

## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΧΑΙΤΙΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ-ΣΤΗΘΑΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

### 1.1 Εισαγωγή - Πεδίο εφαρμογής

Τα συστήματα αναχαίτισης οχημάτων, ή συστήματα παθητικής ασφάλειας οδών, έχουν σκοπό τη συγκράτηση κάθε οχήματος που παρεκκλίνει από την κανονική του πορεία και κινδυνεύει είτε να περάσει έξω από το κατάστρωμα της οδού, είτε να βρεθεί στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, σε διαχωρισμένες οδούς. Κύριος εκπρόσωπος των εν λόγω συστημάτων είναι τα γνωστά στηθαία. Τα στηθαία είναι επιμήκεις διατάξεις που τοποθετούνται στις οριογραμμές του οδοστρώματος ή του ενδιαμέσου χώρου, και σκοπό έχουν να αποτρέψουν την έξοδο του οχήματος, υποχρεώνοντάς το να κινηθεί κατά μήκος του μετά από τη σύγκρουση. Στο παρόν Κεφάλαιο οι περισσότερες αναφορές αφορούν στα στηθαία.

Ουσιαστικά, τα εν λόγω συστήματα έχουν λόγο ύπαρξης μόνο σε περιπτώσεις όπου η ενδεχόμενη έξοδος ενός οχήματος γίνεται σε κάποιο επικίνδυνο σημείο. Τέτοια σημεία είναι, γενικά, ακλόνητα αντικείμενα κοντά στην οριογραμμή του οδοστρώματος, όπως στύλοι ηλεκτροφωτισμού, πινακίδες και γέφυρες σήμανσης, στύλοι δικτύων κοινής ωφέλειας ή φράκτες (όπου μία σύγκρουση του οχήματος με αυτά θα είχε δυσάρεστες συνέπειες), επιχώματα με απότομες κλίσεις (όπου υπάρχει κίνδυνος ανατροπής ή απότομης πτώσης του οχήματος), σημεία παραπλεύρως υδάτινων οδών ή χαραδρών, υψηλά επιχώματα και γέφυρες. Επίσης, τοποθετούνται σε περιπτώσεις όπου επιδιώκεται η προστασία πεζών, ιδίως σε σημεία με αυξημένο ιστορικό εξόδων οχημάτων. Τέλος, δεδομένων των δυσμενών συνθηκών σύγκρουσης αντιθέτως κινούμενων οχημάτων, είναι φανερό ότι η τοποθέτηση στηθαίων σε αυτοκινητοδρόμους με σχετικά μικρό πλάτος ενδιαμέσου χώρου, είναι εκ των ων ουκ άνευ.

Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα ότι η εφαρμογή των στηθαίων πρέπει να γίνεται με σύνεση. Το ίδιο το στηθαίο αποτελεί κι αυτό ένα αντικείμενο το οποίο προκαλεί ζημία στο προσκρούον όχημα. Βασικό κριτήριο για την τοποθέτησή του είναι το ότι η ζημία που αναμένεται να προκληθεί στο όχημα κατά την έξοδό του θα πρέπει να είναι σοβαρότερη από την αντίστοιχη κατά την πρόσκρουση στο στηθαίο. Έτσι, προστασία με στηθαία δεν ενδείκνυται π.χ. σε επιχώματα με κλίση 1:3 ή ηπιότερη [1], καθώς ο οδηγός είναι σε θέση να ανακτήσει τον έλεγχο του οχήματος επάνω τους, και με την προϋπόθεση πως δεν υπάρχει περαιτέρω κίνδυνος από αντικείμενα ή λόγω έντονης τραχύτητας του εδάφους.

Εν γένει, με βάση τα παραπάνω, σε μία νέα οδό τα σημεία όπου θα χρειαστεί η κατασκευή στηθαίων φαίνονται στα σχέδια της μελέτης, μία επιτόπια έρευνα, όμως, θα καθορίσει καλύτερα τις θέσεις όπου αυτά απαιτούνται. Η κατασκευή των στηθαίων θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί πριν από την παράδοση της οδού σε κυκλοφορία.

Σήμερα έχουν επινοηθεί διάφοροι τύποι συστημάτων αναχαίτισης, που περιλαμβάνουν εύκαμπτες, ημιάκαμπτες και άκαμπτες διατάξεις. Τα εύκαμπτα συστήματα έχουν βασικό σκοπό να απορροφήσουν την ενέργεια της σύγκρουσης

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

Στην Ελλάδα οι πιο συνηθείς νέοι τύποι συστημάτων είναι τα χαλύβδινα, καθώς και τα από σκυρόδεμα (New Jersey), στήθαια. Άλλα είδη είναι τα μεταλλικά θωράκια, τα πλαστικά στήθαια, καθώς και συστήματα απορρόφησης ενέργειας.

## 1.2 Βασικές αρχές σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός και η τοποθέτηση των συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων οφείλουν να ικανοποιούν μία σειρά από βασικές απαιτήσεις, προκειμένου αυτά να εκπληρώσουν το σκοπό τους. Συνοπτικά, οι απαιτήσεις αυτές έχουν ως εξής [1], [4]:

- Τα στήθαια πρέπει να είναι σε θέση να συγκρατούν όλα τα οχήματα, ανεξάρτητα από το βάρος, την ταχύτητα και τη γωνία πρόσκρουσης. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει κατά την πρόσκρουση σε στήθαιο το όχημα να ακινητοποιείται απότομα, ούτε να επαναφέρεται ανεξέλεγκτα στο οδόστρωμα. Μετά την πρόσκρουση, το όχημα πρέπει να κινείται σε μία προκαθορισμένα στενή λωρίδα κατά μήκος του συστήματος.
- Κατά την πρόσκρουση, τα συστήματα αναχαίτισης πρέπει να εξασφαλίζουν στους επιβάτες μία ανεκτή καταπόνηση εξαιτίας της βίαιης επιβράδυνσης του οχήματος.
- Οι υλικές ζημιές που προκαλούνται από την πρόσκρουση πρέπει να είναι κατά το δυνατόν περιορισμένες τόσο για το όχημα, όσο και για το σύστημα αναχαίτισης. Εξαιτίας της πρόσκρουσης επιτρέπονται μόνο μικρές παραμορφώσεις στην καμπίνα επιβατών του οχήματος. Επίσης, δεν επιτρέπονται θραύσεις ή αποσπάσεις βασικών στοιχείων του συστήματος αναχαίτισης.
- Τα στήθαια πρέπει να τοποθετούνται εν γένει όσο το δυνατόν πιο μακριά από το οδόστρωμα, ώστε να δίνεται στον οδηγό μέχρι την τελευταία στιγμή δυνατότητα να συγκρατήσει το όχημα, αποφεύγοντας την πρόσκρουση.
- Η ελάχιστη απόσταση από την οριογραμμή του οδοστρώματος πρέπει να είναι τόση, ώστε ο οδηγός να μην απομακρύνεται ασυναίσθητα από αυτήν, ούτε να ελαττώνει την ταχύτητα του οχήματος.
- Σε περίπτωση που εφαρμόζεται στήθαιο με ορθοστάτες επάνω σε επίχωμα, οι εν λόγω ορθοστάτες πρέπει να τοποθετούνται τουλάχιστον 0,6 m από το φρύδι του πρανούς, για λόγους σταθερότητας.
- Εύκαμπτα στήθαια, όπως τα συνηθή μεταλλικά, κατά τη σύγκρουση παρουσιάζουν βέλη παραμόρφωσης τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον καθορισμό της απόστασης μεταξύ στήθαιου και επικίνδυνου αντικειμένου.

Σημειώνεται ότι προτού προωθηθεί στο εμπόριο κάποιος τύπος στήθαιου, πρέπει να προηγηθούν έλεγχοι και πραγματικής κλίμακας δοκιμές σύγκρουσης. Πολλοί φορείς του εξωτερικού έχουν αναπτύξει προτεινόμενες διαδικασίες σχετικά

με τους εν λόγω ελέγχους, όπου παράγοντες που υπεισέρχονται είναι ο τύπος και η μάζα του συγκρουόμενου οχήματος, η γωνία πρόσκρουσης, η ταχύτητα κ.ά.

### 1.3 Τοποθέτηση στηθαιών

Τα συστήματα αναχαίτισης οχημάτων δεν προλαμβάνουν τα τροχαία ατυχήματα, αλλά ελαττώνουν τις συνέπειές τους. Κατά συνέπεια, οι θέσεις όπου επιβάλλεται η τοποθέτησή τους προκύπτουν από τη συχνότητα ή την πιθανότητα πρόκλησης ατυχημάτων εξαιτίας εκτροπής οχημάτων.

Για την αναγκαιότητα τοποθέτησης ενός στηθαίου μεγάλη σημασία έχει η απόσταση μεταξύ της οριογραμμής του οδοστρώματος και του επικίνδυνου σημείου. Οι γερμανικές τεχνικές προδιαγραφές διαφοροποιούν την εν λόγω απόσταση για δύο περιπτώσεις:

- A1: ελάχιστη απαιτούμενη απόσταση σε περίπτωση κινδύνου τρίτων, ή ιδιαίτερα δυσμενών συνεπειών τροχαίου ατυχήματος εξαιτίας παρέκκλισης οχήματος από το οδόστρωμα (π.χ. πτώση σε βαθιά νερά)
- A2: ελάχιστη απαιτούμενη απόσταση σε περίπτωση πτώσης ή πρόσκρουσης σε επικίνδυνα εμπόδια

Οι τιμές των απαιτούμενων αποστάσεων A1 και A2 δίνονται στον **Πίνακα 1.1** και εξαρτώνται από το είδος και τη χάραξη της οδού, καθώς επίσης και από την κλίση των πρανών στη συγκεκριμένη θέση της οδού.

**Πίνακας 1.1:** Ελάχιστη απαιτούμενη ελεύθερη απόσταση μεταξύ ορίου οδοστρώματος και επικίνδυνου σημείου [6].

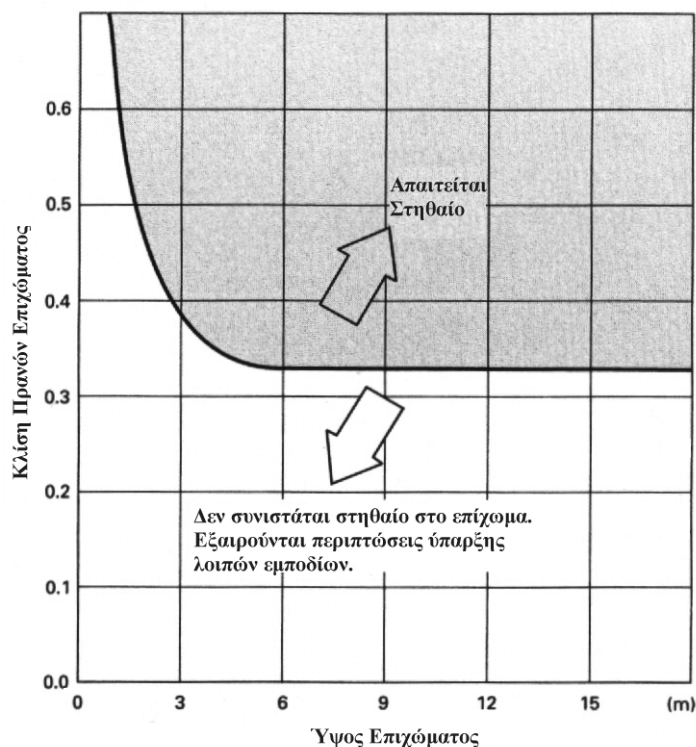
<b>ΟΛΟΙ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ</b>			
<b>ΧΑΡΑΞΗ ΟΔΟΥ</b>	<b>ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ</b>	<b>ΑΠΟΣΤΑΣΗ A1 (m)</b>	<b>ΑΠΟΣΤΑΣΗ A2 (m)</b>
ευθεία ή εξωτερική καμπύλη με R>500 m ή εσωτερική καμπύλη	όρυγμα ή επίχωμα με κλίση <1:8	7,50	4,50
	επίχωμα με κλίση από 1:8 μέχρι 1:5	9,00	6,00
	επίχωμα με κλίση >1:5	12,00	8,00
εξωτερική καμπύλη με R<500 m	όρυγμα ή επίχωμα με κλίση <1:8	12,00	10,00
	επίχωμα με κλίση από 1:8 μέχρι 1:5	14,00	12,00
	επίχωμα με κλίση >1:5	16,00	14,00
<b>ΟΛΟΙ ΜΕ ΔΥΟ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΥΣ ΚΛΑΔΟΥΣ</b>			
<b>ΧΑΡΑΞΗ ΟΔΟΥ</b>	<b>ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ</b>	<b>ΑΠΟΣΤΑΣΗ A1 (m)</b>	<b>ΑΠΟΣΤΑΣΗ A2 (m)</b>
ευθεία ή εξωτερική καμπύλη με R>1500 m ή εσωτερική καμπύλη	όρυγμα ή επίχωμα με κλίση <1:8	10,00	6,00
	επίχωμα με κλίση από 1:8 μέχρι 1:5	12,00	8,00
	επίχωμα με κλίση >1:5	14,00	10,00
εξωτερική καμπύλη με R<1500 m	όρυγμα ή επίχωμα με κλίση <1:8	12,00	10,00
	επίχωμα με κλίση από 1:8 μέχρι 1:5	14,00	12,00
	επίχωμα με κλίση >1:5	16,00	14,00

Με βάση τις τιμές των ελάχιστων απαιτούμενων αποστάσεων A1 και A2 παρουσιάζονται στον **Πίνακα 1.2** συνοπτικά τα κριτήρια επιλογής τμημάτων οδών, όπου επιβάλλεται η τοποθέτηση συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων, σε συνάρτηση με το είδος του κινδύνου ή του παρόδιου επικίνδυνου εμποδίου, σύμφωνα πάντα με τις γερμανικές τεχνικές οδηγίες.

**Πίνακας 1.2:** Κριτήρια επιλογής θέσεων σε οδούς για την τοποθέτηση συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων [6].

ΕΙΔΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ Ή ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΕΜΠΟΔΙΟΥ	ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ			
	ΟΛΟΙ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΤ/ΝΣΗΣ	ΟΛΟΙ ΜΕ ΔΥΟ ΚΛΑΔΟΥΣ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΟΔΟΥ (km/h)	ΚΡΙΣΙΜΗ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ
υδροβιότοποι	κατά κανόνα		-	-
όριο οδοστρώματος σε γέφυρες (εξαιρούνται οχετοί και γέφυρες πολύ μικρού μήκους) και σε τοίχους αντιστήριξης προς την πλευρά γκρεμών	κατά κανόνα		> 50	-
επικίνδυνα για κατάρρευση φέροντα στοιχεία κατασκευών ηχοπετάσματα	κατά κανόνα		> 50	A1
σιδηροδρομικές γραμμές εκτός κατοικημένων περιοχών, σιδηροδρομικές γραμμές εντός κατοικημένων περιοχών (γραμμές με περισσότερους από 30 συρμούς/24h και μέσα σταθερής τροχιάς με ταχύτητα >80 km/h)	κατά κανόνα		> 60	A1
διαχωριστικές νησίδες	κατά κανόνα		> 70	-
άλλες οδοί ή επιφάνειες κυκλοφορίας (παράλληλες οδοί, πρατήρια καυσίμων, χώροι στάθμευσης και ανάπαυσης κλπ.), περιοχές παραμονής ανθρώπων (π.χ. στάσεις, σχολεία), λοιπές προστατευόμενες περιοχές	κατά κανόνα		> 70	A1
θάλασσες, λίμνες ή ποταμοί με μέση στάθμη >1m ή με επικίνδυνη διαμόρφωση (π.χ. ανοιχτοί αγωγοί ή όχθες με απότομες κλίσεις, χείμαρροι)	ανάλογα με τις συνθήκες τροχιαίων ατυχημάτων ή την πιθανότητα παρέκκλισης οχημάτων	κατά κανόνα	> 70	A1
δέντρα, ιστοί, τηλέφωνα οδικής βοήθειας		κατά κανόνα	> 70	A2
στύλοι στήριξης πινακίδων σήμανσης βαριάς κατασκευής (π.χ. από πρότυπες διατομές ή από σωλήνες με εξωτερική διάμετρο >76mm και πάχος >2,9mm, πλαισιακές κατασκευές)		κατά κανόνα	> 70	A2
τοίχοι, κτίσματα, πασσαλοδιαφράγματα		κατά κανόνα	> 70	A2
απότομα πρανή γκρεμών με κλίση >1:3 και ύψος από τη βάση >3m		κατά κανόνα	> 70	A2
ανερχόμενα απότομα πρανή με κλίση >1:3, εφόσον η βάση του πρανού δεν είναι επαρκώς στρωγγυλεμένη ή ανερχόμενα βραχώδη πρανή	κατά κανόνα	> 70	A2	

Εκτός από τις γερμανικές τεχνικές οδηγίες, υποδείξεις σχετικά με την τοποθέτηση στηθαίων δίνουν και οι αμερικανικές προδιαγραφές. Σε περιπτώσεις οδού σε επίχωμα, η απόφαση εφαρμογής στηθαίου εξαρτάται από την κλίση των πρανών και από το ύψος του επιχώματος, όπως φαίνεται στο **Διάγραμμα 1.1**. Στο εν



**Διάγραμμα 1.1:** Απόφαση τοποθέτησης στηθαίου σε επίχωμα κατά AASHTO [1]

λόγω διάγραμμα φαίνεται ότι δεν συνιστάται η κατασκευή στηθαίου σε επίχωμα με κλίση πρανών 1:3 ή ηπιότερη. Σε αυτήν την περίπτωση μία ενδεχόμενη έξοδος του οχήματος από το κατάστρωμα κυκλοφορίας δεν θα είχε και τόσο δυσμενείς συνέπειες. Βεβαίως, αυτό δεν ισχύει σε περίπτωση που παραπλεύρως της οδού υπάρχουν επικίνδυνα εμπόδια.

Στις αμερικανικές προδιαγραφές δίνεται, επίσης, και η **ελάχιστη απόσταση** που πρέπει να υπάρχει **μεταξύ οριογραμμής λωρίδας κυκλοφορίας και στηθαίου**. Η απόσταση αυτή δίνεται συναρτήσει της ταχύτητας μελέτης στον **Πίνακα 1.3**. Ο λόγος ύπαρξης της εν λόγω απόστασης είναι το ότι ο οδηγός τείνει ασυναίσθητα να απομακρύνεται από το άκρο της οδού εάν το στηθαίο είναι πολύ κοντά του, καθώς και ο περιορισμός της πιθανότητας πτώσης επάνω στο ίδιο το στηθαίο.

**Πίνακας 1.3:** Συνιστώμενη ελάχιστη απόσταση μεταξύ δεξιάς οριογραμμής λωρίδας κυκλοφορίας και στηθαίου, κατά AASHTO [1].

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΟΔΟΥ km/h (mph)	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗΣ- ΣΤΗΘΑΙΟΥ m (ft)
129 (80)	3,7 (12,0)
112 (70)	3,0 (10,0)
96 (60)	2,4 (8,0)
80 (50)	2,0 (6,5)
64 (40)	1,5 (5,0)
48 (30)	1,1 (3,5)

Τέλος, ένα σημείο στο οποίο πρέπει να δοθεί η δέουσα προσοχή είναι τα άκρα των στηθαίων, καθώς και οι μεταβάσεις μεταξύ διαφορετικής ακαμψίας συστημάτων αναχαίτισης. Ένα εκτεθειμένο ακραίο τμήμα ενός στηθαίου είναι εξαιρετικά επικίνδυνο, καθώς σε μία ενδεχόμενη σύγκρουση με αυτό ενός οχήματος, η αιχμή του είναι δυνατόν να διεμβολίσει το όχημα και να απειλήσει άμεσα τη σωματική ακεραιότητα των επιβατών. Για το λόγο αυτό, τα ακραία τμήματα των μεταλλικών στηθαίων είτε βυθίζονται στο έδαφος, με χρήση ενός κεκλιμένου τμήματος, είτε απομακρύνονται από το οδόστρωμα, είτε εφοδιάζονται με διατάξεις απορρόφησης ενέργειας. Παρόμοιες διατάξεις εφαρμόζονται και στα άκρα των άκαμπτων συστημάτων. Όσον αφορά στις μεταβάσεις μεταξύ συστημάτων διαφορετικής ακαμψίας, χρειάζεται προσεκτικός σχεδιασμός, ώστε τα προσκρούοντα οχήματα να καθοδηγούνται και επαναφέρονται βαθμιαία από δύο συστήματα διαφορετικής δυναμικής λειτουργίας. Το κυριότερο πρόβλημα εντοπίζεται στη μετάβαση από μεταλλικά στηθαία σε στηθαία από σκυρόδεμα, όπου το όχημα μπορεί να συγκρουστεί στην αιχμή του ακλόνητου τοίχου επειδή το μεταλλικό στηθαίο υποχώρησε καμπτόμενο. Στις επόμενες παραγράφους θα παρουσιαστούν συνοπτικά διατάξεις και μέσα για την αντιμετώπιση των δύο αυτών προβλημάτων. Για την αναλυτικότερή του ενημέρωση σχετικά με τα άκρα και τις μεταβάσεις των συστημάτων αναχαίτισης, ο αναγνώστης παραπέμπεται στο εγχειρίδιο *Roadside Design Guide, Copyright 1989 AASHTO, Washington DC*.

#### 1.4 Τύποι συστημάτων αναχαίτισης

Όπως συνοπτικά αναφέρθηκε και στην Εισαγωγή, σήμερα έχουν αναπτυχθεί και εφαρμόζονται διάφοροι τύποι συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων σε οδούς, με σκοπό να συγκρατούνται και να επαναφέρονται στο οδόστρωμα οχήματα διαφόρων μεγεθών και βάρους, καθώς επίσης για διάφορες συνθήκες πρόσκρουσης, δηλαδή γωνία και ταχύτητα πρόσπτωσης. Οι περισσότερο διαδεδομένοι τύποι συστημάτων αναχαίτισης είναι οι εξής [4]:

- **Μεταλλικά Στηθαία Ασφαλείας**
  - Απλά μονόπλευρα, απλά αμφίπλευρα
  - Ενισχυμένα μονόπλευρα, ενισχυμένα αμφίπλευρα
  - Ειδικά στηθαία γεφυρών
- **Στηθαία Ασφαλείας Σκυροδέματος**
  - Μονόπλευρη διατομή New Jersey
  - Αμφίπλευρη διατομή New Jersey
- **Μεταλλικά Θωράκια Ασφαλείας**
  - Ολόσωμα θωράκια
  - Κινητά στηθαία με βάση-θωράκιο
- **Πλαστικά Στηθαία**
- **Απορροφητές Κινητικής Ενέργειας**
  - Συστήματα αδράνειας
  - Συστήματα παραμόρφωσης

Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι τύποι στηθαίων, είτε για το άκρο του οδοστρώματος, είτε για τις διαχωριστικές νησίδες, είναι τα μεταλλικά στηθαία και τα στηθαία από σκυρόδεμα. Οι υπόλοιποι τύποι συστημάτων αναχαίτισης χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, όπως θα αναπτυχθεί στις επόμενες παραγράφους.

## 1.5 Μεταλλικά στηθαία ασφαλείας

Τα μεταλλικά στηθαία ασφαλείας οδών αποτελούν από τα μέσα της δεκαετίας του '50 το πιο διαδεδομένο σύστημα αναχαίτισης οχημάτων. Τοποθετούνται κατά μήκος της οδού και κατά την πρόσκρουση του οχήματος λειτουργούν σαν ελκυστήρας, για να επαναφέρουν ομαλά το όχημα στο οδόστρωμα. Βασικά στοιχεία των μεταλλικών στηθαίων αποτελούν:

-Η αυλακωτή λεπίδα, η οποία παραλαμβάνει αρχικά την καταπόνηση εξαιτίας της πρόσκρουσης και τη μεταβιβάζει στους ορθοστάτες.

-Οι ορθοστάτες, οι οποίοι μεταφέρουν τελικά την καταπόνηση εξαιτίας της πρόσκρουσης στο έδαφος. Η μεταξύ των ορθοστατών απόσταση ανέρχεται σε 4,0 m κατά κανόνα, συχνά όμως διατάσσονται σε μικρότερες αποστάσεις (2,0 ή 1,33 m), ώστε σε περίπτωση πρόσκρουσης να περιορίζεται το βέλος της παραμόρφωσης.

-Οι αποστάτες, που είναι πρόσθετα τεμάχια μικρού μήκους που μερικές φορές τοποθετούνται μεταξύ του ορθοστάτη και της αυλακωτής λεπίδας.

Τα μεταλλικά στηθαία που χρησιμοποιούνται σήμερα διακρίνονται σε τέσσερις τύπους, που φαίνονται στην **Εικόνα 1.1**:

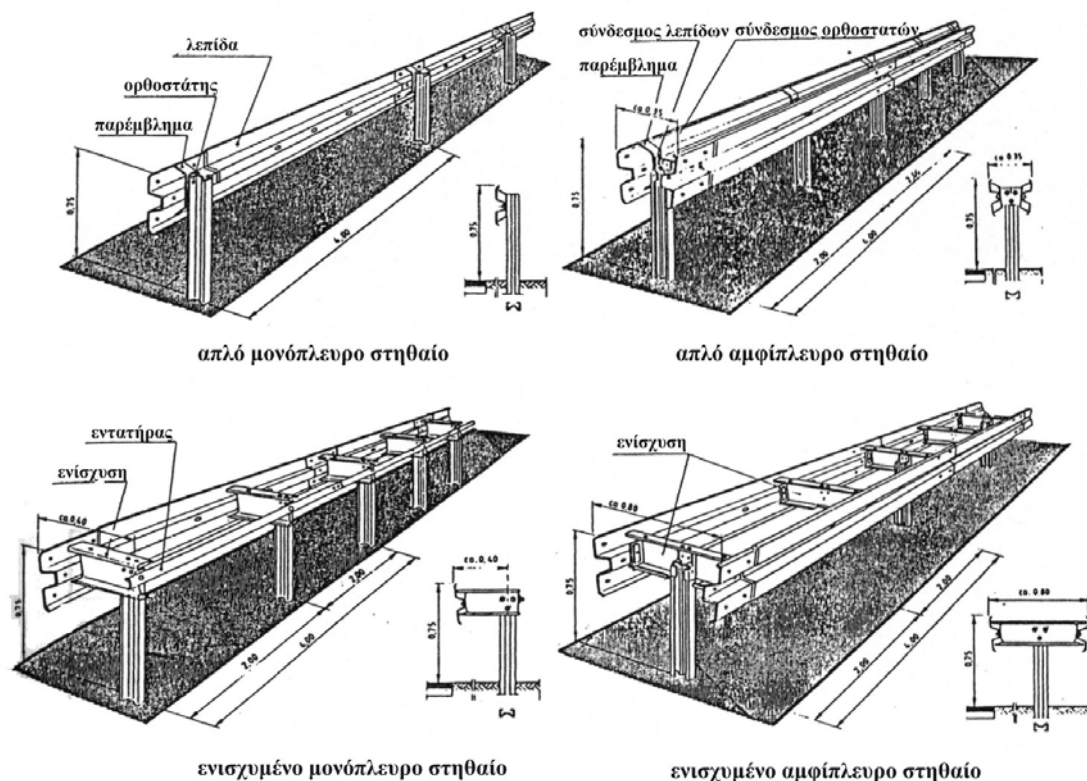
- **Απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία:** Αποτελούν τη βασική λύση για την προστασία του δεξιού άκρου της οδού.
- **Απλά αμφίπλευρα μεταλλικά στηθαία:** Τοποθετούνται σε διαχωριστικές νησίδες μικρού πλάτους (μικρότερο από 1,80 m), όπου δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση ενισχυμένων αμφίπλευρων μεταλλικών στηθαίων.
- **Ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία:** Εφαρμόζονται για την προστασία των ορίων της οδού, εφόσον επιβάλλεται οπωσδήποτε η συγκράτηση οχημάτων για δυσμενείς συνθήκες πρόσκρουσης (ιδιαίτερα υψηλή ταχύτητα, μεγάλη μάζα οχήματος, σχετικά μεγάλη γωνία πρόσκρουσης).
- **Ενισχυμένα αμφίπλευρα μεταλλικά στηθαία:** Τοποθετούνται σε διαχωριστικές νησίδες με επαρκές πλάτος (μεγαλύτερο από 1,80 m).

Όλοι οι τύποι των μεταλλικών στηθαίων έχουν συνολικό ύψος 0,75 m επάνω από το έδαφος.

Εκτεταμένες πειραματικές δοκιμές [4] απέδειξαν ότι τα **απλά μεταλλικά στηθαία** ανταπεξέρχονται με επιτυχία σε προσκρούσεις επιβατικών οχημάτων, καθώς και φορτηγών με γωνία μέχρι 12°, ενώ αντίθετα τα **ενισχυμένα μεταλλικά στηθαία** αντιμετωπίζουν με μεγάλη αποτελεσματικότητα προσκρούσεις και των πλέον βαρέων φορτηγών με γωνία μέχρι 15°.

Για την επιλογή του κατάλληλου μεταλλικού στηθαίου ανάλογα με την περίπτωση, ο αναγνώστης παραπέμπεται στην **Παράγραφο 1.11**.

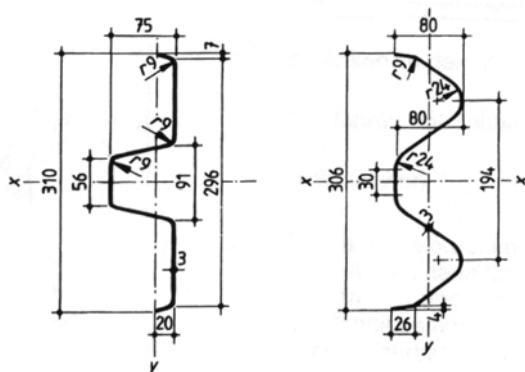
Οι αυλακωτές λεπίδες των στηθαίων κατασκευάζονται σε δύο διαφορετικά προφίλ, που φαίνονται στην **Εικόνα 1.2**. Σε διάφορες χώρες του εξωτερικού, στη θέση της αυλακωτής λεπίδας μπορεί να τοποθετούνται κοιλοδοκοί ορθογωνικής



Εικόνα 1.1: Τύποι μεταλλικών στηθαίων ασφαλείας οδών [4].

διατομής ή καλώδια τάνυσης. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, το χαρακτηριστικό της εν λόγω διαμήκου διάταξης είναι η σχετικά αυξημένη παραμορφωσιμότητα.

Όσον αφορά στους ορθοστάτες, μπορεί να χρησιμοποιούνται στοιχεία από ξύλο ή σκυρόδεμα, κατά κανόνα, όμως, εφαρμόζονται συνήθη μεταλλικά προφίλ τύπου U, IPE ή Σ. Οι ελληνικοί κανονισμοί επιτρέπουν διατομές U120 και IPE120~140, ενώ από τη διεθνή εμπειρία έχει αποδειχθεί η αποτελεσματικότητα των διατομών IPE100 και Σ100 [4], που είναι λιγότερο άκαμπτες και επιτρέπουν μεγαλύτερη παραμορφωσιμότητα στο σύστημα. Ουσιαστικά, η συμπεριφορά του όλου συστήματος του στηθαίου εξαρτάται από τη διατομή της αυλακωτής λεπίδας και από τη διατομή και την απόσταση μεταξύ των ορθοστατών. Κατά συνέπεια, για



Εικόνα 1.2: Χρησιμοποιούμενες διατομές αυλακωτής λεπίδας [2].

δεδομένο τύπο στηθαίου (απλό ή ενισχυμένο, μονόπλευρο ή αμφίπλευρο) και αυλακωτής λεπίδας, τον καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν οι ορθοστάτες. Συνιστάται εν γένει η άκαμψία να μην ρυθμίζεται με χρήση μεγαλύτερων διατομών,

αλλά με μείωση των αποστάσεων μεταξύ των ορθοστατών (ή, φυσικά, με εφαρμογή ενισχυμένου στηθαίου). Υπενθυμίζεται ότι οι ορθοστάτες μπορεί να απέχουν μεταξύ τους 4,0 m, 2,0 m ή 1,33 m. Επίσης, συνιστάται το βάθος έμπηξης να είναι 1,20 m, όπως προβλέπεται από τους γερμανικούς κανονισμούς, και όχι 0,75 m κατά τους αντίστοιχους ελληνικούς, καθώς υπάρχει κίνδυνος αποξήλωσης.

Τέλος, στις περισσότερες περιπτώσεις, μεταξύ ορθοστάτη και λεπίδας παρεμβάλλεται και ένας βραχύς αποστάτης, συνήθως διατομής U65 ή U80.

Ένα πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί κατά την τοποθέτηση ενός μεταλλικού στηθαίου, όπως προαναφέρθηκε και στην Παράγραφο 1.4, είναι η μεταχείριση των άκρων της λεπίδας, τα οποία μπορεί να αποβούν εξαιρετικά επικίνδυνα για τα προσκρούοντα οχήματα. Ενδεικνυόμενοι τρόποι αντιμετώπισης είναι είτε η προσαρμογή συστημάτων απορρόφησης ενέργειας (βλ. επόμενες Παραγράφους), είτε η απομάκρυνση των άκρων του στηθαίου από το οδόστρωμα, είτε, στις περισσότερες περιπτώσεις, το χαμήλωμα του στηθαίου στο έδαφος. Ειδικότερα, στο σημείο όπου παύει συμβατικά η ανάγκη ύπαρξης του στηθαίου, η λεπίδα συνεχίζεται καμπτόμενη για μήκος 12 m, μέχρι την (κατά προτίμηση) έμπηξή της στο έδαφος, έτσι ώστε να μην προεξέχει περισσότερο από 5 cm από αυτό. Στο μήκος των 12 m οι ορθοστάτες τοποθετούνται σε βαθμιαία μειούμενες αποστάσεις. Ειδικότερα, διαμορφώνεται ένα ανοίγμα των 4 m, δύο ανοίγματα των 2 m, και τρία ανοίγματα των 1,33 m [5]. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις το μήκος βύθισης μπορεί να περιοριστεί σε 4,37 m.

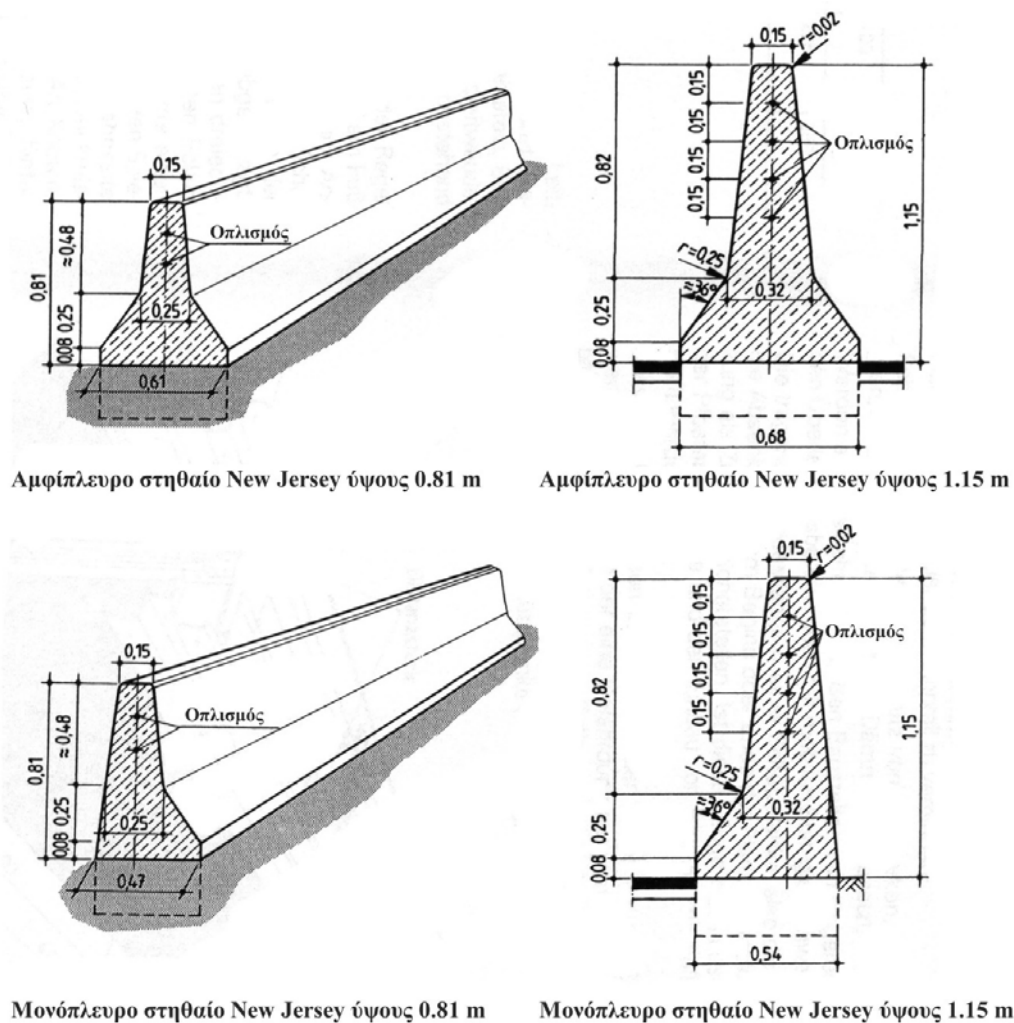
Επίσης, ειδικής αντιμετώπισης χρίζουν και τα τμήματα μετάβασης από μεταλλικά στηθαία σε άκαμπτα συστήματα, όπως τα στηθαία από σκυρόδεμα, για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην Παράγραφο 1.3. Το πέρας του στηθαίου σκυροδέματος συνδέεται με ένα τεμάχιο προσαρμογής από σκυρόδεμα συνδυασμένο με μεταλλικό στηθαίο, ώστε να επιτυγχάνεται η ήπια καθοδήγηση και επαναφορά των προσκρούοντων οχημάτων. Στο τεμάχιο αυτό δίνεται προσοχή στην κοιλίωση της λεπίδας επάνω στο μπλοκ σκυροδέματος, ώστε να επιτευχθούν συνθήκες πάκτωσής της και αποφυγής στροφών της, που αυξάνουν το βέλος παραμόρφωσης αμέσως πριν από το στηθαίο σκυροδέματος, ενώ στο τελευταίο τμήμα του καθαρού μεταλλικού στηθαίου οι ορθοστάτες τοποθετούνται σε πυκνές αποστάσεις. Το συνολικό μήκος προσαρμογής ανέρχεται σε 24 m [1],[5].



**Εικόνα 1.3:** Ενισχυμένο αμφίπλευρο στηθαίο σε ενδιάμεσο χώρο αυτοκινητοδρόμου.

## 1.6 Στηθαία ασφαλείας από σκυρόδεμα

Τα στηθαία ασφαλείας από σκυρόδεμα κατασκευάζονται με ειδική διατομή, η οποία χαρακτηρίζεται ως διατομή New Jersey και η οποία δίνεται στην **Εικόνα 1.4**. Το ύψος των εν λόγω στηθαίων είναι είτε 0,81 m, είτε 1,15 m, για μεγαλύτερη ασφάλεια σε περίπτωση πρόσκρουσης βαρέων οχημάτων, ενώ μορφώνονται σε δύο είδη διατομής, **μονόπλευρη και αμφίπλευρη**, αναλόγως του αν υπάρχει κυκλοφορία ή όχι και στις δύο πλευρές.



**Εικόνα 1.4:** Μονόπλευρη και αμφίπλευρη διατομή New Jersey [2].

Τα εν λόγω στηθαία κατασκευάζονται από ελαφρά οπλισμένο σκυρόδεμα υψηλής αντοχής, είτε επί τόπου, με χρήση ολισθαινόντων ξυλοτύπων, είτε με τη μέθοδο της προκατασκευής. Στη δεύτερη περίπτωση τα μεμονωμένα στοιχεία έχουν περιορισμένο μήκος, ώστε να είναι δυνατή η διαμόρφωση του στηθαίου σε καμπύλη, και επαρκή οπλισμό, για την παραλαβή των καταπονήσεων εξαιτίας ανύψωσης κατά τη μεταφορά και τοποθέτηση.

Βασικό χαρακτηριστικό των στηθαίων ασφαλείας από σκυρόδεμα είναι η πολύ μεγάλη δυσκαμψία, αλλά και αντοχή τους, που τα κάνει κατάλληλα σε περιπτώσεις που απαιτείται τα οχήματα να μην το διαπεράσουν. Αντιμετωπίζουν με μεγάλη αποτελεσματικότητα, και χωρίς παραμόρφωση, προσκρούσεις επιβατικών οχημάτων με ταχύτητα μέχρι 100 km/h και για γωνίες μέχρι 20°. Κίνδυνος ανατροπής

επιβατικού οχήματος υπάρχει σε περίπτωση πρόσπτωσης με γωνία περίπου 25°, όμως το 90% των προσκρούσεων πραγματοποιούνται με γωνία μικρότερη από 15° [4]. Όπως αποδείχθηκε στην πράξη, τα στηθαία ασφαλείας από σκυροδέμα είναι σε θέση να συγκρατήσουν και να επαναφέρουν στο οδόστρωμα και τα πιο βαριά οχήματα, χωρίς να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες. Αντίθετα, η επιβράδυνση των οχημάτων είναι μεγάλη, και κατά συνέπεια ο κίνδυνος τραυματισμού των επιβατών αυξημένος.

Τα στηθαία σκυροδέματος μπορούν να τοποθετηθούν είτε σε ενδιάμεσους χώρους διαχωριστικών νησίδων, είτε παραπλεύρως της οριογραμμής του οδοστρώματος.

- **Στηθαία σκυροδέματος σε διαχωριστική νησίδα οδού:** Τοποθετούνται σε οδούς με δύο ανεξάρτητους κλάδους κυκλοφορίας, με διαχωριστική νησίδα μικρού πλάτους (μικρότερο από 1,80 m), όπου δεν υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης ενισχυμένων αμφίπλευρων μεταλλικών στηθαίων. Επίσης, σε οδούς με δύο ανεξάρτητους κλάδους κυκλοφορίας και υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο (μεγαλύτερο από 30.000 οχ / 24h), επειδή η επισκευή των μεταλλικών στηθαίων απαιτεί πρόσθετα μέτρα ασφαλείας και προκαλεί κυκλοφοριακά προβλήματα, ή, τέλος, σε οδούς διπλής κατεύθυνσης με δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, για να διαχωριστούν τα ρεύματα κυκλοφορίας. Αναλόγως του διαθέσιμου πλάτους της νησίδας, μπορεί να κατασκευαστεί είτε ένα αμφίπλευρο στηθαίο, είτε δύο μονόπλευρα.
- **Στηθαία σκυροδέματος στο δεξιό άκρο της οδού:** Τοποθετούνται σε περιοχές οδών όπου πιθανή παρέκκλιση οχήματος προκαλεί εξαιρετικά μεγάλους κινδύνους για τρίτους (π.χ. σε υδροβιότοπους, χημικές εγκαταστάσεις, οικισμούς ή άλλες οδούς με πυκνή κυκλοφορία) ή σε ιδιαίτερα επικίνδυνες θέσεις (π.χ. γκρεμοί δίπλα στο οδόστρωμα, σε ορεινές οδούς, σε οδούς δίπλα σε θάλασσες, ποταμούς ή λίμνες) ή δίπλα σε ηχοπετάσματα.

Σημειώνεται ότι και σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει το πρόβλημα του άκρου του στηθαίου. Μία λύση που μπορεί να εφαρμοστεί είναι η εφαρμογή απορροφητών ενέργειας, ενώ απαραίτητη είναι η επαρκής σήμανση του άκρου με τις κατάλληλες προειδοποιητικές πινακίδες. Εξαιρετική προσοχή χρειάζεται στο σημείο έναρξης στηθαίων διαχωριστικών νησίδων, και προπαντός σε περιπτώσεις όπου οδός δύο λωρίδων διαπλατύνεται σε οδό τεσσάρων λωρίδων με παράπλευρη μετατόπιση του ρεύματος που προσεγγίζει τη νησίδα, όπου υπάρχει αυξημένος κίνδυνος πρόσκρουσης στο στηθαίο οχημάτων των οποίων ο οδηγός δεν διέκρινε έγκαιρα τη διαπλάτυνση. Απαιτείται επαρκής σήμανση, κατάλληλη διαγράμμιση αποκλεισμού και καθοδήγησης των λωρίδων, και, ει δυνατόν, φωτισμός του επίμαχου σημείου.

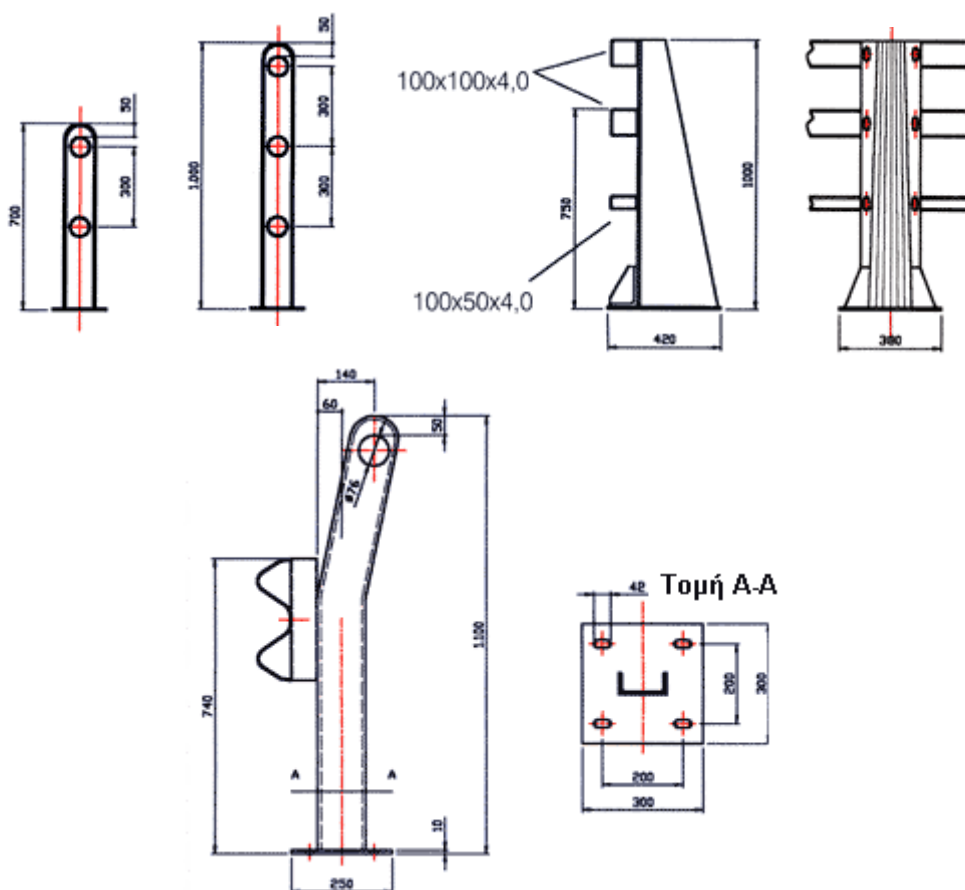
## 1.7 Στηθαία γεφυρών

Όπως πολύ εύκολα μπορεί να διαπιστώσει κανείς, ένας από τους βασικούς λόγους για τους οποίους είναι απαραίτητα τα προστατευτικά στηθαία σε γέφυρες είναι η προστασία των οχημάτων από πτώση<sup>1</sup>. Κατά συνέπεια, το κύριο ζητούμενο από τα εν λόγω συστήματα είναι η υψηλή αντοχή και η μικρή παραμορφωσιμότητα.

<sup>1</sup> Ο άλλος βασικός λόγος έχει να κάνει με την ψυχολογία του οδηγού, ο οποίος, εάν δεν υπάρχουν στηθαία, μπορεί να χάσει το αίσθημα ασφαλείας περνώντας σε μεγάλο ύψος επάνω από το έδαφος, ή αν κάτω από τη γέφυρα διέρχονται την ίδια στιγμή άλλα οχήματα, συρμοί κλπ. [3]

Έτσι, για την ικανοποίηση αυτής της απαίτησης εφαρμόζονται είτε ειδικές άκαμπτες μεταλλικές διατάξεις, είτε διατομές από σκυρόδεμα, όπως η New Jersey που αναπτύχθηκε στη Παράγραφο 1.6. Πρέπει, πάντως, να σημειωθεί ότι τα στηθαία των γεφυρών διαφέρουν από τα συνήθη στο ότι είναι συνδεδεμένα με το φορέα της γέφυρας και στο ότι έχουν και αισθητικές, εκτός των άλλων, απαιτήσεις.

Σήμερα υπάρχουν διάφοροι τύποι μεταλλικών στηθαίων γεφυρών, που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα απαιτήσεων με βάση την ταχύτητα κυκλοφορίας, τον κυκλοφοριακό φόρτο και το ποσοστό των βαρέων οχημάτων. Οι πιο συνήθεις μεταλλικές διατάξεις σε γέφυρες αποτελούνται από δύο ή τρεις οριζόντιες κοιλοδοκούς κυκλικής διατομής, οι οποίες στηρίζονται επάνω σε ορθοστάτες διατομής U που απέχουν 2,0 m μεταξύ τους. Σε άλλες περιπτώσεις οι οριζόντιες δοκοί μπορεί να είναι ορθογωνικής διατομής. Επίσης, είναι δυνατόν στον ίδιο φορέα να στηρίζονται και αυλακωτές λεπίδες, οι οποίες συνεχίζονται επάνω στη γέφυρα και μετά το πέρας του συμβατικού στηθαίου. Και σε αυτήν την περίπτωση, πάντως, εξακολουθεί να ισχύει η απαίτηση συναρμογής των δύο συστημάτων, δηλαδή συμβατικού στηθαίου και στηθαίου γέφυρας. Στην **Εικόνα 1.5** δίνονται διάφοροι τύποι μεταλλικών στηθαίων γεφυρών.



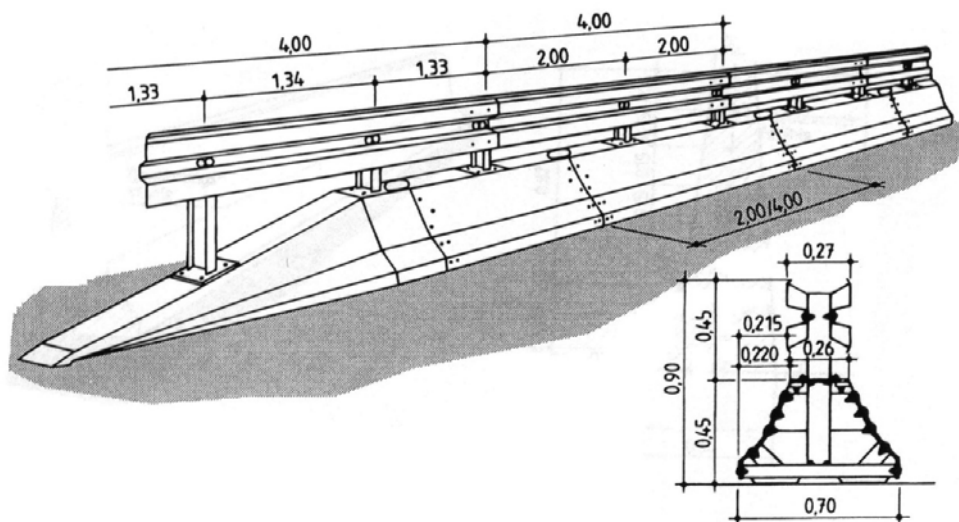
**Εικόνα 1.5:** Διάφοροι τύποι μεταλλικών στηθαίων γεφυρών.

Σε περιπτώσεις που οι συνθήκες ταχύτητας, φόρτου και βαρέων οχημάτων επιβάλλουν τελείως άκαμπτα συστήματα με μεγάλη αντοχή, χρησιμοποιούνται στηθαία από σκυρόδεμα. Και σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να εφαρμοστεί η μονόπλευρη διατομή New Jersey, χωρίς να αποκλείονται και διατομές κατακόρυφου μετώπου. Σε πολλές περιπτώσεις, επάνω από το στηθαίο σκυροδέματος τοποθετείται και μία πρόσθετη κυλινδρική δοκός.

## 1.8 Μεταλλικά θωράκια ασφαλείας οδών

Τα μεταλλικά θωράκια ασφαλείας είναι κινητές, συνήθως, διατάξεις που εφαρμόζονται σε περιοχές έργων σε οδούς, όταν είναι αναγκαία η εκτροπή της κυκλοφορίας. Έτσι, επιτυγχάνεται ασφαλής διαχωρισμός των αντίθετων ρευμάτων κυκλοφορίας και σαφής οπτική καθοδήγηση, σε περιπτώσεις που μειώνεται το πλάτος των λωρίδων κυκλοφορίας και οι διαγραμμίσεις ενδεχομένως προκαλούν σύγχυση.

Αν και έχουν αναπτυχθεί διάφορες μορφές μεταλλικών θωρακίων που διαφέρουν ως προς τις διαστάσεις και το βαθμό ασφάλειας, κοινό χαρακτηριστικό τους είναι ότι αποτελούνται από τη χαλύβδινη βάση και το στηθαίο. Η βάση είναι κιβωτοειδούς διατομής, που προσομοιάζει στη διατομή τύπου New Jersey. Συντίθεται από επιμέρους στοιχεία μήκους 4 m, 2 m ή 1,33 m, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με κοχλίες, σχηματίζοντας μία ενιαία συνεχή μονάδα, ενώ τα ακραία στοιχεία βύθισης έχουν μήκος 2,66 m. Πάνω στη χαλύβδινη βάση κοχλιώνονται ανά 2 m ορθοστάτες με πλάκα έδρασης, και επάνω σε αυτούς οι αυλακωτές λεπίδες των στηθαίων. Μέσα στην κιβωτοειδή βάση, και ακριβώς κάτω από το σημείο σύνδεσης των ορθοστατών, στερεώνονται με συγκόλληση χαλύβδινα πλαίσια ακαμψίας, η δε έδραση της βάσης επάνω στο οδόστρωμα πραγματοποιείται με χαλύβδινα στοιχεία διατομής U, τα οποία συγκολλώνται κάτω από τα πλαίσια ακαμψίας, αφήνοντας, έτσι, ελεύθερο χώρο περίπου 2 cm για την ανεμπόδιση ροή των υδάτων. Λεπτομέρειες ενός μεταλλικού θωρακίου δίνονται στην **Εικόνα 1.6**.



Εικόνα 1.6: Μετακινητό μεταλλικό θωράκιο ασφαλείας [2].

Από πειραματικές δοκιμές προέκυψε [5] ότι τα εν λόγω στηθαία παρέχουν εν γένει ικανοποιητική ασφάλεια σε περίπτωση πρόσκρουσης επιβατικών οχημάτων, ακόμη και με γωνίες μεγαλύτερες από 20°. Η επιβράδυνση των οχημάτων έχει μεγαλύτερη τιμή συγκρινόμενη με τα ενισχυμένα αμφίπλευρα στηθαία, αλλά ασφαλώς μικρότερη από τα στηθαία σκυροδέματος. Σε φορτηγά οχήματα παρέχεται επαρκής ασφάλεια, εφόσον η γωνία πρόσκρουσης δεν υπερβαίνει τις 15°. Η αποτελεσματικότητα είναι περίπου η ίδια με εκείνη των απλών αμφίπλευρων στηθαίων, αλλά χαμηλότερη σε σύγκριση με τα ενισχυμένα.

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία των μεταλλικών μετακινητών θωρακίων είναι η καλή αγκύρωση στα δύο τους άκρα. Αυτό επιτυγχάνεται

είτε με σύνδεση σε υπάρχοντα στηθαία, είτε με έμπηξη ή κοχλίωση των ορθοστατών του ακραίου φατνώματος.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, εκτός από την αποτελεσματικότητά τους, τα μεταλλικά θωράκια επιδεικνύουν εύκολη μεταφορά, τοποθέτηση και αφαίρεση, και δεν προκαλούν βλάβες στο οδόστρωμα ή στους φέροντες οργανισμούς γεφυρών. Επίσης, ορισμένοι τύποι που επιδεικνύουν υψηλό βαθμό ασφάλειας και μικρό πλάτος, χρησιμοποιούνται και για το μόνιμο διαχωρισμό μη διαιρεμένων οδών πολλών λωρίδων κυκλοφορίας, με ελάχιστο περιορισμό του πλάτους των λωρίδων κυκλοφορίας.

## 1.9 Πλαστικά στηθαία ασφαλείας οδών

Στηθαία ασφαλείας από πλαστικό υλικό εφαρμόζονται για τον αποκλεισμό και την οριοθέτηση περιοχών σε οδούς όπου εκτελούνται έργα. Κατασκευάζονται από ανθεκτικά πλαστικά υλικά, όπως το σκληρό πολυαιθυλένιο, και κατά κανόνα έχουν τη μορφή χαμηλού στηθαίου New Jersey. Έχουν το μεγάλο πλεονέκτημα της εύκολης μεταφοράς, τοποθέτησης και αφαίρεσης. Το βάρος τους αυξάνεται με την πλήρωσή τους με νερό ή άμμο. Σε σχέση με τους πλαστικούς κώνους η χρήση τους προτιμάται, καθώς αποκλείουν ολοκληρωτικά την περιοχή του εργοταξίου, ενώ σε περίπτωση πλάγιας πρόσκρουσης οχήματος είναι σε θέση να το επαναφέρουν ομαλά στο οδόστρωμα, ανάλογα με τις συνθήκες πρόσκρουσης.

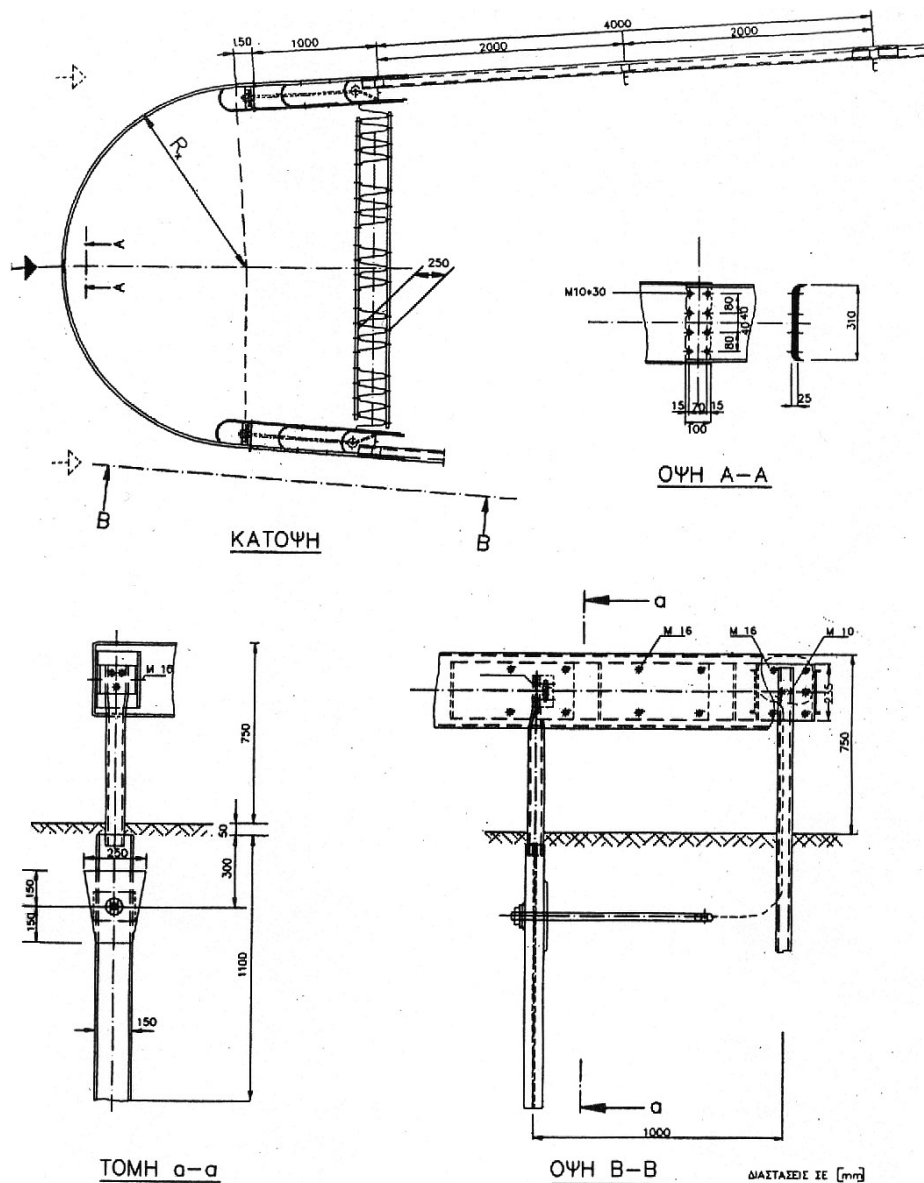
## 1.10 Συστήματα απορρόφησης κινητικής ενέργειας

Τα συνήθη στηθαία ασφαλείας, μεταλλικά ή από σκυρόδεμα, προσφέρουν ικανοποιητική προστασία σε περίπτωση πλευρικής, υπό μικρή γωνία της τάξης των 15°-20°, πρόσκρουσης. Σε περιπτώσεις, όμως, που υπάρχει αυξημένη πιθανότητα πρόσκρουσης με μεγαλύτερη γωνία, η αποτελεσματικότητα των εν λόγω στηθαίων περιορίζεται σημαντικά. Τέτοιες θέσεις είναι, κατά κύριο λόγο, η αρχή διαχωριστικών νησίδων και οι νησίδες διαδρόμων εξόδου, ιδιαίτερα όταν στις θέσεις αυτές υπάρχουν κατασκευές επικίνδυνες για την οδική ασφάλεια, όπως βάρη γεφυρών, στύλοι ή γέφυρες σήμανσης, στύλοι ηλεκτροφωτισμού, άκρα στηθαίων κλπ. Μία ουσιαστική αντιμετώπιση του προβλήματος είναι η εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων, τα οποία είναι σε θέση να απορροφούν την κινητική ενέργεια των οχημάτων που προσκρούουν και να τη μετατρέπουν σε ενέργεια παραμόρφωσης.

Σε παλιότερα συστήματα η απορρόφηση της κινητικής ενέργειας επιτυγχάνονταν χάρη στη μεγάλη τους μάζα (συστήματα αδράνειας). Σήμερα έχει επικρατήσει η χρήση των προαναφερθέντων συστημάτων παραμόρφωσης. Τα τελευταία διακρίνονται σε δύο ομάδες:

- **Τηλεσκοπικά συστήματα:** Αποτελούνται από μεταλλικά εγκάρσια διαφράγματα και μεταλλικές πλευρικές λεπίδες, που αγκυρώνονται σε θεμέλιο σκυροδέματος και έχουν τη δυνατότητα καταμήκους μετακίνησης. Η απορρόφηση της κινητικής ενέργειας εξαρτάται από το είδος του συστήματος (π.χ. με κιβώτια από αφρό πολυουρεθάνης, με λεπτότοιχους σωλήνες ή με προεντεταμένα καλώδια μεταξύ των εγκάρσιων διαφραγμάτων). Τα συστήματα αυτά τοποθετούνται μπροστά από μεμονωμένα εμπόδια, ή στην αρχή στηθαίων ασφαλείας.

- Αρθρωτά τόξα με ελατηριωτή χορδή:** Τοποθετούνται σε νησίδες διαδρόμων εξόδου. Αποτελούνται από δύο επίπεδα ελάσματα που συνδέονται αρθρωτά στην κορυφή του τόξου. Τα πέρατα των ελασμάτων ενώνονται μεταξύ τους κατά τη χορδή, με χαλύβδινο έλασμα κυματοειδούς μορφής. Η στήριξη του τόξου πραγματοποιείται με τη βοήθεια δύο ορθοστατών. Αυτοί αποτελούνται από ένα στοιχείο IPE140 μέσα στο έδαφος, και από ένα σωληνωτό  $\varnothing 76\text{mm}$ , που τοποθετείται επάνω στο προηγούμενο και εξέρχεται από το έδαφος. Σε απόσταση 1 m ακολουθούν δύο ορθοστάτες U120 $\times$ 55 $\times$ 5, όπου συνδέονται τα πέρατα των επίπεδων ελασμάτων, το κυματοειδές ελατήριο και τα μεταλλικά στηθαία που ακολουθούν. Πίσω από το κυματοειδές ελατήριο διατάσσεται και καλώδιο ανάσχεσης  $\varnothing 16\text{mm}$ , του οποίου τα πέρατα στερεώνονται μέσα στο έδαφος στα στοιχεία IPE140, με τη βοήθεια ελκυστήρων. Το μήκος του καλωδίου ανάσχεσης είναι ίσο με το μήκος του κυματοειδούς ελατηρίου σε ταυισμένη κατάσταση.



Εικόνα 1.7: Λεπτομέρειες συστήματος αρθρωτού τόξου με ελατηριωτή χορδή [5].

## 1.11 Επιλογή του κατάλληλου τύπου συστήματος αναχαίτισης οχημάτων - Η ελληνική πραγματικότητα

Μετά την παρουσίαση των επιμέρους τύπων συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων σε οδούς, και σαν κατακλείδα αυτού του Κεφαλαίου, παρουσιάζονται οδηγίες για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος αναχαίτισης, ανάλογα με το είδος του κινδύνου.

Με βάση αυτά που αναπτύχθηκαν σχετικά με κάθε επιμέρους σύστημα, είναι φανερό ότι οι πιο εφαρμόσιμοι τύποι συστημάτων αναχαίτισης σε συνήθεις οδούς και σε συνήθεις περιπτώσεις είναι τα μεταλλικά στηθαία, καθώς και τα στηθαία από σκυρόδεμα. Πράγματι, τα μεταλλικά θωράκια και τα πλαστικά στηθαία έχουν προσωρινό χαρακτήρα, τοποθετούμενα σε περιοχές εκτέλεσης έργων, ενώ οι απορροφητές κινητικής ενέργειας εφαρμόζονται σε συγκεκριμένες τοπικές θέσεις που υπάρχουν υψηλές απαιτήσεις απορρόφησης ενέργειας για δυσμενείς συνθήκες σύγκρουσης.

Από εκεί και πέρα, τίθεται το ζήτημα της επιλογής μεταξύ μεταλλικών και από σκυρόδεμα στηθαίων, όπως και της μορφής του στηθαίου, ανάλογα με το είδος του κινδύνου ή του παρόδιου εμποδίου, και για κάθε δυνατή θέση τοποθέτησης των εν λόγω στηθαίων στη διατομή της οδού, δηλαδή σε ενδιάμεσους χώρους διαιρεμένων οδών ή στο άκρο του οδοστρώματος. Τα στοιχεία αυτά δίνονται σύμφωνα με τις γερμανικές προδιαγραφές στους Πίνακες 1.4 και 1.5. Ειδικότερα, στον **Πίνακα 1.4** παρέχονται συνοπτικά στοιχεία για την επιλογή στηθαίου σε ενδιάμεσους χώρους, με βάση το πλάτος και την εγκάρσια κλίση της διαχωριστικής νησίδας, ενώ στον **Πίνακα 1.5** για την επιλογή στηθαίου στο δεξιό άκρο της οδού, με βάση το είδος του κινδύνου ή του επικίνδυνου εμποδίου και την απόστασή του από το οδόστρωμα.

**Πίνακας 1.4:** Επιλογή τύπου στηθαίου ασφαλείας σε διαχωριστικές νησίδες οδών [6].

ΠΛΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ b (m)	ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΛΙΣΗ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ		
	1:n < 1:10	1:10 < 1:n < 1:5	1:n > 1:5
b > 4,80	ενισχυμένα αμφίπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)	ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)	ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m) <i>για υψομετρική διαφορά &gt; 1m:</i>
4,80 > b > 2,80	ενισχυμένα αμφίπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)	ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)	στηθαία σκυροδέματος με διατομή New Jersey
2,80 > b > 1,80	ενισχυμένα αμφίπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)	<i>ανώτερος κλάδος:</i> ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m) <i>κατώτερος κλάδος:</i> απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m) <i>για υψομετρική διαφορά &gt; 1m:</i> στηθαία σκυροδέματος με διατομή New Jersey (ένα αμφίπλευρο ή δύο μονόπλευρα)	
1,80 > b > 1,30	στηθαία σκυροδέματος με αμφίπλευρη διατομή New Jersey		δύο μονόπλευρα στηθαία σκυροδέματος με διατομή New Jersey
b < 1,30	στηθαία σκυροδέματος με αμφίπλευρη διατομή New Jersey		

*Σημείωση:* Στην παρένθεση αναγράφεται η απόσταση μεταξύ των ορθοστατών.

Πίνακας 1.5: Επιλογή τύπου στηθαίου ασφαλείας στο δεξιό άκρο της οδού [6].

ΕΙΔΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ Ή ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΕΜΠΟΔΙΟΥ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ a (m) ΜΕΤΑΞΥ ΟΡΙΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΕΜΠΟΔΙΟΥ			
	a > 2,5	2,5 > a > 1,5	1,5 > a > 1,0	a < 1,0
υδροβιότοποι (εγγύτερη περιοχή)	ενισχυμένα αμφίπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m), στηθαία από σκυρόδεμα New Jersey			
υδροβιότοποι (ευρύτερη περιοχή)	ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)			
επικίνδυνα για κατάρρευση φέροντα στοιχεία δομικών κατασκευών, γέφυρες σήμανσης	ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (1,33m)			
ηχοπετάσματα	απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)		a > 1,75m: ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m) a < 1,75m: στηθαία σκυροδέματος	στηθαία από σκυρόδεμα New Jersey
σιδηροδρομικές γραμμές	ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)		ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (1,33m), στηθαία από σκυρόδεμα New Jersey	
άλλες οδοί	ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)	ενισχυμένα αμφίπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)	στηθαία από σκυρόδεμα New Jersey	
άλλες επιφάνειες κυκλοφορίας (παράλληλες οδοί, πρατήρια καυσίμων, χώροι στάθμευσης και ανάπαυσης κλπ.), περιοχές παραμονής ανθρώπων (π.χ. στάσεις, σχολεία), λοιπές προστατευόμενες περιοχές	ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)		ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (1,33m), στηθαία από σκυρόδεμα New Jersey	
θάλασσες, λίμνες ή ποταμοί	απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)	ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)	ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (1,33m), στηθαία από σκυρόδεμα New Jersey	
δέντρα, ιστοί, στύλοι στήριξης πινακίδων	απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)	ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)	ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (1,33m)	
τηλέφωνα οδικής βοήθειας	απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)			
τοίχοι, κτίσματα, πασσαλοδιαφράγματα	απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)	ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)	ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (1,33m)	
απότομα πρηνή γκρεμών με κλίση >1:3 και ύψος >10m	ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)			
απότομα πρηνή γκρεμών με κλίση >1:3 και ύψος >3m και <10m	απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)			
ανερχόμενα απότομα πρηνή	απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)			

Σημείωση: Στην παρένθεση αναγράφεται η απόσταση μεταξύ των ορθοστατών.

Στην Ελλάδα, από τα μέσα της δεκαετίας του '50 η βασικότερη προστασία σε οδούς κάθε είδους είναι τα απλά μεταλλικά στηθαία, είτε στις περισσότερες περιπτώσεις μονόπλευρα, και μάλιστα με αποστάσεις ορθοστατών σχεδόν αποκλειστικά 4,0 m, είτε αμφίπλευρα. Στην πραγματικότητα, το σύστημα αναχαίτισης των μεταλλικών στηθαίων αποτελείται από δύο επιμέρους τύπους στηθαίων, τα απλά και τα ενισχυμένα, και με ρυθμιζόμενες αποστάσεις ορθοστατών, επιλογές που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα συνθηκών σύγκρουσης. Η υιοθέτηση του εν λόγω συστήματος σημαίνει υιοθέτηση όλων των τύπων, και εφαρμογή του κατάλληλου με βάση τις περιστάσεις. Χρήση αποκλειστικά και μόνο των απλών στηθαίων προφανώς θα οδηγήσει σε ανεπαρκή προστασία σε ορισμένες θέσεις. Επίσης, ανεπαρκείς είναι και οι ελληνικές προδιαγραφές αναφορικά με τα επιμέρους τμήματα των στηθαίων, και ειδικά με τους ορθοστάτες, όπως αναπτύχθηκε στην Παράγραφο 1.5.

Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι ένα εκτεταμένο μήκος του ελληνικού οδικού δικτύου είναι εφοδιασμένο με **τοιχία από σκυρόδεμα ή από λιθοδομή**, υλικά και τεχνολογίες που ήταν ουσιαστικά τα μόνα διαθέσιμα και εφαρμοζόμενα τις εποχές που κατασκευάστηκαν τα εν λόγω οδικά τμήματα. Σήμερα, που υπάρχει διαθέσιμη ευρύτερη ποικιλία συστημάτων και τεχνογνωσίας, είναι απαραίτητος ο επανέλεγχος της καταλληλότητας των εν λόγω κατασκευών.

Ουσιαστικά, το πρόβλημα της εφαρμογής προστατευτικών στηθαίων τέθηκε σε νέα βάση με την έναρξη της κατασκευής των μεγάλων έργων οδοποιίας κατά τη δεκαετία του '90, όπου η ανάγκη κατασκευής αυτοκινητοδρόμων υψηλής στάθμης αποκάλυψε τις ελλείψεις στο συγκεκριμένο πεδίο. Έτσι, οι διατομές από σκυρόδεμα τύπου New Jersey, που σπάνια συναντώνταν σε ελληνικές οδούς, εξελίχθηκαν σε πρώτη επιλογή για τις νησίδες αυτοκινητοδρόμων, δεδομένης και της οικονομικής στενότητας που απαγορεύει την υιοθέτηση ευρέων ενδιάμεσων χώρων. Επίσης, οι βελτιώσεις υφιστάμενων τμημάτων, που μετέτρεψαν τα εν λόγω τμήματα σε εκτεταμένα εργοτάξια, οδήγησαν σε ανάγκη εφαρμογής μετακινητών προσωρινών στηθαίων. Τέλος, πρόοδος επιδεικνύεται και στο πεδίο εφαρμογής των διατάξεων απορρόφησης ενέργειας, οι οποίες ήδη τοποθετούνται σε αιχμές διαδρόμων εξόδου και σε άλλες επικίνδυνες θέσεις.

**BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. **Wright P., “Highway Engineering”**, John Willey, New York 1996
2. **Natzschka H., “Strassenbau, Entwurf und Bautechnik”**, B.G. Teubner, Stuttgart 1997
3. **American Association of State Highway Officials, “A Policy On Geometric Design Of Rural Highways”**, 1970
4. **Νικηφοριάδης Α., «Συστήματα αναχαίτισης οχημάτων σε Οδούς-Πεδίο εφαρμογής και κριτήρια επιλογής»**, 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Λάρισα, 4-7 Οκτωβρίου 1995
5. **Δρυμαλίτου Δ., «Αντιμετώπιση προβλημάτων σήμανσης και ασφάλισης αυτοκινητοδρόμων»**, 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Λάρισα, 4-7 Οκτωβρίου 1995
6. **“Richtlinien für passive Schutzrichtungen an Straßen”**, Ausgabe 1989
7. **Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γιαννόπουλος Γ.Α., «Σχεδιασμός Των Μεταφορών Και Κυκλοφοριακή Τεχνική»**, Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 1986
8. **U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, “Manual On Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways - Millenium Edition”**, December 2000
9. **Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, «Σχέδιο του νέου Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας»**, Αθήνα 2001
10. **Connecticut Department of Transportation, Bureau of Engineering and Highway Operations, Division of Traffic Engineering, “Manual of Traffic Control Signal Design”**, 2001
11. **State of California, Business, Transportation and Housing Agency, Department of Transportation, “Traffic Manual”**, July 1996
12. **Υπουργείον Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνσις Δημοσίων Έργων, Τμήμα Κυκλοφορίας (Α6), «Διαγραμμίσεις Οδοστρωμάτων»**, Δεκέμβριος 1975
13. **“Richtlinien für die Markierung von Straßen, RMS-1”**
14. **Μουρατίδης Α., «Διαχείριση Οδικών Έργων»**, Θεσσαλονίκη 1994
15. **Harlow A., The NZ Roadmarkers Federation Inc, “Roadmarking Performance Criteria ‘Meeting the needs of drivers’”**, 2000
16. **Υπουργείον Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνσις Δημοσίων Έργων, Τμήμα Κυκλοφορίας (Α6), «Πινακίδες Σημάνσεως Οδών»**, Ιανουάριος 1974
17. **«Αντανακλάσεις»**, Περιοδική έκδοση 3Μ, Φύλλο 2/97, Μάιος-Ιούνιος 1997
18. **Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνση Δημοσίων Έργων, «Προσωρινή Προδιαγραφή Ανακλαστήρων Οδοστρώματος (Μάτια Γάτας)»**, Ιανουάριος 1988
19. **Νικηφοριάδης Α., «Βελτίωση της οδικής ασφάλειας κατά τη νύχτα με τη βοήθεια ανάγλυφων διαγραμμίσεων οδών»**, 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Θεσσαλονίκη, 28-29 Μαρτίου 1994
20. **Κόκκινος Β., «Σχεδιασμός οδικής υποδομής και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, Ανάλυση κόστους-ωφελειών στην περίπτωση του οδικού φωτισμού»**,

- Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Οκτώβριος 2001
21. **Μπαλόγλου Κ.**, «Συσχετισμός οδικής ασφάλειας και οδικού φωτισμού στην αστική περιοχή Θεσσαλονίκης», Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Οκτώβριος 2000
  22. **Minnesota Department of Transportation, Office of Traffic Engineering**, “**Roadway Lighting Design Manual**”, June 2001
  23. **Τσώχος Γ.**, «Περιβαλλοντική Οδοποιία», University Studio Press, 1997
  24. **Kotzen B., English C.**, “**Environmental noise barriers: A guide to their acoustic and visual design**”, E&FN SPON, 1999
  25. **Watts G. R.**, “**Traffic Noise Barriers**”, TRL Annual Review, 1995
  26. **Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνση Δημοσίων Έργων**, «Προσωρινή Προδιαγραφή Οριοδεικτών Από Πολυμερές Υλικό», Ιούνιος 1988
  27. **Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών**, «**Θεωρητική Εκπαίδευση Υποψήφιων Οδηγών Αυτοκινήτων**», Εκδόσεις Ιδρύματος Ευγενίδου, Αθήνα 2001
  28. **U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration**, “**Improving Traffic Signal Operations**”, November 1995
  29. **Main Roads Western Australia**, “**Guide to the Design of Emergency Telephones**”, Document No. 67-08-6, January 2002
  30. **Walton J., Barrett M., Crabtree J.**, “**Management and Effective Use of Changeable Message Signs (Final Report)**”, Kentucky Transportation Center, June 2001
  31. **Wisconsin Department of Transportation**, “**Intelligent Transportation Systems (ITS) Design Manual - Chapter 6: Variable Message Signs**”, December 2000
  32. **Dudek et al.**, “**Improving Dynamic Message Sign Operations**”, Texas Transportation Institute, February 2001
  33. **Oregon Department of Transportation, Highway Division, Traffic Management Section**, “**Guidelines for the Use of Portable Variable Message Signs on State Highways**”, March 2002
  34. **Finnish National Road Administration**, “**The Traffic Management Policy of Variable Message Signs for Weather-Controlled Road**”, June 1995
  35. **National Technical University of Athens, Department of Transportation Planning and Engineering**, “**Road Work Zone Safety Practical Handbook, Annex I to Final Report for Publication**”, November 1998
  36. **Virginia Department of Transportation**, “**Virginia Work Area Protection Manual**”, January 2003
  37. **Oregon Department of Transportation**, “**Traffic Control on State Highways for Short Term Work Zones**”, 1998 Revised Edition
  38. **Pflugfelder R. P.**, “**Visual Traffic Surveillance Using Real-time Tracking**”, Technical University of Wien, January 2002
  39. **Collins A. et al.**, “**Dynamic Dimming: The Future of Motorway Lighting?**”, The Lighting Journal, September/October 2002
  40. **Minsk L. D.**, “**Snow and ice control manual for transportation facilities**”, McGraw-Hill, 1998
  41. **Lund J.**, “**Pavement Snow Melting**”, Oregon Institute of Technology, 2001
  42. **Yehia S., Tuan C.**, “**Bridge Deck Deicing**”, 1998 Transportation Conference Proceedings