

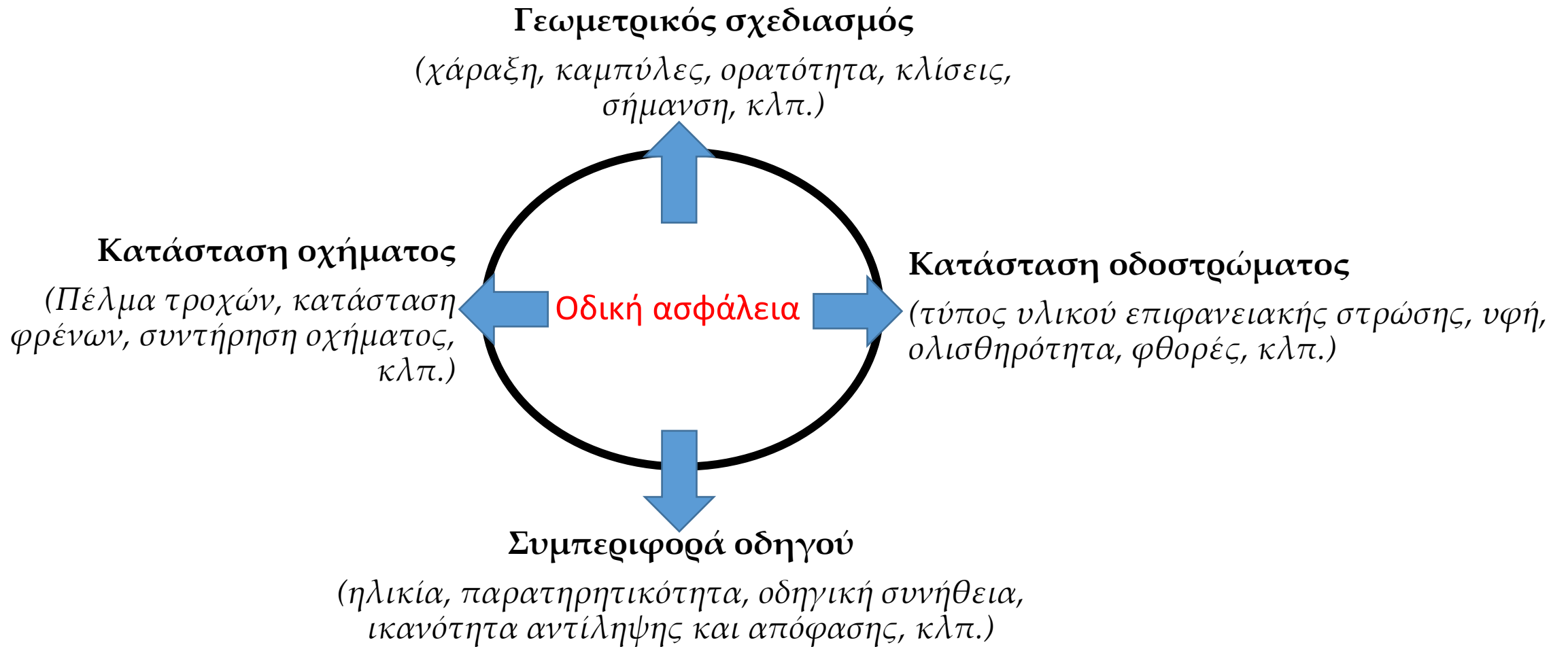


Μάθημα 7^{ου} εξαμήνου

Οδοποιία II

Συστήματα Αναχαίτισης Οχημάτων

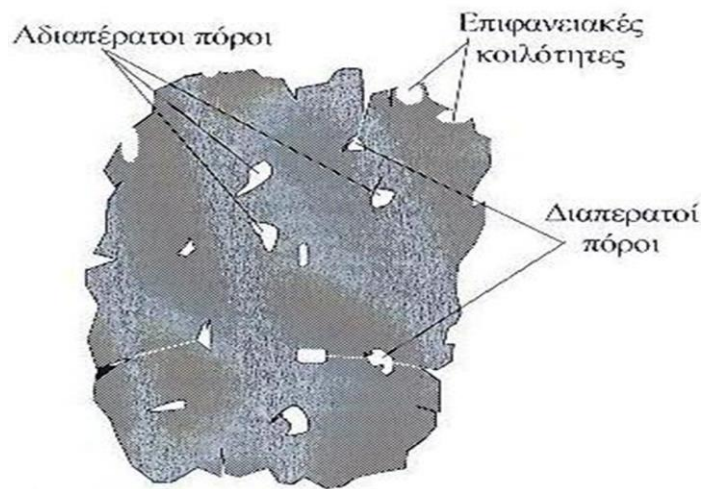
Κωνσταντίνος Γκυρτής
Επίκουρος Καθηγητής ΔΠΘ



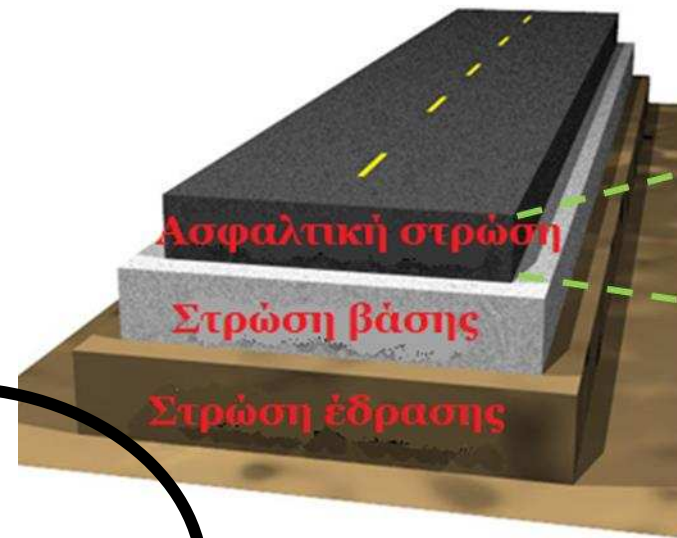
Γεωμετρικός σχεδιασμός
(χάραξη, καμπύλες, ορατότητα, κλίσεις, σήμανση, κλπ.)

Οδική ασφάλεια





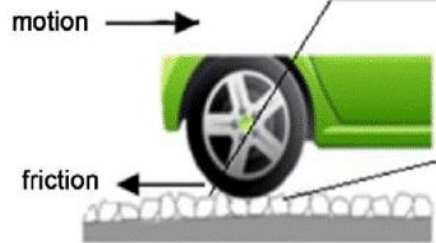
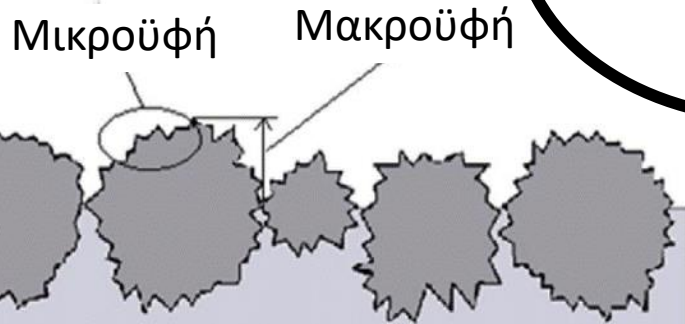
(α) κόκκος αδρανούς



Οδική ασφάλεια

Κατάσταση οδοστρώματος

(τύπος υλικού επιφανειακής στρώσης, υφή, ολισθηρότητα, φθορές, κλπ.)







Η «υποδομή» θα πρέπει να μπορεί να «προλαμβάνει» τα λάθη των «ευαίσθητων» οδηγών...



Οδική ασφάλεια



Συμπεριφορά οδηγού

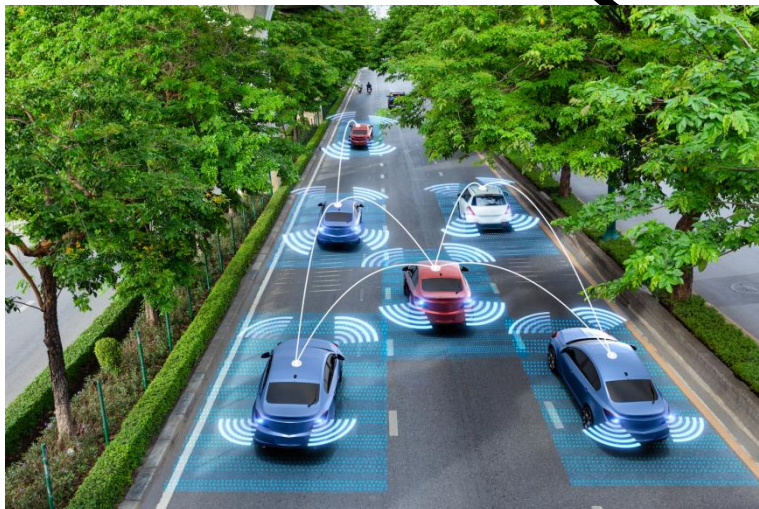
(ηλικία, παρατηρητικότητα, οδηγική συνήθεια, ικανότητα αντίληψης και απόφασης, κλπ.)





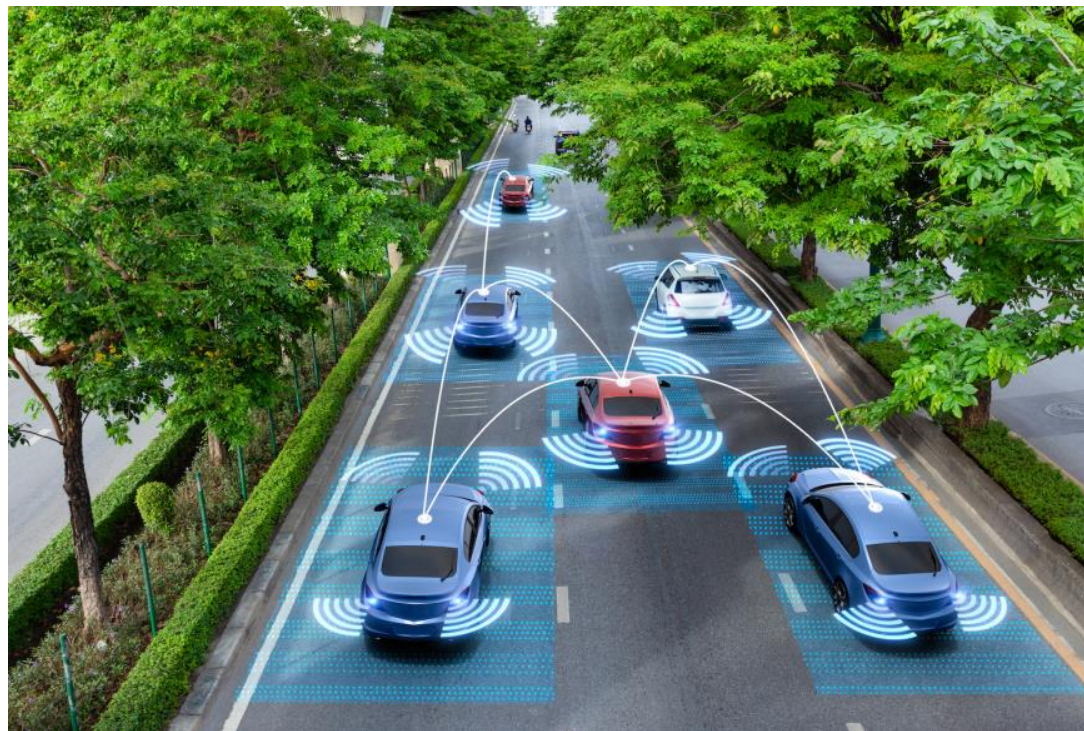
Κατάσταση οχήματος
(Πέλμα τροχών, κατάσταση
φρένων, συντήρηση οχήματος,
κλπ.)

Οδική ασφάλεια



What's
Next?



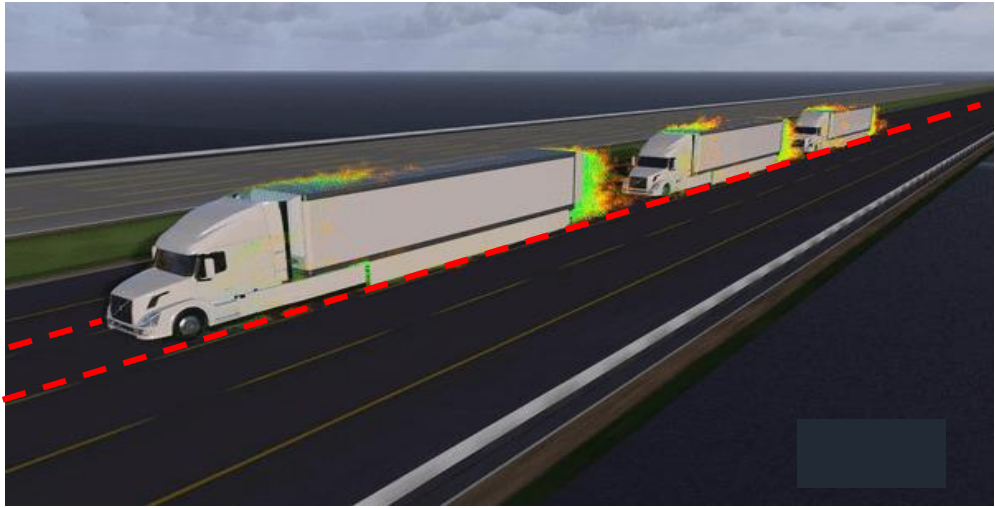


Συνεχιζόμενες προκλήσεις Οδοποιού Μηχανικού

- ❖ Οδική ασφάλεια (κοινωνική απαίτηση)
- ❖ Σεβασμός στο περιβάλλον
- ❖ Εναρμόνιση με υφιστάμενη υποδομή (ταχύτητες κίνησης, πλάτη λωρίδας, κόμβοι, ορατότητα)
- ❖ Νέοι τύποι οχημάτων και μοτίβων κυκλοφορίας (**Autonomous Vehicles, AV**): αύξηση κυκλοφοριακής ικανότητας, μείωση αριθμού και πλάτους λωρίδων



Νέα μοτίβα κυκλοφορίας (ροή «κομβόι» – platooning)...



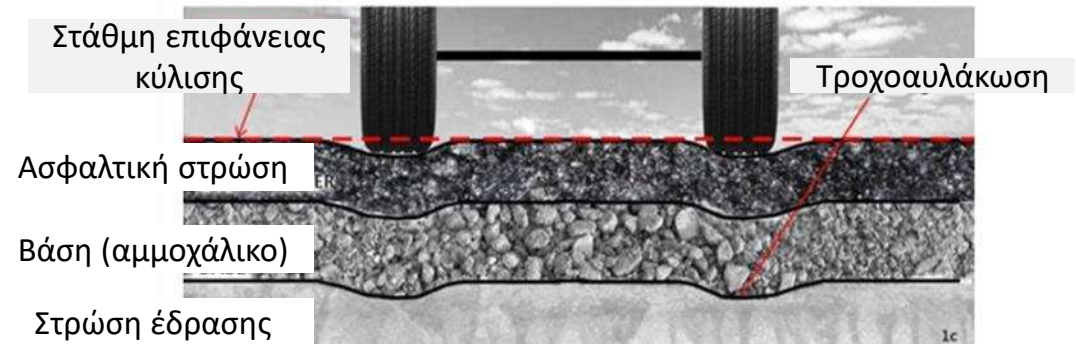
Γεωμετρικός Σχεδιασμός Οδών
(ενίσχυση οδικής ασφάλειας, μείωση πλάτους λωρίδων...)

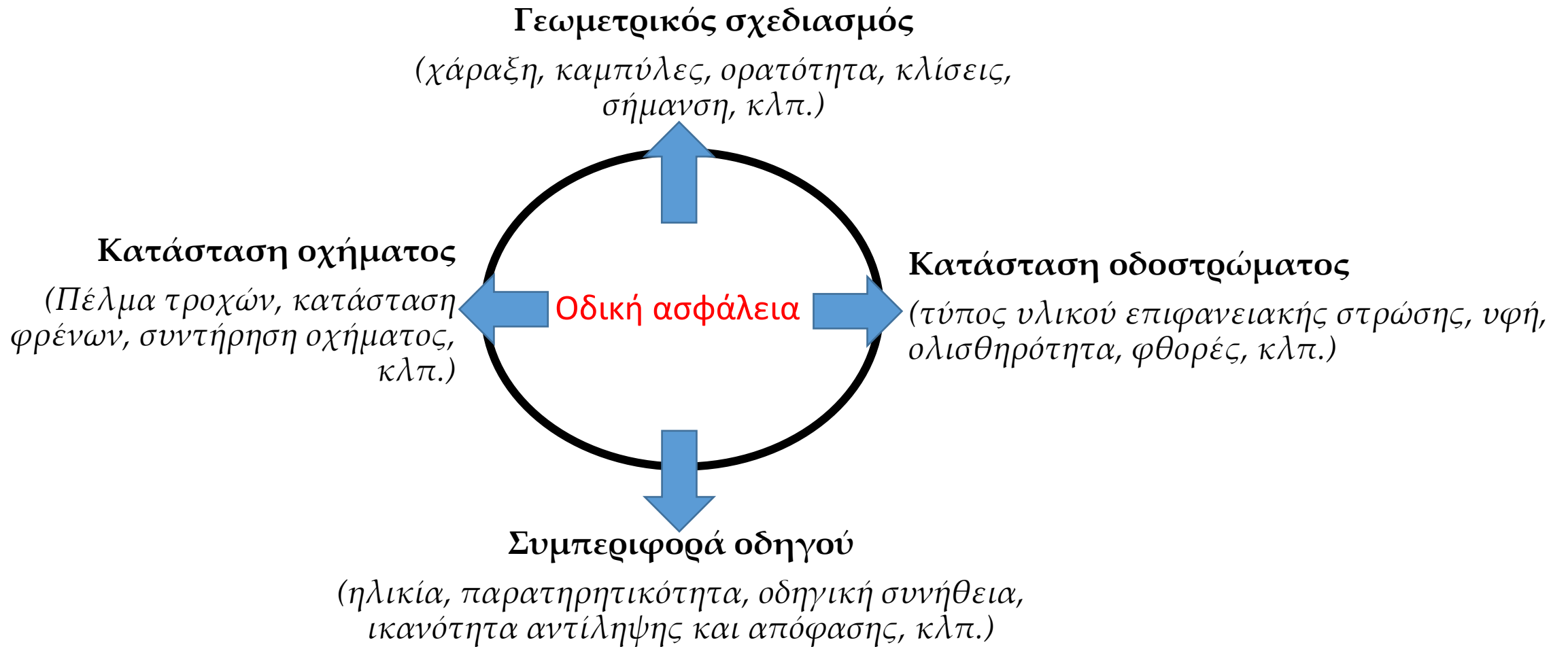


Συμπεριφορά υποδομής



Οδική ασφάλεια ?





.... Ακόμη και όταν είναι όλα «τέλεια»,

Υποδομή και ανθρώπινος παράγοντας... Οδικό περιβάλλον και οδικός εξοπλισμός...



ΣΗΜΑΝΣΗ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΙΣΕΙΣ



ΑΝΑΚΛΑΣΤΗΡΕΣ



ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΧΑΙΤΙΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (ΣΑΟ)

Συστήματα Αναχαίτισης Οχημάτων (ΣΑΟ)

Γιατί τα ΣΑΟ είναι απαραίτητα



Πιθανά εμπόδια



Με την έννοια "συστήματα αναχαίτισης οχημάτων" νοούνται τα συστήματα παθητικής ασφάλειας που πληρούν τις απαιτήσεις του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ EN 1317.

Τα συστήματα αναχαίτισης οχημάτων πρέπει να περιορίζουν κατά το δυνατόν τις συνέπειες των ατυχημάτων. Με αυτά επιδιώκεται:

- ❑ η **προστασία τρίτων**, δηλαδή ατόμων που δεν συμμετέχουν άμεσα σε τροχαία ατυχήματα, ή των περιοχών εκατέρωθεν της οδού που χρήζουν προστασίας ή του αντίθετου ρεύματος κυκλοφορίας σε οδούς με διαχωρισμένα οδοστρώματα,
- ❑ η **προστασία των επιβαινόντων** από τις συνέπειες λόγω της εκτροπής του οχήματος από το οδόστρωμα, π.χ. λόγω πτώσης ή πρόσκρουσης σε εμπόδιο παραπλεύρως της οδού



Στόχος των ΣΑΟ

- Λήψη μέτρων προστασίας σε οδικά τμήματα ή θέσεις κατά την κατασκευή νέων οδών, την ανακατασκευή ή την βελτίωση υφισταμένων οδών,
- Λήψη μέτρων προστασίας θέσεων ή τμημάτων με νέα εμπόδια σε υφιστάμενες οδούς,
- Μέριμνα για υφιστάμενα τμήματα, στα οποία τα υπάρχοντα συστήματα αναχαίτισης οχημάτων πρέπει να ανανεωθούν λόγω παλαιότητας. Επισκευές συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων λόγω πρόσκρουσης οχημάτων σε αυτά δεν νοούνται εν προκειμένω ως ανανέωση
- Βελτίωση της οδικής ασφάλειας σε τμήματα υφιστάμενων οδών, όπου παρατηρείται υψηλή συχνότητα ατυχημάτων στα οποία επικρατεί ο τύπος ατυχήματος πρώτης σύγκρουσης «εκτροπή»
- Βελτίωση της οδικής ασφάλειας σε τμήματα υφισταμένων οδών, όπου εμφανίζεται υψηλή συχνότητα ατυχημάτων γενικά («black spots»).



Συστήματα Αναχαίτισης Οχημάτων

Στηθαία Ασφαλείας

Απολήξεις Αρχής
και Πέρατος

Συναρμογές

Προσωρινά στηθαία
ασφαλείας

Συστήματα Απορρόφησης
Ενέργειας Πρόσκρουσης
(ΣΑΕΠ)





μόνιμα στηθαία



προσωρινά στηθαία



**συστήματα απορρόφησης
ενέργειας πρόσκρουσης**



συναρμογές



απολήξεις αρχής και πέρατος

Η πιστοποίηση ΣΑΟ προκύπτει με εφαρμογή του προτύπου ΕΛΟΤ EN 1317 κάτω από σαφείς και συγκεκριμένες εργαστηριακές συνθήκες δοκιμών πρόσκρουσης (διάταξη του συστήματος, υλικό συστήματος και θεμελίωσης, τύπος και τρόπος θεμελίωσης, περιβάλλον χώρος κλπ.).

Για ΣΑΟ που χαρακτηρίζονται ως βιομηχανικά προϊόντα χορηγείται σήμα πιστοποίησης CE.

Οι πραγματικές συνθήκες εγκατάστασης ενός ΣΑΟ σε οδικές υποδομές αποκλίνουν κατά κανόνα από τις εργαστηριακές συνθήκες δοκιμών πρόσκρουσης κατά το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1317 (πχ εγκατάσταση ΣΑΟ όχι ευθύγραμμα αλλά με καμπυλότητα, με κατά μήκος κλίση και επίκλιση κ.ο.κ.) με αποτέλεσμα οι αναφερόμενες επιδόσεις των ΣΑΟ στα πιστοποιητικά τους να μην ταυτίζονται πάντα κάτω από πραγματικές συνθήκες λειτουργίας των ΣΑΟ.

Αποτελεί ζητούμενο η συμπεριφορά των ΣΑΟ κάτω από πραγματικές συνθήκες λειτουργίας τους. Εφόσον κριθεί σκόπιμο μπορεί να εφαρμοσθούν θεωρητικοί υπολογισμοί και κατάλληλες μαθηματικές προσομοιώσεις για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του ΣΑΟ σε συνθήκες απόκλισης από αυτές των δοκιμών κατά ΕΛΟΤ EN 1317.

Σε κάθε περίπτωση η εφαρμογή ΣΑΟ αποσκοπεί στην δημιουργία αποδεκτών επιπέδων οδικής ασφάλειας σε μία οδό τόσο για όλους τους χρήστες της όσο και για τρίτους.



Επικίνδυνες θέσεις

- Ύπαρξη εμποδίου πλησίον του χώρου κυκλοφορίας της οδού (πχ. δένδρο, βάθρο γέφυρας, κλπ.)
- Περιοχές με κίνδυνο εκτροπής οχήματος



Κατηγορίες επικινδυνότητας

Οι επικίνδυνες θέσεις κατατάσσονται σε κατηγορίες με βάση τον κίνδυνο

- προς τρίτους
- για τους επιβαίνοντες

Κατηγορία κινδύνου 1

περιοχές που χρήζουν προστασίας με ιδιαίτερο κίνδυνο για τρίτους, όπως:

- χημικές εγκαταστάσεις με κίνδυνο έκρηξης
- περιοχές με έντονη χρήση παραμονής (πχ ΣΕΑ)
- Παράπλευρες σιδ/κες γραμμές ($V_{επιτρ} > 160 \text{ km/h}$)
- φέροντα στοιχεία τεχνικών έργων (με κίνδυνο κατάρρευσης σε πρόσκρουση)
- παράπλευροι πεζόδρομοι και ποδηλατόδρομοι
- παράπλευρη σιδ/κή γραμμή με ημερήσιο φόρτο > 30 συρμούς
- παράπλευρες οδοί με ημερήσιο φόρτο > 500 οχήματα

Κατηγορία κινδύνου 2

Κατηγορία κινδύνου 3

εμπόδια με κίνδυνο για τους επιβαίνοντες σε όχημα, όπως:

- μη παραμορφώσιμα εμπόδια κάθετα στην οδό
- μη παραμορφώσιμα μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, ιστοί)
- ηχοπετάσματα
- κιγκλιδώματα

Κατηγορία κινδύνου 4

- Παραμορφώσιμα σημειακά εμπόδια
- πρηνή επιχωμάτων (κλίση $> 1/3$, ύψος $> 3 \text{ m}$)
- πρηνή ορυγμάτων (κλίση $> 1/3$)
- τάφροι
- οχετοί
- ρέματα
- ύδατα βάθους $> 0.5 \text{ m}$

Κατηγορίες επικινδυνότητας

Κατηγορία κινδύνου 1

περιοχές που χρήζουν προστασίας με ιδιαίτερο κίνδυνο για τρίτους, όπως:



Κατηγορία κινδύνου 2



Κατηγορία κινδύνου 3

εμπόδια με κίνδυνο για τους επιβαίνοντες σε όχημα, όπως:

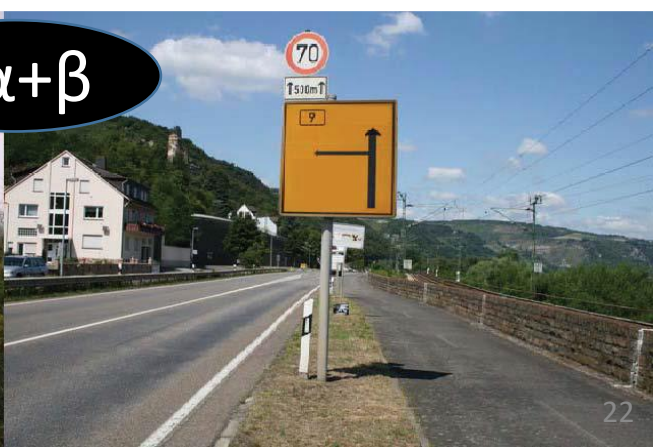


Κατηγορία κινδύνου 4



Εφαρμογή 1

Εκτιμήστε με συνοπτική αιτιολόγηση την κατηγορία επικινδυνότητας των εμποδίων/θέσεων που φαίνονται στις εικόνες.



Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΔΠΘ
Οδοποιία (2023-2024)

Εφαρμογή 1

Εκτιμήστε με συνοπτική αιτιολόγηση την κατηγορία επικινδυνότητας των εμποδίων/θέσεων που φαίνονται στις εικόνες.

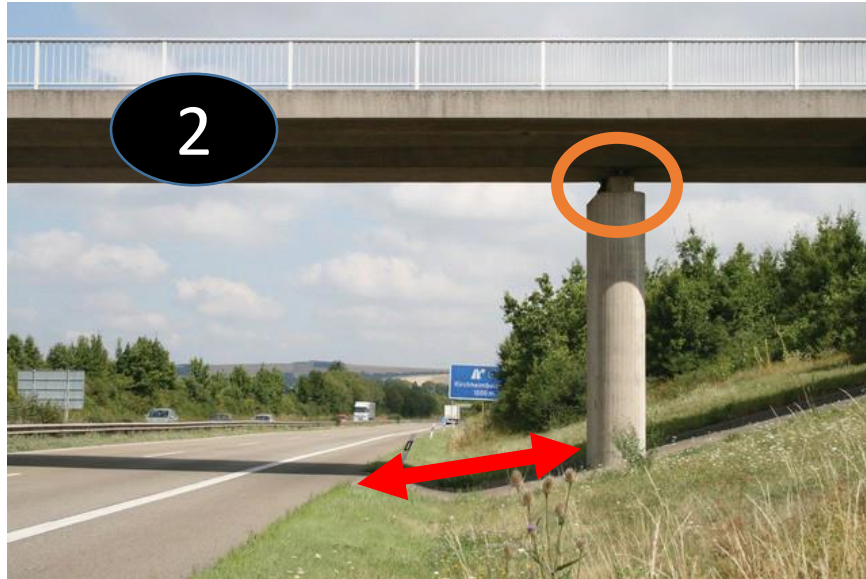


ΣΕΑ → περιοχές με έντονο τον χαρακτήρα παραμονής

Για αυτό το λόγο αυτές οι περιοχές αποτελούν ιδιαίτερο κίνδυνο για τρίτους (**κατηγορία κινδύνου 1**)

Εφαρμογή 1

Εκτιμήστε με συνοπτική αιτιολόγηση την κατηγορία επικινδυνότητας των εμποδίων/θέσεων που φαίνονται στις εικόνες.



Βάθρα γεφυρών

Ένα βάθρο γέφυρας αποτελεί ιδιαίτερο κίνδυνο για τρίτους όταν **δεν έχει υπολογιστεί για πρόσκρουση**

Όταν τα βάθρα μιας γέφυρας έχουν υπολογιστεί και διαστασιοποιηθεί έναντι πρόσκρουσης οχημάτων, τότε αυτά αποτελούν ιδιαίτερο κίνδυνο για τους επιβαίνοντες σε όχημα

Κατηγορία 3

(μη παραμορφώσιμο)

Εφαρμογή 1

Εκτιμήστε με συνοπτική αιτιολόγηση την κατηγορία επικινδυνότητας των εμποδίων/θέσεων που φαίνονται στις εικόνες.



Βάθρα γεφυρών

Ένα βάθρο γέφυρας αποτελεί ιδιαίτερο κίνδυνο για τρίτους όταν **δεν έχει υπολογιστεί για πρόσκρουση**

Όταν τα βάθρα μιας γέφυρας έχουν υπολογιστεί και διαστασιολογηθεί έναντι πρόσκρουσης οχημάτων, τότε αυτά αποτελούν ιδιαίτερο κίνδυνο για τους επιβαίνοντες σε όχημα

Κατηγορία 1

(κίνδυνος κατάρρευσης)

Εφαρμογή 1

Εκτιμήστε με συνοπτική αιτιολόγηση την κατηγορία επικινδυνότητας των εμποδίων/θέσεων που φαίνονται στις εικόνες.



Κατηγορία 2

Γενικά όταν οι περιοχές κατάντη των γεφυρών είναι περιοχές με ιδιαίτερο κίνδυνο τρίτων, όπως εγκαταστάσεις με κίνδυνο έκρηξης, περιοχές με έντονο τον χαρακτήρα παραμονής, σιδηροδρομικές γραμμές υψηλής ταχύτητας κλπ, τότε οι περιοχές αυτές υπάγονται στην **κατηγορία κινδύνου 1**.

Εφόσον η περιοχή κατάντη του τεχνικού εγκυμονεί κίνδυνο για τρίτους σε περίπτωση πτώσης του οχήματος, όπως πεζόδρομοι και ποδηλατόδρομοι ή οδοί με ενιαίο οδόστρωμα, αυτή θα υπάγεται στην **κατηγορία κινδύνου 2**.

Εφαρμογή 1

Εκτιμήστε με συνοπτική αιτιολόγηση την κατηγορία επικινδυνότητας των εμποδίων/θέσεων που φαίνονται στις εικόνες.



Πρόκειται για συμπαγές εμπόδιο, κάθετα στη θέση της οδού.

Τέτοια εμπόδια δεν παραμορφώνονται, όταν ένα όχημα προσκρούσει σε αυτά.

Παραδείγματα συμπαγών εμποδίων κάθετα στην οδό είναι η αφετηρία τοίχων αντιστήριξης, τα βάθρα σκυροδέματος, τα κτίρια κλπ.

Αυτού του είδους τα εμπόδια υπάγονται στην **κατηγορία κινδύνου 3**.

Εφαρμογή 1

Εκτιμήστε με συνοπτική αιτιολόγηση την κατηγορία επικινδυνότητας των εμποδίων/θέσεων που φαίνονται στις εικόνες.



Κατηγορία 3



Κατηγορία 1

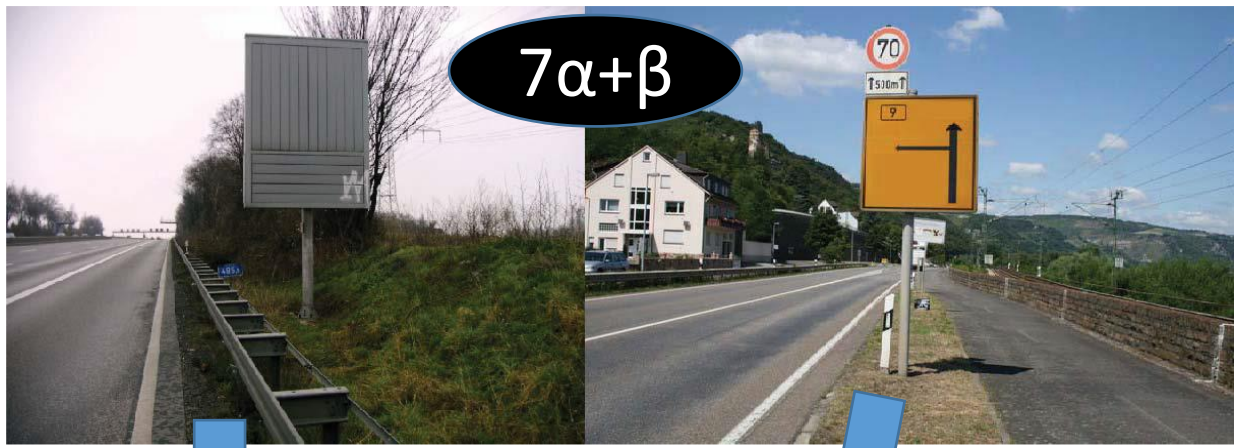
Ορθοστάτες γεφυρών σήμανσης – βάρθα σκυροδέματος

Στην περίπτωση που οι γέφυρες σήμανσης δεν υπολογίζονται και διαστασιολογούνται έναντι πρόσκρουσης οχημάτων σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, υπάρχει η πιθανότητα κατάρρευσης και επομένως αποτελούν ιδιαίτερο κίνδυνο για τρίτους.

Όταν προβλέπεται η κατασκευή βάρθρων σκυροδέματος από οπλισμένο σκυρόδεμα σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-ΚΣΑ, μέρος 4, τότε η γέφυρα σήμανσης αποτελεί ιδιαίτερο κίνδυνο για τους επιβαίνοντες σε όχημα.

Εφαρμογή 1

Εκτιμήστε με συνοπτική αιτιολόγηση την κατηγορία επικινδυνότητας των εμποδίων/θέσεων που φαίνονται στις εικόνες.



Κατηγορία 3

Οι ορθοστάτες πινακίδων μικρού και μεσαίου μεγέθους, οι οποίοι κατά την πρόσκρουση οχήματος **δεν ανατρέπονται αλλά παραμορφώνονται**, υπάγονται στην **κατηγορία κινδύνου 4**

Συμπαγείς ορθοστάτες πινακίδων

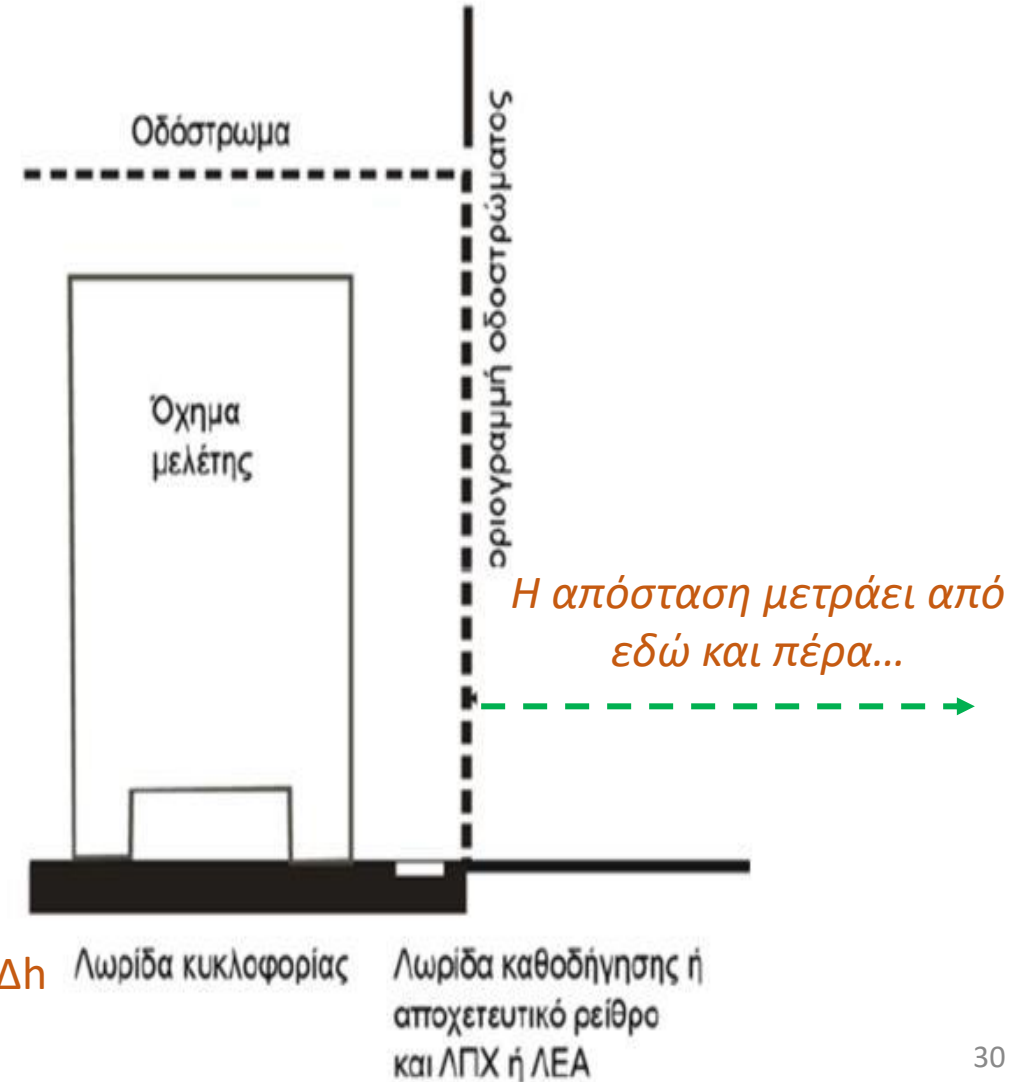
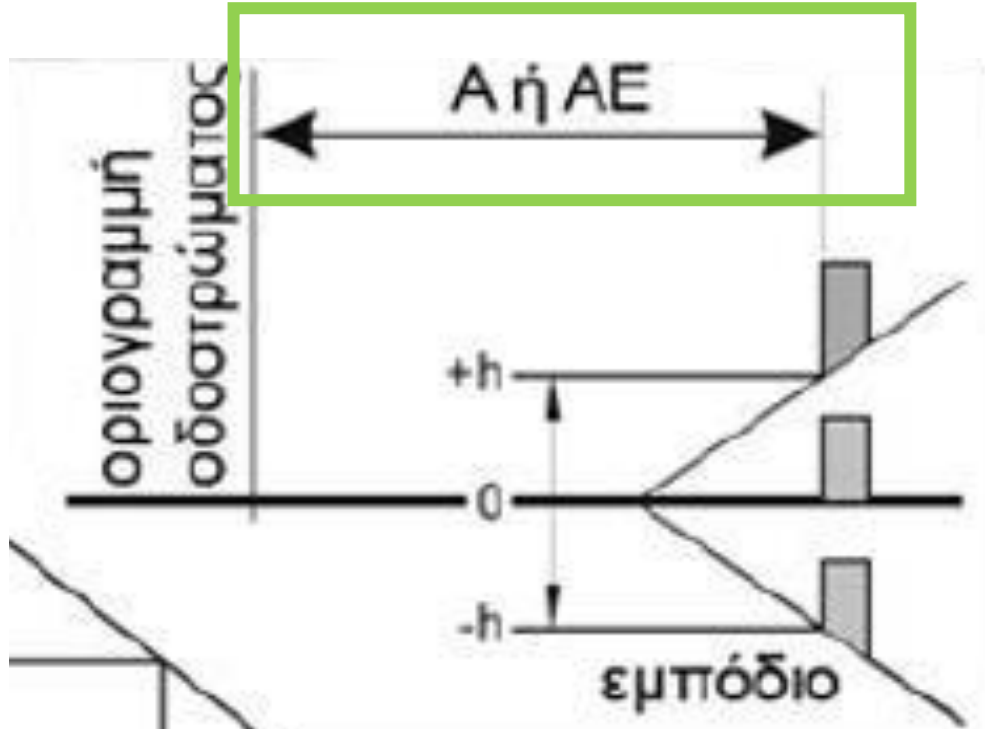
Οι ορθοστάτες αποτελούν ιδιαίτερο κίνδυνο για τους επιβαίνοντες σε όχημα, όταν δεν είναι **ούτε ανατρεπόμενοι ούτε παραμορφώσιμοι**. Η συμπεριφορά τους κατά την πρόσκρουση οχήματος είναι συνάρτηση της αγκύρωσης του σημείου έδρασης, της διατομής και του υλικού κατασκευής τους.

Δικτυωτοί ορθοστάτες → Κατ. 4



Κρίσιμη απόσταση

Η απόσταση εντός της οποίας πρέπει να εξετασθεί, εάν είναι απαραίτητη η εγκατάσταση συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων, εφόσον σε αυτή υπάρχουν είτε περιοχές που χρήζουν προστασίας είτε πλευρικά εμπόδια.



Παράγοντες που επιδρούν

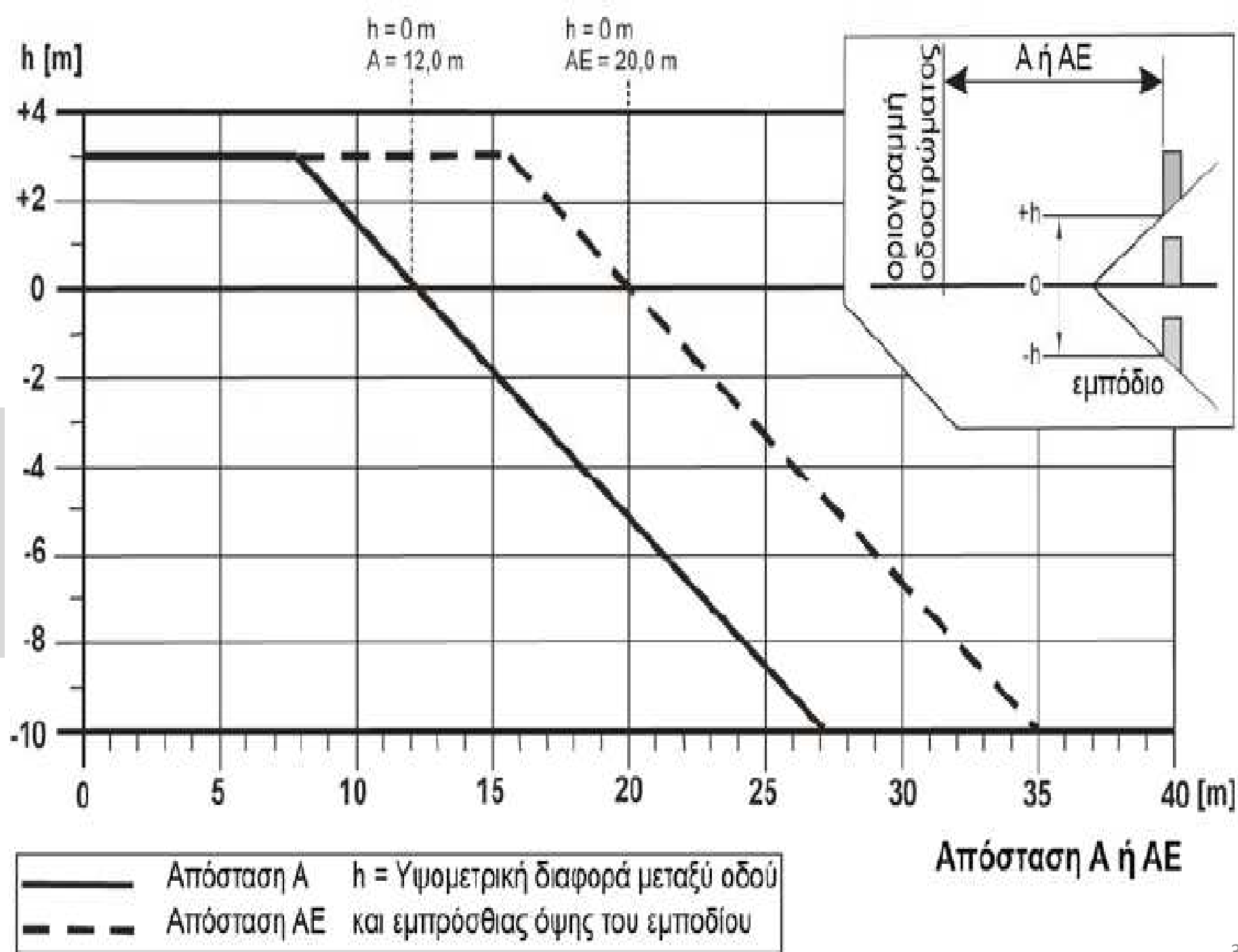
- Τύπος οδού
- Επιτρεπόμενη ταχύτητα
- Υψομετρική διαφορά οριογραμμής οδού και εμπρόσθιας όψης εμπόδιου Δh

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΔΠΘ

Οδοποιία (2023-2024)

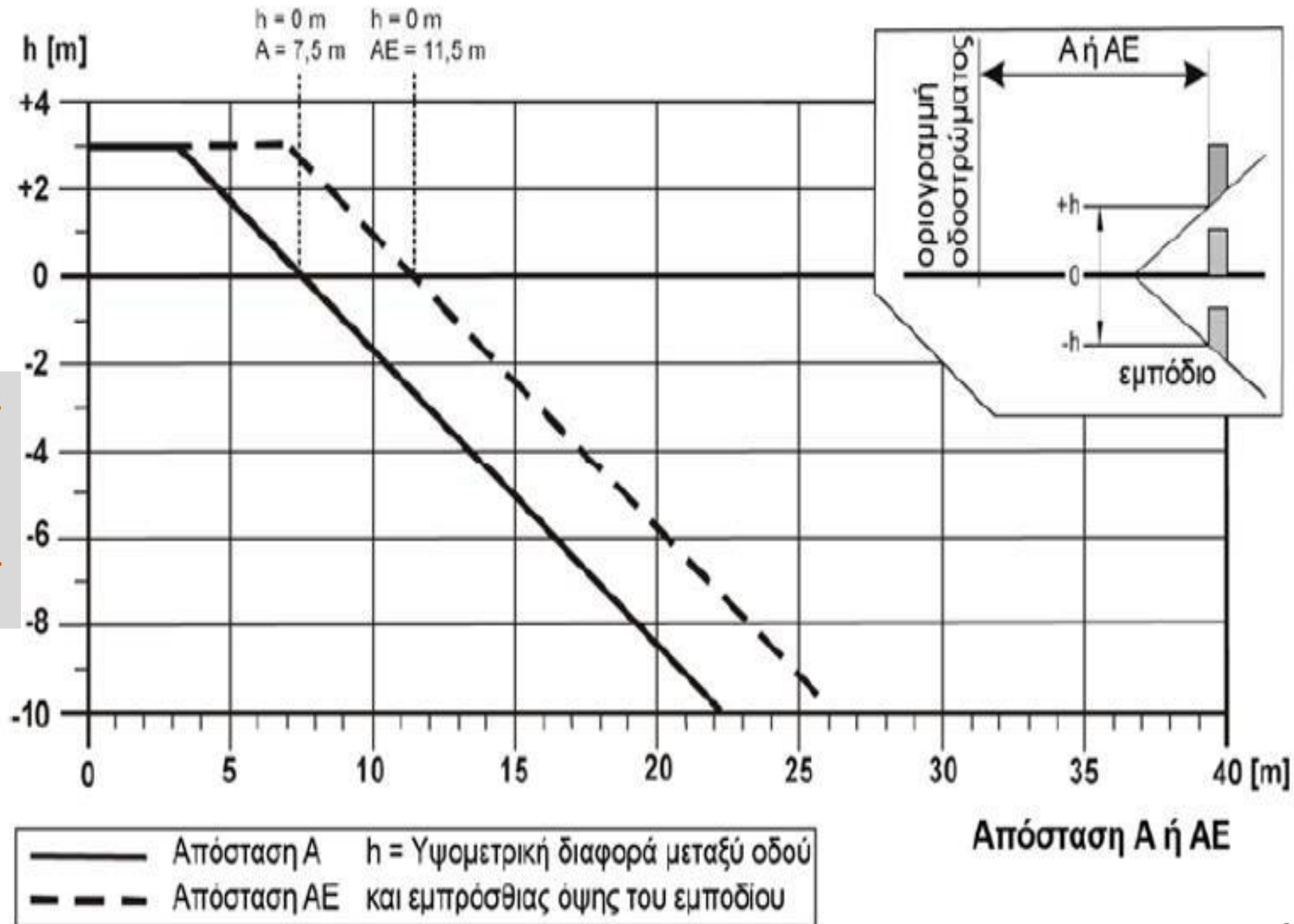
Αυτοκινητόδρομοι / οδοί με $V_{\text{επιτρ}} > 100\text{km/h}$, και αρτηρίες με διαχ. οδοστρώματα με $V_{\text{επιτρ}} \leq 100\text{km/h}$

- Για κατηγορία κινδύνου 1 ή 2 αναζητούμε την διευρυμένη απόσταση AE
- Για κατηγορία κινδύνου 3 ή 4 αναζητούμε την απόσταση A



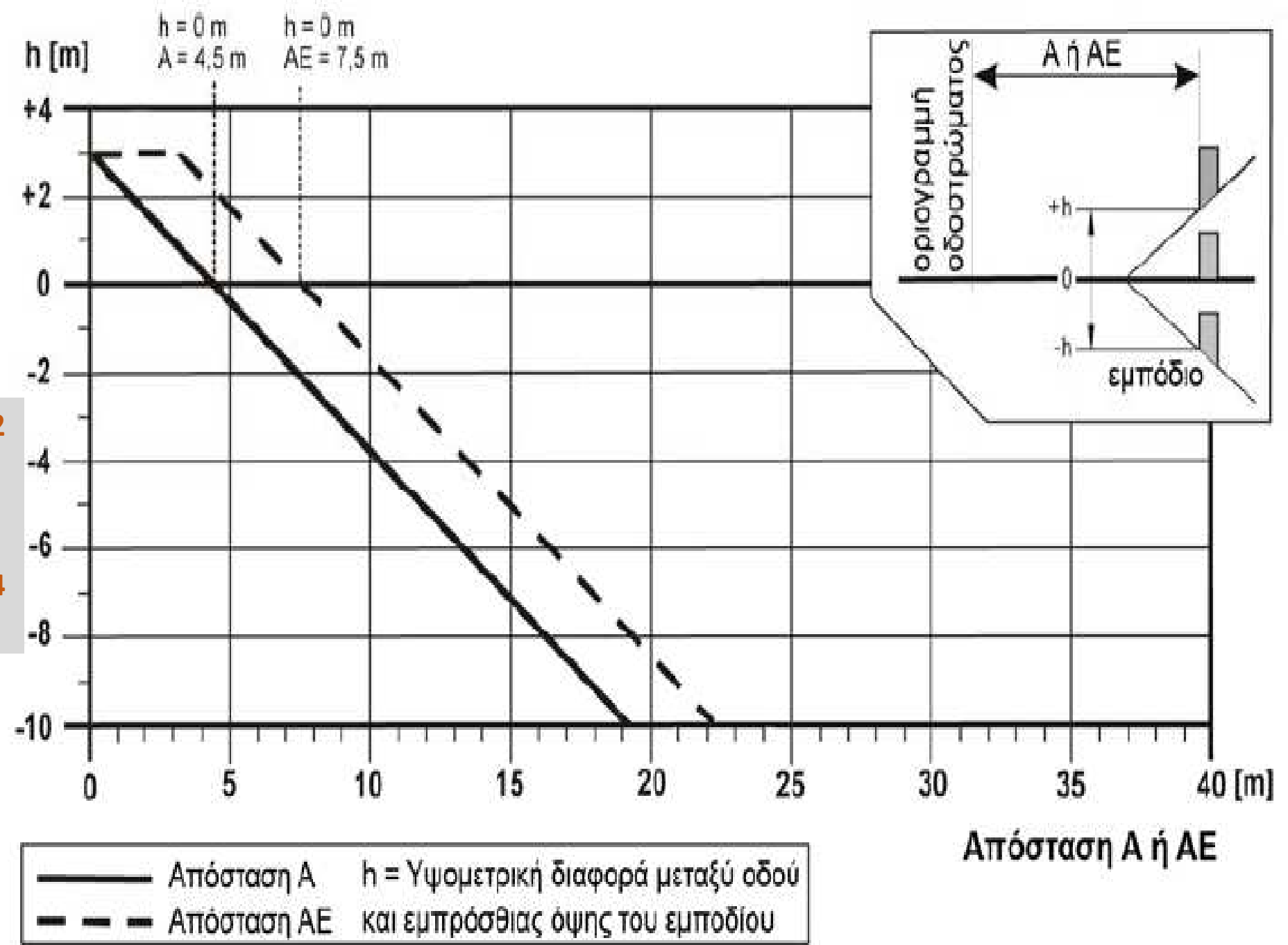
Οδοί με $80\text{km/h} \leq V_{\text{επιτρ}} \leq 100\text{km/h}$

- Για κατηγορία κινδύνου 1 ή 2 αναζητούμε την διευρυμένη απόσταση ΑΕ
- Για κατηγορία κινδύνου 3 ή 4 αναζητούμε την απόσταση Α



Οδοί με $60\text{km/h} \leq V_{\text{επιτρ}} \leq 70\text{km/h}$

- Για κατηγορία κινδύνου 1 ή 2 αναζητούμε την διευρυμένη απόσταση AE
- Για κατηγορία κινδύνου 3 ή 4 αναζητούμε την απόσταση A



Τι γίνεται όταν δεν υπάρχουν σαφώς ορισμένα επιτρεπόμενα όρια ?

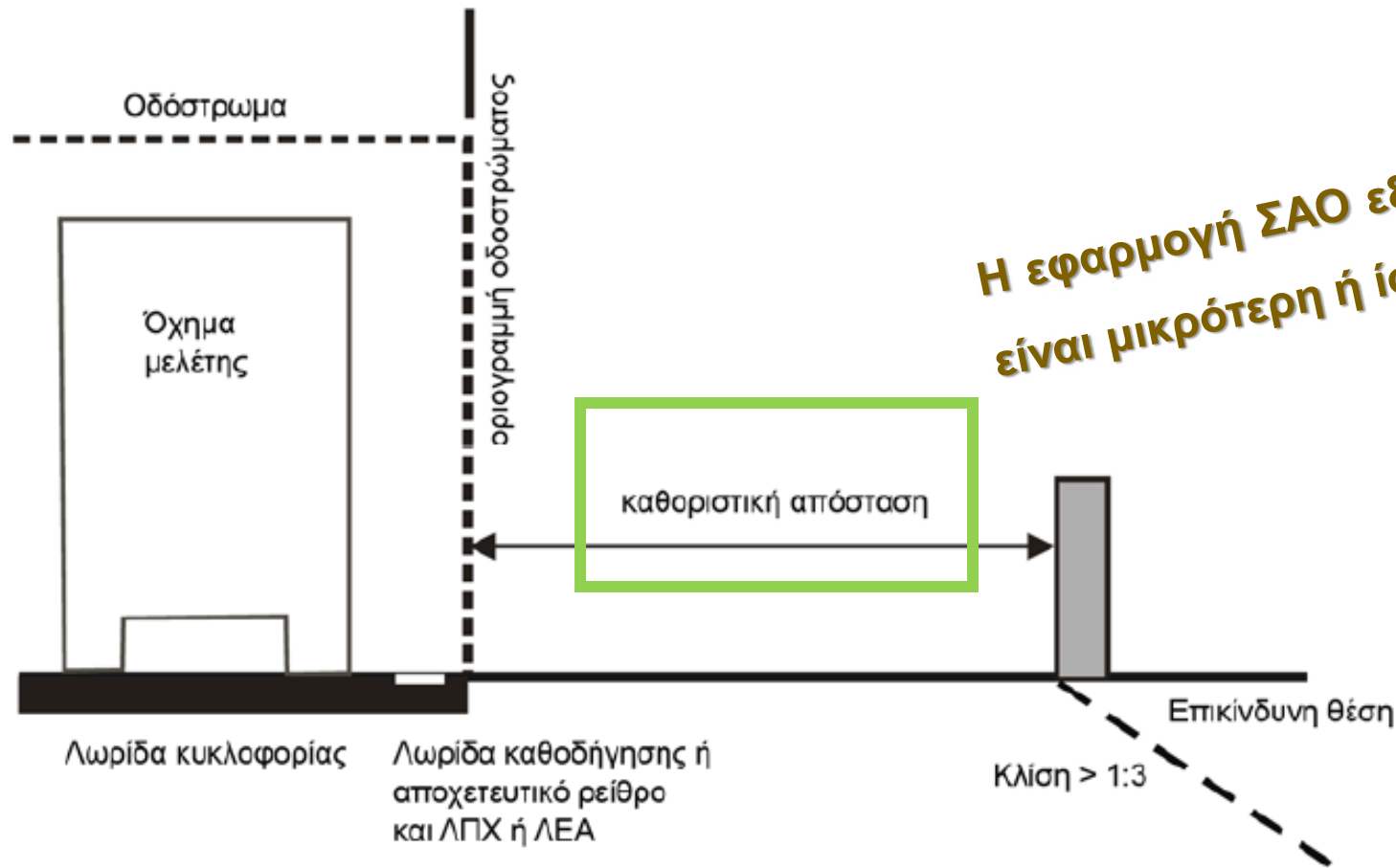
- Συνδετήριοι κλάδοι ανισόπεδων κόμβων



Κρίσιμη Ακτίνα Συνδετήριου Κλάδου (m)	Καθοριστική Ταχύτητα (km/h)
30	50
50	60
80	70
125	80
180	90
250	100

Καθοριστική απόσταση

Η απόσταση μεταξύ οριογραμμής οδοστρώματος και της όψης της επικίνδυνης θέσης



Η εφαρμογή ΣΑΟ εξετάζεται όταν η καθοριστική απόσταση είναι μικρότερη ή ίση με την κρίσιμη απόσταση

ΣΑΟ και κατηγορίες επίδοσης

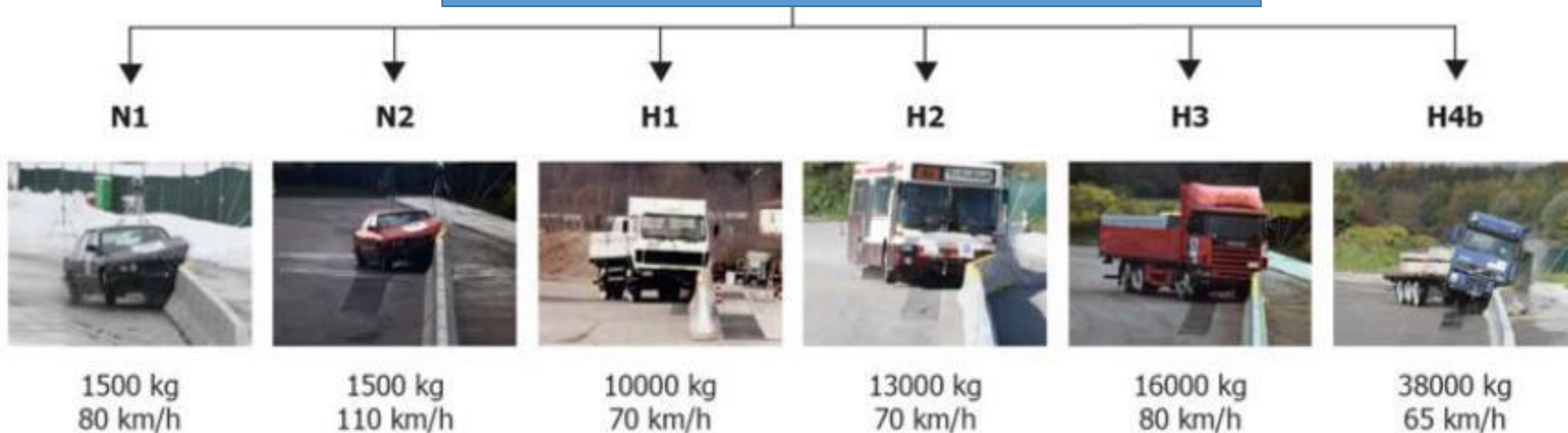
Τα Συστήματα Αναχαίτισης Οχημάτων πρέπει να τοποθετούνται όπως ακριβώς και κατά την δοκιμή πρόσκρουσης (π.χ. στηθαία σκυροδέματος νησίδας, στα οποία κατά την δοκιμή πρόσκρουσης δεν υπήρχε πλήρωση της νησίδας με εδαφικά, φυτικά ή άλλα προϊόντα τότε και η νησίδα κατά την εγκατάσταση του στηθαίου στην οδό πρέπει να είναι χωρίς πλήρωση υλικού).

Επειδή οι δοκιμές πρόσκρουσης κατά ΕΛΟΤ EN 1317 έλαβαν χώρα σε προκαθορισμένες συνθήκες (θεμελίωση, τύπος εδάφους, τρόπος έμπηξης ορθοστατών κ.ο.κ.), που δεν μπορούν να καλύψουν όλες τις δυνατές περιπτώσεις κατά την εφαρμογή τους, είναι δυνατό να μην διατίθεται πιστοποιημένο Σύστημα Αναχαίτισης Οχημάτων για την συγκεκριμένη περίπτωση. Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να επιλεγεί ένα Σύστημα Αναχαίτισης Οχημάτων, που παρουσιάζει παρόμοιο τρόπο εγκατάστασης με αυτόν των πραγματικών συνθηκών.

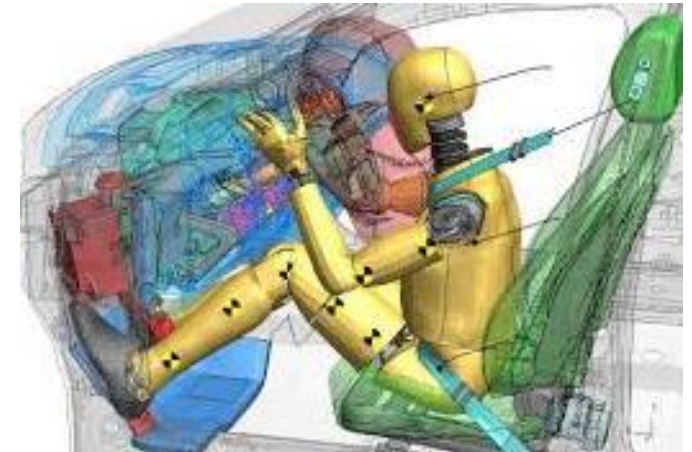
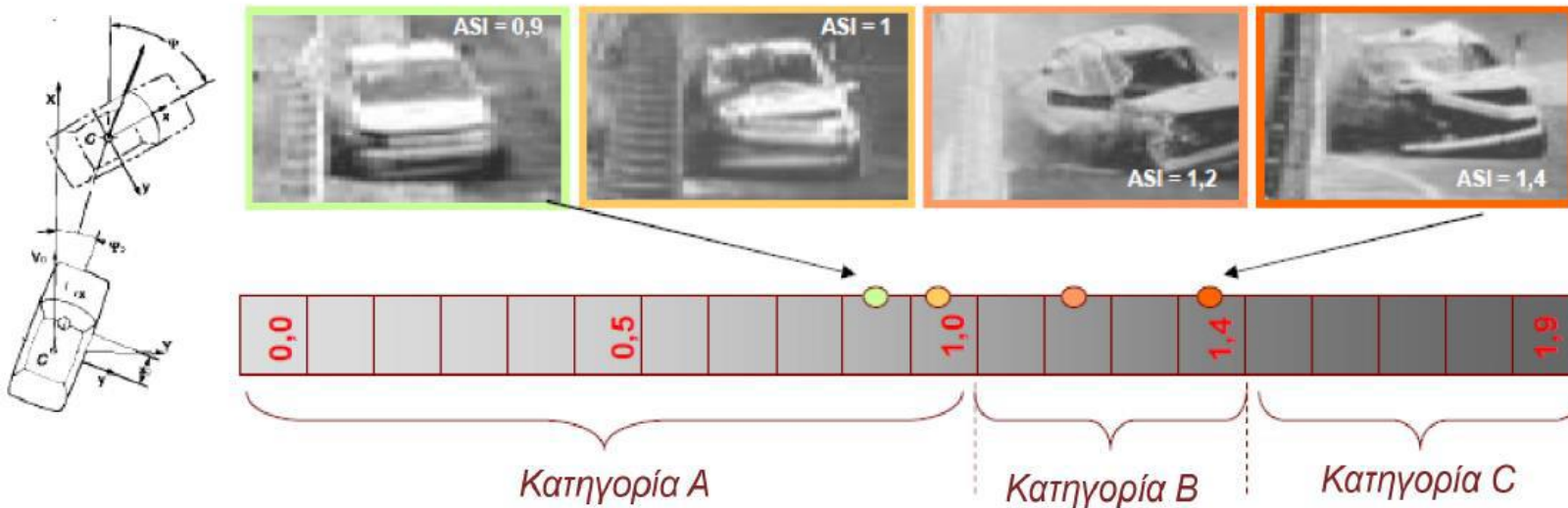
- ❑ δυσμενέστερη τυπική περίπτωση πρόσκρουσης που δύναται να αντιμετωπίσει με επιτυχία ένα ΣΑΟ
- ❑ εξαρτάται από τύπο και μάζα οχήματος, γωνία και ταχύτητα πρόσκρουσης



Κατηγορίες ικανότητας συγκράτησης κατά την πρόσκρουση...



- ❖ Προσδιορίζεται η φυσική καταπόνηση, σοβαρότητα τραυματισμών, κίνδυνος απώλειας ζωής επιβατών
- ❖ Ο έλεγχος αφορά σε επιβατικά οχήματα.

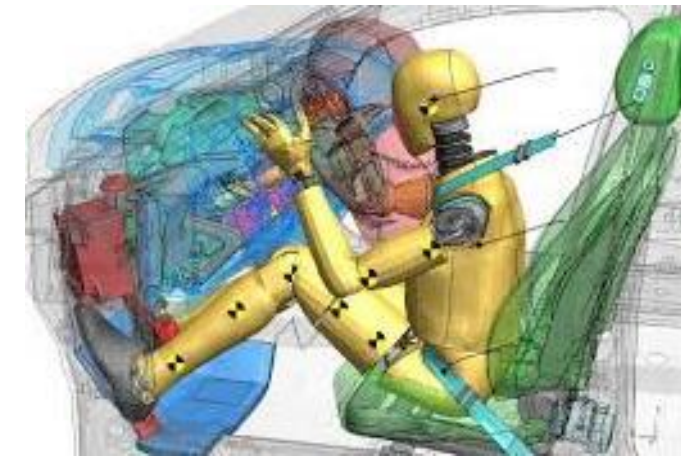


- ❑ Acceleration Severity Index (ASI) > 0 → αδιάστατο μέγεθος
- ❑ Για ASI > 1 → μεγαλύτερη η επικινδυνότητα
- ❑ Σύγκριση κατηγοριών A, B, C ??

Theoretical Head Impact Velocity (THIV)
Κατά τη σύγκρουση με ΣΑΟ, η ταχύτητα του οχήματος μεταβάλλεται. Γίνεται η θεώρηση ότι το κεφάλι του επιβάτη συνεχίζει να κινείται με την ταχύτητα THIV μέχρις ότου προσκρούσει σε σταθερό εμπόδιο.

- ❖ Προσδιορίζεται η φυσική καταπόνηση, σοβαρότητα τραυματισμών, κίνδυνος απώλειας ζωής επιβατών
- ❖ Ο έλεγχος αφορά σε επιβατικά οχήματα.

- ❑ Acceleration Severity Index (ASI) > 0 → αδιάστατο μέγεθος
- ❑ Για ASI > 1 → μεγαλύτερη η επικινδυνότητα
- ❑ Σύγκριση κατηγοριών A, B, C ??



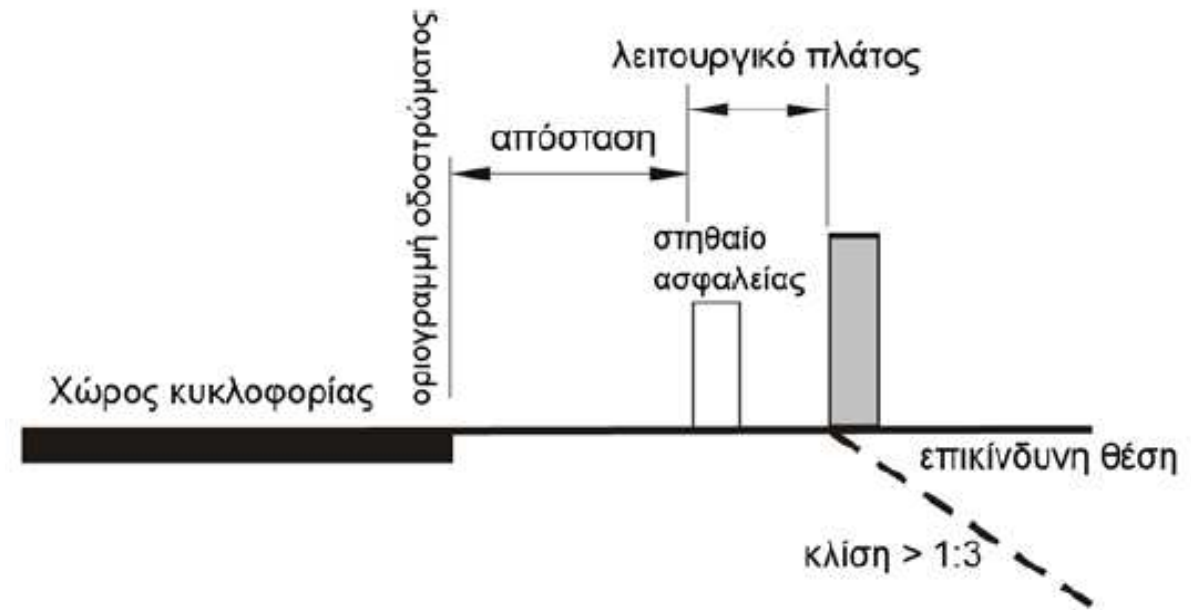
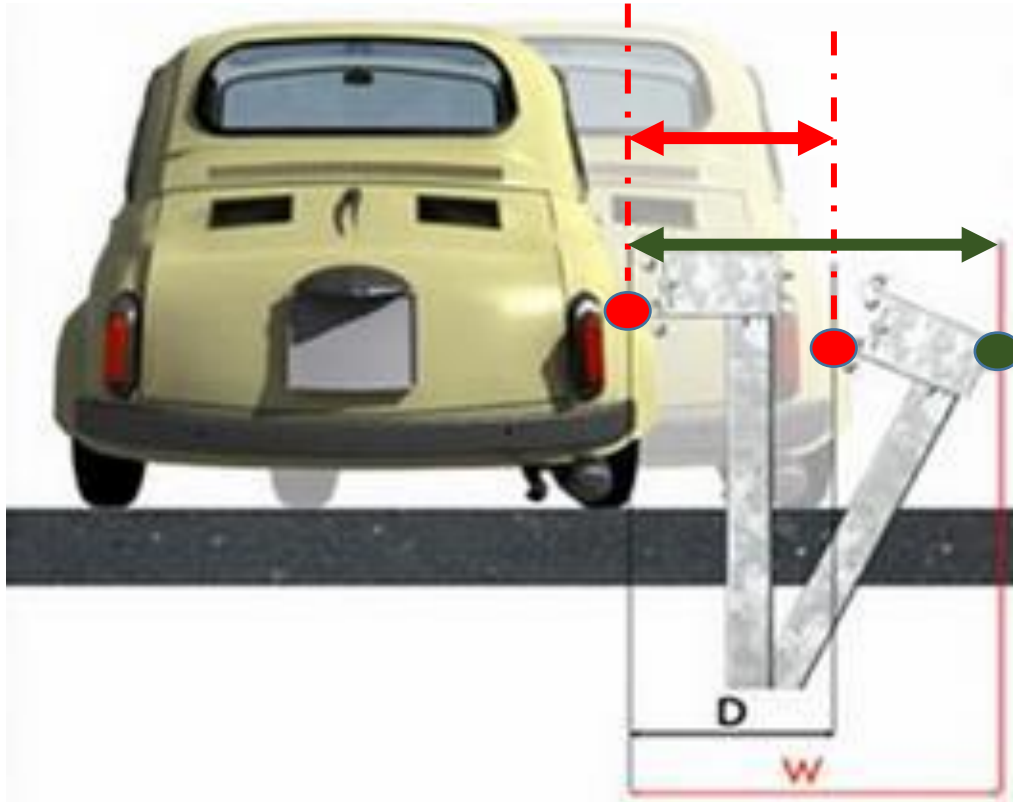
Theoretical Head Impact Velocity (THIV)

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

- ❖ Δυναμική παραμόρφωση D
- ❖ Λειτουργικό πλάτος W
- ❖ Εισχώρηση οχήματος

D : μέγιστη πλευρική δυναμική μετατόπιση της πρόσοψης του ΣΑΟ σε οποιοδήποτε σημείο αυτού

W : άθροισμα κατασκευαστικού πλάτους και δυναμικής παραμόρφωσης του συστήματος αναχαίτισης



Το ΣΑΟ που επιλέγεται εξαρτάται και από τη διαθέσιμη απόσταση αυτού από τα πλευρικά εμπόδια. Πρέπει να εξασφαλίζεται το λειτουργικό του πλάτος. Άρα, για μικρό διατιθέμενο χώρο, το σύστημα θα είναι πιο άκαμπτο.

❖ Λειτουργικό πλάτος W – Κατηγορίες προς επιλογή

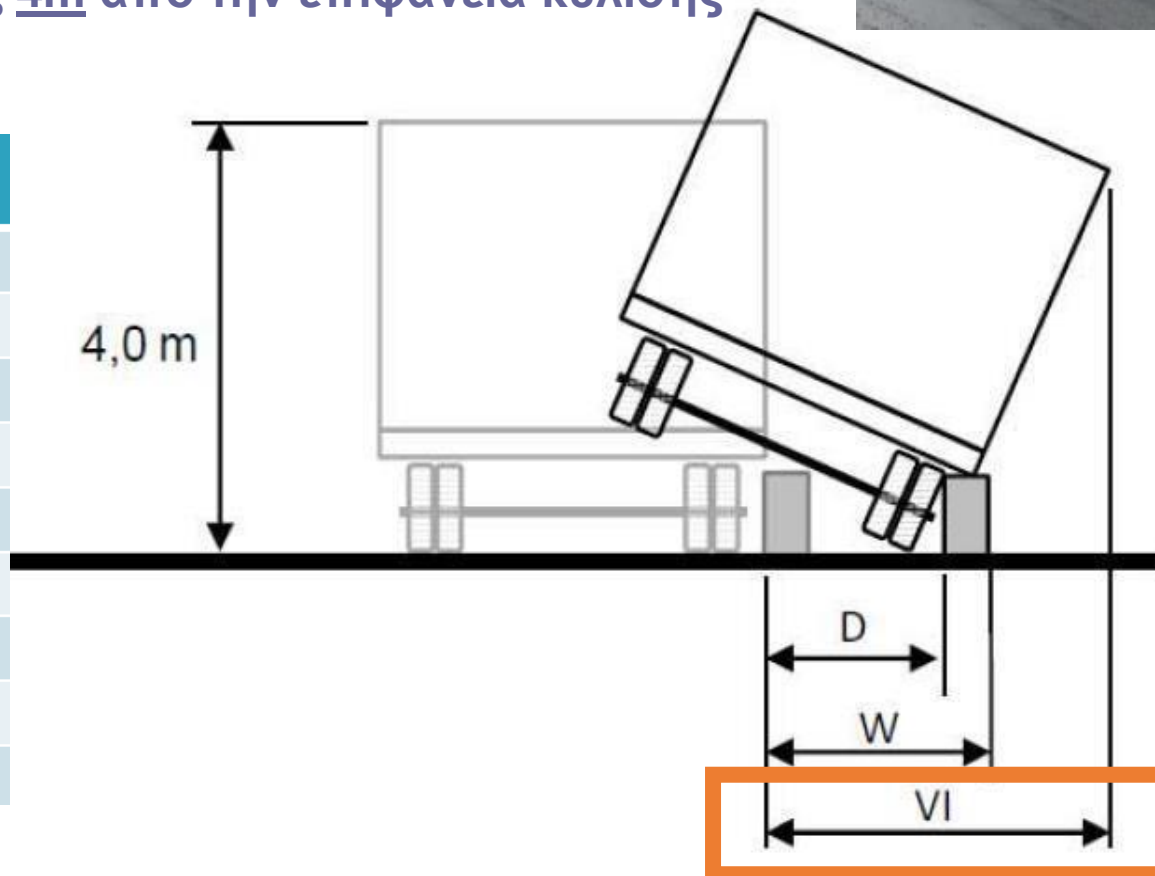
Κατηγορία	Λειτουργικό Πλάτος	(m)
W1	$W \leq 0.6$	
W2	$W \leq 0.8$	
W3	$W \leq 1.0$	
W4	$W \leq 1.3$	
W5	$W \leq 1.7$	
W6	$W \leq 2.1$	
W7	$W \leq 2.5$	
W8	$W \leq 3.5$	

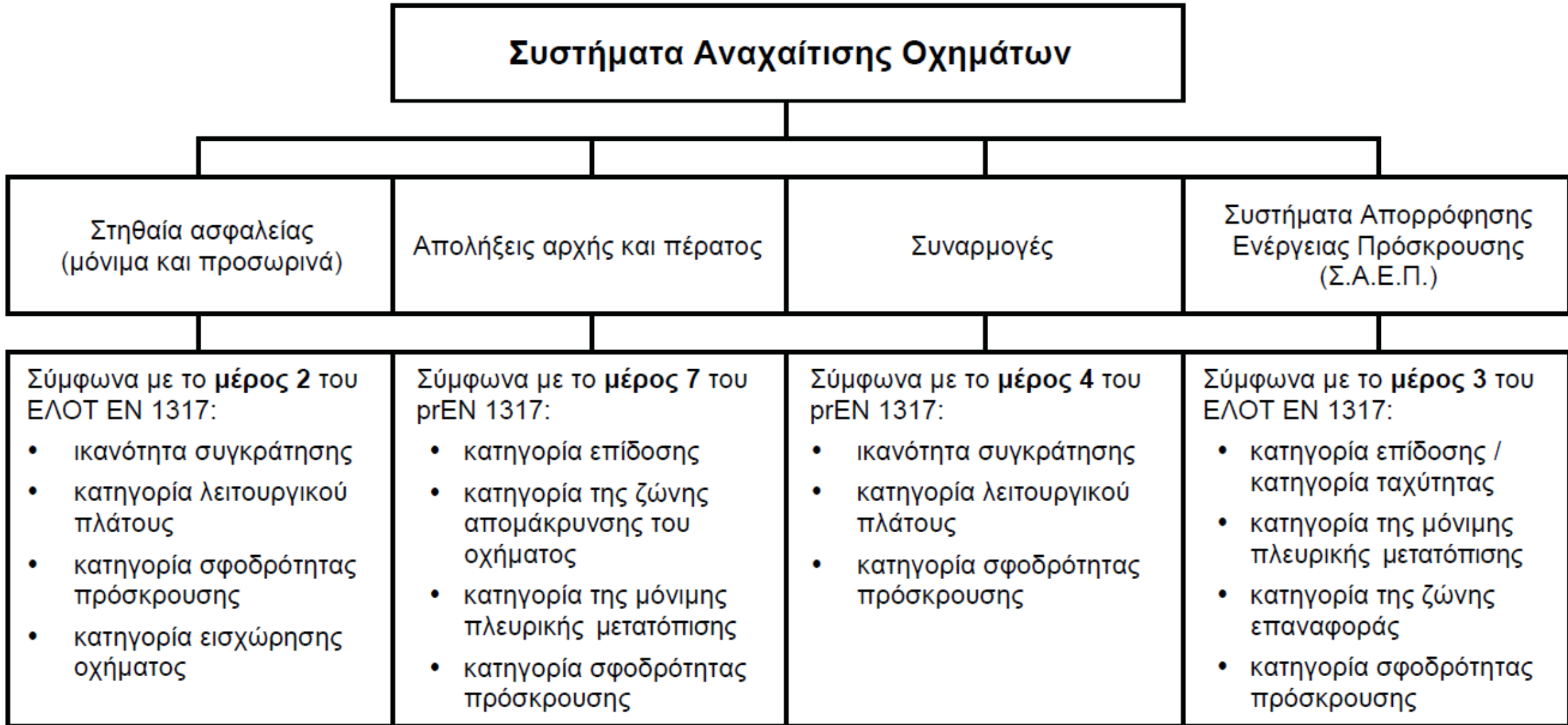
Εισχώρηση (VI): Πρόκειται για τη μέγιστη δυναμική πλευρική μετατόπιση φορτηγού οχήματος (HGV) από την εμπρόσθια όψη του ΣΑΟ

Μετρίεται μεταξύ της εμπρόσθιας όψης του στηθαίου και της θέσης του εξωτερικού άνω άκρου του οχήματος σε ύψος 4m από την επιφάνεια κύλισης



Κατηγορία	Ικανότητα Παρέισδυσης (m)
VI1	$VI \leq 0.6$
VI2	$VI \leq 0.8$
VI3	$VI \leq 1.0$
VI4	$VI \leq 1.3$
VI5	$VI \leq 1.7$
VI6	$VI \leq 2.1$
VI7	$VI \leq 2.5$
VI8	$VI \leq 3.5$
VI9	$VI > 3.5$





Συστήματα Αναχαίτισης Οχημάτων

Στηθαία Ασφαλείας

Απολήξεις Αρχής
και Πέρατος

Συναρμογές

Προσωρινά στηθαία
ασφαλείας


Συστήματα Απορρόφησης
Ενέργειας Πρόσκρουσης
(ΣΑΕΠ)



Στηθαία ασφαλείας

Οι επιδόσεις των στηθαίων ασφαλείας καθορίζονται σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1317-2 από τέσσερα βασικά κριτήρια:

- την ικανότητα συγκράτησης,
- το λειτουργικό πλάτος,
- την εισχώρηση του οχήματος (τυπικό ύψος οχήματος 4 μέτρα) και
- την κατηγορία σφοδρότητας πρόσκρουσης



Η περιγραφή της σωματικής καταπόνησης των επιβαινόντων σε όχημα κατά την πρόσκρουση σε στηθαία ασφαλείας γίνεται με το κριτήριο της σφοδρότητας πρόσκρουσης.

Θεωρούμενες κατηγορίες A, B, C

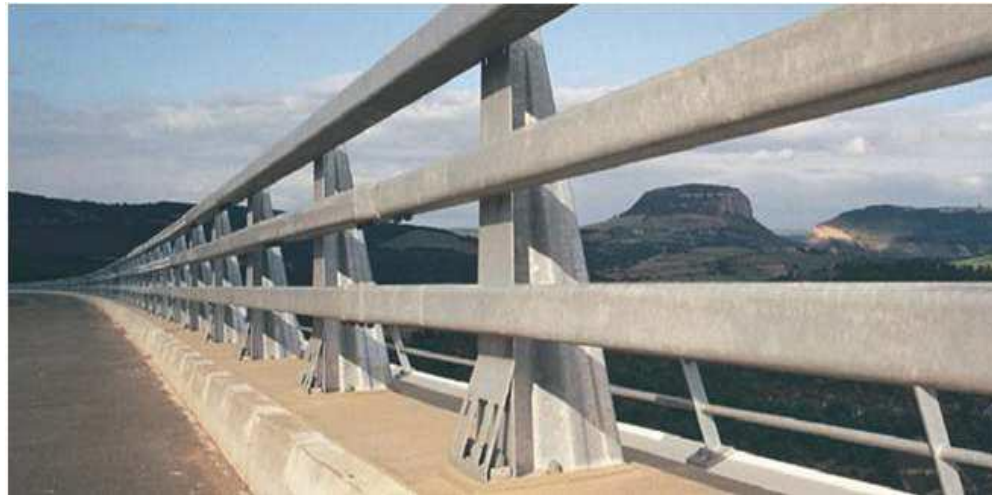
Η κατηγορία A παρέχει μικρότερη επιβάρυνση στους επιβαίνοντες ενός οχήματος από την B και προτιμάται, όταν οι άλλες προϋποθέσεις είναι ίδιες.

Σε ιδιαίτερα επικίνδυνες θέσεις στις οποίες είναι πρωταρχικής σημασίας η συγκράτηση ενός οχήματος (π.χ. ενός βαρέως οχήματος), μπορεί να επιλεγεί ένα σύστημα αναχαίτισης με σφοδρότητα πρόσκρουσης C, που επιφέρει την μέγιστη καταπόνηση στους επιβαίνοντες των οχημάτων.

Στηθαία ασφαλείας

Περιοχές εγκατάστασης

- εξωτερική οριογραμμή οδοστρώματος
- οριογραμμές γεφυρών και τοίχων αντιστήριξης
- κεντρική και πλευρική διαχωριστική νησίδα
- τοίχοι και μέτωπα σηράγγων



Στηθαία ασφαλείας

Εξωτερική οριογραμμή οδοστρώματος

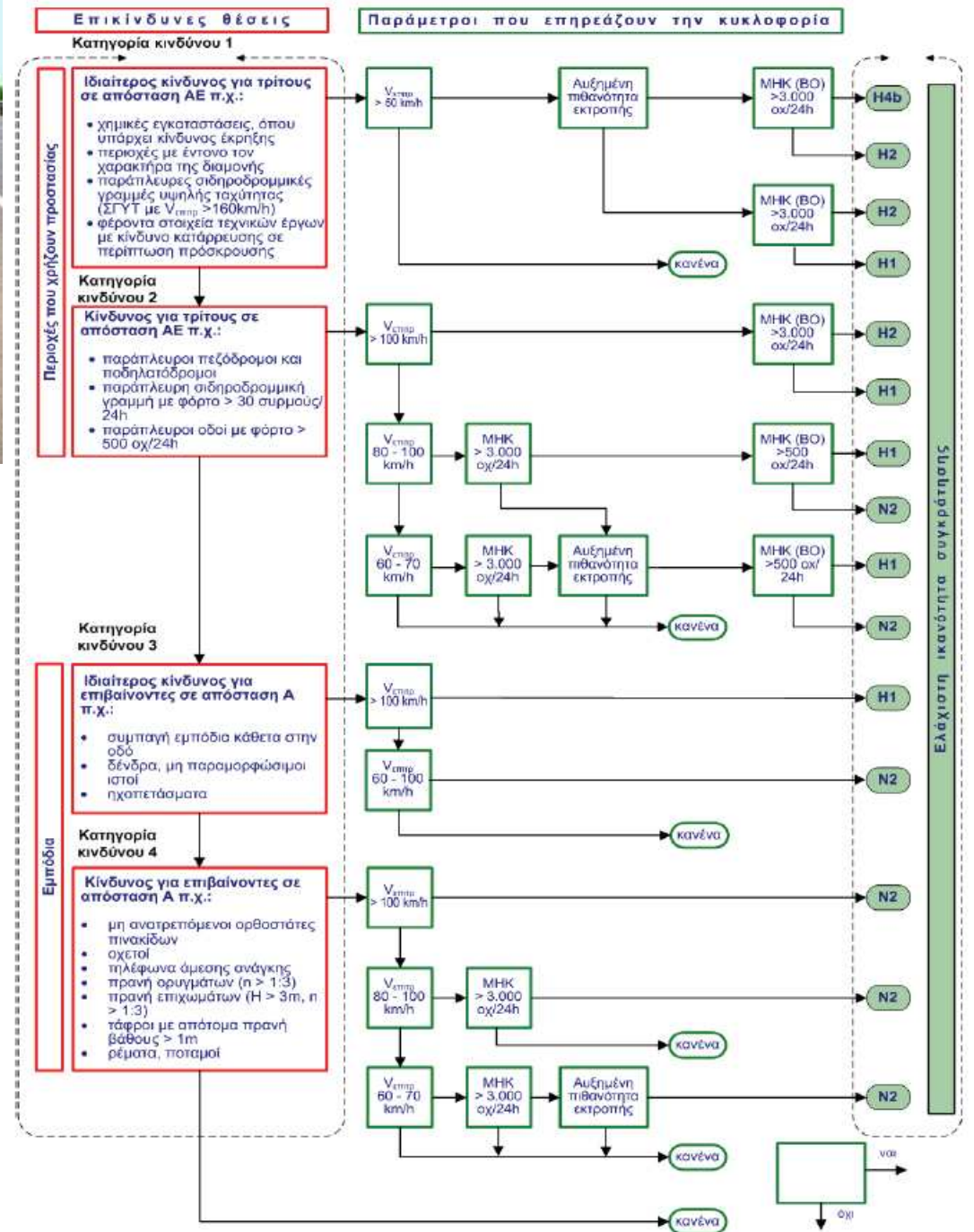


Προσδιορισμός κατηγορίας
ικανότητας συγκράτησης

Προσδιορισμός κατηγορίας
σφοδρότητας σύγκρουσης

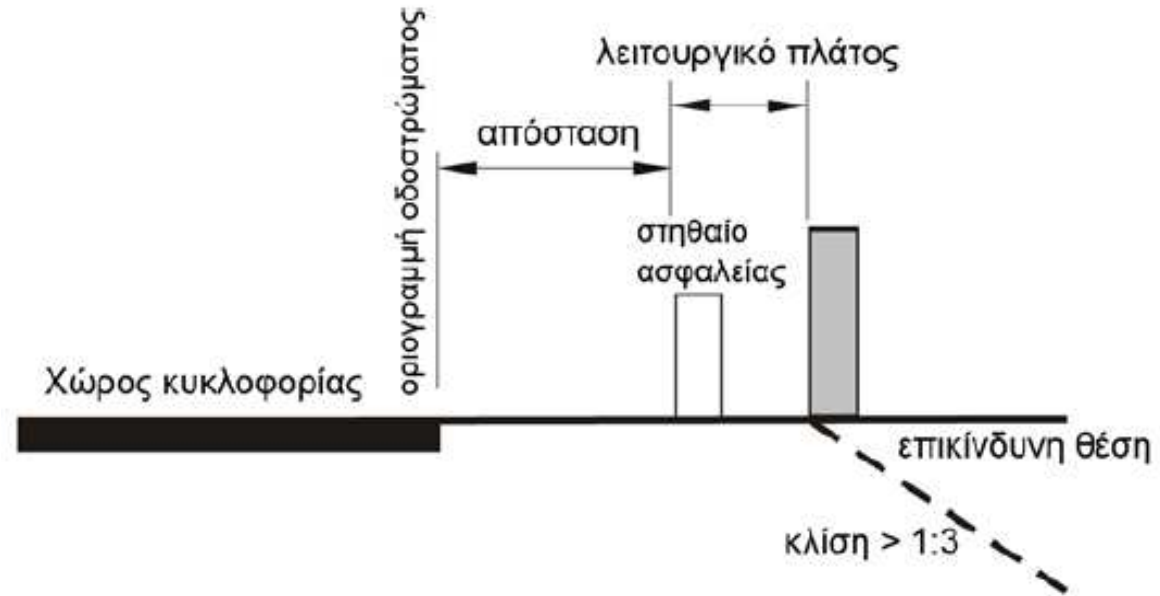
Προσδιορισμός κατηγορίας
λειτουργικού πλάτους

Προσδιορισμός κατηγορίας
εισχώρησης



Στηθαία ασφαλείας

Εξωτερική οριογραμμή οδοστρώματος



Απόσταση όψης στηθαίων από οριογραμμή οδοστρώματος

- ελάχιστη απόσταση: 0.50m (0.25m κατ' εξαίρεση)
- συνθήκες μειωμένης ορατότητας ή κυκλοφοριακών συνθηκών δύνανται να αυξήσουν την ελάχιστη απόσταση
- κράσπεδα και αποχετευτικά ρείθρα με ύψος > 7cm από οριογραμμή οδοστρώματος έμπροσθεν ΣΑΟ να αποφεύγονται

Οριογραμμές γεφυρών και τοίχων αντιστήριξης

➤ ελάχιστες απαιτήσεις

- ✓ άνοιγμα γέφυρας > 10m
- ✓ ύψη πτώσης > 2m
- ✓ μήκος τοίχου αντιστήριξης > 25m



ικανότητα συγκράτησης

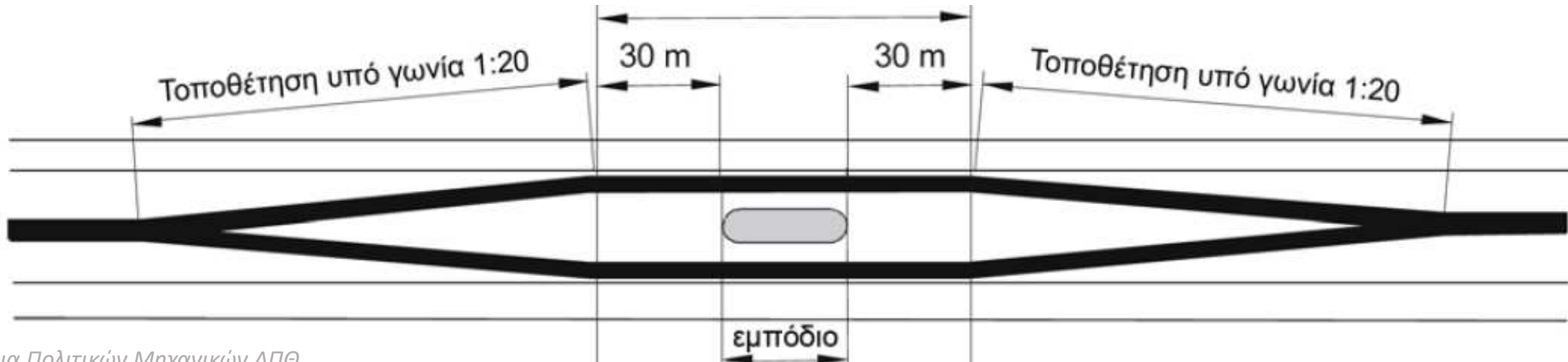
Επικίνδυνη Περιοχή Κάτω από Γέφυρα ή Τοίχο Αντιστήριξης	Αυτοκινητόδρομοι, Οδοί με $V_{επιτρ} > 100\text{km/h}$, και Αρτηρίες με Διαχωρισμένα Οδοστρώματα με $V_{επιτρ} \leq 100\text{km/h}$	$V_{επιτρ} \leq 100\text{km/h}$ και $\text{ΜΗΚ(ΒΟ)} > 500\text{φορτ/24h}$	$V_{επιτρ} \leq 100\text{km/h}$ και $\text{ΜΗΚ(ΒΟ)} \leq 500\text{φορτ/24h}$
Κατηγορία κινδύνου 1 Περιοχές που χρήζουν προστασίας με ιδιαίτερο κίνδυνο για τρίτους	H4b	H2	H2
Κατηγορία κινδύνου 2-4 Περιοχές με: <ul style="list-style-type: none">• Κίνδυνο για τρίτους• Ιδιαίτερο κίνδυνο για επιβαίνοντες σε όχημα• κίνδυνο για επιβαίνοντες σε όχημα	H2	H2	H1

Στηθαία ασφαλείας

Κεντρικές και πλευρικές διαχωριστικές νησίδες

➤ κριτήρια εφαρμογής

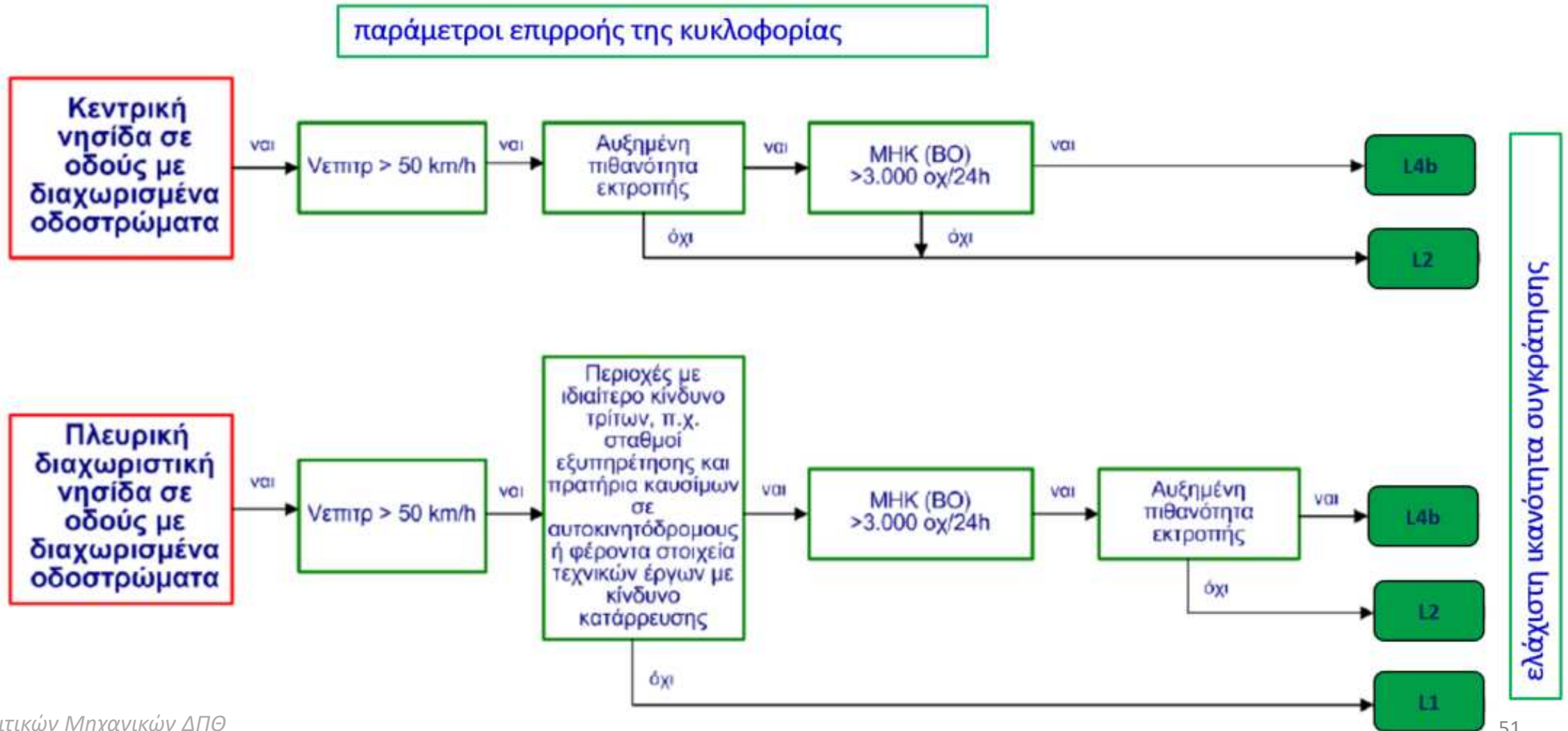
- ✓ $V_{επιτρ} > 50\text{km/h}$
- ✓ δυνατότητα αποχέτευσης
- ✓ εύρος ορατότητας
- ✓ ευχέρεια επισκευών
- ✓ ευχέρεια αντικατάστασης



Στηθαία ασφαλείας

Κεντρικές και πλευρικές διαχωριστικές νησίδες

ικανότητα συγκράτησης



Βήματα για τον προσδιορισμό των επιδόσεων των ΣΑΟ

Εκτίμηση κατηγορίας κινδύνου για εμπόδιο ή θέση

Προσδιορισμός καθοριστικής και κρίσιμης απόστασης
(διαγράμματα)

Προσδιορισμός κυκλοφοριακών μεγεθών επιρροής
($V_{\text{επιτρ}}$, MHK , MHK_{BO} , πιθανότητα εκτροπής...)

Προσδιορισμός ελάχιστης απαιτούμενης ικανότητας
συγκράτησης

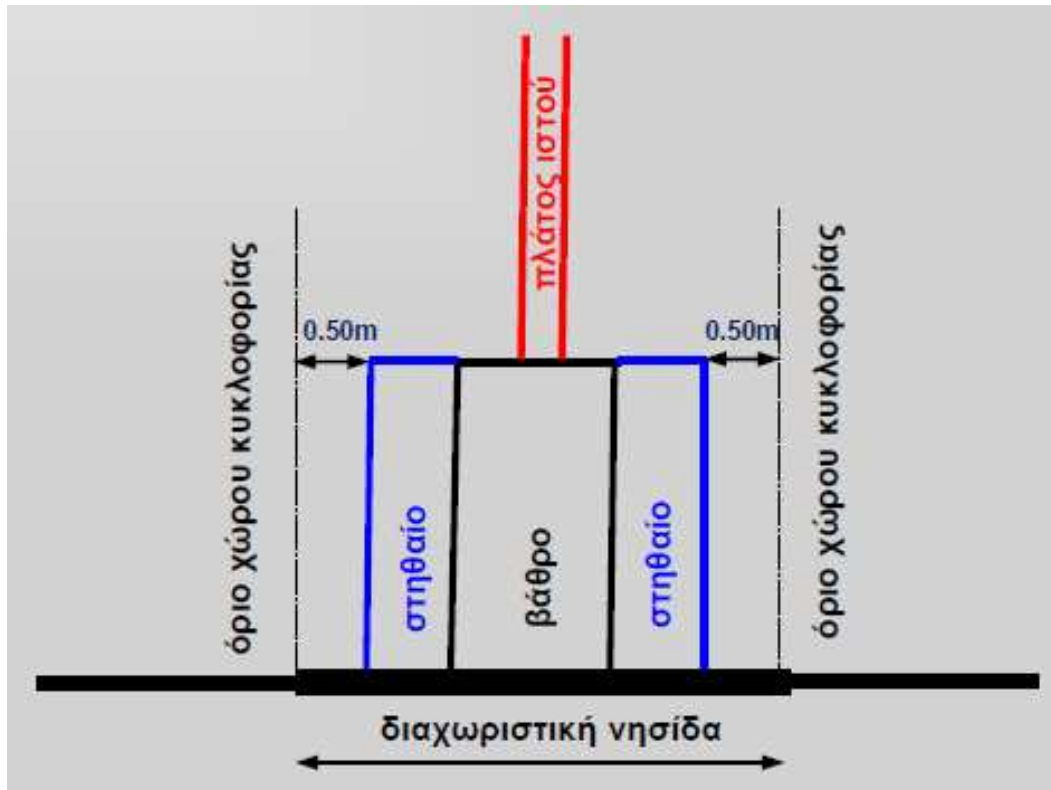
Προσδιορισμός κατηγορίας λειτουργικού πλάτους και
εισχώρησης

Προσδιορισμός κατηγορίας σφοδρότητας σύγκρουσης

Εφαρμογή 2

Ζητείται το εύρος διαχωριστικής νησίδας σε αυτοκινητόδρομο με σκοπό την τοποθέτηση πινακίδας σήμανσης. Να γίνουν οι παραδοχές ότι:

- ❑ το τμήμα βρίσκεται σε ευθυγραμμία
- ❑ τα στηθαία απέχουν 0.50μ από τον χώρο κυκλοφορίας,
- ❑ οι κατηγορίες λειτουργικού πλάτους και εισχώρησης είναι W2 και VI3 αντίστοιχα.

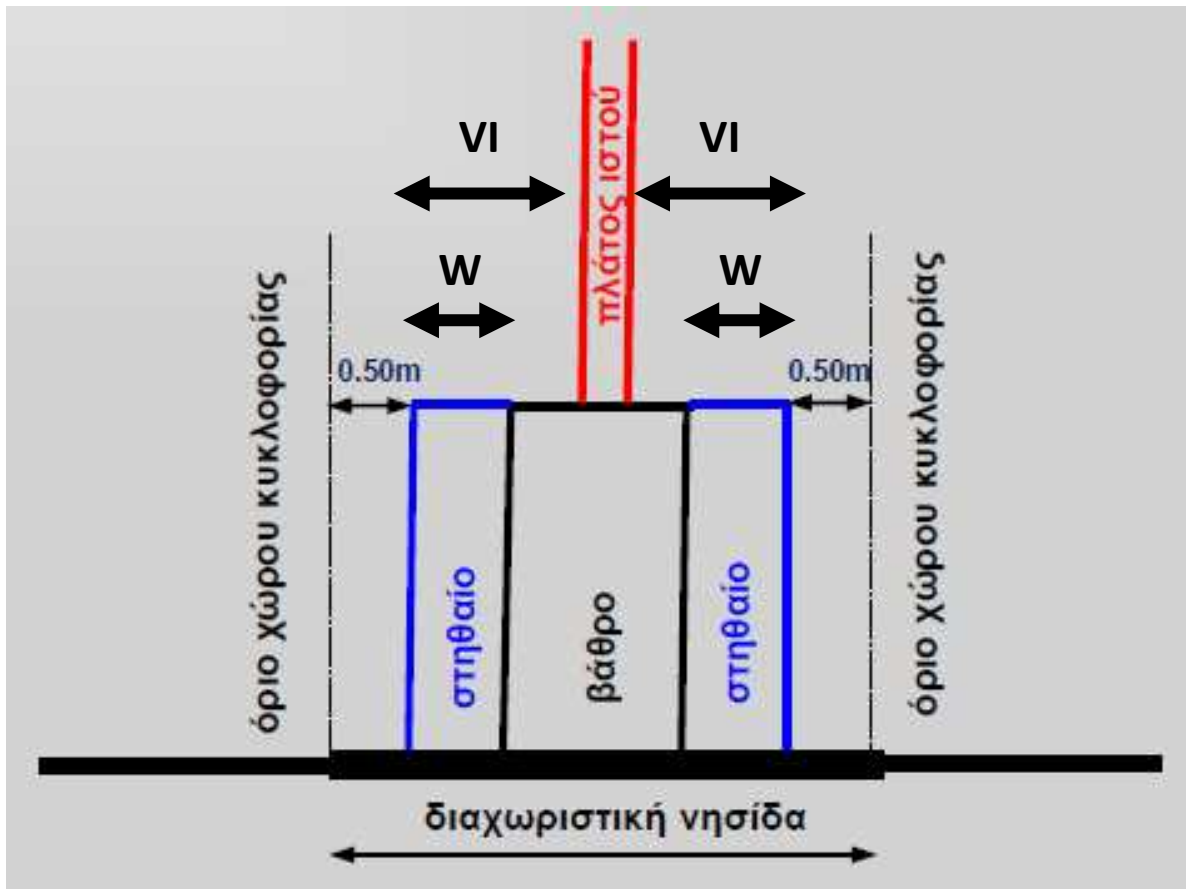


Προσδιορισμός κατηγορίας λειτουργικού πλάτους και εισχώρησης

- οι κατηγορίες λειτουργικού πλάτους και εισχώρησης είναι W2 και VI3 αντίστοιχα.

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

Κατηγορία	Ικανότητα Παρείσδυσης (m)
VI1	$VI \leq 0.6$
VI2	$VI \leq 0.8$
VI3	$VI \leq 1.0$
VI4	$VI \leq 1.3$
VI5	$VI \leq 1.7$
VI6	$VI \leq 2.1$
VI7	$VI \leq 2.5$
VI8	$VI \leq 3.5$
VI9	$VI > 3.5$

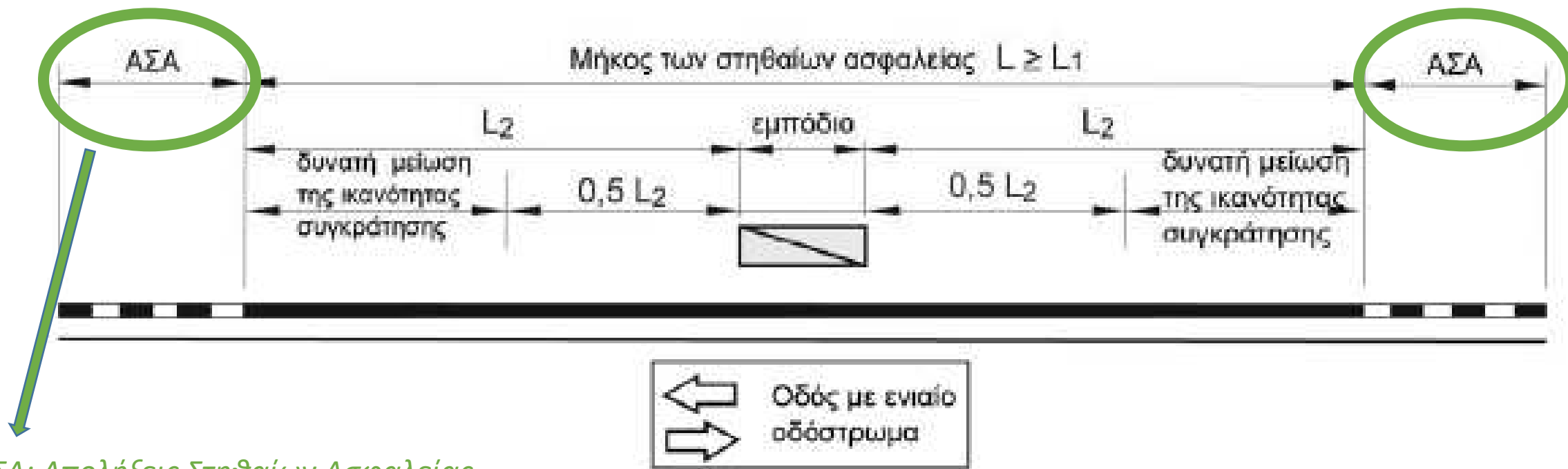


Εύρος κεντρικής νησίδας = $0.50 + VI + \text{πλάτος ιστού} + VI + 0.50 = 2 * (0.50 + 1.0) + \text{πλάτος ιστού} = 3.0 + \text{πλάτος ιστού}$

Κατά μήκος διαμόρφωση για τα στηθαία ασφαλείας

L_1 (m): ελάχιστο μήκος εφαρμογής όπως προκύπτει από τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ

L_2 (m): ελάχιστο μήκος εφαρμογής που απαιτείται εκατέρωθεν ενός εμποδίου ή μίας επικίνδυνης θέσης



ΑΣΑ: Απολήξεις Στηθαίων Ασφαλείας

Κατά μήκος διαμόρφωση για τα στηθαία ασφαλείας

Τα στηθαία ασφαλείας πρέπει να έχουν ένα δεδομένο ελάχιστο μήκος $L1$, ώστε να είναι αποτελεσματικά. Αυτό το ελάχιστο μήκος $L1$ πρέπει να αναφέρεται στην έκθεση δοκιμής του κάθε συστήματος κατά ΕΛΟΤ EN 1317-2.

Το μήκος των στηθαίων ασφαλείας πριν την επικίνδυνη θέση πρέπει να είναι ίσο τουλάχιστον με $L2$, ώστε τα οχήματα που εκτρέπονται από την πορεία τους

(α) και ολισθαίνουν κατά μήκος των απολήξεων και των στηθαίων ασφαλείας, να μην προσκρούουν στο εμπόδιο, όταν η απόστασή του από αυτά είναι μικρότερη από 1,5m,

(β) να μην διέρχονται πίσω από τα στηθαία ασφαλείας και να προσκρούουν σε εμπόδια που βρίσκονται πίσω από αυτά ή να εισέρχονται σε προστατευόμενη περιοχή. Η περίπτωση αυτή ισχύει όταν δεν υπάρχει δυνατότητα ολίσθησης του οχήματος πάνω στο στηθαίο.

Πότε αναμένω ολίσθηση ???

Ολίσθηση πάνω στο στηθαίο υφίσταται κατά κανόνα όταν επιλέγεται απόληξη αρχής στηθαίου με βύθιση



Τρόποι τοποθέτησης στηθαίων ασφαλείας

➤ εξωτερική οριογραμμή οδοστρώματος

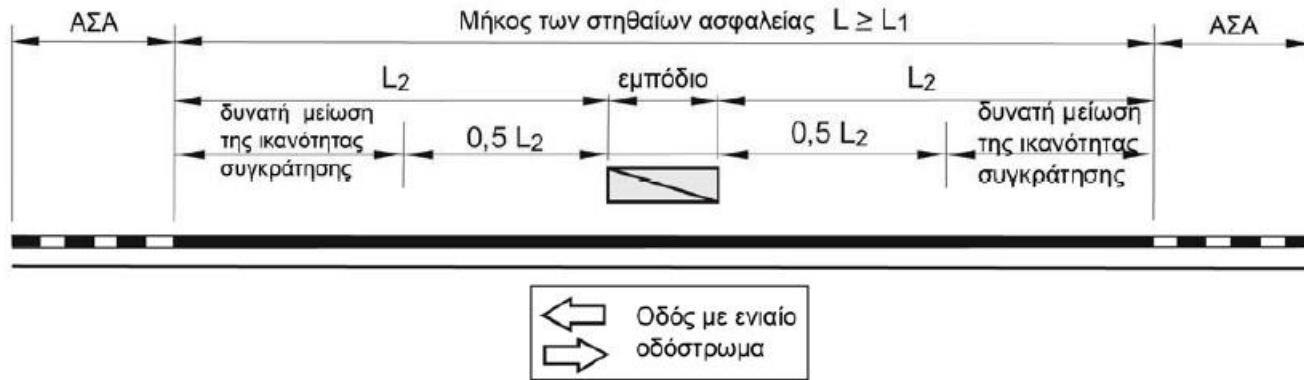
✓ τοποθέτηση του στηθαίου ασφαλείας παράλληλα στην οριογραμμή της οδού με δυνατότητα μείωσης της ικανότητας συγκράτησης

✓ τοποθέτηση του στηθαίου ασφαλείας υπό γωνία

→ *επιδιώκεται αποκλεισμός της διέλευσης πίσω από το στηθαίο ασφαλείας*

➤ οριογραμμές γεφυρών και τοίχων αντιστήριξης

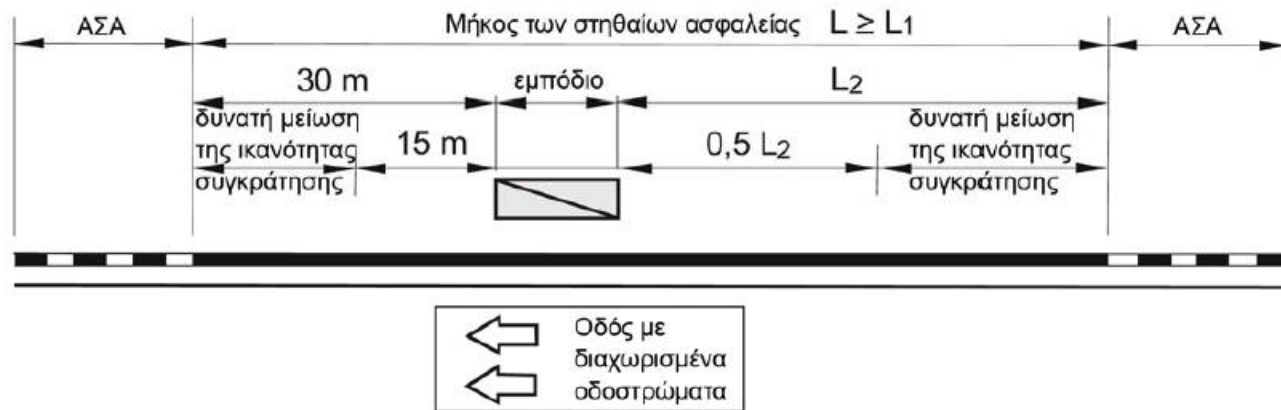
✓ **τοποθέτηση του στηθαίου ασφαλείας παράλληλα στην οριογραμμή της οδού με δυνατότητα μείωσης της ικανότητας συγκράτησης**



Σε οδούς με ενιαίο οδόστρωμα το μήκος των στηθαίων ασφαλείας πριν και μετά το εμπόδιο πρέπει να είναι ίσο τουλάχιστον με L_2 .

Σε οδούς με διαχωρισμένο οδόστρωμα πριν το εμπόδιο το μήκος των στηθαίων ασφαλείας πρέπει να είναι ίσο με L_2 και μετά από το εμπόδιο ίσο τουλάχιστον με 30m.

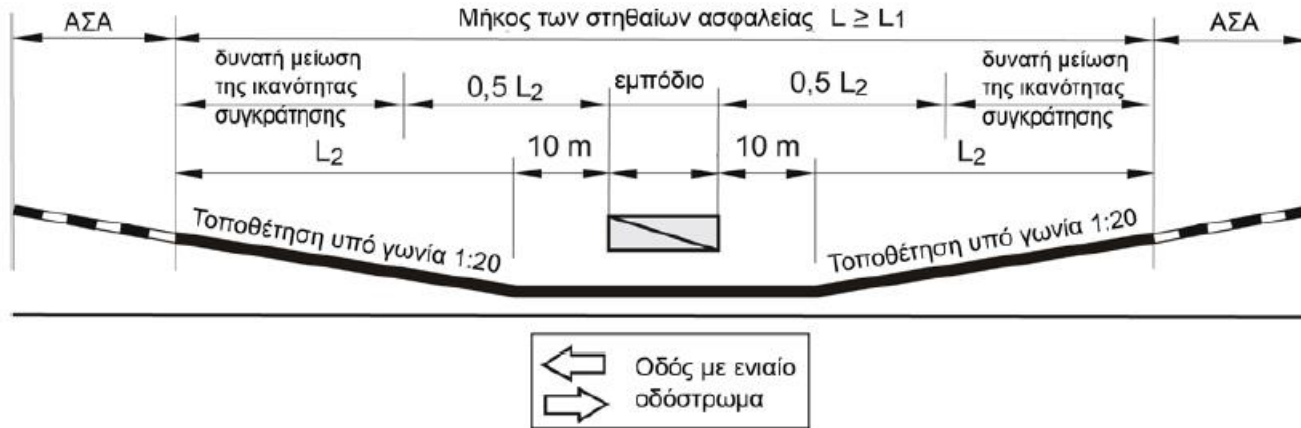
Σχ. 15α: Μήκη των στηθαίων ασφαλείας σε οδούς με ενιαίο οδόστρωμα



Η μείωση της ικανότητας συγκράτησης κατά μία κατηγορία στην περιοχή του μήκους εφαρμογής L_2 είναι δυνατή σε μήκος $0,5 \times L_2$ πριν από την επικίνδυνη θέση. Για τις επιμέρους συνδέσεις, απαιτούνται συναρμογές. Κατά κανόνα η μείωση της ικανότητας συγκράτησης έχει νόημα, όταν το απαιτούμενο μήκος L_2 είναι τουλάχιστον ίσο με 100m. **Υπενθυμίζεται ο έλεγχος $L \geq L_1$.**

Σχ. 15β: Μήκη των στηθαίων ασφαλείας σε οδούς με διαχωρισμένα οδοστρώματα

✓ τοποθέτηση του στηθαίου ασφαλείας υπό γωνία



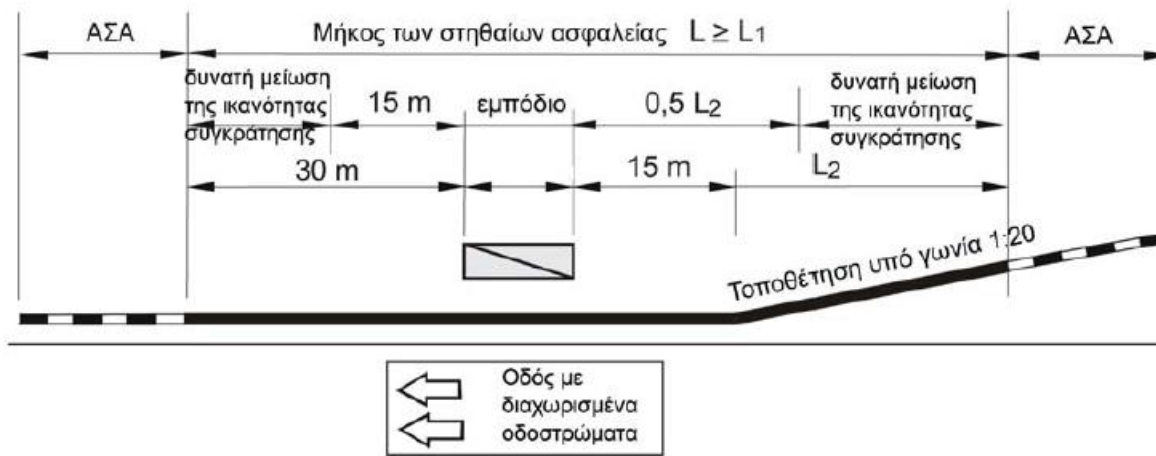
Σχήμα 16α: Υπό γωνία τοποθέτηση στηθαίου ασφαλείας πριν το εμπόδιο (οδός με ενιαίο οδόστρωμα)

Τοποθέτηση στηθαίου ασφαλείας υπό γωνία 1:20 ως προς την οριογραμμή του οδοστρώματος

Σε τι γωνία αντιστοιχεί ??? →

$\approx 3^\circ$

Το στηθαίο ασφαλείας πρέπει να οδεύει παράλληλα προς την οριογραμμή του οδοστρώματος πριν την αρχή του εμποδίου σε μήκος τουλάχιστον 10m σε οδούς με ενιαίο οδόστρωμα και 15m σε οδούς με διαχωρισμένο οδόστρωμα πριν την αρχή του εμποδίου.



Σχήμα 16β: Υπό γωνία τοποθέτηση στηθαίου ασφαλείας πριν το εμπόδιο (οδός με διαχωρισμένα οδοστρώματα)

✓ τοποθέτηση του στηθαίου ασφαλείας υπό γωνία

όταν η αρχή του στηθαίου ασφαλείας συνδέεται σε πρανές ορύγματος, το τμήμα του στηθαίου πριν την επικίνδυνη θέση μπορεί να τοποθετηθεί υπό γωνία 1:20 και να συνδεθεί απευθείας στο πρανές



✓ αποκλεισμός της διέλευσης πίσω από το στηθαίο ασφαλείας

Όταν μπορεί να διασφαλιστεί ο αποκλεισμός της διέλευσης πίσω από το στηθαίο ασφαλείας, π.χ. υψηλό επίχωμα με έντονη κλίση πρανών, και η πιθανότητα της ολίσθησης οχήματος κατά μήκος του συστήματος αναχαίτισης αποκλείεται, είναι δυνατόν να μειωθεί το μήκος L_2 σε 40m χωρίς μείωση της δυνατότητας συγκράτησης.

Πίνακας 6: Απαιτούμενα μήκη L_2 έναντι ολίσθησης και διέλευσης πίσω από το ΣΑΟ

Κριτήριο	Είδος οδού	Τοποθέτηση του στηθαίου ασφαλείας (Σ.Α.)		
		παράλληλα στην οδό	πλευρικά υπό γωνία 1:20	αποκλείεται η διέλευση πίσω από το Σ.Α.
Ολίσθηση επί του στηθαίου με εμπόδιο σε απόσταση $\leq 1,5m$ από το μέτωπο του στηθαίου	Οδός με ενιαίο οδόστρωμα	100m	-	-
	Οδός με διαχωρισμένο οδόστρωμα	140m	-	-
Διέλευση πίσω από το στηθαίο ασφαλείας όταν υπάρχει ολίσθηση πάνω σε αυτό	Οδός με ενιαίο οδόστρωμα	80m	60m	40m
	Οδός με διαχωρισμένο οδόστρωμα	100m	60m	40m

Η τοποθέτηση υπό γωνία οδηγεί σε μείωση του μήκους εφαρμογής

Όταν δεν συντρέχει κίνδυνος ολίσθησης ή διέλευσης πίσω από το ΣΑ, έχουμε τις ευνοϊκότερες απαιτήσεις σε μήκος.

Τι γίνεται όταν υπάρχουν κενά ?



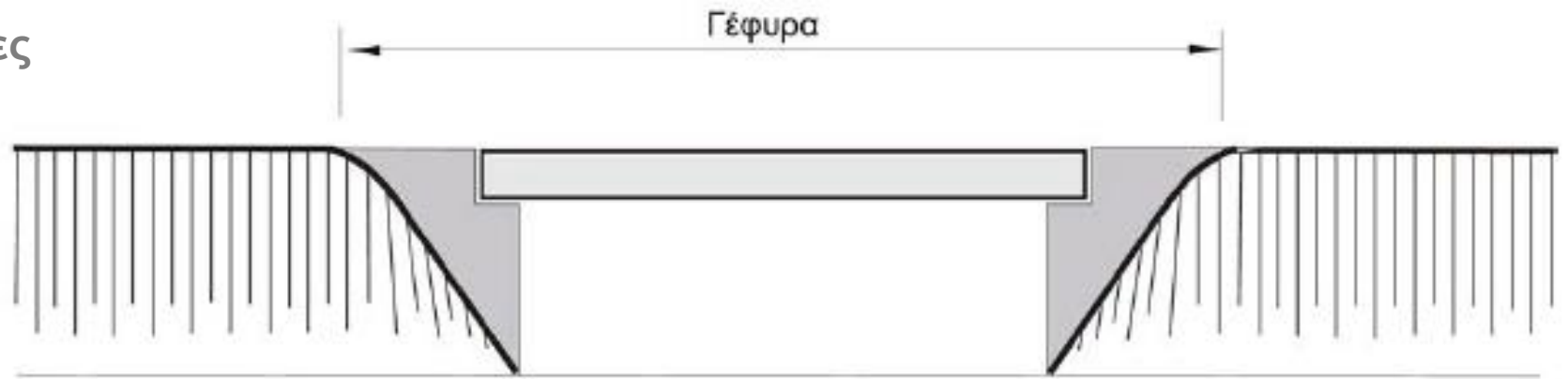
Όταν μεταξύ των διαδοχικών τμημάτων των στηθαίων ασφαλείας προκύπτουν κενά μικρού μήκους, πρέπει να εξετάζεται, αν κατά μήκος αυτών των κενών είναι σκόπιμη η διάταξη στηθαίων ασφαλείας.

Κατά την σύνδεση στηθαίων με διαφορετικές επιδόσεις, απαιτείται κατάλληλη κατασκευαστική συναρμογή με ενδιάμεσα στηθαία που χρειάζεται να έχουν ένα ελάχιστο απαιτούμενο μήκος. Το απαιτούμενο αυτό μήκος L1-red δύναται να είναι μικρότερο του L1 και ορίζεται από τον πίνακα.

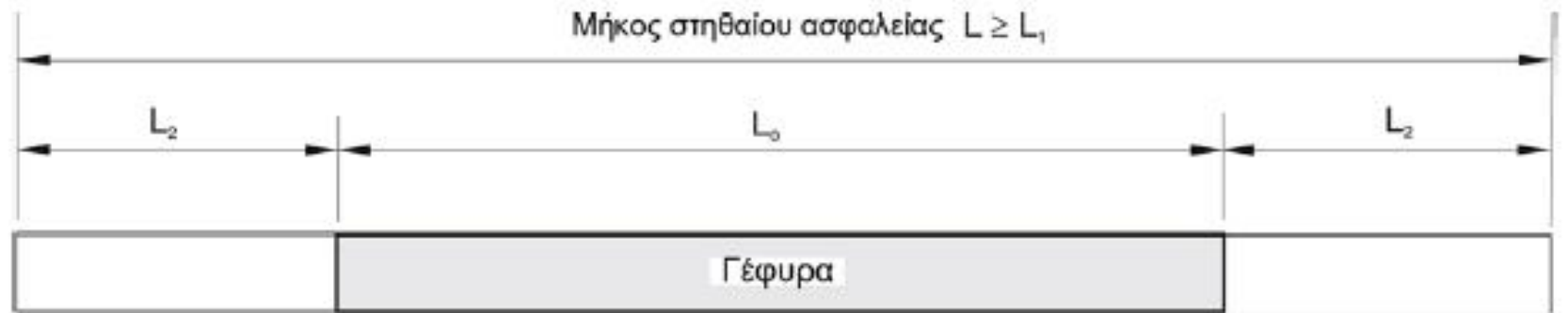
Ικανότητα συγκράτησης	L1-red (m) απαιτούμενο μήκος
N2	12 m
H1	16 m
H2	20 m
(H3)	24 m
H4b	28 m

Στηθαία ασφαλείας σε γέφυρες

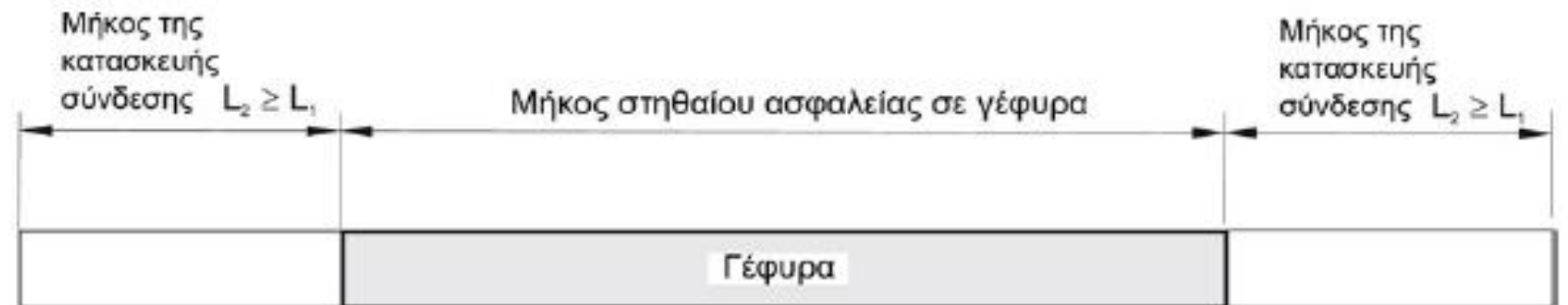
Ισχύει ότι και στην οριογραμμή οδοστρώματος



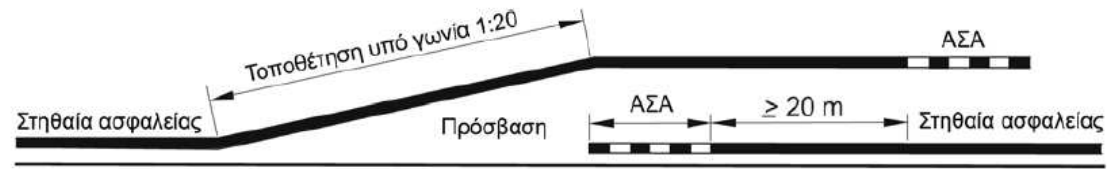
Περίπτωση α: Στηθαία ασφαλείας σε γέφυρα



Περίπτωση β: Στηθαία ασφαλείας με κατασκευή σύνδεσης σε γέφυρα



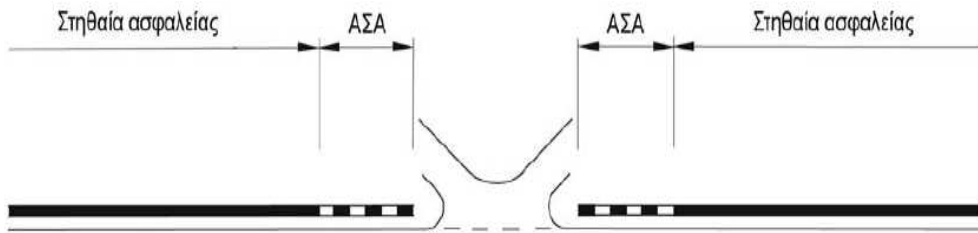
Διακοπές στα στηθαία ασφαλείας



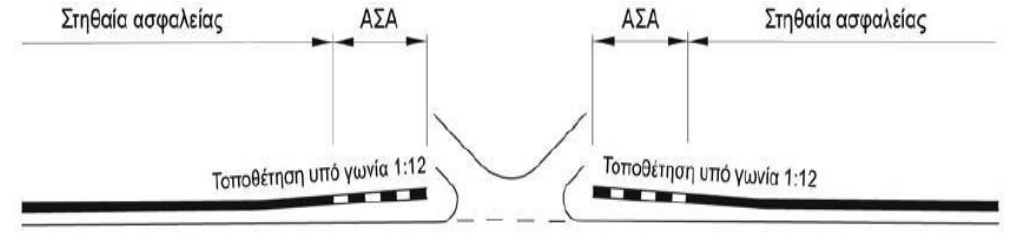
Τα στηθαία μπορεί να διακόπτονται για λόγους εξασφάλισης της ορατότητας, αλλά θα πρέπει κατά πλάτος να επικαλύπτονται.



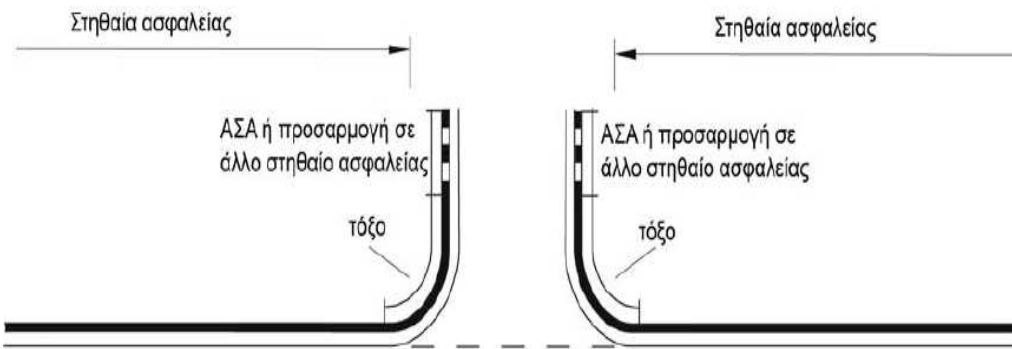
Διακοπές στα στηθαία ασφαλείας



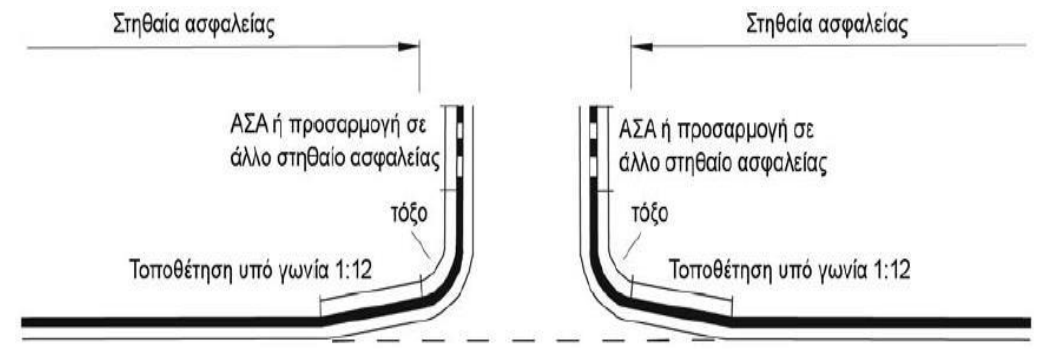
□ Απολήξεις παράλληλα στην οδό



□ Απολήξεις υπό γωνία



□ Απολήξεις με καμπύλωση



□ Απολήξεις υπό γωνία και καμπύλωση

Συστήματα Αναχαίτισης Οχημάτων

Στηθαία Ασφαλείας

Απολήξεις Αρχής
και Πέρατος

Συναρμογές

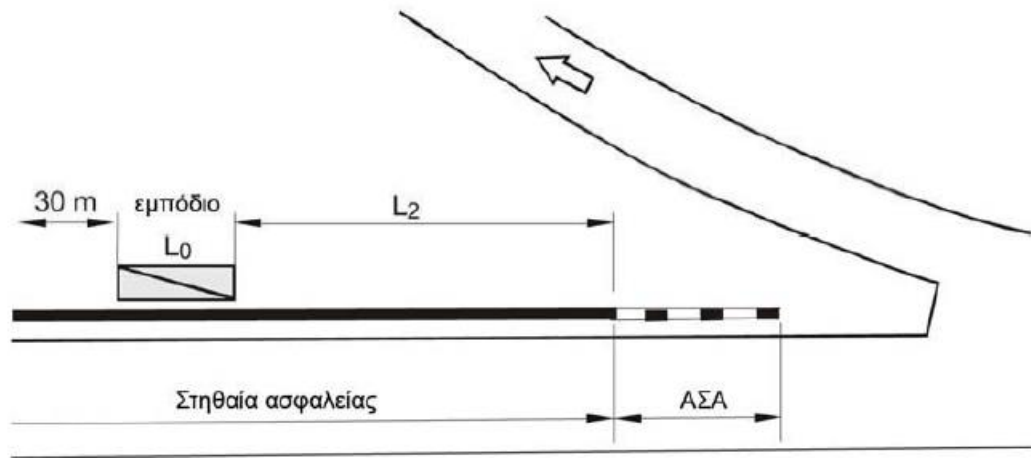
Προσωρινά στηθαία
ασφαλείας

Συστήματα Απορρόφησης
Ενέργειας Πρόσκρουσης
(ΣΑΕΠ)

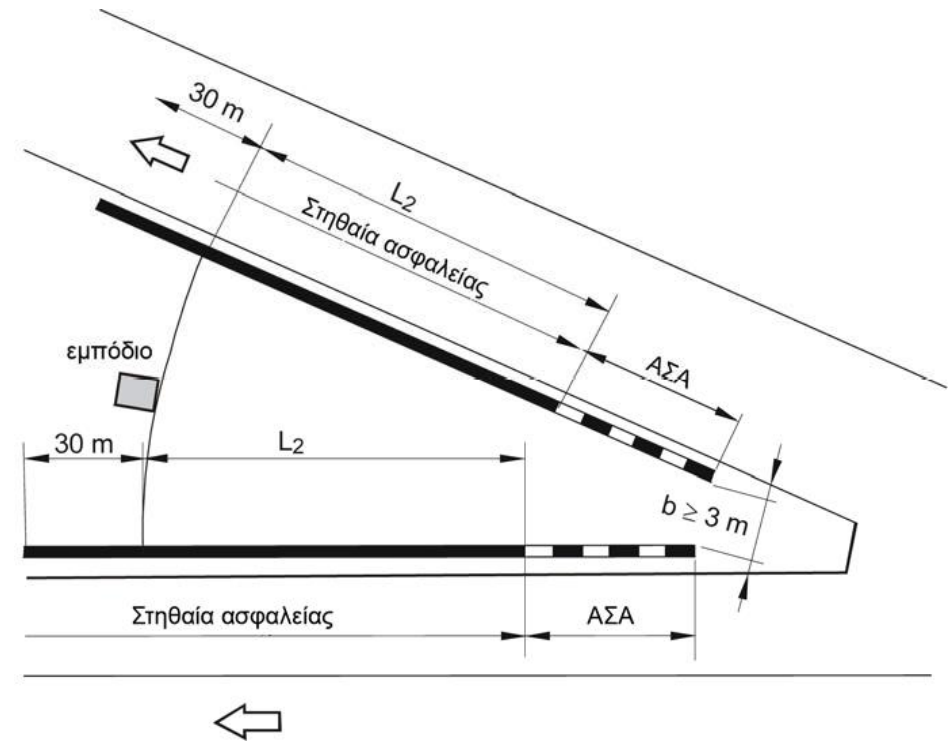


Απολήξεις αρχής - πέρατος

Τα στηθαία ασφαλείας πρέπει να προβλέπονται πάντοτε με μία απόληξη αρχής και πέρατος. Αυτό ισχύει κυρίως στις αιχμές των διαχωριστικών νησίδων

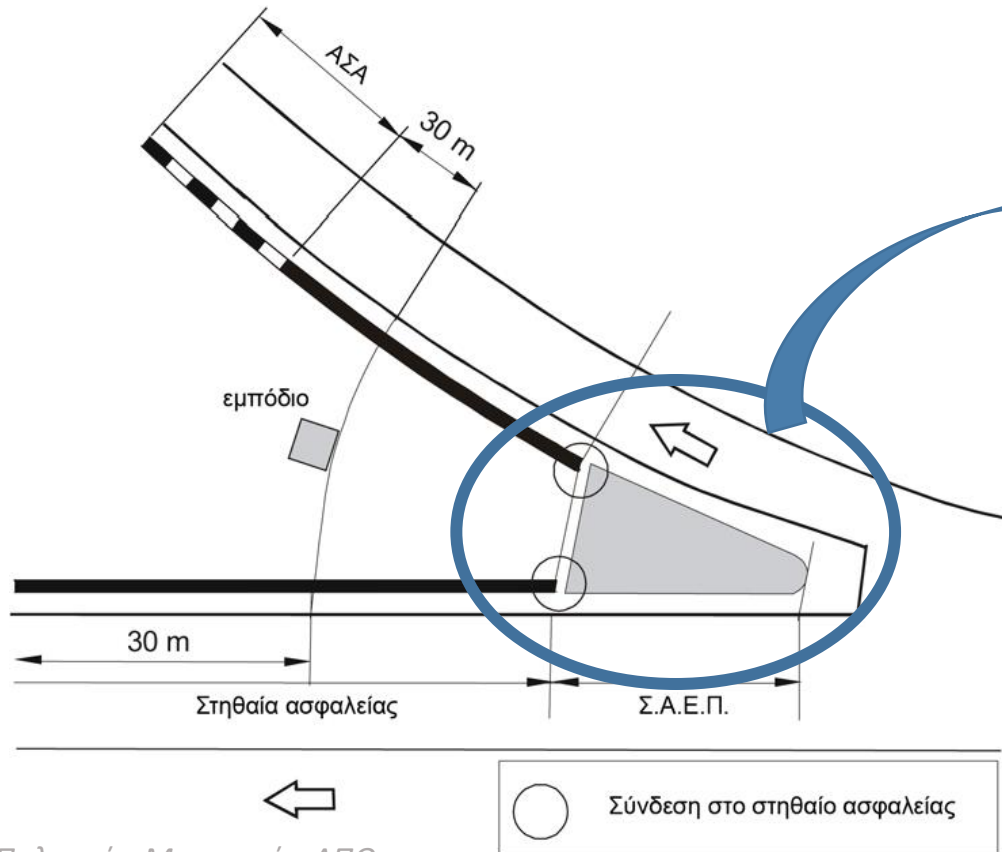


Εφόσον είναι απαραίτητη η τοποθέτηση στηθαίων ασφαλείας και στις δύο οριογραμμές του οδοστρώματος, οι απολήξεις αρχής στις αιχμές των διαχωριστικών νησίδων πρέπει να απέχουν μεταξύ τους τουλάχιστον 3m



Απολήξεις αρχής - πέρατος

Όταν εντός της κρίσιμης απόστασης βρίσκονται εμπόδια και δεν διατίθενται τα απαραίτητα μήκη L_2 , πρέπει να τοποθετούνται συστήματα απορρόφησης ενέργειας πρόσκρουσης (Σ.Α.Ε.Π.), ώστε να επιτυγχάνεται η απαιτούμενη ασφάλεια.



Απολήξεις αρχής - πέρατος

Στην αρχή της κεντρικής ή της πλευρικής διαχωριστικής νησίδας πρέπει να προβλέπεται η εφαρμογή απολήξεων αρχής. Αν υπάρχουν εμπόδια, πρέπει να εξασφαλίζονται τα μήκη L_2



Σε διακοπές κεντρικής διαχωριστικής νησίδας που ανοίγουν προσωρινά, πρέπει να προβλέπεται η εφαρμογή απολήξεων αρχής και πέρατος.

Όταν στην αρχή της κεντρικής ή της πλευρικής διαχωριστικής νησίδας δεν διατίθεται το απαιτούμενο μήκος L_2 , πρέπει να τοποθετηθεί σύστημα απορρόφησης ενέργειας πρόσκρουσης.



Απολήξεις αρχής - πέρατος



Συστήματα Αναχαίτισης Οχημάτων

Στηθαία Ασφαλείας

Απολήξεις Αρχής
και Πέρατος

Συναρμογές

Προσωρινά στηθαία
ασφαλείας

Συστήματα Απορρόφησης
Ενέργειας Πρόσκρουσης
(ΣΑΕΠ)



Σ.Α.Ε.Π.



Επιλογή κατηγορίας μόνιμης πλευρικής μετατόπισης ώστε το ΣΑΕΠ που παραμορφώνεται να μην εκτείνεται πέρα της οριογραμμής διαγράμμισης του οδοστρώματος



Σε περιπτώσεις μεμονωμένων εμποδίων να εξετάζεται αν τα ΣΑΕΠ πλεονεκτούν έναντι των στηθαίων ασφαλείας

Συστήματα Αναχαίτισης Οχημάτων

Στηθαία Ασφαλείας

Απολήξεις Αρχής
και Πέρατος

Συναρμογές

Προσωρινά στηθαία
ασφαλείας

Συστήματα Απορρόφησης
Ενέργειας Πρόσκρουσης
(ΣΑΕΠ)



Συναρμογές

Πρέπει να πληρούνται οι απαιτήσεις του EN ως προς την ικανότητα συγκράτησης, το λειτουργικό πλάτος και την κατηγορία σφοδρότητας της πρόσκρουσης. Οι συναρμογές αποτελούν τα αδύναμα σημεία των ΣΑΟ διότι ενδέχεται να ενώνουν στηθαία ασφαλείας με διαφορετικά χαρακτηριστικά.



Μετάβαση σε σύστημα ασφαλείας με ικανότητα συγκράτησης			
από σύστημα ασφαλείας με ικανότητα συγκράτησης	L1	L2	L4b
L1	L1	L1	L2
L2	L1	L2	L2
L4b	L2	L2	L4b

Στο τεύχος ΟΜΟΕ-ΣΑΟ 2021 αναφέρονται ως L1, L2, ...
Αντιστοιχούν κανονικά στις H1, H2, ...

Συστήματα Αναχαίτισης Οχημάτων

Στηθαία Ασφαλείας

Απολήξεις Αρχής
και Πέρατος

Συναρμογές

Προσωρινά στηθαία
ασφαλείας

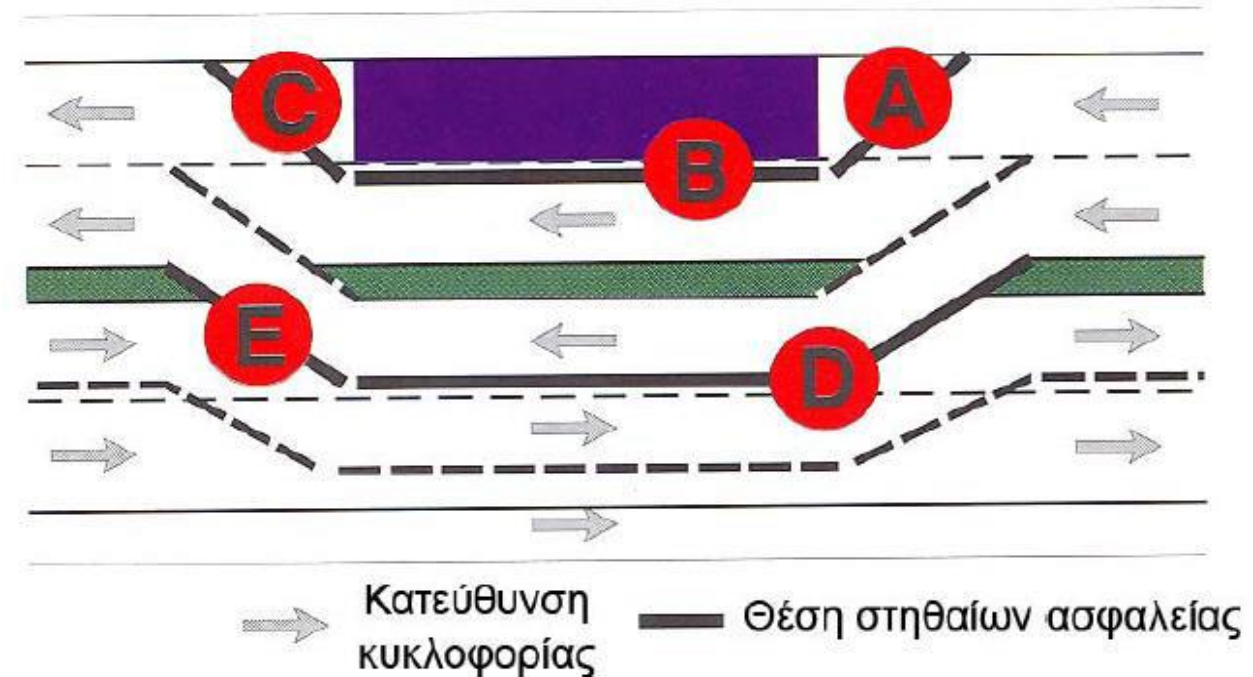
Συστήματα Απορρόφησης
Ενέργειας Πρόσκρουσης
(ΣΑΕΠ)



Προσωρινά στηθαία ασφαλείας

Τοποθετούνται σε περιοχές εκτελούμενων έργων μεγάλης διάρκειας

- τα επιμέρους τεμάχια πρέπει να συνδέονται
- λειτουργικό πλάτος και ικανότητα συγκράτησης με βάση ΕΛΟΤ ΕΝ1317-2
- στην περιοχή των αντίθετα κυκλοφοριακών ρευμάτων, δυναμική εγκάρσια μετατόπιση $\leq 0.50m$



Περιοχές εφαρμογής

Μοτοσικλετιστές



Συστήματα με πρόσθετη προστασία

- χωρίς αιχμηρές ακμές
- παρεμπόδιση κατά πλάτος ολίσθησης
- προστασία και από το πάνω μέρος του στηθαίου



προστασία έναντι ολίσθησης κάτω από το στηθαίο

Θέματα εγκατάστασης ΣΑ

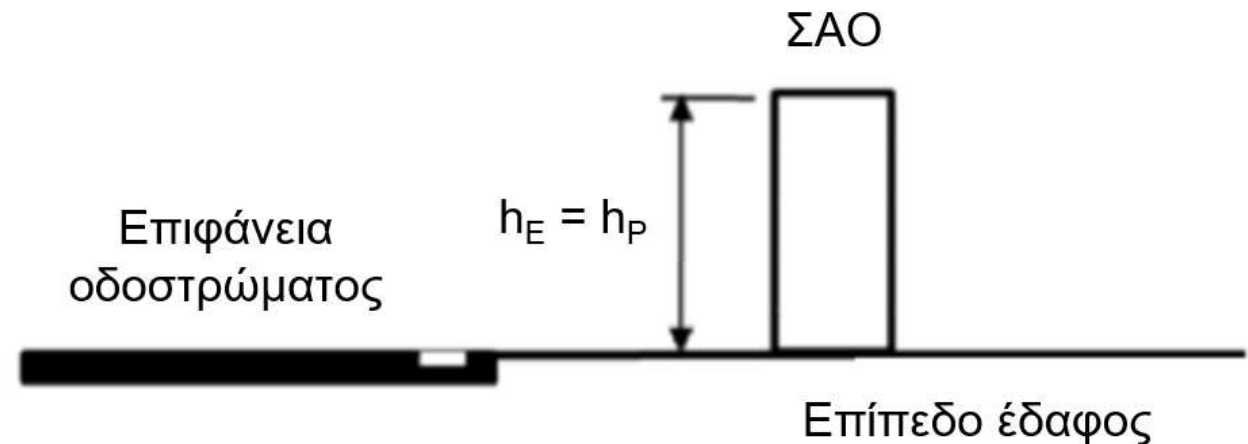
Η επιφάνεια θεμελίωσης πρέπει να είναι σταθεροποιημένη ή ενισχυμένη κατά τρόπο που να συμπεριφέρεται το στηθαίο ασφαλείας όπως και στην δοκιμή πρόσκρουσης.

Τα στηθαία ασφαλείας που εγκαθίστανται σε τυπικά οδικά τμήματα (εκτός περιοχών ισόπεδων και ανισόπεδων κόμβων) υπόκεινται σε δοκιμές ελέγχου κατά κανόνα σε οριζόντιο έδαφος

Ύψος εγκατάστασης σε επίπεδο έδαφος

h_P : ύψος ΣΑ πάνω από το οδόστρωμα κατά την δοκιμή πρόσκρουσης

h_E : μετρούμενο ύψος ΣΑ έμπροσθεν αυτού από την επιφάνεια του εδάφους (επιφάνεια αναφοράς)



Θέματα εγκατάστασης ΣΑ

Εγκατάσταση σε κεκλιμένο έδαφος

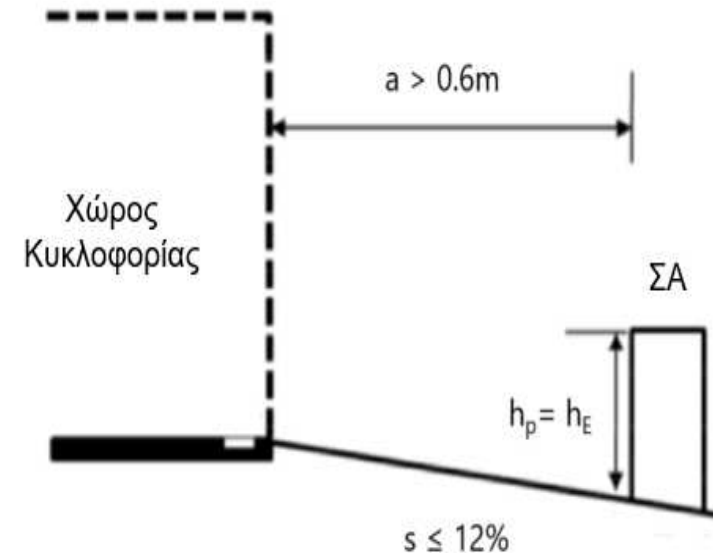
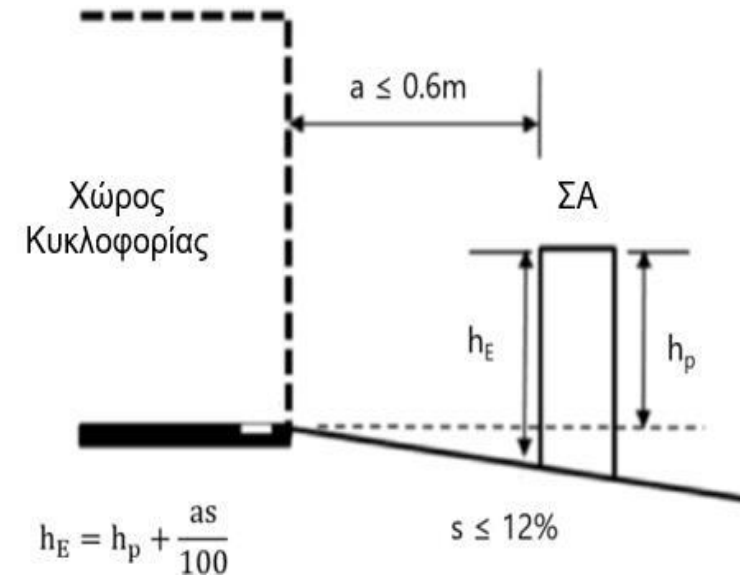
➤ Χαλύβδινα ΣΑ με έμπηξη ορθοστατών

- Προσωρινά χαλύβδινα ΣΑ και προκατασκευασμένα ΣΑ από σκυρόδεμα
- ΣΑ από έγχυτο σκυρόδεμα

h_p : ύψος ΣΑ πάνω από το οδόστρωμα κατά την δοκιμή πρόσκρουσης
 h_E : μετρούμενο ύψος ΣΑ έμπροσθεν αυτού από την επιφάνεια αναφοράς

s : σχετική τιμή επίκλισης μεταξύ οδοστρώματος και ερείσματος

Επίκλιση Ερείσματος (σχετική τιμή μεταξύ επίκλισης οδοστρώματος και κλίσης ερείσματος)	Απόσταση ΣΑ από Γραμμή αναφοράς	Εγκατάσταση Εμπηγνυόμενων ΣΑ
Έρεισμα με Αρνητική Επίκλιση (κατωφερικό) $s \leq 12\%$	$a \leq 0.6 \text{ m}$	$h_E = h_p + \frac{as}{100}$
	$a > 0.6 \text{ m}$	$h_E = h_p$



Εφαρμογή 3

Σε ευθύγραμμο τμήμα με μία λωρίδα ανά κατεύθυνση και ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, $V_{\text{επιτρ}} = 100 \text{ km/h}$ και αμφικλινή διαμόρφωση επικλίσεων ίση με 2.5%, υπάρχει εμπόδιο κατηγορίας κινδύνου 2, το οποίο εκτείνεται σε μήκος 20m, έχει πλευρική απόσταση από την οριογραμμή της οδού ίση με 2m, ενώ υψομετρικά βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με την επιφάνεια του οδοστρώματος. Ο μέσος ημερήσιος φόρτος και ο μέσος φόρτος βαρέων οχημάτων είναι 3500 και 600 οχήματα.

Ζητούμενα:

(α) Να ελέγξετε εάν απαιτείται τοποθέτηση στηθαίου ασφαλείας.

(β) Να επιλέξετε τα χαρακτηριστικά του προς τοποθέτηση στηθαίου ασφαλείας (ικανότητα συγκράτησης και λειτουργικό πλάτος).

(γ) Να υπολογιστεί η υψομετρική διαφορά των όψεων του στηθαίου εάν η επίκλιση του ερείσματος είναι 9.5%.

(δ) Να υπολογιστεί το μήκος της παράλληλης εφαρμογής του για δύο περιπτώσεις: (i) χωρίς και (ii) με δυνατότητα απομείωσης της ικανότητας συγκράτησης κατά μία κατηγορία.

Επιμέρους χαρακτηριστικά των ΣΑ έχουν ως εξής:

- Ελάχιστα μήκη $L1$ (m) για ικανότητα συγκράτησης H1 και N2 ίσα με 58m και 56m αντίστοιχα.
- Μήκος συναρμογής μεταξύ στηθαίων με ικανότητα συγκράτησης H1 και N2 ίσο με 8m.
- Μήκος απόληξης ΣΑ ίσο με 12m.

Κατηγορίες επικινδυνότητας

Οι επικίνδυνες θέσεις κατατάσσονται σε κατηγορίες με βάση τον κίνδυνο

- προς τρίτους
- για τους επιβαίνοντες

Κατηγορία κινδύνου 1

περιοχές που χρήζουν προστασίας με ιδιαίτερο κίνδυνο για τρίτους, όπως:

- χημικές εγκαταστάσεις με κίνδυνο έκρηξης
- περιοχές με έντονη χρήση παραμονής (πχ ΣΕΑ)
- Παράπλευρες σιδ/κες γραμμές ($V_{επιτρ} > 160 \text{ km/h}$)
- φέροντα στοιχεία τεχνικών έργων (με κίνδυνο κατάρρευσης σε πρόσκρουση)
- παράπλευροι πεζόδρομοι και ποδηλατόδρομοι
- παράπλευρη σιδ/κή γραμμή με ημερήσιο φόρτο > 30 συρμούς
- παράπλευρες οδοί με ημερήσιο φόρτο > 500 οχήματα

Κατηγορία κινδύνου 2

Κατηγορία κινδύνου 3

εμπόδια με κίνδυνο για τους επιβαίνοντες σε όχημα, όπως:

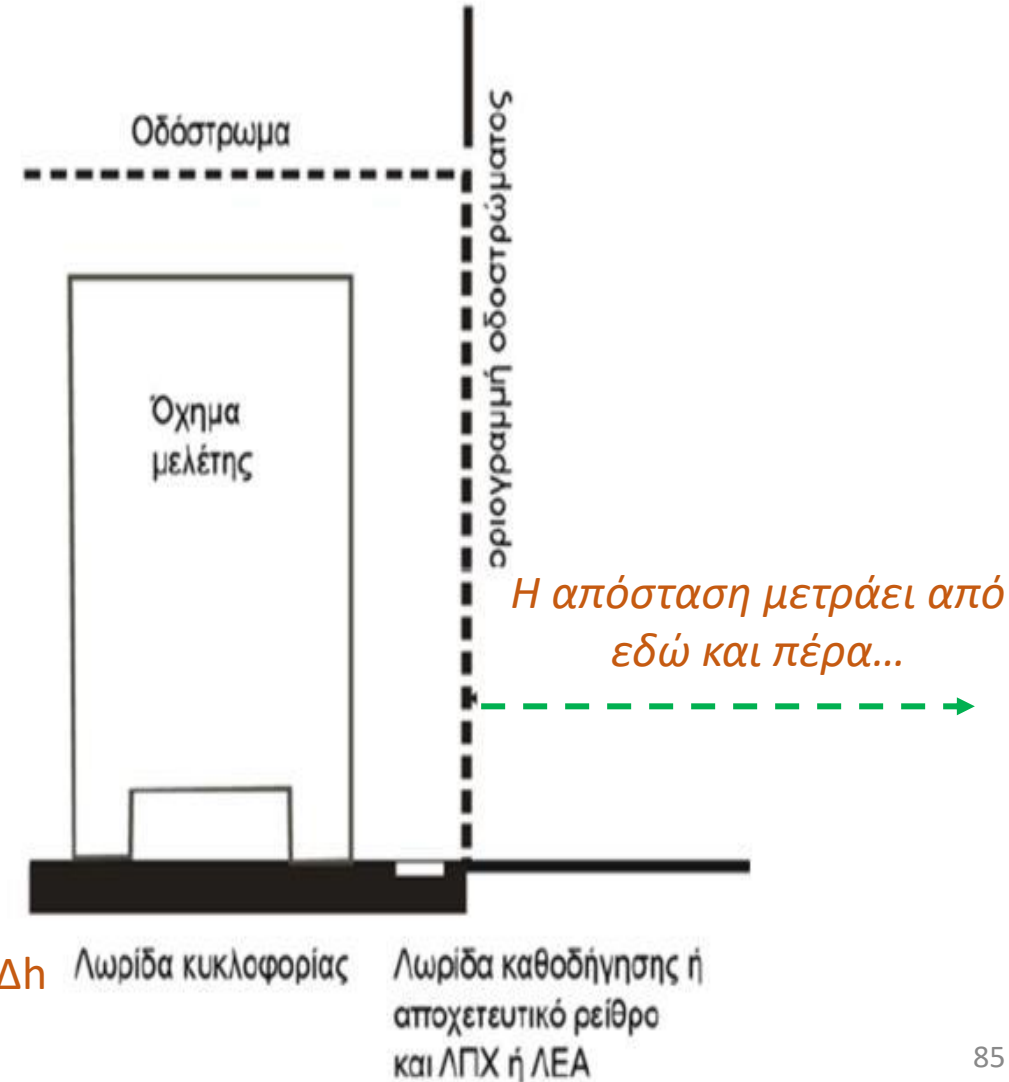
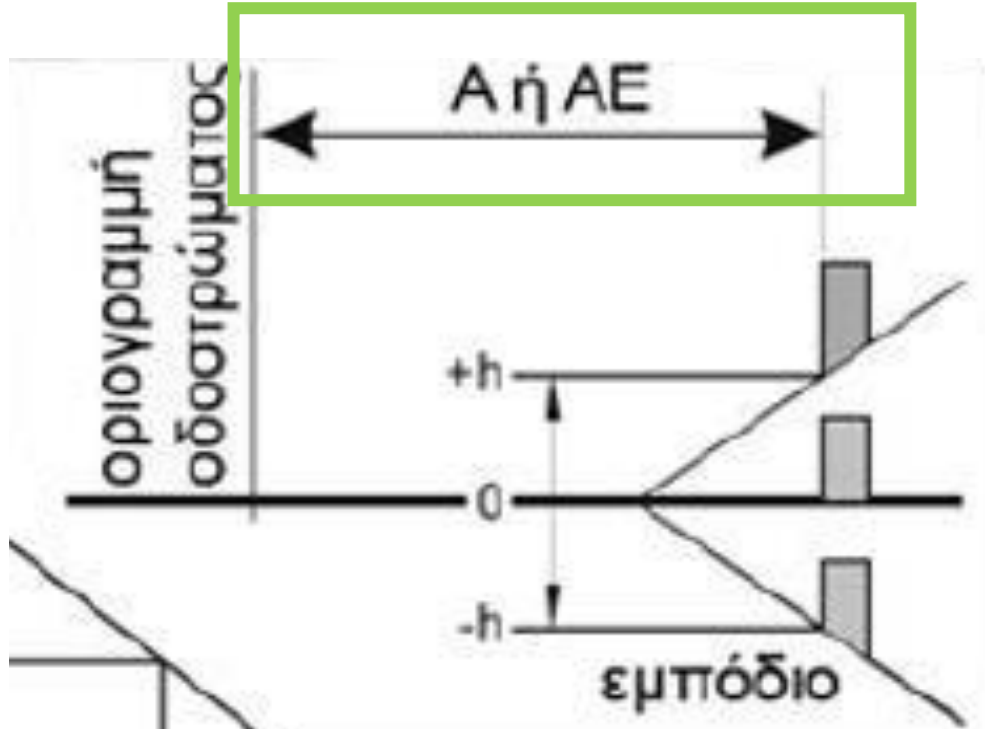
- μη παραμορφώσιμα εμπόδια κάθετα στην οδό
- μη παραμορφώσιμα μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, ιστοί)
- ηχοπετάσματα
- κιγκλιδώματα

Κατηγορία κινδύνου 4

- Παραμορφώσιμα σημειακά εμπόδια
- πρηνή επιχωμάτων (κλίση $> 1/3$, ύψος $> 3 \text{ m}$)
- πρηνή ορυγμάτων (κλίση $> 1/3$)
- τάφροι
- οχετοί
- ρέματα
- ύδατα βάθους $> 0.5 \text{ m}$

Κρίσιμη απόσταση

Η απόσταση εντός της οποίας πρέπει να εξετασθεί, εάν είναι απαραίτητη η εγκατάσταση συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων, εφόσον σε αυτή υπάρχουν είτε περιοχές που χρήζουν προστασίας είτε πλευρικά εμπόδια.



Παράγοντες που επιδρούν

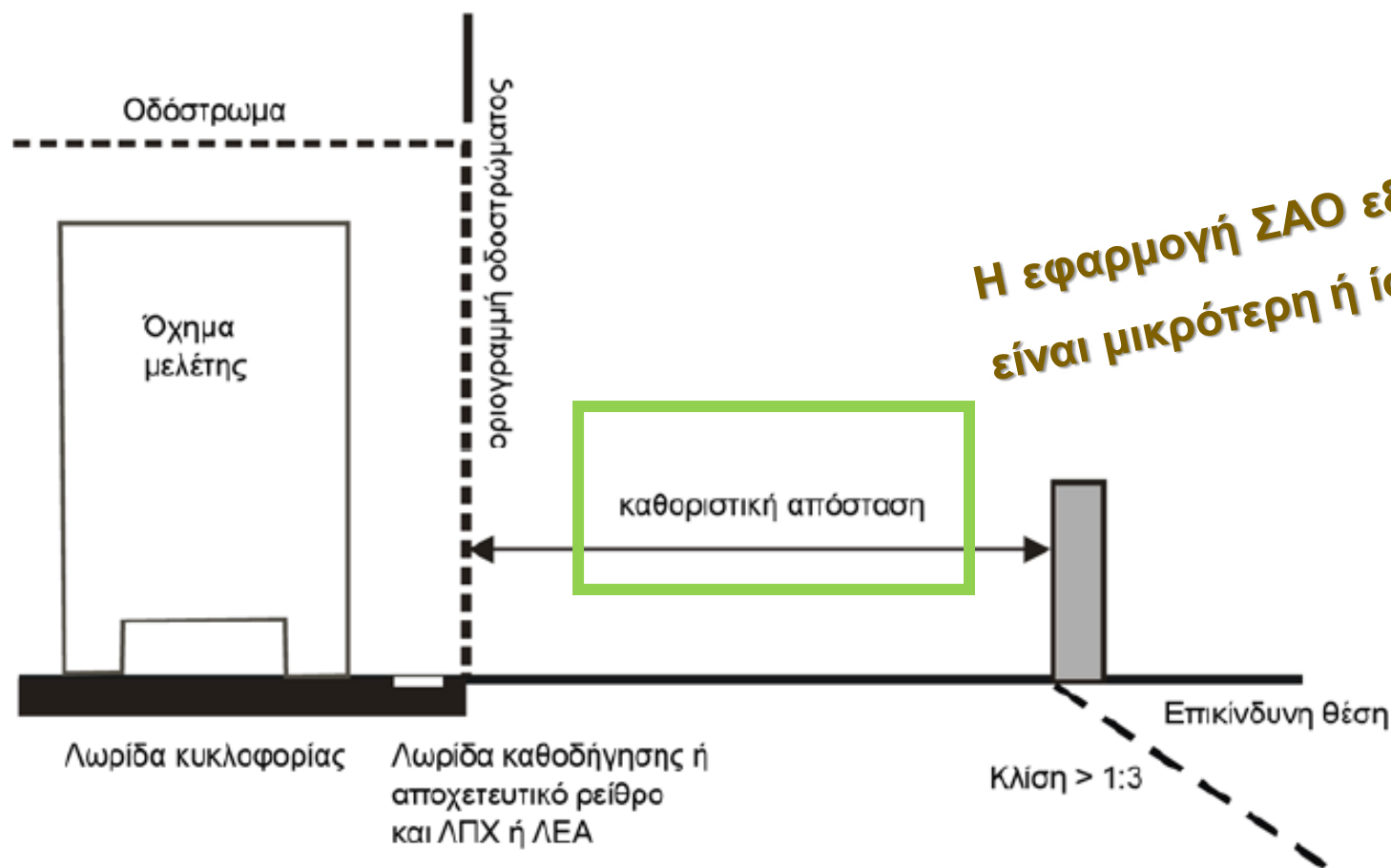
- Τύπος οδού
- Επιτρεπόμενη ταχύτητα
- Υψομετρική διαφορά οριογραμμής οδού και εμπρόσθιας όψης εμποδίου Δh

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΔΠΘ

Οδοποιία (2023-2024)

Καθοριστική απόσταση

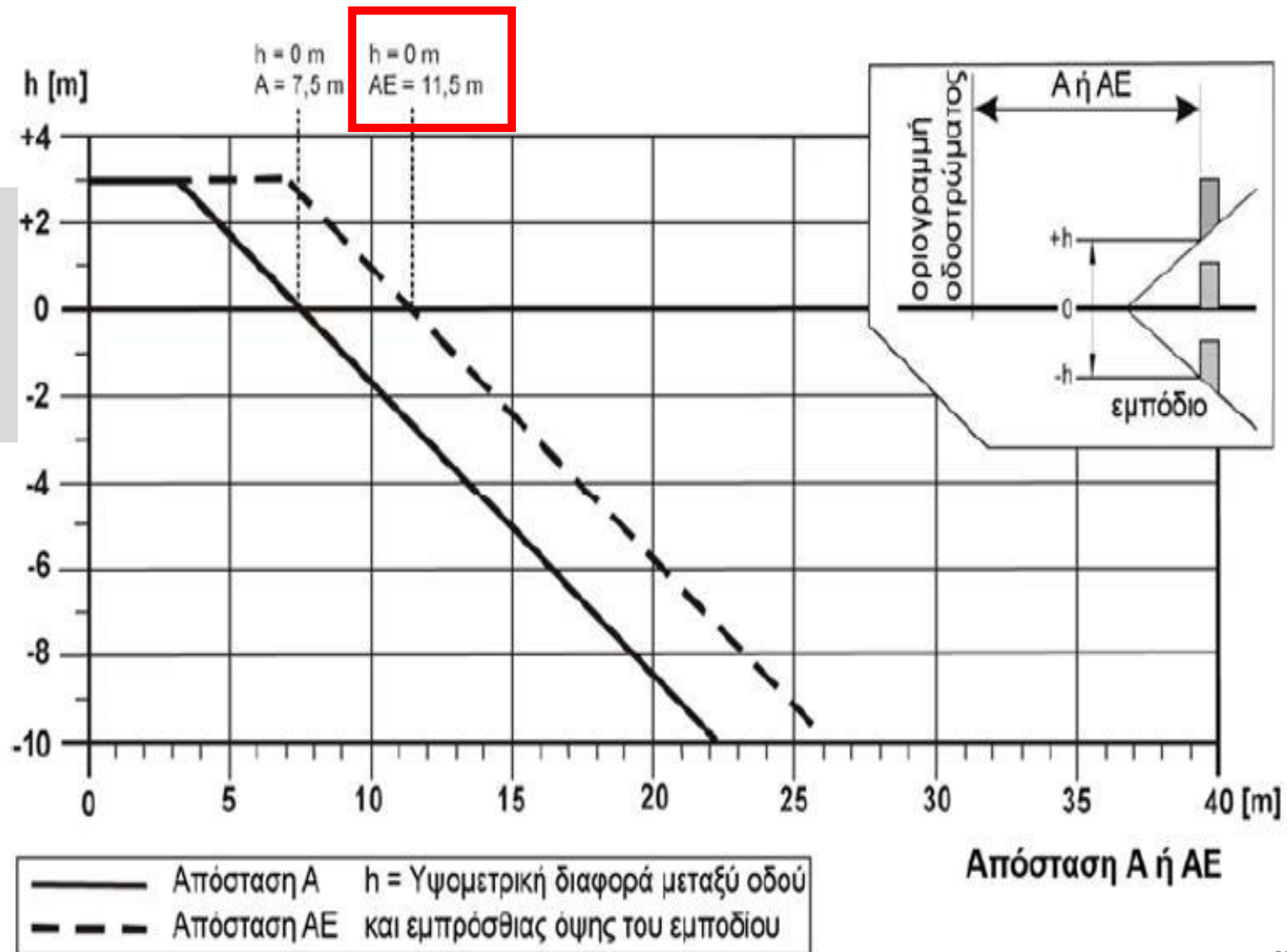
Η απόσταση μεταξύ οριογραμμής οδοστρώματος και της όψης της επικίνδυνης θέσης

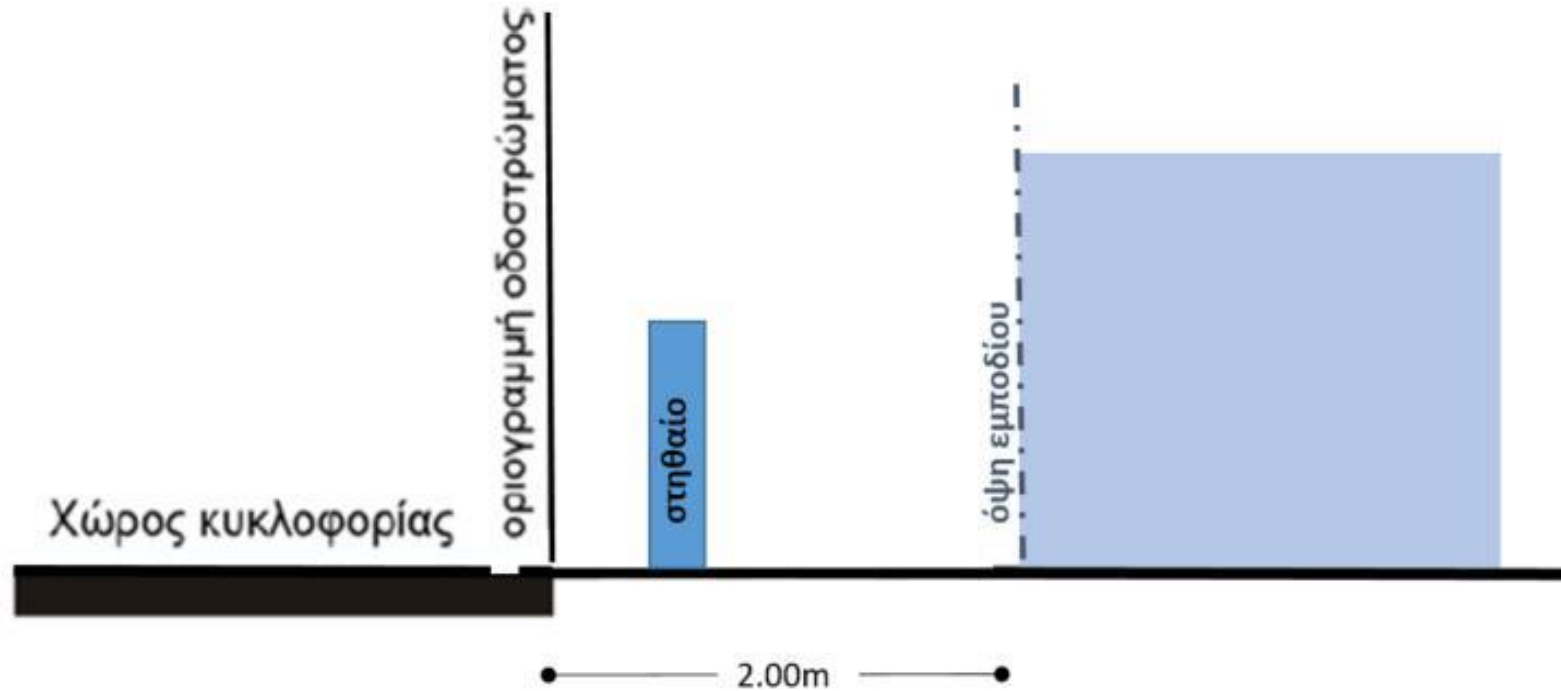


Οδοί με $80\text{km/h} \leq V_{\text{επιτρ}} \leq 100\text{km/h}$

- Για κατηγορία κινδύνου 1 ή 2 αναζητούμε την διευρυμένη απόσταση ΑΕ
- Για κατηγορία κινδύνου 3 ή 4 αναζητούμε την απόσταση Α

$$h = 0 \rightarrow \text{ΑΕ} = 11.5\text{m}$$





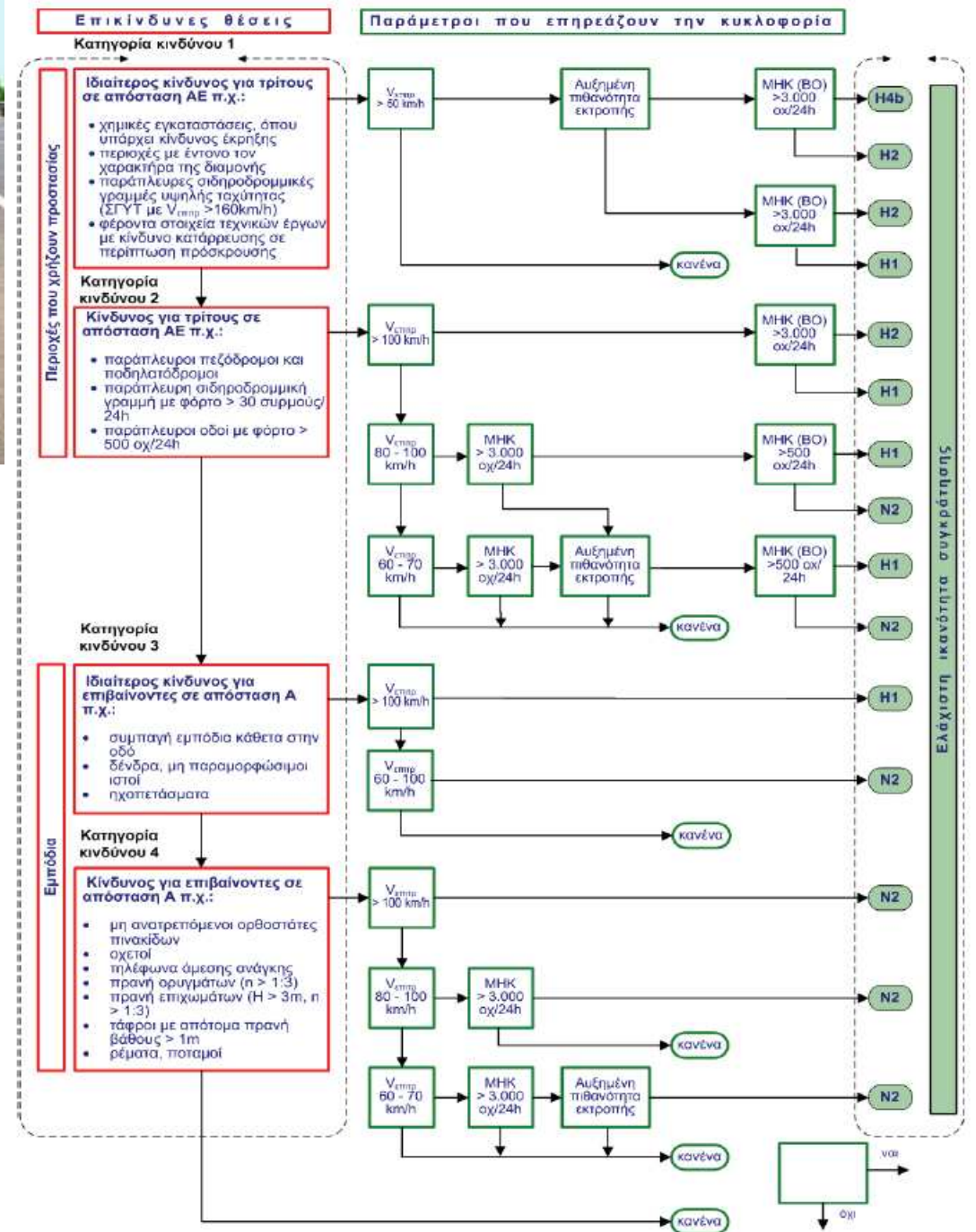
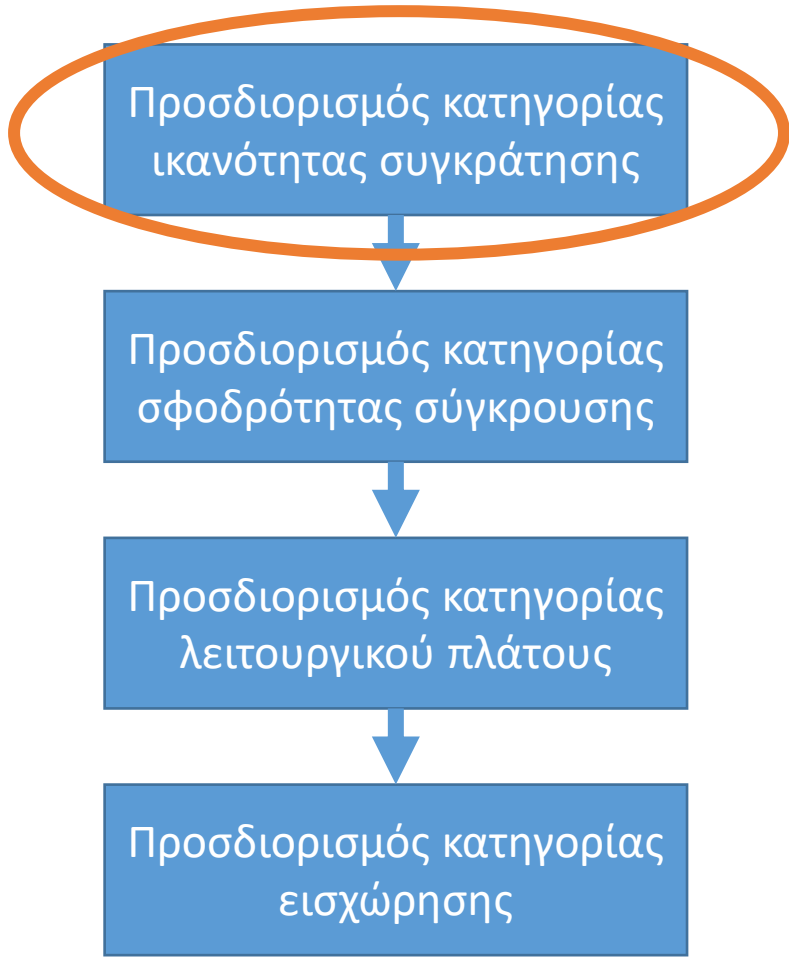
Κρίσιμη απόσταση = 11.5 μ

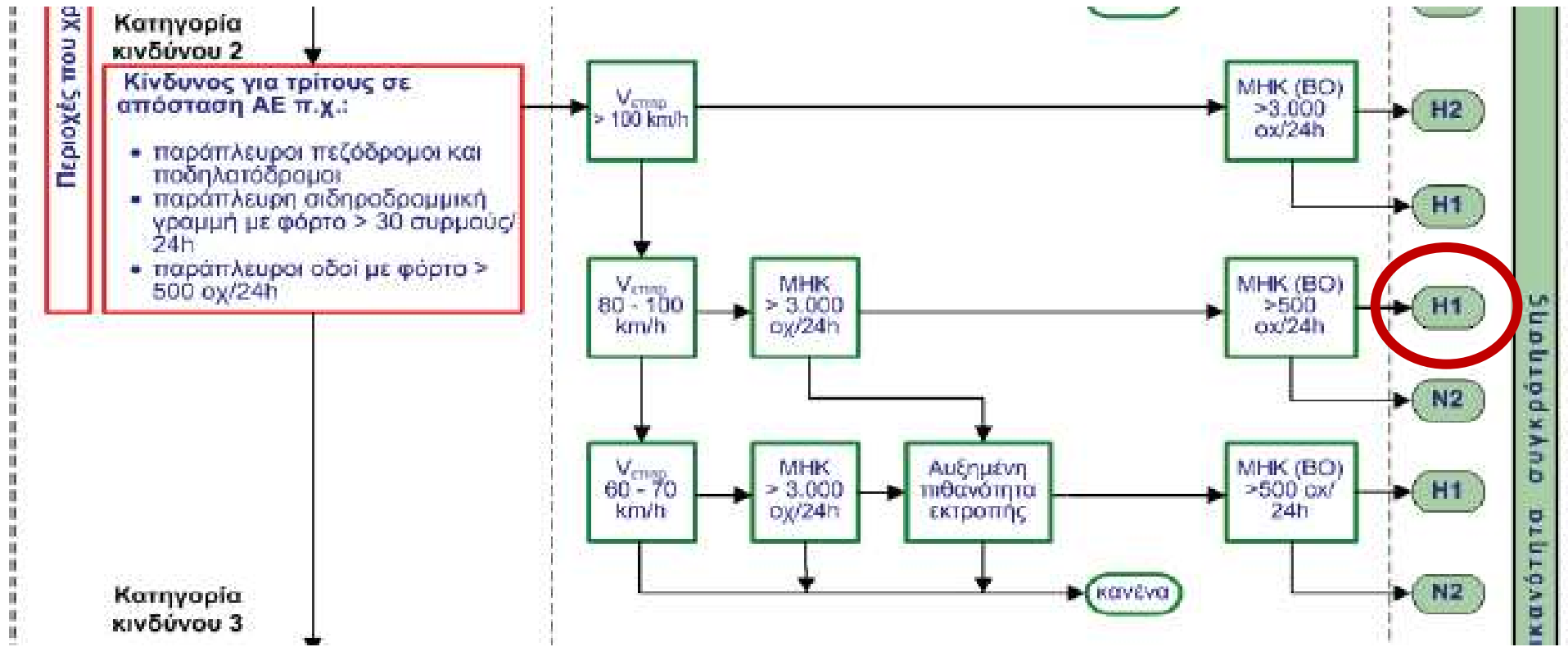
Καθοριστική απόσταση = 2 μ

καθοριστική απόσταση \leq κρίσιμη απόσταση \rightarrow απαιτείται στηθαίο ασφαλείας

Στηθαία ασφαλείας

Εξωτερική οριογραμμή οδοστρώματος





ΜΗΚ = 3500 και ΜΗΚ (ΒΟ)=600

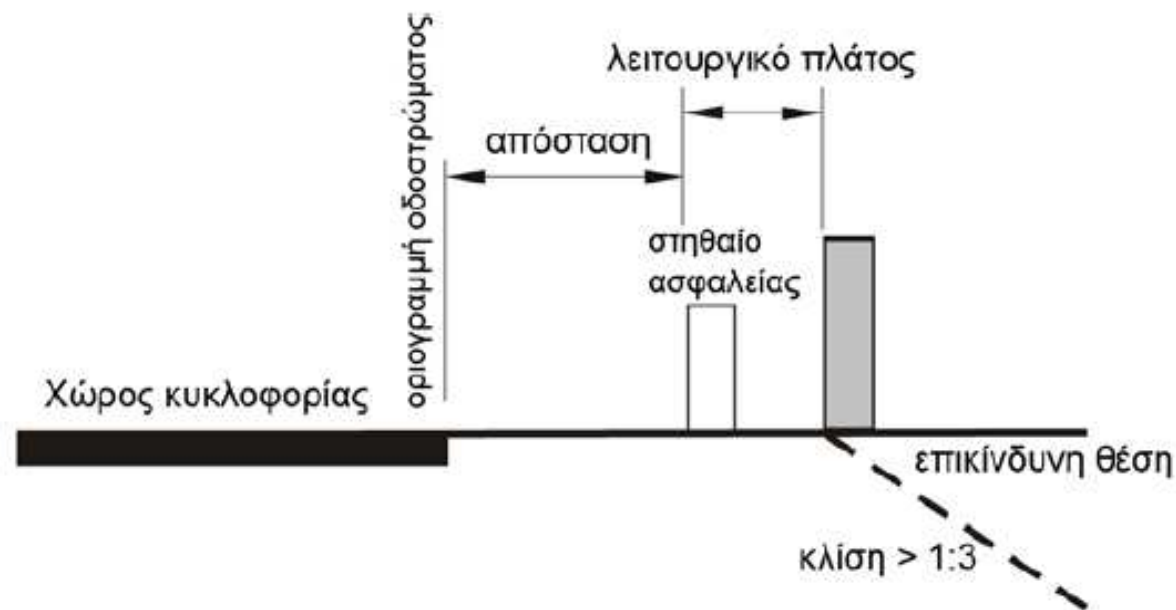
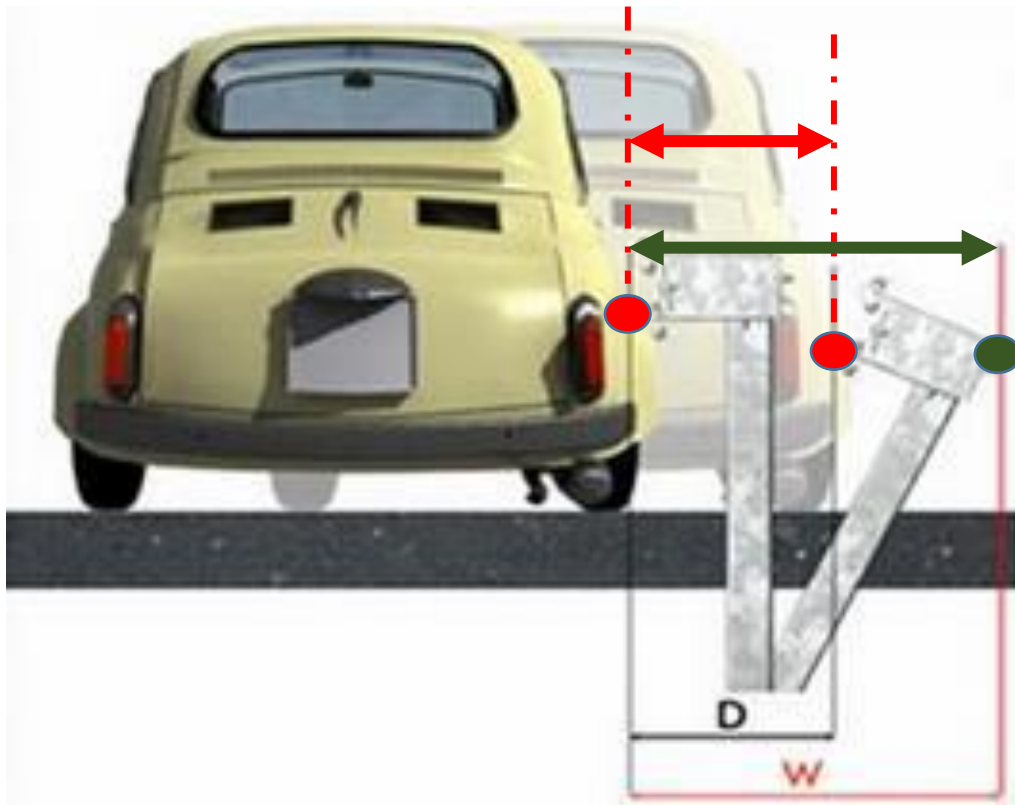


Κατηγορία H1

- ❖ Δυναμική παραμόρφωση D
- ❖ Λειτουργικό πλάτος W
- ❖ Εισχώρηση οχήματος

D : μέγιστη πλευρική δυναμική μετατόπιση της πρόσοψης του ΣΑΟ σε οποιοδήποτε σημείο αυτού

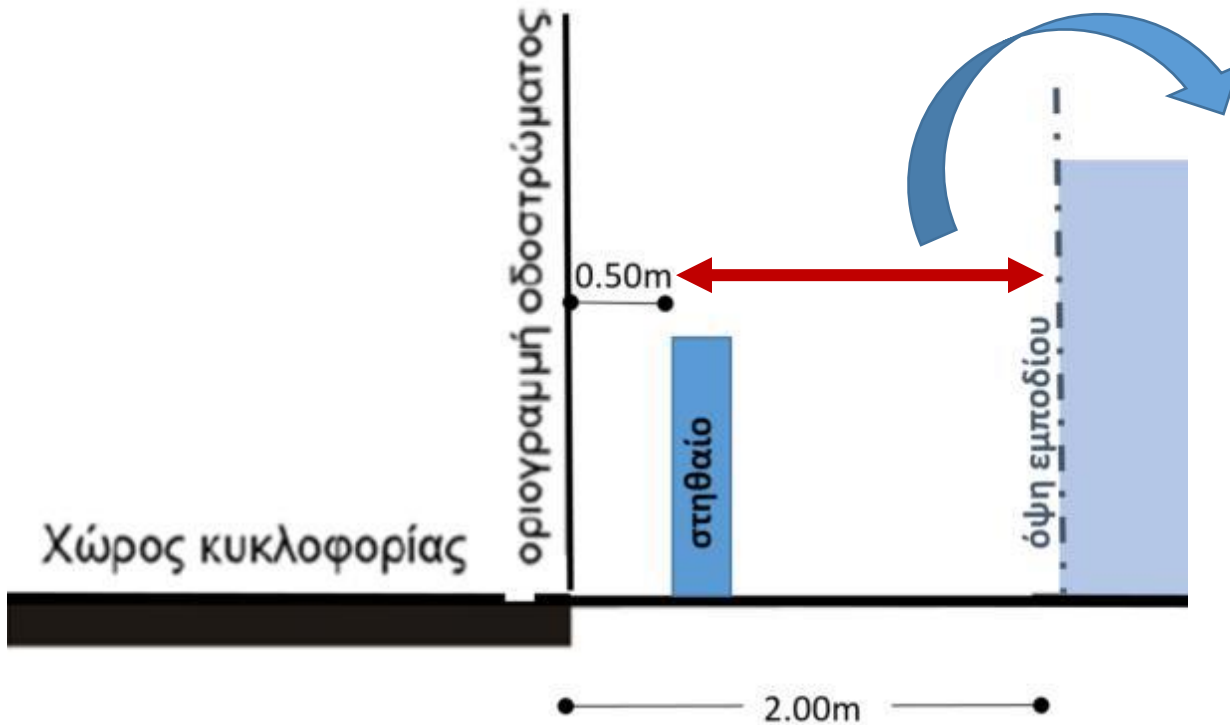
W : άθροισμα κατασκευαστικού πλάτους και δυναμικής παραμόρφωσης του συστήματος αναχαίτισης



Το ΣΑΟ που επιλέγεται εξαρτάται και από τη διαθέσιμη απόσταση αυτού από τα πλευρικά εμπόδια. Πρέπει να εξασφαλίζεται το λειτουργικό του πλάτος. Άρα, για μικρό διατιθέμενο χώρο, το σύστημα θα είναι πιο άκαμπτο.

ελάχιστη απόσταση της εμπρόσθιας όψης του στηθαίου ασφαλείας από την οριογραμμή του οδοστρώματος 0.50m

Απομένει περιθώριο 1.5μ



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

Επομένως επιλέγεται κατηγορία W4
Άρα στηθαίο ασφαλείας με τύπο H1-W4

Θέματα εγκατάστασης ΣΑ

Ύψος εγκατάστασης σε κεκλιμένο έδαφος

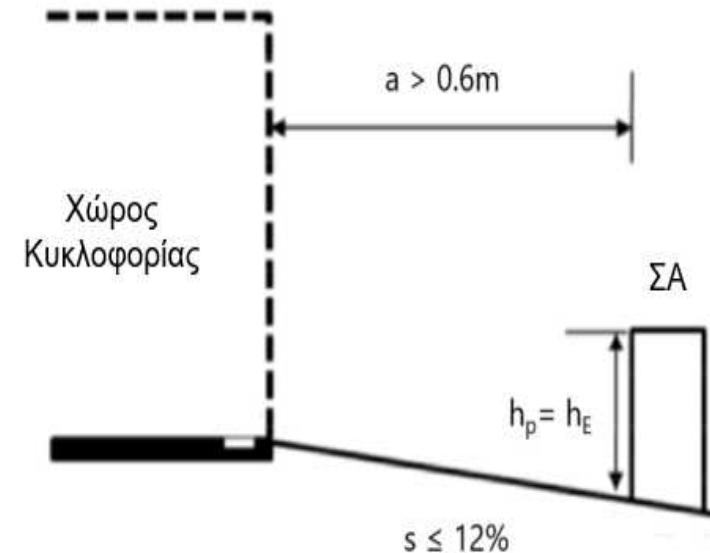
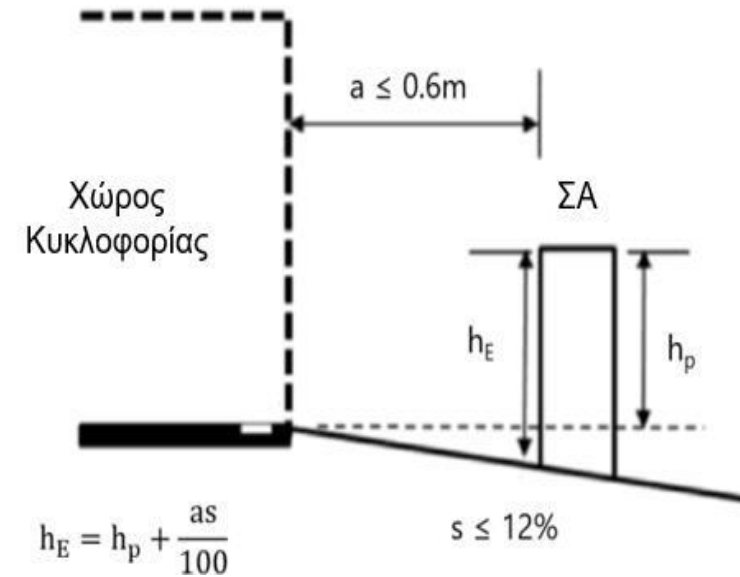
➤ Χαλύβδινα ΣΑ με έμπηξη ορθοστατών

- Προσωρινά χαλύβδινα ΣΑ και προκατασκευασμένα ΣΑ από σκυρόδεμα
- ΣΑ από έγχυτο σκυρόδεμα

h_p : ύψος ΣΑ πάνω από το οδόστρωμα κατά την δοκιμή πρόσκρουσης
 h_E : μετρούμενο ύψος ΣΑ έμπροσθεν αυτού από την επιφάνεια αναφοράς

s : σχετική τιμή επίκλισης μεταξύ οδοστρώματος και ερείσματος

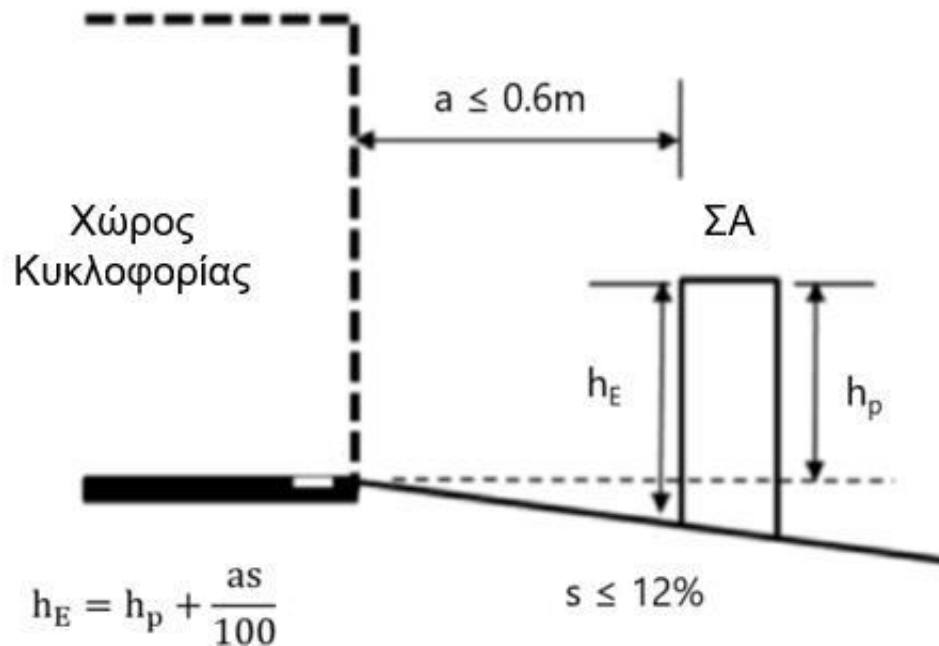
Επίκλιση Ερείσματος (σχετική τιμή μεταξύ επίκλισης οδοστρώματος και κλίσης ερείσματος)	Απόσταση ΣΑ από Γραμμή αναφοράς	Εγκατάσταση Εμπηγνυόμενων ΣΑ
Έρεισμα με Αρνητική Επίκλιση (κατωφερικό) $s \leq 12\%$	$a \leq 0.6 \text{ m}$	$h_E = h_p + \frac{as}{100}$
	$a > 0.6 \text{ m}$	$h_E = h_p$



Θέματα εγκατάστασης ΣΑ

Ύψος εγκατάστασης σε κεκλιμένο έδαφος

➤ Χαλύβδινα ΣΑ με έμπηξη ορθοστατών



S: σχετική τιμή επίκλισης μεταξύ οδοστρώματος και ερείσματος.

κλίση ερείσματος 9.5%

Για $a=0.5m$, οι δύο όψεις του στηθαίου έχουν υψομετρική διαφορά ίση με $a*s/100 = 0.50 * 9.5 / 100 = 0.05 m$ ή 5cm

$$h_E - h_p = 5cm$$

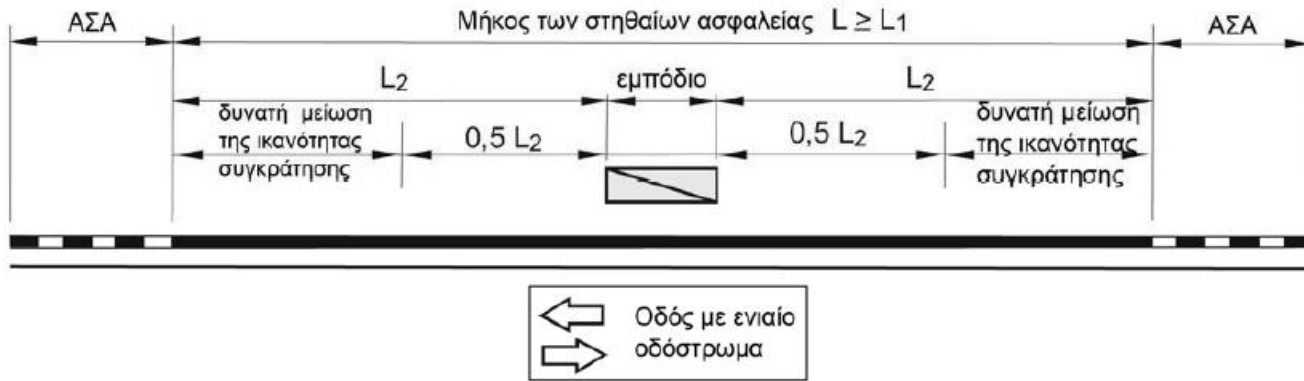
Μήκη εφαρμογής των ΣΑ

Πίνακας 6: Απαιτούμενα μήκη L_2 έναντι ολίσθησης και διέλευσης πίσω από το ΣΑΟ

Κριτήριο	Είδος οδού	Τοποθέτηση του στηθαίου ασφαλείας (Σ.Α.)		
		παράλληλα στην οδό	πλευρικά υπό γωνία 1:20	αποκλείεται η διέλευση πίσω από το Σ.Α.
Ολίσθηση επί του στηθαίου με εμπόδιο σε απόσταση $\leq 1,5\text{m}$ από το μέτωπο του στηθαίου	Οδός με ενιαίο οδόστρωμα	100m	-	-
	Οδός με διαχωρισμένο οδόστρωμα	140m	-	-
Διέλευση πίσω από το στηθαίο ασφαλείας όταν υπάρχει ολίσθηση πάνω σε αυτό	Οδός με ενιαίο οδόστρωμα	80m	60m	40m
	Οδός με διαχωρισμένο οδόστρωμα	100m	60m	40m

Απαιτούμενο $L_2 = 100\text{m}$

✓ **τοποθέτηση του στηθαίου ασφαλείας παράλληλα στην οριογραμμή της οδού με δυνατότητα μείωσης της ικανότητας συγκράτησης**



Σε οδούς με ενιαίο οδόστρωμα το μήκος των στηθαίων ασφαλείας πριν και μετά το εμπόδιο πρέπει να είναι ίσο τουλάχιστον με L_2 .

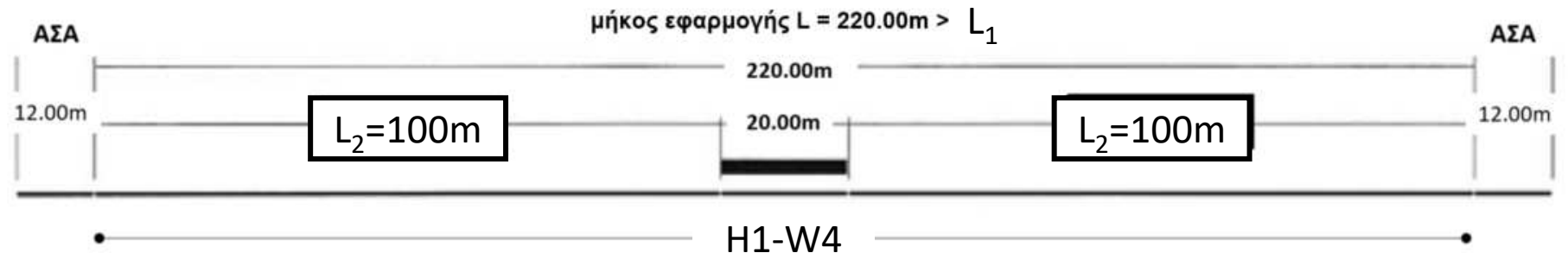
Η μείωση της ικανότητας συγκράτησης κατά μία κατηγορία στην περιοχή του μήκους εφαρμογής L_2 είναι δυνατή σε μήκος $0,5 \times L_2$ πριν από την επικίνδυνη θέση. Για τις επιμέρους συνδέσεις, απαιτούνται συναρμογές. Κατά κανόνα η μείωση της ικανότητας συγκράτησης έχει νόημα, όταν το απαιτούμενο μήκος L_2 είναι τουλάχιστον ίσο με 100m. **Υπενθυμίζεται ο έλεγχος $L \geq L_1$.**

Σχ. 15α: Μήκη των στηθαίων ασφαλείας σε οδούς με ενιαίο οδόστρωμα

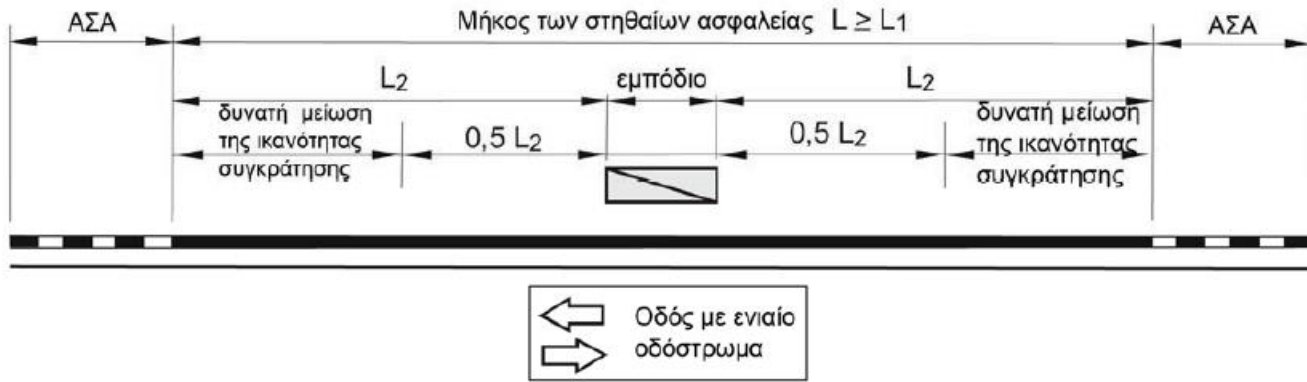
Εάν δεν υπάρξει απομείωση...

$$12 + 100 + 20 + 100 + 12 = 220 + 24 = 244 \text{ m}$$

- Ικανοποιείται ο περιορισμός μήκους L_1 για την περίπτωση με ικανότητα συγκράτησης H_1
- Δεν απαιτείται συναρμογή.



✓ **τοποθέτηση του στηθαίου ασφαλείας παράλληλα στην οριογραμμή της οδού με δυνατότητα μείωσης της ικανότητας συγκράτησης**



Σε οδούς με ενιαίο οδόστρωμα το μήκος των στηθαίων ασφαλείας πριν και μετά το εμπόδιο πρέπει να είναι ίσο τουλάχιστον με L_2 .

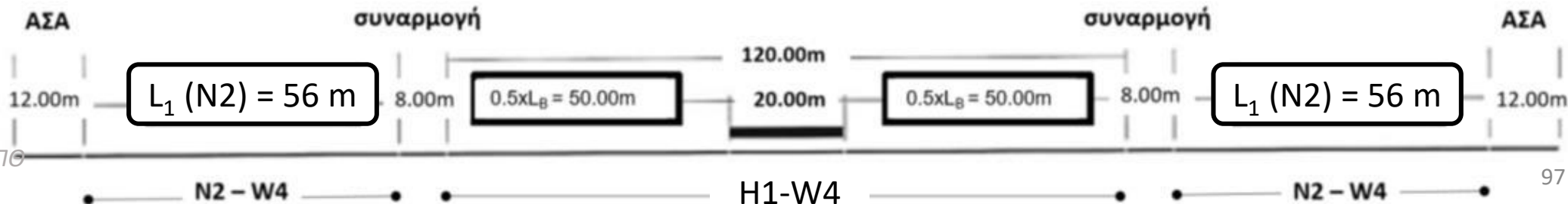
Η μείωση της ικανότητας συγκράτησης κατά μία κατηγορία στην περιοχή του μήκους εφαρμογής L_2 είναι δυνατή σε μήκος $0,5 \times L_2$ πριν από την επικίνδυνη θέση. Για τις επιμέρους συνδέσεις, απαιτούνται συναρμογές. Κατά κανόνα η μείωση της ικανότητας συγκράτησης έχει νόημα, όταν το απαιτούμενο μήκος L_2 είναι τουλάχιστον ίσο με 100m. Υπενθυμίζεται ο έλεγχος $L \geq L_1$.

Σχ. 15α: Μήκη των στηθαίων ασφαλείας σε οδούς με ενιαίο οδόστρωμα

Εάν υπάρξει απομείωση σε κατηγορία N2....









- Απαιτείται συναρμογή (δύο συναρμογές των 8μ)
- Μήκος διατήρησης της κατηγορίας H1: $20 + 2 \times 0.5 \times 100 = 120\mu > \min L_1(H_1)$
- Ελάχιστο απαιτούμενο μήκος ΣΑ για την κατηγορία N2: 56μ

Μήκος εφαρμογής: $12 + 56 + 8 + 50 + 20 + 50 + 8 + 56 + 12 = 248 + 24 = 272\mu$



Εφαρμογή 4

Οδικό τμήμα αυτοκινητοδρόμου σε καμπύλο τμήμα με επιτρεπόμενη ταχύτητα 90km/h διέρχεται επί μήκους 50m παραπλεύρως σιδηροδρομικής γραμμής υψηλών ταχυτήτων. Κατά το μήκος αυτό, η πλευρική απόσταση μεταξύ της οριογραμμής του οδοστρώματος της οδού και της οριογραμμής του καταστρώματος της σιδηροδρομικής γραμμής κυμαίνεται από 1.70m (για μήκος 5m) έως 12.40m. Υψομετρικά, η στάθμη της σιδηροδρομικής γραμμής είναι ίδια με την στάθμη της επιφάνειας κύλισης της οδού. Ο αυτοκινητόδρομος εξυπηρετεί ημερησίως τον φόρτο του πίνακα 1 και στις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας.

Εμπορικό όχημα (ΕΟ)	Ταξινόμηση ΕΟ	Κατηγορία* ΕΟ
	Λεωφορείο ή ημι-φορτηγό	ΟΔΧ
	Φορτηγό 2-αξόνων	OEX1
	Φορτηγό 3-αξόνων	
	Ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (νταλικά) 3-αξόνων	OEX2
	Φορτηγό 4-αξόνων	
	Ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (νταλικά) 4-αξόνων	
	Ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (νταλικά) 5-αξόνων	
	Ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (νταλικά) 6-αξόνων	

Είδος οχήματος	Πλήθος
Μοτοσικλέτες και ΙΧ	5068
Λεωφορεία	64
Φορτηγά 2-αξόνων	934
Φορτηγά 3-αξόνων	134
Νταλίκες 3 και 4-αξόνων	548
Φορτηγά 4-αξόνων	98
Νταλίκες 5-αξόνων	1876
Νταλίκες 6-αξόνων	1060

Ζητείται η επιλογή τύπου για το στηθαίο ασφαλείας και το μήκος παράλληλης εφαρμογής του με δυνατότητα μείωσης της ικανότητας συγκράτησης.

Δεδομένα:

- Δεν δύναται να επιλεγθεί σφοδρότητα σύγκρουσης τύπου Α.
- Ελάχιστη απόσταση στηθαίου ασφαλείας από οριογραμμή οδοστρώματος: 0.50m.
- Μήκη συναρμογών και απολήξεων: 8m και 12m αντίστοιχα.
- Απαιτούμενα μήκη L_1 (m) ως εξής:

Ικανότητα συγκράτησης	N1	N2	H1	H2	H3	H4b
Απαιτούμενο μήκος (m)	54	56	58	60	62	64

Κατηγορίες επικινδυνότητας

Οι επικίνδυνες θέσεις κατατάσσονται σε κατηγορίες με βάση τον κίνδυνο

- προς τρίτους
- για τους επιβαίνοντες

Κατηγορία κινδύνου 1

περιοχές που χρήζουν προστασίας με ιδιαίτερο κίνδυνο για τρίτους, όπως:

- χημικές εγκαταστάσεις με κίνδυνο έκρηξης
- περιοχές με έντονη χρήση παραμονής (πχ ΣΕΑ)
- Παράπλευρες σιδ/κες γραμμές ($V_{επιτρ} > 160 \text{ km/h}$)
- φέροντα στοιχεία τεχνικών έργων (με κίνδυνο κατάρρευσης σε πρόσκρουση)

Κατηγορία κινδύνου 2

- παράπλευροι πεζόδρομοι και ποδηλατόδρομοι
- παράπλευρη σιδ/κή γραμμή με ημερήσιο φόρτο > 30 συρμούς
- παράπλευρες οδοί με ημερήσιο φόρτο > 500 οχήματα

Κατηγορία κινδύνου 3

εμπόδια με κίνδυνο για τους επιβαίνοντες σε όχημα, όπως:

- μη παραμορφώσιμα εμπόδια κάθετα στην οδό
- μη παραμορφώσιμα μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, ιστοί)
- ηχοπετάσματα
- κιγκλιδώματα

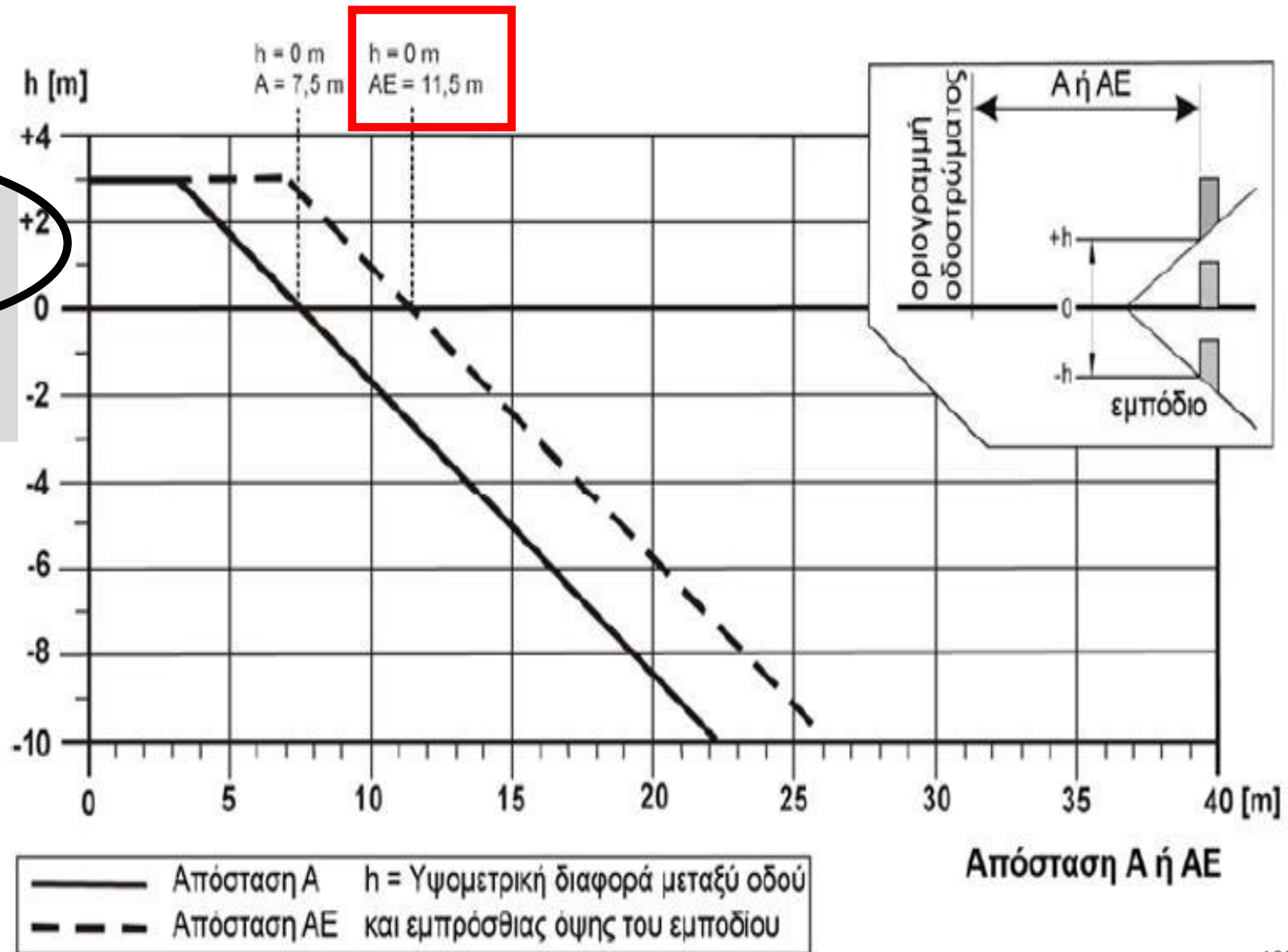
Κατηγορία κινδύνου 4

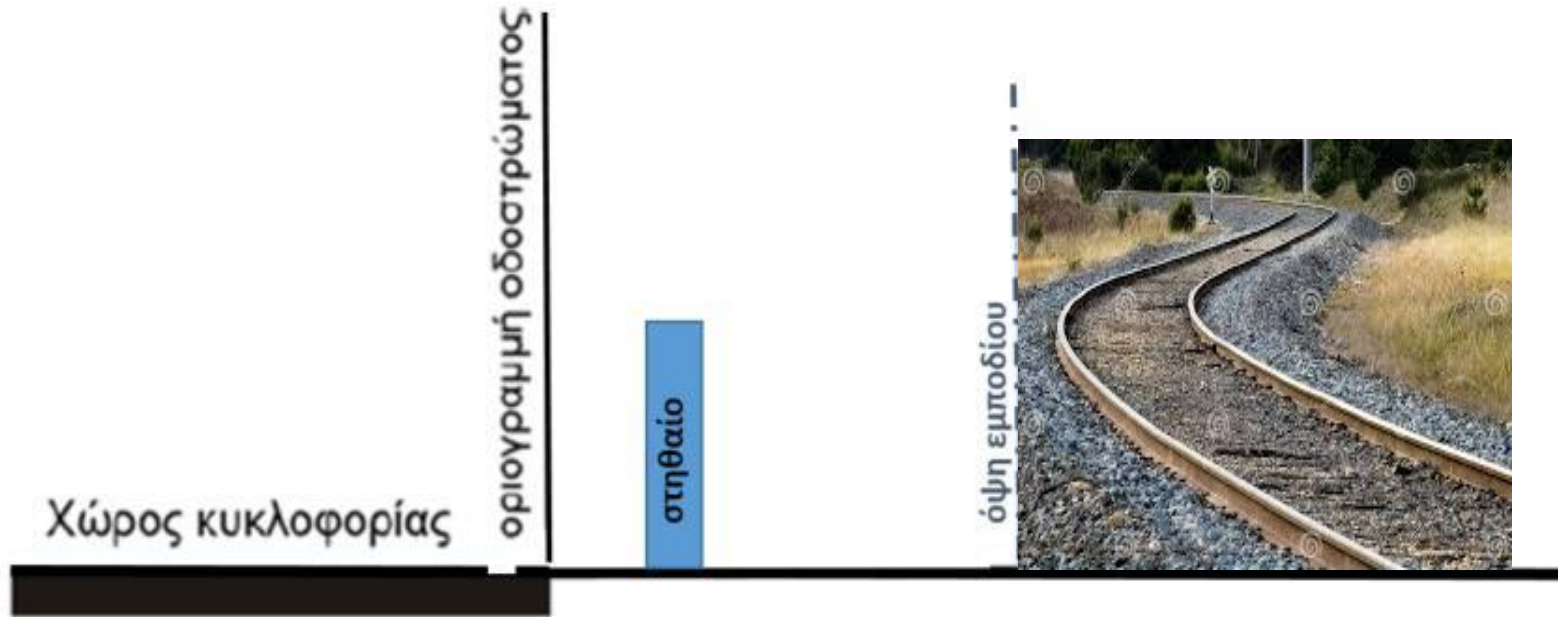
- Παραμορφώσιμα σημειακά εμπόδια
- πρηνή επιχωμάτων (κλίση $> 1/3$, ύψος $> 3 \text{ m}$)
- πρηνή ορυγμάτων (κλίση $> 1/3$)
- τάφροι
- οχετοί
- ρέματα
- ύδατα βάθους $> 0.5 \text{ m}$

Οδοί με $80\text{km/h} \leq V_{\text{επιτρ}} \leq 100\text{km/h}$

- Για κατηγορία κινδύνου 1 ή 2 αναζητούμε την διευρυμένη απόσταση AE
- Για κατηγορία κινδύνου 3 ή 4 αναζητούμε την απόσταση A

$$h = 0 \rightarrow AE = 11.5\text{m}$$





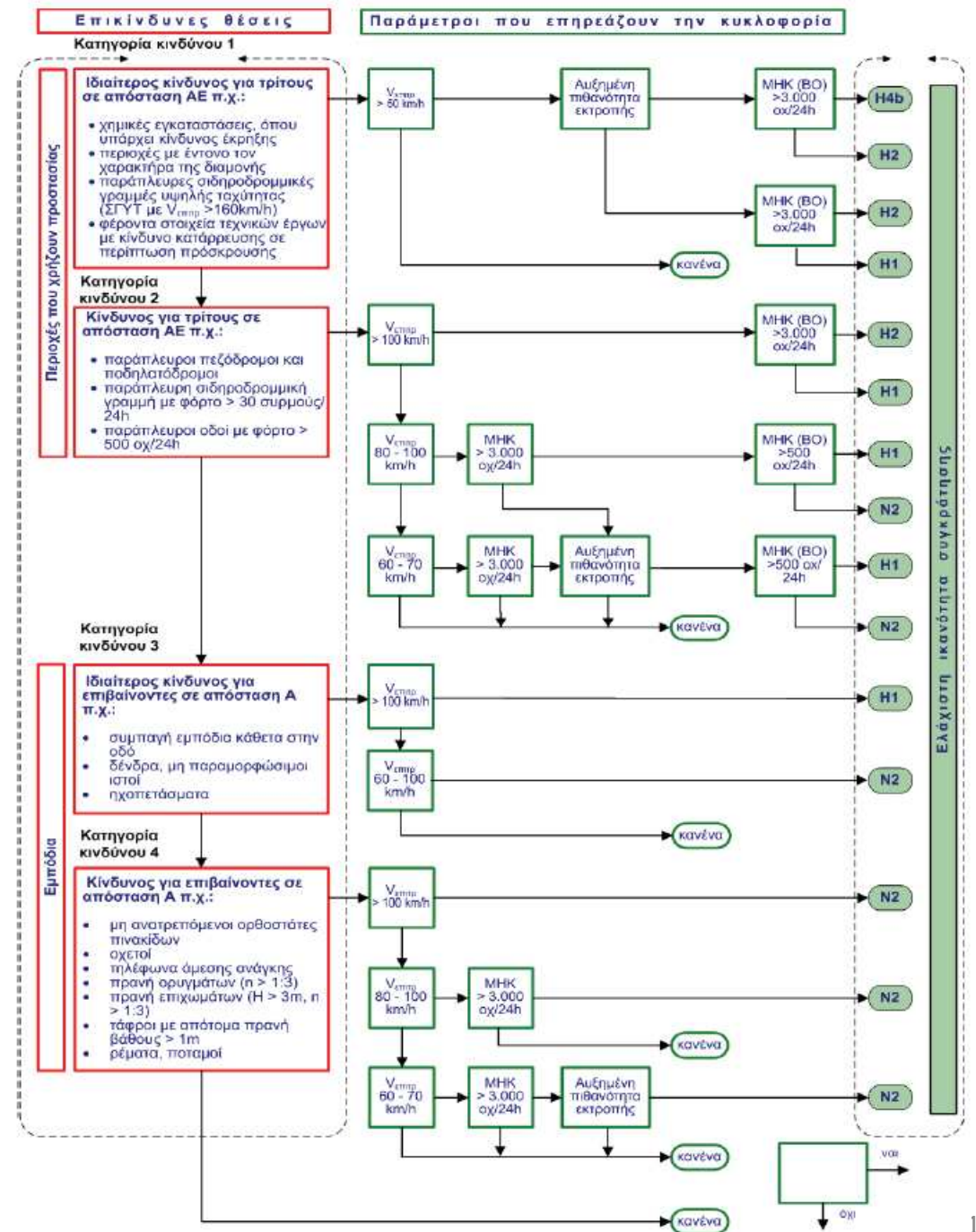
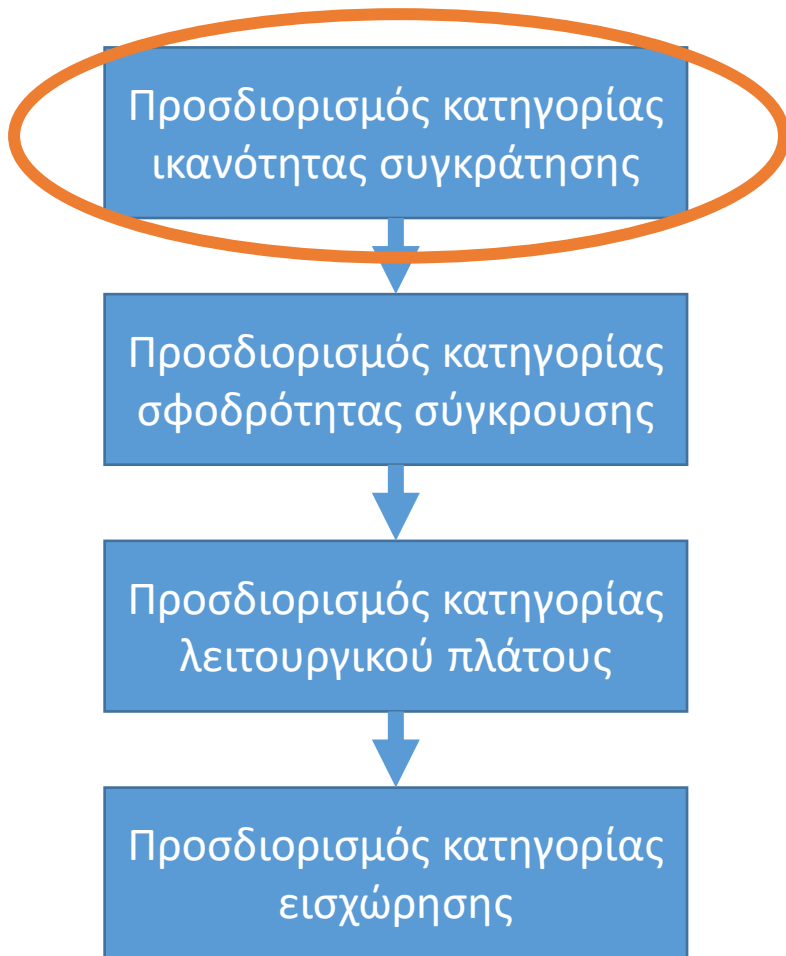
Κρίσιμη απόσταση = 11.5 m

Καθοριστική απόσταση = από 1.70m έως 12.40m → δυσμενέστερη η θέση με απόσταση 1.70 m

καθοριστική απόσταση \leq κρίσιμη απόσταση → απαιτείται στηθαίο ασφαλείας

Στηθαία ασφαλείας

Εξωτερική οριογραμμή οδοστρώματος



Είδος οχήματος	Πλήθος
Μοτοσικλέτες και ΙΧ	5068
Λεωφορεία	64
Φορτηγά 2-αξόνων	934
Φορτηγά 3-αξόνων	134
Νταλίκες 3 και 4-αξόνων	548
Φορτηγά 4-αξόνων	98
Νταλίκες 5-αξόνων	1876
Νταλίκες 6-αξόνων	1060

ΜΗΚ δύο κατευθύνσεων = 9782 ΟΧΗΜΑΤΑ

ΜΗΚ (ΒΟ) δύο κατευθύνσεων = 3582 ΟΧΗΜΑΤΑ

Εμπορικό όχημα (ΕΟ)	Ταξινόμηση ΕΟ	Κατηγορία* ΕΟ
	Λεωφορείο ή ημι-φορτηγό	ΟΔΧ
	Φορτηγό 2-αξόνων	ΟΕΧ1
	Φορτηγό 3-αξόνων	
	Ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (νταλικά) 3-αξόνων	ΟΕΧ2
	Φορτηγό 4-αξόνων	
	Ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (νταλικά) 4-αξόνων	
	Ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (νταλικά) 5-αξόνων	
	Ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (νταλικά) 6-αξόνων	

Επιτρεπόμενη ταχύτητα → 90km/h

Καμπύλο τμήμα → Αυξημένος κίνδυνος εκτροπής

Φόρτος ΜΗΚ μίας κατεύθυνσης → ??? (4891)

Φόρτος ΜΗΚ (ΒΟ) μίας κατεύθυνσης → ??? (1791)

Είδος οχήματος	Πλήθος
Μοτοσικλέτες και ΙΧ	5068
Λεωφορεία	64
Φορτηγά 2-αξόνων	934
Φορτηγά 3-αξόνων	134
Νταλίκες 3 και 4-αξόνων	548
Φορτηγά 4-αξόνων	98
Νταλίκες 5-αξόνων	1876
Νταλίκες 6-αξόνων	1060

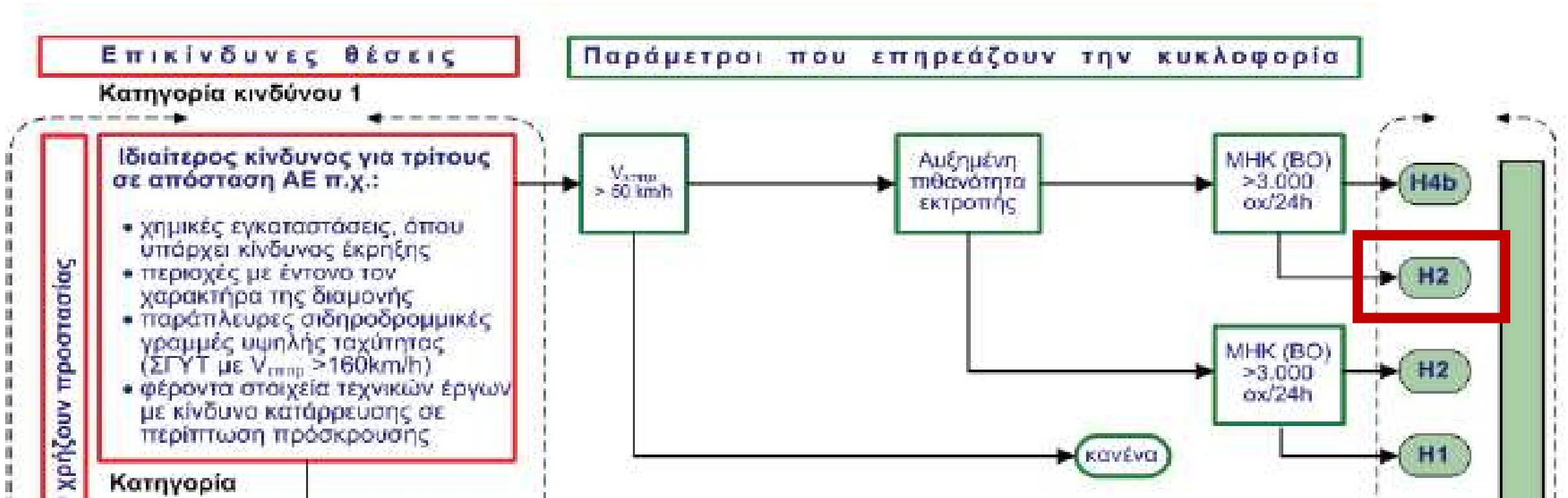
ΜΗΚ δύο κατευθύνσεων = 9782 ΟΧΗΜΑΤΑ

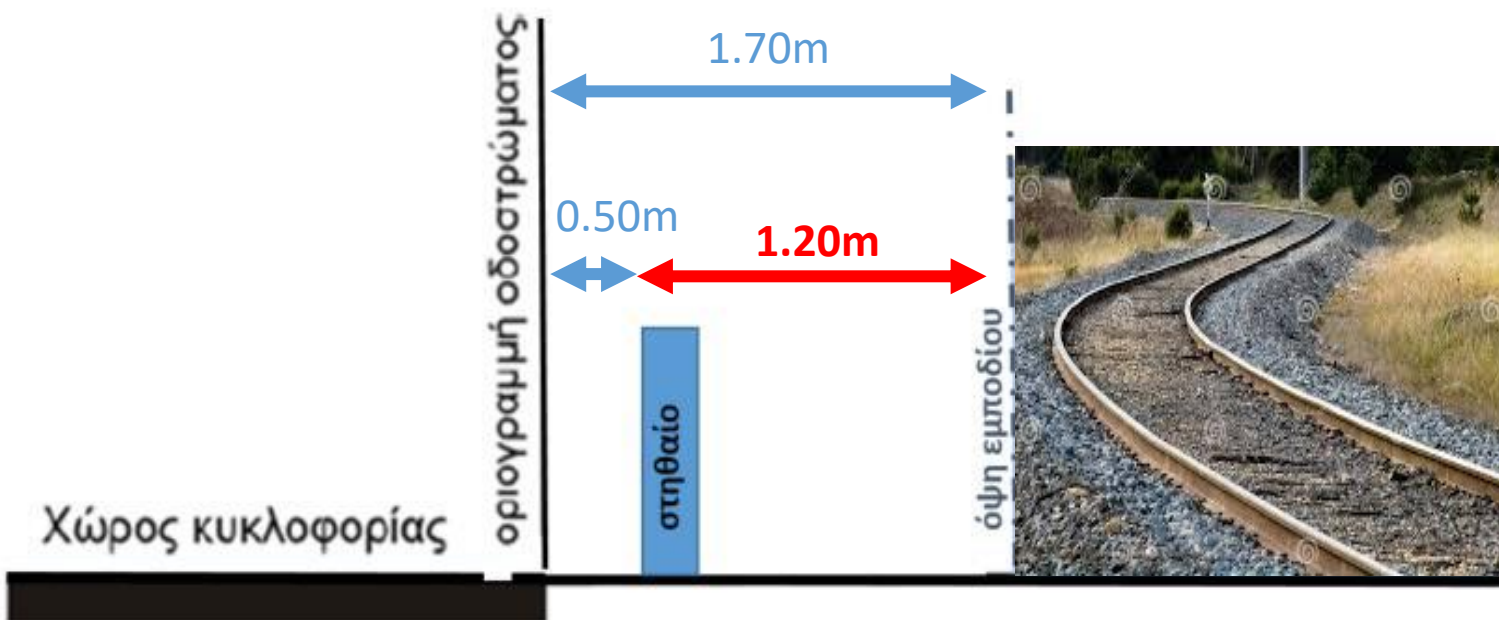
ΜΗΚ (ΒΟ) δύο κατευθύνσεων = 3582 ΟΧΗΜΑΤΑ

Δια 2 !!!

Εμπορικό όχημα (ΕΟ)	Ταξινόμηση ΕΟ	Κατηγορία* ΕΟ
	Λεωφορείο ή ημι-φορτηγό	ΟΔΧ
	Φορτηγό 2-αξόνων	ΟΕΧ1
	Φορτηγό 3-αξόνων	
	Ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (νταλικά) 3-αξόνων	ΟΕΧ2
	Φορτηγό 4-αξόνων	
	Ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (νταλικά) 4-αξόνων	
	Ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (νταλικά) 5-αξόνων	
	Ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (νταλικά) 6-αξόνων	

Προσδιορισμός ικανότητας συγκράτησης





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

Κατηγορία	Ικανότητα Παρείσδυσης (m)
VI1	$VI \leq 0.6$
VI2	$VI \leq 0.8$
VI3	$VI \leq 1.0$
VI4	$VI \leq 1.3$
VI5	$VI \leq 1.7$
VI6	$VI \leq 2.1$
VI7	$VI \leq 2.5$
VI8	$VI \leq 3.5$
VI9	$VI > 3.5$

Με περιθώριο έως 1.20m επιλέγεται κατηγορία λειτουργικού πλάτους → **W3**

Αυστηρά, επιλέγεται κατηγορία εισχώρησης → **VI3**

Κατηγορία σφοδρότητας σύγκρουση → **B** (εφόσον όχι A)

Στηθαίο ασφαλείας → **H2-W3-VI3-B**

Μήκη εφαρμογής των ΣΑ – L2 Μήκος εκατέρωθεν του εμποδίου
(πλευρική απόσταση 1.70μ για μήκος 5μ → μήκος εμποδίου 5μ)

Πίνακας 6: Απαιτούμενα μήκη L₂ έναντι ολίσθησης και διέλευσης πίσω από το ΣΑΟ

Κριτήριο	Είδος οδού	Τοποθέτηση του στηθαίου ασφαλείας (Σ.Α.)		
		παράλληλα στην οδό	πλευρικά υπό γωνία 1:20	αποκλείεται η διέλευση πίσω από το Σ.Α.
Ολίσθηση επί του στηθαίου με εμπόδιο σε απόσταση $\leq 1,5\text{m}$ από το μέτωπο του στηθαίου	Οδός με ενιαίο οδόστρωμα	100m	-	-
	Οδός με διαχωρισμένο οδόστρωμα	140m	-	-
Διέλευση πίσω από το στηθαίο ασφαλείας όταν υπάρχει ολίσθηση πάνω σε αυτό	Οδός με ενιαίο οδόστρωμα	80m	60m	40m
	Οδός με διαχωρισμένο οδόστρωμα	100m	60m	40m

Απαιτούμενο L₂ = 100m

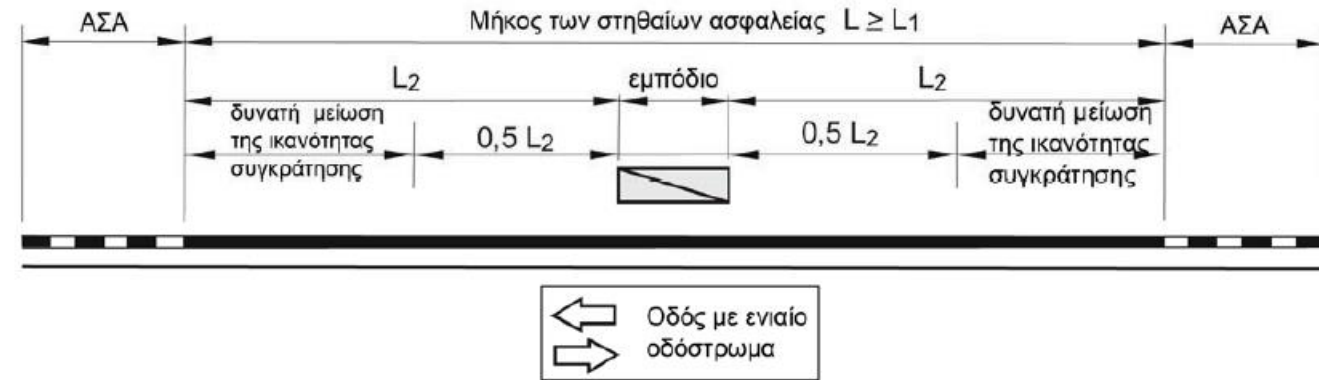
Μήκος παράλληλης εφαρμογής με δυνατότητα μείωσης της ικανότητας συγκράτησης κατά μία κατηγορία

- Απαιτούμενα μήκη L_1 (m) ως εξής:

Ικανότητα συγκράτησης	N1	N2	H1	H2	H3	H4b
Απαιτούμενο μήκος (m)	54	56	58	60	62	64

Εάν υπάρξει απομείωση σε κατηγορία από H2 σε H1....

- Απαιτείται συναρμογή (δύο συναρμογές των 8μ)
- Μήκος διατήρησης της κατηγορίας H2:
 $5 + 2 * 0.5 * 100 = 105\mu > \min L_1(H_2) = 60\mu$
- Ελάχιστο απαιτούμενο μήκος ΣΑ για την κατηγορία H1: 58μ



α: Μήκη των στηθαίων ασφαλείας σε οδούς με ενιαίο οδόστρωμα

$$\text{Μήκος εφαρμογής: } 12 + 58 + 8 + 50 + 5 + 50 + 8 + 58 + 12 = 237 + 24 = 261\mu$$