000.000 m², καθώς και η ανάδειξη του παραλιακού μετώπου με ελεύθερη πρόσβαση.

Το έργο αποτελεί ένα **πρότυπο μοντέλο αστικής ανάπτυξης** και τη μεγαλύτερη αστική ανάπλαση στην Ευρώπη, το οποίο θα συνδυάζει τη φυσική ομορφιά της περιοχής και τα μοναδικά χαρακτηριστικά της, με κτίρια τοπόσημα μοναδικής αρχιτεκτονικής σχεδίασης. Ο αειφόρος σχεδιασμός που προσεγγίζει το έργο, θα παρέχει παγκόσμιας εμβέλειας υπηρεσίες και υποδομές, ενώ θα αναβαθμίσει την ποιότητα ζωής των πολιτών της Αττικής. Έχει σχεδιαστεί ώστε να προσθέσει σημαντικές νέες επενδύσεις και χρήσεις στους τομείς του τουρισμού, του πολιτισμού, της επιχειρηματικότητας, της καινοτομίας και του περιβάλλοντος, που αναμένεται να συνδράμουν θετικά όχι μόνο στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής αλλά σε ολόκληρη τη χώρα.

Η επένδυση περιλαμβάνει οικιστικές αναπτύξεις, ξενοδοχειακές μονάδες, εμπορικές δραστηριότητες, χώρους οικογενειακής απασχόλησης – διασκέδασης, μουσεία, κέντρα πολιτισμού, κέντρα υγείας και ευεξίας, αθλητικές εγκαταστάσεις και χώρους αναψυχής, ένα πρότυπο επιχειρηματικό πάρκο εκπαίδευσης, έρευνας και επιχειρηματικότητας, όπως επίσης και την **πλήρη διαμόρφωση της ήδη υπάρχουσας μαρίνας** καθώς και την αναβάθμιση και ανάδειξη ολόκληρου του παραλιακού μετώπου, που μαζί με το πάρκο θα αποτελέσουν τον μεγαλύτερο πόλο έλξης του έργου.



Εικόνα 5.1 - Ελληνικό Άποψη

Επιπροσθέτως, η αξιοποίηση αναμένεται να συμβάλει ουσιαστικά στην **επανατοποθέτηση της Αθήνας ως ενός εκ των σημαντικών τουριστικών προορισμών παγκοσμίως** καθώς θα προσφέρει σημαντικό αριθμό νέων καταλυμάτων, αρχιτεκτονικών «τοποσήμων» καθώς και θεματικού τουρισμού, τα οποία αναμένεται να προσελκύσουν 1 εκατ. νέους τουρίστες μειώνοντας σημαντικά την εποχικότητα και αυξάνοντας παράλληλα σημαντικά τη μέση διάρκεια παραμονής και τη δαπάνη των τουριστών στην Αθήνα. Η επένδυση του Ελληνικού, ύψους €8 δισ., αναμένεται να συμβάλει κατά 2,4% στο ΑΕΠ της χώρας στον ορίζοντα ολοκλήρωσης της ανάπτυξης, ενώ παράλληλα θα εισφέρει συνολικά πάνω από €14 δισ. έσοδα σε φόρους στο κράτος στον ίδιο χρονικό ορίζοντα.

Το Μητροπολιτικό Πάρκο, μεγαλύτερο των 2.000.000 m², εκτείνεται από το παραλιακό μέτωπο μέχρι τη Λεωφ. Βουλιαγμένης, ενώνοντας παράλληλα τον Άλιμο με τη Γλυφάδα και την Αργυρούπολη και το Ελληνικό με τη θάλασσα, παρέχοντας στους κατοίκους των όμορων δήμων εύκολη πρόσβαση σε αυτό.

Θα είναι μεγαλύτερο από το Hyde Park του Λονδίνου (1.420.000m²) και πολύ μεγαλύτερο από άλλα ελληνικά πάρκα, όπως το Πάρκο Τρίτση (1.000.000m²), το Κτήμα Συγγρού (950.000m²) το Πεδίον του Άρεως (270.000 m²) και τον Εθνικό Κήπο (160.000 m²).

Στην ολοκλήρωσή του, θα αποτελέσει το μεγαλύτερο και πιο εντυπωσιακό πάρκο στην Ευρώπη καθώς και ένα από τα **μεγαλύτερα παράκτια πάρκα στον κόσμο**,

ανοιχτό στο κοινό για ατέλειωτες ώρες χαράς και χαλάρωσης. Αποτελεί ορόσημο για το έργο του Ελληνικού. Το Μητροπολιτικό Πάρκο είναι μια όαση πρασίνου, ένα πάρκο ανοιχτό σε όλους, που αλλάζει την εικόνα του αστικού τοπίου και γίνεται το επίκεντρο του ενδιαφέροντος.

Με μέγεθος μεγαλύτερο των 2.000.000m², θα αποτελέσει τον πυρήνα της σύνδεσης του θαλάσσιου μετώπου με τον Υμηττό με σύνδεση των μέσων σταθερής τροχιάς, για να εξυπηρετείται η άμεση πρόσβαση στο πάρκο και το θαλάσσιο μέτωπο από όλο το λεκανοπέδιο της Αττικής.



Εικόνα 5.2 - Ελληνικό

Σημαντικά έργα υποδομής περιλαμβάνουν τη δημιουργία του Μητροπολιτικού Πάρκου με κοινόχρηστους χώρους και χώρους πρασίνου ανοιχτούς για όλους, τη δημιουργία 50km. πεζόδρομων και ποδηλατοδρόμων και τον επανασχεδιασμό των υποδομών μεταφορών, ο οποίος θα περιλαμβάνει άμεση σύνδεση με τα μέσα μαζικής μεταφοράς, καθώς και την υπογειοποίηση τμήματος της Λεωφ. Ποσειδώνος. Επίσης, σε συνδυασμό με νέες εγκαταστάσεις και δίκτυα κοινής ωφέλειας, σχεδιάζονται και θα υλοποιηθούν έργα διαχείρισης στερεών αποβλήτων και έργα προστασίας από τις πλημμύρες, ενώ σημαντικά λιμενικά έργα – το κυριότερο από τα οποία είναι η ανακατασκευή της παράκτιας ζώνης – θα προσφέρουν μια αναβαθμισμένη σύγχρονη μαρίνα και μια νέα παραλία ανοιχτής και προσβάσιμης στο κοινό μήκους 1km. Αναφορικά με το Τραμ, προγραμματίζεται η επαναχωροθέτηση και μετατροπή της υπάρχουσας υπηρεσιακής γραμμής, η οποία καταλήγει στο υφιστάμενο αμαξοστάσιο, σε επιβατική γραμμή, η οποία θα

συνδέει την παραλιακή γραμμή με το σταθμό του Μετρό «Αργυρούπολη», ενώ παράλληλα θα εξυπηρετεί και τις μετακινήσεις προς/από τις αναπτυσσόμενες νέες χρήσεις και το πάρκο, μέσω των 7 νέων στάσεων που προβλέπεται σταδιακά να δημιουργηθούν. Τέλος, η σύνδεση με τη περιοχή θα επιτυγχάνεται μέσω του υφιστάμενου, αλλά και του νέου σιδηροδρομικού δικτύου που θα αναπτυχθεί.

Κύρια αρχή σχεδιασμού του, η οργάνωση ενός μωσαϊκού χρήσεων, πρασίνου και διαδρομών οργανικά συνδεδεμένου με την πόλη, ώστε να απευθύνεται σε όλους και να είναι **προσβάσιμο από όλους**.



Εικόνα 5.3 - Ποδηλατοδρόμοι και μέσα μεταφοράς

Ο Μητροπολιτικός Πόλος του Ελληνικού περιβάλλεται από περιοχές με κύρια χρήση τη μέσης πυκνότητας κατοικία. Συνορεύει προς Βορρά με το Δήμο Αλίμου, Β.Α. με το Δήμο Αργυρούπολης, Ανατολικά – αλλά και Δυτικά – με οικιστικές περιοχές του Δήμου Ελληνικού και ΝΑ και Νότια με το Δήμο της Γλυφάδας.

Η μορφολογία του εδάφους είναι πεδινή με ήπιες κλίσεις και υψομετρία πλησίον του επιπέδου της θάλασσας. Στα βόρεια και τα νότια αντίστοιχα όρια του Μητροπολιτικού Πόλου υπάρχουν το ρέμα των Τραχώνων και το ρέμα Αεροδρομίου. Δύο κύριοι άξονες του οδικού δικτύου της Αθήνας, η Λ. Ποσειδώνος και η Λ. Βουλιαγμένης, καθορίζουν το δυτικό και ανατολικό όριο της περιοχής του Ελληνικού, ενώ ένας εγκάρσιος προς αυτούς άξονας, η Λ. Αλίμου, η οποία οδεύει παράλληλα και σε κοντινή απόσταση από το βόρειο όριο, συμπληρώνει το περιβάλλον αρτηριακό δίκτυο.



Εικόνα 5.4 - Ευρύτερη Περιοχή Μητροπολιτικού Πάρκου Ελληνικού

Οι βασικές συνιστώσες του σχεδιασμού του συστήματος των συγκοινωνιακών υποδομών στο εσωτερικό της νέας ανάπτυξης είναι:

- Δημιουργία **νέας γραμμής τραμ** που συνδέει τους σταθμούς του Μετρό με το Πάρκο, με χρήσεις και δραστηριότητες εντός της Ανάπτυξης, με το παραλιακό μέτωπο και τη μαρίνα και με την υφιστάμενη γραμμή τραμ της Λ. Ποσειδώνος. Συμπληρωματικά δημιουργούνται 3 εσωτερικές λεωφορειακές γραμμές που θα παρέχουν δυνατότητα προσπέλασης προς κάθε σημείο της ανάπτυξης
- **Ολοκληρωμένο δίκτυο αξόνων κίνησης πεζών και ποδηλατών**, το οποίο επιτρέπει την πρόσβαση πεζή ή με ποδήλατο ή σε συνδυασμό με Μ.Μ.Μ. σε κάθε πιθανό σημείο της ανάπτυξης και του Πάρκου. Τόσο στις κύριες οδούς όσο και στις τοπικές, προβλέπονται λωρίδες αποκλειστικής κίνησης ποδηλατών σε όλο το μήκος τους, πλην κάποιων τοπικών οδών ήπιας κυκλοφορίας μικτής χρήσης, όπου οχήματα και ποδήλατα μοιράζονται το κατάστρωμα κυκλοφορίας της τοπικής οδού.
- **Πρωτεύον εσωτερικό οδικό δίκτυο** υψηλών προδιαγραφών ασφαλείας. Οι διασταυρώσεις διενεργούνται μέσω κυκλικών κόμβων, οι οποίοι αποτελούν σημεία αναφοράς, επιτρέπουν τη διοχέτευση των οχημάτων προς όλες τις κατευθύνσεις, ελαχιστοποιούν τις καθυστερήσεις (σε σχέση με τους σηματοδότες), και δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων.

Επιπρόσθετα σε όλο το πρωτεύον οδικό δίκτυο υπάρχει μεσαία διαχωριστική νησίδα, επιτρέπονται μόνο δεξιόστροφες κινήσεις σε επιλεγμένα σημεία, ενώ οι αριστερές στροφές διενεργούνται μέσω των κυκλικών κόμβων.

- Το **τοπικό οδικό δίκτυο** σε όλες τις γειτονιές αμιγούς κατοικίας διαρθρώνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εκμηδενίζεται η δυνατότητα διαμπερούς κίνησης διαμέσου αυτών.



Εικόνα 5.5 - Ποδηλατοδρόμοι και πεζόδρομοι

5.2 Βασικό Οδικό Δίκτυο

Η λειτουργική κατάταξη των αξόνων που αποτελούν μελέτη της διπλωματικής εργασίας, οι ταχύτητες μελέτης και οι εφαρμοστέες προδιαγραφές φαίνονται στον Πίνακα 5.1 που ακολουθεί. Όσον αφορά τις Προδιαγραφές και λαμβάνοντας υπόψη τη θέση και το είδος του βασικού οδικού δικτύου, εφαρμόστηκαν οι ΟΜΟΕ-4 (Κύριες Αστικές Οδοί), λαμβάνοντας βεβαίως υπόψη και τις υπόλοιπες προδιαγραφές των ΟΜΟΕ (ΟΜΟΕ-1 έως 3).

Οι ταχύτητες μελέτης γενικά καθορίσθηκαν σύμφωνα με την λειτουργική κατάταξη και τις ΟΜΟΕ Δ, σε 50km/h. Στο Flyover (άνω διάβαση από τη Λ. Ποσειδώνος) και στους κλάδους σύνδεσης μεταξύ των οδικών αξόνων, επιλέχθηκε ως ταχύτητα μελέτης τα 40km/h.



Εικόνα 5.6 - Masterplan

5.2.1 Οριζοντιογραφία

Οι χαράξεις είναι ομαλές και αναπεπταμένες, με μεγάλα οριζοντιογραφικά τόξα. Η γεωμετρία της χάραξης, οι συχνοί κυκλικοί και ισόπεδοι κόμβοι, δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη ανεπιθύμητων μεγάλων ταχυτήτων. Πιθανή τέτοια δυνατότητα ίσως υπάρξει για την οδό 21-Spine. Σε αυτήν την περίπτωση και για λόγους ασφαλείας, εφαρμόστηκαν οριζοντιογραφικά στοιχεία για μεγαλύτερες ταχύτητες μελέτης.

Πίνακας 5.1 - Βασικό Οδικό Δίκτυο

ΑΑ	ΟΝΟΜΑ ΟΔΟΥ ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Εξυπη- ρέτηση παροδίων	Λειτουργικός Χαρακτήρας	Ομάδα & Κατηγορ. Οδών	Χαρακτηρισμός οδού	Ταχύτητα Μελέτης - V_e / Επιτρεπ. ταχύτητα - $V_{επιτρ.}$ (χλμ / ώρα)	Εφαρμο- ζόμενη οδηγία	Αριθμ. Κατευθύν- σεων / λωρίδες κυκλοφ. ανά κατεύθ.	Παρατηρήσεις	Πλάτος (μ.)	Ελάχιστη ακτίνα σε οριζοντιο- γραφία (μ.)	Εφαρμογή Κλωθοειδών (εκτός της ζώνης επιρροής των Ι.Κ.)	Μηκοτομ ή μέγιστη κλίση	Μηκοτομ ή ελάχιστο κυρτό τόξο	Μηκοτο μή ελάχιστ ο κοίλο τόξο	Μήκος (μ.)
01	09-Coast	Ναι	Σύνδεση (με εξυπηρ. Παροδ. ιδιοκτ.)	Γ iii	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός	50 / 50	Κύριες Αστικές οδοί	1 / 2	Στο τέλος της χάραξης, γίνεται μερισμός των δύο λωρίδων (Fly Over και Αριστ. κλάδος).	Τυπική Διατομή 04 & 05	116.19	Ναι ή το L του κυκλ. τόξου >=2*Ve	1.11%	3923.00	4333.00	1052
02	10-Coast	Ναι	Σύνδεση (με εξυπηρ. Παροδ. ιδιοκτ.)	Γ iii	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός	50 / 50	Κύριες Αστικές οδοί	1 / 2	Προς το τέλος της χάραξης, γίνεται συμβολή των λωρίδων του Fly Over και του Δεξιού Κλάδου.	15 - (Τυπική Διατομή 04 & 05)	288.50	Ναι ή το L του κυκλ. τόξου >=2*Ve	1.96%	3263.00	1489.00	1045
03	11- Poseid - KL_C	Ναι	Σύνδεση (με εξυπηρ. Παροδ. ιδιοκτ.)	Γ iii	Δευτερεύουσα συλλεκτήρια οδός	40 / 40	Κύριες Αστικές οδοί	1 / 1	Κλάδος Εξόδου από την Λ. Ποσειδώνος (πρόσθετη αποκλειστική λωρίδα στροφής). Μετά την έξοδο διευρύνεται κατά μία επι πλέον λωρίδα.	13 - (Τυπική Διατομή 05)	22.75		1.69%	2659.00	1598.00	208
04	12-Coast	Ναι	Σύνδεση (με εξυπηρ. Παροδ. ιδιοκτ.)	Γ iii	Δευτερεύουσα συλλεκτήρια οδός	50 / 50	Κύριες Αστικές οδοί	2 / 2	Τμήμα κλάδου ισόπεδου κόμβου	25	750.00	Ναι ή το L του κυκλ. τόξου >=2*Ve	1.11%	2471.00	2041.00	158
05	16-Fly Over	Ναι	Σύνδεση (με εξυπηρ. Παροδ. ιδιοκτ.)	Γ iii	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός	40 / 40	Κύριες Αστικές οδοί	2 / 1	Άνω διάβαση (με γέφυρα πάνω από την υφιστάμενη Λεωφ. Ποσειδώνος)	25 (στο τμήμα από το RA-09 ως το Flyover αλλά με κεντρική νησίδα πλάτους 1 μ. και χωρίς ζώνη φύτευσης στα εκατέρωθεν πεζοδρόμια) – 15.20 (οδικό τμήμα με τοίχους αντιστήριξης) – 15.20 (άνω διάβαση με γέφυρα) - (Τυπική	47 (στην γέφυρα)	Ναι ή το L του κυκλ. τόξου >=2*Ve	-7.00%	1109.00	805.00	931

ΑΑ	ΟΝΟΜΑ ΟΔΟΥ - ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Εξυπη- ρέτηση παροδίων	Λειτουργικός Χαρακτήρας	Ομάδα & Κατηγορ. Οδών	Χαρακτηρισμός οδού	Ταχύτητα Μελέτης - V_e / Επιτρεπ. ταχύτητα - $V_{επιτρ.}$ (χλμ / ώρα)	Εφαρμο- ζόμενη οδηγία	Αριθμ. Κατευθύν- σεων / λωρίδες κυκλοφ. ανά κατεύθ.	Παρατηρήσεις	Πλάτος (μ.)	Ελάχιστη ακτίνα σε οριζοντιο- γραφία (μ.)	Εφαρμογή Κλωθοειδών (εκτός της ζώνης επιρροής των Ι.Κ.)	Μηκοτομ ή μέγιστη κλίση	Μηκοτομ ή ελάχιστο κυρτό τόξο	Μηκοτο μή ελάχιστ ο κοίλο τόξο	Μήκος (μ.)
										Διατομή 01 & 08 & 09)						
06	17A-Fly Over_L	Ναι	Σύνδεση (με εξυπηρ. Παροδ. ιδιοκτ.)	Γ iii	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός	40 / 40	Κύριες Αστικές οδοί	1 / 1	Κλάδος του Fly Over (η χιλιομέτρηση είναι αντίθετη με την φορά της κίνησης των οχημάτων).	13 - (Τυπική Διατομή 05)	120.00		-5.80%	2731.00	783.00	216
07	17B-Fly Over_R	Ναι	Σύνδεση (με εξυπηρ. Παροδ. ιδιοκτ.)	Γ iii	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός	40 / 40	Κύριες Αστικές οδοί	1 / 1	Κλάδος του Fly Over.	13 - (Τυπική Διατομή 05)	120.00		5.49%	6083.00	1044.00	212
08	17C-Fly O_Help	Ναι	Σύνδεση (με εξυπηρ. Παροδ. ιδιοκτ.)	Γ iii	-	50 / 50	Κύριες Αστικές οδοί		Βοηθητικός άξονας (στο τέλος της χιλιομέτρησης του Fly Over / συμβολή με την οδό 10-Coast).							
09	18-SE-RING	Ναι	Σύνδεση (με εξυπηρ. Παροδ.ιδιοκτ.)	Γ iii	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός	50 / 50	Κύριες Αστικές οδοί	2 / 2	Νοτιο-Ανατολική περιμετρική οδός.	25 (τμήμα χωρίς ποδηλατόδρομο) – 29 (τμήμα με ποδηλατόδρομο) - (Τυπική Διατομή 01 & 02)	157.00	Ναι ή το L του κυκλ. τόξου >=2* V_e	-5.52%	1334.00	1258.00	1836
10	19-SE-RING- KL_S	Ναι	Σύνδεση (με εξυπηρ. Παροδ. ιδιοκτ.)	Γ iii	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός	50 / 50	Κύριες Αστικές οδοί	1 / 2	Μερισμός της οδού 18-SE-RING, προς την υφιστάμενη οδό που κατευθύνεται στον ανισόπεδο κόμβο της Λεωφόρου Βουλιαγμένης	15 - (Τυπική Διατομή 04)	90.00	Ναι ή το L του κυκλ. τόξου >=2* V_e	4.10%	6050.00	2625.00	462
11	20-SE-RING- KL_N	Ναι	Σύνδεση (με εξυπηρ. Παροδ. ιδιοκτ.)	Γ iii	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός	50 / 50	Κύριες Αστικές οδοί	1 / 2	Συμβολή, της υφιστάμενης οδού που 'έρχεται' από τον ανισόπεδο κόμβο της Λεωφόρου Βουλιαγμένης, με την οδό 18-SE- RING (ο ανισ. Κόμβος βρίσκεται εκτός της περιοχής της παρούσας	15 - (Τυπική Διατομή 04)	98.50	Ναι ή το L του κυκλ. τόξου >=2* V_e	-3.88%	2347.00	1251.00	470

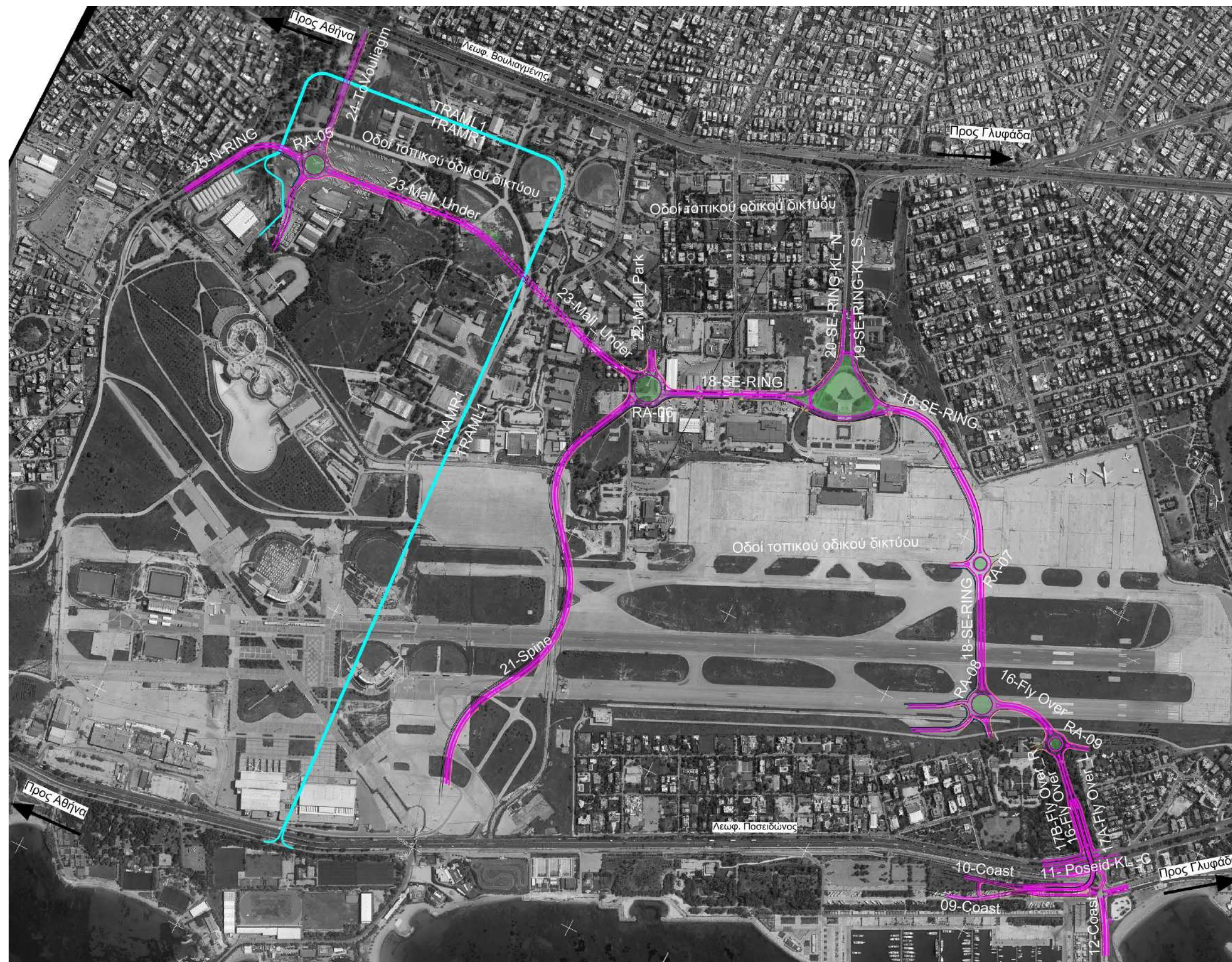
ΑΑ	ΟΝΟΜΑ ΟΔΟΥ - ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Εξυπη- ρέτηση παροδίων	Λειτουργικός Χαρακτήρας	Ομάδα & Κατηγορ. Οδών	Χαρακτηρισμός οδού	Ταχύτητα Μελέτης - V_e / Επιτρεπ. ταχύτητα - $V_{επιτρ.}$ (χλμ / ώρα)	Εφαρμο- ζόμενη οδηγία	Αριθμ. Κατευθύν- σεων / λωρίδες κυκλοφ. ανά κατεύθ.	Παρατηρήσεις	Πλάτος (μ.)	Ελάχιστη ακτίνα σε οριζοντιο- γραφία (μ.)	Εφαρμογή Κλωθοειδών (εκτός της ζώνης επιρροής των Ι.Κ.)	Μηκοτομ ή μέγιστη κλίση	Μηκοτομ ή ελάχιστο κυρτό τόξο	Μηκοτο μή ελάχιστ ο κοίλο τόξο	Μήκος (μ.)
									μελέτης έργων οδοποιίας).							
12	21-Spine	Ναι	Σύνδεση (με εξυπηρ. Παροδ. ιδιοκτ.)	Γ iii	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός	50 / 50	Κύριες Αστικές οδοί	2 / 2	Η οδός που διέχεται μέσα από το πάρκο.	25 (τμήμα χωρίς ποδηλατόδρομο) – 29 (τμήμα με ποδηλατόδρομο) - (Τυπική Διατομή 01 & 02)	200.00	Ναι ή το L του κυκλ. τόξου >=2* V_e	5.30%	2526.00	1052.00	1501
13	22-Mall_Park	Ναι	Σύνδεση (με εξυπηρ. Παροδ. ιδιοκτ.)	Γ iii	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός	50 / 50	Κύριες Αστικές οδοί	2 / 2	Η οδός προς τα parking, στη περιοχή που προβλέπεται η κατασκευή του Mall.		είναι μιά ευθεία.		4.99%	3778.00	769.00	463
14	23- Mall_Under	Ναι	Σύνδεση (με εξυπηρ. Παροδ. ιδιοκτ.)	Γ iii	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός	50 / 50	Κύριες Αστικές οδοί	2 / 2	Κάτω διάβαση από την "πράσινη ζώνη" και την νέα γραμμή του Τραμ.	25 (τμήμα χωρίς ποδηλατόδρομο) – 22 (τμήμα κάτω διάβασης) - (Τυπική Διατομή 01 & 10)	320.00	Ναι ή το L του κυκλ. τόξου >=2* V_e	5.98%	1300.00	1500.00	1113
15	24- ToVouliagm	Ναι	Σύνδεση (με εξυπηρ. Παροδ. ιδιοκτ.)	Γ iii	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός	50 / 50	Κύριες Αστικές οδοί	2 / 2	Συνδεση με τον υφιστάμενο κόμβο επί της Λ. Βουλιαγμένης.	25 - (Τυπική Διατομή 01)	είναι μιά ευθεία.		5.25%	951.00	923.00	402
16	25-N-RING	Ναι	Σύνδεση (με εξυπηρ. Παροδ. ιδιοκτ.)	Γ iii	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός	50 / 50	Κύριες Αστικές οδοί	2 / 2	Βόρεια περιμετρική οδός.	25 (τμήμα χωρίς ποδηλατόδρομο) – 29 (τμήμα με ποδηλατόδρομο) - (Τυπική Διατομή 01 & 02)	125.00	Ναι ή το L του κυκλ. τόξου >=2* V_e	-5.24%	3993.00	1148.00	1879
17	RA-05	-	-	Αστικός Κόμβος	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια	(30/30) κυκλικός	Οι υπό έγκριση ΟΜΟΕ Κ3 -	1 / 2	Εξωτερ. Διαμετρος :81 μ. / Ασφαλτ. πλάτος : 9.50 μ. & ρείθρα 0.25 μ. εκατέρωθεν./ Επι πλέον υπερβατή	20.65 – (Τυπική Διατομή 11)	38.125 (στο μέσον του οδοστρώμα		1.10%	3109.00	2273.00	254

ΑΑ	ΟΝΟΜΑ ΟΔΟΥ ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Εξυπη- ρέτηση παροδίων	Λειτουργικός Χαρακτήρας	Ομάδα & Κατηγορ. Οδών	Χαρακτηρισμός οδού	Ταχύτητα Μελέτης - V_e / Επιτρεπ. ταχύτητα - $V_{επιτρ.}$ (χλμ / ώρα)	Εφαρμο- ζόμενη οδηγία	Αριθμ. Κατευθύν- σεων / λωρίδες κυκλοφ. ανά κατεύθ.	Παρατηρήσεις	Πλάτος (μ.)	Ελάχιστη ακτίνα σε οριζοντιο- γραφία (μ.)	Εφαρμογή κλωθοειδών (εκτός της ζώνης επιρροής των Ι.Κ.)	Μηκοτομ ή μέγιστη κλίση	Μηκοτομ ή ελάχιστο κυρτό τόξο	Μηκοτο μή ελάχιστ ο κοίλο τόξο	Μήκος (μ.)
					οδός	κόμβος	Τεύχος 10		ζώνη :1.00 μ.		τος)					
18	RA-06	-	-	Αστικός Κόμβος	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός	(30/30) κυκλικός κόμβος	Οι υπό έγκριση ΟΜΟΕ Κ3 - Τεύχος 10	1 / 2	Εξωτερ. Διαμετρος :101 μ./ Ασφαλτ. πλάτος : 9.50 μ. & ρείθρα 0.25 μ. εκατέρωθεν./ Επι πλέον υπερβατή ζώνη :1.00 μ.	20.65 – (Τυπική Διατομή 11)	48.125 (στο μέσον του οδοστρώμα τος)		1.78%	1689	1689	317
19	RA-07	-	-	Αστικός Κόμβος	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός	(30/30) κυκλικός κόμβος	Οι υπό έγκριση ΟΜΟΕ Κ3 - Τεύχος 10	1 / 2	Εξωτερ. Διαμετρος :61 μ./ Ασφαλτ. πλάτος : 9.50 μ. & ρείθρα 0.25 μ. εκατέρωθεν./ Επι πλέον υπερβατή ζώνη :2.00 μ.	20.65 – (Τυπική Διατομή 11)	28.125 (στο μέσον του οδοστρώμα τος)		1.80%	1389.00	1294.00	191
20	RA-08	-	-	Αστικός Κόμβος	Πρωτεύουσα συλλεκτήρια οδός	(30/30) κυκλικός κόμβος	Οι υπό έγκριση ΟΜΟΕ Κ3 - Τεύχος 10	1 / 2	Εξωτερ. Διαμετρος :81 μ. / Ασφαλτ. πλάτος : 9.50 μ. & ρείθρα 0.25 μ. εκατέρωθεν./ Επι πλέον υπερβατή ζώνη :1.00 μ.	20.65 – (Τυπική Διατομή 11)	38.125 (στο μέσον του οδοστρώμα τος)		2.00%	2020.00	2503.00	254



Classify	R-Length	R-Name	R-Code
Basic Road Network	493.33	09 Count	09-B
Basic Road Network	487.96	10 Count	10-B
Basic Road Network	228	11- Pista-44L-C	11-B
Basic Road Network	258	12 Count	12-B
Basic Road Network	690.7	16 Pista-44L-C	16-B
Basic Road Network	187.71	18 Pista-44L-C	18-B
Basic Road Network	215	17 Pista-44L-C	17-B
Basic Road Network	308.1	18-SE-11MC-44L	18-B
Basic Road Network	156.24	18-SE-11MC-44L	18-B
Basic Road Network	1178.67	18-SE-11MC-44L	18-B
Basic Road Network	462	19-SE-11MC-44L	19-B
Basic Road Network	492.95	20-SE-11MC-44L	20-B
Basic Road Network	276.95	22 Pista-44L-C	22-B
Basic Road Network	1075.33	23 Pista-44L-C	23-B
Basic Road Network	383.33	24 Pista-44L-C	24-B
Basic Road Network	63.45	40 Count	40-B
Basic Road Network	233.93	41 Count	41-B
Basic Road Network	215.93	42 Count	42-B
Basic Road Network	105.93	43 Count	43-B
Basic Road Network	253.93	44 Count	44-B
Basic Road Network	393.93	45 Count	45-B
Local Road Network	394.23	Local-01	01-L
Local Road Network	62.25	Local-02	02-L
Local Road Network	112.25	Local-03	03-L
Local Road Network	142.25	Local-04	04-L
Local Road Network	141.57	Local-05	05-L
Local Road Network	141.57	Local-06	06-L
Local Road Network	141.57	Local-07	07-L

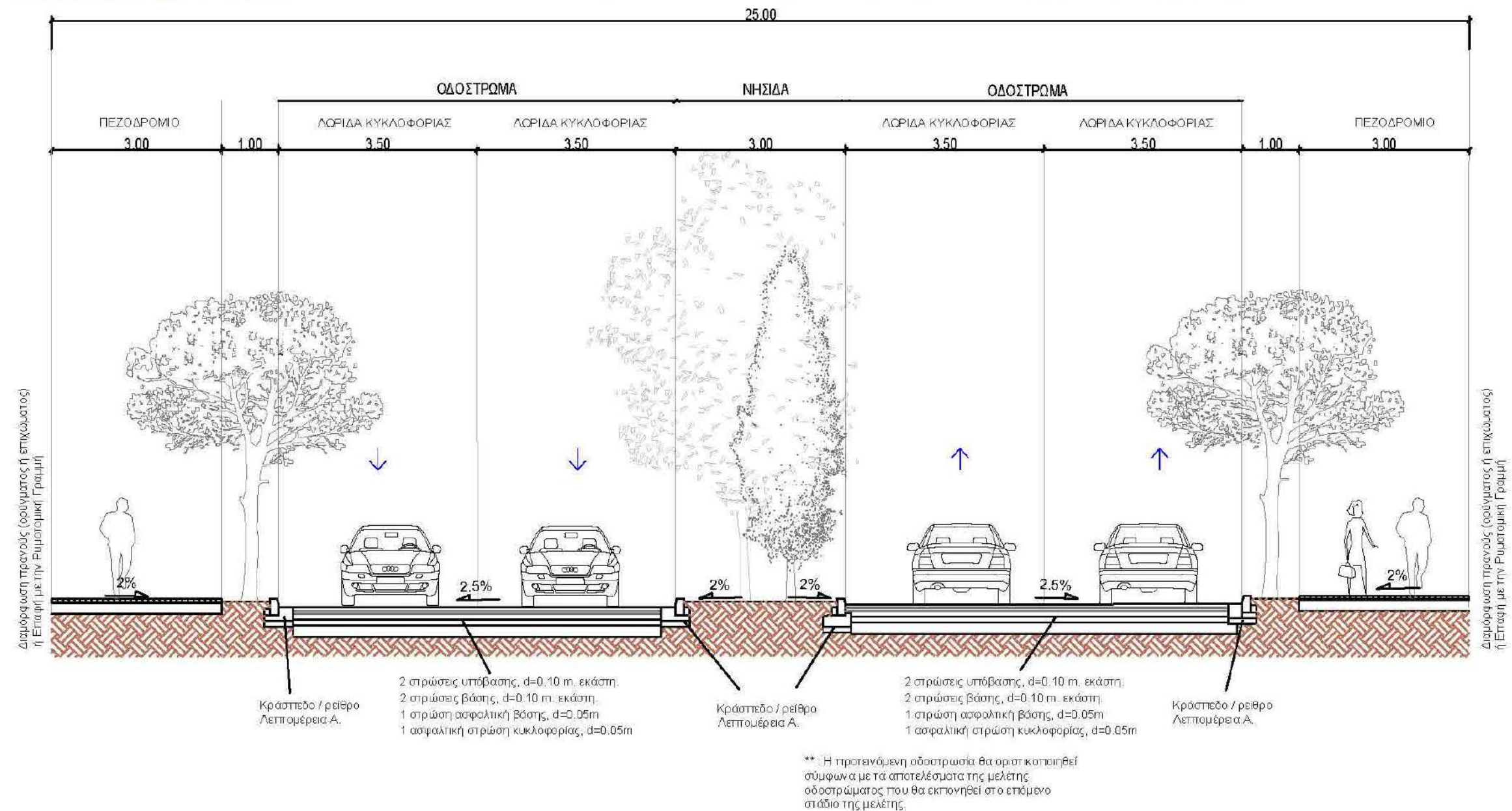
Εικόνα 5.7 - Νοτιοανατολικό Βασικό Δίκτυο



Εικόνα 5.8 - Νοτιοανατολικό Βασικό Δίκτυο

Εφαρμογή : Σε όλες τις οδούς του Βασικού οδικού δικτύου -
 Στα τμήματα χωρίς Ποδηλατόδρομο (Τυπική Διαμόρφωση)
 Ητοι στις οδούς : 16 (το αρχικό τμήμα μέχρι το RA-09) - 18 - 21-
 23-24 -25. Επίσης εφαρμόζεται και στην οδό 16 στο τμήμα από
 το RA-09 ως το FlyOver αλλά με κεντρική νησίδα συνολικού
 πλάτους 1.00 μ. και χωρίς ζώνη φύτευσης στα εκατέρωθεν
 πεζοδρόμια.

ΤΔ.ΒΟΔ.01 : Πρωτεύουσα Συλλεκτήρια - Οδός διπλής κατεύθυνσης (τυπική διαμόρφωση)



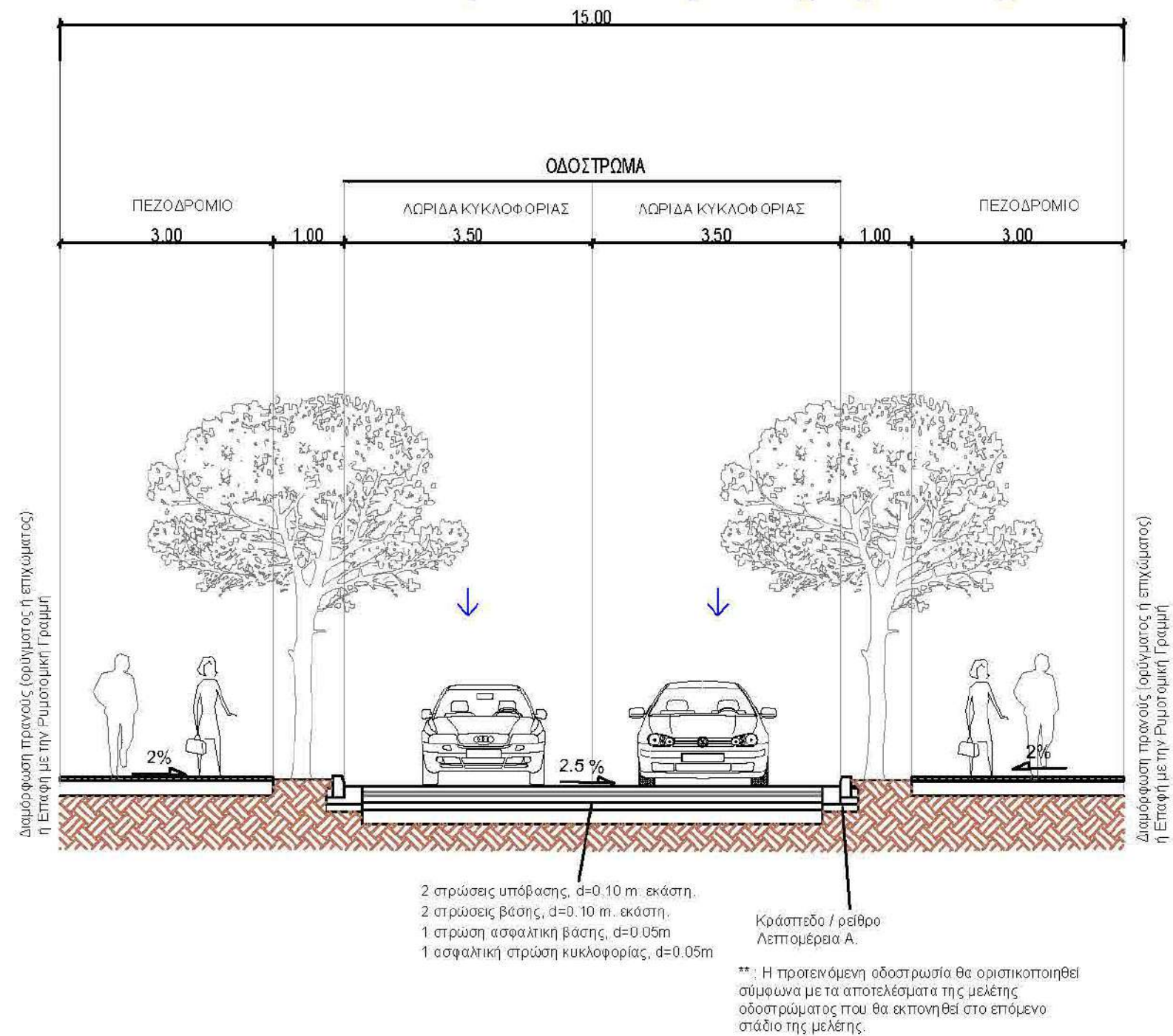
Σχήμα 5.1 - Τυπική Διατομή 01

ΤΔ.ΒΟΔ.02 :Πρωτεύουσα Συλλεκτήρια - Οδός διπλής κατεύθυνσης και ποδηλατόδρομος



Εφαρμογή : Σε όλες τις οδούς μονής κατεύθυνσης του Βασικού οδικού δικτύου -
 Στα τμήματα χωρίς Ποδηλατόδρομο (Τυπική Διαμόρφωση)
 Ητοι στις οδούς: 09 - 10 - 19 - 20

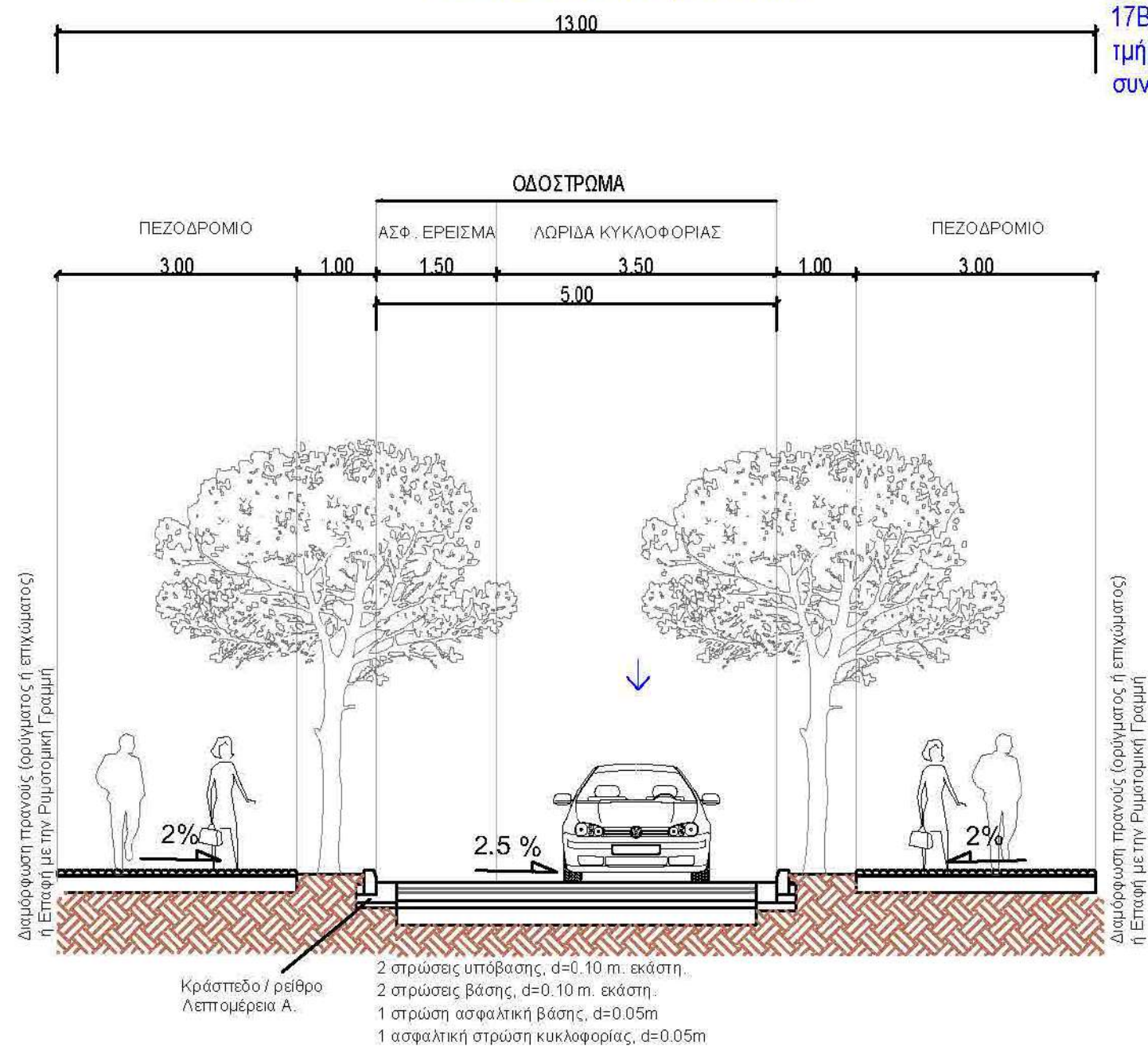
ΤΔ.ΒΟΔ.04 : Πρωτεύουσα Συλλεκτήρια - Οδός μονής κατεύθυνσης



Σχήμα 5.3 - Τυπική Διατομή 04

ΤΔ.ΒΟΔ.05 :Συνδετήριοι Κλάδοι

Εφαρμογή : Σε κλαδους σύνδεσης ή ράμπες
 Ητοι στις οδούς : 09 (τέλος - στην περιοχή του FlyOver)
 - 10 (τέλος - στην περιοχή του FlyOver) -11 - 17Α -
 17Β και γενικά στα μικρά συνδετήρια
 τμήματα μεταξύ των οδών της περιοχής μελέτης (π.χ.
 συνδετήριο τμήμα μεταξύ των οδών 18 και 19).

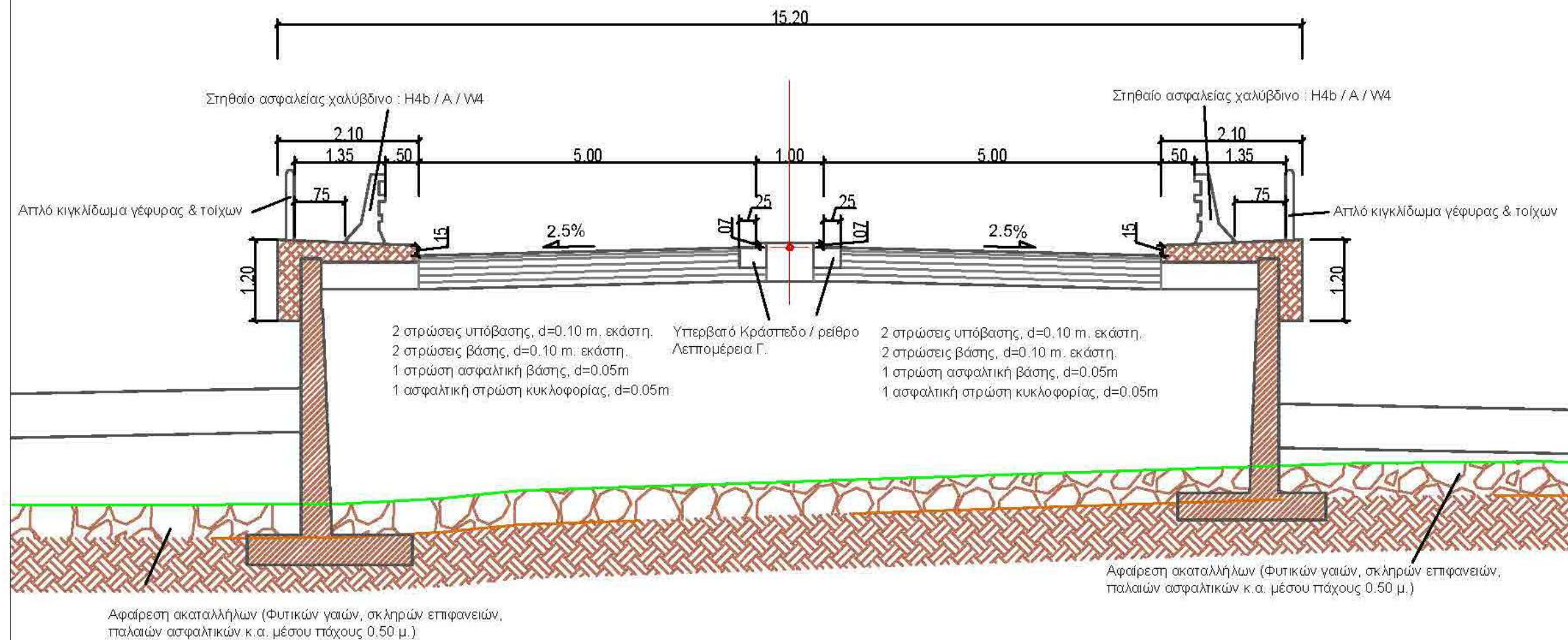


Σημείωση : Η οριογραμμή των συνδετήριων κλάδων, μπορεί να διαμορφωθεί χωρίς ζώνη φύτευσης και με πεζοδρόμιο (έλαχιστου πλάτους 1.50 μ. σε περιπτώσεις σύνδεσης υφιστάμενου και νέου οδικού τμήματος). Σε ορισμένες περιπτώσεις η διατομή των κλάδων διευρύνεται και μετατρέπεται σε οδό μονής κατεύθυνσης, με δύο λωρίδες κυκλοφορίας συνολικού κυκλοφορούμενου πλάτους 7.00 μ.

Σχήμα 5.4 - Τυπική Διατομή 05

Εφαρμογή : Στην άνω διάβαση της Λ. Ποσειδώνος.
Ητοι στις οδούς : 16

ΤΔ.ΒΟΔ.08 :Οδικό τμήμα με τοίχους αντιστήριξης (πρόσβαση στη γέφυρα της οδού 16 - Fly Over)

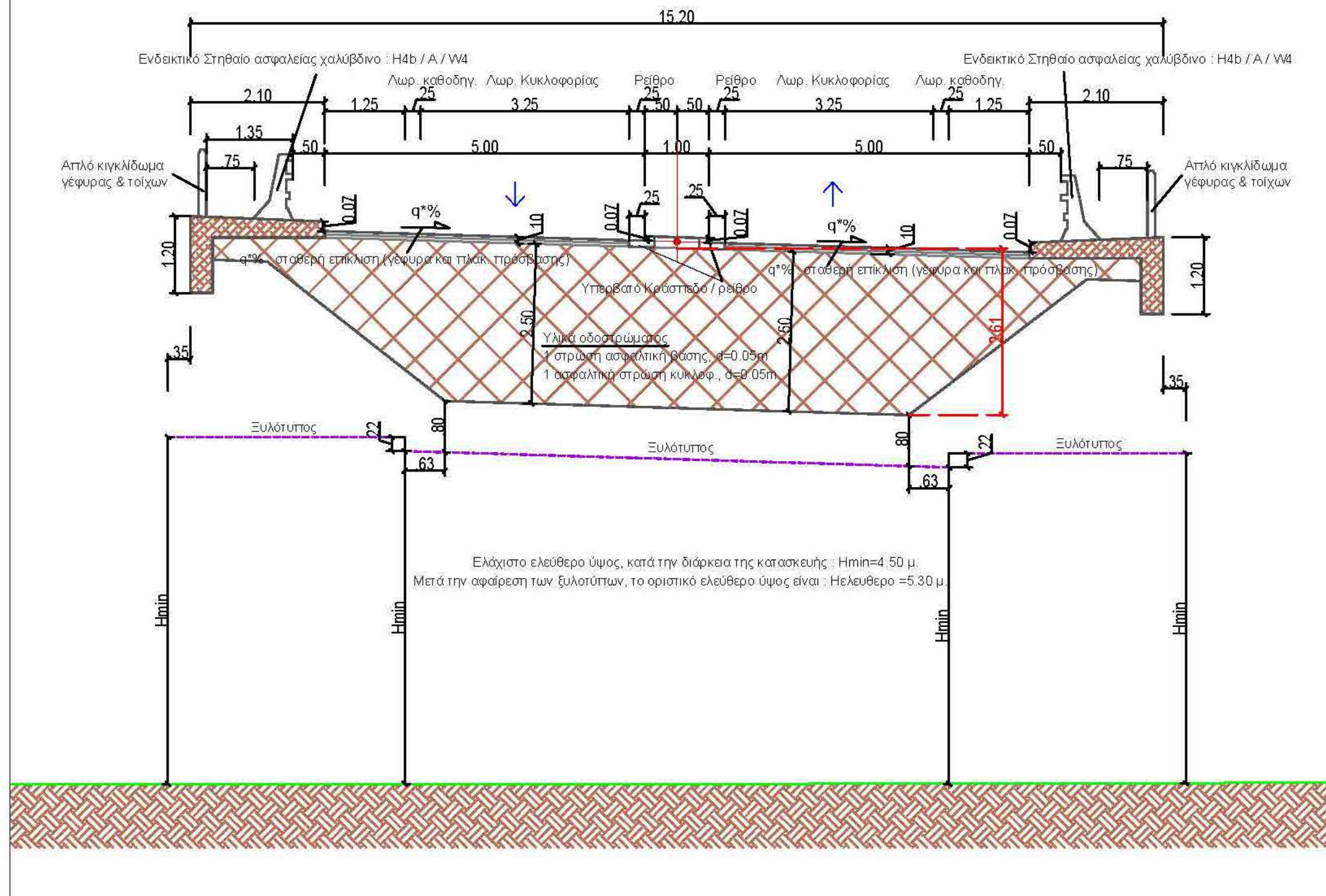


Σχήμα 5.5 - Τυπική Διατομή 08

Εφαρμογή : Στην άνω διάβαση της Λ. Ποσειδώνος

Ητοι στις οδούς : 16

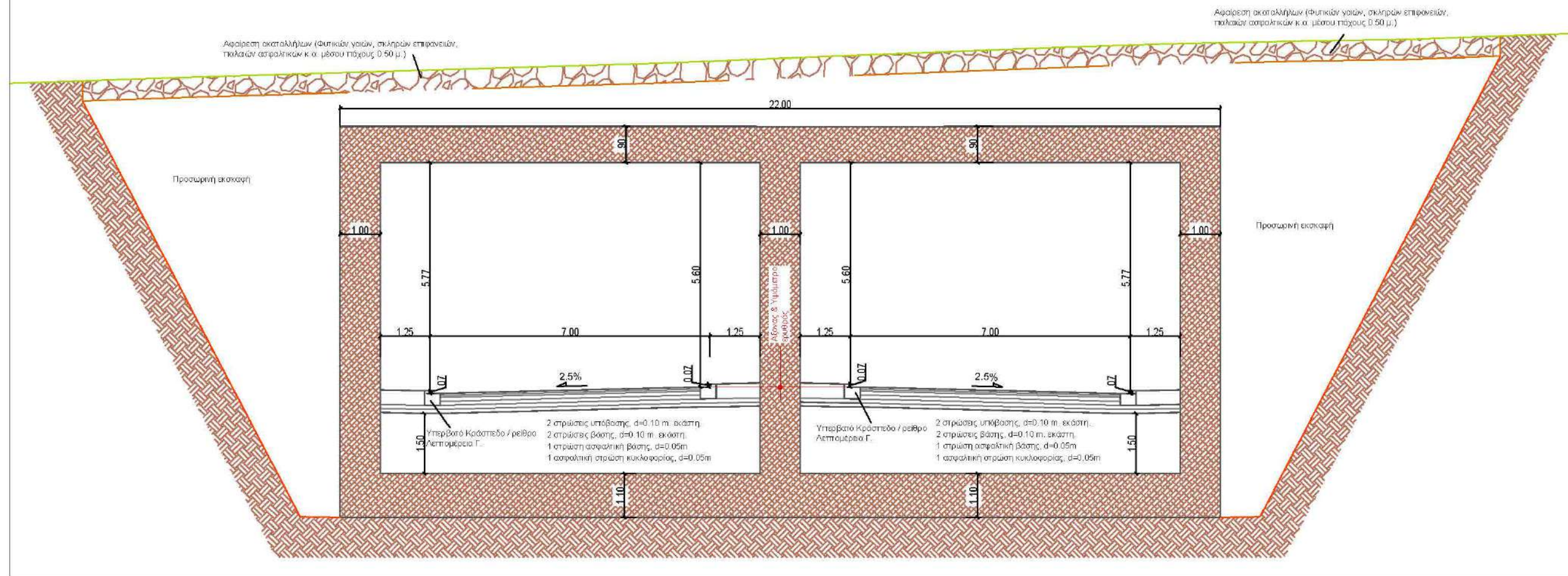
ΤΔ.ΒΟΔ.09 : Άνω διάβαση της Λ. Ποσειδώνος με γέφυρα στη οδό 16 (Fly Over)



Σχήμα 5.6 - Τυπική Διατομή 09

Εφαρμογή : Στην κάτω διάβαση (cut & cover) στην περιοχή του Mall.
 Ηται στις οδούς : 23

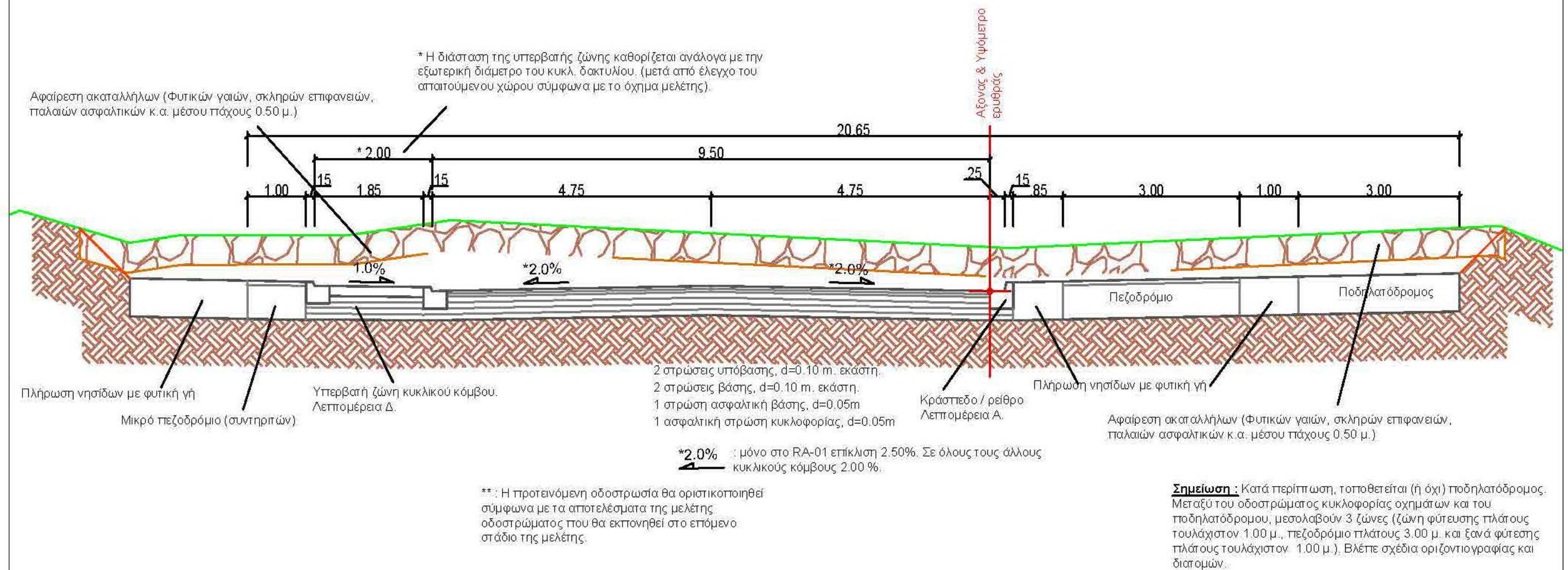
ΤΔ.ΒΟΔ.10 : Κάτω διάβαση στην οδό 23 - Mall Underpass (Cut & Cover)



Σχήμα 5.7 - Τυπική Διατομή 10

Εφαρμογή : Σε όλους τους κυκλικούς κόμβους
 Ητοι στις οδούς : RA - 05 - 06 - 07 - 08

ΤΔ.ΒΟΔ.11 : Κυκλικοί Κόμβοι (Round About)



Σχήμα 5.8 - Τυπική Διατομή 11

5.2.2 Μηκοτομή

Οι χαράξεις είναι ομαλές και κινούνται γενικά σε χαμηλό επίχωμα (μικρότερο του 1,5m). Ως τόξα συναρμογής χρησιμοποιήθηκαν κυκλικά τόξα ή παραβολές με μεγάλες ακτίνες. Οι μέγιστες κλίσεις που εφαρμόστηκαν βρίσκονται στην άνω διάβαση στη Λ. Ποσειδώνος. Η ελάχιστη μηκοτομική κλίση που εφαρμόστηκε είναι το 0,5% και το επίπεδο του υφιστάμενου εδάφους με τις μικρές υψομετρικές διαφορές, οδήγησε σε αρκετές περιπτώσεις σε «μηκοτομικούς κυματισμούς», ώστε να διατηρηθεί η μηκοτομική χάραξη πλησίον του υφιστάμενου εδάφους και ταυτόχρονα να διασφαλίζονται ικανές συνθήκες απορροής των επιφανειακών υδάτων του οδοστρώματος.

5.2.3 Επικλίσεις

Οι επικλίσεις στην ευθυγραμμία είναι σύμφωνες με τις ΟΜΟΕ, ήτοι -2,5% / -2,5%.

Οι αναπεπταμένες οριζοντιογραφικές χαράξεις και τα μεγάλα οριζοντιογραφικά τόξα επιτρέπουν σε αρκετές περιπτώσεις την εφαρμογή αρνητικών (ανάποδων) επικλίσεων. Για λόγους ασφαλείας προτιμήθηκε η εφαρμογή «κανονικών» επικλίσεων με αριθμητικές τιμές που προκύπτουν από τις προδιαγραφές (ΟΜΟΕ).

5.2.4 Τυπικές Διατομές

Κατά το πλείστο εφαρμόστηκε η τυπική διατομή, η οποία αφορά διαχωρισμένη κυκλοφορία, με κεντρική νησίδα πλάτους 3m και οδόστρωμα κυκλοφορίας πλάτους 7m, με δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση.

Οι οριογραμμές των οδικών τμημάτων διαμορφώνονται με ρείθρο 0,25m και κράσπεδα ύψους 0,15m.

Σύμφωνα με τις γενικές αρχές σχεδιασμού της Ανάπτυξης, η εφαρμοσθείσα τυπική διατομή, ανά κατεύθυνση κυκλοφορίας, αποτελείται από την κεντρική φυτεμένη νησίδα, από το οδόστρωμα πλάτους 7m, ενώ τα πεζοδρόμια πλάτους 3m διαχωρίζονται από το οδόστρωμα κυκλοφορίας με ζώνη φύτευσης πλάτους 1m.

Σε περιπτώσεις που παράλληλα με την οδό κινείται και ποδηλατόδρομος (κατά συνθήκη πλάτους 3m) αυτός τοποθετείται στο εξωτερικό άκρο του καταστρώματος της οδού, ενώ

μεταξύ του πεζοδρομίου και του ποδηλατόδρομου, παρεμβάλλεται μία επιπλέον ζώνη φύτευσης, πλάτους 1m.

Για όλα τα οδικά τμήματα οι εφαρμοσθείσες τυπικές διατομές φαίνονται στα Σχήμα 5.1-Σχήμα 5.9.

5.2.5 Τεχνικά Έργα

5.2.5.1 Άνω Διάβαση της Λ. Ποσειδώνος με Γέφυρα (Οδός 16 – Flyover)

Στον οδικό άξονα 16 – Άνω Διάβαση εφαρμόστηκε ταχύτητα μελέτης 40km/h. Οριζοντιογραφικά εφαρμόστηκαν κυκλικά τόξα με κλωθοειδείς σύμφωνα με τις προδιαγραφές.

Μηκοτομικά εφαρμόστηκε μέγιστη κλίση 7% , σε κατωφέρεια.

Οι επικλίσεις στο κεντρικό οριζοντιογραφικό τόξο της γέφυρας (μήκους περίπου 138m.) διατηρούνται σταθερές, σε όλο το τμήμα της γέφυρας και των πλακών πρόσβασης (για κατασκευαστικούς λόγους). Το ελεύθερο ύψος κάτω από τη γέφυρα, κατά τη διάρκεια της κατασκευής, θα είναι 4,50m για όλα τα οδικά τμήματα που διέρχονται.

Παράλληλα τα τμήματα πρόσβασης στην γέφυρα, υποστηρίζονται από τοίχους αντιστήριξης συνολικού μήκους 428m. περίπου.

Στην γέφυρα και στα τμήματα πρόσβασης σε αυτή που υποστηρίζονται από τους τοίχους αντιστήριξης, εφαρμόσθηκε δίχνη διατομή με μία λωρίδα ανά κατεύθυνση και κεντρική νησίδα. Το οδόστρωμα, έχει πλάτος 5,0m ανά κατεύθυνση και η κεντρική νησίδα 1,0μ. με υπερβατό κράσπεδο ύψους 0,07m.

Οι ράμπες εξυπηρέτησης του Flyover, δυτικά της Λ. Ποσειδώνος είναι οι οδοί 17Α και 17Β και ανατολικά της Λ. Ποσειδώνος είναι τα τελευταία (σύμφωνα με τη χιλιομέτρηση) τμήματα των οδών 09-coast και 10-coast.

5.2.5.2 Κάτω Διάβαση (23-Mall_Under)

Ο οδικός άξονας 23-Mall_Under διέρχεται με κάτω διάβαση για να μη διαταραχθεί η συνέχεια του «πράσινου πεζόδρομου».

Ο τρόπος κατασκευής προβλέπεται να είναι με τη μέθοδο εκσκαφής και επανεπίχωσης (cut & cover). Το συνολικό μήκος του τεχνικού είναι περίπου 316m. Στα σχέδια των τυπικών διατομών φαίνονται λεπτομέρειες του οδικού τμήματος της κάτω διάβασης. Το υπόγειο τμήμα της οδού αποτελείται από δύο ανεξάρτητες κυψέλες (μία ανά κατεύθυνση). Η τυπική διατομή της κυψέλης συνίσταται από οδόστρωμα πλάτους 7.00m. με εκατέρωθεν πεζοδρόμιο πλάτους 1,25m. Η κυκλοφορία των δύο ρευμάτων είναι ανεξάρτητη καθώς μεταξύ τους υπάρχει τοίχιο πλάτους 1.00m.

5.3 Χάραξη τραμ

5.3.1 Γενικά

Το έργο του τραμ έχει στόχο την εξυπηρέτηση των αυξημένων συγκοινωνιακών αναγκών της υπό ανάπτυξη περιοχής και αποτελεί, μαζί με τους δύο υφιστάμενους σταθμούς μετρό κατά μήκος της οδού Βουλιαγμένης, το κύριο μεταφορικό μέσο μαζικής μεταφοράς στην περιοχή. Το έργο περιλαμβάνει τη διαμόρφωση νέας συνδετήριας γραμμής τραμ μεταξύ αμαξοστασίου και παραλιακής γραμμής.

Η σημερινή διπλή γραμμή πρόσβασης στο αμαξοστάσιο μήκους 2,2km αντικαθίσταται με νέα συνδετήρια διπλή γραμμή μήκους περίπου 3,4km η οποία θα λειτουργεί κατά βάση ως επιβατική γραμμή, που θα εξυπηρετεί τις ανάγκες της υπό ανάπτυξη περιοχής, με την διαμόρφωση επτά νέων στάσεων κατά μήκος της χάραξης.

5.3.2 Οριζοντιογραφία – Μηκοτομή

Τα οριζοντιογραφικά χαρακτηριστικά της χάραξης παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2.

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά Χάραξης – Οριζοντιογραφία	
Πλάτος γραμμής	1.435m
Απόσταση αξόνων των δύο γραμμών	3.7m

Πίνακας 5.2 - Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά Χάραξης – Οριζοντιογραφία

Ως προς την υψομετρική διάταξη, εντός του χώρου του αμαξοστασίου η χάραξη είναι ισόπεδη με στάθμη κεφαλής τροχιάς στο +33,80μ. δεδομένης της υφιστάμενης

γραμματολογίας. Η χάραξη παρουσιάζει μικρές κλίσεις, ακολουθώντας το ανάγλυφο της περιοχής. Τα μηκοτομικά χαρακτηριστικά της χάραξης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

5.3.3 Τυπική Διατομή

Σε όλο το μήκος της διαδρομής προβλέπεται διπλή γραμμή τραμ, εκτός του τμήματος εντός του αμαξοστασίου όπου προβλέπονται μονές γραμμές για την είσοδο και έξοδο των τραμ σε ξεχωριστό διάδρομο.

Στις διασταυρώσεις με οδούς καθώς και στον πεζόδρομο η τροχιά "βυθίζεται" στο στερεό και στην μεν πρώτη περίπτωση (ισόπεδες διαβάσεις) η επιδομή ολοκληρώνεται με στρώση ασφάλτου, στην δε δεύτερη με πλάκες πεζοδρομίου μορφής που θα επιλεγεί από την μελέτη αστικού σχεδιασμού.

5.3.4 Στάσεις

Όλες οι στάσεις που προβλέπονται στο υπόψη τμήμα κατασκευάζονται με πλευρικές αποβάθρες.

Το πλάτος των αποβαθρών κατά μήκος του πεζοδρόμου στην περιοχή των γραφείων (δύο πρώτες στάσεις) προβλέπεται 2,60m ενώ το πλάτος των υπολοίπων πέντε στάσεων προβλέπεται 4,0m. Η απόσταση του οχήματος από την όψη κάθε αποβάθρας προβλέπεται 0,10m (1,30m από άξονα γραμμής) και το ύψος από την κεφαλή της σιδηροτροχιάς 0,275m.

Η χωροθέτηση, ο σχεδιασμός και ο εξοπλισμός των στάσεων θα συμβάλλει σημαντικά στην αποδοχή, ελκυστικότητα και λειτουργικότητα του δικτύου του Τραμ. Οι στάσεις του Τραμ θα καλύπτουν τις απαιτήσεις για άνετη και ασφαλή προσβασιμότητα όλων των επιβατών, αναγνωρισιμότητα, προστασία από τις καιρικές συνθήκες, άνεση, πληροφόρηση, εύκολη επιβίβαση – αποβίβαση, λειτουργικότητα για κάθε ομάδα επιβατών (συμπεριλαμβανομένων των ΑΜΕΑ), ασφάλεια και καθαριότητα.

Η πρόσβαση στις αποβάθρες των στάσεων θα γίνεται με μικρή ράμπα που θα εξυπηρετεί τα άτομα με ειδικές ανάγκες. Ιδιαίτερη μέριμνα θα δοθεί στην ένταξη των στάσεων στον χώρο, στα κατασκευαστικά στοιχεία τους (αποβάθρες, στέγαστρα, κιγκλιδώματα κλπ.), στην διαμόρφωση του εξοπλισμού των στάσεων (δυναμική πληροφόρηση, έκδοση εισιτηρίων, καθίσματα κλπ.) και στον οδοφωτισμό και τη σήμανσή τους.

5.4 Σύνοψη Κεφαλαίου

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάστηκε το γενικό πλαίσιο σχεδιασμού του σχεδίου ολοκληρωμένης ανάπτυξης του Μητροπολιτικού Πόλου Ελληνικού-Αγ.Κοσμά. Ειδικότερα, συμπεριλήφθηκαν οι τυπικές διατομές και κάποια χαρακτηριστικά στοιχεία των οριζοντιογραφιών και των μηκοτομών της κάθε οδού. Επιπλέον, δόθηκαν περισσότερες λεπτομέρειες για τα τμήματα στα οποία θα γίνει εφαρμογή των ελέγχων επάρκειας ορατότητας για στάση, μέσω τρισδιάστατων φωτορεαλιστικών βίντεο.

Αναλύθηκαν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά οδικού σχεδιασμού τα οποία κρίνονται απαραίτητα για την κατανόηση του έργου, αλλά και για τη δημιουργία μιας πιστής στη μελέτη τρισδιάστατης απεικόνισης. Η διαδικασία αυτή περιγράφεται εκτενώς στο επόμενο κεφάλαιο.

6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΩΝ ΒΙΝΤΕΟ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η επεξεργασία που περιγράφηκε στα προηγούμενα κεφάλαια οδήγησε στο **τελικό τρισδιάστατο φωτορεαλιστικό αποτέλεσμα** του νοτιοανατολικού οδικού δικτύου του σχεδίου ολοκληρωμένης ανάπτυξης του Μητροπολιτικού Πόλου Ελληνικού-Αγ.Κοσμά, το οποίο είναι αρκετά πιστό στις πραγματικές συνθήκες, καθώς χρησιμοποιήθηκαν πραγματικά στοιχεία της μελέτης.

6.1 Ανάγκη δημιουργίας φωτορεαλιστικών βίντεο

Τα προβλήματα στον τρισδιάστατο σχεδιασμό της οδού **δεν μπορούν να αναπαρασταθούν μέσω μίας μόνο εικόνας**, ακόμη και αν αυτή έχει προκύψει μέσω της απόδοσης με υπολογιστή ενός τρισδιάστατου μοντέλου με την πιστότητα του φωτορεαλισμού.

Η καλύτερη αναπαράσταση των συγκεκριμένων προβλημάτων γίνεται δυνατή με τη χρήση βίντεο τα οποία παρουσιάζουν **το οπτικό πεδίο του οδηγού** καθώς αυτός κινείται **κατά μήκος της οδού με την ταχύτητα μελέτης** αλλά και με ταχύτητα μεγαλύτερη αυτής ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα.

Αυτό συμβαίνει επειδή τα προβλήματα αυτά ούτε δημιουργούνται ούτε επηρεάζουν αποκλειστικά ένα σημείο της οδού. Προκαλούνται από **λανθασμένες αλληλουχίες στοιχείων της οριζοντιογραφίας ή της μηκοτομής** καθώς και από εσφαλμένους συνδυασμούς της οριζοντιογραφίας με την μηκοτομή, είναι δηλαδή αποτέλεσμα του συνολικού σχεδιασμού του οδικού έργου και όχι κάποιου μεμονωμένου λάθους σε ένα μόνο σημείο της χάραξης. Συγκριμένα, αυτό που δεν είναι δυνατόν να παρατηρηθεί με τη χρήση μίας μόνο εικόνας, ανεξαρτήτως της ποιότητας της αναπαράστασης, είναι το μήκος των κρυμμένων τμημάτων μιας οδού και ο χρόνος για τον οποίον παραμένουν κρυφά.

Κατά τη διάρκεια της εργασίας λοιπόν δημιουργήθηκαν βίντεο που **αποτυπώνουν το οπτικό πεδίο του οδηγού κατά τη διάρκεια της οδήγησης** στους υπό μελέτη δρόμους. Δεν είναι δυνατή όμως η αποτύπωσή τους σε έντυπη μορφή, και για αυτόν τον λόγο επιχειρείται να δειχθεί η σταδιακή αλλαγή της προοπτικής εικόνας του οδηγού με τη χρήση συνεχόμενων φωτογραφιών από διαδοχικές χιλιομετρικές θέσεις. Το σύνολο των φωτογραφιών που παρήχθησαν, καθώς και γενικές απόψεις των τρισδιάστατων μοντέλων παρατίθενται παρακάτω.

6.2 Δεδομένα που εισήχθησαν στα βίντεο

Στα τελευταία στάδια της μελέτης ο μηχανικός πρέπει να **προσδιορίσει λεπτομέρειες** όπως η θέση της οριζόντιας και της κατακόρυφης σήμανσης, η τοποθέτηση του φωτισμού, η τοποθέτηση συστημάτων αναχαίτισης κ.α.. Στη διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη η μελέτη του οπτικού πεδίου σε κάθε θέση της οδού, η οποία διευκολύνεται σε μεγάλο βαθμό με τη χρήση των προοπτικών αποδόσεων της οδού.

Παρόλο που η μελέτη οδοποιίας του οδικού έργου που μελετάται είναι σε στάδιο προμελέτης και δεν έχουν καθοριστεί ακόμα οι προαναφερθείσες τελικές λεπτομέρειες των οδών, για τους παραπάνω λόγους κρίθηκε αναγκαία η απεικόνιση τους στα φωτορεαλιστικά βίντεο όπως περιγράφεται στη συνέχεια.

- **Τεχνικά Έργα**

Τα τεχνικά έργα επεξεργάστηκαν βάσει των δεδομένων που παρέχονται από τις τυπικές διατομές των οδών της Άνω Διάβασης και της Υπόγειας Διάβασης στο κεφάλαιο 5.

- **Στηθαία Ασφαλείας**

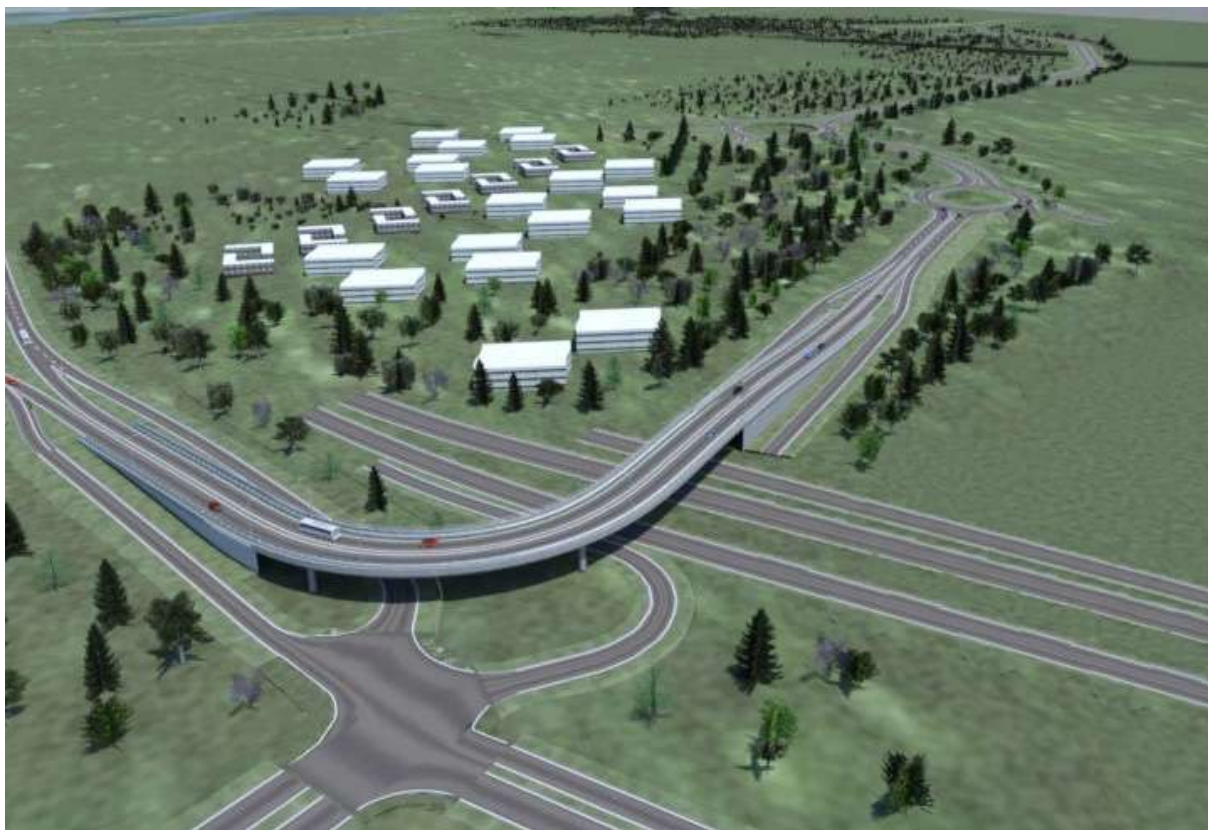
Σύμφωνα με τη μελέτη έχει προβλεφθεί ότι απαιτούνται στο τμήμα της Άνω Διάβασης χαλύβδινα στηθαία H4b/A/W4, σε απόσταση 50cm από το έρεισμα του δρόμου.

- **Διαγραμμίσεις Οδών**

Οι απαιτούμενες διαγραμμίσεις τοποθετήθηκαν βάσει των ελληνικών προτύπων που ήδη αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Αναλυτικότερα:

- Σε όλες τις οδούς έχουν τοποθετηθεί συνεχείς γραμμές στα άκρα του οδοστρώματος, ως οριογραμμές με πάχος 20cm.
- Στις οδούς με δυο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση έχουν εφαρμοστεί επιπλέον διακεκομμένες γραμμές διαχωρισμού λωρίδων ίδιας κατεύθυνσης με πάχος 20cm, μήκος γραμμής 3m και μήκος διάκενου 5m.
- Σε σημεία που έχουμε συμβολή δύο οδών κρίθηκε απαραίτητη η τοποθέτηση παράλληλων λοξών συνεχών γραμμών, ως επιφάνεια αποκλεισμού πάνω στο οδόστρωμα.

- Συνθήκες Κυκλοφορίας
 - Τα οχήματα που προστέθηκαν κατά μήκος του οδικού έργου έχουν την ελάχιστη κοινή ταχύτητα μελέτης που είναι 40km/h.
 - Το τραμ που προστέθηκε κατά μήκος των γραμμών του έχει ταχύτητα 30 km/h.
- Ηλεκτροφωτισμός Οδών
 - Σε όλο το υπέργειο οδικό δίκτυο οι στύλοι ύψους 10m που τοποθετήθηκαν είναι σε αμφίπλευρη διάταξη με ισχύ 400W και απόσταση μεταξύ τους 50m.
 - Στην υπόγεια διάβαση τοποθετήθηκε οδοφωτισμός που επιτρέπει στο ανθρώπινο μάτι να προσαρμόζεται γρήγορα στη μειωμένη ορατότητα της διάβασης ανά απόσταση 30m.



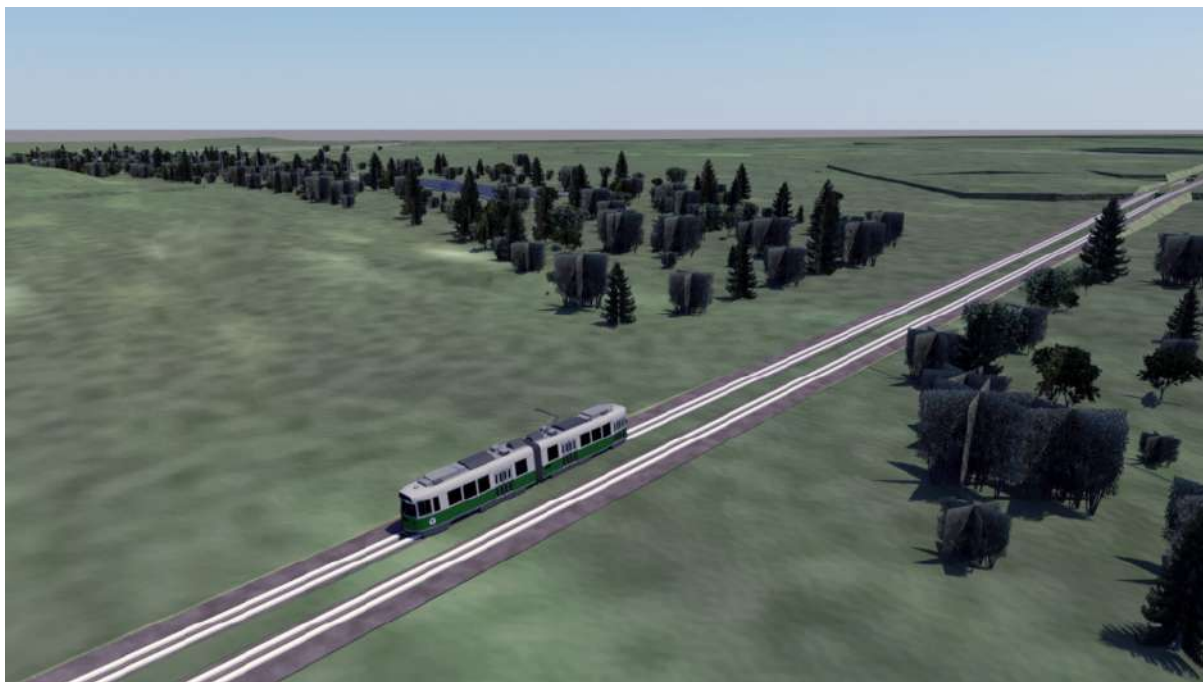
Εικόνα 6.1 - Φωτορεαλιστική Απεικόνιση της Νότιας πλευράς του οδικού έργου



Εικόνα 6.2 – Φωτορεαλιστική Απεικόνιση Υπόγειας Διάβασης και χάραξης τραμ



Εικόνα 6.3 - Φωτορεαλιστική Απεικόνιση εσωτερικά της Υπόγειας Διάβασης



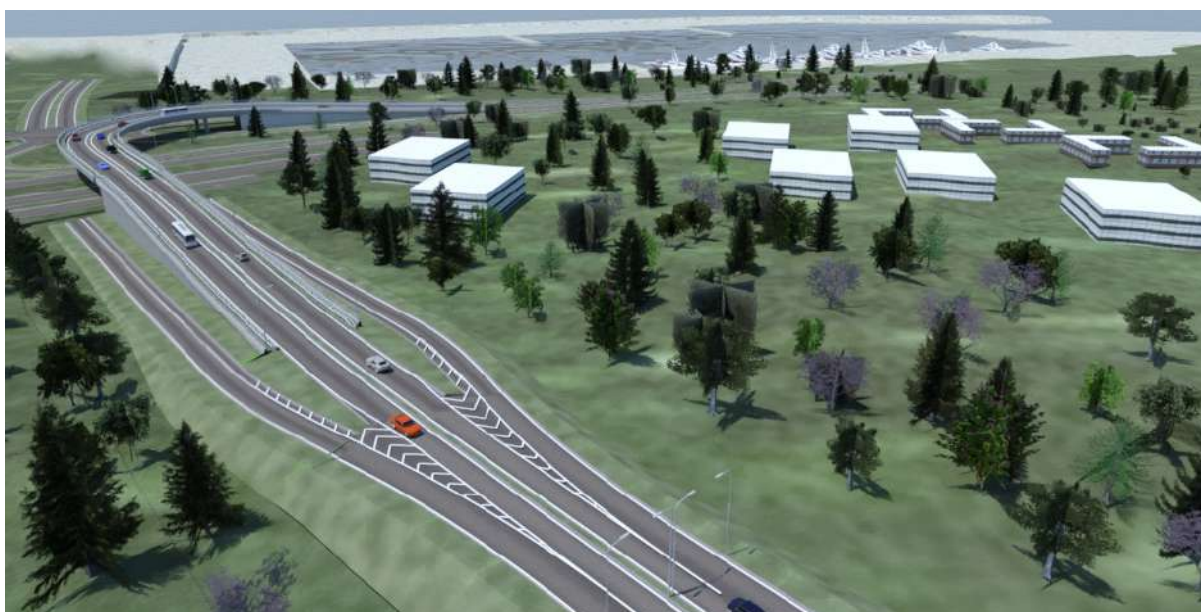
Εικόνα 6.4 - Φωτορεαλιστική Απεικόνιση χάραξης τραμ



Εικόνα 6.5 - Φωτορεαλιστική Απεικόνιση Άνω Διάβασης & παραλιακού μετώπου



Εικόνα 6.6 - Φωτορεαλιστική Απεικόνιση της Άνω Διάβασης



Εικόνα 6.7 - Φωτορεαλιστική Απεικόνιση της ευρύτερης περιοχής της Άνω Διάβασης

6.3 Έλεγχος επάρκειας ορατότητας στάσης μέσω βίντεο

Ενώ η επεξεργασία μέσω του λογισμικού του 3ds Max έγινε σε όλο το διατιθέμενο οδικό έργο, σκοπός της παρούσης διπλωματικής εργασίας, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι ο έλεγχος της επάρκειας του μήκους ορατότητας στάσης σε τμήματα του οδικού έργου μέσω της δημιουργίας φωτορεαλιστικών βίντεο πιστά τις πραγματικές συνθήκες οδήγησης.

Για τις ανάγκες του βίντεο η κάμερα τοποθετήθηκε στο ύψος του οφθαλμού του οδηγού ώστε να αποτυπώνει πλήρως το οπτικό πεδίο του οδηγού και οι λήψεις προσαρμόστηκαν στις επιθυμητές ταχύτητες ελέγχου με την προσθήκη ειδικού βέλους το οποίο παρακολουθεί την κίνηση της κάμερας-οχήματος και εμφανίζεται σε προκαθορισμένη απόσταση ανάλογα με τις εξεταζόμενες συνθήκες του μήκους ορατότητας. Η μύτη του βέλους ουσιαστικά υποκαθιστά το εμπόδιο που απαιτείται για την πραγματοποίηση του ελέγχου.

Τα τμήματα που μελετήθηκαν (Εικόνα 6.8) ως προς τον έλεγχο επάρκειας μήκους ορατότητας στάσης είναι η **Υπόγεια Διάβαση** και η περιοχή της **Άνω Διάβασης**, καθώς οι περιοχές αυτές περιλαμβάνουν **συνδυασμό οριζοντιογραφίας με κοίλη και κυρτή καμπύλη αντίστοιχα στη μηκοτομή**. Ο υπόψη έλεγχος έγινε με βάση ρεαλιστικές ταχύτητες (50km/h) οι οποίες προέκυψαν από την επιτρεπόμενη ταχύτητα σχεδιασμού ανά περιοχή. Επιπλέον, προκειμένου να αναδειχθεί με την ίδια μέθοδο η ανεπάρκεια ορατότητας, ο έλεγχος επάρκειας ορατότητας έγινε και με μια ασύμβατη τιμή ταχύτητας για την υπόψη περιοχή, αυτή των **80km/h**.



Εικόνα 6.8 - Περιοχές μελέτης

6.3.1 Υπόγεια Διάβαση

Η διερεύνηση του μήκους Ορατότητας για Στάση αφορά στην κατεύθυνση κίνησης προς Γλυφάδα που είναι και η κρίσιμη. Πιο συγκεκριμένα, διερευνήθηκε η δεξιόστροφη καμπύλη εισόδου στο υπόγειο έργο

Ελήφθησαν υπόψη οι εξής παραδοχές:

- Ως **ύψος του οφθαλμού** ελήφθη 1.00m και **ύψος εμποδίου 0.50m** αντίστοιχα
- Η τιμή του **συντελεστή τριβής** ελήφθη ίση με $f_T=0.38$ ($3.7/9.81 \text{ m/sec}^2$) στην οποία αφαιρείται το ποσοστό διάθεσης στην εγκάρσια διεύθυνση κατά την κίνηση οχήματος σε καμπύλη
- **Μέση κατά μήκος κλίση** -1,5%
- Ως **ύψος πλευρικής διαμόρφωσης** ελήφθη το τοιχίο του υπόγειου έργου με βάση την τυπική διατομή
- Ο οφθαλμός του οδηγού και του εμποδίου τοποθετήθηκαν **στο μέσο της λωρίδας**, ήτοι $1.00\text{m} + 0.50\text{m} + 3.25\text{m}/2 = 3.13\text{m}$ από το τοιχίο του υπόγειου έργου

Το ύψος εμποδίου, σύμφωνα με τον Πίνακα 4.5, λαμβάνεται το ύψος των οπίσθιων φανών στάσης (stop lights). Οι τιμές του ύψους των εμποδίων για ταχύτητα 50km/h και 80km/h θα έπρεπε να ληφθούν αντιστοίχως 0.07m και 0.16m. Για πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα όμως χρησιμοποιήθηκε η τιμή 0.5m ως ύψους των εμποδίων και στις δύο περιπτώσεις, όπως άλλωστε επιβάλλεται και στις πιο σύγχρονες οδηγίες μελετών οδικών έργων (RAA, AASHTO).

- ❖ Για τον **πρώτο έλεγχο** με ταχύτητα 50km/h, το μήκος ορατότητας για στάση, μέσω των σχέσεων που παρατέθηκαν στον κεφάλαιο 4, και βάσει των ΟΜΟΕ-ΚΑΟ (για αστικές οδούς) προκύπτει 44m.
- ❖ Για τον **δεύτερο έλεγχο** και με ταχύτητα 80km/h, το μήκος ορατότητας για στάση, μέσω των σχέσεων που παρατέθηκαν στον κεφάλαιο 4, και βάσει των ΟΜΟΕ-ΚΑΟ (για αστικές οδούς) προκύπτει 101m.

Δεδομένα				
V (km/h)	Μέγιστη κατά Μήκος Κλίση (%)	Χρόνος Αντίδρασης (sec)	Συντελεστής εξαρτώμενος από τη ταχύτητα d (m/s ²)	Μήκος Ορατότητας (m)
50	-1.5	1.5	4.4	44
80	-1.5	1.5	3.8	101

Πίνακας 6.1 - Δεδομένα για τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας στην Υπόγεια Διάβαση

Η υπόψη διερεύνηση έλαβε χώρα σε τρισδιάστατο οδικό περιβάλλον. Τα αποτελέσματα της διερεύνησης στην περιοχή για ταχύτητες 50km/h και 80km/h φαίνονται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 6.9 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα εισέρχεται στην καμπύλη (Υπόγεια Διάβαση) (ταχύτητα 50km/h – εμπόδιο στα 44m)



Εικόνα 6.10 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα κινείται πάνω στην καμπύλη (Υπόγεια Διάβαση) (ταχύτητα 50km/h – εμπόδιο στα 44m)



Εικόνα 6.11 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα εξέρχεται από την καμπύλη (Υπόγεια Διάβαση) (ταχύτητα 50km/h – εμπόδιο στα 46m)

Για ταχύτητα 50km/h και απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση 44m η οδός πληροί τις προδιαγραφές του ελέγχου. Η μύτη του βέλους είναι συνεχώς εντός του οπτικού πεδίου του οδηγού καθώς το όχημα κινείται πάνω στην καμπύλη (Εικόνα 6.12, Εικόνα 6.13, Εικόνα 6.14).



Εικόνα 6.12 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα εισέρχεται στην καμπύλη (Υπόγεια Διάβαση) (ταχύτητα 80km/h – εμπόδιο στα 101m)



Εικόνα 6.13 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα κινείται πάνω στην καμπύλη (Υπόγεια Διάβαση) (ταχύτητα 80km/h – εμπόδιο στα 101m)



Εικόνα 6.14 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα εξέρχεται από την καμπύλη (Υπόγεια Διάβαση) (ταχύτητα 80km/h – εμπόδιο στα 101m)

Για ταχύτητα 80km/h και απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση 101m είναι φανερό πως η οδός δεν πληροί τις προδιαγραφές του ελέγχου. Η μύτη του βέλους είναι για αρκετά μέτρα εκτός του οπτικού πεδίου του οδηγού καθώς το όχημα κινείται πάνω στην καμπύλη (Εικόνα 6.12, Εικόνα 6.13, Εικόνα 6.14).

6.3.2 Άνω Διάβαση

Η διερεύνηση επάρκειας του μήκους ορατότητας για στάση έλαβε χώρα για διατομή με εύρος οδοστρώματος 6.00m και **ταχύτητα 50km/h και 80km/h**, αν και η οδός έχει επιτρεπόμενη ταχύτητα 40km/h.

Δεδομένου ότι η διατομή έχει πλάτος εσωτερικής λωρίδας 0.75m εκατέρωθεν, διερευνήθηκε η κατεύθυνση ανόδου από τη λεωφόρο Ποσειδώνος καθώς βρίσκεται σε ανωφέρεια και σε καμπύλη μικρότερης ακτίνας και κατά συνέπεια είναι πιο δυσμενής.

Γενικά ισχύουν οι ίδιες παραδοχές με αυτές στο υπόγειο έργο, με τη διαφορά ότι ο οφθαλμός του οδηγού και του εμποδίου **τοποθετήθηκαν στο μέσο της λωρίδας**, ήτοι $0.50m + 0.75m + 4.50m/2 = 3.50m$ από το στηθαίο.

Το ύψος εμποδίου, σύμφωνα με τον Πίνακα 4.5, λαμβάνεται το ύψος των οπίσθιων φανών στάσης (stop lights). Οι τιμές του ύψους των εμποδίων για ταχύτητα 50km/h και

80km/h θα έπρεπε να ληφθούν αντιστοίχως 0.07m και 0.16m. Για πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα όμως χρησιμοποιήθηκε η τιμή 0.5m ως ύψους των εμποδίων και στις δύο περιπτώσεις.

- ❖ Για τον **πρώτο έλεγχο** και με ταχύτητα **50km/h**, το μήκος ορατότητας για στάση, μέσω των τύπων που παρατέθηκαν στον κεφάλαιο 4, και βάσει των ΟΜΟΕ-ΚΑΟ (για αστικές οδούς) προκύπτει **42m**.
- ❖ Για τη **δεύτερη περίπτωση** και με ταχύτητα **80km/h**, το μήκος ορατότητας για στάση, μέσω των τύπων που παρατέθηκαν στον κεφάλαιο 4, και βάσει των ΟΜΟΕ-ΚΑΟ (για αστικές οδούς) προκύπτει **96m**.

Δεδομένα				
V (km/h)	Μέση Κατά Μήκος Κλίση (%)	Χρόνος Αντίδρασης (sec)	Συντελεστής εξαρτώμενος από τη ταχύτητα d (m/s ²)	Μήκος Ορατότητας (m)
50	1.5	1.5	4.4	42
80	1.5	1.5	3.8	96

Πίνακας 6.2 - Δεδομένα για τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας στην Άνω Διάβαση

Και σε αυτή την περίπτωση, η διερεύνηση μήκους Ορατότητας για Στάση έλαβε χώρα σε τρισδιάστατο οδικό περιβάλλον. Τα αποτελέσματα της διερεύνησης στην περιοχή για ταχύτητες 50km/h και 80km/h φαίνονται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 6.15 – Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα εισέρχεται στην καμπύλη (Άνω Διάβαση) (ταχύτητα 50km/h – εμπόδιο στα 42m)



Εικόνα 6.16 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα κινείται πάνω στην καμπύλη (Άνω Διάβαση) (ταχύτητα 50km/h – εμπόδιο στα 42m)



Εικόνα 6.17 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα εξέρχεται από την καμπύλη (Άνω Διάβαση) (ταχύτητα 50km/h – εμπόδιο στα 42m)

Για ταχύτητα 50km/h και απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση 42m η οδός πληροί τις προδιαγραφές του ελέγχου. Η μύτη του βέλους είναι συνεχώς εντός του οπτικού πεδίου του οδηγού καθώς το όχημα κινείται πάνω στην καμπύλη (Εικόνα 6.15, Εικόνα 6.16, Εικόνα 6.17).



Εικόνα 6.18 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα εισέρχεται στην καμπύλη (Άνω Διάβαση) (ταχύτητα 80km/h – εμπόδιο στα 96m)



Εικόνα 6.19 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα κινείται πάνω στην καμπύλη (Άνω Διάβαση) (ταχύτητα 80km/h – εμπόδιο στα 96m)



Εικόνα 6.20 - Στιγμιότυπο από βίντεο - Προοπτική απεικόνιση καθώς το όχημα εξέρχεται από την καμπύλη (Άνω Διάβαση) (ταχύτητα 80km/h – εμπόδιο στα 96m)

Για ταχύτητα 80km/h και απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση 96m είναι φανερό πως η οδός δεν πληροί τις προδιαγραφές του ελέγχου. Η μύτη του βέλους είναι για αρκετά μέτρα εκτός του οπτικού πεδίου του οδηγού καθώς το όχημα κινείται πάνω στην καμπύλη (Εικόνα 6.18, Εικόνα 6.19, Εικόνα 6.20).

6.4 Αποτελέσματα μελέτης

Η πρωταρχική παρατήρηση είναι ότι τα οδικά τμήματα που επιλέχθηκαν για να μελετηθούν **δεν θα μπορούσαν να αναπαρασταθούν αποκλειστικά μέσω μίας μόνο εικόνας αλλά είναι αποτελεσματικότερη η αναπαράστασή τους με τη χρήση βίντεο**. Τα επικίνδυνα σημεία της χάραξης ούτε υπάρχουν ούτε επηρεάζουν ένα σημείο αποκλειστικά αλλά τη συνολική χάραξη της οδού και αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την επικινδυνότητά τους το μήκος των κρυμμένων τμημάτων της οδού και ο χρόνος για τον οποίον αυτά αποκρύπτονται. Με τη δημιουργία των φωτορεαλιστικών βίντεο όλα τα ενδεχόμενα προβλήματα της χάραξης γίνονται πιο ορατά με αποτέλεσμα να διευκολύνεται ο εντοπισμός των προβληματικών περιοχών οι οποίες απαιτούν περαιτέρω μελέτη.

Είναι εμφανής η αναγκαιότητα της μελέτης της προοπτικής εικόνας της οδού καθώς η **πλειοψηφία των προβλημάτων στον σχεδιασμό δεν είναι δυνατό να εντοπιστούν μόνο από τη διερεύνηση των επιμέρους δισδιάστατων απεικονίσεων της μελέτης**.

Η ανάλυση μέσω της συγκεκριμένης μεθόδου εμφανίζει επίσης **πολλαπλά εκπαιδευτικά και επικοινωνιακά πλεονεκτήματα**, καθώς διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματική και γρήγορη ανταλλαγή πληροφοριών και την περιγραφή οπτικών φαινομένων.

Η **ταχύτητα** με την οποία είναι εφικτή η δημιουργία τρισδιάστατων απεικονίσεων και φωτορεαλιστικών βίντεο, διευκολύνει την **πραγματοποίηση δοκιμών με στόχο την επίλυση των οπτικών προβλημάτων**. Ακόμη, η προοπτική απεικόνιση της χάραξης καθιστά δυνατή την προκαταρκτική εκτίμηση του μήκους ορατότητας στάσης σε διάφορα σημεία της οδού, στο στάδιο της προμελέτης, ή τον προσδιορισμό των τελευταίων λεπτομερειών της τελικής διαμόρφωσης, όπως η τοποθέτηση της σήμανσης στα τελικά στάδια της μελέτης.

Επιπροσθέτως, ένα ακόμα αξιοσημείωτο στοιχείο που προκύπτει μέσω της ανάλυσης με τρισδιάστατα μοντέλα είναι η **ευκολία της κατασκευής τους με τα σημερινά προγράμματα λογισμικού**. Η κατασκευή του τρισδιάστατου μοντέλου είναι πλέον τόσο ευχερής ώστε να επιτρέπει η συγκεκριμένη διαδικασία να πραγματοποιείται στη φάση της προμελέτης. Σε

αυτή την περίπτωση μπορεί να γίνει μία προκαταρκτική εκτίμηση του μήκους ορατότητας στάσης στα διάφορα σημεία της οδού, η οποία μπορεί να μην έχει την ακρίβεια αποτελεσμάτων που θα είχε μία πλήρης μελέτη, βοηθάει όμως τον μελετητή μηχανικό να εντοπίσει τα σημεία τα οποία θα πρέπει να εξεταστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια στα επόμενα στάδια της μελέτης.

6.5 Σύνοψη Κεφαλαίου

Στο κεφάλαιο αυτό έγινε εφαρμογή των φωτορεαλιστικών βίντεο στη περιοχή μελέτης και ειδικότερα μελετήθηκαν ως προς τον έλεγχο επάρκειας μήκους ορατότητας στάσης η Υπόγεια Διάβαση και η περιοχή της Άνω Διάβασης μέσω αυτής της μεθόδου. Καταλήγοντας, γίνεται φανερό ότι τέτοιου είδους έλεγχοι δεν θα μπορούσαν να αναπαρασταθούν αποκλειστικά μέσω μίας μόνο εικόνας αλλά είναι αρκετά αποτελεσματικότερη η αναπαράστασή τους με τη χρήση φωτορεαλιστικών βίντεο. Επιπλέον, η **ταχύτητα** με την οποία είναι εφικτή η δημιουργία τρισδιάστατων απεικονίσεων και φωτορεαλιστικών βίντεο, διευκολύνει την πραγματοποίηση δοκιμών με στόχο την επίλυση των οπτικών προβλημάτων. Η ανάλυση μέσω της συγκεκριμένης μεθόδου εμφανίζει επίσης **πολλαπλά εκπαιδευτικά και επικοινωνιακά πλεονεκτήματα**, καθώς διευκολύνει την γρήγορη ανταλλαγή πληροφοριών και την περιγραφή οπτικών φαινομένων. Τέλος, η **ευκολία της κατασκευής τους με τα σημερινά προγράμματα λογισμικού** αποτελεί μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου καθώς επιτρέπει στη συγκεκριμένη διαδικασία να πραγματοποιείται σε κάθε φάση της μελέτης, κάτι που δίνει τη δυνατότητα στο μελετητή να έχει μεγαλύτερη ακρίβεια και να αποφύγει τυχόν λάθη που δεν θα ήταν δυνατόν να ανιχνευτούν με τις συμβατικές μεθόδους.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Σύνοψη Συμπερασμάτων

Στόχος της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι να αναπτύξει τους λόγους που οι τρισδιάστατες απεικονίσεις και κυρίως τα φωτορεαλιστικά βίντεο οδικών έργων **υπερτερούν των δισδιάστατων συμβατικών μεθόδων κατά τους ελέγχους κρίσιμων γεωμετρικών παραμέτρων σε μελέτες οδικών έργων**. Στην παρούσα εργασία διερευνάται η πιο κρίσιμη παράμετρος που σχετίζεται άμεσα με τη δυνατότητα ασφαλούς και αποτελεσματικής ολοκλήρωσης αιφνίδιων ελιγμών: το ελάχιστο μήκος ορατότητας, γνωστό ως μήκος ορατότητας για στάση. Το **μήκος ορατότητας για στάση** αφορά στο ελάχιστο μήκος που πρέπει να υφίσταται προκειμένου όχημα κινούμενο με την επιτρεπόμενη ή λειτουργική ταχύτητα να δύναται να ακινητοποιηθεί πριν προσκρούσει σε απροσδόκητο σταθερό εμπόδιο. Το μήκος ορατότητας για στάση πρέπει να διατίθεται σε όλο το μήκος μιας οδού. Για αυτόν τον σκοπό δημιουργήθηκαν τα προαναφερθέντα φωτορεαλιστικά βίντεο οδικών τμημάτων από τη μελέτη οδοποιίας του Σχεδίου Ολοκληρωμένης Ανάπτυξης του Μητροπολιτικού Πόλου Ελληνικού-Αγίου Κοσμά.

Για το σκοπό αυτό, η εργασία χωρίστηκε στα εξής στάδια. Το πρώτο στάδιο αφορά στη **βιβλιογραφική ανασκόπηση αναφορικά με την τεχνολογία του φωτορεαλισμού**. Γίνεται μία παρουσίαση – σύγκριση των διαθέσιμων λογισμικών με στόχο να διερευνηθεί η ευκολία πρόσβασης και εκμάθησης του μέσου χρήστη καθώς και να αιτιολογηθεί η επιλογή του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε στη συνέχεια. Επιπλέον, γίνεται παρουσίαση του λογισμικού φωτορεαλισμού 3ds Max, με το οποίο εκπονήθηκε η διπλωματική εργασία και αναλύονται οι δυνατότητες του γενικότερα, αλλά και ειδικότερα στα οδικά έργα. Επιπροσθέτως, δίνεται έμφαση στα αποτελέσματα της συνεργασίας του 3ds Max με το ευρύτατα διαδεδομένο λογισμικό σχεδιασμού οδικών έργων Autodesk Civil 3d. Στο δεύτερο στάδιο αναπτύσσονται **τα συγκριτικά πλεονεκτήματα των τρισδιάστατων απεικονίσεων έναντι των παραδοσιακών δισδιάστατων στον τομέα των οδικών έργων**, και ιδιαίτερα όσον αφορά στον έλεγχο επάρκειας ορατότητας. Το επόμενο στάδιο, περιλαμβάνει **την παρουσίαση της περιοχής εφαρμογής** παρέχοντας απαραίτητες λεπτομέρειες ως προς τις παραμέτρους οδοποιίας. Στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο, γίνεται **αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που παρήχθησαν από τα φωτορεαλιστικά βίντεο** με σκοπό την κατανόηση του ελέγχου επάρκειας ορατότητας για στάση καθώς και τον

τρόπο απόδοσης του τρισδιάστατο πρότυπου του οδικού έργου της περιοχής Ελληνικού-Αγ.Κοσμά.

Η πρωταρχική παρατήρηση είναι ότι τα οδικά τμήματα που επιλέχθηκαν για να μελετηθούν **δεν θα ήταν δυνατόν να αναπαρασταθούν αποκλειστικά μέσω μίας μόνο εικόνας αλλά η αναπαράστασή τους με τη χρήση φωτορεαλιστικών βίντεο**, που προσομοιάζουν τις πραγματικές συνθήκες οδήγησης, είναι **πολύ πιο εποπτική**.

Μερικά ακόμα αξιοσημείωτα στοιχεία που προκύπτει από την ανάλυση με τρισδιάστατα μοντέλα είναι **η ευκολία και η ταχύτητα της κατασκευής τους με τα σημερινά προγράμματα λογισμικού**. Η κατασκευή του τρισδιάστατου μοντέλου είναι πλέον τόσο ευχερής ώστε να επιτρέπει η συγκεκριμένη διαδικασία να πραγματοποιείται ακόμα και σε κάθε φάση της μελέτης, πράγμα που βοηθάει τον μελετητή μηχανικό να εντοπίσει τα σημεία τα οποία θα πρέπει να εξεταστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια σε επόμενα στάδια της μελέτης. Τέλος, η μέθοδος επιφέρει **πολλαπλά εκπαιδευτικά και επικοινωνιακά πλεονεκτήματα**, καθώς διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματική και γρήγορη ανταλλαγή πληροφοριών και την περιγραφή οπτικών φαινομένων.

7.2 Συνολικά Συμπεράσματα

Από την παράθεση των προοπτικών απεικονίσεων του προηγούμενου κεφαλαίου, προκύπτουν κάποιες **ενδιαφέρουσες χρήσεις της μεθόδου αυτής** για τον μελετητή μηχανικό.

Το μικρό χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη δημιουργία του μοντέλου της οδού καθιστά δυνατή την επανάληψη της μεθόδου σε διάφορα στάδια της μελέτης. Με αυτόν τον τρόπο, **ενδεχόμενα οπτικά προβλήματα μπορούν να αντιμετωπισθούν αποτελεσματικά μέσω πολλαπλών δοκιμών**, καθώς καθίσταται εφικτή η χρήση διαφορετικών συνδυασμών στοιχείων της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής για τον έλεγχο της κάθε φορά πραγματοποιούμενης χάραξης. Ανάλογα με τη σοβαρότητα και τον βαθμό του προβλήματος, σε κάποιες περιπτώσεις, είναι δυνατό να χρειαστούν πολυάριθμες δοκιμές με αποτέλεσμα η εξέτασή τους με πιο συμβατικές μεθόδους (δημιουργία προοπτικών σχεδίων με το χέρι, ανάλυση μήκους ορατότητας, κ.α.) να είναι πλέον ασύμφορη.

Εκτός από την ταχύτητα με την οποία πραγματοποιούνται οι απαιτούμενες δοκιμές, ακόμη ένα πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου ανάλυσης είναι το γεγονός πως **όλα τα ενδεχόμενα προβλήματα της χάραξης γίνονται πιο ορατά**. Παρόλο που υπάρχουν αναλυτικές μαθηματικές μέθοδοι εντοπισμού προβλημάτων, αυτές απαιτούν χρόνο και είναι πολύπλοκες ενώ με την προοπτική απεικόνιση του οδικού έργου το παραμικρό πρόβλημα στο σχεδιασμό γίνεται ιδιαίτερα αισθητό, είτε πρόκειται για δυσαρμονία με τους κανονισμούς, είτε για οπτικές παραμορφώσεις ή για εσφαλμένα μηνύματα προς τον οδηγό/προβλήματα στην οπτική καθοδήγηση. Με τον τρόπο αυτόν γίνεται δυνατή η εξαρχής απόρριψη κάποιων εσφαλμένων χαράξεων ώστε να αφιερωθεί χρόνος για περαιτέρω ανάλυση μόνο των σωστότερων συνδυασμών.

Σε παρόμοια κατεύθυνση η ανάλυση με αυτήν τη μέθοδο, όπως αποδείχτηκε ήδη στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, χρησιμεύει και στα τελικά στάδια της μελέτης προκειμένου να προσδιοριστούν **λεπτομέρειες της τελικής διαμόρφωσης**, όπως η τοποθέτηση των φωτιστικών στύλων με την προσομοίωση των συνθηκών οδοφωτισμού, ή η διερεύνηση των καταλληλότερων σημείων για την τοποθέτηση κατακόρυφης και οριζόντιας σήμανσης αλλά και των συστημάτων αναχαίτισης. Η δημιουργία λοιπόν του περιβάλλοντα χώρου συντελεί στη μελέτη της επίδρασής του στη λειτουργία και την ορατότητα της οδού.

Με τη βοήθεια του λογισμικού τρισδιάστατης απεικόνισης και φωτορεαλισμού, η **ανταλλαγή πληροφοριών** διευκολύνεται σημαντικά και πραγματοποιείται σε **μικρότερο χρόνο**. Αυτό βρίσκει εφαρμογή τόσο στην περίπτωση επικοινωνίας μεταξύ μηχανικού και πελάτη/κυρίου του έργου, όσο και στο εκπαιδευτικό περιβάλλον, για την πληρέστερη κατανόηση του αντικειμένου από τους φοιτητές. Ακόμη αποτελεί **ευκολότερο τρόπο να εξηγηθούν τα συγκεκριμένα προβλήματα** αλλά και όλες οι επιρροές που έχουν τα διάφορα στοιχεία της χάραξης στην τελική εικόνα της οδού ακόμα και σε μη ειδικούς που αποτελούν άλλωστε τους τελικούς χρήστες. Η χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή επιτρέπει τη γρήγορη δημιουργία πολλαπλών απεικονίσεων ώστε να υπάρχει ποικιλία αποτυπώσεων, μεγαλύτερη σαφήνεια και να δημιουργηθούν παραδείγματα για όλες τις περιπτώσεις και

όχι μόνο για τις σοβαρότερες περιπτώσεις. Επιτρέπει ακόμη την καλύτερη παρουσίαση των λεπτομερειών τις οποίες σχεδιάζουν οι μηχανικοί σε όλα τα στάδια του έργου.

Όλα όσα αναλύθηκαν παραπάνω τονίζουν την **αναγκαιότητα χρησιμοποίησης των σύγχρονων τεχνολογιών και δυνατοτήτων οπτικοποίησης των μελετών**, στο στάδιο της προμελέτης και της οριστικής μελέτης οδικών έργων. Επιπλέον, οι τεχνολογία της τρισδιάστατης απεικόνισης μπορεί να διευκολύνει σημαντικά την επικοινωνία του μηχανικού με τον εκάστοτε πελάτη. Οι πολλαπλές χρήσεις της απόδοσης με ηλεκτρονικό υπολογιστή, σε συνδυασμό με την ολοένα και αυξανόμενη προσιτότητά του στον μέσο μηχανικό, όπως ήδη αναλύθηκε, καθιστούν τον φωτορεαλισμό αναπόσπαστο και αναντικατάστατο εργαλείο για τον σημερινό μηχανικό.

Επιπροσθέτως, η μέθοδος της τρισδιάστατης απεικόνισης και του φωτορεαλισμού μπορεί να αποτελέσει σημαντικό βοήθημα στα **χέρια των εκπαιδευτικών**, παρέχοντας στους φοιτητές συμπληρωματικό υλικό για τη βαθύτερη κατανόηση του αντικειμένου του μηχανικού.

7.3 Προτάσεις

Σύμφωνα και με τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την μελέτη των προοπτικών απεικονίσεων της παρούσης εργασίας, παρατηρείται ότι η δημιουργία προοπτικών αποδόσεων της οδού με τη βοήθεια ηλεκτρονικό υπολογιστή συντελεί στην εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων σε όλα τα στάδια της μελέτης του οδικού έργου κατά τους ελέγχους κρίσιμων γεωμετρικών παραμέτρων. Στην παρούσα εργασία διερευνάται η πιο κρίσιμη παράμετρος που σχετίζεται άμεσα με τη δυνατότητα ασφαλούς και αποτελεσματικής ολοκλήρωσης αιφνίδιων ελιγμών: το ελάχιστο μήκος ορατότητας, γνωστό ως μήκος ορατότητας για στάση. Προτείνεται επομένως, η **διερεύνηση και της επάρκειας μήκους ορατότητας για προσπέραση με την μέθοδο των φωτορεαλιστικών βίντεο**, η οποία αναμένεται να παράγει εξίσου ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

Προτείνεται, επίσης, η διερεύνηση μέσω της συγκεκριμένης μεθόδου, θεμάτων **συνοχής, συνέχειας και συνεκτικότητας** ενός οδικού έργου από τη θέση του οδηγού, που είναι άλλωστε και ο άμεσος αποδέκτης του σχεδιασμού μιας οδού. Δημιουργείται έτσι ένα οδικό ψηφιακό περιβάλλον που αποδίδει την ρεαλιστική εικόνα που λαμβάνει ο χρήστης, με σκοπό να

εντοπιστούν θέματα ασφαλείας, οδικής συμπεριφοράς και άνεσης, δυνατότητα άμεσης αντίληψης αλλά και αισθητικής άποψης.

Τα φωτορεαλιστικά βίντεο δίνουν όμως και μεγαλύτερη εποπτεία στον μελετητή - μηχανικό και δυνατότητα να διακρίνει ευκολότερα λάθη και να κάνει τις αντίστοιχες βελτιώσεις. Άλλωστε οι συμβατικές - δισδιάστατες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα στις μελέτες οδικών έργων βασίζονται σε εμπειρικές εκτιμήσεις, κάτι που τις καθιστά ελλιπείς και λιγότερο αξιόπιστες σε σχέση με τις τρισδιάστατες.

Τέλος, για ακόμα καλύτερα αποτελέσματα των φωτορεαλιστικών βίντεο προτείνεται η **συνδυαστική απεικόνιση του συνόλου του οδικού έργου**, συμπεριλαμβανομένου του περιβάλλοντα χώρου, **μαζί με πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας οχημάτων**, δημιουργώντας έτσι ένα περιβάλλον προσομοίωσης οδήγησης που αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα σε κάθε της πιθανό επίπεδο. Με αυτόν τον τρόπο θα δίνεται η δυνατότητα στον μηχανικό να εξετάσει την μελέτη του από σκοπιές που μέχρι τώρα δεν ήταν δυνατόν να συνδυαστούν παράγοντας το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα αλλά και γενικότερα να έχει μια συνολική εποπτεία του έργου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διαγραμμώσεις Οδοστρωμάτων. Υπουργείο Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνσις Δημοσίων Έργων, Τμήμα Κυκλοφορίας (Α6), 1975.

Help, Autodesk. About Exporting to Civil View for 3ds Max. 2018.
<<https://knowledge.autodesk.com/support/civil-3d/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/Civil3D-UserGuide/files/GUID-B956B46F-ACE9-45B7-AE69-8D4CEC4E82BC-htm.html>>.

Importing Geometry from Autocad Civil3D. 2017.
<<https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/3DSMax-Tutorial/files/GUID-B1EBF427-DB25-42B4-919C-62C8F40BEBAC-htm.html>>.

Roadway Lighting Design Manual. Minnesota Department of Transportation, Office of Traffic Engineering, 2001.

Άρθρο για τα Πλεονεκτήματα της Οπτικοποίησης σε Συγκοινωνιακά Έργα. 2017.
<<http://www.civilfx.com/50ways/>>.

Αρχές Λειτουργίας 3διάστατης Απόδοσης Η/Υ. 2018.
<https://en.wikipedia.org/wiki/3D_rendering,
[https://en.wikipedia.org/wiki/Rendering_\(computer_graphics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Rendering_(computer_graphics)),
<https://en.wikipedia.org/wiki/Pre-rendering>,
https://en.wikipedia.org/wiki/Realtime_computer_graphics>.

Αρχές Υπολογισμού Φωτισμού στην 3διάστατη Απόδοση Η/Υ. 2017.
<https://en.wikipedia.org/wiki/Unbiased_rendering,
https://en.wikipedia.org/wiki/Rendering_equation,
https://en.wikipedia.org/wiki/Photon_mapping,
[https://en.wikipedia.org/wiki/Ray_tracing_\(graphics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Ray_tracing_(graphics))>.

Αρχές Υπολογισμού Φωτισμού στην 3διάστατη Απόδοση Η/Υ. 2018.
<https://en.wikipedia.org/wiki/Unbiased_rendering,
https://en.wikipedia.org/wiki/Rendering_equation,
https://en.wikipedia.org/wiki/Photon_mapping,
[https://en.wikipedia.org/wiki/Ray_tracing_\(graphics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Ray_tracing_(graphics))>.

Γιαννής, Γιώργος. Οδηγίες Για την Ετοιμασία Της Διπλωματικής Εργασίας. Αθήνα: Ε.Μ.Π., 2010.

Δημήτριος, Τσανακτσίδης - Δημήτριος, Τσίτσουλας. ΗΛΕΚΤΡΟΦΩΤΙΣΜΟΣ ΟΔΩΝ. n.d.
<<http://www.tsanak.gr/documents/civil/roadlighting.pdf>>.

Δημήτριος, Τσανακτσίδης - Δημήτριος, Τσίτσουλας. ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΣΗΜΑΝΣΗ ΟΔΩΝ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΙΣΕΙΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ. n.d.
<<http://www.tsanak.gr/documents/civil/markings.pdf>>.

Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας, 2012.

Μαυρομάτης, Στέργιος. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΔΩΝ. Αθήνα: Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Σχολή Πολιτικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2018.

Μαυρομάτης, Στέργιος. ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΕΙΔΙΚΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΔΩΝ, Τεύχος Γ: Συστήματα Αναχαίτησης Οχημάτων. Αθήνα: Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Σχολή Πολιτικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2019.

Μέθοδοι και Διαφοροποίηση Τεχνικού Σχεδίου. 2019.
<https://en.wikipedia.org/wiki/Technical_drawing#Methods,
https://en.wikipedia.org/wiki/Engineering_drawing#Relationship_to_artistic_drawing>.

Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων - Τεύχος 1- Λειτουργική Κατάταξη Οδικού Δικτύου (ΟΜΟΕ-ΛΚΟΔ). Αθήνα: Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας, 2001.

Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων - Τεύχος 4 - Χαράξεις (ΟΜΟΕ-Χ). Αθήνα: Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας, 2001.

Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων- Συστήματα Αναχαίτησης Οχημάτων (ΟΜΟΕ-ΣΑΟ). Αθήνα: Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας, 2010.

Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων- Τεύχος 10-Ισόπεδοι Κόμβοι (ΟΜΟΕ-ΙΚ). Αθήνα: Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας, 2013.

Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων-Τεύχος 4 -Κύριες Αστικές Οδοί (ΟΜΟΕ-ΚΑΟ). Αθήνα: Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας, 2001.

Ορισμός και Αρχή Λειτουργίας της Φωτογραφίας. 2019.
<<https://en.wikipedia.org/wiki/Photograph>>.

Ορισμός και Περιγραφή της Οπτικοποίησης. 2018.
<[https://en.wikipedia.org/wiki/Visualization_\(graphics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Visualization_(graphics))>.

- Ορισμός Τεχνικής Απεικόνισης. 2018.
<https://en.wikipedia.org/wiki/Technical_illustration>.
- Περιγραφή της Διαδικασίας Δημιουργίας 3διάστατων Γραφικών. 2019.
<https://en.wikipedia.org/wiki/3D_computer_graphics,
https://en.wikipedia.org/wiki/3D_modeling>.
- Περιγραφή του Ρεύματος του Φωτορεαλισμού. 2019.
<<https://en.wikipedia.org/wiki/Photorealism>>.