



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διδακτορική Διατριβή

ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΣΤΑΣΗ ΣΤΟΝ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΧΩΡΟ



Φώτης Μερτζάνης

Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

MSc in Civil Engineering (Highways & Transport), City University London

Επιστημονικός Συνεργάτης Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2015



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διδακτορική Διατριβή

ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΣΤΑΣΗ ΣΤΟΝ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΧΩΡΟ

Φώτης Μερτζάνης

Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

MSc in Civil Engineering (Highways & Transport), City University London

Επιστημονικός Συνεργάτης Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2015

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα (Ν.5343/1932, Άρθρο 202).

*Για τον Μαθιό που έφυγε
και την Έφη που το παλεύει.*

Πρόλογος

Η παρούσα Διδακτορική Διατριβή εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Οδοποιίας, του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., κατά τη χρονική περίοδο Φεβρουάριος 2012 έως Σεπτέμβριος 2015.

Θα ήθελα να απευθύνω θερμές ευχαριστίες στους παρακάτω καθηγητές, για την πολύτιμη συμβολή τους σε όλα τα στάδια της Διδακτορικής Διατριβής:

Στον Κωνσταντίνο Αμπακούμκιν, Ομότιμο Καθηγητή του Ε.Μ.Π., για τα 40 χρόνια της συνεργασίας μας, τόσο στο Ε.Μ.Π., όσο και στον επαγγελματικό στίβο. Τον θεωρώ πνευματικό μου πατέρα, οπότε και δεν χρειάζεται να αναφέρω τίποτα παραπάνω.

Στον Γεώργιο Κανελλαΐδη, Ομότιμο Καθηγητή του Ε.Μ.Π., διότι μέσα από τα ερευνητικά προγράμματά του μού έδωσε την αφορμή για την εκπόνηση της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής.

Στον Στέργιο Μαυρομάτη, Επίκουρο Καθηγητή στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΤΕ & Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής ΤΕ του ΤΕΙ Αθήνας, για τον κόπο που κατέβαλε στις αρχικές διορθώσεις της Διδακτορικής Διατριβής, καθώς και για τις πολλές ιδέες που μοιράστηκε μαζί μου.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2015
Φώτης Μερτζάνης

Περίληψη

Στόχος της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής είναι η **ανάπτυξη μεθόδου διερεύνησης της επάρκειας του Μήκους Ορατότητας για Στάση (ΜΟΣ), με ταυτόχρονη θεώρηση των παραγόντων επιρροής της παρεχόμενης ασφάλειας μιας οδού, δηλαδή των στοιχείων του γεωμετρικού σχεδιασμού της, του οχήματος και του χρήστη – οδηγού, στο πλαίσιο αξιολόγησης της παρεχόμενης ασφάλειας μιας οδού με βάση τον ανθρώπινο παράγοντα.**

Είναι γεγονός ότι, τόσο κατά την υφιστάμενη πρακτική αξιολόγησης της ορατότητας, όσο και σε αρκετές σχετικές έρευνες, η γεωμετρία της οδού δεν λαμβάνεται πλήρως υπόψη, δεδομένης της απλοποιημένης και αποσπασματικής θεώρησης του οδικού περιβάλλοντος σε δισδιάστατο χώρο. Ως εκ τούτου, **οι υφιστάμενες δισδιάστατες μέθοδοι σχεδιασμού, ενδέχεται να υπερεκτιμήσουν ή να υποτιμήσουν τα διαθέσιμα μήκη ορατότητας, οδηγώντας σε αδικαιολόγητη αύξηση του κόστους ή/και του βαθμού επικινδυνότητας της οδού.**

Επομένως, **η ορθότερη αντιμετώπιση του ζητήματος της επάρκειας ορατότητας αποτελεί η μεθόδευσή της μέσω της τρισδιάστατης μελέτης, με χρήση αναλυτικών προτύπων, έτσι ώστε να λαμβάνονται ταυτόχρονα υπόψη όλα τα χαρακτηριστικά της οδού και του περιβάλλοντός της.** Επιπλέον, η δημιουργία προοπτικών εικόνων από τη θέση του οδηγού κατά μήκος της οδού αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για τον εντοπισμό προβληματικών από άποψη ορατότητας τμημάτων. Σε αυτό το πλαίσιο, έχουν αναπτυχθεί τρισδιάστατες μέθοδοι, οι οποίες επιτρέπουν τον ακριβή προσδιορισμό του πραγματικού πεδίου όρασης του οδηγού. Ωστόσο, σε καμία από αυτές τις προσεγγίσεις δεν περιλαμβάνεται μια ολοκληρωμένη μέθοδος για την προσομοίωση ταυτόχρονα τόσο των στοιχείων της διατομής, όσο και της δυναμικής της κίνησης των οχημάτων κατά τη διάρκεια έκτακτων καταστάσεων πέδησης.

Η προτεινόμενη τρισδιάστατη αναλυτική μέθοδος αναπτύχθηκε με στόχο τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου εργαλείου ανάλυσης της ορατότητας. Για τις ανάγκες της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής, η υπόψη μέθοδος ενσωματώθηκε και αποτελεί μέρος του λογισμικού οδοποιίας «H12», το οποίο έχει αναπτυχθεί από τον συγγραφέα της Διδακτορικής Διατριβής, και συνοψίζεται στα εξής στάδια:

- **Δημιουργία του τρισδιάστατου προσομοιώματος της οδού και του παρόδιου χώρου,** με χρήση της μεθόδου του τριγωνισμού.
- **Προσδιορισμός του απαιτούμενου ΜΟΣ,** με βάση βελτιωμένη προσέγγιση της υφιστάμενης πρακτικής, όπου λαμβάνεται υπόψη η επιρροή της πραγματικής κλίσης στη μηχανοκίνητη καθώς και τα δυναμικά χαρακτηριστικά του οχήματος κατά την κίνησή του σε οριζόντια καμπύλη.
- **Προσδιορισμός του διατιθέμενου ΜΟΣ,** μέσω του προσδιορισμού των (πιθανών) σημείων τομής των γραμμών όρασης μεταξύ οφθαλμού οδηγού –

εμποδίου, και των τριγώνων που αναπαριστούν την επιφάνεια της οδού και του παρόδιου χώρου, με χρήση αναλυτικών σχέσεων.

- **Αξιολόγηση επάρκειας ΜΟΣ μέσω επαναληπτικού αλγορίθμου**, με βάση τη διαφορά του απαιτούμενου από το διατιθέμενο ΜΟΣ ώστε είναι εφικτός ο προσδιορισμός περιοχών κατά μήκος της οδού όπου οι γραμμές όρασης μεταξύ οφθαλμού οδηγού – εμποδίου διακόπτονται από κάποιο εμπόδιο.
- **Εξαγωγή των αποτελεσμάτων της ανάλυσης με τη μορφή διαγραμμάτων απεικόνισης μεταξύ του απαιτούμενου και διατιθέμενου ΜΟΣ**. Συγκεκριμένα, παράγονται τα διαγράμματα αντιστοίχισης μεταξύ απαιτούμενου και διατιθέμενου ΜΟΣ, καθώς και η τρισδιάστατη επέκταση του διαγράμματος ορατότητας, μέσω της οποίας περιγράφονται, για κάθε σημείο της οδού, οι συνθήκες ορατότητας στο υπολειπόμενο τμήμα της.
- **Δημιουργία προοπτικών εικόνων από τη θέση του οδηγού**, κατά μήκος της υπό αξιολόγηση οδού.

Με χρήση του λογισμικού H12, η προτεινόμενη τρισδιάστατη μέθοδος εφαρμόζεται σε δύο περιπτώσεις – παραδείγματα, με στόχο τη **συσχέτιση των αποτελεσμάτων με την αντίστοιχη δισδιάστατη προσέγγιση η οποία βασίζεται στη μηκοτομή της οδού**. Επίσης, διερευνάται κατά πόσο η επιρροή βασικών γεωμετρικών παραμέτρων δύναται να επιβάλει δεσμεύσεις στο ΜΟΣ, ώστε αυτές να λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό.

Από την παραπάνω συσχέτιση, προκύπτει ότι τα αποτελέσματα των δύο αυτών προσεγγίσεων, διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό και επιβεβαιώνεται ότι **η δισδιάστατη θεώρηση δύναται να οδηγήσει σε εσφαλμένα αποτελέσματα αναφορικά με το διατιθέμενο ΜΟΣ**. Επιπλέον, τεκμηριώνεται το γεγονός ότι **ο σχεδιασμός οδών με χρήση οριακών τιμών στις παραμέτρους χάραξης, όπως αυτές δίδονται στις οδηγίες σχεδιασμού οδών, έχει ως συνέπεια την ύπαρξη ανεπαρκών μηκών ορατότητας**. Καθοριστικούς παράγοντες για τον περιορισμό του ΜΟΣ αποτελούν το κεντρικό (σε διαχωρισμένο οδόστρωμα) και τα πλευρικά στηθαία ασφαλείας, τα τοιχεία σηράγγων, τα πρανή της οδού σε όρυγμα, καθώς και το πλάτος του μη σταθεροποιημένου ερείσματος σε όρυγμα.

Η προτεινόμενη μέθοδος αποτελεί **μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στη διερεύνηση της επάρκειας ορατότητας, καθώς κατά τη διαδικασία πέδησης είναι δυνατή η ταυτόχρονη προσομοίωση τόσο των στοιχείων της διατομής, όσο και της δυναμικής της κίνησης των οχημάτων**. Επιπλέον, παρέχεται η δυνατότητα παραμετρικής εισαγωγής των στοιχείων της οδού και του περιβάλλοντος οδικού χώρου και, ως εκ τούτου, η αξιολόγηση των επιπέδων ορατότητας σε οποιοδήποτε οδικό περιβάλλον.

Λέξεις-Κλειδιά: Μήκος Ορατότητας για Στάση (ΜΟΣ), Λογισμικό οδοποιίας, Τρισδιάστατη (3-D) Χάραξη, Συνοχή Σχεδιασμού, Οδική Ασφάλεια

Extended Abstract

The issue of road safety assessment has always been the case in road design. Sight distance is a measurable parameter which can be a key criterion in road safety assessment considering the human factor. **Stopping Sight Distance (SSD) adequacy**, namely ensuring sufficient free length in the front view of the driver in order for him to be able to perceive and react to dangerous situations, **is a basic requirement for the safety of traffic flow**. The required SSD, which relates to the ability to bring the vehicle to a halt, depends on road geometry, the driver's perception – reaction ability and the vehicle's dynamic features, while it is the basis for selecting critical geometric parameters. The available SSD mainly depends on road environment and road geometry. **Therefore, it is important that SSD adequacy investigation is performed across the entire road, in relation with the features of the road environment.**

The objective of this Doctoral Thesis is the development of a methodology for SSD adequacy investigation, considering concurrently the factors which impact a road's provided safety, namely the road geometry, the vehicle and the user – driver. The proposed methodology includes considering the involved parameters in three-dimensional space and the identification of areas where the sightline between the driver's eyes and an obstacle is interrupted by an obstacle which is positioned in such way so that the road's security is compromised. More specifically, the proposed methodology relates to the following:

- As far as the **road's geometry** is concerned, the influence of roadside features is investigated, in addition to the three-dimensional consideration of the design parameters.
- Regarding the **vehicle**, the influence of its dynamic features during its movement along a curved path is taken into account and, therefore, a more accurate simulation of the braking process in a three-dimensional rolling surface is given, since this is related directly to the road's geometry.
- The presence of the **user – driver** is taken into account in the sense of the ability to perceive the alignment from the driving position, through the visualisation of the road and the surrounding environment.

In the current design practice of assessing visibility conditions, the road's geometry is not fully taken into account, given that consideration of the road environment is rather simplified and fragmentary, in a two-dimensional space. SSD adequacy investigation is mainly based on two-dimensional models, which means that check is performed independently on the horizontal alignment and the longitudinal profile. The models of assessing SSD adequacy and determining critical geometric quantities to be adopted in the design of horizontal alignment and

longitudinal profile are similar and basically only differ in the selection of their parameters. Consequently, there are parameters which are not taken into consideration and their effect can be crucial in the safety provided.

More specifically, during the assessment based on the horizontal alignment, critical parameters such as variable longitudinal slope due to the presence of a crest or sag curve, and the heights of the driver's eyes and the obstacle are ignored. Similarly, assessment based on the longitudinal profile is performed assuming that the horizontal alignment is straight, which obviously applies to individual cases, while the influence of the transverse slope of the roadway is also important. Additionally, vehicles are regarded as material points without taking into account their dynamic features, thus the correlation of their parameters with road safety is empirical. **Therefore, the proposals for ensuring SSD adequacy, through the selection of critical parameters for the combined design of horizontal and vertical geometry, are mainly given in the form of empirical recommendations, with insufficient scientific documentation.**

In addition, guidelines for road design provide mathematical formulae for calculating SSD in simple independent horizontal and vertical alignments, **with the use of simplifying assumptions which, however, not fully correspond to reality**, with chances of providing false results. For more complex cases, the use of graphical or three-dimensional methods is recommended, **but no further description is given**. Moreover, it is proposed that perspective images of the road can be created in certain positions and the need of three-dimensional analysis is emphasised.

Therefore, the current two-dimensional design methods may overestimate or underestimate available sight distance, leading to unnecessary increase in costs or, even worse, to the existence of dangerous sections along a road. In such cases, the effects can be detrimental to the cost and efficiency of existing and planned roads, given that excessive modifications and/or areas with speed limits less than those truly required are rather inevitable, which may not meet the driver's expectations and compromise design consistency.

Given that SSD adequacy is of fundamental importance for the safety of any road, **extensive research has been carried out, in determining both the required and available SSD**. The proposed methods for determining sight distance can be divided into two-dimensional (separate analysis of horizontal and vertical alignment) and three-dimensional (road is considered directly in space), as well as into graphical and analytical. As far as two-dimensional approach is concerned, methods aiming at a more precise approach of SSD assessment, in comparison with the existing road design guidelines, have been published. Furthermore, various three-dimensional methods have been developed for SSD adequacy investigation, which take into account the interaction of the elements of horizontal and vertical geometry, as well as the road environment, and thus allow for a more realistic and accurate analysis.

According to the two-dimensional method, the available SSD is calculated by considering exclusively either the horizontal alignment or the longitudinal profile. **The problem arising in cases of independent consideration of either the horizontal or the vertical profile, is the possible inaccuracy of the results of calculation, since the interaction between profiles is not taken into account in the driver's perception of the road environment, especially in cases of simultaneous existence of curvature.** An improvement to this approach is SSD calculation on both profiles and the adoption of the minimum value in each position of the road, as a conservative estimate. However, the results are still approximate. **Therefore, two-dimensional design can overestimate or underestimate SSD available, with negative effects on the economy and, especially, on the safety of the road.**

As far as three-dimensional graphical methods are concerned, they represent an alternative way for SSD analysis and allow for a correct approach to the SSD problem. **However, graphical methods prove to be time consuming, since they do not offer an automation of visibility analysis** and, hence, they are not considered effective if used in large scale road projects.

Therefore, it is obvious that three-dimensional analysis, with the use of analytical models, allows for the most appropriate approach to the issue of visibility, where the road is considered as a single entity in space, so that all of its features can be simultaneously taken into account. Additionally, the creation of perspective images from the driver's position, along the road, is a useful tool for checking the alignment's quality and for detecting problematic sections in terms of visibility.

The proposed three-dimensional methods of SSD assessment allow for an accurate simulation of a compound road environment and, hence, the accurate determination of the driver's actual field of vision. **However, most of these studies focus on the optimisation of the available SSD either by introducing new algorithms or by proposing certain combinations of design parameters, ignoring in many cases some of the elements of the road and its environment, which significantly affect visibility levels.** Furthermore, none of these approaches has suggested a comprehensive methodology to concurrently simulate from a three-dimensional perspective both the cross-section elements and the vehicle dynamics in space during emergency braking conditions. Finally, another key deficiency of the related three-dimensional methods is the lack of analysis of the design elements limiting the available SSD in each case, which would allow the designer to immediately perform the necessary adjustments to further improve the end result of the alignment.

The proposed three-dimensional analytical method has been developed in order to create a comprehensive visibility analysis tool, which will provide fast and accurate results, minimising the deficiencies identified both in relevant methods and in current practice. This method is incorporated in the "H12" road design software, which, similarly, has been developed by the author of the present Doctoral

Thesis and provides the ability to perform all tasks related to the geometric design of a road. The proposed methodology is summarised as follows:

- **A three-dimensional model of the road and the roadside area is created.** With the use of “**roadlines**” it is possible for the driver’s eye and the obstacle to be placed laterally and at any distance from the road axis, as well as for visibility levels to be specified, due to the existence of road components and equipment, which constitute potential sight obstacles. Next, a total number of road cross-sections is produced, depending on the calculations step which is defined. With the use of **triangulation** method, a network of triangles is created among the cross-sections, representing the road and formations surfaces, as well as the Digital Terrain Model of the area. The final road and roadside model is derived by the superimposition of the road model to the terrain model.
- **Demanded SSD is specified.** Demanded SSD calculation is based on an improved approach to the current practice, where both horizontal and vertical curvature are considered, by the inclusion of the influence of transversal and longitudinal friction, as well as the variable inclination along crest and sag curves.
- **Available SSD is specified.** Available SSD calculation is based on the identification of potential points of intersection between the sightlines amid the driver’s eye and the obstacle, and the triangles representing road and roadside surfaces. The equations of triangles and sightlines, as well as their points of intersection, are determined using analytical geometry.
- **SSD adequacy assessment is performed through an iterative algorithm**, so as to identify areas along the road where sightlines are interrupted by an obstacle and their length is less than the required SSD. The precision of calculations depends on the calculations step, namely the distance between two consecutive points along the road under consideration.
- **The results of analysis are exported in the form of diagrams displaying available and required SSD**, namely:
 - Demanded SSD diagram.
 - Available SSD diagram, as it has been calculated using the three-dimensional analytical method.
 - Available SSD diagram, as it has been calculated based on the longitudinal profile of the road (two-dimensional method).
 - Three-dimensional extension of the visibility diagram, through which the visibility conditions on the remaining part of the road are described, for each point of the road.
- **Perspective images from the driver’s position are created**, along the road, according to the parameters entered.

With the use of the H12 software, the proposed methodology is applied to two examples of SSD analysis, in order, firstly, to examine **to what extent the use of marginal proposed values of design parameters, according to road design guidelines, provides SSD adequacy** and, secondly, **to compare the corresponding**

results obtained by applying the two-dimensional method (where only longitudinal profile is taken into account) and the proposed three-dimensional analytical method. Two theoretical alignments are considered, with different typical cross-sections, whose horizontal alignment and longitudinal profile are of the same form, so that every possible combination of simultaneous curvature appears. Marginally allowable values of the design parameters are used, according to the Greek and German road design guidelines.

The study of visibility diagrams shows that, **in divided roads, the results of the two alternative methods vary greatly, although it is shown via both of them that the available SSD is significantly restricted in areas with crest vertical curves. In undivided roads, the corresponding results are similar in cases of crest vertical curves, where it is shown that available SSD is significantly restricted, and differ in cases of sag vertical curves, where, according to the three-dimensional method, available SSD is significantly restricted.**

These results confirm the conclusions of similar researches, namely that **the two-dimensional method may lead to incorrect results concerning the available SSD.** This method is not entirely reliable, given that, on the one hand, the horizontal alignment is considered straight and, on the other hand, only the road axis is considered and therefore cross-sectional elements are not taken into account, although they greatly affect visibility conditions. As far as road safety in relation to the available SSD is concerned, it is concluded that **design using marginal values of the alignment parameters, as they are given in road design guidelines, entails the existence of inadequate SSD.**

The key factors that may reduce or even lead to insufficient available SSD are the following:

- **The median safety barrier, in cases of motorways, in left-turn horizontal curves overlapped with crest vertical curves,** especially in the overtaking (inner) lane. Restriction of the available SSD is caused due to the short lateral distance of the driver from the safety barrier, combined with the form of the alignment. Similarly, SSD shortage may occur in case of a tunnel, where the lateral distance of the driver from the sidewall is about the same as the corresponding distance from the median safety barrier.
- **The traffic barrier on either side of the road and the cut slopes,** mainly in cases of undivided roads with one travelling lane per direction. The problem becomes more pronounced as the lateral distance between the driver and the side obstacle is reduced, therefore more critical are the cases of roads with smaller widths of traffic areas and even more in cases of right-turn horizontal curves overlapped with crest vertical curves.
- **The width of outer shoulder in cases of cut slopes.** It is obvious that the problem intensifies in cases of small width shoulders (mainly on existing roads), vertical walls in areas of technical works etc.

The proposed methodology constitutes a comprehensive approach to simulate simultaneously both the cross-section elements and the dynamics of vehicle movement during emergency braking situations, taking into account the elements of the road and its environment that affect visibility levels. The approach of SSD problem is made in the three-dimensional space, in the sense that both the road and its environment are treated as a whole, as opposed to the usual practice of SSD analysis. The main advantages of the proposed methodology include:

- The procedure of entering the required parameters and creating the three-dimensional road and roadside model is **simple, fast and reliable**, giving the designer **the possibility to explore the influence of a large number of factors involved in SSD assessment**.
- All the road elements and features are represented **in a realistic way**.
- The proposed approach for determining the available SSD, through analytical equations, is **flexible and efficient**.
- It is indicated, at each position along the road, **the cause that leads to restricted or insufficient SSD**, therefore corrective adjustments can be immediately made by the designer.
- The three-dimensional extension of the visibility diagram provides the possibility to evaluate, in every position, **the road length in front of the driver that is visible and the SSD deficiency**, as well as the cause of SSD restriction in positions where SSD is insufficient.
- With the use of perspective images created along the road, **the quality check of the three-dimensional alignment can be carried out and also SSD assessment can be performed directly**, without the use of visibility diagrams.

This methodology can be applied to **any road environment in which SSD assessment is required**, while its accuracy is variable and is selected by the designer, depending on the importance and the design stage of the road under consideration.

Keywords: Stopping Sight Distance (SSD), Road Design Software, Three-Dimensional (3-D) Alignment, Design Consistency, Road Safety

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	23
1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	25
1.1.1 Γενικά.....	25
1.1.2 Μήκος Ορατότητας για Στάση.....	28
1.1.3 Διερεύνηση Επάρκειας ΜΟΣ.....	29
1.1.4 Οπτικοποίηση και Προοπτική Απεικόνιση της Οδού	30
1.1.5 Σύνοψη.....	31
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ.....	32
1.3 ΔΟΜΗ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ.....	33
Κεφάλαιο 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	35
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	37
2.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΟΥ ΜΟΣ	39
2.2.1 Δισδιάστατες Μέθοδοι	39
2.2.2 Τρισδιάστατες Μέθοδοι	45
2.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΟΣ	72
2.4 ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΟΔΟΥ	75
2.4.1 Γενικά.....	75
2.4.2 Εφαρμογή στον Σχεδιασμό Οδών	79
2.5 ΣΥΝΟΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ – ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....	86
Κεφάλαιο 3: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ	89
3.1 ΓΕΝΙΚΑ	91
3.2 ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΔΩΝ	93
3.3 ΓΕΡΜΑΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΔΩΝ	99
3.4 ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΔΩΝ	103
3.5 ΑΥΣΤΡΑΛΙΑΝΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΔΩΝ	109
3.6 ΧΑΡΑΞΗ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ.....	117
3.6.1 Γενικά.....	117
3.6.2 Τα Προβλήματα στην Προοπτική Εικόνα της Οδού	117
3.6.3 Πρόσθετες Συστάσεις.....	120
3.7 ΣΥΝΟΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ – ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....	123
Κεφάλαιο 4: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	125
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	127
4.1.1 Μήκος Ορατότητας για Στάση.....	127
4.1.2 Στοιχεία Τυπικής Διατομής.....	130
4.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΟΔΟΥ	132
4.2.1 Οδογραμμές	132
4.2.2 Τριγωνισμός.....	135
4.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ & ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΟΥ ΜΟΣ.....	139
4.3.1 Απαιτούμενο ΜΟΣ.....	139

4.3.2 Διατιθέμενο ΜΟΣ	140
4.3.3 Αλγόριθμος Υπολογισμού ΜΟΣ	144
4.4 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ	148
4.4.1 Στοιχεία Προοπτικής Γεωμετρίας	148
4.4.2 Προοπτική Απεικόνιση Οδού	149
4.4.2.1 Γενικά στοιχεία	149
4.4.2.2 Πεδίο ορατότητας του οδηγού	149
4.4.2.3 Διαδικασία προοπτικής απεικόνισης	150
Κεφάλαιο 5: ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΟΔΟΠΟΙΑΣ «H12»	155
5.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	157
5.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ «H12»	160
5.2.1 Προγράμματα	160
5.2.2 Δεδομένα	163
5.2.3 Αρχεία Εργασίας	164
5.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ	165
5.3.1 Υπολογισμός Ορατότητας	165
5.3.2 Διαγράμματα Ορατότητας	167
5.3.3 Επέκταση Διαγραμμάτων Ορατότητας	169
5.3.4 Προοπτικές Εικόνες	174
Κεφάλαιο 6: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ	179
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	181
6.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	182
6.2.1 Παράμετροι Χαράξεων	182
6.2.1.1 Γενικές παράμετροι	182
6.2.1.2 Οριζοντιογραφία	183
6.2.1.3 Μηκοτομή	184
6.2.1.4 Τυπική διατομή	185
6.2.1.5 Προσδιορισμός ΜΟΣ	189
6.2.1.6 Προοπτικές εικόνες	190
6.2.2 Π.1: Οδός με Διαχωρισμένες Επιφάνειες Κυκλοφορίας	190
6.2.3 Π.2: Οδός με Ενιαία Επιφάνεια Κυκλοφορίας	203
6.3 ΣΥΝΟΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ – ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	218
Κεφάλαιο 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	223
7.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	225
7.2 ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ	231
7.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	235
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ	237
ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ ΤΟΥ ΥΠΟΨΗΦΙΟΥ	243
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	249

Κατάλογος Σχημάτων & Πινάκων

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 2.1: Αποτελέσματα δύο εναλλακτικών μεθόδων μελέτης ορατότητας (προτεινόμενη & κατά AASHTO) σε τμήμα χάραξης. (Lovell, Jong & Chang, 2001)	42
Σχήμα 2.2: Διάγραμμα απαιτούμενου και διατιθέμενου ΜΟΣ κατά μήκος υφιστάμενης οδού. (Nehate & Rys, 2006)	43
Σχήμα 2.3: Νομογράφημα για τον προσδιορισμό σημείων της Περιβάλλουσας Καμπύλης Ορατότητας σε καμπύλες οριζοντιογραφίας. (Mauga, Ghanma & Ahmed, 2013)	45
Σχήμα 2.4: Προοπτική άποψη της οδού από τη θέση του οδηγού. (Sanchez, 1994)	46
Σχήμα 2.5: Πολυγωνικά πεπερασμένα στοιχεία 4 & 6 κόμβων. (Hassan, Easa & Abd El Halim, 1996)	48
Σχήμα 2.6: Αναπαράσταση κυρτής καμπύλης μηκοτομής με χρήση πεπερασμένων στοιχείων 4 & 6 κόμβων. (Hassan, Easa & Abd El Halim, 1996)	49
Σχήμα 2.7: Προσομοίωση των δεσμών φωτός των προβολέων ενός οχήματος, με χρήση τριγωνικών πεπερασμένων στοιχείων. (Hassan, Easa & Abd El Halim, 1997)	50
Σχήμα 2.8: Μήκος ορατότητας λόγω των προβολέων του οχήματος συναρτήσει της ακτίνας οριζοντιογραφικής καμπύλης, σε κοίλη καμπύλη μηκοτομής για διάφορες τιμές επίκλισης. (Hassan, Easa & Abd El Halim, 1997)	51
Σχήμα 2.9: Αποτελέσματα ανάλυσης ορατότητας. (Zimmermann & Roos, 2005)	53
Σχήμα 2.10: Σύγκριση αποτελεσμάτων μεθόδων προσδιορισμού μήκους ορατότητας. (Ismail & Sayed, 2007)	54
Σχήμα 2.11: Κατανομή συχνότητας του διατιθέμενου και απαιτούμενου ΜΟΣ σε κάποια θέση της οδού και σύγκριση με τις τιμές κατά τις οδηγίες σχεδιασμού οδών. (Sarhan & Hassan, 2008)	56
Σχήμα 2.12: Διάγραμμα διατιθέμενου & απαιτούμενου ΜΟΣ, και πιθανότητας κινδύνου. (Sarhan & Hassan, 2008)	56
Σχήμα 2.13: Τρισδιάστατη απεικόνιση διατομών που έχουν προκύψει από τρισδιάστατη σάρωση της οδού. (Μαυρομάτης, Παγούνης, Παλάσκας & Μαρούδας, 2009)	58
Σχήμα 2.14: Αναπαράσταση των στοιχείων της γεωμετρίας της χάραξης. (Kim & Lovell, 2010)	59
Σχήμα 2.15: Σύγκριση των αποτελεσμάτων μεθόδων προσδιορισμού μήκους ορατότητας. (Kim & Lovell, 2010)	60
Σχήμα 2.16: Διάγραμμα διατιθέμενου ΜΟΣ με ύπαρξη συνεχούς πλευρικού εμποδίου, για συγκεκριμένη διάταξη οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. (Moreno, Ferrer, Garcia & Romero, 2010) ..	62
Σχήμα 2.17: Επιρροή του μήκους καμπύλης στο διατιθέμενο ΜΟΣ. (Moreno, Ferrer, Garcia & Romero, 2010)	63
Σχήμα 2.18: Λογισμικό D.I.T.S. – Δημιουργία προοπτικής εικόνας της οδού και διαγράμματα ελέγχου. (Di Vito & Cantisani, 2010)	65
Σχήμα 2.19: Διάγραμμα ορατότητας, στο οποίο απεικονίζονται τα ΜΟΣ, καθώς και οι «γωνίες ορατότητας» σε κάθε θέση. (Altamira, Marcet, Graffigna & Gomez, 2010)	66
Σχήμα 2.20: Το μοντέλο οδού, το ψηφιακό εδάφος της περιοχής, καθώς και το μοντέλο του πεδίου ορατότητας με τη μορφή κώνου. (Jha, Karri & Kuhn, 2011)	67
Σχήμα 2.21: Το ορθογωνικό επίπεδο μεταξύ οφθαλμού και εμποδίου, στο οποίο περιέχεται η γραμμή όρασης. (Jha, Karri & Kuhn, 2011)	68
Σχήμα 2.22: Πιθανές περιπτώσεις περιορισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ από το κεντρικό σιθθαίο ασφαλείας. (Sarhan & Hassan, 2012)	70
Σχήμα 2.23: Νομογραφήματα διατιθέμενου ΜΟΣ σε οριζόντιες καμπύλες που επαλληλίζονται με κυρτές καμπύλες μηκοτομής (Sarhan & Hassan, 2012)	70
Σχήμα 2.24: Παράμετροι κατά την εφαρμογή της μεθόδου κεντρικής προοπτικής. (H ViSt, 2008)	76

Σχήμα 2.25: Παράμετροι που περιγράφουν το πεδίο όρασης του οδηγού. (H ViSt, 2008).....	77
Σχήμα 2.26: Κατηγορίες προοπτικών εικόνων: (α) προοπτική δικτύου πλέγματος, (β) προοπτική πλήρων επιφανειών, (γ) προοπτική πραγματικής φωτογραφίας. (H ViSt, 2008)	77
Σχήμα 2.27: Κανονικό προοπτικό. (H ViSt, 2008).....	78
Σχήμα 2.28: Στάδια παραγωγής προοπτικών εικόνων. (H ViSt, 2008).....	79
Σχήμα 2.29: Προσομοίωση στον σχεδιασμό οδών. (H ViSt, 2008)	79
Σχήμα 2.30: Υποδιαίρεση ενός οδικού τμήματος σε πρότυπα στοιχεία χώρου. (H ViSt, 2008).....	81
Σχήμα 2.31: Σκίαση ορατότητας. (H ViSt, 2008).....	82
Σχήμα 2.32: Μη ορατή αρχή οριζόντιας καμπύλης. (H ViSt, 2008)	82
Σχήμα 2.33: Παράδειγμα ταινίας σκίασης ορατότητας με κρίσιμη περιοχή σκίασης ορατότητας και μη ορατή αρχή οριζόντιας καμπύλης. (H ViSt, 2008).....	83
Σχήμα 2.34: Διαδικασία ελέγχου της χάραξης στον χώρο. (H ViSt, 2008).....	84
Σχήμα 3.1: Απαιτούμενο ΜΟΣ S_h σε υγρό οδόστρωμα, σε οδούς των ομάδων Α και Β. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).....	94
Σχήμα 3.2: Στοιχεία ελέγχου ορατότητας από τον πλευρικό ελεύθερο οπτικών εμποδίων χώρο. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)	95
Σχήμα 3.3: Σχέση μεταξύ ελάχιστης ακτίνας κυρτής καμπύλης μηκοτομής και του ΜΟΣ. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).....	96
Σχήμα 3.4: Θέση του οφθαλμού και του εμποδίου ΖΡ για τον προσδιορισμό του ΜΟΣ. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).....	97
Σχήμα 3.5: Απαιτούμενο ΜΟΣ συναρτήσει της κατά μήκος κλίσης της οδού και της ταχύτητας. (ΡΑΑ-Ρ1, 2008).....	100
Σχήμα 3.6: Γεωμετρικό μοντέλο για τον προσδιορισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ σε αριστερές καμπύλες αυτοκινητοδρόμων, με διαχωρισμένη επιφάνεια κυκλοφορίας. (ΡΑΑ-Ρ1, 2008).....	102
Σχήμα 3.7: Στοιχεία για τον προσδιορισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ σε καμπύλες οριζοντιογραφίας. (ΑΑΣΗΤΟ, 2011).....	106
Σχήμα 3.8: Παράμετροι για τον υπολογισμό του μήκους κυρτής καμπύλης μηκοτομής ώστε να παρέχεται επάρκεια ΜΟΣ. (ΑΑΣΗΤΟ, 2011).....	107
Σχήμα 3.9: Γεωμετρικά μοντέλα υπολογισμού του ΜΟΣ σε κυρτές και κοίλες καμπύλες μηκοτομής. (Αustroads, 2009)	112
Σχήμα 3.10: Γεωμετρικό μοντέλο προσδιορισμού του πλάτους του πλευρικού χώρου ελεύθερου εμποδίων. (Αustroads, 2009).....	113
Σχήμα 3.11: Πλάτος πλευρικού χώρου ελεύθερου εμποδίων σε σχέση με την ακτίνα της οριζοντιογραφικής καμπύλης και το απαιτούμενο ΜΟΣ. (Αustroads, 2009).....	114
Σχήμα 3.12: Επιλογή καμπύλης οριζοντιογραφίας μεγαλύτερης ακτίνας από την ελάχιστη. (Κανελλαΐδης & Δραγομάνοβιτς, 2011).....	118
Σχήμα 3.13: Μηκοτομή με ευθύγραμμη οριζοντιογραφία. (Κανελλαΐδης & Δραγομάνοβιτς, 2011) ..	119
Σχήμα 3.14: Σχέση ακτίνων κοίλων και κυρτών τόξων μηκοτομής σε λοφώδη και ορεινά εδάφη. (Κανελλαΐδης & Δραγομάνοβιτς, 2011).....	119
Σχήμα 3.15: Βύθισμα στην ευθύγραμμη (αριστερά) και στην καμπύλη (δεξιά). (Κανελλαΐδης & Δραγομάνοβιτς, 2011).....	120
Σχήμα 3.16: Άλμα της οδού (αριστερά) και άλμα με μετατόπιση (δεξιά). (Κανελλαΐδης & Δραγομάνοβιτς, 2011).....	120
Σχήμα 3.17: Αρχή οριζοντιογραφικής καμπύλης σε περιοχή κυρτώματος. (Κανελλαΐδης & Δραγομάνοβιτς, 2011).....	121
Σχήμα 3.18: Απόκρυψη οριζοντιογραφικής καμπύλης από τεχνικό έργο στην αριστερή χάραξη. Αντίθετα, στη δεξιά χάραξη η καμπυλότητα του τεχνικού έργου επιτρέπει την αναγνώριση της καμπύλης. (Κανελλαΐδης & Δραγομάνοβιτς, 2011).....	122
Σχήμα 4.1: Απαιτούμενο ΜΟΣ. (Κανελλαΐδης, Μαλέρδος, Καλτσούνης & Γλαρός, 2010).....	127

Σχήμα 4.2: Έλεγχος ορατότητας με βάση την οριζόντια χάραξη της οδού. (Κανελλαΐδης, Μαλέρδος, Καλτσούνης & Γλαρός, 2010).....	128
Σχήμα 4.3: Έλεγχος ορατότητας με βάση τη μηκοτομή της οδού. (Μαυρομάτης, Ψαριανός, Μερτζάνης, Τσιούγκος & Σουπιωνάς, 2012)	129
Σχήμα 4.4: Χαρακτηριστικά τμήματα μιας τυπικής διατομής: 1. κυκλοφοριακός χώρος, 2. διαμορφώσεις της οδού, 3. πρανή, 4. διαμορφώσεις του εδάφους, 5. έδαφος	130
Σχήμα 4.5: Οδογραμμές σε μη διαχωρισμένη οδό μίας λωρίδας κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση (το αρνητικό πρόσημο αναφέρεται στην αριστερή πλευρά της οδού).....	132
Σχήμα 4.6: Οδογραμμές σε διαχωρισμένη οδό δύο λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση (τα αρνητικά πρόσημα αναφέρονται στην αριστερή πλευρά της οδού).	133
Σχήμα 4.7: Διάταξη οδογραμμών σε εγκάρσια τομή (πάνω) και κάτοψη (κάτω) για τη διερεύνηση επάρκειας ΜΟΣ στη λωρίδα προσπέρασης (πλάτους w) διαχωρισμένης οδού με δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση (το αρνητικό πρόσημο αντιστοιχεί στην αριστερή κατεύθυνση κυκλοφορίας).....	134
Σχήμα 4.8: Πολύγωνο Thiessen. (Petrie & Kennie, 1990)	136
Σχήμα 4.9: Χάραξη κύκλου για τον προσδιορισμό του επόμενου γειτονικού σημείου Thiessen. (Petrie & Kennie, 1990).....	137
Σχήμα 4.10: Προσομοίωμα της οδού και του περιβάλλοντός της κατά την υπέρθεση του μοντέλου της οδού στο μοντέλο εδάφους.....	138
Σχήμα 4.11: Τα σημεία Α, Β και Γ ορίζουν ένα επίπεδο στον χώρο, το οποίο αντιπροσωπεύει τμήμα της επιφάνειας της οδού ή του περιβάλλοντός της.	141
Σχήμα 4.12: Τομή γραμμής όρασης (ευθείας) και επιπέδου.	143
Σχήμα 4.13: Έλεγχος ώστε το σημείο τομής γραμμής όρασης και επιπέδου να βρίσκεται εντός του τριγώνου.	144
Σχήμα 4.14: Διάγραμμα ροής της μεθόδου ανάλυσης ορατότητας.	146
Σχήμα 4.15: Διακοπή της γραμμής όρασης σε καμπύλο τμήμα οδού. (Μαυρομάτης, Παλάσκας & Ψαριανός, 2012)	147
Σχήμα 4.16: Αρχές προοπτικής γεωμετρίας (Taiganidis & Kanellaidis, 1999).....	148
Σχήμα 4.17: Σχέση ταχύτητας – σημείου εστίασης της όρασης – γωνίας περιφερειακής όρασης (WRA-PIARC, 2003).	150
Σχήμα 4.18: Απεικόνιση των τριών θεωρούμενων σημείων που ορίζουν το επίπεδο προβολής.	151
Σχήμα 4.19: Απεικόνιση σημείου στο τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων και στο δισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων του επιπέδου προβολής.	152
Σχήμα 4.20: Μεταφορά και περιστροφή συστήματος αξόνων ως προς άλλο, με κοινή αρχή και διαφορά γωνίας θ , α) στον χώρο και β) σε κάτοψη.	154
Σχήμα 5.1: Περιβάλλον εργασίας του λογισμικού H12.	158
Σχήμα 5.2: Επεξήγηση συμβόλων λογισμικού H12.	159
Σχήμα 5.3: Το παράθυρο γραμμής εντολών που εμφανίζεται κατά την εκτέλεση του προγράμματος «Ορατότητες». (λογισμικό H12)	162
Σχήμα 5.4: Τμήμα του λογιστικού φύλλου δεδομένων για τη μηκοτομή. (λογισμικό H12)	163
Σχήμα 5.5: Αρχείο με στοιχεία της οριζοντιογραφίας. (λογισμικό H12)	164
Σχήμα 5.6: Πληροφορίες (υπόμνημα) παραγόμενου διαγράμματος ορατότητας. (λογισμικό H12)	167
Σχήμα 5.7: Διάγραμμα προσδιορισμού επάρκειας ΜΟΣ. (λογισμικό H12)	168
Σχήμα 5.8: Χρωματικός διαχωρισμός της ανεπάρκειας διατιθέμενου ΜΟΣ. (λογισμικό H12)	168
Σχήμα 5.9: Επέκταση του διαγράμματος ΜΟΣ σε κάτοψη και σε αξονομετρική παρουσίαση. (λογισμικό H12)	170
Σχήμα 5.10: Ανάλυση της επέκτασης του διαγράμματος ορατότητας, σε κάποια Χ.Θ.	171
Σχήμα 5.11: Τμήμα της επέκτασης του διαγράμματος ορατότητας, για κάποια χιλιομετρική θέση της οδού (Α).....	172

Σχήμα 5.12: Τμήμα της επέκτασης του διαγράμματος ορατότητας, για κάποια χιλιομετρική θέση της οδού (Β).....	173
Σχήμα 5.13: Τμήμα της επέκτασης του διαγράμματος ορατότητας, για κάποια χιλιομετρική θέση της οδού (Γ).	173
Σχήμα 5.14: Προοπτική απεικόνιση οδού δύο λωρίδων κυκλοφορίας με επάρκεια ΜΟΣ στην εξεταζόμενη θέση. (λογισμικό H12)	176
Σχήμα 5.15: Προοπτική απεικόνιση οδού δύο λωρίδων κυκλοφορίας με οριακή επάρκεια ΜΟΣ στην εξεταζόμενη θέση. (λογισμικό H12)	177
Σχήμα 5.16: Προοπτική απεικόνιση σε δεξιόστροφη καμπύλη αυτοκινητόδρομου με επάρκεια ΜΟΣ στην εξεταζόμενη θέση. (λογισμικό H12).....	177
Σχήμα 6.1: Στοιχεία χάραξης εφαρμογών.	182
Σχήμα 6.2: Επιφανειακά στοιχεία τυπικής διατομής και οδογραμμές οδού με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας και κεντρικό στηθαίο τύπου Jersey μεγάλων διαστάσεων, σε ευθυγραμμία.	186
Σχήμα 6.3: Επιφανειακά στοιχεία τυπικής διατομής και οδογραμμές οδού με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, σε ευθυγραμμία.	187
Σχήμα 6.4: Επιφανειακά στοιχεία διαμορφώσεων μη σταθεροποιημένου ερείσματος.	188
Σχήμα 6.5: Οριζοντιογραφία με οδογραμμές της εφαρμογής Π.1.....	192
Σχήμα 6.6: Μηκοτομή της εφαρμογής Π.1.	193
Σχήμα 6.7: Τυπική διατομή (επιφανειακά στοιχεία) σε ευθυγραμμία της εφαρμογής Π.1.	194
Σχήμα 6.8: Απόσπασμα του τρισδιάστατου μοντέλου της οδού της εφαρμογής Π.1.....	194
Σχήμα 6.9: Διάγραμμα ΜΟΣ για την εφαρμογή Π.1.....	195
Σχήμα 6.10: Λεπτομέρεια 1 του διαγράμματος ΜΟΣ της εφαρμογής Π.1, στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής.	197
Σχήμα 6.11: Λεπτομέρεια 2 του διαγράμματος ΜΟΣ της εφαρμογής Π.1, στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής.	198
Σχήμα 6.12: Επέκταση διαγράμματος ΜΟΣ για την εφαρμογή Π.1.	200
Σχήμα 6.13: Τμήμα της επέκτασης του διαγράμματος ΜΟΣ για την εφαρμογή Π.1.....	201
Σχήμα 6.14: Προοπτική εικόνα σε θέση της οδού στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν επαρκεί, για την εφαρμογή Π.1.....	202
Σχήμα 6.15: Προοπτική εικόνα σε θέση της οδού στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ επαρκεί, για την εφαρμογή Π.1.....	202
Σχήμα 6.16: Οριζοντιογραφία με οδογραμμές της εφαρμογής Π.2.....	205
Σχήμα 6.17: Μηκοτομή της εφαρμογής Π.2.	206
Σχήμα 6.18: Τυπική διατομή (επιφανειακά στοιχεία) σε ευθυγραμμία της εφαρμογής Π.2.	206
Σχήμα 6.19: Απόσπασμα του τρισδιάστατου μοντέλου της οδού της εφαρμογής Π.2.....	207
Σχήμα 6.20: Διάγραμμα ΜΟΣ για την εφαρμογή Π.2.....	208
Σχήμα 6.21: Λεπτομέρεια 1 του διαγράμματος ΜΟΣ της εφαρμογής Π.2, στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής.	210
Σχήμα 6.22: Λεπτομέρεια 2 του διαγράμματος ΜΟΣ της εφαρμογής Π.2, στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής.	211
Σχήμα 6.23: Λεπτομέρεια 3 του διαγράμματος ΜΟΣ της εφαρμογής Π.2, στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής.	212
Σχήμα 6.24: Λεπτομέρεια 4 του διαγράμματος ΜΟΣ της εφαρμογής Π.2, στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής.....	212
Σχήμα 6.25: Επέκταση διαγράμματος ΜΟΣ για την εφαρμογή Π.2.	213
Σχήμα 6.26: Τμήμα της επέκτασης του διαγράμματος ΜΟΣ για την εφαρμογή Π.2.....	214

Σχήμα 6.27: Προοπτική εικόνα σε θέση της οδού στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν επαρκεί, για την εφαρμογή Π.2.....	215
Σχήμα 6.28: Προοπτική εικόνα σε θέση της οδού στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής, όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν επαρκεί, για την εφαρμογή Π.2.....	216
Σχήμα 6.29: Προοπτική εικόνα σε θέση της οδού στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν επαρκεί, για την εφαρμογή Π.2.....	216
Σχήμα 6.30: Προοπτική εικόνα σε θέση της οδού στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής, όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ επαρκεί, για την εφαρμογή Π.2.....	217
Σχήμα Π.1: Εφαρμογή διεύρυνσης σε οδό (λογισμικό H12)	270
Σχήμα Π.2: Σχεδιασμός τοίχου αντιστήριξης (λογισμικό H12).	272
Σχήμα Π.3: Τόξο στρογγύλευσης μηκοτομής οδού.	283
Σχήμα Π.4: Συμμετρικά τόξα συναρμογής σε κορυφή πολυγωνικής οδού.....	294
Σχήμα Π.5: Μη συμμετρικά τόξα συναρμογής σε κορυφή πολυγωνικής οδού	295
Σχήμα Π.6: Διάγραμμα προσδιορισμού της επίκλισης σε καμπύλες υπεραστικών οδών – Ομάδα οδών Α – ΠΕΔΙΝΑ εδάφη. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).....	312
Σχήμα Π.7: Διάγραμμα προσδιορισμού της επίκλισης σε καμπύλες υπεραστικών οδών – Ομάδα οδών Α – ΛΟΦΩΔΗ και ΟΡΕΙΝΑ εδάφη. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).....	312
Σχήμα Π.8: Επιτρεπόμενη αλληλουχία ακτινών καμπύλων για οδούς ομάδας Α και τις κατηγορίες κατηγορίας ΒΙ και ΒΙΙ (επιθυμητή για τις κατηγορίες ΒΙΙΙ και ΒΙV). (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)	314

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 2.1: Στοιχεία προς απεικόνιση & χρωματική απόδοση προοπτικής εικόνας. (H ViSt, 2008)..	78
Πίνακας 2.2: Απαραίτητη μετατόπιση (m) της αρχής του κυρτού τόξου μετά την αρχή της οριζόντιας καμπύλης κατά την αλληλουχία ευθυγραμμία – κλωθοειδής – κυκλικό τόξο. (H ViSt, 2008).....	81
Πίνακας 3.1: Συντελεστής d υπολογισμού του ΜΟΣ. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)	95
Πίνακας 3.2: Βασικές τιμές μεγεθών για τον προσδιορισμό του διαθέσιμου ΜΟΣ. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001) 97	
Πίνακας 3.3: Απαιτούμενο ΜΟΣ συναρτήσει της κατά μήκος κλίσης της οδού και της ταχύτητας. (RAA-R1, 2008).....	100
Πίνακας 3.4: ΜΟΣ για διάφορες ταχύτητες μελέτης (s=0%). (AASHTO, 2011)	104
Πίνακας 3.5: ΜΟΣ για διάφορες τιμές ταχύτητας, με την επιρροή της κατά μήκος κλίσης. (AASHTO, 2011).....	104
Πίνακας 3.6: Τιμές επιβράδυνσης ανάλογα με το είδος του οχήματος και την κατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος. (Austroads, 2009).....	110
Πίνακας 3.7: Απαιτούμενο ΜΟΣ για επιβατικά οχήματα σε καθαρό οδόστρωμα. (Austroads, 2009) 111	
Πίνακας 3.8: Απαιτούμενο ΜΟΣ για φορτηγά οχήματα σε καθαρό οδόστρωμα. (Austroads, 2009) ..	113
Πίνακας 6.1: Δεδομένα πολυγωνικής εφαρμογών	183
Πίνακας 6.2: Δεδομένα μηκοτομής της εφαρμογής Π.1.	191
Πίνακας 6.3: Στοιχεία οριζοντιογραφίας της εφαρμογής Π.1	193
Πίνακας 6.4: Στοιχεία μηκοτομής της εφαρμογής Π.1.....	193
Πίνακας 6.5: Δεδομένα μηκοτομής της εφαρμογής Π.2.	203
Πίνακας 6.6: Στοιχεία οριζοντιογραφίας της εφαρμογής Π.2.	205
Πίνακας 6.7: Στοιχεία μηκοτομής της εφαρμογής Π.2.....	206
Πίνακας Π.1: Διαστάσεις τοίχου αντιστήριξης.	272

Πίνακας Π.2: Λειτουργικά χαρακτηριστικά και παράμετροι μελέτης οδών (οι ΟΜΟΕ-Χ ισχύουν για τις οδούς ΑΙ έως ΑΥ και Β) (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).	310
Πίνακας Π.3: Ελάχιστες ακτίνες καμπυλών για οδούς των ομάδων Α και Β. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).....	311
Πίνακας Π.4: Μέγιστες κατά μήκος κλίσεις. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).....	315
Πίνακας Π.5: Μέγιστες κατά μήκος κλίσεις οδών κατηγορίας ΒΙ (αστικών αυτοκινητόδρομων). (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).	316
Πίνακας Π.6: Οριακές τιμές ακτίνων κυρτών κατακόρυφων καμπυλών συναρμογής για οδούς των ομάδων Α και Β. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).	317
Πίνακας Π.7: Ελάχιστες τιμές ακτίνων κοίλων κατακόρυφων καμπυλών συναρμογής για οδούς των ομάδων Α και Β. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).	317
Πίνακας Π.8: Οριακές τιμές πρόσθετης κλίσης οριογραμμών Δs για ομάδες οδών Α & Β. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).....	318
Πίνακας Π.9: Κριτήριο Ασφαλείας Ι για υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας (Κατηγορίες οδών Α Ι έως Α ΙV). (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).....	319
Πίνακας Π.10: Κριτήριο Ασφαλείας ΙΙ για υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας (Κατηγορίες οδών Α Ι έως Α ΙV). (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).....	319
Πίνακας Π.11: Κριτήριο Ασφαλείας ΙΙΙ για οδούς των ομάδων Α και Β. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).....	320

Εισαγωγή

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η επάρκεια του εμπρόσθιου ορατού μήκος οδού, γνωστού ως **μήκος ορατότητας**, αποτελεί ιδιαίτερα κρίσιμη παράμετρο σε υφιστάμενες και υπό μελέτη οδούς, δεδομένου ότι η δυνατότητα των οδηγών να αντιληφθούν καταστάσεις ή εμπόδια τα οποία δυσχεραίνουν την ομαλή κίνηση του οχήματός τους, ώστε έγκαιρα να προβούν σε αναγκαίους ελιγμούς, χωρίς αμφιβολία συνεισφέρει στην ασφαλή λειτουργία μιας οδού. Ιδιαίτερα στις υπεραστικές οδούς, όπου οι τιμές ταχυτήτων είναι υψηλές και κατά συνέπεια, η σοβαρότητα των τροχαίων ατυχημάτων μεγαλύτερη, **απαιτείται επισταμένη ανάλυση των συνθηκών ορατότητας κατά μήκος της οδού**.

Σε οποιοδήποτε οδικό περιβάλλον η ασφάλεια των χρηστών αποτελεί κυρίαρχο ζητούμενο. Υπό αυτήν την έννοια, κατά τη διαδικασία σχεδιασμού νέων οδών, καθώς και στις προτάσεις βελτίωσης υφιστάμενων χαράξεων, **η εξασφάλιση αναγκαιών μηκών ορατότητας, σε όλο το μήκος μιας οδού, είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ενίσχυση της αίσθησης ασφάλειας στον ίδιο τον οδηγό**.

Η επάρκεια μήκους ορατότητας αποτελεί κεφαλαιώδους σημασίας προτεραιότητα στον σχεδιασμό οδών, ενώ **η άμεση διασύνδεσή του με την οδική ασφάλεια έχει τονιστεί επανειλημμένα σε πολλές ερευνητικές εργασίες** (π.χ. Sanchez, 1994; Hassan et al., 1996; Zimmermann & Roos, 2005; Ismail et al., 2007; Moreno et al., 2010; Kim & Lovell, 2010; Jha et al., 2011).

Όσον αφορά στην εσφαλμένη εκτίμηση του οδικού περιβάλλοντος εκ μέρους του οδηγού, η οποία σε κάθε περίπτωση είναι ανεπιθύμητη, πρέπει να τονιστεί ότι αυτή, κατά βάση, οφείλεται σε ανεπιτυχή συνδυασμό μεταξύ της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής της οδού και λιγότερο στον ίδιο τον οδηγό. **Οι οδηγοί είναι οι τελευταίοι στους οποίους πρέπει να επιρρίπτονται ευθύνες, καθώς οι οδοί θα πρέπει να σχεδιάζονται με ομοιογένεια και σαφήνεια** (Kanellaidis & Vardaki, 2011).

Στην υφιστάμενη πρακτική σχεδιασμού οδών, παρόλο που το ζήτημα της τρισδιάστατης θεώρησης θεωρείται ικανή και αναγκαία συνθήκη προκειμένου να υπάρξει συνολική εποπτεία της οδού, στην πραγματικότητα **ο καθορισμός κρίσιμων γεωμετρικών παραμέτρων βασίζεται σε αποσπασματική θεώρηση του οδικού περιβάλλοντος σε δισδιάστατο χώρο**. Κατά συνέπεια, τόσο στην Ελλάδα, όσο και διεθνώς, η διερεύνηση επάρκειας ορατότητας, δεδομένων των περιορισμένων στοιχείων ανάλυσης, χαρακτηρίζεται από αποσπασματικότητα, αλλά σε πολλές περιπτώσεις και από μειωμένη θεώρηση του πραγματικού πεδίου ορατότητας, με δυσμενείς επιπτώσεις για τους χρήστες των οδών.

Μέχρι πρόσφατα, δεδομένης της έλλειψης συγκεκριμένων κριτηρίων αξιολόγησης, η εποπτεία της οδού στον χώρο ελάχιστα λαμβάνονταν υπόψη κατά τη διαδικασία σχεδιασμού. **Το αποτέλεσμα αυτής της προσέγγισης, δεδομένου ότι αγνοείται η αλληλεπίδραση μεταξύ των επιμέρους αυτοτελών δισδιάστατων απεικονίσεων, είναι να υπάρχουν μόνο γενικές συστάσεις σε εμπειρικό επίπεδο ως προς τον κατάλληλο συνδυασμό τους (π.χ. AASHTO, 2011; RAA-R1, 2008).** Οι συστάσεις αυτές περιορίζονται σε γενικές περιγραφές και δεν δίνονται ακριβείς και ποσοτικές λύσεις. Συνεπώς, ο επιτυχημένος σχεδιασμός μιας οδού επαφίεται στη κρίση του μελετητή και στη ικανότητά του να προβλέπει το συνδυασμένο αποτέλεσμα οριζοντιογραφίας και μηκοτομής.

Σύμφωνα με τις Γερμανικές οδηγίες σχεδιασμού αυτοκινητόδρομων (RAA-R1, 2008), **η πλέον ενδεδειγμένη μεθοδολογία λεπτομερούς και αξιόπιστης αξιολόγησης μιας χάραξης στον χώρο, αποτελεί η δημιουργία προοπτικών εικόνων των υπό μελέτη οδικών τμημάτων.** Επιπλέον, η μόνη πραγματικά χρήσιμη προοπτική απεικόνιση είναι αυτή από τη θέση των οφθαλμών του οδηγού επί της οδού. Με τον σχεδιασμό μιας προοπτικής απεικόνισης της οδού όπως αυτή φαίνεται από ψηλά (πανοραμική άποψη), ο μελετητής δεν είναι πάντα σε θέση να αντιληφθεί τα προβλήματα ορατότητας που ενδεχομένως αντιμετωπίζει ο οδηγός (Smith & Lamn, 1993; Ταϊγανίδης, 1998).

Κατά τη διαδικασία οδήγησης, η σημασία των οπτικών ενδείξεων είναι πολύ μεγάλη για τον οδηγό, λαμβάνοντας υπόψη ότι το μεγαλύτερο μέρος των απαιτούμενων πληροφοριών του προσλαμβάνονται μέσω της όρασης. Ωστόσο, παρόλο που οι οπτικές ενδείξεις είναι συνάρτηση της «αισθητικής της οδού» (δηλαδή της ποιότητας της προοπτικής εικόνας της οδού) και της διάταξης των στοιχείων της χάραξης, η ερμηνεία αυτών των ενδείξεων εξαρτάται από την εμπειρία, τη φυσιολογία και τα ψυχολογικά χαρακτηριστικά του οδηγού. Σε αυτήν τη λογική, ακόμα και αν ο σχεδιασμός μιας οδού θεωρηθεί ορθός, ίσως να υπάρξουν καταστάσεις όπου η χάραξη και τα χαρακτηριστικά της οδού θα μπορούσαν να προκαλέσουν οπτικές ψευδαισθήσεις στους χρήστες, κάτι το οποίο έχει αρνητικό αντίκτυπο στην οδική ασφάλεια (Bidulka et al., 2002).

Επομένως, **κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό κατά τη διαδικασία σχεδιασμού οδών οι μελετητές να εξετάζουν την παρεχόμενη ασφάλεια με βάση τις ανάγκες και τις προσδοκίες ενός τυπικού οδηγού (Kanellaidis, 1996).**

Η περίπτωση ανεπάρκειας μήκους ορατότητας έχει ως συνέπεια την πρόσληψη λιγότερων πληροφοριών σχετικά με την πορεία και τα χαρακτηριστικά της οδού, με συνέπεια να αυξάνεται ο «φόρτος ενασχόλησης» (workload) του οδηγού (δηλαδή η προσπάθεια που αυτός καταβάλλει κατά την οδήγηση), ενώ ταυτόχρονα να του παρέχεται μειωμένος χρόνος ώστε να προσαρμόσει τη συμπεριφορά του σε μια κακής ποιότητας χάραξη και άρα να αυξάνονται οι πιθανότητες πρόκλησης ατυχημάτων (Altamira et al., 2010; Moreno et al., 2010). Επομένως, σύμφωνα με τις υφιστάμενες πρακτικές σχεδιασμού οδών, θα πρέπει οι μελετητές να παρέχουν

επαρκή μήκη ορατότητας, προκειμένου οι χρήστες της οδού να είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται και να αντιδρούν σε τυχόν επικίνδυνες καταστάσεις, με χαμηλό φόρτο ενασχόλησης. Το μήκος ορατότητας αποτελεί μια μετρήσιμη παράμετρο η οποία μπορεί να αποτελέσει βασικό κριτήριο στη διαδικασία αξιολόγησης μιας χάραξης με βάση τον ανθρώπινο παράγοντα.

Η λανθασμένη θεώρηση, από άποψη ορατότητας, του οδικού περιβάλλοντος εκ μέρους του χρήστη, οδηγεί σε απότομες μεταβολές στη λειτουργική ταχύτητα του οχήματος και επομένως, όπως ήδη έχει αναφερθεί, αύξηση της πιθανότητας πρόκλησης ατυχήματος. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις στις οποίες το αίσθημα ανασφάλειας που βιώνει ο οδηγός είναι ιδιαίτερα κρίσιμο από άποψη ασφάλειας, καθώς καλείται επιπλέον να ολοκληρώσει αιφνίδιους ή/και ανεπιθύμητους ελιγμούς. Αν και στον σχεδιασμό οδικών έργων διακρίνονται διάφορα μήκη ορατότητας, σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτείται η πρόβλεψη του ελάχιστου εξ αυτών, γνωστού ως **Μήκος Ορατότητας για Στάση (ΜΟΣ)**. Το ΜΟΣ αποτελεί τη βάση για την επιλογή κρίσιμων γεωμετρικών παραμέτρων.

Αντικείμενο εξέτασης της παρούσας εργασίας αποτελεί η διερεύνηση επάρκειας του διατιθέμενου ΜΟΣ.

Ως γνωστόν, οι τρεις καθοριστικοί παράγοντες επιρροής της παρεχόμενης ασφάλειας μιας οδού είναι τα στοιχεία του γεωμετρικού σχεδιασμού της (χάραξη), το όχημα κίνησης σε αυτήν, καθώς και ο χρήστης (οδηγός). Μεταξύ των παραγόντων αυτών υπάρχει σχέση αλληλεξάρτησης και προκειμένου ο σχεδιασμός και η λειτουργία ενός οδικού έργου να θεωρηθεί επιτυχής, απαιτείται η επιτυχής συνύπαρξη και των τριών. Ενώ, όμως, η χάραξη ενός οδικού δικτύου αλλά και το όχημα κίνησης σε αυτό είναι μεταβλητές στις οποίες η παρέμβαση τουλάχιστον σε εμπειρικό επίπεδο δύναται να δώσει θετικά αποτελέσματα, η συμπεριφορά του χρήστη (οδηγού) είναι απρόβλεπτη και μόνο ως στοχαστική μεταβλητή μπορεί να προσομοιωθεί (Μαυρομάτης, 2002).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, κατά τη συνήθη πρακτική αξιολόγησης της ορατότητας, η χάραξη της οδού δεν λαμβάνεται πλήρως υπόψη δεδομένης της δισδιάστατης προσέγγισης που ακολουθείται. Επιπλέον, τα οχήματα θεωρούνται ως υλικά σημεία χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα δυναμικά χαρακτηριστικά τους, με αποτέλεσμα να είναι εμπειρική η συσχέτιση των παραμέτρων τους ως προς την ασφάλεια της οδού.

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η επιρροή και των τριών παραγόντων (χάραξη – όχημα – οδηγός). Ειδικότερα, όσον αφορά στον οδηγό, η επιρροή του στη διερεύνηση κρίσιμων καταστάσεων λαμβάνεται υπόψη υπό την έννοια της προοπτικής απεικόνισης της οδού και του οδικού περιβάλλοντος από τη θέση οδήγησης. Είναι προφανές δε, ότι η ανάλυση της ορατότητας καθώς και η εξέταση της κίνησης του οχήματος, θα λάβει χώρα σε τρισδιάστατη επιφάνεια κύλισης, όπου επιπλέον θα εξεταστεί και η επιρροή στοιχείων από τον παρόδιο χώρο.

1.1.2 ΜΗΚΟΣ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΣΤΑΣΗ

Όπως προαναφέρθηκε, βασική προϋπόθεση στην ασφάλεια της κυκλοφοριακής ροής, είναι η **επάρκεια του Μήκους Ορατότητας για Στάση (ΜΟΣ)**, δηλαδή η εξασφάλιση ικανού ελεύθερου μήκους στο εμπρόσθιο οπτικό πεδίο του οδηγού. Ως επαρκές μήκος ορίζεται το μήκος στο οποίο ο οδηγός αναγνωρίζει κάποιο εμπόδιο, έχει επαρκή χρόνο να αποφασίσει εάν θα προβεί σε ελιγμό πέδησης και τελικά δύναται να σταματήσει το όχημά του με ασφάλεια προ της πρόσκρουσης σε αυτό.

Στον σχεδιασμό οδικών έργων, διακρίνονται **δύο είδη ΜΟΣ, το απαιτούμενο και το διατιθέμενο**:

- Το **απαιτούμενο ΜΟΣ** είναι η απαιτούμενη απόσταση για την ακινητοποίηση ενός οχήματος πριν από εμπόδιο επί του οδοστρώματος. Το απαιτούμενο ΜΟΣ αποτελεί άθροισμα δύο επιμέρους μηκών:
 - Του **μήκους αντίληψης – αντίδρασης**, το οποίο είναι η διαδρομή που διανύει το όχημα από τη στιγμή που ο οδηγός αντιλαμβάνεται την ύπαρξη του εμποδίου, μέχρι τη στιγμή που αρχίζει η τροχοπέδηση.
 - Του **μήκους κατά τη διαδικασία πέδησης**, το οποίο είναι η διαδρομή που διανύει το όχημα από τη στιγμή που αρχίζει η επιβράδυνση του οχήματος με ακινητοποιημένους τροχούς, μέχρι την πλήρη ακινητοποίησή του.
- Το **διατιθέμενο ΜΟΣ**, σχετίζεται με το εμπρόσθιο οπτικό πεδίο το οποίο είναι ορατό από τον οδηγό σε κάθε θέση της οδού.

Το **απαιτούμενο ΜΟΣ βασίζεται στη συμπεριφορά του οδηγού και στα χαρακτηριστικά οχήματος και οδού**, ενώ το **διατιθέμενο ΜΟΣ βασίζεται σε γεωμετρικούς περιορισμούς της γραμμής όρασης που συνδέει τον οφθαλμό του οδηγού με το εμπόδιο** (Ταϊγανίδης, 1998). Ειδικότερα, το απαιτούμενο ΜΟΣ, το οποίο αφορά στη δυνατότητα στάσης του οχήματος, εξαρτάται από τη χάραξη της οδού, τον συντελεστή τριβής, την ικανότητα αντίληψης – αντίδρασης του οδηγού, καθώς και τα δυναμικά χαρακτηριστικά του οχήματος. Το διατιθέμενο ΜΟΣ εξαρτάται κυρίως από το οδικό περιβάλλον (π.χ. ύπαρξη εμποδίων, βλάστησης κ.λπ.), καθώς και από τη χάραξη της οδού.

Το ΜΟΣ αποτελεί τη βάση για την επιλογή κρίσιμων γεωμετρικών παραμέτρων, όπως είναι οι ακτίνες των κυρτών και κοίλων καμπυλών της μηκοτομής, το πλάτος της (μη κυκλοφορούμενης) εσωτερικής λωρίδας καθοδήγησης σε αριστερόστροφες καμπύλες οδών με διαχωρισμένο οδόστρωμα, καθώς και το πλάτος του ελεύθερου οπτικών εμποδίων χώρου σε δεξιόστροφες καμπύλες λόγω παρουσίας πρανών, στηθαίων ή δενδροφύτευσης (Μαυρομάτης et al., 2012). Ως εκ τούτου, **το ΜΟΣ πρέπει να επαρκεί σε οποιοδήποτε σημείο μιας οδού** ώστε όχημα κινούμενο με τη λειτουργική ταχύτητα να δύναται να ακινητοποιηθεί πριν προσκρούσει σε απροσδόκητο σταθερό εμπόδιο (AASHTO, 2011). Κατά κανόνα, το ΜΟΣ μετράται από τους οφθαλμούς του οδηγού μέχρι το εμπόδιο στο κατάστρωμα της οδού, σε

συγκεκριμένα ύψη του πάνω από την επιφάνεια της οδού, τα οποία εξαρτώνται από διάφορες παραμέτρους. Ως οριζοντιογραφική θέση του οδηγού και του εμποδίου επί της οδού συνήθως λαμβάνεται ο άξονας της λωρίδας κυκλοφορίας στην οποία κινείται το όχημα και το ΜΟΣ αποτελεί το μήκος της υπό εξέταση λωρίδας κυκλοφορίας μεταξύ των θέσεων του οδηγού και του εμποδίου, το οποίο όμως ανάγεται στον άξονα της οδού.

1.1.3 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΜΟΣ

Η διερεύνηση επάρκειας του ΜΟΣ σε μια οδό βασίζεται κατά κύριο λόγο σε **πρότυπα δύο διαστάσεων (2-D)**. Τα τελευταία χρόνια, σταδιακά έχουν κάνει την εμφάνισή τους και εφαρμόζονται **νέα πρότυπα τριών διαστάσεων (3-D)**.

Όσον αφορά στα πρότυπα δύο διαστάσεων, η επάρκεια ορατότητας ελέγχεται με βάση είτε την οριζοντιογραφία, είτε τη μηκοτομή. Η **επάρκεια ορατότητας με βάση την οριζοντιογραφία** ελέγχεται με στοιχεία αναφοράς από την οριζοντιογραφία, την ταχύτητα του οχήματος και τις εγκάρσιες αποστάσεις οφθαλμού – εμποδίου από τον άξονα της οδού. Κατά τον έλεγχο της **επάρκειας ορατότητας με βάση τη μηκοτομή**, η οριζοντιογραφία θεωρείται ευθύγραμμη. Ωστόσο, στον έλεγχο βάσει της οριζοντιογραφίας δεν λαμβάνονται υπόψη βασικές παράμετροι, όπως η μεταβλητή κατά μήκος κλίση και τα ύψη οφθαλμών οδηγού και εμποδίου. Αντίστοιχα, κατά τον έλεγχο επάρκειας ΜΟΣ βάσει της μηκοτομής, το γεγονός ότι η οριζοντιογραφία θεωρείται ευθύγραμμη ισχύει προφανώς σε μεμονωμένες περιπτώσεις, ενώ σημαντική είναι και η επιρροή της εγκάρσιας κλίσης του οδοστρώματος (Moreno et al., 2010).

Στην υφιστάμενη πρακτική σχεδιασμού οδών [π.χ. Ελληνικές (OMOE-X, 2001), Γερμανικές (RAA-R1, 2008), Αμερικανικές (AASHTO, 2011), Αυστραλιανές (Austroads, 2009), Ισπανικές (Trazado, 2000), Καναδικές (TAC-ATC, 1999) οδηγίες σχεδιασμού οδών] **υιοθετείται η παραπάνω προσέγγιση και κατά συνέπεια η επάρκεια ΜΟΣ στην οριζοντιογραφία και στη μηκοτομή εξετάζεται ανεξάρτητα**, επιβάλλεται, δε, να πραγματοποιηθούν αμφότεροι οι έλεγχοι. Επιπλέον, οι προτάσεις για τη διασφάλιση επάρκειας ΜΟΣ, μέσω της επιλογής κρίσιμων παραμέτρων για τον συνδυασμένο σχεδιασμό οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, δίδονται κυρίως υπό τη μορφή εμπειρικών συστάσεων. Σε αυτό το πλαίσιο, σύμφωνα με την υφιστάμενη πρακτική (AASHTO, 2011; Trazado, 2000), ο σχεδιασμός οδού από άποψη επάρκειας ορατότητας, γενικά θεωρείται ικανοποιητικός όταν υπάρχει (η μεγαλύτερη δυνατή) επικάλυψη μεταξύ της καμπύλης στην οριζοντιογραφία και της περιοχής με μεταβαλλόμενη κλίση στη μηκοτομή.

Τα τελευταία χρόνια, στη διαδικασία ελέγχου επάρκειας ορατότητας, έχουν αναπτυχθεί πρότυπα, τα οποία, λαμβάνοντας υπόψη τον συνδυασμό επιδράσεων της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής της οδού, παρέχουν τη δυνατότητα ανάπτυξης τρισδιάστατων μοντέλων έργου τα οποία προκύπτουν από τον συνδυασμό του

ψηφιακού μοντέλου εδάφους με την επιφάνεια της οδού, αλλά και του περιβάλλοντος οδικού χώρου. 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, μπορεί να εξεταστεί με αξιοπιστία η ύπαρξη των ελάχιστα απαιτούμενων μηκών ορατότητας για στάση.

1.1.4 ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΟΔΟΥ

Γενικά, η οπτικοποίηση (visualisation) συνίσταται στην αναπαράσταση δεδομένων με χρήση γραφικών και αναλυτικών μεθόδων, μέσω κατάλληλων μέσων (ηλεκτρονικοί υπολογιστές) και λογισμικών. Περιλαμβάνει από τις πιο απλές τεχνικές, όπως είναι η δημιουργία μιας σκιασμένης άποψης ή μιας εικόνας, μέχρι σύνθετες εφαρμογές, όπως για παράδειγμα τη δημιουργία ενός κινούμενου τρισδιάστατου προσομοιώματος. Η οπτικοποίηση αποτελεί μια σχετικά νέα εφαρμογή στον τομέα των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Επιπροσθέτως, μέχρι πρόσφατα οι τεχνικές οπτικοποίησης είχαν περιορισμένη εφαρμογή σε μεγάλης κλίμακας τεχνικά έργα (π.χ. αυτοκινητόδρομοι), αφενός λόγω του μεγάλου κόστους και αφετέρου λόγω της αργής επεξεργασίας των δεδομένων από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Πλέον, με την πρόοδο της πληροφορικής και την αύξηση της ταχύτητας και των δυνατοτήτων των ηλεκτρονικών υπολογιστών, σε συνδυασμό με τη διαθεσιμότητα σχετικά φθηνών εξειδικευμένων υπολογιστικών συστημάτων και λογισμικών, οι εφαρμογές της οπτικοποίησης καθίστανται όλο και περισσότερο προσιτές στους μελετητές οδικών έργων.

Στον τομέα του σχεδιασμού οδικών έργων, η οπτικοποίηση δύναται να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της διαδικασίας σχεδιασμού των οδών. Δηλαδή, κατά τη διαδικασία σχεδιασμού ενός οδικού έργου, είναι δυνατή η προσομοίωσή του σε περιβάλλον ηλεκτρονικού υπολογιστή, με τη δημιουργία του τρισδιάστατου προσομοιώματος της οδού, καθώς και μιας σειράς προοπτικών εικόνων κατά μήκος αυτής. Επιπλέον, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, με την ανάπτυξη σύγχρονων τεχνολογικών εφαρμογών, είναι πλέον δυνατή και η τρισδιάστατη εκτύπωση του συνολικού μοντέλου του έργου. Με αυτόν τον τρόπο, είναι δυνατή η δισδιάστατη αλλά και τρισδιάστατη θεώρηση της οδού από οποιοδήποτε σημείο της, και μπορούν να ληφθούν πληροφορίες σχετικά με την προσαρμογή και την επιρροή της στον περιβάλλοντα χώρο, καθώς και πληροφορίες που αφορούν στην αντίληψη της μορφής της από τους χρήστες.

Επομένως, η οπτικοποίηση μιας τρισδιάστατης χάραξης δίνει τη δυνατότητα εντοπισμού προβλημάτων και λαθών στη χάραξη, μέσω της προοπτικής εικόνας της οδού όπως θα την αντιλαμβάνονται οι οδηγοί που θα τη χρησιμοποιούν. Κατά συνέπεια, παρέχεται η δυνατότητα παρεμβάσεων στην οδό, όπως είναι η αλλαγή

ταχύτητας, γεωμετρικών χαρακτηριστικών οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, ή διατομής πριν το τελικό στάδιο σχεδιασμού (στο επίπεδο προμελέτης), ώστε στο στάδιο υλοποίησης να έχουν ενσωματωθεί όλες οι αναγκαίες τροποποιήσεις προκειμένου να εξασφαλιστεί επάρκεια ΜΟΣ.

1.1.5 ΣΥΝΟΨΗ

Συμπερασματικά, το ζήτημα της αξιολόγησης της παρεχόμενης ασφάλειας μιας οδού αποτελεί ανέκαθεν ζητούμενο στον σχεδιασμό οδικών έργων. Την πιο κρίσιμη συνιστώσα προς αυτήν την κατεύθυνση ενδεχομένως αποτελεί η επάρκεια ΜΟΣ, δεδομένου ότι η λανθασμένη εκτίμηση της χάραξης μιας οδού ή του οδικού περιβάλλοντος εκ μέρους του οδηγού αποτελεί κύρια πηγή σφαλμάτων ως προς την πιθανότητα πρόκλησης ατυχημάτων.

Ειδικότερα, **επάρκεια ΜΟΣ επιβάλλεται να υπάρχει σε όλο το μήκος της οδού, προκειμένου οι οδηγοί να είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται και να αντιδρούν σε επικίνδυνες καταστάσεις.** Για τον λόγο αυτό, είναι σημαντικό η επάρκεια ΜΟΣ να εξετάζεται στο σύνολο της οδού, σε σχέση και με τα στοιχεία του οδικού περιβάλλοντος.

Ο σχεδιασμός μιας οδού δεν θα πρέπει να βασίζεται απλώς στις συστάσεις των σχετικών οδηγιών σχεδιασμού, καθώς αυτές, πολλές φορές έχουν προκύψει χωρίς επαρκή συμπερίληψη του ανθρώπινου παράγοντα, αλλά είναι αναγκαίο να πραγματοποιείται με βάση τις ανάγκες του χρήστη. Κατά συνέπεια, **προκειμένου να αρθεί ενδεχόμενη αστοχία που υπάρχει λόγω του δισδιάστατου και ανεξάρτητου σχεδιασμού κατά την οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή, είναι επιβεβλημένο η σχετική ανάλυση να λαμβάνει χώρα σε τρισδιάστατο περιβάλλον.**

Η αξιολόγηση των συνθηκών ορατότητας κατά μήκος της οδού, καθώς και της ποιότητας της χάραξης στον χώρο εν γένει, αποτελεί μια διαδικασία, η οποία **θα πρέπει να πραγματοποιείται σε επίπεδο προμελέτης**, ώστε στο στάδιο της οριστικής μελέτης, να είναι δυνατή η ενσωμάτωση των αναγκαίων βελτιωτικών παρεμβάσεων.

Απαραίτητο εργαλείο στη διαδικασία αξιολόγησης των συνθηκών ορατότητας, αποτελούν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και οι διάφορες εφαρμογές τους, όπως είναι η δυνατότητα οπτικοποίησης και δημιουργίας προοπτικών εικόνων των οδών.

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Στόχος της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής είναι η **ανάπτυξη μεθόδου διερεύνησης της επάρκειας του διατιθέμενου ΜΟΣ με ταυτόχρονη θεώρηση της οδού – οδικού περιβάλλοντος, του οχήματος και του χρήστη (οδηγού).**

Η διερεύνηση της επάρκειας ορατότητας πραγματοποιείται μέσω της τρισδιάστατης θεώρησης των επιμέρους παραμέτρων, με τον εντοπισμό περιοχών όπου η οπτική επαφή μεταξύ οφθαλμών οδηγού και εμποδίου διακόπτεται λόγω κάποιου εμποδίου, το οποίο βρίσκεται σε σημείο τέτοιο, ώστε να μην υπάρχει το απαιτούμενο ΜΟΣ και, κατά συνέπεια, να παραβιάζεται η ασφάλεια της οδού.

Παρόμοιες εργασίες σε τρισδιάστατο οδικό περιβάλλον έχουν γίνει και στο πρόσφατο παρελθόν. Η βασική διαφορά είναι ότι οι υπόλοιπες εργασίες, μέσω της τρισδιάστατης απεικόνισης της οδού, είχαν ως στόχο τη βελτιστοποίηση του εκάστοτε διατιθέμενου ΜΟΣ ώστε ο σχεδιασμός μιας οδού να θεωρείται επιτυχής. Αντίθετα, **στην παρούσα εργασία, αφού προσδιοριστούν τα επαρκή ΜΟΣ για κάθε θέση, με τη βοήθεια της τρισδιάστατης γεωμετρίας της οδού, των δυναμικών χαρακτηριστικών του οχήματος, της παρουσίας του χρήστη, καθώς και των υφιστάμενων χαρακτηριστικών του παρόδιου χώρου, επισημαίνονται οι διαφορές μεταξύ απαιτούμενου και διατιθέμενου ΜΟΣ, με αναφορά και επισήμανση των μηκών στα οποία ο μελετητής θα πρέπει να συγκεντρώσει τις προσπάθειές του για επεμβάσεις άρσης των δυσμενών διαφορών.**

Συγκεκριμένα, η προτεινόμενη μέθοδος αφορά στα εξής:

- Ως προς τη **χάραξη της οδού**, εκτός της διερεύνησης των παραμέτρων σχεδιασμού σε τρισδιάστατο οδικό περιβάλλον, εξετάζεται και η επιρροή στο ΜΟΣ στοιχείων από τον παρόδιο χώρο.
- Ως προς το **όχημα**, λαμβάνεται υπόψη η επιρροή των δυναμικών χαρακτηριστικών του οχήματος κατά την κίνησή του σε καμπύλη τροχιά και, κατά συνέπεια, δίνεται πιο ακριβής προσομοίωση της διαδικασίας πέδησης σε τρισδιάστατη επιφάνεια κύλισης, δεδομένου ότι αυτή συναρτάται άμεσα με τη χάραξη της οδού.
- Η παρουσία του **χρήστη** λαμβάνεται υπόψη υπό την έννοια της δυνατότητας αντίληψης της χάραξης από τη θέση οδήγησης, μέσω της προοπτικής απεικόνισης της οδού και του οδικού περιβάλλοντος.

Τέλος, μέσω στοχευμένων παραδειγμάτων αξιολογείται η **επιρροή βασικών συνδυασμένων στοιχείων – παραμέτρων σχεδιασμού** και φαίνονται οι γενικές δεσμεύσεις οι οποίες δύνανται να περιορίσουν το ΜΟΣ και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό.

1.3 ΔΟΜΗ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Η παρούσα Διδακτορική Διατριβή αναπτύσσεται σε επτά κεφάλαια, το περιεχόμενο των οποίων περιγράφεται συνοπτικά στη συνέχεια.

Το **πρώτο κεφάλαιο** αποτελεί την εισαγωγή της διατριβής και **παρουσιάζει το γενικό πλαίσιο του αντικειμένου**. Αρχικά, περιγράφεται η σημασία της επάρκειας ορατότητας στην παρεχόμενη ασφάλεια κατά τον σχεδιασμό οδικών έργων και ιδιαίτερα η επιρροή του ΜΟΣ στην επιλογή κρίσιμων γεωμετρικών παραμέτρων, η διερεύνηση του οποίου αποτελεί και το αντικείμενο της διατριβής. Αναφέρεται, στη συνέχεια, η υφιστάμενη προσέγγιση, όπως αυτή δίδεται βάσει των οδηγιών σχεδιασμού. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται παρουσιάζοντας τον επιδιωκόμενο στόχο της διατριβής.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της **βιβλιογραφικής ανασκόπησης**, τα οποία προέκυψαν από την αναζήτηση εργασιών και ερευνών σχετικών με την ανάλυση ΜΟΣ κατά μήκος μιας οδού. Στη συνέχεια, συνοψίζονται και αξιολογούνται τα αποτελέσματα των συναφών ερευνών.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται η **υφιστάμενη πρακτική** στον προσδιορισμό του ΜΟΣ, όπως αυτή δίδεται μέσω των σχετικών οδηγιών σχεδιασμού. Γίνεται αναφορά τόσο στις Ελληνικές (ΟΜΟΕ-Χ, 2001), όσο και σε άλλες διεθνώς αναγνωρισμένες οδηγίες σχεδιασμού οδών.

Το **τέταρτο κεφάλαιο** αποτελεί το **θεωρητικό υπόβαθρο** της Διδακτορικής Διατριβής. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται ανάλυση όλων των στοιχείων τα οποία υπεισέρχονται στη μέθοδο που εφαρμόζεται στο πλαίσιο της εργασίας αυτής. Περιγράφεται επίσης η διαδικασία για τον προσδιορισμό του απαιτούμενου και διατιθέμενου ΜΟΣ, καθώς και για τη δημιουργία προοπτικών εικόνων.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** γίνεται η **παρουσίαση του ολοκληρωμένου λογισμικού οδοποιίας «H12»** που αναπτύχθηκε από τον συγγραφέα της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής και επεκτάθηκε με την προσθήκη της προτεινόμενης μεθόδου. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφονται η δομή και όλες οι λειτουργίες του λογισμικού αυτού, με έμφαση στην ανάλυση της ορατότητας και τη δημιουργία προοπτικών εικόνων.

Στο **έκτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται δύο **εφαρμογές ανάλυσης της ορατότητας** με χρήση του προαναφερθέντος λογισμικού οδοποιίας και της προτεινόμενης μεθόδου ανάλυσης της ορατότητας. Διατυπώνονται παρατηρήσεις και συνοψίζονται και αξιολογούνται τα αποτελέσματα της ανάλυσης.

Στο **έβδομο κεφάλαιο** γίνεται η σύνοψη των αποτελεσμάτων της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής και παρατίθενται τα συνολικά **συμπεράσματα** που

προέκυψαν. Επιπλέον, παρατίθενται ορισμένες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στον συγκεκριμένο τομέα.

Τέλος, στο **Παράρτημα** περιλαμβάνεται η αναλυτική παρουσίαση του λογισμικού οδοποιίας H12, και συγκεκριμένα περιγράφονται τα προγράμματα από τα οποία αυτό αποτελείται, τα απαιτούμενα δεδομένα εισαγωγής, τα εξαγόμενα αρχεία, καθώς και οι πραγματοποιούμενοι έλεγχοι σε οδό, σύμφωνα με τις Ελληνικές οδηγίες σχεδιασμού οδών (ΟΜΟΕ-X, 2001).

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το παρόν κεφάλαιο αφορά στη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας διατριβής και περιλαμβάνει την **παρουσίαση και ανασκόπηση των αποτελεσμάτων από έρευνες σχετικές με το αντικείμενο της εργασίας αυτής**. Για κάθε εξεταζόμενη εργασία γίνεται συνοπτική αναφορά στη μέθοδο που εφαρμόστηκε, στα βασικά αποτελέσματα και συμπεράσματα που προέκυψαν, και ακολουθεί σύντομος σχολιασμός των διάφορων προσεγγίσεων, κυρίως όσον αφορά στις ελλείψεις και περιορισμούς τους. Στο τέλος δίδεται συνολική ανακεφαλαίωση των υπόψη προσεγγίσεων.

Δεδομένου ότι η επάρκεια ορατότητας για στάση αποτελεί κεφαλαιώδους σημασία προϋπόθεση για την ασφάλεια μιας οδού, υπάρχει **εκτεταμένη έρευνα στη βιβλιογραφία σχετικά με τον προσδιορισμό τόσο του απαιτούμενου, όσο και του διατιθέμενου μήκους ορατότητας**. Σε κάθε περίπτωση η ακρίβεια των μεθόδων εξαρτάται μόνο μερικώς από το πλήθος των εξεταζόμενων μεταβλητών, καθώς έρευνες έχουν δείξει ότι όταν δεν λαμβάνεται υπόψη η αλληλεπίδραση μεταξύ των παραμέτρων σχεδιασμού αλλά και της δυναμικής του οχήματος στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή, προκύπτουν αποτελέσματα τα οποία συνιστούν είτε υπερσχεδιασμό είτε υποσχεδιασμό, με συνέπεια και οι δύο περιπτώσεις, όπως θα φανεί στη συνέχεια, να δύνανται να καταστρατηγήσουν την παρεχόμενη ασφάλεια της οδού. Επιπλέον, παρόλο που η τρισδιάστατη θεώρηση της οδού αποτελεί προφανή πρακτική αξιολόγησης, δεν έχει διεξαχθεί μεγάλης κλίμακας έρευνα για την καθιέρωση προτύπων σχεδιασμού βασιζόμενων στις τρεις διαστάσεις, κυρίως διότι υπήρχε η αντίληψη ότι αυτό αποτελεί ένα δύσκολο έργο, λόγω της πολυπλοκότητας στη θεώρηση της οδού στον χώρο και του μεγάλου όγκου μαθηματικών υπολογισμών που απαιτείται (Hassan et al., 1996).

Η ανάλυση της ορατότητας μπορεί να πραγματοποιηθεί με χρήση δισδιάστατων προτύπων (ξεχωριστή μελέτη οριζοντιογραφίας και μηκοτομής) και τρισδιάστατων προτύπων (θεώρηση της οδού απευθείας στον χώρο). Ως προς τη δισδιάστατη θεώρηση, έχουν δημοσιευθεί έρευνες οι οποίες στοχεύουν στην ακριβέστερη προσέγγιση του προβλήματος προσδιορισμού της ορατότητας σε σχέση με τις υφιστάμενες οδηγίες σχεδιασμού οδών. Τα τελευταία χρόνια, όμως, **έχουν αναπτυχθεί και διάφορες τρισδιάστατες μέθοδοι για τον έλεγχο επάρκειας ορατότητας, οι οποίες, λαμβάνοντας υπόψη την αλληλεπίδραση των στοιχείων της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής, επιτρέπουν μια περισσότερο ρεαλιστική και ακριβή μελέτη της ορατότητας**.

Όσον αφορά στις **δισδιάστατες μεθόδους ανάλυσης της ορατότητας** για τον υπολογισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ κατά μήκος της οδού, τα αποτελέσματά τους προκύπτουν από μελέτη είτε αποκλειστικά της οριζοντιογραφίας, είτε της μηκοτομής, είτε από την εξέταση και των δύο απεικονίσεων της οδού και τη θεώρηση ως

διατιθέμενου μήκους ορατότητας σε κάθε θέση της οδού του μικρότερου εκ των δύο επιμέρους μηκών, το οποίο γενικά αντιστοιχεί στη δυσμενέστερη κατάσταση.

Αναφορικά με τις **τρισδιάστατες μεθόδους ανάλυσης της ορατότητας**, έχουν κατά καιρούς παρουσιαστεί τόσο γραφικές μέθοδοι όσο και αναλυτικές. Οι **γραφικές μέθοδοι** βασίζονται στην οπτικοποίηση της οδού και του περιβάλλοντος χώρου της με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και τη δημιουργία προοπτικών εικόνων μέσω των οποίων είναι δυνατή η διεξαγωγή συμπερασμάτων για την ποιότητα της χάραξης από τον μελετητή. Οι αντίστοιχες **αναλυτικές**, αφορούν στον υπολογισμό του μήκους ορατότητας μέσω της εκτέλεσης εξειδικευμένων αλγόριθμων ανεπτυγμένων για αυτόν τον σκοπό. Πιο συγκεκριμένα, οι διαθέσιμες αναλυτικές μέθοδοι αφορούν στον προσδιορισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ, δεδομένης της χάραξης της οδού, όπου για την προσομοίωση των γεωμετρικών παραμέτρων της οδού και του περιβάλλοντός της σε περιβάλλον ηλεκτρονικού υπολογιστή, καθώς και για τη διενέργεια των απαιτούμενων υπολογισμών, γίνεται χρήση πεπερασμένων στοιχείων, είτε μεθόδων τριγωνισμού, είτε διανυσματικών και παραμετρικών συναρτήσεων, ή δεδομένων προερχόμενων από αποτύπωση της οδού. Οι παραπάνω προσεγγίσεις στοχεύουν στον ακριβή προσδιορισμό του διατιθέμενου μήκους ορατότητας, μέσω προσομοίωσης των «πραγματικών» συνθηκών οδήγησης, και βασίζονται στη συνδυασμένη θεώρηση της επιφάνειας της οδού, του ανάγλυφου της περιοχής και του παρόδιου περιβάλλοντος.

Επιπλέον, σχετικά πρόσφατα έχουν δημοσιευθεί και έρευνες οι οποίες αφορούν στον **προσδιορισμό της περιβάλλουσας καμπύλης ορατότητας** σε οριζοντιογραφικές καμπύλες, στην **επιρροή του κεντρικού και πλευρικών στηθαίων ασφαλείας** στα διαθέσιμα μήκη ορατότητας, καθώς και μελέτες που αναφέρονται στη **μεγιστοποίηση του διατιθέμενου ΜΟΣ** σε περιοχές επαλληλίας καμπυλών οριζοντιογραφίας και μηκοτομής (ταυτόχρονη ύπαρξη καμπυλότητας στην οριζοντιογραφία και στη μηκοτομή). Επίσης, έχουν παρουσιαστεί διάφορα ολοκληρωμένα **λογισμικά σχετικά με τη χάραξη οδών**, τα οποία περιλαμβάνουν και την ανάλυση της ορατότητας σε υπό μελέτη οδούς. Τέλος, παρουσιάζονται κάποιες συστάσεις και υποδείξεις για την εφαρμογή της **οπτικοποίησης στον σχεδιασμό οδών**, όπως αυτές δίνονται σε έκδοση της γερμανικής εταιρίας ερευνών για τα οδικά έργα και τις μεταφορές FGSV (H ViSt, 2008).

Γενικά, το διατιθέμενο μήκος ορατότητας υπολογίζεται με επαναλαμβανόμενη εκτέλεση ειδικών αλγόριθμων που έχουν αναπτυχθεί για τον σκοπό αυτό, μέσω των οποίων υπολογίζεται η θέση του σημείου τομής μεταξύ της γραμμής όρασης του οδηγού και στοιχείων από την οδό ή το οδικό περιβάλλον. Η γραμμή όρασης του οδηγού ορίζεται ως η απόσταση μεταξύ του σημείου όπου βρίσκεται ο οφθαλμός του οδηγού και το εμπόδιο, σε προκαθορισμένα ύψη επί του οδοστρώματος. Ο υπόψη έλεγχος πραγματοποιείται σε περιβάλλον ηλεκτρονικού υπολογιστή, στο προσομοίωμα της οδού και του περιβάλλοντα χώρου αυτής.

2.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΟΥ ΜΟΣ

2.2.1 ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Όπως προαναφέρθηκε, οι δισδιάστατες μέθοδοι προσδιορισμού του διατιθέμενου μήκους ορατότητας βασίζονται στην ανεξάρτητη μελέτη της οριζοντιογραφίας και μηκοτομής της οδού. Το διατιθέμενο μήκος ορατότητας προκύπτει είτε αποκλειστικά από μία εκ των δύο δισδιάστατων προβολών της οδού, είτε ως το ελάχιστο εκ των δύο επιμέρους μηκών σε κάθε θέση.

Ο **Easa**, σε σχετικές δημοσιεύσεις (**1991 & 1993**), πρότεινε κάποια μοντέλα προσδιορισμού της **περιβάλλουσας καμπύλης ορατότητας** σε περιπτώσεις σύνθετων οριζοντιογραφικών καμπυλών (συνεχόμενες κυκλικές καμπύλες και σιγμοειδείς καμπύλες), καθώς και ανάλυσης της ορατότητας σε ένα ευρύ σύνολο καμπυλών μηκοτομής, συμπεριλαμβανομένων μη συμμετρικών κυρτών και κοίλων καμπυλών.

Ο συγγραφέας αναφέρει ότι, σύμφωνα με τις Αμερικανικές Οδηγίες σχεδιασμού οδών (AASHTO), ο προσδιορισμός της περιβάλλουσας καμπύλης ορατότητας στην οριζοντιογραφία πραγματοποιείται μέσω της θεώρησης απλής κυκλικής καμπύλης, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την όχι απολύτως ορθή εκτίμηση των πραγματικών μεγεθών σε σύνθετες διατάξεις. Έτσι, διατυπώνονται σχέσεις για τον προσδιορισμό του διατιθέμενου μήκους ορατότητας σε σύνθετες καμπύλες, το οποίο συσχετίζεται, μεταξύ άλλων, με τις παραμέτρους των επιμέρους κυκλικών τόξων και τις θέσεις του οφθαλμού και του εμποδίου εντός της σύνθετης καμπύλης. Με χρήση της προτεινόμενης μεθόδου, αποδεικνύεται ότι **το ελάχιστο απαιτούμενο μήκος ορατότητας και τα διάγραμμα μήκους ορατότητας κατά μήκος της σύνθετης καμπύλης μπορεί να διαφέρουν σημαντικά από τα αντίστοιχα σε απλή καμπύλη**. Τέλος, για λόγους διευκόλυνσης του μελετητή, προτείνονται κάποια ελάχιστα μήκη ορατότητας για διάφορες περιπτώσεις σύνθετων καμπυλών.

Όσον αφορά στις μη συμμετρικές κυρτές και κοίλες καμπύλες μηκοτομής, υπάρχουν κάποιες περιπτώσεις όπου γίνεται χρήση τους (π.χ. σε σύνθετους κόμβους), χωρίς ωστόσο να υπάρχουν οι ανάλογες μέθοδοι ανάλυσης της ορατότητας σε αυτές. Έτσι, αναπτύχθηκαν μέθοδοι για τον προσδιορισμό του μήκους ορατότητας σε τέτοιες περιπτώσεις. Σχετικά με τις κυρτές καμπύλες, το μήκος ορατότητας εξαρτάται από τις παραμέτρους της καμπύλης, τα ύψη οφθαλμού και εμποδίου, καθώς και τις θέσεις οδηγού και εμποδίου κατά μήκος της καμπύλης. Σχετικά με τις κοίλες καμπύλες, το μήκος ορατότητας θεωρείται ότι εξαρτάται από την ύπαρξη εμποδίων επάνω από το επίπεδο της οδού (άνω διαβάσεις) και από τη μέγιστη απόσταση φωτισμού των προβολέων του οχήματος κατά τη διάρκεια της νύκτας. Όσον αφορά στις άνω διαβάσεις, το μοντέλο συσχετίζει το διατιθέμενο μήκος ορατότητας με τις

παραμέτρους της κοίλης καμπύλης, τη θέση του εμποδίου, καθώς και τις θέσεις και ύψη του οφθαλμού και του εμποδίου, ενώ, όσον αφορά στους προβολείς, το ελάχιστο μήκος διατιθέμενης ορατότητας, συσχετίζεται με τις παραμέτρους της κοίλης καμπύλης και τα χαρακτηριστικά του οχήματος και του εμποδίου.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, παρουσιάζεται μια μέθοδος υπολογισμού του ελάχιστου διατιθέμενου μήκους ορατότητας και εξετάζονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του μήκους ορατότητας στις μη συμμετρικές κυρτές και κοίλες καμπύλες, ενώ αποδεικνύεται ότι **οι απαιτήσεις σε μήκος ορατότητας είναι αρκετά διαφορετικές στις μη συμμετρικές καμπύλες σε σχέση με τις συμμετρικές**. Τέλος, δημιουργούνται κάποια διαγράμματα για τον καθορισμό του ελάχιστου διατιθέμενου μήκους ορατότητας και του απαιτούμενου μήκους των καμπυλών, τα οποία προτείνεται να χρησιμοποιηθούν για πρακτικούς σκοπούς.

Οι **Hassan et al. (1995)** παρουσίασαν **αναλυτικά μοντέλα για τον προσδιορισμό της επάρκειας ορατότητας, τα οποία εφαρμόζονται σε σύνθετες διατάξεις οριζοντιογραφίας, καθώς και σε σύνθετες διατάξεις μηκοτομής**. Οι συγγραφείς παρατηρούν ότι σύμφωνα με την προτεινόμενη μέθοδο προσδιορισμού του μήκους ορατότητας κατά τις Αμερικανικές Οδηγίες (AASHTO), θεωρείται ότι ο οδηγός και το εμπόδιο βρίσκονται εντός της ίδιας οριζοντιογραφικής καμπύλης (δηλαδή το μήκος ορατότητας είναι μικρότερο από το μήκος της καμπύλης), το οποίο, ωστόσο, δεν ισχύει πάντα στην πραγματικότητα. Έτσι, γίνεται μελέτη περιπτώσεων καμπυλών μικρότερου μήκους, όπου το μήκος ορατότητας είναι μεγαλύτερο από το μήκος της καμπύλης.

Η οριζοντιογραφία της οδού θεωρείται ότι αποτελείται από ευθυγραμμίες, κυκλικά τόξα και τόξα συναρμογής. Σε κάθε περίπτωση εξετάζεται η επιρροή σημειακών και συνεχών πλευρικών εμποδίων, ενώ επιπλέον γίνεται μελέτη πιο πολύπλοκων διατάξεων οριζοντιογραφίας και αναπτύσσονται τα αντίστοιχα γενικά αναλυτικά μοντέλα (ακριβείς εξισώσεις) ελέγχου του διατιθέμενου μήκους ορατότητας. Βάσει της προτεινόμενης αναλυτικής μεθόδου, αναπτύσσεται ένα λογισμικό ηλεκτρονικού υπολογιστή, το οποίο, μεταξύ άλλων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη πινάκων και διαγραμμάτων σχεδιασμού, βάσει του διατιθέμενου μήκους ορατότητας, σε διαφορετικές διατάξεις οριζοντιογραφίας.

Μέσω συγκριτικών ελέγχων, αποδεικνύεται ότι η προτεινόμενη μέθοδος και, κατά συνέπεια, το λογισμικό, παράγει ικανοποιητικά αποτελέσματα και, επομένως, η χρήση του εξοικονομεί χρόνο και προσπάθεια και, το σημαντικότερο, συνεπάγεται την **αποφυγή πιθανών λαθών που προκύπτουν μέσω του ελέγχου της ορατότητας με χρήση γραφικών μεθόδων ή μετρήσεων πεδίου**.

Ο **Ταϊγανίδης (1998)** ανέπτυξε **αναλυτικά μοντέλα για τον υπολογισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ σε κυρτές καμπύλες μηκοτομής**. Σύμφωνα με την προτεινόμενη μέθοδο, οι τιμές του μήκους ορατότητας προσδιορίζονται άμεσα και με ακρίβεια για οποιαδήποτε θέση του οδηγού κατά μήκος της κυρτής καμπύλης.

Επιπλέον, με χρήση της προτεινόμενης μεθόδου υπάρχει η δυνατότητα γρήγορης σχεδίασης γραφημάτων που απεικονίζουν τις αλλαγές στο διατιθέμενο ΜΟΣ σε συνάρτηση με τη θέση του οχήματος κατά μήκος της καμπύλης. Το μήκος του τμήματος της οδού με περιορισμούς ΜΟΣ προσδιορίζεται μέσω διαγράμματος του μήκους ορατότητας κατά μήκος της οδού.

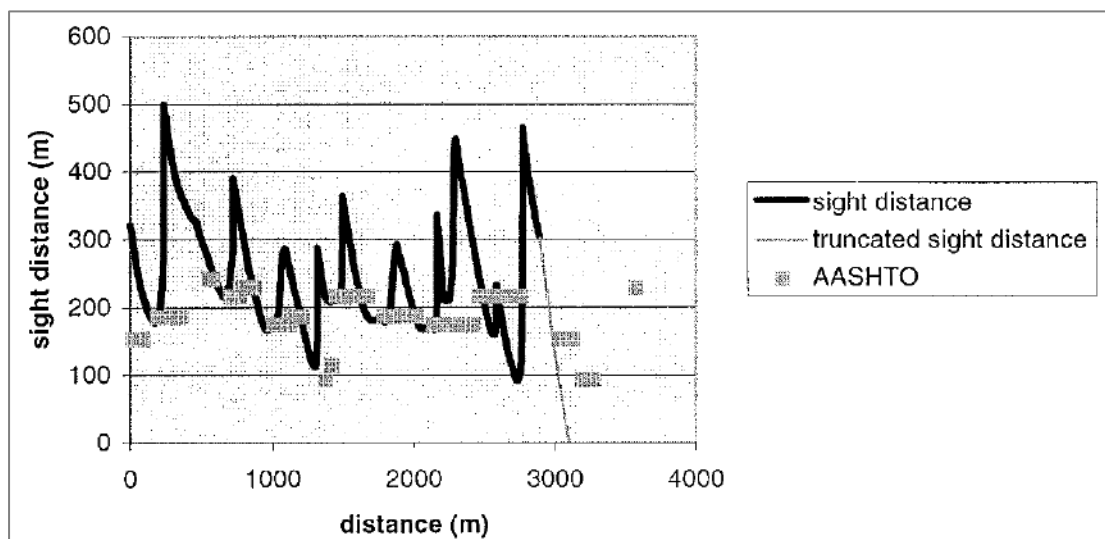
Επιπλέον, ορίζεται η «ταχύτητα πρόσκρουσης» ως η ταχύτητα με την οποία ένα όχημα που κινείται επί κυρτής καμπύλης με περιορισμένο ΜΟΣ αναμένεται ότι θα συγκρουστεί με κάποιο σταθερό αντικείμενο και αποδεικνύεται ότι αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα μέτρο της σοβαρότητας του περιορισμού του ΜΟΣ. **Προτείνεται ένας συνδυασμός κριτηρίων του μήκους περιορισμού του ΜΟΣ και της ταχύτητας πρόσκρουσης για την αξιολόγηση της ορατότητας σε υφιστάμενες ή υπό μελέτη κυρτές καμπύλες.**

Ο Lovell (1999) περιέγραψε μια μέθοδο για τον υπολογισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ που προκύπτει από την οριζοντιογραφία της οδού, η οποία αποτελείται από ευθυγραμμίες, κυκλικά τόξα και κλωθοειδείς καμπύλες. Ακολούθως, οι Lovell et al. (2001) περιέλαβαν κάποιες βελτιώσεις και προσθήκες στη μέθοδο αυτή. Σύμφωνα με την προτεινόμενη μέθοδο, η χάραξη και τα πλευρικά εμπόδια περιγράφονται μέσω της παραμετρικής αναπαράστασής τους. Οι κυριότερες βελτιώσεις και προσθήκες αναφέρονται στη διατύπωση ακριβών εκφράσεων, κυρίως όσον αφορά στις κλωθοειδείς καμπύλες και την απόσταση που μετράται κατά μήκος τους, ενώ επίσης δίνεται και η δυνατότητα χρήσης ωοειδών καμπυλών, οι οποίες συνδέουν διαδοχικά ομόρροπα κυκλικά τόξα διαφορετικών ακτίνων.

Ο άξονας της οδού αναπαρίσταται κατά την οριζόντια έννοια (οριζοντιογραφία) από μια παραμετρική καμπύλη, η οποία ορίζεται και περιγράφεται μέσω διανυσματικής συνάρτησης. Στη συνέχεια, με χρήση του εφαπτόμενου και κάθετου διανύσματος της καμπύλης σε κάθε σημείο, παράγονται οι καμπύλες που αντιπροσωπεύουν την τροχιά του οδηγού (η οποία προκύπτει από τη μετατόπιση κατά ορισμένη και σταθερή απόσταση από τον άξονα της οδού), καθώς και τα πλευρικά εμπόδια, τα οποία θεωρούνται συνεχή καθ' όλο το μήκος της οδού. Η μέτρηση του μήκους ορατότητας πραγματοποιείται κατά μήκος της τροχιάς του οδηγού, με τρόπο ανάλογο με αυτόν της γραφικής μεθόδου που χρησιμοποιείται συχνά στην πράξη. Ελέγχεται, δηλαδή, η τομή της ευθείας που συνδέει τη θέση του οδηγού με ένα εμπόδιο επί της οδού μπροστά του, με την καμπύλη που αναπαριστά τα συνεχή πλευρικά εμπόδια.

Στο Σχήμα 2.1 παρατίθεται ένα παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου σε κάποιο τμήμα οδού. Στο ίδιο σχήμα, τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τα αντίστοιχα της μεθόδου κατά AASHTO (1994), όπου θεωρείται ότι ο οδηγός και το εμπόδιο βρίσκονται ταυτόχρονα εντός του ίδιου κυκλικού τόξου. Παρατηρείται ότι όταν ο οδηγός και το εμπόδιο βρίσκονται εντός του ίδιου κυκλικού τόξου, τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων είναι παρόμοια, ενώ **στις υπόλοιπες θέσεις της οδού η μέθοδος AASHTO δίνει πολύ συντηρητικές εκτιμήσεις (μικρότερα διατιθέμενα ΜΟΣ από τα πραγματικά)**, κάτι το οποίο ενδεχομένως συνεπάγεται τη λήψη περιοριστικών

μέτρων (π.χ. μείωση ταχύτητας μελέτης) τα οποία, ωστόσο, δεν κρίνονται στην πραγματικότητα απαραίτητα.



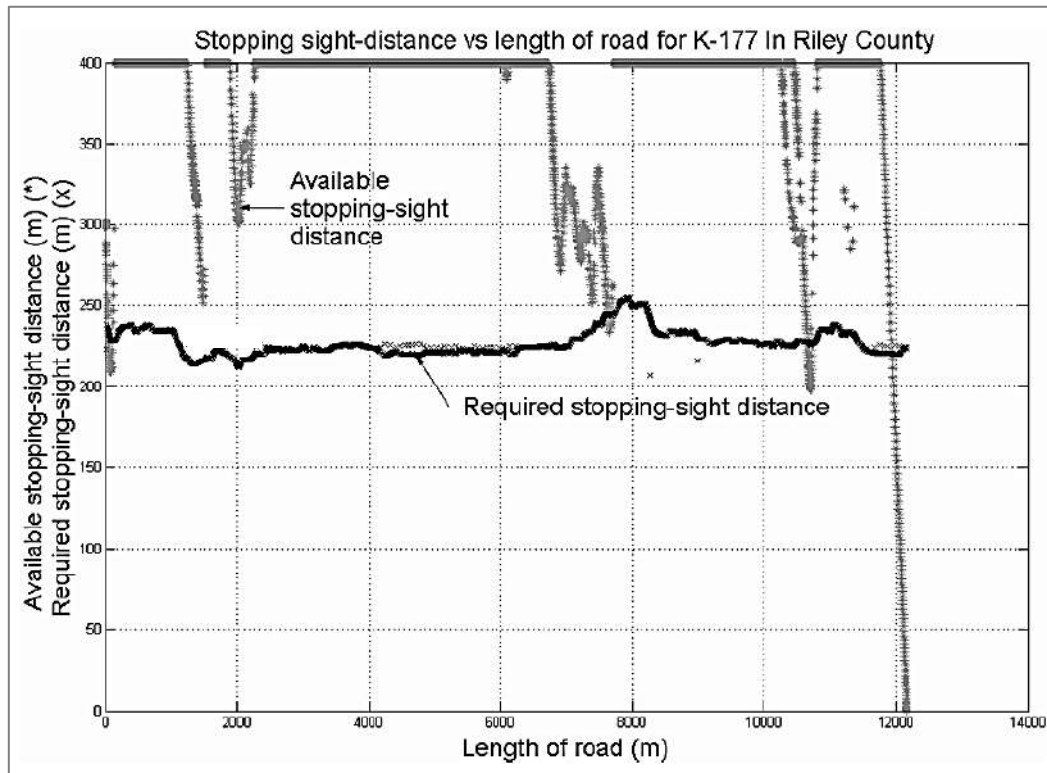
Σχήμα 2.1: Αποτελέσματα δύο εναλλακτικών μεθόδων μελέτης ορατότητας (προτεινόμενη & κατά AASHTO) σε τμήμα χάραξης. (Lovell, Jong & Chang, 2001)

Οι συγγραφείς καταλήγουν στο ότι η προτεινόμενη μέθοδος, όντας απλή και γρήγορη στην εφαρμογή, αποτελεί βελτίωση της ισχύουσας πρακτικής προσδιορισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ στις δύο διαστάσεις. Τέλος, αναγνωρίζουν ότι το γενικότερο ζήτημα της μελέτης ορατότητας θα θεωρηθεί ότι επιλύθηκε πλήρως μόνο όταν υπάρξει κάποια κοινώς αποδεκτή ακριβής και αποτελεσματική μέθοδος, η οποία θα συμπεριλαμβάνει ταυτόχρονα τα στοιχεία της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής, εξετάζοντας με αυτόν τον τρόπο τη χάραξη ως ένα ενιαίο σύνολο στον χώρο.

Σε δημοσίευσή τους, οι **Nehate & Rys (2006)** παρουσίασαν ένα νέο μοντέλο για τον **προσδιορισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ, με χρήση της τεχνολογίας του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού Θέσης (Global Positioning System – GPS)**. Η επιφάνεια της οδού και των εμποδίων όρασης αναπαρίσταται με χρήση συναρτήσεων κυβικών καμπυλών B-Spline (παραμετρικές καμπύλες, οι οποίες ορίζονται κατά τμήματα), ενώ για τον προσδιορισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ εξετάζονται η οριζοντιογραφία και η μηκοτομή της οδού. Το διατιθέμενο ΜΟΣ προσδιορίζεται με χρήση αναλυτικής μεθόδου. Στη συνέχεια, δημιουργείται το διάγραμμα του διατιθέμενου μήκους ορατότητας κατά μήκος της οδού, το οποίο χρησιμεύει για τον εντοπισμό θέσεων όπου υπάρχει ανεπαρκές ΜΟΣ, μέσω της σύγκρισης με το απαιτούμενο ΜΟΣ (Σχήμα 2.2).

Κατά την προτεινόμενη μέθοδο, οι παράμετροι που θεωρείται ότι περιορίζουν την ορατότητα και εξετάζονται, περιλαμβάνουν επιμέρους στοιχεία της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής. Έτσι, στην οριζοντιογραφία το μήκος ορατότητας θεωρείται ότι περιορίζεται από τα πλευρικά εμποδία, στις κυρτές καμπύλες της μηκοτομής το μήκος ορατότητας θεωρείται ότι περιορίζεται λόγω τομής της γραμμής όρασης με την οδό και, τέλος, στις κοίλες καμπύλες της μηκοτομής το μήκος ορατότητας θεωρείται

ότι περιορίζεται κατά τη διάρκεια της νύκτας στην απόσταση που δεν καλύπτεται από τους προβολείς των οχημάτων. Συνεπώς, σε κάθε επιθυμητό σημείο της οδού (όπως επιλέγεται από τον μελετητή), το μήκος ορατότητας υπολογίζεται μέσω της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής της οδού, όπου με έλεγχο των παραμέτρων που προαναφέρθηκαν, ως διατιθέμενο ΜΟΣ λαμβάνεται το ελάχιστο εκ των επιμέρους μηκών.



Σχήμα 2.2: Διάγραμμα απαιτούμενου και διατιθέμενου ΜΟΣ κατά μήκος υφιστάμενης οδού.
(Nehate & Rys, 2006)

Επιπλέον, σε κάθε θέση υποδεικνύεται ο παράγοντας (από τους τρεις εξεταζόμενους) που προκαλεί περιορισμό της ορατότητας. Για τον καθορισμό της επιφάνειας της οδού λαμβάνονται υπόψη και κάποια χαρακτηριστικά της διατομής, μεταξύ των οποίων είναι το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας, ενώ ο οφθαλμός τοποθετείται στο μέσον της υπό εξέταση λωρίδας κυκλοφορίας. Επίσης, υπάρχει δυνατότητα επιλογής του ύψους οφθαλμού και εμποδίου στην οδό, καθώς και της γωνίας των προβολέων. Τέλος, το απαιτούμενο ΜΟΣ υπολογίζεται κατά AASHTO (2004), ενώ υπάρχει δυνατότητα να ληφθούν υπόψη διαφορετικά όρια ταχύτητας στα επιμέρους τμήματα της οδού. Ο έλεγχος της προτεινόμενης μεθόδου πραγματοποιείται σε διάφορα τμήματα υφιστάμενων αυτοκινητόδρομων και διαπιστώνεται, μέσω της σύγκρισης των αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα δεδομένα σχεδιασμού, ότι η ακρίβεια των αποτελεσμάτων είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική.

Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι **η χρήση δεδομένων GPS για την ανάλυση της ορατότητας συνοδεύεται από αρκετά πλεονεκτήματα**, μεταξύ των οποίων είναι η εξάλειψη της ανάγκης για επί τόπου (οπτική) επιθεώρηση της οδού, η σημαντική

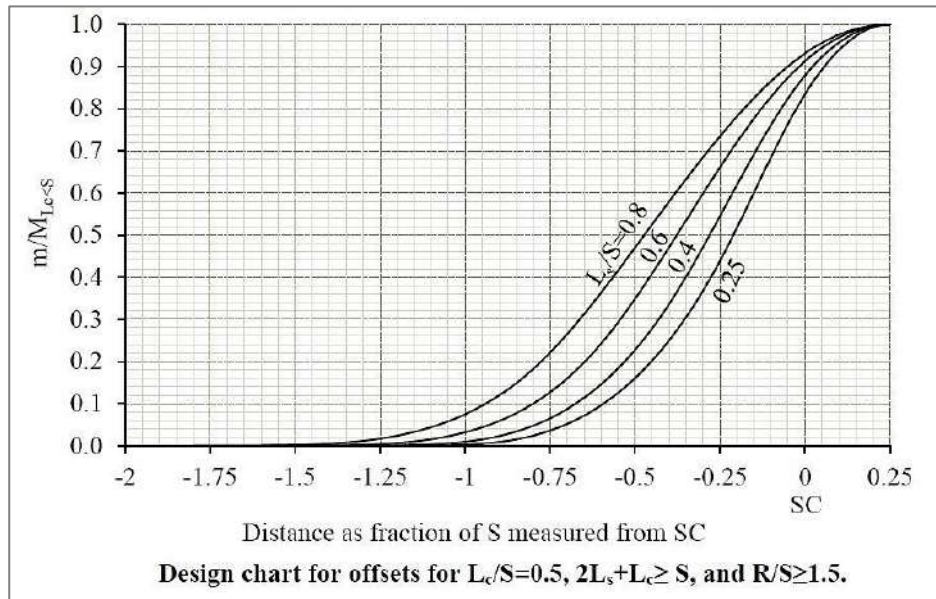
μείωση του χρόνου και του κόστους μελέτης και η δυνατότητα εφαρμογής της μεθόδου σε υφιστάμενες οδούς, προκειμένου να αξιολογηθεί εάν όντως τηρούνται οι οδηγίες σχεδιασμού. Επιπλέον, η αναπαράσταση της οδού και των εμποδίων όρασης με χρήση παραμετρικών καμπυλών είναι μια αρκετά εύκολη και γρήγορη διαδικασία, αφού μειώνεται ο χρόνος υπολογισμών, ενώ επιτρέπει τον προσδιορισμό οποιουδήποτε σημείου του άξονα της οδού και της διατομής της. Τέλος, συμπεραίνεται ότι η προτεινόμενη μέθοδος είναι επαρκής για πρακτικούς σκοπούς, αφού υπάρχει η δυνατότητα εντοπισμού των τμημάτων με περιορισμένη ορατότητα με ικανοποιητική ακρίβεια, χωρίς ωστόσο να διευκρινίζεται πόση είναι αυτή.

Οι **Mauga et al. (2013)** σε πρόσφατη δημοσίευσή τους **ανέλυσαν το θέμα του καθορισμού της Περιβάλλουσας Καμπύλης Ορατότητας (ΠΚΟ) στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας**, η οποία προσδιορίζει την τυχόν απαιτούμενη διεύρυνση των διατομών της οδού λόγω ορατότητας και τον χώρο που θα πρέπει να μείνει ελεύθερος από κάθε είδους εμπόδια. Στην εργασία αυτή αναφέρεται ότι οι Αμερικάνικες Οδηγίες σχεδιασμού οδών (AASHTO) δεν παρέχουν κάποια μέθοδο προσδιορισμού της ΠΚΟ σε καμπύλες με τόξα συναρμογής, παρά μόνο σε κυκλικά τόξα. Οι οδηγίες προτείνουν τη χρήση γραφικών και υπολογιστικών μεθόδων, όπου όμως η γραφική μέθοδος είναι επίπονη και επιρρεπής στην εκδήλωση σφαλμάτων, και η υπολογιστική μέθοδος εφαρμόζεται μόνο σε περιοχές όπου τα κυκλικά τόξα έχουν μήκος ίσο ή μεγαλύτερο από το μήκος ορατότητας. Κατά συνέπεια, οι συγγραφείς ανέπτυξαν και παρουσίασαν ένα αναλυτικό μοντέλο για τον προσδιορισμό της ΠΚΟ σε κυκλικά τόξα μικρότερου μήκους από το μήκος ορατότητας, στο οποίο συσχετίζονται οι μεταβλητές του μήκους ορατότητας, του μήκους κυκλικού τόξου και τόξων συναρμογής, της ακτίνας του κυκλικού τόξου, καθώς και της θέσης του οδηγού.

Η μέθοδος συνοψίζεται στον προσδιορισμό του υποχρεωτικά ελεύθερου από εμπόδια χώρου, ώστε το διατιθέμενο μήκος ορατότητας να είναι μεγαλύτερο από το απαιτούμενο. Το μοντέλο εφαρμόζεται στην περίπτωση όπου το μήκος του κυκλικού τόξου είναι μικρότερο του μήκους ορατότητας και το ολικό μήκος της καμπύλης είναι μεγαλύτερο του μήκους ορατότητας. Η ΠΚΟ αποτελεί την περιβάλλουσα όλων των γραμμών όρασης, περιγράφεται από διαφορική εξίσωση και προκύπτει από τη μορφή της χάραξης. Η μέθοδος είναι γενική, υπό την έννοια ότι σε απλές καμπύλες (μηδενικό μήκος τόξων συναρμογής) παράγει τα ίδια αποτελέσματα με την προτεινόμενη μέθοδο κατά AASHTO, όπως αποδεικνύεται με σύγκριση των δύο μεθόδων. Επιπλέον, **δημιουργούνται ενδεικτικά κάποια διαγράμματα σχεδιασμού (νομογραφήματα)** για τη διευκόλυνση του μελετητή (Σχήμα 2.3).

Παρατηρείται ότι **σε καμπύλες με μήκος μικρότερο από το μήκος ορατότητας το μοντέλο AASHTO υπολογίζει μεγαλύτερες αποστάσεις της ΠΚΟ από τον άξονα της οδού σε σχέση με τις πραγματικά απαιτούμενες** και ότι όσο μεγαλύτερου μήκους είναι το τόξο συναρμογής, τόσο τα αποτελέσματα της μεθόδου προσεγγίζουν τα αντίστοιχα αποτελέσματα της μεθόδου AASHTO. Επομένως, με χρήση του προτεινόμενου μοντέλου αποφεύγονται επιπλέον κόστη περιττών εκσκαφών. Ωστόσο, τα όποια οφέλη προκύπτουν από χρήση της προτεινόμενης μεθόδου (π.χ.

μικρότερες ποσότητες χωματισμών) είναι και πάλι θεωρητικά, αφού αγνοείται η επίδραση της μηκοτομής της οδού.



Σχήμα 2.3: Νομογράφημα για τον προσδιορισμό σημείων της Περιβάλλουσας Καμπύλης Ορατότητας σε καμπύλες οριζοντιογραφίας (όπου L_c : μήκος κυκλικού τόξου (m), L_s : μήκος τόξου συναρμογής (m), R : ακτίνα καμπύλης (m), S : μήκος ορατότητας (m), m/M : λόγος πλευρικής απόστασης οδηγού – άκρου της οδού κατά μήκος της καμπύλης προς τη μέγιστη πλευρική απόσταση στο μέσον του κυκλικού τόξου). (Mauga, Ghanma & Ahmed, 2013)

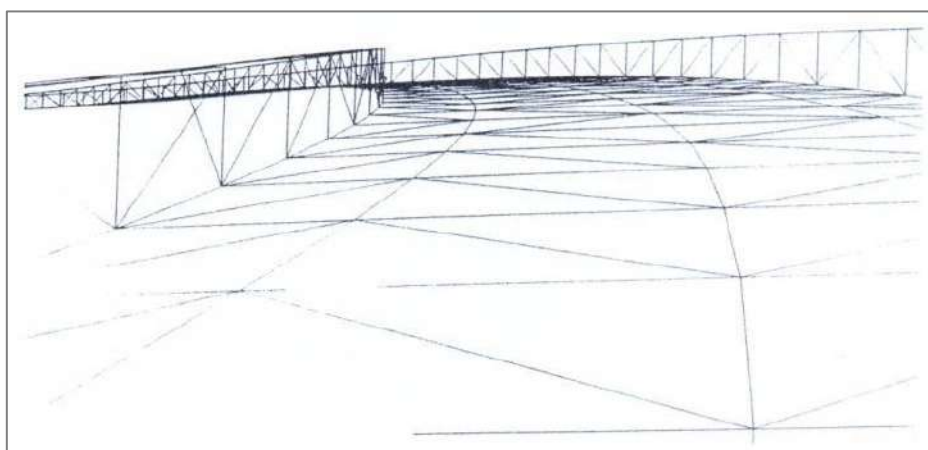
Όλες οι προαναφερθείσες μέθοδοι αποτελούν, κατά τους εκάστοτε συγγραφείς, βελτιώσεις σε σχέση με την υφιστάμενη πρακτική προσδιορισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ. Ωστόσο, η δισδιάστατη ανάλυση της ορατότητας, στην οποία αυτές βασίζονται, χαρακτηρίζεται μάλλον ως αποσπασματική και ελλιπής, δεδομένου ότι δεν λαμβάνεται υπόψη η αλληλοδέσμευση που προκύπτει από την ξεχωριστή εξέταση μεταξύ των παραμέτρων της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής, και ενδεχομένως να οδηγήσει σε ανεπαρκείς παρεμβάσεις, λόγω του ανακριβούς υπολογισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ (Mertzanis et al., 2013). Έτσι, υπάρχει ο κίνδυνος υπερεκτίμησης ή, πολύ χειρότερα, υποεκτίμησης της επάρκειας ορατότητας και άρα της παρεχόμενης ασφάλειας στον οδηγό (Hassan et al., 1997).

2.2.2 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι τρισδιάστατες μέθοδοι ανάλυσης της ορατότητας εξετάζουν το συνδυασμένο αποτέλεσμα από την αλληλεπίδραση οριζοντιογραφίας και μηκοτομής στον χώρο και, όπως προαναφέρθηκε, διακρίνονται σε **γραφικές** και **αναλυτικές**.

Ο Sanchez (1994) ανέπτυξε μια γραφική μέθοδο για τη μελέτη της αλληλεπίδρασης του ΜΟΣ και της τρισδιάστατης διάταξης της οδού σε συνδετήριους κλάδους (ράμπες) σε περιοχές κόμβων αυτοκινητόδρομων, μέσω

της δημιουργίας τρισδιάστατων εικόνων με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, κατά την υιοθέτηση ελάχιστων τιμών σχεδιασμού στα μεγέθη της χάραξης. Σύμφωνα με τον συγγραφέα, η ανεπάρκεια μήκους ορατότητας είναι σύννηθες φαινόμενο σε συνδετήριους κλάδους αυτοκινητόδρομων, καθώς χρησιμοποιούνται τα ελάχιστα μεγέθη σχεδιασμού στις οριζοντιογραφικές καμπύλες και μικρά πλάτη ερεισμάτων κατά μήκος στηθαίων από σκυρόδεμα, ενώ το πρόβλημα επιδεινώνεται με ταυτόχρονη ύπαρξη κυρτών καμπυλών μηκοτομής. Η προσομοίωση συνδετήριων κλάδων κόμβων πραγματοποιείται με βάση συνδυασμούς οριζοντιογραφίας και μηκοτομής με χρήση οριακών τιμών σχεδιασμού και στις δύο περιπτώσεις, όπου ο υπολογισμός του ΜΟΣ γίνεται κάθε φορά με γραφική μέθοδο στο τρισδιάστατο αυτό περιβάλλον. Για την αναπαράσταση του οδικού χώρου γίνεται χρήση της μεθόδου «Delaunay» (Delaunay, 1934). Ο μελετητής δημιουργεί προοπτικές απόψεις του τρισδιάστατου προσομοιώματος της οδού από όποια θέση της οδού επιθυμεί (Σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.4: Προοπτική άποψη της οδού από τη θέση του οδηγού. (Sanchez, 1994)

Πιο συγκεκριμένα, αρχικά δημιουργείται μια ευθεία με άκρα τον υποθετικό οφθαλμό και το εμπόδιο και στη συνέχεια, μέσω κατάλληλου σχεδιαστικού λογισμικού, το μοντέλο προβάλλεται σε κάτοψη, πλάγια όψη και από τη θέση του οδηγού. Με αυτόν τον τρόπο, ο μελετητής εντοπίζει την ύπαρξη πιθανού εμποδίου που διακόπτει τη γραμμή όρασης. Τα στοιχεία της διατομής τα οποία λαμβάνονται υπόψη και ελέγχονται περιλαμβάνουν την επιφάνεια της οδού, στην οποία έχει εφαρμοστεί επίκλιση, καθώς και το στηθαίο ασφαλείας από σκυρόδεμα. Το μήκος ορατότητας προκύπτει στις τρεις διαστάσεις ως το άθροισμα των αποστάσεων μεταξύ διαδοχικών σημείων της επιφάνειας της οδού, τα οποία βρίσκονται στο μέσον της λωρίδας κυκλοφορίας. Τέλος, το διατιθέμενο ΜΟΣ συγκρίνεται με το απαιτούμενο.

Για τη διεξαγωγή παρατηρήσεων και συμπερασμάτων, η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε για την αλληλουχία ευθυγραμμία – καμπύλη – ευθυγραμμία στην οριζοντιογραφία, με διάφορες τιμές ακτίνας κυκλικού τόξου και μεταβλητές αποστάσεις εσωτερικής επιφάνειας στηθαίου – μέσου λωρίδας κυκλοφορίας, και διάφορες διατάξεις μηκοτομής, ενώ το μήκος ορατότητας μετρήθηκε από θέσεις

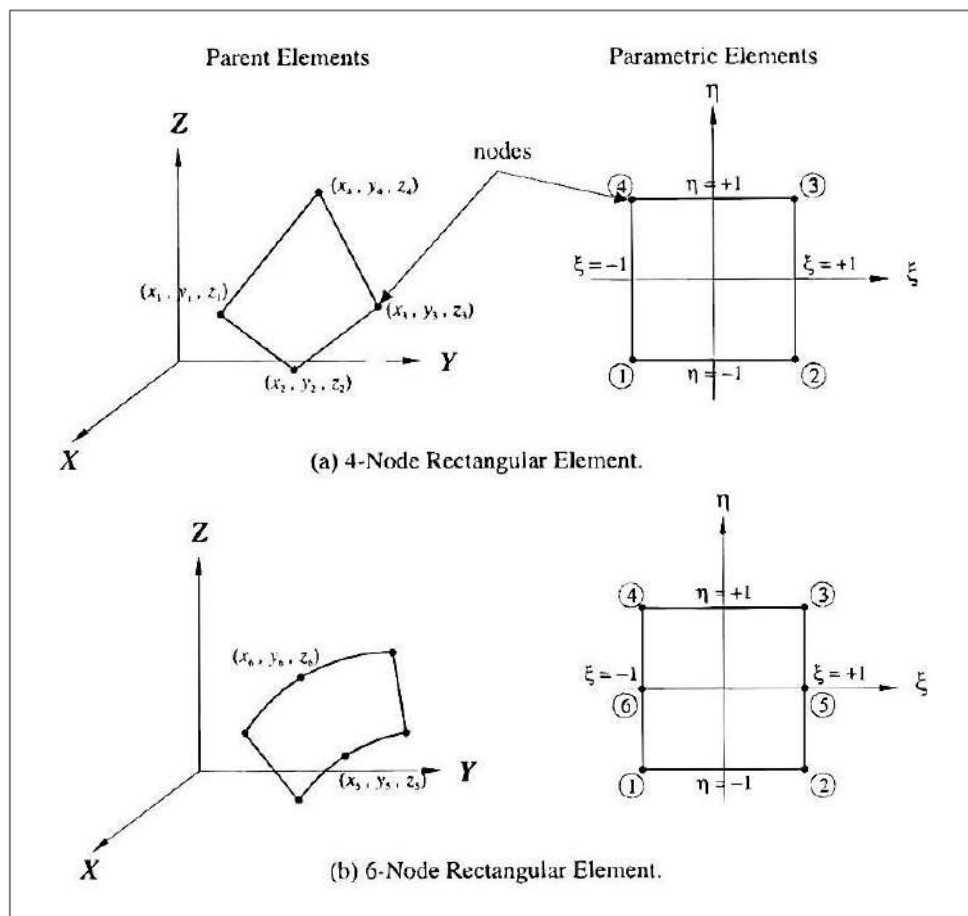
ταυτόχρονης ύπαρξης καμπυλότητας στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή. Επιπλέον, έγινε διερεύνηση σχετικά με το ελάχιστο μήκος του τόξου συναρμογής, ούτως ώστε η ορατότητα να μην περιορίζεται από την επιφάνεια της οδού. Τέλος, για τις ίδιες περιπτώσεις, έγινε προσδιορισμός (μέτρηση) του ΜΟΣ με χρήση δισδιάστατων και τρισδιάστατων μεθόδων, ώστε να διερευνηθεί εάν υπάρχει σημαντική απόκλιση μεταξύ των δύο αυτών τεχνικών.

Οι κυριότερες παρατηρήσεις και συμπεράσματα που προέκυψαν είναι ότι **τα αποτελέσματα της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε δεν διαφέρουν σημαντικά από τα αντίστοιχα αποτελέσματα των συμβατικών δισδιάστατων μεθόδων, οι οποίες ωστόσο δίνουν συνήθως πιο συντηρητικές εκτιμήσεις**. Επιπλέον, στην πλειοψηφία των εξεταζόμενων περιπτώσεων, το στηθαίο από σκυρόδεμα είναι αυτό που περιορίζει το διατιθέμενο μήκος ορατότητας, δηλαδή η οριζοντιογραφία αποτελεί καθοριστικό παράγοντα όσον αφορά στην ορατότητα. Συνεπώς, η απόσταση του στηθαίου από τη λωρίδα κυκλοφορίας, καθώς και η τιμή της επίκλισης επηρεάζουν σημαντικά τα διαθέσιμα μήκη ορατότητας. Επιπλέον, σε περιπτώσεις συνδυασμού οριζοντιογραφικής καμπύλης με επίκλιση και κυρτής καμπύλης μηκοτομής, η ορατότητα δεν περιορίζεται συνήθως από την επιφάνεια της οδού. Συνεπώς, **προτείνεται η χρήση τρισδιάστατων προσομοιωμάτων της οδού από τους μελετητές κατά τη διαδικασία χάραξης, για τον έλεγχο της ποιότητας της χάραξης**. Ωστόσο, παρόλο που η προτεινόμενη μέθοδος παράγει ακριβή αποτελέσματα, είναι αρκετά χρονοβόρα, δεδομένου ότι το διατιθέμενο ΜΟΣ προσδιορίζεται με γραφικό και όχι αναλυτικό τρόπο.

Οι Hassan et al. (1996) εισήγαγαν μια αναλυτική μέθοδο για τον προσδιορισμό του διατιθέμενου μήκος ορατότητας στις τρεις διαστάσεις, όπου υπάρχει συνδυασμός στοιχείων οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Στη μέθοδό τους γίνεται χρήση **πεπερασμένων στοιχείων** καμπύλης μορφής, τα οποία αναπαριστούν τα διάφορα χαρακτηριστικά της επιφάνειας της οδού και των εμποδίων που περιορίζουν την ορατότητα. Το διατιθέμενο μήκος ορατότητας προσδιορίζεται αναλυτικά, μέσω της εξέτασης της τομής μεταξύ της γραμμής όρασης και των στοιχείων που αναπαριστούν την επιφάνεια της οδού και τα εμπόδια όρασης. Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι η συγκεκριμένη αναλυτική μέθοδος μπορεί να φανεί χρήσιμη για την καθιέρωση τρισδιάστατων προτύπων γεωμετρικού σχεδιασμού των οδών.

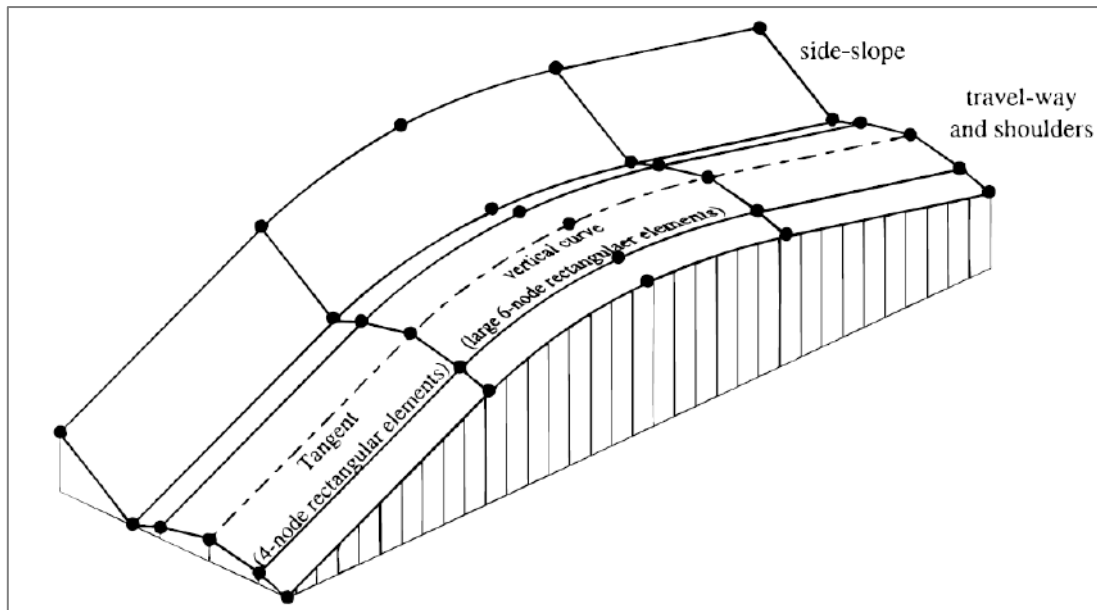
Τα πεπερασμένα στοιχεία που χρησιμοποιούνται (Σχήμα 2.5), ορίζονται από έναν αριθμό σημείων στον χώρο με γνωστές συντεταγμένες, τα οποία ονομάζονται «κόμβοι». Έτσι, τα πεπερασμένα στοιχεία μπορούν να διακριθούν σε πολυγωνικά στοιχεία 4, 6 και 8 κόμβων, καθώς και σε τριγωνικά στοιχεία. Τα πολυγωνικά στοιχεία 4, 6 και 8 κόμβων αναπαριστούν ευθυγραμμίες και τμήματα με σταθερή κατά μήκος κλίση, καμπύλες στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή, και τμήματα με μεταβολή της επίκλισης αντίστοιχα, ενώ τα τριγωνικά στοιχεία χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις στοιχείων όπου απαιτείται βαθμιαία μείωση του πλάτους έως μηδενισμού του. Επιπλέον, υπάρχει δυνατότητα αναπαράστασης και στοιχείων της διατομής (π.χ. εγκάρσια κλίση). Τέλος, οι παράγοντες περιορισμού της ορατότητας

που λαμβάνονται υπόψη περιλαμβάνουν πλευρικά εμπόδια και άνω διαβάσεις, και αναπαρίστανται από πολυγωνικά στοιχεία 4 κόμβων.



Σχήμα 2.5: Πολυγωνικά πεπερασμένα στοιχεία 4 και 6 κόμβων.
(Hassan, Easa & Abd El Halim, 1996)

Αφού η οδός και το περιβάλλον της προσομοιωθεί με ένα σύνολο από τα προαναφερθέντα στοιχεία, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 2.6, ο προσδιορισμός του διατιθέμενου μήκους ορατότητας βασίζεται σε επαναληπτική διαδικασία ελέγχου της τομής της γραμμής όρασης μεταξύ οφθαλμών οδηγού και εμποδίου, η οποία μεταβάλλεται, και των πεπερασμένων στοιχείων. Σύμφωνα με αυτήν τη διαδικασία, σε κάθε θέση της οδού θεωρείται αρχικά ένα μήκος ορατότητας και εν συνεχεία το μήκος αυτό αυξάνεται ή μειώνεται μέχρι η γραμμή όρασης να είναι εφαπτόμενη σε ένα στοιχείο της οδού ή του περιβάλλοντός της. Η προτεινόμενη μέθοδος εφαρμόζεται σε διάφορες διατομές της οδού, καθώς και για τα επιθυμητά ύψη και θέσεις οφθαλμού και εμποδίου.



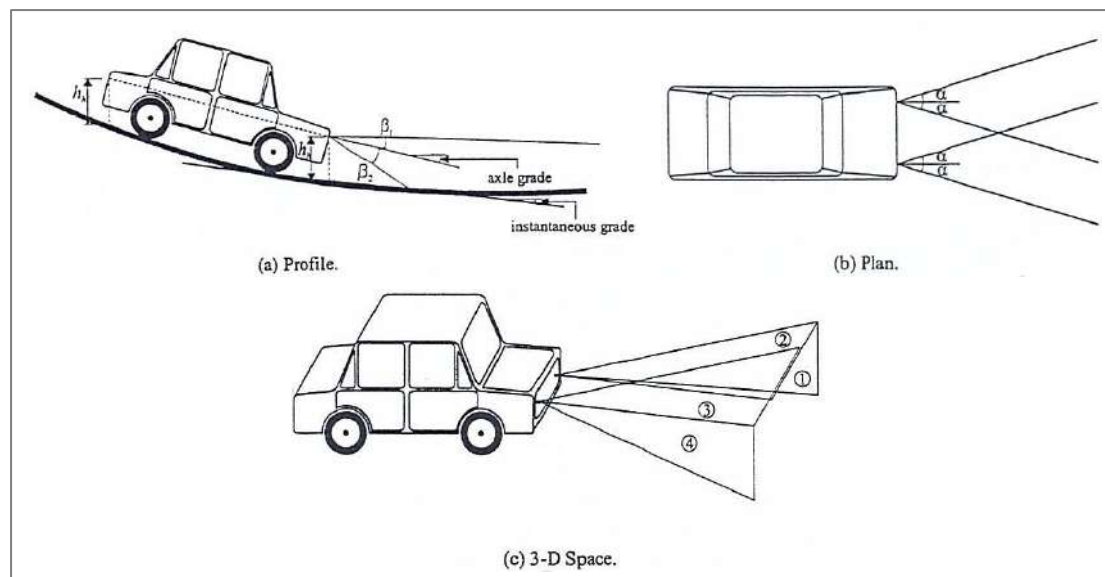
Σχήμα 2.6: Αναπαράσταση κυρτής καμπύλης μηκοτομής με χρήση πεπερασμένων στοιχείων 4 και 6 κόμβων. (Hassan, Easa & Abd El Halim, 1996)

Επιπλέον, στη ίδια έρευνα, το μήκος ορατότητας προσδιορίστηκε επίσης και με τη χρήση δισδιάστατης μεθόδου στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή της οδού, όπου ελήφθη η μικρότερη εκ των δύο τιμών. **Η συσχέτιση των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων έδειξε ότι η δισδιάστατη μέθοδος κάποιες φορές υπερεκτιμά ή υποεκτιμά τα πραγματικά τρισδιάστατα μήκη ορατότητας, κάτι το οποίο συνεπάγεται επιπτώσεις στην οικονομία και, κυρίως, την παρεχόμενη ασφάλεια της οδού.** Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η συμβατική δισδιάστατη μέθοδος δεν λαμβάνει υπόψη την εγκάρσια κλίση και γενικότερα τα στοιχεία της διατομής. Συνεπώς, το γενικότερο συμπέρασμα της έρευνας ήταν ότι δεν θα πρέπει να αγνοείται η τρισδιάστατη φύση της οδού.

Το παραπάνω μοντέλο επεκτάθηκε από τους συγγραφείς [Hassan et al. (1997)], έτσι ώστε **να συμπεριληφθεί και το μήκος ορατότητας κατά τις νυκτερινές ώρες, το οποίο περιορίζεται στο εύρος των προβολών.** Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι, παρόλο που το μήκος ορατότητας έχει μελετηθεί εκτενώς, με την ανάπτυξη δισδιάστατων και τρισδιάστατων αναλυτικών μεθόδων, εντούτοις δεν έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στο ζήτημα της ορατότητας κατά τη διάρκεια της νύκτας (έλλειμμα οδηγιών και συστάσεων), το οποίο μάλιστα είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς τα περισσότερα ατυχήματα παρατηρούνται κατά την οδήγηση σε νυκτερινές ώρες. Για τον λόγο αυτό, παρουσιάστηκε ένα αναλυτικό μοντέλο τεσσάρων φάσεων για τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας, το οποίο λαμβάνει υπόψη την τρισδιάστατη φύση της οδού, καθώς και τους προβολείς του οχήματος, και βασίζεται στη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων.

Τόσο η οδός και το περιβάλλον της, όσο και οι δέσμες φωτός των προβολέων αναπαρίστανται από ένα σύνολο πεπερασμένων στοιχείων με δύο τρόπους. Από τη μία, ο άξονας της οδού και τα άκρα του οδοστρώματος προσομοιώνονται με συνεχείς

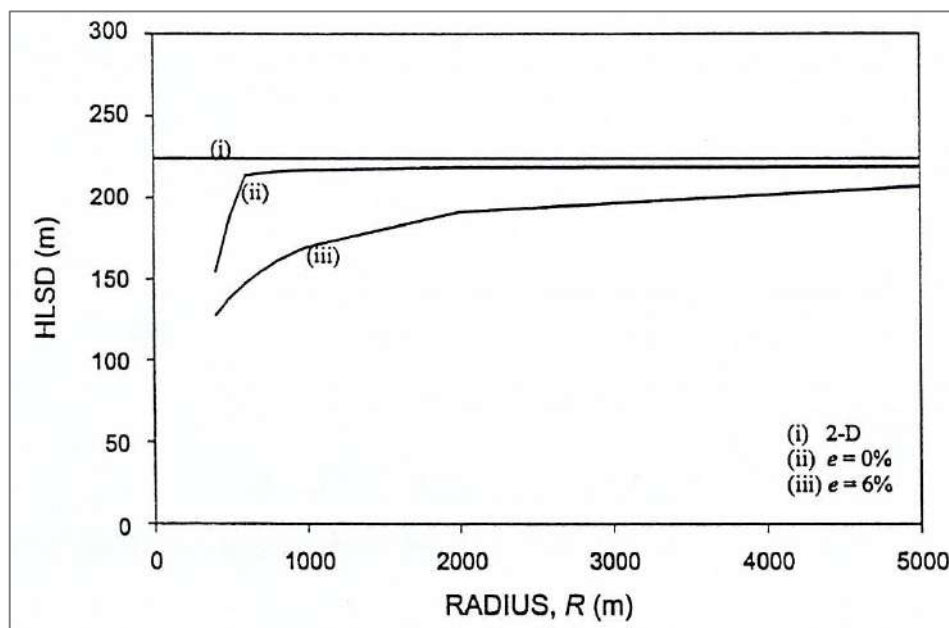
γραμμές στον χώρο, οι οποίες αποτελούνται από πεπερασμένα στοιχεία 2 και 3 κόμβων για την αναπαράσταση των ευθύγραμμων και καμπύλων τμημάτων της οδού αντίστοιχα, τα οποία χρησιμοποιούνται επίσης και για τη δημιουργία της οριζοντιογραφίας και μηκοτομής της οδού. Από την άλλη, η οδός και το περιβάλλον της προσομοιώνονται με ένα σύνολο πεπερασμένων στοιχείων 4 και 6 κόμβων, όπως περιγράφηκε και προηγούμενα. Τέλος, οι δέσμες φωτός των προβολέων αναπαρίστανται από τέσσερα τριγωνικά στοιχεία, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 2.7.



Σχήμα 2.7: Προσομοίωση των δεσμών φωτός των προβολέων ενός οχήματος, με χρήση τριγωνικών πεπερασμένων στοιχείων. (Hassan, Easa & Abd El Halim, 1997)

Η προτεινόμενη μέθοδος αφορά στον προσδιορισμό της μέγιστης απόστασης που μπορεί να καλυφθεί από τους προβολείς του οχήματος, χωρίς να διακόπτεται από το οποιοδήποτε εμπόδιο όρασης, συμπεριλαμβανομένης και της επιφάνειας της οδού. Η όλη διαδικασία αποτελείται από τέσσερις φάσεις: Αρχικά, γίνεται προσδιορισμός της μέγιστης απόστασης (ή διατιθέμενου μήκους) που καλύπτεται από τους προβολείς και ελέγχεται ότι δεν είναι μικρότερη του απαιτούμενου ΜΟΣ. Ο προσδιορισμός της απόστασης και ο έλεγχος πραγματοποιούνται στο προσομοίωμα της οδού μέσω της εξέτασης της τομής των «γραμμών» της οδού με τα στοιχεία που αναπαριστούν τις δέσμες φωτός. Στη συνέχεια γίνεται έλεγχος εάν η δέσμη φωτός εμποδίζεται από συνεχή ή σημειακά πλευρικά εμπόδια στο προσομοίωμα του περιβάλλοντος της οδού, με όμοιο τρόπο με την προηγούμενη δημοσίευση. Ακολούθως, γίνεται έλεγχος ύπαρξης τμημάτων της οδού τα οποία «χάνονται» από το οπτικό πεδίο του οδηγού. Ο έλεγχος αφορά περιοχές κοίλων καμπυλών και γίνεται με εξέταση της ενδιάμεσης τομής της γραμμής φωτός (σχηματίζεται μεταξύ της θέσης των προβολέων και ενός σημείου της οδού) με το οδόστρωμα. Τέλος, η τέταρτη φάση αφορά στον προσδιορισμό του μήκους ορατότητας σε περίπτωση ύπαρξης κάποιου εμποδίου συγκεκριμένου ύψους στην οδό και αντικαθιστά τις δύο προηγούμενες φάσεις.

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης έρευνας, αναπτύχθηκε ένα λογισμικό για τον προσδιορισμό του διατιθέμενου μήκους ορατότητας λόγω των προβολέων σε οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Στο λογισμικό εισάγονται τα χαρακτηριστικά της οριζοντιογραφίας, μηκοτομής και διατομής της οδού, καθώς και τυχόν πλευρικά εμπόδια ή άνω διαβάσεις. Επιπλέον, γίνεται καθορισμός του ύψους των προβολέων και της γωνίας της δέσμης φωτός, η ακρίβεια των μετρήσεων και το ελάχιστο αποδεκτό μήκος ορατότητας. Το λογισμικό υπολογίζει τρεις τιμές για το διατιθέμενο μήκος ορατότητας, οι οποίες αντιστοιχούν στις τρεις πρώτες φάσεις που περιγράφηκαν προηγουμένως και το διατιθέμενο μήκος ορατότητας προκύπτει ως το ελάχιστο εξ αυτών. Η προτεινόμενη μέθοδος εφαρμόζεται σε οριζοντιογραφική καμπύλη με ταυτόχρονη ύπαρξη κυρτής και κοίλης καμπύλης στη μηκοτομή και εξετάζεται η επιρροή στο μήκος ορατότητας του εύρους φωτεινής δέσμης των προβολέων, καθώς και της ακτίνας της οριζοντιογραφικής καμπύλης (Σχήμα 2.8). Επίσης, γίνεται σύγκριση των τιμών του μήκους ορατότητας που προκύπτουν, με τις αντίστοιχες τιμές που προκύπτουν από την εφαρμογή σχέσεων σε δισδιάστατες προβολές της οδού, κατά AASHTO.



Σχήμα 2.7: Μήκος ορατότητας λόγω των προβολέων του οχήματος συναρτήσει της ακτίνας οριζοντιογραφικής καμπύλης, σε κοίλη καμπύλη μηκοτομής για διάφορες τιμές επίκλισης. (Hassan, Easa & Abd El Halim, 1997)

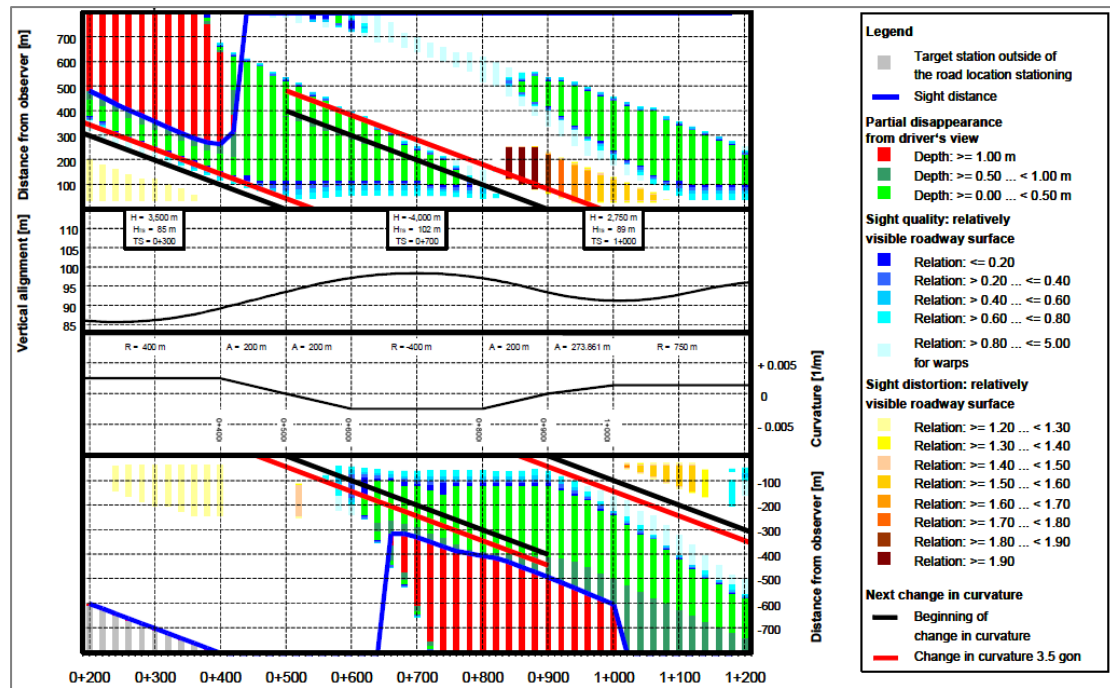
Από το παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου παρατηρείται ότι σε περίπτωση συνδυασμού οριζοντιογραφικής καμπύλης και κοίλης καμπύλης μηκοτομής, το διατιθέμενο μήκος ορατότητας με εφαρμογή της τρισδιάστατης μεθόδου προκύπτει μικρότερο από το αντίστοιχο που προκύπτει με εφαρμογή της δισδιάστατης μεθόδου και επιπλέον η διαφορά των δύο τιμών αυξάνεται καθώς η ακτίνα της οριζόντιας καμπύλης μειώνεται ή αυξάνεται η επίκλιση του οδοστρώματος. Αντίστοιχα, σε συνδυασμό οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, το τρισδιάστατο μήκος ορατότητας προκύπτει μεγαλύτερο από το αντίστοιχο

δισδιάστατο και, ομοίως με προηγούμενως, η διαφορά των δύο τιμών αυξάνεται καθώς η ακτίνα της οριζόντιας καμπύλης μειώνεται ή αυξάνεται η επίκλιση του οδοστρώματος. Συνεπώς, το γενικότερο συμπέρασμα είναι ότι **ο δισδιάστατος σχεδιασμός ενδέχεται να υπερεκτιμήσει ή να υποεκτιμήσει το διατιθέμενο μήκος ορατότητας λόγω των προβολών του οχήματος, και άρα να υποβιβάσει την ασφάλεια της οδού ή να αυξήσει το κόστος.**

Οι Zimmermann & Roos (2005) σε δημοσίευσή τους παρουσίασαν ένα λογισμικό το οποίο παράγει προοπτικές εικόνες από τη θέση του οδηγού κατά μήκος της οδού και αξιολογεί τη χάραξη με βάση ποσοτικά κριτήρια ορατότητας. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται με γραφικό τρόπο για τον άμεσο εντοπισμό τυχόν προβλημάτων στη χάραξη. Οι συγγραφείς τονίζουν ότι μια αποτυχημένη χάραξη στον χώρο οδηγεί σε λανθασμένη εκτίμηση της διάταξης της οδού από τους χρήστες της, ακόμα και αν οι επιμέρους τιμές των παραμέτρων χάραξης βρίσκονται εντός των επιθυμητών ορίων. Ωστόσο, δεν υπάρχουν σαφή και ποσοτικά κριτήρια αξιολόγησης της ποιότητας της χάραξης. Κάποια πιθανά κριτήρια αξιολόγησης αποτελούν το διατιθέμενο μήκος ορατότητας, η μερική απόκρυψη της οδού από το οπτικό πεδίο του οδηγού, η ποιότητα της ορατότητας και τα διατιθέμενα μήκη ορατότητας σε περιοχές καμπυλών.

Κατά τους συγγραφείς, η ορατότητα θεωρείται το βασικό κριτήριο αξιολόγησης της χάραξης. Για την αξιολόγηση αυτή, γίνεται προσδιορισμός δύο βασικών μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε σημείο της οδού προς ανάλυση, προσδιορίζεται εάν αυτό είναι ορατό από τον οδηγό σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της οδού. Εάν δεν είναι ορατό, υπολογίζεται επιπλέον το βάθος κάτω από την αντίστοιχη πιο απομακρυσμένη ορατή γραμμή όρασης που δεν διακόπτεται. Επίσης, για κάθε σημείο προς ανάλυση, υπολογίζεται η ορατή από τον οδηγό επιφάνεια της οδού, η οποία οδηγεί στην τιμή αξιολόγησης της σχετικώς ορατής επιφάνειας της οδού.

Η διαδικασία ανάλυσης περιλαμβάνει την εκτέλεση ενός αλγόριθμου για τον υπολογισμό του ΜΟΣ, σύμφωνα με τις Γερμανικές Οδηγίες σχεδιασμού αυτοκινητόδρομων (RAS-L, 1995). Στη συνέχεια, προσδιορίζεται το βάθος όπου η οδός χάνεται από το οπτικό πεδίο του οδηγού σε θέσεις μη επαρκούς μήκους ορατότητας (αόρατα σημεία της οδού) και πραγματοποιείται εντοπισμός – ποσοτική αξιολόγηση των οπτικών ελαττωμάτων της οδού (π.χ. βυθίσματα, άλματα, μη ορατές θέσεις έναρξης καμπυλών οριζοντιογραφίας), με χρήση του κριτηρίου του ποσοστού της επιφάνειας της οδού που είναι ορατή σε κάθε θέση. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αναπαρίστανται σε γράφημα (Σχήμα 2.9), το οποίο παρουσιάζει με εποπτικό τρόπο τα διάφορα χαρακτηριστικά της τρισδιάστατης χάραξης (συμπεριλαμβανομένου και του μήκους ορατότητας) στις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας).



Σχήμα 2.9: Αποτελέσματα ανάλυσης ορατότητας. (Zimmermann & Roos, 2005)

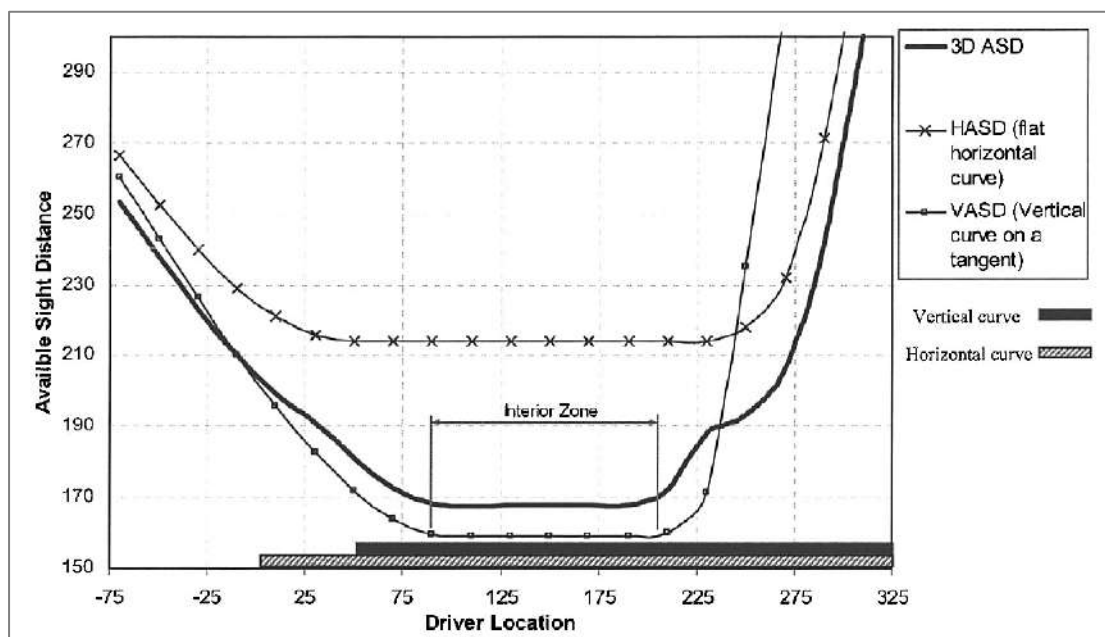
Οι συγγραφείς καταλήγουν στο ότι η προτεινόμενη μέθοδος οδηγεί στην αξιολόγηση της τρισδιάστατης χάραξης με περιεκτικό και ολοκληρωμένο τρόπο, όπου πραγματοποιείται και λεπτομερής ανάλυση της ορατότητας, κατά τη φάση σχεδιασμού ενός οδικού έργου. Επιπλέον, η αξιολόγηση της ποιότητας της χάραξης είναι άμεση και γίνεται με χρήση ποσοτικών κριτηρίων, ενώ με τη βοήθεια των προοπτικών εικόνων της οδού που παράγονται, ο μελετητής έχει τη δυνατότητα να επαληθεύσει οπτικά την ύπαρξη οπτικών ελαττωμάτων και επικίνδυνων σημείων. Συνεπώς, η μέθοδος καθιστά πλέον περιττή την οπτική αξιολόγηση από μέρους του μελετητή, η οποία μάλιστα είναι πολλές φορές υποκειμενική, αφού το μοντέλο που αναπτύχθηκε βασίζεται σε μαθηματικό υπόβαθρο. Τέλος, προτείνεται η δοκιμαστική χρήση της μεθόδου και του αντίστοιχου λογισμικού για τη διενέργεια ελέγχων σε υφιστάμενες οδούς.

Οι Ismail & Sayed (2007) περιέγραψαν ένα νέο αλγόριθμο για τον υπολογισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ στις τρεις διαστάσεις, τον οποίο χαρακτηρίζουν ως πιο αποτελεσματικό, λιγότερο απαιτητικό στους υπολογισμούς και πιο ευέλικτο σε σχέση με τις έως τότε αντίστοιχες προσεγγίσεις. Ο αλγόριθμος αυτός βασίζεται στην παραμετρική αναπαράσταση της οδού και των χαρακτηριστικών του περιβάλλοντός της και αποτελεί επέκταση του δισδιάστατου μοντέλου που προτάθηκε από τον Lovell (1999), ώστε να συμπεριλαμβάνει και τα στοιχεία της μηκοτομής. Επιπλέον, παρουσιάζεται μια μέθοδος για τη διερεύνηση και τον προσδιορισμό των συνθηκών υπό τις οποίες η τρισδιάστατη ανάλυση ορατότητας θεωρείται απαραίτητη.

Κατά την προτεινόμενη μέθοδο, τα στοιχεία της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής και της διατομής (π.χ. επικλίσεις, στηθαία) ορίζονται και περιγράφονται μέσω

παραμετρικών συναρτήσεων σε σχέση με τον άξονα της οδού. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η αναζήτηση της πιο απομακρυσμένης θέσης της οδού που συνδέεται με τη θέση του οδηγού, με μια μη εμποδιζόμενη γραμμή όρασης. Η αναζήτηση σημείων παρεμπόδισης της γραμμής όρασης γίνεται με ανίχνευση της επιφάνειας της οδού και των χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος που βρίσκονται κάτω από τη γραμμή (αναπαρίστανται από μια σύνθετη καμπύλη), ενώ η αναζήτηση είναι πιο λεπτομερής κοντά στο σημείο τομής ή επαφής. Η τομή ευθείας – καμπύλης εξετάζεται προσεγγιστικά, μέσω αριθμητικής επίλυσης, με κάποια ανοχή που καθορίζεται από το μελετητή. Συνεπώς, η κύρια διαφορά της μεθόδου σε σχέση με την προσέγγιση με χρήση πεπερασμένων στοιχείων (βλ. Hassan et al., 1996) είναι ότι εδώ η αναζήτηση γίνεται στην πραγματική επιφάνεια της οδού και του περιβάλλοντός της, και όχι σε μια ιδεατή επιφάνεια αποτελούμενη από πεπερασμένα στοιχεία.

Για την επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων του προτεινόμενου αλγορίθμου και σύγκριση με τις υπάρχουσες δισδιάστατες μεθόδους, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για διάφορες διατάξεις χαράξεων, όπου εξετάζεται και η επιρροή διάφορων γεωμετρικών στοιχείων στο μήκος ορατότητας, μέσω διαγραμμάτων που παρατίθενται (π.χ. μεταβολή μήκους ορατότητας σε σχέση με την ακτίνα οριζοντιογραφικής καμπύλης). Ένα τέτοιο παράδειγμα παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.10.



Σχήμα 2.10: Σύγκριση αποτελεσμάτων μεθόδων προσδιορισμού μήκους ορατότητας.
(Ismail & Sayed, 2007)

Όσον αφορά στην ανάγκη για πραγματοποίηση τρισδιάστατης ανάλυσης ορατότητας, αυτή παρουσιάζεται σε περιπτώσεις όπου η τρισδιάστατη μέθοδος παράγει μικρότερα διαθέσιμα μήκη ορατότητας σε σχέση με τις συμβατικές δισδιάστατες μεθόδους ή και το αντίστροφο (οι δισδιάστατες μέθοδοι παράγουν μήκη μικρότερα σε σχέση με αυτά της τρισδιάστατης μεθόδου), το οποίο και αποτελεί κρίσιμη περίπτωση. Έτσι, γίνεται

προσπάθεια καθιέρωσης κάποιου **αναλυτικού κριτηρίου το οποίο θα υποδεικνύει την αναγκαιότητα πραγματοποίησης τρισδιάστατης ανάλυσης**, μέσω της κατάρτισης διάφορων διαγραμμάτων.

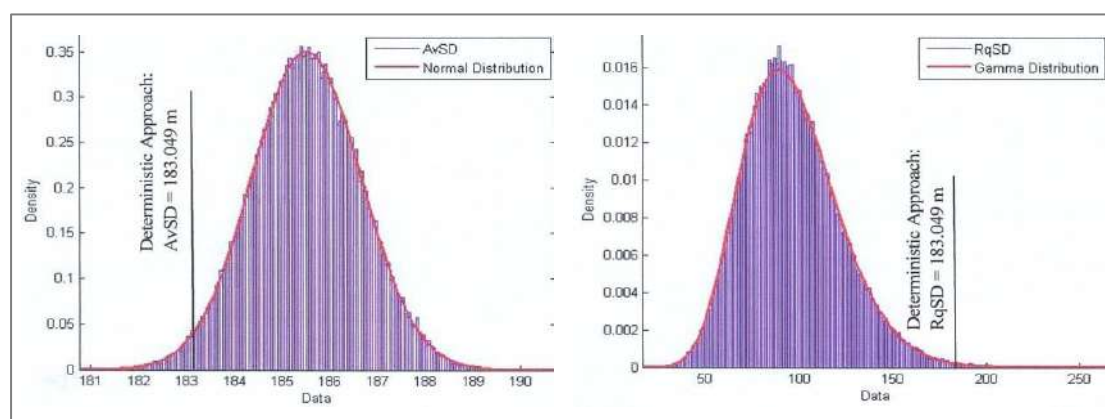
Τα κυριότερα αποτελέσματα από τη μελέτη για την επιρροή των διάφορων παραμέτρων της χάραξης είναι ότι το μήκος ορατότητας που προκύπτει από την τρισδιάστατη μέθοδο είναι γενικά πιο κοντά στο μικρότερο εκ των μηκών που προκύπτουν από την ανεξάρτητη εξέταση οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Επιπλέον, η σχετική θέση των σημείων μέγιστης καμπυλότητας και εμποδίων, καθώς και η διαφορά των τιμών των μηκών ορατότητας από τις δισδιάστατες επιμέρους αναλύσεις σε αυτά τα σημεία είναι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν την ανάγκη για τρισδιάστατη ανάλυση ορατότητας ή όχι.

Οι **Sarhan & Hassan (2008)** δημοσίευσαν μια έρευνά τους σχετικά με την **πιθανολογική προσέγγιση προσδιορισμού του μήκους ορατότητας**. Στην έρευνα αναφέρεται ότι η πιθανολογική προσέγγιση είναι κατάλληλη για τον σχεδιασμό των οδών, καθώς οι παράμετροι που υπεισέρχονται χαρακτηρίζονται, γενικά, από μεταβλητότητα. Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι οι υπάρχουσες μέθοδοι σχεδιασμού που περιγράφονται σε διάφορες οδηγίες για τον σχεδιασμό οδών, βασίζονται σε «αιτιοκρατική» προσέγγιση, δηλαδή δεν λαμβάνεται καθόλου υπόψη η ύπαρξη μεταβλητότητας των παραμέτρων σχεδιασμού, με αποτέλεσμα την πιθανή και αδικαιολόγητη υπερεκτίμηση του σχεδιασμού.

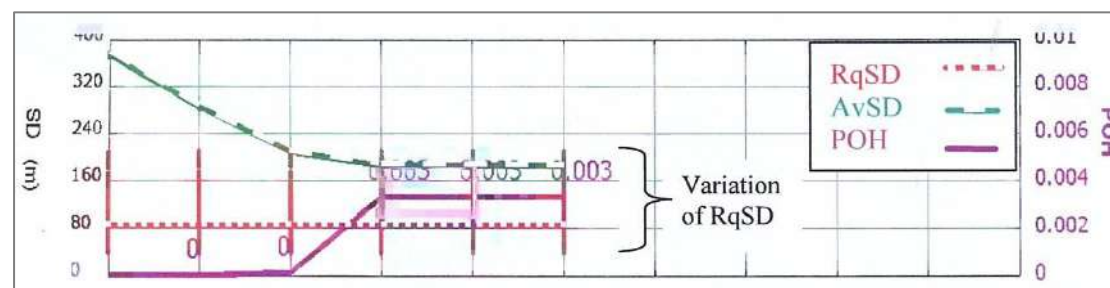
Με χρήση της «ανάλυσης αξιοπιστίας», γίνεται εκτίμηση της πιθανότητας κινδύνου λόγω της έλλειψης επαρκούς μήκους ορατότητας, σε οδούς που σχεδιάστηκαν με χρήση των υφιστάμενων οδηγιών, μέσω της συσχέτισης του απαιτούμενου και διατιθέμενου μήκους ορατότητας. Οι υπολογισμοί των μηκών ορατότητας πραγματοποιούνται σε τρισδιάστατο περιβάλλον, ενώ η πιθανότητα κινδύνου προσδιορίζεται μέσω του ποσοστού των χρηστών της οδού οι οποίοι ενδεχομένως να μην έχουν στη διάθεσή τους επαρκές μήκος ορατότητας ώστε να ακινητοποιήσουν έγκαιρα το όχημα πριν από κάποιο εμπόδιο. Η διακύμανση των παραμέτρων (στις οποίες περιλαμβάνεται το ύψος οφθαλμού και εμποδίου, η λειτουργική ταχύτητα, ο χρόνος αντίληψης – αντίδρασης και ο ρυθμός επιβράδυνσης) εξετάζεται με χρήση της μεθόδου «Monte Carlo» (Metropolis & Stanislaw, 1949) για την παραγωγή τυχαίων αριθμών, αξιοποιώντας διάφορα σύνολα παραμέτρων. Με χρήση εξειδικευμένου λογισμικού που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της έρευνας, πραγματοποιείται ο υπολογισμός των διαγραμμάτων διατιθέμενου και απαιτούμενου ΜΟΣ στις δύο και τρεις διαστάσεις, καθώς και το διάγραμμα της πιθανότητας κινδύνου, για τις επιμέρους ομάδες των παραμέτρων. Το λογισμικό βασίζεται στη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων για την αναπαράσταση της οδού και τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας, όπως αυτή παρουσιάστηκε σε δημοσίευση των Hassan et al. (1996).

Η μέθοδος εφαρμόζεται σε οριζοντιογραφική καμπύλη με σταθερή κατά μήκος κλίση ή σε επαλληλία αυτής με κυρτή και κοίλη καμπύλη μηκοτομής, σε τμήμα οδού που

βρίσκεται σε όρυγμα, όπου η ορατότητα περιορίζεται από το πρηνές του εδάφους. Το διατιθέμενο και απαιτούμενο ΜΟΣ υπολογίζεται κατά μήκος της καμπύλης, για διάφορους συνδυασμούς των παραμέτρων. Στη συνέχεια, υπολογίζεται η πιθανότητα κινδύνου σε κάθε θέση της οδού, μέσω του προσδιορισμού των περιπτώσεων όπου το διατιθέμενο μήκος ορατότητας είναι μικρότερο από το απαιτούμενο. Τέλος, για την ίδια χάραξη πραγματοποιείται διερεύνηση της μεταβολής της πιθανότητας κινδύνου με μεταβολή των παραμέτρων της μηκοτομής. Στο Σχήμα 2.11 παρουσιάζεται η κατανομή συχνότητας του διατιθέμενου και απαιτούμενου ΜΟΣ σε κάποια θέση της οδού σε συσχέτιση με τις τιμές κατά τις οδηγίες σχεδιασμού οδών, ενώ στο Σχήμα 2.12 το διάγραμμα του διατιθέμενου και απαιτούμενου ΜΟΣ σε κάποιο οδικό τμήμα, καθώς και η αντίστοιχη πιθανότητα κινδύνου.



Σχήμα 2.11: Κατανομή συχνότητας του διατιθέμενου και απαιτούμενου ΜΟΣ σε κάποια θέση της οδού και σύγκριση με τις τιμές κατά τις οδηγίες σχεδιασμού οδών. (Sarhan & Hassan, 2008)



Σχήμα 2.12: Διάγραμμα διατιθέμενου & απαιτούμενου ΜΟΣ, και πιθανότητας κινδύνου. (Sarhan & Hassan, 2008)

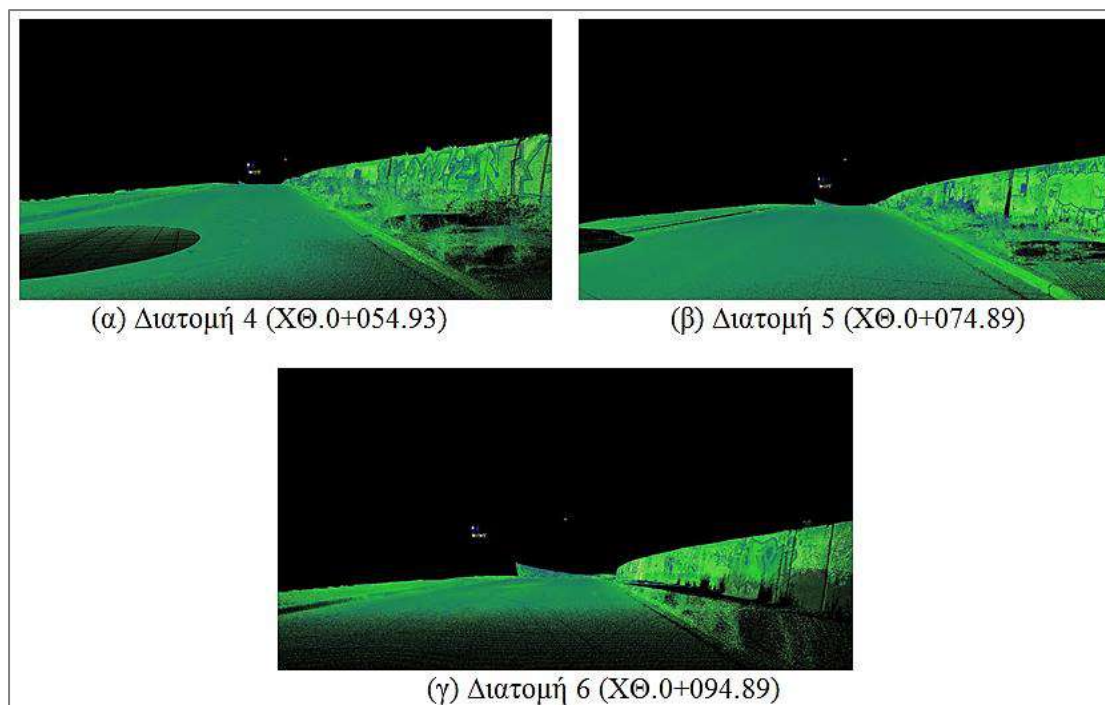
Από την εφαρμογή της μεθόδου προκύπτει ότι η τρέχουσα «αιτιοκρατική» προσέγγιση που εφαρμόζεται στην ανάλυση του μήκους ορατότητας παράγει πολύ συντηρητικές εκτιμήσεις σχετικά με το διατιθέμενο και απαιτούμενο μήκος ορατότητας, αφού γενικά υιοθετούνται οι δυσμενέστερες τιμές των παραμέτρων σχεδιασμού, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η μεταβλητότητα της συμπεριφοράς των οδηγών και των συνθηκών κατά μήκος της οδού. Επιπλέον, επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι η διάταξη της μηκοτομής επηρεάζει αρκετά το διατιθέμενο μήκος ορατότητας και, κατά συνέπεια, την πιθανότητα κινδύνου. Ωστόσο, η πιθανότητα κινδύνου παραμένει σε όλες τις περιπτώσεις εξαιρετικά μικρή, το οποίο ενισχύει την

ιδέα ότι οι οδηγίες σχεδιασμού οδών είναι σε αρκετές περιπτώσεις πολύ συντηρητικές και, κατ' επέκταση, αντισυμβατικές.

Οι **Μαυρομάτης et al. (2009)** σε δημοσίευσή τους πρότειναν μια **μέθοδο για τον προσδιορισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ σε υφιστάμενα οδικά τμήματα, μέσω της τρισδιάστατης αποτύπωσης της οδού και του περιβάλλοντός της**. Σύμφωνα με την προτεινόμενη μέθοδο, το διατιθέμενο ΜΟΣ προσδιορίζεται μέσω της τρισδιάστατης αποτύπωσης, με επίγεια σάρωση, ενός υφιστάμενου οδικού τμήματος και στη συνέχεια συσχετίζεται με το απαιτούμενο. Στη δημοσίευση τονίζεται ότι, παρόλο που στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται αρκετά λογισμικά ανάλυσης της ορατότητας στις τρεις διαστάσεις, εντούτοις δεν είχε υπάρξει μέχρι τότε κάποια αντίστοιχη μέθοδος που να εφαρμόζεται σε υφιστάμενες οδούς όπου, εκτός από τη γεωμετρία, υπεισέρχονται και άλλες παράμετροι που επηρεάζουν τα διατιθέμενα επίπεδα ορατότητας και κατά συνέπεια τη συμπεριφορά του οδηγού (π.χ. στηθαία, βλάστηση κ.λπ.). Έτσι, με χρήση τρισδιάστατου σαρωτή, είναι δυνατός ο εντοπισμός και η καταγραφή τυχόν προβληματικών τμημάτων.

Η προτεινόμενη μέθοδος περιλαμβάνει αρχικά τον σχεδιασμό των σαρώσεων που θα πραγματοποιηθούν, στη συνέχεια την πραγματοποίηση των σαρώσεων (αποτύπωση) και συλλογή των πληροφοριών, έπειτα την ενοποίηση των επιμέρους σαρώσεων και, τέλος, τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου της οδού και την παραγωγή των αντίστοιχων δισδιάστατων και τρισδιάστατων σχεδίων. Έτσι, είναι δυνατή η δημιουργία διατομών από το οπτικό πεδίο του οδηγού, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 2.13. Στη συνέχεια, ελέγχεται σε κάθε επιθυμητή διατομή η γραμμή όρασης μεταξύ οφθαλμού και εμποδίου (τοποθετούνται στο μέσον της λωρίδας κυκλοφορίας), ώστε να διαπιστωθεί εάν διακόπτεται από εμπόδια. Το διατιθέμενο ΜΟΣ αντιστοιχεί στην κατάσταση όπου η γραμμή όρασης διακόπτεται οριακά από κάποιο εμπόδιο της οδού ή του περιβάλλοντός της.

Η μέθοδος εφαρμόζεται σε ένα υφιστάμενο οδικό τμήμα και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της συσχέτισης μεταξύ διατιθέμενου και απαιτούμενου ΜΟΣ. Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι η συγκεκριμένη μέθοδος **αφορά κυρίως υφιστάμενες οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας**, καθώς παρουσιάζουν σημαντικότερα προβλήματα ορατότητας σε σχέση με τους αυτοκινητόδρομους. Ωστόσο, η μέθοδος θα μπορούσε να εφαρμοστεί και σε υπό σχεδιασμό οδούς, όπου το μοντέλο για τη μελέτη θα προκύψει από την επαλληλία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους της περιοχής με την οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή της οδού. Τέλος, τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της προτεινόμενης μεθόδου σε σχέση με άλλες κλασικές μεθόδους αποτύπωσης είναι η **δυνατότητα απόδοσης της τρισδιάστατης γεωμετρίας της οδού και όλων των λεπτομερειών σε μικρό χρονικό διάστημα με ακρίβεια**, καθώς και η **δυνατότητα εντοπισμού προβληματικών από άποψη ορατότητας τμημάτων**, ώστε να τεθούν νέα όρια ταχύτητας.



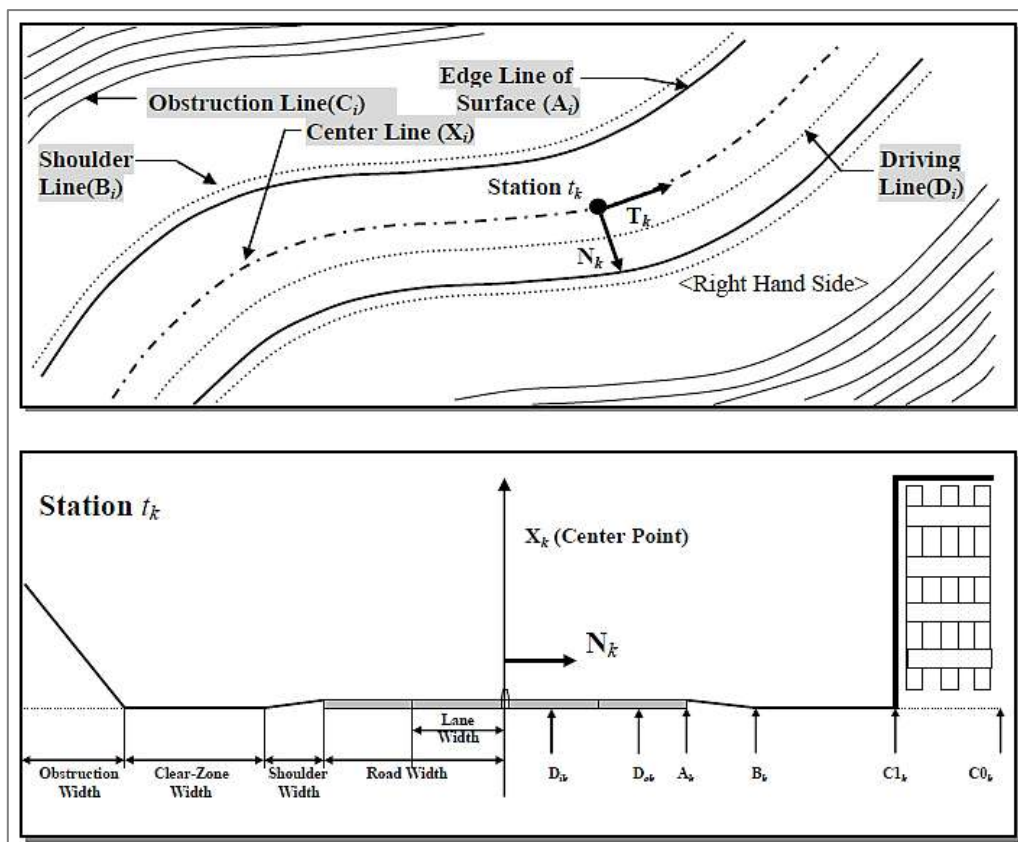
Σχήμα 2.13: Τρισδιάστατη απεικόνιση διατομών που έχουν προκύψει από τρισδιάστατη σάρωση της οδού. (Μαυρομάτης, Παγούνης, Παλάσκας & Μαρούδας, 2009)

Οι Kim & Lovell (2010) περιέγραψαν μια μέθοδο και τον αντίστοιχο αλγόριθμο για τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας στις τρεις διαστάσεις, με χρήση μεθόδων υπολογιστικής γεωμετρίας και καμπυλών ελεύθερης μορφής τύπου «Thin Plate Spline (TPS)». Στη συγκεκριμένη μέθοδο η οδός ορίζεται ως ένα πλέγμα (σύνολο) από συντεταγμένες και λαμβάνονται υπόψη στοιχεία της οριζοντιογραφίας, μηκοτομής και διατομής της οδού, καθώς και του περιβάλλοντα χώρου. Κατά τους συγγραφείς, η συνήθης χρησιμοποιούμενη πρακτική προσδιορισμού του μήκους ορατότητας στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή, και η υιοθέτηση σε κάθε θέση της οδού της ελάχιστης τιμής εκ των δύο, αποτελεί γενικά συντηρητική εκτίμηση και, δεδομένου ότι καθεμία από τις δύο αυτές προβολές δεν παρέχει όλες τις πληροφορίες της τρισδιάστατης διάταξης της οδού, παράγονται σε ορισμένες περιπτώσεις λανθασμένα αποτελέσματα.

Η προτεινόμενη μέθοδος για τον προσδιορισμό του διατιθέμενου μήκους ορατότητας βασίζεται σε παλαιότερη δισδιάστατη μέθοδο που είχε δημοσιευτεί από τον Lovell (1999) και τους Lovell et al. (2001), όσον αφορά στην αναπαράσταση των στοιχείων και της γεωμετρίας της χάραξης. Έτσι, η χάραξη ορίζεται ως ένα σύνολο τμημάτων, καθένα εκ των οποίων έχει τις δικές του γεωμετρικές παραμέτρους και την εξίσωση που το περιγράφει, σε διανυσματική μορφή. Τα στοιχεία της οριζοντιογραφίας που περιλαμβάνει η οδός είναι οι ευθυγραμμίες, τα κυκλικά τόξα και τα τόξα συναρμογής (ολόκληρα ή τμήματα αυτών, σύμφωνα με την περιγραφή στην παλαιότερη μέθοδο των Lovell et al.), ενώ τα στοιχεία της μηκοτομής αφορούν τμήματα με σταθερή κατά μήκος κλίση καθώς και τετραγωνικές παραβολές. Τα στοιχεία που περιλαμβάνει η διατομή της οδού περιλαμβάνουν τις εγκάρσιες κλίσεις, στοιχεία των λωρίδων κυκλοφορίας και των ερεισμάτων, καθώς και πλευρικά εμπόδια (Σχήμα 2.14). Τέλος,

με χρήση καμπυλών ελεύθερης μορφής TPS για την αναπαράσταση του άξονα της οδού είναι δυνατή η μέτρηση της απόστασης, καθώς και ο προσδιορισμός του μήκους ορατότητας από οποιοδήποτε σημείο κατά μήκος της χάραξης.

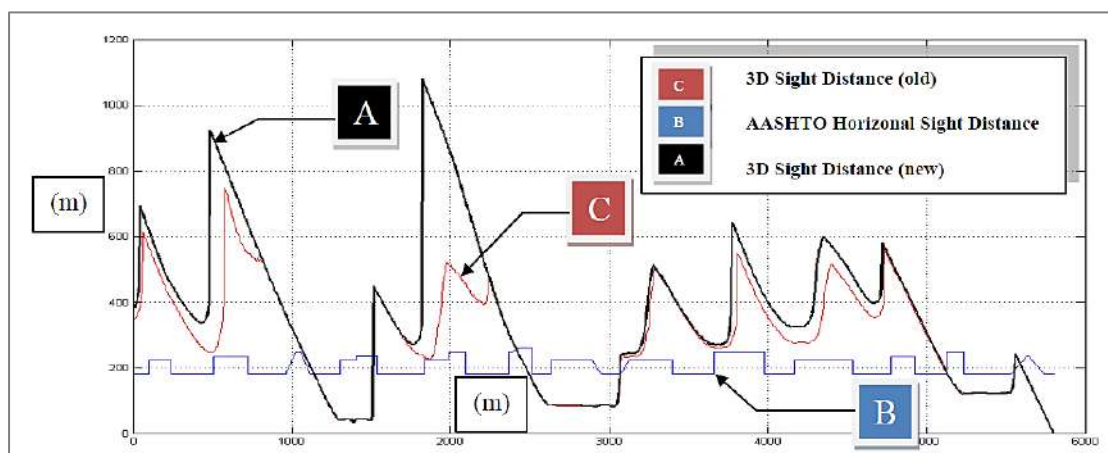
Ο προσδιορισμός του διατιθέμενου μήκους ορατότητας βασίζεται σε επαναληπτική διαδικασία, κατά την οποία, για μια δεδομένη θέση κατά μήκος της χάραξης, μετράται το διατιθέμενο μήκος ορατότητας μέσω του προσδιορισμού της γραμμής όρασης με το ελάχιστο μήκος (μεταξύ οφθαλμού και ενός σημείου της χάραξης, που αντιπροσωπεύει τη θέση του εμποδίου), το οποίο βρίσκεται εξολοκλήρου «πάνω» από τη χάραξη και τα εμπόδια, δηλαδή δεν τα τέμνει. Το βήμα τοποθέτησης του οφθαλμού σε διαδοχικές θέσεις κατά μήκος της χάραξης επιλέγεται από τον μελετητή, καθώς και η θέση του στο μέσον κάποιας εκ των λωρίδων κυκλοφορίας.



Σχήμα 2.14: Αναπαράσταση των στοιχείων της γεωμετρίας της χάραξης. (Kim & Lovell, 2010)

Προκειμένου να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της προτεινόμενης μεθόδου, και να γίνει συσχέτιση με τις χρησιμοποιούμενες δισδιάστατες μεθόδους υπολογισμού του μήκους ορατότητας, παρουσιάζεται μια εφαρμογή σε τμήμα υφιστάμενης χάραξης. Το μήκος ορατότητας υπολογίζεται με ξεχωριστή θεώρηση της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής και την επιλογή της ελάχιστης τιμής εκ των δύο σε κάθε θέση, με χρήση της μεθόδου κατά AASHTO σε οριζόντιες καμπύλες (όπου υποτίθεται ότι ο οδηγός και το εμπόδιο βρίσκονται στην ίδια καμπύλη), καθώς και με χρήση της προτεινόμενης μεθόδου. Από τη σύγκριση προκύπτει ότι (Σχήμα 2.15) τα αποτελέσματα της προτεινόμενης μεθόδου συμφωνούν με τα αντίστοιχα

αποτελέσματα της μεθόδου της ελάχιστης τιμής στο μεγαλύτερο μήκος της οδού, ωστόσο η προτεινόμενη μέθοδος προσφέρει καλύτερες εκτιμήσεις στις θέσεις όπου συνυπάρχουν καμπυλότητες κατά την οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή. Πιο συγκεκριμένα η μέθοδος της ελάχιστης τιμής δίνει ικανοποιητικές, αν και πιο συντηρητικές εκτιμήσεις τις περισσότερες φορές, ενώ η νέα μέθοδος επιτρέπει την εκτίμηση μεγαλύτερων μηκών ορατότητας, εφόσον ο συνδυασμός οριζοντιογραφίας και μηκοτομής το επιτρέπει. Τέλος, και οι δύο αυτές μέθοδοι διαφέρουν πολύ από τη μέθοδο κατά AASHTO, κάτι το οποίο ήταν μάλλον αναμενόμενο αφού εξετάζεται μόνο η οριζοντιογραφία. Η μέθοδος AASHTO συνήθως υποεκτιμά το μήκος ορατότητας, αν και σε κάποιες περιπτώσεις το υπερεκτιμά, πράγμα το οποίο κρίνεται ως επικίνδυνο.



Σχήμα 2.15: Σύγκριση των αποτελεσμάτων μεθόδων προσδιορισμού μήκους ορατότητας.
(Kim & Lovell, 2010)

Οι συγγραφείς συμπεραίνουν ότι η προτεινόμενη μέθοδος είναι σαφώς πιο έγκυρη από τις απλούστερες δισδιάστατες μεθόδους, και μάλιστα σε αρκετές περιπτώσεις είναι λιγότερο συντηρητική, εφόσον η γεωμετρία της χάραξης το επιτρέπει. Τέλος, αναφέρουν ότι υπάρχει η δυνατότητα περαιτέρω ανάπτυξης της μεθόδου (για παράδειγμα, με το να συμπεριλαμβάνει συνθήκες νυκτερινής οδήγησης και άλλα στοιχεία χάραξης), ενώ προτείνουν επιπρόσθετα τη σύγκριση των αποτελεσμάτων της με εμπειρικές μετρήσεις σε υφιστάμενες οδούς.

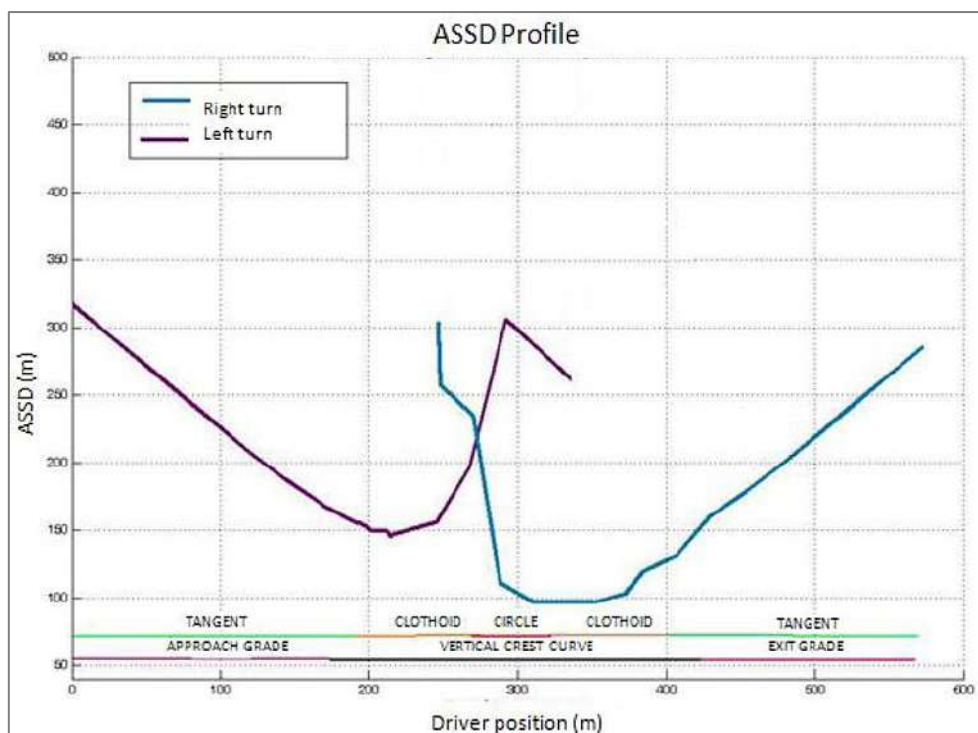
Οι Arndt et al. (2010) περιέγραψαν μια σειρά από κριτήρια για την εξασφάλιση επαρκούς μήκους ορατότητας σε περιοχές με στηθαία από σκυρόδεμα και διάφορες κατασκευές (π.χ. τοίχοι αντιστήριξης, βάθρα γεφυρών κ.λπ.) σε αυτοκινητόδρομους και κόμβους. Στη δημοσίευσή τους αναφέρεται ότι οι συνήθειες πρακτικές προσδιορισμού του ΜΟΣ παρουσιάζουν αρκετά μειονεκτήματα. Πιο αναλυτικά, υπάρχουν περιπτώσεις όπου η εφαρμογή υφιστάμενων μεθόδων έχει ως αποτέλεσμα την απαίτηση ερείσματος ή εσωτερικής λωρίδας καθοδήγησης πολύ μεγάλου πλάτους, με συνέπεια το υπερβολικό κόστος, τη μειωμένη απόδοση του στηθαίου ασφαλείας και τη μη πρακτική κατασκευή. Αντίθετα, η παντελής αγνόηση των απαιτήσεων σχεδιασμού σχετικά με το μήκος ορατότητας, με κριτήριο την

οικονομικότερη δυνατή κατασκευή της οδού αυξάνει τον κίνδυνο εκδήλωσης ατυχημάτων λόγω της έλλειψης επαρκούς ορατότητας.

Έτσι, **παρατίθενται κάποια νέα κριτήρια, τα οποία είναι λιγότερο συντηρητικά, αλλά οδηγούν στην υιοθέτηση λογικών τιμών και παραμέτρων κατά την κατασκευή, δεδομένου ότι είναι πιο αντιπροσωπευτικά της ικανότητας των οδηγών.** Για την εφαρμογή των κριτηρίων αυτών γίνεται χρήση υπαρχόντων μοντέλων εκτίμησης του ΜΟΣ, ενώ οι τιμές που προτείνονται βάσει των κριτηρίων είναι πιο ρεαλιστικές από τις θεωρητικά προτεινόμενες (για παράδειγμα, προτείνονται μεγαλύτερες τιμές επιβράδυνσης των οχημάτων και μεγαλύτερα ύψη εμποδίου). Επιπλέον, τα προτεινόμενα κριτήρια εξασφαλίζουν τη δυνατότητα πραγματοποίησης ελιγμών για την αποφυγή μικρότερων αντικειμένων, βασίζονται στην προβλεπόμενη λειτουργική ταχύτητα σε κάθε γεωμετρικό στοιχείο της οδού και λαμβάνουν υπόψη διάφορους τύπους των οχημάτων. Τα κριτήρια αυτά πλέον ενσωματώνονται στις Αυστραλιανές Οδηγίες (Austroads, 2009) για τη μελέτη αυτοκινητόδρομων.

Οι **Moreno et al. (2010)** παρουσίασαν μια έρευνα σχετικά με τη **μεγιστοποίηση του διατιθέμενου ΜΟΣ σε κυρτές καμπύλες μηκοτομής που συνδυάζονται με οριζόντιες καμπύλες, σε οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας.** Στην έρευνα αυτή γίνεται χρήση **πεπερασμένων στοιχείων** για την αναπαράσταση της οδού και παρουσιάζεται ένα λογισμικό για τη δημιουργία του διαγράμματος ΜΟΣ. Προκειμένου να προσομοιωθούν και να μελετηθούν διαφορετικές καταστάσεις, ελήφθησαν υπόψη αρκετοί συνδυασμοί των παραμέτρων του μοντέλου.

Η χρησιμοποιούμενη μέθοδος για τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας και την πραγματοποίηση της ανάλυσης συνοψίζεται στα παρακάτω στάδια: Αρχικά προσομοιώνεται η επιφάνεια της οδού και ενός συνεχούς πλευρικού εμποδίου με ένα σύνολο από ορθογώνια πεπερασμένα στοιχεία, ομοίως με τη μέθοδο των Hassan et al. (1996). Η οδός περιγράφεται σε σχέση με τον άξονά της και το βήμα δημιουργίας διατομών (ακρίβεια προσέγγισης) καθορίζεται από τον χρήστη. Στη συνέχεια, δημιουργείται το διάγραμμα ορατοτήτων, το οποίο προσδιορίζει το διατιθέμενο μήκος ορατότητας σε κάθε θέση της οδού. Στο Σχήμα 2.16 παρατίθεται ένα τέτοιο διάγραμμα σε αριστερόστροφη καμπύλη δύο λωρίδων κυκλοφορίας, όπου φαίνεται και το αντίστοιχο διάγραμμα στην αντίθετη κατεύθυνση κυκλοφορίας. Με τον τρόπο αυτό εντοπίζεται το ελάχιστο διατιθέμενο μήκος ορατότητας. Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε για διάφορες διατάξεις οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, με παραλλαγή των παραμέτρων των καμπυλών, της σχετικής απόστασης μεταξύ των κορυφών τους, των στοιχείων της διατομής, και των θέσεων του οφθαλμού και του συνεχούς πλευρικού εμποδίου.

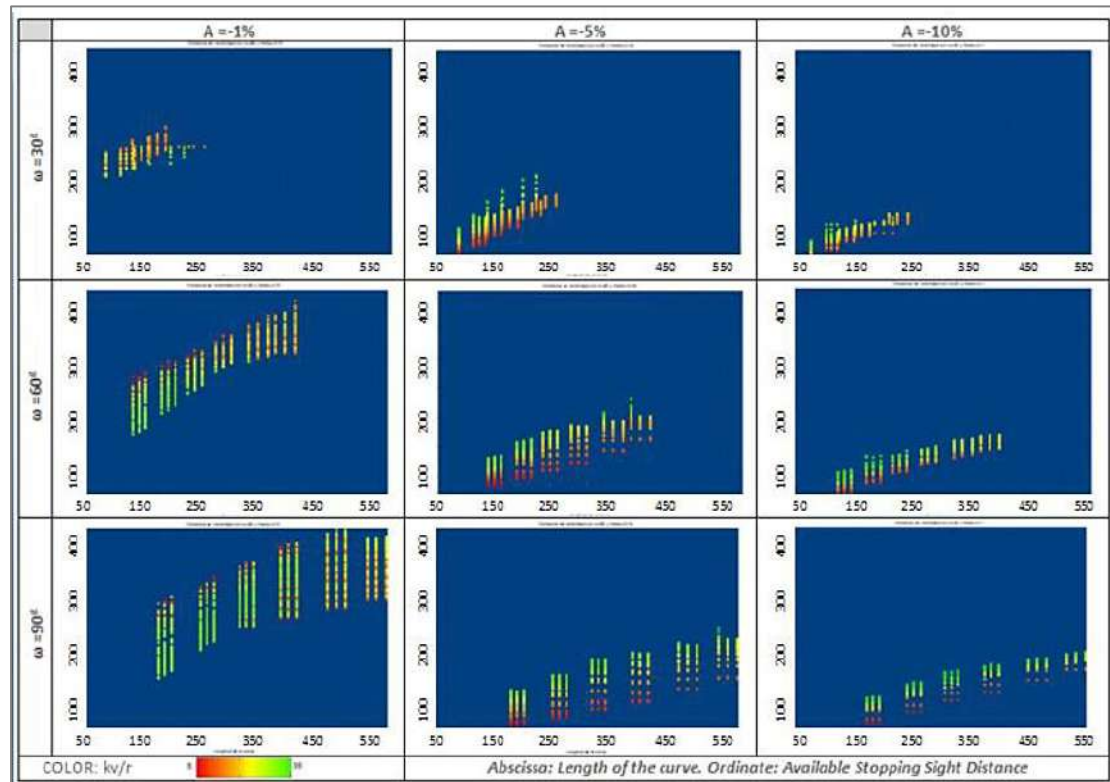


Σχήμα 2.16: Διάγραμμα διατιθέμενου ΜΟΣ με ύπαρξη συνεχούς πλευρικού εμποδίου, για συγκεκριμένη διάταξη οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. (Moreno, Ferrer, Garcia & Romero, 2010)

Από την ανάλυση, παράδειγμα της οποίας παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.17, παρατηρήθηκε ότι οι παράμετροι που επηρεάζουν λιγότερο ή περισσότερο το μήκος ορατότητας περιλαμβάνουν την ακτίνα της οριζόντιας καμπύλης, τη γωνία εκτροπής, το ποσοστό επίκλισης της οδού, το μήκος του τόξου συναρμογής, το μήκος της καμπύλης της μηκοτομής, τις κατά μήκος κλίσεις και την αλγεβρική διαφορά τους, τα πλάτη λωρίδας κυκλοφορίας και ερείσματος, καθώς και την απόσταση μεταξύ των σημείων καμπής οριζοντιογραφίας και μηκοτομής.

Τα βασικότερα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι τα ακόλουθα: Το διατιθέμενο ΜΟΣ εξαρτάται από τη σχέση μεταξύ των παραμέτρων οριζόντιας καμπύλης και κυρτής καμπύλης της μηκοτομής, και μάλιστα αυτό μεγιστοποιείται για συγκεκριμένες τιμές τους. Επιπλέον, με τον βέλτιστο συνδυασμό των παραμέτρων είναι δυνατή η χρήση τιμών σχεδιασμού μικρότερων από τις ελάχιστες προτεινόμενες από τις οδηγίες σχεδιασμού οδών και ταυτόχρονα εξασφαλίζεται το απαραίτητο μήκος ορατότητας. Συνεπώς, το κόστος κατασκευής δύναται υπό συνθήκες να είναι μικρότερο, ενώ ταυτόχρονα να παρουσιάζονται και λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ακόμη, παρατηρήθηκε ότι η κατά μήκος κλίση προσέγγισης αποτελεί σημαντικό παράγοντα, ακόμα και αν η αλγεβρική διαφορά μεταξύ των κατά μήκος κλίσεων εκατέρωθεν της κυρτής καμπύλης παραμένει σταθερή. Επιπλέον, η σχετική μετατόπιση των κορυφών των καμπυλών οριζοντιογραφίας και μηκοτομής επηρεάζει ελαφρώς το διατιθέμενο ΜΟΣ. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι υπάρχει περιορισμός της ορατότητας κυρίως στο σημείο όπου η επίκλιση αλλάζει πρόσημο στην εξωτερική πλευρά της καμπύλης, επομένως το μέσον

της κυρτής καμπύλης δεν αντιστοιχεί στο σημείο με το μέγιστο μήκος διατιθέμενης ορατότητας, όπως πιθανώς ήταν αναμενόμενο.



Σχήμα 2.17: Επιρροή του μήκους καμπύλης στο διατιθέμενο ΜΟΣ.
(Moreno, Ferrer, Garcia & Romero, 2010)

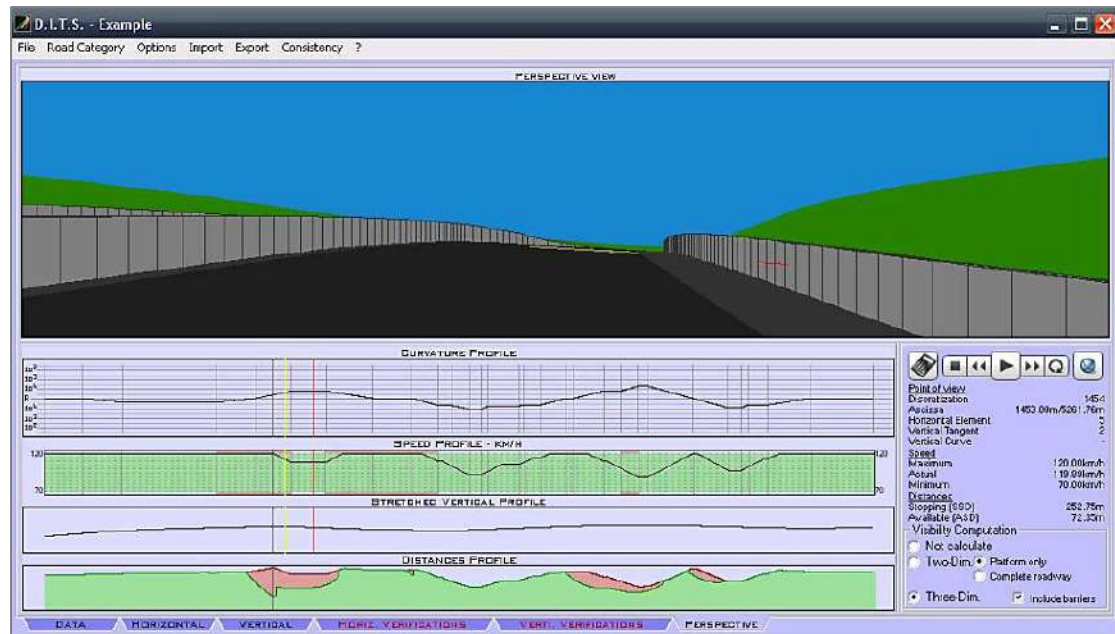
Πάντως, η συγκεκριμένη έρευνα αφορά στη μεγιστοποίηση διατιθέμενου ΜΟΣ και δεν συνοδεύεται από αντίστοιχες τιμές απαιτούμενου ΜΟΣ, ώστε να προκύψουν κρίσιμοι ή επιθυμητοί συνδυασμοί.

Οι **Di Vito & Cantisani (2010)** παρουσίασαν ένα λογισμικό που αναπτύχθηκε για τον προσδιορισμό και ανάλυση του μήκους ορατότητας, καθώς και τον εντοπισμό οπτικών ελαττωμάτων κατά μήκος μιας οδού, με στόχο την επιτάχυνση και διευκόλυνση της διαδικασίας ελέγχου σε υπό μελέτη και υφιστάμενες οδούς. Η διαδικασία αξιολόγησης των χαράξεων που προτείνεται σχετίζεται με τον προσδιορισμό του ελάχιστου ΜΟΣ, αφού τα επίπεδα ασφάλειας της οδού βασίζονται στη σύγκριση μεταξύ υφιστάμενου και απαιτούμενου μήκους ορατότητας. Το μήκος ορατότητας υπολογίζεται με χρήση μεθόδων αριθμητικής ολοκλήρωσης των εξισώσεων κίνησης του οχήματος, με χρήση της ταχύτητας μελέτης και/ή της λειτουργικής ταχύτητας, μέσω της μετατροπής της υπό μελέτη οδού σε ένα σύνολο από διακριτά σημεία στον χώρο. Το λογισμικό φέρει την ονομασία «D.I.T.S.», η οποία προέρχεται από τα αρχικά γράμματα των λέξεων «Διάγνωση της Ακεραιότητας της Χάραξης της Οδού» (στην ιταλική γλώσσα) και επιτρέπει τη διενέργεια ελέγχων σε δισδιάστατο και τρισδιάστατο περιβάλλον, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της οδού και του περιβάλλοντός της. Επίσης, προσφέρει τη δυνατότητα οπτικοποίησης της οδού μέσω προοπτικών εικόνων από τη θέση του

οδηγού. Οπότε, το λογισμικό επιτρέπει την αναγνώριση και τον εντοπισμό προβλημάτων στο συνδυασμένο αποτέλεσμα οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Το λογισμικό αυτό βασίζεται στις Ιταλικές Οδηγίες σχεδιασμού οδών, αλλά υπάρχει η δυνατότητα προσαρμογής των ρυθμίσεων και παραμέτρων, σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη.

Οι επιμέρους λειτουργίες του λογισμικού συνοπτικά έχουν ως εξής: Αρχικά εισάγονται ως δεδομένα τα στοιχεία της χάραξης, η οποία αποτελείται από τα συνήθη γεωμετρικά στοιχεία (ευθυγραμμίες, κυκλικά τόξα, τόξα συναρμογής, τετραγωνικές παραβολές) και στη συνέχεια παράγεται ένα σύνολο σημείων που αντιστοιχούν στη δεδομένη χάραξη, με βήμα που επιλέγεται. Εναλλακτικά, μπορεί να γίνει απλή εισαγωγή διάφορων σημείων που αντιπροσωπεύουν τη χάραξη. Το λογισμικό υπολογίζει, μεταξύ άλλων, τις επικλίσεις κατά μήκος της οδού, την καμπυλότητα σε κάθε θέση, και το συντελεστή εγκάρσιας τριβής, ενώ από τα δεδομένα είναι δυνατός και ο υπολογισμός της ταχύτητας, βάσει των Ιταλικών Οδηγιών. Έπειτα, παράγεται η οριζοντιογραφία και μηκοτομή της χάραξης, τα διαγράμματα καμπυλότητας και επικλίσεων, καθώς και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ελέγχων της χάραξης (ορατότητα, τρισδιάστατοι έλεγχοι). Οι παράμετροι της οδού συγκρίνονται με τις αντίστοιχες οριακές τιμές και βάσει των αποτελεσμάτων της σύγκρισης εντοπίζονται και σημειώνονται οι προβληματικές θέσεις της οδού.

Όσον αφορά στην ορατότητα, αυτή υπολογίζεται βάσει της ταχύτητας μελέτης και της λειτουργικής ταχύτητας (ο προσδιορισμός της οποίας γίνεται με χρήση μεθόδου που αναπτύχθηκε από τους συγγραφείς), καθώς και διάφορων παραμέτρων που ορίζονται (π.χ. ύψη και θέσεις οφθαλμού και εμποδίου) και συγκρίνεται το διατιθέμενο με το απαιτούμενο μήκος ορατότητας, με παρουσίαση των αντίστοιχων αποτελεσμάτων. Για τους υπολογισμούς λαμβάνεται υπόψη ο χρόνος αντίληψης – αντίδρασης του οδηγού και γίνεται επίσης μια εκτίμηση της ταχύτητας του οχήματος κατά τη διάρκεια πέδησης. Για τον έλεγχο της ορατότητας, τα εμπόδια που λαμβάνονται υπόψη περιλαμβάνουν την επιφάνεια της οδού, τα στηθαία ασφαλείας καθώς και στοιχεία από το παρόδιο περιβάλλον (π.χ. ορύγματα). Ο έλεγχος του μήκους ορατότητας περιλαμβάνει τον αναλυτικό υπολογισμό του διατιθέμενου μήκους ορατότητας, μέσω της εξέτασης της τομής της γραμμής όρασης με κάποιο εμπόδιο. Επιπλέον, δημιουργούνται προοπτικές εικόνες από τη θέση του οδηγού, για κάθε επιθυμητό σημείο (Σχήμα 2.18).



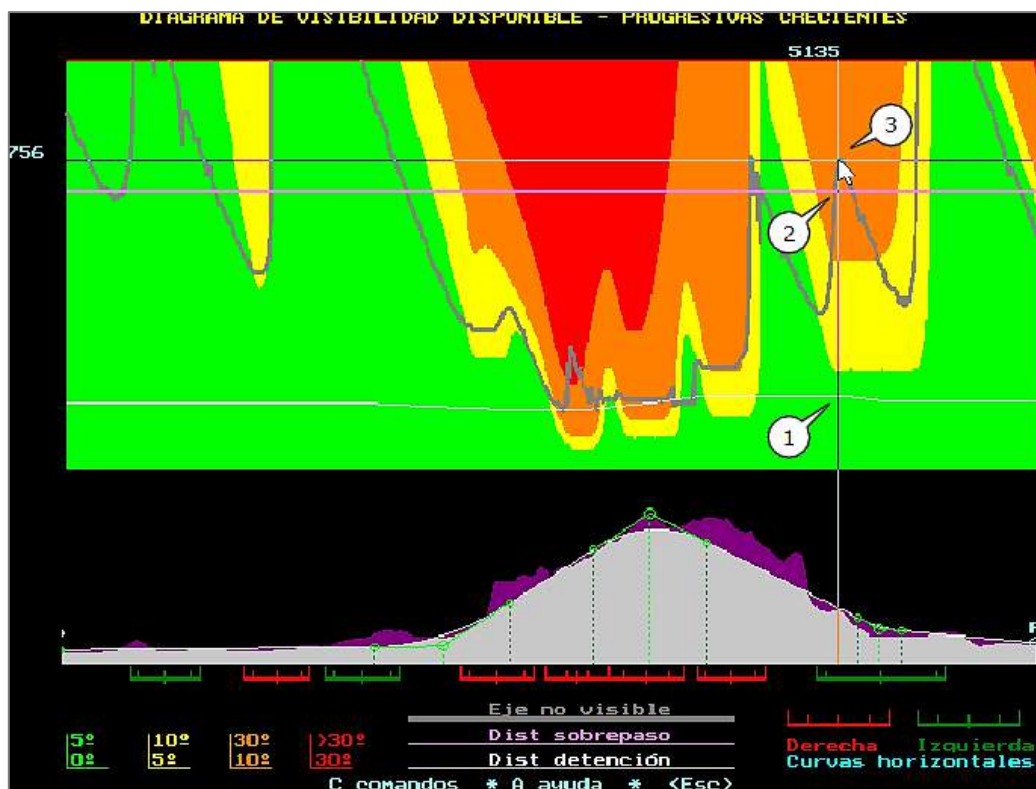
Σχήμα 2.18: Λογισμικό D.I.T.S. – Δημιουργία προοπτικής εικόνας της οδού και διαγράμματα ελέγχου. (Di Vito & Cantisani, 2010)

Τα συμπεράσματα των συγγραφέων σχετικά με το προτεινόμενο λογισμικό είναι ότι αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο σχεδιασμού οδικών χαράξεων καθώς προσφέρει ευελιξία και επιταχύνει τη διαδικασία ελέγχου. Επιπλέον, η απλή διαδικασία εισαγωγής των δεδομένων και παραμέτρων μελέτης καθιστά το λογισμικό «φίλικό προς τον χρήστη», ενώ η παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε γραφική μορφή συνεπάγεται την άμεση εποπτεία της ποιότητας της χάραξης.

Οι Altamira et al. (2010) παρουσίασαν ένα λογισμικό γεωμετρικού σχεδιασμού των οδών, μέσω του οποίου πραγματοποιείται η αξιολόγηση του παρεχόμενου ΜΟΣ, αλλά και Μήκους Ορατότητας για Προσπέραση (ΜΟΠ), με στόχο τη βελτίωση των υπό μελέτη χαράξεων. Το συγκεκριμένο εργαλείο υπολογίζει σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της οδού την απόσταση μεταξύ του οφθαλμού και του σημείου στο οποίο η οδός χάνεται από το οπτικό πεδίο, καθώς και τη γωνία του σε σχέση με τον άξονα της οδού. Έτσι, προσδιορίζεται εάν σε κάθε θέση της οδού διατίθεται επάρκεια ΜΟΣ. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, το συγκεκριμένο λογισμικό καλύπτει όλες τις πτυχές του γεωμετρικού σχεδιασμού των οδών, παρέχοντας επιπλέον τη δυνατότητα δημιουργίας προοπτικών εικόνων της οδού από τη θέση του οδηγού σε κάθε επιθυμητή θέση.

Με χρήση του λογισμικού, παράγονται διαγράμματα που απεικονίζουν σε κάθε θέση το διατιθέμενο ΜΟΣ που προκύπτει μόνο από τη μηκοτομή της οδού (δισδιάστατο), σε αντιπαράβολή με το αντίστοιχο διατιθέμενο ΜΟΣ που προκύπτει στις τρεις διαστάσεις, μέσω της εξέτασης της τομής της γραμμής όρασης (μεταξύ οφθαλμού και εμποδίου) με οποιοδήποτε στοιχείο της οδού ή του περιβάλλοντός της. Επιπλέον, εισάγεται η έννοια της «γωνίας ορατότητας», η οποία σε κάθε θέση (στην οριζόντια προβολή της οδού) ορίζεται ως η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της γραμμής

όρασης και της εφαιπτόμενης στον άξονα της οδού στην ίδια θέση, ενώ ταυτόχρονα υιοθετείται και κάποια οριακή τιμή της υπόψη γωνίας πέρα από την οποία η οδήγηση δεν θεωρείται άνετη (Σχήμα 2.19). Έτσι, αυτή η θεώρηση αποτελεί έναν τρόπο εκτίμησης του αν η οδήγηση κατά μήκος της οδού επιφέρει κόπωση στον οδηγό.



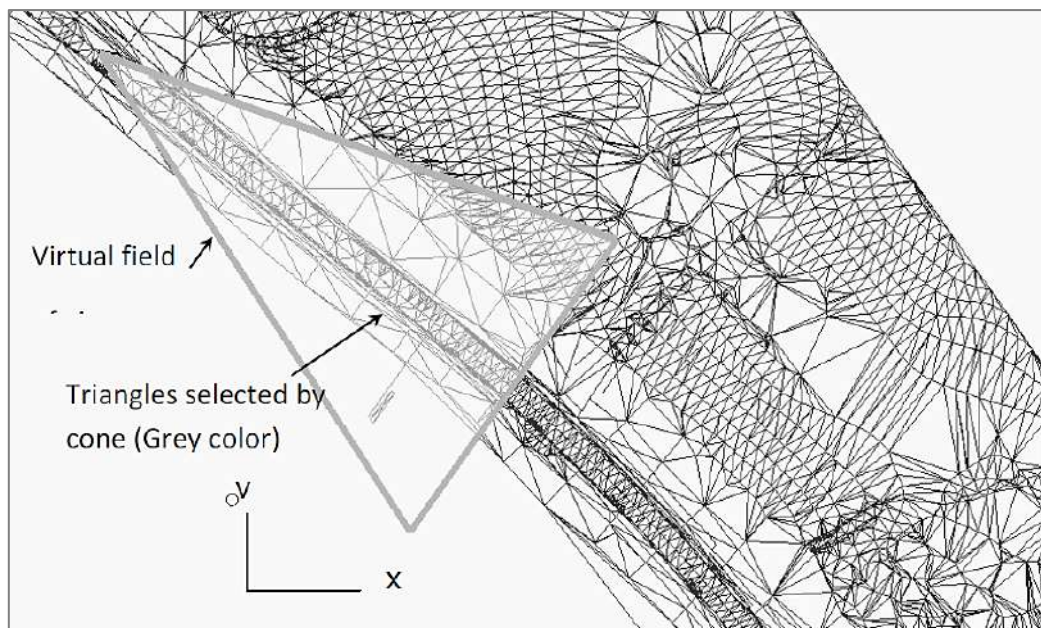
Σχήμα 2.19: Διάγραμμα ορατότητας, στο οποίο απεικονίζονται τα ΜΟΣ, καθώς και οι «γωνίες ορατότητας» σε κάθε θέση. (Altamira, Marcet, Graffigna & Gomez, 2010)

Οι συγγραφείς συνοψίζουν ότι τα βασικά χαρακτηριστικά που **καθιστούν το λογισμικό αυτό ως ένα χρήσιμο εργαλείο** για τη μελέτη των οδών είναι η δυνατότητα εξέτασης πολλών παραμέτρων χάραξης, η θεώρηση της οδού ως ενιαίο σύνολο στον τρισδιάστατο χώρο για την ανάλυση της ορατότητας, η δυνατότητα δημιουργίας προοπτικών εικόνων για την αξιολόγηση της ποιότητας της χάραξης, καθώς και η περαιτέρω εξέταση του ανθρώπινου παράγοντα μέσω της μελέτης των γωνιών ορατότητας, οι οποίες αποτελούν ένα μέτρο του κατά πόσο άνετη είναι η οδήγηση σε κάποιο οδικό τμήμα.

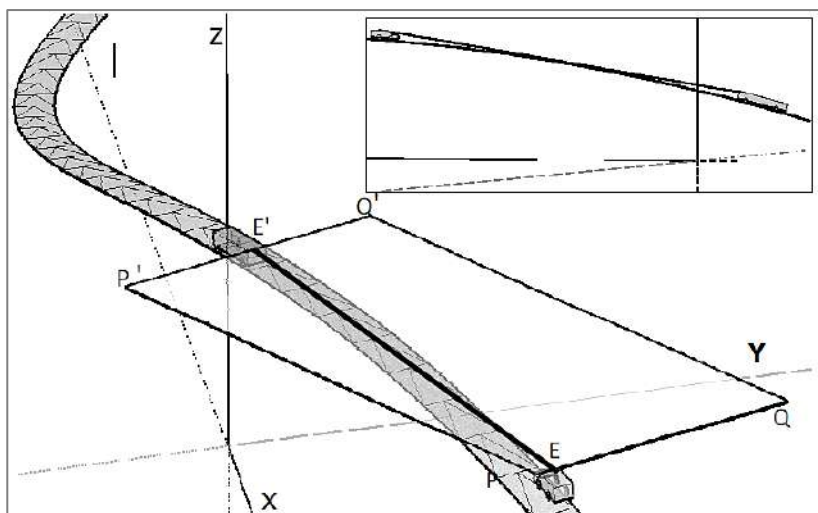
Μια ακόμα αναλυτική μέθοδος για τον προσδιορισμό του μήκους ορατότητας παρουσιάστηκε από τους **Jha et al. (2011)**. Στην έρευνα αυτή, τονίζεται ότι κατά τη συμβατική διαδικασία σχεδιασμού των οδών, η μελέτη της οριζοντιογραφίας γίνεται ξεχωριστά από τη μελέτη της μηκοτομής, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται θέματα ασυνέχειας στον σχεδιασμό, τα οποία δεν εντοπίζονται μέχρι να κατασκευαστεί η οδός. Έτσι, **προτείνεται μια τρισδιάστατη μέθοδος, για την εξάλειψη τέτοιου είδους προβλημάτων, μέσω της εξασφάλισης επαρκούς μήκους ορατότητας**. Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με διαδικασίες

προσομοίωσης της οδήγησης, προκειμένου τα οποιαδήποτε προβλήματα να μπορούν να εντοπιστούν και να διορθωθούν κατά το στάδιο της μελέτης.

Σύμφωνα με την προτεινόμενη μέθοδο, ο άξονας της οδού αναπαρίσταται στον τρισδιάστατο χώρο από ένα σύνολο ισομηκών ευθειών μικρού μήκους (ή τρισδιάστατων στοιχείων). Τα στάδια της μεθόδου συνοψίζονται στην ανάπτυξη της επιφάνειας της οδού, της εικονικής επιφάνειας του οπτικού πεδίου του οδηγού και του επιπέδου της γραμμής όρασης, καθώς και την επαναληπτική εκτέλεση ενός αλγόριθμου για τον προσδιορισμό του μήκους ορατότητας. Πιο αναλυτικά, το μοντέλο της επιφάνειας της οδού προκύπτει από τον άξονά της, με χρήση της μεθόδου του τριγωνισμού. Το μοντέλο της οδού επικάθεται στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής μελέτης, το οποίο μπορεί να περιέχει οποιοδήποτε εμπόδιο με τη μορφή τριγώνων. Στη συνέχεια, δημιουργείται το μοντέλο της επιφάνειας του πεδίου ορατότητας του οδηγού, το οποίο θεωρείται ότι έχει τη μορφή τρισδιάστατου κώνου, με την κορυφή του στη θέση του οφθαλμού και ύψος όσο το εύρος ορατότητας (Σχήμα 2.20). Τέλος, από την τομή των προηγούμενων μοντέλων πάνω στη γραμμή ορατότητας μεταξύ οφθαλμού και εμποδίου, δημιουργείται το επίπεδο της γραμμής ορατότητας, το οποίο είναι ορθογωνικού σχήματος (Σχήμα 2.21).



Σχήμα 2.20: Το μοντέλο οδού, το ψηφιακό εδάφους της περιοχής, καθώς και το μοντέλο του πεδίου ορατότητας με τη μορφή κώνου. (Jha, Karri & Kuhn, 2011)



Σχήμα 2.21: Το ορθογωνικό επίπεδο μεταξύ οφθαλμού και εμποδίου, στο οποίο περιέχεται η γραμμή όρασης. (Jha, Karri & Kuhn, 2011)

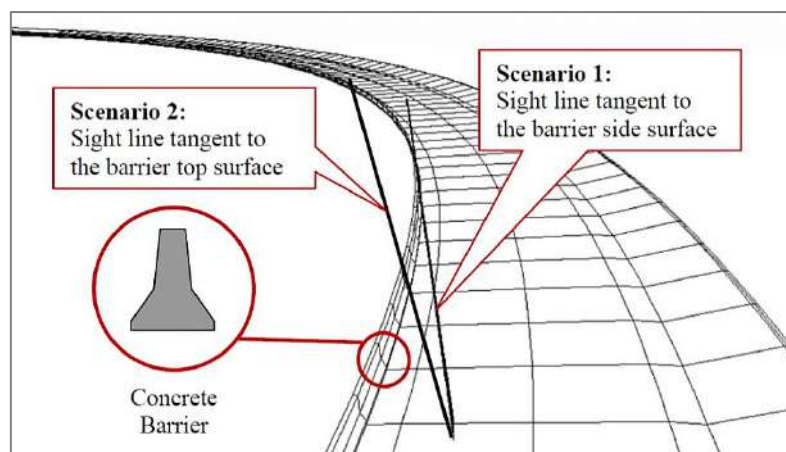
Η μέτρηση του μήκους ορατότητας σε κάποιο σημείο της οδού πραγματοποιείται σύμφωνα με την εξής διαδικασία: Αρχικά γίνεται επιλογή του τμήματος του μοντέλου οδού – εδάφους το οποίο βρίσκεται εντός ή τέμνεται από τον κώνο του πεδίου ορατότητας. Στη συνέχεια, ανάλογα με την αλληλουχία των τρισδιάστατων στοιχείων που αποτελούν τον άξονα της οδού, τοποθετείται η μία πλευρά του ορθογωνίου επιπέδου που αναπαριστά το επίπεδο ορατότητας στο ύψος του οφθαλμού, και η απέναντι πλευρά του ορθογωνίου, που αντιστοιχεί στο εμπόδιο, μετακινείται. Έτσι, εάν το επίπεδο της γραμμής ορατότητας έρθει σε επαφή με την επιφάνεια της οδού ή η γραμμή ορατότητας (που περιέχεται σε αυτό) τμήσει κάποιο τρίγωνο του μοντέλου εδάφους, τότε το μήκος ορατότητας είναι η απόσταση των 2 αυτών πλευρών του επιπέδου, μετρούμενη κατά μήκος του άξονα. Σε διαφορετική περίπτωση, όλο το μήκος της οδού που περιέχεται στον κώνο του πεδίου όρασης θεωρείται ως το μήκος ορατότητας. Ο έλεγχος πραγματοποιείται με τοποθέτηση του οφθαλμού και του εμποδίου σε κάθε επιθυμητό τρισδιάστατο στοιχείο του άξονα της οδού.

Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι η προτεινόμενη μέθοδος είναι αρκετά ευέλικτη, αφού **επιτρέπει αναπροσαρμογές στη χάραξη κατά το στάδιο του σχεδιασμού, μέσω επαναληπτικής διαδικασίας προσομοίωσης, ανάλογα με τις αντιδράσεις του οδηγού.** Επιπλέον, η προτεινόμενη μέθοδος χαρακτηρίζεται από τη δυνατότητα προσαρμογής των επικλίσεων της οδού, την προσομοίωση συνθηκών ημέρας και νύκτας (μέσω του κώνου του πεδίου όρασης), καθώς και τη δυνατότητα προσθήκης διάφορων πλευρικών εμποδίων. Οι συγγραφείς καταλήγουν στο ότι η αξιοπιστία της μεθόδου θα πρέπει να ελεγχθεί περαιτέρω και σε πραγματικά οδικά τμήματα. Τέλος, προτείνουν την ανάπτυξη σχετικού ολοκληρωμένου λογισμικού βασιζόμενου στη συγκεκριμένη μέθοδο, δεδομένου ότι η προτεινόμενη διαδικασία προσδιορισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ περιλαμβάνει τη χρήση σχετικά μεγάλου αριθμού διαφορετικών λογισμικών, και άρα δεν θεωρείται τόσο ευέλικτη.

Σε δημοσίευση των Sarhan & Hassan (2012) παρατίθεται μια έρευνα σχετικά με την επιρροή στο μήκος ορατότητας των στηθαίων ασφαλείας από σκυρόδεμα σε οριζοντιογραφικές καμπύλες οδών με διαχωρισμένο οδόστρωμα. Οι συγγραφείς αναγνωρίζουν ότι η τοποθέτηση τέτοιου τύπου στηθαίων ενδέχεται να προκαλέσει σημαντική μείωση του διατιθέμενου μήκους ορατότητας στις οριζόντιες καμπύλες (π.χ. στην περίπτωση κατά την οποία χρησιμοποιούνται οι ελάχιστες επιτρεπόμενες τιμές του μήκους ορατότητας), κυρίως στην πλησιέστερη ως προς το στηθαίο (εσωτερική) λωρίδα κυκλοφορίας. Επιπλέον, αναφέρεται ότι γενικά δεν υπάρχει κάποιο αξιόπιστο εργαλείο για τον ακριβή προσδιορισμό του μήκους ορατότητας, όταν αυτό περιορίζεται από τα στηθαία, σε τρισδιάστατο περιβάλλον, ενώ η μέθοδος που προτείνεται από τις Αμερικάνικες Οδηγίες (AASHTO) δεν εφαρμόζεται σε καμπύλες των οποίων το μήκος είναι μικρότερο από το ΜΟΣ, ούτε λαμβάνεται υπόψη η μηκοτομή. Έτσι, περιγράφεται ένα πακέτο λογισμικού που αναπτύχθηκε προκειμένου να αναλυθεί το διατιθέμενο μήκος ορατότητας και η επιρροή του συνδυασμένου αποτελέσματος οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Επιπλέον, δημιουργούνται νομογραφήματα για τη γρήγορη εκτίμηση του διατιθέμενου ΜΟΣ σε οριζόντιες καμπύλες σε συνδυασμό με διάφορες διατάξεις μηκοτομής.

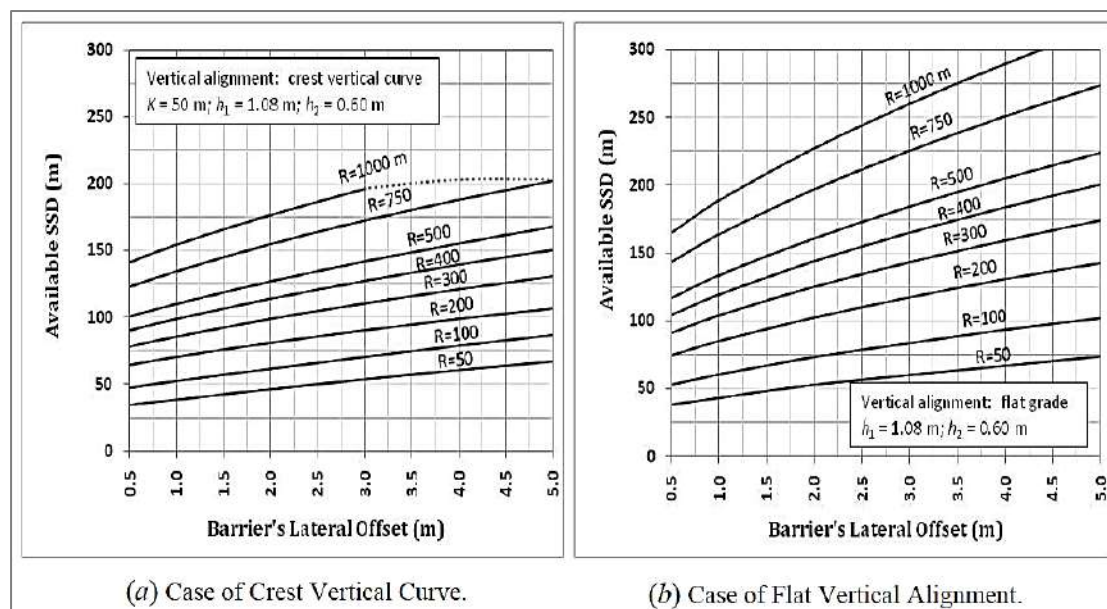
Η προτεινόμενη μέθοδος αφορά στην πλησιέστερη ως προς το στηθαίο λωρίδα κυκλοφορίας της οδού, δεδομένου ότι αυτή είναι η πιο κρίσιμη σε σχέση με τις υπόλοιπες. Εξετάζονται τα πλευρικά στηθαία ασφαλείας σε δεξιόστροφες καμπύλες, καθώς και το κεντρικό στηθαίο από σκυρόδεμα σε αριστερόστροφες καμπύλες. Το λογισμικό που αναπτύχθηκε βασίζεται σε αριθμητική μέθοδο και λαμβάνει υπόψη τη μορφή της χάραξης στον χώρο. Στον χρήστη παρέχεται η δυνατότητα επιλογής διαφόρων παραμέτρων σχεδιασμού, για παράδειγμα το ύψος οφθαλμού και εμποδίου, η ταχύτητα, ο χρόνος αντίληψης – αντίδρασης του οδηγού, ο συντελεστής τριβής μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος, καθώς και ο ρυθμός της επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης.

Η οδός και το παρόδιο περιβάλλον της χάραξης, συμπεριλαμβανομένων και των στηθαίων ασφαλείας, αναπαρίστανται από ένα σύνολο πεπερασμένων στοιχείων και το μήκος ορατότητας υπολογίζεται μέσω του προσδιορισμού της τομής της γραμμής ορατότητας (μεταξύ οφθαλμού και εμποδίου) και των πεπερασμένων στοιχείων. Η απόσταση μεταξύ οφθαλμού και εμποδίου αυξάνεται σταδιακά, έως ότου η γραμμή όρασης να είναι εφαιπόμενη σε οποιοδήποτε στοιχείο. Διακρίνονται δύο περιπτώσεις ανάλυσης για το κεντρικό στηθαίο ασφαλείας, οι οποίες απεικονίζονται στο Σχήμα 2.22: Στην πρώτη περίπτωση, η γραμμή όρασης διακόπτεται από το στηθαίο σε ύψος μικρότερο αυτού (συνήθως αυτό συμβαίνει σε κυρτές καμπύλες μηκοτομής που επαλληλίζονται με οριζοντιογραφική καμπύλη), οπότε το διατιθέμενο ΜΟΣ είναι η απόσταση μεταξύ οφθαλμού και εμποδίου όταν η γραμμή είναι εφαιπόμενη στις κεκλιμένες πλευρές του στηθαίου. Στη δεύτερη περίπτωση, η γραμμή όρασης βρίσκεται επάνω από το στηθαίο (συνήθως αυτό συμβαίνει σε κοίλες καμπύλες μηκοτομής που επαλληλίζονται με οριζοντιογραφική καμπύλη), οπότε το διατιθέμενο ΜΟΣ προκύπτει από την εφαιπόμενη γραμμή στην άνω επιφάνεια του στηθαίου.



Σχήμα 2.22: Πιθανές περιπτώσεις περιορισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ από το κεντρικό στηθαίο ασφαλείας. (Sarhan & Hassan, 2012)

Με χρήση του προαναφερθέντος λογισμικού, πραγματοποιείται ανάλυση της μεταβολής του διατιθέμενου ΜΟΣ λόγω της ύπαρξης στηθαίων ασφαλείας σε διάφορες διατάξεις οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, αλλά και μεταβαλλόμενων τιμών της εσωτερικής λωρίδας καθοδήγησης. Επίσης, δημιουργούνται ενδεικτικά νομογραφήματα, όπως αυτά που απεικονίζονται στο Σχήμα 2.23, όπου συσχετίζοντας διάφορες παραμέτρους, προκύπτουν συγκεκριμένες συστάσεις προς τους μελετητές. Παρόμοια νομογραφήματα είναι δυνατό να παραχθούν και για άλλες διατάξεις της χάραξης. Τα επιμέρους αποτελέσματα της ανάλυσης επιβεβαιώνουν το γεγονός ότι το διατιθέμενο ΜΟΣ εξαρτάται από το είδος της μηκοτομής και την καμπυλότητα των κυρτών και κοίλων καμπυλών που επαλληλίζονται με τις οριζόντιες καμπύλες.



Σχήμα 2.23: Νομογραφήματα διατιθέμενου ΜΟΣ σε οριζόντιες καμπύλες που επαλληλίζονται με κυρτές καμπύλες μηκοτομής. (Sarhan & Hassan, 2012)

Αποδεικνύεται ότι οι συστάσεις που δίδονται στις υφιστάμενες οδηγίες σχεδιασμού οδών, σε ορισμένους συνδυασμούς οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, μπορεί να οδηγήσουν σε λανθασμένη επιλογή του εύρους της εσωτερικής λωρίδας καθοδήγησης, με συνέπεια τον περιορισμό της ορατότητας. Το διατιθέμενο ΜΟΣ σε οριζοντιογραφική καμπύλη με ύπαρξη στηθαίου ασφαλείας εξαρτάται από τη μορφή της μηκοτομής. Έτσι, το διατιθέμενο ΜΟΣ αυξάνεται όσο η κοίλη καμπύλη γίνεται πιο έντονη και η κυρτή καμπύλη γίνεται πιο επίπεδη. Τέλος, οι συγγραφείς προτείνουν, γενικότερα, την υιοθέτηση μιας περισσότερο «πιθανολογικής» προσέγγισης στην ανάλυση του μήκους ορατότητας και την εκτίμηση των αντίστοιχων παραμέτρων που υπεισέρχονται, καθώς η ταυτόχρονη επιλογή όλων των παραμέτρων, ώστε να αντιστοιχούν στις πιο «κρίσιμες» συνθήκες, όπως συνήθως συμβαίνει, οδηγεί σε πολύ συντηρητικά αποτελέσματα.

Βέβαια, τα παραπάνω νομογραφήματα δεν αφορούν πλήρως τρισδιάστατη χάραξη, παρά μόνο συγκεκριμένους συνδυασμούς στοιχείων οριζοντιογραφίας και μηκοτομής (κυρτή καμπύλη μηκοτομής η οποία βρίσκεται εντός οριζόντιας καμπύλης). Δηλαδή, δεν προτείνονται λύσεις για το πολύ κρίσιμο από άποψη ασφάλειας φαινόμενο όπου αποκρύπτεται η οριζόντια καμπυλότητα όταν αυτή έπεται κυρτής καμπύλης υψομετρικά.

2.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΟΣ

Σε εργασία των **Cheng et al. (2011)** παρουσιάστηκαν όλες οι αναθεωρήσεις του μοντέλου υπολογισμού του ΜΟΣ κατά AASHTO (βλ. Κεφάλαιο 3) τα τελευταία 70 χρόνια και αναλύθηκαν οι κρίσιμες συνθήκες οδήγησης, οι οποίες εντοπίζονται σε καμπύλες με επίκλιση, με στόχο την **περαιτέρω ανάλυση και αναθεώρηση του τρόπου προσδιορισμού του απαιτούμενου ΜΟΣ**.

Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι η ισχύουσα σχέση κατά AASHTO για τον υπολογισμό του ΜΟΣ βασίζεται σε «ιδανικές συνθήκες» (θεωρητικές) οδήγησης και οδού, και ως εκ τούτου δεν λαμβάνει υπόψη δυσμενείς καταστάσεις. Έτσι, μέσω κάποιων λογικών εκτιμήσεων παρουσιάζεται μια πιο ακριβής προσέγγιση για τον προσδιορισμό του απαιτούμενου ΜΟΣ σε οριζοντιογραφικές καμπύλες.

Ειδικότερα, στη μέθοδο κατά AASHTO θεωρείται ότι το όχημα κινείται σε ευθύγραμμο και επίπεδο τμήμα οδού, κάτι το οποίο δεν ισχύει στις περιοχές οριζοντιογραφικών καμπυλών. Δηλαδή, με αυτόν τον τρόπο αγνοούνται τα καμπύλα τμήματα και η επίκλιση της οδού. Έτσι, **προτείνεται μια νέα γενική σχέση υπολογισμού του απαιτούμενου ΜΟΣ, μέσω της οποίας λαμβάνεται υπόψη η επιρροή της ακτίνας και της επίκλισης**.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι υπολογισμοί του ΜΟΣ σε διάφορες καμπύλες, για διαφορετικές ταχύτητες μελέτης και επικλίσεις, και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τα αντίστοιχα αποτελέσματα της μεθόδου κατά AASHTO. Παρατηρείται ότι με χρήση της προτεινόμενης σχέσης προκύπτουν μεγαλύτερα απαιτούμενα ΜΟΣ στις καμπύλες, ενώ η διαφορά των αντίστοιχων τιμών αυξάνεται όσο αυξάνεται η ταχύτητα μελέτης. Επομένως, οι συγγραφείς συμπεραίνουν ότι υπάρχει μεγαλύτερη ασφάλεια στον σχεδιασμό των οδών με χρήση της προτεινόμενης σχέσης.

Ωστόσο, στη συγκεκριμένη εργασία εξετάζεται μόνο η οριζοντιογραφία της χάραξης και δεν λαμβάνεται υπόψη η επιρροή της μηκοτομής.

Σε άλλη σχετική έρευνα των **Mavromatis et al. (2012)**, παρουσιάζεται βελτιωμένη εκδοχή της υφιστάμενης πρακτικής. Συγκεκριμένα, επιχειρείται **εμπλουτισμός των παραμέτρων που λαμβάνονται υπόψη στον δισδιάστατο προσδιορισμό του ΜΟΣ εισάγοντας την επιρροή της καμπυλότητας τόσο κατά την οριζοντιογραφία, όσο και κατά τη μηκοτομή**.

Η προσπάθεια εμπλουτισμού του υφιστάμενου μοντέλου προσδιορισμού του ΜΟΣ, στοχεύει στη βελτίωση της ακρίβειας του μήκους πέδησης, δεδομένου ότι κατά την κίνηση οχήματος σε καμπύλη τροχιά, τόσο οριζόντια όσο και κατακόρυφα, αφενός μεταξύ του διαμήκη και του εγκάρσιου συντελεστή τριβής υπάρχει αλληλοδέσμευση, όπου το μέτρο του απαιτούμενου εφαπτομενικού εξαρτάται από το ποσοστό

χρησιμοποίησης του εγκάρσιου και αντίστροφα, αφετέρου δε, αγνοείται η επιρροή της μεταβλητής κατά μήκος κλίσης σε κυρτά και κοίλα κατακόρυφα τόξα.

Συγκεκριμένα, με βάση τον κύκλο τριβής (Krempel, 1965), σύμφωνα με τον οποίο κατά την κίνηση οχήματος σε καμπύλη τροχιά, τα αποθέματα των συνιστωσών τριβής είναι δυνατόν να διατεθούν ταυτόχρονα και στις δύο διευθύνσεις ισχύει:

$$f_T = \sqrt{\left(\frac{a}{g}\right)^2 - \left(\frac{V^2}{gR} - e\right)^2} \quad (2.1)$$

όπου:

- f_T : απαιτούμενη τριβή κατά τη διαμήκη διεύθυνση κίνησης
- $V(m/s)$: ταχύτητα του οχήματος (ταχύτητα μελέτης)
- $g(m/s^2)$: σταθερά παγκόσμιας έλξης
- $a(m/s^2)$: ρυθμός επιβράδυνσης του οχήματος ($3,4m/s^2$ κατά AASHTO)
- $R(m)$: ακτίνα οριζοντιογραφικής καμπύλης
- $e(\%/100)$: εγκάρσια κλίση οδού

Είναι σαφές ότι με βάση την παραπάνω εξίσωση προσδιορίζεται η πραγματική απαίτηση σε διαμήκη τριβή κατά την κίνηση οχήματος σε καμπύλη της οριζοντιογραφίας.

Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η επιρροή της μεταβλητής κατά μήκος κλίσης κατά τη διάρκεια πέδησης, εφαρμόστηκαν οι νόμοι της μηχανικής για τον προσδιορισμό της στιγμιαίας ταχύτητας του οχήματος και της αμιγούς απόστασης που διανύεται κατά την πέδηση. Τα μεγέθη αυτά υπολογίζονται ανά $0,01s$ (βήμα αύξησης του χρόνου), σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις:

$$V_{i+1} = V_i - g(f_T + s)t \quad (2.2)$$

$$BD_i = V_i t - \frac{1}{2} g(f_T + s)t^2 \quad (2.3)$$

όπου:

- $V_i(m/s)$ ταχύτητα του οχήματος στη χιλιομετρική θέση i
- $V_{i+1}(m/s)$: ταχύτητα του οχήματος μειωμένη σύμφωνα με τον ρυθμό επιβράδυνσης για $t = 0,01s$
- $BD_i(m)$: απόσταση που διανύεται κατά την πέδηση
- f_T : απαιτούμενη τριβή κατά τη διαμήκη διεύθυνση κίνησης
- $t(sec)$: βήμα αύξησης του χρόνου ($t = 0,01s$)
- $g(m/s^2)$: σταθερά παγκόσμιας έλξης
- $s(\%/100)$: κατά μήκος κλίση οδού στη χιλιομετρική θέση i
[(+) ανωφέρεια, (-) κατωφέρεια]

Με επαναλαμβανόμενη εφαρμογή των παραπάνω σχέσεων, υπάρχει τελικά κάποια τιμή $i = k - 1$, όπου η ταχύτητα V_k μηδενίζεται. Η αντίστοιχη τιμή της απόστασης

$\sum BD_{k-1}$ αντιστοιχεί τότε στη συνολική απόσταση που διανύει το όχημα κατά την διαδικασία πέδησης.

Το απαιτούμενο ΜΟΣ προκύπτει αθροίζοντας τη συνολική απόσταση πέδησης με την απόσταση που διανύεται κατά το χρόνο αντίληψης – αντίδρασης του οδηγού, κατά τον οποίο θεωρείται ότι το όχημα κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Συνεπώς ισχύει ότι:

$$ΜΟΣ_{απαιτούμενο} = V_o t + \sum BD_{k-1} \quad (2.4)$$

όπου:

- $V_o(m/s)$: αρχική ταχύτητα του οχήματος
- $t(s)$: χρόνος αντίληψης – αντίδρασης του οδηγού (2,5s κατά AASHTO)
- $\sum BD_{k-1}(m)$: συνολική απόσταση πέδησης για την αρχική ταχύτητα του οχήματος

Συνοψίζοντας, ο προσδιορισμός του απαιτούμενου ΜΟΣ που προτείνεται βασίζεται στη σχέση που υιοθετείται από τις οδηγίες σχεδιασμού οδών διεθνώς, όπου επιπροσθέτως, **κατά τη διαδικασία πέδησης, λαμβάνεται υπόψη η πραγματική απαίτηση σε τριβή κατά τη διαμήκη διεύθυνση, καθώς και η πραγματική κατά μήκος κλίση της οδού.**

2.4 ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΟΔΟΥ

2.4.1 ΓΕΝΙΚΑ

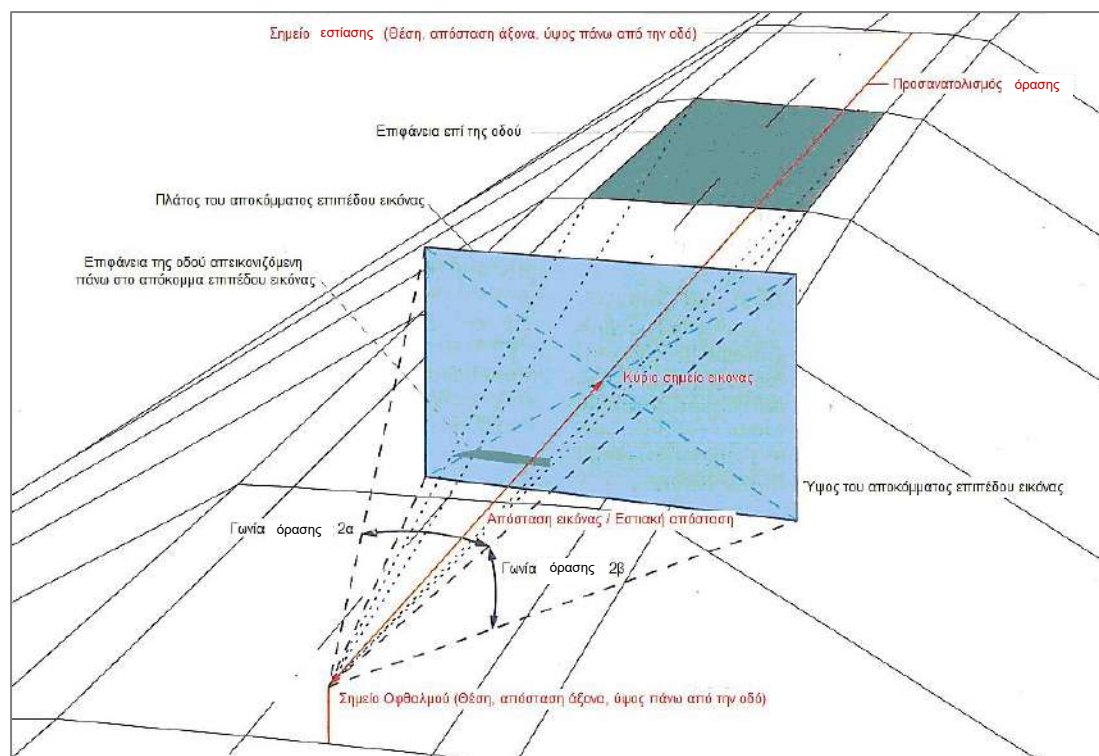
Σε έκδοση της FGSV (**H ViSt, 2008**), περιγράφονται οι δυνατότητες από την εφαρμογή της οπτικοποίησης κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού υπεραστικών οδών, όπου μεταξύ άλλων δίνονται οδηγίες και συστάσεις αναφορικά με τη διερεύνηση επάρκειας ορατότητας σε μια οδό. Επιπλέον, παρουσιάζεται μια μέθοδος ελέγχου της οδού στον χώρο, για τον εντοπισμό λαθών στη χάραξη.

Η συγκεκριμένη έρευνα υποδεικνύει με μορφή κριτηρίων τις αναγκαίες αποστάσεις ώστε:

- να αποφεύγεται το πολύ επικίνδυνο φαινόμενο απόκρυψης της καμπύλης της οδού από την κυρτότητά της στην μηκοτομή,
- να αποφεύγεται η δημιουργία σκιερών περιοχών (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, καθώς, η αρχή της καμπύλης, πέραν του να βρίσκεται εντός της ζώνης ορατότητας του οδηγού, απαιτείται να παρουσιάζει και κάποια καμπυλότητα.

Οπτικοποίηση ορίζεται ως η διαδικασία δημιουργίας εικονοποιημένων απεικονίσεων με διαφορετικό περιεχόμενο. Στην Οδοποιία, η οπτικοποίηση αποτελεί μια σύγχρονη μέθοδο για την τρισδιάστατη απεικόνιση του αποτελέσματος του σχεδιασμού, με στόχο τον ποιοτικό έλεγχο του σχεδιασμού μιας οδού. Η **προοπτική απεικόνιση** δίνει τη δυνατότητα απεικόνισης τρισδιάστατων αντικειμένων σε δισδιάστατη επιφάνεια, με τέτοιο τρόπο ώστε να δίνεται η εντύπωση του ψευδο-χώρου.

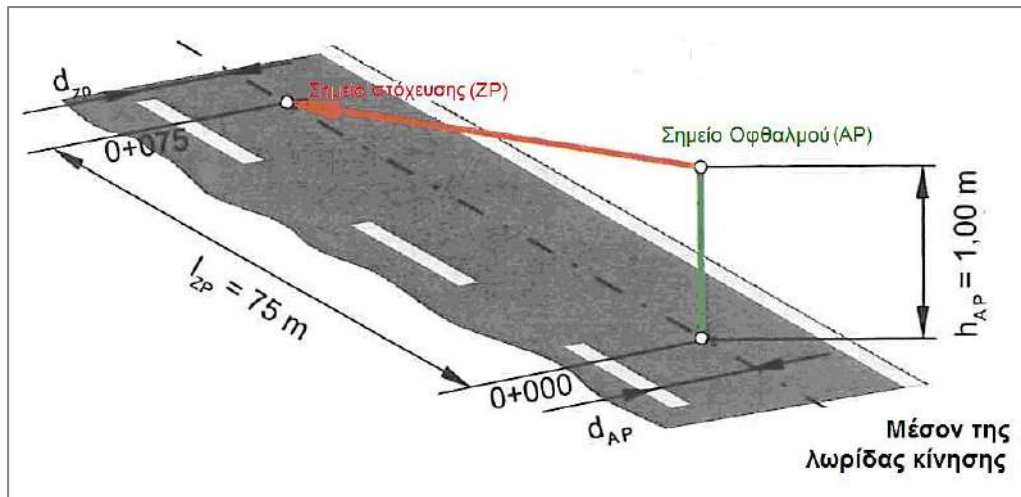
Στην Οδοποιία, για την οπτικοποίηση με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, εφαρμόζεται η μέθοδος της **κεντρικής προοπτικής**. Σύμφωνα με απλοποίηση της θεωρίας της κεντρικής προοπτικής, θεωρείται ότι μια οπτική ακτίνα, η οποία διέρχεται μεταξύ του κέντρου προβολής και σημείου του αντικειμένου, διαπερνά ένα επίπεδο εικόνας, το οποίο βρίσκεται κάθετα στον άξονα όρασης και σχηματίζει ένα σημείο εικόνας. Έτσι, καθίσταται δυνατή σε ικανοποιητικό βαθμό η περιγραφή της οπτικής αντίληψης του οδηγού. Τα στοιχεία και παράμετροι που υπεισέρχονται κατά την εφαρμογή της μεθόδου της κεντρικής προοπτικής απεικονίζονται στο Σχήμα 2.24.



Σχήμα 2.24: Παράμετροι κατά την εφαρμογή της μεθόδου της κεντρικής προοπτικής. (H ViSt, 2008)

Κατά τη δημιουργία προοπτικών εικόνων, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφορες **παράμετροι οι οποίες περιγράφουν το πεδίο όρασης** του οδηγού (Σχήμα 2.25). Οι παράμετροι αυτές λαμβάνουν κατά παραδοχή συγκεκριμένες τιμές. Πιο αναλυτικά:

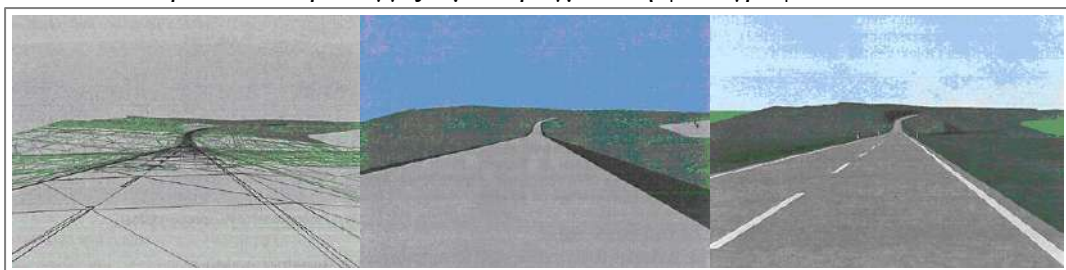
- Το **ύψος σημείου οφθαλμών** h_{AP} εξαρτάται από το ύψος της θέσης του οδηγού στο όχημα πάνω από την επιφάνεια της οδού και κατά συνέπεια από το είδος του οχήματος. Για συνήθεις περιπτώσεις, λαμβάνεται $h_{AP} = 1,00m$.
- Η **απόσταση του σημείου οφθαλμών από τον άξονα της οδού** d_{AP} δεν μπορεί να οριστεί με ακρίβεια, διότι μεταβάλλεται σε σχέση με τη χάραξη. Δηλαδή, στις ευθυγραμμίες το όχημα κινείται στο μέσο της λωρίδας κυκλοφορίας ενώ στις καμπύλες μετακινείται συνήθως προς την εσωτερική πλευρά. Γενικά, λαμβάνεται ότι ο οφθαλμός βρίσκεται στο μέσο της λωρίδας κυκλοφορίας.
- Το **ύψος του σημείου εστίασης** h_{ZP} λαμβάνεται ίσο με $h_{ZP} = 0,00m$ (επάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος).
- Η **απόσταση του σημείου εστίασης από τον άξονα της οδού** d_{ZP} δεν μπορεί να οριστεί με ακρίβεια, όπως και στην περίπτωση του σημείου οφθαλμών. Κατά παρόμοιο τρόπο, θεωρείται ότι $d_{ZP} = \text{μέσο λωρίδας}$.
- Η **απόσταση του σημείου εστίασης από τον οδηγό** l_{ZP} εξαρτάται κυρίως από τα χαρακτηριστικά της οδού. Απλοποιημένα, η τιμή της θεωρείται σταθερή καθ' όλο το μήκος της οδού και είναι ίση με $l_{ZP} = 75m$.
- Η **εστιακή απόσταση (ορατό απόκομμα εικόνας)** f καθορίζει την εστίαση σε καθορισμένη επιφάνεια στόχου (και το μέγεθος της αναγνωρίσιμης επιφάνειας της εικόνας) και λαμβάνεται ίση με $f = 50mm$ για κανονικές συνθήκες όρασης και ήρεμο ανθρώπινο μάτι.



Σχήμα 2.25: Παράμετροι που περιγράφουν το πεδίο όρασης του οδηγού. (H ViSt, 2008)

Οι προοπτικές εικόνες κατατάσσονται σε **κατηγορίες ανάλογα με τον βαθμό λεπτομέρειας** της απεικόνισης, όπως απεικονίζεται και στο Σχήμα 2.26 παρακάτω. Τα είδη των προοπτικών εικόνων είναι τα εξής:

- **Προοπτική δικτύου πλέγματος:** Απεικονίζονται μόνο οι κρίσιμες πλευρές των αντικειμένων, με τη μορφή δικτύου πλέγματος.
- **Προοπτική πλήρων επιφανειών:** Οι πλήρεις επιφάνειες προοπτικής δημιουργούνται με τον διαφορετικό χρωματισμό της οδού και του περιβάλλοντα χώρου.
- **Προοπτική πραγματικής φωτογραφίας:** Συνθέτοντας την προοπτική γεμάτων επιφανειών με σκιάσεις και λαμβάνοντας υπόψη το φως της ημέρας, η προοπτική εικόνα που προκύπτει προσεγγίζει μια πραγματική φωτογραφία.



Σχήμα 2.26: Κατηγορίες προοπτικών εικόνων: (α) προοπτική δικτύου πλέγματος, (β) προοπτική πλήρων επιφανειών, (γ) προοπτική πραγματικής φωτογραφίας. (H ViSt, 2008)

Προκειμένου να είναι επιτυχής η χρήση προοπτικών εικόνων κατά τον σχεδιασμό οδών, κρίνεται σκόπιμο να υπάρχει **ομοιομορφία στα δεδομένα για τη δημιουργία τους**. Πιο αναλυτικά, πρόκειται για τα εξής στοιχεία:

- **Παραδοχές μοντέλου:** Η δημιουργία προοπτικών εικόνων πραγματοποιείται κατά κανόνα από τη θέση του οδηγού. Οι βασικές παραδοχές αφορούν στη θέση και το ύψος του οφθαλμού και του στόχου, στην απόσταση στόχευσης και στην εστιακή απόσταση, και οι τιμές τους έχουν παρατεθεί παραπάνω.

- **Βαθμός λεπτομέρειας:** Για τη δημιουργία των προοπτικών εικόνων απαιτείται ενιαίος βαθμός λεπτομέρειας. Γενικά, σε μια προοπτική εικόνα οδού, τα προς απεικόνιση στοιχεία καθώς και η χρωματική τους απόδοση, παρατίθενται στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1: Στοιχεία προς απεικόνιση και χρωματική απόδοση προοπτικής εικόνας.
(H ViSt, 2008)

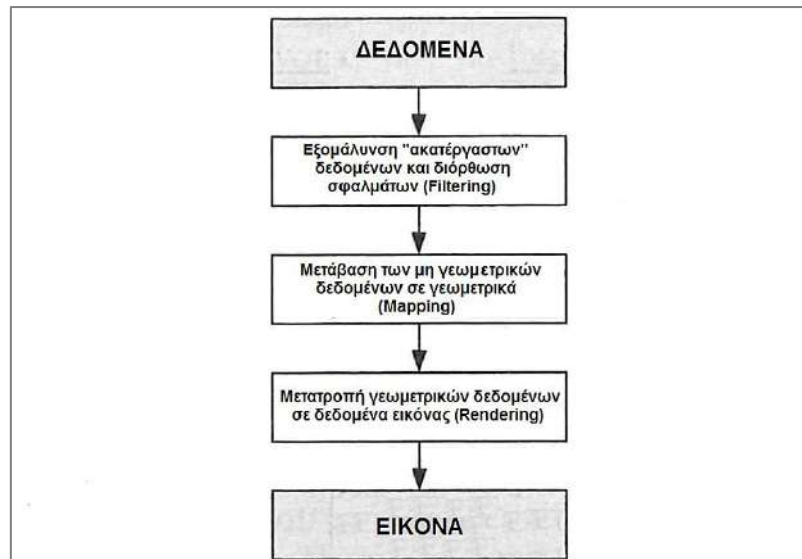
Στοιχεία απεικόνισης	Χρώμα	Κωδικός RGB
Επιφάνεια οδού	γκρι	100/100/100
Διαγράμμιση ορίων	λευκό	255/255/255
Διαγράμμιση στο μέσο (εφόσον υφίσταται)	λευκό	255/255/255
Κολωνάκια σε απόσταση 50m	λευκό-μαύρο	(όσο πιο ρεαλιστικά)
Υπερύψωση λωρίδας στο όριο	πράσινο	90/180/0
Κοιλώματα	πράσινο	0/160/0
Πρανή	ανοικτό πράσινο	0/176/0
Τοπογραφικά μετρημένο πεδίο	πράσινο	0/140/0
Τεχνητό πεδίο	σκούρο πράσινο	0/80/0
Ουρανός	γκρι-μπλε	220/220/255

- **Χρωματισμός και αντίθεση**
- **Μοντέλο φωτισμού**
- **Προβολή θέσης, κλίσης και καμπυλότητας:** Οι προοπτικές εικόνες θα πρέπει να περιλαμβάνουν στο πάνω μέρος τη χιλιομετρική θέση από την οποία δημιουργούνται, καθώς και την κατά μήκος κλίση και την καμπυλότητα της οδού, υπό μορφή διαγράμματος (Σχήμα 2.27), έτσι ώστε να είναι εμφανής η σχέση μεταξύ αυτών των στοιχείων και της προοπτικής εικόνας.



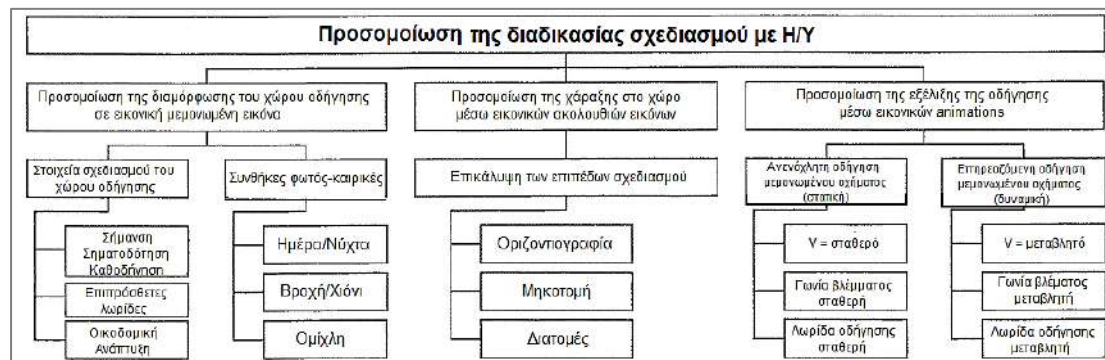
Σχήμα 2.27: Κανονικό προοπτικό. (H ViSt, 2008)

Η διαδικασία για τη δημιουργία των προοπτικών εικόνων από δεδομένα (data) με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή παρουσιάζεται συνοπτικά στο Σχήμα 2.28 με τη μορφή σταδίων.



Σχήμα 2.28: Στάδια παραγωγής προοπτικών εικόνων. (H ViSt, 2008)

Ως **προσομοίωση** ορίζεται η εν δυνάμει αναπαράσταση, διαμόρφωση και μεταβολή ενός αντικειμένου, συμβάντος ή συστήματος μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή, όπου τα προκύπτοντα αποτελέσματα οφείλουν να συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό με την πραγματικότητα. Μαζί με την αναπαράσταση των πραγματικών συνθηκών διερευνώνται αυξητικά οι επιδράσεις διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν την πραγματικότητα. Στο Σχήμα 2.29 παρουσιάζονται συνοπτικά οι εφαρμογές της προσομοίωσης στον σχεδιασμό των οδών.



Σχήμα 2.29: Προσομοίωση στον σχεδιασμό οδών. (H ViSt, 2008)

2.4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΟΔΩΝ

Κατά τη διαδικασία **ελέγχου του σχεδιασμού μιας οδού**, διαμέσου της οπτικοποίησης, θα πρέπει να εξετάζονται τα παρακάτω στοιχεία:

- **διαμόρφωση του χώρου οδήγησης:** Ο οδηγός κατά την κίνησή του οχήματός του εκτός δομημένων περιοχών, αντιλαμβάνεται την οδό και τον περιβάλλοντα χώρο αυτής, ως χώρο οδήγησης. Ο σχεδιασμός του χώρου οδήγησης είναι πολύ σημαντικό να είναι εύκολα αντιληπτός και να παρέχει ορατότητα. Τα βασικότερα

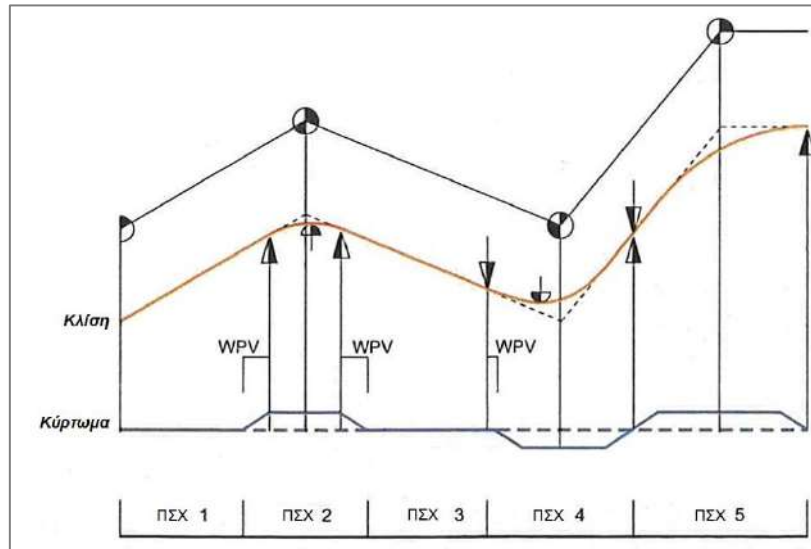
στοιχεία του χώρου οδήγησης επιπλέον της οδού και των στηθαίων είναι τα πρηνή (επιχώματα και ορύγματα), η διαγράμμιση και η σήμανση, καθώς και η φύτευση. Επιπλέον, η αντίληψη του χώρου οδήγησης εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τις καιρικές συνθήκες και τις συνθήκες φωτισμού. Ένας σωστά διαμορφωμένος χώρος οδήγησης, εύκολα αντιληπτός, διευκολύνει τον οδηγό ακόμα και σε ακατάλληλες συνθήκες φωτισμού και καιρικών συνθηκών, παρέχοντάς του τη δυνατότητα να προσαρμόζει την ταχύτητά του και τη συμπεριφορά του στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Αντίθετα, ένας όχι καλά ορατός χώρος οδήγησης ενδέχεται να οδηγήσει σε ξαφνικές και λανθασμένες αντιδράσεις και, ως εκ τούτου, στην εκδήλωση ατυχήματος.

- **χάραξη στον χώρο:** Ο έλεγχος της χάραξης στον χώρο έχει ιδιαίτερη σημασία. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί με χρήση ακολουθιών προοπτικών εικόνων, προκειμένου να εντοπιστούν τυχόν κρίσιμα τμήματα της οδού και, συνεπώς, να μεταβληθούν τα δεδομένα σχεδιασμού για την αντιμετώπιση των αναγνωρισμένων προβλημάτων.
- **ορατότητες:** Στις υπεραστικές οδούς θα πρέπει να παρέχονται τα ελάχιστα μήκη ορατότητας, σύμφωνα με τις οδηγίες σχεδιασμού οδών. Λόγω του ανεξάρτητου σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής και της διατομής, τα διαθέσιμα μήκη ορατότητας δεν είναι δυνατόν να υπολογιστούν στα μεμονωμένα επίπεδα σχεδιασμού, αλλά απαιτείται η γνώση της αλληλεπίδρασης των στοιχείων της οδού. Για την ανάλυση ορατοτήτων, θεωρούνται κατάλληλες οι προοπτικές εικόνες κατά μήκος της οδού, όπου η ορατότητα μπορεί να υπολογιστεί με σχετική ακρίβεια, μέσω των σημείων διέλευσης της ακτίνας όρασης στα προοπτικά. Σε περίπτωση που δεν παρέχονται τα αναγκαία μήκη ορατότητας, είναι δυνατή η διεύρυνση του πεδίου ορατότητας μέσω σχεδιαστικών μέτρων (αλλαγές της χάραξης, απομάκρυνση εμποδίων, μεταβολή των πρηνών κ.λπ.)
- **προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο:** Η αρμονική προσαρμογή της οδού στον περιβάλλοντα χώρο αποτελεί σημαντικό κριτήριο ποιότητας του σχεδιασμού. Με τη βοήθεια της οπτικοποίησης καθίσταται δυνατός ο έλεγχος προσαρμογής από τα πρώιμα βήματα του σχεδιασμού.

Ο σχεδιασμός και η κατασκευή νέων οδικών έργων χαρακτηρίζεται, γενικά, από μεγάλο κόστος. Κατά τη φάση του σχεδιασμού, ο μελετητής θα πρέπει να προσδιορίσει μια χάραξη η οποία να είναι στο σύνολό της αποδεκτή από όλες τις ενδιαφερόμενες πλευρές. Αυτή ακριβώς η κρίσιμη διαδικασία προσδιορισμού της βέλτιστης εναλλακτικής λύσης αποδεικνύεται αργότερα αποφασιστική για την έγκριση της κατασκευής. Συνεπώς, στο στάδιο **προμελέτης του έργου απαιτείται μια αρκετά ρεαλιστική απεικόνισή του, ώστε να είναι δυνατή η αιτιολόγηση της προτεινόμενης λύσης.** Οι προοπτικές εικόνες οδού (στο σύνολό αυτής) από διάφορες οπτικές γωνίες τεκμηριώνουν τη θέση του έργου στο πεδίο και ενισχύουν την ικανότητα αντίληψής του στον χώρο.

Ο έλεγχος της χάραξης στον χώρο στοχεύει στον εντοπισμό λαθών σχετικών με την ασφάλεια ή/και τη διαμόρφωση της οδού. Προκειμένου να μειωθεί αισθητά ο

κίνδυνος εμφάνισης ελαττωμάτων, συστήνεται η χρήση «**πρότυπων στοιχείων χώρου**» κατά τον σχεδιασμό. Τα πρότυπα στοιχεία χώρου δημιουργούνται όταν η αρχή και το τέλος των οριζοντιογραφικών καμπυλών συμπίπτουν με την αρχή και το τέλος των κυρτωμάτων και κοιλωμάτων στη μηκοτομή. Στο Σχήμα 2.30 απεικονίζεται η υποδιαίρεση ενός οδικού τμήματος σε πρότυπα στοιχεία χώρου.



Σχήμα 2.30: Υποδιαίρεση ενός οδικού τμήματος σε πρότυπα στοιχεία χώρου.
(H ViSt, 2008)

Πρότυπα στοιχεία χώρου δημιουργούνται ακόμα και στην περίπτωση όπου τα αντίστοιχα σημεία αρχής και τέλους καμπυλών είναι ελάχιστα μετατοπισμένα μεταξύ τους και, συγχρόνως, η αρχή της οριζοντιογραφικής καμπύλης βρίσκεται τουλάχιστον σε κάποια απόσταση από την αρχή του κυρτώματος στη μηκοτομή, σύμφωνα με τις τιμές που δίνονται στον Πίνακα 2.2.

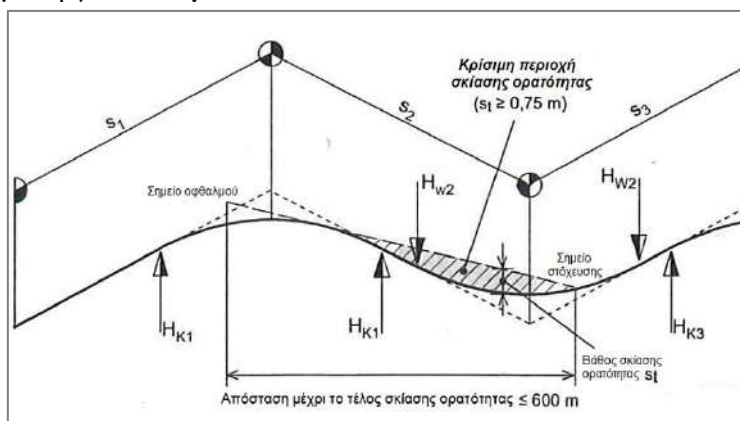
Πίνακας 2.2: Απαραίτητη μετατόπιση (m) της αρχής του κυρτού τόξου μετά την αρχή της οριζόντιας καμπύλης κατά την αλληλουχία ευθυγραμμία – κλωθοειδής – κυκλικό τόξο. (H ViSt, 2008)

Ακτίνα κυρτού τόξου H_k (m)	Παράμετρος κλωθοειδούς A (m)			
	150	200	250	>300
3.000	25	50	65	80
4.000	15	35	55	75
5.000	Δεν υπάρχει ανάγκη μετατόπισης	25	50	70
6.000		15	40	60
7.000			30	55
8.000			20	45
9.000			10	40
10.000				30

Λάθη κατά τη σύνθεση των στοιχείων χώρου και της ακολουθίας τους ενδέχεται να οδηγήσουν σε εμφάνιση «ελαττωμάτων». Τα ελαττώματα αυτά μπορεί να έχουν σχέση είτε με την ασφάλεια, είτε μόνο με τη διαμόρφωση της οδού. Πιο αναλυτικά:

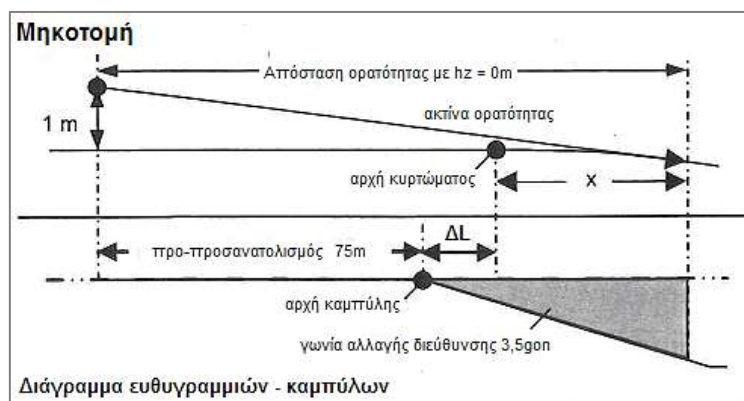
- **Ελαττώματα ως προς την ασφάλεια:**

- **«Σκίαση ορατότητας»:** Παρουσιάζεται όταν ο οδηγός δεν μπορεί να αναγνωρίσει ένα τμήμα της οδού εμπρός του. Όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 2.31, μια περιοχή σκίασης ορατότητας χαρακτηρίζεται από το βάθος σκίασης ορατότητας S_t και από το μήκος S_l . Μια κρίσιμη περιοχή σκίασης ορατότητας θεωρείται εκείνη όπου το βάθος είναι μεγαλύτερο από 0,75m σε μήκος τουλάχιστον 75m. Όταν σε μια ακολουθία κατακόρυφων κυρτωμάτων και κοιλωμάτων εμφανιστεί μια περιοχή σκίασης ορατότητας, εντός της οποίας δεν αλλάζει η αντίληψη κατεύθυνσης, δημιουργείται **βύθισμα**. Όταν σε μια ακολουθία κυρτωμάτων και κοιλωμάτων εμφανιστεί μια περιοχή σκίασης ορατότητας, εντός της οποίας αλλάζει η αντίληψη κατεύθυνσης, δημιουργείται **άλμα**.



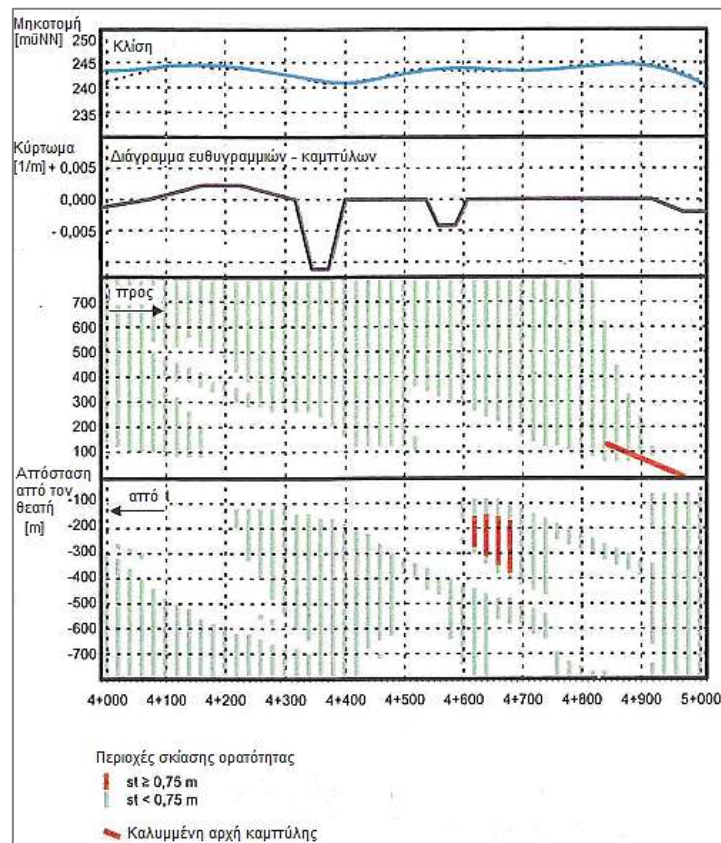
Σχήμα 2.31: Σκίαση ορατότητας. (Η ViSt, 2008)

- **Μη ορατή αρχή οριζόντιας καμπύλης** (Σχήμα 2.32): Παρουσιάζεται όταν από απόσταση 75m πριν από την αρχή της καμπύλης στην οριζοντιογραφία, η έμπροσθεν του οδηγού επιφάνεια της οδού δεν είναι ορατή, τουλάχιστον μέχρι το σημείο στο οποίο υπάρχει εφαιπτομενική αλλαγή κατεύθυνσης της οδού κατά 3,5gon (σχετική αλλαγή κατεύθυνσης). Η αρχή καμπύλης είναι αναγνωρίσιμη όταν η αρχή του μη ορατού τμήματος κυρτώματος για τον οδηγό, βρίσκεται πιο μακριά από το σημείο σχετικής αλλαγής κατεύθυνσης.



Σχήμα 2.32: Μη ορατή αρχή οριζόντιας καμπύλης. (Η ViSt, 2008)

Για την καλύτερη εκτίμηση των ελαττωμάτων ασφάλειας ενός οδικού τμήματος, συστήνεται η απεικόνιση των αποτελεσμάτων ελέγχου των ποσοτικών μεγεθών αυτών σε «λωρίδα σκίασης ορατότητας», όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.33. Οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται ανά 20m, και οι κρίσιμες περιοχές σκίασης ορατότητας θεωρείται ότι δημιουργούνται εφόσον καταγράφεται βάθος σκίασης ορατότητας μεγαλύτερο των 0,75m σε τουλάχιστον τρεις συνεχόμενες χιλιομετρικές θέσεις και το οδόστρωμα γίνεται πάλι ορατό σε απόσταση το πολύ μέχρι 600m. Στο ίδιο σχήμα (Σχήμα 2.33) απεικονίζονται και οι μη ορατές (καλυμμένες) αρχές οριζόντιων καμπυλών με κεκλιμένες γραμμές.

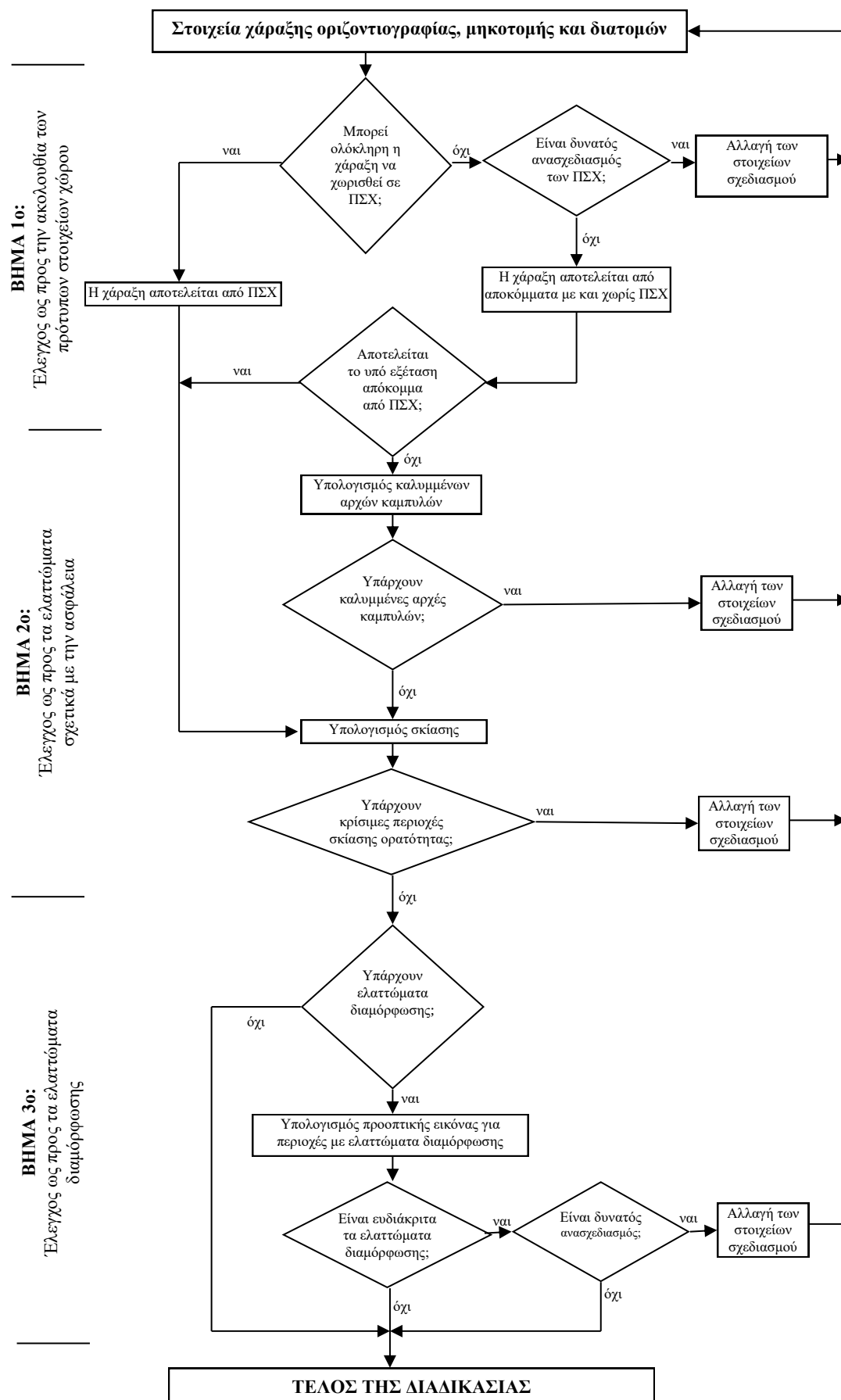


Σχήμα 2.33: Παράδειγμα ταινίας σκίασης ορατότητας με κρίσιμη περιοχή σκίασης ορατότητας και μη ορατή αρχή οριζόντιας καμπύλης. (H ViSt, 2008)

- **Ελαττώματα διαμόρφωσης:** Τα ελαττώματα διαμόρφωσης περιλαμβάνουν την εμφάνιση κυματισμού στο οδόστρωμα, οπτικής θλάσης στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή, εντύπωση τεθλασμένου καταστρώματος της οδού, καθώς και αντίφαση μεταξύ της πορείας της οδού και των στοιχείων του περιβάλλοντος.

Ο έλεγχος της χάραξης στον χώρο ως προς τα ελαττώματα πραγματοποιείται στο πλαίσιο μιας επαναληπτικής διαδικασίας τριών βημάτων, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.34.

Τα ελαττώματα που αναγνωρίζονται μπορούν να εξαλειφθούν με μεταβολή των στοιχείων σχεδιασμού στην οριζοντιογραφία και στη μηκοτομή.



Σχήμα 2.34: Διαδικασία ελέγχου της χάραξης στον χώρο. (H ViSt, 2008)

Αναλυτικά, τα βήματα ελέγχου είναι τα εξής:

- **Βήμα 1: Έλεγχος ως προς την ακολουθία πρότυπων στοιχείων χώρου.** Εάν η χάραξη αποτελείται εξολοκλήρου από πρότυπα στοιχεία χώρου, τότε είναι δυνατή η άμεση μετάβαση στο Βήμα 2. Σε περίπτωση που η οδός δεν αποτελείται εξολοκλήρου από πρότυπα στοιχεία χώρου, μπορεί να ελεγχθεί εάν είναι δυνατή η δημιουργία τους με μεταβολή των στοιχείων σχεδιασμού. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, τότε μπορεί να συνεχιστεί ο έλεγχος στο Βήμα 2, χωριστά για τα τμήματα χάραξης με και χωρίς πρότυπα στοιχεία χώρου.
- **Βήμα 2: Έλεγχος ως προς τα ελαττώματα σχετικά με την ασφάλεια.** Αν η συνολική χάραξη αποτελείται αποκλειστικά από πρότυπα στοιχεία χώρου, τότε ο έλεγχος πραγματοποιείται ως προς τις κρίσιμες περιοχές σκίασης. Σε αντίθετη περίπτωση, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί επιπροσθέτως ο έλεγχος για καλυμμένες αρχές καμπυλών για τα τμήματα χωρίς πρότυπα στοιχεία χώρου. Σε περίπτωση εντοπισμού ελαττωμάτων σχετικών με την ασφάλεια, μπορεί να παραλειφθεί η μεταβολή των στοιχείων σχεδιασμού εάν αποδειχθεί μέσω προοπτικών εικόνων ότι η συνέχεια της οδού είναι μονοσήμαντα ευδιάκριτη από τον οδηγό. Όσον αφορά στις **κρίσιμες περιοχές σκίασης ορατότητας**, κρίνεται σκόπιμο η εξάλειψή τους να πραγματοποιηθεί μέσω μεταβολής των στοιχείων της μηκοτομής (μεγαλύτερες ακτίνες κυρτών και κοίλων καμπυλών συναρμογής, μεταβολή κατά μήκος κλίσης, μετατόπιση σημείων τομής των εφαπτομένων), διότι οι μεταβολές στην οριζοντιογραφία είναι γενικά πιο δαπανηρές. Όσον αφορά στις **καλυμμένες αρχές καμπυλών**, αυτές αποφεύγονται με χρήση πρότυπων στοιχείων χώρου. Σε περίπτωση τυχαίας ακολουθίας στοιχείων, συστήνεται η παραλλαγή των στοιχείων οριζοντιογραφίας και μηκοτομής (π.χ. αύξηση μήκους καμπύλου τόξου, αύξηση παραμέτρου κλωθοειδούς κ.λπ.).
- **Βήμα 3: Έλεγχος ως προς τα ελαττώματα διαμόρφωσης.** Ο έλεγχος αυτός γίνεται ποιοτικά, με τη βοήθεια προοπτικών εικόνων. Τα ελαττώματα διαμόρφωσης μπορούν να εξαλειφθούν με μεταβολή των στοιχείων σχεδιασμού.

Στο πλαίσιο ενός ερευνητικού προγράμματος, υπεβλήθησαν σε έλεγχο αρκετά παραδείγματα χάραξης από πρόσφατους σχεδιασμούς, σύμφωνα με την προαναφερθείσα μέθοδο, όπου και διαπιστώθηκε ότι σε όλες τις περιπτώσεις αναγνωρίστηκαν όλα τα ελαττώματα σε σχέση με την ασφάλεια. Σε υφιστάμενες οδούς, μπορεί να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος σε περιπτώσεις όπου καταγράφονται αρκετά ατυχήματα.

2.5 ΣΥΝΟΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ – ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Συνοψίζοντας, οι μέθοδοι για την ανάλυση του μήκους ορατότητας που έχουν προταθεί τα τελευταία χρόνια, διακρίνονται σε δισδιάστατες και τρισδιάστατες, καθώς και σε γραφικές και αναλυτικές. **Κατά τη συνήθη πρακτική προσδιορισμού του μήκους ορατότητας, χρησιμοποιούνται οι δισδιάστατες απεικονίσεις της οδού σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή, και η ορατότητα υπολογίζεται προσεγγιστικά, ξεχωριστά για την κάθε απεικόνιση.**

Έτσι, το διατιθέμενο ΜΟΣ για μια οδό προκύπτει αποκλειστικά είτε από τη μελέτη της οριζοντιογραφίας, είτε από τη μελέτη της μηκοτομής. Μια βελτίωση σε αυτήν την προσέγγιση αποτελεί ο υπολογισμός του μήκους ορατότητας και στις δύο απεικονίσεις της οδού, και η υιοθέτηση ως μήκους ορατότητας σε κάθε θέση της οδού της ελάχιστης τιμής από τις δύο απεικονίσεις, ως μια συντηρητική εκτίμηση. Επίσης, για την αντιμετώπιση περιπτώσεων οι οποίες δεν αναφέρονται στις διάφορες οδηγίες σχεδιασμού οδών, έχουν δημιουργηθεί αναλυτικές μέθοδοι για τον υπολογισμό του διατιθέμενου μήκους ορατότητας σε σύνθετες διατάξεις οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, μέσω της μελέτης των σχέσεων μεταξύ διάφορων συνδυασμών στοιχείων οριζοντιογραφίας και εμποδίων, και έχουν αναπτυχθεί ακριβείς εξισώσεις για τον προσδιορισμό του μήκους ορατότητας για τυχαίες θέσεις οδηγού και εμποδίου. Οι μέθοδοι αυτές λαμβάνουν υπόψη όλα τα επιμέρους γεωμετρικά στοιχεία που συνθέτουν τη χάραξη της οδού, καθώς και διάφορες διατάξεις εμποδίων όρασης, ξεχωριστά στις δύο απεικονίσεις της οδού.

Το πρόβλημα που παρουσιάζεται στην περίπτωση ανεξάρτητης αντιμετώπισης της οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, και το οποίο έχει τονιστεί από πολλούς ερευνητές, είναι η **πιθανή ανακρίβεια των αποτελεσμάτων υπολογισμού του μήκους ορατότητας, καθώς η καθεμία εκ των δύο απεικονίσεων δεν περιέχει όλες τις πληροφορίες για την τρισδιάστατη μορφή της οδού.** Επομένως, δεν λαμβάνεται υπόψη η αλληλεπίδρασή τους στη θεώρηση του οδικού περιβάλλοντος από τον χρήστη της οδού. Συνεπώς, τα αποτελέσματα των δισδιάστατων μεθόδων δεν είναι απολύτως ακριβή σε περιπτώσεις ταυτόχρονης ύπαρξης καμπυλότητας σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή και, άρα, παρουσιάζονται θέματα ασυνέπειας του σχεδιασμού. Η πρακτική της υιοθέτησης της ελάχιστης τιμής του μήκους ορατότητας από τις δύο απεικονίσεις αποτελεί βελτίωση, ωστόσο και σε αυτήν την περίπτωση τα αποτελέσματα είναι προσεγγιστικά. Συνεπώς, **ο δισδιάστατος σχεδιασμός μπορεί να υπερεκτιμήσει ή να υποτιμήσει το διατιθέμενο μήκος ορατότητας, κάτι το οποίο έχει αρνητικές επιδράσεις στην οικονομία και, κυρίως, την ασφάλεια της οδού.**

Η αστοχία αυτή αντιμετωπίζεται έως κάποιον βαθμό από τις υπάρχουσες οδηγίες σχεδιασμού, μέσω προτάσεων συνδυασμών οριζοντιογραφίας και μηκοτομής που πρέπει να προτιμώνται ή να αποφεύγονται στις ανάλογες περιπτώσεις, χωρίς ωστόσο αυτές οι προτάσεις να τεκμηριώνονται επιστημονικά. Επιπλέον, προτείνεται η

δημιουργία προοπτικών εικόνων της οδού σε ορισμένες θέσεις και, γενικότερα, τονίζεται η ανάγκη ανάλυσης της ορατότητας στις τρεις διαστάσεις.

Όσον αφορά στις γραφικές μεθόδους ανάλυσης της ορατότητας στις τρεις διαστάσεις, αυτές αποτελούν μια εναλλακτική λογική μελέτης και επιτρέπουν την ορθή προσέγγιση του προβλήματος προσδιορισμού της ορατότητας. Ωστόσο, **είναι αρκετά χρονοβόρες, δεδομένου ότι δεν προσφέρουν αυτοματοποίηση της διαδικασίας ανάλυσης της ορατότητας**, και ως εκ τούτου δεν κρίνονται αποδοτικές εάν χρησιμοποιηθούν σε μεγάλης κλίμακας οδικά έργα.

Επομένως, από τα προηγούμενα είναι προφανές ότι **η ορθότερη αντιμετώπιση του ζητήματος της ορατότητας αποτελεί η διερεύνησή της μέσω της τρισδιάστατης μελέτης με χρήση αναλυτικών προτύπων, όπου η οδός θεωρείται ως ενιαίο σύνολο στον χώρο, έτσι ώστε να λαμβάνονται ταυτόχρονα υπόψη όλα τα χαρακτηριστικά της**. Επιπροσθέτως, η εφαρμογή τεχνικών οπτικοποίησης (π.χ. δημιουργία προοπτικών εικόνων από τη θέση του οδηγού κατά μήκος της οδού) αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για τον έλεγχο της ποιότητας της χάραξης και τον εντοπισμό προβληματικών από άποψη ορατότητας οδικών τμημάτων. Επιπλέον, η ανάλυση της ορατότητας στις τρεις διαστάσεις είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με χρήση σχετικά απλών μαθηματικών μοντέλων, αξιοποιώντας την ταχύτητα και τις δυνατότητες των σύγχρονων ηλεκτρονικών υπολογιστών. Δηλαδή, η μελέτη της ορατότητας με χρήση αναλυτικών μεθόδων αποτελεί την πιο ευέλικτη και αποτελεσματική προσέγγιση.

Οι προταθείσες τρισδιάστατες μέθοδοι ανάλυσης της ορατότητας επιτρέπουν την ακριβή προσομοίωση ενός σύνθετου οδικού περιβάλλοντος, όπου ενδέχεται να υπάρχουν ανεπιτυχείς συνδυασμοί των στοιχείων της οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, και, ως εκ τούτου, τον ακριβή προσδιορισμό του πραγματικού πεδίου όρασης του οδηγού. Ωστόσο, οι περισσότερες από αυτές τις έρευνες επικεντρώνονται στη βελτιστοποίηση του διατιθέμενου ΜΟΣ, είτε με την εισαγωγή νέων αλγόριθμων, είτε προτείνοντας συνδυασμούς παραμέτρων σχεδιασμού, **αγνοώντας σε αρκετές περιπτώσεις ορισμένα από τα στοιχεία της οδού και του περιβάλλοντός της τα οποία επηρεάζουν σημαντικά τα πεδία της ορατότητας**. Επιπροσθέτως, σε καμία από αυτές τις προσεγγίσεις δεν έχει προταθεί μια **ολοκληρωμένη τρισδιάστατη μέθοδος για την προσομοίωση ταυτόχρονα τόσο των στοιχείων της διατομής, όσο και τη δυναμική της κίνησης των οχημάτων κατά τη διάρκεια έκτακτων καταστάσεων πέδησης**. Τέλος, ένα ακόμα βασικό έλλειμμα των συναφών μεθόδων ανάλυσης της ορατότητας είναι **ο προσδιορισμός και η ανάλυση των στοιχείων σχεδιασμού εξαιτίας των οποίων περιορίζεται το ΜΟΣ σε κάθε περίπτωση**, κάτι το οποίο θα παρείχε πολύτιμη καθοδήγηση στον μελετητή, αφού θα του επέτρεπε να προβεί άμεσα στις απαιτούμενες αναπροσαρμογές για την περαιτέρω βελτίωση του τελικού αποτελέσματος της χάραξης (Mertzanis et al. 2013).

Υφιστάμενη Πρακτική

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα πρότυπα ορατότητας που υιοθετούνται στην υφιστάμενη πρακτική σχεδιασμού των οδών. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά στις επιμέρους παραμέτρους που σχετίζονται με τη διερεύνηση επάρκειας ορατότητας των Ελληνικών (OMOE, 2001), Αμερικανικών (AASHTO, 2011), Γερμανικών (RAL-R1, 2012 & RAA-R1, 2008) και Αυστραλιανών (Austroads, 2009) οδηγιών σχεδιασμού οδών. Επιπλέον, πραγματοποιείται μια συγκριτική παρουσίαση των υποδείξεων αυτών των οδηγιών, που αφορούν στη χάραξη της οδού στον χώρο σε σχέση με την ορατότητα.

Σε όλες τις οδηγίες τονίζεται ότι **είναι αναγκαία η ύπαρξη των ελάχιστων μηκών ορατότητας κατά μήκος μιας οδού, για να είναι δυνατή η έγκαιρη ακινητοποίηση ενός οχήματος προ απροσδόκητου εμποδίου**. Κατά τη διεθνή πρακτική εξετάζονται δύο είδη ΜΟΣ, το διατιθέμενο και το απαιτούμενο, από την ισότητα των οποίων προσδιορίζονται κρίσιμα γεωμετρικά μεγέθη σχεδιασμού. Το απαιτούμενο ΜΟΣ εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από τη λειτουργική ταχύτητα, τον χρόνο αντίληψης – αντίδρασης του οδηγού, την κατά μήκος κλίση της οδού και τη μέση τιμή τριβής για την επιβράδυνση του οχήματος.

Γενικά, **η μεθοδολογία υπολογισμού του απαιτούμενου ΜΟΣ είναι παραπλήσια στις υπό εξέταση οδηγίες**. Το απαιτούμενο ΜΟΣ είναι το άθροισμα δύο επιμέρους μηκών: του διαστήματος που διανύει το όχημα κατά το χρόνο αντίληψης αντίδρασης του οδηγού έως τη στιγμή που αρχίζει η διαδικασία πέδησης με ακινητοποιημένους τροχούς (θεωρώντας ως αντίστοιχο χρόνο 2,0s – 2,5s για υπεραστικές οδούς) και της απόστασης που διανύει το όχημα έως την πλήρη στάση του (μήκος πέδησης). Επομένως:

$$ΜΟΣ_{απαιτούμενο} = Μήκος_{αντίληψης-αντίδρασης} + Μήκος_{πέδησης} \quad (3.1)$$

Οι τιμές του απαιτούμενου ΜΟΣ που υπολογίζονται αφορούν αρκετά συντηρητικές καταστάσεις πέδησης, δεδομένου ότι παρέχεται αρκετός χρόνος για τη διαδικασία αντίληψης – αντίδρασης και επιπλέον γίνεται χρήση σχετικά μικρού ρυθμού επιβράδυνσης. Συνεπώς, υπάρχει κάποιο **περιθώριο ασφαλείας κατά τον σχεδιασμό** και έτσι επιτρέπεται στον μέσο οδηγό («below average driver» κατά AASHTO, 2011) να αποφύγει ενδεχόμενη σύγκρουση στις περισσότερες περιπτώσεις.

Το διατιθέμενο ΜΟΣ περιγράφεται μέσω γραμμών όρασης μεταξύ του οφθαλμού του οδηγού και του αντικειμένου – εμποδίου, ενώ για τις θέσεις και ύψη αυτών υιοθετούνται διάφορες τιμές. Κατά συνέπεια, **πέρα από τη χάραξη της οδού, το διατιθέμενο ΜΟΣ εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από το παρόδιο περιβάλλον** (στηθαία, βλάστηση κ.λπ.).

Αν και ο προσδιορισμός του διατιθέμενου ΜΟΣ είναι ιδιαίτερα σημαντικός στην αξιολόγηση της παρεχόμενης ασφάλειας σε μια οδό, **συγκεκριμένη μεθοδολογία προσδιορισμού συστήνεται μόνο σε απλές διατάξεις οριζοντιογραφικών καμπυλών και καμπυλών μηκοτομής**. Έτσι, στην οριζοντιογραφία λαμβάνονται υπόψη πλευρικά εμπόδια (π.χ. πρηνή, στηθαία, δενδροφύτευση), ενώ στη μηκοτομή περιοριστικός παράγοντας του διατιθέμενου ΜΟΣ θεωρείται η επιφάνεια της οδού.

Η συσχέτιση μεταξύ του απαιτούμενου με το διατιθέμενο ΜΟΣ αποτελεί τη βάση για την επιλογή κρίσιμων γεωμετρικών παραμέτρων, όπως είναι οι ακτίνες κυρτών και κοίλων κατακόρυφων καμπυλών, το πλάτος της εσωτερικής λωρίδας καθοδήγησης σε αριστερόστροφες καμπύλες οδών με διαχωρισμένο οδόστρωμα, καθώς και το πλάτος του ελεύθερου οπτικών εμποδίων χώρου σε δεξιόστροφες καμπύλες λόγω παρουσίας πρηνών, στηθαίων ή δενδροφύτευσης. Για παράδειγμα, σε κυρτές καμπύλες μικρής ακτίνας γενικά, το ΜΟΣ είναι δυνατόν να περιοριστεί λόγω της επιφάνειας της οδού, ενώ σε κοίλες καμπύλες περιοριστικός παράγοντας είναι η γωνία πρόσπτωσης των προβολέων του οχήματος κατά τις νυκτερινές ώρες, καθώς και η ύπαρξη τυχόν άνω διαβάσεων.

Ως εκ τούτου, **το ΜΟΣ πρέπει να επαρκεί σε οποιοδήποτε σημείο μιας οδού ώστε όχημα κινούμενο με τη λειτουργική ταχύτητα να δύναται να ακινητοποιηθεί πριν προσκρούσει σε απροσδόκητο σταθερό εμπόδιο**.

Είναι γεγονός ότι στις διάφορες οδηγίες σχεδιασμού οδών διεθνώς υιοθετούνται δισδιάστατα πρότυπα, τόσο στον προσδιορισμό της διατιθέμενης όσο και της απαιτούμενης ορατότητας. Έτσι, χρησιμοποιούνται οι δισδιάστατες προβολές της οδού (κατά την οριζοντιογραφία και κατά τη μηκοτομή) και η ορατότητα υπολογίζεται προσεγγιστικά, ξεχωριστά για την κάθε απεικόνιση. Ο προσδιορισμός των κυρτών και κοίλων καμπυλών μηκοτομής, για παράδειγμα, γίνεται με βάση τη μηκοτομή της οδού μόνο (δηλαδή υπάρχει η θεώρηση ότι η οδός βρίσκεται σε ευθυγραμμία), επομένως σε αυτήν την περίπτωση εξ ορισμού αγνοείται η επιρροή της οριζοντιογραφίας της χάραξης στο ΜΟΣ.

Λόγω της απλοποιημένης αυτής προσέγγισης, η οποία μάλιστα δεν καλύπτει πλήρως όλες τις περιπτώσεις, **δίνονται από τις οδηγίες σχεδιασμού οδών συστάσεις για τη χάραξη της οδού στον χώρο**. Σύμφωνα με αυτές, η καλή προοπτική εικόνα της οδού συνοδεύεται από πολλά πλεονεκτήματα, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται και η μεγιστοποίηση του διατιθέμενου μήκους ορατότητας.

3.2 ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΔΩΝ

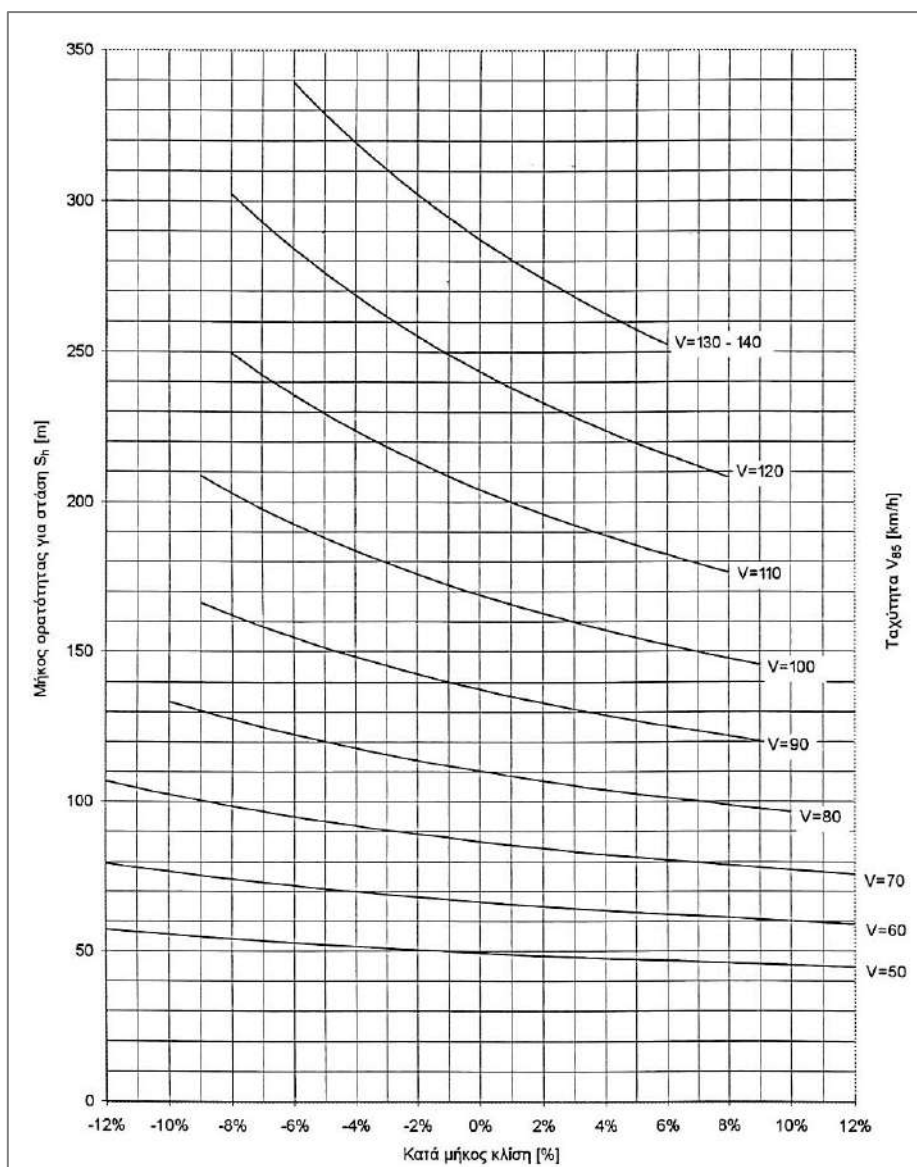
Σύμφωνα με τις **Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)** του πρώην Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (νυν Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων), η ασφάλεια της κυκλοφορίας και η ποιότητα της κυκλοφοριακής ροής απαιτούν την ύπαρξη ενός ελάχιστου μήκους ορατότητας, δηλαδή του απαιτούμενου ΜΟΣ, προκειμένου να είναι δυνατή η έγκαιρη ακινητοποίηση ενός οχήματος. Το απαιτούμενο ΜΟΣ είναι καθοριστικής σημασίας για την αξιολόγηση των συνθηκών ορατότητας σε όλες τις κατηγορίες των οδών.

Ως **απαιτούμενο ΜΟΣ (S_h)** ορίζεται το μήκος που χρειάζεται ένας οδηγός κινούμενος με την ταχύτητα V_{85} , για να ακινητοποιήσει το όχημά του, πριν από ένα απροσδόκητο ακίνητο εμπόδιο στο οδόστρωμα. Το ΜΟΣ είναι το άθροισμα του μήκους που διανύει το όχημα κατά τη διάρκεια του χρόνου αντίληψης – αντίδρασης και του μήκους πέδησης. Το απαιτούμενο ΜΟΣ, είτε λαμβάνεται από το διάγραμμα στο Σχήμα 3.1 σε συνάρτηση με τη λειτουργική ταχύτητα V_{85} και την κατά μήκος κλίση της οδού s , είτε προσδιορίζεται ως εξής:

$$S_h = S_1 + S_2 = V \cdot t_r + \frac{1}{g} \int_0^{V_{85}} \frac{V}{f_T(V) + \frac{s}{100} + \frac{A_d}{m \cdot g}} dV \quad (3.2)$$

όπου:

- $S_h(m)$: ΜΟΣ
- $S_1(m)$: διανυόμενο μήκος κατά τη διάρκεια του χρόνου t_r
- $S_2(m)$: μήκος πέδησης
- $V(m/s)$: ταχύτητα οχήματος
- $t_r(s)$: χρόνος αντίληψης – αντίδρασης οδηγού (λαμβάνεται ως $t_r = 2,0s$)
- $g(m/s^2)$: παγκόσμια σταθερά βαρύτητας ($g = 9,81 m/s^2$)
- $f_T(V)$: συντελεστής τριβής κατά τη διαμήκη διεύθυνση ως συνάρτηση της ταχύτητας, για το ελληνικό οδικό περιβάλλον, ο οποίος λαμβάνεται από τη σχέση $f_T(V) = 0,59 - 4,85 \cdot 10^{-3} \cdot V + 1,51 \cdot 10^{-5} \cdot V^2$
- $s(\%)$: κατά μήκος κλίση της οδού [(+) για ανωφέρεια, (-) για κατωφέρεια]
- $m(kg)$: μάζα οχήματος
- $A_d(N)$: εμπρόσθια (μετωπική) αεραντίσταση ($\frac{A_d}{m \cdot g} = 0,327 \cdot 10^{-4} \cdot (\frac{V}{3,6})^2$)



Σχήμα 3.1: Απαιτούμενο ΜΟΣ S_h σε υγρό οδόστρωμα, σε οδούς των ομάδων Α και Β. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

Από την παραπάνω σχέση, παρατηρείται ότι λαμβάνεται υπόψη η μετωπική επιφάνεια ενός τυπικού επιβατηγού οχήματος, καθώς και η τιμή της μέγιστης επιτρεπόμενης διαμήκου τριβής για την επιλεγείσα ταχύτητα πέδησης. Οι παραπάνω παράμετροι μετά τη λύση της διαφορικής εξίσωσης εμπεριέχονται στην παράμετρο επιβράδυνσης " d " του Πίνακα 3.1. Συνεπώς, η σχέση υπολογισμού του απαιτούμενου ΜΟΣ εκφράζεται ως εξής:

$$S_h = S_1 + S_2 = \frac{V_{85}}{3,6} t_r + \frac{\left(\frac{V_{85}}{3,6}\right)^2}{2(d + g \cdot s)} \quad (3.3)$$

όπου:

- S_h, S_1, S_2, t_r, g, s : ως άνω
- $V_{85} (km/hr)$: λειτουργική ταχύτητα

- $d(m/s^2)$: συντελεστής επιβράδυνσης εξαρτώμενος από την ταχύτητα, η τιμή του οποίου λαμβάνεται από τον Πίνακα 3.1

Πίνακας 3.1: Συντελεστής d υπολογισμού του ΜΟΣ. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

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

Στις **οριζοντιογραφικές καμπύλες**, ιδιαίτερα σε αυτές που έχουν σχεδιαστεί με ελάχιστη τιμή ακτίνας, απαιτείται έλεγχος επάρκειας ΜΟΣ. Αίτια ανεπάρκειας του διατιθέμενου ΜΟΣ ενδέχεται να είναι η απόκρυψη του εμποδίου από την εξωτερική ή εσωτερική πλευρά της οδού π.χ. πρανές ορύγματος, στηθαίο ασφαλείας επιχώματος και η απόκρυψη του εμποδίου από το στηθαίο ασφαλείας σκυροδέματος στην κεντρική νησίδα αυτοκινητόδρομου. Η σχέση μεταξύ της ακτίνας τόξου για δεδομένο πλάτος του ελεύθερου εμποδίων πλευρικού χώρου, που προσφέρει δεδομένο ΜΟΣ στο μέσο της υπό εξέταση λωρίδας κυκλοφορίας (Σχήμα 3.2), ορίζεται από τις ακόλουθες εξισώσεις:

- Εάν το ΜΟΣ είναι μικρότερο ή ίσο του μήκους της καμπύλης:

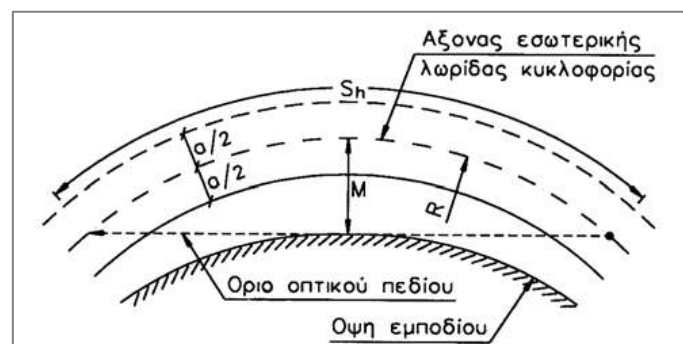
$$S_h = 2\sqrt{2RM - M^2} \quad (3.4)$$

- Εάν το ΜΟΣ είναι μεγαλύτερο του μήκους της καμπύλης:

$$S_h = \frac{4RM}{L} + \frac{L}{2} \quad (3.5)$$

όπου:

- $S_h(m)$: ΜΟΣ
- $R(m)$: η ακτίνα της καμπύλης του άξονα της λωρίδας κυκλοφορίας
- $M(m)$: το πλάτος του ελεύθερου χώρου μετρούμενο από το μέσο της υπό εξέταση λωρίδας κυκλοφορίας
- $L(m)$: το μήκος της καμπύλης μετρούμενο στον άξονα της υπό εξέταση λωρίδας κυκλοφορίας



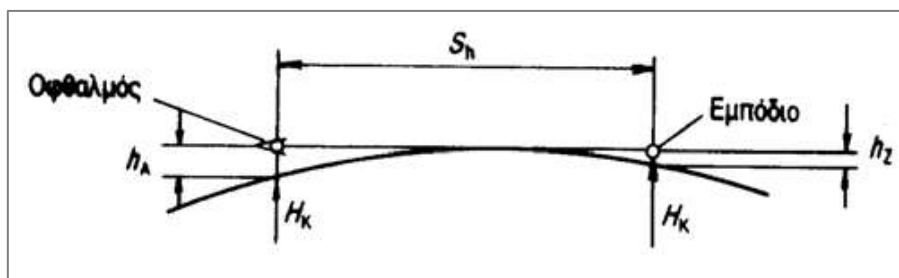
Σχήμα 3.2: Στοιχεία ελέγχου ορατότητας από τον πλευρικό ελεύθερο οπτικών εμποδίων χώρο. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

Σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Χ, ιδιαίτερη σημασία για τα κυρτώματα έχει η ορατότητα. Επομένως, **οι κυρτές καμπύλες μηκοτομής θα πρέπει να σχεδιάζονται με μια ελάχιστη ακτίνα, έτσι ώστε να παρέχεται τουλάχιστον το απαιτούμενο ΜΟΣ**. Μεταξύ της ελάχιστης ακτίνας της κυρτής καμπύλης μηκοτομής, του απαιτούμενου ΜΟΣ, του ύψους οφθαλμών του οδηγού και του ύψους του εμποδίου ισχύει η ακόλουθη σχέση (Σχήμα 3.3):

$$\min H_k = \frac{S_h^2}{2(\sqrt{h_A} + \sqrt{h_Z})^2} \quad (3.6)$$

όπου:

- $\min H_k(m)$: ελάχιστη ακτίνα κυρτής καμπύλης μηκοτομής
- $S_h(m)$: απαιτούμενο ΜΟΣ
- $h_A(m)$: ύψος οφθαλμού οδηγού
- $h_Z(m)$: ύψος εμποδίου

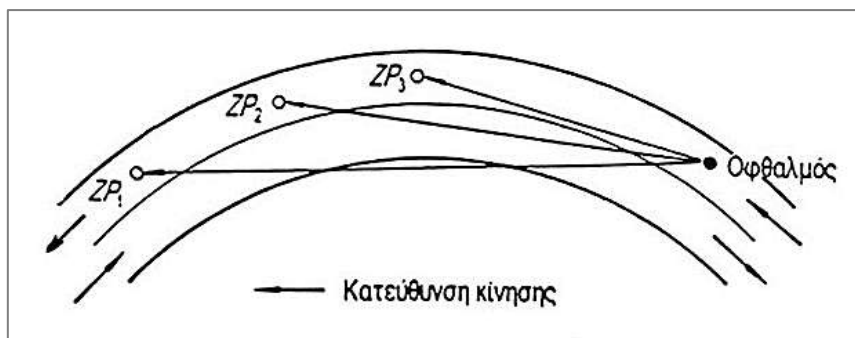


Σχήμα 3.3: Σχέση μεταξύ ελάχιστης ακτίνας κυρτής καμπύλης μηκοτομής και ΜΟΣ.
(ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

Επιπλέον, δίνονται οι ελάχιστες τιμές των ακτίνων των κοίλων καμπυλών μηκοτομής έτσι ώστε να παρέχεται επαρκής ορατότητα σε περιπτώσεις ύπαρξης άνω διαβάσεων, καθώς και κατά τη νυκτερινή οδήγηση.

Το **διατιθέμενο ΜΟΣ** υπολογίζεται σε σχέση με την οριζοντιογραφία, και τον περιβάλλοντα χώρο της οδού. Κατά τον προσδιορισμό του μήκους ορατότητας λαμβάνονται υπόψη όλα τα αντικείμενα που υπεισέρχονται στον οδικό και στον παρόδιο χώρο, όπως πινακίδες κυκλοφορίας κ.λπ., καθώς και οι υφιστάμενες και οι προβλεπόμενες φυτεύσεις. Ο προσδιορισμός πραγματοποιείται χωριστά για κάθε κατεύθυνση κυκλοφορίας.

Το ΜΟΣ περιγράφεται με τη βοήθεια μιας ακτίνας παρατήρησης, μεταξύ της θέσης του οφθαλμού και της θέσης του εμποδίου, όπως αναπαρίσταται στο Σχήμα 3.4. Ο οφθαλμός του οδηγού και το εμπόδιο θεωρείται ότι βρίσκονται στον άξονα της υπό εξέταση λωρίδας κυκλοφορίας.



Σχήμα 3.4: Θέση του οφθαλμού και του εμποδίου ZP για τον προσδιορισμό του ΜΟΣ. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

Το **ύψος οφθαλμού του οδηγού** θεωρείται πάντοτε ίσο με $h_A = 1,06m$ (οδήγηση σε τυπικό επιβατηγό όχημα). Όσον αφορά στο **ύψος του εμποδίου**, είναι μεταβλητό συναρτήσει της λειτουργικής ταχύτητας, με τιμές οι οποίες δίνονται στον Πίνακα 3.2. Ο λόγος για τον οποίο το ύψος εμποδίου μεταβάλλεται, είναι, σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Χ, ότι τα εμπόδια που είναι αρκετά μεγάλου μεγέθους, ώστε να μην είναι δυνατή η διέλευση των οχημάτων πάνω από αυτά, εντούτοις είναι δυνατόν να είναι πολύ μικρά για να αναγνωρίζονται έγκαιρα από τους οδηγούς που κινούνται με τη λειτουργική ταχύτητα. Επομένως, δεν μπορεί να προσδιοριστεί ένα εμπόδιο με συγκεκριμένες διαστάσεις για τον υπολογισμό του ΜΟΣ. Γι' αυτόν τον λόγο, ορίζεται ως ύψος εμποδίου το ύψος που προκύπτει με σταθερή οπτική γωνία 5 πρώτα λεπτά της μοίρας για την εκάστοτε λειτουργική ταχύτητα.

Πίνακας 3.2: Βασικές τιμές μεγεθών για τον προσδιορισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

Τύπος ορατότητας	Οφθαλμός		Θέση εμποδίου	V_{85} [km/h]	Ύψος εμποδίου h_Z [m]
1	2	3	4	5	6
Ορατότητα για στάση	στον άξονα της δικής του λωρίδας κυκλοφορίας	1,06	στον άξονα της δικής του λωρίδας κυκλοφορίας	40	0,05
				50	0,07
				60	0,10
				70	0,13
				80	0,16
				90	0,20
				100	0,25
				110	0,30
				120	0,35
				130	0,42
				140	0,49

Πάντως, γενικά υπάρχει σήμερα η τάση αναθεώρησης του ύψους εμποδίου στην τιμή των 0,50m ή ακόμα και 1,00m (RAL-R1, 2012).

Η **διερεύνηση επάρκειας ορατότητας** πραγματοποιείται με σύνταξη διαγραμμάτων ορατότητας χωριστά για κάθε κατεύθυνση κυκλοφορίας, όπου απεικονίζεται το

διατιθέμενο και το απαιτούμενο ΜΟΣ κατά μήκος της οδού, και σύγκριση μεταξύ τους. Το ΜΟΣ πρέπει να διατίθεται σε όλο το μήκος της οδού και σε όλες τις κατηγορίες οδών. Η μεταβολή (αύξηση ή μείωση) του διατιθέμενου ΜΟΣ πρέπει να παρουσιάζει μια συνέχεια, δηλαδή να γίνεται σταδιακά και όχι αιφνίδια.

Όταν συνεχώς το πεδίο ορατότητας του οδηγού περιορίζεται στις ελάχιστες τιμές της ορατότητας στάσης, τότε ο οδηγός βρίσκεται σε διαρκή ένταση, που προκαλεί κόπωση. Γι' αυτόν τον λόγο επιβάλλεται **να εξασφαλίζονται συνολικά στο 70% της οδού, μήκη ορατότητας κατά 1,3 φορές μεγαλύτερα από τα ελάχιστα απαιτούμενα**. Επίσης, συνιστάται οι ελάχιστες τιμές να μην χρησιμοποιούνται σε περιοχές κόμβων.

Τέλος, τονίζεται ότι **σε όλο το μήκος της οδού πρέπει να εξασφαλίζεται η επαρκής ορατότητα και εποπτεία σύμφωνα με τα δεδομένα της τρισδιάστατης χάραξης της οδού**, χωρίς ωστόσο να αναφέρεται ο τρόπος ελέγχου του συνδυασμένου αποτελέσματος της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής στον χώρο.

3.3 ΓΕΡΜΑΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΔΩΝ

Σύμφωνα με τις Γερμανικές οδηγίες για τον γεωμετρικό σχεδιασμό των οδών (RAL-R1, 2012), καθώς και τις Γερμανικές οδηγίες για τον σχεδιασμό των αυτοκινητόδρομων (RAA-R1, 2008), οι αρχές οδικής ασφάλειας απαιτούν την ύπαρξη του απαιτούμενου ΜΟΣ, ώστε να παρέχεται στον χρήστη η δυνατότητα έγκαιρης ακινητοποίησης του οχήματός του πριν από εμπόδιο. Το απαιτούμενο ΜΟΣ σε σχέση με το διατιθέμενο ΜΟΣ αποτελεί το καθοριστικό κριτήριο αξιολόγησης των συνθηκών ορατότητας των οδών, διαχωρισμένης και ενιαίας επιφάνειας κυκλοφορίας.

Ως **απαιτούμενο ΜΟΣ** ορίζεται η απόσταση την οποία χρειάζεται ένας οδηγός για να ακινητοποιήσει το όχημά του με ασφάλεια, πριν από ένα αιφνίδιο εμπόδιο, σε υγρό οδόστρωμα. Προκύπτει ως άθροισμα του μήκους που διανύει το όχημα κατά τη διάρκεια του χρόνου αντίληψης – αντίδρασης και του μήκους που διανύει κατά τη διάρκεια της πέδησης. Το απαιτούμενο ΜΟΣ ποικίλλει ανάλογα με την ταχύτητα και την κατά μήκος κλίση και υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$S_h = S_1 + S_2 = \frac{V}{3,6} t_r + \frac{\left(\frac{V}{3,6}\right)^2}{2g \left(f_T + \frac{s}{100\%}\right)} = \frac{V}{3,6} t_r + \frac{\left(\frac{V}{3,6}\right)^2}{2 \left(a + g \frac{s}{100\%}\right)} \quad (3.7)$$

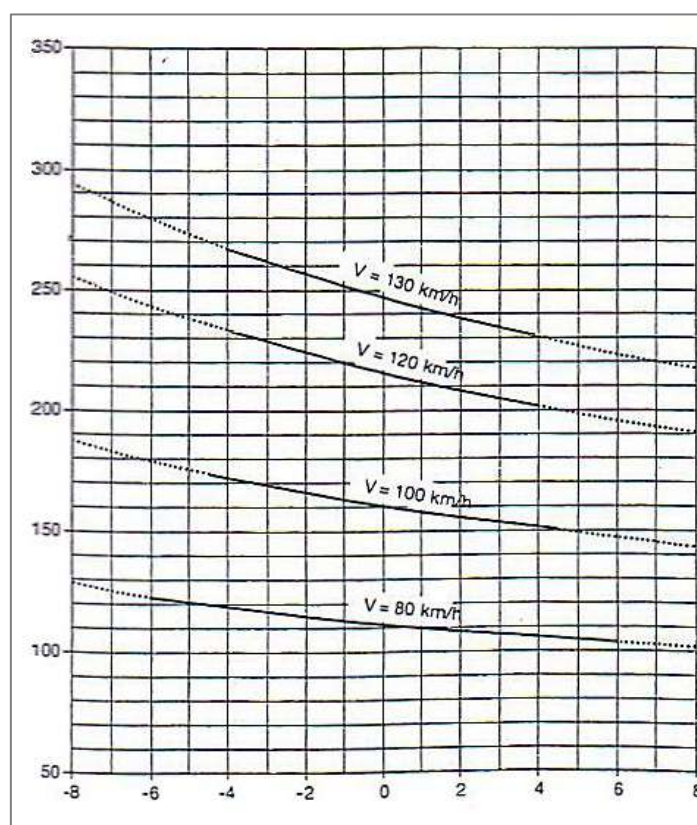
όπου:

- $S_h(m)$: ΜΟΣ
- $S_1(m)$: διανυθείσα διαδρομή κατά τον χρόνο αντίληψης – αντίδρασης
- $S_2(m)$: μήκος πέδησης
- $V(km/h)$: ταχύτητα
- $t_r(s)$: χρόνος αντίληψης – αντίδρασης (λαμβάνεται ως $t_r = 2,0s$)
- $s(\%)$: κατά μήκος κλίση
- $g(m/s^2)$: επιτάχυνση της βαρύτητας ($g = 9,81 m/s^2$)
- $a(m/s^2)$: μεταβιβαζόμενη καθυστέρηση πέδησης (πέδηση χωρίς ABS, μέση επιβράδυνση πέδησης $a = 3,7 m/s^2$)
- f_T : συντελεστής εφαιπτομενικής τριβής, με $f_T = a/g$

Στον Πίνακα 3.3 δίνεται το απαιτούμενο ΜΟΣ για διάφορες τιμές της ταχύτητας του οχήματος και της κατά μήκος κλίσης της οδού. Το απαιτούμενο ΜΟΣ μπορεί επίσης να προσδιοριστεί συναρτήσει της ταχύτητας του οχήματος και της κατά μήκος κλίσης της οδού από το διάγραμμα του Σχήματος 3.5.

Πίνακας 3.3: Απαιτούμενο ΜΟΣ συναρτήσει της κατά μήκος κλίσης της οδού και της ταχύτητας.
(RAA-R1, 2008)

$s[\%]$ $V[\text{km/h}]$	- 5,0	- 4,0	- 3,0	- 2,0	- 1,0	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
30	27	27	27	27	26	26	26	26	25	25	25
40	41	41	40	40	39	39	38	38	38	37	37
50	58	57	56	55	55	54	53	53	52	51	51
60	77	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66
70	98	96	94	93	91	90	89	87	86	85	84
80	121	119	117	115	113	111	109	108	106	105	103
90	147	144	142	139	137	134	132	130	128	126	125
100	176	172	169	166	163	160	157	155	152	150	148
110	207	202	198	194	191	187	184	181	178	175	173
120	240	235	230	225	221	217	213	209	206	202	199
130	275	269	264	258	253	248	244	240	235	232	228



Σχήμα 3.5: Απαιτούμενο ΜΟΣ συναρτήσει της κατά μήκος κλίσης της οδού και της ταχύτητας. (RAA-R1, 2008)

Στους αυτοκινητόδρομους όπου δεν καθορίζεται κατά τη μελέτη δεσμευτικός περιορισμός της επιτρεπόμενης ταχύτητας, θα πρέπει να τηρείται το απαιτούμενο ΜΟΣ για ταχύτητα αναφοράς $V = 130 \text{ km/h}$ (RAA-R1, 2008).

Για λόγους ασφάλειας της κυκλοφορίας σε κυρτές καμπύλες μηκοτομής (ούτως ώστε ένα ακινητοποιημένο όχημα να γίνεται αντιληπτό όσο το δυνατόν πιο έγκαιρα), οι

κυρτές καμπύλες μηκοτομής θα πρέπει να σχεδιάζονται με μια ελάχιστη ακτίνα. Μεταξύ της ελάχιστης ακτίνας της κυρτής καμπύλης μηκοτομής, του απαιτούμενου ΜΟΣ, του ύψους οφθαλμών του οδηγού και του ύψους του εμποδίου ισχύει η ακόλουθη σχέση:

$$\min H_k = \frac{S_h^2}{2(\sqrt{h_A} + \sqrt{h_Z})^2} \quad (3.8)$$

όπου:

- $\min H_k(m)$: ελάχιστη ακτίνα κυρτής καμπύλης μηκοτομής
- $S_h(m)$: απαιτούμενο ΜΟΣ
- $h_A(m)$: ύψος οφθαλμού οδηγού ($h_A = 1,0m$)
- $h_Z(m)$: ύψος εμποδίου [$h_Z = 0,5m$ (RAA-R1, 2008), $h_Z = 1,0m$ (RAL-R1, 2012)]

Ωστόσο, **επισημαίνεται ότι οι ελάχιστες αποδεκτές τιμές της ακτίνας των κυρτών καμπυλών μηκοτομής που προκύπτουν, διασφαλίζουν την ορατότητα μόνο σε περιπτώσεις οριζοντιογραφικής ευθυγραμμίας.** Σε περιπτώσεις όπου συνυπάρχουν οριζοντιογραφική καμπύλη και κύρτωμα, τονίζεται ότι είναι απαραίτητος ο έλεγχος της ορατότητας στις τρεις διαστάσεις, χωρίς όμως να αναφέρεται συγκεκριμένη μέθοδος. Ίσως για τον λόγο αυτό οι τιμές κυρτών καμπυλών που υιοθετούνται είναι πιο αυξημένες από τις αντίστοιχες ελάχιστες τιμές της παραπάνω σχέσης.

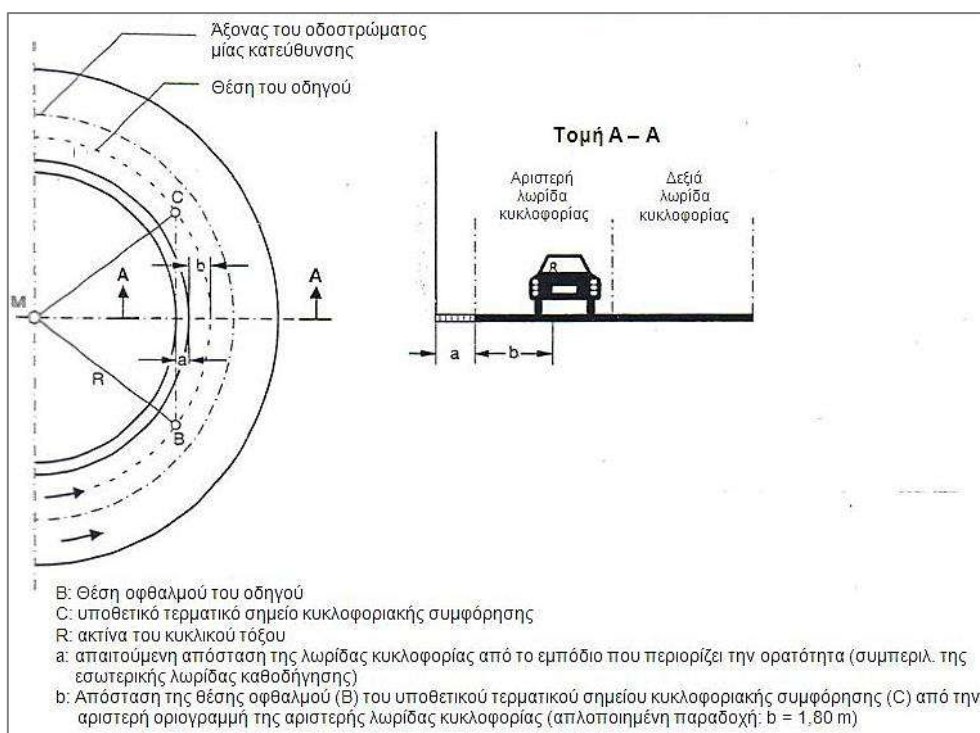
Όσον αφορά στη μελέτη ορατότητας στους αυτοκινητόδρομους και ιδιαίτερα στις αριστερόστροφες καμπύλες όπου υφίσταται στηθαίο διαχωρισμού του οδοστρώματος, το ύψος οφθαλμού και του εμποδίου θεωρείται ίσο με 1,0m, προκειμένου ο οδηγός του οχήματος που έπεται να δύναται να αναγνωρίσει ακινητοποιημένο ή βραδυπορούμενο όχημα που προηγείται λόγω κυκλοφοριακής συμφόρησης. Οι νέες Γερμανικές οδηγίες σχεδιασμού οδών (RAL-R1, 2012), υιοθετούν ύψος εμποδίου 1,0m σε κάθε υπολογισμό ορατότητας.

Το **διατιθέμενο ΜΟΣ** προκύπτει από τη χάραξη κατά την οριζοντιογραφία καθώς και τον περιβάλλοντα χώρο της οδού. Περιγράφεται με τη βοήθεια μιας οπτικής ακτίνας παρατήρησης μεταξύ της θέσης του οφθαλμού και της θέσης του αντικειμένου.

Η θέση οφθαλμού και η θέση αντικειμένου βρίσκονται στον άξονα της λωρίδας κυκλοφορίας που κινείται το όχημα του παρατηρητή. Στους αυτοκινητοδρόμους, στις αριστερές στροφές, η θέση οφθαλμού καθώς και η θέση αντικειμένου βρίσκονται στην τελευταία προς τα αριστερά λωρίδα κυκλοφορίας (λωρίδα προσπέρασης) του οδοστρώματος της μίας κατεύθυνσης κυκλοφορίας, ενώ στις δεξιές στροφές οι αντίστοιχες θέσεις οφθαλμού και αντικειμένου βρίσκονται στην τελευταία προς τα δεξιά λωρίδα κυκλοφορίας.

Όσον αφορά στο ύψος του διαχωριστικού στηθαίου ασφαλείας από σκυρόδεμα (τύπου Jersey), λαμβάνεται η τιμή 0,90m (0,80m κατασκευαστικό ύψος + 0,10m περιθώριο ασφάλειας λόγω φύτευσης κ.λπ.).

Στο Σχήμα 3.6 απεικονίζεται ένα γεωμετρικό μοντέλο για τον προσδιορισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ σε αριστερές καμπύλες, με την παραδοχή, ότι η απόσταση της θέσης οφθαλμού από την οριογραμμή της αριστερής λωρίδας κυκλοφορίας είναι 1,80m, έτσι ώστε να ληφθούν επαρκώς υπόψη τα διάφορα πλάτη λωρίδων (RAA-R1, 2008).



Σχήμα 3.6: Γεωμετρικό μοντέλο για τον προσδιορισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ σε αριστερές καμπύλες αυτοκινητοδρόμων, με διαχωρισμένη επιφάνεια κυκλοφορίας. (RAA-R1, 2008)

Η **διερεύνηση επάρκειας ΜΟΣ** πραγματοποιείται μέσω της συσχέτισης του διατιθέμενου ΜΟΣ με το απαιτούμενο ΜΟΣ σε όλο το μήκος της οδού, ώστε να διαπιστωθεί η επάρκειά του (RAA-R1, 2008). Το απαιτούμενο ΜΟΣ είναι σταθερό για μεγάλα μήκη της οδού. Εάν μεταβάλλεται, θα πρέπει η μεταβολή αυτή να γίνεται ομαλά. Επίσης, συνίσταται η μεταβολή του διατιθέμενου ΜΟΣ να είναι αρμονική και προσαρμοσμένη στις επικρατούσες συνθήκες της οδού.

Τέλος, τονίζεται ότι λόγω της μελέτης της οδού σε τρεις διακριτές φάσεις (οριζοντιογραφία, μηκοτομή και διατομή), η τελική της μορφή στον χώρο δεν είναι εύκολα αντιληπτή πάντοτε. Συνεπώς, είναι **απαραίτητη η διενέργεια τρισδιάστατης ανάλυσης** μέσω προοπτικών εικόνων κατά μήκος της οδού. Ωστόσο, ο έλεγχος της χάραξης κατ' αυτόν τον τρόπο είναι μόνο ποιοτικός. Επιπλέον, δίνονται κάποιες συστάσεις σχετικά με την **αλληλουχία των γεωμετρικών στοιχείων της οδού** και το αναμενόμενο τρισδιάστατο αποτέλεσμα της χάραξης (βλ. 3.6 Χάραξη της οδού στον χώρο).

3.4 ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΔΩΝ

Σύμφωνα με τις **Αμερικανικές οδηγίες για τον γεωμετρικό σχεδιασμό των οδών, (AASHTO, 2011)**, για λόγους οδικής ασφάλειας κατά τον σχεδιασμό των οδών, πρέπει να εξασφαλίζεται η παροχή επαρκούς μήκους ορατότητας, ούτως ώστε ο οδηγός να μπορεί να ακινητοποιήσει το όχημά του, αποφεύγοντας την πρόσκρουση σε τυχόν απρόβλεπτο εμπόδιο, εντός της πορείας της οδού.

Το **απαιτούμενο ΜΟΣ** είναι το άθροισμα του διανυόμενου μήκους κατά την διάρκεια του χρόνου αντίληψης – αντίδρασης και του διανυόμενου μήκους κατά την διάρκεια της πέδησης. Το απαιτούμενο ΜΟΣ εξαρτάται από την ταχύτητα και από την κατά μήκος κλίση της οδού.

Ως **χρόνος αντίληψης – αντίδρασης** ορίζεται το χρονικό διάστημα μεταξύ της στιγμής κατά την οποία ο οδηγός αντιλαμβάνεται την ύπαρξη εμποδίου, εντός της πορείας της οδού, και της στιγμής της εφαρμογής της πέδησης από αυτόν. Ο χρόνος αντίληψης – αντίδρασης του χρήστη μεταβάλλεται ανάλογα με την απόστασή του από το εμπόδιο, την ικανότητα της όρασής του, την εγρήγορση των αντιδράσεών του, τις επικρατούσες καιρικές και ατμοσφαιρικές συνθήκες, καθώς και τη φύση του εμποδίου. Επίσης, ο χρόνος αντίδρασης του χρήστη επηρεάζεται από την ταχύτητα κίνησης του οχήματος και την πυκνότητα των πληροφοριών του οδικού περιβάλλοντος. Επομένως, εμφανίζεται ευρεία διαφοροποίηση της τιμής του χρόνου αντίληψης – αντίδρασης στους χρήστες της οδού. Η υιοθετούμενη τιμή του χρόνου αντίληψης – αντίδρασης για τον υπολογισμό του απαιτούμενου ΜΟΣ πρέπει να υπερβαίνει τον πραγματικό χρόνο αντίληψης – αντίδρασης της πλειοψηφίας των χρηστών της οδού, για την πλειονότητα των επικρατουσών οδικών συνθηκών. Η υιοθετούμενη τιμή των 2,5s ως χρόνου αντίληψης – αντίδρασης υπερβαίνει το 90% του χρόνου αντίληψης – αντίδρασης όλων των οδηγών, συμπεριλαμβανομένων και των ηλικιωμένων.

Το μήκος **πέδησης** ορίζεται μεταξύ της στιγμής έναρξης της εφαρμογής της πέδησης από τον χρήστη και της στιγμής ακινητοποίησης του οχήματός του. Διαπιστώθηκε ότι το 90% όλων των οδηγών επιβραδύνει με ρυθμό μεγαλύτερο των $3,4\text{m/s}^2$, διατηρώντας τον έλεγχο του οχήματός τους εντός της πορείας της οδού, σε βρεγμένο οδόστρωμα. Έτσι, για τον υπολογισμό του απαιτούμενου ΜΟΣ, υιοθετήθηκε η παραδοχή ότι η επιβράδυνση του οχήματος κατά την πέδηση είναι ίση με $3,4\text{ m/s}^2$.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το απαιτούμενο ΜΟΣ δίνεται από τη σχέση:

$$d = d_1 + d_2 = 0,278Vt + \frac{V^2}{254 \left(\frac{a}{9,81} \pm G \right)} \quad (3.9)$$

όπου:

- $d(m)$: απαιτούμενο ΜΟΣ

- $d_1(m)$: διανυόμενο μήκος κατά τη διάρκεια του χρόνου αντίληψης – αντίδρασης
- $d_2(m)$: μήκος πέδησης
- $V(km/h)$: ταχύτητα σχεδιασμού
- $t(s)$: χρόνος αντίληψης – αντίδρασης οδηγού (λαμβάνεται ως $t_r = 2,5s$)
- $a(m/s^2)$: επιβράδυνση οχήματος (λαμβάνεται ως $a = 3,4 m/s^2$)
- $G(\%/100)$: κατά μήκος κλίση οδού

Βάσει των παραπάνω, το απαιτούμενο ΜΟΣ δίνεται στον Πίνακα 3.4, ενώ αν συμπεριληφθεί και η επιρροή της κατά μήκος κλίσης του άξονα, το απαιτούμενο ΜΟΣ δίνεται στον Πίνακα 3.5.

Πίνακας 3.4: ΜΟΣ για διάφορες ταχύτητες μελέτης ($s=0\%$).
(AASHTO, 2011)

Design speed (km/h)	Brake reaction distance (m)	Braking distance on level (m)	Stopping sight distance	
			Calculated (m)	Design (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83.0	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129.0	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	83.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

Πίνακας 3.5: ΜΟΣ για διάφορες τιμές ταχύτητας, με την επιρροή της κατά μήκος κλίσης. (AASHTO, 2011)

Design speed (km/h)	Stopping sight distance (m)					
	Downgrades			Upgrades		
	3 %	6 %	9 %	3 %	6 %	9 %
20	20	20	20	19	18	18
30	32	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	263	281	304	234	223	214
130	302	323	350	267	254	243

Ο υπολογισμός του απαιτούμενου ΜΟΣ βασίζεται στη λειτουργία επιβατικού οχήματος, καθώς τα διάφορα μεγέθη που χρησιμοποιήθηκαν εκτιμώνται βάσει των διαστάσεων ενός τέτοιου τύπου οχήματος. Στην περίπτωση των **φορτηγών**

οχημάτων, και ιδιαίτερα αυτών με βαρύ φορτίο (π.χ. τριαξονικά φορτηγά οχήματα), το απαιτούμενο ΜΟΣ λαμβάνει μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με αυτές των επιβατηγών οχημάτων για τις ίδιες ταχύτητες κίνησης, εξαιτίας της περιορισμένης δυνατότητας επιβράδυνσης, αλλά αντισταθμίζεται, τουλάχιστον θεωρητικά, από το μεγαλύτερο διατιθέμενο ΜΟΣ που διαθέτει ο οδηγός φορτηγού σε σχέση με τον οδηγό ΙΧ οχήματος, εξαιτίας του μεγαλύτερου ύψους οφθαλμού. Με βάση αυτήν τη θεώρηση, δεν πραγματοποιείται διαφορετικός έλεγχος ορατότητων μεταξύ επιβατηγών και φορτηγών οχημάτων.

Ωστόσο, σε περιπτώσεις όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν περιορίζεται εξαιτίας της υψομετρικής – γεωμετρικής διαμόρφωσης της μηκοτομής, αλλά εξαιτίας των πρηνών ορυγμάτων, το μεγαλύτερο ύψος οφθαλμού του οδηγού του φορτηγού οχήματος δεν επηρεάζει ή επηρεάζει ελάχιστα το διατιθέμενο ΜΟΣ. Έτσι, σε περιπτώσεις οριζοντιογραφικών καμπύλων, στο πέρας μεγάλων ευθυγραμμιών, έντονης κατηφορικής κλίσης, όπου τα φορτηγά οχήματα ίσως αναπτύσσουν υψηλές ταχύτητες και όπου το αίτιο περιορισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ είναι το πρηνές ορύγματος, ενδέχεται το διατιθέμενο ΜΟΣ να μην επαρκεί σε σχέση με το απαιτούμενο ΜΟΣ για φορτηγά οχήματα. Στις περιπτώσεις αυτές, παρόλο που ο μέσος οδηγός φορτηγού οχήματος θεωρείται περισσότερο έμπειρος από τον μέσο οδηγό ιδιωτικού επιβατικού οχήματος, για τον υπολογισμό του απαιτούμενου ΜΟΣ πρέπει να λαμβάνονται τιμές μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του Πίνακα 3.5.

Το ΜΟΣ επαρκεί ώστε ο χρήστης να ακινητοποιήσει άμεσα το όχημά του κάτω από συνήθεις καταστάσεις. Η απόσταση αυτή είναι ανεπαρκής στις περιπτώσεις που ο χρήστης πρέπει να λάβει στιγμιαία σύνθετες αποφάσεις, ή η κατανόηση της οδικής πληροφορίας είναι δύσκολη ή όταν απαιτείται από τον χρήστη μη προσδοκώμενη και ασυνήθιστη αλλαγή της πορείας του οχήματός του.

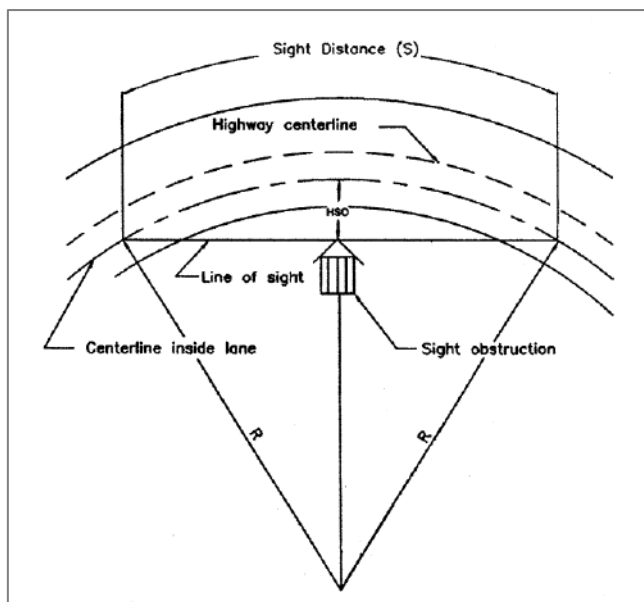
Σε οριζοντιογραφικές καμπύλες, το ΜΟΣ περιγράφεται με τη βοήθεια μιας οπτικής ακτίνας (γραμμής) και μετράται κατά μήκος του άξονα της εσωτερικής λωρίδας κυκλοφορίας, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 3.7. Προκειμένου να εξασφαλισθεί το ελάχιστο μήκος ορατότητας, θα πρέπει να ισχύει η εξής σχέση:

$$HSO = R \cdot \left(1 - \cos \frac{28,65S}{R}\right) \quad (3.10)$$

όπου:

- $HSO(m)$: απόσταση άξονα λωρίδας κυκλοφορίας και πλευρικού εμποδίου
- $R(m)$: ακτίνα της οριζόντιας καμπύλης
- $S(m)$: ΜΟΣ

Ωστόσο, η συγκεκριμένη σχέση είναι ακριβής μόνο σε περίπτωση όπου το όχημα και το εμπόδιο βρίσκονται ταυτόχρονα εντός της καμπύλης. Σε περίπτωση που είτε το όχημα, είτε το εμπόδιο βρίσκεται εκτός της καμπύλης, οι τιμές της παραπάνω σχέσης είναι προσεγγιστικές και προτείνεται η χρήση γραφικών ή υπολογιστικών μεθόδων, χωρίς ωστόσο να διευκρινίζεται το ποιες είναι αυτές.



Σχήμα 3.7: Στοιχεία για τον προσδιορισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ σε καμπύλες οριζοντιογραφίας. (AASHTO, 2011)

Το μήκος ορατότητας καθορίζει το μήκος των **κυρτών καμπυλών μηκοτομής**. Για τον προσδιορισμό του μήκους μιας κυρτής καμπύλης μηκοτομής, ώστε να υπάρχει το απαιτούμενο ΜΟΣ, ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις (Σχήμα 3.8):

- Εάν το μήκος ορατότητας είναι μικρότερο του μήκους της καμπύλης:

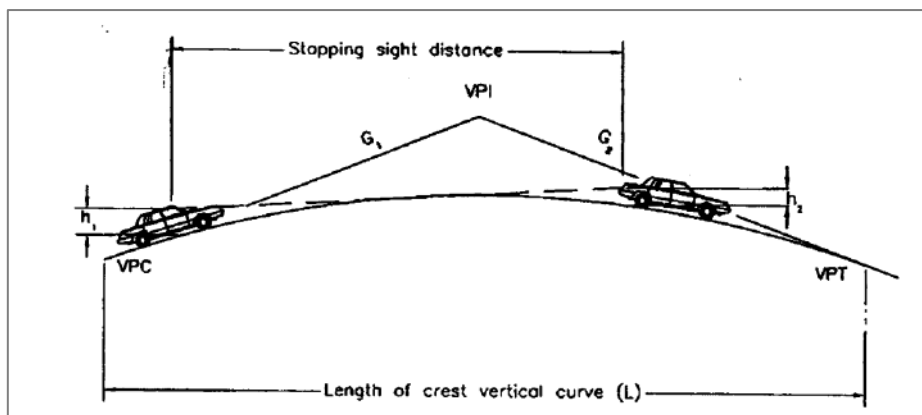
$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2} \quad (3.11)$$

- Εάν το μήκος ορατότητας είναι μεγαλύτερο του μήκους της καμπύλης:

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A} \quad (3.12)$$

όπου:

- $L(m)$: μήκος της καμπύλης (μετράται κατά την οριζόντια διεύθυνση)
- $S(m)$: ΜΟΣ
- $A(\%)$: αλγεβρική διαφορά κατά μήκος κλίσεων
- $h_1(m)$: ύψος οφθαλμού οδηγού
- $h_2(m)$: ύψος εμποδίου



Σχήμα 3.8: Παράμετροι για τον υπολογισμό του μήκους κυρτής καμπύλης μηκοτομής ώστε να παρέχεται επάρκεια ΜΟΣ. (AASHTO, 2011)

Το ΜΟΣ ως προς τη μηκοτομή, εξαρτάται από το ύψος οφθαλμών του οδηγού από την επιφάνεια κυκλοφορίας, το ύψος του αντικειμένου – εμποδίου επί της οδού, καθώς και το ύψος και τη θέση των διαμορφώσεων της διατομής της οδού (π.χ. πρανές ορύγματος, στηθαία ασφαλείας, επιφάνεια κυκλοφορίας) που βρίσκονται εντός του οπτικού πεδίου του οδηγού. Για τον υπολογισμό του, για επιβατικά αυτοκίνητα λαμβάνεται ύψος οφθαλμού ίσο με 1,08m (προκύπτει από το ύψος ενός τυπικού οχήματος), ενώ για φορτηγά οχήματα λαμβάνεται ύψος οφθαλμού ίσο με 2,33m ως προς την επιφάνεια κυκλοφορίας.

Για τον υπολογισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ, χρησιμοποιείται εμπόδιο ύψους 0,60m το οποίο αντιστοιχεί στο ύψος των οπίσθιων φανών στάσης του οχήματος, ώστε ο χρήστης του οχήματος που έπεται να αναγνωρίσει έγκαιρα την αναγκαιότητα στάσης του προπορευόμενου οχήματος χωρίς να συγκρουστεί με αυτό. Η υιοθέτηση τιμής ύψους εμποδίου μικρότερης των 0,60m, θα είχε δυσμενείς συνέπειες ως προς το κατασκευαστικό κόστος της οδού, εξαιτίας των πρόσθετων εκσκαφών που θα απαιτούσε η κατασκευή μεγαλύτερου μήκους, άρα και καμπυλότητας, κυρτών καμπύλων στη μηκοτομή, χωρίς ορισμένο καταγεγραμμένο όφελος ως προς την ασφάλεια.

Αντίθετα, στις κοίλες κατακόρυφες καμπύλες το μήκος ορατότητας περιορίζεται κατά τη νυκτερινή οδήγηση, όπου ορατό περιβάλλον είναι αυτό που ορίζεται από τη γωνία πρόσπτωσης των εμπρόσθιων προβολέων του οχήματος, καθώς και από την ύπαρξη άνω διαβάσεων όπου πιθανόν το οπτικό πεδίο του οδηγού να εμποδίζεται από τον φορέα του τεχνικού. Στις ευθυγραμμίες, το διατιθέμενο ΜΟΣ του οδηγού περιορίζεται από την επιφάνεια κυκλοφορίας, σε περίπτωση κυρτής καμπύλης στη μηκοτομή.

Ο έλεγχος επάρκειας ΜΟΣ πραγματοποιείται με τον προσδιορισμό γραφικά του διατιθέμενου ΜΟΣ και τη σύγκρισή του με το αντίστοιχο απαιτούμενο ΜΟΣ κατά μήκος της οδού. Ο έλεγχος επάρκειας ΜΟΣ γίνεται ξεχωριστά στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή της οδού, και σε κάθε θέση λαμβάνεται ως διαθέσιμο ΜΟΣ η μικρότερη εκ των δύο τιμών που προσδιορίζονται. Σε περιπτώσεις ανεπάρκειας του

ΜΟΣ προτείνεται η τροποποίηση των στοιχείων της χάραξης, και συγκεκριμένα ο υπολογισμός της ακτίνας της οριζόντιας καμπύλης ή την απόσταση των πλευρικών εμποδίων από τον άξονα της οδού, ή ο προσδιορισμός του ελάχιστου αποδεκτού μήκους της καμπύλης της μηκοτομής, προκειμένου να υπάρχει το ελάχιστο ΜΟΣ. Ωστόσο, δεν προσδιορίζεται με ακρίβεια η διαδικασία της προτεινόμενης μεθόδου και επιπλέον η ανεξάρτητη αντιμετώπιση οριζοντιογραφίας και μηκοτομής δεν λαμβάνει υπόψη την τρισδιάστατη χάραξη της οδού, οδηγώντας ενδεχομένως σε εσφαλμένη εκτίμηση του ΜΟΣ.

Τέλος, στις Αμερικανικές Οδηγίες σχεδιασμού οδών τονίζεται η ανάγκη της ενιαίας αντιμετώπισης της χάραξης στις τρεις διαστάσεις για την εξασφάλιση επάρκειας στην ορατότητα, δεδομένου ότι τυχόν αλλαγές στην οριζοντιογραφία της οδού επηρεάζουν τη μηκοτομή και το αντίστροφο. Οπότε παρατίθεται μια σειρά κριτηρίων και ποιοτικών συστάσεων σχετικά με τη χάραξη της οδού στον χώρο (βλ. 3.6 Χάραξη της οδού στον χώρο).

3.5 ΑΥΣΤΡΑΛΙΑΝΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΔΩΝ

Στις **Αυστραλιανές οδηγίες για τον γεωμετρικό σχεδιασμό οδών, (Austroads, 2009)**, απαιτείται η επάρκεια ορατότητας κατά τη διερεύνηση της παρεχόμενης ασφάλειας.

Για τον υπολογισμό του ΜΟΣ στον σχεδιασμό των οδών, υιοθετούνται τιμές ως προς το ύψος οφθαλμού του οδηγού, το ύψος εμποδίου, το χρόνο αντίληψης – αντίδρασης του οδηγού και τη δυνατότητα επιβράδυνσης του οχήματος. Οι υπόψη τιμές διαφοροποιούνται ως προς το είδος του εμποδίου, το είδος του οχήματος και τις επικρατούσες συνθήκες επί της οδού.

Η τιμή **του ύψους οφθαλμού** του οδηγού βασίζεται στον συνδυασμό του ύψους του αναστήματος του οδηγού καθώς και του ύψους οδήγησης. Για τον γεωμετρικό σχεδιασμό οδών, σύμφωνα με τον υφιστάμενο στόλο οχημάτων, λαμβάνεται ύψος οφθαλμού ίσο με 1,1m.

Η τιμή σχεδιασμού του **ύψους του εμποδίου** μεταβάλλεται ανάλογα με το είδος του εμποδίου, το υπό εξέταση οδικό τμήμα, τις διαμορφώσεις του παρόδιου χώρου κ.λπ.. Έτσι, ως εμπόδιο λαμβάνεται σταθερό αντικείμενο επί της επιφάνειας της οδού, ύψους 0,2m, που αντιπροσωπεύει επικίνδυνο εμπόδιο το οποίο το όχημα δεν δύναται να υπερβεί και επομένως απαιτείται η πλήρης ακινητοποίησή του. Στις περιπτώσεις κόμβων, μεταβολής του πλάτους των λωρίδων κυκλοφορίας της οδού κ.λπ., ως εμπόδιο λαμβάνεται η επιφάνεια κυκλοφορίας με ύψος ίσο με 0,0m, κατά τη διερεύνηση επάρκειας ορατοτήτων. Σε περιπτώσεις που το μήκος ορατότητας διακόπτεται εξαιτίας των πλευρικών στηθαίων ασφαλείας ή σε περιπτώσεις που διακόπτεται από γέφυρα υπερκείμενης διασταυρούμενης οδού, υιοθετείται ως ύψος εμποδίου το ύψος των φανών που βρίσκονται στην πίσω πλευρά του οχήματος και είναι ίσο με 0,8m. Σε περιπτώσεις καμπύλων γεφυρών με πλευρικό στηθαίο ασφαλείας ως ύψος εμποδίου θεωρείται η οροφή ενός τυπικού οχήματος, ύψους 1,25m. Τέλος, στην περίπτωση κοίλης καμπύλης μηκοτομής της οδού, με ύπαρξη άνω διάβασης, υιοθετείται κατά τον έλεγχο του υφιστάμενου μήκους ορατότητας, ύψος οφθαλμού ίσο με 2,4m (ύψος οφθαλμού οδηγού φορτηγού αυτοκινήτου).

Ο **χρόνος αντίληψης – αντίδρασης του χρήστη**, δηλαδή ο χρόνος που απαιτείται για να αντιληφθεί ο χρήστης ένα συγκεκριμένο ερέθισμα και να αντιδράσει κατάλληλα σε αυτό, μεταβάλλεται ανάλογα με τη ετοιμότητα του χρήστη, την ικανότητα αναγνώρισης κινδύνου που διαθέτει και την πολυπλοκότητα της απαιτούμενης απόφασης που πρέπει να λάβει. Για τη μελέτη ορατοτήτων σε συνθήκες μη προσδοκώμενου εμποδίου, ο χρόνος αντίληψης – αντίδρασης λαμβάνει τιμή ίση με 2,5s. Η τιμή αυτή υιοθετείται επίσης σε περιπτώσεις οδών υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου, σε περιπτώσεις όπου απαιτείται από τον χρήστη η λήψη πολύπλοκης απόφασης, και σε οδούς όπου οι χρήστες αναπτύσσουν υψηλές ταχύτητες. Ο χρόνος

αντίληψης – αντίδρασης λαμβάνει τιμή ίση με 2,0s, σε περιπτώσεις οδών με πληροφόρηση των χρηστών για τις επικρατούσες οδικές συνθήκες, σε περιπτώσεις οδικών τμημάτων σε σήραγγα με λειτουργική ταχύτητα μεγαλύτερη των 90km/h και σε περιπτώσεις αστικών αυτοκινητόδρομων. Τέλος, λαμβάνεται χρόνος αντίληψης – αντίδρασης ίσος με 1,5s όταν υπάρχει αυξημένη προσδοκία του οδηγού για ακινητοποίηση του οχήματός του, λόγω ύπαρξης πληροφοριακών πινακίδων, επίσης σε ορεινό τοπογραφικό ανάγλυφο, σε αστικές οδούς χαμηλής λειτουργικής ταχύτητας και σε οδικά τμήματα που βρίσκονται σε σήραγγα, με λειτουργική ταχύτητα μικρότερη των 90km/h.

Για τον υπολογισμό του απαιτούμενου ΜΟΣ εκτιμάται η **δυνατότητα επιβράδυνσης του οχήματος**, η οποία εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι η ταχύτητα του οχήματος, η κατάσταση των ελαστικών του οχήματος, ο τύπος του οδοστρώματος και η κατάσταση της επιφάνειας κυκλοφορίας. Για την πλειοψηφία των αστικών και επαρχιακών οδών υιοθετείται επιβράδυνση οχήματος ίση με $0,36\text{m/s}^2$. Σε δευτερεύουσες οδούς χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου, δύναται να χρησιμοποιηθεί τιμή επιβράδυνσης ίση με $0,46\text{m/s}^2$. Αναλυτικά, οι υιοθετούμενες τιμές για την επιβράδυνση του οχήματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.6, ανάλογα με το είδος του οχήματος και την κατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος.

Πίνακας 3.6: Τιμές επιβράδυνσης ανάλογα με το είδος του οχήματος και την κατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος. (Austroads, 2009)

Είδος Οχήματος	Συντελεστής Επιβράδυνσης	Κατάσταση οδοστρώματος
Επιβατηγό Όχημα	0,61	Στεγνό και καθαρό οδόστρωμα
	0,46	Οδοί χαμηλών λειτουργικών ταχυτήτων με βρεγμένο αλλά καθαρό οδόστρωμα
	0,36	Βρεγμένο αλλά καθαρό οδόστρωμα
	0,26	Σταδιακή και άνετη για τον χρήστη επιβράδυνση του οχήματος, σε καθαρό οδόστρωμα
	0,27	Μη καθαρό οδόστρωμα
Φορτηγό	0,29	Στεγνό και καθαρό οδόστρωμα
Λεωφορείο	0,15	

Το **απαιτούμενο ΜΟΣ** προκύπτει ως άθροισμα των αποστάσεων που διανύονται κατά τη διάρκεια του χρόνου αντίληψης – αντίδρασης και του χρόνου πέδησης, και προσδιορίζεται ως εξής:

$$SSD = \frac{R_T V}{3,6} + \frac{V^2}{254(d + 0,01a)} \quad (3.13)$$

όπου:

- $SSD(m)$: απαιτούμενο ΜΟΣ
- $R_T(s)$: χρόνος αντίληψης – αντίδρασης
- $V(km/h)$: λειτουργική ταχύτητα
- d : συντελεστής επιβράδυνσης

- $a(\%)$: κατά μήκος κλίση άξονα της οδού (λαμβάνεται θετική για ανωφέρειες και αρνητική για κατωφέρειες)

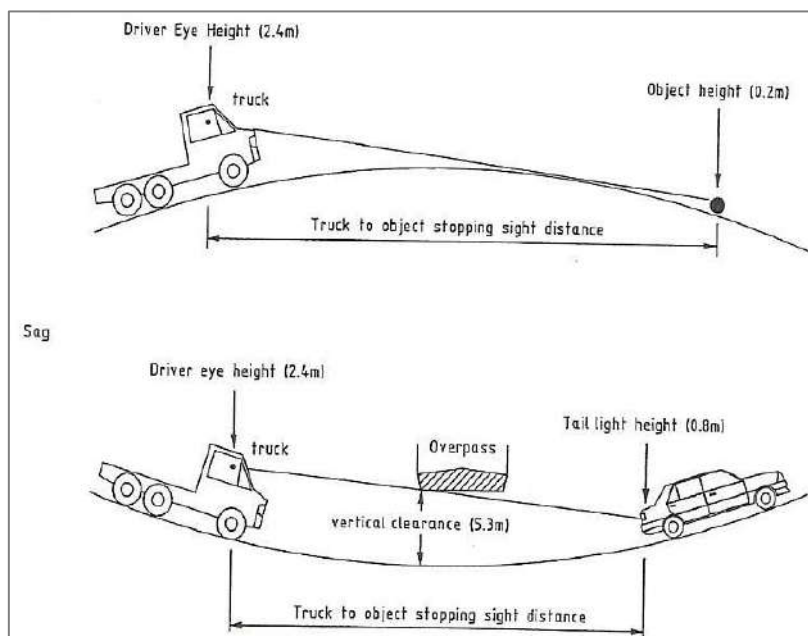
Το απαιτούμενο ΜΟΣ θα πρέπει να παρέχεται καθ' όλο το μήκος των οδών, σε όλες τις λωρίδες κυκλοφορίας, καθώς και σε όλες τις κατηγορίες. Ενδεικτικά, στον Πίνακα 3.7 παρουσιάζονται τιμές ΜΟΣ για διάφορες τιμές επιβράδυνσης, όπου επιπλέον λαμβάνεται υπόψη η επιπρόσθετη απόσταση που χρειάζεται το όχημα για να ακινητοποιηθεί σε κατωφέρεια, καθώς και η αντίστοιχη μείωση της απόστασης που απαιτείται για να ακινητοποιηθεί το όχημα σε ανωφέρεια (διόρθωση βάσει της κατά μήκος κλίσης).

Πίνακας 3.7: Απαιτούμενο ΜΟΣ για επιβατικά οχήματα σε καθαρό οδόστρωμα. (Austroads, 2009)

Design speed (km/h)	Absolute minimum values Only for specific road types and situations based on $d = 0.46$			Desirable minimum values for most urban and rural road types based on $d = 0.36$			Desirable values for major highways and freeways based on $d = 0.26$	
	$R_T = 1.5s$	$R_T = 2.0s$	$R_T = 2.5s$	$R_T = 1.5s$	$R_T = 2.0s$	$R_T = 2.5s$	$R_T = 2.0s$	$R_T = 2.5s$
40	30	36	–	34	40	45	–	–
50	42	49	–	48	55	62	–	–
60	56	64	–	64	73	81	–	–
70	71	81	–	83	92	102	113	123
80	88	99	–	103	114	126	141	152
90	107	119	132	126	139	151	173	185
100	–	141	155	–	165	179	207	221
110	–	165	180	–	193	209	244	260
120	–	190	207	–	224	241	285	301
130	–	217	235	–	257	275	328	346
Corrections due to grade								
	-8	-6	-4	-2	2	4	6	8
40	5	3	2	1	-1	-2	-2	-3
50	8	5	3	2	-1	-3	-4	-5
60	11	8	5	2	-2	-4	-6	-7
70	15	11	7	3	-3	-5	-8	-10
80	20	14	9	4	-4	-7	-10	-13
90	25	18	11	5	-5	-9	-13	-16
100	31	22	14	6	-6	-11	-16	-20
110	38	26	17	8	-7	-13	-19	-24
120	45	31	20	9	-8	-16	-22	-29
130	53	37	23	11	-10	-18	-26	-34

Κατά τον σχεδιασμό των οδών απαιτείται μελέτη του **ΜΟΣ των φορτηγών οχημάτων**, επειδή το πλεονέκτημα του μεγαλύτερου ύψους οφθαλμού του οδηγού φορτηγού οχήματος (2,4m) σε σχέση με το ύψος οφθαλμού οδηγού επιβατικού οχήματος (1,1m) δεν αντισταθμίζει το μειονέκτημα της περιορισμένης δυνατότητας επιβράδυνσης των φορτηγών. Το πλεονέκτημα του μεγαλύτερου ύψους οφθαλμού στα φορτηγά εξαλείφεται κυρίως όταν το μήκος ορατότητας περιορίζεται εξαιτίας των πλευρικών διαμορφώσεων του οδικού περιβάλλοντος, όπως είναι πρανή ορυγμάτων, υποστυλώματα γεφυρών κ.λπ.. Κατά κανόνα, το ΜΟΣ των φορτηγών

οχημάτων υπολογίζεται λαμβάνοντας ως ύψος οφθαλμού την τιμή 2,4m και ως ύψος εμποδίου την τιμή 0,2m. Σε περιπτώσεις όπου το μήκος ορατότητας του οδηγού του φορτηγού οχήματος περιορίζεται εξαιτίας υπερκείμενης γέφυρας διασταυρούμενης οδού, ο έλεγχος επάρκειας του διατιθέμενου ΜΟΣ θα πρέπει να πραγματοποιείται για ύψος εμποδίου ίσο με 0,8m (ύψος οπίσθιων φανών οχήματος) (Σχήμα 3.9).



Σχήμα 3.9: Γεωμετρικά μοντέλα υπολογισμού του ΜΟΣ σε κυρτές (πάνω) και κοίλες (κάτω) καμπύλες μηκοτομής. (Austroads, 2009)

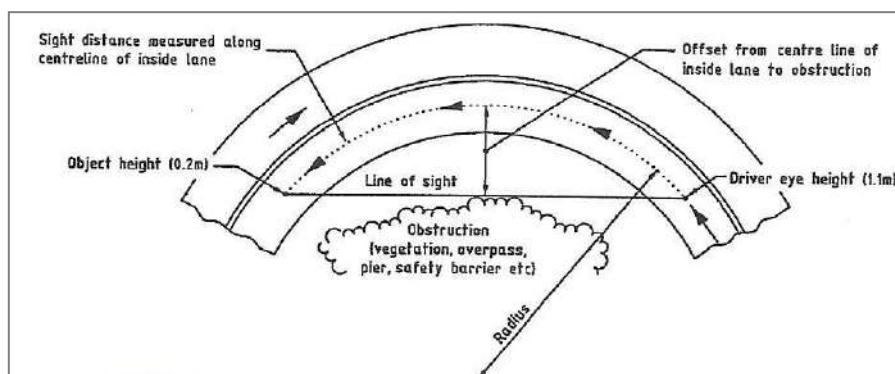
Στον Πίνακα 3.8 παρουσιάζονται τιμές για το απαιτούμενο ΜΟΣ φορτηγών οχημάτων (επιβράδυνση $0,29\text{m/s}^2$), ανάλογα με την ταχύτητα κίνησής τους και το χρόνο αντίληψης – αντίδρασης. Επιπλέον, όμοια με τον Πίνακα 3.7, λαμβάνεται υπόψη η επιπρόσθετη απόσταση που χρειάζεται το όχημα για να ακινητοποιηθεί σε κατωφέρεια, καθώς και η αντίστοιχη μείωση της απόστασης που απαιτείται για να ακινητοποιηθεί το όχημα σε ανωφέρεια (διόρθωση βάσει της κατά μήκος κλίσης).

Στην περίπτωση **οριζοντιογραφικής καμπύλης** με παρόδιο εμπόδιο στο εσωτερικό της (π.χ. υποστύλωμα γέφυρας, πλευρικό στηθαίο ασφαλείας, πρανές ορύγματος, φύτευση), το οποίο δεν δύναται να μετακινηθεί και περιορίζει την ορατότητα, θα πρέπει να υιοθετείται μεγαλύτερη τιμή ακτίνας της καμπύλης από την ελάχιστη, ώστε να υπάρχει επάρκεια ΜΟΣ. Η σχέση μεταξύ ΜΟΣ, ακτίνας καμπύλης και πλάτους πλευρικού χώρου ελεύθερου εμποδίων παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.10.

Με βάση το Σχήμα 3.10, η θέση του οφθαλμού και του αντικειμένου τοποθετείται στο μέσο της λωρίδας κυκλοφορίας (απόσταση 1,75m από την εσωτερική οριογραμμή της). Ειδικά για την περίπτωση φορτηγών οχημάτων, σε αριστερόστροφες στροφές, η απόσταση του οφθαλμού του οδηγού από τη δεξιά οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας υιοθετείται ίση με 1,15m, ενώ σε δεξιόστροφες στροφές η απόσταση οφθαλμού του οδηγού από την αριστερή οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας υιοθετείται ίση με 2,85m.

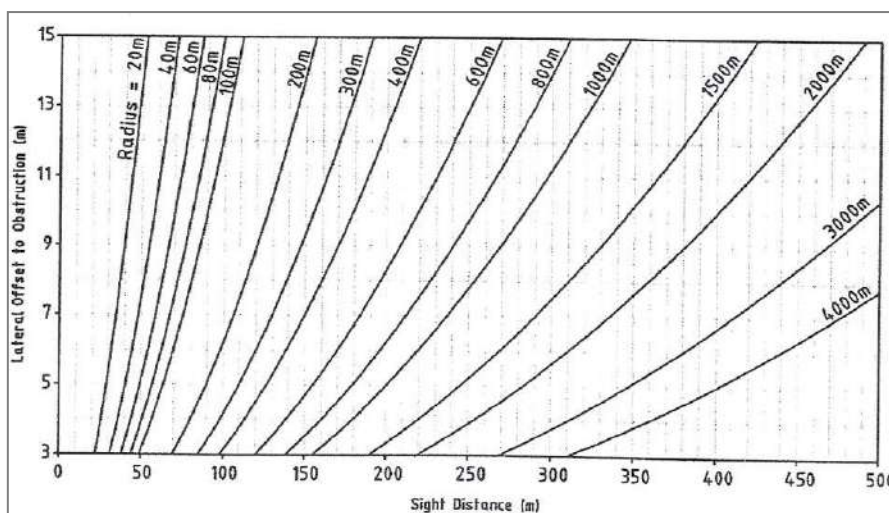
Πίνακας 3.8: Απαιτούμενο ΜΟΣ για φορτηγά οχήματα σε καθαρό οδόστρωμα.
(Austroads, 2009)

Operating speed (km/h)	Single unit trucks, Semi-trailers and B-doubles Based on $d = 0.29$							
	$R_T = 1.5 \text{ s}$	$R_T = 2.0 \text{ s}$	$R_T = 2.5 \text{ s}$					
40	38	44	49					
50	55	62	69					
60	74	82	91					
70	96	105	115					
80	120	131	142					
90	147	160	172					
100	–	191	205					
110	–	225	241					
Corrections due to grade	-8	-6	-4	-2	2	4	6	8
40	8	6	3	2	-1	-3	-4	-5
50	13	9	5	3	-2	-4	-6	-7
60	19	13	8	4	-3	-6	-8	-11
70	25	17	11	5	-4	-8	-11	-14
80	33	23	14	6	-6	-11	-15	-19
90	42	29	18	8	-7	-13	-19	-24
100	52	35	22	10	-9	-16	-23	-29
110	63	43	26	12	-11	-20	-28	-36



Σχήμα 3.10: Γεωμετρικό μοντέλο προσδιορισμού του πλάτους του πλευρικού χώρου ελεύθερος εμποδίων. (Austroads, 2009)

Λαμβάνοντας υπόψη το απαιτούμενο ΜΟΣ και την ακτίνα της οριζοντιογραφικής καμπύλης υπολογίζεται, μέσω νομογραφήματος (Σχήμα 3.11), το πλάτος του πλευρικού χώρου που πρέπει να είναι ελεύθερος εμποδίων. Στην περίπτωση αυτή, όμως, δεν λαμβάνεται υπόψη η αλληλεπίδραση λόγω της καμπυλότητας στη μηκοτομή. Επιπλέον, η μέθοδος είναι έγκυρη μόνο όταν το ΜΟΣ είναι μικρότερο του μήκους της οριζοντιογραφικής καμπύλης.



Σχήμα 3.11: Πλάτος πλευρικού χώρου ελεύθερου εμποδίων σε σχέση με την ακτίνα της οριζοντιογραφικής καμπύλης και το απαιτούμενο ΜΟΣ. (Austroads, 2009)

Σύμφωνα με τις Αυστραλιανές Οδηγίες, είναι επιθυμητός ο έλεγχος της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων με γραφικό τρόπο. Τέλος, εφόσον το ΜΟΣ είναι μεγαλύτερο από το μήκος της καμπύλης, αναφέρεται ότι θα πρέπει να γίνει χρήση κάποιας γραφικής μεθόδου, χωρίς ωστόσο να δίνονται περαιτέρω διευκρινήσεις.

Η τήρηση των προδιαγραφών ορατότητας, όπως διατυπώθηκαν παραπάνω, ιδιαίτερα **σε καμπύλες οριζοντιογραφίας με κεντρικά στηθαία από σκυρόδεμα**, μπορεί να οδηγήσει, σε ορισμένες περιπτώσεις, σε αυξημένη απαίτηση πλευρικών χώρων ελεύθερων από εμπόδια, με δυσμενείς συνέπειες τόσο στην κατασκευή (αυξημένο κόστος διαπλάτυνσης) όσο και την ασφαλή λειτουργία της οδού (δημιουργείται πρόσθετη εσωτερική λωρίδα).

Ως εκ τούτου, παρατίθενται κάποια κριτήρια για την εξασφάλιση αποδεκτού ΜΟΣ. Η εφαρμογή των κριτηρίων επιτρέπει στον οδηγό να πραγματοποιήσει ελιγμό αποφυγής του εμποδίου, χωρίς να χρειαστεί να ακινητοποιήσει το όχημά του πριν από αυτό, παρέχοντάς του επαρκές πλάτος και χρόνο πραγματοποίησης ελιγμού. Τα κριτήρια αφορούν δύο περιπτώσεις: αφενός όταν είναι δυνατή η εποπτεία της οδού πάνω από το στηθαίο, και αφετέρου όταν δεν υπάρχει εποπτεία της οδού πάνω από το στηθαίο.

Το ΜΟΣ αποτελεί κριτήριο για τον σχεδιασμό των **καμπυλών μηκοτομής**, ιδιαίτερα των κυρτών. Κατά τις Αυστραλιανές Οδηγίες, το μήκος μιας καμπύλης μηκοτομής δίνεται από τη σχέση:

$$L = KA \quad (3.14)$$

όπου:

- $L(m)$: ολικό μήκος της καμπύλης (μετράται κατά την οριζόντια διεύθυνση)
- K : μήκος της καμπύλης σε μέτρα για 1% αλλαγή της κατά μήκος κλίσης
- $A(\%)$: αλγεβρική διαφορά κατά μήκος κλίσεων

Το ΜΟΣ υπεισέρχεται στον υπολογισμό της παραμέτρου K , η οποία προσδιορίζεται σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις:

- Εάν το μήκος της καμπύλης είναι μεγαλύτερο από το ΜΟΣ:

$$K = \frac{S^2}{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2} \quad (3.15)$$

- Εάν το μήκος της καμπύλης είναι μικρότερο από το ΜΟΣ:

$$K = \frac{2S}{A} - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A^2} \quad (3.16)$$

όπου:

- L, K, A : ως άνω
- $S(m)$: ΜΟΣ
- $h_1(m)$: ύψος οφθαλμού οδηγού
- $h_2(m)$: ύψος εμποδίου

Όσον αφορά στις κοίλες καμπύλες μηκοτομής, η ορατότητα περιορίζεται λόγω της ύπαρξης τυχόν άνω διαβάσεων και κατά τις νυκτερινές ώρες σε μη φωτισμένες οδούς. Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η εμβέλεια των προβολέων του οχήματος, η παράμετρος K υπολογίζεται σύμφωνα με τις παρακάτω εξισώσεις. Σημειώνεται ότι σε περίπτωση ταυτόχρονης ύπαρξης οριζόντιας καμπυλότητας, η δέσμη φωτός των προβολέων αποκλίνει από την πορεία της οδού, επομένως δεν υπάρχει σημαντικό όφελος από την εφαρμογή των σχέσεων αυτών.

- Εάν το μήκος της καμπύλης είναι μεγαλύτερο από το ΜΟΣ:

$$K = \frac{S^2}{200(h + S \tan q)} \quad (3.17)$$

- Εάν το μήκος της καμπύλης είναι μικρότερο από το ΜΟΣ:

$$K = \frac{2S}{A} - \frac{200(h + S \tan q)}{A^2} \quad (3.18)$$

όπου:

- K, A, S : ως άνω
- $h(m)$: ύψος τοποθέτησης των προβολέων
- q : γωνία ανύψωσης δέσμης φωτός (λαμβάνεται $\tan q = \tan 1^\circ = 0,01746$)

Τέλος, σε περίπτωση ύπαρξης άνω διάβασης ή άλλου υπερυψωμένου εμποδίου σε κοίλη καμπύλη μηκοτομής, η ορατότητα περιορίζεται κυρίως στα φορτηγά, όπου το ύψος οφθαλμού του οδηγού είναι αρκετά μεγάλο. Τότε, η παράμετρος K προσδιορίζεται ως εξής (αφορά μόνο σε καμπύλες με μήκος μικρότερο του ΜΟΣ):

$$K = \frac{S^2}{200(\sqrt{H - h_1} + \sqrt{H - h_2})^2} \quad (3.19)$$

όπου:

- K, S : ως άνω
- $H(m)$: ύψος άνω διάβασης (και γενικότερα οποιουδήποτε υπερυψωμένου εμποδίου)
- $h_1(m)$: ύψος οφθαλμού οδηγού φορτηγού (λαμβάνεται $h_1 = 2,4m$)
- $h_2(m)$: ύψος εμποδίου (λαμβάνεται $h_2 = 0,6m$)

Σημειώνεται ότι Αυστραλιανές Οδηγίες σχεδιασμού οδών δεν προτείνουν κάποια μέθοδο για τον **έλεγχο επάρκειας του ΜΟΣ**.

Τέλος, στις Αυστραλιανές Οδηγίες τονίζεται η ανάγκη εναρμόνισης οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, προκειμένου η οδός να παρέχει ασφάλεια στους χρήστες της, και παρατίθενται διάφορες εμπειρικές συστάσεις σχετικά με τη χάραξη της οδού στον χώρο (βλ. 3.6 Χάραξη της οδού στον χώρο).

3.6 ΧΑΡΑΞΗ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ

3.6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σύμφωνα με τις πλέον αναγνωρισμένες οδηγίες σχεδιασμού οδών ανά τον κόσμο (Γερμανικές, Αμερικανικές, Καναδικές, Αυστραλιανές κ.λπ.), η καλή προοπτική εικόνα μιας οδού στον χώρο αποτελεί ένα πολύ σημαντικό μερίδιο στη διαδικασία γεωμετρικού σχεδιασμού, και, ως εκ τούτου, θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη. Σε αυτό το πλαίσιο, δίνονται γενικές οδηγίες και κατευθύνσεις για την κατά το δυνατόν βελτιστοποίηση της συνολικής εικόνας της χάραξης.

Στις οδηγίες σχεδιασμού οδών τονίζεται η **αναγκαιότητα εναρμόνισης της οριζοντιογραφίας με τη μηκοτομή**, προκειμένου το τελικό προϊόν της μελέτης, δηλαδή η οδός που θα δημιουργηθεί, να εξασφαλίζει οπτική άνεση στον οδηγό, με αποτέλεσμα την ασφαλέστερη κυκλοφοριακή λειτουργία αυτής (AASHTO, 2011; RAA-R1, 2008; TAC-ATC, 1999; Austroads, 2009).

Επίσης, προκειμένου σε μια οδό να υπάρχει επαρκής ασφάλεια και υψηλή ποιότητα κυκλοφοριακής ροής, θεωρείται ως προϋπόθεση **η εικόνα της οδού να είναι ομαλή, η όδυσή της να παρέχει εποπτικότητα και γενικά να γίνεται έγκαιρα κατανοητή**. Πολύ σημαντικό ρόλο έχει και η καλή οπτική καθοδήγηση, η οποία επιτυγχάνεται με την εμφάνιση του καταστρώματος της οδού στον χώρο, καθώς και με την ύπαρξη κατάλληλης διαγράμμισης στις οριογραμμές και στον διαχωρισμό των λωρίδων κυκλοφορίας (RAA-R1, 2008).

Ακόμη, θεωρείται σημαντικό **το να βρίσκονται σε ισορροπία τα μεγέθη των στοιχείων της οριζοντιογραφίας με τα αντίστοιχα στοιχεία της μηκοτομής** (AASHTO, 2011; Austroads, 2009; TAC-ATC, 2009). Δηλαδή, συνίσταται η αποφυγή ανεπιτυχών συνδυασμών οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, όπως η απότομη αλλαγή κατεύθυνσης στην οριζοντιογραφία (δηλαδή η ύπαρξη μεγάλης καμπυλότητας) με ήπια αλλαγή στη μηκοτομή και το αντίστροφο (ανοιχτή καμπύλη με ύπαρξη μεγάλης κατά μήκος κλίσης), καθώς επίσης η επαλληλία ευθυγραμμιών ή οριζοντιογραφικών καμπυλών μεγάλης ακτίνας με κατακόρυφες καμπύλες συναρμογής μικρού μήκους.

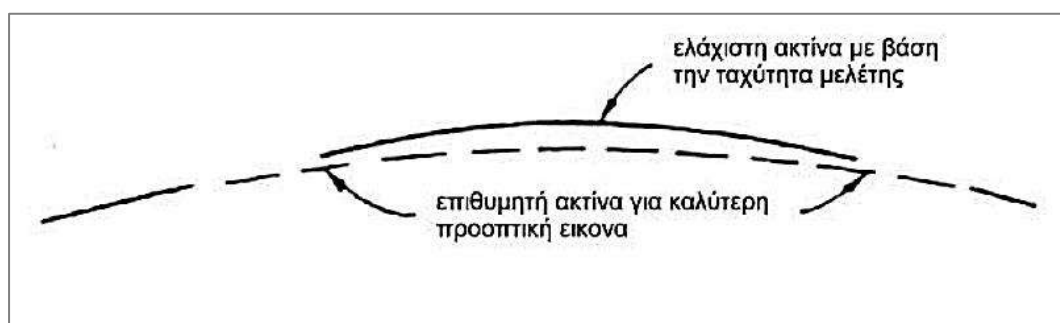
3.6.2 ΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΤΗΣ ΟΔΟΥ

Τα διάφορα προβλήματα στην προοπτική εικόνα της οδού κάνουν την εμφάνισή τους είτε ως **οπτικά ελαττώματα**, είτε ως **επικίνδυνα σημεία** κατά μήκος της οδού και οφείλονται στη μορφή της οριζοντιογραφίας ή της μηκοτομής μεμονωμένα, καθώς επίσης και στον συνδυασμό τους. Με τον τρόπο αυτό, **ο οδηγός έχει λανθασμένη**

εντύπωση σχετικά με την εικόνα και την πορεία της οδού, με ό,τι συνεπάγεται αυτό για την οδική ασφάλεια. Πρέπει να τονιστεί ότι η συμμόρφωση μιας χάραξης με τους επιμέρους κανονισμούς της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής δεν εγγυάται απαραίτητα ότι το τελικό αποτέλεσμα, το οποίο προκύπτει από τη σύνθεση αυτών, θα είναι εξίσου επιτυχημένο. Επιπλέον, **τα διάφορα προβλήματα που μπορεί να υποβιβάσουν την ασφάλεια της οδού δεν ορίζονται με ποσοτικό τρόπο, παρά μόνο ποιοτικά.** Επομένως, για την αποφυγή τους χρειάζεται κρίση και διορατικότητα από μέρους του μελετητή (Δραγομάνοβιτς & Κανελλαΐδης, 2005).

Τα συχνότερα εμφανιζόμενα προβλήματα στη συμβατική γεωμετρική χάραξη προκύπτουν λόγω αποτυχημένων επιλογών στην οριζοντιογραφία (μεγάλο μήκος των ευθυγραμμίων, μικρές τιμές ακτίνων, μη ομοιόμορφη αλληλουχία καμπυλών κ.λπ.) και στη μηκοτομή (ύπαρξη αλλεπάλληλων κυρτών και κοίλων καμπυλών, ευθύγραμμα τμήματα μικρού μήκους, μικρές ακτίνες κυρτών καμπυλών κ.λπ.). Επιπλέον, **η μη επιτυχημένη διάταξη των στοιχείων της οριζοντιογραφίας σε συνδυασμό με αυτών της μηκοτομής οδηγεί στη δημιουργία ανεπιθύμητων εντυπώσεων σχετικά με την εικόνα της οδού, με τη μορφή οπτικών ελαττωμάτων (οπτική θλάση στην οριζοντιογραφία ή τη μηκοτομή, εντύπωση τεθλασμένου καταστρώματος, τοπική υπερύψωση, κυματισμός, βύθισμα και άλμα οδού)** (Δραγομάνοβιτς & Κανελλαΐδης, 2005). Παρακάτω ακολουθεί συνοπτική περιγραφή των κυριότερων προβλημάτων στην προοπτική εικόνα της οδού, τα οποία επηρεάζουν την ορατότητα, καθώς και οι πιθανές λύσεις για την αντιμετώπισή τους.

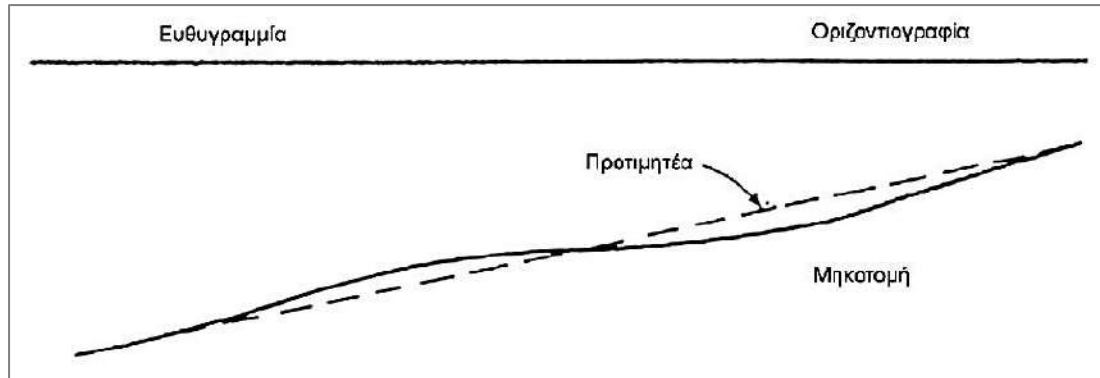
Οι καμπύλες με μικρές τιμές ακτίνων στα κυκλικά τόξα γενικά θα πρέπει να αποφεύγονται (Σχήμα 3.12), ακόμα και αν οι τιμές είναι οριακά επιτρεπτές, καθώς αντιστοιχούν σε οριακή κατάσταση (AASHTO, 2011; TAC-ATC, 1999). Εξάλλου, οι μικρές τιμές ακτίνων προκαλούν γενικά κόπωση, ενώ οι μεγαλύτερες τιμές ακτίνων αυξάνουν τα διαθέσιμα μήκη ορατότητας και συνθέτουν μια ευχάριστη χάραξη.



Σχήμα 3.12: Επιλογή καμπύλης οριζοντιογραφίας μεγαλύτερης ακτίνας από την ελάχιστη.
(Κανελλαΐδης & Δραγομάνοβιτς, 2011)

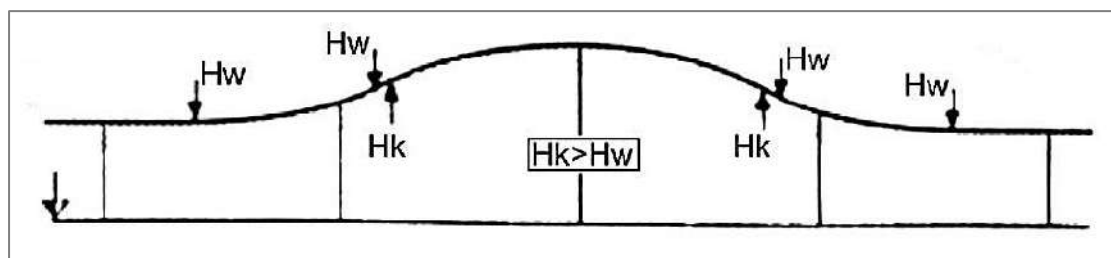
Η ύπαρξη αλλεπάλληλων κυρτών και κοίλων καμπυλών στη μηκοτομή μπορεί να συμβάλει στην οικονομικότερη κατασκευή της οδού (αφού αυτή ακολουθεί πιο πιστά το ανάγλυφο του εδάφους, άρα μειώνεται ο συνολικός όγκος των χωματισμών), αλλά **οι διαδοχικές βυθίσεις της οδού περιορίζουν την ορατότητα και έτσι μπορεί να οδηγήσουν στην πρόκληση ατυχημάτων**, κυρίως κατά τη διάρκεια ελιγμών

προσπέρασης προπορευόμενων οχημάτων (AASHTO, 2011; TAC-ATC, 1999). Επομένως, προτείνεται η ύπαρξη σταθερής κλίσης στη μηκοτομή (Σχήμα 3.13), η οποία επιπροσθέτως συμβάλλει στη φιλική και ευχάριστη προς τον χρήστη προοπτική εικόνα της οδού (RAA-R1, 2008).



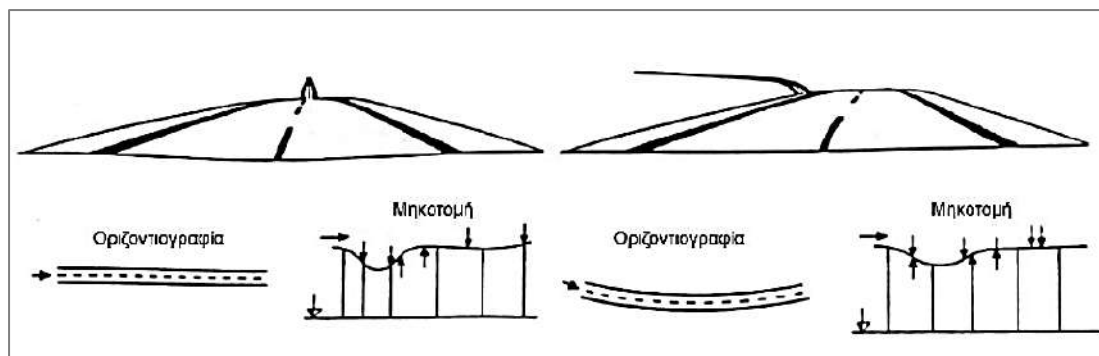
Σχήμα 3.13: Μηκοτομή με ευθύγραμμη οριζοντιογραφία. (Κανελλαΐδης & Δραγομάνοβιτς, 2011)

Σε λοφώδη και ορεινά εδάφη, οι μικρές ακτίνες των κυρτών καμπυλών της μηκοτομής σε σχέση με αυτές των κοίλων καμπυλών περιορίζουν τα διαθέσιμα μήκη ορατότητας (Σχήμα 3.14). Έτσι, σε αυτές τις περιπτώσεις συστήνεται οι ακτίνες των κυρτών καμπυλών συναρμογής να είναι μεγαλύτερες από τις ακτίνες των κοίλων καμπυλών (RAA-R1, 2008).



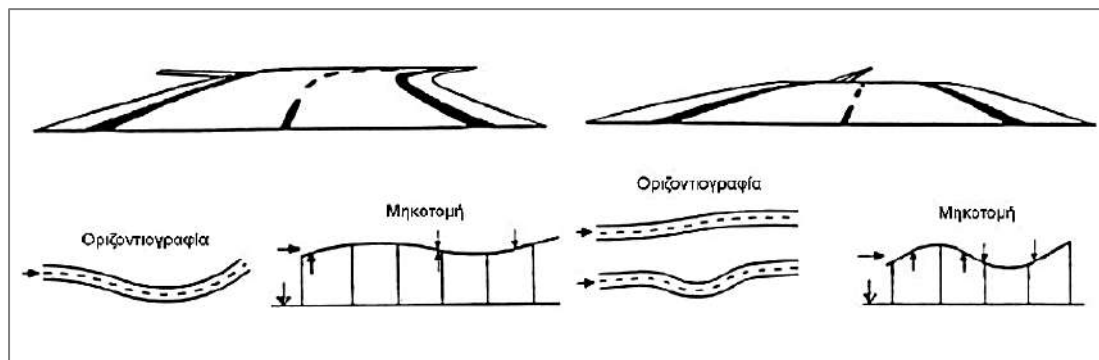
Σχήμα 3.14: Σχέση ακτίνων κοίλων και κυρτών τόξων μηκοτομής σε λοφώδη και ορεινά εδάφη. (Κανελλαΐδης & Δραγομάνοβιτς, 2011)

Όταν η χάραξη ακολουθεί το ανάγλυφο εδάφους με βραχείες ανυψώσεις, ενδέχεται κάποια τμήματά της να μην είναι ορατά στον οδηγό. Σε αυτήν την περίπτωση σημαίνει ότι έχει εμφανιστεί βύθισμα στην οδό, με αρνητικές επιπτώσεις στην παρεχόμενη από την οδό ασφάλεια (RAA-R1, 2008). Πιο συγκεκριμένα, εάν το βύθισμα είναι μικρό, ο οδηγός δυσκολεύεται να εκτιμήσει σωστά την απόσταση, ενώ εάν είναι μεγάλο δεν υπάρχει καθόλου ορατότητα. Σε κάθε περίπτωση, είναι ορατός ο κίνδυνος πρόκλησης ατυχημάτων κατά τη διάρκεια ελιγμών προσπέρασης. Το φαινόμενο αυτό χαρακτηρίζεται και ως «φαινόμενο λούνα παρκ» (AASHTO, 2011; TAC-ATC, 1999). Για την αποφυγή του φαινομένου του βυθίσματος συνίσταται η αντικατάσταση των κατακόρυφων τόξων συναρμογής με τμήμα ενιαίας κλίσης (Σχήμα 3.15).



Σχήμα 3.15: Βύθισμα στην ευθυγραμμία (αριστερά) και στην καμπύλη (δεξιά).
(Κανελλαΐδης & Δραγομάνοβιτς, 2011)

Όταν ταυτόχρονα με το βύθισμα η χάραξη κάμπτεται, υπάρχει ο κίνδυνος να μην γίνει εγκαίρως αντιληπτή η αλλαγή κατεύθυνσης της οδού από τον οδηγό. Σε αυτήν την περίπτωση δημιουργείται στον οδηγό η εντύπωση άλματος ή ασυνέχειας της οδού (AASHTO, 2011; RAA-R1, 2008). Ειδικότερα, το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται όταν η αρχή της οριζοντιογραφικής καμπύλης δεν είναι ορατή στον οδηγό (λόγω κυρτώματος της μηκοτομής), αλλά είναι ορατή η συνέχεια της καμπύλης στο βάθος. Ένας τρόπος αντιμετώπισης του άλματος είναι η αύξηση της ακτίνας του κυρτού τόξου συναρμογής ή η αντικατάστασή του με τμήμα σταθερής κλίσης (Σχήμα 3.16).



Σχήμα 3.16: Άλμα της οδού (αριστερά) και άλμα με μετατόπιση (δεξιά).
(Κανελλαΐδης & Δραγομάνοβιτς, 2011)

3.6.3 ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ

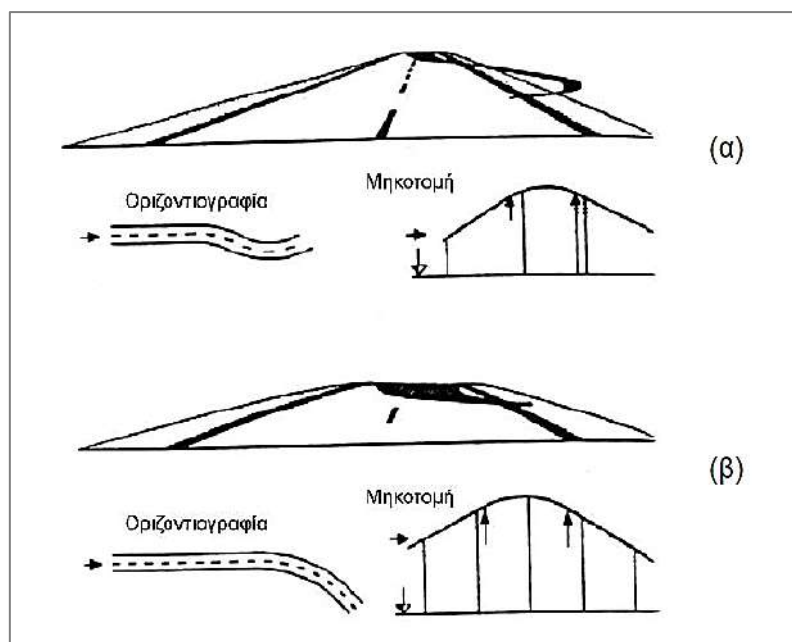
Οι οδηγίες παραθέτουν μια σειρά από συστάσεις για την περαιτέρω βελτίωση της προοπτικής εικόνας της οδού, οι οποίες αναφέρονται, μεταξύ άλλων, στη σχέση μεταξύ των σημείων καμπής της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής, στις συνθήκες επαλληλίας οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα και κοίλωμα, καθώς και στη χάραξη οδού σε περιοχές ισόπεδων κόμβων και τεχνικών έργων. Πιο αναλυτικά:

Σύμπτωση σημείων καμπής στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή: Οι οδηγίες (AASHTO, 2011; RAA-R1, 2008; Trazado, 2001) συστήνουν τη σύμπτωση των

σημείων καμπής στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή. Μια χάραξη της οποίας τα σημεία καμπής της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής περίπου συμπίπτουν, δημιουργεί μια ευχάριστη προοπτική εικόνα της οδού, και πλεονεκτεί σε πολλά επίπεδα (ασφάλεια κυκλοφορίας, καλή δυναμική της κίνησης, αποτελεσματική απορροή των ομβρίων). Αντίστροφα, αποτυχημένη χάραξη θεωρείται αυτή της οποίας οι κορυφές της μηκοτομής δεν συμπίπτουν με τα σημεία καμπής της οριζοντιογραφίας (δηλαδή όταν δεν υπάρχει καμία σύμπτωση κορυφών).

Εφόσον ο αριθμός των σημείων καμπής της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής δεν είναι ο ίδιος (κάτι το οποίο είναι συνηθισμένο), η χάραξη θεωρείται επιτυχημένη εάν τα σημεία τομής των εφαπτομένων στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής βρίσκονται όσο το δυνατόν πιο κοντά το ένα στο άλλο και τα υπεράριθμα βρίσκονται ανάμεσά τους. Επιπλέον, σε περίπτωση που τα σημεία καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή δεν είναι δυνατόν να συμπίπτουν, θα πρέπει η αλλαγή της κατεύθυνσης της οδού εντός του διατιθέμενου μήκους ορατότητας να είναι τουλάχιστον 3,5^g, προκειμένου αυτή να είναι αντιληπτή από τον οδηγό (RAA-R1, 2008).

Επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κύρτωμα: Σε περίπτωση κλειστής οριζοντιογραφικής καμπύλης, αυτή δεν πρέπει να βρίσκεται κοντά σε έντονη κυρτή καμπύλη μηκοτομής, για λόγους ασφάλειας της κυκλοφορίας. Η επαλληλία των καμπυλών αυτών έχει ως συνέπεια ο οδηγός να μη μπορεί να αντιληφθεί εύκολα την ύπαρξη στροφής, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας (Σχήμα 3.17). Επομένως, θα πρέπει αφενός η οριζοντιογραφική καμπύλη να προηγείται της κυρτής καμπύλης της μηκοτομής και αφετέρου να επιλέγεται τιμή για την ακτίνα οριζοντιογραφίας αρκετά μεγαλύτερη από την ελάχιστη απαιτούμενη (AASHTO, 2011).



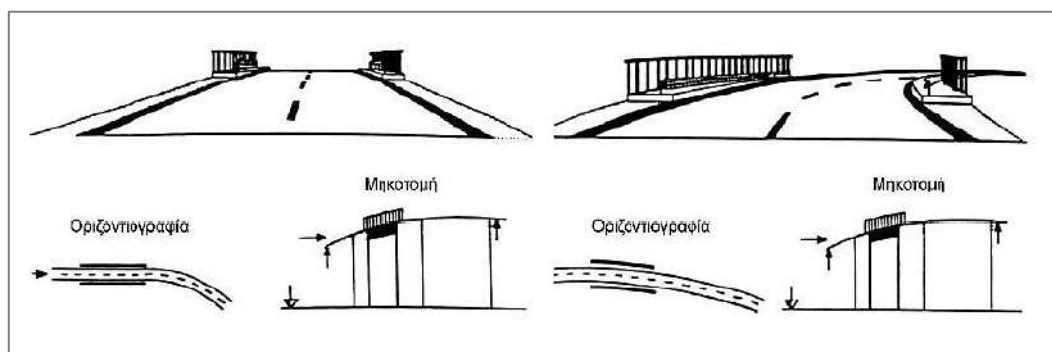
Σχήμα 3.17: Αρχή οριζοντιογραφικής καμπύλης σε περιοχή κυρτώματος.
(Κανελλαΐδης & Δραγομάνοβιτς, 2011)

Επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλωμα: Γενικά, η αρχή μιας οριζοντιογραφικής καμπύλης προτείνεται να βρίσκεται κοντά σε αρχή κοιλώματος στη μηκοτομή. Έτσι, ο οδηγός έχει τη δυνατότητα να αντιληφθεί την ύπαρξη της καμπύλης όσο το δυνατόν νωρίτερα και άρα να προσαρμόσει αναλόγως την ταχύτητά του. Ο συνδυασμός κοίλης καμπύλης στη μηκοτομή με οριζοντιογραφικές καμπύλες δίνει γενικά την εντύπωση ότι η καμπύλη είναι πιο ανοιχτή σε σχέση με την πραγματικότητα (RAA-R1, 2008). Η αλλοίωση της προοπτικής εικόνας της οδού αυξάνει τις πιθανότητες πρόκλησης ατυχήματος, δεδομένου ότι ο οδηγός ενδέχεται να μη μειώσει την ταχύτητα του οχήματος όσο χρειάζεται.

Για την εξάλειψη του προβλήματος, προτείνεται η ακτίνα του τόξου στρογγύλευσης της μηκοτομής να είναι αρκετά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη ακτίνα της οριζοντιογραφίας (τουλάχιστον 5 έως 10 φορές μεγαλύτερη, σύμφωνα με εμπειρικό κανόνα).

Τέλος, σε περίπτωση ύπαρξης κλειστής οριζοντιογραφικής καμπύλης και κοιλώματος, δεν απαιτείται να συμπίπτουν τα σημεία καμπής σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή. Αντιθέτως, ο διαχωρισμός των σημείων καμπής περιορίζει στον οδηγό την εσφαλμένη εντύπωση ανοιχτής οριζοντιογραφικής καμπύλης. Εξάλλου, στο κατώτατο σημείο ενός κοιλώματος οι ταχύτητες των οχημάτων συνήθως είναι υψηλές (λόγω της κατωφέρειας που έχει προηγηθεί), και έτσι η τοποθέτηση εκεί της αρχής της κλειστής οριζοντιογραφικής καμπύλης μπορεί να οδηγήσει σε ατυχήματα (AASHTO, 2011).

Χάραξη στον χώρο και ισόπεδοι κόμβοι – τεχνικά έργα: Οι ισόπεδοι κόμβοι προτείνεται να τοποθετούνται σε κοίλωμα, για λόγους καλής ορατότητας ή, εάν αυτό δεν είναι εφικτό και για τις δύο οδούς που συμβάλλουν, τουλάχιστον να βρίσκεται σε κοίλωμα η οδός με τη μικρότερη κυκλοφοριακή σημασία, αφού η καλή ορατότητα δεν είναι τόσο κρίσιμης σημασίας στους χρήστες της κύριας οδού, οι οποίοι ούτως ή άλλως έχουν προτεραιότητα (AASHTO, 2011; RAA-R1, 2008). Όσον αφορά στα τεχνικά έργα κατά μήκος της οδού, θα πρέπει να γίνεται προσαρμογή τους στη χάραξη (Σχήμα 3.18). Τέλος, για λόγους ασφαλείας δεν θα πρέπει να αποκρύπτεται από κάποιο τεχνικό έργο η αρχή μιας οριζοντιογραφικής καμπύλης (RAA-R1, 2008).



Σχήμα 3.18: Απόκρυψη οριζοντιογραφικής καμπύλης από τεχνικό έργο στην αριστερή χάραξη. Αντίθετα, στη δεξιά χάραξη η καμπυλότητα του τεχνικού έργου επιτρέπει την αναγνώριση της καμπύλης. (Κανελλαΐδης & Δραγομάνοβιτς, 2011)

3.7 ΣΥΝΟΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ – ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Συνοψίζοντας, η προσέγγιση που υιοθετείται κατά την υφιστάμενη πρακτική σχεδιασμού των οδών σχετικά με τον έλεγχο επάρκειας ορατότητας για στάση, κρίνεται μάλλον ως απλοποιημένη και αποσπασματική, καθώς οι ισχύουσες οδηγίες σχεδιασμού οδών εξετάζουν την επάρκεια ορατότητας ανεξάρτητα στην οριζοντιογραφία και στη μηκοτομή. Ως αποτέλεσμα, οι προτάσεις για τη διασφάλιση επάρκειας ορατότητας, μέσω της επιλογής κρίσιμων παραμέτρων για τον συνδυασμένο σχεδιασμό της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής, δίδονται μόνο σε εμπειρικό επίπεδο και χωρίς επαρκή επιστημονική τεκμηρίωση.

Τα μοντέλα αξιολόγησης της επάρκειας ορατότητας και προσδιορισμού κρίσιμων γεωμετρικών μεγεθών που υιοθετούνται τόσο στην οριζοντιογραφία, όσο και στη μηκοτομή, είναι παρόμοια και διαφέρουν ουσιαστικά μόνο στην επιλογή των παραμέτρων τους (π.χ. ύψος εμποδίου – οδηγού, επιβράδυνση, χρόνος αντίληψης – αντίδρασης κ.λπ.). Κατά συνέπεια, υπάρχουν παράμετροι που δεν λαμβάνονται υπόψη και η επιρροή τους μπορεί να είναι κρίσιμη στη παρεχόμενη ασφάλεια.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά στην οριζοντιογραφία, βασικές παράμετροι όπως είναι η μεταβλητή κλίση (λόγω ύπαρξης καμπύλης συναρμογής στη μηκοτομή), καθώς και τα ύψη οφθαλμού οδηγού και εμποδίου, αγνοούνται. Κατά συνέπεια, ο πλευρικός ελεύθερος οπτικών εμποδίων χώρος, που ορίζεται μεταξύ των χορδών μήκους ορατότητας για στάση, είναι θεωρητικός.

Ο έλεγχος της επάρκειας ορατότητας με βάση τη μηκοτομή είναι και πάλι ελλιπής, καθώς ενώ απαιτούνται στοιχεία της μηκοτομής, της ταχύτητας του οχήματος, καθώς και τα ύψη οφθαλμού – εμποδίου, η οριζοντιογραφία θεωρείται ευθύγραμμη, ενώ σημαντική είναι και η επιρροή της επίκλισης του οδοστρώματος (Moreno et al., 2010).

Επιπλέον, οι οδηγίες σχεδιασμού οδών περιέχουν μαθηματικές σχέσεις για τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας σε απλές ανεξάρτητες διατάξεις οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Όσον αφορά στην οριζοντιογραφία, οι οδηγίες προτείνουν σχέσεις υπολογισμού του διατιθέμενου μήκους ορατότητας σε οριζόντιες καμπύλες, όπου υποτίθεται ότι η γραμμή όρασης διακόπτεται από κάποιο εμπόδιο εκτός της οδού, χωρίς όμως να συμπεριλαμβάνονται τα τόξα συναρμογής. Ακόμη, γίνεται η θεώρηση ότι ο οδηγός και το εμπόδιο το οποίο πρέπει να είναι ορατό, βρίσκονται ταυτόχρονα εντός της ίδιας καμπύλης.

Ομοίως, δίνονται κάποιες βασικές κατευθύνσεις για τις βασικότερες διατάξεις της μηκοτομής. Όλες αυτές οι παραδοχές αυτές, ωστόσο, δεν αντιστοιχούν πλήρως στην πραγματικότητα, με αρκετές πιθανότητες παροχής εσφαλμένων αποτελεσμάτων. Για πιο σύνθετες περιπτώσεις, προτείνεται η χρήση γραφικών ή

τρισδιάστατων μεθόδων ανάλυσης της ορατότητας, χωρίς όμως να επεξηγείται ο τρόπος εφαρμογής τους.

Κατά συνέπεια, όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο (βλ. Κεφάλαιο 2 – Βιβλιογραφική Ανασκόπηση), **οι ισχύουσες δισδιάστατες μέθοδοι σχεδιασμού, ενδέχεται να υπερεκτιμήσουν ή να υποτιμήσουν τα διαθέσιμα μήκη ορατότητας**, οδηγώντας σε αδικαιολόγητη αύξηση του κόστους ή, ακόμα χειρότερα, στην ύπαρξη επικίνδυνων τμημάτων κατά μήκος μιας οδού. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι επιπτώσεις ενδεχομένως να είναι επιζήμιες για το κόστος και την απόδοση των υφιστάμενων και των υπό μελέτη οδών, δεδομένου ότι οι υπερβολικές τροποποιήσεις (π.χ. διεύρυνση της εσωτερικής λωρίδας καθοδήγησης σε περιπτώσεις διαχωρισμένων οδών) και/ή οι περιοχές με επιβολή ορίων ταχύτητας κατώτερων των πραγματικά απαιτούμενων είναι μάλλον αναπόφευκτες, κάτι το οποίο μπορεί να μην ανταποκρίνεται στις προσδοκίες του οδηγού και γενικότερα να υποβαθμίσει τη συνοχή του σχεδιασμού (Mertzanis et al., 2013).

Θεωρητικό Υπόβαθρο

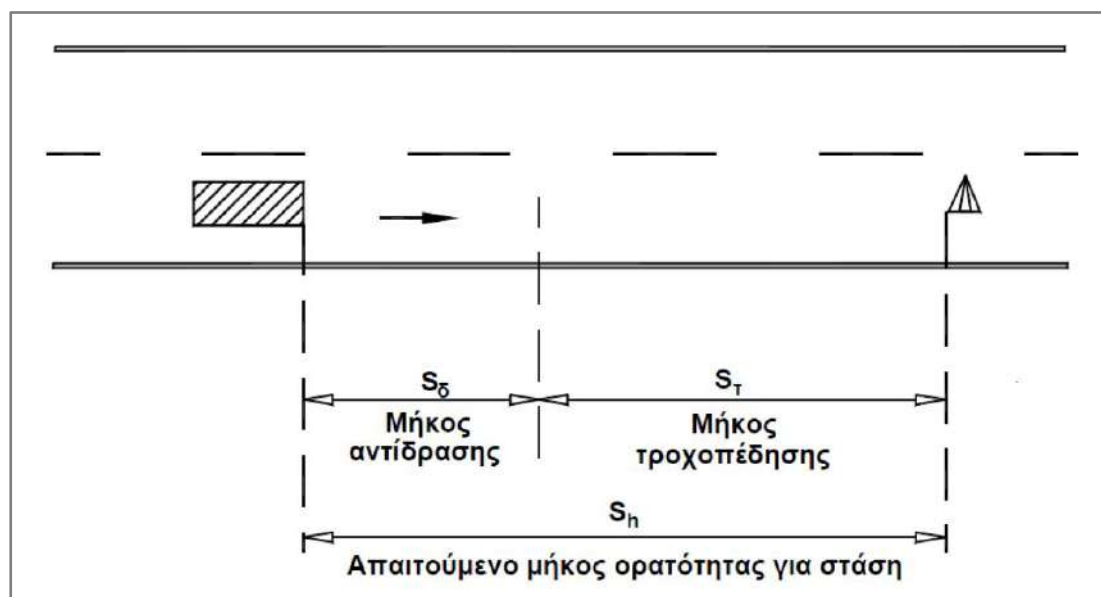
4.1 ΓΕΝΙΚΑ

4.1.1 ΜΗΚΟΣ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΣΤΑΣΗ

Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, το **απαιτούμενο ΜΟΣ** είναι η απαιτούμενη απόσταση για την ακινητοποίηση ενός οχήματος πριν από κάποιο εμπόδιο που εμφανίζεται απροσδόκητα επάνω στο οδόστρωμα και αποτελεί άθροισμα δύο επιμέρους μηκών (Σχήμα 4.1): του **μήκους αντίδρασης** (διαδρομή που διανύει το όχημα από τη στιγμή που ο οδηγός αντιλαμβάνεται την ύπαρξη του εμποδίου, μέχρι τη στιγμή που αρχίζει η τροχοπέδηση) και του **μήκους τροχοπέδησης** (διαδρομή που διανύει το όχημα από τη στιγμή που αρχίζει η τροχοπέδηση με ακινητοποιημένους τροχούς, μέχρι την πλήρη στάση του οχήματος).

Γενικά, το απαιτούμενο ΜΟΣ υπολογίζεται θεωρώντας την κίνηση του οχήματος σε ευθυγραμμία, λαμβάνοντας σταθερή ή μέση τιμή κλίσης στη μηκοτομή. Δεν λαμβάνεται υπόψη στο μήκος πέδησης η επιρροή της μεταβαλλόμενης κλίσης στις κυρτές και κοίλες καμπύλες μηκοτομής, καθώς και το ποσοστό της τριβής που δεσμεύεται στην εγκάρσια διεύθυνση κατά την κίνηση οχήματος σε καμπύλη τροχιά. Το πρώτο έχει ως αποτέλεσμα, κατά τον προσδιορισμό των κυρτών καμπύλων στη μηκοτομή, να απαιτείται πρόσθετη διερεύνηση σε περιπτώσεις κατά τις οποίες οι τιμές της κλίσης αποχώρησης από την κυρτή καμπύλη είναι αυξημένες (Mavromatis et al., 2015).

Αντίστοιχα, το **διατιθέμενο ΜΟΣ** σχετίζεται με το εμπρόσθιο οπτικό πεδίο του οδηγού, σε κάθε θέση της οδού.

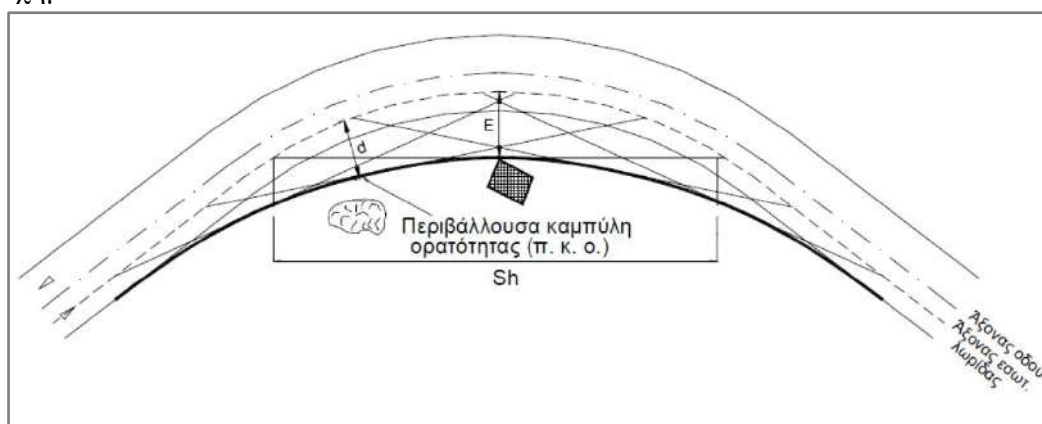


Σχήμα 4.1: Απαιτούμενο ΜΟΣ. (Κανελλαΐδης, Μαλέρδος, Καλτσούνης & Γλαρός, 2010)

Γενικά, θα πρέπει να διατίθεται σε όλο το μήκος της οδού απόσταση ορατότητας τουλάχιστον ίση με το απαιτούμενο ΜΟΣ. Σε αντίθετη περίπτωση, θα υπάρχει τμήμα της οδού με περιορισμένη ορατότητα. Η επάρκεια ορατότητα κατά μήκος μιας οδού συνεπάγεται τη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης οδικών ατυχημάτων.

Το διατιθέμενο ΜΟΣ επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες (Κανελλαΐδης et al., 2012):

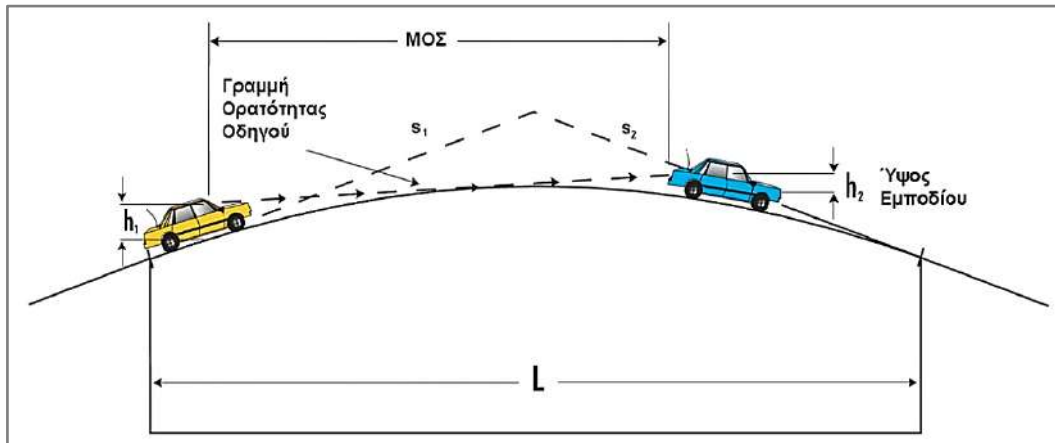
- Στην **οριζοντιογραφία**, το βασικότερο στοιχείο που επηρεάζει τα επίπεδα ορατότητας είναι η ακτίνα των καμπυλών. Γενικά, οι οριζοντιογραφικές καμπύλες, ιδιαίτερα αυτές μικρής ακτίνας, έχουν ως συνέπεια τη μειωμένη ορατότητα στην περιοχή της εσωτερικής οριογραμμής, όπου ενδεχομένως απαιτείται η εξασφάλιση πρόσθετου χώρου ελεύθερου εμποδίων. Για τον προσδιορισμό του εύρους του χώρου ελεύθερου εμποδίων, ορίζεται γραφικά η **Περιβάλλουσα Καμπύλη Ορατότητας (ΠΚΟ)**, η οποία εφάπτεται στις χορδές που αντιστοιχούν σε τόξα με μήκη ίσα με το ΜΟΣ και συνδέουν σημεία του άξονα της εσωτερικής λωρίδας κυκλοφορίας της οδού, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 4.2.



Σχήμα 4.2: Έλεγχος ορατότητας με βάση την οριζόντια χάραξη της οδού.
(Κανελλαΐδης, Μαλέρδος, Καλτσούνης & Γλαρός, 2010)

- Όσον αφορά στη **μηκοτομή**, το διατιθέμενο μήκος ορατότητας εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της χάραξης, καθώς και τα ύψη οφθαλμού και εμποδίου (η οδός θεωρείται ευθύγραμμη). Ο προσδιορισμός τόσο των κυρτών, όσο και των κοίλων κατακόρυφων τόξων βασίζεται, όπως έχει ήδη αναφερθεί, στην επάρκεια ΜΟΣ. Στο Σχήμα 4.3 απεικονίζεται η μέθοδος προσδιορισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ με βάση τη μηκοτομή της οδού.
- Επιπλέον, υπάρχουν περιπτώσεις όπου ο **συνδυασμός των στοιχείων της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής αποτελεί περιοριστικό παράγοντα της ορατότητας**, ακόμη και αν τα επιμέρους στοιχεία χάραξης στην οριζοντιογραφία και στη μηκοτομή είναι σύμφωνα με τις αντίστοιχες διατάξεις των οδηγιών σχεδιασμού οδών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η επαλληλία οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, ιδιαίτερα όταν

έπεται η πρώτη της δεύτερης, όπου κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, υπάρχει πιθανότητα σημαντικού περιορισμού του διατιθέμενου μήκους ορατότητας.



Σχήμα 4.3: Έλεγχος ορατότητας με βάση τη μηκοτομή της οδού.
(Μαυρομάτης, Ψαριανός, Μερτζάνης, Τσιούγκος & Σουπιωνάς, 2012)

- Αναφορικά με τη **διατομή**, το ύψος της κεντρικής διαχωριστικής νησίδας ενδέχεται να περιορίσει το διατιθέμενο ΜΟΣ σε αριστερόστροφες καμπύλες, και αντίστοιχα, το ύψος του πλευρικού στηθαίου ασφαλείας ενδέχεται να περιορίσει την ορατότητα σε δεξιόστροφες καμπύλες. Τα παραπάνω προβλήματα, αν και θεωρητικά τουλάχιστον μπορούν να περιοριστούν με τη διεύρυνση της εσωτερικής και εξωτερικής αντίστοιχα λωρίδας καθοδήγησης, εντούτοις, όπως έχει δείξει η πράξη, τα αυξημένα πλάτη των λωρίδων αυτών περισσότερο περιπλέκουν παρά επιλύουν το πρόβλημα, καθώς σε πολλές περιπτώσεις ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν ως πρόσθετες λωρίδες προσπέρασης.
- Ο **παράπλευρος χώρος της οδού** επηρεάζει την παρεχόμενη ασφάλεια στην οδό και μπορεί να συμβάλει στον περιορισμό της ορατότητας, σε συνδυασμό και με άλλα χαρακτηριστικά της οδού, για παράδειγμα τις οριζοντιογραφικές καμπύλες. Συνεπώς, θα πρέπει να ελέγχονται ως προς την επάρκεια ορατότητας, εμπόδια όπως αυτά που δημιουργούνται από την κλίση πρανών, τα τοιχεία αντιστήριξης κ.λπ., ενώ γενικά θα πρέπει, ανά περίπτωση, να ορίζεται και μια ελάχιστη απόσταση από τις οριογραμμές του οδοστρώματος, η οποία όμως θα είναι μεταβαλλόμενη σε σχέση με τη χάραξη της οδού.

Συμπερασματικά, σε χαράξεις όπου ακολουθούνται οι προτεινόμενες ελάχιστες τιμές παραμέτρων σχεδιασμού με βάση την επιλεγείσα ταχύτητα σχεδιασμού, κατά την κίνηση οχήματος σε ευθυγραμμία, υπάρχει επάρκεια ΜΟΣ μόνο σε σταθερή κατά μήκος κλίση, καθώς στην περιοχή εξόδου της κυρτής καμπύλης, ιδιαίτερα σε αυξημένης κλίσης κατωφέρειες, απαιτείται πρόσθετη διερεύνηση. Επίσης, σε οριζοντιογραφικές καμπύλες, ο παρόδιος χώρος πιθανόν να επιβάλλει πρόσθετους περιορισμούς στην επάρκεια ΜΟΣ. Ωστόσο, η αλληλεπίδραση των στοιχείων της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής σε σύνθετες χαράξεις, επιβάλλει περαιτέρω περιορισμούς. Επιπροσθέτως, τα στοιχεία του παρόδιου χώρου τα οποία ενδεχομένως να περιορίσουν ακόμα περισσότερο την ορατότητα περιλαμβάνουν τα στηθαία

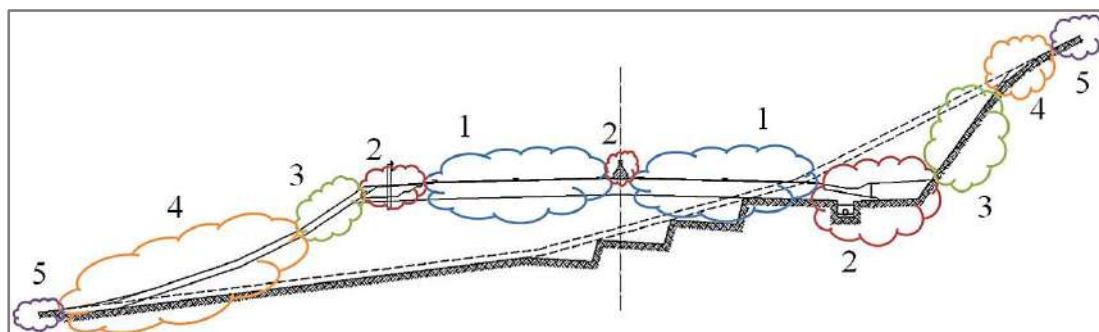
ασφαλείας (κεντρικό και πλευρικά στηθαία), τους τοίχους αντιστήριξης, καθώς και τα χωματουργικά έργα των πρανών.

Λόγω του συνδυασμού όλων αυτών των περιορισμών, ενδεχομένως να προκύψουν αρκετά προβλήματα και κρίσιμες καταστάσεις κατά μήκος μιας οδού. Επομένως, από τα παραπάνω αναδεικνύεται η **σημασία της εξέτασης του οδικού έργου τόσο στο σύνολό του, όσο και σε σχέση με στοιχεία του περιβάλλοντος χώρου, καθώς και της αλληλεπίδρασης των διαφορετικών στοιχείων της οδού** (συνδυασμός στοιχείων οριζοντιογραφίας και μηκοτομής).

Στα παρακάτω εδάφια περιγράφεται η προτεινόμενη **αναλυτική μέθοδος για τον προσδιορισμό του ΜΟΣ σε σύνθετο τρισδιάστατο οδικό περιβάλλον**.

4.1.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΥΠΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

Ανεξάρτητα από το είδος και την κατηγορία μιας οδού, μπορεί να θεωρηθεί ότι οι διάφορες τυπικές διατομές που χρησιμοποιούνται στην οδοποιία αποτελούνται από ένα σύνολο κοινών χαρακτηριστικών τμημάτων, τα οποία είναι ο **κυκλοφοριακός χώρος**, οι **διαμορφώσεις της οδού**, τα **πρανή**, οι **διαμορφώσεις του εδάφους** και το **έδαφος**. Τα παραπάνω τμήματα σημειώνονται στο Σχήμα 4.4 που ακολουθεί, όπου απεικονίζεται μια τυπική διατομή διαχωρισμένης οδού με δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση.



Σχήμα 4.4: Χαρακτηριστικά τμήματα μιας τυπικής διατομής: 1. κυκλοφοριακός χώρος, 2. διαμορφώσεις της οδού, 3. πρανή, 4. διαμορφώσεις του εδάφους, 5. έδαφος.

Όλα τα επιμέρους τμήματα έχουν γενικά σταθερά πλάτη κατά μήκος της οδού, με εξαίρεση τα πρανή, στα οποία το πλάτος μεταβάλλεται μεταξύ των διατομών της οδού. Οι τιμές στις εγκάρσιες κλίσεις του οδοστρώματος μεταβάλλονται στις περιοχές όπου το επιβάλλουν λόγοι δυναμικής του οχήματος, αλλά και αποστράγγισης της οδού.

Στη συνέχεια ακολουθεί συνοπτική περιγραφή των επιμέρους χαρακτηριστικών τμημάτων τα οποία συνθέτουν μια τυπική διατομή:

- **Κυκλοφοριακός χώρος**, ο οποίος αποτελείται από τα εξής συστατικά μέρη:

- Τις **λωρίδες κυκλοφορίας**, οι οποίες χρησιμοποιούνται από τα οχήματα. Το πλάτος τους παραμένει σταθερό για μεγάλα τμήματα της οδού, ενώ οι επικλίσεις (εγκάρσιες κλίσεις) μεταβάλλονται ανάλογα με το εκάστοτε τμήμα της οριζοντιογραφίας (ευθυγραμμία, τόξο συναρμογής ή κυκλικό τόξο), την ταχύτητα και την ακτίνα της καμπύλης. Το πλάτος και το πλήθος των λωρίδων κυκλοφορίας είναι δυνατόν να μεταβάλλεται σε ορισμένες περιπτώσεις, για παράδειγμα σε οδούς εντός αστικών περιοχών με υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, σε οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας με χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, σε αγροτικές περιοχές, σε κόμβους κ.λπ..
- Τη **λωρίδα έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ)**, η οποία χρησιμοποιείται από τα οχήματα σε περιπτώσεις εκδήλωσης μηχανικών βλαβών ή από ασθενοφόρα, πυροσβεστικά οχήματα κ.λπ., κατά τη διάρκεια κυκλοφοριακής συμφόρησης. Η ΛΕΑ έχει συνήθως σταθερό πλάτος για μεγάλα τμήματα της οδού και εφαρμόζεται σε οδούς με διαχωρισμένο οδόστρωμα.
- Τις εσωτερικές – εξωτερικές λωρίδες καθοδήγησης.

Συνοψίζοντας, τα παραπάνω συστατικά μέρη έχουν γενικά σταθερά γεωμετρικά χαρακτηριστικά κατά μήκος της οδού.

- **Διαμορφώσεις της οδού:** αποτελούνται από το κεντρικό τμήμα της οδού, το οποίο συνήθως έχει σταθερά γεωμετρικά χαρακτηριστικά κατά μήκος της οδού και τα τμήματα της οδού τα οποία βρίσκονται μεταξύ του κυκλοφοριακού χώρου και των πρανών. Τα συγκεκριμένα τμήματα συνιστούν τα ερείσματα της οδού και εξυπηρετούν διάφορες ανάγκες (π.χ. παρέχουν τη δυνατότητα εξόδου από τις λωρίδες κυκλοφορίας σε έκτακτες περιπτώσεις, όταν δεν υπάρχει ΛΕΑ στην οδό, παρέχουν την απαραίτητη έκταση για την τοποθέτηση μεταλλικών στηθαίων ασφαλείας, ιστών οδοφωτισμού, χρησιμοποιούνται για τη συλλογή και απορροή των ομβρίων της οδού, μέσω τάφρων τριγωνικής ή τραπεζοειδούς διατομής κ.λπ.). Οι διαμορφώσεις της οδού έχουν σταθερά γεωμετρικά χαρακτηριστικά, όσον αφορά στο πλάτος και την εγκάρσια κλίση, για μεγάλα τμήματα κατά μήκος της οδού.
- **Πρανή:** αποτελούν τα συνδετήρια μέρη μεταξύ του άκρου των διαμορφώσεων της οδού και του εδάφους. Η μορφή των πρανών και οι κλίσεις τους καθορίζονται σύμφωνα με τις γεωτεχνικές μελέτες της οδού. Τα πρανή έχουν σταθερά γεωμετρικά χαρακτηριστικά για μεγάλα τμήματα κατά μήκος της οδού, όσον αφορά στην κλίση. Ωστόσο, τα πλάτη τους μεταβάλλονται μεταξύ των διαδοχικών διατομών, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εδάφους, και συγκεκριμένα τα πλάτη διαφέρουν σε κάθε χιλιομετρική θέση της οδού.
- **Διαμορφώσεις του εδάφους:** χρησιμοποιούνται μεταξύ των πρανών και του εδάφους. Κάποια τμήματά τους είναι μεταβλητού πλάτους μεταξύ των διατομών της οδού, ενώ κάποια άλλα είναι σταθερού πλάτους, προκειμένου να υπάρχει ομαλή μετάβαση από το πρανές προς το έδαφος.

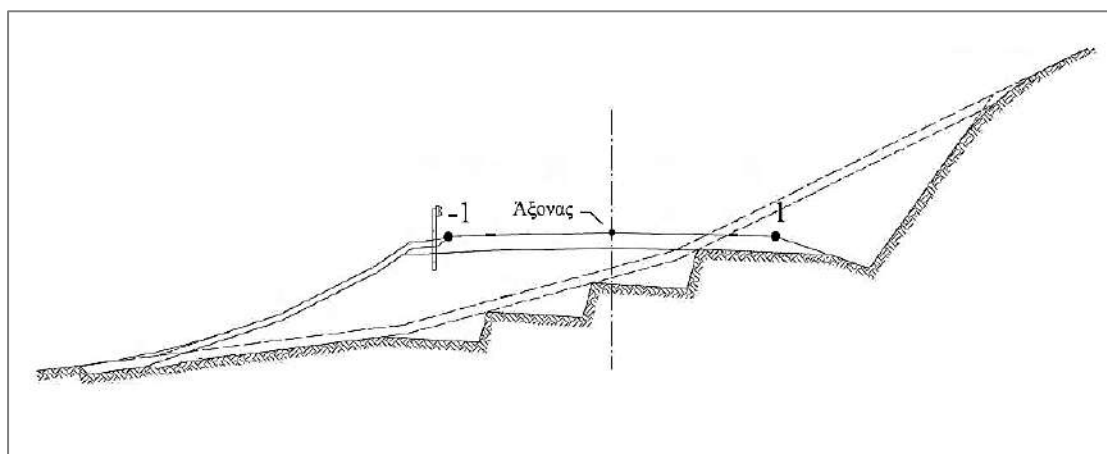
4.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΟΔΟΥ

4.2.1 ΟΔΟΓΡΑΜΜΕΣ

Προκειμένου να είναι δυνατή η τοποθέτηση του οφθαλμού του οδηγού πλευρικά και σε οποιαδήποτε απόσταση από τον άξονα της τυπικής διατομής της υπό μελέτη οδού, καθώς και για τον προσδιορισμό των επιπέδων ορατότητας λόγω της ύπαρξης των κατασκευαστικών στοιχείων και του εξοπλισμού της οδού που αποτελούν εν δυνάμει εμπόδια όρασης (πρανή, στηθαία, τοίχοι αντιστήριξης κ.λπ.), εισάγεται η έννοια των «οδογραμμών».

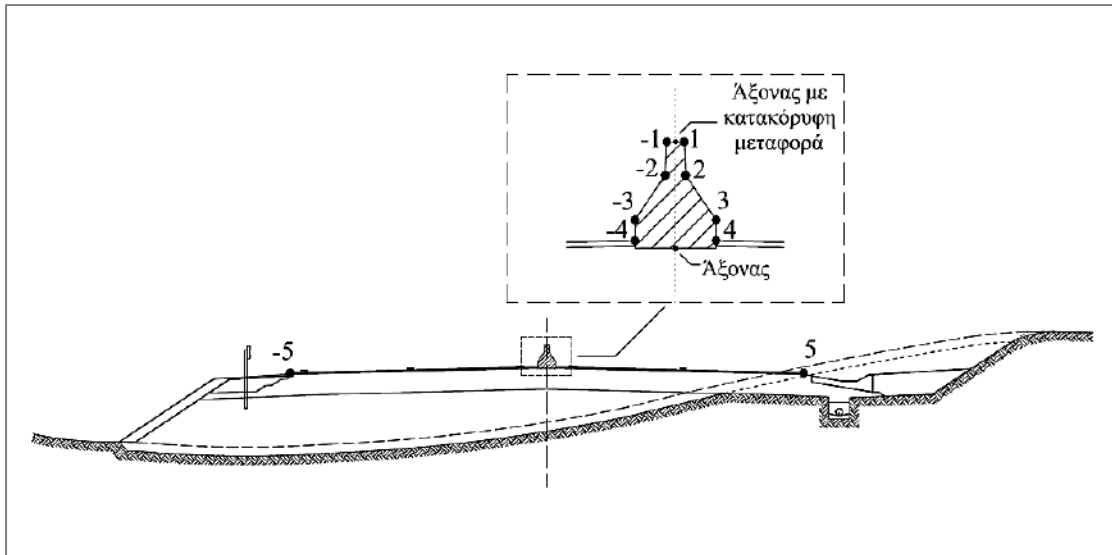
Οι οδογραμμές ορίζονται ως γραμμές οι οποίες διατρέχουν την οδό κατά τη διαμήκη έννοια και χωρίζουν τη διατομή της σε τμήματα με ομοιόμορφες ή γραμμικά μεταβαλλόμενες επικλίσεις (κατάστρωμα της οδού) και εγκάρσιες κλίσεις (λοιπά στοιχεία διατομής). Επιπλέον, οδογραμμές μπορούν να οριστούν και πέραν του κυκλοφοριακού χώρου, καθώς και για τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά τμήματα της διατομής της οδού, δηλαδή τα στοιχεία του παρόδιου χώρου, τα πρανή (επιχώματα και ορύγματα) και την τομή εδάφους και πρανών της οδού.

Για παράδειγμα, στην περίπτωση απλής τυπικής διατομής, ως οδογραμμές ορίζονται ο άξονας της οδού και τα άκρα του οδοστρώματος εκατέρωθεν του άξονα, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 4.5.



Σχήμα 4.5: Οδογραμμές σε μη διαχωρισμένη οδό μίας λωρίδας κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση (το αρνητικό πρόσημο αναφέρεται στην αριστερή πλευρά της οδού).

Στην περίπτωση τυπικής διατομής με κεντρικό στηθαίο τύπου Jersey, ο άξονας της οδού τοποθετείται στο μέσον του κεντρικού τμήματος της διατομής (το κεντρικό τμήμα θεωρείται οριζόντιο στην περιοχή του κεντρικού στηθαίου) και οι οδογραμμές ορίζονται όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 4.6.



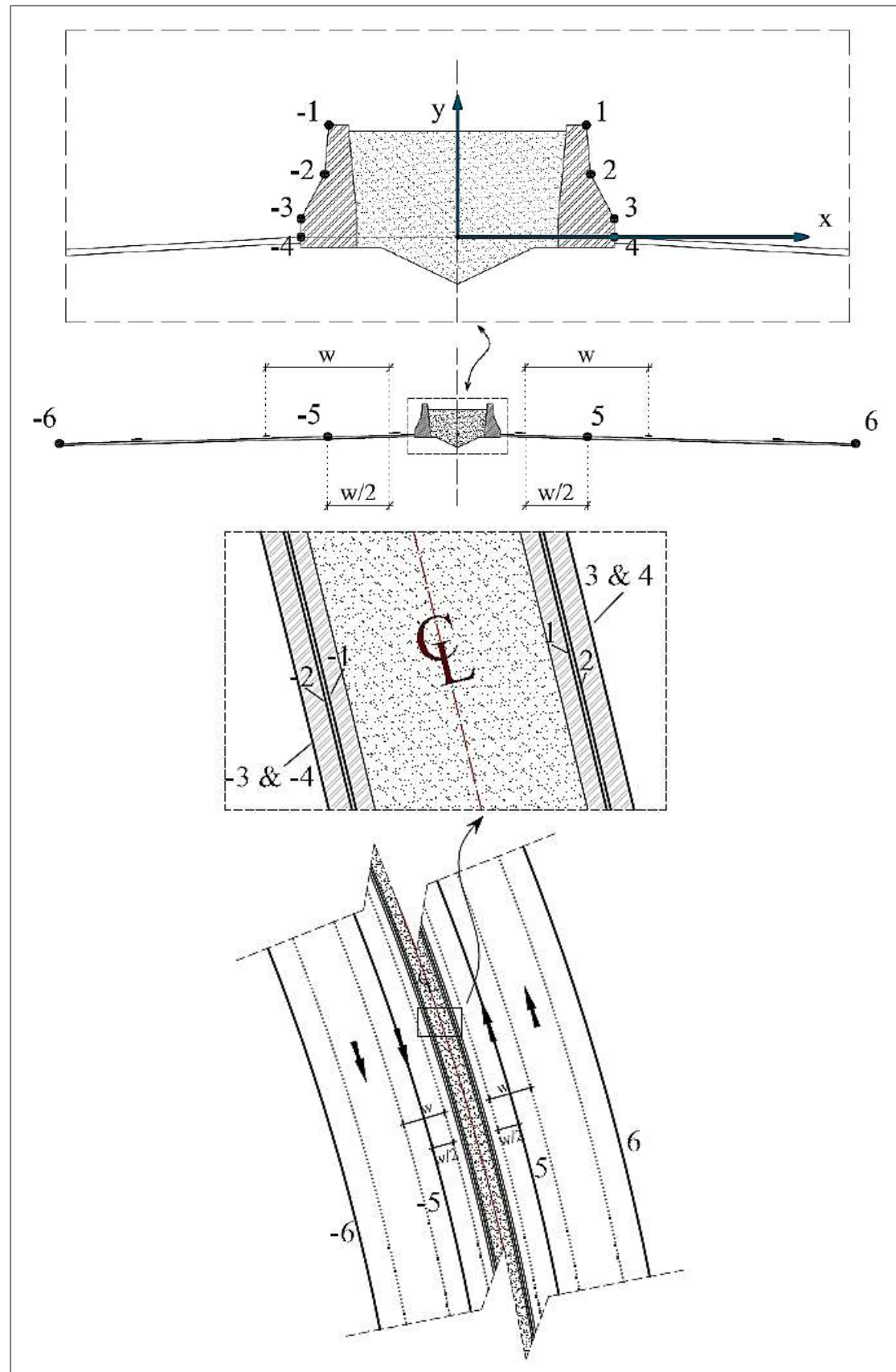
Σχήμα 4.6: Οδογραμμές σε διαχωρισμένη οδό δύο λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση (τα αρνητικά πρόσημα αναφέρονται στην αριστερή πλευρά της οδού).

Στο Σχήμα 4.7 απεικονίζονται σε κάτοψη και εγκάρσια τομή οι απαιτούμενες οδογραμμές προκειμένου να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος επάρκειας ΜΟΣ στη λωρίδα προσπέρασης σε τμήμα αριστερόστροφης καμπύλης μιας διαχωρισμένης οδού με δύο λωρίδες κυκλοφορίας και ΛΕΑ ανά κατεύθυνση.

Πιο συγκεκριμένα, εκτός από τον άξονα της οδού, θα πρέπει να καθοριστούν έξι οδογραμμές ανά κατεύθυνση:

- τέσσερις οδογραμμές για την περιγραφή της διάταξης του κεντρικού στηθαίου ασφαλείας τύπου Jersey (γραμμές που διέρχονται από τα σημεία 1 έως 4)
- μία οδογραμμή για τον καθορισμό και την περιγραφή της θέσης του οφθαλμού του οδηγού στη διατομή, καθώς και το εμπόδιο, σε απόσταση από τον άξονα ίση με το μισό του πλάτους της λωρίδας προσπέρασης (γραμμή που διέρχεται από το σημείο 5)
- μία οδογραμμή για την περιγραφή του άκρου του οδοστρώματος (γραμμή που διέρχεται από το σημείο 6).

Κατά τη διαδικασία καθορισμού των οδογραμμών παράγεται ένας συνολικός αριθμός n διατομών της οδού, ο οποίος προκύπτει ως το συνολικό μήκος της οδού διαιρεμένο με το βήμα υπολογισμών (απόσταση διαδοχικών διατομών) που έχει επιλεγεί από τον χρήστη. Η ακρίβεια προσδιορισμού του διαθέσιμου ΜΟΣ εξαρτάται από το βήμα υπολογισμών που έχει επιλεγεί. Είναι λογικό ότι η επιλογή μικρότερων βημάτων προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια στο τελικό αποτέλεσμα, αλλά παράλληλα αυξάνεται και ο χρόνος εκτέλεσης των υπολογισμών. Γενικά, τιμές βήματος από 2m έως 5m παράγουν αποτελέσματα ικανοποιητικής ακρίβειας. Τέλος, το βέλτιστο βήμα δύναται να προσδιοριστεί μέσω της διενέργειας δοκιμών.



Σχήμα 4.7: Διάταξη οδογραμμών σε εγκάρσια τομή (πάνω) και κάτοψη (κάτω) για τη διερεύνηση επάρκειας ΜΟΣ στη λωρίδα προσπέρασης (πλάτους w) διαχωρισμένης οδού με δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση (το αρνητικό πρόσημο αντιστοιχεί στην αριστερή κατεύθυνση κυκλοφορίας).

Οι οδογραμμές αναπαρίστανται σε κάθε διατομή από τα αντίστοιχα σημεία, με χρήση σχετικού συστήματος συντεταγμένων ($x - y$), με αρχή του συστήματος το σημείο που αντιστοιχεί στον άξονα της οδού. Έτσι, κάθε οδογραμμή στη διατομή περιγράφεται από την οριζόντια και κατακόρυφη απόστασή της από το σημείο που αντιπροσωπεύει τον άξονα της οδού. Στη συνέχεια, οι σχετικές αυτές συντεταγμένες κάθε διατομής μετατρέπονται σε απόλυτες συντεταγμένες για όλη την οδό.

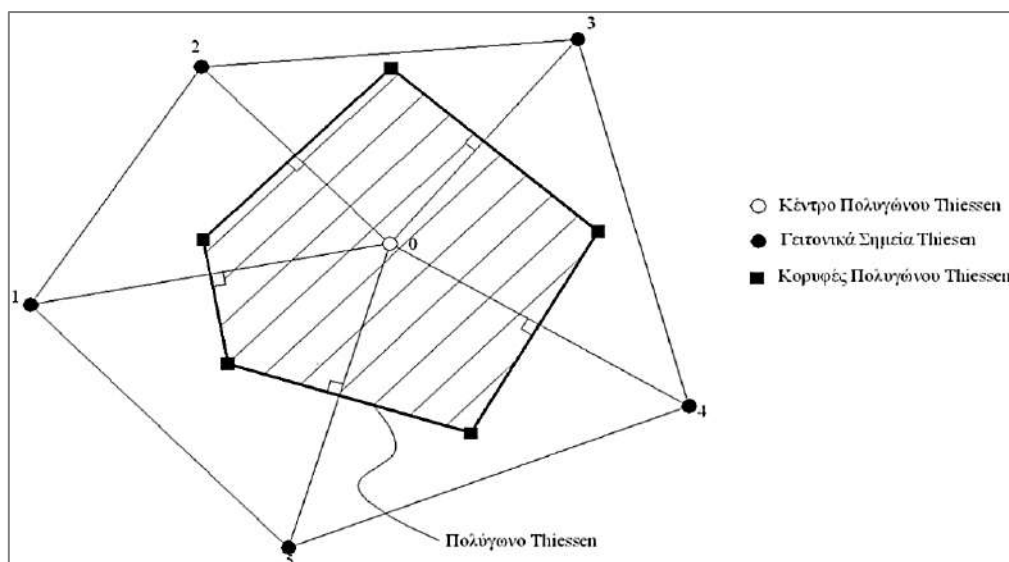
Στη συνέχεια, μέσω της σύνδεσης ενός σημείου μιας οδογραμμής με δύο σχετικά σημεία μιας γειτονικής διατομής, δημιουργείται ένα δίκτυο τριγώνων που αντιπροσωπεύει την επιφάνεια της οδού. Η δημιουργία του τελικού προσομοιώματος της οδού βασίζεται στον **τριγωνισμό** των χαρακτηριστικών τμημάτων που αναφέρθηκαν προηγουμένως, όπως περιγράφεται στη συνέχεια.

4.2.2 ΤΡΙΓΩΝΙΣΜΟΣ

Η δημιουργία του προσομοιώματος της οδού και του περιβάλλοντός της βασίζεται στη μέθοδο του τριγωνισμού των επιμέρους τμημάτων που την αποτελούν, όπως περιγράφεται στα επόμενα.

Με χρήση της μεθόδου του τριγωνισμού, δημιουργείται το **Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Terrain Model – DTM)** της περιοχής μελέτης. Η μέθοδος βασίζεται στη δημιουργία δικτύου τριγώνων, επί του εδάφους, σύμφωνα με τυχαία συλλεχθέντα σημεία εδάφους (συντεταγμένες). Μέσω της εφαρμογής της μεθόδου, τα συλλεχθέντα δεδομένα χρησιμοποιούνται άμεσα για τη δημιουργία τριγώνων, ενώ η χρήση τριγώνων διευκολύνει την εισαγωγή ιδιαίτερων μορφολογικών στοιχείων στο πρότυπο εδάφους. Με τον τριγωνισμό επιδιώκεται η δημιουργία ενός μοναδικού συνόλου τριγώνων, κατά το δυνατόν ισόπλευρων και με μικρές πλευρές, με κορυφές τα συλλεχθέντα σημεία.

Ο τριγωνισμός πραγματοποιείται με χρήση της «**μεθόδου Delaunay**» (Delaunay, 1934). Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην αρχή του Delaunay, σύμφωνα με την οποία τρία σημεία σχηματίζουν τρίγωνο, εφόσον εντός του περιγεγραμμένου κύκλου τους δεν υπάρχει άλλο σημείο. Για την εφαρμογή της μεθόδου, είναι αναγκαία η κατασκευή «**πολυγώνων Thiessen**», με τη βοήθεια των οποίων επιδιώκεται ο καθορισμός της περιοχής επιρροής των σημείων. Για κάθε σημείο σχηματίζεται πολύγωνο Thiessen, με κορυφές τα σημεία τομής των μεσοκαθέτων των πλευρών τριγώνων των οποίων το σημείο αποτελεί κορυφή (Σχήμα 4.8). Οι κορυφές των πολυγώνων ονομάζονται «**γειτονικά σημεία Thiessen**».

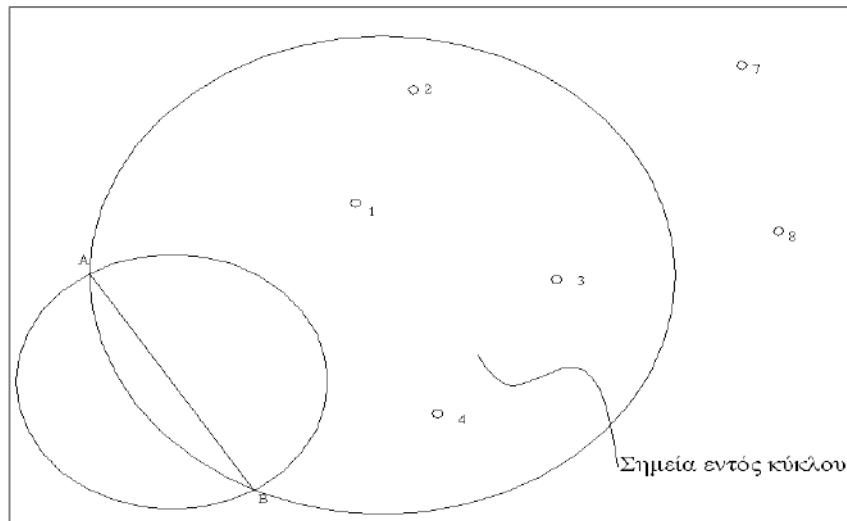


Σχήμα 4.8: Πολύγωνο Thiessen. (Petrie & Kennie, 1990)

Σύμφωνα με τη μέθοδο, καθορίζονται αυθαίρετα συνοριακά σημεία ώστε να δημιουργηθεί περίμετρος για την εξεταζόμενη περιοχή. Χρησιμοποιώντας τα συλλεχθέντα και τα συνοριακά σημεία, δημιουργούνται τα τρίγωνα της περιοχής, εντός της περιμέτρου της. Επιλέγονται τυχαία δύο συνοριακά σημεία (έστω Α και Β), στη δεξιά πλευρά της περιμέτρου, και δημιουργείται η πρώτη πλευρά τριγώνου («γραμμή βάσης»). Τα σημεία αυτά αποτελούν τα αρχικά γειτονικά σημεία Thiessen. Για την εύρεση του επόμενου γειτονικού σημείου Thiessen σχηματίζεται κύκλος διαμέτρου ΑΒ και εξετάζεται αν στα δεξιά του τμήματος ΑΒ, κάποιο σημείο βρίσκεται εντός αυτού. Εάν δεν βρίσκεται κανένα σημείο εντός του κύκλου, αυξάνεται η διάμετρός του (για παράδειγμα διπλασιάζεται), οπότε η πλευρά ΑΒ γίνεται χορδή του κύκλου (Σχήμα 4.9). Από τη στιγμή που κάποια από τα σημεία βρίσκονται εντός του κύκλου, εξετάζεται το καθένα ξεχωριστά, για να βρεθεί ποιο είναι αυτό το οποίο ικανοποιεί τα κριτήρια για το πλησιέστερο γειτονικό σημείο Thiessen.

Όταν το πλησιέστερο γειτονικό σημείο Thiessen προσδιοριστεί, η διαδικασία αναζήτησης συνεχίζεται για τον προσδιορισμό του επόμενου γειτονικού σημείου Thiessen και ολοκληρώνεται στο επόμενο συνοριακό σημείο. Τα δημιουργούμενα τρίγωνα θεωρείται ότι αποτελούν ένα «κέλυφος». Η αναζήτηση γειτονικών σημείων συνεχίζεται για κάθε σημείο εντός του κελύφους, θεωρώντας το ως αρχικό γειτονικό σημείο, μέχρι να βρεθεί η επόμενη ομάδα από γειτονικά σημεία Thiessen.

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται με συστηματικό τρόπο έως ότου προσδιοριστούν τα γειτονικά σημεία Thiessen όλων των σημείων, οπότε και μπορούν να σχηματιστούν τα αντίστοιχα τρίγωνα του εδάφους.



Σχήμα 4.9: Χάραξη κύκλου για τον προσδιορισμό του επόμενου γειτονικού σημείου Thiessen. (Petrie & Kennie, 1990)

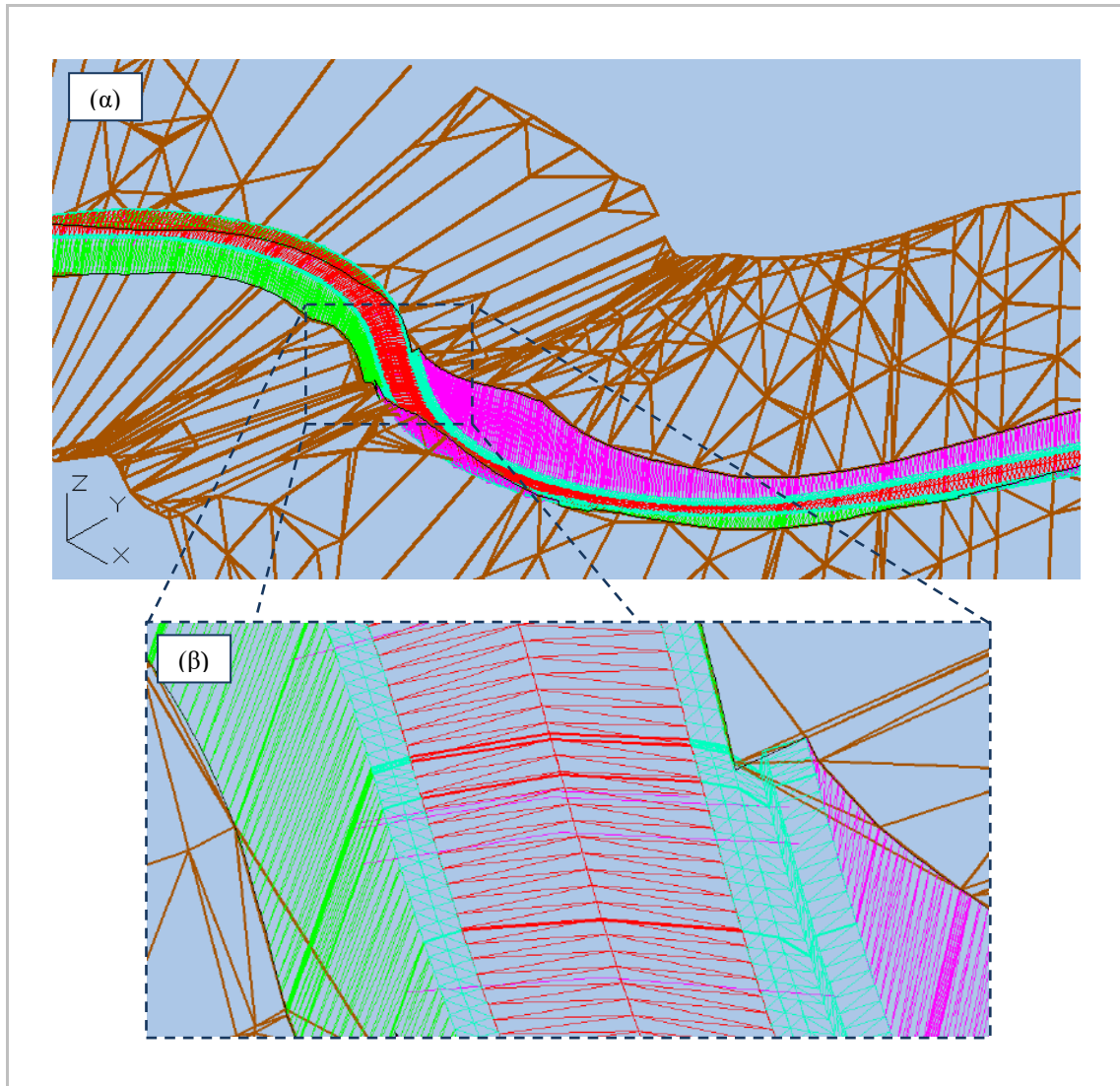
Ο τριγωνισμός της περιοχής του **κυκλοφοριακού χώρου** πραγματοποιείται μέσω της διαίρεσης όλων των οδογραμμών σε έναν αριθμό τμημάτων. Ο αριθμός τμημάτων των οδογραμμών είναι ίσος μεταξύ τους, δεδομένου ότι οι οδογραμμές εκτείνονται από την αρχή έως το τέλος της χάραξης. Επομένως, η δημιουργία τριγώνων είναι μια απλή διαδικασία και πραγματοποιείται με τη σύνδεση ενός σημείου μιας οδογραμμής με δύο σχετικά σημεία της γειτονικής οδογραμμής, με χρήση ευθύγραμμων τμημάτων. Με αυτόν τον τρόπο, δημιουργείται ένα δίκτυο τριγώνων που αναπαριστούν την επιφάνεια της οδού.

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί ο τριγωνισμός των **διαμορφώσεων της οδού** μεταξύ δύο συνεχόμενων διατομών, διακρίνονται δύο ξεχωριστές περιπτώσεις:

- Οι διαμορφώσεις της οδού είναι του ίδιου τύπου (π.χ. διαδοχικές διατομές σε επίχωμα): Σε αυτήν την περίπτωση, ο τριγωνισμός πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο όπως στην κύρια διατομή.
- Οι διαμορφώσεις της οδού δεν είναι του ίδιου τύπου (π.χ. προηγούμενη διατομή σε επίχωμα και επόμενη διατομή σε όρυγμα): Σε αυτήν την περίπτωση, προσδιορίζεται η χιλιομετρική θέση μεταξύ των διαδοχικών διατομών, όπου η παρουσιάζεται η αλλαγή του τύπου των διαμορφώσεων. Η χιλιομετρική θέση αυτή καθορίζεται ανάλογα με το ύψος του πρανούς (επίχωμα ή όρυγμα) μεταξύ των υπό εξέταση δύο συνεχόμενων διατομών.

Ο τριγωνισμός των **πρανών** πραγματοποιείται ομοίως με τον τριγωνισμό των διαμορφώσεων της οδού, όπου γίνεται διάκριση μεταξύ ίδιου ή διαφορετικού τύπου συνεχόμενων πρανών, κατ' αντιστοιχία με τις δύο ξεχωριστές περιπτώσεις στις διαμορφώσεις της οδού, που περιγράφηκαν προηγουμένως. Τέλος, με τον ίδιο τρόπο δημιουργούνται τα τρίγωνα των **διαμορφώσεων του εδάφους**.

Το τελικό προσομοίωμα της οδού και του περιβάλλοντός της προκύπτει με την υπέρθεση του μοντέλου της οδού στο μοντέλο εδάφους, με το μοντέλο της οδού να επικρατεί έναντι του μοντέλου εδάφους στις θέσεις συνύπαρξής τους. Ένα τέτοιο παράδειγμα παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.10.



Σχήμα 4.10: (α) Προσομοίωμα της οδού και του περιβάλλοντός της και (β) λεπτομέρεια κατά την υπέρθεση του μοντέλου της οδού στο μοντέλο εδάφους.

4.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ & ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΟΥ ΜΟΣ

Ως γνωστόν, στην Οδοποιία ορίζονται δύο είδη ΜΟΣ, σε κάθε θέση της οδού, υπό παρόμοιες συνθήκες φωτισμού (Μαυρομάτης et al., 2012):

- Το **απαιτούμενο ΜΟΣ**, το οποίο σχετίζεται με τη δυνατότητα του οχήματος να ακινητοποιηθεί, και εξαρτάται από την οδό (γεωμετρία χάραξης), τον οδηγό (όσον αφορά στη δυνατότητα αντίληψης και αντίδρασης από μέρους του) και το όχημα (όσον αφορά στα παρεχόμενα δυναμικά χαρακτηριστικά του).
- Το **διατιθέμενο ΜΟΣ**, το οποίο σχετίζεται με το τμήμα της οδού που είναι ορατό από τον οδηγό κατά τη διάρκεια της ημέρας, και εξαρτάται από το παρόδιο περιβάλλον (πλευρικά εμπόδια όρασης) και τη γεωμετρία της οδού.

4.3.1 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΜΟΣ

Το απαιτούμενο ΜΟΣ είναι η απαραίτητη απόσταση ώστε ένας οδηγός σε τυπική εγρήγορση, ο οποίος ταξιδεύει σε υγρό οδόστρωμα, να μπορέσει να αντιληφθεί, να αντιδράσει και να ακινητοποιήσει πλήρως και με ασφάλεια το όχημά του προ κινδύνου που εμφανίζεται απροσδόκητα στην οδό εμπρός του.

Σύμφωνα με τις υφιστάμενες οδηγίες σχεδιασμού των οδών, το απαιτούμενο ΜΟΣ αποτελείται από δύο συνιστώσες: την απόσταση που διανύεται κατά τον χρόνο αντίληψης – αντίδρασης του οδηγού έως τη στιγμή που ξεκινά η πέδηση, και την απόσταση που διανύεται κατά τη διάρκεια της πέδησης μέχρι την πλήρη ακινητοποίηση του οχήματος. Γενικά, το ΜΟΣ προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$SSD = V_o t + \frac{V_o^2}{2g(\frac{a}{g} + s)} \quad (4.1)$$

όπου:

- $SSD(m)$: ΜΟΣ
- $V_o(m/s)$: αρχική ταχύτητα του οχήματος (συνήθως η ταχύτητα μελέτης)
- $t(s)$: χρόνος αντίληψης – αντίδρασης
- $g(m/s^2)$: σταθερά παγκόσμιας έλξης
- $a(m/s^2)$: επιβράδυνση οχήματος
- $s(\%/100)$: κατά μήκος κλίση [(+) ανωφέρειες, (-) κατωφέρειες]

Ωστόσο, η παραπάνω προσέγγιση, όπως έχει ήδη αναφερθεί, αγνοεί τα καμπύλα τμήματα τόσο κατά την οριζοντιογραφία, όσο και κατά τη μηκοτομή αφού, αφενός, το μέρος της τριβής που παρέχεται κατά τη διαμήκη διεύθυνση, το οποίο εξυπηρετεί τη διαδικασία πέδησης, συνδέεται άμεσα με την τριβή που απαιτείται εγκάρσια

(Krempel, 1965) και, αφετέρου, η κατά μήκος κλίση στις καμπύλες μηκοτομής είναι μεταβλητή.

Στην ανάλυση ορατότητας που ακολουθεί, ο προσδιορισμός του απαιτούμενου ΜΟΣ ελήφθη με βάση τη **βελτιωμένη προσέγγιση της υφιστάμενης πρακτικής**, όπως αυτή δίδεται στη σχετικά πρόσφατη έρευνα των Mavromatis et al. (2012).

4.3.2 ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΟ ΜΟΣ

Το διατιθέμενο ΜΟΣ ορίζεται ως η μη διακοπτόμενη γραμμή όρασης μεταξύ του οφθαλμού του οδηγού και ενός αντικειμένου – εμποδίου στο οδόστρωμα εμπρός του. Το ΜΟΣ εξαρτάται από τα ύψη του οφθαλμού του οδηγού και του εμποδίου σε σχέση με την επιφάνεια της οδού, καθώς και από τα ύψη και τις θέσεις των εμποδίων όρασης επί ή πλευρικά της οδού. Γενικά, το ύψος του οφθαλμού του οδηγού ισούται με 1,00m για επιβατηγά οχήματα και 2,00m για φορτηγά, ενώ το ύψος του εμποδίου λαμβάνει τιμές από 0,50m έως 1,00m.

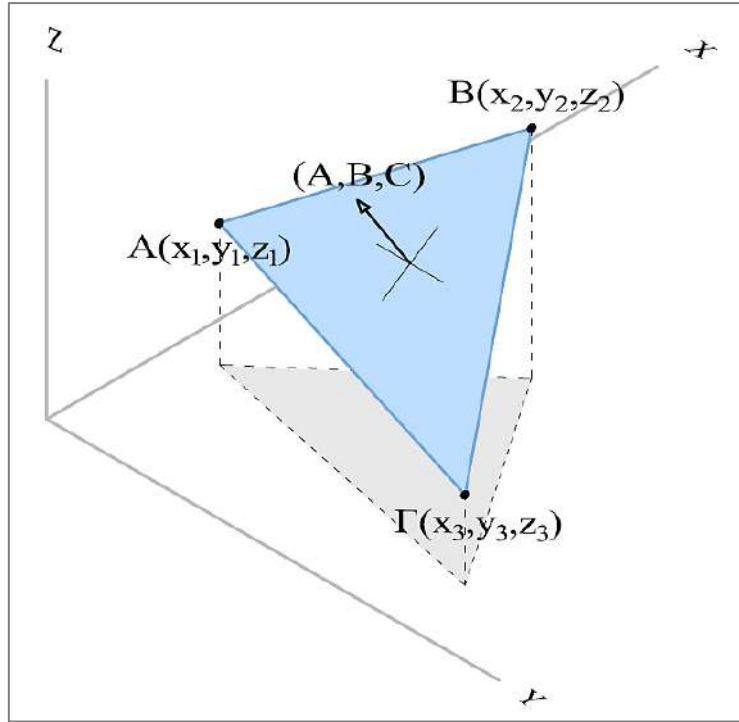
Αναγκαία προϋπόθεση για τον υπολογισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ είναι η δημιουργία του τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου της οδού και του περιβάλλοντός της (έδαφος, πλευρικά εμπόδια).

Τόσο ο οφθαλμός, όσο και το εμπόδιο θεωρείται ότι βρίσκονται σε κάποια απόσταση από τον άξονα της οδού, συνήθως στο μέσον μιας από τις λωρίδες κυκλοφορίας. Οι γραμμές όρασης για διάφορες θέσεις του οδηγού και του αντικειμένου μπορούν να περιγραφούν με χρήση εξισώσεων αναλυτικής γεωμετρίας. Ο υπολογισμός του διατιθέμενου ΜΟΣ βασίζεται στον προσδιορισμό των σημείων τομής μεταξύ των γραμμών όρασης και των τριγώνων που αναπαριστούν την επιφάνεια της οδού και το παρόδιο περιβάλλον, και τα οποία πιθανόν να περιορίζουν την ορατότητα του οδηγού προς το εμπόδιο.

Τα τρίγωνα που αναπαριστούν την επιφάνεια της οδού και του περιβάλλοντός της αποτελούν τμήματα επιπέδων στον τρισδιάστατο χώρο, οι εξισώσεις των οποίων μπορούν να προσδιοριστούν. Ένα επίπεδο ορίζεται από τρία μη συνευθειακά σημεία στον χώρο, τα οποία στη συγκεκριμένη περίπτωση αποτελούν τις κορυφές των τριγώνων. Οι συντεταγμένες των σημείων θεωρούνται γνωστές από τους τριγωνισμούς που περιγράφηκαν παραπάνω. Η εξίσωση ενός επιπέδου το οποίο ορίζεται στον τρισδιάστατο χώρο από τις κορυφές του τριγώνου είναι της μορφής:

$$Ax + By + Cz + D = 0 \quad (4.2)$$

όπου A , B , C και D είναι πραγματικοί αριθμοί και (A, B, C) είναι το κάθετο στο επίπεδο διάνυσμα (Σχήμα 4.11).



Σχήμα 4.11: Τα σημεία A , B και Γ ορίζουν ένα επίπεδο στον χώρο, το οποίο αντιπροσωπεύει τμήμα της επιφάνειας της οδού ή του περιβάλλοντός της.

Με γνωστές τις συντεταγμένες τριών σημείων $A(x_1, y_1, z_1)$, $B(x_2, y_2, z_2)$ και $\Gamma(x_3, y_3, z_3)$ μπορεί να προσδιοριστεί η εξίσωση του επιπέδου στο οποίο αυτά ανήκουν. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, τα σημεία A , B και Γ αντιπροσωπεύουν τις κορυφές του κάθε τριγώνου της οδού ή του περιβάλλοντός της, και το επίπεδο που αυτά σχηματίζουν αντιπροσωπεύει τη μορφή του ανάγλυφου.

Οι συντελεστές A , B , C και D δίνονται από τις ορίζουσες

$$A = \begin{bmatrix} 1 & y_1 & z_1 \\ 1 & y_2 & z_2 \\ 1 & y_3 & z_3 \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

$$B = \begin{bmatrix} x_1 & 1 & z_1 \\ x_2 & 1 & z_2 \\ x_3 & 1 & z_3 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

$$C = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

$$D = - \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

το ανάπτυγμα των οποίων δίνει:

$$A = y_1(z_2 - z_3) + y_2(z_3 - z_1) + y_3(z_1 - z_2) \quad (4.7)$$

$$B = z_1(x_2 - x_3) + z_2(x_3 - x_1) + z_3(x_1 - x_2) \quad (4.8)$$

$$C = x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_1 - y_2) \quad (4.9)$$

$$D = -x_1(y_2 z_3 - y_3 z_2) - x_2(y_3 z_1 - y_1 z_3) - x_3(y_1 z_2 - y_2 z_1) \quad (4.10)$$

Όσον αφορά στη γραμμή όρασης μεταξύ οφθαλμού του οδηγού και αντικειμένου, αναπαρίσταται από μια ευθεία στον τρισδιάστατο χώρο, η οποία ορίζεται από δύο γνωστά σημεία στον χώρο. Τα σημεία αυτά, έστω $E(x_E, y_E, z_E)$ και $O(x_O, y_O, z_O)$ οι συντεταγμένες τους, συμπίπτουν με τις θέσεις του οφθαλμού και του αντικειμένου αντίστοιχα.

Η εξίσωση της γραμμής όρασης (ευθείας) σε παραμετρική μορφή είναι:

$$P(t) = E + \overrightarrow{EO}t, \quad t \in [0,1] \quad (4.11)$$

όπου:

- $P(t)$: σημείο στην ευθεία για μια τιμή της παραμέτρου t
- E : το αρχικό σημείο της ευθείας, για $t = 0$
- $\overrightarrow{EO}$: διάνυσμα που δηλώνει την κατεύθυνση της ευθείας και το οποίο ορίζεται ως $\overrightarrow{EO} = (x_O - x_E, y_O - y_E, z_O - z_E)$

Με αντικατάσταση των παραπάνω στην εξίσωση της γραμμής όρασης, προκύπτουν οι εξής παραμετρικές εξισώσεις:

$$x = x_E + (x_O - x_E)t \quad (4.12)$$

$$y = y_E + (y_O - y_E)t \quad (4.13)$$

$$z = z_E + (z_O - z_E)t \quad (4.14)$$

όπου x, y, z : οι συντεταγμένες ενός σημείου κατά μήκος της γραμμής όρασης, για κάποια τιμή της παραμέτρου t .

Το σημείο τομής μεταξύ επιπέδου και γραμμής όρασης (Σχήμα 4.12), έστω $M(x_M, y_M, z_M)$, προσδιορίζεται μέσω της αντικατάστασης των εξισώσεων της γραμμής όρασης στην εξίσωση του επιπέδου και επίλυσης ως προς t . Από την επίλυση προκύπτει η τιμή της παραμέτρου, έστω t_M , η οποία αντιστοιχεί στο σημείο τομής, δηλαδή:

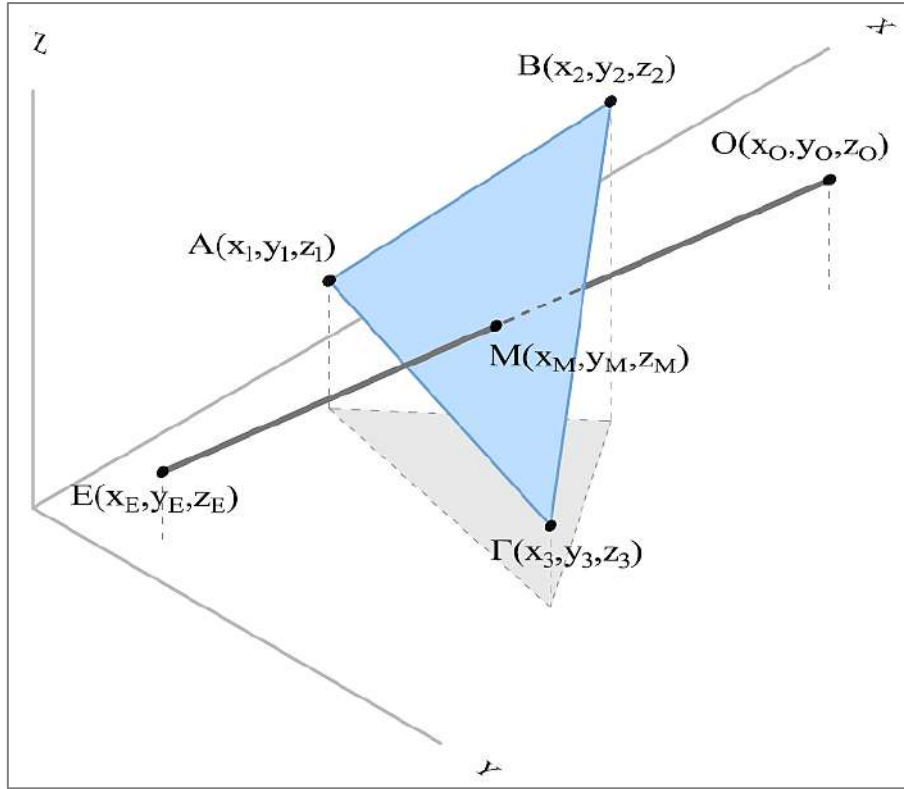
$$t_M = \frac{Ax_O + By_O + Cz_O + D}{A(x_O - x_E) + B(y_O - y_E) + C(z_O - z_E)} \quad (4.15)$$

Τέλος, οι συντεταγμένες του σημείου τομής προσδιορίζονται από τις παραμετρικές εξισώσεις της γραμμής όρασης, για τιμή της παραμέτρου $t = t_M$, δηλαδή:

$$x_M = x_E + (x_O - x_E)t_M \quad (4.16)$$

$$y_M = y_E + (y_O - y_E)t_M \quad (4.17)$$

$$z_M = z_E + (z_O - z_E)t_M \quad (4.18)$$



Σχήμα 4.12: Τομή γραμμής όρασης (ευθείας) και επιπέδου.

Προκειμένου να προσδιοριστεί εάν το σημείο τομής M βρίσκεται εντός της περιοχής του τριγώνου (αφού το τρίγωνο αποτελεί ένα μέρος του αντίστοιχου επιπέδου), χρησιμοποιείται η παρακάτω μέθοδος:

Αρχικά, κατασκευάζεται μια τυχαία ευθεία στην προβολή του τριγώνου – επιπέδου στο οριζόντιο επίπεδο ($X - Y$), η οποία διέρχεται από την προβολή του σημείου M στο ίδιο επίπεδο. Έστω ότι AB , $B\Gamma$ και $A\Gamma$ είναι τα σημεία τομής αυτής της ευθείας με τις αντίστοιχες πλευρές του τριγώνου (ή με τις προεκτάσεις τους). Στη συνέχεια, υπολογίζονται οι ακόλουθες ποσότητες:

$$k = (y_{AB} - y_A)(y_{AB} - y_B) \quad (4.19)$$

$$l = (y_{B\Gamma} - y_B)(y_{B\Gamma} - y_\Gamma) \quad (4.20)$$

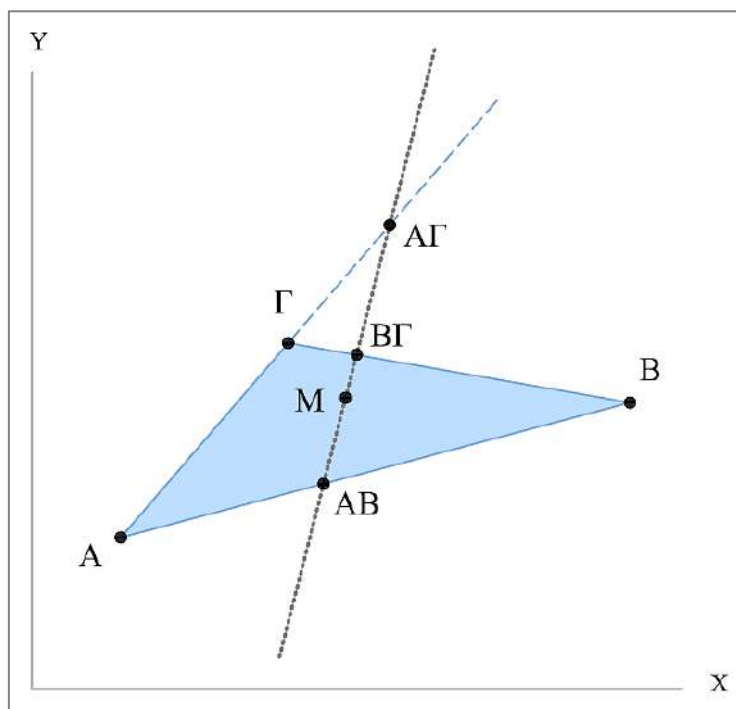
$$m = (y_{A\Gamma} - y_A)(y_{A\Gamma} - y_\Gamma) \quad (4.21)$$

όπου y_{AB} , $y_{B\Gamma}$, $y_{A\Gamma}$, y_A , y_B και y_Γ είναι οι τεταγμένες των σημείων AB , $B\Gamma$, $A\Gamma$, A , B και Γ αντίστοιχα.

Διακρίνονται τέσσερις διαφορετικές περιπτώσεις, όπως απεικονίζεται και στο Σχήμα 4.13 παρακάτω:

1. Εάν $k, l, m > 0$, τότε το σημείο βρίσκεται εκτός τριγώνου
2. Εάν $k, l < 0$ και $m > 0$, τότε:
 - εάν $(y_M - y_{B\Gamma})(y_M - y_{AB}) < 0$, τότε το σημείο βρίσκεται εντός τριγώνου
 - αλλιώς το σημείο βρίσκεται εκτός τριγώνου

3. Εάν $l, m < 0$ και $k > 0$, τότε:
 - εάν $(y_M - y_{BG})(y_M - y_{AG}) < 0$, τότε το σημείο βρίσκεται εντός τριγώνου
 - αλλιώς το σημείο βρίσκεται εκτός τριγώνου
4. Εάν $k, m < 0$ και $l > 0$, τότε:
 - εάν $(y_M - y_{AB})(y_M - y_{AG}) < 0$, τότε το σημείο βρίσκεται εντός τριγώνου
 - αλλιώς το σημείο βρίσκεται εκτός τριγώνου



Σχήμα 4.13: Έλεγχος ώστε το σημείο τομής γραμμής όρασης και επιπέδου να βρίσκεται εντός του τριγώνου.

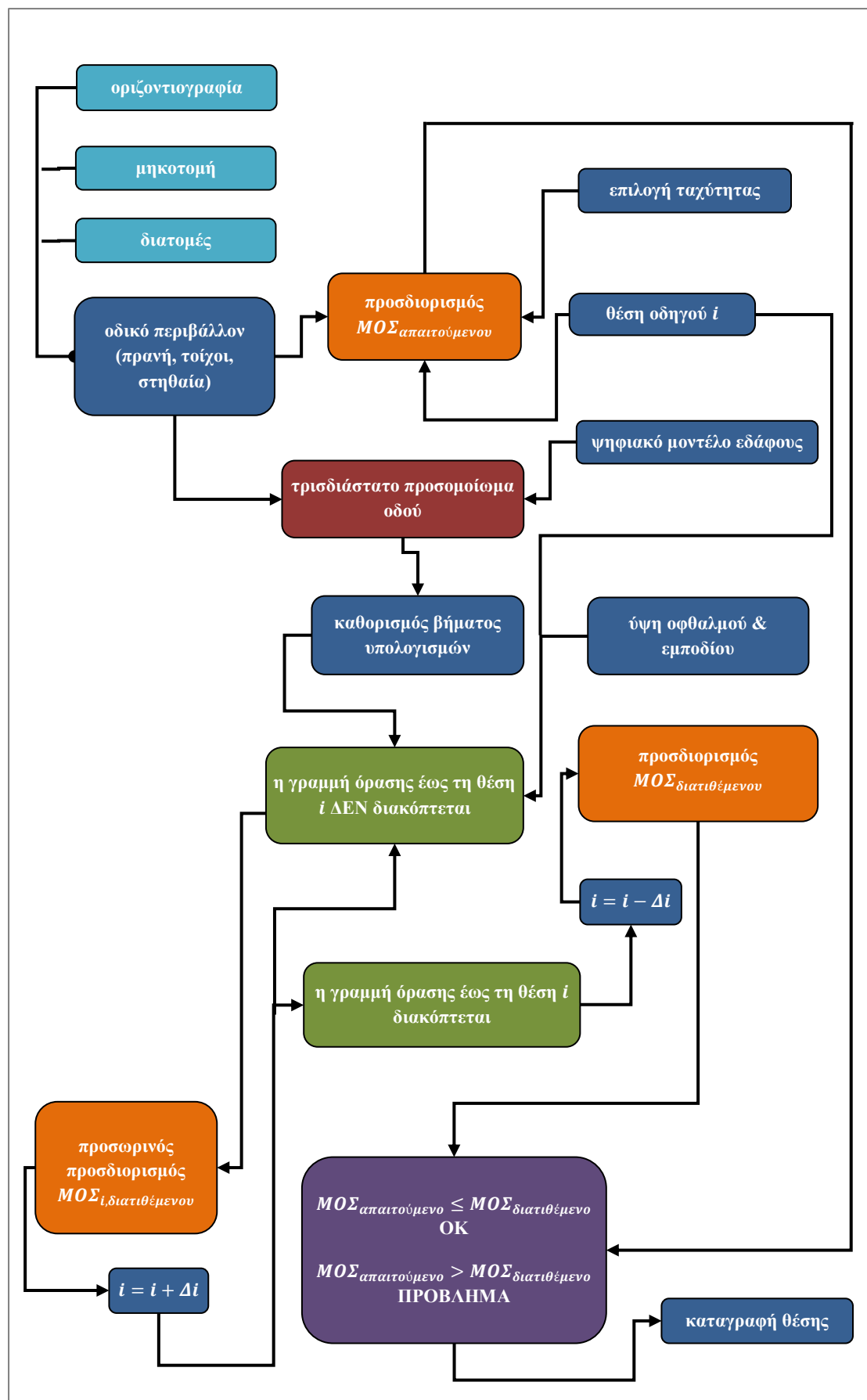
4.3.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΟΣ

Το ΜΟΣ υπολογίζεται στο τελικό προσομοίωμα της οδού και του περιβάλλοντός της, σύμφωνα με τη μέθοδο που παρατέθηκε, αφού πρώτα επιλεγεί η αρχική θέση του οχήματος, καθώς και το βήμα υπολογισμού. Τόσο το απαιτούμενο, όσο και το διατιθέμενο ΜΟΣ, ανάγονται στον άξονα της οδού και μετρώνται με βάση τις διαφορές των χιλιομετρικών θέσεων σε προκαθορισμένη εγκάρσια απόσταση από αυτόν. Η διαδικασία που ακολουθείται αφορά στα εξής:

1. Επιλέγεται η **θέση** στην οποία θα υπολογιστεί το απαιτούμενο και διατιθέμενο ΜΟΣ, η **ταχύτητα** του οχήματος, και καθορίζεται η επιθυμητή εγκάρσια **απόσταση του οφθαλμού – εμποδίου από τον άξονα της οδού**. Συνήθως επιλέγεται το μέσο της εξεταζόμενης λωρίδας κυκλοφορίας.
2. Υπολογίζεται το **απαιτούμενο ΜΟΣ**.
3. Τοποθετείται ο **οφθαλμός** του οδηγού στην αρχική χιλιομετρική θέση κατά μήκος της οδού.

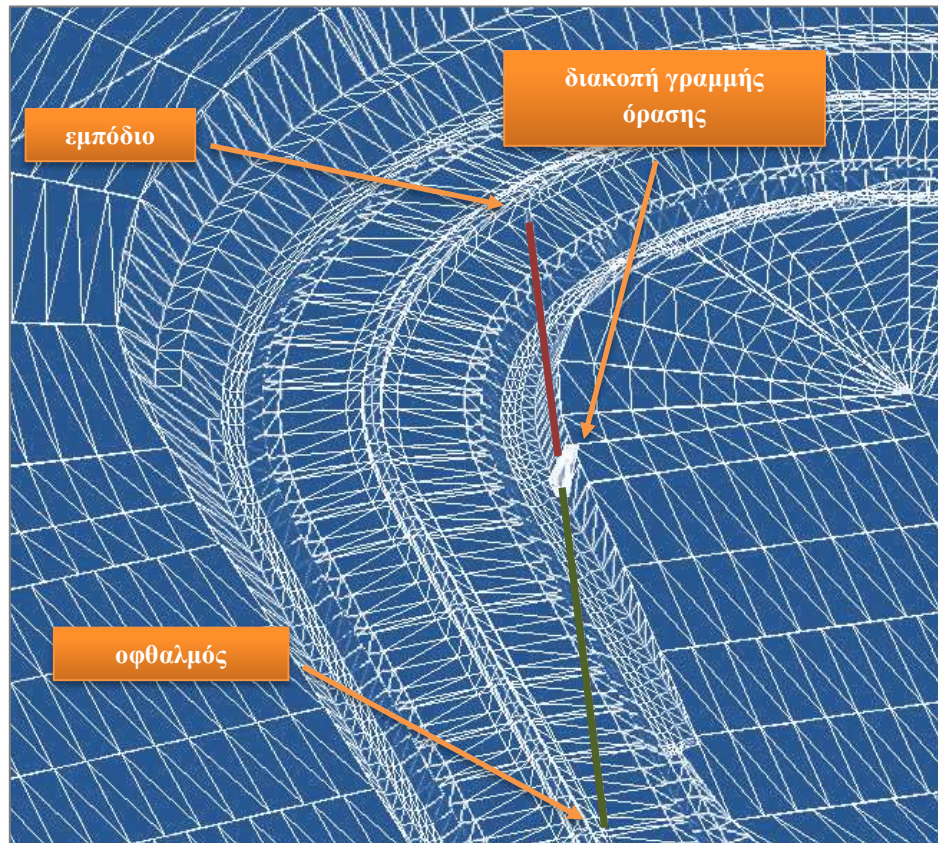
4. Το **εμπόδιο** τοποθετείται στην επόμενη χιλιομετρική θέση, η οποία είναι ίση με το βήμα που έχει προκαθοριστεί, και στην ίδια εγκάρσια απόσταση από τον άξονα σε σχέση με την απόσταση του οφθαλμού.
5. Για τις υπόψη θέσεις οφθαλμού και αντικειμένου, πραγματοποιείται **έλεγχος εάν το οποιοδήποτε τρίγωνο του προσομοιώματος τέμνει τη γραμμή όρασης μεταξύ οφθαλμού και αντικειμένου**, ως εξής:
 - i. Εάν δεν υπάρχει τομή μεταξύ της γραμμής όρασης και οποιουδήποτε από τα τρίγωνα, τότε το εμπόδιο τοποθετείται στην επόμενη χιλιομετρική θέση, ανάλογα με το βήμα που έχει καθοριστεί, και πραγματοποιείται ξανά ο έλεγχος.
 - ii. Εάν κάποιο τρίγωνο τέμνει τη γραμμή όρασης, τότε **το διατιθέμενο ΜΟΣ σε αυτήν τη θέση προσδιορίζεται ως η διαφορά μεταξύ των θέσεων οφθαλμού και αντικειμένου, μείον το βήμα**.
6. Ελέγχεται η επάρκεια του ΜΟΣ. Το ΜΟΣ θεωρείται ότι επαρκεί όταν ισχύει: **$ΜΟΣ_{απαιτούμενο} \leq ΜΟΣ_{διατιθέμενο}$** .
7. Τα προηγούμενα βήματα επαναλαμβάνονται, με την τοποθέτηση του οφθαλμού του οδηγού στην επόμενη χιλιομετρική θέση.

Συνοψίζοντας, η μέθοδος που εφαρμόζεται βασίζεται στον προσδιορισμό περιοχών κατά μήκος της οδού όπου οι γραμμές όρασης μεταξύ οφθαλμού του οδηγού και αντικειμένου διακόπτονται από κάποιο εμπόδιο και το μήκος τους είναι μικρότερο από το απαιτούμενο ΜΟΣ. Όπως προαναφέρθηκε, η ακρίβεια της μεθόδου εξαρτάται από την επιλεγόμενη απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σημείων κατά μήκος της οδού, όπου θα γίνει ο έλεγχος (βήμα υπολογισμών). Η διαδικασία ανάλυσης της ορατότητας που περιγράφηκε, απεικονίζεται εποπτικά στο διάγραμμα ροής που φαίνεται στο Σχήμα 4.14.



Σχήμα 4.14: Διάγραμμα ροής της μεθόδου ανάλυσης ορατότητας.

Στο Σχήμα 4.15 απεικονίζεται ένα παράδειγμα διακοπής της γραμμής όρασης, σε δεξιόστροφη καμπύλη. Επιπλέον, στο ίδιο σχήμα απεικονίζεται η επιφάνεια της οδού, οι πλευρικές διαμορφώσεις της οδού και τα πρανή. Το έδαφος αναπαρίσταται από ένα σύνολο τριγώνων, οι συντεταγμένες των κορυφών των οποίων έχουν προέλθει από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους και τα στοιχεία της χάραξης.



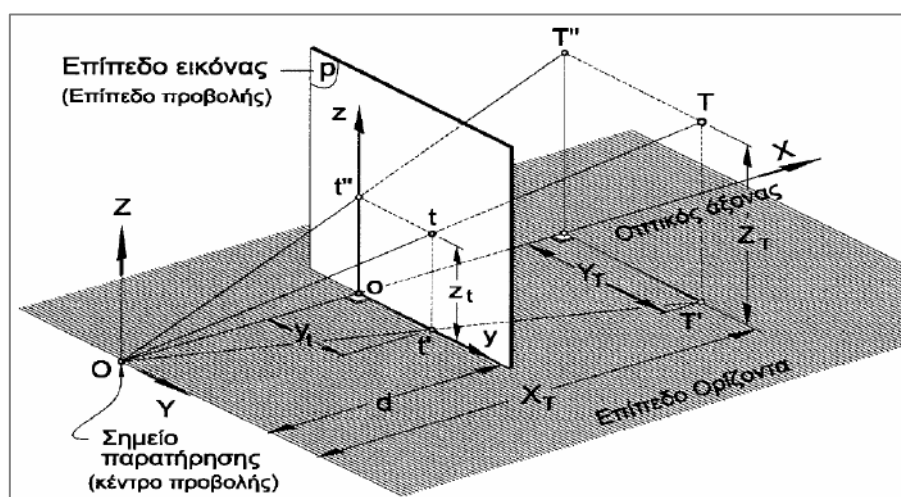
Σχήμα 4.15: Διακοπή της γραμμής όρασης σε καμπύλο τμήμα οδού.
(Mavromatis, Palaskas & Psarianos, 2012)

4.4 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

4.4.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ

Η προοπτική απεικόνιση ενός αντικειμένου αποτελεί, κατά προσέγγιση, μια αναπαράσταση του αντικειμένου αυτού έτσι όπως την αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι. Κατά την προοπτική απεικόνιση αποδίδονται όλες οι προκύπτουσες αλλαγές στο μέγεθος και το σχήμα του αντικειμένου λόγω της θέσης του και της απόστασης του παρατηρητή από αυτό. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η διαδικασία της όρασης είναι γεωμετρικά ταυτόσημη με τη μέθοδο της κεντρικής προβολής (Taiganidis & Kanellaidis, 1999). Για να υλοποιηθεί μια προοπτική εικόνα, απαιτείται μία επιφάνεια, συνήθως επίπεδη.

Επομένως, **προοπτική απεικόνιση** ονομάζεται η μέθοδος παράστασης σχημάτων του τρισδιάστατου χώρου επί ενός επιπέδου, το οποίο ονομάζεται **επίπεδο προβολής**, με κεντρική προβολή τους από ένα σημείο παρατήρησης («**κέντρο προβολής**»), έτσι ώστε το ανθρώπινο μάτι να είναι σε θέση να τα αναγνωρίζει κοιτώντας μόνο την προοπτική τους εικόνα. Για παράδειγμα, μια φωτογραφία αποτελεί την προοπτική απεικόνιση ενός αντικειμένου, το οποίο προβάλλεται από την εστία του φακού στη φωτογραφική πλάκα. Το επίπεδο προβολής είναι κάθε φορά κάθετο στον νοητό **οπτικό άξονα**. Μάλιστα, θεωρώντας ότι ο νοητός αυτός άξονας είναι οριζόντιος, συνεπάγεται ότι το επίπεδο προβολής είναι κατακόρυφο. Το οριζόντιο επίπεδο που διέρχεται από το σημείο παρατήρησης καλείται **επίπεδο ορίζοντα**, ενώ η απόσταση μεταξύ του κέντρου προβολής και του επιπέδου προβολής ονομάζεται **προοπτική απόσταση**.



Σχήμα 4.16: Αρχές προοπτικής γεωμετρίας (Taiganidis & Kanellaidis, 1999).

Στο Σχήμα 4.16 απεικονίζεται η χάραξη του προοπτικού t ενός σημείου T του χώρου, με συντεταγμένες x_T, y_T, z_T , σε ένα επίπεδο προβολής P , με κέντρο προβολής το

σημείο O . Η προοπτική απόσταση συμβολίζεται με d , ενώ y_t και z_t είναι οι συντεταγμένες της προβολής t στο σύστημα συντεταγμένων $y - z$ του δισδιάστατου επιπέδου P . Αρχή των αξόνων του τοπικού συστήματος συντεταγμένων είναι το σημείο o . Επισημαίνεται ότι, στη γενική περίπτωση, η αρχή των αξόνων του συστήματος $X - Y - Z$, δεν ταυτίζεται με το σημείο παρατήρησης, όπως υποδεικνύεται στο σχήμα αυτό.

4.4.2 ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΟΔΟΥ

4.4.2.1 Γενικά στοιχεία

Η προοπτική απεικόνιση μιας οδού περιλαμβάνει την **αναπαράσταση όλων των στοιχείων που συνθέτουν την οδό και το περιβάλλον της**, τα οποία έχουν προκύψει κατά τη διαδικασία του τριγωνισμού. Πιο αναλυτικά, πρόκειται για την προοπτική απεικόνιση του άξονα της οδού, των οδογραμμών, των διαμορφώσεων της οδού (κεντρικής διαμόρφωσης, όταν πρόκειται για διαχωρισμένη οδό με κεντρικό στηθαίο ασφαλείας, και πλευρικών διαμορφώσεων, εκατέρωθεν του οδοστρώματος, οι οποίες περιλαμβάνουν τάφρους, ερείσματα και πλευρικά στηθαία ασφαλείας), των πρανών (σε όρυγμα ή σε επίχωμα), καθώς και του περιβάλλοντός της (φυσικό έδαφος).

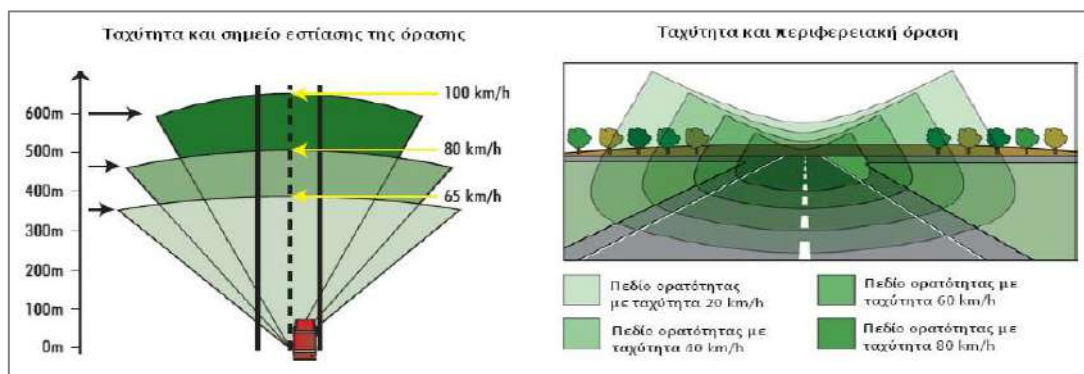
Ως κέντρο προβολής θεωρούνται οι οφθαλμοί του οδηγού (η πλευρική απόσταση από τον άξονα, καθώς και το ύψος τους καθορίζονται σύμφωνα με τις εκάστοτε χρησιμοποιούμενες οδηγίες σχεδιασμού οδών). Το κατακόρυφο επίπεδο προβολής βρίσκεται μπροστά από τους οφθαλμούς του οδηγού, σε κάποια προοπτική απόσταση.

Για την απεικόνιση του άξονα της οδού, των οδογραμμών και των διαμορφώσεων, γίνεται η απλοποιητική παραδοχή ότι αποτελούνται από πολλά (θεωρητικά άπειρα) διαδοχικά ευθύγραμμα τμήματα. **Η προοπτική απεικόνιση συνίσταται στην προβολή των σημείων αρχής και πέρατος των ευθύγραμμων αυτών τμημάτων και στη σύνδεσή τους με (νέα) ευθύγραμμα τμήματα.** Είναι σαφές ότι, όσο πιο πυκνά είναι τα σημεία αυτά, τόσο πιο ακριβές θα είναι το τελικό αποτέλεσμα. Όσον αφορά στα τρίγωνα του τρισδιάστατου μοντέλου της οδού και του περιβάλλοντός της, **η προοπτική τους απεικόνιση συνίσταται στην προβολή των κορυφών τους και στη σύνδεση των προβολών αυτών με ευθύγραμμα τμήματα.**

4.4.2.2 Πεδίο ορατότητας του οδηγού

Κατά την οδήγηση, το **σημείο εστίασης** του οδηγού σχετίζεται με την ταχύτητα με την οποία κινείται το όχημά του. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του οχήματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση μεταξύ του οδηγού και του σημείου στο οποίο εστιάζει, και τόσο μικρότερη είναι η **γωνία της περιφερειακής του όρασης**, δηλαδή τόσο στενότερο είναι το οπτικό του πεδίο (Σχήμα 4.17). Η γωνία όρασης λαμβάνει

τιμές από 15° έως 20° στο οριζόντιο επίπεδο και από 20° έως 60° στο κατακόρυφο επίπεδο (WRA-PIARC, 2003).



Σχήμα 4.17: Σχέση ταχύτητας – σημείου εστίασης της όρασης – γωνίας περιφερειακής όρασης (WRA-PIARC, 2003).

Επισημαίνεται ότι οι οφθαλμοί ενός οδηγού σε κίνηση είναι συγκεντρωμένοι μέσα στα όρια μιας σχετικά μικρής γωνίας στον χώρο. Η γραμμή όρασης του οδηγού δεν εκτείνεται πέρα από τα όρια ενός «ορθογωνίου καθαρής ορατότητας», με διαστάσεις 10x16cm, τοποθετημένου σε μια απόσταση 50cm μπροστά από τους οφθαλμούς του, η οποία είναι περίπου ίση με την απόσταση των οφθαλμών από τον ανεμοθώρακα (παρμπρίζ) του οχήματος. Κατά τη συνήθη παραδοχή για την παραγωγή προοπτικών εικόνων, η γωνία ορατότητας κυμαίνεται μεταξύ 20° και 30° (Taiganidis & Kanellaidis, 1999).

Μια άλλη απλοποιητική παραδοχή σχετικά με το πεδίο ορατότητας του οδηγού, αποτελεί ο **περιορισμός του μεταξύ δύο χιλιομετρικών θέσεων κατά μήκος της οδού** (οι οποίες ορίζονται ως αποστάσεις από την εκάστοτε θέση του οδηγού), σύμφωνα με την κρίση του μελετητή και ανάλογα με τις πληροφορίες που επιθυμείται κάθε φορά να ληφθούν από τις προοπτικές εικόνες που δημιουργούνται. Σύμφωνα με αυτήν την παραδοχή, η διαδικασία της προοπτικής απεικόνισης για την παραγωγή μίας προοπτικής εικόνας για κάποια χιλιομετρική θέση κατά μήκος της οδού, πραγματοποιείται μόνο για το οδικό τμήμα που περιλαμβάνεται μεταξύ δύο συγκεκριμένων θέσεων έμπροσθεν του οδηγού.

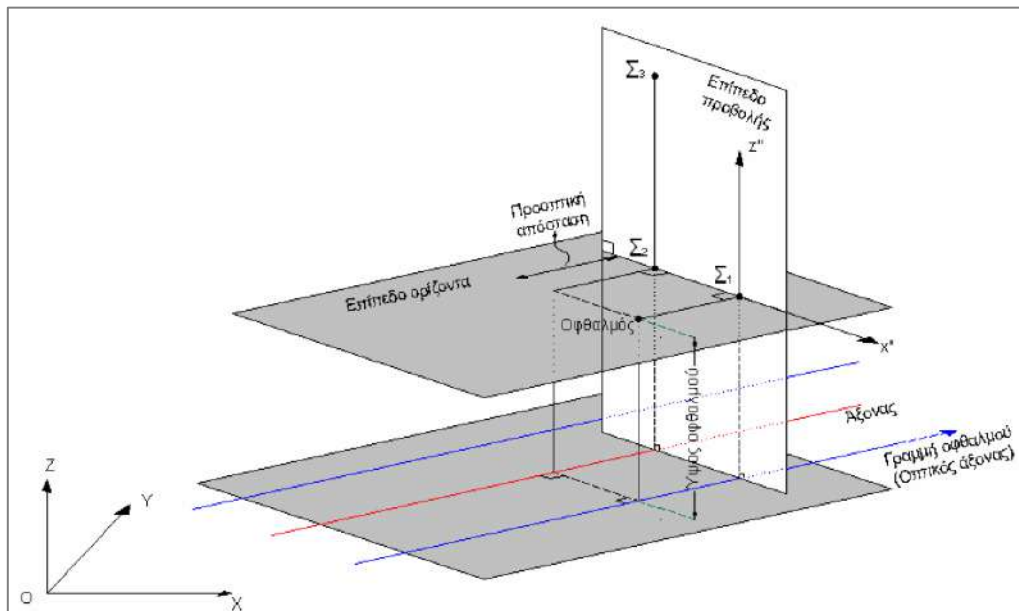
4.4.2.3 Διαδικασία προοπτικής απεικόνισης

Σύμφωνα με το Σχήμα 4.16, η προβολή ενός σημείου στο επίπεδο προβολής είναι η τομή της γραμμής όρασης που συνδέει τους οφθαλμούς του οδηγού με το σημείο, με το επίπεδο αυτό. Για τον αναλυτικό προσδιορισμό της προοπτικής εικόνας ενός σημείου, θα πρέπει να εκφραστούν με τη βοήθεια μαθηματικών σχέσεων, τόσο το επίπεδο προβολής, όσο και η γραμμή όρασης.

Το **επίπεδο προβολής** στον χώρο περιγράφεται από την Εξίσωση 4.2, η οποία προσδιορίζεται έχοντας γνωστές τις συντεταγμένες τριών σημείων που ανήκουν σε αυτό. Τα σημεία αυτά, έστω Σ_1 , Σ_2 , Σ_3 , είναι τα εξής (βλ. Σχήμα 4.18):

- Σημείο $\Sigma_1(x_{\Sigma_1}, y_{\Sigma_1}, z_{\Sigma_1})$: Βρίσκεται στην οδογραμμή στην οποία κινείται ο οφθαλμός, στο ύψος του επιπέδου ορίζοντα (δηλαδή στο ύψος του οφθαλμού), και σε απόσταση ίση με την προοπτική απόσταση.
- Σημείο $\Sigma_2(x_{\Sigma_2}, y_{\Sigma_2}, z_{\Sigma_2})$: Προκύπτει με μετάθεση του Σ_1 κατά οριζόντια απόσταση ίση με την απόσταση οδογραμμής οφθαλμού – άξονα οδού, ώστε να βρίσκεται πάνω από τον άξονα της οδού. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η καθετότητα του επιπέδου προβολής στον εκάστοτε τοπικό οπτικό άξονα.
- Σημείο $\Sigma_3(x_{\Sigma_3}, y_{\Sigma_3}, z_{\Sigma_3})$: Προκύπτει με μετάθεση του Σ_2 κατά ορισμένη κατακόρυφη απόσταση (1m). Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται ότι το επίπεδο προβολής είναι κατακόρυφο

Οι συντεταγμένες x, y, z των σημείων αυτών στο σύστημα συντεταγμένων $X - Y - Z$ προσδιορίζονται με γραμμική παρεμβολή μεταξύ σημείων της οδού με γνωστές συντεταγμένες.



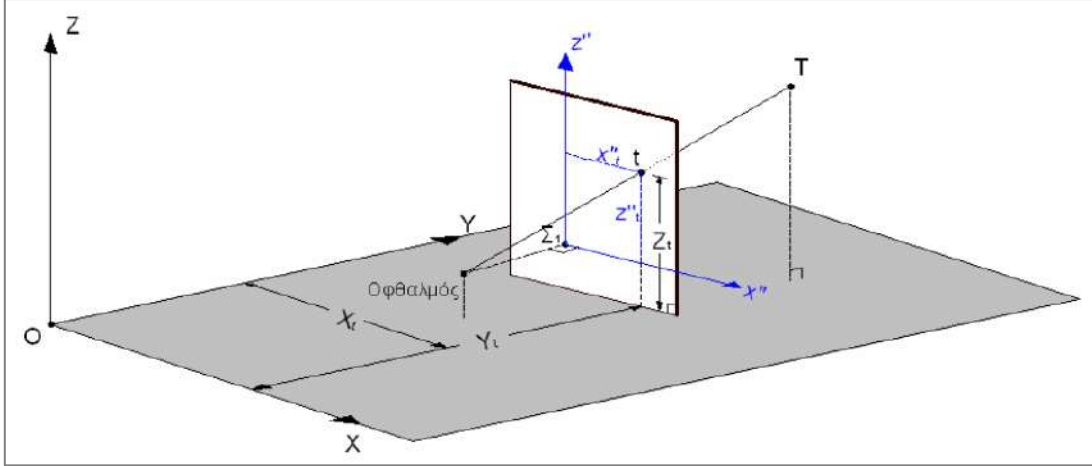
Σχήμα 4.18: Απεικόνιση των τριών θεωρούμενων σημείων που ορίζουν το επίπεδο προβολής.

Η **γραμμή όρασης** αναπαρίσταται από μια τρισδιάστατη ευθεία, η οποία ορίζεται από το σημείο των οφθαλμών, έστω $E(x_E, y_E, z_E)$, καθώς και από το εκάστοτε σημείο στο οποίο αυτοί στοχεύουν και του οποίου η προοπτική απεικόνιση αναζητείται, έστω $T(x_T, y_T, z_T)$. Η ευθεία αυτή στον χώρο εκφράζεται με την Εξίσωση 4.11, σε παραμετρική μορφή.

Οι συντεταγμένες του **σημείου τομής** μεταξύ του επιπέδου προβολής και της γραμμής όρασης, έστω $t(x_t, y_t, z_t)$, προκύπτουν με εφαρμογή των Εξισώσεων 4.15 – 4.18.

Οι συντεταγμένες του σημείου t , το οποίο αποτελεί προοπτική απεικόνιση του σημείου T , ανήκουν στο τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων $X - Y - Z$. Επομένως, θα πρέπει να μετατραπούν σε **συντεταγμένες του τοπικού**

δισδιάστατου συστήματος συντεταγμένων $x'' - z''$, του επιπέδου προβολής. Ως αρχή του τοπικού συστήματος συντεταγμένων ορίζεται το σημείο Σ_1 και, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 4.19, το τοπικό σύστημα συντεταγμένων αποτελείται από δύο κάθετους μεταξύ τους άξονες, έναν οριζόντιο και έναν κατακόρυφο. Έστω x''_t και z''_t οι συντεταγμένες της προβολής του σημείου T στο τοπικό σύστημα συντεταγμένων.



Σχήμα 4.19: Απεικόνιση σημείου στο τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων και στο δισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων του επιπέδου προβολής.

Η **τεταγμένη του δισδιάστατου τοπικού συστήματος**, z''_t , προκύπτει άμεσα, με υπολογισμό της διαφοράς των z_t και z_{Σ_1} . Δηλαδή:

$$z''_t = z_t - z_{\Sigma_1} \quad (4.22)$$

Για τον προσδιορισμό της **τετμημένης του δισδιάστατου τοπικού συστήματος**, x''_t , θα πρέπει να γίνει **μεταφορά και στροφή των αξόνων X και Y του τρισδιάστατου συστήματος $X - Y - Z$, περί το Σ_1** (αρχή του τοπικού συστήματος συντεταγμένων $x'' - z''$), προκειμένου ο άξονας X να συμπίπτει με τον άξονα x'' , καθώς οι δύο αυτοί άξονες δεν είναι παράλληλοι στη γενική περίπτωση. Η διαδικασία που ακολουθείται απεικονίζεται στο Σχήμα 4.20 και είναι η εξής:

- Αρχικά, το σημείο t μετατίθεται ως προς το Σ_1 , δηλαδή οι οριζόντιες συντεταγμένες του, x_t και y_t , εκφράζονται ως προς τις αντίστοιχες συντεταγμένες του σημείου Σ_1 , προκειμένου να θεωρηθεί ότι τα δύο συστήματα συντεταγμένων έχουν κοινή αρχή. Υπολογίζονται, δηλαδή, οι διαφορές:

$$x'_t = x_t - x_{\Sigma_1} \quad (4.23)$$

$$y'_t = y_t - y_{\Sigma_1} \quad (4.24)$$

Το δισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων $x' - y'$ αποτελεί ένα ενδιάμεσο – προσωρινό σύστημα.

- Στη συνέχεια, πραγματοποιείται στροφή των αξόνων X και Y του τρισδιάστατου συστήματος συντεταγμένων περί το Σ_1 , και οι νέες οριζόντιες συντεταγμένες του σημείου t δίνονται σε μορφή πινάκων ως εξής:

$$\begin{bmatrix} x'' \\ y'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} \quad (4.25)$$

όπου ο πίνακας $\begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$ ονομάζεται πίνακας στροφής και αντιστοιχεί σε στροφή ενός συστήματος δύο αξόνων γύρω από ένα άλλο σύστημα επίσης δύο αξόνων, με κοινή αρχή και διαφορά γωνίας θ , όπου θεωρείται θετική η δεξιόστροφη γωνία.

Το ανάπτυγμα της Σχέσης 4.25 δίνει:

$$x''_t = x'_t \cos \theta - y'_t \sin \theta \quad (4.26)$$

$$y''_t = y'_t \cos \theta + x'_t \sin \theta \quad (4.27)$$

Από αυτές τις σχέσεις, ενδιαφέρει μόνο η Σχέση 4.26, για τον προσδιορισμό της τετμημένης του δισδιάστατου τοπικού συστήματος, x''_t , σύμφωνα και με το Σχήμα 4.18.

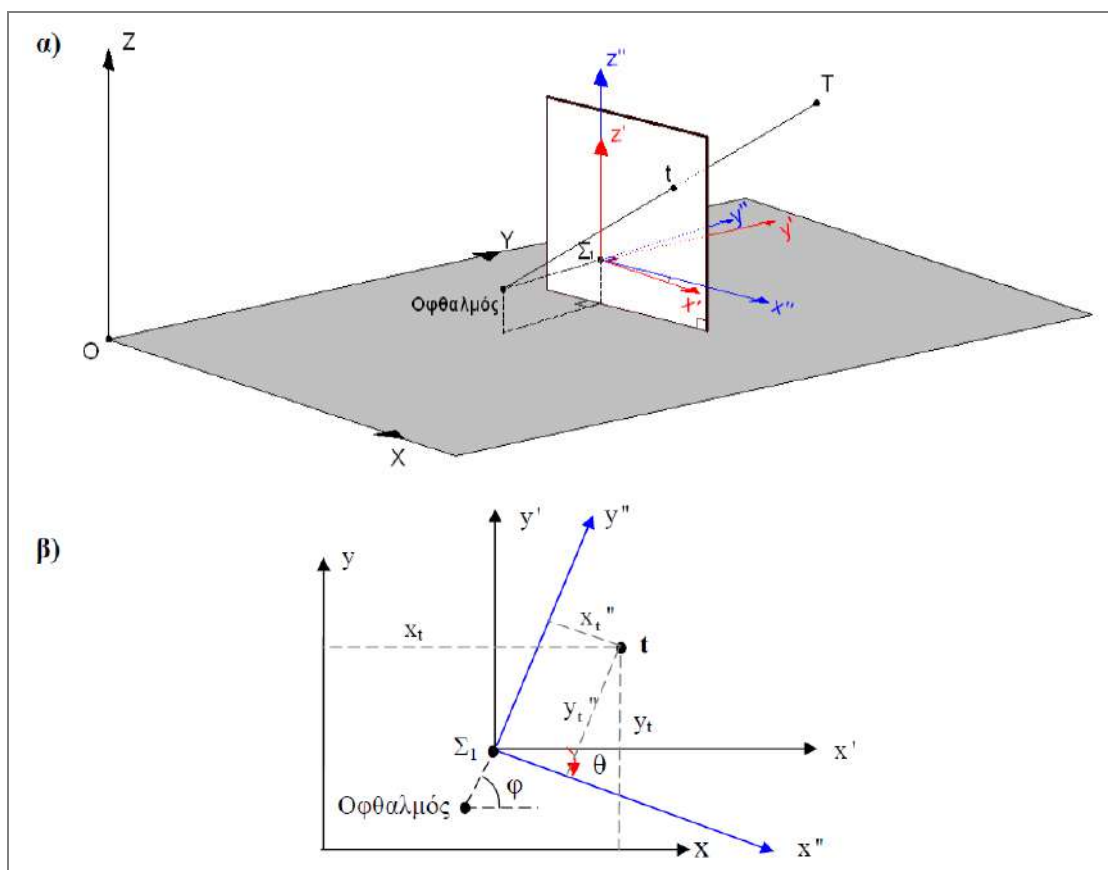
Η γωνία περιστροφής θ εξαρτάται από το αζιμούθιο (az) στην εκάστοτε θέση του οφθαλμού, και δίνεται ως εξής:

$$\theta^{grad} = \begin{cases} 100 - \varphi, & 0 \leq az < 100 \\ 100 + \varphi, & 100 \leq az < 200 \\ 300 - \varphi, & 200 \leq az < 300 \\ 300 + \varphi, & 300 \leq az < 400 \end{cases} \quad (4.28)$$

Στην παραπάνω σχέση, η γωνία φ (απεικονίζεται στο Σχήμα 4.20) προσδιορίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$\varphi^{grad} = \tan^{-1} \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (4.29)$$

όπου $\Delta y = |y_E - y_{\Sigma_1}|$ και $\Delta x = |x_E - x_{\Sigma_1}|$.



Σχήμα 4.20: Μεταφορά και περιστροφή συστήματος αξόνων ως προς άλλο, με κοινή αρχή και διαφορά γωνίας θ , α) στον χώρο και β) σε κάτοψη.

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε ένα από τα διαδοχικά σημεία που μορφώνουν τον άξονα, τις οδογραμμές και τις διαμορφώσεις της οδού, καθώς και για τις κορυφές όλων των τριγώνων που αποτελούν το μοντέλο της οδού και του περιβάλλοντός της. Οι προοπτικές εικόνες των σημείων συνδέονται κατάλληλα, με αποτέλεσμα να προκύπτει **η προοπτική εικόνα της οδού, όπως την αντιλαμβάνεται ο οδηγός από μία συγκεκριμένη θέση κατά μήκος της οδού.**

Στη συνέχεια, η διαδικασία επαναλαμβάνεται για διάφορες διαδοχικές θέσεις του οδηγού κατά μήκος της οδού, με κάποιο προκαθορισμένο βήμα. Έτσι, **προκύπτουν πολλές διαδοχικές προοπτικές εικόνες, οι οποίες απεικονίζουν την οδό όπως την αντιλαμβάνεται ο οδηγός κατά την κίνησή του σε αυτή.**

Επιπλέον, με χρήση της προαναφερθείσας μεθόδου, απεικονίζεται προοπτικά και ένα τρισδιάστατο τυπικό όχημα ιδιωτικής χρήσης (IX), με προοπτική απεικόνιση κάποιων χαρακτηριστικών του σημείων, το οποίο βρίσκεται πάνω στο κατάστρωμα της οδού, στην οδογραμμή κίνησης του οδηγού και μπροστά από αυτόν, σε απόσταση ίση με το απαιτούμενο ΜΟΣ. Συνεπώς, **εάν σε κάποια προοπτική εικόνα κατά μήκος της οδού δεν διακρίνεται το συγκεκριμένο όχημα, συνεπάγεται ότι το ΜΟΣ δεν επαρκεί στη συγκεκριμένη χιλιομετρική θέση.**

Λογισμικό Οδοποιίας «H12»

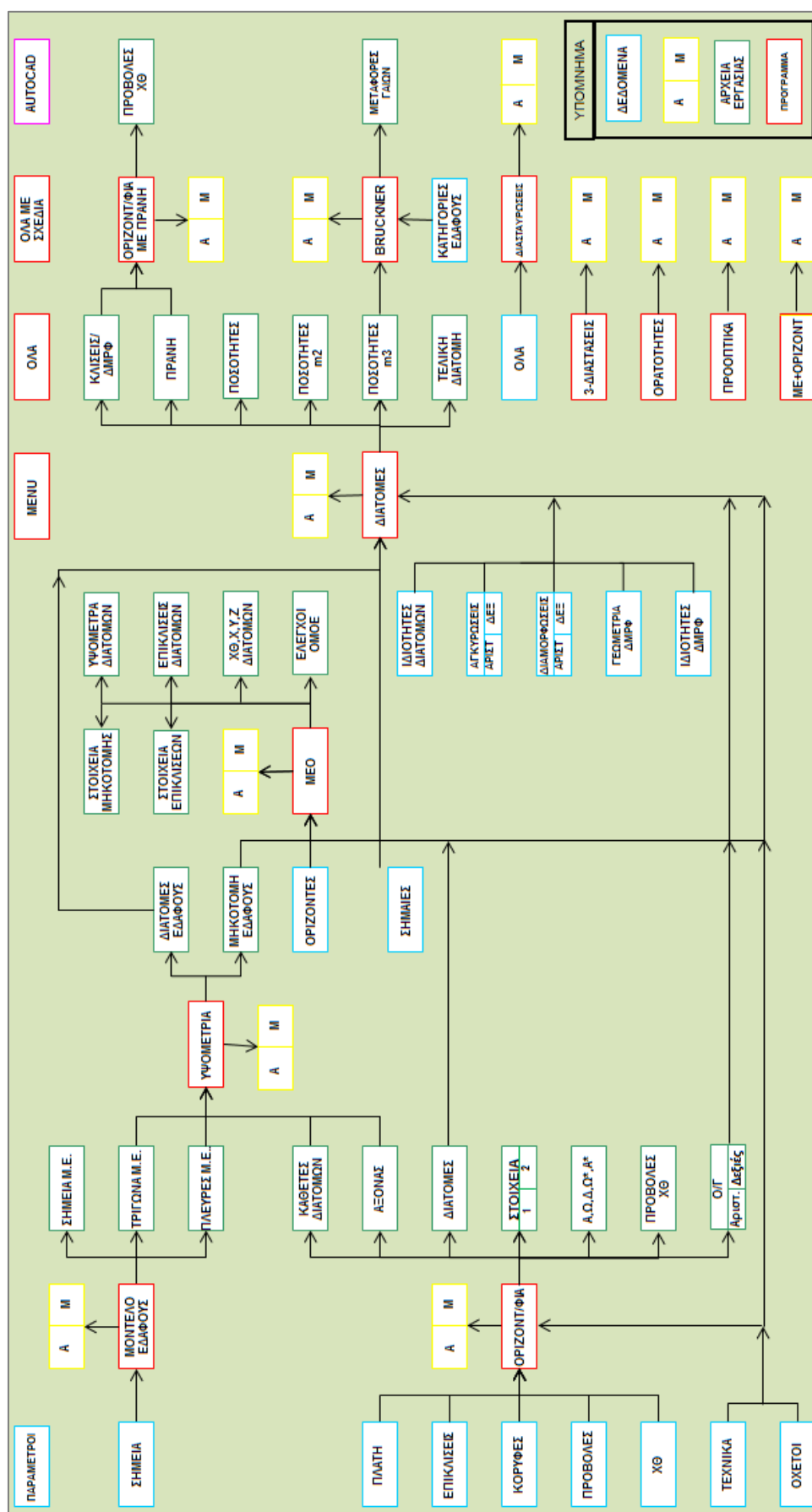
5.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Το «H12» (2012) είναι ένα πακέτο προγραμμάτων το οποίο έχει αναπτυχθεί από τον συγγραφέα της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής, για εκπαιδευτική χρήση στο πλαίσιο των προπτυχιακών μαθημάτων κατεύθυνσης Συγκοινωνιολόγου Μηχανικού του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, «Ειδικά Κεφάλαια Οδοποιίας» και «Ειδικά Θέματα Σχεδιασμού Οδών». Το λογισμικό αυτό αποτελεί απαραίτητο εργαλείο και για την εκπόνηση Διπλωματικών Εργασιών, ενώ επιπλέον χρησιμοποιείται και από διάφορες Εταιρείες Συμβούλων στην Ελλάδα. Οι χρήστες του προγράμματος, έχοντας στοιχειώδεις γνώσεις Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και βασικές γνώσεις Οδοποιίας, μπορούν να μελετήσουν μια οδό και να παραγάγουν τα βασικά σχέδιά της. Το πακέτο προγραμμάτων H12 μπορεί, επιπλέον, να χρησιμοποιηθεί και για τη μελέτη σιδηροδρομικών γραμμών, καθώς και αεροδρομίων.

Μέσω του λογισμικού H12, υπάρχει η **δυνατότητα εκτέλεσης όλων των εργασιών που σχετίζονται με τον γεωμετρικό σχεδιασμό μιας οδού**, όπως είναι η γραφική ανάλυση του μοντέλου εδάφους, ο πλήρης καθορισμός της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής και των διατομών, η κατασκευή των διαγραμμάτων επικλίσεων, ορατότητας και λειτουργικών ταχυτήτων, καθώς και η βελτιστοποίηση των χωματοургικών εργασιών. Η ανάλυση μπορεί να πραγματοποιηθεί τόσο σε υπό μελέτη, όσο και σε υφιστάμενες οδούς, με χρήση των Ελληνικών (ΟΜΟΕ, 2001), Γερμανικών (RAA-R1, 2008), Αμερικανικών (AASHTO, 2011) και Αυστραλιανών (Austroads, 2009) οδηγιών σχεδιασμού οδών, σύμφωνα με προσαρμόσιμες ρυθμίσεις. Επιπλέον, παρέχεται η **δυνατότητα δημιουργίας προοπτικών εικόνων** από τη θέση του οδηγού, σε διαδοχικές θέσεις της οδού ή από οποιοδήποτε σημείο του χώρου. Σημειώνεται ότι η διερεύνηση επάρκειας του διατιθέμενου ΜΟΣ στον τρισδιάστατο χώρο και η δημιουργία προοπτικών εικόνων, πραγματοποιούνται σύμφωνα με τη μέθοδο που παρατέθηκε στο Κεφάλαιο 4, και αποτελούν προσθήκες στο λογισμικό, για τις ανάγκες της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής.

Το λογισμικό λειτουργεί στο περιβάλλον του προγράμματος «Excel» της Microsoft, στο οποίο εισάγονται τα απαιτούμενα στοιχεία (χαρακτηριστικά της οδού), εκτελούνται τα επιμέρους προγράμματα και εξάγονται τα αποτελέσματα και τα τελικά σχέδια της μελέτης. Τα αποτελέσματα μπορούν να διαβαστούν μέσω της εφαρμογής «Notepad» της Microsoft. Επίσης, τα σχέδια της οδού εξάγονται σε μορφή αρχείων **.dxf**, το οποίο σημαίνει ότι μπορούν να ανοιχτούν από διάφορα λογισμικά σχεδίασης, όπως είναι το «AutoCAD» της Autodesk ή το «MicroStation» της Bentley.

Το περιβάλλον εργασίας του λογισμικού H12 έχει τη μορφή διαγράμματος ροής, προκειμένου να παρουσιάζεται με εποπτικό τρόπο και είναι σαφής η αλληλουχία των επιμέρους σταδίων που συνθέτουν τη μελέτη μιας οδού, και απεικονίζεται στο Σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1: Περιβάλλον εργασίας του λογισμικού H12.

Η επεξήγηση των συμβόλων των διαφόρων εικονιδίων του λογισμικού H12 παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.2 που ακολουθεί.

	Δεδομένα τα οποία πρέπει να εισαχθούν από τον χρήστη, σε λογιστικά φύλλα του Microsoft Excel
	Σχέδια της οδού, στα σχεδιαστικά προγράμματα AutoCAD («A») ή MicroStation («M»)
	Αρχεία Εργασίας που δημιουργούνται από τα προγράμματα και διαβάζονται μέσω της εφαρμογής Notepad
	Προγράμματα, σε γλώσσα προγραμματισμού Fortran
	Εκκίνηση του προγράμματος AutoCAD

Σχήμα 5.2: Επεξήγηση συμβόλων λογισμικού H12.

Το λογισμικό H12 λειτουργεί, όπως προαναφέρθηκε, σε περιβάλλον Microsoft Excel, δηλαδή το περιβάλλον εργασίας είναι ένα αρχείο τύπου **.xls**. Η **ροή εργασίας** για τη μελέτη μιας οδού είναι, συνοπτικά, η ακόλουθη:

- Τα απαιτούμενα **δεδομένα** σχεδιασμού της οδού εισάγονται σε λογιστικά φύλλα του συγκεκριμένου αρχείου, αφού πρώτα ο χρήστης επιλέξει το κατάλληλο εικονίδιο γαλάζιου χρώματος και μεταφερθεί στο αντίστοιχο φύλλο εισαγωγής δεδομένων.
- Στη συνέχεια, εκτελείται το αντίστοιχο **πρόγραμμα**, με επιλογή του εικονιδίου κόκκινου χρώματος. Η εκτέλεση πρέπει να πραγματοποιηθεί όταν για το αντίστοιχο πρόγραμμα έχουν εισαχθεί όλα τα απαιτούμενα δεδομένα, σύμφωνα με το διάγραμμα ροής.
- Μόλις ολοκληρωθεί η εκτέλεση του αντίστοιχου προγράμματος, ο χρήστης μπορεί να ανοίξει το αντίστοιχο **σχέδιο** (εικονίδιο κίτρινου χρώματος), και τα αντίστοιχα **αρχεία εργασίας** (εικονίδια πράσινου χρώματος).
- Η διαδικασία επαναλαμβάνεται (εισαγωγή δεδομένων – εκτέλεση προγραμμάτων – δημιουργία σχεδίων και αρχείων εργασίας), σύμφωνα με το διάγραμμα ροής.

Για τη σύνταξη των προγραμμάτων του λογισμικού H12 έχει χρησιμοποιηθεί η γλώσσα προγραμματισμού «**Fortran**», ενώ η ανάπτυξη του γραφικού περιβάλλοντος εργασίας πραγματοποιήθηκε με χρήση της γλώσσας προγραμματισμού «**Visual Basic for Applications (VBA)**».

5.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ «H12»

5.2.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

Τα **προγράμματα** αποτελούν το σύνολο των λειτουργιών, με τη βοήθεια των οποίων σχεδιάζεται η οδός, αφού έχουν εισαχθεί από τον χρήστη τα χαρακτηριστικά της. Τα προγράμματα απεικονίζονται στο περιβάλλον εργασίας με κόκκινο πλαίσιο και είναι τα εξής:

1) Μοντέλο Εδάφους: Η ύπαρξη του Ψηφιακού Μοντέλου του Εδάφους (Digital Terrain Model – DTM) της περιοχής μελέτης είναι απαραίτητη για τη μελέτη της οδού, όπως άλλωστε ισχύει για την οποιαδήποτε μελέτη συγκοινωνιακού, υδραυλικού ή και άλλου έργου (για παράδειγμα σιδηροδρομική γραμμή, διάδρομος αεροδρομίου, αρδευτικό κανάλι κ.λπ.). Το Μοντέλο του Εδάφους παρέχεται με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- Δίνονται τα τρίγωνα του εδάφους που έχουν δημιουργηθεί από την αποτύπωση.
- Δίνονται οι συντεταγμένες (X, Y, Z) των σημείων του εδάφους σε κατάλληλη ηλεκτρονική μορφή. Χρησιμοποιώντας αυτά τα σημεία και τους κατάλληλους αλγορίθμους, σχηματίζονται τα τρίγωνα του εδάφους, λαμβάνοντας υπόψη τις γραμμές αλλαγής κλίσης, ώστε να χαραχτούν οι ισοϋψείς του εδάφους και να είναι κατά το δυνατόν πιο ορθές.

2) Οριζοντιογραφία: Ορίζονται οι κορυφές της πολυγωνικής γραμμής της χάραξης επάνω στο τοπογραφικό διάγραμμα της περιοχής μελέτης (παραλείπεται η χάραξη της ισοκλινούς γραμμής για την πρώτη προσέγγιση του άξονα της οδού, κάτι το οποίο προϋποθέτει μια σχετική εμπειρία από μέρους του χρήστη – μελετητή), καθορίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των καμπυλών της οδού (ακτίνες κύκλων, χαρακτηριστικά των τόξων συναρμογής, όπως το μήκος και η παράμετρος A) και υπολογίζονται αυτόματα οι υπόλοιπες παράμετροί τους. Με βάση αυτά τα στοιχεία, σχεδιάζεται ο άξονας της οδού. Στη συνέχεια, υπάρχει η δυνατότητα τροποποίησης των θέσεων των κορυφών της πολυγωνικής ή των στοιχείων των καμπυλών.

3) Υψομετρία (μηκοτομή εδάφους): Διαθέτοντας το μοντέλο του εδάφους και την οριζοντιογραφία της οδού, δημιουργείται η μηκοτομή του εδάφους κατά μήκος του άξονα της οδού.

4) ΜΕΟ [μηκοτομή, διάγραμμα επικλίσεων και έλεγχοι σύμφωνα με τις Ελληνικές οδηγίες σχεδιασμού οδών (ΟΜΟΕ-X, 2001)]: Διαθέτοντας τη μηκοτομή του εδάφους κατά μήκος της οδού, επιλέγονται οι σημαίες της μηκοτομής της οδού και τα χαρακτηριστικά των τόξων στρογγύλευσης των κυρτωμάτων και των κοιλωμάτων της (κυρτές και κοίλες καμπύλες συναρμογής). Οι απαραίτητοι υπολογισμοί και ο σχεδιασμός της μηκοτομής πραγματοποιούνται αυτόματα.

Επιπλέον, σύμφωνα με την οριζοντιογραφία και τις οδηγίες σχεδιασμού, παράγεται αυτόματα το διάγραμμα επικλίσεων της οδού. Τέλος, πραγματοποιείται ο έλεγχος της χάραξης, σύμφωνα με τις Ελληνικές οδηγίες σχεδιασμού οδών (ΟΜΟΕ-Χ, 2001). Στο **Παράρτημα** παρατίθενται αναλυτικά οι έλεγχοι αυτοί.

5) Διατομές: Καθορίζονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της τυπικής διατομής που θα εφαρμοστεί σε τμήματα ή σε όλο το μήκος της οδού. Ο καθορισμός γίνεται με την εισαγωγή στο πρόγραμμα των βασικών διαστάσεων της διατομής, όπως είναι ο αριθμός και πλάτος των λωρίδων ανά κατεύθυνση. Μπορεί επίσης να καθοριστεί διαφορετική τυπική διατομή σε τμήματα της οδού (εφόσον, για παράδειγμα, υπάρχει γέφυρα, βοηθητική οδός ή τοίχος αντιστήριξης, εάν μεταβάλλεται ο αριθμός των λωρίδων της οδού κ.λπ.). Με συνδυασμό των τυπικών διατομών, της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής και του μοντέλου εδάφους, παράγονται αυτόματα οι διατομές της οδού σε προκαθορισμένες θέσεις.

6) Οριζοντιογραφία με Πρανή: Παράγεται η τελική οριζοντιογραφία της οδού, η οποία περιλαμβάνει τις λωρίδες κυκλοφορίας, τις τάφρους απορροής των υδάτων, τα πρανή της οδού, αλλά και ειδικές κατασκευές που έχουν καθοριστεί από τις τυπικές διατομές ή έχουν εφαρμοστεί απευθείας στην παραγωγή της τελικής οριζοντιογραφίας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές.

7) Bruckner: Γίνεται υπολογισμός των ποσοτήτων των χωματισμών κατά μήκος της οδού και κατασκευάζεται το Διάγραμμα Κίνησης Γαιών ή «Διάγραμμα Bruckner», με τη χρήση κατάλληλων αλγόριθμων. Δίνεται η δυνατότητα διαχωρισμού της οδού σε τμήματα με διαφορετικά εδαφικά χαρακτηριστικά (ποσοστά κατάλληλων, γαιωδών, ημιβραχωδών, βραχωδών εδαφών και συντελεστής επιπλήσματος).

8) Διασταυρώσεις: Δίδεται η δυνατότητα προσδιορισμού των σημείων τομής, τόσο οριζοντιογραφικά όσο και υψομετρικά, αξόνων και οριογραμμών οδών. Αποτελεί ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο στον προσδιορισμό των χιλιομετρικών θέσεων τομής αξόνων, αλλά κυρίως στον σχεδιασμό άνω και κάτω διαβάσεων, όπου δίδεται σε κάθε σημείο τομής η υψομετρική διαφορά και κατά συνέπεια προσδιορίζεται το πραγματικό ελεύθερο ύψος.

9) 3-Διαστάσεις: Υπάρχει η δυνατότητα τρισδιάστατης απεικόνισης της οδού, ώστε να μπορεί να γίνει οπτικός έλεγχος της ποιότητας της χάραξης στον χώρο. Για να γίνει κάτι τέτοιο, πέρα από το ψηφιακό μοντέλο του εδάφους, δημιουργούνται με ανάλογο τρόπο τα ψηφιακά μοντέλα της επιφάνειας της οδού, των τεχνικών έργων, των πρανών κ.λπ..

10) Ορατότητες: Γίνεται υπολογισμός του απαιτούμενου και διατιθέμενου μήκους ορατότητας για στάση ή προσπέραση, σύμφωνα με τα δεδομένα που έχουν εισαχθεί και λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία της μηκοτομής και του τρισδιάστατου μοντέλου της οδού και του εδάφους, και δημιουργείται το αντίστοιχο διάγραμμα ορατότητας. Η διερεύνηση επάρκειας του διατιθέμενου ΜΟΣ με βάση την τρισδιάστατη χάραξη πραγματοποιείται σύμφωνα με τη μέθοδο που παρατέθηκε στο Κεφάλαιο 4 και

αποτελεί προσθήκη στο λογισμικό, για τις ανάγκες της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής.

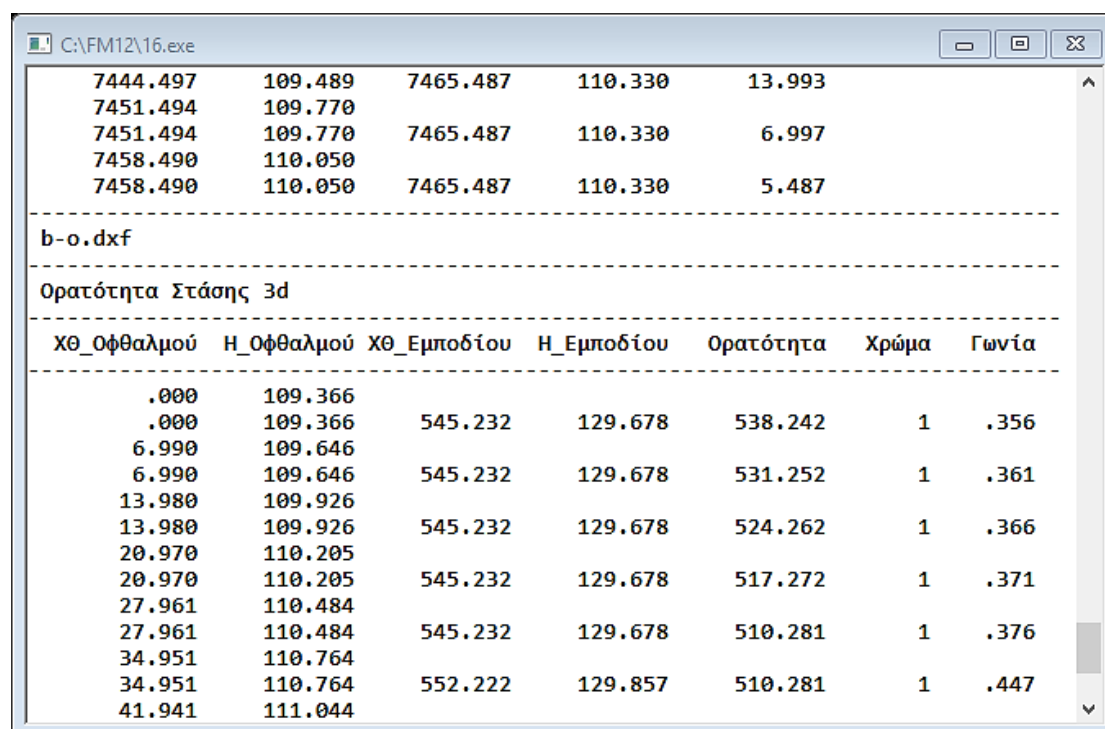
11) Προοπτικά: Δημιουργούνται προοπτικές εικόνες της οδού, με βάση το ψηφιακό μοντέλο της οδού και του περιβάλλοντός της και ανάλογα με τις παραμέτρους που έχουν εισαχθεί. Η δημιουργία προοπτικών εικόνων πραγματοποιείται σύμφωνα με τα όσα αναπτύχθηκαν στο Κεφάλαιο 4 (βλ. 4.4 Προοπτικές Εικόνες) και αποτελεί προσθήκη στο λογισμικό, για τις ανάγκες της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής.

12) Μοντέλο Εδάφους & Οριζοντιογραφία με Πρανή: Δημιουργείται κοινό σχέδιο του μοντέλου εδάφους και της οριζοντιογραφίας με τα πρανή.

13) Όλα: Εκτελούνται αυτόματα με τη σειρά τα παραπάνω προγράμματα.

14) Όλα με Σχέδια: Εκτελούνται αυτόματα με τη σειρά τα παραπάνω προγράμματα και ανοίγουν αυτόματα τα αντίστοιχα σχέδια.

Το λογισμικό H12 χρησιμοποιεί **δεδομένα** που εισάγονται από τον χρήστη και δημιουργεί **αρχεία εργασίας** και **σχέδια** ανά στάδιο μελέτης. Όταν ο χρήστης επιλέξει την εκτέλεση κάποιου προγράμματος, εμφανίζεται στην οθόνη ένα παράθυρο γραμμής εντολών των Windows («Command Prompt») (Σχήμα 5.3), στο οποίο εμφανίζονται στοιχεία σχετικά με την εξέλιξη της εκτέλεσης (π.χ. υπολογισμοί) και αναγράφονται τυχόν προβλήματα που εμποδίζουν την ολοκλήρωσή της. Με αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης είναι σε θέση να πραγματοποιήσει άμεσα τις απαιτούμενες διορθώσεις και να εκτελέσει εκ νέου το πρόγραμμα.



X0_Οφθαλμού	H_Οφθαλμού	X0_Εμποδίου	H_Εμποδίου	Ορατότητα	Χρώμα	Γωνία
7444.497	109.489	7465.487	110.330	13.993		
7451.494	109.770					
7451.494	109.770	7465.487	110.330	6.997		
7458.490	110.050					
7458.490	110.050	7465.487	110.330	5.487		
b-o.dxf						
Ορατότητα Στάσης 3d						
.000	109.366					
.000	109.366	545.232	129.678	538.242	1	.356
6.990	109.646					
6.990	109.646	545.232	129.678	531.252	1	.361
13.980	109.926					
13.980	109.926	545.232	129.678	524.262	1	.366
20.970	110.205					
20.970	110.205	545.232	129.678	517.272	1	.371
27.961	110.484					
27.961	110.484	545.232	129.678	510.281	1	.376
34.951	110.764					
34.951	110.764	552.222	129.857	510.281	1	.447
41.941	111.044					

Σχήμα 5.3: Το παράθυρο γραμμής εντολών που εμφανίζεται κατά την εκτέλεση του προγράμματος «Ορατότητες».

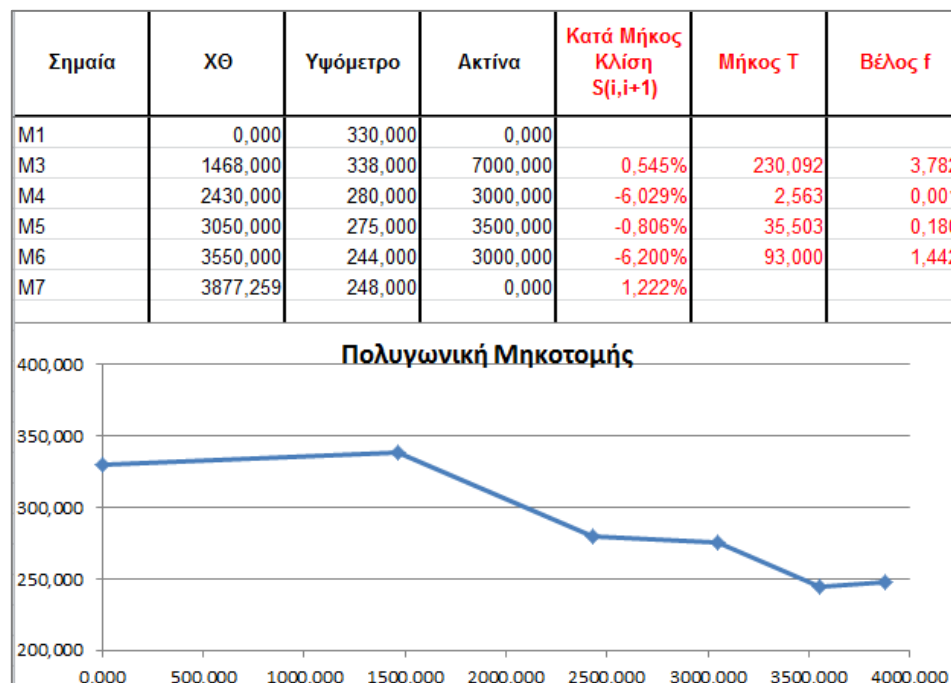
Σημειώνεται ότι, κάθε φορά που εκτελείται ένα πρόγραμμα, το σχέδιο που προκύπτει αντικαθιστά τα τυχόν προηγούμενα σχέδια. Για αυτόν τον λόγο, εάν ο χρήστης επιθυμεί να κρατήσει κάποιο σχέδιο και να εκτελέσει ξανά το πρόγραμμα με νέα δεδομένα, θα πρέπει να αποθηκεύσει το πρώτο σχέδιο με ένα νέο όνομα (για παράδειγμα, μπορεί να μην επιθυμείται η διαγραφή της προηγούμενης οριζοντιογραφίας ώστε να μπορεί να συγκριθεί με κάποια επόμενη).

Στο **Παράρτημα** περιγράφονται για κάθε πρόγραμμα τα αρχεία δεδομένων που διαβάζει και τα αρχεία εργασίας και σχέδια που δημιουργεί.

5.2.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα εικονίδια που εμφανίζονται στο περιβάλλον εργασίας του H12 με γαλάζιο πλαίσιο αντιστοιχούν στα λογιστικά φύλλα που πρέπει να συμπληρώσει ο χρήστης και αποτελούν τα **δεδομένα** για τη μελέτη μιας οδού.

Στο Σχήμα 5.4 απεικονίζεται τμήμα του λογιστικού φύλλου δεδομένων για τη μηκοτομή μιας χάραξης. Ο χρήστης συμπληρώνει για κάθε σημαία την ονομασία της, τη χιλιομετρική της θέση, το υψόμετρο και την ακτίνα του τόξου συναρμογής. Υπολογίζονται αυτόματα και εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα οι κατά μήκος κλίσεις $S(i,i+1)$ μεταξύ των διαδοχικών σημαιών, καθώς και το οριζόντιο μήκος και βέλος για κάθε τόξο συναρμογής. Επιπλέον, εμφανίζεται η μορφή της πολυγωνικής της μηκοτομής.



Σχήμα 5.4: Τμήμα του λογιστικού φύλλου δεδομένων για τη μηκοτομή.

Στα φύλλα του Excel όπου πρέπει να εισαχθούν τα δεδομένα, υπάρχει το πλήκτρο MENU, με τη βοήθεια του οποίου ο χρήστης μπορεί να επιστρέψει στο κύριο

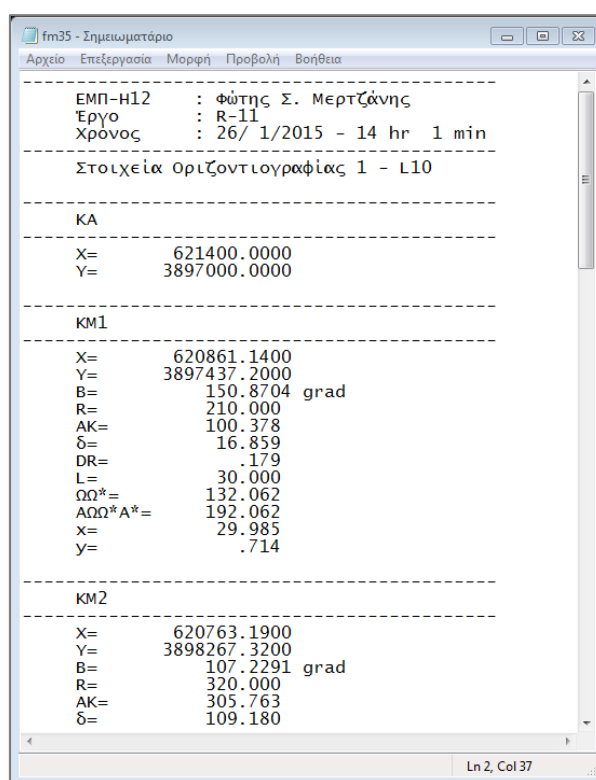
περιβάλλον εργασίας του H12. Σημειώνεται ότι κάθε φορά που ο χρήστης πατάει το πλήκτρο MENU για να κινηθεί στα προγράμματα και αρχεία του H12, εμφανίζεται στην οθόνη του ο ενεργός φάκελος. Αυτό τον βοηθάει να εργάζεται παράλληλα σε διάφορα έργα.

Στο **Παράρτημα** περιγράφονται αναλυτικά τα απαιτούμενα δεδομένα που πρέπει να εισαχθούν από τον χρήστη.

5.2.3 ΑΡΧΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τα εικονίδια που εμφανίζονται στο περιβάλλον εργασίας του H12 με πράσινο πλαίσιο αντιστοιχούν στα **αρχεία εργασίας** (ένα τέτοιο παράδειγμα απεικονίζεται στο Σχήμα 5.5) που δημιουργούνται από τα προγράμματα, με σκοπό:

- να αποτελέσουν δεδομένα εισαγωγής σε άλλα προγράμματα σύμφωνα με τον αλγόριθμο εργασίας
- να αποτελέσουν αρχεία με χρήσιμες πληροφορίες για τον μελετητή, που στη συνέχεια θα γίνουν μέρος της τεχνικής έκθεσης του έργου.



Σχήμα 5.5: Αρχείο με στοιχεία της οριζοντιογραφίας.

Τα αρχεία εργασίας αναλύονται στο **Παράρτημα**.

5.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

5.3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

Το λογισμικό H12, παρέχει στον μελετητή τη δυνατότητα συσχέτισης του απαιτούμενου μήκους ορατότητας με το διατιθέμενο, καθ' όλο το μήκος της οδού, με σκοπό τον ταχύ εντοπισμό των οδικών τμημάτων που εμφανίζουν πρόβλημα ως προς την επάρκεια ορατότητας του χρήστη της οδού.

Το λογισμικό έχει τη **δυνατότητα υπολογισμού του απαιτούμενου και διαθέσιμου ΜΟΣ** σε οποιαδήποτε θέση κατά μήκος της οδού και σε οποιαδήποτε εγκάρσια απόσταση. Η διαδικασία υπολογισμών επαναλαμβάνεται σύμφωνα με το επιθυμητό βήμα υπολογισμού. Επιπλέον, λαμβάνεται υπόψη η οριζοντιογραφία, η μηκοτομή, οι επικλίσεις, καθώς και τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος χώρου της οδού, επιτρέποντας έτσι την τρισδιάστατη ανάλυση ορατότητας. Ακόμη, υπολογίζεται και το διατιθέμενο μήκος ορατότητας του χρήστη, βάσει της γεωμετρικής διαμόρφωσης της μηκοτομής (**δισδιάστατο μοντέλο υπολογισμού**).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ανάλυση της ορατότητας πραγματοποιείται με χρήση των επιθυμητών οδηγίων σχεδιασμού οδών που επιλέγονται από τον χρήστη. Στις διάφορες οδηγίες σχεδιασμού οδών, λαμβάνονται **διαφορετικές τιμές των παραμέτρων υπολογισμού του ΜΟΣ**. Πιο αναλυτικά (βλ. και Κεφ. 3 – Υφιστάμενη Πρακτική):

- Στις **Ελληνικές οδηγίες (ΟΜΟΕ-X, 2001)**, ο χρόνος αντίληψης – αντίδρασης του χρήστη ισούται με 2s. Το ύψος οφθαλμού του οδηγού είναι ίσο με 1,06m και το ύψος εμποδίου μεταβάλλεται ανάλογα με την ταχύτητα V_{85} .
- Στις **Γερμανικές οδηγίες (RAA-R1, 2008; RAL-R1, 2012)**, ο χρόνος αντίληψης – αντίδρασης του χρήστη ισούται με 2s και η τιμή επιβράδυνσης του οχήματος ισούται με $3,7\text{m/s}^2$. Για τον υπολογισμό του υφιστάμενου μήκους ορατότητας, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τη γεωμετρική διαμόρφωση της μηκοτομής (δισδιάστατο μοντέλο), χρησιμοποιείται τιμή ύψους οφθαλμού ίση με 1,00m, και τιμή ύψους εμποδίου ίση με 0,50m. Για τον υπολογισμό του υφιστάμενου μήκους ορατότητας, λαμβάνοντας υπόψη το τρισδιάστατο μοντέλο του εδάφους, χρησιμοποιείται τιμή ύψους οφθαλμού και εμποδίου ίση με 1,00m.
- Στις **Αμερικανικές οδηγίες (AASHTO, 2011)**, χρησιμοποιείται τιμή του χρόνου αντίληψης – αντίδρασης του χρήστη ίση με 2,5s και τιμή επιβράδυνσης του οχήματος, ίση με $3,4\text{m/s}^2$. Για τον υπολογισμό του υφιστάμενου μήκους ορατότητας χρησιμοποιείται τιμή ύψους οφθαλμού ίση με 1,08m και τιμή ύψους εμποδίου ίση με 0,6m.
- Στις **Αυστραλιανές οδηγίες (Austroads, 2009)**, χρησιμοποιείται τιμή του χρόνου αντίληψης – αντίδρασης του χρήστη ίση με 2s και τιμή επιβράδυνσης του

οχήματος, ίση με $4,51\text{m/s}^2$. Για τον υπολογισμό του υφιστάμενου μήκους ορατότητας χρησιμοποιείται τιμή ύψους οφθαλμού ίση με $1,1\text{m}$ και τιμή ύψους εμποδίου ίση με $0,2\text{m}$.

Υπάρχει, βέβαια, και η δυνατότητα επιλογής από τον χρήστη όλων των παραμέτρων επιρροής του ΜΟΣ. Στην περίπτωση αυτή, οι **παράμετροι** που σχετίζονται με την ανάλυση ορατότητας και τη δημιουργία των αντίστοιχων διαγραμμάτων ορατότητας, και οι οποίες καθορίζονται από τον χρήστη του λογισμικού, είναι οι ακόλουθες:

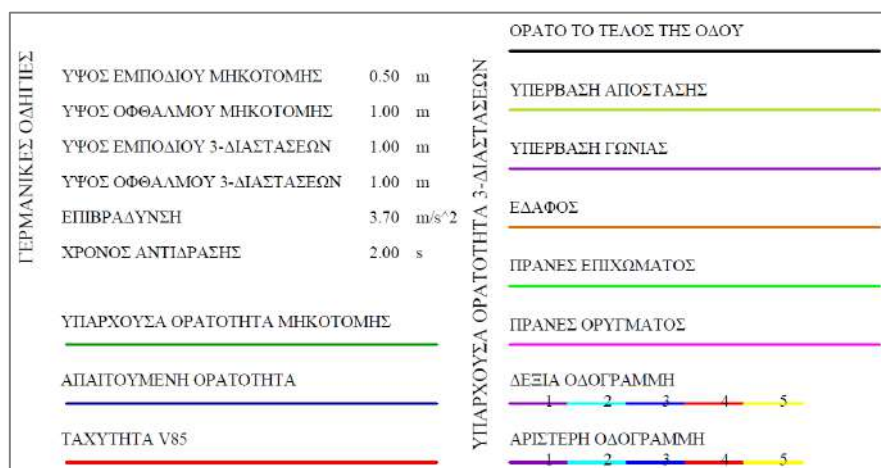
- **βήμα:** Εισάγεται το επιθυμητό βήμα για τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας και τη σχεδίαση των αντίστοιχων διαγραμμάτων ορατότητας.
- **αρχή και τέλος:** Καθορίζεται, υπό τη μορφή χιλιομετρικών θέσεων αρχής και τέλους, το τμήμα της υπό μελέτη οδού για το οποίο θα πραγματοποιηθεί ανάλυση ορατότητας.
- **οδηγίες σχεδιασμού οδών:** Επιλέγεται σύμφωνα με ποιες οδηγίες σχεδιασμού οδών θα πραγματοποιηθεί η ανάλυση ορατότητας.
- **κλίμακα μηκών και υψών διαγραμμάτων:** Καθορίζεται η κλίμακα μηκών και υψών των παραγόμενων διαγραμμάτων, καθώς και η σχέση μεταξύ των δύο κλιμάκων.
- **είδος ανάλυσης ορατότητας:** Επιλέγεται η ανάλυση ορατότητας είτε για στάση, είτε για προσπέραση.
- **οδογραμμή οφθαλμού και εμποδίου:** Επιλέγεται σε ποια οδογραμμή από αυτές που έχουν καθοριστεί κατά τη δημιουργία της τυπικής διατομής της οδού, θα τοποθετηθούν ο οφθαλμός και το εμπόδιο.
- **επιτάχυνση και επιβράδυνση οχήματος:** Απαιτούνται για τη δημιουργία του διαγράμματος ταχυτήτων, όταν η ταχύτητα δεν θεωρείται σταθερή, καθώς και για τους υπολογισμούς του απαιτούμενου μήκους ορατότητας.
- **χρόνος αντίδρασης:** Εισάγεται ο επιθυμητός χρόνος αντίδρασης του οδηγού.
- **ύψος οφθαλμού και εμποδίου:** Εισάγονται τα ύψη οφθαλμού και εμποδίου, τόσο για την περίπτωση τρισδιάστατης ανάλυσης της ορατότητας, όσο και για την περίπτωση ανάλυσης της ορατότητας με βάση τη μηκοτομή της οδού.
- **απόσταση αναζήτησης τριγώνων:** Είναι η μέγιστη απόσταση, σε κάθε θέση της οδού, κατά την οποία γίνεται εξέταση τομής της γραμμής όρασης με τα τρίγωνα του τρισδιάστατου μοντέλου της οδού. Ο περιορισμός αυτός είναι προαιρετικός.
- **γωνία ορατότητας:** Είναι η μέγιστη γωνία, σε κάθε θέση της οδού, κατά την οποία μπορεί να αποκλίνει η γραμμή όρασης από την ευθεία του οδηγού, όταν γίνεται εξέταση τομής της γραμμής όρασης με τα τρίγωνα του τρισδιάστατου μοντέλου της οδού. Ο περιορισμός αυτός είναι προαιρετικός.
- **ταχύτητα οχήματος:** Εισάγεται μια σταθερή ταχύτητα του οχήματος, σε περίπτωση όπου δεν επιθυμείται ο υπολογισμός του διαγράμματος ταχυτήτων. Συνήθως επιλέγεται η λειτουργική ταχύτητα.
- **ταχύτητες αρχής και τέλους:** Χρησιμεύουν στη σχεδίαση του διαγράμματος ταχυτήτων (αρχή και τέλος του), όταν πρόκειται για μελέτη οδικού τμήματος, όπου υποτίθεται ότι τα οχήματα έχουν ήδη αναπτύξει κάποια ταχύτητα κατά την

είσοδό τους στο τμήμα αυτό και, ομοίως, έχουν κάποια ταχύτητα κατά την έξοδό τους από αυτό.

5.3.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης εξάγονται υπό τη μορφή **διαγραμμάτων απεικόνισης μεταξύ διατιθέμενου και απαιτούμενου ΜΟΣ**, βάσει των οποίων ο μελετητής μπορεί να εντοπίσει με ευκολία τα οδικά τμήματα που παρουσιάζουν πρόβλημα ως προς το ΜΟΣ. Στα διαγράμματα ορατότητας αυτά, αποτυπώνονται και διάφορες άλλες **χρήσιμες πληροφορίες**. Έτσι:

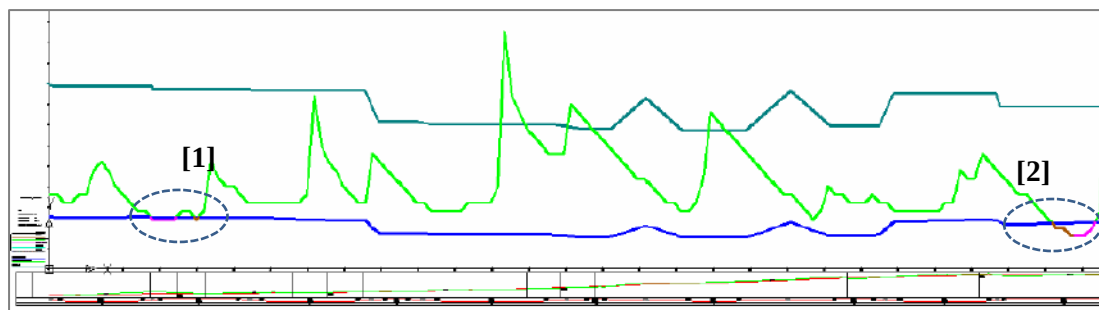
- Ο οριζόντιος άξονας δηλώνει τις **χιλιομετρικές θέσεις** της οδού.
- Ο κύριος κάθετος άξονας (αριστερά) δηλώνει τις **τιμές του μήκους ορατότητας**.
- Ο δευτερεύων κάθετος άξονας (δεξιά) δηλώνει τις **τιμές των ταχυτήτων υπολογισμού του απαιτούμενου ΜΟΣ**.
- Στο κάτω μέρος των διαγραμμάτων απεικονίζεται η **μηκοτομή της χάραξης, καθώς και οι ευθυγραμμίες και καμπύλες της οριζοντιογραφίας**, με όλα τα γεωμετρικά στοιχεία τους, προκειμένου να είναι δυνατή η άμεση συσχέτιση του μήκους ορατότητας με τη μορφή της χάραξης σε κάθε σημείο της οδού.
- Στο αριστερό μέρος των διαγραμμάτων ορατότητας παρέχονται αρκετές χρήσιμες πληροφορίες για την καλύτερη κατανόηση του γραφήματος, και πιο συγκεκριμένα αναφέρονται τα εξής (Σχήμα 5.6):
 - οι **οδηγίες σχεδιασμού οδών** στις οποίες βασίζεται ο υπολογισμός του μήκους ορατότητας και οι αντίστοιχες **τιμές των παραμέτρων υπολογισμού** που επιλέγονται
 - η **κατεύθυνση κίνησης** κατά μήκος της οδού
 - το υπόμνημα που **επεξηγεί τη σημασία των διάφορων χρωμάτων**.



Σχήμα 5.6: Πληροφορίες (υπόμνημα) παραγόμενου διαγράμματος ορατότητας.

Στο Σχήμα 5.7, παρουσιάζεται ένα παράδειγμα όπου φαίνεται το διατιθέμενο ΜΟΣ (πράσινη γραμμή), το αντίστοιχο απαιτούμενο ΜΟΣ (μπλε γραμμή), καθώς και το

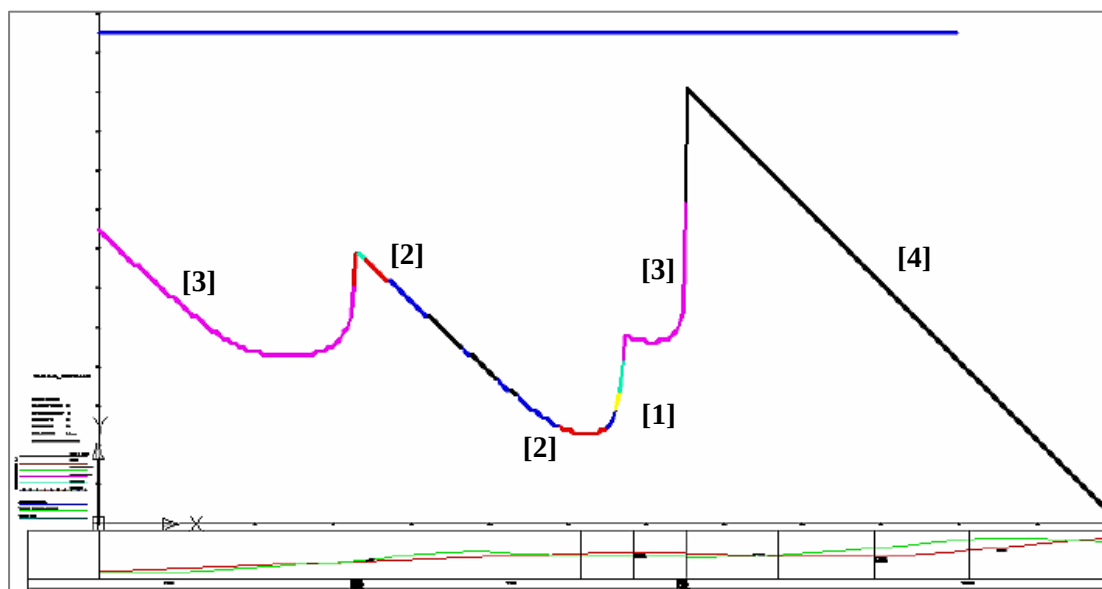
διάγραμμα ταχυτήτων (κυανή γραμμή). Είναι προφανές ότι κρίσιμες καταστάσεις δημιουργούνται όταν το διατιθέμενο ΜΟΣ είναι μικρότερο του αντιστοίχως απαιτούμενου. Στο σχήμα αυτές οι περιοχές επισημαίνονται με φούξια (ματζέντα) χρώμα (περιοχές [1] & [2] στο σχήμα).



Σχήμα 5.7: Διάγραμμα προσδιορισμού επάρκειας ΜΟΣ.

Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα της υπόψη μεθόδου αποτελεί και η **δυνατότητα εντοπισμού του στοιχείου που δημιουργεί ανεπάρκεια στο διατιθέμενο ΜΟΣ**. Με άλλα λόγια, είναι δυνατός ο εντοπισμός του στοιχείου που τέμνει τη γραμμή ορατότητας μεταξύ οδηγού και εμποδίου. Η επισημάνση αυτή γίνεται με τη βοήθεια χρωματικής διαφοροποίησης.

Έτσι, για παράδειγμα σε μια σύνθετη χάραξη (Σχήμα 5.8), το κίτρινο χρώμα (γραμμή [1]) υποδηλώνει ότι η γραμμή όρασης διακόπτεται από το κεντρικό στηθαίο ασφαλείας τύπου Jersey, το κόκκινο, μπλε και κυανό χρώμα υποδηλώνει ότι η γραμμή όρασης διακόπτεται από την επιφάνεια της οδού (γραμμές [2]), το φούξια (ματζέντα) χρώμα υποδηλώνει ότι η γραμμή όρασης διακόπτεται από κάποιο πρηνές σε όρυγμα (γραμμή [3]) και το μαύρο χρώμα (γραμμή [4]) υποδηλώνει ότι είναι ορατό το τέλος του οδικού τμήματος.



Σχήμα 5.8: Χρωματικός διαχωρισμός της ανεπάρκειας διατιθέμενου ΜΟΣ.

Η παραπάνω απεικόνιση, όντας ιδιαίτερα εποπτική, όταν συνδυαστεί με το αντίστοιχο απαιτούμενο διάγραμμα ΜΟΣ, παρέχει στον μελετητή άμεσο έλεγχο του αιτίου ανεπάρκειας στο ΜΟΣ και, κατά συνέπεια, τον καθοδηγεί στην **επιλογή της κατάλληλης διορθωτικής παρέμβασης**.

Τέλος, εκτός από τα διαγράμματα, το λογισμικό H12 δημιουργεί και **τα αντίστοιχα αρχεία, όπου περιέχονται οι υπολογισμοί του απαιτούμενου και διατιθέμενου μήκους ορατότητας** στις διάφορες χιλιομετρικές θέσεις κατά μήκος της οδογραμμής οδηγού – εμποδίου, καθώς και οι τιμές των παραμέτρων που απαιτούνται για τον προσδιορισμό του ΜΟΣ.

5.3.3 ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

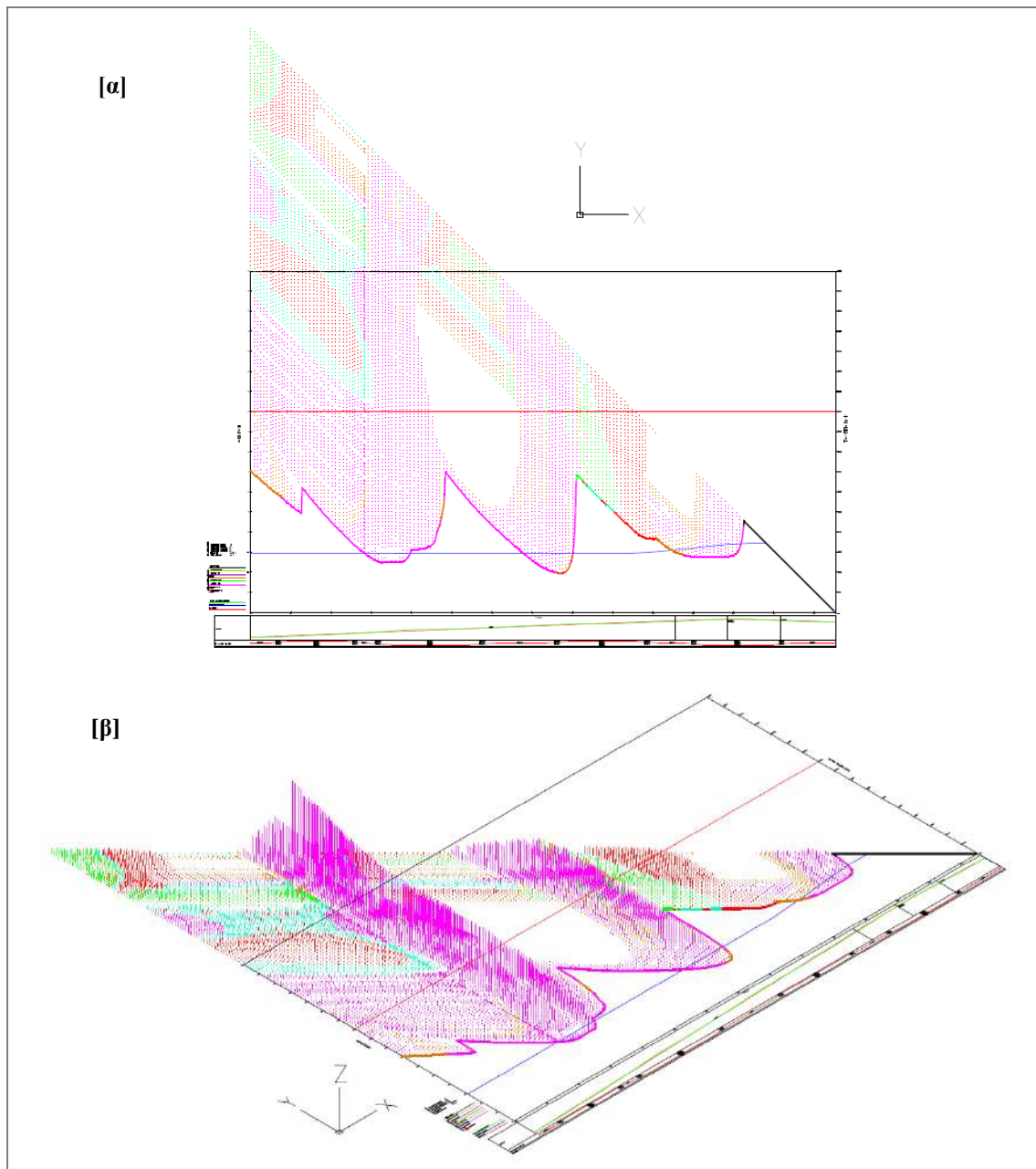
Εκτός από την παραγωγή του διαγράμματος ΜΟΣ, δίνεται η δυνατότητα επέκτασής του και αξονομετρικής παρουσίασής του, η οποία ουσιαστικά επεκτείνει και λειτουργεί ως συμπλήρωμα στο «συμβατικό» (δισδιάστατο) διάγραμμα ορατότητας. Κατά την αξονομετρική παρουσίαση του διαγράμματος ορατότητας **απεικονίζονται σε κάθε χιλιομετρική θέση οι συνθήκες ορατότητας για όλο το υπολειπόμενο μήκος της οδού**.

Με χρήση αυτού του διαγράμματος, ο μελετητής μπορεί να εκτιμήσει, για κάθε χιλιομετρική θέση:

- το συνολικό μήκος της οδού έμπροσθεν του οδηγού που είναι ορατό σε αυτόν
- εάν είναι ορατή η υπολειπόμενη οδός σε όλο το μήκος της ή κατά τμήματα
- το αίτιο που προκαλεί περιορισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ σε κάθε θέση κατά μήκος της υπολειπόμενης οδού
- το έλλειμμα ορατότητας στις θέσεις όπου δεν είναι ορατές και/ή δεν επαρκεί το ΜΟΣ.

Κατ' αυτόν τον τρόπο, παρέχεται η δυνατότητα μίας πιο ολοκληρωμένης μελέτης και αξιολόγησης των συνθηκών ορατότητας κατά μήκος της υπό μελέτη οδού.

Στο Σχήμα 5.9 απεικονίζεται η επέκταση του διαγράμματος ορατότητας για κάποια χάραξη, σε κάτοψη και σε αξονομετρική παρουσίαση.



Σχήμα 5.9: Επέκταση του διαγράμματος ΜΟΣ, σε κάτοψη (α) και σε αξονομετρική παρουσίαση (β).

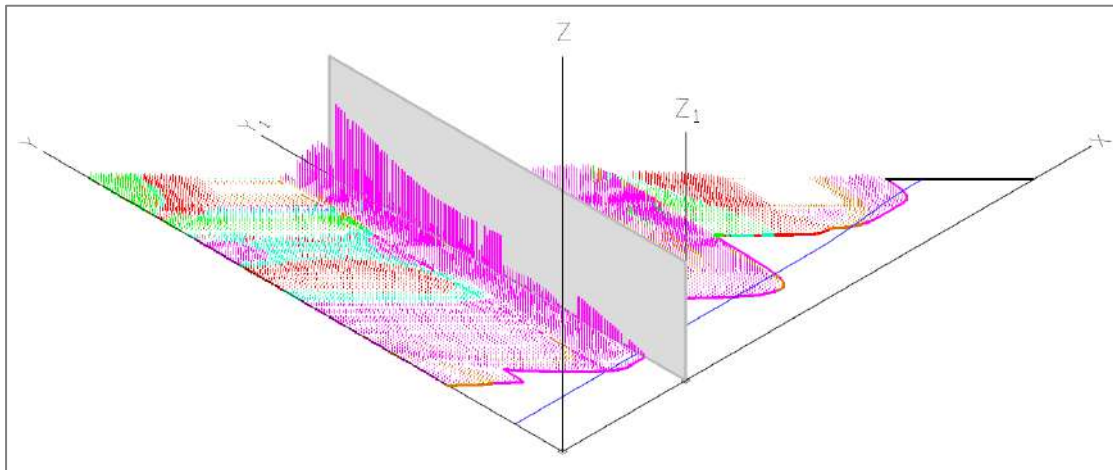
Όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 5.9, το συνολικό διάγραμμα που προκύπτει αποτελείται από τα εξής επιμέρους τμήματα:

- Το **διάγραμμα απαιτούμενου ΜΟΣ** στο επίπεδο X-Y (απεικονίζεται με μπλε γραμμή).
- Το **διάγραμμα διατιθέμενου ΜΟΣ** στο επίπεδο X-Y (απεικονίζεται με έντονες γραμμές διαφόρων χρωματισμών, ανάλογα με το αίτιο περιορισμού του διαθέσιμου ΜΟΣ, όπως αναλύθηκε προηγουμένως – βλ. 5.3.2 Διαγράμματα Ορατότητας).
- Λοιπές πληροφορίες στο επίπεδο X-Y, και συγκεκριμένα τις τιμές των **ταχυτήτων υπολογισμού του απαιτούμενου ΜΟΣ**, τις **οδηγίες σχεδιασμού οδών**

που έχουν επιλεγεί και στις οποίες βασίζονται οι υπολογισμοί, τις τιμές των παραμέτρων υπολογισμού που έχουν επιλεγεί, τη **μηκοτομή της οδού και του εδάφους**, καθώς και τα **στοιχεία των ευθύγραμμων και καμπυλών της οριζοντιογραφίας**.

- Την **επέκταση του διαγράμματος ορατότητας** στον άξονα Z, υπό τη μορφή ενός συνόλου κατακόρυφων ευθύγραμμων τμημάτων, διαφόρων μηκών και χρωματισμών.

Η επέκταση του διαγράμματος ορατότητας αναλύεται και ερμηνεύεται ανά χιλιομετρική θέση κατά μήκος της οδού (άξονας X), με προβολή του διαγράμματος σε ένα κατακόρυφο επίπεδο παράλληλο στο επίπεδο που σχηματίζεται από τους άξονες Y και Z, το οποίο τέμνει τον άξονα X στην εκάστοτε χιλιομετρική θέση. Στο κάθε κατακόρυφο επίπεδο Y_i-Z_i , ο οριζόντιος άξονας Y_i αντιπροσωπεύει το υπολειπόμενο μήκος της οδού και ο κατακόρυφος άξονας Z_i αναφέρεται στο ύψος εμποδίου. Στο Σχήμα 5.10 απεικονίζεται, για το παράδειγμα του Σχήματος 5.6, το κατακόρυφο επίπεδο Y_1-Z_1 για κάποια χιλιομετρική θέση, έστω την X.Θ.1.



Σχήμα 5.10: Ανάλυση της επέκτασης του διαγράμματος ορατότητας, σε κάποια X.Θ..

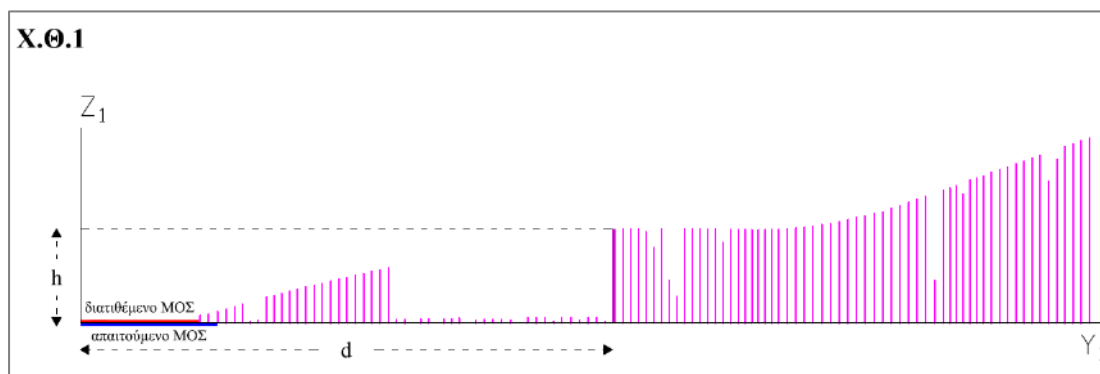
Για μία συγκεκριμένη χιλιομετρική θέση κατά μήκος της οδού, η επέκταση του διαγράμματος ορατότητας αποτελείται από **μια σειρά κατακόρυφων ευθύγραμμων τμημάτων, όπου το ύψος του καθενός από αυτά αντιστοιχεί στο θεωρητικό ύψος του εμποδίου, που απέχει απόσταση από τον οδηγό όση και η απόσταση του ευθύγραμμου τμήματος από τον άξονα X, προκειμένου αυτό να είναι ορατό**. Έτσι, οι θέσεις του διαγράμματος στις οποίες δεν υπάρχουν ευθύγραμμα τμήματα, αντιστοιχούν σε «μηδενικό» θεωρητικό ύψος εμποδίου, επομένως αυτές είναι ορατές από τον οδηγό, όταν αυτός βρίσκεται στη συγκεκριμένη χιλιομετρική θέση. **Το χρώμα ενός επιμέρους ευθύγραμμου τμήματος υποδηλώνει το αίτιο περιορισμού της ορατότητας στο αντίστοιχο σημείο της οδού, όπως αναλύθηκε προηγουμένως (βλ. 5.3.2 Διαγράμματα Ορατότητας).**

Με προβολή του συνολικού διαγράμματος ορατότητας στο επίπεδο X-Y (κάτοψη), λαμβάνονται όλες οι πληροφορίες που παρέχονται από το συμβατικό διάγραμμα

ορατότητας, όπως αναλύθηκε προηγουμένως (βλ. 5.3.2 Διαγράμματα Ορατότητας). Ωστόσο, τα κατακόρυφα ευθύγραμμα τμήματα προβάλλονται ως σημεία στο επίπεδο. Επομένως, οι πληροφορίες που μπορούν να ληφθούν από την προβολή στο επίπεδο X-Y του συνολικού διαγράμματος αφορούν μόνο στο εάν είναι ορατό ή όχι κάποιο σημείο της υπολειπόμενης οδού, ανάλογα με το εάν υπάρχει ή όχι κάποιο σημείο στην αντίστοιχη θέση, και, σε περίπτωση που αυτό δεν είναι ορατό, υποδηλώνεται το αίτιο περιορισμού της ορατότητας, ανάλογα με τον χρωματισμό του σημείου.

Επισημαίνεται ότι η πυκνότητα, τόσο των χιλιομετρικών θέσεων κατά μήκος της οδού όπου γίνεται η τρισδιάστατη ανάλυση και σχεδίαση, όσο και της σχεδίασης των κατακόρυφων ευθύγραμμων τμημάτων, εξαρτάται από το βήμα υπολογισμών για το ΜΟΣ, το οποίο έχει επιλεγεί από τον χρήστη. Είναι προφανές ότι όσο μικρότερο είναι το βήμα υπολογισμών, τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Στο Σχήμα 5.11 παρατίθεται το τμήμα της επέκτασης του διαγράμματος ορατότητας για τη χιλιομετρική θέση Χ.Θ.1 του παραπάνω παραδείγματος, όπου υπάρχει έλλειμμα ορατότητας (το διατιθέμενο ΜΟΣ είναι μικρότερο του απαιτούμενου). Η οριζόντια γραμμή κόκκινου χρώματος αντιστοιχεί στο διατιθέμενο ΜΟΣ σε αυτήν τη θέση της οδού, και η οριζόντια γραμμή μπλε χρώματος αντιστοιχεί στο απαιτούμενο ΜΟΣ για τη συγκεκριμένη θέση. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα, όλα τα επιμέρους ευθύγραμμα τμήματα που αναπαριστούν τα θεωρητικά ύψη εμποδίου κατά μήκος της υπολειπόμενης οδού, έχουν φούξια (ματζέντα) χρώμα, δηλαδή η γραμμή όρασης διακόπτεται από πρანές σε όρυγμα. Το γεγονός ότι υπάρχουν ευθύγραμμα τμήματα καθ' όλο το υπολειπόμενο μήκος της οδού, συνεπάγεται ότι, πέραν του τμήματος της οδού που αντιστοιχεί στο διατιθέμενο ΜΟΣ, κανένα άλλο τμήμα της οδού δεν είναι ορατό στον οδηγό από τη συγκεκριμένη θέση.



Σχήμα 5.11: Τμήμα της επέκτασης του διαγράμματος ορατότητας, για κάποια Χ.Θ. της οδού (Α).

Στο Σχήμα 5.11 σημειώνεται με έντονη γραμμή και πιο σκούρο χρώμα ένα (τυχαίο) ευθύγραμμο τμήμα που απέχει απόσταση d από την αρχή των αξόνων και έχει ύψος h . Η σημασία του ευθύγραμμου τμήματος αυτού, είναι η εξής: Όταν ο οδηγός βρίσκεται στη χιλιομετρική θέση X.Θ.1, το εμπόδιο, ύψους σύμφωνα με τις επιλεγείσες οδηγίες σχεδιασμού, που βρίσκεται στη θέση που απέχει απόσταση d από την X.Θ.1, δηλαδή βρίσκεται στη χιλιομετρική θέση (X.Θ.1+d), δεν είναι

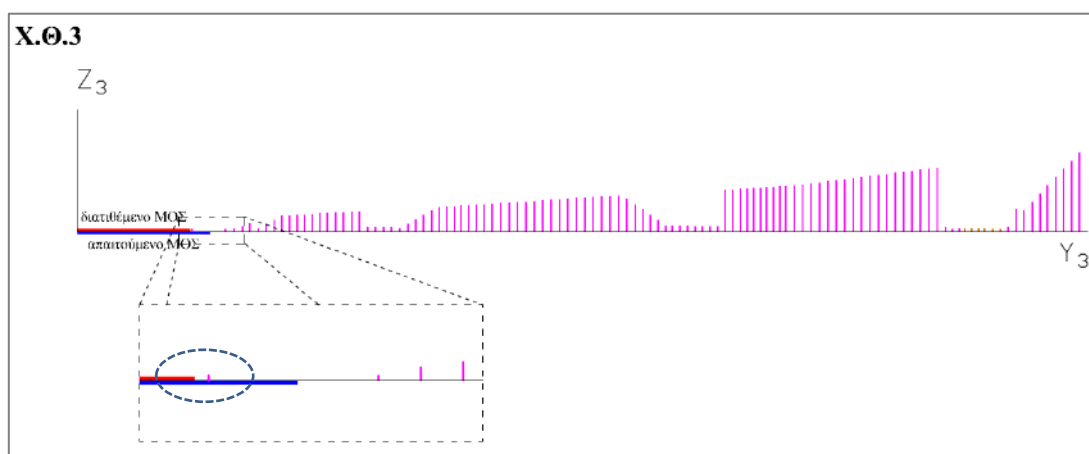
ορατό σε αυτόν. Προκειμένου το εμπόδιο να είναι ορατό στον οδηγό, θα πρέπει να έχει ύψος h .

Στο Σχήμα 5.12 απεικονίζεται το τμήμα της επέκτασης του διαγράμματος ορατότητας για μία άλλη χιλιομετρική θέση της οδού, έστω την Χ.Θ.2. Παρατηρείται ότι υπάρχει επάρκεια ΜΟΣ, και επιπλέον μεγάλο μέρος της οδού είναι ορατό, όχι όμως συνεχόμενα, όπως φανερώνει η μη ύπαρξη κατακόρυφων ευθύγραμμων τμημάτων σε τμήμα του διαγράμματος. Τα ευθύγραμμα τμήματα έχουν διαφορετικούς χρωματισμούς, κάτι το οποίο υποδηλώνει ότι ο περιορισμός της ορατότητας όλου του υπολειπόμενου μήκους της οδού, οφείλεται σε διαφορετικούς παράγοντες, ανάλογα με τη θέση του εμποδίου κατά μήκος της οδού.



Σχήμα 5.12: Τμήμα της επέκτασης του διαγράμματος ορατότητας, για κάποια Χ.Θ. της οδού (Β).

Στο Σχήμα 5.13 παρατίθεται ένα ακόμη τμήμα της επέκτασης του διαγράμματος ορατότητας, όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν επαρκεί. Όπως επισημαίνεται στο μεγενθυμένο μέρος του διαγράμματος, και σύμφωνα με το βήμα που έχει επιλεγεί, σχηματίζεται μόλις ένα κατακόρυφο ευθύγραμμο τμήμα, το οποίο μάλιστα έχει αρκετά μικρό μήκος (λίγο μεγαλύτερο από το ύψος εμποδίου που ορίζεται στις επιλεγείσες οδηγίες σχεδιασμού οδών), ενώ στις αμέσως επόμενες θέσεις της οδού υπάρχει ορατότητα. Δηλαδή, το διατιθέμενο ΜΟΣ περιορίζεται εξαιτίας κάποιου πρηνούς σε όρυγμα, αλλά η αποκρύπτεται από τον οδηγό ένα πολύ μικρό τμήμα της οδού.



Σχήμα 5.13: Τμήμα της επέκτασης του διαγράμματος ορατότητας, για κάποια Χ.Θ. της οδού (Γ).

Η συγκεκριμένη περίπτωση αντιστοιχεί σε «οριακή κατάσταση». Επομένως, ως οριακές καταστάσεις μπορούν να χαρακτηριστούν οι περιπτώσεις όπου σε κάποια θέση της οδού το διατιθέμενο ΜΟΣ είναι μικρότερο του απαιτούμενου και ισχύει τουλάχιστον ένα από τα εξής:

- Αποκρύπτεται από τον οδηγό ένα πολύ μικρό τμήμα της οδού.
- Το εμπόδιο δεν είναι ορατό στον οδηγό, αλλά το θεωρητικό του ύψος (ώστε να είναι ορατό) διαφέρει πολύ λίγο από το πραγματικό του ύψος (το οποίο έχει ληφθεί σύμφωνα με τις εκάστοτε οδηγίες σχεδιασμού οδών).

Σε τέτοιες περιπτώσεις, η έλλειψη επαρκούς ΜΟΣ, όπως έχει υπολογιστεί και αποτυπωθεί στο διάγραμμα ορατότητας, ενδεχομένως να μην είναι αντιληπτή και να μην επηρεάζει τον οδηγό, και άρα να μην απαιτείται η λήψη διορθωτικών μέτρων ή η τροποποίηση της χάραξης.

Τέλος, σημειώνεται ότι ενδεχομένως να παρεμβάλλονται περισσότερα του ενός στοιχεία της οδού και του παρόδιου χώρου μεταξύ του οφθαλμού και του εμποδίου, δηλαδή να υπάρχουν περισσότερα του ενός σημεία τομής της γραμμής όρασης με τα στοιχεία αυτά. Σε αυτήν την περίπτωση, λαμβάνεται υπόψη το πρώτο ως προς τον οδηγό στοιχείο.

Συμπερασματικά, η επέκταση του διαγράμματος ορατότητας, σε συνδυασμό με το συμβατικό διάγραμμα ορατότητας, συμβάλλει στην πιο ολοκληρωμένη μελέτη των συνθηκών ορατότητας κατά μήκος της υπό μελέτη οδού, επιτρέποντας στον μελετητή να εντοπίσει θέσεις της οδού στις οποίες η έλλειψη επαρκούς ΜΟΣ, όπως προκύπτει από τους υπολογισμούς, δεν επηρεάζει στην πραγματικότητα την ασφαλή λειτουργία της οδού.

5.3.4 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

Το λογισμικό H12 έχει τη δυνατότητα δημιουργίας προοπτικών εικόνων της οδού και του περιβάλλοντός της, από τη θέση του οδηγού, για οποιαδήποτε χιλιομετρική θέση κατά μήκος της χάραξης. Στις προοπτικές εικόνες απεικονίζονται **η επιφάνεια της οδού, καθώς και τα χαρακτηριστικά αυτής και του παρόδιου περιβάλλοντος.**

Επιπλέον, σε κάθε προοπτική εικόνα υπάρχει η δυνατότητα απεικόνισης ενός οχήματος που ταξιδεύει μπροστά από τον οδηγό, στη θέση η οποία αντιστοιχεί στο απαιτούμενο ΜΟΣ. Σε αυτήν τη λογική, είναι προφανές ότι, **προκειμένου να διασφαλίζεται ότι το ελάχιστο ΜΟΣ υπάρχει σε όλο το μήκος της οδού, θα πρέπει να απεικονίζεται το όχημα στην ίδια λωρίδα κυκλοφορίας, σε όλες τις προοπτικές εικόνες που εξάγονται.**

Οι **παράμετροι** που σχετίζονται με την παραγωγή προοπτικών εικόνων και οι οποίες καθορίζονται από τον χρήστη του λογισμικού, είναι οι ακόλουθες:

- **οδογραμμή και ύψος φωτομηχανής:** Είναι η θέση του κέντρου προβολής στον τρισδιάστατο χώρο. Το κέντρο προβολής κατά τη μελέτη ορατοτήτων συμπίπτει με τη θέση οφθαλμού του οδηγού (δηλαδή την εγκάρσια απόσταση από τον άξονα της οδού και το ύψος), η οποία καθορίζεται ανάλογα με τις επιλεγείσες οδηγίες σχεδιασμού οδών.
- **εστιακό βάθος:** Είναι η προοπτική απόσταση, δηλαδή η απόσταση μεταξύ κέντρου προβολής και επιπέδου προβολής. Συνήθως επιλέγεται ίση με 0,50m (Taiganidis & Kanellaidis, 1999).
- **έμπροσθεν και όπισθεν επίπεδο:** Για τον καθορισμό του πεδίου ορατότητας του οδηγού, το οποίο θεωρείται ότι περιορίζεται μεταξύ δύο κατακόρυφων επιπέδων (βλ. 4.4.2.2 Πεδίο ορατότητας του οδηγού). Εισάγονται οι οριζόντιες αποστάσεις των δύο επιπέδων, με αφετηρία μέτρησης το κέντρο προβολής. Οι αποστάσεις αυτές καθορίζονται κατά την κρίση του μελετητή και εξαρτώνται, μεταξύ άλλων, από τα παρακάτω:
 - Το κατά περίπτωση **απαιτούμενο ΜΟΣ**. Θα πρέπει, δηλαδή, η απόσταση του όπισθεν επιπέδου από τον οδηγό να είναι μεγαλύτερη από το απαιτούμενο ΜΟΣ, προκειμένου να είναι δυνατή η απεικόνιση του οχήματος ελέγχου επάρκειας ΜΟΣ, μπροστά από τον οδηγό.
 - Το **είδος της μελέτης**. Για παράδειγμα, εάν παράλληλα με τον έλεγχο επάρκειας ΜΟΣ επιθυμείται και η αξιολόγηση της αισθητικής της οδού (εντοπισμός τυχόν προβλημάτων στην προοπτική εικόνα της οδού), θα πρέπει η απόσταση του όπισθεν επιπέδου από τον οδηγό να είναι αρκετά μεγάλη, ώστε σε κάθε προοπτική εικόνα να απεικονίζεται μεγάλο τμήμα της οδού μπροστά από τον οδηγό.
- **διαστάσεις προοπτικής εικόνας:** Καθορίζεται το επιθυμητό πλάτος και το ύψος των προοπτικών εικόνων.
- **βήμα:** Εισάγεται το επιθυμητό βήμα δημιουργίας προοπτικών εικόνων.
- **αρχή και τέλος:** Καθορίζεται, υπό τη μορφή χιλιομετρικών θέσεων αρχής και τέλους, το τμήμα της οδού για το οποίο θα δημιουργηθούν προοπτικές εικόνες.

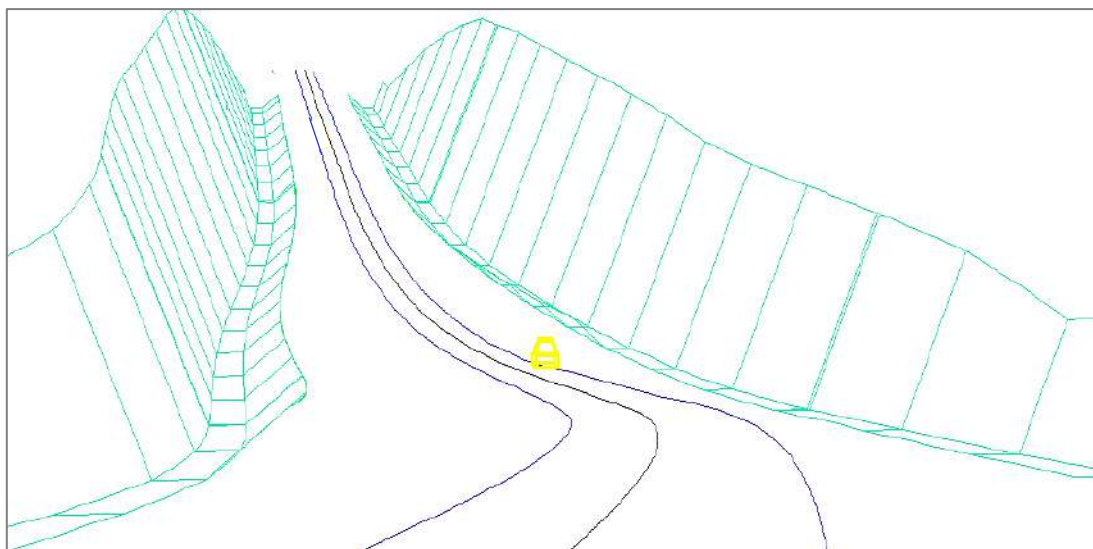
Οι προοπτικές εικόνες από το σημείο όρασης του οδηγού επιτρέπουν στον μελετητή να αναγνωρίσει και να εντοπίσει έγκαιρα λάθη και προβλήματα στο συνδυασμένο αποτέλεσμα της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής, καθώς και οπτικά ελαττώματα που ενδεχομένως υπάρχουν. Επιπλέον, **προσφέρουν τη δυνατότητα ακριβούς προσδιορισμού των αιτιών που προκαλούν ανεπάρκεια ορατότητας**, όπως είναι τα πρηνή των ορυγμάτων της οδού ή το κεντρικό στηθαίο ασφαλείας τύπου Jersey σε αυτοκινητόδρομους, ώστε να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα για τη διόρθωση των αντίστοιχων προβλημάτων.

Ακόμη, οι προοπτικές εικόνες δημιουργούνται σύμφωνα με το επιθυμητό βήμα κατά μήκος της οδού, που ορίζεται από τον χρήστη του λογισμικού, καλύπτουν και τις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας, και εμφανίζονται η μία κάτω από την άλλη. Συνεπώς, ο μελετητής μπορεί άμεσα να παρακολουθήσει την πορεία της οδού σε όλο το μήκος της, ενώ η γρήγορη εναλλαγή των εικόνων δημιουργεί την **αίσθηση της κίνησης**.

Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής οποιουδήποτε άλλου σημείου στον χώρο από όπου να απεικονίζεται η οδός, με αποτέλεσμα τη δημιουργία **πανοραμικών εικόνων**.

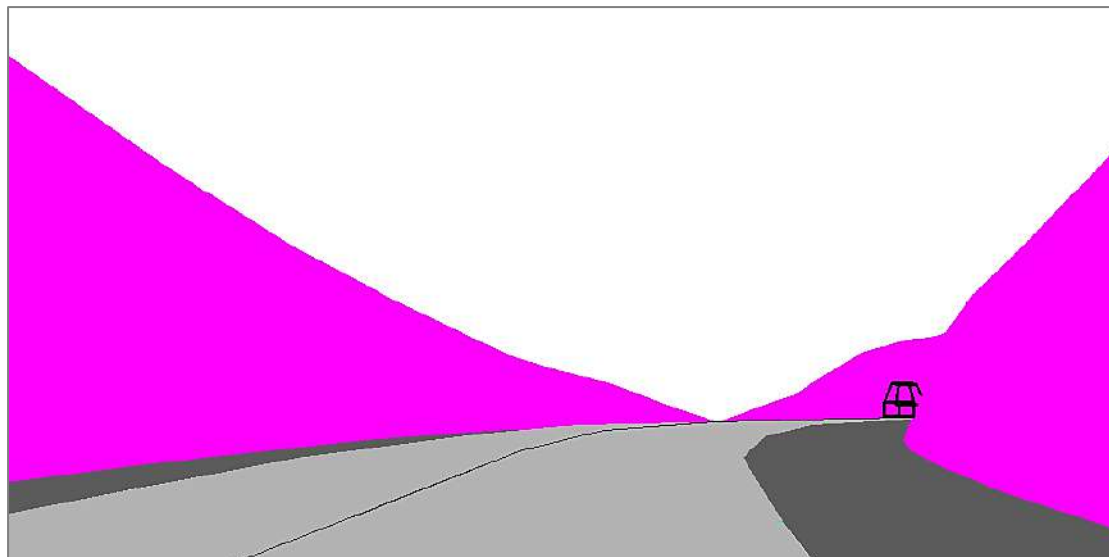
Το μήκος της οδού που απεικονίζεται μπροστά από τον οδηγό σε κάθε προοπτική εικόνα, επιλέγεται από τον χρήστη (με τον καθορισμό του έμπροσθεν και όπισθεν επιπέδου). Επιπλέον, δίπλα σε κάθε εικόνα εμφανίζεται η χιλιομετρική θέση από την οποία δημιουργείται η εικόνα, καθώς και η κατεύθυνση κίνησης. Τέλος, όπως προαναφέρθηκε, υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας προοπτικών εικόνων **για διαχωρισμένες ή μη οδούς**, ανάλογα με τα δεδομένα που έχουν εισαχθεί κατά το αρχικό στάδιο της μελέτης.

Στο Σχήμα 5.14 απεικονίζεται η προοπτική εικόνα μιας οδού δύο λωρίδων κυκλοφορίας, όπου υπάρχει επάρκεια ΜΟΣ, δεδομένου ότι εμφανίζεται το όχημα μπροστά.



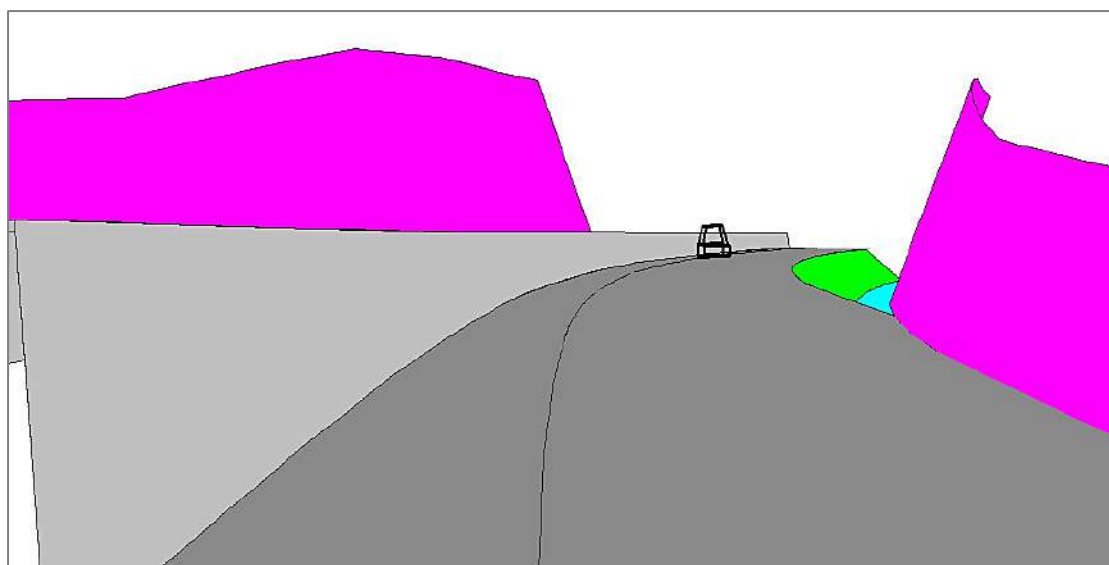
Σχήμα 5.14: Προοπτική απεικόνιση οδού δύο λωρίδων κυκλοφορίας με επάρκεια ΜΟΣ στην εξεταζόμενη θέση.

Στο Σχήμα 5.15 φαίνεται η προοπτική εικόνα μιας οδού δύο λωρίδων κυκλοφορίας, με οριακή επάρκεια ΜΟΣ, δεδομένου ότι το όχημα μόλις και εμφανίζεται.



Σχήμα 5.15: Προοπτική απεικόνιση οδού δύο λωρίδων κυκλοφορίας με οριακή επάρκεια ΜΟΣ στην εξεταζόμενη θέση.

Τέλος, στο Σχήμα 5.16 απεικονίζεται η προοπτική εικόνα σε δεξιόστροφη καμπύλη αυτοκινητόδρομου με επάρκεια ΜΟΣ.



Σχήμα 5.16: Προοπτική απεικόνιση σε δεξιόστροφη καμπύλη αυτοκινητόδρομου με επάρκεια ΜΟΣ στην εξεταζόμενη θέση.

**Εφαρμογές της Μεθόδου
Ανάλυσης Ορατότητας**

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Προκειμένου να εξεταστεί σε ποιον βαθμό η υιοθέτηση των προτεινόμενων παραμέτρων των υφιστάμενων οδηγιών σχεδιασμού οδικών έργων, εγγυάται την **ορθότητα και, κατά συνέπεια, την ασφάλεια μιας χάραξης**, τουλάχιστον όσον αφορά στην επάρκεια ΜΟΣ, ακολουθεί η ανάλυση κάποιων εφαρμογών, με χρήση του λογισμικού οδοποιίας H12 και της προτεινόμενης μεθόδου.

Εξετάζονται δύο περιπτώσεις θεωρητικής χάραξης, όπου διαφοροποιείται το είδος της τυπικής διατομής. Οι τυπικές διατομές που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

- Οδός με **ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας** και μία λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση.
- Οδός με **διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας**, κεντρικό στηθαίο τύπου Jersey, μεγάλων διαστάσεων, και δύο λωρίδες κυκλοφορίας και ΛΕΑ, ανά κατεύθυνση.

Σε κάθε περίπτωση, η μορφή της χάραξης είναι τέτοια, ώστε να εμφανίζονται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί καμπυλότητας ταυτόχρονα στην οριζοντιογραφία και στη μηκοτομή, δηλαδή:

- **Αριστερόστροφη** οριζοντιογραφική καμπύλη που επαλληλίζεται με **κυρτή** καμπύλη μηκοτομής.
- **Δεξιόστροφη** οριζοντιογραφική καμπύλη που επαλληλίζεται με **κοίλη** καμπύλη μηκοτομής.
- **Δεξιόστροφη** οριζοντιογραφική καμπύλη που επαλληλίζεται με **κυρτή** καμπύλη μηκοτομής.
- **Αριστερόστροφη** οριζοντιογραφική καμπύλη που επαλληλίζεται με **κοίλη** καμπύλη μηκοτομής.

Ο σχεδιασμός των οδικών τμημάτων πραγματοποιείται με χρήση οριακών τιμών (ελάχιστων ή μέγιστων επιτρεπόμενων) των παραμέτρων χάραξης, σύμφωνα με τις οδηγίες σχεδιασμού οδών, ώστε τα αποτελέσματα ανάλυσης της ορατότητας να αντιστοιχούν σε δυσμενείς περιπτώσεις, από άποψη ορατότητας.

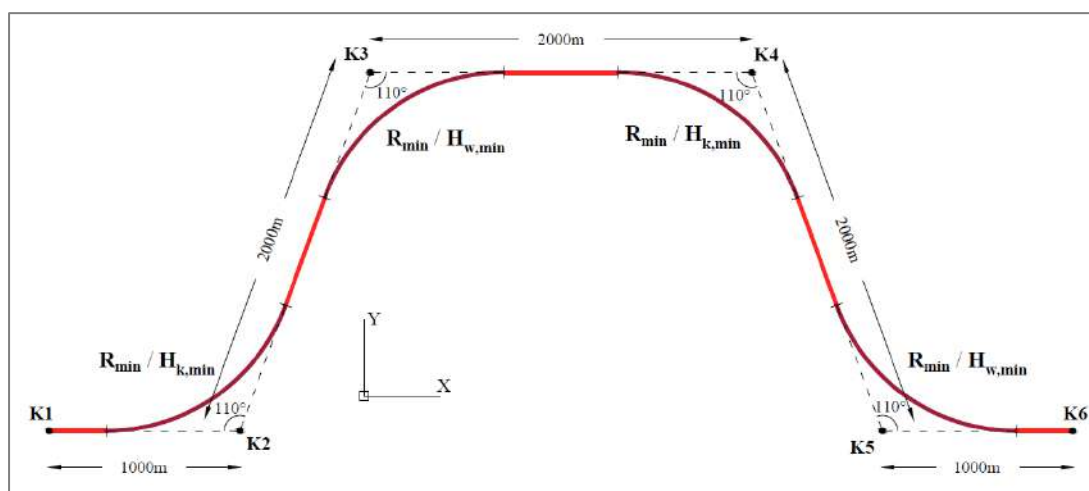
Για κάθε χάραξη παράγεται το διάγραμμα απαιτούμενου και διατιθέμενου ΜΟΣ, καθώς και η τρισδιάστατη επέκταση του διαγράμματος ορατότητας. **Το διατιθέμενο ΜΟΣ υπολογίζεται με δύο τρόπους, ώστε να γίνει σύγκριση των αντίστοιχων αποτελεσμάτων μεταξύ τους:**

- Με εξέταση **μόνο της μηκοτομής της οδού** (θεώρηση ευθύγραμμης οδού).
- Με εξέταση του **τρισδιάστατου αποτελέσματος της χάραξης**, που προκύπτει με συνδυασμό της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής, λαμβάνοντας υπόψη και τον παρόδιο χώρο.

6.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

6.2.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΧΑΡΑΞΕΩΝ

Όπως προαναφέρθηκε, η χάραξη σε κάθε περίπτωση αποτελείται από την αλληλουχία τεσσάρων καμπυλών, τόσο κατά την οριζοντιογραφία (αριστερόστροφη – δεξιόστροφη – δεξιόστροφη – αριστερόστροφη), όσο και κατά τη μηκοτομή (κυρτή – κοίλη – κυρτή – κοίλη), οι οποίες επαλληλίζονται ανά ζεύγος. Οι τιμές των ακτίνων είναι διαφορετικές σε κάθε εφαρμογή και εξαρτώνται από την επιλεγείσα ταχύτητα μελέτης. Στο σχήμα 6.1 παρουσιάζεται η (κοινή) γενική μορφή των χαράξεων.



Σχήμα 6.1: Στοιχεία χάραξης εφαρμογών.

Η επιλογή των τιμών των παραμέτρων σχεδιασμού κάθε χάραξης γίνεται σύμφωνα με τις **Ελληνικές οδηγίες σχεδιασμού οδών για τις χαράξεις και τις διατομές (ΟΜΟΕ-X & ΟΜΟΕ-Δ, 2001)**, ενώ για τη μελέτη ορατότητας χρησιμοποιούνται οι **Γερμανικές οδηγίες σχεδιασμού οδών (RAL-R1, 2012) και αυτοκινητόδρομων (RAA-R1, 2008)**, οι οποίες αποτελούν τις πιο πρόσφατες οδηγίες, τουλάχιστον όσον αφορά στην ανάλυση ορατοτήτων.

6.2.1.1 Γενικές παράμετροι

Αρχικά, γίνεται επιλογή της **ταχύτητας μελέτης (V_e)**, βάσει της οποίας καθορίζονται τα διάφορα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της χάραξης. Επιλέγονται, για ομάδα οδών Α (οδοί που διατρέχουν περιοχές εκτός σχεδίου) (ΟΜΟΕ-X, 2001), μεγάλες ταχύτητες μελέτης, οι οποίες αντιστοιχούν σε δυσμενείς περιπτώσεις, από άποψη ορατότητας, όπου απαιτείται η ύπαρξη μεγάλων ΜΟΣ.

Σύμφωνα με την ταχύτητα μελέτης, καθορίζεται και η **λειτουργική ταχύτητα (V_{85})**, η οποία, γενικά, εξαρτάται από την ταχύτητα μελέτης σε συνδυασμό με το είδος της

τυπικής διατομής, τις ελκυτότητες των μεμονωμένων καμπυλών και το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας (ΟΜΟΕ-Χ, 2001). Στις συγκεκριμένες εφαρμογές, η λειτουργική ταχύτητα θεωρείται σταθερή.

Βάσει της επιλεγείσας ταχύτητας μελέτης, καθορίζεται η **κατηγορία οδού**. Τέλος, επιλέγεται η **μορφολογία εδάφους** της περιοχής της χάραξης, σύμφωνα με την οποία καθορίζεται η ελάχιστη ακτίνα των κυκλικών τόξων στην οριζοντιογραφία, καθώς και η μέγιστη επιτρεπόμενη κατά μήκος κλίση της οδού. Ανάλογα με την ταχύτητα μελέτης που έχει επιλεγεί, γίνεται επιλογή της πιο δυσχερούς διαθέσιμης μορφολογίας εδάφους, η οποία αντιστοιχεί στις μέγιστες κατά μήκος κλίσεις.

6.2.1.2 Οριζοντιογραφία

Όσον αφορά στην οριζοντιογραφία, η **πολυγωνική** της κάθε χάραξης αποτελείται από **έξι κορυφές** (K1 – K6) και η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ των επιμέρους διαδοχικών πλευρών της ισούται με **110°** (ή 122,22^{grad} περίπου), ως μία συνήθης τιμή της γωνίας θάλασης. Οι πλευρές (K1-K2) και (K5-K6) έχουν μήκος **1.000m**, και οι πλευρές (K2-K3), (K3-K4) και (K4-K5) έχουν μήκος **2.000m**. Τα μήκη των πλευρών της πολυγωνικής ελήφθησαν με κριτήριο, αφενός να διατίθεται το ελάχιστο επιτρεπόμενο μήκος ευθυγραμμίας μεταξύ των ομόρροπων δεξιόστροφων καμπυλών και παράλληλα το μήκος των ευθυγραμμιών με σταθερή κατά μήκος κλίση μεταξύ των διαδοχικών καμπυλών να μην υπερβαίνει το μέγιστο επιτρεπόμενο (ΟΜΟΕ-Χ, 2001), και αφετέρου ώστε το μήκος ορατότητας σε κάθε καμπύλη να μην επηρεάζεται από την ύπαρξη των υπολοίπων καμπυλών, προκειμένου να προκύψουν σαφή συμπεράσματα από την ανάλυση ορατότητας.

Οι συντεταγμένες των κορυφών της πολυγωνικής, σε ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων, δίνονται στον Πίνακα 6.1. Σημειώνεται ότι οι συντεταγμένες της πρώτης κορυφής έχουν ληφθεί αυθαίρετα και η μορφή της πολυγωνικής έχει καθοριστεί βάσει αυτών, ώστε να έχει τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά.

Πίνακας 6.1: Δεδομένα πολυγωνικής εφαρμογών.

Κορυφή	Τετμημένη (X)	Τεταγμένη (Y)
K1	800,000	800,000
K2	1.800,000	800,000
K3	2.484,040	2.679,385
K4	4.484,040	2.679,385
K5	5.168,081	800,000
K6	6.168,081	800,000

Σύμφωνα με τη διάταξη των πλευρών της πολυγωνικής, σχηματίζονται **τέσσερις οριζοντιογραφικές καμπύλες** (αριστερόστροφη – δεξιόστροφη – δεξιόστροφη – αριστερόστροφη κατά τη φορά της χιλιομέτρησης). Επιλέγονται, ανάλογα με την ταχύτητα μελέτης, τη μορφολογία του εδάφους και τη μέγιστη επίκλιση, οι ελάχιστες ακτίνες των κυκλικών τόξων (R_{min}) (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).

Επιπλέον, προσδιορίζεται η **επίκλιση στις καμπύλες (q)**, ανάλογα με τη μορφολογία του εδάφους, την ακτίνα της καμπύλης και τη λειτουργική ταχύτητα (OMOE-X, 2001).

Τέλος, προσδιορίζεται και επιλέγεται το **μήκος της κλωθοειδούς (L)** στην αρχή και στο πέρας των κυκλικών τόξων, ως εξής:

Η φυσική εξίσωση της κλωθοειδούς δίνεται από τη σχέση:

$$A^2 = R \cdot L \quad (6.1)$$

όπου:

- A : η παράμετρος της κλωθοειδούς
- R : η ακτίνα του κυκλικού τόξου πριν ή μετά την κλωθοειδή
- L : το μήκος της κλωθοειδούς

Θα πρέπει να ισχύει (OMOE-X, 2001):

$$A \geq \frac{R}{3} \quad (6.2)$$

Αφού οι μεταβλητές A, R είναι μη αρνητικοί αριθμοί, η (6.2) μπορεί να γραφεί ως:

$$A^2 \geq \frac{R^2}{9} \quad (6.3)$$

Αντικαθιστώντας την (6.1) στην (6.3) και απαλείφοντας τη μεταβλητή R , προκύπτει:

$$L \geq \frac{R}{9} \quad (6.4)$$

Επιλέγεται μήκος κλωθοειδούς μεγαλύτερο από το ελάχιστο, έτσι ώστε οι τιμές των πρόσθετων κλίσεων των οριογραμμών (Δs) να βρίσκονται εντός των αποδεκτών ορίων, όπως αυτά καθορίζονται (OMOE-X, 2001), και άρα να μην απαιτείται η διόρθωσή τους.

6.2.1.3 Μηκοτομή

Η μηκοτομή της χάραξης αποτελείται από **τέσσερις καμπύλες (τόξα στρογγύλευσης)** (κυρτή – κοίλη – κυρτή – κοίλη κατά τη χιλιομέτρηση), μεταξύ των οποίων παρεμβάλλονται τμήματα με σταθερή κατά μήκος κλίση και των οποίων οι κορυφές συμπίπτουν με τις αντίστοιχες κορυφές των οριζοντιογραφικών καμπυλών, σύμφωνα με τα όσα προτείνονται στις οδηγίες σχεδιασμού οδών (AASHTO, 2011; RAA-R1, 2008; Trazado, 2001) σχετικά με τη σύμπτωση των σημείων καμπής οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Επιλέγονται οι ελάχιστες **ακτίνες των κυρτών ($H_{k,min}$) και κοίλων ($H_{w,min}$) καμπυλών** (OMOE-X, 2001). Για τις κυρτές καμπύλες, η ελάχιστη ακτίνα εξαρτάται από το είδος του επιθυμητού διαθέσιμου μήκους ορατότητας (για στάση ή για προσπέραση), από το είδος της τυπικής

διατομής της οδού (διαχωρισμένη ή ενιαία οδός), καθώς και από την επιλεγείσα ταχύτητα μελέτης. Η ελάχιστη ακτίνα των κοίλων καμπυλών εξαρτάται από την επιλεγείσα ταχύτητα μελέτης.

Επίσης, προσδιορίζεται η μέγιστη επιτρεπόμενη **κατά μήκος κλίση (s_{max})** της οδού, στα τμήματα μεταξύ των τόξων στρογγύλευσης, η οποία εξαρτάται από την ταχύτητα μελέτης και το ανάγλυφο του εδάφους (ΟΜΟΕ-X, 2001).

6.2.1.4 Τυπική διατομή

Εξετάζονται δύο είδη τυπικών διατομών: Οδός **με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας**, κεντρικό στηθαίο τύπου Jersey, μεγάλων διαστάσεων, και δύο λωρίδες κυκλοφορίας και ΛΕΑ, ανά κατεύθυνση, καθώς και οδός **με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας** και μία λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση. Σε κάθε περίπτωση, η διατομή της οδού είναι **αμφικλινής στις ευθυγραμμίες**, με επίκλιση **2,5%**, και **μονοκλινής στα κυκλικά τόξα**, με επίκλιση ίση με **q** (όπως έχει προσδιοριστεί σύμφωνα με τα παραπάνω – βλ. 6.2.1.2 Οριζοντιογραφία).

Όσον αφορά στην τυπική διατομή της οδού με **διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας**, αποτελείται από δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση και ΛΕΑ, καθώς και κεντρικό στηθαίο τύπου Jersey μεγάλων διαστάσεων. Η επιλογή των επιμέρους συστατικών μερών και διαστάσεων, πραγματοποιείται σύμφωνα με τις Ελληνικές (διατομή τύπου «**a4vσ**» κατά ΟΜΟΕ-Δ, 2001) και Γερμανικές (διατομή τύπου «**TMA1-RQ31**» κατά RAA-R1, 2008) οδηγίες σχεδιασμού οδών.

Πιο αναλυτικά, τα **πλάτη των συστατικών μερών της διατομής**, ανά κατεύθυνση κυκλοφορίας, είναι τα εξής:

- Το πλάτος της εσωτερικής λωρίδας κυκλοφορίας είναι **3,50m** και της εξωτερικής λωρίδας κυκλοφορίας είναι **3,75m** (ΟΜΟΕ-Δ, 2001).
- Το πλάτος της εσωτερικής λωρίδας καθοδήγησης είναι **0,75m** και της εξωτερικής λωρίδας καθοδήγησης είναι **0,50m** (RAA-R1, 2008).
- Το πλάτος του σταθεροποιημένου ερείσματος (ΛΕΑ) είναι **2,50m** (ΟΜΟΕ-Δ, 2001; RAA-R1, 2008).

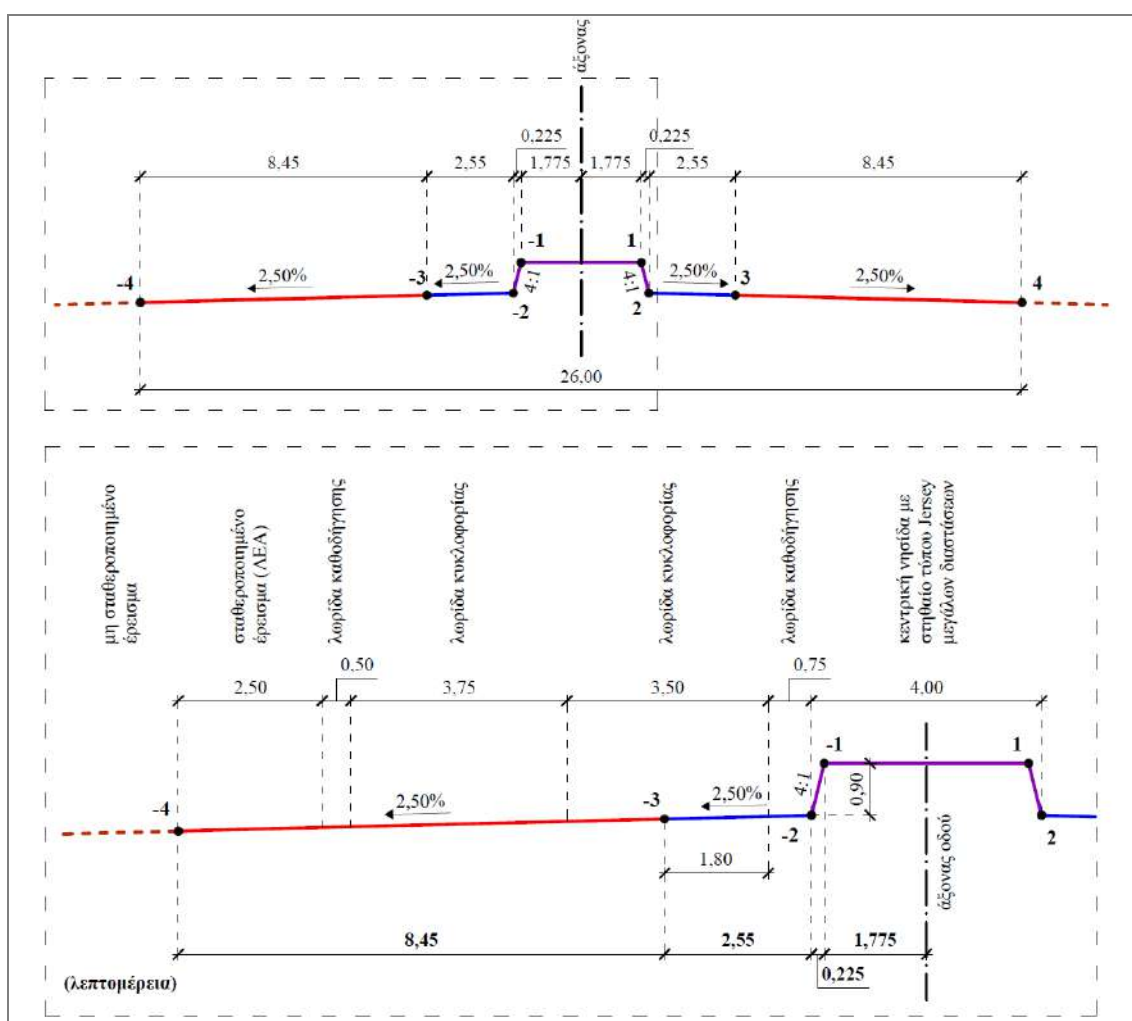
Το συνολικό πλάτος της **κεντρικής νησίδας** με στηθαίο ασφαλείας τύπου Jersey είναι **4,00m** (RAA-R1, 2008). Το ύψος του στηθαίου ασφαλείας λαμβάνεται ίσο με **0,90m** (RAA-R1, 2008). Η διατομή του στηθαίου θεωρείται ότι αποτελείται από ένα οριζόντιο τμήμα (αντιστοιχεί στην οριζόντια επιφάνεια του στηθαίου ασφαλείας τύπου Jersey και στο μεσαίο τμήμα της νησίδας), καθώς και από ένα κεκλιμένο τμήμα με κλίση **4:1** (αντιστοιχεί στις τρεις κεκλιμένες επιφάνειες από τις οποίες αποτελείται το κεντρικό στηθαίο τύπου Jersey, των οποίων η ακριβής περιγραφή δεν θα διαφοροποιούσε τα αποτελέσματα ανάλυσης ορατότητας).

Η οδός ορίζεται από τον άξονά της και για την περιγραφή την επιφάνειάς της χρησιμοποιούνται συνολικά **οκτώ οδογραμμές** (τέσσερις ανά κατεύθυνση

κυκλοφορίας). Η περιγραφή της οδού με χρήση οδογραμμών, ανά κατεύθυνση κυκλοφορίας και με αφετηρία τον άξονά της, γίνεται ως εξής:

- Η **πρώτη οδογραμμή** αντιστοιχεί στη στέψη του στηθαίου ασφαλείας.
- Η **δεύτερη οδογραμμή** αντιστοιχεί στον πόδα του στηθαίου ασφαλείας.
- Η **τρίτη οδογραμμή** αντιστοιχεί στις θέσεις οφθαλμού του οδηγού και εμποδίου, κατά μήκος της οδού. Ο οφθαλμός και το εμπόδιο απέχουν 1,80m από το εσωτερικό άκρο της εσωτερικής λωρίδας κυκλοφορίας (RAA-R1, 2008), δηλαδή τοποθετούνται περίπου στο μέσο της.
- Η **τέταρτη οδογραμμή** αντιστοιχεί στο άκρο του οδοστρώματος (μεταξύ ΛΕΑ και μη σταθεροποιημένου ερείσματος).

Τα παραπάνω στοιχεία και διαστάσεις, για την τυπική διατομή οδού με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας, παρουσιάζονται αναλυτικά στο Σχήμα 6.2 που ακολουθεί. Σημειώνεται ότι τα χρώματα μεταξύ των οδογραμμών αντιστοιχούν στα χρώματα των επιμέρους επιφανειών που σχηματίζονται κατά τη δημιουργία του τρισδιάστατου προσομοιώματος της οδού.



Σχήμα 6.2: Επιφανειακά στοιχεία τυπικής διατομής και οδογραμμές οδού με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας και κεντρικό στηθαίο τύπου Jersey μεγάλων διαστάσεων, σε ευθυγραμμία.

Όσον αφορά στην οδό με **ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας**, αποτελείται από μία λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση. Η επιλογή των επιμέρους συστατικών μερών και διαστάσεων, πραγματοποιείται σύμφωνα με τις Ελληνικές οδηγίες σχεδιασμού οδών (διατομή τύπου «β2» κατά ΟΜΟΕ-Δ, 2001).

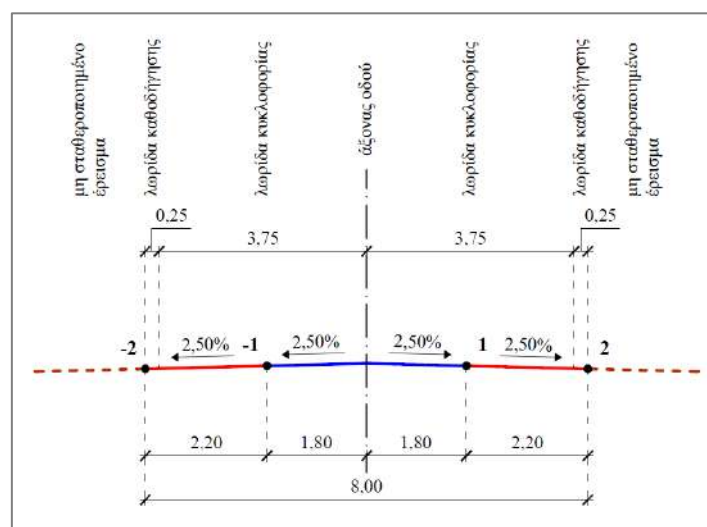
Πιο αναλυτικά, τα **πλάτη των συστατικών μερών της διατομής**, ανά κατεύθυνση κυκλοφορίας, είναι τα εξής:

- Το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας είναι **3,75m**.
- Το πλάτος της λωρίδας καθοδήγησης είναι **0,25m**.

Η οδός ορίζεται από τον άξονά της και για την περιγραφή την επιφάνειάς της χρησιμοποιούνται συνολικά **τέσσερις οδογραμμές** (δύο ανά κατεύθυνση κυκλοφορίας). Η περιγραφή της οδού με χρήση οδογραμμών, ανά κατεύθυνση κυκλοφορίας και με αφετηρία τον άξονά της, γίνεται ως εξής:

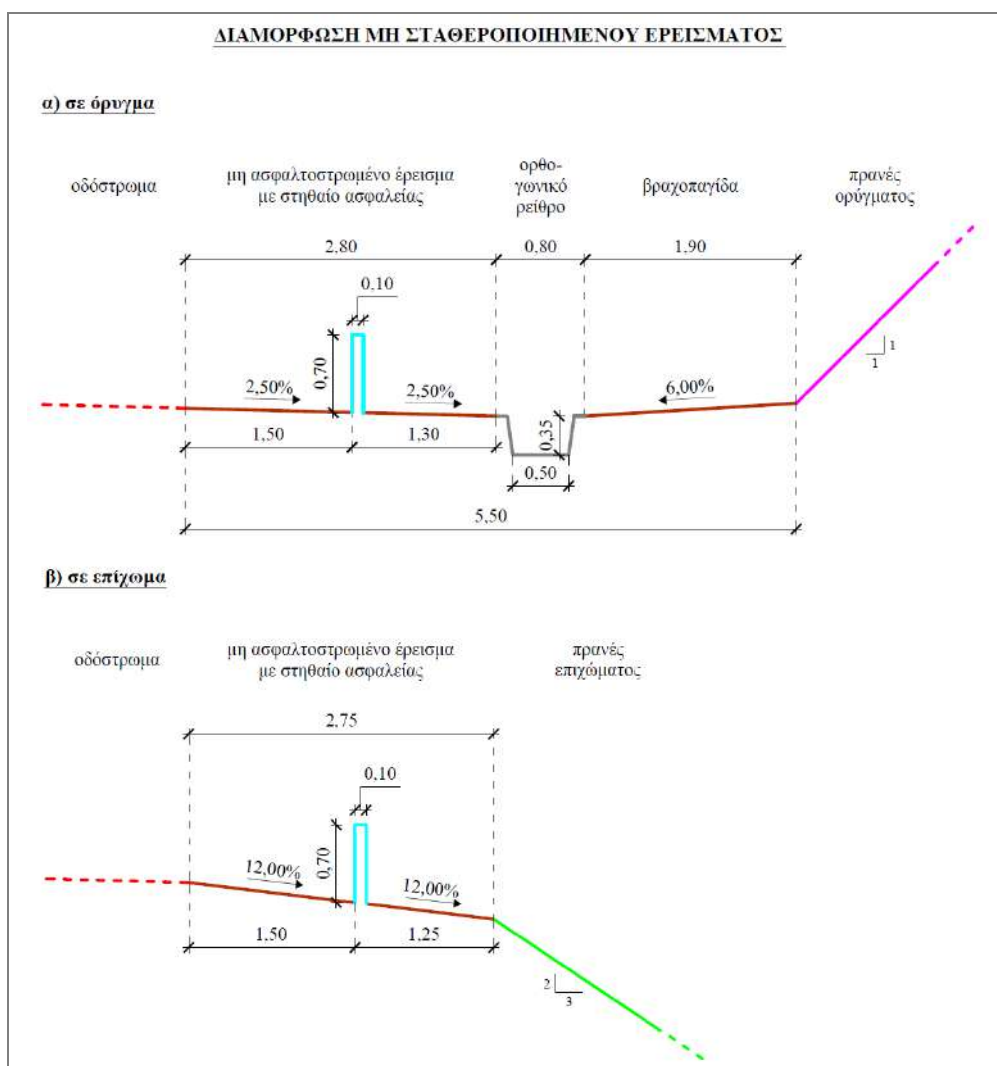
- Η **πρώτη οδογραμμή** αντιστοιχεί στις θέσεις οφθαλμού του οδηγού και εμποδίου, κατά μήκος της οδού. Ο οφθαλμός και το εμπόδιο απέχουν 1,80m από τον άξονα της οδού (RAA-R1, 2008), δηλαδή τοποθετούνται περίπου στο μέσο της.
- Η **δεύτερη οδογραμμή** αντιστοιχεί στο άκρο του οδοστρώματος (μεταξύ λωρίδας καθοδήγησης και μη σταθεροποιημένου ερείσματος).

Τα παραπάνω στοιχεία και διαστάσεις, για την τυπική διατομή οδού με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, παρουσιάζονται αναλυτικά στο Σχήμα 6.3 που ακολουθεί. Ομοίως με την τυπική διατομή οδού με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας, τα χρώματα μεταξύ των οδογραμμών αντιστοιχούν στα χρώματα των επιμέρους επιφανειών που σχηματίζονται κατά τη δημιουργία του τρισδιάστατου προσομοιώματος της οδού.



Σχήμα 6.3: Επιφανειακά στοιχεία τυπικής διατομής και οδογραμμές οδού με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, σε ευθυγραμμία.

Επιπλέον, και στις δύο τυπικές διατομές που προαναφέρθηκαν, πραγματοποιείται ο καθορισμός των χαρακτηριστικών του **μη σταθεροποιημένου ερείσματος** της οδού, μεταξύ του οδοστρώματος και του πρανούς του εδάφους, με βάση το Ευρωπαϊκό Πρότυπο για τα οδικά συστήματα αναχαίτισης (EN 1317-2, 1998). Η διαμόρφωση του μη σταθεροποιημένου ερείσματος είναι κοινή για τα δύο είδη των τυπικών διατομών, και εξαρτάται από το εάν η ημιδιατομή της οδού βρίσκεται σε όρυγμα ή σε επίχωμα. Τα χαρακτηριστικά και οι διαστάσεις των επιφανειακών στοιχείων των διαμορφώσεων του μη σταθεροποιημένου ερείσματος απεικονίζονται στο Σχήμα 6.4. Τα χρώματα των επιμέρους στοιχείων των διαμορφώσεων αντιστοιχούν στα χρώματα των επιμέρους επιφανειών του τρισδιάστατου προσομοιώματος της οδού.



Σχήμα 6.4: Επιφανειακά στοιχεία διαμορφώσεων μη σταθεροποιημένου ερείσματος.

Πιο συγκεκριμένα, όπως απεικονίζεται και στο παραπάνω σχήμα:

- Σε περίπτωση **ορύγματος**, η διαμόρφωση αποτελείται από μη ασφαλτοστρωμένο έρεισμα που περιλαμβάνει στηθαίο ασφαλείας (ορθογωνικής μορφής κατά προσέγγιση), ορθογωνικό ρεϊθρο για την απορροή των ομβρίων και τοίχο

κατακράτησης (βραχοπαγίδα). Το συνολικό πλάτος της διαμόρφωσης, από το άκρο του οδοστρώματος μέχρι τον πόδα του πρανούς, είναι **5,50m**.

- Σε περίπτωση **επιχώματος**, η διαμόρφωση αποτελείται από μη ασφαλτοστρωμένο έρεισμα που περιλαμβάνει στηθαίο ασφαλείας (ορθογωνικής μορφής κατά προσέγγιση). Το συνολικό πλάτος της διαμόρφωσης, από το άκρο του οδοστρώματος μέχρι τη στέψη του πρανούς, είναι **2,75m**.

Τέλος, για τα **πρανή της οδού** ισχύουν τα εξής:

- Τα πρανή σε όρυγμα έχουν κλίση **1:1** και απεικονίζονται με φούξια χρώμα.
- Τα πρανή σε επίχωμα έχουν κλίση **2:3** (κατακόρυφη προς οριζόντια απόσταση) και απεικονίζονται με πράσινο χρώμα.

6.2.1.5 Προσδιορισμός ΜΟΣ

Η ανάλυση ορατότητας πραγματοποιείται σύμφωνα με τη μέθοδο που αναπτύχθηκε (βλ. 4.3 Προσδιορισμός Απαιτούμενου & Διατιθέμενου ΜΟΣ και 5.3 Ανάλυση Ορατότητας). Για τον προσδιορισμό του ΜΟΣ κατά μήκος της οδού, επιλέγεται **βήμα υπολογισμών** ίσο με **5m**, καθώς με τη συγκεκριμένη τιμή βήματος παράγονται αποτελέσματα ικανοποιητικής ακρίβειας.

Το **απαιτούμενο ΜΟΣ** προσδιορίζεται με βάση τη λειτουργική ταχύτητα της οδού και τα απαιτούμενα δεδομένα για τον υπολογισμό του λαμβάνονται σύμφωνα με τις Γερμανικές οδηγίες σχεδιασμού οδών (RAL-R1, 2012) και αυτοκινητόδρομων (RAA-R1, 2008). Δηλαδή:

- Το **ύψος οφθαλμού** ισούται με **1,0m**.
- Το **ύψος εμποδίου** ισούται με **1,0m**, σύμφωνα με τις νεότερες Γερμανικές οδηγίες σχεδιασμού οδών (RAL-R1, 2012).
- Ο **χρόνος αντίδρασης** είναι ίσος με **2s**.
- Η **επιβράδυνση** κατά την πέδηση ισούται με **3,7m/s²**.

Το **διατιθέμενο ΜΟΣ** υπολογίζεται με δύο τρόπους:

- Με εξέταση μόνο της μηκοτομής της οδού (η οδός θεωρείται ευθύγραμμη κατά την οριζοντιογραφία και η ανάλυση αφορά στον άξονά της).
- Με εξέταση του τρισδιάστατου προσομοιώματος της οδού, όπου λαμβάνονται υπόψη τα χαρακτηριστικά της διατομής και του παρόδιου χώρου.

Τέλος, παράγονται τα αντίστοιχα **διαγράμματα ορατότητας**, δηλαδή:

- Το διάγραμμα απαιτούμενου ΜΟΣ.
- Το διάγραμμα διατιθέμενου ΜΟΣ με βάση τη μηκοτομή.
- Το διάγραμμα διατιθέμενου ΜΟΣ για την τρισδιάστατη οδό.
- Η επέκταση του διαγράμματος ορατότητας.

6.2.1.6 Προοπτικές εικόνες

Η δημιουργία προοπτικών εικόνων από τη θέση του οδηγού βασίζεται στη μέθοδο που παρατέθηκε (βλ. 4.4 Προοπτικές Εικόνες). Τα απαιτούμενα δεδομένα που εισάγονται στο πρόγραμμα είναι τα εξής:

- Το **βήμα** δημιουργίας προοπτικών εικόνων επιλέγεται ίσο με το βήμα ανάλυσης της ορατότητας, δηλαδή **5m**.
- Η **οδογραμμή φωτομηχανής**, η οποία ταυτίζεται με την οδογραμμή του οφθαλμού του οδηγού, όπως έχει καθοριστεί στην τυπική διατομή.
- Το **ύψος φωτομηχανής**, το οποίο ταυτίζεται με το ύψος οφθαλμού του οδηγού, επομένως ισούται με **1,0m**.
- Το **εστιακό βάθος**, το οποίο λαμβάνεται ίσο με **0,5m**.
- Το **έμπροσθεν και όπισθεν επίπεδο**, για τα οποία επιλέγεται να απέχουν από τη θέση του οδηγού **0,5m** και **600m** αντίστοιχα. Ο συγκεκριμένος συνδυασμός αποστάσεων των επιπέδων καλύπτει μήκος οδού μεγαλύτερο από το απαιτούμενο ΜΟΣ.
- Το **πλάτος και ύψος της προοπτικής εικόνας**, τα οποία λαμβάνονται ίσα με **600m** και **300m** αντίστοιχα.

6.2.2 Π.1: ΟΔΟΣ ΜΕ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΕΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Στην περίπτωση της οδού με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας, τα δεδομένα της οδού που επιλέγονται και εισάγονται στο λογισμικό, σε συνδυασμό με τα κοινά δεδομένα των παραδειγμάτων, είναι τα εξής:

- **Παράμετροι:**
 - Ταχύτητα μελέτης: **$V_e = 120\text{km/hr}$**
 - Λειτουργική ταχύτητα: **$V_{85} = 130\text{km/hr}$** [Σε οδό με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας και για $V_e \geq 100\text{km/hr}$, η V_e θα πρέπει να προσαυξηθεί κατά 20km/hr (ΟΜΟΕ-Χ, 2001). Ωστόσο, στη συγκεκριμένη περίπτωση, η ταχύτητα μελέτης προσαυξάνεται μόνο κατά 10km/hr , διότι η ταχύτητα των 130km/hr είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη.]
 - Κατηγορία οδού: ***AI***
 - Μορφολογία ανάγλυφου: ***λοφώδεις***
- **Οριζοντιογραφία:**
 - **Συντεταγμένες** των κορυφών της πολυγωνικής (βλ. Πίνακα 6.1)
 - Ακτίνα κυκλικών τόξων: **$R = 740\text{m}$**
 - Επίκλιση στα κυκλικά τόξα: **$q = 7\%$**
 - Μήκος κλωθοειδών: είναι $L_{min} = 82,22\text{m}$, οπότε επιλέγεται **$L = 120\text{m}$**
- **Μηκοτομή:**
 - **Χιλιομετρικές θέσεις και υψόμετρα** των σημαιών (Σημειώνεται ότι το υψόμετρο της πρώτης σημαίας έχει ληφθεί αυθαίρετα και τα υψόμετρα

των υπόλοιπων σημαιών έχουν προκύψει βάσει αυτού, έτσι ώστε αφενός να υπάρχει η επιθυμητή αλληλουχία τόξων συναρμογής και αφετέρου να εμφανίζεται η επιθυμητή κατά μήκος κλίση.)

- Κατά μήκος κλίση: $s = 4\%$
- Ακτίνα κυρτών τόξων συναρμογής: $H_k = 15.000m$
- Ακτίνα κοίλων τόξων συναρμογής: $H_w = 7.500m$

Πίνακας 6.2: Δεδομένα μηκοτομής εφαρμογής Π.1.

Σημεία	Χ.Θ. (m)	Υψόμετρο (m)
M1	0,000	109,33
M2	933,33	146,66
M3	2.799,99	72,00
M4	4.666,66	146,66
M5	6.533,33	72,00
M6	7.466,66	109,33

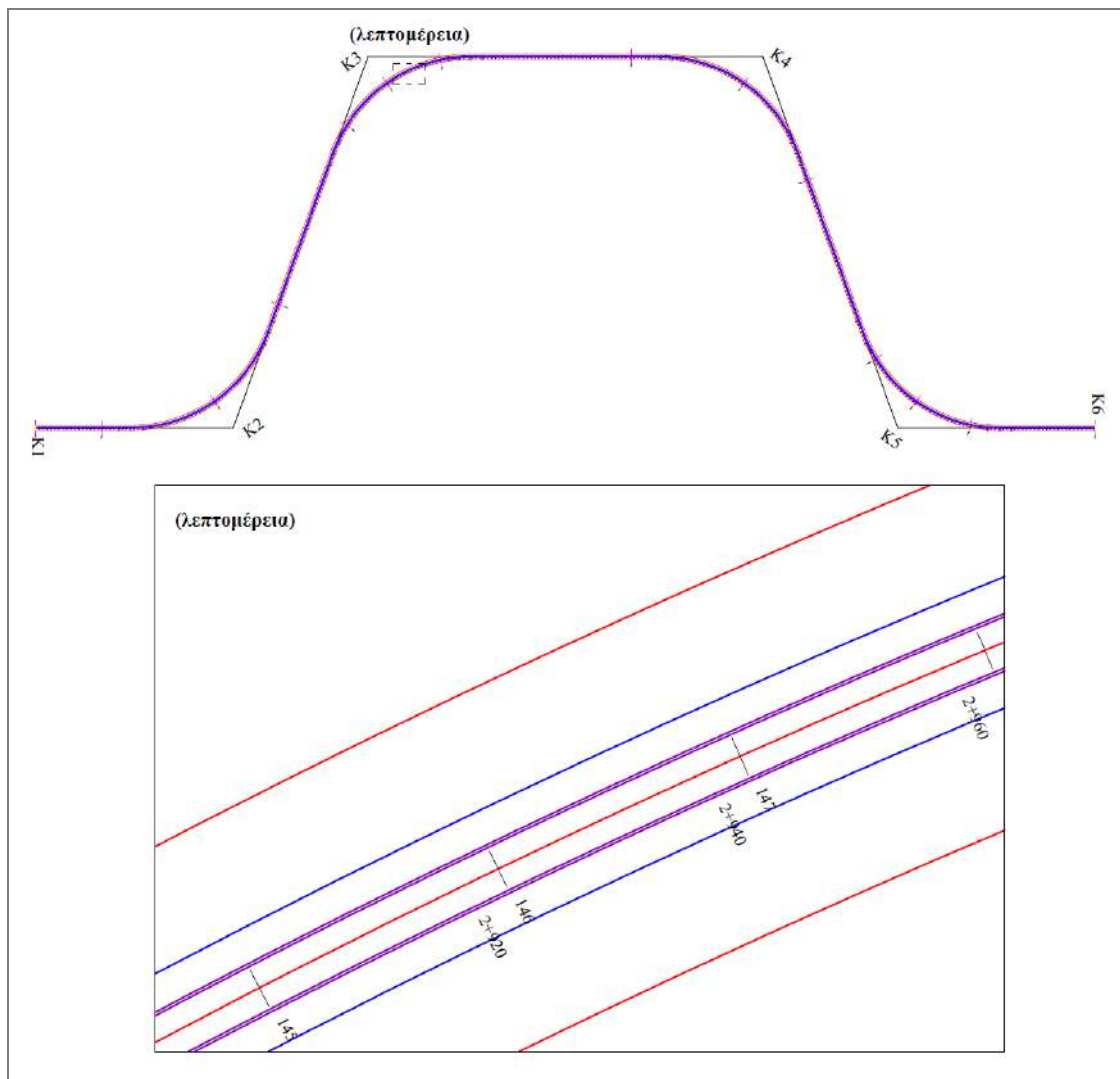
- **Τυπική διατομή:**
 - Τα **στοιχεία της τυπικής διατομής** και οι **οδογραμμές** της οδού ορίζονται όπως στο Σχήμα 6.2.
 - Τα **στοιχεία των διαμορφώσεων** στα μη σταθεροποιημένα ερείσματα ορίζονται όπως στο Σχήμα 6.4.
 - Η οδός βρίσκεται **σε επίχωμα** μεγάλου ύψους καθ' όλο το μήκος της. Η ύπαρξη πρανούς ορύγματος δεν θα επηρέαζε το διατιθέμενο ΜΟΣ για την εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, καθώς οι πλευρικές αποστάσεις του οφθαλμού και του εμποδίου από το πρανές είναι μεγάλες.
- **Ανάλυση ορατότητας:**
 - Οι τιμές των **παραμέτρων ορατότητας** λαμβάνονται όπως περιγράφηκε παραπάνω (βλ. 6.2.1.5).
- **Προοπτικές εικόνες:**
 - Οι τιμές των παραμέτρων για τη δημιουργία προοπτικών εικόνων λαμβάνονται όπως περιγράφηκε παραπάνω (βλ. 6.2.1.6).

Το συνολικό μήκος του εξεταζόμενου οδικού τμήματος είναι $L_{ολικό} = 7.466,7m$ περίπου.

Στους πίνακες και σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα διάφορα στοιχεία και σχέδια της χάραξης που παράγονται από το λογισμικό H12, για την εφαρμογή Π.1. Πιο αναλυτικά:

- Στο Σχήμα 6.5 φαίνεται η **οριζοντιογραφία** της χάραξης, καθώς και μια λεπτομέρεια σε καμπύλη, όπου διακρίνονται ο άξονας της οδού με κόκκινο χρώμα, καθώς και οι οδογραμμές. Στον Πίνακα 6.3 παρατίθενται τα βασικά υπολογιζόμενα στοιχεία της οριζοντιογραφίας. Οι συμβολισμοί του πίνακα είναι σύμφωνα με το Σχήμα Π.3 του Παραρτήματος.

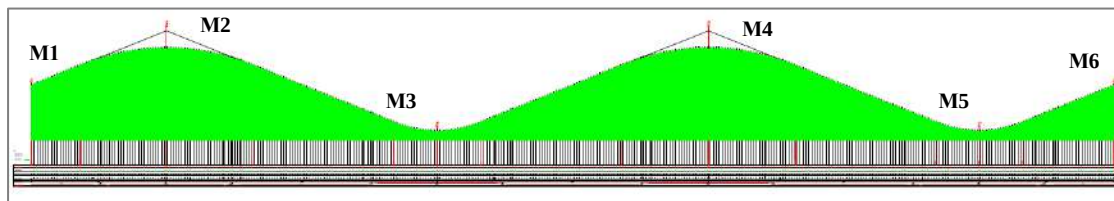
- Στο Σχήμα 6.6 φαίνεται η **μηκοτομή** της χάραξης, όπου το πράσινο χρώμα υποδηλώνει ότι η οδός βρίσκεται σε επίχωμα καθ' όλο το μήκος της. Στον Πίνακα 6.4 παρατίθενται τα βασικά υπολογιζόμενα στοιχεία της μηκοτομής. Οι συμβολισμοί του πίνακα είναι σύμφωνα με το Σχήμα Π.5 του Παραρτήματος.
- Στο Σχήμα 6.7 παρατίθεται μια **τυπική διατομή** (τα επιφανειακά στοιχεία της) της χάραξης, σε ευθυγραμμία.
- Στο Σχήμα 6.8 παρατίθεται ένα απόσπασμα του **τρισδιάστατου μοντέλου της οδού**, και η αντίστοιχη λεπτομέρεια, όπου απεικονίζονται οι επιφάνειες της οδού και του παρόδιου χώρου, οι οποίες έχουν προκύψει με τη μέθοδο του τριγωνισμού.



Σχήμα 6.5: Οριζοντιογραφία με οδογραμμές της εφαρμογής Π.1.

Πίνακας 6.3: Στοιχεία οριζοντιογραφίας της εφαρμογής Π.1.

1) Ευθυγραμμίες & Καμπύλες			
Είδος	Από Χ.Θ. (m)	Έως Χ.Θ. (m)	Μήκος (m)
Ευθυγραμμία	0,00	421,29	421,29
Καμπύλη K2	421,29	1.445,37	1.024,08
Ευθυγραμμία	1.445,37	2.287,95	842,58
Καμπύλη K3	2.287,96	3.312,04	1.024,08
Ευθυγραμμία	3.312,04	4.154,62	842,58
Καμπύλη K4	4.154,62	5.178,70	1.024,08
Ευθυγραμμία	5.178,70	6.021,29	842,58
Καμπύλη K5	6.021,29	7.045,37	1.024,08
Ευθυγραμμία	7.045,37	7.466,66	421,29
2) Στοιχεία καμπυλών K2, K3, K4, K5			
A = 297,99	KΔ = 164,36m	x = 119,92m	ΩΩ' = 784,08m
T = 578,71m	ΔR = 0,81m	y = 3,24m	ΑΩΩ'Α' = 1.024,08m



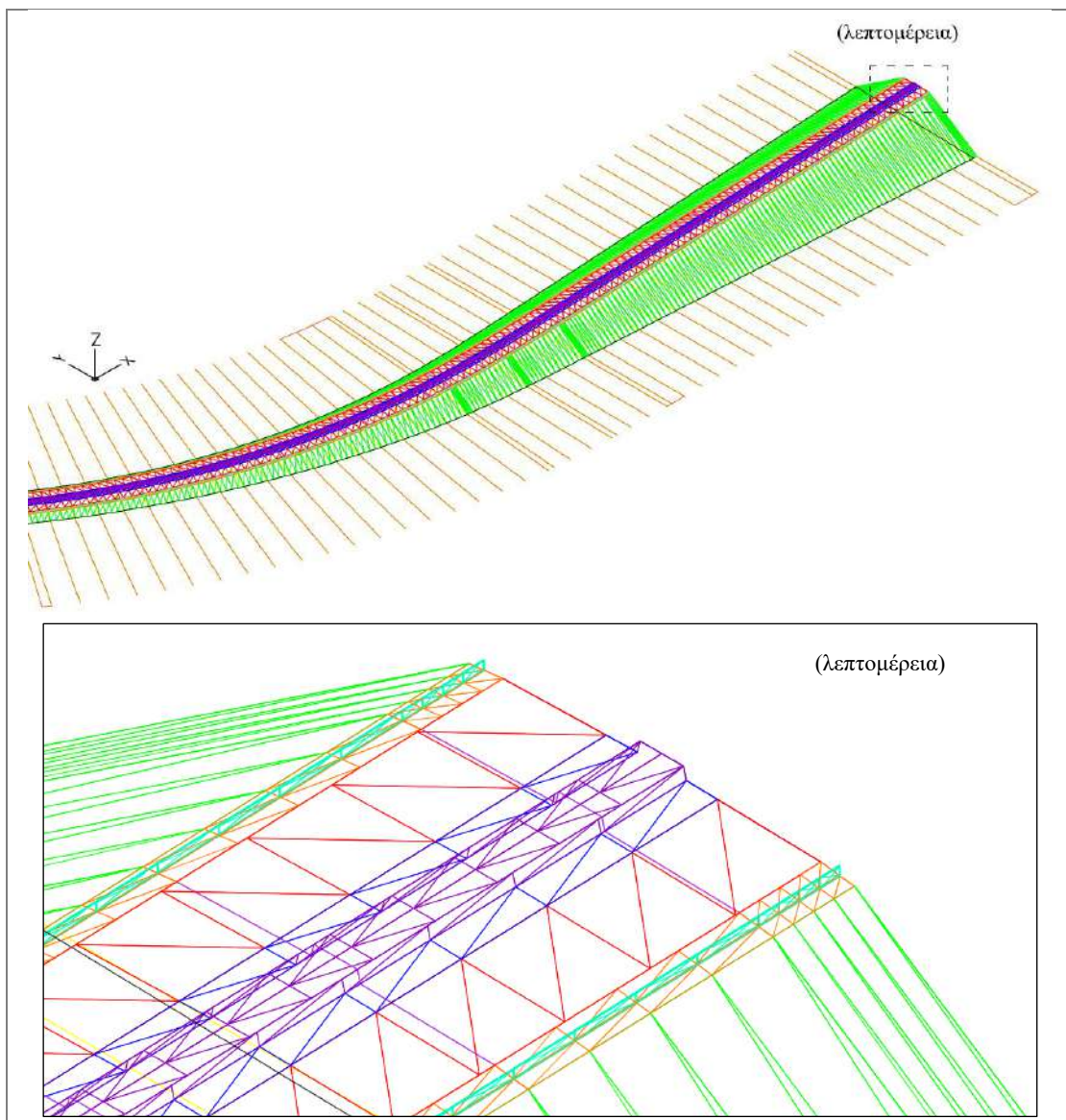
Σχήμα 6.6: Μηκοτομή της εφαρμογής Π.1.

Πίνακας 6.4: Στοιχεία μηκοτομής της εφαρμογής Π.1.

1) Τμήματα με σταθερή κατά μήκος κλίση & Τόξα συναρμογής			
Είδος	Από Χ.Θ. (m)	Έως Χ.Θ. (m)	Μήκος (m)
Σταθερή κλίση	0,00	333,39	333,39
Κυρτή καμπύλη M2	333,39	1.533,28	1.199,89
Σταθερή κλίση	1.533,28	2.500,02	966,74
Κοίλη καμπύλη M3	2.500,02	3.099,97	599,95
Σταθερή κλίση	3.099,97	4.066,71	966,74
Κυρτή καμπύλη M4	4.066,71	5.266,61	1.199,89
Σταθερή κλίση	5.266,61	6.233,35	966,74
Κοίλη καμπύλη M5	6.233,35	6.833,30	599,95
Σταθερή κλίση	6.833,30	7.466,66	633,36
2) Στοιχεία τόξων συναρμογής			
Κυρτές καμπύλες M2, M4		Κοίλες καμπύλες M3, M5	
T = x _Σ = 599,95m	h _A = h _B = 122,66m	T = x _Σ = 299,97m	h _A = h _B = 84,00m
f = 12,00m	h _Σ = 134,66m	f = 6,00m	h _Σ = 78,00m



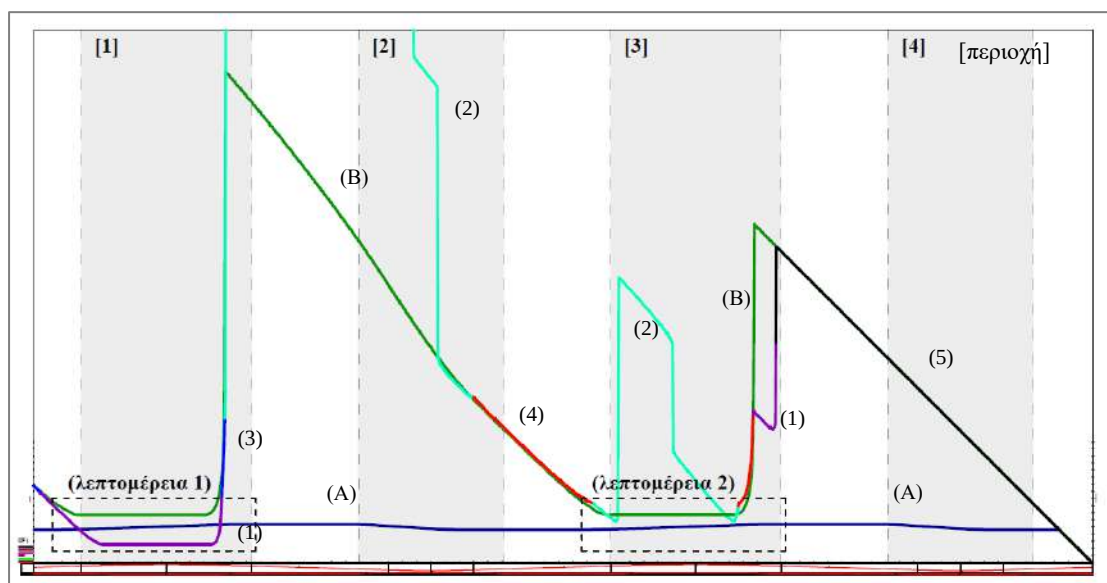
Σχήμα 6.7: Τυπική διατομή (επιφανειακά στοιχεία) σε ευθυγραμμία της εφαρμογής Π.1.



Σχήμα 6.8: Απόσπασμα του τρισδιάστατου μοντέλου της οδού της εφαρμογής Π.1.

Στο Σχήμα 6.9 απεικονίζεται το **διάγραμμα ΜΟΣ** για τη χάραξη της εφαρμογής Π.1, για κίνηση κατά τη φορά της χλιομέτρησης, όπου:

- Η **σκούρα μπλε γραμμή** (γραμμή Α) αντιστοιχεί στο απαιτούμενο ΜΟΣ.
- Η **σκούρα πράσινη γραμμή** (γραμμή Β) αντιστοιχεί στο διατιθέμενο ΜΟΣ, όπως αυτό υπολογίζεται με βάση τη μηκοτομή της χάραξης.
- Η **γραμμή διάφορων χρωματισμών** αντιστοιχεί στο διατιθέμενο ΜΟΣ, όπως αυτό υπολογίζεται με βάση το τρισδιάστατο μοντέλο της οδού. Οι χρωματισμοί αντιστοιχούν στα στοιχεία της τυπικής διατομής εξαιτίας των οποίων διακόπτεται η γραμμή όρασης μεταξύ οφθαλμού και εμποδίου, όπως ορίστηκαν παραπάνω, και πιο συγκεκριμένα:
 - Το **μωβ χρώμα** (γραμμή 1) υποδηλώνει ότι η γραμμή όρασης διακόπτεται από το **κεντρικό στηθαίο ασφαλείας** (το οριζόντιο ή το κεκλιμένο τμήμα του).
 - Το **κυανό χρώμα** (γραμμή 2) υποδηλώνει ότι η γραμμή όρασης διακόπτεται από το **πλευρικό στηθαίο ασφαλείας**.
 - Το **μπλε χρώμα** (γραμμή 3) υποδηλώνει ότι η γραμμή όρασης διακόπτεται από την **επιφάνεια της οδού**, που εκτείνεται μεταξύ του οφθαλμού και του ποδός του κεντρικού στηθαίου ασφαλείας (περιλαμβάνεται και η αντίστοιχη επιφάνεια της αντίθετης κατεύθυνσης κυκλοφορίας).
 - Το **κόκκινο χρώμα** (γραμμή 4) υποδηλώνει ότι η γραμμή όρασης διακόπτεται από την **επιφάνεια της οδού**, που εκτείνεται μεταξύ του οφθαλμού και του άκρου του οδοστρώματος (περιλαμβάνεται και η αντίστοιχη επιφάνεια της αντίθετης κατεύθυνσης κυκλοφορίας).
 - Τέλος, το **μαύρο χρώμα** (γραμμή 5) υποδηλώνει ότι είναι ορατό ολόκληρο το υπολειπόμενο οδικό τμήμα.



Σχήμα 6.9: Διάγραμμα ΜΟΣ για την εφαρμογή Π.1.

Στο παραπάνω διάγραμμα έχουν σημειωθεί με γκρι χρώμα και έχουν αριθμηθεί οι περιοχές συνδυασμένης καμπυλότητας. Πιο συγκεκριμένα:

- α. Η **περιοχή [1]** περιλαμβάνει τον συνδυασμό αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής.
- β. Η **περιοχή [2]** περιλαμβάνει τον συνδυασμό δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής.
- γ. Η **περιοχή [3]** περιλαμβάνει τον συνδυασμό δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής.
- δ. Η **περιοχή [4]** περιλαμβάνει τον συνδυασμό αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής.

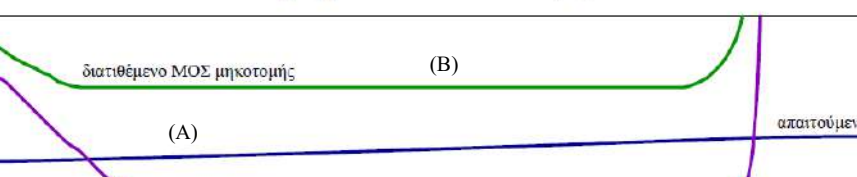
Σημειώνεται ότι έχουν αποτυπωθεί οι τιμές του διατιθέμενου ΜΟΣ μέχρι κάποια τιμή (3.800m), πράγμα το οποίο αιτιολογεί το γεγονός ότι η γραμμή που αντιστοιχεί στο τρισδιάστατο διατιθέμενο ΜΟΣ είναι ασυνεχής μεταξύ των περιοχών [1] και [2].

Όσον αφορά στη **σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο εναλλακτικών μεθόδων ανάλυσης της ορατότητας** (μέσω της εξέτασης της μηκοτομής ή του τρισδιάστατου μοντέλου της οδού), παρατηρείται ότι αυτά **διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό**. Πάντως, γίνεται σαφές μέσω και των δύο μεθόδων, όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο, ότι το διατιθέμενο ΜΟΣ περιορίζεται σημαντικά στις περιοχές όπου υπάρχει κυρτή καμπύλη στη μηκοτομή.

Όσον αφορά στη **συσχέτιση μεταξύ του διατιθέμενου και απαιτούμενου ΜΟΣ**, προκύπτει ότι το διατιθέμενο ΜΟΣ είναι ανεπαρκές στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, σύμφωνα με την τρισδιάστατη μέθοδο ανάλυσης της ορατότητας. Σύμφωνα με την δισδιάστατη μέθοδο, το ΜΟΣ επαρκεί σε όλο το μήκος της οδού.

Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή του διαγράμματος ορατότητας για τις περιοχές με συνδυασμένη καμπυλότητα, όπου παρατίθενται και τα αντίστοιχα τμήματα του διαγράμματος σε μεγέθυνση (λεπτομέρειες) για τις περιπτώσεις όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ περιορίζεται. Αναλυτικότερα:

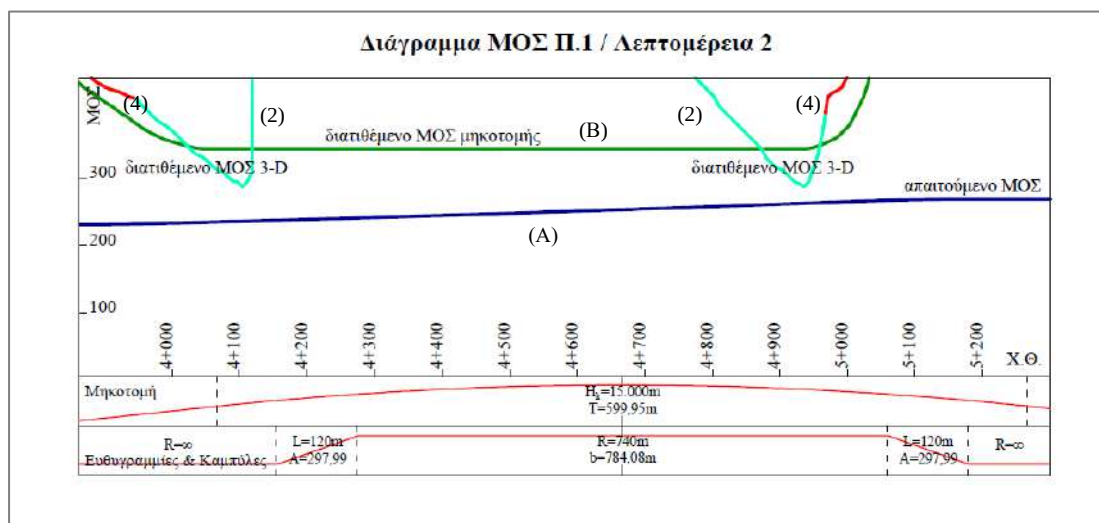
- α. Στην περιοχή **επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής** (περιοχή [1] στο Σχήμα 6.9 & σε μεγέθυνση στο Σχήμα 6.10):
 - Το **απαιτούμενο ΜΟΣ** αυξάνεται σταδιακά, από 231m περίπου (περίπου 140m πριν τη θέση αρχής της κυρτής καμπύλης μηκοτομής) σε 269m περίπου (περίπου στη θέση πέρατος της κλωθοειδούς εξόδου από την αριστερόστροφη καμπύλη).
 - Το διατιθέμενο ΜΟΣ κατά την τρισδιάστατη ανάλυση ορατότητας προκύπτει μικρότερο από το αντίστοιχο διατιθέμενο ΜΟΣ κατά τη δισδιάστατη ανάλυση.
 - Σύμφωνα με τη **δισδιάστατη μέθοδο**, το ΜΟΣ είναι επαρκές:
 - Το ελάχιστο **διατιθέμενο ΜΟΣ** ισούται με 336m περίπου.

- 
- Διάγραμμα ΜΟΣ Π.1 / Δεπτομέρεια 1
- Y-axis: MOS (kNm)
- X-axis: X (m)
- Curves:
- διατιθέμενο ΜΟΣ μηκοτομής (B)
 - απαιτούμενο ΜΟΣ
 - διατιθέμενο ΜΟΣ 3-D (1)
- Labels on the graph:
- (A)
 - (B)
 - (1)
- Labels below the graph:
- Μηκοτομή
 - Ευθυγραμμίες & Καμπύλες
 - R=∞
 - L=120m
 - A=297.99
 - R=740m
 - b=784.08m
 - L=120m
 - A=297.99
 - R=∞
- Dimensions:
- H₀=15.000m
 - T=599.95m

β. Στην περιοχή **επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής** (περιοχή [2] στο Σχήμα 6.9):

- 197

- Ομοίως, σύμφωνα με την **τρισδιάστατη προτεινόμενη μέθοδο** το ΜΟΣ είναι επαρκές.
- γ. Στην περιοχή **επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής** (περιοχή [3] στο Σχήμα 6.9 & σε μεγέθυνση στο Σχήμα 6.11):
 - Το **απαιτούμενο ΜΟΣ** αυξάνεται σταδιακά, από 231m περίπου (περίπου 140m πριν τη θέση αρχής της κυρτής καμπύλης μηκοτομής) σε 269m περίπου (περίπου στη θέση πέρατος της κλωθοειδούς εξόδου από τη δεξιόστροφη καμπύλη).
 - Το διατιθέμενο ΜΟΣ κατά την τρισδιάστατη ανάλυση ορατότητας προκύπτει, για μεγάλο τμήμα, αρκετά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο διατιθέμενο ΜΟΣ κατά τη δισδιάστατη ανάλυση.
 - Σύμφωνα με τη **δισδιάστατη μέθοδο**, το ΜΟΣ είναι επαρκές:
 - Το ελάχιστο **διατιθέμενο ΜΟΣ** ισούται με 336m περίπου.
 - Το μήκος οδού με το ελάχιστο διατιθέμενο ΜΟΣ ανέρχεται στα 910m περίπου.
 - Σύμφωνα με την **τρισδιάστατη προτεινόμενη μέθοδο**, το ΜΟΣ επαρκεί:
 - Αίτιο περιορισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ είναι πρωτίστως το πλευρικό σθηθαίο ασφαλείας και δευτερευόντως η επιφάνεια της οδού μεταξύ του οφθαλμού και του άκρου του οδοστρώματος.
 - Το ελάχιστο **διατιθέμενο ΜΟΣ** ισούται με 287m περίπου και εντοπίζεται σε δύο θέσεις της οδού, αφενός 35m περίπου μετά τη θέση αρχής της κυρτής καμπύλης μηκοτομής και αφετέρου 120m περίπου πριν τη θέση πέρατος του κυκλικού τόξου της δεξιόστροφης καμπύλης. Περί τις θέσεις αυτές, για μήκος περίπου 85m, το διατιθέμενο ΜΟΣ της τρισδιάστατης μεθόδου είναι μικρότερο από το αντίστοιχο διατιθέμενο ΜΟΣ που προέκυψε από τη δισδιάστατη μέθοδο.



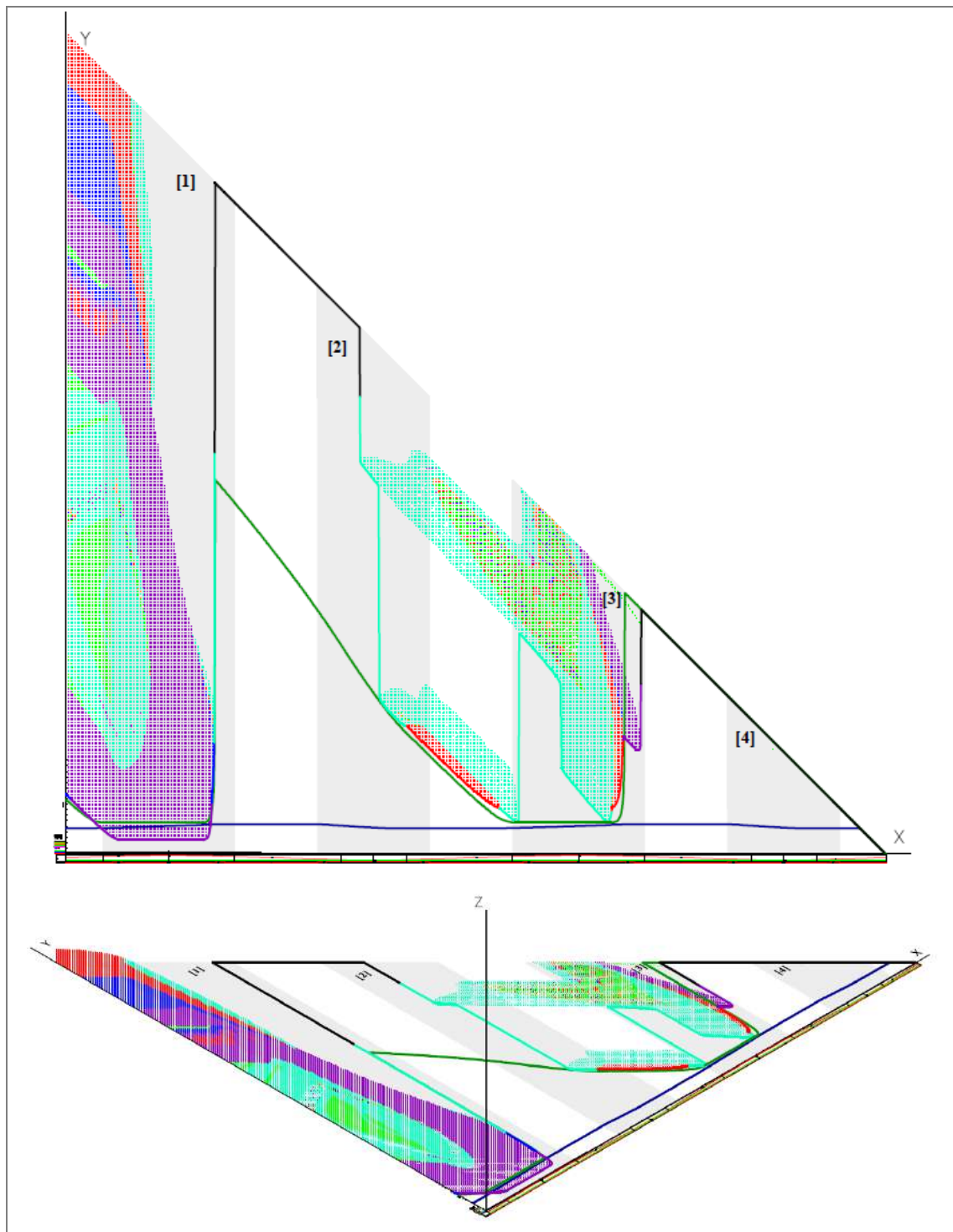
Σχήμα 6.11: Λεπτομέρεια 2 του διαγράμματος ΜΟΣ της εφαρμογής Π.1, στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής.

δ. Στην περιοχή **επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής** (περιοχή [4] στο Σχήμα 6.9):

- Το **απαιτούμενο ΜΟΣ** μειώνεται σταδιακά, από 269m περίπου (περίπου 50m πριν τη θέση αρχής της κλωθοειδούς εισόδου στην αριστερόστροφη καμπύλη) σε 231m περίπου (περίπου 100m πριν τη θέση πέρατος της κοίλης καμπύλης μηκοτομής).
- Το διατιθέμενο ΜΟΣ κατά την τρισδιάστατη ανάλυση ορατότητας προκύπτει ίσο με το αντίστοιχο διατιθέμενο ΜΟΣ κατά τη δισδιάστατη ανάλυση, όπου και στις δύο περιπτώσεις είναι ορατό το τέλος του οδικού τμήματος.
- Σύμφωνα με τη **δισδιάστατη μέθοδο** το ΜΟΣ είναι επαρκές.
- Ομοίως, σύμφωνα με την **τρισδιάστατη προτεινόμενη μέθοδο** το ΜΟΣ είναι επαρκές.

Στο Σχήμα 6.12 απεικονίζεται η **επέκταση του διαγράμματος ΜΟΣ** (σε κάτοψη και σε αξονομετρική παρουσίαση) για την εφαρμογή Π.1, μαζί με το συμβατικό διάγραμμα ορατότητας του Σχήματος 6.9. Οι χρωματισμοί των επιμέρους κατακόρυφων ευθύγραμμων τμημάτων αντιστοιχούν στα αίτια περιορισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ, όπως περιγράφηκε προηγουμένως στο συμβατικό διάγραμμα ΜΟΣ.

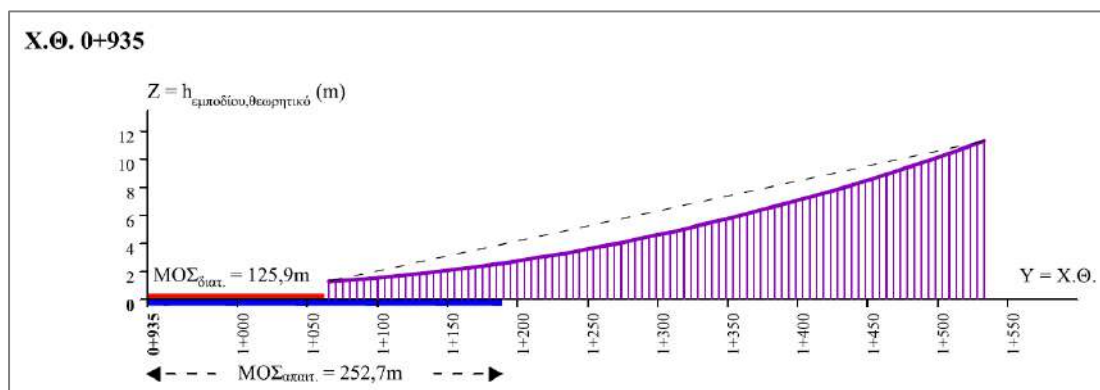
Για παράδειγμα, σύμφωνα με το σχήμα και με τα όσα αναπτύχθηκαν για την επέκταση του διαγράμματος ΜΟΣ (βλ. 5.3.3 Επέκταση Διαγραμμάτων Ορατότητας), στην περιοχή [1] (επαλληλία αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής), το κεντρικό στηθαίο ασφαλείας, εκτός του ότι περιορίζει το διατιθέμενο ΜΟΣ σε τιμές μικρότερες του απαιτούμενου, αποτελεί και αίτιο απόκρυψης τμήματος της οδού έμπροσθεν του οδηγού, σε αρκετές χιλιομετρικές θέσεις. Μεταξύ των περιοχών [1] και [2] (κατωφερής ευθυγραμμία με σταθερή κατά μήκος κλίση), η μη ύπαρξη κατακόρυφων ευθύγραμμων τμημάτων υποδηλώνει ότι είναι ορατό ολόκληρο το υπολειπόμενο τμήμα της οδού, όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο από το μαύρο χρώμα της γραμμής διατιθέμενου ΜΟΣ σε αυτό το τμήμα. Μεταξύ των περιοχών [2] και [3] (ανωφερής ευθυγραμμία με σταθερή κατά μήκος κλίση), κάποια τμήματα της υπολειπόμενης οδού δεν είναι ορατά λόγω της επιφάνειας της οδού, του πλευρικού στηθαίου ασφαλείας και κάποιου πρανούς σε επίχωμα.



Σχήμα 6.12: Επέκταση διαγράμματος ΜΟΣ (σε κάτοψη και σε αξονομετρική παρουσίαση) για την εφαρμογή Π.1.

Στο Σχήμα 6.13 απεικονίζεται ένα τμήμα της επέκτασης του διαγράμματος ΜΟΣ, για τη Χ.Θ. 0+935, η οποία αποτελεί προσεγγιστικά τη θέση του μέσου της αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης και της κυρτής καμπύλης μηκοτομής, και όπου υπολογίστηκε ότι το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν επαρκεί λόγω του κεντρικού στηθαίου ασφαλείας. Στο συγκεκριμένο σχήμα, τα διαδοχικά κατακόρυφα ευθύγραμμα τμήματα απέχουν 5m μεταξύ τους (όσο και το βήμα υπολογισμών) και

έχουν σχεδιαστεί μέχρι τη Χ.Θ. 1+535, δηλαδή περίπου μέχρι τη θέση πέρατος της κυρτής καμπύλης μηκοτομής. Λόγω των μικρών τιμών ύψους εμποδίου σε σχέση με το μήκος, η κλίμακα των θεωρητικών υψών εμποδίου είναι δεκαπλάσια σε σχέση με την κλίμακα των μηκών. Το απαιτούμενο και διατιθέμενο ΜΟΣ απεικονίζονται με έντονες γραμμές μπλε και κόκκινου χρώματος αντίστοιχα. Επίσης, τα άνω άκρα των ευθύγραμμων τμημάτων έχουν συνδεθεί ανά δύο με ευθύγραμμα τμήματα (απεικονίζονται με έντονη γραμμή), έτσι ώστε να προκύψει προσεγγιστικά το διάγραμμα θεωρητικού ύψους του εμποδίου για κάθε θέση του οδικού τμήματος.

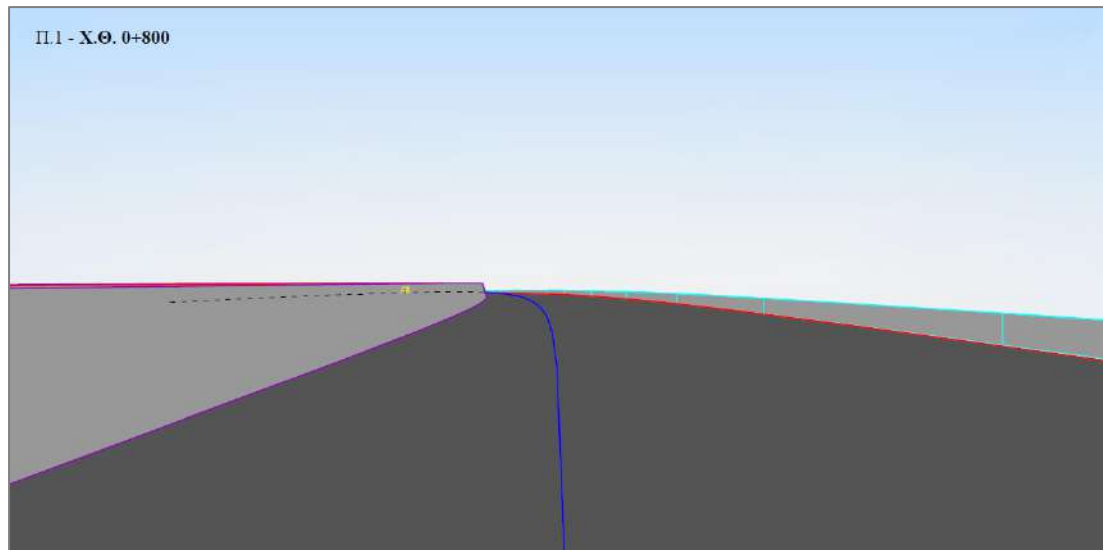


Σχήμα 6.13: Τμήμα της επέκτασης του διαγράμματος ΜΟΣ για την εφαρμογή Π.1.

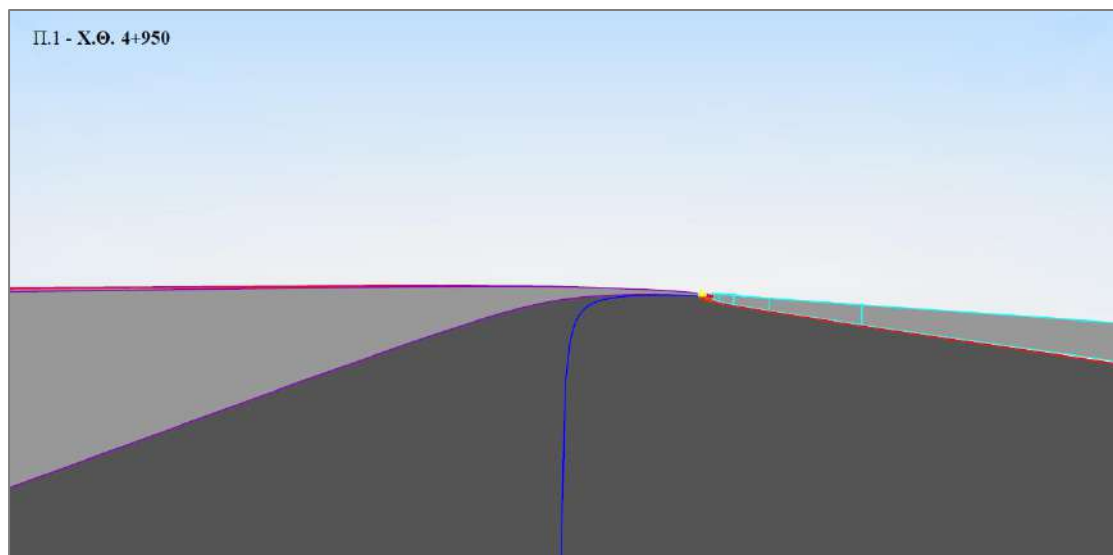
Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα, το θεωρητικό ύψος εμποδίου λαμβάνει τιμές από 1,2m έως 11,3m περίπου. Επιπλέον, παρατηρείται ότι η αύξηση του θεωρητικού ύψους εμποδίου είναι παραβολικής μορφής. Η μορφή αυτή δικαιολογείται από τη διάταξη της μηκοτομής στο συγκεκριμένο τμήμα, όπου, όπως προαναφέρθηκε υπάρχει το δεύτερο μισό (μήκους T) της κυρτής καμπύλης. Επομένως, όσο αυξάνεται η απόσταση, το θεωρητικό ύψος εμποδίου αυξάνεται περισσότερο μεταξύ διαδοχικών θέσεων, διότι αυξάνεται ο ρυθμός μεταβολής της κατά μήκος κλίσης (κατωφέρεια) κατά την απομάκρυνση από την κορυφή του τόξου στρογγύλευσης.

Τέλος, στα Σχήματα 6.14 και 6.15 παρατίθενται δύο **προοπτικές εικόνες της οδού της εφαρμογής Π.1, σε θέσεις όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ περιορίζεται**. Οι επιφάνειες μεταξύ των γραμμών έχουν χρωματιστεί κατάλληλα, προκειμένου το αποτέλεσμα να είναι πιο αληθοφανές. Συγκεκριμένα:

- Στο Σχήμα 6.14 απεικονίζεται η οδός όταν ο οδηγός βρίσκεται στη Χ.Θ. 0+800, δηλαδή εντός της περιοχής επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής (περιοχή [1] στο διάγραμμα ορατότητας του Σχήματος 6.9), όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν επαρκεί, λόγω του κεντρικού στηθαίου ασφαλείας.
- Στο Σχήμα 6.15 απεικονίζεται η οδός όταν ο οδηγός βρίσκεται στη Χ.Θ. 4+950, δηλαδή εντός της περιοχής επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής (περιοχή [3] στο διάγραμμα ορατότητας του Σχήματος 6.9), όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ είναι επαρκές, αλλά περιορίζεται λόγω του πλευρικού στηθαίου ασφαλείας.



Σχήμα 6.14: Προοπτική εικόνα σε θέση της οδού στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν επαρκεί, για την εφαρμογή Π.1.



Σχήμα 6.15: Προοπτική εικόνα σε θέση της οδού στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ επαρκεί, για την εφαρμογή Π.1.

6.2.3 Π.2: ΟΔΟΣ ΜΕ ΕΝΙΑΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Στην περίπτωση της οδού με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, τα δεδομένα της οδού που επιλέγονται και εισάγονται στο λογισμικό, σε συνδυασμό με τα κοινά δεδομένα των παραδειγμάτων, είναι τα εξής:

- **Παράμετροι:**
 - Ταχύτητα μελέτης: $V_e = 80 \text{ km/hr}$
 - Λειτουργική ταχύτητα: $V_{85} = 100 \text{ km/hr}$ (Σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Χ, σε οδό με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, η V_{85} εξαρτάται από την ελκτικότητα της μεμονωμένης καμπύλης και το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας. Ωστόσο, στη συγκεκριμένη περίπτωση, η ταχύτητα μελέτης προσεγγίζεται προσεγγιστικά κατά 20km/hr.)
 - Κατηγορία οδού: **AII**
 - Μορφολογία ανάγλυφου: **ορεινό**
- **Οριζοντιογραφία:**
 - **Συντεταγμένες** των κορυφών της πολυγωνικής (βλ. Πίνακα 6.1)
 - Ακτίνα κυκλικών τόξων: $R = 280 \text{ m}$
 - Επίκλιση στα κυκλικά τόξα: $q = 7\%$
 - Μήκος κλωθοειδών: είναι $L_{min} = 31,11 \text{ m}$, οπότε επιλέγεται $L = 70 \text{ m}$
- **Μηκοτομή:**
 - **Χιλιομετρικές θέσεις και υψόμετρα** των σημαιών (Σημειώνεται ότι το υψόμετρο της πρώτης σημαίας έχει ληφθεί αυθαίρετα και τα υψόμετρα των υπόλοιπων σημαιών έχουν προκύψει βάσει αυτού, έτσι ώστε αφενός να υπάρχει η επιθυμητή αλληλουχία τόξων συναρμογής και αφετέρου να εμφανίζεται η επιθυμητή κατά μήκος κλίση.)
 - Κατά μήκος κλίση: $s = 7\%$
 - Ακτίνα κυρτών τόξων συναρμογής: $H_k = 4.500 \text{ m}$
 - Ακτίνα κοίλων τόξων συναρμογής: $H_w = 3.300 \text{ m}$

Πίνακας 6.5: Δεδομένα μηκοτομής εφαρμογής Π.2.

Σημαία	Χ.Θ. (m)	Υψόμετρο (m)
M1	0,00	110,81
M2	974,49	179,03
M3	2.923,48	42,59
M4	4.872,46	179,03
M5	6.821,45	42,59
M6	7.795,94	110,81

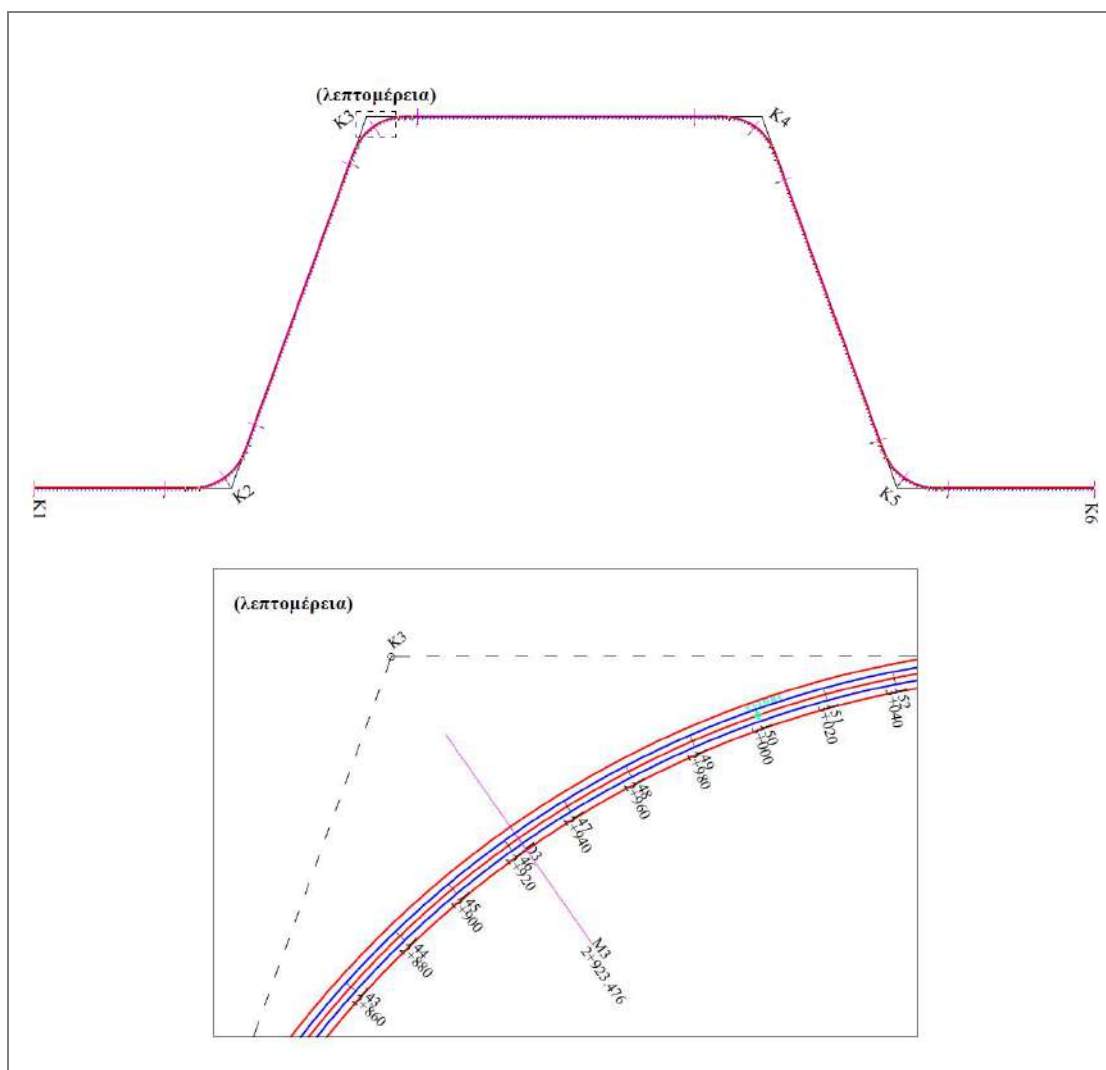
- **Τυπική διατομή:**
 - Τα **στοιχεία της τυπικής διατομής** και οι **οδογραμμές** της οδού ορίζονται όπως στο Σχήμα 6.3.

- Τα **στοιχεία των διαμορφώσεων** στα μη σταθεροποιημένα ερείσματα ορίζονται όπως στο Σχήμα 6.4.
- Η οδός βρίσκεται σε **όρυγμα** μεγάλου βάθους καθ' όλο το μήκος της, προκειμένου να ληφθεί υπόψη και να εξεταστεί η επιρροή της ύπαρξης των πρανών του ορύγματος, στο διατιθέμενο ΜΟΣ.
- **Ανάλυση ορατότητας:**
 - Οι τιμές των **παραμέτρων ορατότητας** λαμβάνονται όπως περιγράφηκε παραπάνω (βλ. 6.2.1.5).
- **Προοπτικές εικόνες:**
 - Οι τιμές των παραμέτρων για τη δημιουργία προοπτικών εικόνων λαμβάνονται όπως περιγράφηκε παραπάνω (βλ. 6.2.1.6).

Το συνολικό μήκος του εξεταζόμενου οδικού τμήματος είναι $L_{ολικό} = 7.795,9m$ περίπου.

Στους πίνακες και σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα διάφορα στοιχεία και σχέδια της χάραξης που παράγονται από το λογισμικό H12, για την εφαρμογή Π.2. Πιο αναλυτικά:

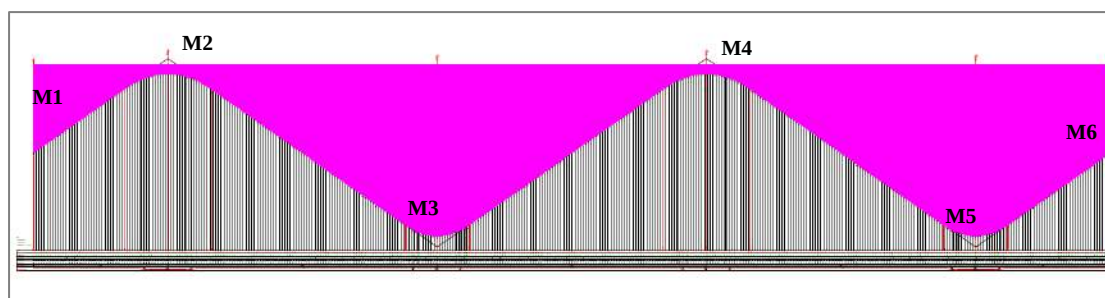
- Στο Σχήμα 6.16 φαίνεται η **οριζοντιογραφία** της χάραξης, καθώς και μια λεπτομέρεια σε καμπύλη, όπου διακρίνονται ο άξονας της οδού με κόκκινο χρώμα, καθώς και οι οδογραμμές. Στον Πίνακα 6.6 παρατίθενται τα βασικά υπολογιζόμενα στοιχεία της οριζοντιογραφίας. Οι συμβολισμοί του πίνακα είναι σύμφωνα με το Σχήμα Π.3 του Παραρτήματος.
- Στο Σχήμα 6.17 φαίνεται η **μηκοτομή** της χάραξης, όπου το φούξια χρώμα υποδηλώνει ότι η οδός βρίσκεται σε όρυγμα καθ' όλο το μήκος της. Στον Πίνακα 6.7 παρατίθενται τα βασικά υπολογιζόμενα στοιχεία της μηκοτομής. Οι συμβολισμοί του πίνακα είναι σύμφωνα με το Σχήμα Π.5 του Παραρτήματος.
- Στο Σχήμα 6.18 παρατίθεται μια **τυπική διατομή** (τα επιφανειακά στοιχεία της) της χάραξης, σε ευθυγραμμία.
- Στο Σχήμα 6.19 παρατίθεται ένα απόσπασμα του **τρισδιάστατου μοντέλου της οδού**, και η αντίστοιχη λεπτομέρεια, όπου απεικονίζονται οι επιφάνειες της οδού και του παρόδιου χώρου, οι οποίες έχουν προκύψει με τη μέθοδο του τριγωνισμού.



Σχήμα 6.16: Οριζοντιογραφία με οδογραμμές της εφαρμογής Π.2.

Πίνακας 6.6: Στοιχεία οριζοντιογραφίας της εφαρμογής Π.2.

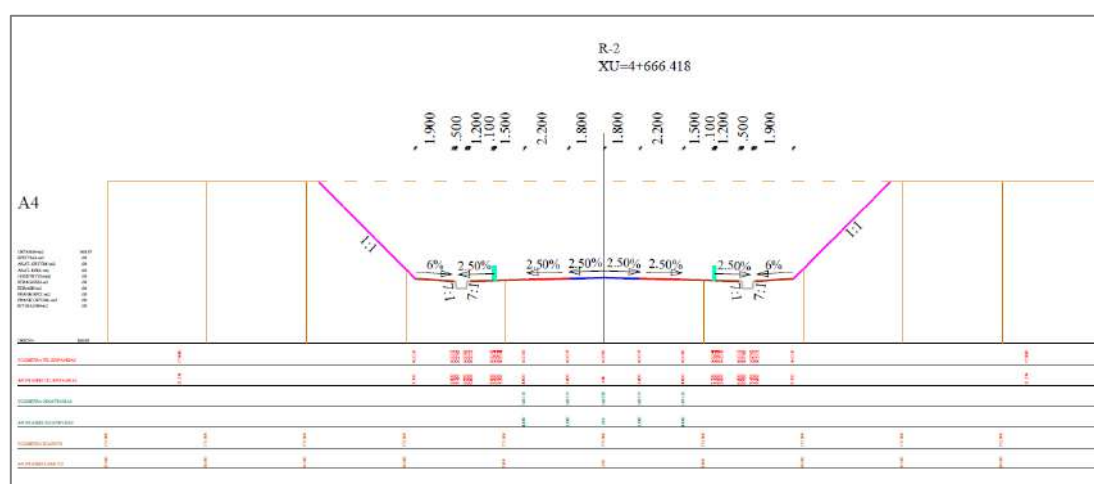
1) Ευθυγραμμίες & Καμπύλες			
Είδος	Από Χ.Θ. (m)	Έως Χ.Θ. (m)	Μήκος (m)
Ευθυγραμμία	0,00	768,45	768,45
Καμπύλη K2	768,45	1.180,53	412,09
Ευθυγραμμία	1.180,53	2.717,43	1.536,90
Καμπύλη K3	2.717,43	3.129,52	412,09
Ευθυγραμμία	3.129,52	4.666,42	1.536,90
Καμπύλη K4	4.666,42	5.078,50	412,09
Ευθυγραμμία	5.078,50	6.615,40	1.536,90
Καμπύλη K5	6.615,40	7.027,49	412,09
Ευθυγραμμία	7.027,49	7.795,94	768,45
2) Στοιχεία καμπυλών K2, K3, K4, K5			
A = 140,00	KΔ = 62,71m	x = 69,89m	ΩΩ' = 272,09m
T = 231,55m	ΔR = 0,73m	y = 2,91m	ΑΩΩ'Α' = 412,09m



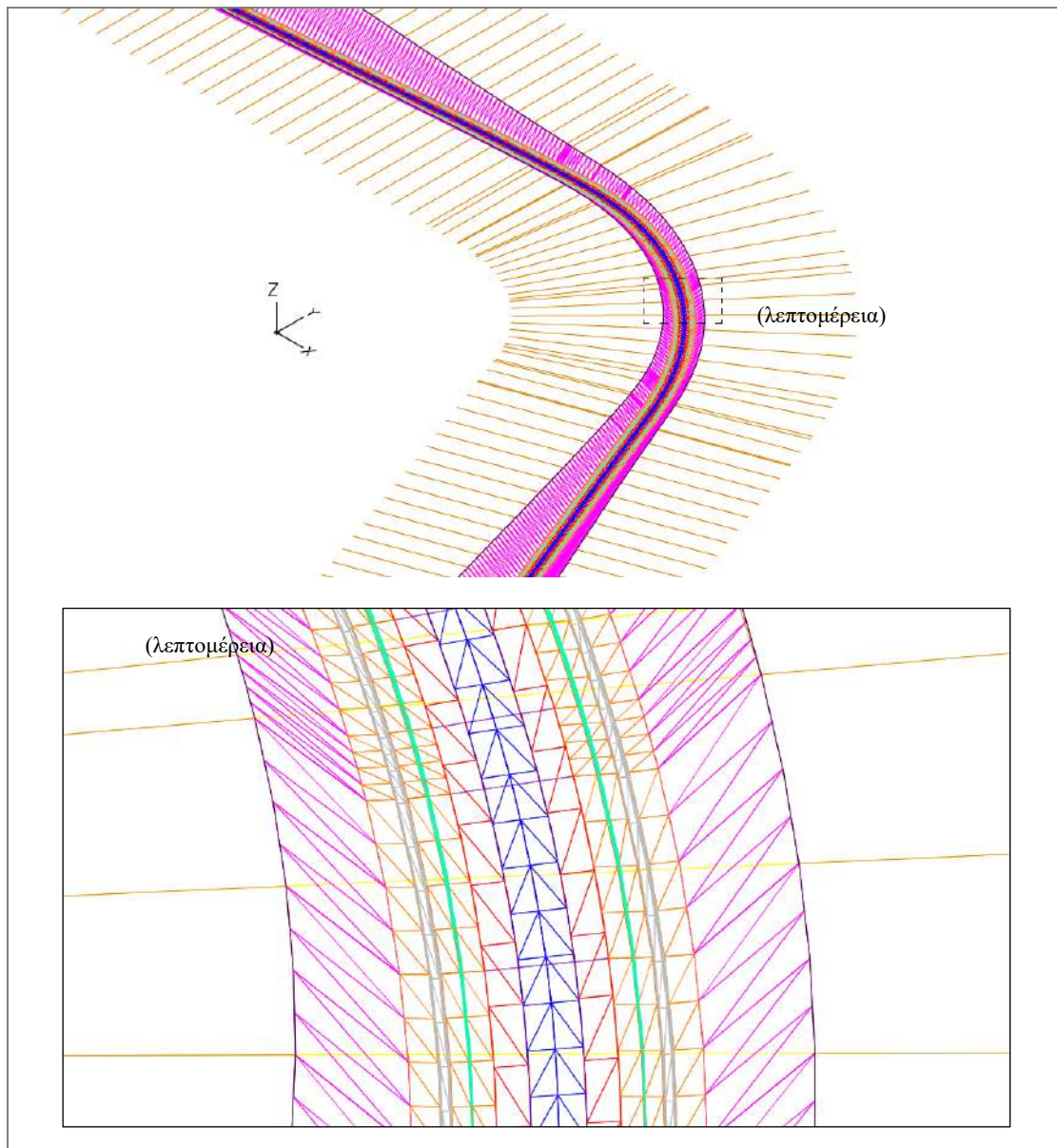
Σχήμα 6.17: Μηκοτομή της εφαρμογής Π.2.

Πίνακας 6.7: Στοιχεία μηκοτομής της εφαρμογής Π.2.

1) Τμήματα με σταθερή κατά μήκος κλίση & Τόξα συναρμογής			
Είδος	Από Χ.Θ. (m)	Έως Χ.Θ. (m)	Μήκος (m)
Σταθερή κλίση	0,00	659,49	659,49
Κυρτή καμπύλη M2	659,49	1.289,50	630,02
Σταθερή κλίση	1.289,50	2.692,47	1.402,97
Κοίλη καμπύλη M3	2.692,47	3.154,49	462,02
Σταθερή κλίση	3.154,49	4.557,47	1.402,97
Κυρτή καμπύλη M4	4.557,47	5.187,48	630,02
Σταθερή κλίση	5.187,48	6.590,43	1.402,97
Κοίλη καμπύλη M5	6.590,43	7.052,46	462,02
Σταθερή κλίση	7.052,46	7.795,94	743,48
2) Στοιχεία τόξων συναρμογής			
Κυρτές καμπύλες M2, M4		Κοίλες καμπύλες M3, M5	
$T = x_{\Sigma} = 315,01\text{m}$	$h_A = h_B = 157,00\text{m}$	$T = x_{\Sigma} = 231,01\text{m}$	$h_A = h_B = 58,70\text{m}$
$f = 11,00\text{m}$	$h_{\Sigma} = 168,00\text{m}$	$f = 8,00\text{m}$	$h_{\Sigma} = 50,70\text{m}$



Σχήμα 6.18: Τυπική διατομή (επιφανειακά στοιχεία) σε ευθυγραμμία της εφαρμογής Π.2.



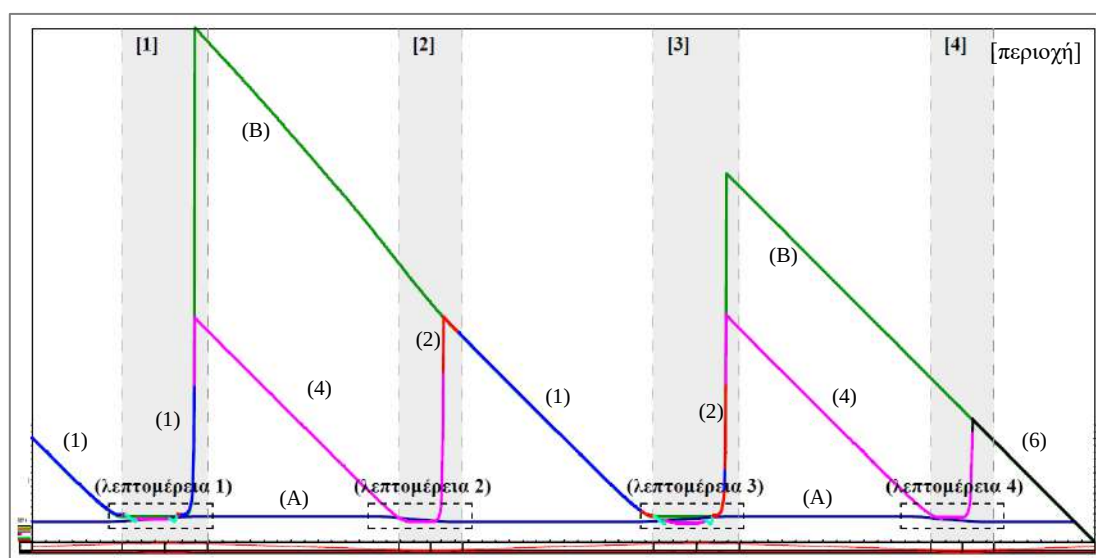
Σχήμα 6.19: Απόσπασμα του τρισδιάστατου μοντέλου της οδού της εφαρμογής Π.2.

Στο Σχήμα 6.20 απεικονίζεται το **διάγραμμα ΜΟΣ** για τη χάραξη της εφαρμογής Π.2, όπου:

- Η **σκούρα μπλε γραμμή** (γραμμή Α) αντιστοιχεί στο απαιτούμενο ΜΟΣ.
- Η **σκούρα πράσινη γραμμή** (γραμμή Β) αντιστοιχεί στο διατιθέμενο ΜΟΣ, όπως αυτό υπολογίζεται με βάση τη μηκοτομή της χάραξης.
- Η **γραμμή διάφορων χρωματισμών** αντιστοιχεί στο διατιθέμενο ΜΟΣ, όπως αυτό υπολογίζεται με βάση το τρισδιάστατο μοντέλο της οδού. Οι χρωματισμοί αντιστοιχούν στα στοιχεία της τυπικής διατομής εξαιτίας των οποίων διακόπτεται η γραμμή όρασης μεταξύ οφθαλμού και εμποδίου, όπως ορίστηκαν παραπάνω, και πιο συγκεκριμένα:
 - Το **μπλε χρώμα** (γραμμή 1) υποδηλώνει ότι η γραμμή όρασης διακόπτεται από την **επιφάνεια της οδού**, που εκτείνεται μεταξύ του οφθαλμού και

του άξονα της οδού (περιλαμβάνεται και η αντίστοιχη επιφάνεια της αντίθετης κατεύθυνσης κυκλοφορίας).

- Το **κόκκινο χρώμα** (γραμμή 2) υποδηλώνει ότι η γραμμή όρασης διακόπτεται από την **επιφάνεια της οδού**, που εκτείνεται μεταξύ του οφθαλμού και του άκρου του οδοστρώματος (περιλαμβάνεται και η αντίστοιχη επιφάνεια της αντίθετης κατεύθυνσης κυκλοφορίας).
- Το **κυανό χρώμα** (γραμμή 3) υποδηλώνει ότι η γραμμή όρασης διακόπτεται από το **πλευρικό στηθαίο ασφαλείας**.
- Το **φούξια χρώμα** (γραμμή 4) υποδηλώνει ότι η γραμμή όρασης διακόπτεται από κάποιο **πρανές σε όρυγμα**.
- Το **καφέ χρώμα** (γραμμή 5) υποδηλώνει ότι η γραμμή όρασης διακόπτεται από το **μη ασφαλοστρωμένο έρεισμα**.
- Τέλος, το **μαύρο χρώμα** (γραμμή 6) υποδηλώνει ότι είναι ορατό ολόκληρο το υπολειπόμενο οδικό τμήμα.



Σχήμα 6.20: Διάγραμμα ΜΟΣ για την εφαρμογή Π.2.

Στο παραπάνω διάγραμμα έχουν σημειωθεί με γκρι χρώμα και έχουν αριθμηθεί οι περιοχές συνδυασμένης καμπυλότητας, ομοίως με την εφαρμογή Π.1. Έτσι, και στη συγκεκριμένη περίπτωση:

- α. Η **περιοχή [1]** περιλαμβάνει τον συνδυασμό αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής.
- β. Η **περιοχή [2]** περιλαμβάνει τον συνδυασμό δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής.
- γ. Η **περιοχή [3]** περιλαμβάνει τον συνδυασμό δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής.
- δ. Η **περιοχή [4]** περιλαμβάνει τον συνδυασμό αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής.

Όσον αφορά στη **σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο εναλλακτικών μεθόδων ανάλυσης της διατιθέμενης ορατότητας**, παρατηρείται ότι αυτά είναι **παρόμοια στις περιοχές κυρτής καμπύλης στη μηκοτομή**, όπου προκύπτει ότι το διατιθέμενο ΜΟΣ περιορίζεται σημαντικά. Ωστόσο, υπάρχει **μεγάλη διαφοροποίηση στις περιοχές κοίλης καμπύλης**, όπου σύμφωνα με την εξέταση της μηκοτομής το διατιθέμενο ΜΟΣ προκύπτει πολύ μεγάλο, ενώ σύμφωνα με την τρισδιάστατη ανάλυση αυτό περιορίζεται.

Όσον αφορά στη **συσχέτιση μεταξύ του διατιθέμενου και απαιτούμενου ΜΟΣ**, προκύπτει, σύμφωνα με τη δισδιάστατη μέθοδο, ότι το ΜΟΣ επαρκεί σε όλο το μήκος της οδού, αν και η επάρκεια είναι οριακή στις περιοχές επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, και δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής. Σύμφωνα με την τρισδιάστατη μέθοδο, το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν επαρκεί στις περιοχές επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής και δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής.

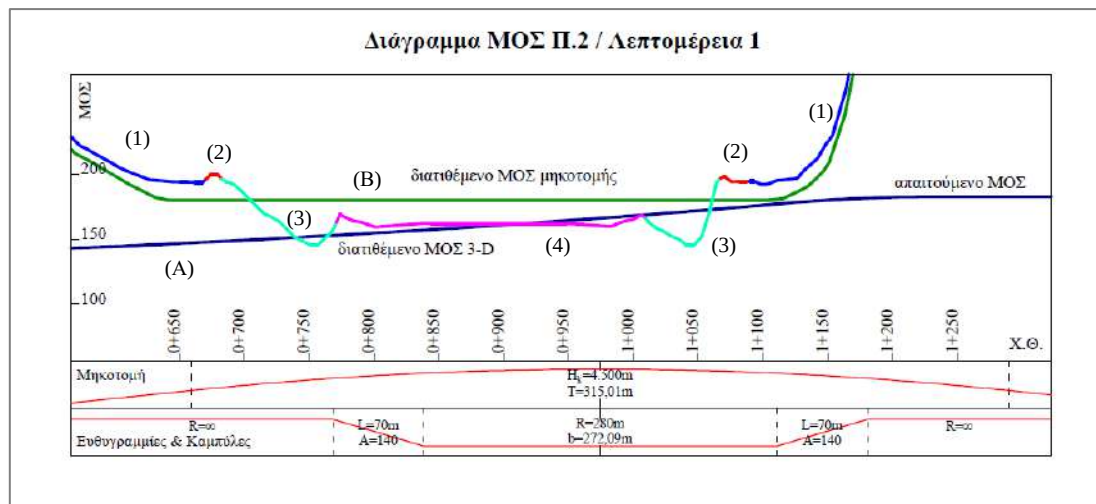
Στη συνέχεια, ακολουθεί περιγραφή του διαγράμματος ορατότητας για τις περιοχές με συνδυασμένη καμπυλότητα, όπου παρατίθενται και τα αντίστοιχα τμήματα του διαγράμματος σε μεγέθυνση (λεπτομέρειες) για τις περιπτώσεις όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ περιορίζεται. Αναλυτικότερα:

α. Στην περιοχή **επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής** (περιοχή [1] στο Σχήμα 6.19 & σε μεγέθυνση στο Σχήμα 6.21):

- Το **απαιτούμενο ΜΟΣ** αυξάνεται σταδιακά, από 143m περίπου (περίπου 130m πριν τη θέση αρχής της κυρτής καμπύλης μηκοτομής) σε 183m περίπου 70m πριν τη θέση πέρατος της κυρτής καμπύλης μηκοτομής).
- Το διατιθέμενο ΜΟΣ κατά την τρισδιάστατη ανάλυση ορατότητας προκύπτει μικρότερο από το αντίστοιχο διατιθέμενο ΜΟΣ κατά τη δισδιάστατη ανάλυση, στην περιοχή μεταξύ της Χ.Θ. 0+710 και της Χ.Θ. 1+060 (μήκος 350m), και μεγαλύτερο εκτός αυτής.
- Σύμφωνα με τη **δισδιάστατη μέθοδο**, το ΜΟΣ είναι επαρκές:
 - Το ελάχιστο **διατιθέμενο ΜΟΣ** ισούται με 180m περίπου.
 - Το μήκος της οδού με το ελάχιστο διατιθέμενο ΜΟΣ ανέρχεται στα 460m περίπου.
- Σύμφωνα με την **τρειςδιάστατη προτεινόμενη μέθοδο**, το ΜΟΣ δεν επαρκεί:
 - Αίτια ανεπάρκειας του διατιθέμενου ΜΟΣ είναι αφενός κάποιο πρηνές σε όρυγμα, και αφετέρου το πλευρικό στηθαίο ασφαλείας.
 - Το ελάχιστο **διατιθέμενο ΜΟΣ** ισούται με 146m περίπου και εντοπίζεται σε δύο θέσεις της οδού, αφενός 15m περίπου πριν τη θέση αρχής της κλωθοειδούς εισόδου στην αριστερόστροφη

καμπύλη και αφετέρου 70m περίπου πριν τη θέση αρχής της κλωθοειδούς εξόδου από την καμπύλη αυτή.

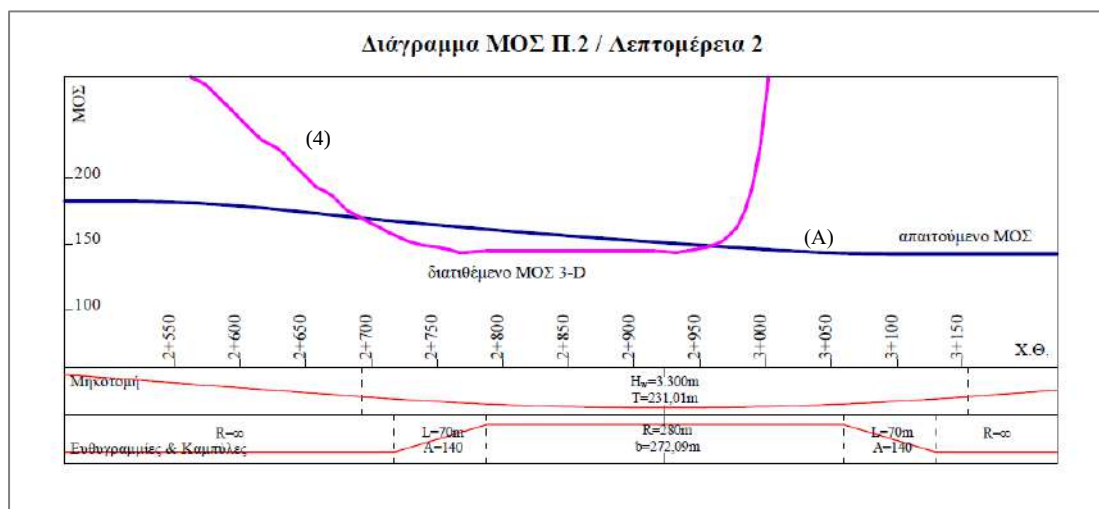
- Το μήκος οδού με **ανεπαρκές ΜΟΣ** ανέρχεται συνολικά στα 167m κατά προσέγγιση, εκ των οποίων τα 25m εντοπίζονται πριν τη θέση αρχής της κλωθοειδούς εισόδου στο κυκλικό τόξο, και τα υπόλοιπα 142m εντοπίζονται περί της θέσης του (κοινού) μέσου των δύο καμπυλών (οριζοντιογραφίας και μηκοτομής).



Σχήμα 6.21: Λεπτομέρεια 1 του διαγράμματος ΜΟΣ της εφαρμογής Π.2, στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής.

- β. Στην περιοχή **επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής** (περιοχή [2] στο Σχήμα 6.19 & σε μεγέθυνση στο Σχήμα 6.22):
- Το **απαιτούμενο ΜΟΣ** μειώνεται σταδιακά, από 183m περίπου (περίπου 175m πριν τη θέση αρχής της κοίλης καμπύλης μηκοτομής) σε 143m περίπου (περίπου στη θέση του μέσου της κλωθοειδούς εξόδου από το κυκλικό τόξο της οριζοντιογραφικής καμπύλης).
 - Το διατιθέμενο ΜΟΣ κατά τη δισδιάστατη ανάλυση ορατότητας προκύπτει αρκετά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο διατιθέμενο ΜΟΣ κατά την τρισδιάστατη ανάλυση.
 - Σύμφωνα με τη **δισδιάστατη μέθοδο** το ΜΟΣ είναι επαρκές.
 - Σύμφωνα με την **τρисδιάστατη μέθοδο**, το ΜΟΣ δεν επαρκεί:
 - Αίτιο ανεπάρκειας του διατιθέμενου ΜΟΣ είναι κάποιο πρυνές σε όρυγμα.
 - Το ελάχιστο **διατιθέμενο ΜΟΣ** ισούται με 145m περίπου και εντοπίζεται στο τμήμα μεταξύ της θέσης που βρίσκεται περίπου 25m πριν το πέρας της κλωθοειδούς εισόδου στο κυκλικό τόξο, και της θέσης που βρίσκεται περίπου 15m μετά από το κοινό μέσο των δύο καμπυλών (οριζοντιογραφίας και μηκοτομής).
 - Το μήκος οδού με **ανεπαρκές ΜΟΣ** ανέρχεται συνολικά στα 267m κατά προσέγγιση, μεταξύ της θέσης αρχής της κοίλης καμπύλης

μηκοτομής και της θέσης που βρίσκεται περίπου 35m μετά το κοινό μέσο των δύο καμπυλών.

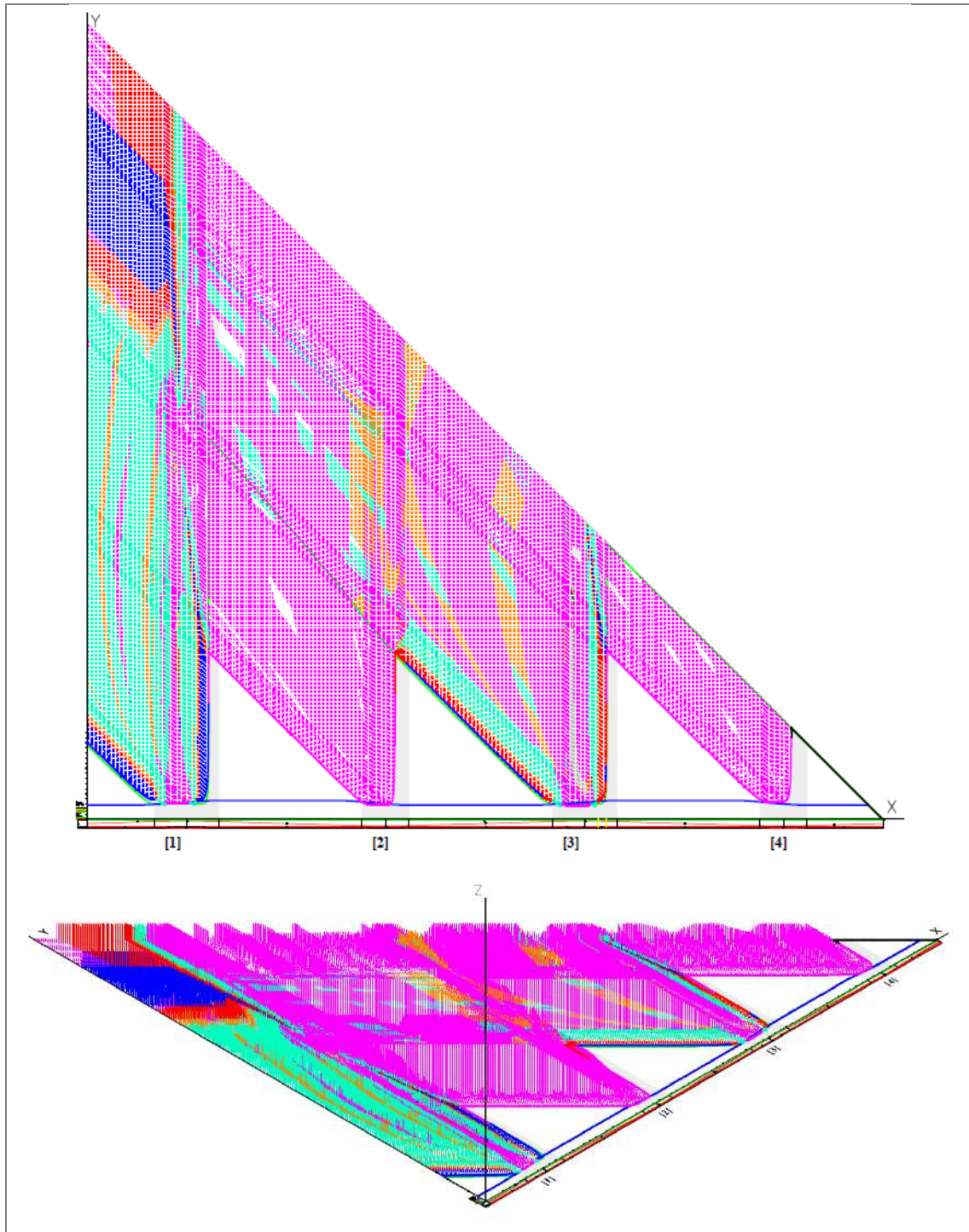


Σχήμα 6.22: Λεπτομέρεια 2 του διαγράμματος ΜΟΣ της εφαρμογής Π.2, στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής.

γ. Στην περιοχή **επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής** (περιοχή [3] στο Σχήμα 6.19 & σε μεγέθυνση στο Σχήμα 6.23):

- Το **απαιτούμενο ΜΟΣ** αυξάνεται σταδιακά, από 143m περίπου (περίπου 130m πριν τη θέση αρχής της κυρτής καμπύλης μηκοτομής) σε 183m περίπου 70m πριν τη θέση πέρατος της κυρτής καμπύλης μηκοτομής).
- Το διατιθέμενο ΜΟΣ κατά την τρισδιάστατη ανάλυση ορατότητας είναι, γενικά, μικρότερο από το αντίστοιχο διατιθέμενο ΜΟΣ κατά τη δισδιάστατη ανάλυση.
- Σύμφωνα με τη **δισδιάστατη μέθοδο**, το ΜΟΣ επαρκεί:
 - Το ελάχιστο **διατιθέμενο ΜΟΣ** ισούται με 180m περίπου.
 - Το μήκος της οδού με το ελάχιστο διατιθέμενο ΜΟΣ ανέρχεται στα 460m περίπου.
- Σύμφωνα με την **τρειςδιάστατη προτεινόμενη μέθοδο**, το ΜΟΣ δεν επαρκεί:
 - Αίτια ανεπάρκειας του διατιθέμενου ΜΟΣ είναι αφενός κάποιο πρανές σε όρυγμα, και αφετέρου το πλευρικό στηθαίο ασφαλείας.
 - Το ελάχιστο **διατιθέμενο ΜΟΣ** ισούται με 125m περίπου και εντοπίζεται σε δύο θέσεις της οδού, αφενός 30m περίπου πριν τη θέση αρχής της κλωθοειδούς εισόδου στη δεξιόστροφη καμπύλη και αφετέρου 35m περίπου πριν τη θέση αρχής της κλωθοειδούς εξόδου από την καμπύλη αυτή.
 - Το μήκος οδού με **ανεπαρκές ΜΟΣ** ανέρχεται στα 386m κατά προσέγγιση, μεταξύ των θέσεων που βρίσκονται 47m περίπου μετά την αρχή της κυρτής καμπύλης μηκοτομής και 20m περίπου πριν την αρχή της κλωθοειδούς εξόδου από το κυκλικό τόξο.

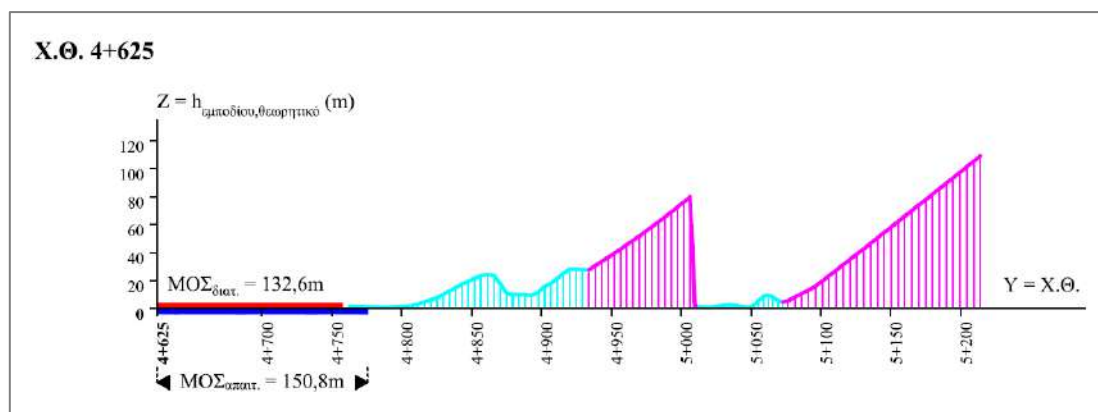
Στο Σχήμα 6.25 απεικονίζεται η **επέκταση του διαγράμματος ΜΟΣ** για την εφαρμογή Π.2 (σε κάτοψη και σε αξονομετρική παρουσίαση), μαζί με το συμβατικό διάγραμμα ορατότητας του Σχήματος 6.20. Οι χρωματισμοί των επιμέρους κατακόρυφων ευθύγραμμων τμημάτων αντιστοιχούν στα αίτια περιορισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ, όπως περιγράφηκε προηγουμένως στο συμβατικό διάγραμμα ΜΟΣ.



Σχήμα 6.25: Επέκταση διαγράμματος ΜΟΣ (σε κάτοψη και σε αξονομετρική παρουσίαση) για την εφαρμογή Π.2.

Στη συγκεκριμένη επέκταση του διαγράμματος ΜΟΣ, παρατηρείται ότι η πυκνότητα των κατακόρυφων ευθύγραμμων τμημάτων είναι η μέγιστη δυνατή στις θέσεις πέρα από τη γραμμή του διατιθέμενου ΜΟΣ, κάτι το οποίο ήταν αναμενόμενο, δεδομένου ότι η οδός βρίσκεται σε όρυγμα καθ' όλο το μήκος της, επομένως σε κάθε θέση είναι ορατό μόνο ένα συνεχές τμήμα της έμπροσθεν του οδηγού. Το γεγονός ότι η πλειοψηφία τους έχει φούξια χρώμα, συνεπάγεται ότι η ορατότητα περιορίζεται κυρίως λόγω κάποιου εκ των πρανών σε όρυγμα της οδού.

Στο Σχήμα 6.26 απεικονίζεται ένα τμήμα της επέκτασης του διαγράμματος ΜΟΣ, για τη Χ.Θ. 4+625, η οποία βρίσκεται μεταξύ των θέσεων αρχής της κυρτής καμπύλης μηκοτομής και αρχής της δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης, και όπου υπολογίστηκε ότι το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν επαρκεί λόγω του πλευρικού στηθαίου ασφαλείας. Τα διαδοχικά κατακόρυφα ευθύγραμμα τμήματα απέχουν 5m μεταξύ τους (όσο και το βήμα υπολογισμών) και έχουν σχεδιαστεί μέχρι τη Χ.Θ. 5+230, δηλαδή περιλαμβάνεται η κυρτή καμπύλη μηκοτομής. Επίσης, τα άνω άκρα τους έχουν συνδεθεί ανά δύο με ευθύγραμμα τμήματα (απεικονίζονται με έντονη γραμμή), έτσι ώστε να προκύψει προσεγγιστικά το διάγραμμα θεωρητικού ύψους του εμποδίου για κάθε θέση του οδικού τμήματος.

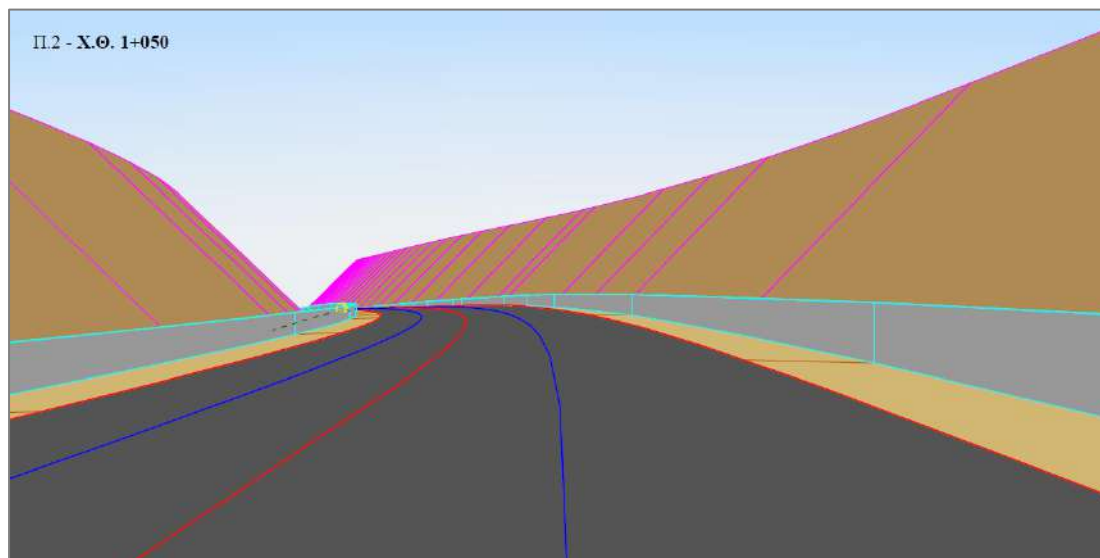


Σχήμα 6.26: Τμήμα της επέκτασης του διαγράμματος ΜΟΣ για την εφαρμογή Π.2.

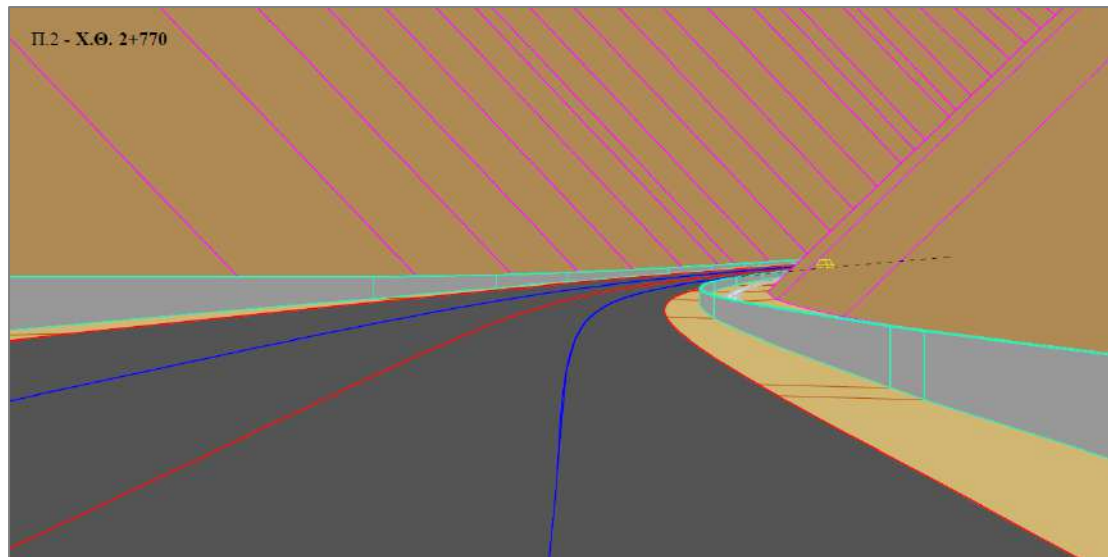
Όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα, η ορατότητα περιορίζεται από το πλευρικό στηθαίο ασφαλείας (κυανό χρώμα) σε κάποια τμήματα της οδού και από τα πρνή σε όρυγμα (φούξια χρώμα) σε κάποια άλλα τμήματα. Το θεωρητικό ύψος εμποδίου λαμβάνει μικρές τιμές στην περιοχή ανεπάρκειας του ΜΟΣ (της τάξης του 1,30m) και πολύ μεγαλύτερες λόγω των πρνών σε όρυγμα. Για παράδειγμα, το θεωρητικό ύψος εμποδίου είναι 109,4m στο τέλος του συγκεκριμένου οδικού τμήματος. Η αύξησή του με σταθερό ρυθμό αντιστοιχεί σε κατωφέρεια με σταθερή κατά μήκος κλίση στο τελευταίο τμήμα του διαγράμματος αυτού.

Τέλος, στα Σχήματα 6.27 έως 6.30 παρατίθενται τέσσερις προοπτικές εικόνες της οδού της εφαρμογής Π.2, σε θέσεις όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ περιορίζεται. Οι επιφάνειες μεταξύ των γραμμών έχουν χρωματιστεί κατάλληλα, προκειμένου το αποτέλεσμα να είναι πιο αληθοφανές. Συγκεκριμένα:

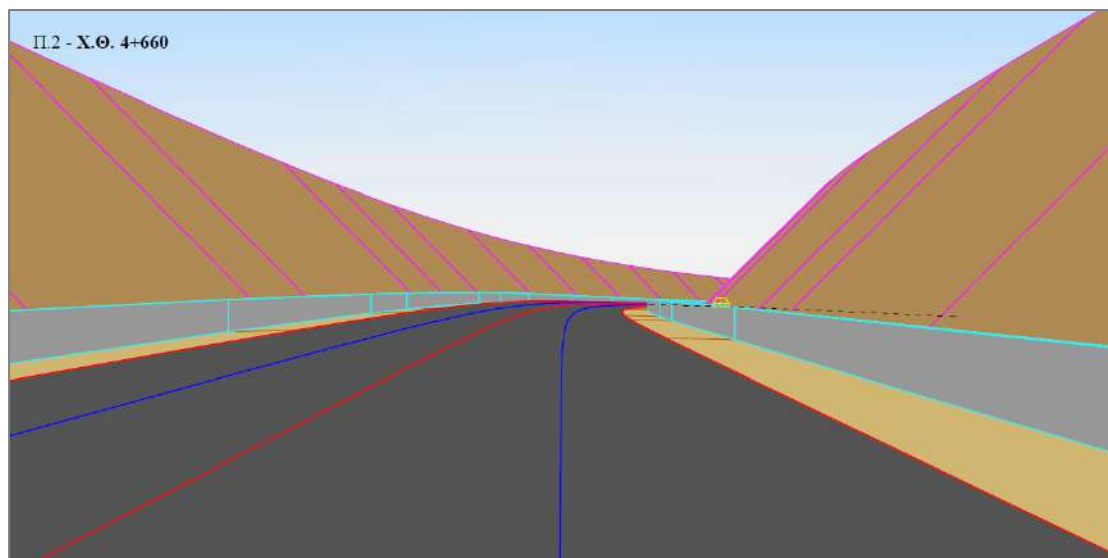
- Στο Σχήμα 6.27 απεικονίζεται η οδός όταν ο οδηγός βρίσκεται στη Χ.Θ. 1+050, δηλαδή εντός της περιοχής επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής (περιοχή [1] στο διάγραμμα ορατότητας του Σχήματος 6.20), όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν επαρκεί, λόγω του πλευρικού στηθαίου ασφαλείας.
- Στο Σχήμα 6.28 απεικονίζεται η οδός όταν ο οδηγός βρίσκεται στη Χ.Θ. 2+770, δηλαδή εντός της περιοχής επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής (περιοχή [2] στο διάγραμμα ορατότητας του Σχήματος 6.20), όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν επαρκεί, λόγω κάποιου πρανούς σε όρυγμα.
- Στο Σχήμα 6.29 απεικονίζεται η οδός όταν ο οδηγός βρίσκεται στη Χ.Θ. 4+660, δηλαδή εντός της περιοχής επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής (περιοχή [3] στο διάγραμμα ορατότητας του Σχήματος 6.20), όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν επαρκεί οριακά, λόγω κάποιου πρανούς σε όρυγμα.
- Στο Σχήμα 6.30 απεικονίζεται η οδός όταν ο οδηγός βρίσκεται στη Χ.Θ. 6+665, δηλαδή εντός της περιοχής επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής (περιοχή [4] στο διάγραμμα ορατότητας του Σχήματος 6.20), όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ επαρκεί, αλλά περιορίζεται λόγω κάποιου πρανούς σε όρυγμα.



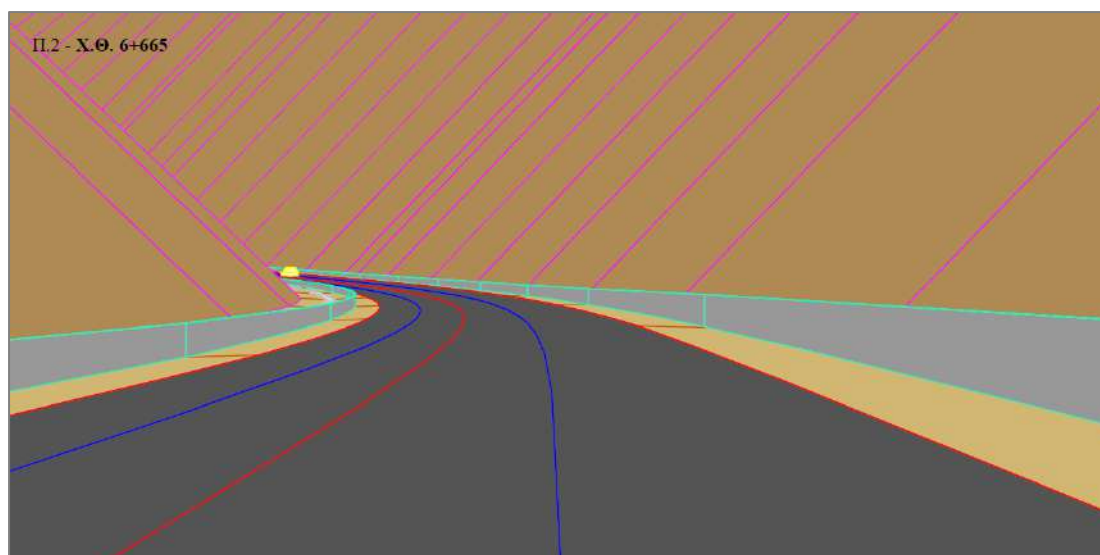
Σχήμα 6.27: Προοπτική εικόνα σε θέση της οδού στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν επαρκεί, για την εφαρμογή Π.2.



Σχήμα 6.28: Προοπτική εικόνα σε θέση της οδού στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής, όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν επαρκεί, για την εφαρμογή Π.2.



Σχήμα 6.29: Προοπτική εικόνα σε θέση της οδού στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ δεν επαρκεί, για την εφαρμογή Π.2.



Σχήμα 6.30: Προοπτική εικόνα σε θέση της οδού στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής, όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ επαρκεί, για την εφαρμογή Π.2.

6.3 ΣΥΝΟΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ – ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάστηκαν δύο εφαρμογές ανάλυσης της ορατότητας με χρήση του λογισμικού H12, με στόχο, αφενός, να εξεταστεί **σε ποιον βαθμό η υιοθέτηση των οριακών προτεινόμενων τιμών των παραμέτρων των οδηγιών σχεδιασμού οδών εξασφαλίζει την ασφάλεια της χάραξης, όσον αφορά στην επάρκεια ΜΟΣ**, και, αφετέρου, να γίνει **σύγκριση των αντίστοιχων αποτελεσμάτων που προκύπτουν από εφαρμογή της δισδιάστατης μεθόδου (όπου μελετάται μόνο η μηκοτομή) και της προτεινόμενης τρισδιάστατης μεθόδου ανάλυσης της ορατότητας**.

Εξετάστηκαν δύο θεωρητικές χαράξεις, με διαφορετικό είδος τυπικής διατομής. Στην πρώτη περίπτωση πρόκειται για οδό με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας, με δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση και ΛΕΑ, και κεντρικό στηθαίο ασφαλείας τύπου Jersey, η οποία βρίσκεται σε επίχωμα καθ' όλο το μήκος της. Στη δεύτερη περίπτωση πρόκειται για οδό με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας και μία λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, η οποία βρίσκεται σε όρυγμα καθ' όλο το μήκος της. Η οριζοντιογραφία και μηκοτομή των χαράξεων είναι της ίδιας μορφής και για τις δύο περιπτώσεις, ώστε να εμφανίζονται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί καμπυλότητας ταυτόχρονα (αριστερόστροφη – κυρτή, δεξιόστροφη – κοίλη, δεξιόστροφη – κυρτή και αριστερόστροφη – κοίλη).

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά κάθε χάραξης καθορίστηκαν βάσει της αντίστοιχης ταχύτητας μελέτης και της σταθερής λειτουργικής ταχύτητας που επελέγησαν. Για τον σχεδιασμό **χρησιμοποιήθηκαν οι οριακά επιτρεπόμενες (ελάχιστες ή μέγιστες) τιμές των παραμέτρων χάραξης**, σύμφωνα με τις Ελληνικές (ΟΜΟΕ-Χ, 2001 & ΟΜΟΕ-Δ, 2001) και Γερμανικές (RAA-R1, 2008 & RAL-R1, 2012) οδηγίες σχεδιασμού οδών.

Για κάθε εφαρμογή παράχθηκαν τα σχέδια της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής, της τυπικής διατομής, καθώς και το τρισδιάστατο προσομοίωμα της οδού και του παρόδιου χώρου. Επίσης, δημιουργήθηκε το **διάγραμμα απαιτούμενου και διατιθέμενου ΜΟΣ, όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ υπολογίστηκε με εξέταση της μηκοτομής της οδού, καθώς και με εφαρμογή της προτεινόμενης τρισδιάστατης μεθόδου**. Επιπλέον, παράχθηκε η επέκταση του διαγράμματος ορατότητας, καθώς και προοπτικές εικόνες κατά μήκος της οδού, από τη θέση του οδηγού.

Οι κυριότερες παρατηρήσεις που προέκυψαν από τη μελέτη των διαγραμμάτων ορατότητας είναι οι εξής:

Α) Για την οδό με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας, σε επίχωμα:

- Τα αποτελέσματα των δύο εναλλακτικών μεθόδων ανάλυσης της ορατότητας διαφέρουν, γενικά σε μεγάλο βαθμό. Μέσω και των δύο μεθόδων προκύπτει ότι

το διατιθέμενο ΜΟΣ περιορίζεται σημαντικά στις περιοχές όπου υπάρχει κυρτή καμπύλη στη μηκοτομή.

- **Σύμφωνα με τη δισδιάστατη μέθοδο, το ΜΟΣ επαρκεί σε όλο το μήκος της οδού, ενώ κατά την τρισδιάστατη μέθοδο όχι.**
- Στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, σύμφωνα με την τρισδιάστατη μέθοδο ανάλυσης της ορατότητας, το διατιθέμενο ΜΟΣ είναι ανεπαρκές, λόγω του κεντρικού στηθαίου ασφαλείας. Σύμφωνα με τη δισδιάστατη μέθοδο, το ΜΟΣ επαρκεί.
- Στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής, το διατιθέμενο ΜΟΣ επαρκεί, σύμφωνα και με τις δύο μεθόδους. Το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της τρισδιάστατης μεθόδου προκύπτει μεγαλύτερο σε σχέση με το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της δισδιάστατης μεθόδου.
- Στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, το διατιθέμενο ΜΟΣ επαρκεί, σύμφωνα και με τις δύο μεθόδους. Το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της τρισδιάστατης μεθόδου προκύπτει μεγαλύτερο σε σχέση με το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της δισδιάστατης μεθόδου.
- Στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής, το διατιθέμενο ΜΟΣ επαρκεί, σύμφωνα και με τις δύο μεθόδους. Το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της τρισδιάστατης μεθόδου προκύπτει μικρότερο σε σχέση με το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της δισδιάστατης μεθόδου.

Β) Για την οδό με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, σε όρυγμα:

- **Τα αποτελέσματα των δύο εναλλακτικών μεθόδων ανάλυσης της ορατότητας είναι παρόμοια στις περιπτώσεις ύπαρξης κυρτής καμπύλης στη μηκοτομή, όπου προκύπτει ότι το διατιθέμενο ΜΟΣ περιορίζεται σημαντικά, και διαφέρουν στις περιπτώσεις ύπαρξης κοίλης καμπύλης στη μηκοτομή, όπου σύμφωνα με την τρισδιάστατη μέθοδο το διατιθέμενο ΜΟΣ περιορίζεται σημαντικά, ενώ σύμφωνα με τη δισδιάστατη μέθοδο όχι.**
- **Σύμφωνα με τη δισδιάστατη μέθοδο, το ΜΟΣ επαρκεί σε όλο το μήκος της οδού, ενώ κατά την τρισδιάστατη μέθοδο όχι.**
- Στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, σύμφωνα με την τρισδιάστατη μέθοδο ανάλυσης της ορατότητας, το διατιθέμενο ΜΟΣ είναι ανεπαρκές, λόγω του πλευρικού στηθαίου ασφαλείας και των πρανών σε όρυγμα. Σύμφωνα με τη δισδιάστατη μέθοδο, το ΜΟΣ επαρκεί.
- Στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής, σύμφωνα με την τρισδιάστατη μέθοδο ανάλυσης της ορατότητας, το διατιθέμενο ΜΟΣ είναι ανεπαρκές, λόγω των πρανών της οδού σε όρυγμα. Σύμφωνα με τη δισδιάστατη μέθοδο, το ΜΟΣ επαρκεί. Το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της τρισδιάστατης μεθόδου προκύπτει πολύ

μικρότερο σε σχέση με το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της δισδιάστατης μεθόδου.

- Στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, σύμφωνα με την τρισδιάστατη μέθοδο ανάλυσης της ορατότητας, το διατιθέμενο ΜΟΣ είναι ανεπαρκές, λόγω του πλευρικού στηθαίου ασφαλείας και των πρανών σε όρυγμα. Σύμφωνα με τη δισδιάστατη μέθοδο, το ΜΟΣ επαρκεί.
- Στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής, το διατιθέμενο ΜΟΣ επαρκεί, σύμφωνα και με τις δύο μεθόδους. Το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της τρισδιάστατης μεθόδου προκύπτει πολύ μικρότερο σε σχέση με το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της δισδιάστατης μεθόδου.

Όσον αφορά στη σύγκριση των δύο μεθόδων προσδιορισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ, τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνουν τα συμπεράσματα αντίστοιχων ερευνητικών εργασιών, ότι δηλαδή **η μέθοδος ανάλυσης με βάση μόνο τη μηκοτομή της οδού (δισδιάστατη μέθοδος) δύναται να οδηγήσει σε εσφαλμένα αποτελέσματα σχετικά με το διατιθέμενο ΜΟΣ**. Η μέθοδος αυτή δεν είναι απολύτως αξιόπιστη, δεδομένου ότι για τον υπολογισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ θεωρείται μόνο ο άξονας της οδού και, ως εκ τούτου, δεν λαμβάνονται υπόψη τα χαρακτηριστικά της διατομής, τα οποία όμως επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τις συνθήκες ορατότητας.

Πράγματι, στις εφαρμογές του παρόντος κεφαλαίου διαπιστώθηκε ότι σύμφωνα με την δισδιάστατη μέθοδο ενδέχεται να υπολογιστεί μεγαλύτερη ανεπάρκεια ΜΟΣ και σε μεγαλύτερο τμήμα της οδού ή το αντίστροφο, σε σχέση με την τρισδιάστατη μέθοδο, η οποία θεωρείται ότι παράγει ορθότερα αποτελέσματα (λαμβάνεται υπόψη η τρισδιάστατη φύση της οδού). Τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων διαφοροποιούνται κυρίως σε θέσεις όπου υπάρχουν πλευρικά εμπόδια, δηλαδή στηθαία ασφαλείας και πρανή. Σε θέσεις όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ περιορίζεται λόγω της επιφάνειας της οδού, το διατιθέμενο ΜΟΣ λαμβάνει παρόμοιες τιμές και με τις δύο μεθόδους.

Όσον αφορά στην ασφάλεια της χάραξης ως προς το διατιθέμενο ΜΟΣ, εξάγεται το συμπέρασμα ότι **ο σχεδιασμός με χρήση οριακών τιμών των παραμέτρων χάραξης που περιλαμβάνονται στις οδηγίες σχεδιασμού οδών, έχει ως συνέπεια την ύπαρξη ανεπαρκών μηκών ορατότητας**. Αυτού του είδους η πρακτική, η εφαρμογή της οποίας συνιστάται να αποφεύγεται στους Ελέγχους Οδικής Ασφάλειας, απεδείχθη και υπολογιστικά. Συγκεκριμένα, όπως διαπιστώθηκε, καθοριστικοί παράγοντες περιορισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ είναι κυρίως τα στηθαία ασφαλείας της οδού (κεντρικό και πλευρικά), καθώς και τα πρανή σε περίπτωση που η οδός βρίσκεται σε όρυγμα.

Πιο συγκεκριμένα, **η ύπαρξη κεντρικού στηθαίου ασφαλείας ενδεχομένως να προκαλεί ανεπάρκεια ΜΟΣ σε αριστερόστροφες και κυρτές καμπύλες αυτοκινητόδρομων**. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το διατιθέμενο ΜΟΣ είναι αρκετά μικρότερο από το απαιτούμενο και επιπρόσθετα η ανεπάρκεια παρατηρείται

σε μεγάλο μήκος οδού (η τιμή του διατιθέμενου ΜΟΣ και το μήκος ανεπάρκειας εξαρτώνται, γενικά, από την ακτίνα της καμπύλης της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής, τη γωνία των πλευρών της πολυγωνικής, καθώς και τη διαφορά των κατά μήκος κλίσεων). Η ανεπάρκεια αυτή οφείλεται στη μικρή εγκάρσια απόσταση του οδηγού από το κεντρικό στηθαίο, σε συνδυασμό με τη μορφή της χάραξης και είναι κρίσιμης σημασίας, καθώς στους αυτοκινητόδρομους, και ειδικά στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, η οποία και εξετάστηκε, αναπτύσσονται από τα οχήματα μεγάλες ταχύτητες, δηλαδή αυξάνεται η σοβαρότητα τυχόν ατυχημάτων.

Επιπλέον, εξάγεται το συμπέρασμα ότι **η ανεπάρκεια ΜΟΣ σε αριστερόστροφες καμπύλες αυτοκινητόδρομων είναι δυνατόν να εμφανιστεί και σε περίπτωση σήραγγας**, όπου η πλευρική απόσταση του οδηγού από την εσωτερική παρειά είναι περίπου ίδιου μεγέθους με την αντίστοιχη πλευρική απόσταση από το κεντρικό στηθαίο ασφαλείας. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, σύμφωνα με τις Γερμανικές οδηγίες σχεδιασμού οδών (RAA-R1, 2008), το πλάτος του πεζοδρομίου εντός σήραγγας, το οποίο αντικαθιστά την εσωτερική λωρίδα καθοδήγησης, είναι ίσο με 1,00m, στο οποίο προστίθεται και το πλάτος της εσωτερικής λωρίδας καθοδήγησης (0,25m κατ' ελάχιστο). Βέβαια, εξαιρουμένων των περιοχών στα στόμια της σήραγγας, το οδόστρωμα θεωρείται στεγνό, άρα ο συντελεστής τριβής είναι αυξημένος και, κατά συνέπεια, υπάρχει μεγαλύτερο περιθώριο ασφαλείας.

Ακόμα, **ανεπάρκεια ΜΟΣ δύναται να προκληθεί λόγω των πλευρικών στηθαίων ασφαλείας και των πρανών της οδού σε όρυγμα**. Ανεπάρκεια ΜΟΣ λόγω πλευρικού στηθαίου και πρανών παρατηρήθηκε στην περίπτωση της οδού με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας και μία λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση. Είναι λογικό ότι το πρόβλημα γίνεται εντονότερο όσο μειώνεται η πλευρική απόσταση μεταξύ οδηγού και πλευρικού εμποδίου (στηθαίο ή πρανές), επομένως κρισιμότερες είναι οι περιπτώσεις οδών με μικρότερα πλάτη κυκλοφοριακού χώρου, και ακόμα περισσότερο οι περιπτώσεις δεξιόστροφων και κυρτών καμπυλών σε αυτές, όπου υπάρχει η μικρότερη εγκάρσια απόσταση μεταξύ οδηγού και πλευρικών εμποδίων.

Τέλος, σημειώνεται ότι **σημαντικό παράγοντα επιρροής στο διατιθέμενο ΜΟΣ αποτελεί και το πλάτος του μη σταθεροποιημένου ερείσματος σε όρυγμα**. Στα συγκεκριμένα παραδείγματα, παρόλο που το πλάτος του μη σταθεροποιημένου ερείσματος ήταν αρκετά μεγάλο, εντούτοις υπήρξε ανεπάρκεια ΜΟΣ. Επομένως, γίνεται προφανές ότι το πρόβλημα εντείνεται σε περιπτώσεις ύπαρξης ερεισμάτων μικρού πλάτους (κυρίως σε υφιστάμενες οδούς), κατακόρυφων τοίχων σε περιοχές τεχνικών έργων κ.λπ..

Συμπεράσματα

7.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στην παρούσα Διδακτορική Διατριβή αναπτύχθηκε μια **ολοκληρωμένη μέθοδος διερεύνησης της επάρκειας ΜΟΣ**, με ταυτόχρονη θεώρηση της οδού, του οχήματος και του χρήστη (οδηγού), δεδομένης της κεφαλαιώδους σημασίας ύπαρξης επαρκούς ΜΟΣ καθ' όλο το μήκος μιας οδού, για την παρεχόμενη ασφάλεια αυτής προς τους χρήστες της. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει την τρισδιάστατη θεώρηση των επιμέρους παραμέτρων και τον εντοπισμό περιοχών όπου η οπτική ακτίνα μεταξύ των οφθαλμών του οδηγού και ενός εμποδίου επί του οδοστρώματος διακόπτεται από κάποιο ενδιάμεσο εμπόδιο, το οποίο βρίσκεται σε σημείο τέτοιο ώστε να παραβιάζεται η ασφάλεια της οδού.

Η **προτεινόμενη μέθοδος** για τον προσδιορισμό του ΜΟΣ σε σύνθετο οδικό περιβάλλον εφαρμόζεται σε περιβάλλον ηλεκτρονικού υπολογιστή, αποτελεί τμήμα του ολοκληρωμένου λογισμικού οδοποιίας «H12», και **συνοψίζεται στα εξής επιμέρους στάδια**:

- **Δημιουργείται το τρισδιάστατο προσομοίωμα της οδού και του παρόδιου χώρου** με τη μέθοδο του τριγωνισμού. Με χρήση των οδογραμμών, είναι δυνατή η ακριβής περιγραφή της διατομής της οδού, καθώς και η τοποθέτηση του οφθαλμού και του εμποδίου σε οποιαδήποτε εγκάρσια απόσταση από τον άξονα της οδού.
- Ακολουθεί **ανάλυση της ορατότητας**, όπου:
 - Ο **προσδιορισμός του απαιτούμενου ΜΟΣ** πραγματοποιείται με βάση μια βελτιωμένη προσέγγιση της υφιστάμενης πρακτικής, όπου λαμβάνεται υπόψη η επιρροή της καμπυλότητας τόσο κατά την οριζοντιογραφία, όσο και κατά τη μηκοτομή.
 - Για τον **προσδιορισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ** γίνεται χρήση σχέσεων αναλυτικής γεωμετρίας. Η μέθοδος που εφαρμόζεται βασίζεται στον προσδιορισμό περιοχών κατά μήκος της οδού όπου οι γραμμές όρασης μεταξύ του οφθαλμού του οδηγού και ενός αντικειμένου διακόπτονται από κάποιο εμπόδιο και το μήκος τους είναι μικρότερο από το απαιτούμενο ΜΟΣ, μέσω της εκτέλεσης επαναληπτικού αλγόριθμου.
- Στη συνέχεια, δημιουργούνται τα **διαγράμματα ορατότητας** για την υπό εξέταση οδό, και συγκεκριμένα:
 - το **διάγραμμα απαιτούμενου ΜΟΣ**,
 - το **διάγραμμα διατιθέμενου ΜΟΣ με βάση τη μηκοτομή της χάραξης**,
 - το **διάγραμμα διατιθέμενου ΜΟΣ με βάση το παραχθέν τρισδιάστατο προσομοίωμα της οδού και του περιβάλλοντός της**,
 - η **επέκταση του διαγράμματος ορατότητας**, μέσω της οποίας περιγράφονται, για κάθε σημείο της οδού, οι συνθήκες ορατότητας στο υπολειπόμενο τμήμα της.

- Τέλος, δημιουργούνται **προοπτικές εικόνες από τη θέση του οδηγού**, κατά μήκος της οδού.

Με χρήση του λογισμικού οδοποιίας H12 δημιουργήθηκαν δύο θεωρητικές χαράξεις με διαφορετικές τυπικές διατομές και βασικές ελάχιστες τιμές των παραμέτρων σχεδιασμού, με βάση την υφιστάμενη πρακτική, προκειμένου:

- να εξεταστεί σε ποιον βαθμό η υιοθέτηση των οριακών προτεινόμενων τιμών των παραμέτρων των οδηγιών σχεδιασμού οδών εξασφαλίζει την ασφάλεια της χάραξης, όσον αφορά στην επάρκεια ΜΟΣ,
- να γίνει σύγκριση των αντίστοιχων αποτελεσμάτων που προκύπτουν από εφαρμογή της δισδιάστατης μεθόδου (όπου μελετάται μόνο η μηκοτομή της χάραξης) και της προτεινόμενης τρισδιάστατης μεθόδου ανάλυσης της ορατότητας και
- να διερευνηθεί η επιρροή στο ΜΟΣ στοιχείων από τον παρόδιο χώρο.

Είναι γεγονός ότι **επαρκές ΜΟΣ θα πρέπει να παρέχεται καθ' όλο το μήκος μιας οδού**, προκειμένου οι οδηγοί να είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται και να αντιδρούν σε επικίνδυνες καταστάσεις. Επομένως, είναι σημαντικό η οδός να εξετάζεται στο σύνολό της, αλλά και σε σχέση με τα στοιχεία του οδικού περιβάλλοντος. Επιπλέον, προκειμένου να αρθεί ενδεχόμενη αστοχία που υπάρχει λόγω του δισδιάστατου και ανεξάρτητου σχεδιασμού κατά την οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή, **είναι επιβεβλημένη η σχετική ανάλυση να λαμβάνει χώρα σε τρισδιάστατο περιβάλλον**.

Δεδομένου ότι η επάρκεια ορατότητας για στάση αποτελεί κεφαλαιώδους σημασίας προϋπόθεση για την ασφάλεια μιας οδού, **υπάρχει εκτεταμένη έρευνα στη βιβλιογραφία σχετικά με τον προσδιορισμό τόσο του απαιτούμενου, όσο και του διατιθέμενου ΜΟΣ**. Οι μέθοδοι για την ανάλυση του ΜΟΣ που έχουν προταθεί τα τελευταία χρόνια, διακρίνονται σε δισδιάστατες και τρισδιάστατες, καθώς και σε γραφικές και αναλυτικές. Πιο συγκεκριμένα:

- Κατά τη **δισδιάστατη προσέγγιση**, το διατιθέμενο ΜΟΣ για μια οδό προκύπτει αποκλειστικά είτε από τη μελέτη της οριζοντιογραφίας, είτε από τη μελέτη της μηκοτομής, ή από τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας και στις δύο απεικονίσεις της οδού, και την υιοθέτηση ως μήκους ορατότητας σε κάθε θέση της οδού της ελάχιστης τιμής από τις δύο προβολές, ως μια συντηρητική εκτίμηση. Το πρόβλημα που παρουσιάζεται κατά τη δισδιάστατη ανάλυση, είναι η πιθανή ανακρίβεια των αποτελεσμάτων υπολογισμού του μήκους ορατότητας, καθώς δεν λαμβάνεται υπόψη η αλληλεπίδραση των στοιχείων των δύο προβολών στη θεώρηση του οδικού περιβάλλοντος από τον χρήστη της οδού και, κατά συνέπεια, τα αποτελέσματα των δισδιάστατων μεθόδων δεν είναι απολύτως ακριβή σε περιπτώσεις ταυτόχρονης ύπαρξης καμπυλότητας σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή. Συνεπώς, **ο δισδιάστατος σχεδιασμός μπορεί να υπερεκτιμήσει**

ή να υποτιμήσει το διατιθέμενο μήκος ορατότητας, κάτι το οποίο έχει αρνητικές επιδράσεις στην οικονομία και, κυρίως, την ασφάλεια της οδού.

- Όσον αφορά στις γραφικές μεθόδους ανάλυσης της ορατότητας στις τρεις διαστάσεις, αυτές αποτελούν μια εναλλακτική λογική μελέτης και επιτρέπουν την ορθή προσέγγιση του προβλήματος προσδιορισμού της ορατότητας. **Ωστόσο, είναι αρκετά χρονοβόρες, δεδομένου ότι δεν προσφέρουν αυτοματοποίηση της διαδικασίας ανάλυσης της ορατότητας, και ως εκ τούτου δεν κρίνονται αποδοτικές εάν χρησιμοποιηθούν σε μεγάλης κλίμακας οδικά έργα.**
- Οι προταθείσες **τρισδιάστατες αναλυτικές μέθοδοι** ανάλυσης της ορατότητας επιτρέπουν την ακριβή προσομοίωση ενός σύνθετου οδικού περιβάλλοντος και, ως εκ τούτου, τον ακριβή προσδιορισμό του πραγματικού πεδίου όρασης του οδηγού, με χρήση σχετικά απλών μαθηματικών μοντέλων, αξιοποιώντας την ταχύτητα και τις δυνατότητες των σύγχρονων ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ωστόσο, οι περισσότερες από αυτές τις έρευνες επικεντρώνονται στη βελτιστοποίηση του διατιθέμενου ΜΟΣ με την εισαγωγή είτε νέων αλγόριθμων, είτε προτείνοντας συνδυασμούς παραμέτρων σχεδιασμού, **αγνοώντας σε αρκετές περιπτώσεις ορισμένα από τα στοιχεία της οδού και του περιβάλλοντός της, τα οποία επηρεάζουν σημαντικά τα επίπεδα της ορατότητας.** Επιπλέον, ένα ακόμα βασικό έλλειμμα των συναφών μεθόδων ανάλυσης της ορατότητας είναι η ανάλυση των στοιχείων σχεδιασμού εξαιτίας των οποίων περιορίζεται το ΜΟΣ σε κάθε περίπτωση.

Όσον αφορά στην προσέγγιση που υιοθετείται κατά την υφιστάμενη πρακτική σχεδιασμού των οδών σχετικά με τον έλεγχο επάρκειας ορατότητας για στάση, κρίνεται μάλλον ως απλουστευτική και αποσπασματική, καθώς οι ισχύουσες οδηγίες σχεδιασμού οδών εξετάζουν την επάρκεια ορατότητας ανεξάρτητα στην οριζοντιογραφία και στη μηκοτομή. Ως αποτέλεσμα, οι προτάσεις για τη διασφάλιση επάρκειας ορατότητας, μέσω της επιλογής κρίσιμων παραμέτρων για τον συνδυασμένο σχεδιασμό οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, δίδονται μόνο σε εμπειρικό επίπεδο και χωρίς επαρκή επιστημονική τεκμηρίωση. Επιπλέον, προτείνεται η δημιουργία προοπτικών εικόνων της οδού σε ορισμένες θέσεις και, γενικότερα, τονίζεται η ανάγκη ανάλυσης της ορατότητας στις τρεις διαστάσεις.

Τα πρότυπα αξιολόγησης της επάρκειας ορατότητας και προσδιορισμού κρίσιμων γεωμετρικών μεγεθών που υιοθετούνται τόσο στην οριζοντιογραφία, όσο και στη μηκοτομή, είναι παρόμοια στις διάφορες οδηγίες σχεδιασμού οδών και διαφέρουν ουσιαστικά μόνο στην επιλογή των παραμέτρων τους. Ωστόσο, **υπάρχουν παράμετροι που δεν λαμβάνονται υπόψη και η επιρροή τους μπορεί να είναι κρίσιμη στη παρεχόμενη ασφάλεια.** Πιο συγκεκριμένα:

- Όσον αφορά στην **οριζοντιογραφία**, βασικές παράμετροι όπως είναι η μεταβλητή κλίση, λόγω ύπαρξης καμπύλης συναρμογής στη μηκοτομή, καθώς και τα ύψη οδηγού και εμποδίου, αγνοούνται. Κατά συνέπεια, ο πλευρικός ελεύθερος οπτικών εμποδίων χώρος, που ορίζεται μεταξύ των χορδών μήκους ορατότητας για στάση, είναι θεωρητικός.

- Ο έλεγχος της επάρκειας ορατότητας με βάση τη **μηκοτομή** είναι και πάλι ελλιπής, καθώς ενώ απαιτούνται στοιχεία της μηκοτομής, της ταχύτητας του οχήματος, καθώς και τα ύψη οφθαλμού – εμποδίου, η οριζοντιογραφία θεωρείται ευθύγραμμη, ενώ σημαντική είναι και η επιρροή της επίκλισης του οδοστρώματος.

Επιπλέον, οι οδηγίες σχεδιασμού οδών περιέχουν **μαθηματικές σχέσεις για τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας σε απλές ανεξάρτητες διατάξεις οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, με χρήση αρκετών απλοποιητικών παραδοχών. Όλες αυτές οι παραδοχές αυτές, ωστόσο, δεν αντιστοιχούν πλήρως στην πραγματικότητα, με αρκετές πιθανότητες παροχής εσφαλμένων αποτελεσμάτων.** Για πιο σύνθετες περιπτώσεις, προτείνεται η χρήση γραφικών ή τρισδιάστατων μεθόδων ανάλυσης της ορατότητας, χωρίς όμως να επεξηγείται ο τρόπος εφαρμογής τους.

Κατά συνέπεια, **οι ισχύουσες δισδιάστατες μέθοδοι σχεδιασμού, ενδέχεται να υποτιμήσουν ή να υπερεκτιμήσουν τα διαθέσιμα μήκη ορατότητας, οδηγώντας σε αδικαιολόγητη αύξηση του κόστους ή, ακόμα χειρότερα, στην ύπαρξη επικίνδυνων τμημάτων κατά μήκος μιας οδού.** Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι επιπτώσεις ενδεχομένως να είναι επιζήμιες για το κόστος και την απόδοση των υφιστάμενων και των υπό μελέτη οδών, δεδομένου ότι οι υπερβολικές τροποποιήσεις και/ή οι περιοχές με επιβολή ορίων ταχύτητας κατώτερων των πραγματικά απαιτούμενων είναι μάλλον αναπόφευκτες, κάτι το οποίο μπορεί να μην ανταποκρίνεται στις προσδοκίες του οδηγού και γενικότερα να υποβαθμίσει τη συνοχή του σχεδιασμού.

Η προτεινόμενη τρισδιάστατη αναλυτική μέθοδος αναπτύχθηκε με στόχο τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου εργαλείου ανάλυσης της ορατότητας, το οποίο θα παρέχει γρήγορα και ακριβή αποτελέσματα, με ελαχιστοποίηση των ελλείψεων που εντοπίστηκαν τόσο στις συναφείς έρευνες, όσο και κατά την υφιστάμενη πρακτική. Η μέθοδος αυτή ενσωματώνεται στο λογισμικό οδοποιίας H12, το οποίο, ομοίως, έχει αναπτυχθεί από τον συγγραφέα της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής και παρέχει τη δυνατότητα εκτέλεσης όλων των εργασιών που σχετίζονται με τον γεωμετρικό σχεδιασμό μιας οδού.

Με χρήση του λογισμικού οδοποιίας H12 και εφαρμογή τόσο της προτεινόμενης μεθόδου, όσο και της συμβατικής δισδιάστατης μεθόδου με χρήση της μηκοτομής της χάραξης, εξετάστηκαν δύο θεωρητικές χαράξεις, με διαφορετικό είδος τυπικής διατομής, όπου εμφανίζονται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί καμπυλότητας ταυτόχρονα στην οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή. Για τον σχεδιασμό χρησιμοποιήθηκαν οι οριακά επιτρεπόμενες τιμές των παραμέτρων χάραξης, κατά την υφιστάμενη πρακτική σχεδιασμού των οδών. Οι κυριότερες παρατηρήσεις που προέκυψαν είναι οι εξής:

- Για την οδό με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας, σε επίχωμα:

- Τα αποτελέσματα των δύο εναλλακτικών μεθόδων ανάλυσης της ορατότητας διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό. Μέσω και των δύο μεθόδων προκύπτει ότι το διατιθέμενο ΜΟΣ περιορίζεται σημαντικά στις περιοχές όπου υπάρχει κυρτή καμπύλη στη μηκοτομή.
- Στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, σύμφωνα με την τρισδιάστατη μέθοδο ανάλυσης της ορατότητας, το διατιθέμενο ΜΟΣ είναι ανεπαρκές, λόγω του κεντρικού στηθαίου ασφαλείας. Σύμφωνα με τη δισδιάστατη μέθοδο, το ΜΟΣ επαρκεί.
- Στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής, το διατιθέμενο ΜΟΣ επαρκεί, σύμφωνα και με τις δύο μεθόδους. Το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της τρισδιάστατης μεθόδου προκύπτει μεγαλύτερο σε σχέση με το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της δισδιάστατης μεθόδου.
- Στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, το διατιθέμενο ΜΟΣ επαρκεί, σύμφωνα και με τις δύο μεθόδους. Το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της τρισδιάστατης μεθόδου προκύπτει μεγαλύτερο σε σχέση με το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της δισδιάστατης μεθόδου.
- Στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής, το διατιθέμενο ΜΟΣ επαρκεί, σύμφωνα και με τις δύο μεθόδους. Το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της τρισδιάστατης μεθόδου προκύπτει μικρότερο σε σχέση με το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της δισδιάστατης μεθόδου.
- Για την οδό με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, σε όρυγμα:
 - Τα αποτελέσματα των δύο εναλλακτικών μεθόδων ανάλυσης της ορατότητας είναι παρόμοια στις περιπτώσεις ύπαρξης κυρτής καμπύλης στη μηκοτομή, όπου προκύπτει ότι το διατιθέμενο ΜΟΣ περιορίζεται σημαντικά, και διαφέρουν στις περιπτώσεις ύπαρξης κοίλης καμπύλης στη μηκοτομή, όπου σύμφωνα με την τρισδιάστατη μέθοδο το διατιθέμενο ΜΟΣ περιορίζεται σημαντικά, ενώ σύμφωνα με τη δισδιάστατη μέθοδο όχι.
 - Στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, σύμφωνα με την τρισδιάστατη μέθοδο ανάλυσης της ορατότητας, το διατιθέμενο ΜΟΣ είναι ανεπαρκές, λόγω του πλευρικού στηθαίου ασφαλείας και των πρανών σε όρυγμα. Σύμφωνα με τη δισδιάστατη μέθοδο, το ΜΟΣ επαρκεί.
 - Στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής, σύμφωνα με την τρισδιάστατη μέθοδο ανάλυσης της ορατότητας, το διατιθέμενο ΜΟΣ είναι ανεπαρκές, λόγω των πρανών της οδού σε όρυγμα. Σύμφωνα με τη δισδιάστατη μέθοδο, το ΜΟΣ επαρκεί. Το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της

τρισδιάστατης μεθόδου προκύπτει πολύ μικρότερο σε σχέση με το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της δισδιάστατης μεθόδου.

- Στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη μηκοτομής, σύμφωνα με την τρισδιάστατη μέθοδο ανάλυσης της ορατότητας, το διατιθέμενο ΜΟΣ είναι ανεπαρκές, λόγω του πλευρικού στηθαίου ασφαλείας και των πρανών σε όρυγμα. Σύμφωνα με τη δισδιάστατη μέθοδο, το ΜΟΣ επαρκεί.
- Στην περιοχή επαλληλίας αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη μηκοτομής, το διατιθέμενο ΜΟΣ επαρκεί, σύμφωνα και με τις δύο μεθόδους. Το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της τρισδιάστατης μεθόδου προκύπτει πολύ μικρότερο σε σχέση με το διατιθέμενο ΜΟΣ που υπολογίζεται με χρήση της δισδιάστατης μεθόδου.

7.2 ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής, η προταθείσα μέθοδος αποτελεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την προσομοίωση ταυτόχρονα τόσο των στοιχείων της διατομής, όσο και της δυναμικής της κίνησης των οχημάτων κατά τη διάρκεια έκτακτων καταστάσεων πέδησης, όπου λαμβάνονται υπόψη τα στοιχεία της οδού και του περιβάλλοντός της που επηρεάζουν τα επίπεδα ορατότητας. Η προσέγγιση του προβλήματος της ορατότητας γίνεται στις τρεις διαστάσεις, υπό την έννοια ότι η οδός και το περιβάλλον της αντιμετωπίζονται ως ενιαίο σύνολο, και δεν εξετάζονται ξεχωριστά η οριζοντιογραφία και η μηκοτομή, όπως συμβαίνει κατά τη συνήθη πρακτική ανάλυσης της ορατότητας.

Όσον αφορά στη σύγκριση των δύο μεθόδων προσδιορισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ, δηλαδή της συμβατικής δισδιάστατης μεθόδου με εξέταση της μηκοτομής της χάραξης και της προτεινόμενης τρισδιάστατης αναλυτικής μεθόδου, τα αποτελέσματα που προέκυψαν επιβεβαιώνουν τα συμπεράσματα αντίστοιχων ερευνητικών εργασιών, ότι δηλαδή η δισδιάστατη μέθοδος δύναται να οδηγήσει σε εσφαλμένα αποτελέσματα σχετικά με το διατιθέμενο ΜΟΣ. Η μέθοδος αυτή δεν είναι απολύτως αξιόπιστη, δεδομένου ότι, αφενός, η οδός θεωρείται καθ' όλο το μήκος της ευθύγραμμη και, αφετέρου, για τον υπολογισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ θεωρείται μόνο ο άξονας της οδού και, ως εκ τούτου, δεν λαμβάνονται υπόψη τα χαρακτηριστικά της διατομής, τα οποία όμως επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τις συνθήκες ορατότητας.

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη δισδιάστατη μέθοδο ενδέχεται να υπολογιστεί μεγαλύτερη ανεπάρκεια ΜΟΣ και σε μεγαλύτερο τμήμα της οδού ή το αντίστροφο, σε σχέση με την τρισδιάστατη μέθοδο, η οποία θεωρείται ότι παράγει ορθότερα αποτελέσματα, καθώς λαμβάνεται υπόψη η τρισδιάστατη φύση της οδού. Τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων διαφοροποιούνται κυρίως σε θέσεις όπου υπάρχουν πλευρικά εμπόδια, δηλαδή στηθαία ασφαλείας και πρηνή. Σε θέσεις όπου το διατιθέμενο ΜΟΣ περιορίζεται λόγω της επιφάνειας της οδού, το διατιθέμενο ΜΟΣ λαμβάνει παρόμοιες τιμές και με τις δύο μεθόδους.

Όσον αφορά στην ασφάλεια της χάραξης ως προς το διατιθέμενο ΜΟΣ, εξάγεται το συμπέρασμα ότι ο σχεδιασμός με χρήση οριακών τιμών των παραμέτρων χάραξης που περιλαμβάνονται στις οδηγίες σχεδιασμού οδών, έχει ως συνέπεια την ύπαρξη ανεπαρκών μηκών ορατότητας. Καθοριστικοί παράγοντες περιορισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ είναι τα στηθαία ασφαλείας της οδού (κεντρικό και πλευρικά), καθώς και τα πρηνή σε περίπτωση που η οδός βρίσκεται σε όρυγμα.

Η ύπαρξη κεντρικού στηθαίου ασφαλείας ενδεχομένως να προκαλεί ανεπάρκεια ΜΟΣ σε αριστερόστροφες και κυρτές καμπύλες αυτοκινητόδρομων, λόγω της

μικρής εγκάρσιας απόστασης του οδηγού από το κεντρικό στηθαίο, σε συνδυασμό με τη μορφή της χάραξης, και είναι κρίσιμης σημασίας, καθώς στους αυτοκινητόδρομους, και ειδικά στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, αναπτύσσονται από τα οχήματα μεγάλες ταχύτητες, δηλαδή αυξάνεται η σοβαρότητα τυχόν ατυχημάτων. Επιπλέον, **η ανεπάρκεια ΜΟΣ σε αριστερόστροφες καμπύλες αυτοκινητόδρομων είναι δυνατόν να εμφανιστεί και σε περίπτωση σήραγγας**, όπου η πλευρική απόσταση του οδηγού από την εσωτερική της παρειά είναι περίπου ίδιου μεγέθους με την αντίστοιχη πλευρική απόσταση από το κεντρικό στηθαίο ασφαλείας. Βέβαια, εξαιρουμένων των περιοχών στα στόμια της σήραγγας, το οδόστρωμα θεωρείται στεγνό, άρα ο συντελεστής τριβής είναι αυξημένος και, κατά συνέπεια, υπάρχει μεγαλύτερο περιθώριο ασφαλείας.

Ακόμα, **ανεπάρκεια ΜΟΣ δύναται να προκληθεί λόγω των πλευρικών στηθαίων ασφαλείας και των πρανών της οδού σε όρυγμα**. Ανεπάρκεια ΜΟΣ λόγω πλευρικού στηθαίου και πρανών παρατηρείται σε περιπτώσεις οδών με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας και μία λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση. Είναι λογικό ότι το πρόβλημα γίνεται εντονότερο όσο μειώνεται η πλευρική απόσταση μεταξύ οδηγού και πλευρικού εμποδίου (στηθαίο ή πρανές), επομένως κρισιμότερες είναι οι περιπτώσεις οδών με μικρότερα πλάτη κυκλοφοριακού χώρου, και ακόμα περισσότερο οι περιπτώσεις δεξιόστροφων και κυρτών καμπυλών σε αυτές, όπου υπάρχει η μικρότερη εγκάρσια απόσταση μεταξύ οδηγού και πλευρικών εμποδίων.

Τέλος, σημειώνεται ότι **σημαντικό παράγοντα επιρροής στο διατιθέμενο ΜΟΣ αποτελεί και το πλάτος του μη σταθεροποιημένου ερείσματος σε όρυγμα**, όπου, γίνεται προφανές ότι το πρόβλημα εντείνεται σε περιπτώσεις ύπαρξης ερεισμάτων μικρού πλάτους (κυρίως σε υφιστάμενες οδούς), κατακόρυφων τοίχων σε περιοχές τεχνικών έργων κ.λπ..

Μέσω της προταθείσας τρισδιάστατης αναλυτικής μεθόδου μπορεί να πραγματοποιηθεί μια ορθή και ολοκληρωμένη προσέγγιση στο ζήτημα της ανάλυσης της ορατότητας για στάση σε μια οδό, ενώ η χρήση του λογισμικού οδοποιίας H12 καλύπτει όλα τα απαιτούμενα στάδια μελέτης ενός οδικού έργου. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της τρισδιάστατης μεθόδου είναι τα εξής:

- Δίνεται η δυνατότητα διερεύνησης της επιρροής διάφορων παραγόντων που συμμετέχουν στην ανάλυση της ορατότητας, όπως είναι η επιτάχυνση και επιβράδυνση του οχήματος, ο χρόνος αντίδρασης, τα ύψη οφθαλμού του οδηγού και εμποδίου και η γωνία όρασης του οδηγού. Επίσης, είναι δυνατή η εκτίμηση της επιρροής της ταχύτητας, μέσω του προσδιορισμού της από διαγράμματα ταχύτητας που καθορίζει ο μελετητής (σημειώνεται ότι στα παραδείγματα της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής η ταχύτητα θεωρήθηκε σταθερή).
- Η διαδικασία εισαγωγής των απαιτούμενων παραμέτρων και παραγωγής του τρισδιάστατου μοντέλου της οδού και του περιβάλλοντός της με χρήση της μεθόδου του τριγωνισμού είναι απλή, γρήγορη και αξιόπιστη. Επιπλέον, με

χρήση της μεθόδου του τριγωνισμού είναι δυνατή η ακριβής προσομοίωση και αναπαράσταση όλων των στοιχείων της οδού και του περιβάλλοντός της. Ακόμη και στην περίπτωση σήραγγας, **παρέχεται η δυνατότητα να δοθεί το τρισδιάστατο προσομοίωμα του εσωτερικού περιγράμματος της σήραγγας** και, κατά συνέπεια, να ελεγχθεί εάν η οπτική ακτίνα μεταξύ του οφθαλμού του οδηγού και του εμποδίου διακόπτεται από οποιοδήποτε τμήμα της εσωτερικής επιφάνειας της σήραγγας (πλευρική και άνω επιφάνεια) και, γενικότερα, τη νοητή επιφάνεια που περιβάλλει όλα τα στοιχεία εξοπλισμού της σήραγγας (φωτισμός, εξαεριστήρες, αναρτημένη σήμανση κ.λπ.).

- Επιπλέον, μέσω των οδογραμμών επιτυγχάνεται η **ακόμη πιο ρεαλιστική αναπαράσταση των στοιχείων και χαρακτηριστικών της οδού (π.χ. κεντρική νησίδα σε διαχωρισμένες οδούς)**. Επίσης, λαμβάνονται υπόψη οι διαμορφώσεις, μεταξύ οδού και πρανούς, με γεωμετρικά κριτήρια, ώστε να προσδιοριστεί με ακρίβεια η ορατότητα λόγω πλευρικών εμποδίων στα ερείσματα, στα κρασπεδόρειθρα κ.λπ..
- Για τον προσδιορισμό του απαιτούμενου ΜΟΣ, συνυπολογίζεται η επιρροή της συνδυασμένης καμπυλότητας και υπολογίζεται το ακριβές μήκος πέδησης, καθώς λαμβάνεται υπόψη αφενός η αλληλοδέσμευση του εγκάρσιου και του διαμήκους συντελεστή τριβής, και αφετέρου η μεταβλητή κατά μήκος κλίση σε περιοχές κυρτών και κοίλων καμπυλών μηκοτομής. Δηλαδή, **λαμβάνεται υπόψη η πραγματική απαίτηση σε τριβή και η πραγματική κατά μήκος κλίση της οδού**.
- Όσον αφορά στη διαδικασία προσδιορισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ, η **προτεινόμενη προσέγγιση μέσω αναλυτικών σχέσεων κρίνεται ως ευέλικτη και αποτελεσματική, δεδομένης και της ταχύτητας και των δυνατοτήτων των σύγχρονων ηλεκτρονικών υπολογιστών**.
- Στο παραγόμενο διάγραμμα διατιθέμενου ΜΟΣ **αποτυπώνονται τα πραγματικά μήκη ορατότητας, αφού λαμβάνεται υπόψη η τρισδιάστατη φύση της οδού, καθώς και τα χαρακτηριστικά αυτής και του περιβάλλοντός της**. Παράλληλα, δημιουργείται και το διάγραμμα διατιθέμενου ΜΟΣ με βάση τη μηκοτομή της χάραξης, για σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων ανάλυσης της ορατότητας. Επιπλέον, **υποδεικνύεται σε κάθε θέση της οδού το στοιχείο που προκαλεί περιορισμό ή ανεπάρκεια ορατότητας (π.χ. κεντρική νησίδα, πλευρικό στηθαίο, πρανές ορύγματος, κατάστρωμα της οδού κ.λπ.)**. Συνεπώς, **μπορούν άμεσα να πραγματοποιηθούν οι ανάλογες διορθωτικές παρεμβάσεις από μέρος του μελετητή**.
- Η επέκταση του διαγράμματος ορατότητας προσφέρει τη δυνατότητα εκτίμησης, σε κάθε θέση της οδού, του μήκους της έμπροσθεν του οδηγού που είναι ορατό σε αυτόν, καθώς και του ελλείμματος ορατότητας, αλλά και του αιτίου περιορισμού της, στις θέσεις όπου δεν επαρκεί το ΜΟΣ. Επίσης, είναι δυνατός ο εντοπισμός θέσεων κατά μήκος της οδού, όπου η έλλειψη επαρκούς ΜΟΣ, όπως προκύπτει από τους υπολογισμούς, δεν επηρεάζει στην πραγματικότητα την ασφαλή

λειτουργία της οδού. Επομένως, **επιτυγχάνεται η ολοκληρωμένη μελέτη και αξιολόγηση των συνθηκών ορατότητας κατά μήκος της υπό μελέτη οδού.**

- Με τη μελέτη των παραγόμενων προοπτικών εικόνων κατά μήκος της οδού, πραγματοποιείται ο έλεγχος της ποιότητας της χάραξης στον χώρο, μέσω της αναγνώρισης λαθών και προβλημάτων στο συνδυασμένο αποτέλεσμα οριζοντιογραφίας και μηκοτομής. Επιπλέον, **χάρη στην εισαγωγή στις εικόνες του προπορευόμενου οχήματος, η θέση του οποίου που αντιπροσωπεύει τη θέση του εμποδίου κατά τον υπολογισμό του απαιτούμενου ΜΟΣ, ο έλεγχος επάρκειας ΜΟΣ μπορεί να γίνει άμεσα, χωρίς τη χρήση των διαγραμμάτων ορατότητας.**

Στα πλεονεκτήματα του λογισμικού οδοποιίας H12 περιλαμβάνονται η **γρήγορη και εύκολη διερεύνηση εναλλακτικών λύσεων**, λόγω της δυνατότητας καθορισμού και αλλαγής των διαμορφώσεων τμηματικά κατά μήκος της οδού, με κριτήριο τα διαστήματα χιλιομετρικών θέσεων, καθώς και τη διαφορά υψών των ορυγμάτων και επιχωμάτων.

Η μέθοδος έχει εφαρμογή σε κάθε οδικό έργο και σε οδούς όλων των κατηγοριών, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο κατά την υλοποίηση νέων οδών και τεχνικών έργων, όσο και σε υφιστάμενους οδικούς άξονες. Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος εφαρμόζεται σε νέους αυτοκινητόδρομους και βασικούς άξονες, σε έργα ανακατασκευής και βελτίωσης υφιστάμενων οδών, σε ισόπεδους και ανισόπεδους κόμβους κ.λπ..

Τέλος, σημειώνεται ότι **η ακρίβεια της μεθόδου είναι κυμαινόμενη και επιλέγεται από τον μελετητή**, και εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σημείων κατά μήκος της οδού, όπου θα γίνει ο έλεγχος (βήμα υπολογισμών). Η επιλογή της ακρίβειας είναι ανάλογη με τη σημασία και το στάδιο μελέτης της υπό εξέταση οδού.

7.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η παρούσα μέθοδος δύναται να εφαρμοστεί **σε οποιαδήποτε οδικό περιβάλλον ζητείται η αξιολόγηση της επάρκειας του διατιθέμενου ΜΟΣ**.

Αν και η παρούσα ανάλυση αφορά συνθήκες οδήγησης σε υγρό οδόστρωμα, η δυνατότητα **αξιολόγησης των συνθηκών ΜΟΣ σε στεγνό οδόστρωμα** είναι απλή διαδικασία καθώς εξαρτάται μόνο από την εισαγωγή του κατάλληλου συντελεστή τριβής. Επιπλέον, το μοντέλο της παρούσας εργασίας δύναται να εμπλουτιστεί και με άλλες παραμέτρους προκειμένου να διερευνηθεί η επιρροή τους στο ΜΟΣ, όπως για παράδειγμα οι καιρικές συνθήκες και οι συνθήκες φυσικού φωτισμού (π.χ. ανατολή και δύση του ηλίου).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα είχε η επέκταση του μοντέλου σε **συνθήκες νυκτερινής οδήγησης**, όπου προφανώς θα προκύψουν πιο κρίσιμα συμπεράσματα, καθώς η ορατότητα της οδού τη νύχτα, δεδομένης της έλλειψης φυσικού φωτισμού, διαφέρει σημαντικά.

Ακόμη, προτείνεται η ανάπτυξη αντίστοιχης μεθόδου εστιασμένης στο **μήκος ορατότητας για προσπέραση**. Η ανάγκη διερεύνησης της διαδικασίας προσπέρασης και ανάλυσης του αντίστοιχου μήκους ορατότητας είναι επιτακτική σε οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, οι οποίες, πέραν του ότι αποτελούν και την πλειοψηφία των υφιστάμενων οδών, χαρακτηρίζονται από μεγάλη επικινδυνότητα, δεδομένου ότι δεν διαχωρίζονται οι κατευθύνσεις κυκλοφορίας.

Επιπλέον, θα μπορούσε να διερευνηθεί, με ποσοτικό τρόπο, η **συσχέτιση των επιπέδων ορατότητας με τα οδικά ατυχήματα, και, ενδεχομένως, να καθοριστούν κατά περίπτωση μέγιστα επιτρεπόμενα διατιθέμενα μήκη ορατότητας**. Η πρόταση αυτή για τη διερεύνηση και καθιέρωση μέγιστων επιτρεπόμενων μηκών ορατότητας βασίζεται στην παρατήρηση ότι, σε περιπτώσεις ύπαρξης αρκετά μεγάλου διατιθέμενου ΜΟΣ (π.χ. σε ευθυγραμμία με σταθερή κατά μήκος κλίση ή σε κοίλωμα), οι οδηγοί αναπτύσσουν μεγάλες ταχύτητες, συχνά μεγαλύτερες και από το επιτρεπόμενο όριο. Συνεπώς, η καθιέρωση μέγιστων επιτρεπόμενων μηκών ορατότητας μπορεί να συμβάλει στην ασφάλεια της κυκλοφορίας.

Τέλος, ο **εμπλουτισμός του μοντέλου διερεύνησης ορατότητας με στοιχεία από την οδηγική συμπεριφορά** του οδηγού, όπως για παράδειγμα μετρήσεις ως προς το πραγματικό εύρος του οπτικού του πεδίου, θα προσέδιδε πολύτιμα συμπεράσματα αναφορικά με την ασφάλεια των στοιχείων του παρόδιου περιβάλλοντος.

Βιβλιογραφία – Αναφορές

Altamira, A.L., J.E. Marcet, A.B. Graffigna, & A.M. Gomez (2010). *“Assessing available sight distance: an indirect tool to evaluate geometric design consistency”*. Proceedings of the 4th International Symposium on Highway Geometric Design, Transportation Research Board (TRB), Valencia.

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2011). *“A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, Fifth Edition”*. AASHTO, Washington, D.C..

Arndt, O., R. Cox, S. Lennie, & M. Whitehead (2010). *“Provision of Sight Distance around Concrete Barriers and Structures on Freeways and Interchanges”*. Proceedings of the 4th International Symposium on Highway Geometric Design, Transportation Research Board (TRB), Valencia.

Austroroads (2009). *“Guide to Road Design, Part 3: Geometric Design”*. Austroroads Incorporated, Sydney.

Bidulka, S., T. Sayed & Y. Hassan (2002). *“Influence of Vertical Alignment on Horizontal Curve Perception”*. Transportation Research Record 1796, Paper No. 02-2166, pp. 12-23, Transportation Research Board (TRB), Washington, D.C..

Cheng, J., H. Yuan, G. Shi, & X. Huang. (2011). *“Revision of Calculation of Stopping Sight Distance”*. Baltic Journal of Road and Bridge Engineering 6 (2), pp. 96, “Technika” – Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius.

Delaunay, B. (1934). *“Sur la sphère vide, Izvestia Akademii Nauk SSSR”*. Otdelenie Matematicheskikh i Estestvennykh Nauk, 7:793–800, Moscow.

Di Vito, M., & G. Cantisani (2010). *“D.I.T.S.: A Software for Sight Distance Verification and Optical Defectiveness Recognition”*. Proceedings of the 4th International Symposium on Highway Geometric Design, Transportation Research Board (TRB), Valencia, Spain.

Easa, S.M. (1991a). *“Sight distance model for unsymmetrical crest curves”*. Transportation Research Record 1303, pp. 39-50, Transportation Research Board (TRB), Washington, D.C..

Easa, S.M. (1991b). *“Sight distance model for unsymmetrical sag curves”*. Transportation Research Record 1303, pp. 51-62, Transportation Research Board (TRB), Washington, D.C..

Easa, S.M. (1993). *“Lateral clearance needs on compound horizontal curves”*. Journal of Transportation Engineering 119 (1), pp. 111–123, American Society of Civil Engineers (ASCE), Reston, Virginia.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (1995). *“Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Linienführung (RAS-L)”*. FGSV, Köln.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2008a). *“Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA-R1)”*. FGSV, Köln.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2008b). *“Hinweise zur Visualisierung von Entwürfen für außerörtliche Straßen (H ViSt)”*. FGSV, Köln.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2012). *“Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL-R1)”*. FGSV, Köln.

Hassan, Y., S.M. Easa & A.O. Abd El Halim (1995). *“Sight Distance on Horizontal Alignments with Continuous Lateral Obstructions”*. Transportation Research Record 1500, pp. 31–42, Transportation Research Board (TRB), Washington, D.C.

Hassan, Y., S.M. Easa & A.O. Abd El Halim (1996). *“Analytical model for sight distance analysis on three-dimensional highway alignments”*. Transportation Research Record 1523, pp. 1-10, Transportation Research Board (TRB), Washington, D.C..

Hassan, Y., S.M. Easa & A.O. Abd El Halim (1997a). *“Design Considerations for Combined Highway alignments”*. Journal of Transportation Engineering, Vol. 123, No.1, pp 60-68, American Society of Civil Engineers (ASCE), Reston, Virginia.

Hassan, Y., S.M. Easa & A.O. Abd El Halim (1997b). *“Modeling Headlight Sight Distance on Three-Dimensional Highway Alignments”*. Transportation Research Record 1579, pp. 79-88, Transportation Research Board (TRB), Washington, D.C..

Ismail, K. & T. Sayed (2007). *“New algorithm for calculating 3-D available sight distance”*. Journal of Transportation Engineering, Vol. 133, No.10, pp. 572-581, American Society of Civil Engineers (ASCE), Reston, Virginia.

Jha, M., G.A. Kumar Karri & W. Kuhn (2011). *“A New 3-Dimensional Highway Design Methodology for Sight Distance Measurement”*. The 90th Annual Meeting of the Transportation Research Board (TRB), Washington, D.C..

Kanellaidis, G. (1996). *“Human Factors in Highway Geometric Design”*. Journal of Transportation Engineering, Vol. 122, No.1, pp. 59-66, American Society of Civil Engineers (ASCE), Reston, Virginia.

Kanellaidis, G. & S. Vardaki (2011). *“Highway Geometric Design from the Perspective of Recent Safety Developments”*. Journal of Transportation Engineering, Vol. 137, No.12, pp. 841-844, American Society of Civil Engineers (ASCE), Reston, Virginia.

Kim, D., & D.J. Lovell (2010). *“A Procedure for 3-D Sight Distance Evaluation Using Thin Plate Splines”*. Proceedings of the 4th International Symposium on Highway Geometric Design, Transportation Research Board (TRB), Valencia.

Krempel, G. (1965). *“Experimenteller Beitrag zu Untersuchungen an Kraftfahrzeugreifen”*. Dissertation, TU Karlsruhe, Karlsruhe.

Lovell, D.J. (1999). *“Automated Calculation of Sight Distance from Horizontal Geometry”*. Journal of Transportation Engineering 125 (4), pp. 297-304, American Society of Civil Engineers (ASCE), Reston, Virginia.

Lovell, D.J., J.C. Jong, & P.C. Chang (2001). *“Improvements to Sight Distance Algorithm”*. Journal of Transportation Engineering 127 (4), pp. 283-288, American Society of Civil Engineers (ASCE), Reston, Virginia.

Mauga, T., M. Ghanma & K. Ahmed (2013). *“Roadside Clearance Limit on Horizontal Curves on Transition Arcs – Sites with Circular Arcs Shorter than Sight Distance”*. Proceedings of the 92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board (TRB), Washington, D.C..

Mavromatis, S., S. Palaskas & B. Psarianos (2012). *“Continuous Three-Dimensional Stopping Sight Distance Control on Crest Vertical Curves”*. Advances in Transportation Studies (ATS), Special Issue XXVIII, pp.17-30, Aracne editrice, Ariccia, Rome.

Mavromatis, S., N. Stamatiadis, B. Psarianos, & G. Yannis (2015). *“Controlling Crest Vertical Curvature Rates Based on Variable Grade Stopping Sight Distance Calculation”*. Paper presented at the 93rd Annual Meeting of the Transportation Research Board (TRB), Washington, D.C..

Mertzanis, F., A. Boutsakis, I. Kaparakis, S. Mavromatis & B. Psarianos (2013). *“Analytical Method for Three-Dimensional Stopping Sight Distance”*. The 4th International Conference on Road Safety and Simulation (RSS2013), Rome.

Mertzanis, F. & V. Hatzi (2011). *“Model for Sight Distance Calculation and Three-Dimensional Alignment Evaluation in Divided and Undivided Highways”*. The 3rd International Conference on Road Safety and Simulation (RSS2011), Indianapolis.

Metropolis, N. & U. Stanislaw (1949). *“The Monte Carlo method”*. Journal of the American Statistical Association, 44 (247), 335-341, American Statistical Association (ASA), Alexandria, Virginia.

Ministerio de Fomento (2000). *“Trazado – Instrucción de Carreteras, Norma 3.1 – IC”*. Ministerio de Fomento, Madrid.

Moreno, A.T., V.M. Ferrer, A. Garcia, & M.A. Romero (2010). *“Optimal 3-D Coordination to Maximize the Available Stopping Sight Distance in Two-Lane*

Roads". Proceedings of the 4th International Symposium on Highway Geometric Design, Transportation Research Board (TRB), Valencia.

Nehate, G. & M. Rys (2006). *"3D Calculation of Stopping-Sight Distance from GPS Data"*. Journal of Transportation Engineering 132 (6), pp. 691-698, American Society of Civil Engineers (ASCE), Reston, Virginia.

Petrie, G. & T.J.M. Kennie (1990). *"Terrain Modelling in Surveying and Civil Engineering"*. Whittles Publishing Services, Caithness, Scotland.

Sanchez, E. (1994). *"Three-Dimensional Analysis of Sight Distance on Interchange Connectors"*. Transportation Research Record 1445, pp. 101–108, Transportation Research Board (TRB), Washington, D.C..

Sarhan, M. & Y. Hassan (2008). *"Three-Dimensional, Probabilistic Highway Design: Sight Distance Application"*. Proceedings of the 87th Annual Meeting of the Transportation Research Board (TRB), Washington, D.C..

Sarhan, M., & Y. Hassan (2012). *"Consideration of Sight Distance in Placement of Road Concrete Barriers on Horizontal Curves"*. Proceedings of the 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board (TRB), Washington, D.C..

Smith, B. & H.R. Lamn (1993). *"Coordination of Horizontal and Vertical Alignment with Regard to Highway Esthetics"*. Transportation Research Record 1445, pp. 73-85, Transportation Research Board (TRB), Washington, D.C..

Taiganidis, I. & G. Kanellaidis (1999). *"Approximate Perspective Design of Roads"*. Journal of Transportation Engineering 125 (4), pp. 314-323, American Society of Civil Engineers (ASCE), Reston, Virginia.

Transportation Association of Canada – Association des Transports du Canada (TAC-ATC) (1999). *"Geometric Design Guide for Canadian Roads"*. TAC-ATC, Ottawa.

European Committee of Standardization – Working Group 1 – Technical Committee 226 (1998). *"EN 1317-2: Performance Classes, Impact Test Acceptance Criteria and Test Methods for Safety Barriers and Vehicle Parapets"*. European Committee of Standardization (CEN), Brussels.

World Road Association (WRA) – PIARC (2003). *"Road Safety Manual: Recommendations from the World Road Association (PIARC)"*. WRA – PIARC, La Défense cedex, Paris.

Zimmermann, M. & R. Roos (2005). *"Increased Safety Resulting from Quantitative Evaluation of Sight Distances and Visibility Conditions of Two-Lane Rural Roads"*. Proceedings of the 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, Transportation Research Board (TRB), Chicago.

Δραγομάνοβιτς, Α. & Γ. Κανελλαΐδης (2005). «Χάραξη της οδού στον χώρο – Κατάσταση της έρευνας διεθνώς». 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Βόλος.

Κανελλαΐδης, Γ. & Α. Δραγομάνοβιτς (2011). «Σημειώσεις Οδοποιίας II – Χάραξη της Οδού στον Χώρο». Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Κανελλαΐδης, Γ., Γ. Μαλέρδος, Α. Καλτσούνης & Γ. Γλαρός (2010). «Σημειώσεις για τον Γεωμετρικό Σχεδιασμό των Οδών». Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Κανελλαΐδης, Γ., Φ. Μερτζάνης & Ι. Παγώνη (2010). «Σχεδιασμός Οδών με τη χρήση Ηλεκτρονικού Υπολογιστή». Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Μαυρομάτης, Σ. (2002). «Διερεύνηση Ασφάλειας και Λειτουργικότητας Οδού Δύο Λωρίδων Κυκλοφορίας ως προς την Κίνηση Διαξονικών Οχημάτων σε Αυξημένες Κατά Μήκος Κλίσεις». Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Τοπογράφων Μηχανικών, Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής, Αθήνα.

Μαυρομάτης, Σ., Β. Παγούνης, Σ. Παλάσκας & Δ. Μαρούδας (2009). «Έλεγχος ορατότητας με εφαρμογή τρισδιάστατης αποτύπωσης του οδικού περιβάλλοντος». Πρακτικά 4^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Οδικής Ασφάλειας, Αθήνα.

Μαυρομάτης, Σ., Σ. Παλάσκας, Φ. Μερτζάνης, Γ. Κλειούτης & Β. Ψαριανός (2012). «Τρισδιάστατη ανάλυση ορατότητας αριστερόστροφων καμπυλών στο πλαίσιο επικαιροποίησης των ΟΜΟΕ – Χαράξεις 2001». 5^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Βόλος.

Μαυρομάτης, Σ., Β. Ψαριανός, Φ. Μερτζάνης, Γ. Τσιούγκος & Γ. Σουπιωνάς (2012). «Αξιολόγηση Επάρκειας Ορατότητας για Στάση σε Τρισδιάστατο Οδικό Περιβάλλον». Πρακτικά του 3^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Οδοποιίας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ), Αθήνα.

Ταϊγανίδης, Ι. (1998). «Συμβολή στη Διερεύνηση της Απόστασης Ορατότητας για Στάση σε Κυρτές Καμπύλες Μηκοτομής Οδών». Διατριβή για τον επιστημονικό τίτλο του διδάκτορος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) (2001). «Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων – Τεύχος 2: Διατομές (ΟΜΟΕ-Δ)». ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα.

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) (2001). «Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων – Τεύχος 3: Χαράξεις (ΟΜΟΕ-Χ)». ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα.

Βιογραφικό σημείωμα του υποψηφίου

Όνοματεπώνυμο: Φώτιος Μερτζάνης

Ημερομηνία και τόπος γέννησης: 1 Ιανουαρίου 1951, Αθήνα

Υπηκοότητα: Ελληνική

Οικογενειακή κατάσταση: Έγγαμος, δύο παιδιά

Σπουδές:

- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Δίπλωμα Τοπογράφου Μηχανικού (1972)
- City University London, MSc in Civil Engineering (Highways and Transport) (1977)

Παρούσα θέση:

- Επιστημονικός Συνεργάτης στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Ε.Μ.Π.
- Επιμελητής στην Έδρα Οδοποιίας στη Σχολή Τεχνικής Εκπαίδευσης Αξιοματικών Μηχανικού (ΣΤΕΑΜΧ)
- Εταίρος της εταιρείας ΠΛΑΝΗΤΙΚΗ Α.Ε.

Έτη επαγγελματικής εμπειρίας: σαράντα ένα (41)

Κύρια προσόντα:

- Ειδικός σχεδιασμού με χρήση Η/Υ
- Σχεδιασμός οδών, σιδηρόδρομων και αεροδρομίων

Διδακτική εμπειρία:

- 1977 έως σήμερα: Επιστημονικός Συνεργάτης στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Ε.Μ.Π., με διδασκαλία των μαθημάτων: Σχεδιασμός Μεταφορικών Συστημάτων, Σχεδιασμός Αεροδρομίων & Ειδικά Θέματα Σχεδιασμού Οδών – Οδοποιία με Η/Υ (1990 έως σήμερα)
- 1987 έως σήμερα: Επιμελητής στην Έδρα Οδοποιίας στη Σχολή Τεχνικής Εκπαίδευσης Αξιοματικών Μηχανικού (ΣΤΕΑΜΧ)

Ακαδημαϊκή δραστηριότητα:

- 1987: Διάλεξη με θέμα «*Η/Υ για Μηχανικούς και Αρχιτέκτονες*». Πρώτο Συνέδριο των Ελληνικών Γραφείων Συμβούλων.
- 1986: Σεμινάρια στην ετήσια έκθεση Η/Υ με θέμα «*Interactive Graphic Techniques*».
- 1985: Σεμινάρια στον Σύλλογο Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων με θέμα «*Μέθοδοι Η/Υ σε συγκοινωνιακές μελέτες*».
- 1981: Διδασκαλία σε 5 σεμινάρια της γλώσσας BASIC σε Πολιτικούς Μηχανικούς στην εταιρεία UNIVAC.

- 1981-1982: Κύκλος Μεταπτυχιακών Σπουδών Ε.Μ.Π. «*Η Ηλεκτρονική Μέθοδος στη συμμετοχή του κοινού για τη σχεδίαση των Συγκοινωνιακών Έργων*».
- 1980-1981: Κύκλος Μεταπτυχιακών Σπουδών Ε.Μ.Π. «*Νεότερες Τεχνολογικές Εξελίξεις στον σχεδιασμό των Συγκοινωνιακών Έργων*».
- 1980: Τ.Ε.Ε. – Λάρισα. «*Βιομηχανία και Μεταφορές*». Προσυνέδριο για τη Βιομηχανία στη Θεσσαλία.
- 1979-1980: Κύκλος Μεταπτυχιακών Σπουδών Ε.Μ.Π. «*DATA BASE MANAGEMENT SYSTEMS στις Μεταφορές*».
- 1979: Τ.Ε.Ε. – Βόλος. Ημερίδα Μεταφορών «*Οικονομική Αξιολόγηση Σιδηροδρομικών Έργων*».
- 1978-1979: Διδασκαλία του μαθήματος των Μεταπτυχιακών Σπουδών του Ε.Μ.Π. «*Οι Μαθηματικές Θεωρίες στα Προγράμματα Οδοποιίας H/Y*».

Δημοσιεύσεις:

- “*Three-Dimensional Stopping Sight Distance Control on Left-Turn Curves of Freeways Overlapped with Crest Vertical Curves*”. S. Mavromatis, B. Psarianos, F. Mertzanis, S. Vardaki. 5th International Symposium on Highway Geometric Design, Vancouver 2015.
- «*Εντοπισμός δυνητικών θέσεων τροχαίων ατυχημάτων σε υφιστάμενο οδικό δίκτυο αναφορικά με τη γεωμετρία της οδού – Εφαρμογή στην Ελλάδα*». Κ. Αποστολέρης & Φ. Μερτζάνης. 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Αθήνα 2015.
- «*Διερεύνηση Επιρροής της Κατά Μήκος Κλίσης στον Προσδιορισμό Μήκους Ορατότητας για Στάση*». Μ. Χαμηλοθώρη, Σ. Μαυρομάτης, Φ. Μερτζάνης. 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Αθήνα 2015.
- “*Analytical Method for 3-D Stopping Sight Distance Adequacy Investigation*”. F. Mertzanis, A. Boutsakis, I. Kaparakis, S. Mavromatis, B. Psarianos. Journal of Civil Engineering and Architecture, Volume 9, Number 2, p.p. 232-243, David Publishing Company, New York 2015.
- “*Analytical Method For Three-Dimensional Stopping Sight Distance Adequacy Investigation*”. F. Mertzanis, A. Boutsakis, I. Kaparakis, S. Mavromatis, B. Psarianos. 4th International Conference on Road Safety and Simulation (RSS2013), Rome 2013.
- “*Identification of Safety Hazards on Existing Road Network Regarding Road Geometric Design: Implementation in Greece*”. K. Apostoleris, S. Vardaki, F. Mertzanis. 4th International Conference on Road Safety and Simulation (RSS2013), Rome 2013.
- «*Τρισδιάστατη Ανάλυση Ορατότητας Αριστερόστροφων Καμπυλών Αυτοκινητόδρομων στο Πλαίσιο Επικαιροποίησης των ΟΜΟΕ-Χαράξεις 2001*». Σ. Μαυρομάτης, Σ. Παλάσκας, Φ. Μερτζάνης, Γ. Κλειούτης, Β. Ψαριανός. 5^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Βόλος 2012.
- «*Ψηφιακή Επεξεργασία Τοπογραφικού Αρχείου ως Υπόβαθρο για τον Έλεγχο Οδικής Ασφάλειας*». Α. Βασιλάς, Κ. Αποστολέρης, Σ. Βαρδάκη, Φ. Μερτζάνης. 5^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Βόλος 2012.

- *“Model for Sight Distance Calculation and Three-Dimensional Alignment Evaluation in Divided and Undivided Highways”*. F. Mertzanis & V. Hatzis. 3rd International Conference on Road Safety and Simulation (RSS2011), Indianapolis 2011.
- «Αξιολόγηση Επάρκειας Ορατότητας για Στάση σε Τρισδιάστατο Οδικό Περιβάλλον». Σ. Μαυρομάτης, Β. Ψαριανός, Φ. Μερτζάνης, Γ. Τσιούγκος, Γ. Σουπιωνάς. Πρακτικά του 3^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Οδοποιίας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ), Αθήνα 2011.
- «Έλεγχος Οδικής Ασφάλειας: Αρχές και εφαρμογή στην Ελλάδα. Η περίπτωση της Αττικής Οδού». Σ. Βαρδάκη, Φ. Παπαδημητρίου, Π. Κοπελιάς, Α. Παναγάκης, Α. Δραγομάνοβιτς, Α. Λαΐου, Φ. Μερτζάνης, Β. Χαλκιάς, Γ. Κανελλαΐδης. Πρακτικά του 3^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Οδοποιίας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ), Αθήνα 2011.

Διδακτικά βοηθήματα:

- «Σχεδιασμός Οδών με τη χρήση Ηλεκτρονικού Υπολογιστή», Κανελλαΐδης Γ., Μερτζάνης Φ., Παγώνη Ι., Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2010.

Επαγγελματική δραστηριότητα:

- **Μέλος επαγγελματικών οργανισμών:**
 1. Μέλος Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΕΕ)
 2. Μέλος Συλλόγου Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων (ΣΕΣ)
 3. Μέλος Πανελληνίου Συλλόγου Διπλωματούχων Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών (ΠΣΔΑΤΜ)
- **Επαγγελματική απασχόληση (χρονική διάρκεια / χώρα / ονομασία επιχείρησης – υπηρεσίας / θέση στην επιχείρηση – υπηρεσία / αρμοδιότητες – ευθύνες):**
 1. 2007 έως σήμερα / Ελλάδα / ΠΛΑΝΗΤΙΚΗ Α.Ε. / Εταίρος / Μελέτες Συγκοινωνιακών Έργων και Μελέτες Τοπογραφίας
 2. 2006 / Ελλάδα / ΑΔΚ / Συνεργάτης / α. Οριστική μελέτη σιδηροδρομικής γραμμής Ηγουμενίτσα – Ιωάννινα, β. Οριστική κυκλοφοριακή μελέτη Εμπορευματικού Κέντρου Θριασίου Πεδίου – ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. (ΑΔ426), γ. Οριστική κυκλοφοριακή μελέτη περιοχής ΟΣΕ Θριασίου Πεδίου (ΑΔ1118)
 3. 2003 – 2006 / Ελλάδα / PTS / Συνεργάτης / Υποβοήθηση της ΕΡΓΑ ΟΣΕ στην ολοκλήρωση της σιδηροδρομικής γραμμής Αθηνών – Πατρών
 4. 1997 – 2003 / Ελλάδα / TRADEMCO-SGI / Συνεργάτης / Διασφάλιση ποιότητας της ΑΤΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ
 5. 1990 – 1997 / Ελλάδα / Σύμβουλος στις ελληνικές εταιρείες ΕΥΠΑΛΙΝΟΣ Τ.Α.Ε. – ΑΞΩΝ ΜΕΛΕΤΑΙ και ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΩΝ – ΠΛΑΝΗΤΙΚΗ Α.Ε. – ΑΛΑΒΑΝΟΣ – ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ – ΟΔΟΜΗΧΑΝΙΚΗ – Α.Δ.Κ. – MOTT-BERGER
 6. 1981 – 1990 / Ελλάδα / Γραφείο ΔΟΞΙΑΔΗ / Συνεργάτης / Σύμβουλοι σε Οικιστική και Ανάπτυξη – Διευθυντής συστήματος CAD του γραφείου και αντιπρόεδρος του γραφείου στη διετία 1988 – 1989

7. 1980 – 1981 / Ελλάδα / Υπουργείο Δημοσίων Έργων / Συνεργάτης / Μέλος της ομάδας μελέτης προέλευσης – προορισμού για το μητρώο οδών σε συνεργασία με την LBI (Louis Berger Int.)
8. 1977 – 1979 / Ελλάδα / ΕΥΠΑΛΙΝΟΣ Α.Ε. / Συνεργάτης / Μηχανικός μελετών οδοποιίας
- **Συμμετοχή στην εκπόνηση μελετών (χώρα / χρονική διάρκεια / όνομα και συνοπτική περιγραφή της μελέτης ή υπηρεσίας & θέση και περιγραφή καθηκόντων):**
 1. Ελλάδα / 2007 έως σήμερα / Οριστική μελέτη και μελέτη εφαρμογής για τον αυτοκινητόδρομο Ιόνια Οδός (τμήμα από Α.Κ. Αντιρρίου μέχρι παράκαμψη Αγρινίου)
 2. Ελλάδα / 2006 – 2009 / Σύμβαση καθηκόντων Τεχνικού Συμβούλου για την υποβολή της ΕΥΔΕ/ΟΑΠ στον σχεδιασμό των Οδικών Έργων Αττικής
 3. Ελλάδα / 2004 – 2006 / Σύνταξη μελέτης οδοποιίας στον οδικό άξονα Κεντρικής Ελλάδας, στο πλαίσιο της δημοπράτησης του άξονα αυτού με το σύστημα παραχώρησης. Προωθημένη αναγνωριστική μελέτη οδοποιίας.
 4. Ελλάδα / 2000 – 2003 / Μελέτη σκοπιμότητας οδικού άξονα Ν. Ευβοίας – Αναγνωριστική μελέτη οδοποιίας
 5. Ελλάδα / 2001 / Μελέτη χαράξεως Δυτικού Άξονα (αναγνωριστική μελέτη) – Τμήμα Γαστούνη-Άκτιο
 6. Ελλάδα / 1999 – 2000 / Μελέτη χαράξεως ανισόπεδου κόμβου Χρυσουπόλεως – Ομάδα μελέτης
 7. Ελλάδα / 1999 – 2000 / Μελέτη χαράξεως οδού περιοχής Γλαύκου (Μεταφορά υπάρχουσας προμελέτης σε νέο τοπογραφικό) (Οριστική μελέτη) – Ομάδα μελέτης
 8. Ελλάδα / 1999 – 2003 / Μελέτη χαράξεως Εγνατίας Οδού (Τμήμα 14.1.1.) (Οριστική μελέτη) – Ομάδα μελέτης
 9. Ελλάδα / 1990 / Οδοποιία στο Μέτσοβο μήκους 15km, μεταξύ σηράγγων
 10. Ελλάδα / 1991 – 1998 / Παράκαμψη Πάτρας
 11. Ελλάδα / 1993 – 1994 / Εκλογή θέσης αεροδρομίου Λέρου
 12. Τανζανία / 1992 – 1993 / Αυτοκινητόδρομος μήκους 40km
 13. Ελλάδα / 1993 / Σύνδεση Περάματος-Σαλαμίνας
 14. Ελλάδα / 1993 / Σήραγγες και κόμβοι στον Υμηττό μήκους 20km
 15. Ελλάδα / 1993 – 1995 / Οριστική μελέτη Εγνατίας Κοζάνη-Γρεβενά
 16. Ελλάδα / 1998 – 2000 / Μελέτη υποδομής νέας διπλής σιδηροδρομικής γραμμής Κορίνθου-Πατρών
 17. Ελλάδα / 1998 / Οριστική μελέτη «Μελέτη χάραξης διπλής σιδηροδρομικής γραμμής για τη σύνδεση του νέου εμπορικού σταθμού Θεσσαλονίκης με το λιμάνι (6^{ος} προβλήτας)»
 18. Ελλάδα / 1999 / Οριστική μελέτη «Μελέτη υποδομής διπλής σιδηροδρομικής γραμμής Άγιος Στέφανος-Οινόη»

19. Ελλάδα / 1999 / Συμμετοχή στην οριστική μελέτη «Μελέτη υποδομής διπλής σιδηροδρομικής γραμμής υψηλών ταχυτήτων μεταξύ Σ.Σ. Λειανοκλαδίου και Σ.Σ. Δομοκού»
20. Ελλάδα / 1999 – 2000 / Νέος τροχόδρομος αεροδρομίου Θεσσαλονίκης – Οριστική μελέτη
21. Ελλάδα / 1999 – 2002 / Μελέτη «Βελτίωση Εθνικής Οδού Αθηνών – Θεσσαλονίκης τμήμα Αγ. Κωνσταντίνος – Καμένα Βούρλα»
22. Ελλάδα / 1997 – 2000 / Μελέτη «Αποκατάσταση οδικού δικτύου στη σιδηροδρομική γραμμή του ΟΣΕ Παλαιοφάρσαλου – Καλαμπάκας»
23. Ελλάδα / 1992 – 1995 / Αυτοκινητόδρομος Κορίνθου-Κόμβου Τρίπολης μήκους 60km
24. Ελλάδα / 1990 – 1993 / Επέκταση Αεροδρομίου Καστοριάς από 1.800 σε 2.600m
25. Ελλάδα / 1990 – 1996 / Αυτοκινητόδρομος Αθηνών-Κορίνθου μήκους 40km
26. Ελλάδα / 1991 – 1992 / PARCMAN: Σύστημα πληροφόρησης ύπαρξης θέσεων στάθμευσης
27. Ελλάδα-Πορτογαλία / Εφαρμογή του προγράμματος στην Αθήνα και στη Λισαβόνα
28. Ελλάδα-Αλβανία / 1991 – 1993 / Επιλογή σιδηροδρομικής γραμμής για τη σύνδεση Ελλάδας και Αλβανίας
29. Ελλάδα / 1991 – 1993 / Αναγνωριστική μελέτη για τρεις σιδηροδρομικές γραμμές στην Ηγουμενίτσα (βορειοδυτικό μέρος της Ελλάδας) μήκους 1.000km
30. Νιγηρία / 1981 – 1983 / Μελέτη δρόμου στην Azara (Υπεύθυνος μελέτης)
31. Νιγηρία / 1981 – 1985 / Μελέτη δρόμου στην Etiti (Υπεύθυνος μελέτης)
32. Λιβύη / 1982 – 1986 / Αστική οδοποιία στην πόλη Sebha
33. Ιράκ / 1982 – 1985 / Αστική οδοποιία 9 πόλεων (Υπεύθυνος μελέτης)
34. Λιβύη / 1983 – 1985 / Αστική οδοποιία 7 χωριών (Υπεύθυνος μελέτης)
35. Σαουδική Αραβία / 1983 – 1985 / Παράκαμψη της πόλης Yanbu (Υπεύθυνος μελέτης)

Παρακολουθήσεις σεμιναρίων:

- Αεροδρόμιο Φρανκφούρτης – Σχεδιασμός Αεροδρομίων (1979)
- Προχωρημένη Ανάλυση Συστημάτων (1981)
- Interactive Graphics in Engineering (Βερολίνο) (1984)
- Interactive Graphics in Engineering (Βερολίνο) (1985)
- Σεμινάρια Intergraph (1981 – 1984)

Ξένες γλώσσες: Αγγλικά, Γαλλικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Αναλυτική Περιγραφή Λογισμικού Οδοποιίας «Η12»

Π.1	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	251
Π.2	ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	258
Π.3	ΑΡΧΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	278
Π.4	ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΤΑ ΟΜΟΕ	310

Π.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

Τα προγράμματα αποτελούν το σύνολο των λειτουργιών, με τη βοήθεια των οποίων σχεδιάζεται η υπό μελέτη οδός, αφού έχουν εισαχθεί από τον χρήστη τα χαρακτηριστικά της, στα αντίστοιχα αρχεία δεδομένων. Με την εκτέλεση ενός προγράμματος, δημιουργούνται τα αντίστοιχα αρχεία εργασίας και σχέδια. Τα προγράμματα απεικονίζονται στο περιβάλλον εργασίας με κόκκινο πλαίσιο.

Σημειώνεται ότι, κάθε φορά που εκτελείται ένα πρόγραμμα, τα σχέδια και τα αρχεία εργασίας που προκύπτουν, αντικαθιστούν τα τυχόν προηγούμενα σχέδια και αρχεία εργασίας. Για αυτόν τον λόγο, εάν ο χρήστης επιθυμεί να κρατήσει κάποιο σχέδιο και/ή αρχείο εργασίας και να ξαναεκτελέσει το πρόγραμμα, θα πρέπει να αποθηκεύσει το πρώτο σχέδιο και/ή αρχείο εργασίας με ένα νέο όνομα (για παράδειγμα, μπορεί να μην επιθυμείται η διαγραφή της προηγούμενης μηκοτομής, ώστε να μπορεί να συγκριθεί με κάποια επόμενη).

Παρακάτω περιγράφονται για κάθε πρόγραμμα τα αρχεία δεδομένων που διαβάζονται (βλ. Π.2 Δεδομένα, για αναλυτική περιγραφή των αρχείων δεδομένων) και τα αρχεία εργασίας και σχέδια που δημιουργούνται (βλ. Π.3 Αρχεία Εργασίας, για αναλυτική περιγραφή των αρχείων εργασίας).

1. ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ («DTM»)		
Διαβάζονται:	1. Παράμετροι	- fm.prm
	2. Σημεία	- fm.sim
Δημιουργούνται:	1. Σημεία μοντέλου εδάφους	- fm.mod
	2. Τρίγωνα μοντέλου εδάφους	- fm.tri
	3. Πλευρές τριγώνων μοντέλου εδάφους	- fm.ple
	4. Σχέδιο μοντέλου εδάφους	- DTM.dxf

Παρατήρηση: Στο αρχείο «Σημεία μοντέλου εδάφους» (fm.mod) περιέχονται μόνο τα σημεία του εδάφους που βρίσκονται εντός του πλαισίου που ορίζεται στο αρχείο ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ (Σειρές 23-28).

2. ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ («ORIZ»)		
Διαβάζονται:	1. Παράμετροι	- fm.prm
	2. Κορυφές	- fm.hor
	3. Πλάτη	- fm.pla
	4. Επικλίσεις	- fm.epi
	5. Προβολές	- fm.prv
	6. ΧΘ (χιλιομετρικές θέσεις)	- fm.klm
	7. Τεχνικά Έργα	- fm.tgt
	8. Οχετοί	- fm.tex

Δημιουργούνται:	1.	Χιλιομέτρηση άξονα	- fm1.dat
	2.	Σημεία άξονα	- fm4.dat
	3.	Στοιχεία οριζοντιογραφίας (3)	- fm14.dat
	4.	Προβολές/ΧΘ	- fm20.dat
	5.	Διατομές	- fm22.dat
	6.	Κάθετες διατομών	- fm30.dat
	7.	Αριστερές οδογραμμές	- fm31.dat
	8.	Δεξιές οδογραμμές	- fm32.dat
	9.	Στοιχεία οριζοντιογραφίας (1)	- fm35.dat
	10.	Στοιχεία οριζοντιογραφίας (2)	- fm36.dat
	11.	A, Ω, Δ, Ω', Α'	- fm37.dat
	12.	ΧΘ, Χ, Υ άξονα	- fm38.dat
	13.	ΧΥ οδογραμμών	- fm40.dat
	14.	Κάθετες προβολών μηκοτομής	- fm42.dat
	15.	Διατομές με βήμα	- fm43.dat
	16.	Οριζοντιογραφία	- fm74.dat
	17.	Επίλυση διαπλατύνσεων	- fm77.dat
	18.	Διαπλατύνσεις	- fm78.dat
	19.	Σημεία άξονα σε απόσταση αριστερά	- fm79.dat
	20.	Σημεία άξονα σε απόσταση δεξιά	- fm80.dat
	21.	Στοιχεία οριζοντιογραφίας (4)	- fm81.dat
	22.	Σχέδιο Οριζοντιογραφίας	- ORIZ.dxf

3. ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ («ΥΨΟ»)

Διαβάζονται:	1.	Παράμετροι	- fm.prm
	2.	Πλευρές τριγώνων μοντέλου εδάφους	- fm.ple
	3.	Τρίγωνα μοντέλου εδάφους	- fm.tri
	4.	Σημεία άξονα	- fm4.dat
	5.	Διατομές	- fm22.dat
	6.	Κάθετες Διατομών	- fm30.dat
	7.	Σημεία άξονα σε απόσταση αριστερά	- fm79.dat
	8.	Σημεία άξονα σε απόσταση δεξιά	- fm80.dat
Δημιουργούνται:	1.	Διατομές εδάφους	- fm.crs
	2.	Μηκοτομή εδάφους	- fm.prf
	3.	Μηκοτομή εδάφους σε απόσταση αριστερά	- fm.prl
	4.	Μηκοτομή εδάφους σε απόσταση δεξιά	- fm.prr
	5.	Θέσεις μηκοτομής εδάφους	- fm2.dat
	6.	Θέσεις διατομών εδάφους	- fm3.dat
	7.	Σχέδιο υψομετρίας	- YPSO.dxf

4. ΜΕΟ [ΜΗΚΟΤΟΜΗ, ΕΠΙΚΛΙΣΕΙΣ, ΟΜΟΕ] («ΜΕΟ»)

Διαβάζονται:

(ΜΗΚΟΤΟΜΗ)

1.	Παράμετροι	- fm.prm
2.	Μηκοτομή εδάφους	- fm.prf
3.	Μηκοτομή εδάφους σε απόσταση αριστερά	- fm.prl
4.	Μηκοτομή εδάφους σε απόσταση δεξιά	- fm.prr
5.	Ορίζοντες	- fm.orz
6.	Σημαίες	- fm.mhk
7.	Τεχνικά έργα	- fm.tgt
8.	Οχετοί	- fm.tex
9.	Θέσεις μηκοτομής εδάφους	- fm2.dat
10.	Διατομές	- fm22.dat
11.	ΧΘ, Χ, Υ άξονα	- fm38.dat

(ΕΠΙΚΛΙΣΕΙΣ)

1.	Παράμετροι	- fm.prm
2.	Τεχνικά έργα	- fm.tgt
3.	Οχετοί	- fm.tex
4.	Ερυθρά διατομών	- fm17.dat
5.	Διατομές	- fm22.dat
6.	Αριστερές Οδογραμμές	- fm31.dat
7.	Δεξιές Οδογραμμές	- fm32.dat
8.	ΧΥ οδογραμμών	- fm40.dat

(ΟΜΟΕ)

1.	Σημαίες	- fm.mhk
2.	Στοιχεία οριζοντιογραφίας (3)	- fm14.dat
3.	Αριστερές οδογραμμές	- fm31.dat
4.	Δεξιές οδογραμμές	- fm32.dat
5.	Στοιχεία οριζοντιογραφίας (2)	- fm36.dat
6.	ΧΥΖ άξονα	- fm39.dat
7.	ΧΥΖ οδογραμμών	- fm41.dat

Δημιουργούνται:

(ΜΗΚΟΤΟΜΗ)

1.	Στοιχεία μηκοτομής	- fm7.dat
2.	Διατομές εδάφους (1)	- fm12.dat
3.	Ερυθρά διατομών	- fm17.dat
4.	ΧΘ, Χ, Υ, Ζ διατομών	- fm18.dat
5.	ΧΥΖ άξονα	- fm39.dat
6.	Μηκοτομή	- fm75.dat
7.	Στοιχεία μηκοτομής (2)	- fm82.dat

(ΕΠΙΚΛΙΣΕΙΣ)

1.	Στοιχεία επικλίσεων	- fm10.dat
2.	XYZ οδογραμμών	- fm41.dat
3.	Επικλίσεις διατομών	- fm50.dat
4.	Μηκοτομή 1 ^{ης} -10 ^{ης} αριστερής οδογραμμής	- fm51-60.dat
5.	Μηκοτομή 1 ^{ης} -10 ^{ης} δεξιάς οδογραμμής	- fm61-70.dat

(ΟΜΟΕ)

1.	Έλεγχοι ΟΜΟΕ-X	- meo.out
2.	Σχέδιο ΜΕΟ	- MEO.dxf

5. ΔΙΑΤΟΜΕΣ («ΧΟΜΑ»)

Διαβάζονται:

1.	Παράμετροι	- fm.prm
2.	Αγκυρώσεις αριστερά	- fm.agl
3.	Αγκυρώσεις δεξιά	- fm.agr
4.	Πάχος ακατάλληλων	- fm.aka
5.	Διατομές εδάφους	- fm.crs
6.	Πάχος εξυγίανσης	- fm.exy
7.	Γεωμετρία διαμορφώσεων	- fm.kat
8.	Σημαίες	- fm.mhk
9.	Πάχος επένδυσης πρανών	- fm.pra
10.	Ιδιότητες διατομών	- fm.pro
11.	Ιδιότητες διαμορφώσεων	- fm.str
12.	Οχετοί	- fm.tex
13.	Τεχνικά έργα	- fm.tgt
14.	Διαμορφώσεις αριστερά	- fm.xml
15.	Διαμορφώσεις δεξιά	- fm.xmr
16.	Θέσεις διατομών εδάφους	- fm3.dat
17.	Ερυθρά διατομών	- fm17.dat
18.	Διατομές	- fm22.dat
19.	Αριστερές οδογραμμές	- fm31.dat
20.	Δεξιές οδογραμμές	- fm32.dat

Δημιουργούνται:

1.	Αριστερό άκρο πρανών	- fm5.dat
2.	Δεξιό άκρο πρανών	- fm6.dat
3.	Κλίσεις / διαμορφώσεις	- fm9.dat
4.	Θέσεις διατομών	- fm11.dat
5.	Διατομές εδάφους (2)	- fm15.dat
6.	Διατομές εδάφους (3)	- fm16.dat
7.	Πρανή	- fm19.dat
8.	Τελική διατομή	- fm23.dat
9.	Κατάλογος διατομών εδάφους	- fm25.dat

10.	Ποσότητες m ²	- fm26.dat
11.	Ποσότητες m ³	- fm27.dat
12.	Ποσότητες αθροιστικά	- fm28.dat
13.	Σημεία ΔΟΣΕΑ	- fm44.dat
14.	Δρόμος	- fm45.dat
15.	Οδοστρωσία	- fm46.dat
16.	Στράγγιση	- fm47.dat
17.	Έδραση	- fm48.dat
18.	Ακατάλληλα	- fm49.dat
19.	Ακμές διαμορφώσεων / πρανών	- fm90.dat
20.	Μηκοτομή ποδός αριστερού πρανούς	- fm91.dat
21.	Μηκοτομή ποδός δεξιού πρανούς	- fm92.dat
22.	Μηκοτομή αριστερής διαμόρφωσης	- fm93.dat
23.	Μηκοτομή δεξιάς διαμόρφωσης	- fm94.dat
24.	Αριστερές κλίσεις / διαμορφώσεις	- fm95.dat
25.	Δεξιές κλίσεις / διαμορφώσεις	- fm96.dat
26.	Ακραία αριστερή οδογραμμή	- fm97.dat
27.	Ακραία δεξιά οδογραμμή	- fm98.dat
28.	Χωματοургικά άξονα	- fm99.dat
29.	Σχέδιο Διατομών	- XOMA.dxf

6. ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕ ΠΡΑΝΗ («ORPR»)

Διαβάζονται:	1.	Κλίσεις / διαμορφώσεις	- fm9.dat
	2.	Πρανή	- fm19.dat
	3.	Προβολές / ΧΘ	- fm20.dat
Δημιουργούνται:	1.	Υψόμετρα προβολών / ΧΘ	- fm71.dat
	2.	Σχέδιο Οριζοντιογραφίας με Πρανή	- ORPR.dxf

7. BRUCKNER («BRUC»)

Διαβάζονται:	1.	Παράμετροι	- fm.prm
	2.	Κατηγορίες εδάφους	- fm.bru
	3.	Ποσότητες m ²	- fm26.dat
Δημιουργούνται:	1.	Μεταφορές γαιών	- fm29.dat
	2.	Σχέδιο Διαγράμματος Bruckner	- BRUC.dxf

8. ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΙΣ («DIAS»)

Διαβάζονται:	1.	Όλα	- fm.ola
Δημιουργούνται:	1.	Διαφορές υψομέτρων	- fm76.dat
	2.	Σχέδιο Διασταυρώσεων	- DIAS.dxf

9. 3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ («DIM3»)		
Διαβάζονται:	1. Θέσεις μηκοτομής εδάφους	- fm2.dat
	2. Θέσεις διατομών εδάφους	- fm3.dat
	3. Αριστερό άκρο πρανών	- fm5.dat
	4. Δεξιό άκρο πρανών	- fm6.dat
	5. Ερυθρά διατομών	- fm17.dat
	6. ΧΘ, Χ, Υ, Ζ διατομών	- fm18.dat
	7. Πρανή	- fm19.dat
	8. Διατομές	- fm22.dat
	9. Τελική διατομή	- fm23.dat
	10. XYZ άξονα	- fm39.dat
	11. XYZ οδογραμμών	- fm41.dat
	12. Σημεία ΔΟΣΕΑ	- fm44.dat
	13. Δρόμος	- fm45.dat
	14. Οδοστρωσία	- fm46.dat
	15. Στράγγιση	- fm47.dat
	16. Έδραση	- fm48.dat
	17. Ακατάλληλα	- fm49.dat
	18. Μηκοτομή 1 ^{ης} -10 ^{ης} αριστερής οδογραμμής	- fm51-60.dat
	19. Μηκοτομή 1 ^{ης} -10 ^{ης} δεξιάς οδογραμμής	- fm61-70.dat
Δημιουργούνται:	1. Τελικά τρίγωνα	- fm8.dat
	2. Αριστερό έδαφος	- fm33.dat
	3. Δεξιό έδαφος	- fm34.dat
	4. Τρισδιάστατο Σχέδιο Χάραξης	- DIM3.dxf

10. ΟΡΑΤΟΤΗΤΕΣ («ORAT»)		
Διαβάζονται:	1. Παράμετροι	- fm.prm
	2. Στοιχεία μηκοτομής	- fm7.dat
	3. Τελικά τρίγωνα	- fm8.dat
	4. XYZ άξονα	- fm39.dat
	5. XYZ οδογραμμών	- fm41.dat
Δημιουργούνται:	1. Ταχύτητες έμπροσθεν	- fm72.dat
	2. Ταχύτητες όπισθεν	- fm73.dat
	3. Υπάρχουσα ορατότητα στάσης μηκοτομής	- fm83.dat
	4. Υπάρχουσα ορατότητα προσπέραςης μηκοτομής	- fm84.dat
	5. Υπάρχουσα ορατότητα στάσης 3D	- fm85.dat
	6. Υπάρχουσα ορατότητα προσπέραςης 3D	- fm86.dat
	7. Απαιτούμενη απόσταση στάσης	- fm88.dat
	8. Απαιτούμενη απόσταση προσπέραςης	- fm89.dat

9.	Σχέδιο Διαγράμματος Ορατότητας	- ORAT.dxf
10.	Σχέδιο Επιβεβαίωσης Ορατότητας Μηκοτομής	- OSMK.dxf
11.	Σχέδιο Επιβεβαίωσης Ορατότητας 3D	- OS3D.dxf
12.	Σχέδιο Αποστάσεων Πέδησης Οριζοντιογραφίας	- OSTA.dxf

11. ΠΡΟΟΠΤΙΚΑ («PERP»)

Διαβάζονται:	1.	Παράμετροι	- fm.prm
	2.	Τελικά τρίγωνα	- fm8.dat
	3.	XYZ άξονα	- fm39.dat
	4.	XYZ οδογραμμών	- fm41.dat
	5.	Απαιτούμενη απόσταση στάσης	- fm88.dat
	6.	Απαιτούμενη απόσταση προσπέρασης	- fm89.dat
	7.	Ακμές διαμορφώσεων / πρανών	- fm90.dat
Δημιουργούνται:	1.	Σχέδιο με Προοπτικές Εικόνες	- PERP.dxf

12. ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ + ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕ ΠΡΑΝΗ («DOP»)

Δημιουργείται κοινό σχέδιο (DOP.dxf) του μοντέλου εδάφους και της οριζοντιογραφίας με πρανή.

13. ΟΛΑ

Διαγράφονται τα προηγούμενα αρχεία εργασίας και σχέδια της υπό μελέτη οδού και εκτελούνται με τη σειρά τα προγράμματα: Οριζοντιογραφία, Υψομετρία, ΜΕΟ, Διατομές, Οριζοντιογραφία με Πρανή & Bruckner.

14. ΟΛΑ ΜΕ ΣΧΕΔΙΑ

Διαγράφονται τα προηγούμενα αρχεία εργασίας και σχέδια της υπό μελέτη οδού, εκτελούνται με τη σειρά τα προγράμματα Οριζοντιογραφία, Υψομετρία, ΜΕΟ, Διατομές, Οριζοντιογραφία με Πρανή & Bruckner, και ανοίγουν αυτόματα τα αντίστοιχα σχέδια.

Π.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα εικονίδια που απεικονίζονται στο περιβάλλον εργασίας του H12 με γαλάζιο πλαίσιο αντιστοιχούν στα λογιστικά φύλλα του Excel που πρέπει να συμπληρώσει ο χρήστης και αποτελούν τα δεδομένα για τη μελέτη μιας οδού. Στα λογιστικά φύλλα όπου πρέπει να εισαχθούν τα δεδομένα, υπάρχει το πλήκτρο MENU, με τη βοήθεια του οποίου ο χρήστης επιστρέφει στο κύριο περιβάλλον εργασίας του H12. Με το πάτημα του πλήκτρου MENU, δημιουργείται στον φάκελο του έργου το αντίστοιχο αρχείο δεδομένων.

Το λογιστικό φύλλο ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ήδη περιέχει συμπληρωμένα κάποια γενικά δεδομένα, τα οποία ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει για τις ανάγκες του εκάστοτε έργου.

Στη συνέχεια, περιγράφονται τα λογιστικά φύλλα που πρέπει να συμπληρώσει ο χρήστης, ώστε να δημιουργηθούν τα αντίστοιχα αρχεία δεδομένων.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ - Φύλλο PRM στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.prm

Εισάγονται:

Σειρά Excel	Παράμετρος & σύντομη επεξήγηση	Πρόγραμμα
2.	Όνομα έργου: Μπορεί να περιλαμβάνει οποιαδήποτε ονομασία.	Γενικά
3.	Ταχύτητα μελέτης ΟΜΟΕ: Εισάγεται μία από τις ακόλουθες τιμές ταχύτητας: 130, 120, 110, 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30	Γενικά
4.	Κατηγορία οδού κατά ΟΜΟΕ: Εισάγεται μία από τις ακόλουθες κατηγορίες: AI, AII, AIII, AIV, AV, AVI, AK	Γενικά
5.	Μορφολογία περιοχής έργου κατά ΟΜΟΕ: Εισάγεται μία από τις ακόλουθες μορφολογίες εδάφους: PEDINO, LOFODES, OREINO	Γενικά
6.	Κατηγορία οδού κατά RAA 2008: Εισάγεται μία από τις ακόλουθες κατηγορίες: EKA1A, EKA1B, EKA2, EKA3	Γενικά
7.	Κατηγορία οδού κατά AASHTO: Εισάγεται μία από τις ακόλουθες κατηγορίες: Arterial, Freeway	Γενικά
8.	Κατηγορία οδού κατά ΚΜΕ: Εισάγεται μία από τις ακόλουθες κατηγορίες: A, B, C, H1, H2	Γενικά

9.	Πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας: Για τον υπολογισμό της ταχύτητας V_{85} (όπως δίνεται στις σχέσεις ΟΜΟΕ)	Γενικά
10.	Διαχωριστική κεντρική νησίδα οδού: 0 =Μη διαχωρισμένη οδός, 1 =Διαχωρισμένη οδός	Γενικά
11.	Κατηγορία οδού (Αστική ή μη): 0 =Μη κρασπεδωμένη, 1 =Κρασπεδωμένη	Γενικά
12.	Παραμόρφωση στα Z: Παραμόρφωση στον άξονα των υψών (άξονας Z) κατά την παραγωγή του τρισδιάστατου μοντέλου της οδού και του περιβάλλοντός της (1 =χωρίς παραμόρφωση)	Γενικά
22.	Κλίμακα μοντέλου εδάφους: Ορίζεται η επιθυμητή κλίμακα για την εξαγωγή του μοντέλου εδάφους	Μοντέλο Εδάφους
23.	X κάτω αριστερής γωνίας πλαισίου: Τετμημένη κάτω αριστερά γωνίας του παραλληλεπιπέδου μέσα στο οποίο βρίσκεται το μοντέλο εδάφους και η οδός	Μοντέλο Εδάφους
24.	Y κάτω αριστερής γωνίας πλαισίου: Τεταγμένη κάτω αριστερά γωνίας του παραλληλεπιπέδου μέσα στο οποίο βρίσκεται το μοντέλο εδάφους και η οδός	Μοντέλο Εδάφους
25.	Z κάτω αριστερής γωνίας πλαισίου: Υψόμετρο κάτω αριστερά γωνίας του παραλληλεπιπέδου μέσα στο οποίο βρίσκεται το μοντέλο εδάφους και η οδός	Μοντέλο Εδάφους
26.	X πάνω δεξιάς γωνίας πλαισίου: Τετμημένη πάνω δεξιά γωνίας του παραλληλεπιπέδου μέσα στο οποίο βρίσκεται το μοντέλο εδάφους και η οδός	Μοντέλο Εδάφους
27.	Y πάνω δεξιάς γωνίας πλαισίου: Τεταγμένη πάνω δεξιά γωνίας του παραλληλεπιπέδου μέσα στο οποίο βρίσκεται το μοντέλο εδάφους και η οδός	Μοντέλο Εδάφους
28.	Z πάνω δεξιάς γωνίας πλαισίου: Υψόμετρο πάνω δεξιά γωνίας του παραλληλεπιπέδου μέσα στο οποίο βρίσκεται το μοντέλο εδάφους και η οδός	Μοντέλο Εδάφους
29.	Γραμμές κανάβου: Ορίζεται ανά πόσα μέτρα θα υπάρχουν γραμμές κανάβου	Μοντέλο Εδάφους
30.	Σταυροί κανάβου: Ορίζεται ανά πόσα μέτρα θα υπάρχουν σταυροί κανάβου	Μοντέλο Εδάφους
31.	Κείμενα κανάβου: Ορίζεται ανά πόσα μέτρα θα αναγράφονται οι συντεταγμένες του κανάβου	Μοντέλο Εδάφους
32.	Γωνία γραφής σημείων μοντέλου εδάφους: Ορίζεται η γωνία αναγραφής των σημείων του μοντέλου εδάφους στο σχέδιο.	Μοντέλο Εδάφους

33. Ισοδιάσταση ισοϋψών: Αναγράφεται η επιθυμητή ισοδιάσταση για τις δευτερεύουσες ισοϋψείς.	Μοντέλο Εδάφους
34. Δευτερεύουσες/Κύρια: Αναγράφεται ανά πόσες δευτερεύουσες ισοϋψείς θα εμφανίζεται μία κύρια ισοϋψής.	Μοντέλο Εδάφους
35. Max πλευρά τριγώνου: Αναγράφεται η μέγιστη πλευρά των παραγόμενων τριγώνων (0 =Απειρο μήκος πλευράς)	Μοντέλο Εδάφους
36. Πλέγμα εδάφους: Αναγράφεται ανά πόσα μέτρα επιθυμείται να δημιουργηθεί πλέγμα εδάφους (0 =Χωρίς Πλέγμα)	Μοντέλο Εδάφους
37. Τρόπος τριγωνισμού: Ορίζεται ο τρόπος με τον οποίο θα γίνει ο τριγωνισμός των σημείων του εδάφους [0 = Άνευ τριγωνισμού, 1 = Αργός τριγωνισμός, 2 = Γρήγορος τριγωνισμός, 3 = Πολύγωνο (Σχεδιάζεται μία γραμμή θεωρώντας ότι τα σημεία αποτελούν κορυφές μίας ιδιοκτησίας), 4 = Διπλά Σημεία (Επισημαίνονται τα διπλά σημεία του τοπογραφικού, δηλαδή αυτά με ίδιο X, Y και Z)]	Μοντέλο Εδάφους
42. Κλίμακα σχεδίου οριζοντιογραφίας: Ορίζεται η κλίμακα για την εξαγωγή της οριζοντιογραφίας	Οριζοντιογραφία
43. ΧΘ αρχής: Ορίζεται η χιλιομετρική θέση αρχής της οδού	Οριζοντιογραφία
44. Βήμα σχεδιασμού (0 = Κλίμακα/1000): Ορίζεται ανά πόσα μέτρα θα γίνει η σχεδίαση του άξονα και των οδογραμμών της οριζοντιογραφίας.	Οριζοντιογραφία
45. Τύπος συναρμογής: Ορίζεται ο τύπος συναρμογής μεταξύ ευθυγραμμίας και κυκλικού τόξου [0 = Κλωθοειδής (Εφαρμόζεται σε οδούς) ή 1 = Κυβική Παραβολή (Εφαρμόζεται σε σιδηρόδρομους)]	Οριζοντιογραφία
46. Προσθήκη χαρακτηριστικών διατομών: Ορίζεται εάν επιθυμείται το πρόγραμμα να εισάγει τις χαρακτηριστικές διατομές (αρχή – τέλος τόξου συναρμογής και το μέσο του κυκλικού τόξου) (0 =Όχι, 1 =Ναι)	Οριζοντιογραφία
47. Προσθήκη διατομών κύριας οδού: Ορίζεται αν επιθυμείται η εισαγωγή σύνθετων διατομών από άλλη οδό (0 =Όχι, 1 =Ναι)	Οριζοντιογραφία
48. Κωδικός οδογραμμών: Ορίζεται ο τρόπος εισαγωγής των οδογραμμών (0 = οι οδογραμμές ορίζονται από τις σειρές 50-71 του φύλλου PRM ή 1 = οι οδογραμμές ορίζονται από τα δεδομένα στα φύλλα PLA και EPI, πλην του χρώματος των οδογραμμών το οποίο ορίζεται από τις σειρές 50-71 του φύλλου PRM)	Οριζοντιογραφία

50. Αριθμός οδογραμμών αριστερά: Ορίζεται ο αριθμός των οδογραμμών στην αριστερή πλευρά της οδού. Μπορούν να εισαχθούν από 1 έως 10 οδογραμμές.	Οριζοντιογραφία
<u>Για κάθε μία από τις οδογραμμές εισάγονται:</u>	
1. Πλάτος: η απόσταση της κάθε οδογραμμής από την προηγούμενη	
2. Τύπος επίκλισης : 1 = 0%, 2 = Σύμφωνα με τις Γερμανικές οδηγίες, 3 = 6%	
3. Χρώμα οδογραμμής : το χρώμα της οδογραμμής στο σχέδιο	
51. Αριστερό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 1	Οριζοντιογραφία
52. Αριστερό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 2	Οριζοντιογραφία
53. Αριστερό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 3	Οριζοντιογραφία
54. Αριστερό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 4	Οριζοντιογραφία
55. Αριστερό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 5	Οριζοντιογραφία
56. Αριστερό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 6	Οριζοντιογραφία
57. Αριστερό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 7	Οριζοντιογραφία
58. Αριστερό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 8	Οριζοντιογραφία
59. Αριστερό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 9	Οριζοντιογραφία
60. Αριστερό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 10	Οριζοντιογραφία
61. Αριθμός οδογραμμών δεξιά: Ορίζεται ο αριθμός των οδογραμμών στη δεξιά πλευρά της οδού. Μπορούν να εισαχθούν από 1 έως 10 οδογραμμές.	Οριζοντιογραφία
<u>Για κάθε μία από τις οδογραμμές εισάγονται:</u>	
1. Πλάτος, 2. Τύπος επίκλισης, 3. Χρώμα οδογραμμής, ομοίως με τις οδογραμμές αριστερά	
62. Δεξιό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 1	Οριζοντιογραφία
63. Δεξιό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 2	Οριζοντιογραφία
64. Δεξιό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 3	Οριζοντιογραφία
65. Δεξιό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 4	Οριζοντιογραφία
66. Δεξιό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 5	Οριζοντιογραφία
67. Δεξιό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 6	Οριζοντιογραφία
68. Δεξιό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 7	Οριζοντιογραφία
69. Δεξιό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 8	Οριζοντιογραφία
70. Δεξιό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 9	Οριζοντιογραφία
71. Δεξιό πλάτος / Τύπος επίκλισης / Χρώμα Ο/Γ 10	Οριζοντιογραφία
72. ΧΘ αρχής διατομών: Ορίζεται η χιλιομετρική θέση της πρώτης διατομής (0=Αρχή άξονα οδού)	Οριζοντιογραφία
73. ΧΘ τέλους διατομών: Ορίζεται η χιλιομετρική θέση της τελευταίας διατομής (0=Τέλος άξονα οδού)	Οριζοντιογραφία
74. Βήμα διατομών: Ορίζεται η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών διατομών	Οριζοντιογραφία
75. Αριθμός 1^{ης} διατομής: Ορίζεται ο αριθμός της πρώτης διατομής	Οριζοντιογραφία

76. Απόσταση διατομών: Ορίζεται η απόσταση των διατομών από τον άξονα της οριζοντιογραφίας στη θέση της διατομής	Οριζοντιογραφία
77. Γωνία διατομών: Ορίζεται η γωνία των διατομών ως προς τον άξονα της οριζοντιογραφίας στη θέση της διατομής.	Οριζοντιογραφία
78. ΧΘ αρχής χιλιομέτρησης: Ορίζεται η χιλιομετρική θέση για την αρχή σχεδίασης της χιλιομέτρησης (Θ=Αρχή άξονα οδού)	Οριζοντιογραφία
79. ΧΘ τέλους χιλιομέτρησης: Ορίζεται η χιλιομετρική θέση για το τέλος σχεδίασης της χιλιομέτρησης. (Θ=Τέλος άξονα οδού)	Οριζοντιογραφία
80. Βήμα χιλιομέτρησης: Ορίζεται ανά πόσα μέτρα επιθυμείται να εμφανίζεται η χιλιομέτρηση στο σχέδιο οριζοντιογραφίας	Οριζοντιογραφία
81. Απόσταση χιλιομέτρησης από άξονα οδού: Ορίζεται η επιθυμητή απόσταση της χιλιομέτρησης από τον άξονα της οδού στο σχέδιο οριζοντιογραφίας	Οριζοντιογραφία
82. Γωνία χιλιομέτρησης ως προς άξονα οδού: Ορίζεται η επιθυμητή γωνία αναγραφής της τιμής της χιλιομέτρησης σε σχέση με τον άξονα της οδού στο σχέδιο οριζοντιογραφίας	Οριζοντιογραφία
83. Αρχή ΓΣ: Εισάγεται η χιλιομετρική θέση αρχής για τη δημιουργία γραμμών σύνδεσης	Οριζοντιογραφία
84. Τέλος ΓΣ: Εισάγεται η χιλιομετρική θέση τέλους για τη δημιουργία γραμμών σύνδεσης	Οριζοντιογραφία
85. Βήμα ΓΣ: Εισάγεται η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών γραμμών σύνδεσης	Οριζοντιογραφία
86. Απόσταση ΓΣ: Εισάγεται η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών γραμμών σύνδεσης	Οριζοντιογραφία
87. Απόσταση διατομών αριστερά: Ορίζεται η απόσταση αριστερά από τον άξονα που θα γίνει λήψη εδάφους στη διατομή	Οριζοντιογραφία
88. Απόσταση διατομών δεξιά: Ορίζεται η απόσταση δεξιά από τον άξονα που θα γίνει λήψη εδάφους στη διατομή	Οριζοντιογραφία
89. Απόσταση μηκοτομής αριστερά: Ορίζεται η απόσταση αριστερά από τον άξονα που θα γίνει σχεδίαση της μηκοτομής εδάφους	Οριζοντιογραφία

90. Απόσταση μηκοτομής δεξιά: Ορίζεται η απόσταση δεξιά από τον άξονα που θα γίνει σχεδίαση της μηκοτομής εδάφους	Οριζοντιογραφία
91. Επίκλιση ευθυγραμμίας: Ορίζεται η επίκλιση στις ευθυγραμμίες (2,5% κατά ΟΜΟΕ)	Οριζοντιογραφία
92. Απόσταση a: Ορίζεται η απόσταση a για τη σχέση $\Delta s = (q_{max} - q_0) * a / L$	Οριζοντιογραφία
107. Αρχείο τριγώνων μοντέλου εδάφους: Ορίζεται σε ποιον φάκελο του υπολογιστή βρίσκονται τα αρχεία του μοντέλου εδάφους (fm.tri, fm.ple) (* = μέσα στον φάκελο που βρίσκεται και το αρχείο Excel)	Υψομετρία
108. Τρόπος λειτουργίας YPSO: 0 = το έδαφος στη μηκοτομή και τις διατομές της υπό μελέτη οδού ορίζονται βάση του μοντέλου εδάφους, 1 = το έδαφος στη μηκοτομή και τις διατομές της υπό μελέτη οδού έχουν δοθεί από τον χρήστη στο φύλλο KLM	Υψομετρία
112. XΘ αρχής μηκοτομής: Ορίζεται η χιλιομετρική θέση αρχής της μηκοτομής (0 =Αρχή άξονα οδού)	MEO [Μηκοτομή]
113. XΘ τέλους μηκοτομής: Ορίζεται η χιλιομετρική θέση τέλους της μηκοτομής (0 =Τέλος άξονα οδού)	MEO [Μηκοτομή]
114. Κλίμακα μηκών: Ορίζεται η κλίμακα για τα μήκη στο σχέδιο της μηκοτομής	MEO [Μηκοτομή]
115. Κλίμακα υψών: Ορίζεται η κλίμακα για τα ύψη στο σχέδιο της μηκοτομής (0 = Κλίμακα μηκών / 10)	MEO [Μηκοτομή]
116. Βήμα ολοκλήρωσης: Ορίζεται το βήμα με βάση το οποίο θα γίνει η γραμμοσκίαση των εμβαδών επιχωμάτων και ορυγμάτων στο σχέδιο της μηκοτομής (0 =Χωρίς ολοκλήρωση) <u>Παρατήρηση:</u> Μετά την εκτέλεση του προγράμματος MEO προκύπτει, βάσει της ολοκλήρωσης της μηκοτομής, μία πρώτη προσέγγιση της αναλογίας ορυγμάτων – επιχωμάτων. Οι πραγματικές/τελικές ποσότητες χωματισμών προκύπτουν μετά την εκτέλεση του προγράμματος των διατομών.	MEO [Μηκοτομή]
117. Υψομετρική διαφορά ερυθράς: Ορίζεται (εάν επιθυμείται) η υψομετρική διαφορά μεταξύ της ερυθράς της οδού και του άξονά της	MEO [Μηκοτομή]
122. XΘ αρχής επικλίσεων: Ορίζεται η χιλιομετρική θέση αρχής των επικλίσεων (0 =Αρχή άξονα οδού)	MEO [Επικλίσεις]

123. XΘ τέλους επικλίσεων: Ορίζεται η χιλιομετρική θέση τέλους των επικλίσεων (0=Τέλος άξονα οδού)	MEO [Επικλίσεις]
124. Κλίμακα μηκών: Ορίζεται η κλίμακα για τα μήκη στο σχέδιο των επικλίσεων	MEO [Επικλίσεις]
125. Κλίμακα υψών: Ορίζεται η κλίμακα για τα ύψη στο σχέδιο των επικλίσεων (1cm=Τιμή που δίνεται)	MEO [Επικλίσεις]
126. Κλίμακα διαπλάτυνσης: Ορίζεται η κλίμακα για τα ύψη στο διάγραμμα διαπλάτυνσεων	MEO [Επικλίσεις]
127. Κλίμακα διαγράμματος s-Δs: Ορίζεται η κλίμακα για τα ύψη στο διάγραμμα s-Δs	MEO [Επικλίσεις]
128. Κλίμακα διαγράμματος s: Ορίζεται η κλίμακα για τα ύψη στο διάγραμμα s που παρουσιάζει την κατά μήκος κλίση της οδού	MEO [Επικλίσεις]
129. Κλίμακα διαγράμματος cs: Ορίζεται η κλίμακα για τα ύψη στο διάγραμμα cs που παρουσιάζει τη σύνθετη κλίση της οδού	MEO [Επικλίσεις]
130. Οδογραμμή ελέγχου: Ορίζεται η οδογραμμή βάσει της οποίας γίνεται ο έλεγχος του διαγράμματος των επικλίσεων (0=Ολες)	MEO [Επικλίσεις]
131. Αριστερό πλάτος a: Ορίζεται η απόσταση a (αριστερά του άξονα) για τη σχέση $\Delta s = (q_{max} - q_0) * a / L$	MEO [Επικλίσεις]
132. Δεξιό πλάτος a: Ορίζεται η απόσταση a (δεξιά του άξονα) για τη σχέση $\Delta s = (q_{max} - q_0) * a / L$	MEO [Επικλίσεις]
133. Θέση στα Υ: Ορίζεται η απόσταση (κατά τον άξονα Υ) του διαγράμματος επικλίσεων από τη μηκοτομή της οδού στο σχέδιο MEO.dxf	MEO [Επικλίσεις]
137. Από διατομή: (*=όλες ή ;=ερώτηση ή ονομασία διατομής)	Διατομές
138. Έως διατομή: (*=όλες ή ;=ερώτηση ή ονομασία διατομής)	Διατομές
139. Κλίμακα μηκών: Ορίζεται η κλίμακα για τα μήκη στο σχέδιο των διατομών	Διατομές
140. Κλίμακα υψών: Ορίζεται η κλίμακα για τα ύψη στο σχέδιο των διατομών	Διατομές
141. Υπόμνημα σχεδίου διατομών: Ορίζονται τα αναγραφόμενα στοιχεία στον πίνακα των διατομών	Διατομές

142. Προσθήκη πίνακα:	Διατομές
Αφορά σε έργα με παράπλευρες οδούς, όπου απαιτείται η παρουσίαση σύνθετων διατομών	
143. Απόσταση στηλών:	Διατομές
Ορίζεται η απόσταση που θα απέχουν οι διατομές κατά τον άξονα των Y	
144. Απόσταση σειρών:	Διατομές
Ορίζεται η απόσταση που θα απέχουν οι διατομές κατά τον άξονα των X	
145. Ύψος μονής διατομής:	Διατομές
Ορίζεται η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών διατομών κατά τον άξονα των Y	
146. Επέκταση εδάφους αριστερά:	Διατομές
Ορίζεται σε πόση απόσταση θα σχεδιαστεί έδαφος αριστερά στις διατομές, πέραν του εύρους κατάληψης της διατομής (Αρνητική τιμή = Σχεδιάζεται όλο το έδαφος που έχει ληφθεί από το μοντέλο, Θετική τιμή = Σχεδιάζεται όσο μήκος οριστεί στο κελί)	
147. Επέκταση εδάφους δεξιά:	Διατομές
Ορίζεται σε πόση απόσταση θα σχεδιαστεί έδαφος δεξιά στις διατομές, πέραν του εύρους κατάληψης της διατομής (Αρνητική τιμή = Σχεδιάζεται όλο το έδαφος που έχει ληφθεί από το μοντέλο, Θετική τιμή = Σχεδιάζεται όσο μήκος οριστεί στο κελί)	
148. Απόσταση μεταξύ εδάφους στο υπόμνημα διατομών:	Διατομές
Ορίζεται η απόσταση από το έδαφος στην οποία θα σχεδιαστεί το υπόμνημα των διατομών.	
149. Σχηματική παρουσίαση εμβαδομετρήσεων:	Διατομές
0= Δεν εμφανίζονται τα εμβαδομετρημένα πολύγωνα των ποσοτήτων στο σχέδιο των διατομών, 1= Εμφανίζονται τα εμβαδομετρημένα πολύγωνα των ποσοτήτων στο σχέδιο των διατομών	
150. Λοξότης διατομών:	Διατομές
Αφορά σε έργα με παράπλευρες οδούς όπου απαιτείται η παρουσίαση σύνθετων διατομών (0= Όχι, 1= Ναι)	
151. Κεντρική διαμόρφωση:	Διατομές
Ορίζεται η κεντρική διαμόρφωση της οδού, εάν υπάρχει (- = εάν δεν υπάρχει κεντρική διαμόρφωση, NJ1 = Αμφίπλευρο στηθαίο ασφαλείας New Jersey, NJ2 = Μονόπλευρο στηθαίο ασφαλείας New Jersey)	
152. Φάκελος διαμορφώσεων:	Διατομές
Ορίζεται σε ποιον φάκελο του υπολογιστή βρίσκονται τα αρχεία πλευρικών διαμορφώσεων (φύλλα KAT και STR) (* = μέσα στον φάκελο που βρίσκεται και το αρχείο Excel)	

153. Κρίσιμη κλίση αγκυρώσεων (%): Ορίζεται η ελάχιστη κλίση του εδάφους για τον σχεδιασμό αγκυρώσεων, σε επίχωμα.	Διατομές
162. XΘ αρχής: Ορίζεται η χιλιομετρική θέση αρχής του διαγράμματος Bruckner (θ =Αρχή άξονα οδού)	Bruckner
163. XΘ τέλους: Ορίζεται η χιλιομετρική θέση τέλους του διαγράμματος Bruckner (θ =Τέλος άξονα οδού)	Bruckner
164. Κλίμακα μηκών: Ορίζεται η κλίμακα για τα μήκη στο σχέδιο του διαγράμματος Bruckner	Bruckner
165. Κλίμακα υψών: Ορίζεται η κλίμακα για τα ύψη στο σχέδιο του διαγράμματος Bruckner	Bruckner
166. Ορίζοντας Bruckner: Ορίζεται η τιμή αφετηρίας για τον άξονα Υ στο διάγραμμα Bruckner	Bruckner
172. Αρχή υπολογισμού ορατότητας: Ορίζεται η χιλιομετρική θέση αρχής υπολογισμού των μηκών ορατότητας	Ορατότητα
173. Τέλος υπολογισμού ορατότητας: Ορίζεται η χιλιομετρική θέση τέλους υπολογισμού των μηκών ορατότητας	Ορατότητα
174. Οδηγίες υπολογισμού ορατότητας: Ορίζεται σύμφωνα με ποιες οδηγίες σχεδιασμού οδών θα γίνει ο υπολογισμός των μηκών ορατότητας (θ = Έρευνα, 1 = Γερμανικές οδηγίες, 2 = Αμερικανικές οδηγίες, 3 = Ελληνικές οδηγίες (ΟΜΟΕ), 4 = Αυστραλιανές οδηγίες)	Ορατότητα
175. Κλίμακα μηκών: Ορίζεται η κλίμακα για τα μήκη στο σχέδιο του διαγράμματος ορατότητας	Ορατότητα
176. Κλίμακα υψών: Ορίζεται η κλίμακα για τα ύψη στο σχέδιο του διαγράμματος ορατότητας	Ορατότητα
177. Τύπος ορατότητας: Ορίζεται ο τύπος του μήκους ορατότητας για τον οποίο θα γίνουν οι υπολογισμοί (1 = για στάση, 2 = για προσπέραση)	Ορατότητα
178. Οδογραμμή οφθαλμού: Επιλέγεται ο αριθμός της οδογραμμής στην οποία θα τοποθετηθεί ο οφθαλμός του οδηγού	Ορατότητα
179. Οδογραμμή εμποδίου: Επιλέγεται ο αριθμός της οδογραμμής στην οποία θα τοποθετηθεί το εμπόδιο	Ορατότητα

180. Επιτάχυνση: Ορίζεται η επιτάχυνση του οχήματος	Ορατότητα
181. Επιβράδυνση: Ορίζεται η επιβράδυνση του οχήματος	Ορατότητα
182. Χρόνος αντίδρασης: Ορίζεται ο χρόνος αντίδρασης του οδηγού	Ορατότητα
183. Ύψος οφθαλμού 3D: Ορίζεται το ύψος οφθαλμού του οδηγού κατά την τρισδιάστατη ανάλυση ορατότητας	Ορατότητα
184. Ύψος εμποδίου 3D: Ορίζεται το ύψος εμποδίου κατά την τρισδιάστατη ανάλυση ορατότητας	Ορατότητα
185. Ύψος οφθαλμού μηκοτομής: Ορίζεται το ύψος οφθαλμού του οδηγού κατά την ανάλυση ορατότητας με βάση τη μηκοτομή της οδού	Ορατότητα
186. Ύψος εμποδίου μηκοτομής: Ορίζεται το ύψος εμποδίου κατά την ανάλυση ορατότητας με βάση τη μηκοτομή της οδού	Ορατότητα
187. Απόσταση αναζήτησης τριγώνων: Ορίζεται η μέγιστη απόσταση κατά την οποία γίνεται εξέταση τομής της γραμμής όρασης με τα τρίγωνα του τρισδιάστατου μοντέλου της οδού (θ = χωρίς περιορισμό απόστασης)	Ορατότητα
188. Γωνία: Ορίζεται η μέγιστη γωνία κατά την οποία μπορεί να αποκλίνει η γραμμή όρασης από την ευθεία του οδηγού, όταν γίνεται εξέταση τομής της γραμμής όρασης με τα τρίγωνα του τρισδιάστατου μοντέλου της οδού (θ = χωρίς περιορισμό γωνίας)	Ορατότητα
189. Ταχύτητα: Εισάγεται μια σταθερή ταχύτητα του οχήματος, σε περίπτωση όπου δεν επιθυμείται ο υπολογισμός του διαγράμματος ταχυτήτων. Συνήθως επιλέγεται η λειτουργική ταχύτητα.	Ορατότητα
190. Ταχύτητα αρχής προς εμπρός/πίσω: Χρησιμοποιεί στη σχεδίαση της αρχής του διαγράμματος ταχυτήτων όταν πρόκειται για μελέτη οδικού τμήματος, όπου υποτίθεται ότι τα οχήματα έχουν ήδη αναπτύξει κάποια ταχύτητα κατά την είσοδό τους στο τμήμα αυτό	Ορατότητα
191. Ταχύτητα τέλους προς εμπρός/πίσω: Χρησιμοποιεί στη σχεδίαση του τέλους του διαγράμματος ταχυτήτων όταν πρόκειται για μελέτη οδικού τμήματος, όπου υποτίθεται ότι τα οχήματα έχουν κάποια ταχύτητα κατά την έξοδό τους από αυτό	Ορατότητα

197. Οδογραμμή φωτομηχανής: Επιλέγεται ο αριθμός της οδογραμμής κατά μήκος της οποίας θα δημιουργηθούν οι προοπτικές εικόνες	Προοπτικό
198. Ύψος φωτομηχανής: Ορίζεται το ύψος, σε σχέση με την επιφάνεια της οδού, από το οποίο θα δημιουργηθούν οι προοπτικές εικόνες	Προοπτικό
199. Εστιακό βάθος: Εισάγεται η επιθυμητή τιμή του εστιακού βάθους (συνήθως ισούται με 0,5m)	Προοπτικό
200. Έμπροσθεν επίπεδο: Ορίζεται η απόσταση από τη φωτομηχανή ενός θεωρητικού κατακόρυφου επιπέδου, έμπροσθεν του οποίου γίνεται η σχεδίαση της προοπτικής εικόνας (περιορίζεται το πεδίο ορατότητας)	Προοπτικό
201. Όπισθεν επίπεδο: Ορίζεται η απόσταση από τη φωτομηχανή ενός θεωρητικού κατακόρυφου επιπέδου, έμπροσθεν του οποίου δεν γίνεται η σχεδίαση της προοπτικής εικόνας (περιορίζεται το πεδίο ορατότητας)	Προοπτικό
202. Πλάτος εικόνων: Ορίζεται το επιθυμητό πλάτος των προοπτικών εικόνων	Προοπτικό
203. Ύψος εικόνων: Ορίζεται το επιθυμητό ύψος των προοπτικών εικόνων	Προοπτικό
204. Αρχή εικόνων: Ορίζεται η χιλιομετρική θέση αρχής για τη δημιουργία προοπτικών εικόνων	Προοπτικό
205. Τέλος εικόνων: Ορίζεται η χιλιομετρική θέση τέλους για τη δημιουργία προοπτικών εικόνων	Προοπτικό

ΣΗΜΕΙΑ - Φύλλο SIM στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.sim

1.	X	: Τετμημένη σημείου
2.	Y	: Τεταγμένη σημείου
3.	Z	: Υψόμετρο σημείου

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «**MONTELO ΕΛΑΦΟΥΣ**»

ΚΟΡΥΦΕΣ - Φύλλο HOR στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.hor

Εισάγονται:	1.	Κορυφή	: Όνομα κορυφής
	2.	X	: Τετμημένη κορυφής
	3.	Y	: Τεταγμένη κορυφής

4.	Μήκος συναρμογής εισόδου	: Επιθυμητό μήκος συναρμογής εισόδου, $L_{\text{εισ}}$
5.	Ακτίνα κυκλικού τόξου	: Ακτίνα του κυκλικού τόξου
6.	Μήκος συναρμογής εξόδου	: Επιθυμητό μήκος συναρμογής εξόδου, $L_{\text{εξ}}$
7.	Επίκλιση_%	: Μέγιστη επίκλιση στην καμπύλη
8.	Ποσοστό απόσβεσης	: Ποσοστό απόσβεσης της επίκλισης στο κυκλικό τόξο
9.	Διαπλάτυνση	: Μέγεθος διαπλάτυνσης

Επιπρόσθετα, υπολογίζονται αυτόματα τα παρακάτω:

1.	R/9	: Ελάχιστο μήκος κλωθοειδούς (Στήλες 4 και 6)
2.	R	: Μέγιστο μήκος κλωθοειδούς (Στήλες 4 και 6)
3.	Απόσταση (i, i+1)	: Απόσταση διαδοχικών κορυφών της πολυγωνικής

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

Παρατήρηση: Με το πλήκτρο **ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΠΟ HPI.TXT**, υπάρχει η δυνατότητα απευθείας εισαγωγής των ονομάτων των κορυφών της πολυγωνικής και των συντεταγμένων τους, εφόσον έχει δημιουργηθεί από τον χρήστη το αρχείο HPI.TXT, μέσω του AutoCAD.

ΠΛΑΤΗ - Φύλλο PLA στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.pla

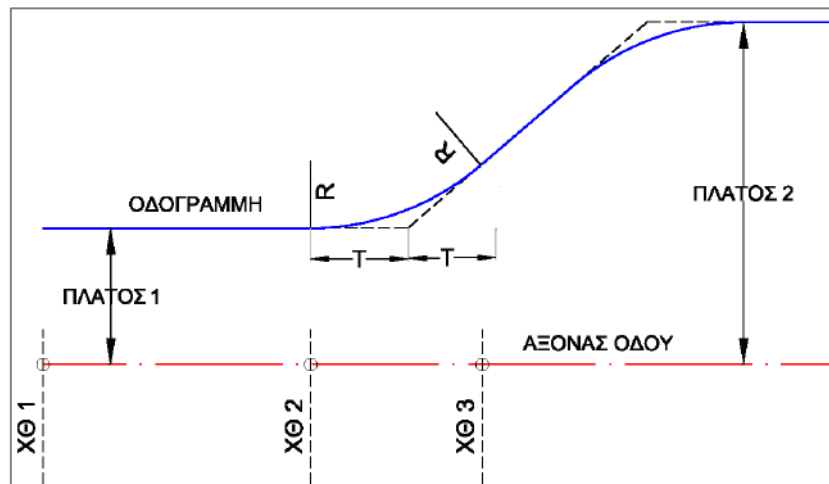
Εισάγονται:	1.	Οδογραμμή	: Αριθμός οδογραμμής
	2.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3.	Πλάτος	: Πλάτος οδογραμμής (εισάγεται ως η απόσταση της οδογραμμής από την προηγούμενη ή από τον άξονα για την πρώτη οδογραμμή)
	4.	Ακτίνα	: Ακτίνα R που εφαρμόζεται για την ομαλή διαπλάτυνση της οδού
	5.	Απόσταση	: Απόσταση T από όπου ξεκινά η σχεδίαση τόξου για την ομαλή διαπλάτυνση της οδού
	6.	Οδοστρωσία	: Πάχος οδοστρωσίας
	7.	Στράγγιση	: Πάχος στράγγισης
	8.	Έδραση	: Πάχος έδρασης

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

Παρατήρηση: Με το πλήκτρο **ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΠΟ MF.PLA**, υπάρχει η δυνατότητα απευθείας εισαγωγής των οδογραμμών, XΘ και πλατών, εφόσον έχει δημιουργηθεί από τον χρήστη το αρχείο MF.PLA.

Στο Σχήμα Π.1 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα διαπλάτυνσης οδού, όπου απεικονίζονται τα στοιχεία R και T που εισάγονται στο αρχείο **fm.pla**. Σημειώνεται ότι ο χρήστης εισάγει είτε

την ακτίνα R , είτε την απόσταση T (δηλαδή, πάντοτε τουλάχιστον το ένα από τα δύο στοιχεία θα ισούται με 0).



Σχήμα Π.1: Εφαρμογή διαπλάτυνσης σε οδό.

ΕΠΙΚΛΙΣΕΙΣ - Φύλλο EPI στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.kli

Εισάγονται:	1. Οδογραμμή	: Αριθμός οδογραμμής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Επίκλιση	: Επίκλιση μεταξύ της οδογραμμής και της προηγούμενης οδογραμμής

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

Παρατήρηση: Με το πλήκτρο ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΠΟ MF.EPI, υπάρχει η δυνατότητα απευθείας εισαγωγής των οδογραμμών, ΧΘ και επικλίσεων, εφόσον έχει δημιουργηθεί από τον χρήστη το αρχείο MF.EPI και στο φύλλο των παραμέτρων (PRM) ο τύπος επίκλισης έχει οριστεί να προσδιορίζεται σύμφωνα με τις Γερμανικές οδηγίες σχεδιασμού οδών (τιμή «2» στις σειρές 51 & 62).

ΠΡΟΒΟΛΕΣ - Φύλλο PRV στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.xyz

Εισάγονται:	1. Όνομα	: Όνομα προβολής
	2. X	: Τετμημένη
	3. Y	: Τεταγμένη
	4. Z_Επιθυμητό	: Επιθυμητό υψόμετρο
	5. Τύπος	: 0: Χωρίς διατομή, 1: Με διατομή

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

ΧΘ (ΧΙΛΙΟΜ. ΘΕΣΕΙΣ) - Φύλλο KLM στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.klm

Εισάγονται:	1. Όνομα	: Όνομα σημείου
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση

3.	Απόσταση από άξονα	: Απόσταση από τον άξονα της οδού
4.	Z_Επιθυμητό	: Επιθυμητό υψόμετρο
5.	Τύπος	: 0 : Χωρίς διατομή, 1 : Με διατομή

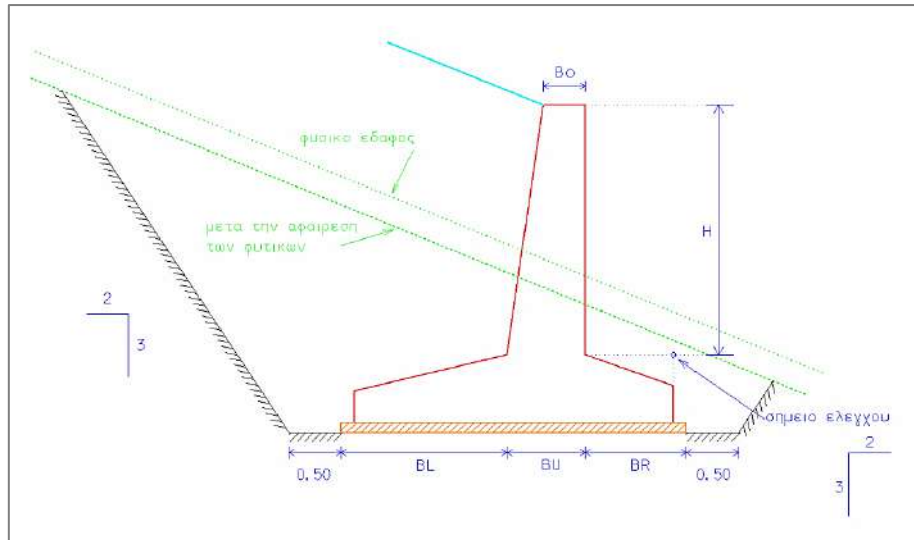
Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ - Φύλλο TGT στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.tgt

Εισάγονται:	1.	Όνομα	: Όνομα τεχνικού έργου
	2.	Από ΧΘ	: Από χιλιομετρική θέση
	3.	Έως ΧΘ	: Έως χιλιομετρική θέση
	4.	Κωδικός	: Αφορά στο είδος του τεχνικού έργου και συμπληρώνεται ως εξής: « 0 » για απλή αναγραφή, « G » για γέφυρα, « S » για σήραγγα, « C » για εκσκαφή και επανεπίχωση (cut and cover), « TA » για τοίχο αντιστήριξης αριστερά & « TD » για τοίχο αντιστήριξης δεξιά
	5.	Ημιπλάτος αριστερά	: Ημιπλάτος του τεχνικού έργου αριστερά
	6.	Ημιπλάτος δεξιά	: Ημιπλάτος του τεχνικού έργου δεξιά
	7.	Ύψος	: Ύψος τεχνικού έργου, συμπληρώνεται ως εξής: « G » για ύψος φορέα γέφυρας, « S » για ύψος σήραγγας & « C » για ύψος εκσκαφής και επανεπίχωσης
	8.	Τύπος	: Δίνεται η δυνατότητα να σχεδιαστούν διατομές στις χιλιομετρικές θέσεις των τεχνικών έργων, ανάλογα με τον αριθμό που εισάγεται στο κελί. Εισάγεται το « 0 » (χωρίς διατομή στη ΧΘ) ή το « 1 » [διατομές στις εξής 4 θέσεις, ώστε να σχεδιαστούν σωστά τα πρηνή: α) αρχή-0,001, β) αρχή, γ) τέλος, δ) τέλος+0,001]
	9.	ΔΜΡΦ Αρ.	: Όνομα της διαμόρφωσης αριστερά
	10.	ΔΜΡΦ Δεξ.	: Όνομα της διαμόρφωσης δεξιά

Χρησιμοποιείται από τα Προγράμματα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**», «**ΜΕΟ**» και «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**».

Οι **τοίχοι αντιστήριξης** σχεδιάζονται όπως απεικονίζεται στο Σχήμα Π.2, με διαστάσεις που δίνονται στον Πίνακα Π.1.



Σχήμα Π.2: Σχεδίαση τοίχου αντιστήριξης.

Πίνακας Π.1: Διαστάσεις τοίχου αντιστήριξης.

ΥΨΟΣ (m)	ΚΟΡΜΟΣ		ΠΕΔΙΛΟ						V _b m ³
	ΣΤΕΨΗ B ₀	ΒΑΣΗ B _u	ΕΣΩΤ. B _L	ΕΞΩΤ. B _R	B _{ολ.}	H ₂	H ₁	H _{ολ.}	
1,00	0,40	0,50	1,00	0,50	2,00	0,25	0,25	0,50	1,20
1,50	0,40	0,50	1,50	0,50	2,50	0,25	0,25	0,50	1,50
2,00	0,40	0,60	1,80	0,60	3,00	0,30	0,30	0,60	2,26
2,50	0,40	0,60	2,10	0,60	3,30	0,30	0,30	0,60	2,60
3,00	0,40	0,70	2,40	0,70	3,80	0,35	0,35	0,70	3,47
4,00	0,40	1,00	2,70	0,80	4,50	0,40	0,40	0,80	5,48
5,00	0,40	1,20	3,00	1,00	5,20	0,60	0,40	1,00	7,90
6,00	0,40	1,40	3,40	1,20	6,00	0,70	0,50	1,20	10,80
7,00	0,40	1,60	3,70	1,40	6,70	0,90	0,50	1,40	14,07
8,00	0,40	1,80	4,10	1,60	7,50	1,10	0,50	1,60	17,84

ΟΧΕΤΟΙ - Φύλλο TEX στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.tex

Εισάγονται:	1.	Όνομα	: Όνομα οχετού
	2.	ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3.	Υψόμετρο πυθμένα	: Υψόμετρο πυθμένα του οχετού
	4.	Πλάτος	: Πλάτος οχετού
	5.	Ύψος	: Ύψος οχετού
	6.	Γωνία	: Γωνία του οχετού με τον άξονα της οδού
	7.	Μήκος αριστερά	: Μήκος οχετού αριστερά
	8.	Μήκος δεξιά	: Μήκος οχετού δεξιά

9. Κλίση %	: Αφορά στην κατά μήκος κλίση στο εσωτερικό του οχετού. Θετική τιμή δηλώνει ότι υψηλότερη είναι η δεξιά πλευρά, ενώ αρνητική τιμή δηλώνει ότι υψηλότερη είναι η αριστερή πλευρά.
10. Κωδικός	: Αφορά στο είδος του οχετού και συμπληρώνεται ως εξής: «0» για απλή πληροφορία, «1» για κιβωτοειδή οχετό & «2» για σωληνωτό οχετό
11. Τύπος	: Δίνεται η δυνατότητα να σχεδιαστούν διατομές στις χιλιομετρικές θέσεις των οχετών, ανάλογα με τον αριθμό που εισάγεται στο κελί. Εισάγεται το «0» (χωρίς διατομή στη ΧΘ) ή το «1» (με διατομή στη ΧΘ)

Χρησιμοποιείται από τα Προγράμματα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**», «**ΜΕΟ**» και «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**».

ΣΗΜΑΙΕΣ - Φύλλο ΜΗΚ στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.mhk

Εισάγονται:	1. Σημαία	: Όνομα σημαίας
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση σημαίας
	3. Υψόμετρο	: Υψόμετρο σημαίας
	4. Ακτίνα	: Ακτίνα τόξου συναρμογής

Επιπρόσθετα, υπολογίζονται αυτόματα παρακάτω:

1. **Κατά μήκος κλίση s (i, i+1) (%)**
2. **Μήκος εφαπτομένης T (m)**
3. **Βέλος f (m)**

Χρησιμοποιείται από τα Προγράμματα «**ΜΕΟ**» και «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

Παρατήρηση: Με το πλήκτρο **ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΠΟ VPI.TXT**, υπάρχει η δυνατότητα απευθείας εισαγωγής των ονομάτων των σημαιών, των ΧΘ και των υψομέτρων τους, εφόσον έχει δημιουργηθεί από τον χρήστη το αρχείο VPI.TXT, μέσω του AutoCAD.

ΟΡΙΖΟΝΤΕΣ - Φύλλο ORZ στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.orz

Εισάγονται:	1. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση αρχής εφαρμογής ορίζοντα μηκοτομής
	2. Ορίζοντας	: Υψόμετρο αφετηρίας για τον άξονα Υ της μηκοτομής

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «**ΜΕΟ**»

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΑΡΙΣΤΕΡΑ - Φύλλο XML στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.xml

Εισάγονται:	1. Από ΧΘ	: Από χιλιομετρική θέση
	2. Έως ΧΘ	: Έως χιλιομετρική θέση

3.	Από ΔΗ	: Από υψομετρική διαφορά μεταξύ οδού και ποδός πρανούς
4.	Έως ΔΗ	: Έως υψομετρική διαφορά μεταξύ οδού και ποδός πρανούς
5.	Διαμόρφωση οδού	: Όνομα διαμόρφωσης μεταξύ οδού και πρανούς
6.	Κλίση πρανούς	: Κλίση πρανούς
7.	Διαμόρφωση εδάφους	: Διαμόρφωση μεταξύ εδάφους και πρανούς

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΔΕΞΙΑ - Φύλλο XMR στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.xmr

Εισάγονται:	1.	Από ΧΘ	: Από χιλιομετρική θέση
	2.	Έως ΧΘ	: Έως χιλιομετρική θέση
	3.	Από ΔΗ	: Από υψομετρική διαφορά μεταξύ οδού και ποδός πρανούς
	4.	Έως ΔΗ	: Έως υψομετρική διαφορά μεταξύ οδού και ποδός πρανούς
	5.	Διαμόρφωση οδού	: Όνομα διαμόρφωσης μεταξύ οδού και πρανούς
	6.	Κλίση πρανούς	: Κλίση πρανούς
	7.	Διαμόρφωση εδάφους	: Διαμόρφωση μεταξύ εδάφους και πρανούς

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ - Φύλλο KAT στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.kat

Εισάγονται:	1.	Διαμόρφωση	: Ονομασία διαμόρφωσης
	2.	ΔX	: Μήκος τμήματος της διαμόρφωσης κατά τον άξονα X
	3.	ΔY	: Μήκος τμήματος της διαμόρφωσης κατά τον άξονα Y
	4.	ΔY/ΔX [%]	: Κλίση τμήματος διαμόρφωσης
	5.	ΔZ	: Μήκος τμήματος της διαμόρφωσης κατά τον άξονα Z
	6.	Κωδικός	: Συμπληρώνεται με έναν από τους εξής αριθμούς: «-2» (τοποθέτηση στραγγιστηρίου στο τέλος του τμήματος), «-1» (τοποθέτηση στηθαίου ασφαλείας στο τέλος του τμήματος), «0» (καμία πρόσθετη ενέργεια) ή «1» (κλίση η κλίση της τελευταίας οδογραμμής)

7. **Χρώμα** : Συμπληρώνεται με έναν από τους αριθμούς **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13**, όπου ο καθένας αντιστοιχεί σε διαφορετικό χρώμα

Επιπρόσθετα, υπολογίζονται αυτόματα τα παρακάτω:

1. **Κλίση** : Η κλίση του τμήματος διαμόρφωσης

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

ΔΙΔΟΤΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ - Φύλλο STR στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.str

- Εισάγονται:
1. **Διαμόρφωση** : Ονομασία διαμόρφωσης
 2. **Τομή Οδοστρωσίας** : Εισάγεται ο αριθμός του τμήματος όπου θα τερματιστεί η οδοστρωσία (**0** = η βάση της οδοστρωσίας τερματίζει στο πρηνές)
 3. **Τομή Στράγγισης** : Εισάγεται ο αριθμός του τμήματος όπου θα τερματιστεί η στράγγιση (**0** = η βάση της στράγγισης τερματίζει στο πρηνές)
 4. **Τομή Έδρασης** : Εισάγεται ο αριθμός του τμήματος όπου θα τερματιστεί ή έδραση (**0** = η βάση της έδρασης τερματίζει στο πρηνές)
 5. **Έναρξη ή Τέλος Πρανών Οριζοντιογραφίας** : Το τέλος αυτού του τμήματος θα εμφανιστεί στην οριζοντιογραφία
 6. **Χαρακτηριστικό Υψόμετρο Διαμόρφωσης** : Το τέλος αυτού του τμήματος θα εμφανιστεί στη μηκοτομή

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

ΔΙΔΟΤΕΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ - Φύλλο PRO στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.pro

- Εισάγονται:
1. **Όνομα** : Όνομα διατομής
 2. **ΧΘ** : Χιλιομετρική θέση
 3. **Διαμόρφωση οδού αριστερά** : Όνομα διαμόρφωσης μεταξύ πρηνούς και οδού στα αριστερά
 4. **Κλίση πρηνούς αριστερά** : Κλίση πρηνούς στα αριστερά
 5. **Διαμόρφωση εδάφους αριστερά** : Όνομα διαμόρφωσης μεταξύ πρηνούς και εδάφους στα αριστερά
 6. **Διαμόρφωση οδού δεξιά** : Όνομα διαμόρφωσης μεταξύ πρηνούς και οδού στα δεξιά

7.	Κλίση πρανούς δεξιά	: Κλίση πρανούς στα δεξιά
8.	Διαμόρφωση εδάφους δεξιά	: Όνομα διαμόρφωσης μεταξύ πρανούς και εδάφους στα δεξιά

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «ΔΙΑΤΟΜΕΣ»

ΑΓΚΥΡΩΣΕΙΣ ΑΡΙΣΤΕΡΑ - Φύλλο AGL στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.agl

Εισάγονται:	1.	Διατομή	: Όνομα διατομής
	2.	Απόσταση	: Απόσταση σημείου έναρξης αγκυρώσεων και άξονα της οδού
	3.	Πλήθος	: Αριθμός αγκυρώσεων
	4.	Πλάτος	: Πλάτος αγκύρωσης

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «ΔΙΑΤΟΜΕΣ»

ΑΓΚΥΡΩΣΕΙΣ ΔΕΞΙΑ - Φύλλο AGR στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.agr

Εισάγονται:	1.	Διατομή	: Όνομα διατομής
	2.	Απόσταση	: Απόσταση σημείου έναρξης αγκυρώσεων και άξονα της οδού
	3.	Πλήθος	: Αριθμός αγκυρώσεων
	4.	Πλάτος	: Πλάτος αγκύρωσης

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «ΔΙΑΤΟΜΕΣ»

ΠΑΧΟΣ ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ - Φύλλο ΑΚΑ στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.aka

Εισάγονται:	1.	Από ΧΘ	: Από χιλιομετρική θέση
	2.	Έως ΧΘ	: Έως χιλιομετρική θέση
	3.	Πάχος ακαταλλήλων	: Πάχος στρώσης ακαταλλήλων (φυτική γη)

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «ΔΙΑΤΟΜΕΣ»

ΠΑΧΟΣ ΕΞΥΓΙΑΝΣΗΣ - Φύλλο EXY στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.exy

Εισάγονται:	1.	Από ΧΘ	: Από χιλιομετρική θέση
	2.	Έως ΧΘ	: Έως χιλιομετρική θέση
	3.	Πάχος εξυγίανσης	: Πάχος στρώσης εξυγίανσης

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «ΔΙΑΤΟΜΕΣ»

ΠΑΧΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΠΡΑΝΩΝ - Φύλλο PRA στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.pra

Εισάγονται:	1.	Από ΧΘ	: Από χιλιομετρική θέση
	2.	Έως ΧΘ	: Έως χιλιομετρική θέση
	3.	Φυτικά Αριστερού Πρανούς	: Πάχος στρώσης επένδυσης αριστερού πρανούς επιχώματος
	4.	Φυτικά Δεξιού Πρανούς	: Πάχος στρώσης επένδυσης δεξιού πρανούς επιχώματος

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»**ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΛΑΦΟΥΣ - Φύλλο BRU στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.bru**

Εισάγονται:	1.	Από ΧΘ	: Από χιλιομετρική θέση
	2.	Έως ΧΘ	: Έως χιλιομετρική θέση
	3.	% Κατάλληλων	: Ποσοστό κατάλληλων εδαφών
	4.	% Γ/Η	: Ποσοστό γαιωδών/ημιβραχώδων εδαφών
	5.	% Βράχου	: Ποσοστό βραχώδων εδαφών
	6.	Επίπλησμα	: Συντελεστής επιπλήσματος

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «**BRUCKNER**»**ΟΛΑ - Φύλλο OLA στο Excel - Παράγεται το αρχείο fm.ola**

Εισάγονται:	1.	Κατάλογος οδού	: Θέση στον υπολογιστή (φάκελος) των αρχείων της διασταυρούμενης οδού

Χρησιμοποιείται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΙΣ**»

Π.3 ΑΡΧΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τα εικονίδια που εμφανίζονται στο περιβάλλον εργασίας του H12 με πράσινο πλαίσιο αντιστοιχούν στα αρχεία εργασίας. Τα αρχεία εργασίας δημιουργούνται κατά την εκτέλεση των προγραμμάτων, με σκοπό να αποτελέσουν δεδομένα εισαγωγής σε άλλα προγράμματα σύμφωνα με τον αλγόριθμο εργασίας, καθώς και να αποτελέσουν αρχεία με χρήσιμες πληροφορίες για τον χρήστη, τα οποία στη συνέχεια θα γίνουν μέρος της τεχνικής έκθεσης του έργου.

Για παράδειγμα, το αρχείο **fm.ple** («Πλευρές τριγώνων μοντέλου εδάφους»), το οποίο περιέχει τα στοιχεία των πλευρών των τριγώνων του μοντέλου εδάφους, εξάγεται από το πρόγραμμα ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για τη λειτουργία του προγράμματος ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ, και το αρχείο **fm35.dat** («Στοιχεία οριζοντιογραφίας»), το οποίο εξάγεται από το πρόγραμμα ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ, περιέχει τα βασικά στοιχεία κάθε οριζοντιογραφικής καμπύλης και μπορεί να ενσωματωθεί στην τεχνική έκθεση του έργου.

Τα αρχεία εργασίας περιγράφονται παρακάτω.

ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ – fm.crs		
Περιέχονται:	1. XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	2. Απόσταση	: Απόσταση σημείου από τον άξονα της οδού
	3. Υψόμετρο	: Υψόμετρο σημείου
	4. Τύπος	: Τύπος του εδάφους μέχρι το επόμενο σημείο («1»: έδαφος ή «2»: υπάρχουσα οδός ή ασφαλικό)
	5. X	: Τετμημένη
	6. Y	: Τεταγμένη
	7. Κωδικός	: «Α»: άκρο αριστερά, «Μ»: τομή με άξονα, «D»: άκρο δεξιά, «Τ»: τομή με τρίγωνα του μοντέλου εδάφους

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

ΣΗΜΕΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ – fm.mod		
Περιέχονται:	1. X	: Τετμημένη
	2. Y	: Τεταγμένη
	3. Z	: Υψόμετρο

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ**»

Παρατήρηση: Στο αρχείο **fm.mod** περιέχονται μόνο τα σημεία του εδάφους που βρίσκονται εντός του πλαισίου που ορίζεται στο αρχείο **ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ** (Σειρές 23-28).

ΠΛΕΥΡΕΣ ΤΡΙΓΩΝΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ – fm.ple

Περιέχονται:	1.	X1	: Τετμημένη αρχής πλευράς τριγώνου
	2.	Y1	: Τεταγμένη αρχής πλευράς τριγώνου
	3.	Z1	: Υψόμετρο αρχής πλευράς τριγώνου
	4.	X2	: Τετμημένη τέλους πλευράς τριγώνου
	5.	Y2	: Τεταγμένη τέλους πλευράς τριγώνου
	6.	Z2	: Υψόμετρο τέλους πλευράς τριγώνου
	7.	A/A	: Αύξων αριθμός πλευράς

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ**»

ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΕΔΑΦΟΥΣ – fm.prf

Περιέχονται:	1.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	2.	Υψόμετρο	: Υψόμετρο εδάφους
	3.	X	: Τετμημένη
	4.	Y	: Τεταγμένη
	5.	Κωδικός	: E (Εδαφος) ή KA (Αρχή) ή T (Τομή με πλευρά τριγώνου) ή KT (Τέλος)

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΜΕΟ**»

ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΡΙΣΤΕΡΑ – fm.prl

Περιέχονται:	1.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	2.	Υψόμετρο	: Υψόμετρο εδάφους
	3.	X	: Τετμημένη
	4.	Y	: Τεταγμένη
	5.	Κωδικός	: E (Εδαφος) ή KA (Αρχή) ή T (Τομή με πλευρά τριγώνου) ή KT (Τέλος)

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΜΕΟ**»

ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΕΞΙΑ – fm.prr

Περιέχονται:	1.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	2.	Υψόμετρο	: Υψόμετρο εδάφους

3.	X	: Τετμημένη
4.	Y	: Τεταγμένη
5.	Κωδικός	: Ε (Εδαφος) ή ΚΑ (Αρχή) ή Τ (Τομή με πλευρά τριγώνου) ή ΚΤ (Τέλος)

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΜΕΟ**»

ΤΡΙΓΩΝΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ – fm.tri

Περιέχονται:	1.	X	: Τετμημένη κορυφής τριγώνου
	2.	Y	: Τεταγμένη κορυφής τριγώνου
	3.	Z	: Υψόμετρο κορυφής τριγώνου
	4.	Τύπος	: «1» για την πρώτη κορυφή του τριγώνου και «0» για τις υπόλοιπες κορυφές (σε κάθε τρίγωνο, η 4 ^η κορυφή με χαρακτηρισμό «0» συμπίπτει με την πρώτη κορυφή με χαρακτηρισμό «1»)
	5.	IJK	: Αύξων αριθμός σημείου στο αρχείο δεδομένων ΣΗΜΕΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ – fm.mod
	6.	A/A	: Αύξων αριθμός τριγώνου

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΛΑΦΟΥΣ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ**»

ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΗΣΗ ΑΞΟΝΑ – fm1.dat

Περιέχονται:	1.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	2.	Τύπος	: «step» για τα σημεία του άξονα που προκύπτουν σύμφωνα με το βήμα που έχει δοθεί στις παραμέτρους (σειρά 43) ή «fm43.dat» για τα σημεία του άξονα που υπάρχουν στο αρχείο fm43.dat («Διατομές με βήμα»)

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

ΘΕΣΕΙΣ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ ΕΛΑΦΟΥΣ – fm2.dat

Περιέχονται:	1.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	2.	Υψόμετρο	: Υψόμετρο εδάφους

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ**»

Εισάγεται στα Προγράμματα «**ΜΕΟ**» και «**3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**»

ΘΕΣΕΙΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΕΛΑΦΟΥΣ – fm3.dat

Περιέχονται:	1.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση

2. Απόσταση	: Απόσταση αριστερά (-) ή δεξιά (+) του άξονα
3. Υψόμετρο	: Υψόμετρο εδάφους στην αντίστοιχη απόσταση

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ**»

Εισάγεται στα Προγράμματα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**» και «**3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**»

ΣΗΜΕΙΑ ΑΞΟΝΑ – fm4.dat

Περιέχονται:	1. XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	2. X	: Τετμημένη σημείου
	3. Y	: Τεταγμένη σημείου
	4. Τύπος	: «step» για τα σημεία του άξονα που προκύπτουν σύμφωνα με το βήμα που έχει δοθεί στις παραμέτρους (σειρά 43) ή «fm43.dat» για τα σημεία του άξονα που υπάρχουν στο αρχείο fm43.dat («Διατομές με βήμα»)

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ**»

ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΑΚΡΟ ΠΡΑΝΩΝ – fm5.dat

Περιέχονται:	1. No	: Αύξων αριθμός σημείου γραμμής πρανούς μεταξύ δύο διαδοχικών διατομών
	2. XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. X	: Τετμημένη
	4. Y	: Τεταγμένη
	5. Z	: Υψόμετρο
	6. Χρώμα	: «2» (πράσινο) εάν το πρανές είναι σε επίχωμα ή «5» (ματζέντα) εάν το πρανές είναι σε όρυγμα

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**»

ΔΕΞΙΟ ΑΚΡΟ ΠΡΑΝΩΝ – fm6.dat

Περιέχονται:	1. No	: Αύξων αριθμός σημείου γραμμής πρανούς μεταξύ δύο διαδοχικών διατομών
	2. XΘ	: Χιλιομετρική Θέση
	3. X	: Τετμημένη
	4. Y	: Τεταγμένη
	5. Z	: Υψόμετρο

6. **Χρώμα** : «2» (πράσινο) εάν το πρανές είναι σε επίχωμα
ή «5» (ματζέντα) εάν το πρανές είναι σε
όρυγμα

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «*ΔΙΑΤΟΜΕΣ*»

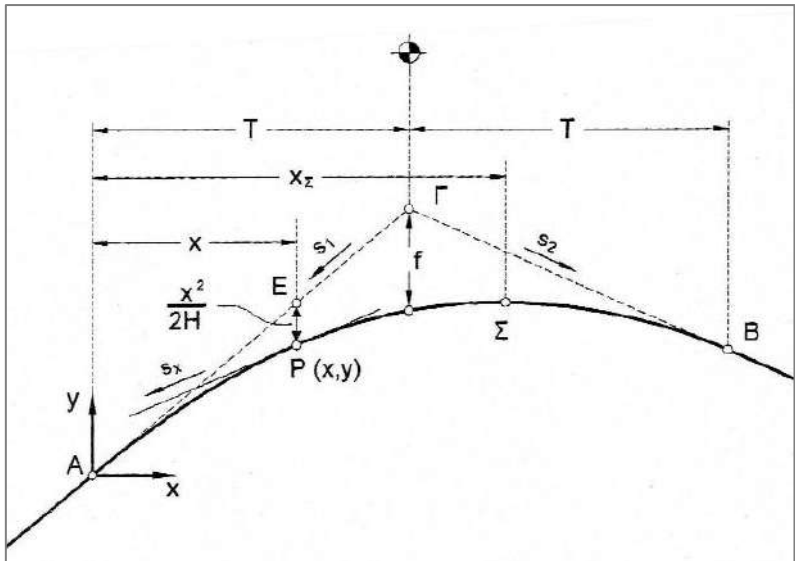
Εισάγεται στο Πρόγραμμα «*3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ*»

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ - fm7.dat (βλ. Σχήμα Π.3)

Περιέχονται:	1. Σημαία	: Όνομα σημαίας
	2. XΘ	: Χιλιομετρική θέση σημαίας
	3. Υψόμετρο	: Υψόμετρο σημαίας
	4. Κλίση_ %	: Κατά μήκος κλίση
	5. Εφαπτομένη	: Εφαπτομένη T
	6. f	: Μέγιστο βέλος
	7. Ακτίνα	: Ακτίνα τόξου στρογγύλευσης
	8. H_Μέσου	: Υψόμετρο στο μέσο του τόξου στρογγύλευσης
	9. XΘ_Αρχής	: Χιλιομετρική θέση στην αρχή του τόξου στρογγύλευσης
	10. H_Αρχής	: Υψόμετρο στην αρχή του τόξου στρογγύλευσης
	11. XΘ_Τέλους	: Χιλιομετρική θέση στο τέλος του τόξου στρογγύλευσης
	12. H_Τέλους	: Υψόμετρο στο τέλος του τόξου στρογγύλευσης
	13. XΘ_Ακρότατου	: Χιλιομετρική θέση στο ακρότατο του τόξου στρογγύλευσης
	14. H_Ακρότατου	: Υψόμετρο στο ακρότατο του τόξου στρογγύλευσης

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «*ΜΕΘ*»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «*ΟΡΑΤΟΤΗΤΕΣ*»



Σχήμα Π.3: Στοιχεία τόξου στρογγύλευσης μηκοτομής.

TEAIKA TPIΓΩNA – fm8.dat

Περιέχονται:	1. X	: Τετμημένη κορυφής τριγώνου
	2. Y	: Τεταγμένη κορυφής τριγώνου
	3. Z	: Υψόμετρο κορυφής τριγώνου
	4. Γραφή	: «1» για σημείο έναρξης τριγώνου ή «0» για σημείο συνέχειας ή τέλους τριγώνου
	5. Τύπος	: Στοιχείο της οδού ή του περιβάλλοντος που αντιπροσωπεύει το τρίγωνο («A_EDAFOS»: έδαφος αριστερά, «D_EDAFOS»: έδαφος δεξιά, «A_PRANES»: πρανές αριστερά, «D_PRANES»: πρανές δεξιά, «A_OG1-10»: αριστερή οδογραμμή 1-10, «D_OG1-10»: δεξιά οδογραμμή 1-10)
	6. Χρώμα	: Χρώμα τριγώνου ανάλογα με το στοιχείο που αυτό αντιπροσωπεύει, όπως έχει καθοριστεί
	7. XΘ	: Χιλιομετρική θέση του σημείου έναρξης του τριγώνου
	8. A/A	: Αύξων αριθμός τριγώνου

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ»

Εισάγεται στα Προγράμματα «**ΟΡΑΤΟΤΗΤΕΣ**» και «**ΠΡΟΟΠΤΙΚΑ**»

ΚΛΙΣΕΙΣ / ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ - fm9.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. XΘ	: Χιλιομετρική θέση

3.	Δμρφ_Δρ_A	: Διαμόρφωση δρόμου αριστερά
4.	Κλίση_A	: Κλίση αριστερά
5.	Δμρφ_Εδ_A	: Διαμόρφωση εδάφους αριστερά
6.	Δμρφ_Δρ_Δ	: Διαμόρφωση δρόμου δεξιά
7.	Κλίση_Δ	: Κλίση δεξιά
8.	Δμρφ_Εδ_Δ	: Διαμόρφωση εδάφους δεξιά

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕ ΠΡΑΝΗ**»

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΚΛΙΣΕΩΝ – fm10.dat

Περιέχονται:	1.	Ο/Γ	: Οδογραμμή
	2.	Από_XΘ	: Από χιλιομετρική θέση
	3.	Έως_XΘ	: Έως χιλιομετρική θέση
	4.	Από_q	: Από επίκλιση
	5.	Έως_q	: Έως επίκλιση
	6.	Ds	: Κλίση υπερύψωσης των οριογραμμών του οδοστρώματος

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΜΕΟ**»

ΘΕΣΕΙΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ – fm11.dat

Περιέχονται:	1.	Όνομα	: Όνομα διατομής
	2.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση διατομής
	3.	PX	: Τετμημένη κέντρου διατομής στο σχέδιο
	4.	PY	: Τεταγμένη κέντρου διατομής στο σχέδιο
	5.	Min_Ορίζων	: Ελάχιστος ορίζοντας υψομέτρων
	6.	Max_Ορίζων	: Μέγιστος ορίζοντας υψομέτρων
	7.	X_Αριστερά	: Τετμημένη σημείου αριστερά σε περίπτωση χρήσης πολλαπλών διατομών
	8.	Y_Αριστερά	: Τεταγμένη σημείου αριστερά σε περίπτωση χρήσης πολλαπλών διατομών
	9.	X_Δεξιά	: Τετμημένη σημείου δεξιά σε περίπτωση χρήσης πολλαπλών διατομών
	10.	Y_Δεξιά	: Τεταγμένη σημείου δεξιά σε περίπτωση χρήσης πολλαπλών διατομών

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΕΛΑΦΟΥΣ (1) – fm12.dat

Περιέχονται:	1.	Όνομα	: Όνομα διατομής

2.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση διατομής
3.	Υψόμετρο	: Υψόμετρο εδάφους στον άξονα της οδού
4.	Από_Πριν	: Απόσταση διατομής από την προηγούμενη

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΜΕΟ**»

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ (3) – fm14.dat

Περιέχονται:	1.	Κορυφή	: Κορυφή πολυγωνικής
	2.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3.	B_grad	: Εσωτερική γωνία κορυφής (σε grad)
	4.	R	: Ακτίνα κυκλικού τόξου
	5.	ΑΚ	: Απόσταση κορυφής από την αρχή της κλωθοειδούς
	6.	Α'Κ	: Απόσταση κορυφής από το τέλος της κλωθοειδούς
	7.	δ	: Απόσταση κορυφής από το κυκλικό τόξο
	8.	ΩΩ'	: Μήκος κυκλικού τόξου
	9.	L	: Μήκος κλωθοειδούς
	10.	DR	: Εκτροπή

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΜΕΟ**»

ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ (2) – fm15.dat

Περιέχονται:	1.	Όνομα	: Όνομα διατομής
	2.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3.	Απόσταση	: Απόσταση σημείου από άξονα οδού
	4.	Υψόμετρο	: Υψόμετρο σημείου
	5.	Τύπος	: Τύπος του εδάφους μέχρι το επόμενο σημείο (1 = έδαφος & 2 = Υπάρχουσα οδός ή ασφαλτικό)
	6.	Χρώμα	: Χρώμα διατομής εδάφους (86 = καφέ)

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ (3) – fm16.dat

Περιέχονται:	1.	Όνομα	: Όνομα διατομής
	2.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3.	Απόσταση	: Απόσταση σημείου από άξονα οδού
	4.	Υψόμετρο	: Υψόμετρο σημείου

5. Τύπος	: Τύπος του εδάφους μέχρι το επόμενο σημείο (1 = έδαφος & 2 = Υπάρχουσα οδός ή ασφαλιστικό)
6. Χρώμα	: Χρώμα διατομής εδάφους (86 = καφέ)

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

ΕΡΥΘΡΑ ΔΙΑΤΟΜΩΝ – fm17.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Ερυθρό	: Υψόμετρο οδού
	4. Έδαφος	: Υψόμετρο εδάφους
	5. Ερθ-Εδφ	: Υψομετρική διαφορά οδού – εδάφους
	6. Κλίση_%	: Κατά μήκος κλίση
	7. R_v	: Ακτίνα καμπυλότητας μηκοτομής

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΜΕΟ (ΜΗΚΟΤΟΜΗ)**»

Εισάγεται στα Προγράμματα «**ΜΕΟ (ΕΠΙΚΑΙΣΕΙΣ)**», «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**» και «**3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**»

ΧΘ, X, Y, Z ΔΙΑΤΟΜΩΝ - fm18.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση διατομής
	3. X	: Τετμημένη άξονα
	4. Y	: Τεταγμένη άξονα
	5. Z	: Υψόμετρο άξονα
	6. Αξιμούθιο	: Αξιμούθιο διατομής (σε grad)
	7. R_h	: Ακτίνα καμπυλότητας οριζοντιογραφίας
	8. Από_Πριν	: Απόσταση από την προηγούμενη διατομή

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΜΕΟ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**»

ΠΡΑΝΗ - fm19.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Απ_Δρμ_Αρ	: Απόσταση άκρου οδού αριστερά
	4. Υψ_Δρμ_Αρ	: Υψόμετρο άκρου οδού αριστερά
	5. Απ_Δμρ_Αρ	: Απόσταση άκρου διαμόρφωσης αριστερά
	6. Υψ_Δμρ_Αρ	: Υψόμετρο άκρου διαμόρφωσης αριστερά

7. Απ_Πρν_Αρ	: Απόσταση άκρου ποδός πρανούς αριστερά
8. Υψ_Πρν_Αρ	: Υψόμετρο άκρου ποδός πρανούς αριστερά
9. Dh_Αριστ	: Υψομετρική διαφορά μεταξύ άκρου οδού και άκρου ποδός πρανούς αριστερά
10. Απ_Δρμ_Δξ	: Απόσταση άκρου οδού δεξιά
11. Υψ_Δρμ_Δξ	: Υψόμετρο άκρου οδού δεξιά
12. Απ_Δμρ_Δξ	: Απόσταση άκρου διαμόρφωσης δεξιά
13. Υψ_Δμρ_Δξ	: Υψόμετρο άκρου διαμόρφωσης δεξιά
14. Απ_Πρν_Δξ	: Απόσταση άκρου ποδός πρανούς δεξιά
15. Υψ_Πρν_Δξ	: Υψόμετρο άκρου ποδός πρανούς δεξιά
16. Dh_Δεξιά	: Υψομετρική διαφορά μεταξύ άκρου οδού και άκρου ποδός πρανούς δεξιά

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

Εισάγεται στα Προγράμματα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕ ΠΡΑΝΗ**» και «**3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**»

ΠΡΟΒΟΛΕΣ / ΧΘ - fm20.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. X_Σημείου	: Τετμημένη προβαλλόμενου σημείου
	4. Y_Σημείου	: Τεταγμένη προβαλλόμενου σημείου
	5. Z_Επιθυμητό	: Επιθυμητό υψόμετρο προβαλλόμενου σημείου
	6. X_Προβολής	: Τετμημένη προβολής
	7. Y_Προβολής	: Τεταγμένη προβολής
	8. Απόσταση	: Απόσταση προβαλλόμενου σημείου – προβολής
	9. Τύπος	: 0: Χωρίς διατομή, 1: Με διατομή

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕ ΠΡΑΝΗ**»

ΔΙΑΤΟΜΕΣ - fm22.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. X	: Τετμημένη άξονα
	4. Y	: Τεταγμένη άξονα
	5. Αζιμούθιο	: Αζιμούθιο διατομής (σε grad)
	6. R_h	: Ακτίνα καμπυλότητας οριζοντιογραφίας
	7. Από_Πρν	: Απόσταση από την προηγούμενη διατομή

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

Εισάγεται στα Προγράμματα «**ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ**», «**ΜΕΟ**», «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**» και «**3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**»

ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ - fm23.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Απόσταση	: Απόσταση σημείου από τον άξονα
	4. Υψόμετρο	: Υψόμετρο σημείου
	5. Τύπος	: Τύπος εδάφους (1= έδαφος, 2= οδός)
	6. Χρώμα	: Χρώμα με το οποίο έχει σχεδιαστεί κάθε στοιχείο της διατομής

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**»

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΕΛΑΦΟΥΣ - fm25.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα Διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική Θέση

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ m² - fm26.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Όρυγμα [m ²]	: Εμβαδόν επιφάνειας ορύγματος
	4. Επίχωμα [m ²]	: Εμβαδόν επιφάνειας επιχώματος
	5. Ακατ_Ορυγ [m ²]	: Εμβαδόν ακατάλληλων ορύγματος
	6. Ακατ_Επιχ [m ²]	: Εμβαδόν ακατάλληλων επιχώματος
	7. Οδοστρωσία [m ²]	: Εμβαδόν στρώσεων οδοστρωσίας
	8. Στράγγιση [m ²]	: Εμβαδόν στρώσης στράγγισης
	9. Έδραση [m ²]	: Εμβαδόν στρώσης έδρασης
	10. Πρα_Επιχ [m]	: Μήκος πρανών επιχωμάτων
	11. Πρα_Ορυγ [m]	: Μήκος πρανών ορυγμάτων
	12. Εξυγίανση [m ²]	: Εμβαδόν εξυγίανσης

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «*ΔΙΑΤΟΜΕΣ*»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «*BRUCKNER*»

ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ m^3 - fm27.dat

Περιέχονται:	1.	Όνομα	: Όνομα διατομής
	2.	ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3.	Όρυγμα [m^3]	: Όγκος ορυγμάτων
	4.	Επίχωμα [m^3]	: Όγκος επιχωμάτων
	5.	Ακατ_Όρυγ [m^3]	: Όγκος ακατάλληλων ορύγματος
	6.	Ακατ_Επιχ [m^3]	: Όγκος ακατάλληλων επιχώματος
	7.	Οδοστρωσία [m^3]	: Όγκος στρώσεων οδοστρωσίας
	8.	Στράγγιση [m^3]	: Όγκος στρώσης στράγγισης
	9.	Έδραση [m^3]	: Όγκος στρώσης έδρασης
	10.	Πρα_Επιχ [m^2]	: Εμβαδόν πρανών επιχωμάτων
	11.	Πρα_Όρυγ [m^2]	: Εμβαδόν πρανών ορυγμάτων
	12.	Εξυγίανση [m^3]	: Όγκος εξυγίανσης

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «*ΔΙΑΤΟΜΕΣ*»

ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ - fm28.dat

Περιέχονται:	1.	Όνομα	: Όνομα διατομής
	2.	ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3.	Όρυγμα [m^3]	: Όγκος ορυγμάτων
	4.	Επίχωμα [m^3]	: Όγκος επιχωμάτων
	5.	Ακατ_Όρυγ [m^3]	: Όγκος ακατάλληλων ορύγματος
	6.	Ακατ_Επιχ [m^3]	: Όγκος ακατάλληλων επιχώματος
	7.	Οδοστρωσία [m^3]	: Όγκος στρώσεων οδοστρωσίας
	8.	Στράγγιση [m^3]	: Όγκος στρώσης στράγγισης
	9.	Έδραση [m^3]	: Όγκος στρώσης έδρασης
	10.	Πρα_Επιχ [m^2]	: Εμβαδόν πρανών επιχωμάτων

11. Πρα_Ορυγμ [m ²]	: Εμβαδόν πρανών ορυγμάτων
12. Εξυγίανση	: Όγκος εξυγίανσης
Επιπλέον, περιέχονται προμετρήσεις για τις διαμορφώσεις και τα τυχόν τεχνικά έργα της οδού, ως εξής:	
1. Όνομα	: Όνομα διαμόρφωσης
2. Μήκος	: Μήκος διαμόρφωσης / τεχνικού
3. Εμβαδόν	: Εμβαδόν διαμόρφωσης
4. Όγκος	: Όγκος διαμόρφωσης
Εξάγεται από το Πρόγραμμα « <i>ΔΙΑΤΟΜΕΣ</i> »	

ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΓΑΙΩΝ - fm29.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Αποστάσεις Μεταξύ	: Αποστάσεις μεταξύ διατομών
	4. Όρυγμα Επιφάνεια	: Επιφάνεια ορύγματος που πρέπει να εκσκαφθεί, σε m ²
	5. Όρυγμα Μέση_Επιφ	: Μέση επιφάνεια ορύγματος, σε m ²
	6. Όρυγμα Κύβοι	: Όγκος ορύγματος, σε m ³
	7. Ακατάλληλα	: Όγκος ακατάλληλων εδαφών, σε m ³
	8. Όρυγμα Γ/Η	: Όρυγμα από γαιώδη – ημιβραχώδη εδάφη, σε m ³
	9. Όρυγμα Βράχος	: Όρυγμα από βραχώδη εδάφη, σε m ³
	10. Επίχωμα Επιφάνεια	: Επιφάνεια επιχώματος που πρέπει να κατασκευασθεί, σε m ²
	11. Επίχωμα Μέση_Επιφ	: Μέση επιφάνεια επιχώματος, σε m ²
	12. Επίχωμα Κύβοι	: Όγκος επιχώματος, σε m ³
	13. Επίπλησμα	: Συντελεστής επιπλήσματος
	14. Όρυγμα Επιπλησμένο	: Όγκος επιπλησμένου ορύγματος, σε m ³
	15. Εσωτερική Μεταφορά	: Όγκος ορυγμάτων που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή επιχωμάτων στην ίδια διατομή, σε m ³
	16. Πλεόνασμα Ορύγματος	: Όγκος πλεονάσματος ορύγματος, σε m ³

17. Πλεονάσμα Επιχώματος	: Όγκος πλεονάσματος επιχώματος, σε m^3
18. Αλγεβρικό Αθροισμα Κύβων	: Σε m^3 , αρνητικό για περίσσεια ορυγμάτων, θετικό για περίσσεια επιχωμάτων
19. Χαλαρά	: Επιφάνεια χαλαρών εδαφών, σε m^2
20. Χαλαρά Μέση_Επιφ	: Μέση επιφάνεια χαλαρών εδαφών, σε m^2
21. Χαλαρά	: Όγκος χαλαρών εδαφών, σε m^3
22. Επένδυση	: Επιφάνεια επένδυσης πρανών, σε m^2
23. Επένδυση Μέση_Επιφ	: Μέση επιφάνεια επένδυσης πρανών, σε m^2
24. Επένδυση	: Όγκος επένδυσης πρανών, σε m^3

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**BRUCKNER**».

Παρατήρηση: Κατάλληλα και ακατάλληλα νοούνται ως προς το εάν γίνεται να χρησιμοποιηθούν για κατασκευή επιχωμάτων.

ΚΑΘΕΤΕΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ - fm30.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Χα	: Τετμημένη αριστερού άκρου κάθετης ευθείας
	4. Υα	: Τεταγμένη αριστερού άκρου κάθετης ευθείας
	5. Χκ	: Τετμημένη κέντρου
	6. Υκ	: Τεταγμένη κέντρου
	7. Χδ	: Τετμημένη δεξιού άκρου κάθετης ευθείας
	8. Υδ	: Τεταγμένη δεξιού άκρου κάθετης ευθείας
	9. Αξιμούθιο	: Αξιμούθιο του άξονα της οδού (σε grad)

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ**»

ΑΡΙΣΤΕΡΕΣ ΟΔΟΓΡΑΜΜΕΣ - fm31.dat

Περιέχονται:	1. Ο/Γ	: Αριθμός οδογραμμής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Πλάτος	: Απόσταση οδογραμμής από την προηγούμενη οδογραμμή (ή από τον άξονα για την 1 ^η οδογραμμή)
	4. Επίκλιση_%	: Εγκάρσια κλίση με την προηγούμενη οδογραμμή (ή τον άξονα για την 1 ^η οδογραμμή)

5. Οδοστρωσία	: Πάχος οδοστρωσίας οδογραμμής
6. Στράγγιση	: Πάχος στράγγισης οδογραμμής
7. Έδραση	: Πάχος έδρασης οδογραμμής
8. Κορυφή	: Κορυφή οριζοντιογραφίας όπου ανήκει αυτή η χιλιομετρική θέση

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

Εισάγεται στα Προγράμματα «**ΜΕΟ**» και «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

ΔΕΞΙΕΣ ΟΔΟΓΡΑΜΜΕΣ - fm32.dat

Περιέχονται:	1. Ο/Γ	: Αριθμός οδογραμμής
	2. XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Πλάτος	: Απόσταση οδογραμμής από την προηγούμενη οδογραμμή (ή από τον άξονα για την 1 ^η οδογραμμή)
	4. Επικλίση_%	: Εγκάρσια κλίση με την προηγούμενη οδογραμμή (ή τον άξονα για την 1 ^η οδογραμμή)
	5. Οδοστρωσία	: Πάχος οδοστρωσίας οδογραμμής
	6. Στράγγιση	: Πάχος στράγγισης οδογραμμής
	7. Έδραση	: Πάχος έδρασης οδογραμμής
	8. Κορυφή	: Κορυφή οριζοντιογραφίας όπου ανήκει αυτή η χιλιομετρική θέση

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

Εισάγεται στα Προγράμματα «**ΜΕΟ**» και «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΕΛΛΑΦΟΣ - fm33.dat

Περιέχονται:	1. X	: Τετμημένη σημείου
	2. Y	: Τεταγμένη σημείου
	3. Z	: Υψόμετρο σημείου
	4. XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	5. Απόσταση	: Απόσταση σημείου από άξονα

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**»

ΔΕΞΙΟ ΕΛΛΑΦΟΣ - fm34.dat

Περιέχονται:	1. X	: Τετμημένη σημείου
	2. Y	: Τεταγμένη σημείου
	3. Z	: Υψόμετρο σημείου
	4. XΘ	: Χιλιομετρική θέση

5. **Απόσταση** : Απόσταση σημείου από άξονα

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ»

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ (1) - fm35.dat (βλ. Σχήμα Π.4 και Σχήμα Π.5)

Περιέχονται: Για την πρώτη και τελευταία κορυφή της οριζοντιογραφίας:

1. **K** : Κορυφή
2. **X** : Τετμημένη κορυφής
3. **Y** : Τεταγμένη κορυφής

Για κορυφή Οριζοντιογραφίας χωρίς ακτίνα:

1. **K** : Κορυφή
2. **X** : Τετμημένη κορυφής
3. **Y** : Τεταγμένη κορυφής
4. **B** : Εσωτερική γωνία κορυφής (σε grad)

Για κορυφή με συμμετρικές κλωθοειδείς:

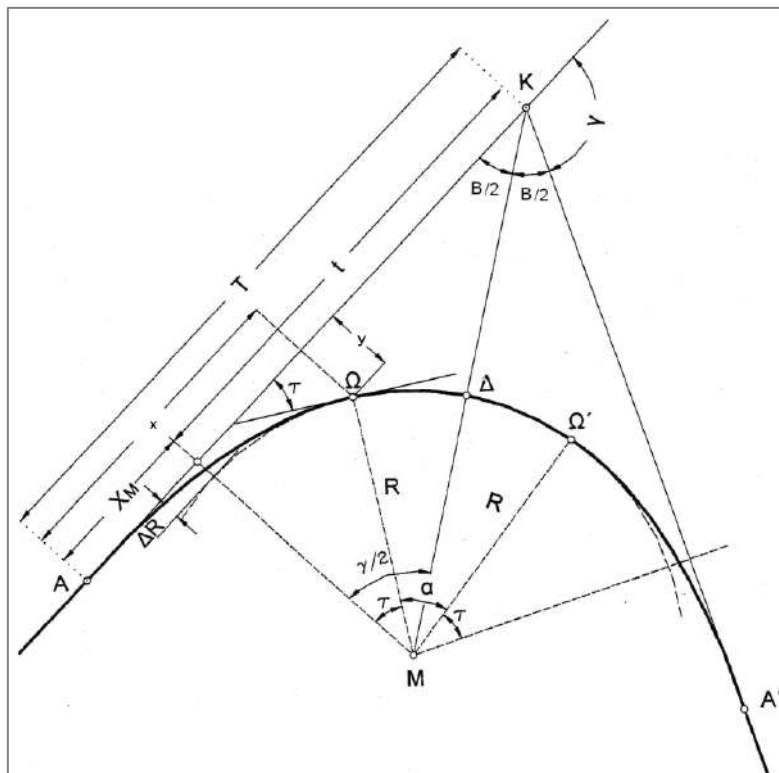
1. **K** : Κορυφή
2. **X** : Τετμημένη κορυφής
3. **Y** : Τεταγμένη κορυφής
4. **B** : Εσωτερική γωνία κορυφής (σε grad)
5. **R** : Ακτίνα κυκλικού τόξου
6. **AK** : Απόσταση κορυφής και αρχής της κλωθοειδούς
7. **δ** : Απόσταση κορυφής και κυκλικού τόξου
8. **ΔR** : Εκτροπή
9. **L** : Μήκος κλωθοειδούς
10. **ΩΩ'** : Μήκος κυκλικού τόξου
11. **AΩΩA'** : Μήκος κυκλικού τόξου και κλωθοειδών
12. **x**
13. **y**
14. **d_{max}** : Μέγιστη επίκλιση στροφής

Για κορυφή με ασύμμετρες κλωθοειδείς:

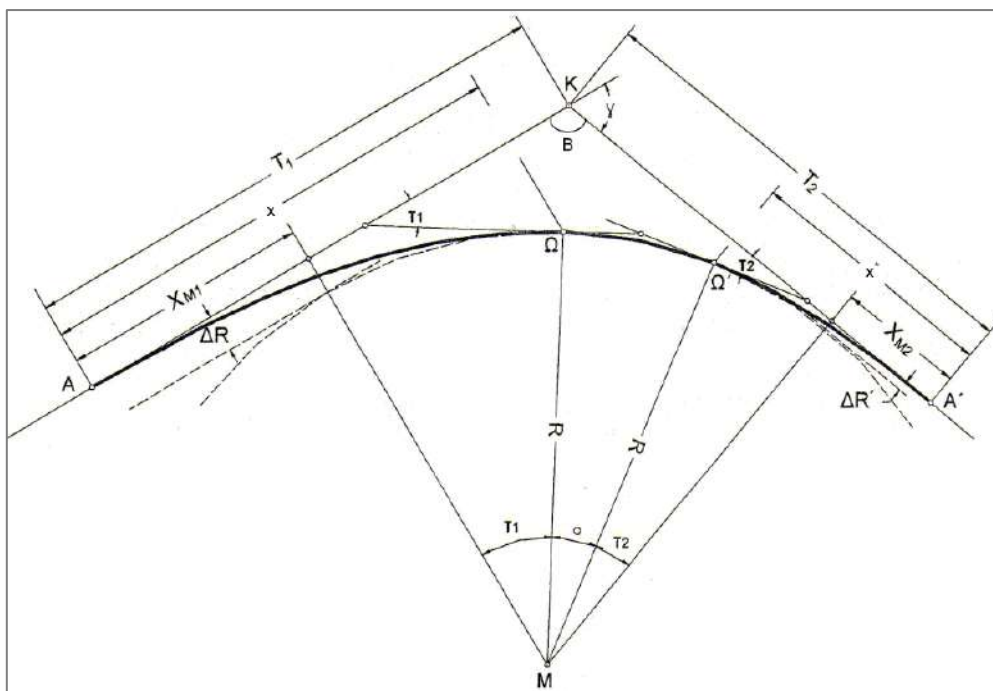
1. **K** : Κορυφή
2. **X** : Τετμημένη κορυφής
3. **Y** : Τεταγμένη κορυφής
4. **B** : Εσωτερική γωνία κορυφής (σε grad)
5. **R** : Ακτίνα κυκλικού τόξου
6. **AK** : Απόσταση κορυφής και αρχής της κλωθοειδούς
7. **A'K** : Απόσταση κορυφής και τέλους της κλωθοειδούς

8.	δ	: Απόσταση κορυφής και κυκλικού τόξου
9.	ΔR	: Εκτροπή εισόδου
10.	$\Delta R'$	: Εκτροπή εξόδου
11.	L	: Μήκος κλωθοειδούς εισόδου
12.	L^*	: Μήκος κλωθοειδούς εξόδου
13.	$\Omega\Omega'$	: Μήκος κυκλικού τόξου
14.	$A\Omega\Omega A'$	: Μήκος κυκλικού τόξου και κλωθοειδών
15.	x	
16.	y	
17.	x^*	
18.	y^*	

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «*ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ*»



Σχήμα Π.4: Συμμετρικά τόξα συναρμογής σε κορυφή πολυγωνικής οδού.



Σχήμα Π.5: Μη συμμετρικά τόξα συναρμογής σε κορυφή πολυγωνικής οδού.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ (2) – fm36.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα κορυφής
	2. B_grad	: Εσωτερική γωνία κορυφής (σε grad)
	3. KK	: Απόσταση διαδοχικών κορυφών
	4. R	: Ακτίνα κυκλικού τόξου
	5. AK	: Απόσταση μεταξύ κορυφής και αρχής της κλωθοειδούς
	6. A'K	: Απόσταση μεταξύ κορυφής και τέλους της κλωθοειδούς
	7. δ	: Απόσταση κορυφής και κυκλικού τόξου
	8. DR	: Εκτροπή εισόδου
	9. DR'	: Εκτροπή εξόδου
	10. ΩΩ'	: Μήκος κυκλικού τόξου
	11. ΑΩΩ'Α'	: Μήκος κυκλικού τόξου και κλωθοειδών
	12. Α'Α	: Μήκος ευθυγραμμίας μεταξύ διαδοχικών καμπυλών
	13. Α_Εισόδου	: Παράμετρος κλωθοειδούς εισόδου
	14. Α_Εξόδου	: Παράμετρος κλωθοειδούς εξόδου
	15. Φορά	: Φορά καμπύλης κατά τη χλιομέτρηση

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «ΜΕΟ»

A, Ω, Δ, Ω', A' - fm37.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. X	: Τετμημένη
	4. Y	: Τεταγμένη
	5. Αζιμούθιο	: Αζιμούθιο άξονα (σε grad)
	6. R _h	: Ακτίνα καμπυλότητας οριζοντιογραφίας
	7. Από_Πριν	: Απόσταση από την προηγούμενη διατομή

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

XΘ, X, Y ΑΞΟΝΑ - fm38.dat

Περιέχονται:	1. A/A	: Αύξων αριθμός
	2. XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. X	: Τετμημένη
	4. Y	: Τεταγμένη
	5. Αζιμούθιο	: Αζιμούθιο άξονα (σε grad)
	6. R _h	: Ακτίνα καμπυλότητας οριζοντιογραφίας

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΜΕΟ**»

XYZ ΑΞΟΝΑ - fm39.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Αύξων αριθμός
	2. XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. X	: Τετμημένη άξονα
	4. Y	: Τεταγμένη άξονα
	5. Z	: Υψόμετρο άξονα
	6. Κλίση_%	: Κατά μήκος κλίση
	7. R _v	: Ακτίνα καμπυλότητας μηκοτομής
	8. Αζιμούθιο	: Αζιμούθιο άξονα οδού (σε grad)
	9. R _h	: Ακτίνα καμπυλότητας οριζοντιογραφίας

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΜΕΟ (ΜΗΚΟΤΟΜΗ)**»

Εισάγεται στα Προγράμματα «**ΜΕΟ (ΟΜΟΕ)**», «**3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**», «**ΟΡΑΤΟΤΗΤΕΣ**» και «**ΠΡΟΟΠΤΙΚΑ**»

XY ΟΔΟΓΡΑΜΜΩΝ - fm40.dat

Περιέχονται:	1. Ο/Γ	: Αριθμός οδογραμμής
	2. A/A	: Αύξων αριθμός

3. XΘ	: Χιλιομετρική θέση
4. X	: Τετμημένη
5. Y	: Τεταγμένη
6. Απόσταση	: Απόσταση οδογραμμής από την προηγούμενη (ή από τον άξονα για την 1 ^η οδογραμμή)

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΜΕΟ**»

XYZ ΟΔΟΓΡΑΜΜΩΝ – fm41.dat

Περιέχονται:	1. O/Γ	: Αριθμός οδογραμμής
	2. A/A	: Αύξων αριθμός
	3. XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	4. X	: Τετμημένη
	5. Y	: Τεταγμένη
	6. Z	: Υψόμετρο
	7. Κλίση_ %	: Κατά μήκος κλίση
	8. Επικλίση_ %	: Εγκάρσια κλίση μεταξύ της οδογραμμής και της προηγούμενης (ή του άξονα για την 1 ^η οδογραμμή)
	9. Ds	: Κλίση υπερέψωσης οδογραμμής
	10. Πλάτος	: Απόσταση μεταξύ της οδογραμμής και της προηγούμενης (ή του άξονα για την 1 ^η οδογραμμή)

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΜΕΟ (ΕΠΙΚΛΙΣΕΙΣ)**»

Εισάγεται στα Προγράμματα «**ΜΕΟ (ΟΜΟΕ)**», «**3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**», «**ΟΡΑΤΟΤΗΤΕΣ**» και «**ΠΡΟΟΠΤΙΚΑ**»

ΚΑΘΕΤΕΣ ΠΡΟΒΟΛΩΝ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ – fm42.dat

Περιέχονται:	1. A/A	: Αύξων αριθμός
	2. XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. X_α	: Τετμημένη αριστερού άκρου κάθετης ευθείας
	4. Y_α	: Τεταγμένη αριστερού άκρου κάθετης ευθείας
	5. X_κ	: Τετμημένη κέντρου
	6. Y_κ	: Τεταγμένη κέντρου
	7. X_δ	: Τετμημένη δεξιού άκρου κάθετης ευθείας
	8. Y_δ	: Τεταγμένη δεξιού άκρου κάθετης ευθείας
	9. Αζιμούθιο	: Αζιμούθιο άξονα οδού (σε grad)

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΜΕ ΒΗΜΑ – fm43.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. X	: Τετμημένη
	4. Y	: Τεταγμένη
	5. Αζιμούθιο	: Αζιμούθιο άξονα οδού (σε grad)
	6. R _h	: Ακτίνα καμπυλότητας οριζοντιογραφίας
	7. Από_Πριν	: Απόσταση διατομής από την προηγούμενη

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ»

ΣΗΜΕΙΑ ΔΟΣΕΑ – fm44.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική Θέση
	3. Απόσταση	: Απόσταση σημείου από τον άξονα
	4. Υψόμετρο	: Υψόμετρο σημείου
	5. Τύπος	: Τύπος σημείου («d»: δρόμος, «o»: οδοστρωσία, «s»: στράγγιση, «e»: έδραση, «a»: ακατάλληλα)

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «ΔΙΑΤΟΜΕΣ»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ»

ΔΡΟΜΟΣ – fm45.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Απόσταση	: Απόσταση σημείου από τον άξονα
	4. Υψόμετρο	: Υψόμετρο σημείου
	5. X	: Τετμημένη
	6. Y	: Τεταγμένη

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «ΔΙΑΤΟΜΕΣ»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ»

ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑ – fm46.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Απόσταση	: Απόσταση σημείου από τον άξονα
	4. Υψόμετρο	: Υψόμετρο σημείου
	5. X	: Τετμημένη

6. Y : Τεταγμένη

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «ΔΙΑΤΟΜΕΣ»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ»

ΣΤΡΑΓΓΙΣΗ – fm47.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Απόσταση	: Απόσταση σημείου από τον άξονα
	4. Υψόμετρο	: Υψόμετρο σημείου
	5. X	: Τετμημένη
	6. Y	: Τεταγμένη

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «ΔΙΑΤΟΜΕΣ»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ»

ΕΔΡΑΣΗ – fm48.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Απόσταση	: Απόσταση σημείου από τον άξονα
	4. Υψόμετρο	: Υψόμετρο σημείου
	5. X	: Τετμημένη
	6. Y	: Τεταγμένη

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «ΔΙΑΤΟΜΕΣ»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ»

ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ – fm49.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Απόσταση	: Απόσταση σημείου από τον άξονα
	4. Υψόμετρο	: Υψόμετρο σημείου
	5. X	: Τετμημένη
	6. Y	: Τεταγμένη

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «ΔΙΑΤΟΜΕΣ»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ»

ΕΠΙΚΛΙΣΕΙΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ - fm50.dat

Περιέχονται:	1. Διατομή	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση

3. Ερυθρά	: Υψόμετρο ερυθράς
4. Κλίση	: Κατά μήκος κλίση
5. Αρ_Επίκλ	: Επίκλιση αριστερά (%)
6. Αρ_Πλάτ	: Απόσταση αριστερής οδογραμμής από την προηγούμενη Οδογραμμή (ή από τον άξονα για την 1 ^η οδογραμμή)
7. Αρ_Υψομ	: Υψόμετρο αριστερής οδογραμμής
8. Δξ_Επίκλ	: Επίκλιση δεξιά (%)
9. Δξ_Πλάτ	: Απόσταση δεξιάς οδογραμμής από την προηγούμενη οδογραμμή (ή από τον άξονα για την 1 ^η οδογραμμή)
10. Δξ_Υψόμ	: Υψόμετρο δεξιάς οδογραμμής
11. Ο/Γ	: Αριθμός οδογραμμής

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΜΕΟ**»

ΜΗΚΟΤΟΜΗ 1^{ης}, 2^{ης}, ..., 10^{ης} ΑΡΙΣΤΕΡΗΣ ΟΔΟΓΡΑΜΜΗΣ - fm51, fm52, ..., fm60.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Υψόμετρο	: Υψόμετρο οδογραμμής
	4. Από_Πριν	: Απόσταση διατομής από την προηγούμενη
	5. Απόσταση	: Απόσταση οδογραμμής από την προηγούμενη (ή από τον άξονα για την 1 ^η οδογραμμή)
	6. Πλάτος	: Απόσταση οδογραμμής από την προηγούμενη (ή από τον άξονα για την 1 ^η οδογραμμή)
	7. Επίκλιση_%	: Εγκάρσια κλίση μεταξύ της οδογραμμής και της προηγούμενης (ή του άξονα για την 1 ^η οδογραμμή)
	8. Ο/Γ	: Αριθμός οδογραμμής

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΜΕΟ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**»

ΜΗΚΟΤΟΜΗ 1^{ης}, 2^{ης}, ..., 10^{ης} ΔΕΞΙΑΣ ΟΔΟΓΡΑΜΜΗΣ – fm61, fm62, ..., fm70.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Υψόμετρο	: Υψόμετρο οδογραμμής
	4. Από_Πριν	: Απόσταση διατομής από την προηγούμενη
	5. Απόσταση	: Απόσταση οδογραμμής από την προηγούμενη (ή από τον άξονα για την 1 ^η οδογραμμή)

6. **Πλάτος** : Απόσταση οδογραμμής από την προηγούμενη (ή από τον άξονα για την 1^η οδογραμμή)
7. **Επίκλιση_%** : Εγκάρσια κλίση μεταξύ της οδογραμμής και της προηγούμενης (ή του άξονα για την 1^η οδογραμμή)
8. **Ο/Γ** : Αριθμός οδογραμμής

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΜΕΟ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**»

ΥΨΟΜΕΤΡΑ ΠΡΟΒΟΛΩΝ / ΧΘ – fm71.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα προβαλλόμενου σημείου
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση προβολής
	3. Απόσταση	: Απόσταση προβαλλόμενου σημείου από τον άξονα της οδού
	4. X	: Τετμημένη προβολής
	5. Y	: Τεταγμένη προβολής
	6. Z_Τελικό	: Υψόμετρο προβαλλόμενου σημείου στην τελική επιφάνεια
	7. Z_Επιθυμητό	: Επιθυμητό υψόμετρο προβαλλόμενου σημείου στην τελική επιφάνεια
	8. Διαφορά	: Υψομετρική διαφορά (Z_τελικό - Z_επιθυμητό)
	9. Z_Εδάφους	: Υψόμετρο εδάφους προβαλλόμενου σημείου

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕ ΠΡΑΝΗ**»

TAXYTHTES EMΠΡΟΣΘΕΝ – fm72.dat

Περιέχονται:	1. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	2. Ταχύτητα	: Ταχύτητα οχήματος (σε km/h)
	3. Κωδικός	: «Α» ή «Τ» για αρχή ή τέλος του οδικού τμήματος αντίστοιχα

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΑΤΟΤΗΤΕΣ**»

TAXYTHTES ΟΠΙΣΘΕΝ – fm73.dat

Περιέχονται:	1. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	2. Ταχύτητα	: Ταχύτητα οχήματος (σε km/h)
	3. Κωδικός	: «Α» ή «Τ» για αρχή ή τέλος του οδικού τμήματος αντίστοιχα

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΑΤΟΤΗΤΕΣ**»

ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ – fm74.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα κορυφής πολυγωνικής
	2. A_Εισόδου	: Παράμετρος κλωθοειδούς εισόδου
	3. Ακτίνα	: Ακτίνα κυκλικού τόξου
	4. A_Εξόδου	: Παράμετρος κλωθοειδούς εξόδου
	5. Κυκλικό Τόξο	: Μήκος κυκλικού τόξου
	6. Φορά Καμπύλης	: Φορά καμπύλης κατά τη χιλιομέτρηση (αριστερή ή δεξιά)
	7. Ευθύγραμμο Τμήμα	: Μήκος ευθύγραμμου τμήματος μεταξύ διαδοχικών καμπυλών
	8. Αλληλουχία	: Χαρακτηρισμός αλληλουχίας καμπυλών σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Χ (καλή, μέτρια ή αποφευκτέα)

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ»

ΜΗΚΟΤΟΜΗ – fm75.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα σημαίας
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση σημαίας
	3. Υψόμετρο	: Υψόμετρο σημαίας
	4. Ακτίνα	: Ακτίνα τόξου στρογγύλευσης (+ για κυρτή καμπύλη, - για κοίλη καμπύλη)
	5. Μήκος Εφαπτομένης	: Μήκος εφαπτομένης T
	6. Κατά Μήκος Κλίση	: Κατά μήκος κλίση (%)
	7. Μήκος Εφαρμογής Κλίσης	: Μήκος με σταθερή κατά μήκος κλίση, μεταξύ διαδοχικών τόξων στρογγύλευσης

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «ΜΕΟ»

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ – fm76.dat

Περιέχονται:	1. A/A	: Αύξων αριθμός
	2. Όνομα_i	: Όνομα σημείου πρώτης διασταυρούμενης οδού
	3. Όνομα_j	: Όνομα σημείου δεύτερης διασταυρούμενης οδού
	4. X	: Τετμημένη
	5. Y	: Τεταγμένη
	6. Zi	: Υψόμετρο στην πρώτη διασταυρούμενη οδό
	7. Zj	: Υψόμετρο στη δεύτερη διασταυρούμενη οδό

8. ΔZ_{ij}	: Υψομετρική διαφορά
9. $X\Theta i$	: Χιλιομετρική θέση στην πρώτη διασταυρούμενη οδό
10. $X\Theta j$	: Χιλιομετρική θέση στη δεύτερη διασταυρούμενη οδό

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΙΣ»

ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΑΠΛΑΤΥΝΣΕΩΝ – fm77.dat

Περιέχονται:	1. O/Γ	: Αριθμός οδογραμμής
	2. $X\Theta$	: Χιλιομετρική θέση
	3. $\Pi\lambda\acute{\alpha}\tau\omicron\varsigma$	: Απόσταση οδογραμμής από την προηγούμενη (ή από τον άξονα για την 1 ^η οδογραμμή)
	4. Ακτίνα	: Ακτίνα (R) που εφαρμόζεται για την ομαλή διαπλάτυνση της οδογραμμής
	5. Εφαπτομένη	: Απόσταση (T) από όπου ξεκινά η σχεδίαση τόξου για την ομαλή διαπλάτυνση της οδογραμμής
	6. δ	: Απόσταση δ

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ»

ΔΙΑΠΛΑΤΥΝΣΕΙΣ – fm78.dat

Περιέχονται:	1. O/Γ	: Αριθμός οδογραμμής
	2. $X\Theta$	: Χιλιομετρική θέση
	3. $\Pi\lambda\acute{\alpha}\tau\omicron\varsigma$	: Απόσταση οδογραμμής από την προηγούμενη (ή από τον άξονα για την 1 ^η οδογραμμή)
	4. Οδοστρωσία	: Πάχος οδοστρωσίας
	5. Στράγγιση	: Πάχος στράγγισης
	6. Έδραση	: Πάχος έδρασης

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ»

ΣΗΜΕΙΑ ΑΞΟΝΑ ΣΕ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΡΙΣΤΕΡΑ – fm79.dat

Περιέχονται:	1. $X\Theta$	: Χιλιομετρική θέση
	2. X	: Τετμημένη
	3. Y	: Τεταγμένη
	4. Απόσταση	: Απόσταση από άξονα

5. Τύπος	: «step» για τα σημεία του άξονα που προκύπτουν σύμφωνα με το βήμα που έχει δοθεί στις παραμέτρους (σειρά 43) ή «fm43.dat» για τα σημεία του άξονα που υπάρχουν στο αρχείο fm43.dat («Διατομές με βήμα»)

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ**»

ΣΗΜΕΙΑ ΑΞΟΝΑ ΣΕ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΕΞΙΑ – fm80.dat

Περιέχονται:	1. XΘ : Χιλιομετρική Θέση
	2. X : Τετμημένη
	3. Y : Τεταγμένη
	4. Απόσταση : Απόσταση από άξονα
	5. Τύπος : «step» για τα σημεία του άξονα που προκύπτουν σύμφωνα με το βήμα που έχει δοθεί στις παραμέτρους (σειρά 43) ή «fm43.dat» για τα σημεία του άξονα που υπάρχουν στο αρχείο fm43.dat («Διατομές με βήμα»)

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ**»

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ (4) – fm81.dat

Περιέχονται:	1. Κορυφή : Όνομα κορυφής πολυγωνικής
	2. Ακτίνα : Ακτίνα κυκλικού τόξου
	3. A_Εισόδου : Παράμετρος κλωθοειδούς εισόδου
	4. A_Εξόδου : Παράμετρος κλωθοειδούς εξόδου
	5. Φορά : Φορά καμπύλης κατά τη χιλιομέτρηση
	6. X : Τετμημένη κορυφής πολυγωνικής
	7. Y : Τεταγμένη κορυφής πολυγωνικής
	8. Επίκλιση_% : Επίκλιση στο κυκλικό τόξο

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ**»

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ (2) – fm82.dat

Περιέχονται:	1. Σημαία : Όνομα σημαίας
	2. XΘ : Χιλιομετρική θέση σημαίας
	3. Υψόμετρο : Υψόμετρο σημαίας
	4. Ακτίνα : Ακτίνα τόξου στρογγύλευσης
	5. Εφαπτομένη : Μήκος εφαπτομένης T

6. Βύθιση	: Βύθιση f
7. Κλίση_%	: Κατά μήκος κλίση

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «*ΜΕΟ*»

ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ ΣΤΑΣΗΣ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ – fm83.dat

Περιέχονται:	1. ΧΘ_Οφθαλμού	: Χιλιομετρική θέση οφθαλμού
	2. Η_Οφθαλμού	: Υψόμετρο οφθαλμού
	3. ΧΘ_Εμποδίου	: Χιλιομετρική θέση εμποδίου
	4. Η_Εμποδίου	: Υψόμετρο εμποδίου
	5. Διατιθέμενη	: Διατιθέμενο μήκος ορατότητας για στάση

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «*ΟΡΑΤΟΤΗΤΕΣ*»

ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ ΠΡΟΣΠΕΡΑΣΗΣ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ – fm84.dat

Περιέχονται:	1. ΧΘ_Οφθαλμού	: Χιλιομετρική θέση οφθαλμού
	2. Η_Οφθαλμού	: Υψόμετρο οφθαλμού
	3. ΧΘ_Εμποδίου	: Χιλιομετρική θέση εμποδίου
	4. Η_Εμποδίου	: Υψόμετρο εμποδίου
	5. Διατιθέμενη	: Διατιθέμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «*ΟΡΑΤΟΤΗΤΕΣ*»

ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ ΣΤΑΣΗΣ 3D – fm85.dat

Περιέχονται:	1. ΧΘ_Οφθαλμού	: Χιλιομετρική θέση οφθαλμού
	2. Η_Οφθαλμού	: Υψόμετρο οφθαλμού
	3. ΧΘ_Εμποδίου	: Χιλιομετρική θέση εμποδίου
	4. Η_Εμποδίου	: Υψόμετρο εμποδίου
	5. Διατιθέμενη	: Διατιθέμενο μήκος ορατότητας για στάση
	6. Χρώμα	: Κωδικός χρώματος στο διάγραμμα μήκους ορατότητας για στάση, ανάλογα με το αίτιο (στοιχείο της οδού και του περιβάλλοντός της) που περιορίζει την ορατότητα
	7. Γωνία	: Γωνία που σχηματίζει ο οφθαλμός του οδηγού με τον άξονα της οδού στις θέσεις μπροστά του, στην οριζοντιογραφία της οδού

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «*ΟΡΑΤΟΤΗΤΕΣ*»

ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ ΠΡΟΣΠΕΡΑΣΗΣ 3D – fm86.dat

Περιέχονται:	1. ΧΘ_Οφθαλμού	: Χιλιομετρική θέση οφθαλμού

2.	H_Οφθαλμού	: Υψόμετρο οφθαλμού
3.	XΘ_Εμποδίου	: Χιλιομετρική θέση εμποδίου
4.	H_Εμποδίου	: Υψόμετρο εμποδίου
5.	Διατιθέμενη	: Διατιθέμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση
6.	Χρώμα	: Κωδικός χρώματος στο διάγραμμα μήκους ορατότητας για προσπέραση, ανάλογα με το αίτιο (στοιχείο της οδού και του περιβάλλοντός της) που περιορίζει την ορατότητα
7.	Γωνία	: Γωνία που σχηματίζει ο οφθαλμός του οδηγού με τον άξονα της οδού στις θέσεις μπροστά του, στην οριζοντιογραφία της οδού

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΑΤΟΤΗΤΕΣ**»

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΑΣΗΣ – fm88.dat

Περιέχονται:	1.	XΘ1	: 1η χιλιομετρική θέση για υπολογισμό
	2.	XΘ2	: 2η χιλιομετρική θέση για υπολογισμό
	3.	XΘ3	: 3η χιλιομετρική θέση για υπολογισμό
	4.	V85	: Λειτουργική ταχύτητα V ₈₅
	5.	Ακτίνα	: Ακτίνα οριζοντιογραφικής καμπύλης
	6.	Κλίση	: Κατά μήκος κλίση
	7.	Επίκλιση	: Επίκλιση οδοστρώματος
	8.	Στάση	: Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΑΤΟΤΗΤΕΣ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΠΡΟΟΠΤΙΚΑ**»

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΠΡΟΣΠΕΡΑΣΗΣ – fm89.dat

Περιέχονται:	1.	V85	: Λειτουργική ταχύτητα V ₈₅
	2.	Ακτίνα	: Ακτίνα οριζοντιογραφικής καμπύλης
	3.	Κλίση	: Κατά μήκος κλίση
	4.	Επίκλιση	: Επίκλιση οδοστρώματος
	5.	Προσπέραση	: Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΟΡΑΤΟΤΗΤΕΣ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΠΡΟΟΠΤΙΚΑ**»

ΑΚΜΕΣ ΔΜΡΦ / ΠΡΑΝΩΝ – fm90.dat

Περιέχονται:	1.	No	: Αύξων αριθμός
	2.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση

3.	X	: Τετμημένη
4.	Y	: Τεταγμένη
5.	Z	: Υψόμετρο
6.	Χρώμα	: Κωδικός χρώματος

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

Εισάγεται στο Πρόγραμμα «**ΠΡΟΟΠΤΙΚΑ**»

ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΠΟΔΟΣ ΑΡΙΣΤΕΡΟΥ ΠΡΑΝΟΥΣ – fm91.dat

Περιέχονται:	1.	Όνομα	: Όνομα διατομής
	2.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3.	Υψόμετρο	: Υψόμετρο ποδός πρανούς
	4.	Από_Πριν	: Απόσταση διατομής από την προηγούμενη

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΠΟΔΟΣ ΔΕΞΙΟΥ ΠΡΑΝΟΥΣ – fm92.dat

Περιέχονται:	1.	Όνομα	: Όνομα διατομής
	2.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3.	Υψόμετρο	: Υψόμετρο ποδός πρανούς
	4.	Από_Πριν	: Απόσταση διατομής από την προηγούμενη

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΑΡΙΣΤΕΡΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ – fm93.dat

Περιέχονται:	1.	Όνομα	: Όνομα διατομής
	2.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3.	Υψόμετρο	: Υψόμετρο διαμόρφωσης
	4.	Απόσταση	: Απόσταση διαμόρφωσης από τον άξονα
	5.	Από_Πριν	: Απόσταση διατομής από την προηγούμενη
	6.	Διαμόρφωση	: Είδος διαμόρφωσης, όπως έχει καθοριστεί
	7.	Χρώμα	: Κωδικός χρώματος διαμόρφωσης

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «**ΔΙΑΤΟΜΕΣ**»

ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΔΕΞΙΑΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ – fm94.dat

Περιέχονται:	1.	Όνομα	: Όνομα διατομής
	2.	XΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3.	Υψόμετρο	: Υψόμετρο διαμόρφωσης
	4.	Απόσταση	: Απόσταση διαμόρφωσης από τον άξονα

5. Από_Πριν	: Απόσταση διατομής από την προηγούμενη
6. Διαμόρφωση	: Είδος διαμόρφωσης, όπως έχει καθοριστεί
7. Χρώμα	: Κωδικός χρώματος διαμόρφωσης

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «ΔΙΑΤΟΜΕΣ»

ΑΡΙΣΤΕΡΕΣ ΚΑΙΣΕΙΣ / ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ – fm95.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Υψ_Διαφορά	: Υψομετρική διαφορά μεταξύ οδού και πρανούς
	4. No	: Αύξων αριθμός
	5. Απόσταση	: Απόσταση σημείου από άξονα
	6. Υψόμετρο	: Υψόμετρο σημείου
	7. Χρώμα	: Κωδικός χρώματος
	8. Πρανή	: Διαγραμμίζονται (τιμή 1) ή όχι (τιμή 0) τα πρανή στο σχέδιο των διατομών
	9. Δμρφ_Δρόμου	: Είδος διαμόρφωσης, όπως έχει οριστεί
	10. Δμρφ_Εδάφους	: Είδος διαμόρφωσης, όπως έχει οριστεί

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «ΔΙΑΤΟΜΕΣ»

ΔΕΞΙΕΣ ΚΑΙΣΕΙΣ / ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ – fm96.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Υψ_Διαφορά	: Υψομετρική διαφορά μεταξύ οδού και πρανούς
	4. No	: Αύξων αριθμός
	5. Απόσταση	: Απόσταση σημείου από άξονα
	6. Υψόμετρο	: Υψόμετρο σημείου
	7. Χρώμα	: Κωδικός χρώματος
	8. Πρανή	: Διαγραμμίζονται (τιμή 1) ή όχι (τιμή 0) τα πρανή στο σχέδιο των διατομών
	9. Δμρφ_Δρόμου	: Είδος διαμόρφωσης, όπως έχει οριστεί
	10. Δμρφ_Εδάφους	: Είδος διαμόρφωσης, όπως έχει οριστεί

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «ΔΙΑΤΟΜΕΣ»

ΑΚΡΑΙΑ ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΟΔΟΓΡΑΜΜΗ – fm97.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής

2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
3. Υψόμετρο	: Υψόμετρο οδογραμμής
4. Απόσταση	: Απόσταση οδογραμμής από την προηγούμενη (ή από τον άξονα εάν πρόκειται για μία μόνο οδογραμμή)
5. Από_Πριν	: Απόσταση διατομής από την προηγούμενη
6. Διαμόρφωση	: Από πού και μετά ξεκινά η διαγράμμιση του πρανούς

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «*ΔΙΑΤΟΜΕΣ*»

ΑΚΡΑΙΑ ΔΕΞΙΑ ΟΔΟΓΡΑΜΜΗ – fm98.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Υψόμετρο	: Υψόμετρο οδογραμμής
	4. Απόσταση	: Απόσταση οδογραμμής από την προηγούμενη (ή από τον άξονα εάν πρόκειται για μία μόνο οδογραμμή)
	5. Από_Πριν	: Απόσταση διατομής από την προηγούμενη
	6. Διαμόρφωση	: Από πού και μετά ξεκινά η διαγράμμιση του πρανούς

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «*ΔΙΑΤΟΜΕΣ*»

ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ ΑΞΟΝΑ – fm99.dat

Περιέχονται:	1. Όνομα	: Όνομα διατομής
	2. ΧΘ	: Χιλιομετρική θέση
	3. Υψόμετρο	: Υψόμετρο άξονα

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «*ΔΙΑΤΟΜΕΣ*»

ΕΛΕΓΧΟΙ ΟΜΟΕ – meo.out

Περιέχονται αναλυτικά τα αποτελέσματα ελέγχου της χάραξης, σύμφωνα με τις Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων – Τεύχος 3: Χαράξεις (ΟΜΟΕ-Χ) (βλ. Π.4 Έλεγχοι κατά ΟΜΟΕ, για τους ελέγχους που πραγματοποιούνται).

Εξάγεται από το Πρόγραμμα «*ΜΕΟ*»

Π.4 ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΤΑ ΟΜΟΕ

Στα επόμενα περιγράφονται αναλυτικά οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται σε οδούς μέσω του λογισμικού H12, σύμφωνα με τις Ελληνικές οδηγίες σχεδιασμού οδών (ΟΜΟΕ), και οι οποίοι απαιτούνται, σύμφωνα με το τεύχος «Χαράξεις» (ΟΜΟΕ-Χ, 2001). Το λογισμικό πραγματοποιεί τους ελέγχους και παράγονται πίνακες στους οποίους καταγράφονται τα αποτελέσματα και περιλαμβάνονται οι επισημάνσεις των περιπτώσεων όπου κάποιοι από τους ελέγχους δεν ικανοποιούνται.

Συγκεκριμένα, οι πραγματοποιούμενοι έλεγχοι είναι οι εξής:

1) Έλεγχος ταχύτητας μελέτης

Ελέγχεται εάν η ταχύτητα μελέτης V_e που έχει δοθεί στο αρχείο **ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ (fm.prm)** (Σειρά 3) λαμβάνει μία από τις ακόλουθες τιμές (Πίνακας Π.2):

50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 ή 130 km/h

Πίνακας Π.2: Λειτουργικά χαρακτηριστικά και παράμετροι μελέτης οδών (οι ΟΜΟΕ-Χ ισχύουν για τις οδούς ΑΙ έως ΑΥ και Β) (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).

Λειτουργικά χαρακτηριστικά οδών		Παράμετροι μελέτης και λειτουργίας οδών					
Ομάδα οδών	Κατηγορία οδού	Χαρακτηρισμός οδού	Είδος οχημάτων	Επιτρεπόμενη ταχύτητα V_{lim} (km/h)	Χαρακτηριστικά κυκλώσεως κυκλοφορίας	Κόμβος	Ταχύτητα μελέτης V_e (km/h)
1	2	3	4	5	6	7	8
A οδοί που διατρέχουν περιοχές εκτός σχεδίου (αγροτικές) με βασική λειτουργία την πρόσβαση και με περιορισμούς στην εξυπηρέτηση περιόδων ιδιοκτησιών	A I	Αυτοκινητόδρομος Οδός ταχείας κυκλοφορίας	μηκ. μηκ.	≤ 120 ≤ 90 (100)	διαχωρασμένη διαχωρασμένη / ενιαία	ανισοπ. (ανισοπ.)	ισοπ. ισοπ.
	A II	Οδός μεταξύ νομών/πολεών	μηκ. (μηκ.) γεν.	≤ 90 ≤ 90	διαχωρασμένη ενιαία	ανισοπ. (ισοπ.)	ισοπ. ισοπ.
	A III	Οδός μεταξύ επαρχιών/οικισμών	μηκ. γεν.	≤ 90 ≤ 80	διαχωρασμένη ενιαία	(ανισοπ.) ισοπ.	ισοπ. ισοπ.
	A IV	Οδός μεταξύ μικρών οικισμών	γεν.	≤ 80	ενιαία	ισοπ.	ισοπ.
	A V	Διπλωματική οδός	γεν.	≤ 60 (70)	ενιαία	ισοπ.	ισοπ.
	A VI	Αρτηρία οδός	γεν.	≤ 50	ενιαία	ισοπ.	ισοπ.
	A VII	Τριτοβάθμια οδός	γεν.	≤ 50	ενιαία	ισοπ.	ισοπ.
B οδοί που διατρέχουν περιοχές εντός σχεδίου (αγροτικές και αστικές) με βασική λειτουργία την πρόσβαση και με περιορισμούς στην εξυπηρέτηση των περιόδων ιδιοκτησιών	B I	Αστική αυτοκινητοδρόμος	μηκ.	≤ 100	διαχωρασμένη	ανισοπ.	ισοπ.
	B II	Αστική οδός ταχείας κυκλοφορίας	μηκ.	≤ 90	διαχωρασμένη ενιαία	ανισοπ. (ισοπ.)	ισοπ. ισοπ.
	B III	Αστική αρτηρία	μηκ. γεν.	≤ 70 ≤ 70	διαχωρασμένη ενιαία	ισοπ. ισοπ.	ισοπ. ισοπ.
	B IV	Κύρια συλλεκτική οδός	γεν.	≤ 60	ενιαία	ισοπ.	ισοπ.
Γ οδοί που διατρέχουν περιοχές εκτός** ή εντός σχεδίου (αγροτικές και αστικές) με βασική λειτουργία την πρόσβαση και με δυνατότητα εξυπηρέτησης των περιόδων ιδιοκτησιών	Γ III	Αστική αρτηρία	γεν.	$50 (\leq 70)$ $50 (\leq 60)$	διαχωρασμένη ενιαία	ισοπ. ισοπ.	ισοπ. ισοπ.
	Γ IV	Κύρια συλλεκτική οδός	γεν.	$\leq 50 (\leq 60)$	ενιαία	ισοπ.	ισοπ.
Δ οδοί σε περιοχές εντός σχεδίου (αστικές) με βασική λειτουργία την πρόσβαση	Δ IV	Συλλεκτική οδός	γεν.	≤ 50	ενιαία	ισοπ.	ισοπ.
	Δ V	Τοπική οδός	γεν.	≤ 50	ενιαία	ισοπ.	ισοπ.
Ε οδοί σε περιοχές εντός σχεδίου (αστικές) με βασική λειτουργία την παροχή	E V	Τοπική οδός	γεν.	≤ 30 τοπική βηματόμο	ενιαία	ισοπ.	ισοπ.
	E VI	Τοπική οδός κατοικιών	γεν.	≤ 30 τοπική βηματόμο	ενιαία	ισοπ.	ισοπ.

μηκ. = οχήματα με μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα > 80 km/h
γεν. = οχήματα παντός είδους (....) = εξάρτηση

* δεν απαιτείται καθορισμός ταχύτητας μελέτης V_e
** νοούνται περιπτώσεις που από την ισχύοντα νομοθεσία επιτρέπεται η διόρθωση

2) Έλεγχος κατηγορίας οδού

Ελέγχεται εάν η κατηγορία οδού που έχει δοθεί στο αρχείο **ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ (fm.prm)** (Σειρά 4) είναι μία από τις ακόλουθες (Πίνακας Π.2):

ΑΙ, ΑΙΙ, ΑΙΙΙ, ΑΙΥ ή ΑΥ

3) Έλεγχος συνδυασμού ταχύτητας μελέτης & κατηγορίας οδού

Ελέγχεται ο συνδυασμός της ταχύτητας μελέτης με την κατηγορία οδού που έχουν επιλεγεί, σύμφωνα με τον Πίνακα Π.2.

4) Έλεγχος μορφολογίας εδάφους

Ελέγχεται εάν η μορφολογία εδάφους που έχει δοθεί στο αρχείο **ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ (fm.prm)** (Σειρά 5) είναι μία από τις ακόλουθες (Πίνακας Π.3):

ΠΕΔΙΝΟ, ΛΟΦΩΔΕΣ ή ΟΡΕΙΝΟ

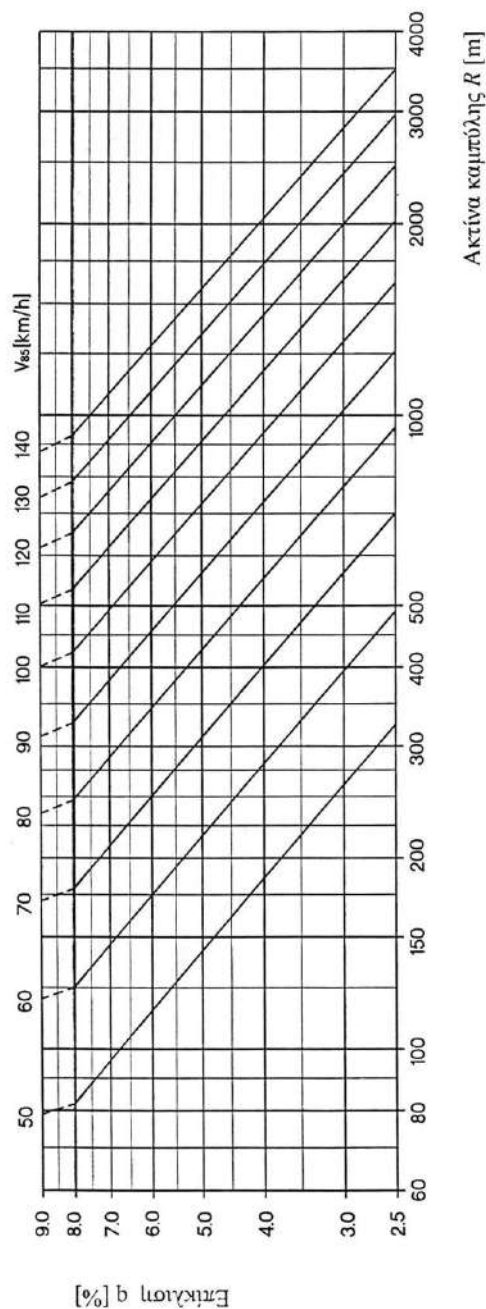
Πίνακας Π.3: Ελάχιστες ακτίνες καμπυλών για οδούς των ομάδων Α και Β. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

R_{min} [m]						
Ομάδα οδών Α					Ομάδα οδών Β	
Πεδινά Εδάφη			Λοφώδη και Ορεινά Εδάφη		Όλες οι κατηγορίες εδαφών	
V_e [km/h]	q_{max}=8(9)% n=45%	q_{min}=2,5% n=10%	q_{max}=7% n=40%	q_{min}=2,5% n=10%	q_{max}=6% n=60%	q_{min}=2,5% n=30%
50	80	325	95	325	70	150
60	125 (125)	490	140	490	110	230
70	180 (170)	700	200	700	160	335
80	250 (235)	960	280	960	220	470
90	330 (310)	1260	370	1260	300	630
100	420 (400)	1620	480	1620	-	-
110	530 (500)	2020	600	2020	-	-
120	650 (620)	2470	740	2470	-	-
(130)	790 (740)	2970	890	2970	-	-

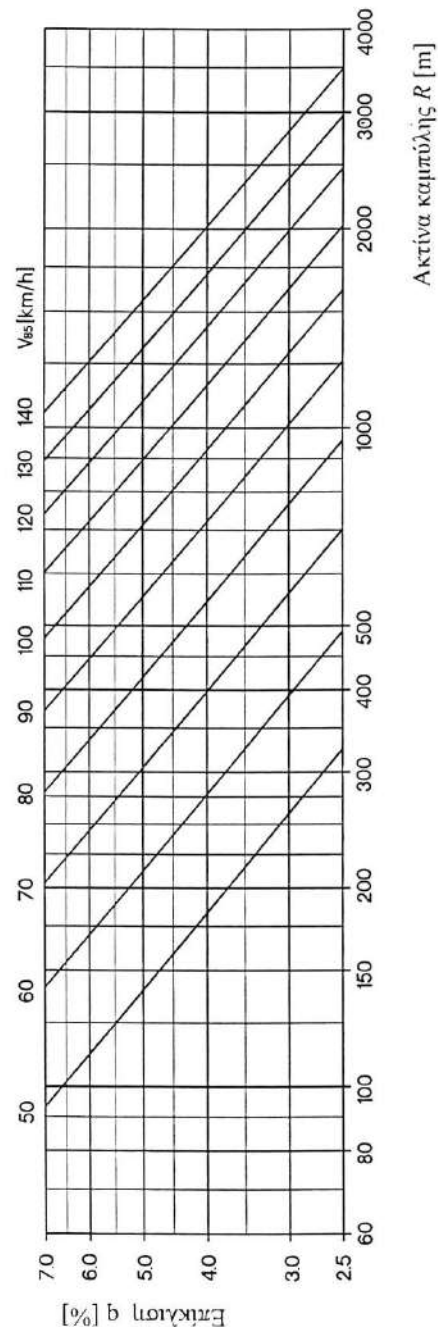
Οι τιμές σε () εφαρμόζονται σε εξαιρετικές περιπτώσεις.

5) Έλεγχος μέγιστων & ελάχιστων επικλίσεων

Ελέγχονται οι μέγιστες και ελάχιστες επικλίσεις, ανάλογα με την κατηγορία εδάφους και την ακτίνα της καμπύλης, όπως ορίζονται στις ΟΜΟΕ (Σχήμα Π.6 για πεδινά εδάφη και Σχήμα Π.7 για λοφώδη και ορεινά εδάφη).



Σχήμα Π.6: Διάγραμμα προσδιορισμού της επίκλισης σε καμπύλες υπεραστικών οδών – Ομάδα οδών Α – ΠΕΔΙΝΑ εδάφη. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)



Σχήμα Π.7: Διάγραμμα προσδιορισμού της επίκλισης σε καμπύλες υπεραστικών οδών – Ομάδα οδών Α – ΛΟΦΩΔΗ και ΟΡΕΙΝΑ εδάφη. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

6) Έλεγχος του μήκους των ευθυγραμμίων με σταθερή κατά μήκος κλίση

Λόγω της πιθανότητας θάμβωσης από τα φώτα και της κόπωσης των οδηγών, το μέγιστο μήκος της ευθυγραμμίας με σταθερή κατά μήκος κλίση δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το 20πλάσιο της ταχύτητας μελέτης.

7) Έλεγχος ευθυγραμμίων μεταξύ ομόρροπων καμπυλών

Για τις οδούς της ομάδας Α, οι ευθυγραμμίες μικρού μήκους μεταξύ ομόρροπων καμπυλών πρέπει να αποφεύγονται. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, τότε το ελάχιστο μήκος της ευθυγραμμίας, κυρίως για λόγους αισθητικής, θα πρέπει να είναι ίσο τουλάχιστον με το δπλάσιο της ταχύτητας μελέτης.

8) Έλεγχος ύπαρξης ακτίνας οριζοντιογραφίας

Επιτρέπεται η θλάση του άξονα της χάραξης χωρίς εφαρμογή οριζόντιας καμπύλης όταν η γωνία θλάσης γ είναι μικρότερη από την τιμή που προκύπτει (ανάλογα με την ταχύτητα μελέτης V_e) από τις σχέσεις:

- Όταν $V_e < 70\text{km/h}$, $\gamma = \arctan \frac{1,6}{V_e}$ [γ : grad]
- Όταν $V_e > 70\text{km/h}$, $\gamma = \arctan \frac{155}{V_e^2}$ [γ : grad]

9) Έλεγχος ελάχιστων ακτίνων οριζοντιογραφίας

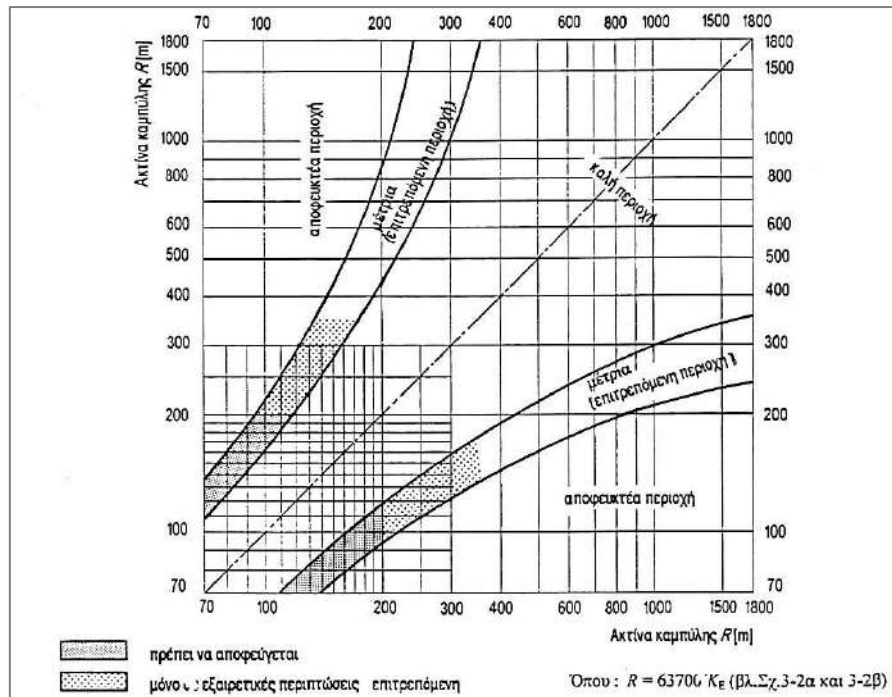
Οι ελάχιστες ακτίνες των καμπυλών R_{min} εξαρτώνται από την κατηγορία της οδού, την ταχύτητα μελέτης V_e , τη μορφολογία του εδάφους και τις οριακές τιμές της επίκλισης q . Για τις οδούς των ομάδων Α και Β, οι τιμές δίνονται στον Πίνακα Π.3.

10) Έλεγχος 2 δευτερολέπτων

Τα κυκλικά τόξα πρέπει να έχουν μήκος τουλάχιστον ίσο με εκείνο που διανύεται σε 2 δευτερόλεπτα από όχημα κινούμενο με την ταχύτητα μελέτης.

11) Σχέση διαδοχικών καμπυλών οριζοντιογραφίας

Οι ακτίνες των ομόρροπων ή αντίρροπων διαδοχικών κυκλικών τόξων, μεταξύ των οποίων υπάρχει ευθύγραμμο τμήμα μήκους από καθόλου μέχρι TL_S , σε οδούς της ομάδας Α ή κατηγορίας ΒΙ και ΒΙΙ, πρέπει να παρουσιάζουν μία αρμονική σχέση για λόγους κυκλοφοριακής ασφάλειας (Σχήμα Π.8). Επίσης, η αρμονική σχέση μεταξύ διαδοχικών κυκλικών τόξων είναι επιθυμητή στις οδούς κατηγορίας ΒΙΙΙ, καθώς και στις οδούς κατηγορίας ΒΙV, εφόσον είναι εφικτό.



Σχήμα Π.8: Επιτρεπόμενη αλληλουχία ακτίνων καμπύλων για οδούς ομάδας Α και τις κατηγορίες κατηγορίας ΒΙ και ΒΙΙ (επιθυμητή για τις κατηγορίες ΒΙΙΙ και ΒΙV). (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

12) Έλεγχος ύπαρξης συναρμογών

Η εφαρμογή τόξων συναρμογής επιβάλλεται στις οδούς της ομάδας ΑΙ έως ΑΙV καθώς και στις ΒΙ και ΒΙΙ, ενώ είναι επιθυμητή στην κατηγορία των οδών ΒΙΙΙ και ΒΙV.

13) Οριακές τιμές της παραμέτρου της κλωθοειδούς

Η διάταξη του τόξου συναρμογής γίνεται οπτικά αντιληπτή, όταν η μεταβολή κατεύθυνσης είναι ίση τουλάχιστον με $\tau = 3,5 gon$. Συνεπώς, η ελάχιστη τιμή της παραμέτρου Α της κλωθοειδούς είναι:

$$A_{min} = \frac{R}{3}$$

όπου: $A_{min}[m]$: ελάχιστη τιμή παραμέτρου κλωθοειδούς

$R[m]$: ακτίνα στο πέρας της κλωθοειδούς

Για λόγους ασφάλειας της κυκλοφορίας, η μέγιστη τιμή της παραμέτρου Α της κλωθοειδούς δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή:

$$A_{max} = R$$

όπου: $A_{max}[m]$: μέγιστη τιμή παραμέτρου κλωθοειδούς

$R[m]$: ακτίνα στο πέρας της κλωθοειδούς

Επομένως, για τις προαναφερόμενες κατηγορίες οδών ισχύει η σχέση:

$$\frac{R}{3} < A < R$$

14) Έλεγχος της τιμής της εκτροπής

Σε μεγάλες ακτίνες ($R \geq 1.000m$) επιτρέπεται η επιλογή παραμέτρου κλωθοειδούς μικρότερης από την τιμή $R/3$, εφόσον η τιμή της εκτροπής ΔR είναι τουλάχιστον ίση με 0,25.

15) Έλεγχος μεγάλων γωνιών και ακτίνων οριζοντιογραφίας

Για όλες τις κατηγορίες οδών και τις ταχύτητες μελέτης, με βάση τα δεδομένα της ασφαλείας και της άνεσης της κίνησης των οχημάτων, την αισθητική της οδού και την απορροή των ομβρίων, επιτρέπεται η άμεση σύνδεση ευθυγραμμίων με κυκλικά τόξα χωρίς την παρεμβολή τόξων συναρμογής όταν η ακτίνα του κυκλικού τόξου είναι $R \geq 1.000m$ και η μεταβολή της γωνίας διεύθυνσης (γωνία θλάσης) της καμπύλης γ είναι μικρότερη από 10gon. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το ελάχιστο μήκος του τόξου πρέπει να είναι τουλάχιστο ίσο με το διπλάσιο της ταχύτητας μελέτης.

16) Έλεγχος των μέγιστων κατά μήκος κλίσεων της οδού

Για λόγους ασφαλείας, οι μέγιστες κατά μήκος κλίσεις δεν πρέπει να υπερβαίνουν τις τιμές του Πίνακα Π.4. Ειδικά για οδούς κατηγορίας ΒΙ (αστικοί αυτοκινητόδρομοι), η τιμή της επιτρεπόμενης μέγιστης κατά μήκος κλίσης προσδιορίζεται σε σχέση με το μήκος εφαρμογής της, από τον Πίνακα Π.5.

Πίνακας Π.4: Μέγιστες κατά μήκος κλίσεις. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

$s_{\max}$ [%] για τις οδούς της ομάδας				
V_e [km/h]	Α			Β (πλην ΒΙ)
	Πεδινά εδάφη	Λοφώδη εδάφη	Ορεινά εδάφη	Όλες οι κατηγορίες εδαφών
50	7 (8)	8 (9)	10 (11)	8 (12)
60	6 (8)	7 (9)	9 (10)	7 (10)
70	5 (7)	6 (8)	8 (9)	6 (9)
80	4 (6)	5 (7)	7 (9)	5 (7)
90	4 (5)	5 (6)	7 (8)	-
100	3 (5)	4 (6)	6 (8)	-
110	3 (5)	4 (6)	5 (6)	-
120	3 (5)	4 (6)	-	-
130	3 (4)	-	-	-

Οι τιμές σε () εφαρμόζονται σε εξαιρετικές περιπτώσεις.

Πίνακας Π.5: Μέγιστες κατά μήκος κλίσεις οδών κατηγορίας BI (αστικών αυτοκινητόδρομων). (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

V_e [km/h]	s_{max} [%]	Μέγιστο μήκος L_{max} [m]
50	8 (12)	100
60	7	200
70	6	300
80	5	600

Οι τιμές σε () εφαρμόζονται σε εξαιρετικές περιπτώσεις.

17) Έλεγχος των ελάχιστων κατά μήκος κλίσεων της οδού (RAA-R1, 2008)

Για τμήματα αυτοκινητόδρομων με κλειστή αποστράγγιση συνίσταται μία ελάχιστη κατά μήκος κλίση $s = 0,5\%$, για να διασφαλιστεί η απαγωγή του νερού στους αγωγούς αποστράγγισης.

18) Έλεγχος ύπαρξης ακτίνας συναρμογής

Σε περιοχές με μικρές μεταβολές της κατά μήκος κλίσης επιτρέπεται η παράλειψη καμπύλης συναρμογής όταν η μέγιστη διαφορά των διαδοχικών κατά μήκος κλίσεων είναι:

$$Ds_{max} = \frac{0,3}{V_e^2}$$

όπου $Ds_{max}[m/m]$: η διαφορά κλίσεων.

19) Έλεγχος απόστασης διαδοχικών θλάσεων

Η ελάχιστη επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ διαδοχικών θλάσεων της χάραξης της μηκοτομής χωρίς καμπύλη συναρμογής είναι:

- για $V_e > 70km/h$, 30m
- για $V_e \leq 70km/h$, 15m.

20) Έλεγχος ακτίνων κυρτών καμπυλών συναρμογής της μηκοτομής

Οι ελάχιστες τιμές των ακτίνων κυρτών κατακόρυφων καμπυλών φαίνονται στον Πίνακα Π.6.

Πίνακας Π.6: Οριακές τιμές ακτίνων κυρτών κατακόρυφων καμπυλών συναρμογής για οδούς των ομάδων Α και Β. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

Ορατότητα για στάση		Ορατότητα για προσπέραση	
Ve [km/h]	Επιτρεπόμενη περιοχή Ηκ (Διατίθεται το S _h) [m]	Αποφευκτέα περιοχή Ηκ (Δεν διατίθεται το S _u) [m]	Επιτρεπόμενη περιοχή Ηκ (Διατίθεται το S _u) [m]
Οδοί ενιαίας επιφάνειας κυκλοφορίας και διαχωρισμένης με Ισόπεδους Κόμβους			
50	800 έως 7000	7000 έως 27000	≥27000
60	2000 έως 7600	7600 έως 30000	≥30000
70	3000 έως 8400	8400 έως 34000	≥34000
80	4500 έως 10000	10000 έως 40000	≥40000
90	6200 έως 12000	12000 έως 48000	≥48000
100	8500 έως 14000	14000 έως 55000	≥55000
Οδοί διαχωρισμένων επιφανειών κυκλοφορίας με Ανισόπεδο Κόμβο			
60	3000 έως ∞	-	-
70	4500 έως ∞	-	-
80	6200 έως ∞	-	-
90	8500 έως ∞	-	-
100	11000 έως ∞	-	-
110 έως 130	15000 έως ∞	-	-

Όπου: S_h: απαιτούμενο ΜΟΣ

S_u: απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση

21) Έλεγχος ακτίνων κοίλων καμπυλών συναρμογής της μηκοτομής

Οι ελάχιστες τιμές των ακτίνων των κοίλων καμπυλών φαίνονται στον Πίνακα Π.7.

Πίνακας Π.7: Ελάχιστες τιμές ακτίνων κοίλων κατακόρυφων καμπυλών συναρμογής για οδούς των ομάδων Α και Β. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

Ve [km/h]	Hw, min [m]
50	1350
60	1900
70	2500
80	3300
90	4200
100	5200
110	6300
120	7500
130	10000

22) Έλεγχος μηκών εφαπτομένων της μηκοτομής

Προκειμένου να αποφεύγεται η οπτική εικόνα θλάσης της χάραξης της μηκοτομής στα κυρτώματα ή κοιλώματα, το μήκος της εφαπτομένης T πρέπει να είναι:

- Για οδούς της ομάδας Α: $T_{min} = V_e$
- Για οδούς της ομάδας Β: $T_{min} = 0,75V_e$

όπου: $T_{min}[m]$: το ελάχιστο μήκος της εφαπτομένης
 $V_e[km/h]$: η ταχύτητα μελέτης

23) Έλεγχος οριακών τιμών πρόσθετης κλίσης οριογραμμών

Για λόγους δυναμικής της κυκλοφορίας και λόγους οπτικής, η μέγιστη τιμή της πρόσθετης κλίσης (Δs_{max}) των οριογραμμών δεν πρέπει να υπερβαίνει τις τιμές του Πίνακα Π.8 για τις ομάδες οδών Α και Β.

Πίνακας Π.8: Οριακές τιμές πρόσθετης κλίσης οριογραμμών Δs για ομάδες οδών Α & Β. (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

V _e [km/h]	Δs_{max} [%] για		Δs_{min} [%]
	$\alpha < 4,00$ m	$\alpha \geq 4,00$ m	
50	0,50·α	2,0	0,10·α ($\leq \Delta s_{max}$)
60...70	0,40·α	1,6	
80...90	0,25·α	1,0	
100...130	0,20·α	0,9	

24) Έλεγχος διαφοράς κατά μήκος κλίσης και πρόσθετης κλίσης οριογραμμών

Για την πλήρη εξασφάλιση της απορροής των ομβρίων της οδού, η διαφορά μεταξύ της κατά μήκος κλίσης και της πρόσθετης κλίσης των οριογραμμών πρέπει να είναι 0,2% (καλύτερα 0,5%).

25) Έλεγχος κατά μήκος κλίσεων σε περιοχές συναρμογής αντίρροπων επικλίσεων

Σε οδούς των ομάδων Α και Β, που δεν διαθέτουν κράσπεδα, στις περιοχές συναρμογής των αντίρροπων επικλίσεων, πρέπει να επιλέγεται ελάχιστη κατά μήκος κλίση $s_{min} \geq 0,7\%$ ή καλύτερα $s_{min} \geq 1,0\%$, ώστε να αποφεύγονται ζώνες κακής απορροής των ομβρίων.

26) Έλεγχος σύνθετης κλίσης (RAA-R1, 2008)

Θα πρέπει να τηρείται μέγιστη σύνθετη κλίση 9%, ως συνισταμένη της κατά μήκος κλίσης και της επίκλισης, για να αποφεύγεται ολίσθηση των οχημάτων κατά τις χειμερινές ολισθηρότητες.

27) Κριτήριο Ασφαλείας Ι (επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στη μελέτη)

Πρέπει η ταχύτητα μελέτης V_e και η λειτουργική ταχύτητα V_{85} να είναι εναρμονισμένες. Διακρίνονται τρεις περιπτώσεις, όπως φαίνεται στον Πίνακα Π.9.

Πίνακας Π.9: Κριτήριο Ασφαλείας I για υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας (Κατηγορίες οδών A I έως A IV). (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

Περίπτωση 1: Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού
$ V_{85} - V_e \leq 10 \text{ km/h}$ Δεν απαιτούνται προσαρμογές ή διορθωτικές επεμβάσεις στη χάραξη της οδού.
Περίπτωση 2: Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού
$10 \text{ km/h} < V_{85} - V_e \leq 20 \text{ km/h}$ Στην περίπτωση αυτή οι επικλίσεις πρέπει να επαναυπολογιστούν με βάση την ταχύτητα V_{85} προκειμένου να εξασφαλισθεί ότι ο διατιθέμενος συντελεστής πλευρικής τριβής θα αντιστοιχεί στον απαιτούμενο συντελεστή τριβής. Οι απαιτούμενες βελτιώσεις αντιμετωπίζονται κατά περίπτωση. Επίσης, συνιστάται η τοποθέτηση των κατάλληλων προειδοποιητικών πινακίδων.
Περίπτωση 3: Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
$ V_{85} - V_e > 20 \text{ km/h}$ Ο προβλεπόμενος δείκτης σοβαρών τροχαίων ατυχημάτων χαρακτηρίζει τη μη ασφαλή και μη οικονομική χρήση της οδού. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται κατά κανόνα η ανακατασκευή της οδού και οπωσδήποτε η λήψη διορθωτικών μέτρων.

28) Κριτήριο Ασφαλείας II (επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στη λειτουργική ταχύτητα)

Πρέπει η λειτουργική ταχύτητα V_{85} να παραμένει σταθερή για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μήκος της οδού. Διακρίνονται τρεις περιπτώσεις, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα Π.10.

Πίνακας Π.10: Κριτήριο Ασφαλείας II για υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας (Κατηγορίες οδών A I έως A IV). (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

Περίπτωση 1: Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού
$ V_{85 \text{ i}} - V_{85 \text{ i+1}} \leq 10 \text{ km/h}$ Σε αυτά τα οδικά τμήματα υπάρχει ομοιογένεια στη χάραξη των διαδοχικών στοιχείων μελέτης και η οριζοντιογραφία της οδού δεν προκαλεί ασυνέχειες στην ανάπτυξη των λειτουργικών ταχυτήτων.
Περίπτωση 2: Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού
$10 \text{ km/h} < V_{85 \text{ i}} - V_{85 \text{ i+1}} \leq 20 \text{ km/h}$ Σε αυτά τα οδικά τμήματα εμφανίζονται μικρές ανομοιογένειες στη χάραξη των διαδοχικών στοιχείων μελέτης. Κατά κανόνα το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με προειδοποιητικές πινακίδες χωρία να απαιτείται ανακατασκευή της οδού.
Περίπτωση 3: Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
$ V_{85 \text{ i}} - V_{85 \text{ i+1}} > 20 \text{ km/h}$ Σε αυτά τα οδικά τμήματα εμφανίζονται μεγάλες ανομοιογένειες στη χάραξη των διαδοχικών στοιχείων μελέτης, που επιφέρουν ασυνέχειες στις επιλογές των ταχυτήτων με αποτέλεσμα να καθίσταται η οδός μη ασφαλής και αντισυμβατική λόγω κρίσιμων τιμών του δείκτη ατυχημάτων και του δείκτη κόστους ατυχημάτων. Το πρόβλημα αυτό κατά κανόνα πρέπει να αντιμετωπίζεται με ανακατασκευή της οδού ή με λήψη διορθωτικών μέτρων.

29) Κριτήριο Ασφαλείας III (επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στη δυναμική της κίνησης των οχημάτων)

Ελέγχεται η σχέση που υπάρχει μεταξύ του διατιθέμενου συντελεστή πλευρικής τριβής f_R και του απαιτούμενου συντελεστή εγκάρσιας τριβής f_{RA} (Πίνακας Π.11). Η διαφορά $f_R - f_{RA}$ αποτελεί ένα μέτρο ασφαλείας που συνδέεται με τη δυναμική της κίνησης των οχημάτων.

Πίνακας Π.11: Κριτήριο Ασφαλείας III για οδούς των ομάδων A και B. (OMOE-X, 2001)

Περίπτωση 1: Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού
$f_R - f_{RA} \geq 0,00$ Σε αυτά τα καμπύλα τμήματα πιθανότατα η πρόσφυση είναι επαρκής. Δεν απαιτούνται προσαρμογές ή βελτιώσεις στη μελέτη της οδού.
Περίπτωση 2: Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού
$-0,04 \leq f_R - f_{RA} < 0,00$ Σε αυτά τα καμπύλα τμήματα πρέπει: • να περιοριστεί η ταχύτητα των οχημάτων με μείωση του ορίου ταχύτητας ή/και με άλλες κυκλοφοριακές ρυθμίσεις ή και κατασκευαστικές επεμβάσεις. • να επαναυπολογιστούν οι επικλίσεις με βάση την ταχύτητα V_{85}, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι ο διατιθέμενος συντελεστής πλευρικής τριβής f_R θα προσεγγίζει την τιμή του απαιτούμενου συντελεστή πλευρικής τριβής f_{RA}, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις ανακατασκευής και βελτίωσης οδικών τμημάτων. • να τεθούν υψηλές ποιοτικές απαιτήσεις για την αντιολισθητικότητα κατά την ανανέωση του ασφαλτοτάπητα.
Περίπτωση 3: Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
$f_R - f_{RA} < -0,04$ Σε αυτά τα καμπύλα τμήματα πιθανότατα η διατιθέμενη τριβή του οδοστρώματος είναι ανεπαρκής, ιδιαίτερα σε υγρό οδόστρωμα, γεγονός που μπορεί να αυξήσει την επικινδυνότητα της οδού και τη σοβαρότητα των αναμενόμενων ατυχημάτων. Πρέπει να εξετάζεται η πιθανότητα λήψης κατασκευαστικών μέτρων πάντοτε με κριτήριο τις κατά περίπτωση συνθήκες ατυχημάτων. Κατά κανόνα σε αυτά τα τμήματα απαιτούνται κατασκευαστικές επεμβάσεις. Οπωσδήποτε είναι απαραίτητη η λήψη διορθωτικών μέτρων.

