

ΛΟΙΠΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΟΔΩΝ

10.1 Αντιθαμβωτικές διατάξεις

Σε οδούς με πολλαπλές λωρίδες κυκλοφορίας και μεγάλη νυχτερινή κίνηση, η συγκεντρωμένη επίδραση των φανών των οχημάτων του ενός ρεύματος κυκλοφορίας μπορεί να δημιουργεί δυσμενείς συνθήκες για τους οδηγούς στην αντίθετη κατεύθυνση. Επίσης, οι οδηγοί που κινούνται σε μία διαχωρισμένη οδό ή σε παράπλευρες οδούς έχουν την τάση να μην ρυθμίζουν τους προβολείς τους αναλόγως με τα αντιθέτως κινούμενα οχήματα, καθώς συγκεντρώνονται μόνο στο δικό τους κατάστρωμα κυκλοφορίας, δημιουργώντας παρόμοιο πρόβλημα θάμβωσης. Σε περιπτώσεις που υφίσταται τέτοιο πρόβλημα είναι απαραίτητη η λήψη μέτρων αντιθαμβωτικής προστασίας, για την αναβάθμιση της οδικής ασφάλειας κατά τη νυχτερινή κίνηση.

Για την αντιμετώπιση του εν λόγω προβλήματος εφαρμόζονται τα *αντιθαμβωτικά πετάσματα*, τα οποία διαμορφώνονται είτε ως πυκνή βλάστηση, είτε, συνήθως, ως τεχνητές κατασκευές. Τα εν λόγω πετάσματα έχουν κατάλληλο ύψος και μπορούν να τοποθετηθούν στους ενδιάμεσους χώρους διαιρεμένων οδών ή παραπλεύρως του οδοστρώματος, ανάλογα με την προέλευση της θάμβωσης.

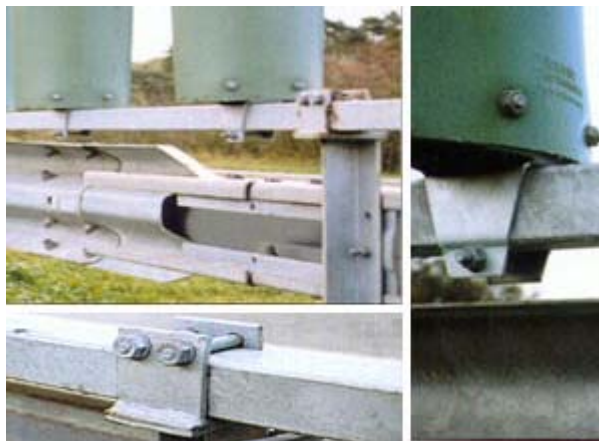
Η πιο συνήθης λύση αντιθαμβωτικής προστασίας είναι *οι κατακόρυφοι στύλοι* από πλαστικό υλικό, **Εικόνα 10.1**. Οι στύλοι αυτοί έχουν ύψος που κυμαίνεται



Εικόνα 10.1: Αντιθαμβωτικό πέτασμα από κατακόρυφους στύλους.

στα 60-120 cm, με πιο σύνηθες τα 90 cm, και έχουν το πλεονέκτημα της δυνατότητας τοποθέτησης επάνω σε υπάρχοντα μεταλλικά ή από σκυρόδεμα στηθαία, με κατάλληλες διατάξεις. Έτσι, το συνολικό ύψος κάλυψης κυμαίνεται στα 1,3-2,0 m, το οποίο επιλέγεται ακριβώς, ανάλογα με την κυκλοφορία βαρέων οχημάτων, των οποίων τόσο οι οδηγοί, όσο και οι προβολείς, είναι πιο ψηλά από τα επιβατικά αυτοκίνητα. Άλλες δυνατότητες τοποθέτησης είναι επάνω σε πρόσθετα ζυγώματα που ενώνουν τα απέναντι στηθαία μίας νησίδας, ή απευθείας επάνω στο έδαφος, επάνω σε

προεκτάσεις. Στην **Εικόνα 10.2** δίνονται λεπτομέρειες εφαρμογής επάνω σε μεταλλικό στηθαίο.

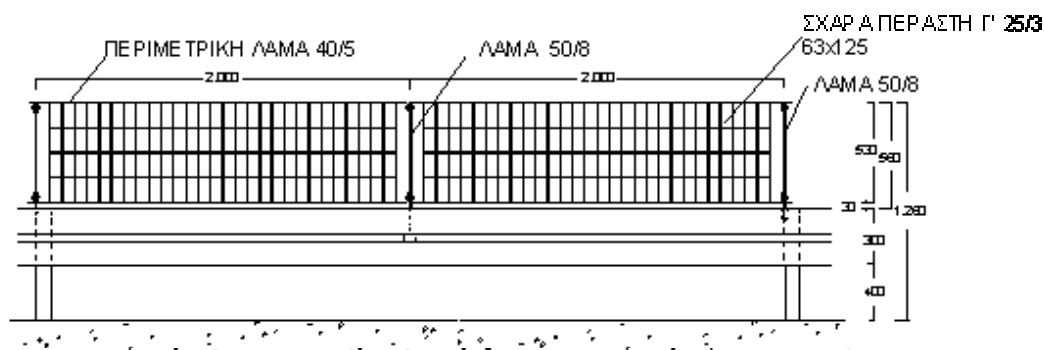


Εικόνα 10.2: Λεπτομέρειες εφαρμογής αντιθαμβωτικών στύλων σε μεταλλικό στηθαίο.

Η απόσταση μεταξύ των στύλων είναι κάτι που καθορίζεται από τον επιθυμητό βαθμό προστασίας, σε συνάρτηση με το πάχος των στύλων και την απόσταση των ρευμάτων κυκλοφορίας. Όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 10.1**, ακόμη και αραιές διατάξεις κλείνουν τελείως το οπτικό πεδίο από μία απόσταση και έπειτα. Πάντως, ένας σοβαρός παράγοντας που υπεισέρχεται στον καθορισμό της απόστασης είναι και η πλευρική ορατότητα τις ώρες της ημέρας, η οποία μπορεί να περιορίζεται σημαντικά σε πυκνές διατάξεις. Τυπικές αποστάσεις είναι μέχρι 80 cm.

Το πλαστικό υλικό των στύλων οφείλει να πληροί κάποιες ελάχιστες απαιτήσεις αντοχής σε ανεμοπίεση, αντίστασης σε φωτιά, ανθεκτικότητας στις καιρικές συνθήκες και διάρκειας ζωής. Το χρώμα τους ποικίλλει, αλλά πιο συνήθεις είναι οι αποχρώσεις του πρασίνου.

Μία εναλλακτική λύση των αντιθαμβωτικών στύλων, αλλά όχι τόσο αποτελεσματική, είναι τα **αντιθαμβωτικά κιγκλιδώματα**. Οι διατάξεις αυτές είναι μεταλλικά πλέγματα, τα οποία τοποθετούνται ομοίως επάνω σε υπάρχοντα στηθαία ή επάνω στο έδαφος. Στην **Εικόνα 10.3** δίνεται μία τυπική λεπτομέρεια αντιθαμβωτικού κιγκλιδώματος σε μεταλλικό στηθαίο.



Εικόνα 10.3: Τυπική λεπτομέρεια αντιθαμβωτικού κιγκλιδώματος επάνω σε μεταλλικό στηθαίο.

Τέλος, αντιθαμβωτική προστασία μπορεί να προσφέρει και η κατάλληλη βλάστηση στη νησίδα ή παραπλεύρως της οδού, η οποία, όμως, αν δεν είναι φυσική, έχει ανάγκη από συνεχή συντήρηση.

Στον **Πίνακα 10.1** γίνεται μία ενδεικτική σύγκριση μεταξύ των τριών ειδών αντιθαμβωτικής προστασίας.

Πίνακας 10.1: Ενδεικτική σύγκριση μεταξύ των τύπων αντιθαμβωτικής προστασίας.

Ιδιότητα	Βλάστηση	Αντιθαμβωτικά κυκλιδώματα	Αντιθαμβωτικοί στύλοι
Αντιθαμβωτική προστασία	μέτρια-καλή	μέτρια-κακή	καλή
Πλευρική ορατότητα κατά την ημέρα	μέτρια	καλή	καλή
Αντίσταση στον άνεμο	κακή	κακή	καλή
Οικονομικότητα	εξαρτ.	μέτρια-κακή	καλή
Ευκολία εγκατάστασης	κακή	κακή	μέτρια-καλή
Ανάγκη συντήρησης	κακή	καλή	καλή
Αισθητική	καλή	μέτρια-κακή	μέτρια
Οπτική συμβατότητα με περιβάλλον	καλή	κακή	καλή
Παρεμπόδιση υπερπήδησης από πεζούς	μέτρια	καλή	κακή

10.2 Οριοδείκτες οδών

Οι οριοδείκτες είναι οι χαρακτηριστικοί στύλοι που τοποθετούνται εκατέρωθεν της οδού, με σκοπό να υποδείξουν τα όριά της στον οδηγό και να τον καθοδηγήσουν σε περιπτώσεις ασαφούς χάραξης ή αξιολογής μεταβολής της. Η χρησιμότητά τους γίνεται καθοριστική κατά τις νυχτερινές ώρες ή σε συνθήκες μειωμένης ορατότητας, όπου με τα αντανακλαστικά τους στοιχεία δίνουν στον οδηγό μία σαφή εικόνα των ορίων και της χάραξης της οδού, από πολύ μακριά. Επίσης, και σε περίπτωση χιονόπτωσης προεξέχουν από το ενδεχόμενο στρώμα χιονιού, εξακολουθώντας να επιτελούν το ρόλο τους.

Η μορφή και οι διαστάσεις των στύλων που χρησιμοποιούνται σήμερα φαίνονται στην **Εικόνα 10.4**. Οι στύλοι είναι λευκού χρώματος, με μία μαύρη επιφάνεια κοντά στην κορυφή τους που χρησιμεύει ως δείκτης ημέρας. Κατά τη νύχτα ο οριοδείκτης γίνεται ορατός από τη χαρακτηριστική αντανακλαστική του επιφάνεια, η οποία είναι από τη μία πλευρά του στύλου κόκκινη, και από την άλλη λευκή. Στην Ελλάδα οι οριοδείκτες τοποθετούνται πάντοτε με τέτοιο τρόπο, ώστε στη δεξιά οριογραμμή κατά την κίνηση του οχήματος να φαίνεται κόκκινος ανακλαστήρας και στην αριστερή λευκός. Τα αντανακλαστικά αυτά στοιχεία είναι είτε πρισματικοί κρύσταλλοι από ακρυλικό υλικό, είτε γυάλινα πρίσματα, είτε αντανακλαστική μεμβράνη υψηλής αντανακλαστικότητας.

Τονίζεται ότι σκοπός των πασσάλων δεν είναι η προστασία των οχημάτων από εκτροπή από την πορεία τους, οπότε κατασκευάζονται από ελαφρό πλαστικό υλικό (PVC) και καταλύονται εύκολα κατά τη σύγκρουση. Παλιότερα θεωρούνταν ότι επιτελούσαν και αυτό το σκοπό, οπότε κατασκευάζονταν από οπλισμένο σκυρόδεμα. Μεγάλο τμήμα του ελληνικού οδικού δικτύου διαθέτει ακόμη τους οριοδείκτες αυτού του τύπου, που είναι οι χαρακτηριστικοί λευκοί κύλινδροι από σκυρόδεμα.

Οι παραπάνω τιμές εφαρμόζονται στα κυκλικά τμήματα των καμπυλών. Στις κλωθοειδείς γίνεται μία σταδιακή μετάβαση από την απόσταση της ευθυγραμμίας στην αντίστοιχη του κυκλικού τόξου.

10.3 Τηλέφωνα ανάγκης

Ένας αυτοκινητόδρομος εξυπηρετεί, συνήθως, μεγάλου μήκους μετακινήσεις και, ως γνωστόν, δεν διέρχεται ποτέ μέσα από κατοικημένες περιοχές. Έτσι, είναι δύσκολο για κάποιον αυτοκινητιστή που δεν διαθέτει δυνατότητα κινητής επικοινωνίας να αναζητήσει βοήθεια σε περίπτωση ανάγκης. Για το λόγο αυτό, σε αυτοκινητοδρόμους και παρόμοιας φύσεως οδούς θα πρέπει να υπάρχει πάντα υποδομή για τηλεφωνικές συσκευές ανάγκης ανά τακτά διαστήματα.

10.3.1 Περιγραφή τηλεφωνικών συσκευών

Οι τηλεφωνικές διατάξεις ανάγκης αυτοκινητοδρόμων αποτελούνται από έναν ανοιχτό θάλαμο με τηλεφωνική συσκευή, τοποθετημένο ακριβώς δίπλα από το οδόστρωμα, και χρησιμεύουν στην επικοινωνία των χρηστών της οδού σε περίπτωση ανάγκης, **Εικόνα 10.5**. Οι τηλεφωνικές συσκευές δεν είναι συμβατικού τύπου, αλλά ειδικές συσκευές που δίνουν άμεση πρόσβαση σε κάποια γραμμή ανάγκης.



Εικόνα 10.5: Τηλεφωνικός θάλαμος ανάγκης σε αυτοκινητόδρομο.

Οι εν λόγω συσκευές ενεργοποιούνται αμέσως με το σήκωμα του ακουστικού, καλώντας αυτόματα την προγραμματισμένη γραμμή στο κέντρο διαχείρισης του αυτοκινητοδρόμου, ενώ όπου κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατό, η επικοινωνία θα πρέπει να γίνεται με την Άμεση Δράση. Επίσης, οι συσκευές μπορούν να δεχτούν και οι ίδιες κλήση από τον τηλεφωνητή του κέντρου.

Για τον εύκολο εντοπισμό τους κατά τις νυχτερινές ώρες, τα ακουστικά μπορεί να διαθέτουν ενδεικτική λυχνία LED, ενώ απαραίτητη είναι και η πρόβλεψη για αυτόματη απενεργοποίηση, σε περίπτωση που το ακουστικό δεν κλείσει. Επίσης, η επικοινωνία θα πρέπει να έχει επαρκή ένταση, ώστε να διεξάγεται απρόσκοπτα σε σχέση με το θόρυβο από την κυκλοφορία στην οδό. Όλος ο θάλαμος, καθώς και η τηλεφωνική συσκευή, θα πρέπει να είναι ανθεκτικές στις καιρικές συνθήκες και να αντιστέκονται σε βανδαλισμούς. Για τον ίδιο λόγο, και το καλώδιο του ακουστικού θα πρέπει να βρίσκεται μέσα σε μεταλλικό ελαστικό σωλήνα και να είναι όσο το δυνατόν μικρότερου μήκους.

10.3.2 Θέσεις και τοποθέτηση τηλεφώνων ανάγκης

Για την επιλογή των θέσεων εγκατάστασης των τηλεφωνικών θαλάμων ανάγκης πρέπει να γίνει κατανοητή μία βασική λογική αρχή. Ο οδηγός που βρίσκεται στη δυσάρεστη θέση να αναζητήσει έναν τέτοιο θάλαμο, πιθανότατα κάνει την αναζήτηση πεζός μέσα σε έναν αυτοκινητόδρομο, ή δίπλα από αυτόν σε δύσβατο έδαφος, χωρίς, επιπλέον, να γνωρίζει που ακριβώς βρίσκεται ο πλησιέστερος από αυτούς. Κατά συνέπεια, η περίοδος επανάλιψης των θαλάμων θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε ακόμη κι αν η αναζήτηση ξεκινήσει από το μέσο περίπου μεταξύ δύο τέτοιων θαλάμων, να μην χρειαστεί ο οδηγός να περπατήσει αρκετή ώρα υπό καθεστώς αβεβαιότητας. Απόψεις που θέλουν τους θαλάμους να εγκαθίστανται σε χώρους στάθμευσης αυτοκινητοδρόμων είναι μάλλον αποτυχημένες, αφού συνήθως οι χώροι αυτοί βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους για να προσεγγιστούν πεζή.

Έτσι, τα τηλέφωνα ανάγκης θα πρέπει να εγκαθίστανται το πολύ σε αποστάσεις **1000 m** μεταξύ τους. Παράγοντες που καθορίζουν την εν λόγω απόσταση είναι ο κίνδυνος για τον πεζό που κινείται κατά μήκος της οδού, καθώς και ο κίνδυνος για τα διερχόμενα οχήματα, λόγω του σταθμευμένου στο έρεισμα οχήματος. Κατά συνέπεια, η απόσταση επανάλιψης μπορεί να μειώνεται ακόμη και στα 200 m όπου υπάρχουν υψηλοί κυκλοφοριακοί φόρτοι, στενά ερείσματα και κρίσιμα, από πλευράς οδικής ασφάλειας, σημεία. Επίσης, τηλέφωνα ανάγκης τοποθετούνται κοντά σε κόμβους.

Βασική αρχή κατά την τοποθέτηση είναι πως η εγκατάσταση θα πρέπει να γίνεται **κατά ζεύγη** εκατέρωθεν της οδού, ώστε ο αναζητών να μην έχει κίνητρο διάσχισης του οδοστρώματος, σε περίπτωση που διαπιστώσει την ύπαρξη τηλεφώνου στην απέναντι πλευρά.

Μετά τον καθορισμό της θέσης ενός θαλάμου, το ακριβές σημείο εγκατάστασης στην άμεση γειτονία της επιλεγμένης θέσης καθορίζεται επακριβώς με βάση τις τοπικές συνθήκες, όπως η ύπαρξη πινακίδων σήμανσης που δεν πρέπει να κρύβονται, η ύπαρξη κάποιου στύλου ηλεκτροφωτισμού, οπότε δέον είναι η τοποθέτηση να γίνει κοντά του για να υπάρχει φωτισμός το βράδυ, η ύπαρξη κατάλληλης θέσης παρά την οδό, η εξασφάλιση ορατότητας προς το θάλαμο κλπ. Πάντως, ο θάλαμος δεν πρέπει να τοποθετείται εν γένει μακρύτερα από 50 m από την προαποφασισμένη θέση.

Για τη σήμανση των τηλεφώνων, εκτός από τα σχετικά σύμβολα που υπάρχουν επάνω στο θάλαμο, καλό είναι να υπάρχει πρόσθετη σήμανση 250 m εκατέρωθεν της συσκευής, όπως και στο μέσο της απόστασης μεταξύ δύο διαδοχικών θαλάμων.

Ο θάλαμος τοποθετείται δίπλα από την οδό και προστατεύεται οπωσδήποτε από στηθαίο. Αν υπάρχει ήδη στηθαίο παραπλεύρως της οδού, αυτό διακόπτεται και από τις δύο πλευρές σε κάποια απόσταση εκατέρωθεν του θαλάμου, και στο σημείο αυτό τοποθετείται πρόσθετο στηθαίο, ώστε να υπάρχει υπερκάλυψη, με διαμόρφωση ενός διαδρόμου επαρκούς πλάτους, που να επιτρέπει την κίνηση αναπηρικών αμαξιδίων. Για τον επιπλέον άνετο ελιγμό των τελευταίων μπροστά από τη συσκευή, ο θάλαμος προσανατολίζεται με τρόπο ώστε ο χρήστης του τηλεφώνου να βλέπει προς το οδόστρωμα (βλ. **Εικόνα 10.5**).

10.4 Συστήματα θέρμανσης καταστρωμάτων γεφυρών

10.4.1 Το φαινόμενο του επιλεκτικού σχηματισμού πάγου στις γέφυρες

Το χειμώνα μία από τις ιδιαίτερες δυσκολίες που μπορεί να παρουσιαστεί στην οδήγηση είναι η ύπαρξη χιονιού ή πάγου επάνω στο οδόστρωμα, που απαιτεί τη μεγαλύτερη δυνατή προσοχή εκ μέρους του οδηγού και καθιστά την κίνηση δυσχερή. Ακόμη χειρότερη δε, είναι η απότομη μετάβαση από καθαρά οδικά τμήματα σε τμήματα με πάγο, όπου ο οδηγός εισέρχεται απροειδοποίητα και υπό όχι και τις καλύτερες συνθήκες ταχύτητας. Μία αρκετά συνηθισμένη εκδήλωση αυτού του φαινομένου, *του επιλεκτικού σχηματισμού πάγου*, παρουσιάζεται στις γέφυρες, λόγω των ειδικών συνθηκών ενεργειακού ισοζυγίου που λαμβάνουν χώρα.

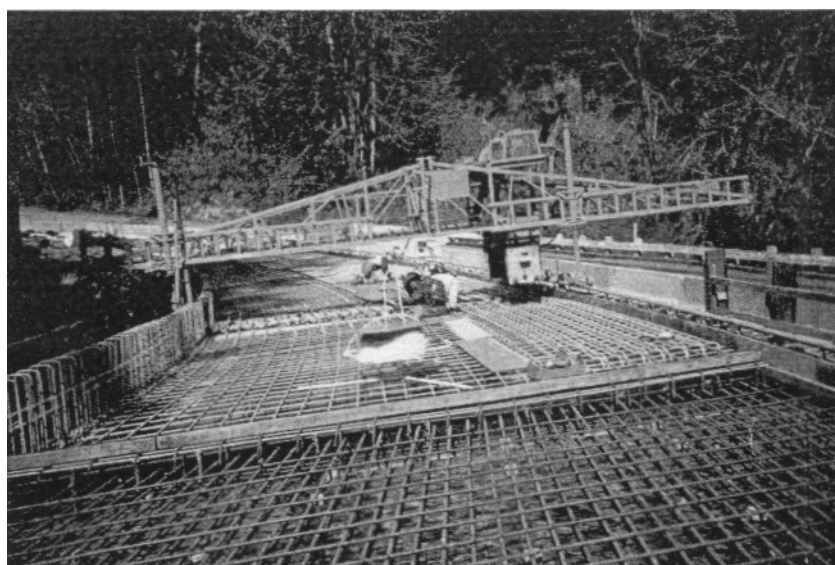
Ειδικότερα, το γεγονός ότι το κατάστρωμα μίας γέφυρας δεν βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος καθιστά τη θερμική του μάζα χαμηλότερη σε σχέση με ένα σύνηθες οδόστρωμα. Όταν συμβαίνουν απότομες μεταβολές στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η θερμοκρασία του καταστρώματος της γέφυρας μειώνεται πιο γρήγορα από την αντίστοιχη ενός συνηθούς οδοστρώματος σε έδαφος, καθώς δεν υπάρχει διαθέσιμη αρκετή αποθηκευμένη ενέργεια για την εξομάλυνση του φαινομένου. Επιπλέον, το γεγονός ότι το κατάστρωμα είναι σε επαφή με τον αέρα και στις δύο όψεις του καθιστά την απώλεια θερμότητας γρηγορότερη. Έτσι, αρκετές φορές ο συνδυασμός συγκεκριμένων συνθηκών του μικροκλίματος της περιοχής οδηγεί στο σχηματισμό του χαρακτηριστικού μαύρου πάγου επάνω στο κατάστρωμα της γέφυρας (και μόνο), φαινόμενο που πολλές φορές διαρκεί λίγη ώρα, αλλά αρκετά ώστε να αποτελεί εξαιρετικό κίνδυνο λόγω της ολισθηρότητάς του για τον αμέριμνο οδηγό.

Για την αντιμετώπιση του σχηματισμού πάγου στα καταστρώματα γεφυρών μπορεί να αξιοποιηθεί μία σειρά από τεχνικές, που περιλαμβάνουν τη χρήση χημικών αλάτων, τη μόνωση της πλάκας του καταστρώματος, καθώς και τη θέρμανσή της. Κάθε τεχνική έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, καθώς και το δικό της βαθμό απόδοσης. Η χρήση των αλάτων, που αποτελεί την πιο διαδεδομένη τεχνική στην απομάκρυνση του χιονιού και του πάγου από τα οδοστρώματα, μπορεί να αντιμετωπίσει επιτυχώς το φαινόμενο του επιλεκτικού σχηματισμού πάγου στο κατάστρωμα μίας γέφυρας, αρκεί η διασπορά να γίνεται πριν από την έναρξη του φαινομένου, κάτι που, όμως, σπανίζει. Ταυτόχρονα, η εφαρμογή των αλάτων έχει δυσμενείς επιπτώσεις στο οπλισμένο σκυρόδεμα του καταστρώματος, καθώς και στο περιβάλλον. Η τεχνική της μόνωσης της κάτω επιφάνειας της πλάκας δεν έχει μεγάλη απόδοση και απλώς εφαρμόζεται μόνο για την καθυστέρηση του φαινομένου και για τη μείωση της ποσότητας άλατος. Τέλος, οι τεχνικές θέρμανσης του καταστρώματος, συνδυαζόμενες με τον κατάλληλο εξοπλισμό παρακολούθησης, μπορούν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά το πρόβλημα, και με την ελάχιστη απαιτούμενη ανθρώπινη παρέμβαση, όμως η εφαρμογή τους είναι εξαιρετικά δαπανηρή.

Στην παρούσα Παράγραφο περιγράφονται οι μέθοδοι θέρμανσης των καταστρωμάτων. Όπως προαναφέρθηκε, οι μέθοδοι αυτές είναι εξαιρετικά δαπανηρές, τόσο στην εγκατάσταση, όσο και στη λειτουργία τους, οπότε η εφαρμογή τους βρίσκεται ακόμη σε ερευνητικό επίπεδο και περιορίζεται αναγκαστικά μόνο σε εξαιρετικά σημαντικές περιπτώσεις γεφυρών. Αξίζει να αναφερθεί ότι αυτή τη στιγμή υπάρχουν μόνο οχτώ συνολικά περιπτώσεις θερμαινόμενων με ρευστό γεφυρών σε όλες τις Η.Π.Α. Επίσης, εφαρμογή της θέρμανσης πέρα από τις γέφυρες είναι θεμιτή, αλλά σε ειδικές περιπτώσεις οδοστρωμάτων, όπως διάδρομοι προσγείωσης, πολύ δυσχερή σημειακά τμήματα οδών, ή σταθμοί διοδίων.

10.4.2 Συστήματα θέρμανσης με σωληνώσεις θερμού ρευστού

Τα συστήματα αυτά επιτυγχάνουν τη θέρμανση του καταστρώματος της γέφυρας μέσω σωληνώσεων στις οποίες κυκλοφορεί θερμό ρευστό (υγρό ή αέριο), και οι οποίες τοποθετούνται στο εσωτερικό της πλάκας του καταστρώματος κατά το στάδιο της κατασκευής (**Εικόνα 10.6**), με σκοπό τη διατήρηση της επιφανειακής θερμοκρασίας σε επίπεδα άνω των 0°C. Η κυκλοφορία του ρευστού μπορεί να γίνεται είτε με αντλία, οπότε τα συστήματα χαρακτηρίζονται και ως *ενεργητικά συστήματα θέρμανσης*, είτε με φυσικό τρόπο, χωρίς εξωτερική μηχανική ενέργεια, οπότε χαρακτηρίζονται και ως *παθητικά συστήματα θέρμανσης*. Η πρόσδοση της αρχικής θερμότητας στο σύστημα, η οποία στη συνέχεια μεταφέρεται μέσω της κυκλοφορίας του ρευστού στο κατάστρωμα, μπορεί να πραγματοποιηθεί με θέρμανση από την κάυση κάποιας καύσιμης ύλης, ή με την αξιοποίηση γεωθερμικής ενέργειας, λύση που είναι αρκετά συνήθης, καθώς παρέχεται δωρεάν από τη φύση.



Εικόνα 10.6: Εγκατάσταση σωληνώσεων θερμού ρευστού σε κατάστρωμα γέφυρας.

Τονίζεται ότι για να είναι αποτελεσματική οποιαδήποτε μέθοδος θέρμανσης, θα πρέπει η λειτουργία της να ξεκινάει πριν από το σχηματισμό πάγου στο κατάστρωμα της γέφυρας, ειδάλλως δεν έχει πολύ περισσότερα να προσφέρει σε σχέση με τα κοινά αλάτια απόψυξης. Έτσι, για την έγκαιρη εκκίνησή του το σύστημα θέρμανσης θα πρέπει να συνοδεύεται πάντοτε από μία σειρά αισθητήρων θερμοκρασίας και καιρικών συνθηκών, τα δεδομένα των οποίων εισάγονται σε κάποιον αλγόριθμο που αποφασίζει για την έναρξη της λειτουργίας. Η επένδυση αυτή του συστήματος παρακολούθησης είναι πολύ χαμηλού κόστους μπροστά στο τεράστιο κόστος του όλου συστήματος.

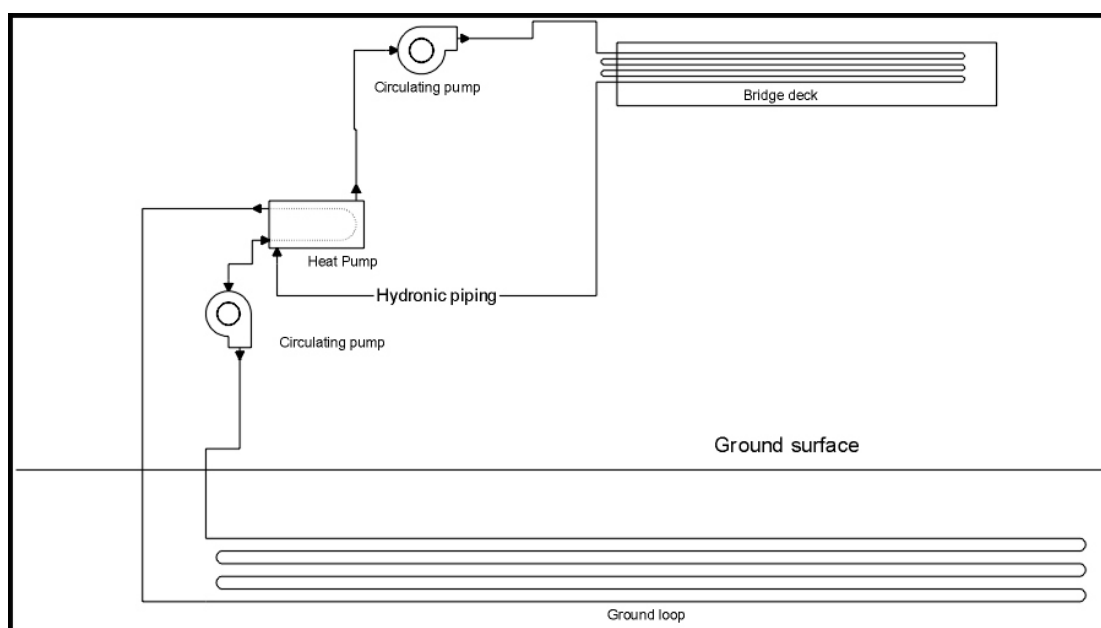
10.4.3 Ενεργητικά συστήματα θέρμανσης ρευστού

Στα ενεργητικά συστήματα θέρμανσης, η κυκλοφορία του ρευστού πραγματοποιείται με τη βοήθεια αντλίας. Οι σωλήνες έχουν εγκάρσια διάταξη στο κατάστρωμα και μπορεί να είναι από πλαστικό ή μεταλλικό (συμβατικός ή ανοξείδωτος χάλυβας, σίδηρος, χαλκός) υλικό. Οι πλαστικοί σωλήνες έχουν το πλεονέκτημα της μη οξείδωσης, έχοντας πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής, αλλά η θερμοπερατότητά τους είναι

χαμηλότερη σε σχέση με την αντίστοιχη των μεταλλικών, οπότε απαιτείται η κυκλοφορία θερμότερου υγρού. Το πρόβλημα της οξείδωσης των μεταλλικών σωλήνων απαιτεί επαρκή αντιμετώπιση από το στάδιο της κατασκευής, καθώς οποιαδήποτε επέμβαση επισκευής έχει τεράστιο κόστος. Η ενδεικνυόμενη τεχνική είναι η εξασφάλιση της κατάλληλης επικάλυψης σκυροδέματος, πάχους τουλάχιστον 5 cm, ενώ βοηθάει και η επικάλυψη των σωλήνων με εποξειδικά. Η επικάλυψη από το σκυρόδεμα ενισχύει και την αντοχή σε συνάφεια του συστήματος σωλήνων-σκυροδέματος, καθώς υφίσταται κίνδυνος αποξήλωσης λόγω των μεγάλων θερμοκρασιακών δράσεων.

Το υγρό που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά της θερμότητας στο κατάστρωμα μπορεί να είναι νερό ή έλαιο, αναμεμιγμένο με αντιψυκτικό, όπως η γλυκόλη. Για τη θέρμανση του υγρού χρησιμοποιούνται συνήθεις καυστήρες πετρελαίου, προπανίου ή φυσικού αερίου.

Μία εναλλακτική λύση θέρμανσης για συμπίεση του κόστους λειτουργίας αποτελεί η αξιοποίηση τυχόν διαθέσιμης πηγής γεωθερμικής ενέργειας. Σε αυτήν την περίπτωση οι σωληνώσεις τοποθετούνται μέσα στο έδαφος σε βάθος 9 m και άνω, όπου η θερμοκρασία προσεγγίζει τη μέση ετήσια της περιοχής, ανεξαρτήτως των επιφανειακών περιβαλλοντικών συνθηκών, ενώ εάν απαιτείται πρόσθετη θερμότητα μπορεί να προσδίδεται με ηλεκτρική ενέργεια. Στην **Εικόνα 10.7** δίνεται ένα σχεδιάγραμμα τυπικής ενεργητικής εγκατάστασης θέρμανσης καταστρώματος με γεωθερμική ενέργεια.



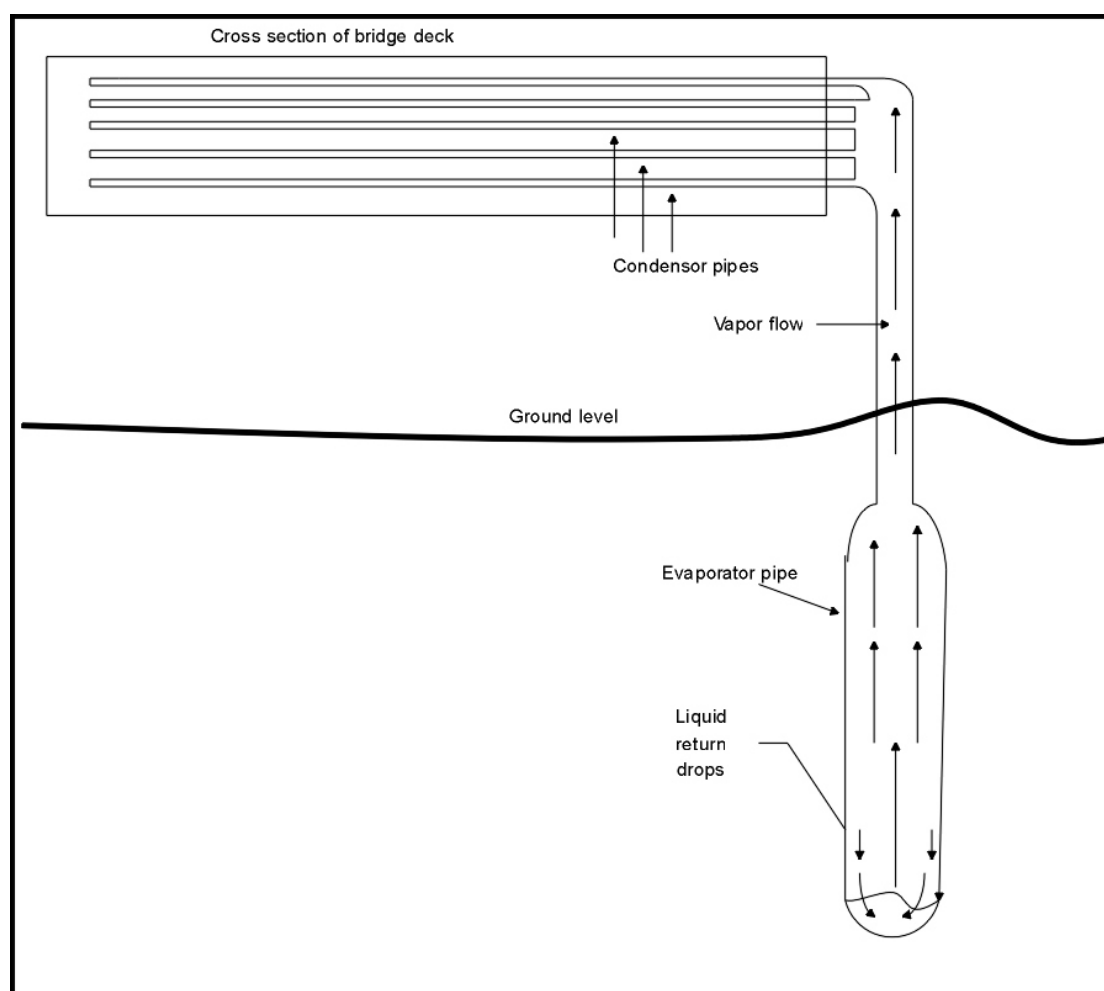
Εικόνα 10.7: Τυπικό σχεδιάγραμμα ενεργητικής εγκατάστασης θέρμανσης γέφυρας με γεωθερμική ενέργεια.

10.4.4 Παθητικά συστήματα θέρμανσης ρευστού

Στα παθητικά συστήματα θέρμανσης, η κυκλοφορία του ρευστού πραγματοποιείται με φυσικό τρόπο, μη απαιτώντας εξωτερική ενέργεια. Μετά τη θέρμανσή του από τη σχετική διάταξη, το υγρό εξατμίζεται και οι ατμοί που δημιουργούνται κινούνται προς τους σωλήνες συμπίκνωσης, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι στο κατάστρωμα της γέφυρας. Εκεί, μεταδίδουν τη θερμότητα τους στο κατάστρωμα και

συμπυκνώνονται. Στη συνέχεια, λόγω βαρύτητας η υγρή φάση επιστρέφει στη διάταξη θέρμανσης και η διαδικασία συνεχίζεται κυκλικά.

Όπως και στην περίπτωση των ενεργητικών, έτσι και στα παθητικά συστήματα ως πηγή θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας συνήθης καυστήρας. Ωστόσο, επειδή τα εν λόγω συστήματα είναι ήδη απαλλαγμένα από την ανάγκη εξωτερικής ενέργειας για την κυκλοφορία, η ιδανική λύση για τη θέρμανση είναι η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας. Έτσι, το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης εκμηδενίζεται ολοκληρωτικά, καθώς τόσο η αρχική θερμότητα, όσο και η κυκλοφορία πραγματοποιούνται με φυσικό τρόπο. Μάλιστα, ένα γεωθερμικό παθητικό σύστημα απαλλάσσεται και από την ανάγκη συστήματος ελέγχου των καιρικών συνθηκών, καθώς ο κύκλος τίθεται σε λειτουργία απλώς κάθε φορά που η θερμοκρασία του καταστρώματος είναι χαμηλότερη από την αντίστοιχη του εδάφους. Η θερμότητα μεταφέρεται από το έδαφος ακόμα και όταν δεν υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας πάγου στο κατάστρωμα, πρόσθετη λειτουργία που ούτως ή άλλως δεν κοστίζει τίποτα. Μία τυπική εγκατάσταση παθητικού γεωθερμικού συστήματος δίνεται στην **Εικόνα 10.8**.



Εικόνα 10.8: Τυπικό σχεδιάγραμμα παθητικής εγκατάστασης θέρμανσης γέφυρας με γεωθερμική ενέργεια.

Το μειονέκτημα των παθητικών συστημάτων θέρμανσης είναι ότι κατά την κατασκευή θα πρέπει να δίνεται τεράστια προσοχή στη διαμόρφωση των κλίσεων των σωληνώσεων, έτσι ώστε το συμπυκνωμένο υγρό να μπορεί να επιστρέψει στη

διάταξη θέρμανσης, ενώ για τον ίδιο λόγο οι σωλήνες θα πρέπει να διατηρούνται τελείως καθαροί. Οι δυσκολίες αυτές δεν υφίστανται στην περίπτωση των ενεργητικών συστημάτων, λόγω της ροής υπό πίεση. Πάντως υπάρχουν περιπτώσεις παθητικών συστημάτων θέρμανσης γεφυρών που μετά από δεκαετίες λειτουργούν άψογα, και χωρίς καμία συντήρηση.

10.4.5 Παράδειγμα εφαρμογής συστήματος θέρμανσης ρευστού

Μία περίπτωση συστήματος θέρμανσης καταστρώματος γέφυρας με ρευστό βρίσκεται στη Βιρτζίνια των Η.Π.Α. Η εν λόγω γέφυρα έχει μήκος 35,7 m και πλάτος 13,4 m, το δε κόστος της ανήλθε στα \$664.000, εκ των οποίων τα \$182.000 δαπανήθηκαν για το πειραματικό σύστημα θέρμανσης, ήτοι επιβλήθηκε μία προσαύξηση κατά 38% στο συμβατικό κόστος κατασκευής. Το σύστημα θέρμανσης είναι παθητικό, με καυστήρα προπανίου, και περιλαμβάνει αγωγούς συνολικού μήκους περί τα 3 km, με 241 σωλήνες διαμέτρου 1½” στο εσωτερικό της πλάκας καταστρώματος, ανά εγκάρσιες αποστάσεις της τάξης των 20 cm.

Το ρευστό που χρησιμοποιήθηκε αρχικά ήταν μία εκδοχή φρέον, αλλά η θερμική απόδοση κρίθηκε ανεπαρκής, με αποτέλεσμα τον πειραματισμό με σειρά άλλων ρευστών. Αυτή τη στιγμή το σύστημα λειτουργεί με αμμωνία, της οποίας η απόδοση κρίνεται ικανοποιητική. Για τη θέρμανση και εξάτμιση της αμμωνίας του παθητικού συστήματος χρησιμοποιείται λέβητας προπανίου.

Για τη διαχείριση της λειτουργίας του συστήματος έχει εφαρμοστεί μία σειρά αισθητήρων που υπολογίζουν τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και της επιφάνειας του καταστρώματος, τη σχετική υγρασία, την ηλιακή ακτινοβολία και την ταχύτητα του ανέμου, καθώς και ανιχνεύουν κατακρήμνιση και ύπαρξη πάγου ή χιονιού στο οδόστρωμα, ενώ μία υπέρυθη κάμερα καταγράφει τη διασπορά της θερμότητας στην επιφάνεια του καταστρώματος. Η ενεργοποίηση του συστήματος μπορεί να γίνει με την πλήρωση οποιουδήποτε από τους παρακάτω όρους:

- ο αισθητήρας επιφάνειας υποδεικνύει χιόνι ή πάγο
- ο αισθητήρας κατακρήμνισης ανιχνεύει κατακρήμνιση (βροχή ή χιονόπτωση) και η θερμοκρασία της επιφάνειας είναι κάτω από 1,5°C
- ο αισθητήρας επιφάνειας υποδεικνύει υγρό οδόστρωμα και η θερμοκρασία της επιφάνειας του καταστρώματος είναι χαμηλότερη από 1,5°C

Αντίστοιχα, η απενεργοποίηση του συστήματος μπορεί να γίνει ομοίως με την πλήρωση οποιουδήποτε από τους παρακάτω όρους:

- ο αισθητήρας επιφάνειας υποδεικνύει καθαρό οδόστρωμα για διάρκεια πάνω από 10 min
- η θερμοκρασία της επιφάνειας του καταστρώματος είναι τουλάχιστον 4,5°C

Η λειτουργία του συστήματος βρίσκεται υπό στενή παρακολούθηση από το σχετικό φορέα διαχείρισης, ο οποίος αξιολογεί συνεχώς την απόδοση, πρακτικότητα και αποτελεσματικότητά του, σε συνδυασμό με το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, τους κυκλοφοριακούς φόρτους και την εικόνα των ατυχημάτων.

10.4.6 Συστήματα θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις

Τα συστήματα αυτά, όπως και τα αντίστοιχα με σωλήνες θερμού ρευστού, χρησιμοποιούνται για την απευθείας θέρμανση της πλάκας του καταστρώματος στο εσωτερικό της. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η θέρμανση επιτυγχάνεται με τη χρήση καλωδίων, που λειτουργούν ως αντιστάσεις.

Τα καλώδια αποτελούνται από ένα ή δύο στοιχεία αντίστασης, μέσα σε υψηλής πίεσης οξειδίο μαγνησίου, επενδεδυμένο με χάλκινο ή χαλύβδινο περίβλημα. Η αντίσταση των αγωγών και το είδος του περιβλήματος καθορίζονται από τις απαιτήσεις θέρμανσης. Για βελτίωση της αντίστασης σε μηχανική φθορά κατά την εγκατάσταση και σε οξείδωση από το νερό ή τα χημικά που ενδεχομένως εισβάλλουν, μπορεί να εφαρμοστεί και επιπλέον περίβλημα από πυκνό πολυαιθυλένιο. Καλώδια με έναν αγωγό προφανώς πρέπει να επιστραφούν στην ηλεκτρική πηγή για να κλείσει το κύκλωμα, ενώ τα καλώδια με ζεύγος αγωγών μπορούν να τερματίσουν ελεύθερα, ενώνοντας στο άκρο τους δύο αγωγούς για την εξασφάλιση της επιστροφής.

Η λειτουργία στην πράξη συστημάτων θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις έχει καταδείξει το υψηλό κόστος λειτουργίας τους.

10.4.7 Θέρμανση με ηλεκτρικά αγωγήμο σκυρόδεμα

Το ηλεκτρικά αγωγήμο σκυρόδεμα είναι ένας ειδικός τύπος σκυροδέματος που διαθέτει την ιδιότητα της διαπερατότητας από ηλεκτρικό ρεύμα, σε αντίθεση με το συμβατικό. Κατά τη διαρροή του αγωγήμου σκυροδέματος από ηλεκτρικό ρεύμα αναπτύσσεται θερμότητα, η οποία αξιοποιείται για τη θέρμανση του καταστρώματος. Η διαφορά της συγκεκριμένης τεχνικής θέρμανσης από τις προηγούμενες είναι η ομοιόμορφη θέρμανση της πλάκας του καταστρώματος κατά την επιφάνειά της, ενώ στις προηγούμενες περιπτώσεις η εστία θέρμανσης ήταν συγκεντρωμένη στις γραμμές διέλευσης σωληνώσεων ή αντιστάσεων.

Μπορούν εν γένει να διακριθούν δύο τύποι αγωγήμου σκυροδέματος, το ενισχυμένο με αγωγήμες ίνες και το περιέχον αγωγήμα αδρανή. Στην πρώτη περίπτωση η ηλεκτρική διαπερατότητα προκαλείται από την ανάμιξη μεταλλικών μορίων και ιών χάλυβα στο σκυρόδεμα. Ο τύπος αυτός σκυροδέματος διατηρεί ανέπαφα τα μηχανικά του χαρακτηριστικά, αλλά έχει χαμηλότερη αγωγιμότητα, με μία ειδική αντίσταση της τάξεως των 100 Ω·cm, που οφείλεται στις περιορισμένες επιφάνειες διεπαφής μεταξύ των μεταλλικών στοιχείων. Το περιέχον αγωγήμα αδρανή σκυρόδεμα διαθέτει μεγαλύτερη αγωγιμότητα, με ειδική αντίσταση της τάξης των 10~30 Ω·cm, αλλά μειωμένη θλιπτική αντοχή, γεγονός οφειλόμενο στην απαίτηση μεγαλύτερης ποσότητας νερού για την αντιστάθμιση της απορρόφησής του από τα ειδικά αδρανή.

Εκτός από τη χρήση αγωγήμου σκυροδέματος έχει διερευνηθεί και η δυνατότητα χρήσης αγωγήμης επίστρωσης επάνω σε πλάκα από συμβατικό σκυρόδεμα, καθώς και αγωγήμου ασφαλτομίγματος.

Αν και σε γενικές γραμμές το κόστος κατασκευής αγωγήμου καταστρώματος κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα με το συμβατικό, το κόστος λειτουργίας είναι δραματικά αυξημένο, μεγαλύτερο και από την περίπτωση θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις.

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^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Λάρισα, 4-7 Οκτωβρίου 1995
5. **Δρυμαλίτου Δ., «Αντιμετώπιση προβλημάτων σήμανσης και ασφάλισης αυτοκινητοδρόμων»**, 1^ο 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^ο 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