
**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ Τ.Ε.



ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΔΗΣΗΣ ΣΕ ΒΑΡΕΩΣ ΤΥΠΟΥ ΟΧΗΜΑΤΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΩΝ

**ΚΑΜΤΣΗ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ
ΜΑΤΖΑΒΙΝΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ
ΡΟΥΣΟΥΝΕΛΟΥ ΣΠΥΡΙΔΩΝ**
2019 / 5

Επιβλέπων: ΜΠΑΖΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΣΙΝΔΟΣ, 2019

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία και τα συμπεράσματά της, σε οποιαδήποτε μορφή, αποτελούν συνιδιοκτησία του Τμήματος Μηχανολόγων Οχημάτων του Αλεξάνδρειου ΤΕΙ Θεσσαλονίκης και των των φοιτητών. Οι προαναφερόμενοι διατηρούν το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης και αναπαραγωγής (τμηματικά ή συνολικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να αναφέρεται ο τίτλος, ο συγγραφέας, ο επιβλέπων και το Τμήμα του ΑΤΕΙΘ.

Η έγκριση της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Οχημάτων δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι δηλώνουμε υπεύθυνα ότι η παρούσα Πτυχιακή Εργασία είναι εξ' ολοκλήρου δικό μας έργο και συγγράφηκε ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Μηχανολόγων Οχημάτων.

Δηλώνουμε υπεύθυνα ότι κατά τη συγγραφή ακολουθήσαμε την πρόπουσα ακαδημαϊκή δεοντολογία αποφυγής λογοκλοπής και έχουμε αποφύγει οποιαδήποτε ενέργεια που συνιστά παράπτωμα λογοκλοπής.

Ο Φοιτητής

ΚΑΜΤΣΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ
(Ολογράφως)



(Υπογραφή)

Σίνδος, 10 / 05 / 2019

Ο Φοιτητής

ΜΑΤΖΑΒΙΝΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ
(Ολογράφως)



(Υπογραφή)

Σίνδος, 10 / 05 / 2019

Ο Φοιτητής

ΡΟΥΣΟΥΝΕΛΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ
(Ολογράφως)



(Υπογραφή)

Σίνδος, 10 / 05 / 2019

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην ανάλυση των συστημάτων πέδησης βαρέων οχημάτων. Τα βαρέα οχήματα που κινούνται στους ελληνικούς δρόμους είναι αρκετά σε αριθμό. Η ασφαλής πέδηση των οχημάτων αυτών είναι σημαντικής σημασίας για την ασφάλεια των διερχομένων στους ελληνικούς δρόμους. Προς τούτο η εργασία ξεκινάει παρουσιάζοντας τα βαρέα οχήματα και τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους. Ακολούθως γίνεται μια γενική αναφορά στα συστήματα πέδησης των βαρέων οχημάτων. Στα επόμενα κεφάλαια αναλύονται τα σημαντικότερα συστήματα πέδησης βαρέων οχημάτων, τα συστήματα πέδησης αέρος και τα υδραυλικά συστήματα πέδησης. Τέλος γίνεται αναφορά σε βοηθητικά συστήματα πέδησης των οποίων η χρήση αυξάνει είτε την απόδοση της πέδησης είτε την ασφάλεια κατά την πέδηση. Η εργασία κλείνει με το κεφάλαιο των συμπερασμάτων το οποίο τοποθετείται αντί επιλόγου.

Abstract

This thesis focuses on the analysis of heavy vehicles braking systems. This kind of vehicles is a lot in Greek roads. So the safe braking of them is important for the whole safety of Greek roads users. So this thesis begins with a chapter about the heavy vehicles and their main characteristics. Then, in second chapter, a general reference is made about braking systems of heavy vehicles. After that in third and fourth chapter we analyze the most important heavy vehicle braking systems, air braking systems and hydraulic braking systems. Finally, in fifth chapter a reference to auxiliary braking systems is made. It refers in systems which increase braking force and in systems which increase braking safety. In conclusion, as a last chapter will be the conclusion of the current thesis.

Πίνακας Περιεχομένων

Εισαγωγή.....	1
1 Βαρέα οχήματα	3
1.1 Ορισμός	3
1.2 Κατηγοριοποίηση βαρέων οχημάτων	3
1.2.1 Κατηγοριοποίηση φορτηγών	3
1.2.2 Κατηγοριοποίηση λεωφορείων.....	7
1.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά βαρέων οχημάτων	11
1.3.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά φορτηγών	11
1.3.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά λεωφορείων	14
1.4 Συμμετοχή σε ατυχήματα	15
2 Συστήματα πέδησης.....	23
2.1 Γενικά στοιχεία	23
2.2 Χαρακτηριστικά των συστημάτων πέδησης	24
2.3 Δυναμική ανάλυση πέδησης	25
2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την πέδηση.....	29
2.4.1 Βάρος.....	30
2.4.2 Ταχύτητα	30
2.4.3 Απόσταση.....	31
2.4.4 Θερμοκρασία	31
2.5 Πέδηση σε βαρέα οχήματα	32
2.5.1 Τράκτορας.....	32
2.5.2 Ρυμουλκούμενο	32
2.6 Κατηγοριοποίηση συστημάτων πέδησης βαρών οχημάτων	34
2.6.1 Κύρια συστήματα πέδησης.....	34
2.6.2 Βοηθητικά συστήματα πέδησης	35
3 Συστήματα πέδησης αέρα.....	37
3.1 Κατασκευή.....	37
3.2 Αρχή λειτουργίας	41
3.3 Γενικά χαρακτηριστικά.....	45
3.4 Τύποι αερόφρενων.....	48

3.4.1	Τυμπανόφρενα με σιγμοειδή έκκεντρα (S-Cam).....	48
3.4.2	Σφηνοειδή τυμπανόφρενα(Wedge).....	50
3.4.3	Δισκόφρενα (ADB – Air Disc Brake).....	51
4	Υδραυλικά συστήματα πέδησης.....	53
4.1	Αρχή λειτουργίας.....	54
4.2	Συστήματα πέδησης τυμπάνου.....	55
4.2.1	Κατασκευή.....	56
4.2.2	Λειτουργία.....	57
4.2.3	Ρύθμιση.....	57
4.3	Συστήματα πέδησης δίσκων.....	58
4.3.1	Κατασκευή.....	58
4.3.2	Λειτουργία.....	60
4.3.3	Σερβομηχανισμός υποβοήθησης πέδησης.....	60
4.4	Υδραυλικό κύκλωμα.....	62
4.5	Υγρά φρένων υδραυλικών συστημάτων πέδησης.....	68
4.6	Διπλό υδραυλικό σύστημα.....	70
4.7	Σύγκριση υδραυλικών συστημάτων πέδησης.....	71
5	Βοηθητικά συστήματα πέδησης.....	73
5.1	Ηλεκτρόφρενα.....	73
5.2	Φρένα καυσαερίου.....	76
5.3	Συστήματα ABS.....	78
5.3.1	Αναγκαιότητα.....	78
5.3.2	Λειτουργία.....	81
5.3.3	Δομή συστήματος ABS.....	83
5.3.3.1	Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.....	83
5.3.3.2	Αισθητήρας μέτρησης ταχύτητας τροχών.....	85
5.3.3.3	Ηλεκτροϋδραυλική μονάδα.....	87
5.3.4	Περιπτώσεις χρήσης του ABS στα φορτηγά.....	91
5.3.5	Τύποι συστημάτων ABS για φορτηγά.....	93
5.4	Συστήματα ελέγχου ευστάθειας.....	95
5.4.1	Σύστημα ελέγχου πρόσφυσης.....	96
5.4.2	Ηλεκτρονικό πρόγραμμα ευστάθειας.....	98
5.5	Συστήματα εκτάκτου ανάγκης.....	100
5.5.1	Active Brake Assist – ABA (Mercedes).....	101

5.5.2	Emergency Brake Assist – EBA (MAN)	103
5.5.3	Collision Warning with Emergency Brake (Volvo).....	104
	Συμπεράσματα.....	106
	Βιβλιογραφία.....	108

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1: Αυτοκινούμενο φορτηγό [1]	4
Εικόνα 1.2: Ρυμουλκό [1].....	5
Εικόνα 1.3: Ρυμουλκούμενο όχημα [1].....	5
Εικόνα 1.4: Ημρυμουλκούμενο όχημα [1]	6
Εικόνα 1.5: Αρθρωτό όχημα [1]	6
Εικόνα 1.6; Συρμός [1].....	7
Εικόνα 1.7: Κοινό λεωφορείο [2].....	8
Εικόνα 1.8: Αρθρωτό λεωφορείο [2].....	9
Εικόνα 1.9: Υπερυψωμένο λεωφορείο [2].....	9
Εικόνα 1.10: Διώροφο λεωφορείο [2]	10
Εικόνα 1.11: Τρόλεϊ [2].....	10
Εικόνα 1.12: Μικρολεωφορείο [2].....	11
Εικόνα 1.13: Μέγιστα επιτρεπόμενα βάρη για φορτηγά που εκτελούν εθνικές μεταφορές [1]	13
Εικόνα 1.14: Μέγιστα επιτρεπόμενα βάρη για φορτηγά που εκτελούν διεθνείς μεταφορές [1]	14
Εικόνα 1.15: Παθόντες ανά ατύχημα σε ατυχήματα με και χωρίς την συμμετοχή φορτηγού [5]	17
Εικόνα 1.16: Παθόντες ανά ατύχημα σε ατυχήματα με και χωρίς την συμμετοχή λεωφορείου [5]	17
Εικόνα 1.17: Ποσοστό νεκρών ανά τύπο ατυχήματος με και χωρίς συμμετοχή φορτηγού, εντός και εκτός κατοικημένης περιοχής [5].....	17
Εικόνα 1.18: Ποσοστό νεκρών ανά τύπο ατυχήματος με και χωρίς συμμετοχή λεωφορείων, εντός και εκτός κατοικημένης περιοχής [5].....	18
Εικόνα 1.19: Παθόντες ανά ατύχημα σε ατυχήματα με εμπλοκή φορτηγού, αναλόγως της ηλικίας του οδηγού [5]	18
Εικόνα 1.20: Παθόντες ανά ατύχημα σε ατυχήματα με εμπλοκή λεωφορείου, αναλόγως της ηλικίας του οδηγού [5]	19
Εικόνα 1.21: Αριθμός νεκρών ανά 100 ατυχήματα αναλόγως της εμπλοκής διάφορων κατηγοριών οχημάτων [6].....	19
Εικόνα 1.22: Αριθμός νεκρών ανά 100 ατυχήματα αναλόγως της κατηγορίας οχήματος για τα έτη 1996-2004 [6].....	20
Εικόνα 1.23: Δείκτης επικινδυνότητας με βάση τον αριθμό των ατυχημάτων και την ηλικία των επαγγελματικών οχημάτων [6].....	21
Εικόνα 1.24: Δείκτης επικινδυνότητας με βάση τον αριθμό των νεκρών και την ηλικία των επαγγελματικών οχημάτων [6].....	22
Εικόνα 2.1: Ασκούμενες δυνάμεις σε όχημα κατά την κίνησή του [11].....	26
Εικόνα 2.2: Κύκλος Kamm [11]	27

Εικόνα 2.3: Ροπή εκτροπής οχήματος [11].....	28
Εικόνα 2.4:Υπερστροφή σε όχημα [11]	29
Εικόνα 2.5: Υποστροφή σε όχημα [11].....	29
Εικόνα 2.6: Διπλάσια δύναμη πέδησης για οχήματα διπλάσιου βάρους [8]	30
Εικόνα 2.7: Τετραπλάσια δύναμη πέδησης για διπλάσια ταχύτητα κίνησης [8].....	30
Εικόνα 2.8: Σύγκριση δυνάμεων επιτάχυνσης επιβράδυνσης [9].....	31
Εικόνα 2.9: Σύνδεση πνευματικών κυκλωμάτων πέδησης τράκτορα κι ρυμουλκούμενου [9]	33
Εικόνα 2.10: Πνευματικό κύκλωμα πέδησης ρυμουλκούμενου [9]	34
Εικόνα 3.1: Τυπικό σύστημα πέδησης αέρος [9]	37
Εικόνα 3.2: Συμπιεστής συστήματος πέδησης αέρος [12]	38
Εικόνα 3.3: Βαλβίδα ασφαλείας αερόφρενων [9].....	39
Εικόνα 3.4: Αεροφυλάκιο με βαλβίδα αποστράγγισης [9].....	39
Εικόνα 3.5: Κεντρική βαλβίδα πέδησης αερόφρενων [9]	40
Εικόνα 3.6: Αεροθάλαμος τροχού [8]	40
Εικόνα 3.7: Συμπιεστής αερόφρενων σε διαδικασία συμπίεσης [9].....	41
Εικόνα 3.8: Λειτουργία αερόφρενου – περιστροφή σιγμοειδούς έκκεντρου [9].....	42
Εικόνα 3.9: Λειτουργία αερόφρενου – κίνηση σιαγώνων [17]	43
Εικόνα 3.10: Αεροθάλαμος τροχού διπλής ενέργειας [8]	44
Εικόνα 3.11: Χειροκίνητη βαλβίδα ενεργοποίησης χειρόφρενου [9]	45
Εικόνα 3.12: Διπλό σύστημα πέδησης αέρος φορτηγού [9].....	46
Εικόνα 3.13: Δομή φρένου με χρήση σιγμοειδούς έκκεντρου [10].....	49
Εικόνα 3.14: Σφηνοειδή τυμπανόφρενα με μια και με δυο σφήνες [10].....	50
Εικόνα 3.15: Τυπική δομή δισκόφρενου αέρος [17].....	52
Εικόνα 4.1: Λειτουργία υδραυλικού συστήματος πέδησης [21]	55
Εικόνα 4.2: Τυπική δομή τυμπανόφρενου [17]	56
Εικόνα 4.3: Κίνηση σιαγώνας τυμπανόφρενου [17]	57
Εικόνα 4.4: Υδραυλικό δισκόφρενο [17]	59
Εικόνα 4.5: Τυπική δομή υποβοηθητικού σερβομηχανισμού πέδησης [18].....	61
Εικόνα 4.6: Τοποθέτηση σερβομηχανισμού στον κύριο κύλινδρο του συστήματος πέδησης [17]	62
Εικόνα 4.7: Αντλία διπλού κυλίνδρου [18]	63
Εικόνα 4.8: Κύλινδρος τροχού υδραυλικού συστήματος πέδησης με τυμπανόφρενα [22]	65
Εικόνα 4.9: Συνδυαστική βαλβίδα στο σύστημα πέδησης [17].....	67
Εικόνα 4.10: Σημείο βρασμού υγρών συστήματος πέδησης [19].....	69
Εικόνα 4.11: Διπλά υδραυλικά συστήματα πέδησης [18].....	70
Εικόνα 5.1: Ηλεκτρικό φρένο [16].....	74
Εικόνα 5.2: Παραγωγή δινορευμάτων σε περιστρεφόμενο δίσκο [14].....	75
Εικόνα 5.3: Σύστημα πέδησης καυσαερίων [18]	78
Εικόνα 5.4: Σχέση ποσοστού ολίσθησης με δύναμη τριβής και πλάγια ευστάθεια [11]	79
Εικόνα 5.5: Πέδηση οχήματος με και χωρίς σύστημα ABS [11]	80
Εικόνα 5.6: Διάγραμμα λειτουργίας συστήματος ABS [11]	82
Εικόνα 5.7: Μορφή συστήματος ABS για φορτηγά [9].....	83

Εικόνα 5.8: Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ABS [17]	84
Εικόνα 5.9: Μετρητής στροφών τροχού συστήματος ABS [9]	86
Εικόνα 5.10: Έξοδος μετρητή στροφών τροχού [17].....	87
Εικόνα 5.11: Ηλεκτροϋδραυλική μονάδα συστήματος ABS [11]	88
Εικόνα 5.12: Αύξηση πίεσης πέδησης κατά την λειτουργία του συστήματος ABS [11]	89
Εικόνα 5.13: Μείωση πίεσης πέδησης κατά την λειτουργία του συστήματος ABS [11]	90
Εικόνα 5.14: Σταθεροποίηση πίεσης πέδησης κατά την λειτουργία του συστήματος ABS[11]	91
Εικόνα 5.15: Χρήση ABS για αποφυγή του διπλώματος του ρυμουλκούμενου μέρους [17]..	92
Εικόνα 5.16: Σύστημα ABS 4S/4M [12].....	94
Εικόνα 5.17: Σύστημα ABS 6S/6M [17].....	95
Εικόνα 5.18: Δομή συστήματος αυτόματου ελέγχου πρόσφυσης [13]	96
Εικόνα 5.19: Συνδυασμός συστήματος ABS και ATC σε τράκτορα φορτηγού [13]	98
Εικόνα 5.20: Σύστημα ESP σε τράκτορα φορτηγού [13].....	100
Εικόνα 5.21: Έναρξη πέδησης μόλις το ABA εντοπίσει πεζό [25]	102
Εικόνα 5.22: Προειδοποίηση οδηγού μόλις το ABA εντοπίσει όχημα ή αντικείμενο σε μεγάλη απόσταση [25].....	102
Εικόνα 5.23: Έναρξη περιοδικής πέδησης όταν το όχημα πλησιάσει στο άλλο όχημα ή στο αντικείμενο [25]	103
Εικόνα 5.24: Έναρξη πλήρους πέδησης όταν το όχημα πλησιάσει πολύ κοντά στο άλλο όχημα ή στο αντικείμενο [25].....	103
Εικόνα 5.25: Λειτουργία συστήματος EBA [26]	104
Εικόνα 5.26: Σύστημα εκτάκτου ανάγκης της Volvo [21]	105

Εισαγωγή

Τα βαρέα οχήματα είναι μια πολύ μεγάλη κατηγορία οχημάτων τα οποία βρίσκονται συχνά στους δρόμους καθότι είναι επαγγελματικά οχήματα. Ειδικά τα φορτηγά, ρυμουλκούμενα ή μη και τα λεωφορεία είναι βαρέα οχήματα τα οποία συναντούμε κατά χιλιάδες στους ελληνικούς δρόμους. Η ασφαλής κίνησή τους λοιπόν στους δρόμους είναι σημαντικός παράγοντας της συνολικής ασφάλειας στους δρόμους. Δεν είναι λίγες φορές που βαρέα οχήματα έχουν εμπλακεί σε δυστυχήματα. Και δυστυχώς συνήθως οι νεκροί είναι πολλοί. Είτε γιατί το βαρύ όχημα μπορεί να είναι λεωφορείο με πολλούς επιβάτες είτε γιατί μπορεί να συγκρουστεί με πολλά επιβατικά οχήματα μέχρι να σταματήσει.

Τα οχήματα αυτά παρουσιάζουν μερικές ιδιαιτερότητες σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα, ιδιαιτερότητες που οφείλονται είτε στον μεγάλο τους όγκο, είτε στο μεγάλο τους βάρος είτε σε συνδυασμό και των δύο. Μια από τις ιδιαιτερότητες αυτές είναι η ανάγκη για αυξημένες δυνάμεις πέδησης ώστε να είναι ασφαλής η λειτουργία τους. Μάλιστα η απαιτούμενη πέδηση είναι πολύ μεγάλη, τόσο ώστε να απαιτούνται πολλά συστήματα πέδησης, κύρια και εφεδρικά ώστε να μπορεί να ακινητοποιείται το όχημα με ασφάλεια.

Οι ανάγκες αυξημένης πέδησης των οχημάτων αυτών έχουν οδηγήσει τις παραγωγούς εταιρίες στην επένδυση πολύ μεγάλων κεφαλαίων για μελέτη και έρευνα των συστημάτων πέδησης. Στόχος τους να βελτιώσουν την αποδοτικότητα τους. Παράλληλα όμως στοχεύουν και να βελτιώσουν την ασφάλεια κατά την πέδηση. Και οι δύο παράγοντες είναι πολύ σημαντικοί και βελτιώνουν γενικά την οδική ασφάλεια. Την δεδομένη στιγμή, στα βαρέα οχήματα, χρησιμοποιούνται πρωτοποριακά συστήματα πέδησης τα οποία δεν χρησιμοποιούνται σε επιβατικά οχήματα γιατί δεν έχουν λόγο ύπαρξης. Για παράδειγμα συστήματα όπως τα ηλεκτρόφρενα ή τα φρένα καυσαερίων είναι συστήματα πέδησης τα οποία χρησιμοποιούνται μόνο στα βαρέα οχήματα. Αντίστοιχα, τα αερόφρενα έχουν εξελιχθεί σε τέτοιο βαθμό και με τόσες παραλλαγές μόνο και μόνο για να μπορούν να ακινητοποιούν με ασφάλεια βαρέα οχήματα.

Πέραν των συστημάτων πέδησης αυτών καθ' αυτών, μεγάλη εξέλιξη υπάρχει και στα συστήματα ασφαλείας κατά την πέδηση. Αρχής γενομένης από το σύστημα ABS και φτάνοντας μέχρι το σύστημα ηλεκτρονικού έλεγχου ευστάθειας οχήματος όλα τα συστήματα έλεγχου ευστάθειας πρωτοεμφανίζονται στα βαρέα οχήματα και ακολούθως εισέρχονται στην αγορά των μικρών επιβατικών οχημάτων.

Συνεπώς λοιπόν, συμπεραίνοντας από τα παραπάνω, η μελέτη των συστημάτων πέδησης και των βοηθητικών τους συστημάτων για τα βαρέα οχήματα συνεπάγεται μελέτη της επιτομής της τεχνολογίας της πέδησης. Ο σκοπός της παρούσας εργασίας λοιπόν είναι να παρουσιάσει τα πλέον σύγχρονα συστήματα πέδησης βαρέων οχημάτων διαμέσου μιας βιβλιογραφικής ανασκόπησης στις σύγχρονες τεχνολογίες πέδησης. Στόχος είναι με το πέρας της εργασίας αυτής ο αναγνώστης να είναι σε θέση να γνωρίζει τα σύγχρονα συστήματα πέδησης βαρέων οχημάτων, να αντιληφθεί την λειτουργία τους και την ασφαλή πέδηση που προσφέρουν στο όχημα και εν τέλει να μπορεί να κατανοήσει ποια αναμένεται να είναι τα επόμενα βήματα της τεχνολογίας σε αυτό τον τομέα.

1 Βαρέα οχήματα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ένα μεγάλο μέρος των οχημάτων που κινούνται στους ελληνικούς δρόμους είναι τα βαρέα οχήματα. Τι είναι όμως τα βαρέα οχήματα; Πως ορίζεται ένα όχημα ως «βαρύ»; Ποια τα χαρακτηριστικά τους; Αυτές οι ερωτήσεις θα απαντηθούν στο παρόν κεφάλαιο. Αρχικά λοιπόν θα δοθεί ο ορισμός των βαρέων οχημάτων και εν συνεχεία θα καταγραφούν τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους όπως για παράδειγμα τα είδη και τα βάρη. Στο τέλος θα γίνει αναφορά στην συμμετοχή των βαρέων οχημάτων σε ατυχήματα.

1.1 Ορισμός

Ως βαρέα οχήματα ορίζονται τα οχήματα τα οποία έχουν βάρος μεγαλύτερο των 3,5 τόνων. Ο λόγος που πήραν αυτή την ονομασία είναι σαφέστατα εξαιτίας του βάρους τους. Ποια οχήματα όμως έχουν βάρος μεγαλύτερο των 3,5 τόνων; Στην κατηγορία λοιπόν των βαρέων οχημάτων εντάσσονται κατά βάση όλα τα φορτηγά και τα λεωφορεία. Τι είναι όμως τα φορτηγά και τι τα λεωφορεία;

Ως φορτηγό ορίζεται το όχημα το οποίο χρησιμοποιείται για την μεταφορά πραγμάτων και εμπορευμάτων. Το μέγεθος των αντικειμένων μεταφοράς δεν παίζει ρόλο. Τα φορτηγά δύναται να μεταφέρουν και χύδην φορτία.

Ως λεωφορείο ορίζεται οποιοδήποτε όχημα με κινητήρα το οποίο διαθέτει 10 ή περισσότερες θέσεις καθήμενων, συμπεριλαμβανομένης της θέσης του οδηγού, και το οποίο χρησιμοποιείται για την μεταφορά επιβατών και των αποσκευών τους. [1], [2]

1.2 Κατηγοριοποίηση βαρέων οχημάτων

Παραπάνω αναφέρθηκε ότι στην κατηγορία των βαρέων οχημάτων εντάσσονται τα φορτηγά και τα λεωφορεία. Όμως και αυτά με την σειρά τους έχουν πλειάδα κατηγοριών και τύπων. Στις επόμενες γραμμές θα δούμε τις κατηγορίες των φορτηγών αρχικώς και των λεωφορείων ακολούθως.

1.2.1 Κατηγοριοποίηση φορτηγών

Τα φορτηγά μπορούν να διαχωριστούν σε διάφορες κατηγορίες αναλόγως της μορφής τους. Έτσι δημιουργούνται οι ακόλουθες κατηγορίες:

- Αυτοκινούμενα φορτηγά: Είναι τα φορτηγά τα οποία είναι αυτοκινούμενα με χώρο στο πίσω μέρος τους για την μεταφορά πραγμάτων. Ο χώρος μπορεί να είναι κλειστός ή

ανοικτός για την μεταφορά χύδην φορτίου. Στην εικόνα φαίνεται ένα αυτοκινούμενο φορτηγό.



Εικόνα 1.1: Αυτοκινούμενο φορτηγό [1]

- Ρυμουλκό ή τράκτορας ή ελκυστήρας: Είναι το όχημα το οποίο χρησιμοποιείται μόνο για να ρυμουλκήσει άλλα οχήματα. Στην φωτογραφία βλέπουμε ένα ρυμουλκό.



Εικόνα 1.2: Ρυμουλκό [1]

- Ρυμουλκούμενο: Είναι το όχημα που δεν διαθέτει κινητήρα, δεν μπορεί να κινηθεί μόνο του και πρέπει υποχρεωτικά να σύρεται από άλλο όχημα. Ο εμπρόσθιος του άξονας είναι διευθυντήριο. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ένα ρυμουλκούμενο.



Εικόνα 1.3: Ρυμουλκούμενο όχημα [1]

- Ημιρυμουλκούμενο ή επικαθήμενο: Είναι το ρυμουλκούμενο όχημα το οποίο δεν έχει εμπρόσθιο άξονα και ο σχεδιασμός του είναι τέτοιος που μεταφέρει σημαντικό μέρος του βάρους του στο ρυμουλκό. Η έλλειψη εμπρόσθιου άξονα συνεπάγεται ότι μπορεί

και να μην έχει διεθυντήριο άξονα το ημιρυμουλκούμενο. Παρακάτω φαίνεται ένα επικαθήμενο.



Εικόνα 1.4: Ημιρυμουλκούμενο όχημα [1]

- Αρθρωτό όχημα: Είναι το φορτηγό εκείνο όπου συνδυάζει ένα ρυμουλκό και ένα ημιρυμουλκούμενο όχημα. Η επόμενη φωτογραφία δείχνει ένα αρθρωτό όχημα.



Εικόνα 1.5:Αρθρωτό όχημα [1]

- Συρμός: Είναι ο συνδυασμός οχημάτων (συνήθως αυτοκινούμενο και ρυμουλκούμενο) τα οποία συνδέονται μεταξύ τους και κινούνται ενιαία ως μια μονάδα. Ένας συρμός απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 1.6: Συρμός [1]

Τα φορτηγά αναλόγως του αριθμού των αξόνων τους διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Διαξονικά: Φέρουν δύο άξονες. Συνήθως είναι τα αυτοκινούμενα και κάποιοι τράκτορες και ρυμουλκούμενα.
- Τριαξονικά: Φέρουν τρεις άξονες. Συνήθως είναι οι τράκτορες, κάποια αυτοκινούμενα και τα ρυμουλκούμενα και κάποια επικαθήμενα.
- Τετραξονικά: Φέρουν τέσσερις άξονες. Συνήθως είναι κάποια επικαθήμενα και μερικοί συρμοί.
- Πενταξονικά η με περισσότερους άξονες: Φέρουν πέντε ή περισσότερους άξονες. Συνήθως είναι οι συρμοί και τα αρθρωτά οχήματα. [1], [3]

1.2.2 Κατηγοριοποίηση λεωφορείων

Κατά αντίστοιχο τρόπο με τα φορτηγά κατηγοριοποιούνται και τα λεωφορεία. Με κριτήριο την σχέση μεταξύ των καθήμενων και των όρθιων επιβατών προκύπτουν οι ακόλουθες κατηγορίες λεωφορείων.

- Αστικά λεωφορεία (κατηγορία 1): Είναι τα λεωφορεία που είναι κατασκευασμένα ώστε να μεταφέρουν και καθήμενους και όρθιους επιβάτες. Οι καθήμενοι επιβάτες πρέπει να είναι τουλάχιστον το 25% του συνόλου των μεταφερόμενων επιβατών. Οι μεταφερόμενοι επιβάτες πρέπει να είναι τουλάχιστον 40 άτομα.
- Υπεραστικά, ημιαστικά, μεταφοράς προσωπικού, σχολικά (κατηγορία 2): Είναι τα λεωφορεία τα οποία μεταφέρουν κατά κόρο καθήμενους επιβάτες. Σε μερικές

εξαιρέσεις μπορούν να μεταφέρουν και όρθιους επιβάτες οι οποίοι όμως θα είναι το πολύ ίσοι με το 55% των καθημένων επιβατών στα ημιαστικά λεωφορεία και ίσοι με το 25% των καθημένων επιβατών στα υπεραστικά λεωφορεία.

- Τουριστικά λεωφορεία (κατηγορία 3): Είναι τα λεωφορεία που έχουν σχεδιαστεί για την μεταφορά μόνο καθημένων επιβατών. Απαγορεύεται ρητά η ύπαρξη όρθιων επιβατών.

Ένας δεύτερος τρόπος διάκρισης των λεωφορείων σε κατηγορίες είναι αναλόγως του τύπου του αμαξώματος. Έτσι λοιπόν διακρίνουμε τις ακόλουθες κατηγορίες:

- Κοινό λεωφορείο: Έχει ένα όροφο με μέγιστο ύψος τα 3,2m και αποτελείται από ένα και μόνο τμήμα. Ένα κοινό λεωφορείο φαίνεται στην επόμενη φωτογραφία.



Εικόνα 1.7: Κοινό λεωφορείο [2]

- Αρθρωτό λεωφορείο: Έχει ένα όροφο αλλά αποτελείται από δύο σταθερά τμήματα τα οποία είναι μονίμως αρθρωμένα μεταξύ τους. Οι χώροι επιβατών των δύο τμημάτων επικοινωνούν εσωτερικά μεταξύ τους. Διακρίνεται παρακάτω ένα αρθρωτό λεωφορείο.



Εικόνα 1.8: Αρθρωτό λεωφορείο [2]

- Υπερυψωμένο λεωφορείο: Είναι το λεωφορείο το οποίο έχει μόνο ένα όροφο επιβατών όμως το συνολικό ύψος του υπερβαίνει τα 3,2 μέτρα. Ένα υπερυψωμένο λεωφορείο απεικονίζεται παρακάτω.



Εικόνα 1.9: Υπερυψωμένο λεωφορείο [2]

- Διώροφο λεωφορείο: Είναι το λεωφορείο το οποίο έχει και δεύτερο όροφο επιβατών στον οποίο μπορεί να μεταφέρει μόνο καθήμενους επιβάτες. Η ακόλουθη φωτογραφία δείχνει ένα διώροφο λεωφορείο.



Εικόνα 1.10: Διώροφο λεωφορείο [2]

- Τρόλεϊ: Είναι το λεωφορείο που κινείται με ηλεκτρικό ρεύμα και ηλεκτροδοτείται από εναέριο δίκτυο υψηλής τάσης. Το λεωφορείο αυτό συνδέεται με το δίκτυο με την χρήση ειδικών αγωγών που ονομάζονται τρολέδες. Ένα τρόλεϊ φαίνεται στην επόμενη φωτογραφία.



Εικόνα 1.11: Τρόλεϊ [2]

- Μικρολεωφορείο: Είναι το λεωφορείο που μπορεί να χωρέσει το πολύ μέχρι 22 καθήμενα άτομα επιπλέον του οδηγού και μέχρι 39 άτομα αν είναι σχεδιασμένο ώστε να μεταφέρει αποκλειστικά παιδιά. Η εικόνα παρακάτω απεικονίζει ένα μικρολεωφορείο. [2]



Εικόνα 1.12: Μικρολεωφορείο [2]

1.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά βαρέων οχημάτων

Τόσο τα φορτηγά όσο και τα λεωφορεία έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τα οποία τα διακρίνουν. Τα χαρακτηριστικά αυτά αφορούν τις μέγιστες διαστάσεις των οχημάτων και τα βάρη τους. Στην ενότητα αυτή λοιπόν θα δούμε τα χαρακτηριστικά τους ξεκινώντας από τα φορτηγά και συνεχίζοντας με τα λεωφορεία.

1.3.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά φορτηγών

Τα φορτηγά έχουν συγκεκριμένες διαστάσεις οι οποίες είναι ενιαίες στο ύψος και στο πλάτος και διαφοροποιούνται μόνο στο μήκος του οχήματος, αναλόγως του τύπου του φορτηγού. Έτσι λοιπόν τα φορτηγά έχουν μέγιστο ύψος τα 4m και πλάτος 2,55m. Σε περίπτωση που τα φορτηγά είναι ψυγεία και απαιτείται η ύπαρξη χοντρού τοιχώματος τότε το πλάτος των φορτηγών μπορεί να φτάσει τα 2,6m κατ'εξάιρεση. Στον υπολογισμό του πλάτους δεν περιλαμβάνονται στοιχεία όπως οι καθρέπτες (εάν αναδιπλώνονται εύκολα με μικρή πίεση), τα φώτα όγκου, οι πλευρικοί δείκτες και οι εγκάρσια προέκταση των ελαστικών στο σημείο επαφής με το έδαφος.

Τα μέγιστα επιτρεπτά μήκη των φορτηγών προκύπτουν από την κατηγορία στην οποία ανήκουν. Τα αυτοκινούμενα φορτηγά και τα ρυμουλκούμενα μπορούν να έχουν μήκος έως και 12m. Τα αρθρωτά οχήματα μπορούν να έχουν μήκος που φτάνει τα 16,5m ενώ τα οχήματα συρμοί μπορούν να φτάσουν σε μήκη έως και 18,75m. Τόσο τα μήκη όσο και το ύψος και το πλάτος είναι τα ίδια ανεξαρτήτως αν τα φορτηγά εκτελούν διεθνείς ή εθνικές μεταφορές.

Τα επιτρεπτά βάρη ανά φορτηγό προκύπτουν από τον αριθμό των αξόνων του φορτηγού. Τα βάρη του φορτηγού μεταφέρονται διαμέσου των τροχών στο οδόστρωμα οπότε ο αριθμός των τροχών (άρα ο αριθμός των αξόνων) καθορίζει το μέγιστο βάρος. Αυτό γίνεται ώστε να αποφευχθεί η υψηλή πίεση από ένα ελαστικό στο οδόστρωμα κάτι που θα καταστρέψει το οδόστρωμα. Με βάση αυτό λοιπόν, και για κάθε κατηγορία φορτηγού, αναλόγως του αριθμού των αξόνων που έχει προκύπτουν τα μέγιστα επιτρεπτά βάρη που αναγράφονται στους πίνακες των επόμενων δύο εικόνων. Ο πρώτος πίνακας αφορά τα μέγιστα επιτρεπτά βάρη για φορτηγά που εκτελούν εθνικές μεταφορές και ο δεύτερος για φορτηγά που εκτελούν διεθνείς μεταφορές. Παρατηρούνται ότι τα οχήματα που εκτελούν εθνικές μεταφορές έχουν ελαφρά μεγαλύτερο επιτρεπόμενο βάρος (της τάξεως των 1 έως 2 τόνων). [1], [3]

Είδος οχήματος.	Βάρος (kg).
Αυτοκίνητα.	
Διαξονικά (σχ. 1.15).	19.000
Τριαξονικά (σχ. 1.16).	26.000
Τετραξονικά (σχ. 1.17).	33.000
Ρυμουλκούμενα.	
Μονοαξονικά.	10.000
Διαξονικά (σχ. 1.3).	19.000
Τριαξονικά [σχ. 1.9(β)].	26.000
Τεσσάρων ή περισσότερων αξόνων.	30.000
Ημιρυμουλκούμενα (επικαθήμενα).	
Μονοαξονικά.	19.000
Διαξονικά (σχ. 1.18).	29.000
Τριών ή περισσότερων αξόνων (σχ. 1.19).	32.000
Αρθρωτά οχήματα.	
Συνολικού αριθμού τριών αξόνων.	29.000
Συνολικού αριθμού τεσσάρων ή περισσότερων αξόνων (σχ. 1.20).	38.000
Συρμοί.	
Διαξονικό φορτηγό + μονοαξονικό ρυμουλκούμενο.	26.000
Τριαξονικό φορτηγό + μονοαξονικό ρυμουλκούμενο.	33.000
Τετραξονικό φορτηγό + μονοαξονικό ρυμουλκούμενο ή τριαξονικό ή διαξονικό φορτηγό + ρυμουλκούμενο με δύο ή περισσότερους άξονες (σχ. 1.21).	38.000

Εικόνα 1.13: Μέγιστα επιτρεπόμενα βάρη για φορτηγά που εκτελούν εθνικές μεταφορές [1]

Είδος οχήματος.	Βάρος (kg).
Διαξονικό ρυμουλκούμενο.	18.000
Τριαξονικό ρυμουλκούμενο.	24.000
Διαξονικά οχήματα με κινητήρα.	18.000
Τριαξονικά οχήματα με κινητήρα.	25.000 ή 26.000 ⁴
Τετραξονικά οχήματα με κινητήρα.	32.000 ⁴
Οδικοί συρμοί με πέντε ή έξι άξονες: Διαξονικό όχημα + τριαξονικό ρυμουλκούμενο. Τριαξονικό όχημα + (διαξονικό ή τριαξονικό) ρυμουλκούμενο.	40.000
Αρθρωτά οχήματα με πέντε ή έξι άξονες: Διαξονικό + τριαξονικό ημιρυμουλκούμενο. Τριαξονικό + (διαξονικό ή τριαξονικό) ρυμουλ- κούμενο. Τριαξονικό + (διαξονικό ή τριαξονικό) ημιρυ- μουλκούμενο που φέρει σε περίπτωση συνδυα- σμένης μεταφοράς εμπορευματοκιβώτιο ISO 40 ft (ποδών).	40.000 44.000
Τετραξονικοί συρμοί αποτελούμενοι από δια- ξονικό φορτηγό + διαξονικό ρυμουλκούμενο.	36.000
Τετραξονικά αρθρωτά οχήματα που αποτελούνται από διαξονικό φορτηγό + διαξονικό ημιρυμουλκούμενο με απόσταση των αξόνων του ημιρυμουλκούμενου:	
1,3 m ≤ α ≤ 1,8 m	36.000
1,8 m < α _{1,2}	36.000 ή 38.000 ⁵

Εικόνα 1.14: Μέγιστα επιτρεπόμενα βάρη για φορτηγά που εκτελούν διεθνείς μεταφορές [1]

1.3.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά λεωφορείων

Οι διαστάσεις των λεωφορείων προκύπτουν από την κατηγορία των λεωφορείων στην οποία ανήκουν. Η μόνη κοινή διάσταση για όλα τα λεωφορεία είναι το πλάτος το οποίο πρέπει να είναι κατά μέγιστο 2,55m. Σε αυτή την διάσταση δεν προσμετρούνται καθρέπτες εάν κλείνουν εύκολα με μικρή πίεση, φώτα σήμανσης όγκου του οχήματος και δείκτες κατεύθυνσης. Επίσης δεν προσμετράτε η εγκάρσια παραμόρφωση του ελαστικού στο σημείο στο οποίο ακουμπάει στο έδαφος.

Το ύψος του λεωφορείου είναι ανάλογο του τύπου του λεωφορείου. Τα κοινά λεωφορεία έχουν μέγιστο ύψος ίσο με 3,2m. Τα υπερυψωμένα λεωφορεία (όπως για παράδειγμα τα τουριστικά) μπορούν να φτάσουν σε ύψος μεταξύ 3,2 και 4 μέτρων. Τα διώροφα λεωφορεία μπορούν να έχουν μέγιστο ύψος τα 4m.

Το μήκος των λεωφορείων μεταβάλλεται αναλόγως του αν είναι αρθρωτό ή όχι το λεωφορείο. Ένα απλό λεωφορείο, ενός οχήματος, έχει μήκος κατά μέγιστο 12m. Ένα αρθρωτό λεωφορείο, με 2 οχήματα και μόνιμη άρθρωση έχει μήκος κατά μέγιστο 18m.

Τα επιτρεπόμενα βάρη των λεωφορείων διαφέρουν αναλόγως του αριθμού των αξόνων τους. Όπως και στα φορτηγά, για τον ίδιο λόγο ακριβώς, λεωφορεία με περισσότερους άξονες έχουν την δυνατότητα να μεταφέρουν περισσότερο φορτίο. Έτσι λεωφορεία τα οποία εκτελούν εθνικές μεταφορές μπορούν να μεταφέρουν βάρος έως και 19 τόνους εάν είναι διαξονικά και έως 26 τόνους εάν είναι τριαξονικά. Τα ίδια λεωφορεία, εάν εκτελούν διεθνείς μεταφορές μπορούν να μεταφέρουν έως 18 και 25 τόνους αντίστοιχα. Εθνικές μεταφορές εκτελούν όμως και αρθρωτά λεωφορεία τα οποία μπορούν να μεταφέρουν βάρος έως 29 τόνους αν είναι τριαξονικά και έως 38 τόνους εάν έχουν τέσσερεις ή περισσότερους άξονες. Αρθρωτά λεωφορεία σε διεθνείς μεταφορές σπάνια υπάρχουν, και σε αυτές τις περιπτώσεις είναι τριαξονικά και μπορούν να μεταφέρουν έως και 28 τόνους φορτίο.

Πέραν όλων των παραπάνω, τα λεωφορεία, ειδικά τα λεωφορεία τουρισμού και τα υπεραστικά λεωφορεία τα οποία μεταφέρουν άτομα με πολλές αποσκευές, έχουν την δυνατότητα να φέρουν ρυμουλκούμενο όχημα στο οποίο τοποθετούνται αποσκευές. Το όχημα αυτό πρέπει να έχει μικτό βάρος κατά μέγιστο 3,5 τόνους ώστε να μην υπάρχουν προβλήματα κατά την έλξη του από το λεωφορείο. [2]

1.4 Συμμετοχή σε ατυχήματα

Ως επαγγελματικά οχήματα, τα βαρέα οχήματα, βρίσκονται συνεχώς στον δρόμο. Και φυσικά, ένα όχημα που βρίσκεται συνεχώς στον δρόμο θα εμπλακεί και σε ατυχήματα και σε δυστυχήματα. Μάλιστα υπάρχουν μερικοί λόγοι που καθιστούν τους επαγγελματίες οδηγούς και κατά συνέπεια και τα οχήματά τους, περισσότερο επιρρεπείς στα δυστυχήματα. Οι λόγοι αυτοί είναι οι ακόλουθοι:

- Αυξημένη κόπωση λόγω πολύωρης οδήγησης χωρίς διαλείμματα.
- Υψηλό ποσοστό παραβάσεων είτε για εξοικονόμηση χρόνου και καυσίμου είτε γιατί νομίζουν ότι μπορούν να αντιδράσουν αν κάτι πάει λάθος.

- Επικίνδυνη οδήγηση ώστε να ολοκληρώσουν συντομότερα την εργασία τους.
- Χρήση παλιών και επικίνδυνων δρόμων είτε για να αποφύγουν περιοριστικά μέτρα κυκλοφορίας στις εθνικές οδούς είτε για να αποφύγουν την καταβολή διόδιου τέλους.
- Τα οχήματα είναι παλαιά και μεταχειρισμένα, εισάγονται από την Ευρώπη ως μεταχειρισμένα λόγω του υψηλού κόστους προμήθειας καινούριου με αποτέλεσμα να έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής τους και να μην είναι όσο ασφαλή είναι τα καινούρια.

Το πρόβλημα όμως είναι ότι τα ατυχήματα με τα βαρέα οχήματα, λόγω των μεγαλύτερων διαστάσεών τους και του μεγαλύτερου βάρους τους, είναι σοβαρότερα. Ειδικότερα για τους πιο ευάλωτους χρήστες του δικτύου, χρήστες με μικρά επιβατικά οχήματα, η σύγκρουση με ένα βαρύ όχημα είναι συνήθως μοιραία. Μόνο το έτος 2011 καταγράφηκαν 12 θανατηφόρα οχήματα με βαρέα οχήματα ενώ την δεκαετία 1999-2008 σκοτώθηκαν περίπου 2000 άτομα (1914 κατ ακρίβειαν) σε ατυχήματα στα οποία συμμετείχαν φορτηγά άνω των 3,5 τόνων και περίπου 500 άτομα (564 κατ ακρίβειαν) σε ατυχήματα στα οποία συμμετείχαν λεωφορεία. Σε μια δεκαετία, ένα μεσαίου μεγέθους χωρίο της χώρας με πληθυσμό 2500 κατοίκων χάθηκε σε τροχαία με βαρέα οχήματα. Ως ποσοστό επί των ατυχημάτων, το 15% του συνόλου των ατυχημάτων της χώρας, το έτος 2008 είχαν συμμετοχή βαρέου οχήματος. Και στο 15% των ατυχημάτων αντιστοιχούσε το 20% των νεκρών του συνόλου των νεκρών από τροχαία ατυχήματα. Και στα δύο ποσοστά η Ελλάδα βρίσκεται πάνω από τον Ευρωπαϊκό μέσο όρο. Κινείται σε καλύτερα επίπεδα μόνο από τις νεοεισερχόμενες χώρες στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Σύμφωνα με έρευνα του Μετσόβιου πολυτεχνείου παρατηρείται ότι ο αριθμός των νεκρών ανά ατύχημα με την εμπλοκή φορτηγού είναι σχεδόν διπλάσιος από τον αριθμό των νεκρών ανά ατύχημα στο οποίο δεν υπάρχει εμπλοκή φορτηγού. Συγκεκριμένα, σε κάθε ατύχημα που εμπλέκεται φορτηγό αντιστοιχούν 0,17 νεκροί ενώ σε κάθε ατύχημα που δεν εμπλέκετε φορτηγό αντιστοιχούν 0,09 νεκροί. Σε αντίθεση με τους νεκρούς, τα ποσοστά για τους βαριά και τους ελαφρά τραυματίες είναι περίπου τα ίδια στα ατυχήματα με και χωρίς την εμπλοκή φορτηγών. Το άλλο νούμερο που αλλάζει είναι ο αριθμός των μη παθόντων οδηγών. Σε ατυχήματα με φορτηγό αντιστοιχούν 1,01 μη παθόντες οδηγοί ενώ στα ατυχήματα χωρίς φορτηγό αντιστοιχούν 0,85 μη παθόντες οδηγοί. Αυτό συμβαίνει γιατί τα βαρέα οχήματα προστατεύουν τους οδηγούς τους. Αντίστοιχα περίπου είναι και τα στοιχεία για τα ατυχήματα με λεωφορεία. Μόνη μεγάλη στατιστική διαφορά είναι στον αριθμό των ελαφρά τραυματιών που οφείλεται στον μεγάλο αριθμό ατόμων που έχουν μέσα τα λεωφορεία. Ο πίνακας της

πρώτης εικόνας δίνει τα αποτελέσματα της έρευνας για τα ατυχήματα στα οποία εμπλέκονται φορτηγά και της δεύτερης εικόνας για τα ατυχήματα στα οποία εμπλέκονται λεωφορεία.

Δείκτες σοβαρότητας (Παθόντες ανά ατύχημα)	Με εμπλοκή φορτηγού	Χωρίς εμπλοκή φορτηγού	Σύνολο ατυχημάτων
Μη παθών οδηγός	1,01	0,85	0,87
Νεκρός	0,17	0,09	0,10
Βαριά τραυματίας	0,17	0,14	0,14
Ελαφρά τραυματίας	1,17	1,17	1,17

Εικόνα 1.15: Παθόντες ανά ατύχημα σε ατυχήματα με και χωρίς την συμμετοχή φορτηγού [5]

Δείκτες σοβαρότητας (Παθόντες ανά ατύχημα)	Με εμπλοκή λεωφορείου	Χωρίς εμπλοκή λεωφορείου	Σύνολο ατυχημάτων
Μη παθών οδηγός	1,18	0,86	0,87
Νεκρός	0,12	0,10	0,10
Βαριά τραυματίας	0,14	0,14	0,14
Ελαφρά τραυματίας	1,28	1,16	1,17

Εικόνα 1.16: Παθόντες ανά ατύχημα σε ατυχήματα με και χωρίς την συμμετοχή λεωφορείου [5]

Η ίδια μελέτη έδειξε και τις κυριότερες αιτίες θανάτου σε ατυχήματα με την εμπλοκή φορτηγών και λεωφορείων. Και φαίνεται ότι οι μοιραίες συγκρούσεις με φορτηγά είναι οι μετωπικές και οι πλαγιομετωπικές τόσο εντός όσο και εκτός κατοικημένης περιοχής, με τα ποσοστά μάλιστα εκτός κατοικημένης περιοχής να είναι μεγαλύτερα εξαιτίας των υψηλότερων ταχυτήτων. Αντίστοιχα είναι και τα αποτελέσματα που αφορούν τα ατυχήματα με λεωφορεία. Στις επόμενες εικόνες φαίνονται οι πίνακες με αυτά τα ποσοστά για ατυχήματα με εμπλοκή φορτηγών και λεωφορείων αντίστοιχα.

Τύπος ατυχήματος	Εντός κατοικημένης περιοχής			Εκτός κατοικημένης περιοχής		
	Με εμπλοκή φορτηγού	Χωρίς εμπλοκή φορτηγού	Διαφορά	Με εμπλοκή φορτηγού	Χωρίς εμπλοκή φορτηγού	Διαφορά
Εκτροπή από την οδό	2,9%	12,9%	-10,0%	9,9%	24,1%	-14,2%
Μετωπική σύγκρουση	12,8%	6,5%	6,3%	23,2%	14,5%	8,7%
Νωτομετωπική σύγκρουση	7,5%	4,5%	3,0%	9,6%	5,9%	3,7%
Παράσυρση πεζού	27,7%	24,2%	3,4%	7,3%	7,8%	-0,5%
Πλάγια σύγκρουση	6,7%	3,7%	2,9%	3,2%	1,9%	1,3%
Πλαγιομετωπική σύγκρουση	30,5%	20,1%	10,4%	35,8%	18,9%	16,9%
Πρόσκρουση σε αντικείμενο	8,7%	22,6%	-13,9%	6,7%	18,9%	-12,1%
Άλλος	3,3%	5,5%	-2,2%	4,3%	8,1%	-3,8%
Σύνολο	100,0%	100,0%		100,0%	100,0%	

Εικόνα 1.17: Ποσοστό νεκρών ανά τύπο ατυχήματος με και χωρίς συμμετοχή φορτηγού, εντός και εκτός κατοικημένης περιοχής [5]

Τύπος ατυχήματος	Εντός κατοικημένης περιοχής			Εκτός κατοικημένης περιοχής		
	Με εμπλοκή λεωφορείου	Χωρίς εμπλοκή λεωφορείου	Διαφορά	Με εμπλοκή λεωφορείου	Χωρίς εμπλοκή λεωφορείου	Διαφορά
Εκτροπή από την οδό	0,0%	11,2%	-11,2%	2,2%	21,4%	-19,2%
Μετωπική σύγκρουση	17,4%	7,5%	10,0%	28,0%	16,1%	11,9%
Νωτομετωπική σύγκρουση	5,5%	5,1%	0,4%	6,0%	6,8%	-0,8%
Παράσυρση πεζού	20,2%	25,1%	-4,9%	4,9%	7,8%	-2,8%
Πλάγια σύγκρουση	8,3%	4,2%	4,1%	8,2%	2,0%	6,2%
Πλαγιομετωπική σύγκρουση	41,3%	21,6%	19,7%	39,0%	22,3%	16,7%
Πρόσκρουση σε αντικείμενο	7,3%	20,2%	-12,9%	11,0%	16,2%	-5,2%
Άλλος	0,0%	5,2%	-5,2%	0,5%	7,4%	-6,9%
Σύνολο	100,0%	100,0%		100,0%	100,0%	

Εικόνα 1.18: Ποσοστό νεκρών ανά τύπο ατυχήματος με και χωρίς συμμετοχή λεωφορείων, εντός και εκτός κατοικημένης περιοχής [5]

Ένας άλλος παράγοντας που εξετάστηκε στην έρευνα αυτή είναι η ηλικία του οδηγού του βαρέως οχήματος και κατά πόσο αυτή παίζει ρόλο στον αριθμό των νεκρών στα ατυχήματα που εμπλέκονται βαρέα οχήματα. Στα φορτηγά αποδεικνύεται ότι περίπου τα ποσοστά είναι παρόμοια για όλες τις ηλικίες οδηγών φορτηγών. Στα λεωφορεία όμως το αποτέλεσμα είναι διαφορετικό. Παρατηρείται ότι ο μεγαλύτερος αριθμός των νεκρών, των βαριά τραυματιών και των ελαφρά τραυματιών προήλθε από ατυχήματα στα οποία ο οδηγός του εμπλεκόμενου λεωφορείου άνηκε στην μεγαλύτερη ηλικιακή ομάδα της μελέτης, είχε ηλικία μεταξύ 55 και 64 ετών. Φαίνεται λοιπόν, και χρήζει περισσότερης μελέτης, ότι οι μεγαλύτεροι σε ηλικία οδηγοί λεωφορείων, είναι περισσότερο επιρρεπείς στα σοβαρά ατυχήματα. Στις επόμενες δύο εικόνες φαίνονται οι πίνακες των αποτελεσμάτων για τα ατυχήματα με φορτηγά και λεωφορεία σε σχέση με την ηλικία των οδηγών.

Δείκτες σοβαρότητας (Παθόντες ανά ατύχημα)	Ηλικία οδηγού φορτηγού*			
	25-34	35-54	55-64	Σύνολο
Μη παθών οδηγός	1,04	1,04	0,97	1,02
Νεκρός	0,16	0,19	0,18	0,17
Βαριά τραυματίας	0,16	0,13	0,15	0,23
Ελαφρά τραυματίας	1,16	1,15	1,18	1,18

*Οι ηλικίες <25 και > 65 δεν εξετάζονται λόγω περιορισμένου δείγματος

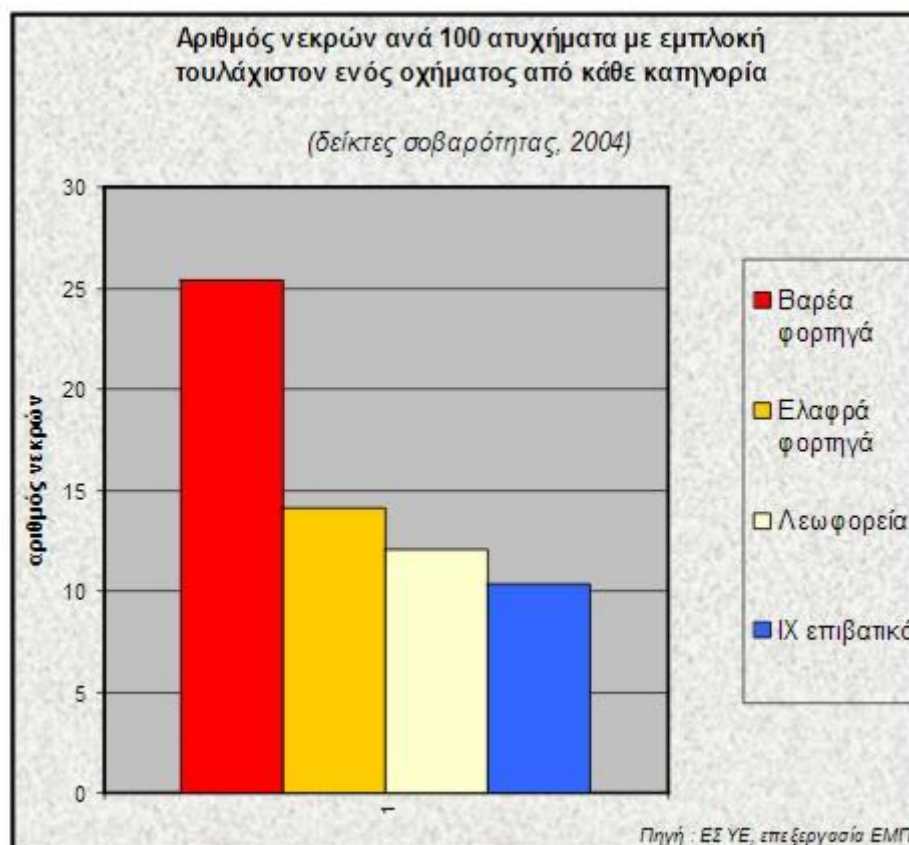
Εικόνα 1.19: Παθόντες ανά ατύχημα σε ατυχήματα με εμπλοκή φορτηγού, αναλόγως της ηλικίας του οδηγού [5]

Δείκτες σοβαρότητας (Παθόντες ανά ατύχημα)	Ηλικία οδηγού λεωφορείου*			
	25-34	35-54	55-64	Σύνολο
Μη παθών οδηγός	1,20	1,21	1,12	1,19
Νεκρός	0,08	0,11	0,25	0,12
Βαριά τραυματίας	0,13	0,13	0,18	0,14
Ελαφρά τραυματίας	1,26	1,29	1,43	1,30

*Οι ηλικίες <25 και >65 δεν εξετάζονται λόγω περιορισμένου δείγματος

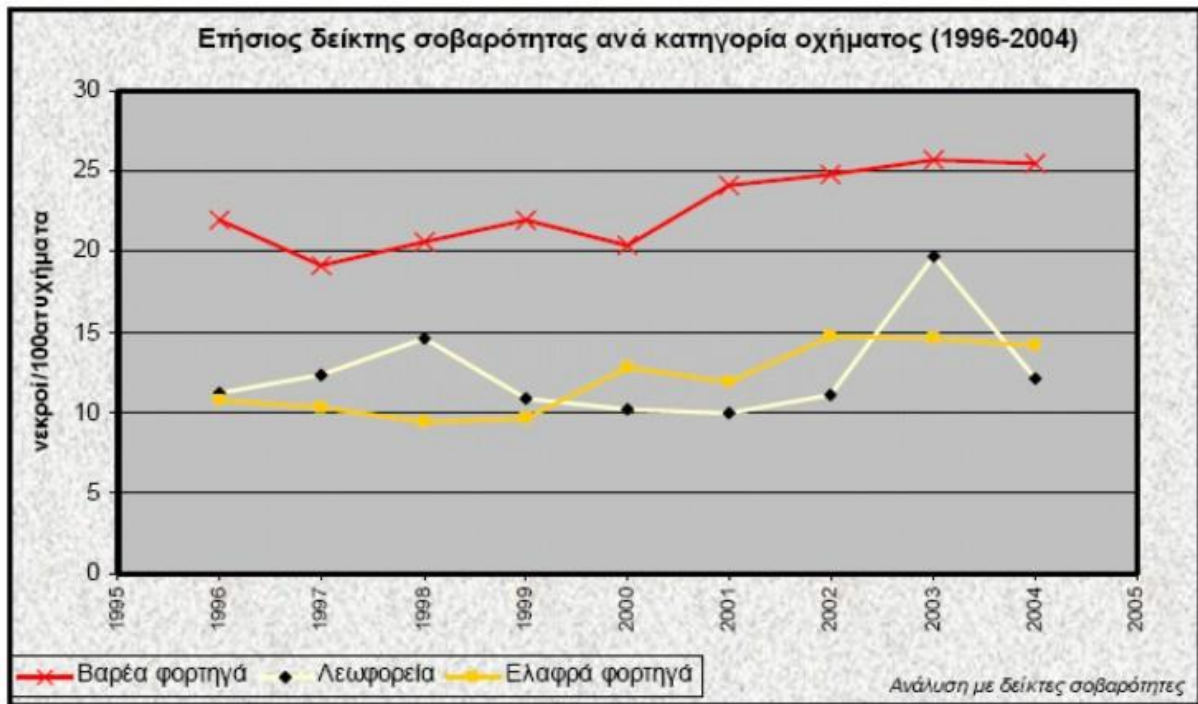
Εικόνα 1.20: Παθόντες ανά ατύχημα σε ατυχήματα με εμπλοκή λεωφορείου, αναλόγως της ηλικίας του οδηγού [5]

Σε μια άλλη μελέτη του Μετσόβιου Πολυτεχνείου και πάλι με λίγο παλιότερα στοιχεία, στοιχεία του 2004, γίνεται σύγκριση των ατυχημάτων ανάλογα με τον τύπο του οχήματος. Ανά 100 ατυχήματα λοιπόν παρατηρείται ότι οι περισσότεροι νεκροί είναι σε ατυχήματα που εμπλέκονται βαρέα φορτηγά, και μάλιστα με μεγάλη διαφορά. Ακολουθούν τα ατυχήματα στα οποία εμπλέκονται ελαφρά φορτηγά, μετά λεωφορεία, και τελευταία τα ατυχήματα στα οποία εμπλέκονται επιβατικά οχήματα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο γράφημα της επόμενης εικόνας.



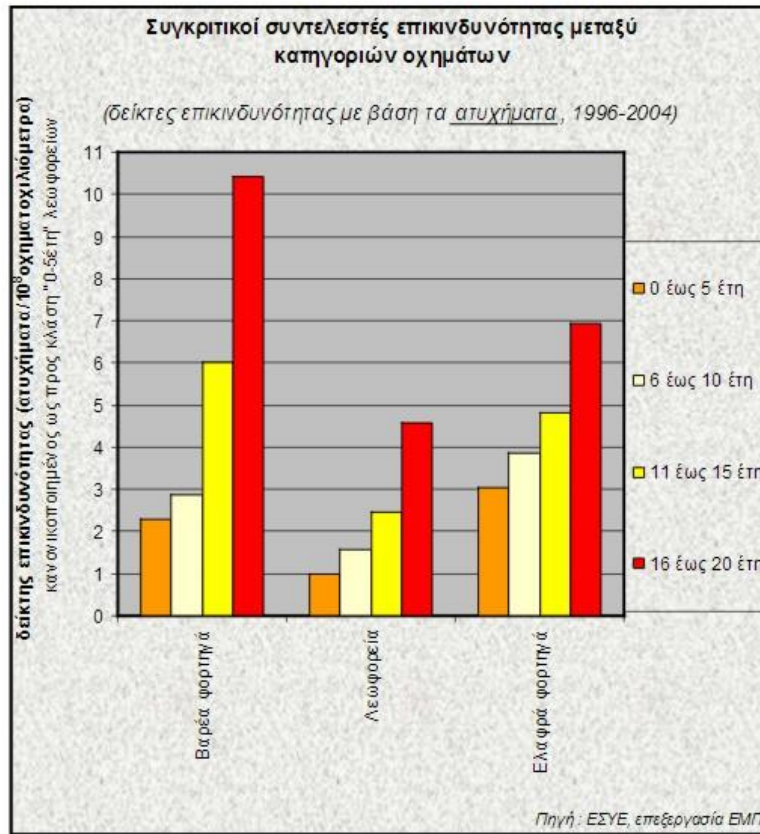
Εικόνα 1.21: Αριθμός νεκρών ανά 100 ατυχήματα αναλόγως της εμπλοκής διάφορων κατηγοριών οχημάτων [6]

Φαίνεται μάλιστα ότι η τάση αυτή δεν ήταν τυχαία μόνο για την συγκεκριμένη χρονιά. Σύγκριση των στοιχείων 9ετίας, από το 1996 έως το 2004 δείχνει ακριβώς την ίδια τάση, με μικρές διαφορές στα ποσοστά. Αυτό φαίνεται και στο γράφημα που απεικονίζει η επόμενη εικόνα.

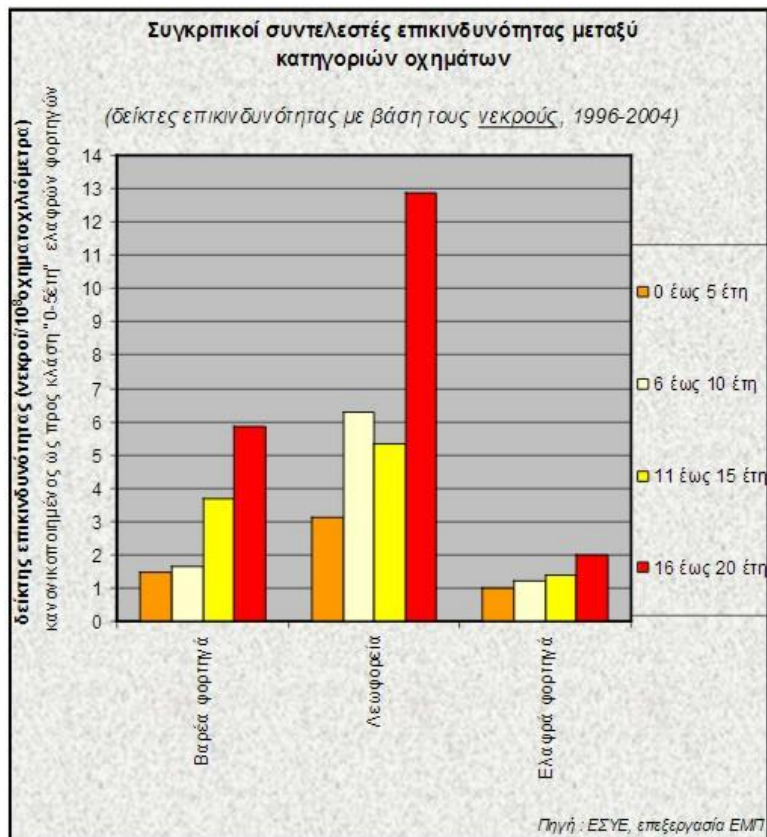


Εικόνα 1.22: Αριθμός νεκρών ανά 100 ατυχήματα αναλόγως της κατηγορίας οχήματος για τα έτη 1996-2004 [6]

Ίσως το πιο σημαντικό εύρημα της έρευνας αυτής όμως είναι το επόμενο. Έγινε συσχέτιση του βαθμού επικινδυνότητας των βαρέων οχημάτων σε σχέση με την ηλικία τους. Ο βαθμός επικινδυνότητας προέκυψε από την πιθανότητα εμπλοκής των οχημάτων σε κάποιο ατύχημα και την πιθανότητα να υπάρξει νεκρός. Και παρατηρείται ότι και για τους τρεις τύπους οχημάτων (βαρέα φορτηγά, ελαφρά φορτηγά, λεωφορεία) τα μεγαλύτερα σε ηλικία οχήματα είναι τα πλέον επικίνδυνα. Αυτό σε συνδυασμό με τον γηρασμένο στόλο των επαγγελματικών οχημάτων στην χώρα δίνει απάντηση γιατί το ποσοστό ατυχημάτων και θανάτων σε ατυχήματα με επαγγελματικά οχήματα είναι υψηλότερο του μέσου όρου της Ευρώπης. Στα επόμενα δύο γραφήματα φαίνεται ο βαθμός επικινδυνότητας για τις τρεις κατηγορίες οχημάτων αναλόγως της ηλικίας τους. Στο πρώτο γράφημα ο βαθμός επικινδυνότητας προκύπτει από τον αριθμό των ατυχημάτων προς τα οχηματοχιλιόμετρα και στο δεύτερο γράφημα από τον αριθμό των νεκρών προς τα οχηματοχιλιόμετρα.



Εικόνα 1.23: Δείκτης επικινδυνότητας με βάση τον αριθμό των ατυχημάτων και την ηλικία των επαγγελματικών οχημάτων [6]



Εικόνα 1.24: Δείκτης επικινδυνότητας με βάση τον αριθμό των νεκρών και την ηλικία των επαγγελματικών οχημάτων [6]

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η ηλικία του στόλου των επαγγελματικών οχημάτων είναι ένας από τους κυριότερους λόγους πρόκλησης ατυχημάτων. Και αυτό γιατί περάν των μηχανολογικών προβλημάτων που εμφανίζει, δεν έχει ενσωματωμένες και τις τελευταίες εξελίξεις της τεχνολογίας στον τομέα της ασφάλειας. Μερικές από αυτές τις τεχνολογίες θα περιγραφούν στην εργασία αυτή και τότε θα είναι αντιληπτό το πόσο σημαντικό είναι να εκσυγχρονιστεί ο επαγγελματικός στόλος της χώρας ώστε να αυξηθεί η ασφάλεια στα οδικά δίκτυα. [4], [5], [6], [7]

2 Συστήματα πέδησης

Τα συστήματα πέδησης είναι εκ των θεμελιωδών συστημάτων που χρησιμοποιούνται σε όλα ανεξαιρέτως τα οχήματα. Είναι το σύστημα το οποίο είναι υπεύθυνο για την ακινητοποίηση του οχήματος για αυτό και η χρησιμότητά του είναι πολύ μεγάλη τόσο για την ορθή κίνηση του οχήματος όσο και για την ασφάλεια τόσο του ίδιου του οχήματος όσο και των υπολοίπων στις περιοχές κίνησης του οχήματος. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας των συστημάτων πέδησης, γίνεται μια γενική αναφορά στην πέδηση των βαρέων οχημάτων και κατηγοριοποιούνται τα συστήματα πέδησης αυτών των οχημάτων.

2.1 Γενικά στοιχεία

Ως σύστημα πέδησης ορίζεται το σύστημα το οποίο χρησιμοποιείται για την επιβράδυνση ή και την ακινητοποίηση ενός οποιουδήποτε οχήματος. Αυτό επιτυγχάνεται διαμέσου της ελάττωσης της κινητικής ενέργειας του οχήματος. Οι απαιτήσεις από το σύστημα πέδησης όμως δεν αρκούν απλά στην επιβράδυνση του οχήματος. Αυτή πρέπει να γίνεται με ασφαλή τρόπο, σε καθορισμένες αποστάσεις και σε συγκεκριμένο χρόνο ώστε να είναι αποτελεσματική. Ταυτόχρονα οι απαιτήσεις από το σύστημα πέδησης δεν περιορίζονται μόνο στην ακινητοποίηση του οχήματος αλλά επεκτείνονται και στην παραμονή του οχήματος σε ακινησία για όσο το επιθυμεί / κρίνει απαραίτητο ο οδηγός.

Η επιβράδυνση ενός συμβατικού οχήματος, η μείωση δηλαδή της κινητικής του ενέργειας, στις πλείστες των περιπτώσεων γίνεται διαμέσου τριβής. Η ύπαρξη τριβής είναι λοιπόν ο κύριος στόχος των συστημάτων πέδησης. Απλά ο τρόπος με τον οποίο φτάνει η εντολή από τον οδηγό στα σημεία της τριβής, καθώς και τα εξαρτήματα που παρεμβάλλονται, διαφέρουν αναλόγως του συστήματος πέδησης. Γενικά όμως τα συστήματα πέδησης περιλαμβάνουν δύο κατηγορίες εξαρτημάτων, τα περιστρεφόμενα (που βρίσκονται στους τροχούς) και τα σταθερά (που βρίσκονται στο αμάξωμα, στην περιοχή των τροχών) και διαμέσου της τριβής των εξαρτημάτων αυτών μειώνεται η ταχύτητα του οχήματος. Αυτά τα εξαρτήματα είναι τα ενεργά μέρη του συστήματος γιατί αυτά προκαλούν την επιβράδυνση του οχήματος. Πέραν αυτών των εξαρτημάτων τα συστήματα πέδησης έχουν και άλλα εξαρτήματα για να λειτουργήσουν όπως για παράδειγμα τον μηχανισμό χειρισμού του συστήματος από τον οδηγό και το σύστημα μετάδοσης της εντολής που συνδέει την εντολή του οδηγού με τα ενεργά

μέρη του συστήματος πέδησης, μεταδίδει λοιπόν την δύναμη που ασκεί ο οδηγός (ή που επιλέγει) σε όλους τους τροχούς του συστήματος.

Ιστορικά τα συστήματα πέδησης εμφανίστηκαν κατόπιν της ύπαρξης των πρώτων οχημάτων. Και δεδομένου ότι τα πρώτα οχήματα ήταν τα κάρα και οι άμαξες, τα πρώτα συστήματα πέδησης εμφανίστηκαν σε αυτά. Ήταν απλά ένα ξύλινο μπλόκ το οποίο τριβόταν στον τροχό για να τα ακινητοποιήσει. Η πρώιμη έκδοση του συστήματος πέδησης ήταν υπεραρκετή για τις ταχύτητες των άμαξών. Η εμφάνιση όμως των αυτοκινήτων, και η σταδιακή αύξηση της ταχύτητας κίνησής τους οδήγησε στην ανάγκη δημιουργίας ισχυρότερων συστημάτων πέδησης. Έτσι εμφανίστηκαν διαδοχικά η ταινιοπέδη, τα ταμπούρα, τα αεριζόμενα ταμπούρα μέχρι να εμφανιστούν τα πρώτα υδραυλικά συστήματα πέδησης και εν τέλει τα δισκόφρενα. Όλα αυτά έγιναν μέχρι το 1940. Τα δισκόφρενα και τα ταμπούρα είναι μέχρι και σήμερα οι κύριοι ενεργοί μηχανισμοί των συστημάτων πέδησης. Η εξέλιξή τους έκτοτε αφορούσε τόσο τα υλικά που χρησιμοποιούνται όσο και τα συστήματα μετάδοσης της εντολής του οδηγού στα ενεργά σημεία του συστήματος.

Ιστορικά, πέρα από τα συστήματα πέδησης υπήρξε και αλλαγή στις ανάγκες απόδοσης των συστημάτων. Έτσι ενώ αρχικά στόχος του συστήματος πέδησης ήταν απλά να σταματήσει το όχημα, στην πορεία εμφανίστηκαν και άλλες απαιτήσεις από το σύστημα πέδησης. Τέτοιες απαιτήσεις είναι ο χρόνος φρεναρίσματος, η ασφάλεια κατά το φρενάρισμα και άλλα. Για αυτό οι εξελίξεις του συστήματος πέδησης, μετά την εμφάνιση των δισκόφρενων, στόχευαν στην βελτίωση της ποιότητας της πέδησης. Έτσι εμφανίστηκαν συστήματα όπως το ABS (σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών) το οποίο αποτέλεσε μια επανάσταση στην ασφαλή πέδηση και πλέον η ύπαρξη του είναι απαραίτητη σε κάθε όχημα, συστήματα ηλεκτρονικού ελέγχου ευστάθειας οχήματος και άλλα. [18]

2.2 Χαρακτηριστικά των συστημάτων πέδησης

Τα συστήματα πέδησης έχουν μερικά χαρακτηριστικά ώστε να θεωρηθούν αποτελεσματικά. Από αυτά τα χαρακτηριστικά καθορίζεται και η σχεδιάσή τους εν τέλει.

Το πρώτο χαρακτηριστικό των συστημάτων πέδησης είναι ότι πρέπει να μπορούν να δώσουν το μέγιστο της απόδοσής τους μόλις το ζητήσει ο οδηγός, με όσο το δυνατό μικρότερη χρονική απόκλιση. Αυτό διασφαλίζει ότι δεν υπάρχει νεκρός χρόνος (είναι πολύ μικρός) μεταξύ της απόφασης του οδηγού να φρενάρι και της έναρξης του φρεναρίσματος του οχήματος.

Το δεύτερο χαρακτηριστικό των συστημάτων πέδησης είναι η εκμετάλλευση της πρόσφυσης που τους παρέχει το οδόστρωμα στο οποίο κινείται το όχημα ώστε να επιβραδύνει

ή και να σταματήσει αυτό με ασφάλεια. Το τρίτο χαρακτηριστικό το οποίο συνδέεται και με το δεύτερο είναι η αποφυγή υπέρβασης του ορίου πρόσφυσης που παρέχει το εκάστοτε οδόστρωμα ώστε να μην εμφανίζεται το φαινόμενο της ολίσθησης των τροχών το οποίο περιορίζει την πέδηση αλλά και οδηγεί σε απώλεια του ελέγχου κατεύθυνσης του οχήματος.

Το τέταρτο χαρακτηριστικό είναι η εφαρμογή τέτοιου μεγέθους δύναμης πέδησης, ανάλογου του φορτίου του τροχού ώστε να εξασφαλιστεί η ομοιόμορφη πέδηση ολόκληρου του οχήματος και να αποφευχθούν φαινόμενα αστάθειας και απώλειας του ελέγχου κατεύθυνσης του οχήματος.

Το πέμπτο και τελευταίο χαρακτηριστικό των συστημάτων πέδησης είναι η ικανότητά τους να διατηρούν το όχημα ακινητοποιημένο σε οποιαδήποτε κατάσταση απαιτηθεί, ακόμη και σε μια έντονη κατωφέρεια. [11]

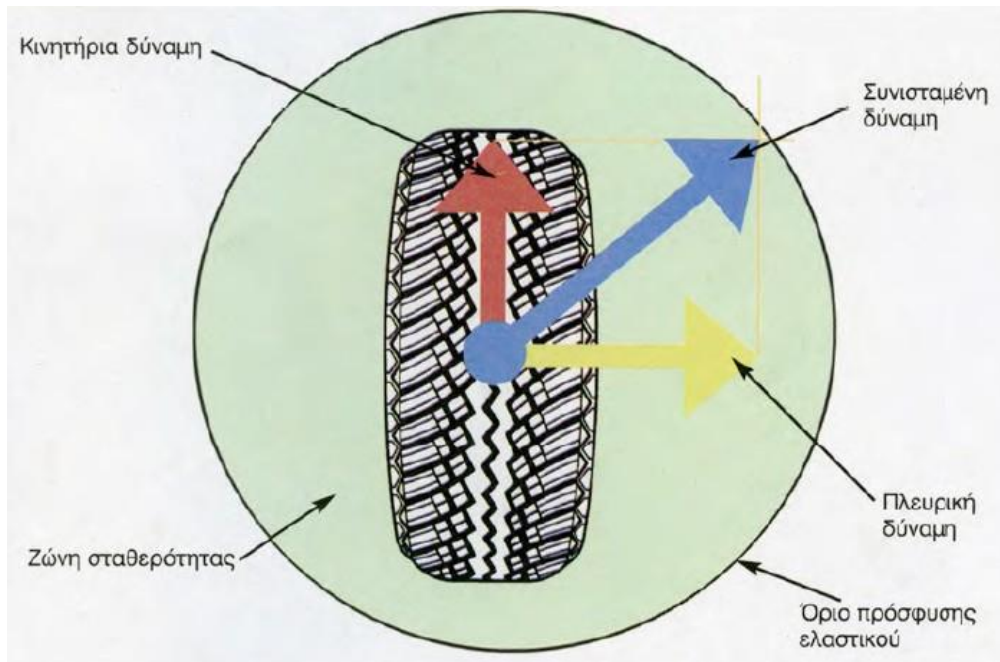
2.3 Δυναμική ανάλυση πέδησης

Κατά την κίνηση ενός οχήματος στον δρόμο δυνάμεις ασκούνται οι οποίες προέρχονται από διάφορους παράγοντες. Οι δυνάμεις αυτές είναι τεσσάρων κατηγοριών. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις κινητήριες δυνάμεις. Οι δυνάμεις αυτές είναι συνέπεια της λειτουργίας του κινητήρα και προκαλούν την κίνηση του οχήματος. Η δεύτερη κατηγορία δυνάμεων είναι οι δυνάμεις πλευρικής κατεύθυνσης. Οι δυνάμεις αυτές είναι υπεύθυνες για την αλλαγή κατεύθυνσης του οχήματος. Οφείλονται κατά κύριο λόγο στην μεταβολή της διεύθυνσης κίνησης από τον οδηγό. Η τρίτη κατηγορία δυνάμεων είναι οι δυνάμεις πρόσφυσης οι οποίες είναι κάθετες στο έδαφος. Ασκούνται από τους τροχούς και οφείλονται στο μικτό βάρος του οχήματος κατά κύριο λόγο και δευτερευόντως στον αεροδυναμικό σχεδιασμό του (σε οχήματα επιδόσεων). Η τέταρτη κατηγορία δυνάμεων είναι οι δυνάμεις πέδησης. Οι δυνάμεις αυτές ασκούνται σε φορά αντίθετη της πορείας του οχήματος και στοχεύουν στην επιβράδυνση ή ακόμη και στην παύση της κίνησης του. Είναι δυνάμεις που προέρχονται από την τριβή του ελαστικού με το οδόστρωμα ή από τεχνητά συστήματα πέδησης. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η διεύθυνση των τεσσάρων κατηγοριών δυνάμεων που ασκούνται σε ένα όχημα (άρα βάσει της δυναμικής μπορούν να μεταφερθούν σε οποιοδήποτε σημείο του οχήματος όπως για παράδειγμα ο τροχός).



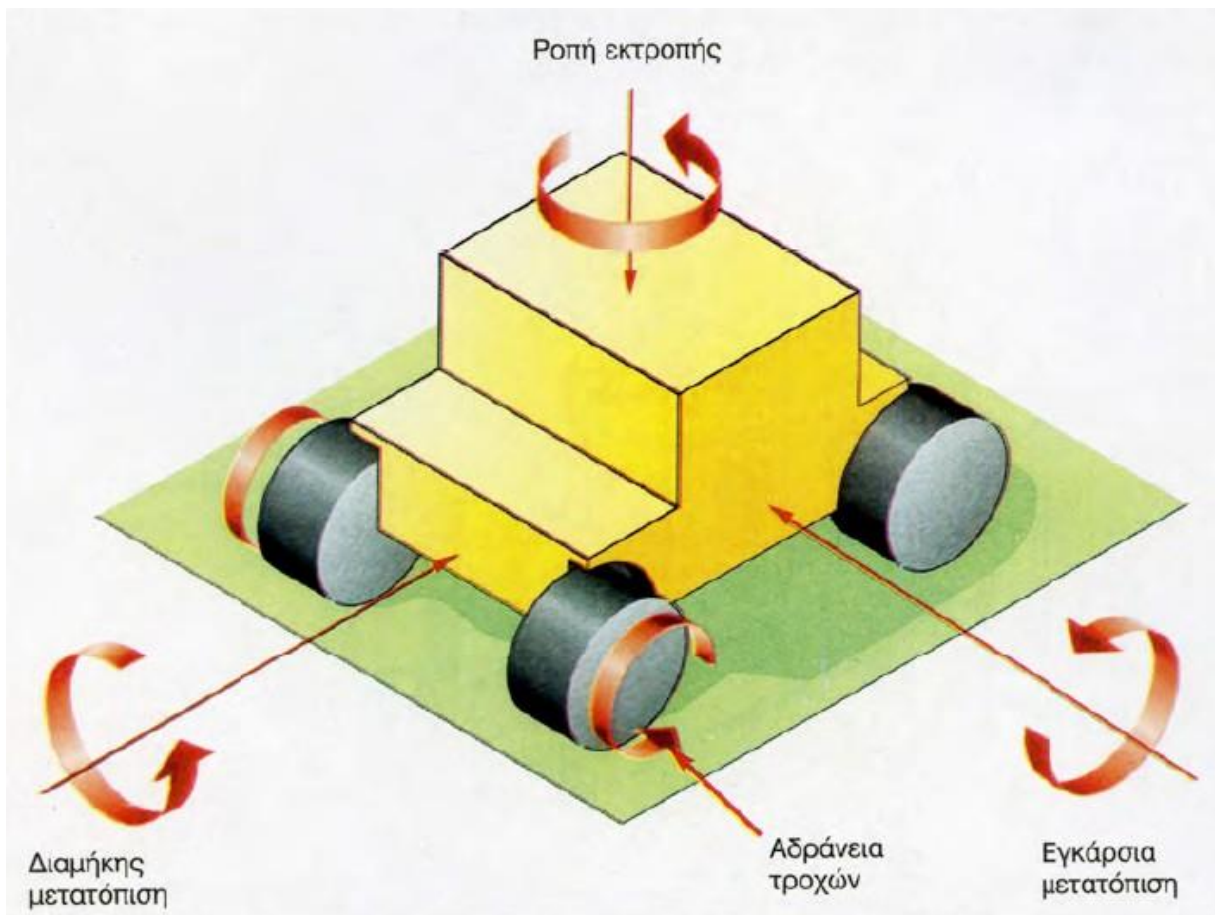
Εικόνα 2.1: Ασκούμενες δυνάμεις σε όχημα κατά την κίνησή του [11]

Ένα όχημα βρίσκεται σε ισορροπία και εκτελεί ευσταθή κίνηση στο οδόστρωμα όταν η συνισταμένη δύναμη των κινητήριων δυνάμεων και των πλευρικών δυνάμεων που ασκούνται στους τροχούς είναι μικρότερο από τα όρια πρόσφυσης του ελαστικού. Το όριο του ελαστικού καθορίζεται από τον κύκλο Kamm (ονομάζεται και κύκλος ισορροπίας δυνάμεων) που φαίνεται στην επόμενη εικόνα και η συνισταμένη δύναμη πρέπει να είναι εντός αυτού του κύκλου. Αν μια από αυτές τις δυνάμεις ή η συνισταμένη δύναμη βγει εκτός από τον κύκλο τότε η κίνηση του οχήματος είναι ασταθής και θα εμφανίσει είτε φαινόμενα σπιναρίσματος είτε υποστροφής είτε υπερστροφής.



Εικόνα 2.2: Κύκλος Kamm [11]

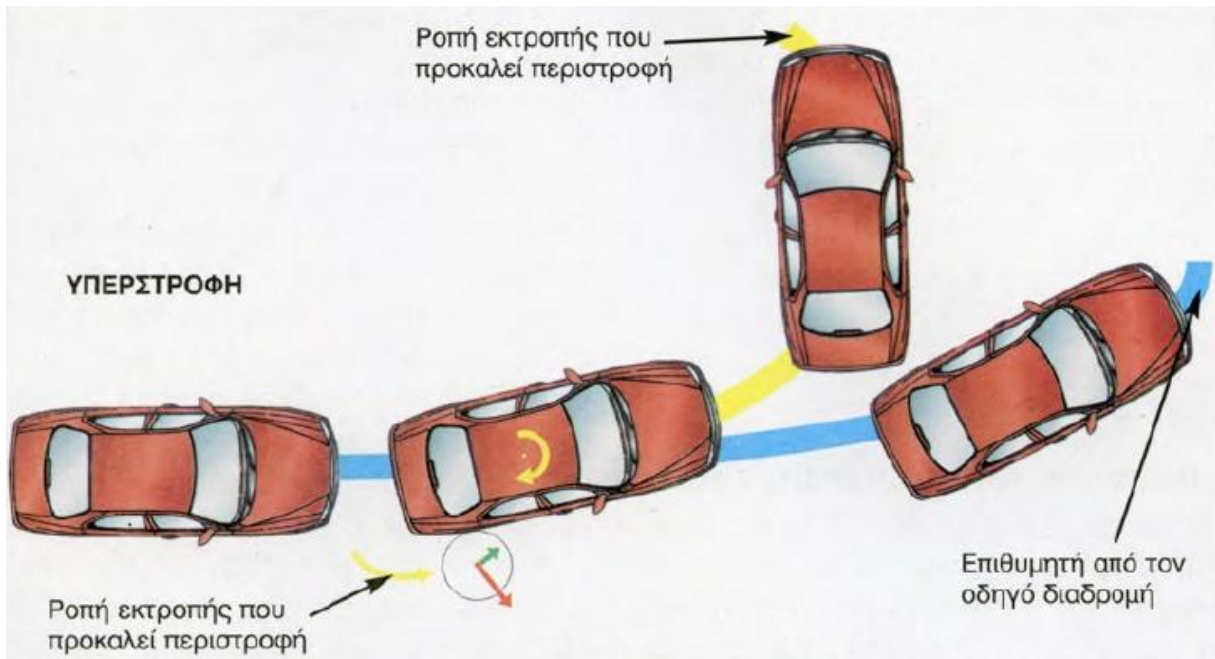
Κατά την εφαρμογή της πέδησης προστίθεται άλλη μια δύναμη στο ελαστικό. Η δύναμη αυτή μάλιστα αν είναι έντονη μπορεί να επιφέρει το φαινόμενο της ολίσθησης. Ολίσθηση είναι η περίπτωση κατά την οποία το ελαστικό δεν κυλάει αλλά σέρνεται, ολισθαίνει στο οδόστρωμα. Η ολίσθηση ορίζεται με ποσοστό από 0 έως και 100%. Προφανώς όταν ο τροχός κυλάει η ολίσθηση είναι μηδενική ενώ όταν σέρνεται η ολίσθηση είναι 100%. Το φαινόμενο της ολίσθησης είναι ένα εκ των φαινομένων που αποτρέπουν την ομαλή πορεία του οχήματος. Πέραν της ολίσθησης μπορούν να ασκηθούν και άλλες περιστασιακές δυνάμεις οι οποίες επηρεάζουν την κίνηση του οχήματος. Σημαντικές συνήθως είναι οι δυνάμεις των πλαγίων ανέμων, ειδικά σε οχήματα με μεγάλες πλευρικές επιφάνειες. Οι δυνάμεις αυτές θέλουν επίσης να εκτρέψουν το όχημα από την πορεία του. Αθροιστικά, όλες οι δυνάμεις λοιπόν που θέλουν να θέσουν το όχημα εκτός ομαλής πορείας προκαλούν μια ροπή, την ροπή εκτροπής. Όταν η ροπή εκτροπής ξεπεράσει κάποιο όριο τότε το όχημα εκτρέπεται της πορείας του. Το διάγραμμα της επόμενης εικόνας δείχνει την ροπή εκτροπής ενός οχήματος.



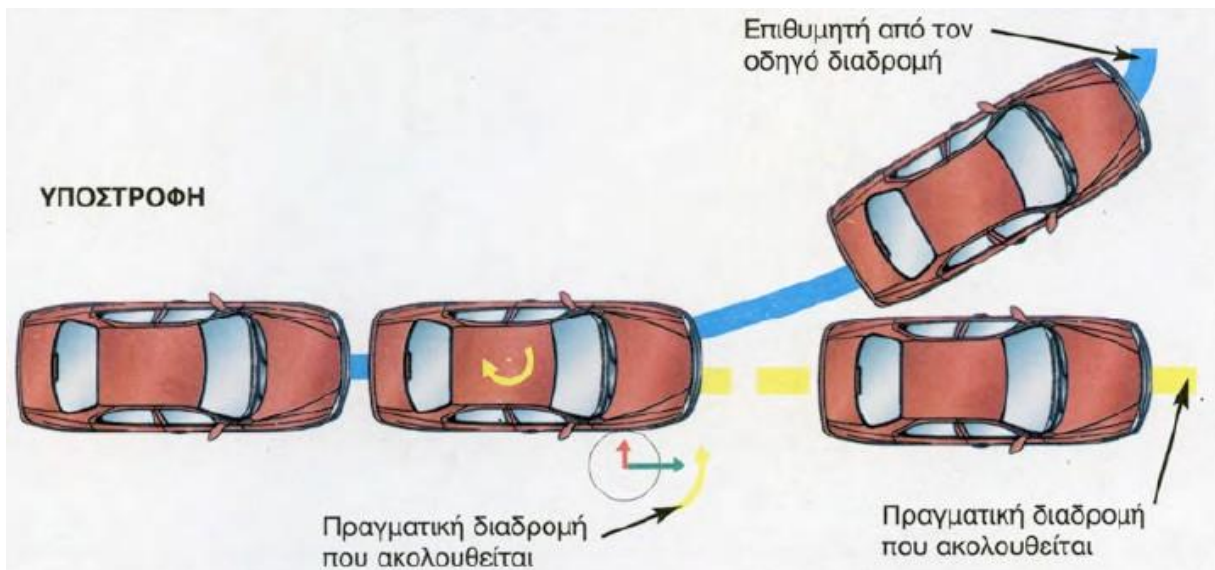
Εικόνα 2.3: Ροπή εκτροπής οχήματος [11]

Η ροπή εκτροπής, αναλόγως της φοράς της, προκαλεί δύο φαινόμενα, το φαινόμενο της υπερστροφής και το φαινόμενο της υποστροφής. Το φαινόμενο της υπερστροφής, σύμφωνα με την ονομασία του θέλει να στρίψει το όχημα περισσότερο από την επιθυμητή πορεία που απαιτεί ο οδηγός. Οφείλεται σε ροπή εκτροπής με φορά προς το κέντρο της στροφής. Σε αυτή την περίπτωση το πίσω τμήμα του οχήματος θέλει να ολισθήσει εκτός της επιθυμητής καμπύλης τροχιάς. Στην γλώσσα των οδηγών η υπερστροφή σημαίνει ότι ο οδηγός χάνει το πίσω μέρος του οχήματος. Το αποτέλεσμα της είναι είτε το τετ α κε σε όχημα είτε το δίπλωμα του οχήματος σε ρυμουλκούμενο. Η υποστροφή, όπως το λέει και το δικό της όνομα στρίβει το όχημα λιγότερο από την επιθυμητή πορεία που θέλει ο οδηγός. Αυτό οφείλεται στην ροπή εκτροπής η οποία έχει φορά αντίθετη της φοράς της πορείας που θέλει να ακολουθήσει ο οδηγός. Στην περίπτωση της υποστροφής το εμπρόσθιο μέρος του οχήματος τείνει να ολισθήσει. Στην διάλεκτο των οδηγών αγώνων αυτό σημαίνει ότι ο οδηγός χάνει το μπροστινό μέρος, την μούρη του οχήματός του. Αποτέλεσμα της υποστροφής είναι η απώλεια ελέγχου της

πορείας του οχήματος και η έξοδος από το οδόστρωμα. Στις επόμενες εικόνες φαίνονται τα φαινόμενα υπερστροφής και υποστροφής. [11]



Εικόνα 2.4:Υπερστροφή σε όχημα [11]



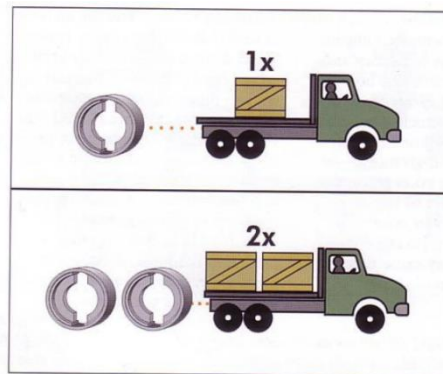
Εικόνα 2.5: Υποστροφή σε όχημα [11]

2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την πέδηση

Η πέδηση ενός οχήματος, πέραν του τύπου και του είδους του συστήματος πέδησης που χρησιμοποιείται, επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες όπως είναι το βάρος και η ταχύτητα που έχει το όχημα του οποίου απαιτείται η επιβράδυνση, η απόσταση που πρέπει να διανύσει, και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αλλά και των εξαρτημάτων του συστήματος πέδησης.

2.4.1 Βάρος

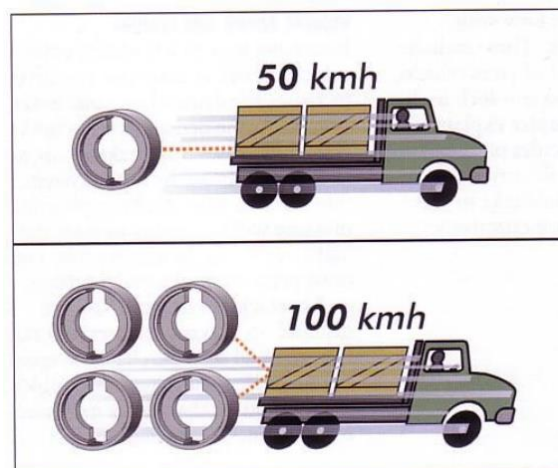
Το βάρος του οχήματος είναι ο πρώτος παράγοντας που επηρεάζει την πέδησή του. Ένα όχημα με μεγαλύτερο βάρος έχει μεγαλύτερες αδρανειακές δυνάμεις οπότε για να επιβραδύνει το ίδιο με ένα ελαφρότερο όχημα απαιτεί περισσότερη δύναμη. Συγκεκριμένα, αν το βάρος είναι διπλάσιο τότε απαιτείται και η διπλάσια δύναμη πέδησης. Έτσι είναι σημαντικό τα βαρέα οχήματα να μην υπερφορτώνονται, πέραν του ορίου που καθορίζει ο κατασκευαστής. [8]



Εικόνα 2.6: Διπλάσια δύναμη πέδησης για οχήματα διπλάσιου βάρους [8]

2.4.2 Ταχύτητα

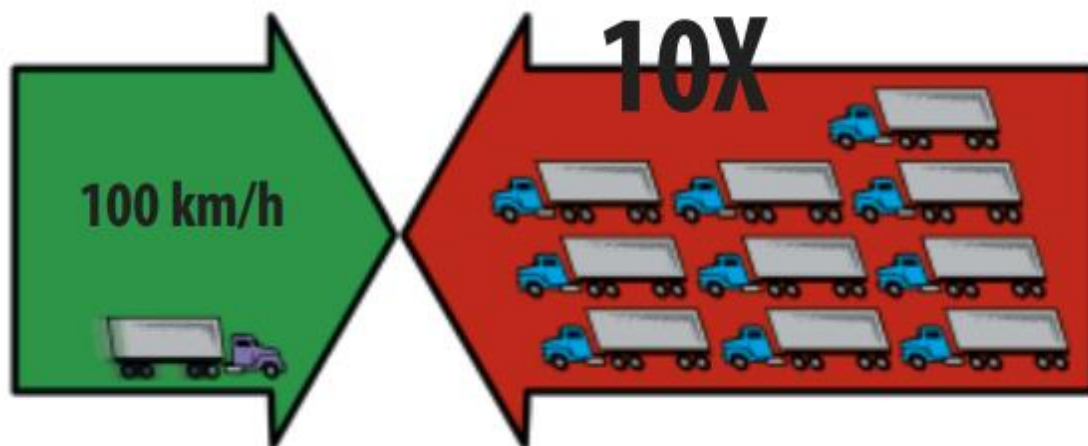
Η ταχύτητα είναι πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την πέδηση. Ένα όχημα το οποίο κινείται σε μεγαλύτερη ταχύτητα από ένα ακριβώς το ίδιο απαιτεί πολύ μεγαλύτερη απόσταση για να σταματήσει. Συγκεκριμένα, αν η ταχύτητα είναι διπλάσια τότε απαιτεί την τετραπλάσια δύναμη πέδησης για να σταματήσει στον ίδιο χρόνο, στην ίδια απόσταση. Αυτό φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα. [8]



Εικόνα 2.7: Τετραπλάσια δύναμη πέδησης για διπλάσια ταχύτητα κίνησης [8]

2.4.3 Απόσταση

Ένα όχημα για να σταματήσει χρειάζεται μια απόσταση. Η απόσταση αυτή συνήθως δεν επιλέγεται από τον οδηγό, ειδικά σε έκτακτες καταστάσεις. Αντιθέτως είναι δεδομένη και το όχημα πρέπει να σταματήσει σε συγκεκριμένη απόσταση άρα και σε συγκεκριμένο χρόνο. Αν ένα βαρύ όχημα χρειάζεται ένα λεπτό για να φτάσει από την στάση στα 100 χιλιόμετρα ταχύτητα, χρειάζεται άλλο ένα λεπτό για να σταματήσει. Η απόσταση που θα διανύσει σε αυτό το λεπτό συνήθως είναι απαγορευτική, μεγαλύτερη από την διαθέσιμη. Αν απαιτείται να σταματήσει λοιπόν σε πιο κοντινή απόσταση, δηλαδή σε λιγότερο χρόνο τότε η δύναμη πέδησης πρέπει να είναι πολλαπλάσια της δύναμης επιτάχυνσης. Έστω λοιπόν ότι απαιτείται να σταματήσει στα 6 δευτερόλεπτα, στο 1/10 του χρόνου δηλαδή επιτάχυνσης τότε απαιτείται η δεκαπλάσια δύναμη. Οπότε είναι αντιληπτό πόσο ισχυρές είναι οι δυνάμεις πέδησης. Παρακάτω φαίνεται γραφικά ότι η δύναμη πέδησης ισούται με την δύναμη επιτάχυνσης 10 αντίστοιχων οχημάτων για να σταματήσει από τα 100 χιλιόμετρα σε 1/10 του χρόνου από ότι επιτάχυνε σε αυτή την ταχύτητα. [8], [9]



Εικόνα 2.8: Σύγκριση δυνάμεων επιτάχυνσης επιβράδυνσης [9]

2.4.4 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει το σύστημα πέδησης ενός οχήματος γιατί κατά την εμφάνιση του φαινομένου της τριβής στα ενεργά μέρη του συστήματος πέδησης εμφανίζεται αύξηση της θερμοκρασίας. Υψηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος εμποδίζουν την ψύξη του συστήματος πέδησης έτσι καθιστούν περισσότερο ευάλωτα τα ενεργά μέρη του σε φθορά εξαιτίας υψηλών θερμοκρασιών (ειδικά σε παρατεταμένο φρενάρισμα). Ταυτόχρονα, η αύξηση της θερμοκρασίας των ενεργών εξαρτημάτων πέδησης περιορίζει την ικανότητα τριβής τους και μειώνει την πέδηση του

συστήματος. Για αυτό και πρέπει να δίνεται προσοχή ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα υπερθέρμανσης των συστημάτων πέδησης. [8], [9]

2.5 Πέδηση σε βαρέα οχήματα

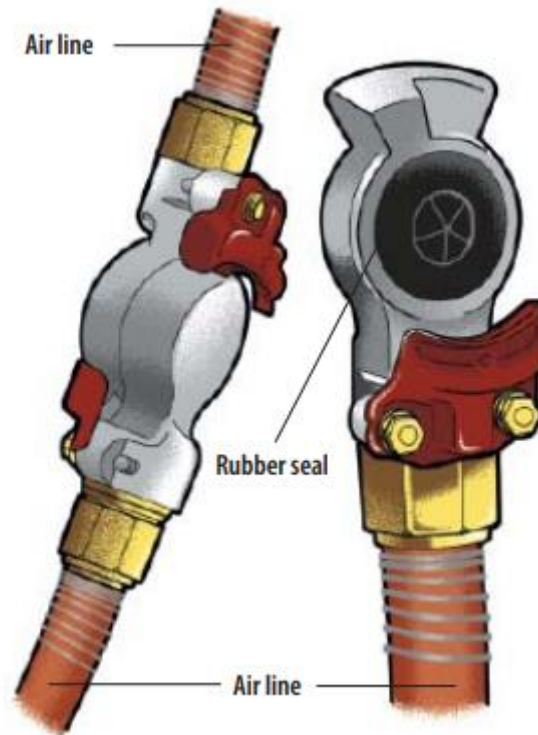
Η πέδηση στα βαρέα οχήματα γίνεται κυρίως με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι τα υδραυλικά συστήματα και ο δεύτερος τρόπος είναι τα συστήματα αέρος. Στην μεγάλη πλειοψηφία των βαρέων οχημάτων χρησιμοποιούνται τα συστήματα αέρος. Τα υδραυλικά συστήματα χρησιμοποιούνται μόνο σε βαρέα οχήματα μικρού σχετικά βάρους. Η πέδηση των βαρέων οχημάτων δύναται να περιλαμβάνει δύο σκέλη. Υπάρχουν βαρέα οχήματα που φέρουν ρυμουλκούμενα τμήματα. Οπότε η πέδηση διακρίνεται στην πέδηση του τράκτορα και στην πέδηση του ρυμουλκούμενου τμήματος του οχήματος.

2.5.1 Τράκτορας

Ο τράκτορας είναι το κύριο τμήμα ενός βαρέως οχήματος. Είναι το τμήμα στο οποίο βρίσκεται ο οδηγός, είναι το τμήμα το οποίο θα κινηθεί μόνο του, είναι το τμήμα το οποίο φέρει όλα τα χειριστήρια που απαιτεί η λειτουργία του οχήματος. Δεδομένου του ότι ο τράκτορας μπορεί να κινηθεί μόνος του, και χωρίς ρυμουλκούμενο τμήμα, πρέπει να φέρει όλα τα στοιχεία του συστήματος πέδησης. Έτσι λοιπόν στον τράκτορα βρίσκονται το πεντάλ, οι συμπιεστές, και τα δοχεία φύλαξης του ρευστού (αεροφυλάκιο για αέρα, ρεζερβουάρ για υγρό φρένων). Και φυσικά υπάρχουν τα ενεργητικά εξαρτήματα που αντιστοιχούν στους τροχούς του. [9]

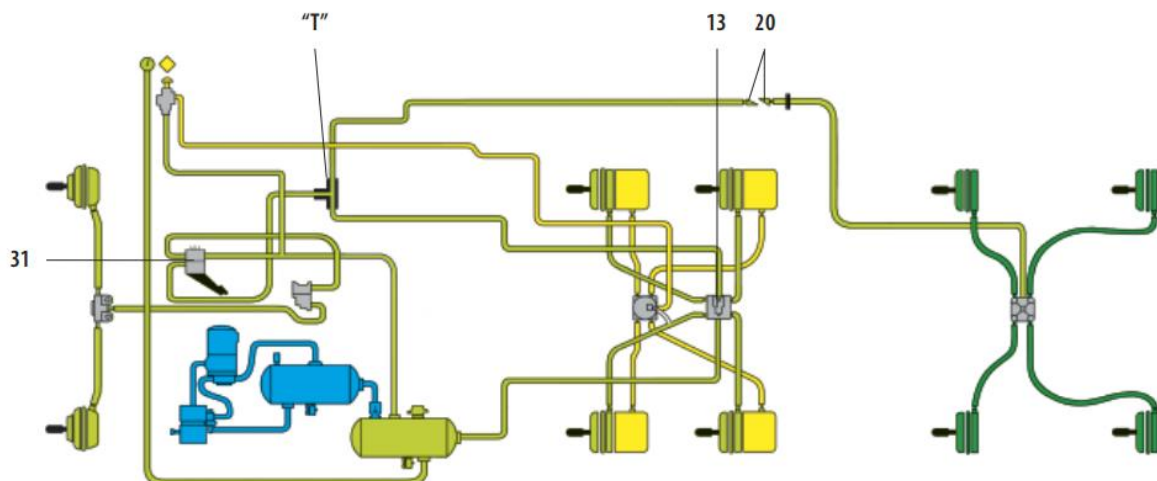
2.5.2 Ρυμουλκούμενο

Τα ρυμουλκούμενα είναι τμήματα του οχήματος τα οποία συνδέονται στον τράκτορα για να κινηθούν. Αυτό σημαίνει ότι δεν απαιτούν ολοκληρωμένο σύστημα πέδησης. Φέρουν λοιπόν μόνο τα απαραίτητα εξαρτήματα για την πέδηση των τροχών. Ότι άλλο χρειάζονται το λαμβάνουν από τον τράκτορα (πχ πεπιεσμένο αέρα). Και φυσικά ο χειρισμός και η πέδηση γίνεται από τον τράκτορα στον οποίο βρίσκεται ο οδηγός. Το ρυμουλκούμενο δεν σημαίνει ότι συνδέεται πάντα στον ίδιο τράκτορα. Μπορεί να συνδεθεί σε διάφορους τράκτορες για αυτό το σύστημα πέδησης του πρέπει να είναι συμβατό με αυτούς. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται ο τρόπος σύνδεσης του πνευματικού δικτύου πέδησης του τράκτορα με το πνευματικό δίκτυο πέδησης του ρυμουλκούμενου.



Εικόνα 2.9: Σύνδεση πνευματικών κυκλωμάτων πέδησης τράκτορα κι ρυμουλκούμενου [9]

Η πέδηση στα ρυμουλκούμενα τμήματα των βαρέων οχημάτων, εν αντιθέσει με την πέδηση στους τράκτορες, γίνεται κατά κόρον με συστήματα αερόφρενων. Αυτό γίνεται γιατί είναι πολύ ευκολότερη η σύνδεση των ρυμουλκούμενων με ένα κύκλωμα αέρα παρά με ένα κύκλωμα λαδιού. Επίσης είναι σαφές ότι τα ρυμουλκούμενα έχουν μεγάλο βάρος γιατί αυτά φέρουν το φορτίο. Έτσι η χρήση υδραυλικού συστήματος πέδησης δεν είναι δυνατή γιατί αποκλείεται ο οδηγός να έχει τέτοια δύναμη στο πεντάλ ώστε να σταματήσει το όχημα μαζί με το ρυμουλκούμενο. Έτσι, ακόμη και σε περίπτωση υδραυλικής πέδησης του τράκτορα, το ρυμουλκούμενο φέρει πέδη αέρα. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται ένα τυπικό διάγραμμα πέδησης ρυμουλκούμενου οχήματος. Περισσότερα σχετικά με τα στοιχεία που περιλαμβάνει θα αναφερθούν στο αντίστοιχο κεφάλαιο των αερόφρενων. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η μορφή που έχει το κύκλωμα πεπιεσμένου αέρα του ρυμουλκούμενου. Παρατηρείται η έλλειψη συμπίεστη για τους λόγους που προαναφέρθηκαν. [9]



Εικόνα 2.10: Πνευματικό κύκλωμα πέδησης ρυμουλκούμενου [9]

2.6 Κατηγοριοποίηση συστημάτων πέδησης βαρών οχημάτων

Τα συστήματα πέδησης των βαρέων οχημάτων (όπως και όλων των οχημάτων) διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Η διάκριση γίνεται με βάση τον στόχο και την χρήση του κάθε συστήματος. Οι κατηγορίες είναι τα κύρια συστήματα πέδησης και τα βοηθητικά συστήματα πέδησης.

2.6.1 Κύρια συστήματα πέδησης

Ως κύρια συστήματα πέδησης ορίζονται τα συστήματα τα οποία είναι υπεύθυνα για την μείωση της ταχύτητας και εν τέλει την ακινητοποίηση του οχήματος. Είναι συστήματα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνα τους και να καλύψουν τις ανάγκες πέδησης του οχήματος. Τέτοια συστήματα μπορούν να είναι μηχανικά, υδραυλικά ή αέρος. Στα μηχανικά συστήματα η δύναμη πέδησης ασκείται από τον οδηγό και μεταφέρεται με μηχανικό τρόπο (πχ. συρματόσχοινο) στους τροχούς. Στα υδραυλικά συστήματα, η ασκούμενη από τον οδηγό πέδηση μεταφέρεται διαμέσου υδραυλικού κυκλώματος στους τροχούς. Στα πνευματικά συστήματα η χρήση πεπιεσμένου αέρα μεταφέρει τις εντολές πέδησης του οδηγού στα σημεία πέδησης στους τροχούς.

Στα βαρέα οχήματα ως κύρια συστήματα πέδησης χρησιμοποιούνται τα πνευματικά συστήματα. Σε ελαφρά φορτηγά συναντούνται και τα υδραυλικά συστήματα. Τα μηχανικά συστήματα δεν συναντούνται πουθενά σε βαρέα οχήματα γιατί η δύναμη πέδησης που πρέπει να ασκηθεί είναι πολύ μεγάλη και είναι αδύνατο να μπορέσει ο οδηγός να την ασκήσει. Η παρούσα εργασία δεν θα ασχοληθεί καθόλου με τα μηχανικά συστήματα. Αντιθέτως εντυφεί

εις βάθος στα πνευματικά και στα υδραυλικά συστήματα αφιερώνοντάς τους δύο κεφάλαια, ένα για το κάθε σύστημα.[11]

2.6.2 Βοηθητικά συστήματα πέδησης

Ως βοηθητικά συστήματα πέδησης ορίζονται τα συστήματα τα οποία λειτουργούν υποβοηθώντας την προσπάθεια του οδηγού για το φρενάρισμα του οχήματος. Λειτουργούν συμπληρωματικά των κύριων συστημάτων πέδησης και ο στόχος τους είναι να διευκολύνουν το φρενάρισμα του οχήματος αυξάνοντας την απόδοση του συστήματος πέδησης και διευκολύνοντας την διατήρηση του ελέγχου στο όχημα κατά την διάρκεια της πέδησης. Δεν μπορούν να σταθούν μόνα τους, αυτόνομα, και να καλύψουν τις ανάγκες πέδησης του οχήματος.

Στα βοηθητικά συστήματα πέδησης ανήκουν συστήματα όπως το σερβόφρενο, τα ηλεκτρόφρενα και τα φρένα καυσαερίων. Το σερβόφρενο χρησιμοποιείται για να μειώσει την απαιτούμενη από τον οδηγό δύναμη ώστε να επέλθει η πέδηση του οχήματος με ένα υδραυλικό σύστημα πέδησης. Τα φρένα καυσαερίων χρησιμοποιούνται για να υποβοηθήσουν την πέδηση σε ένα σύστημα πέδησης αέρος. Δρουν παράλληλα με το κύριο σύστημα επιβάλλοντας μια βοηθητική δύναμη πέδησης δια μέσου του μπλοκαρίσματος της ροής των καυσαερίων. Τα ηλεκτρόφρενα είναι ξεχωριστά συστήματα πέδησης τα οποία ελαττώνουν τις στροφές του άξονα μετάδοσης κίνησης. Μπορούν να εφαρμοστούν σε όλα τα βαρέα οχήματα, ανεξαρτήτως του κυρίου συστήματος πέδησης.

Στα βοηθητικά συστήματα πέδησης όμως ανήκουν και συστήματα που δεν υποβοηθούν την πέδηση ασκώντας δυνάμεις πέδησης. Ανήκουν και συστήματα που υποβοηθούν την ασφαλή και γρήγορη πέδηση. Τέτοια συστήματα είναι το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών, το σύστημα ελέγχου ολίσθησης και το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου ευστάθειας. Αυτά τα τρία συστήματα είναι μετεξέλιξη το ένα του άλλου. Το σύστημα ελέγχου ολίσθησης ήρθε ως μετεξέλιξη και συμπλήρωμα του ABS και το σύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου ευστάθειας ήρθε ως μετεξέλιξη και προσθήκη του συστήματος ελέγχου ολίσθησης. Και τα τρία συστήματα στοχεύουν στην βελτίωση της «ποιότητας» της πέδησης καθιστώντας την πιο ασφαλή και μικρότερης διάρκειας.

Όλα τα βοηθητικά συστήματα πέδησης που εφαρμόζονται στα φορτηγά και αναφέρθηκαν παραπάνω αναλύονται ενδελεχώς σε ένα ειδικό κεφάλαιο, το τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας. Εξαίρεση είναι το σερβόφρενο που τοποθετείται στο κεφάλαιο της

πέδησης με υδραυλικό κύκλωμα ώστε να μπορεί να επεξηγηθεί με ευκολία η λειτουργία του, σε συνδυασμό με την λειτουργία του υδραυλικού συστήματος πέδησης. [11]

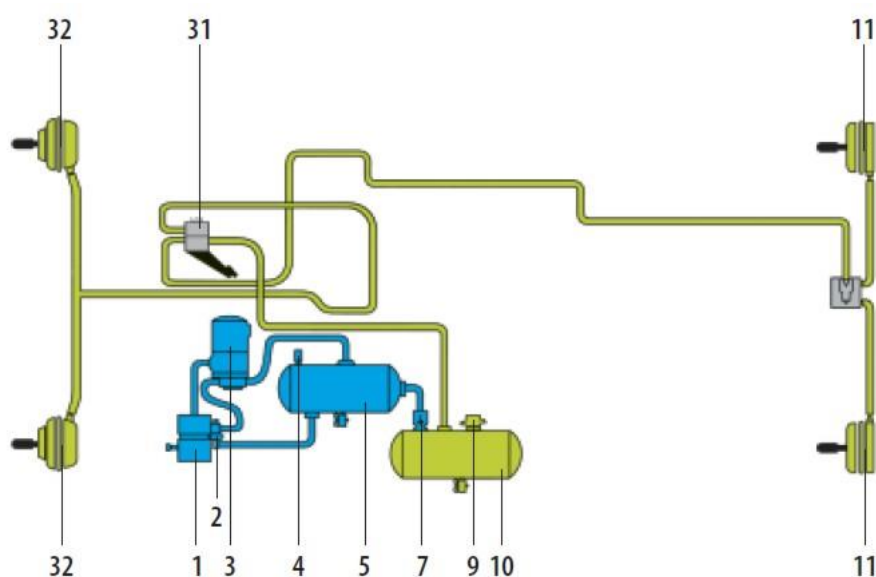
3 Συστήματα πέδησης αέρα

Τα συστήματα πέδησης αέρος, τα γνωστά αερόφρενα, είναι το πρώτο σύστημα πέδησης βαρέων οχημάτων που αναλύεται στην παρούσα εργασία. Είναι συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν πεπιεσμένο αέρα για να φρενάρουν το όχημα. Χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε πολύ βαριά οχήματα καθώς η χρήση τους δεν απαιτεί μεγάλη άσκηση δύναμης από τον οδηγό καθώς ο οδηγός, με το πάτημα του πεντάλ, απλά ανοιγοκλείνει μια βαλβίδα αέρος. Το πάτημα του πεντάλ δεν συνδέεται πλέον άμεσα με την δύναμη πέδησης στους τροχούς.

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται η κατασκευή τους, η λειτουργία τους, καταγράφονται τα γενικά χαρακτηριστικά τους και εν κατακλείδι γίνεται αναφορά σε μερικούς από τους γνωστότερους τύπους αερόφρενων. [8]

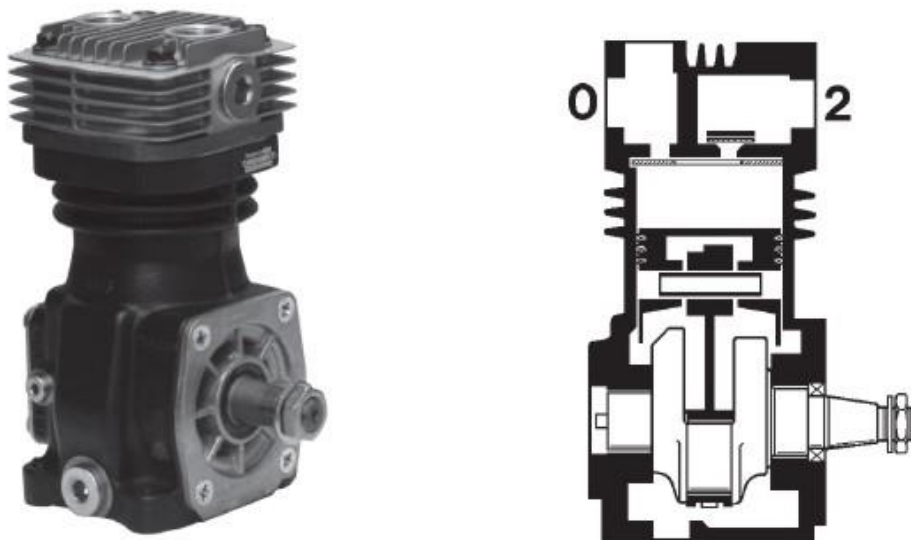
3.1 Κατασκευή

Τα συστήματα πέδησης αέρα κατασκευαστικά έχουν δύο σκέλη. Το ένα σκέλος είναι το τμήμα που είναι υπεύθυνο για την παραγωγή του πεπιεσμένου αέρα και την άμεση διαθεσιμότητά του όταν απαιτηθεί η χρήση των αερόφρενων. Το δεύτερο σκέλος είναι το τμήμα στο οποίο, με το που ζητηθεί η πέδηση, μεταφέρεται ο πεπιεσμένος αέρας από το κεντρικό σύστημα προς τους τροχούς και τα ενεργά εξαρτήματα πέδησης. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται ένα σύστημα πέδησης αέρος. Διακρίνονται με μπλε χρώμα το σύστημα παραγωγής του πεπιεσμένου αέρα και με κίτρινο χρώμα το σύστημα μεταφοράς και πέδησης.



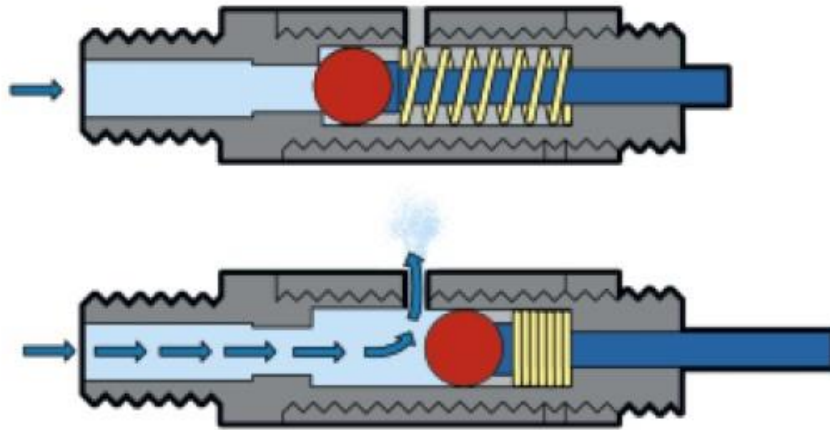
Εικόνα 3.1: Τυπικό σύστημα πέδησης αέρος [9]

Το σύστημα παραγωγής και αποθήκευσης του πεπιεσμένου αέρα αποτελείται από ένα συμπιεστή και ένα αεροφυλάκιο αποθήκευσης. Ο συμπιεστής είναι υπεύθυνος για την αύξηση της πίεσης του αέρα στο αεροφυλάκιο μέχρι την επιθυμητή και το αεροφυλάκιο φυλάσσει τον αέρα μέχρι να ζητηθεί. Μετά το τέλος της παραγράφου φαίνεται η τυπική δομή ενός συμπιεστή συστήματος αερόφρενων. Συχνά υπάρχουν δύο αεροφυλάκια, ένα για τους εμπρόσθιους και ένα για τους πίσω τροχούς. Συχνά επίσης τα ρυμουλκούμενα έχουν δικό τους αεροφυλάκιο. Στο σύστημα αυτό υπάρχει και ένας ρυθμιστής πίεσης υπεύθυνος για να σταματάει την λειτουργία του συμπιεστή όταν η πίεση στο αεροφυλάκιο φτάσει την επιθυμητή.

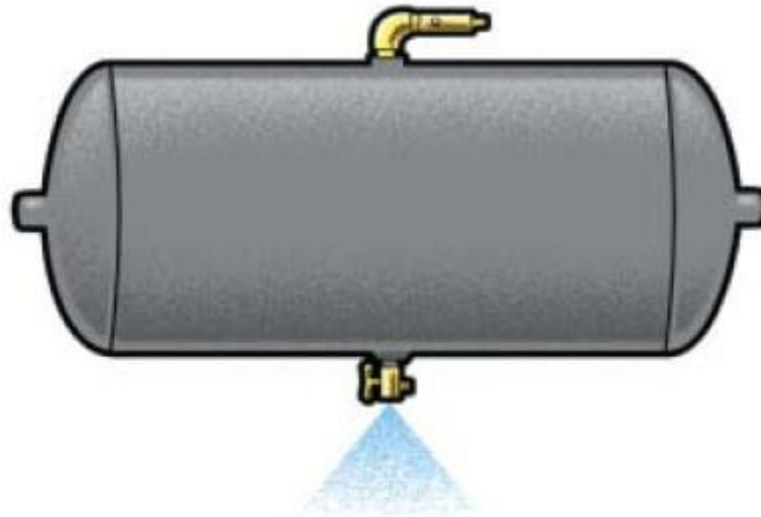


Εικόνα 3.2: Συμπιεστής συστήματος πέδησης αέρος [12]

Πέραν των παραπάνω εξαρτημάτων υπάρχουν και δυο βαλβίδες ασφαλείας. Η πρώτη τοποθετείται συνήθως στο πάνω μέρος του αεροφυλακίου και τίθεται σε λειτουργία μόνο αν για κάποιο λόγο δεν λειτουργήσει ο ρυθμιστής πίεσης. Η δεύτερη βρίσκεται στο κάτω μέρος του αεροφυλακίου και χρησιμοποιείται για την αποστράγγιση του αεροφυλακίου από τυχούσες υγραποιήσεις υδρατμών που περιλαμβάνονται στον αέρα. Στην πρώτη εικόνα απεικονίζεται η βαλβίδα ασφαλείας από την υπερπίεση ενώ στην δεύτερη εικόνα απεικονίζεται το αεροφυλάκιο και η βαλβίδα αποστράγγισης τοποθετημένη στο κάτω του μέρος.



Εικόνα 3.3: Βαλβίδα ασφαλείας αερόφρεων [9]

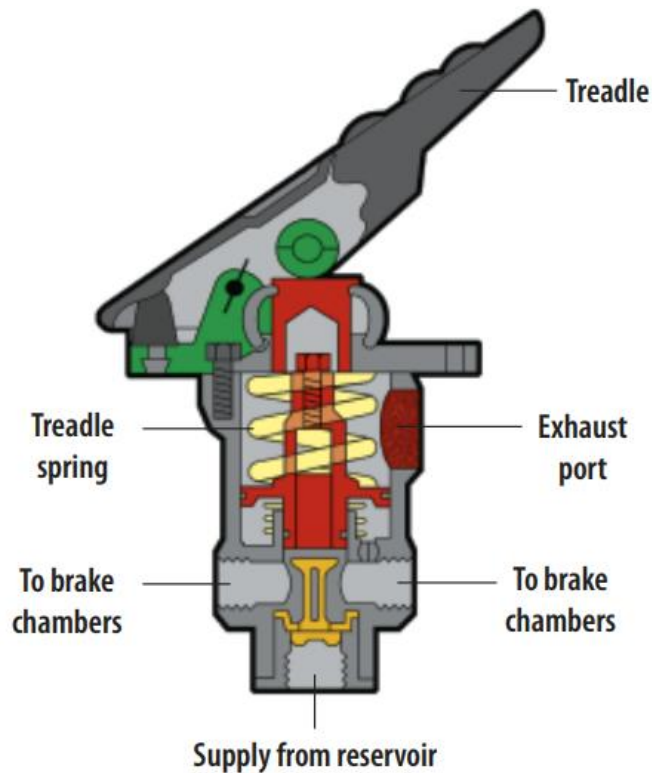


Εικόνα 3.4: Αεροφυλάκιο με βαλβίδα αποστράγγισης [9]

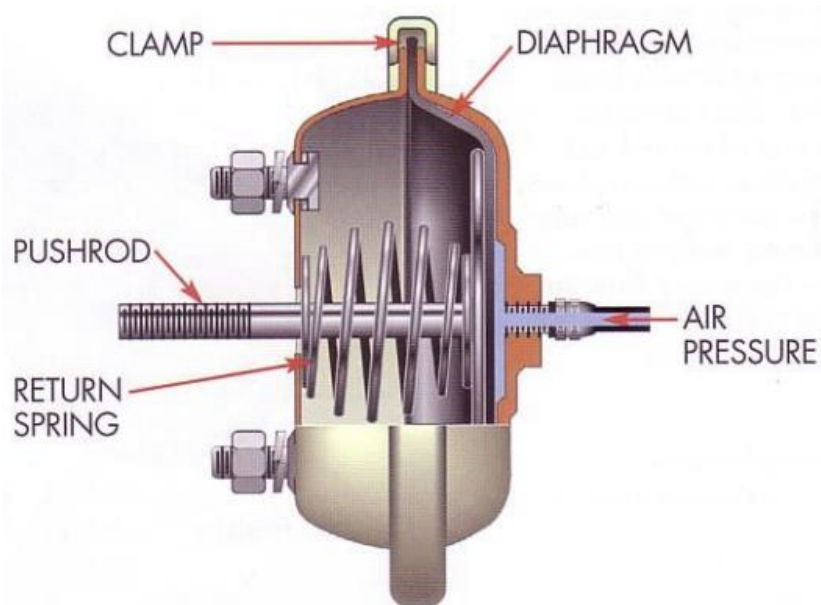
Μια άλλη βαλβίδα, η βαλβίδα διαμοιρασμού υπάρχει στο σύστημα αυτό και είναι υπεύθυνη για τον διαμερισμό του αέρα στα πνευματικά κυκλώματα του οχήματος. Συνήθως έχει τέσσερεις εξόδους και τροφοδοτεί τέσσερα κυκλώματα, το κύκλωμα πέδησης (διπλό), το κύκλωμα χειρόφρενου και τροφοδοσίας αέρα του ρυμουλκούμενου, και το κύκλωμα του μηχανόφρενου. Τέλος, υπάρχει τοποθετημένο στην είσοδο, προ του συμπιεστή, ένα φίλτρο, για να εξασφαλίζεται η καθαρότητα του αέρα που διέρχεται στο σύστημα πέδησης.

Το τμήμα πέδησης αποτελείται από την κεντρική βαλβίδα πέδησης η οποία συνδέεται με το πεντάλ του οδηγού (ονομάζεται και «παντόφλα» στην πιάτσα), τον μοχλό χειρισμού του χειρόφρενου, από το δίκτυο σωληνώσεων πεπιεσμένου αέρα οι οποίες μεταφέρουν τον αέρα σε κάθε τροχό του οχήματος και από τους αεροθάλαμους των τροχών (οι οποίοι στην πιάτσα ονομάζονται και φυσούνες). Παρακάτω στην πρώτη εικόνα φαίνεται η κεντρική βαλβίδα

πέδησης και ο τρόπος που έχει συνδεθεί με το πεντάλ του φρένου. Στην δεύτερη εικόνα φαίνεται ένας τυπικός αεροθάλαμος τροχού.



Εικόνα 3.5: Κεντρική βαλβίδα πέδησης αερόφρενων [9]



Εικόνα 3.6: Αεροθάλαμος τροχού [8]

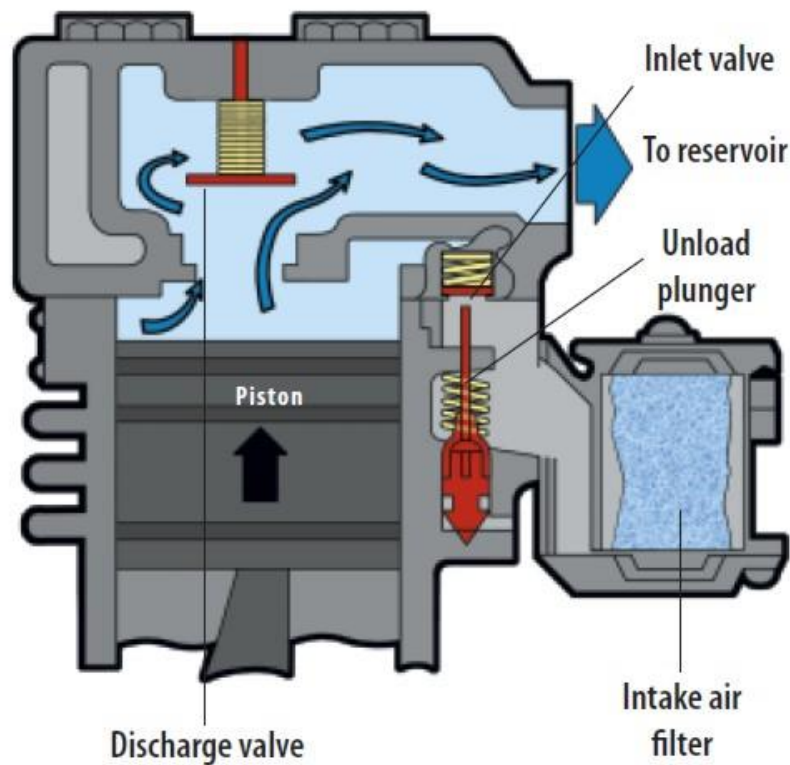
Στους αεροθαλάμους των τροχών υπάρχουν μέσα διαφράγματα τα οποία μετατρέπουν την δύναμη πίεσης του αέρα σε μηχανική μετατόπιση. Ένα σιγμοειδές έκκεντρο (έκκεντρο τύπου S) τοποθετείται ώστε να μετατρέψει αυτή την μετατόπιση σε κίνηση των ενεργητικών

εξαρτημάτων πέδησης. Τέλος το σύστημα ασκεί την δύναμη πέδησης στους τροχούς με ενεργητικά εξαρτήματα πέδησης τα οποία εν προκειμένω είναι είτε σιαγόνες πέδησης τοποθετημένες εντός τυμπάνων (τυμπανόφρενα) είτε πέδιλα πέδησης τοποθετημένα εκατέρωθεν ενός δίσκου (δισκόφρενα) είτε με διάφορων άλλων τύπων ενεργητικά εξαρτήματα πέδησης. [8], [9], [17]

3.2 Αρχή λειτουργίας

Τα αερόφρενα αποτελούνται από ένα κύκλωμα πεπιεσμένου αέρα το οποίο εγκαθίσταται στο όχημα και έχει συνεχώς αέρα πίεσης της τάξεως των 8bar. Το κύκλωμα αέρα τοποθετείται στην θέση του γνωστού υδραυλικού κυκλώματος πέδησης που υπάρχει στα συμβατικά οχήματα (και σε βαρέα οχήματα μικρού βάρους).

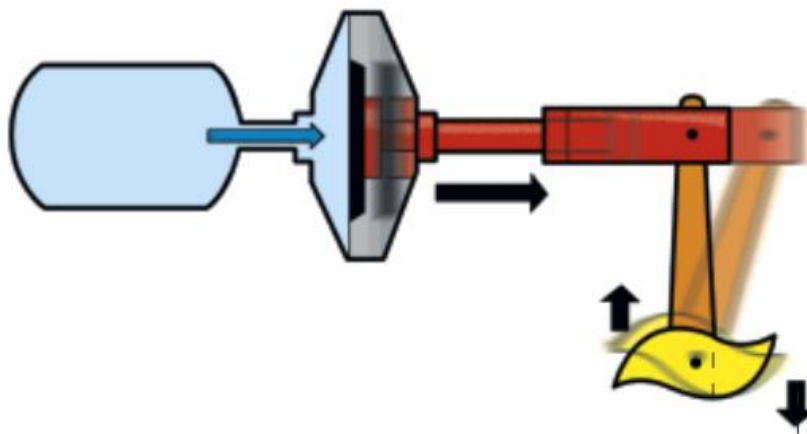
Το πρώτο τμήμα του συστήματος πέδησης αέρος, όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα, είναι υπεύθυνο για την παραγωγή και την διαθεσιμότητα του πεπιεσμένου αέρος. Ο συμπιεστής αυξάνει την πίεση του αέρος λαμβάνοντας κίνηση από την μηχανή, συγκεκριμένα με την χρήση είτε ενός μάντα είτε ενός οδοντωτού τροχού που συνδέεται στον στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής. Στον συμπιεστή εισέρχεται αέρας, φιλτραρισμένος, ο οποίος συμπιέζεται όπως φαίνεται στο διάγραμμα της επόμενης εικόνας.



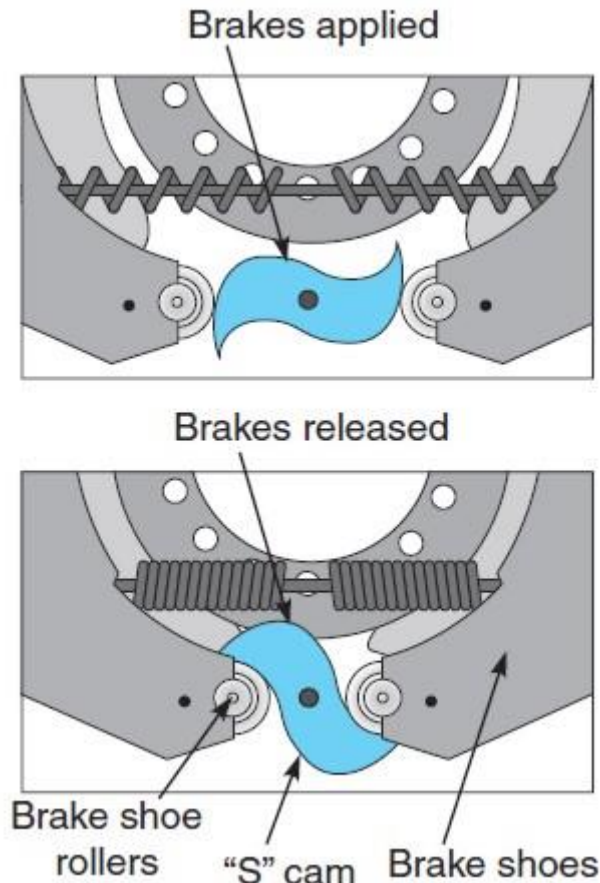
Εικόνα 3.7: Συμπιεστής αερόφρενων σε διαδικασία συμπίεσης [9]

Ο εξερχόμενος αέρας από τον συμπιεστή, σε υψηλή πίεση πλέον οδηγείται στο αεροφυλάκιο αποθήκευσης. Όταν η πίεση στο αεροφυλάκιο φτάσει την πίεση λειτουργίας του συστήματος πέδησης τότε διακόπτεται η παροχή πεπιεσμένου αέρα. Η διακοπή της λειτουργίας γίνεται από τον ρυθμιστή πίεσης ο οποίος αποτρέπει τον συμπιεστή να στείλει περισσότερο πεπιεσμένο αέρα στο αεροφυλάκιο. Στην ουσία επιτρέπει στον συμπιεστή να περιστρέφεται χωρίς να συμπιέζει αέρα. Για λόγους ασφαλείας, η βαλβίδα ασφαλείας τοποθετείται στο αεροφυλάκιο και εκτονώνει στο περιβάλλον αέρα σε περίπτωση που η πίεση στο αεροφυλάκιο φτάσει σε μια κρίσιμη τιμή.

Το σύστημα πέδησης έχει μια κεντρική βαλβίδα πέδησης η οποία είναι συνδεδεμένη με το πεντάλ του οδηγού. Όταν ο οδηγός ασκήσει δύναμη στο πεντάλ τότε η βαλβίδα ενεργοποιείται και επιτρέπει την διέλευση πεπιεσμένου αέρα από της σωληνώσεις ο οποίος εν τέλει καταλήγει στους αεροθάλαμους που βρίσκονται στους τροχούς. Στους αεροθάλαμους των τροχών υπάρχει ένα διάφραγμα, ένας άξονας ώθησης και ένα ελατήριο επαναφοράς. Ο αέρας που εισέρχεται σπρώχνει το διάφραγμα το οποίο με την σειρά του σπρώχνει και κινεί τον άξονα ώθησης. Ο άξονας ώθησης προκαλεί μετακίνηση ενός μοχλού, του ρυθμιστικού μοχλού. Στον μοχλό αυτό συνδέεται το σιγμοειδές έκκεντρο το οποίο και περιστρέφεται. Η περιστροφή του έκκεντρου έχει ως αποτέλεσμα την μετακίνηση των σιαγώνων οι οποίες τρίβονται στο τύμπανο και προκαλούν την πέδηση. Σε περίπτωση δισκοφρένων ο αέρας από τους αεροθαλάμους οδηγείται στην δαγκάνα και πιέζει τα δύο πέδιλα ώστε να φρενάρουν τον τροχό. Στην πρώτη εικόνα παρακάτω φαίνεται η λειτουργία, η μετακίνηση του σιγμοειδούς εκκέντρου. Στην δεύτερη εικόνα φαίνεται ο τρόπος που το σιγμοειδές έκκεντρο σπρώχνει τις σιαγόνες προς τα τύμπανα ώστε να εμφανιστεί η τριβή και να ξεκινήσει η πέδηση.



Εικόνα 3.8: Λειτουργία αερόφρενου – περιστροφή σιγμοειδούς έκκεντρου [9]



Εικόνα 3.9: Λειτουργία αερόφρενου – κίνηση σιαγόνων [17]

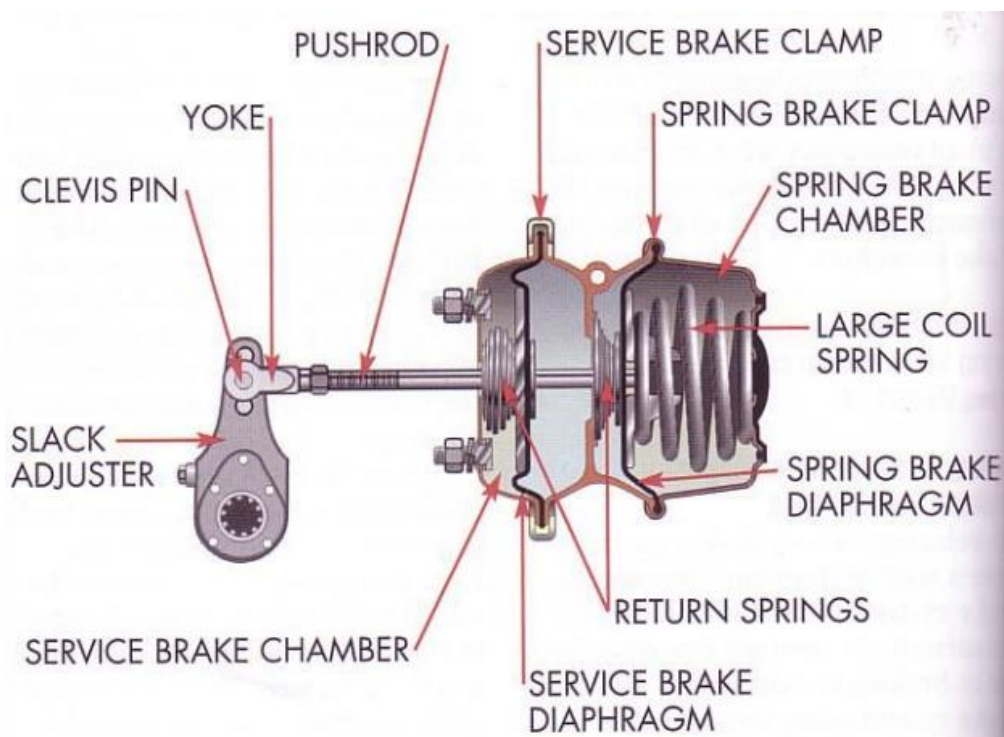
Η λήψη αέρα από το αεροφυλάκιο για την πέδηση του οχήματος οδηγεί σε πτώση πίεσης στο αεροφυλάκιο. Ο ρυθμιστής πίεσης του συστήματος το αντιλαμβάνεται και επιτρέπει και πάλι στον συμπιεστή να ξεκινήσει να δουλεύει για να παράξει επιπλέον πεπιεσμένο αέρα ώστε να συμπληρώσει αυτόν που έχει οδηγηθεί στο σύστημα πέδησης.

Όταν σταματήσει η απαίτηση πέδησης και ο οδηγός αφήσει το πεντάλ ελεύθερο να γυρίσει στην αρχική του θέση τότε τα ελατήρια που συνδέουν μεταξύ τους τις δύο σιαγόνες τις επαναφέρουν στην αρχική τους θέση. Ταυτόχρονα το ελατήριο που βρίσκεται μέσα στον αεροθάλαμο επαναφέρει τον άξονα ώθησης και το διάφραγμα στην αρχική του θέση. Αυτό οδηγεί τον αέρα στο να εκτελέσει αντίθετη πορεία, προς την κεντρική βαλβίδα πέδησης. Στην βαλβίδα αυτή ανοίγει μια θυρίδα και ο αέρας επιστρέφει στο περιβάλλον κάνοντας ένα χαρακτηριστικό ήχο εκτόνωσης αέρα τον οποίο όλοι έχουμε ακούσει σε βαρέα οχήματα.

Πέραν του απλού αεροθαλάμου υπάρχει και ο αεροθάλαμος διπλής ενέργειας στον οποίο συνδέονται ταυτόχρονα το σύστημα πέδησης και το χειρόφρενο. Όπως και ο προηγούμενος έχει ένα διάφραγμα, τον άξονα ώθησης και το ελατήριο επαναφοράς. Επιπλέον όμως έχει ένα έμβολο και ένα δεύτερο ελατήριο πολύ ισχυρότερο από το πρώτο. Σε περίπτωση

που το όχημα είναι σβηστό, δεν υπάρχει πεπιεσμένος αέρας στο κύκλωμα τότε το ισχυρό ελατήριο πιέζει το έμβολο και το ωθεί προς τα έξω. Αυτό ωθεί τον άξονα ώθησης προς τα έξω και υπάρχει κίνηση του συστήματος πέδησης και πολύ ισχυρό φρενάρισμα. Αυτή η λειτουργία είναι λειτουργία καθαρά μηχανικής πέδησης και λαμβάνει χώρα όταν το όχημα είναι εκτός λειτουργίας. Είναι η λειτουργία του χειρόφρενου.

Όταν απελευθερώνεται το χειρόφρενο τότε ο πεπιεσμένος αέρας σπρώχνει το έμβολο προς τα μέσα συμπιέζοντας το ισχυρό ελατήριο. Με αυτό τον τρόπο ο άξονας ώθησης κινείται προς τα μέσα, μαζεύονται οι σιαγώνες, παύει να υπάρχει δύναμη πέδησης και το όχημα μπορεί να κινηθεί. Κατά την κίνηση όταν ο οδηγός πατήσει το πεντάλ του φρένου τότε πεπιεσμένος αέρας εισέρχεται στην περιοχή του διαφράγματος και προκαλεί μετατόπιση του διαφράγματος και φρενάρισμα με τον ίδιο τρόπο όπως περιγράφηκε η λειτουργία του απλού αεροθαλάμου. Στην πρώτη εικόνα φαίνεται το διάγραμμα και τα κυριότερα τμήματα του αεροθαλάμου διπλής ενέργειας. Στην δεύτερη εικόνα φαίνεται η βαλβίδα ενεργοποίησης του χειρόφρενου. [8], [9], [10], [17]



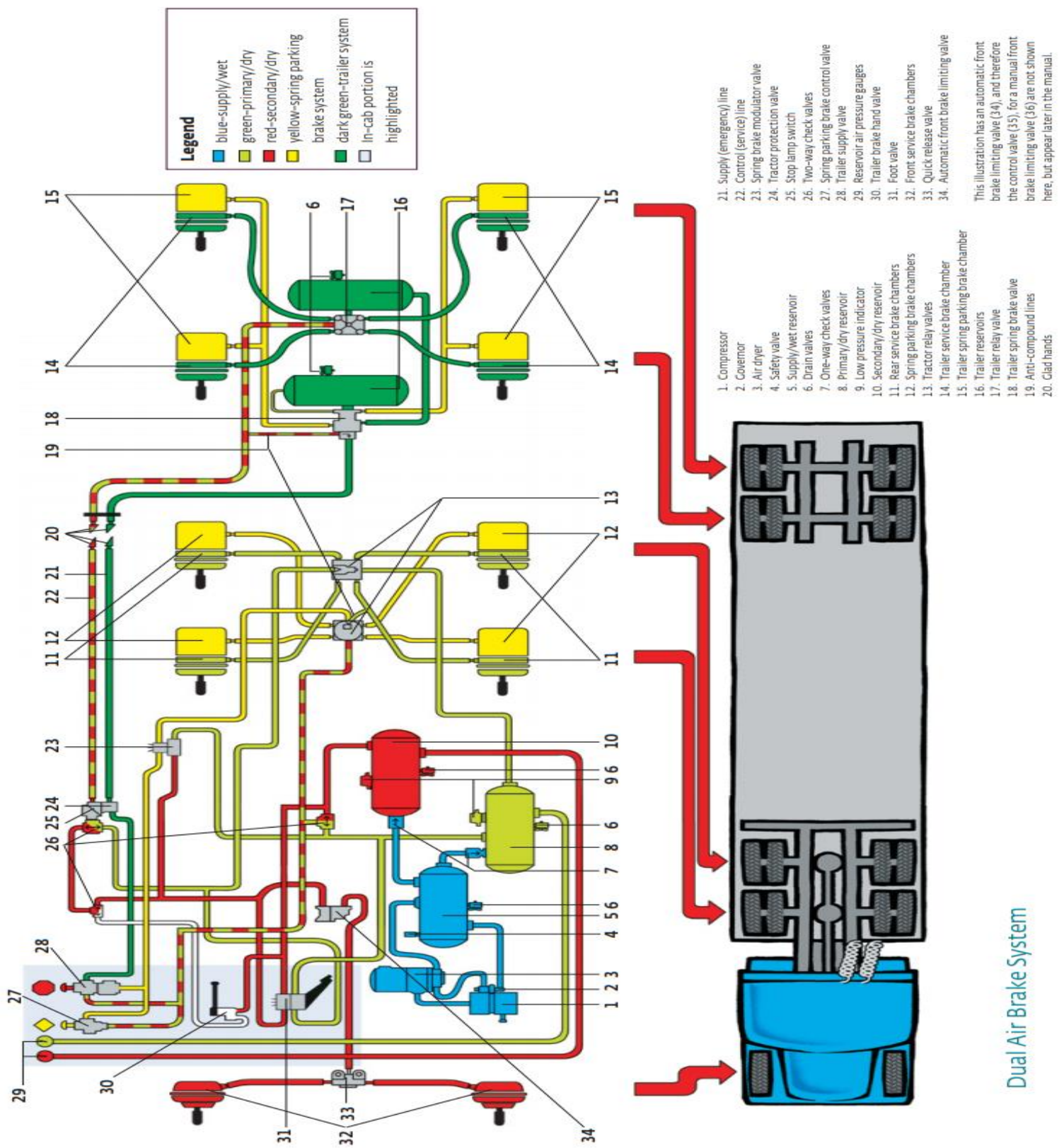
Εικόνα 3.10: Αεροθάλαμος τροχού διπλής ενέργειας [8]



Εικόνα 3.11: Χειροκίνητη βαλβίδα ενεργοποίησης χειρόφρενου [9]

3.3 Γενικά χαρακτηριστικά

Η ύπαρξη ενός πνευματικού κυκλώματος το οποίο συνδέει ολόκληρο το σύστημα πέδησης δημιουργεί το πρόβλημα, στην πιθανότητα βλάβης και διαρροής αέρα, να υπάρχει απώλεια του συστήματος πέδησης. Για αυτό κατά βάση τα πνευματικά κυκλώματα των συστημάτων πέδησης αέρος είναι είτε διπλά είτε τουλάχιστον έχουν διπλούς αγωγούς. Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται πόσο περίπλοκη είναι η δομή ενός διπλού συστήματος πέδησης με αέρα για ένα φορτηγό που έχει τον τράκτορα και το ρυμουλκούμενο όχημα.



Εικόνα 3.12: Διπλό σύστημα πέδησης αέρος φορτηγού [9]

Ένα όχημα μεγάλου βάρους απαιτεί ορθή κατανομή της δύναμης πέδησης στους άξονες και στους τροχούς του. Η απαιτούμενη δύναμη πέδησης διαφέρει αναλόγως τόσο του βάρους του οχήματος όσο και της κατανομής του φορτίου ανάμεσα στους άξονές του. Έτσι το σύστημα πέδησης δεν πρέπει μόνο να παρέχει την μέγιστη δυνατή πέδηση ώστε να μπορεί να σταματήσει το όχημα με ασφάλεια υπό μέγιστο φορτίο αλλά θα πρέπει να μπορεί να κάνει κατανομή της πέδησης στους άξονες των τροχών αναλόγως της θέσης του φορτίου του. Η ρύθμιση αυτή γίνεται από ειδικές βαλβίδες που υπάρχουν κατά μήκος του πνευματικού κυκλώματος.

Ταυτόχρονα όμως το σύστημα πέδησης πρέπει να εξασφαλίζει την ταυτόχρονη πέδηση όλων των τροχών ώστε να μην υπάρχει ολίσθηση και εκτροπή του οχήματος. Η διαδικασία εξασφάλισης ταυτόχρονης πέδησης σε όλους τους τροχούς ονομάζεται ισοστάθμιση. Αυτό γίνεται με επιλογή διαφορετικής χωρητικότητας αεροθαλάμων, επιλογή σωληνώσεων διαφορετικού μήκους και διαμέτρου και με την παρεμβολή διάφορων βαλβίδων.

Τέλος, πολύ σημαντική είναι και η σύνδεση του συστήματος πέδησης του τράκτορα με το ή τα ρυμουλκούμενα σε περίπτωση που υπάρχουν. Το πνευματικό δίκτυο πρέπει να συνδεθεί και μάλιστα πρέπει να υπάρχουν οι κατάλληλες βαλβίδες οι οποίες θα επιτρέπουν την ισοστάθμιση της πέδησης μεταξύ του τράκτορα και των ρυμουλκούμενων έτσι ώστε να αποφευχθεί το ενδεχόμενο διαφορετικής πέδησης κάτι που θα οδηγήσει σε ολίσθηση του ρυμουλκούμενου (κοινώς θα «διπλώσει»).

Τα συστήματα πέδησης βαρών οχημάτων με αέρα διέπονται από τις προδιαγραφές FMVSS 121. Οι προδιαγραφές αυτές προβλέπουν τα πάντα, από την πίεση λειτουργίας των συστημάτων και τον όγκο τους έως τον χρόνο απόκρισης και τον χρόνο εκτόνωσης τους, τόσο σε συνθήκες ομαλής πέδησης όσο και σε συνθήκες απότομης πέδησης σε υγρό ή ξηρό έδαφος.

Παρόλη την ύπαρξη προδιαγραφών το σύστημα αερόφρενων έχει ένα μεγάλο ελάττωμα, τον πεπερασμένο όγκο του αεροφυλακίου. Σε περίπτωση παρατεταμένων φρεναρισμάτων σε μεγάλης διάρκειας κατωφέρειες (για παράδειγμα κατά την κατάβαση ενός όρους) υπάρχει η πιθανότητα, ο αέρας που απαιτείται για την πέδηση να είναι περισσότερος από τον αέρα που δύναται να συμπίεσει ο συμπιεστής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το αεροφυλάκιο μετά από κάποια ώρα να αδειάσει, το σύστημα να «μείνει» από πεπιεσμένο αέρα και ο οδηγός να χάσει το σύστημα πέδησης. Αυτή η αιτία είναι μια από τις κυριότερες αιτίες ατυχημάτων βαρέων οχημάτων που χρησιμοποιούν αερόφρενα. Για αυτό τον λόγο συνιστάται από τους κατασκευαστές όπως, σε συνεχή κίνηση σε δρόμους με μεγάλης διάρκειας κατηφορικές κλίσεις, να γίνονται ενδιάμεσες στάσεις με το όχημα εν λειτουργία για να

μπορέσει να αναπληρωθεί ο αέρας στο αεροφυλάκιο. Ταυτόχρονα είναι σαφές ότι είναι απαγορευτικό να κινείται το όχημα με σβησμένη μηχανή γιατί ο αέρας κάποια στιγμή θα εξαντληθεί από το αεροφυλάκιο αφού δεν θα λειτουργεί ο συμπιεστής για να τον αναπληρώσει με καινούριο. [8], [17]

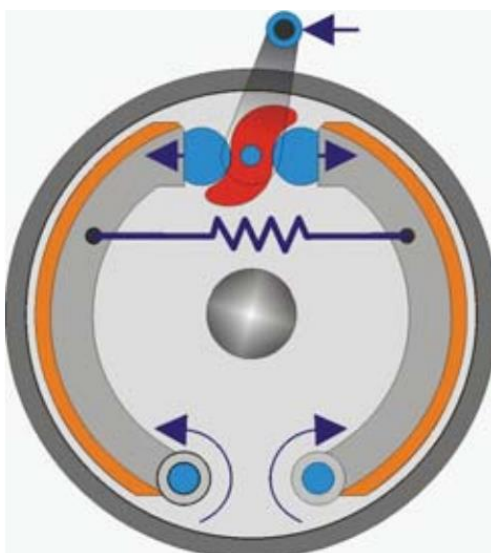
3.4 Τύποι αερόφρενων

Στην πλειονότητά τους τα αερόφρενα καταλήγουν σε ενεργητικά εξαρτήματα πέδησης τυμπανόφρενων ή δισκόφρενων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα συστήματα S-Cam τα οποία χρησιμοποιούν έκκεντρα τύπου S και κλασσικά τυμπανόφρενα, τα συστήματα Wedge τα οποία είναι αερόφρενα σφηνοειδούς τύπου και τα συστήματα ADB τα οποία χρησιμοποιούν δισκόφρενα. Όλα αυτά τα συστήματα περιγράφονται περιληπτικά σε αυτή την ενότητα. [10]

3.4.1 Τυμπανόφρενα με σιγμοειδή έκκεντρα (S-Cam)

Τα τυμπανόφρενα με σιγμοειδή έκκεντρα είναι ο συνηθέστερος τύπος αερόφρενων που συναντούμε σε βαρέα οχήματα. Στην λειτουργία των αερόφρενων, που παρουσιάστηκε προηγουμένως έχει γίνει αναφορά στην χρήση των σιγμοειδών έκκεντρων για μεταβολή της κίνησης του διαφράγματος σε κίνηση των σιαγώνων και κατά συνέπεια σε πέδηση. Στην παρούσα ενότητα θα γίνει περιγραφή στον τρόπο που γίνεται η συγκεκριμένη μεταβολή της κίνησης.

Αυτά τα τυμπανόφρενα περιλαμβάνουν δύο σημαντικά εξαρτήματα τα οποία μετατρέπουν την μηχανική κίνηση του διαφράγματος του αεροθάλαμου σε κίνηση των σιαγώνων. Τα εξαρτήματα αυτά είναι ο ρυθμιστικός μοχλός και τα σιγμοειδή έκκεντρα τα οποία φαίνονται στην επόμενη εικόνα.



Εικόνα 3.13: Δομή φρένου με χρήση σιγμοειδούς έκκεντρου [10]

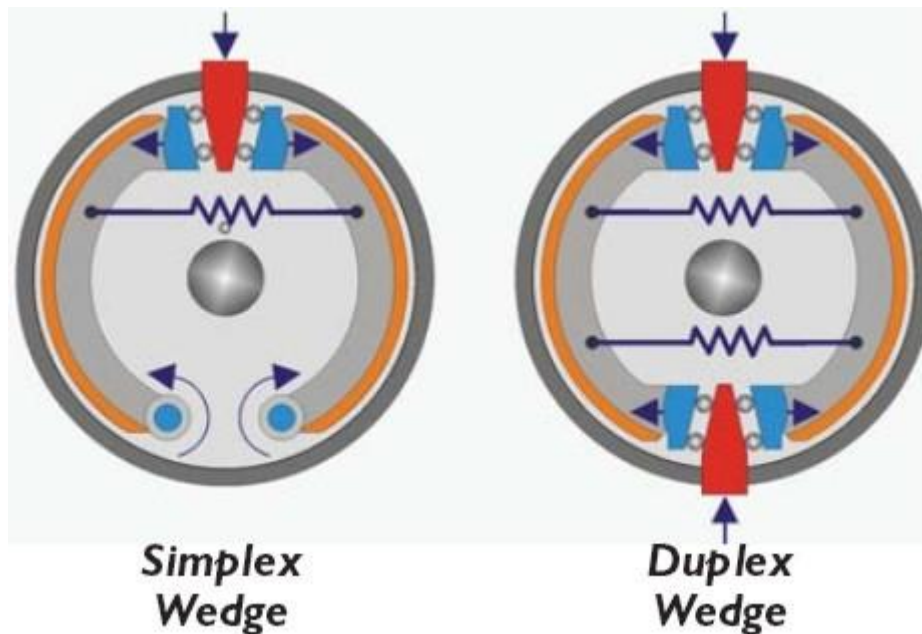
Ο ρυθμιστικός μοχλός είναι ο μοχλός ο οποίος μετατρέπει την κίνηση του διαφράγματος σε περιστροφή του σιγμοειδούς έκκεντρου. Το μήκος του είναι το μέγεθος κλειδί που καθορίζει την μετατροπή της μετατόπισης του διαφράγματος σε ροπή περιστροφής του έκκεντρου. Το ένα άκρο του ρυθμιστικού μοχλού ακουμπάει στο διάφραγμα του αεροθάλαμου και μετατοπίζεται όπως μετατοπίζεται το διάφραγμα. Στο άλλο άκρο του συνδέεται με ένα διωστήρα ο οποίος διέρχεται στον άξονα που είναι τοποθετημένο το σιγμοειδές έκκεντρο. Μετατόπιση του ρυθμιστικού μοχλού συνεπάγεται περιστροφή του διωστήρα (αφού το άλλο του άκρο δεν μπορεί να μετακινηθεί).

Η περιστροφή του διωστήρα προκαλεί περιστροφή του άξονα που βρίσκεται το σιγμοειδές έκκεντρο και κατά συνέπεια προκαλεί περιστροφή του ίδιου του σιγμοειδούς έκκεντρου. Το σιγμοειδές έκκεντρο με την σειρά του λειτουργεί το ίδιο ως μοχλός για τις δύο σιαγώνες. Η περιστροφή του προκαλεί κίνηση στις σιαγώνες οι οποίες με την σειρά τους ακουμπούν το τύμπανο και ξεκινάει η πέδηση.

Το έκκεντρο αυτό λοιπόν είναι το δεύτερο σημαντικό εξάρτημα αυτού του συστήματος πέδησης. Δεδομένης λοιπόν της ανάγκης για συνεχή ύπαρξη δύναμης από το έκκεντρο στις σιαγώνες ώστε η πέδηση να είναι συνεχής είναι αντιληπτό ότι η φθορά του έκκεντρου πρέπει να είναι εντός ορίων. Σε περίπτωση που ξεπεραστούν τα όρια αυτά πρέπει να γίνει αντικατάσταση του έκκεντρου με ένα άλλο έκκεντρο με τις ίδιες ακριβώς εξωτερικές διαστάσεις με το αρχικό ώστε να υπάρχει σωστή λειτουργία του συστήματος πέδησης. [8], [9], [10]

3.4.2 Σφηνοειδή τυμπανόφρενα(Wedge)

Σε πιο σπάνιες περιπτώσεις, αντί των έκκεντρων τύπου S, η μεταφορά της κίνησης του διαφράγματος στις σιαγώνες γίνεται με την χρήση μιας σφήνας. Η σφήνα αυτή αντικαθιστά τα σιγμοειδή έκκεντρα της προηγούμενης κατηγορίας. Σε αυτή την περίπτωση η κίνηση του διαφράγματος του αεροθάλαμου του τροχού μεταφέρεται με την χρήση ενός ωστηρίου, μιας ράβδου δηλαδή. Στο άκρο της ράβδου είναι τοποθετημένη η σφήνα. Κινούμενη λοιπόν η ράβδος και κατά συνέπεια η σφήνα ωθεί τις σιαγώνες σε μεγαλύτερη διάμετρο (αφού στο άλλο άκρο είναι σταθερές και περιστρέφονται γύρω από το σταθερό σημείο) έτσι ξεκινάει η τριβή τους με το τύμπανο και η πέδηση του οχήματος. Μια διαφορετική έκδοση των φρένων με σφήνα χρησιμοποιεί διπλή σφήνα ώστε ταυτόχρονα να ωθεί τις δύο σιαγώνες σε μεγαλύτερη διάμετρο. Με αυτό τον τρόπο η ώθηση μετακινεί ολόκληρη την σιαγόνα και αυξάνει την επιφάνεια επαφής με το τύμπανο αφού ακουμπάει ολόκληρη η σιαγόνα με το τύμπανο. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται αριστερά το σφηνοειδές τυμπανόφρενο με μια σφήνα και δεξιά το σφηνοειδές τυμπανόφρενο με δύο σφήνες.



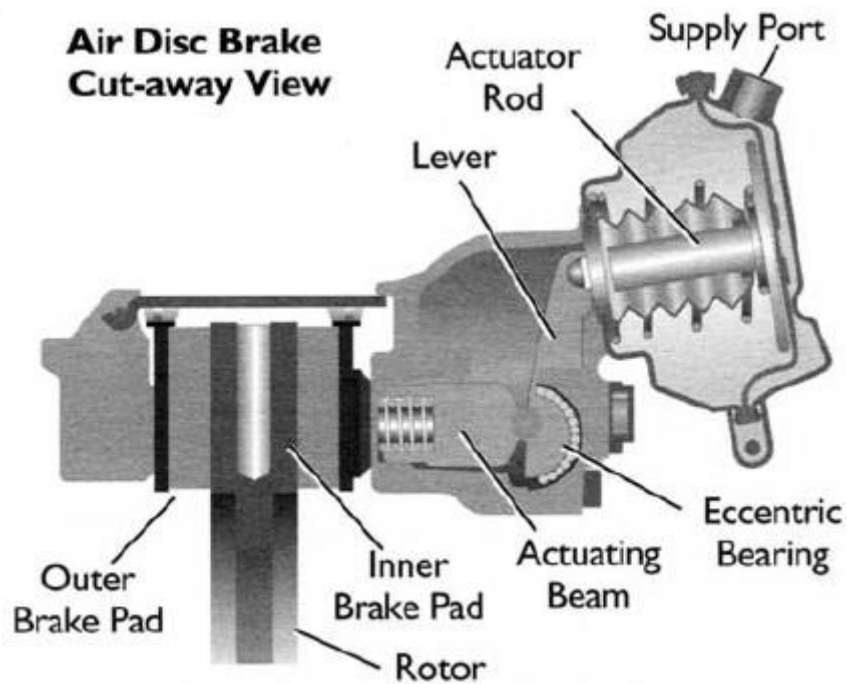
Εικόνα 3.14: Σφηνοειδή τυμπανόφρενα με μια και με δυο σφήνες [10]

Το σημαντικό στοιχείο στα φρένα τα οποία χρησιμοποιούν σφήνα είναι η γωνία της σφήνας. Είναι αντιληπτό πως μεταβολή της γωνίας της σφήνας μεταβάλλει την κίνηση των σιαγώνων. Συγκεκριμένα, η αύξηση της γωνίας της σφήνας οδηγεί σε μείωση της δύναμης πέδησης. Οπότε κατά τον σχεδιασμό του συστήματος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η γωνία της σφήνας. Επίσης πρέπει κατά τον έλεγχο του συστήματος πέδησης να ελέγχεται και η σφήνα και τυχόν φθορά της να οδηγεί σε αντικατάστασή της.

Ο λόγος που εμφανίστηκαν τα σφηνοειδή τυμπανόφρενα ως εναλλακτική των τυμπανόφρενων με σιγμοειδή έκκεντρα είναι γιατί έχουν κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα. Το σημαντικότερο όλων είναι ο μικρότερος χρόνος απόκρισης γιατί η κίνηση του διαφράγματος μετατρέπεται άμεσα σε κίνηση της σφήνας άρα και πέδηση, χωρίς χρονοκαθυστέρηση μεταβολής της κίνησης σε περιστροφική. Το δεύτερο πλεονέκτημα είναι ότι εξαιτίας της χρήσης της μετατόπισης του διαφράγματος δεν απαιτούνται μεγάλες μετατοπίσεις για επαρκή πέδηση. Αυτό οδηγεί σε μικρότερες ανάγκες αέρα (χαμηλότερη ποσότητα) αλλά και σε μικρότερες ανάγκες χωρητικότητας τόσο των αεροθαλάμων των τροχών όσο και του κεντρικού αεροφυλακίου του οχήματος. Τέλος, τα τυμπανόφρενα που λειτουργούν με σφήνα έχουν κατασκευαστικά μικρότερες διαστάσεις. Αυτό μεταφράζεται σε μικρότερες διαστάσεις τόσο των τυμπάνων όσο και των σιαγώνων. Κατά συνέπεια τα τυμπανόφρενα αυτά έχουν μικρότερο μέγεθος κάτι ιδιαίτερα βοηθητικό στην τοποθέτησή τους κατά τον σχεδιασμό του οχήματος και μικρότερο βάρος κάτι που οδηγεί σε εξοικονόμηση καυσίμου καθώς το όχημα είναι ελαφρύτερο. Ταυτόχρονα το μικρότερο μέγεθος και βάρος τους οδηγεί συνήθως και σε φθηνότερα ανταλλακτικά μειώνοντας το κόστος συντήρησης του συστήματος πέδησης. [10], [17]

3.4.3 Δισκόφρενα (ADB – Air Disc Brake)

Σε μικρότερο αριθμό συναντούμε βαρέα οχήματα με δισκόφρενα αντί με τυμπανόφρενα. Η λειτουργία τους είναι παρόμοια με αυτή των τυμπανόφρενων μέχρι και τον αεροθάλαμο του τροχού. Ακολούθως στον αεροθάλαμο του τροχού κινείται ένα διάφραγμα το οποίο σπρώχνει ένα διωστήρα. Ο διωστήρας με την σειρά του περιστρέφει ένα έκκεντρο μοχλό. Ο μοχλός περιστρέφεται και σπρώχνει το εσωτερικό πέδילו προς τον τροχό και τον δίσκο πέδησης που φέρει. Εκεί ξεκινάει η πέδηση. Ταυτόχρονα όμως η κίνηση του πέδिलου αφήνει ελεύθερη την δαγκάνα η οποία αιωρείται. Αυτό έχει ως συνέπεια την μετακίνηση της δαγκάνας έτσι ώστε και το δεύτερο πέδילו, από την άλλη πλευρά του τροχού, να πατήσει στον δίσκο και να ξεκινήσει και εκεί η τριβή. Έτσι επιτυγχάνεται ταυτόχρονη πέδηση από δύο πέδिला και στις δύο πλευρές του δίσκου. Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζεται η δομή ενός δισκόφρενου αέρος.



Εικόνα 3.15: Τυπική δομή δισκόφρενου αέρος [17]

Ο λόγος που κάποιες εταιρίες τα προτιμούν είναι η ύπαρξη μερικών σημαντικών πλεονεκτημάτων τους. Καταρχήν ακόμη και μετά την θέρμανση τους, η επιφάνεια επαφής είναι η ίδια. Σε αντίθεση με τις σιαγώνες των τυμπανόφρενων όπου η θέρμανση του τυμπάνου προκαλεί διαστολές και μεταβολές στις επιφάνειες τριβών. Ταυτόχρονα, εξαιτίας της δυνατότητας χρήσης πολλών διαδοχικών πλακών επιτρέπεται μεταξύ αυτών ο αερισμός κάτι που μειώνει τα φαινόμενα υπερθέρμανσης. Φυσικά ο μηχανισμός λειτουργίας τους είναι τέτοιος που επιτρέπει πιο άμεση ανταπόκριση άρα και πιο άμεση πέδηση, πράγμα ιδιαίτερα κρίσιμο σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Τέλος, η συντήρησή τους είναι πολύ εύκολη με μια απλή αλλαγή των πέδινων που φθείρονται χωρίς να χρειαστεί να ανοίξουν τύμπανα. Παρόλα αυτά, ακόμη και στις μέρες μας, τα συστήματα πέδησης αέρος που χρησιμοποιούν τύμπανα υπερτερούν σε αριθμό. [10], [17]

4 Υδραυλικά συστήματα πέδησης

Τα υδραυλικά συστήματα πέδησης είναι τα πλέον χρησιμοποιούμενα συστήματα πέδησης. Κατά βάση όμως χρησιμοποιούνται στα κοινά επιβατικά οχήματα και αυτό γιατί όσο αυξάνεται το βάρος του οχήματος τόσο μεγαλύτερη δύναμη απαιτείται να ασκηθεί από τον οδηγό στο πεντάλ για να επέλθει πέδηση. Εφαρμόζονται όμως και στα ελαφρότερα των βαρέων οχημάτων, μικρά φορτηγά με μικτά βάρη περίξ των 5 τόνων για αυτό και εξετάζονται στην παρούσα εργασία.

Τα συστήματα αυτά ονομάζονται υδραυλικά γιατί η πέδηση, δηλαδή η μετακίνηση των σιαγώνων τριβής, γίνεται με την χρήση υγρού. Ιστορικά έχουν ζωή περίπου ενός αιώνα, και έχουν εξαρχής αντικαταστήσει τα μηχανικά συστήματα πέδησης. Το κύριο τους πλεονέκτημα έναντι των μηχανικών συστημάτων πέδησης είναι η απαίτηση πολύ μικρότερης δύναμης από τον χειριστή ώστε να επιτευχθεί η ίδια δύναμη πέδησης στο όχημα. Η αύξηση των ταχυτήτων και του βάρους των οχημάτων κατέστησε τα μηχανικά συστήματα ανεπαρκή εξαιτίας της πολύ μεγάλης απαιτούμενης δύναμης που δεν μπορούσε να ασκήσει ο οδηγός. Για αυτό πολύ γρήγορα επικράτησαν τα υδραυλικά συστήματα.

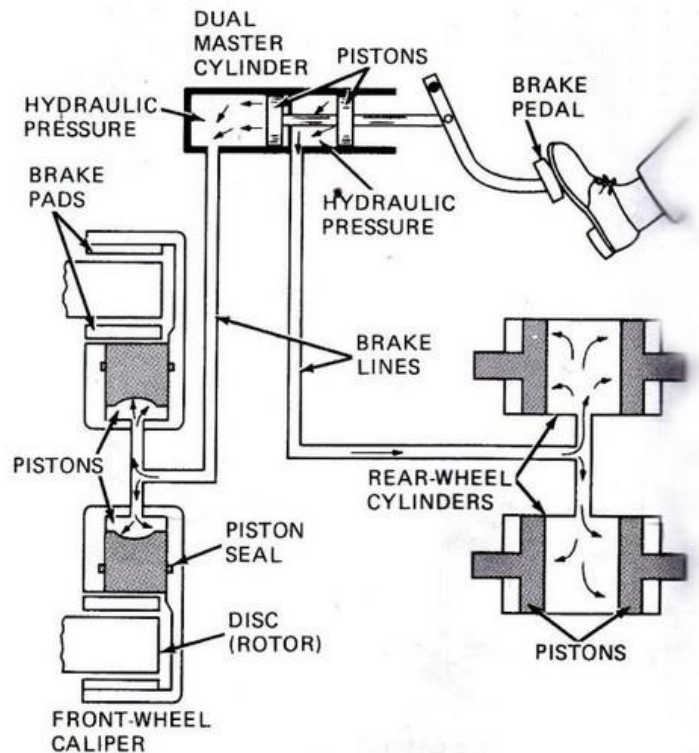
Μάλιστα το συγκριτικό πλεονέκτημά τους σε σχέση με τα μηχανικά φρένα δεν επήλθε από ένα πολύπλοκο και δύσχρηστο σύστημα. Αντιθέτως τα υδραυλικά συστήματα πέδησης είναι πολύ απλά στην κατασκευή τους και πολύ εύκολα στην λειτουργία τους επιτρέποντας μάλιστα στον οδηγό, αυξομειώνοντας την δύναμη που ασκεί στο σύστημα, να αυξομειώσει την δύναμη πέδησης. Ταυτόχρονα η μεταφορά της δύναμης από το σημείο εφαρμογής της από τον οδηγό έως το σημείο άσκησης της πέδησης, γίνεται με ελάχιστη χρονοκαθυστερήση επιτρέποντας την αμεσότερη εκτέλεση των εντολών επιβράδυνσης του οδηγού.

Τα υδραυλικά συστήματα πέδησης διακρίνονται σε δύο είδη, τα υδραυλικά συστήματα πέδησης τυμπάνου (στην πιάτσα συναντούνται και ως συστήματα πέδησης ταμπούρου – ταμπουρόφρενα) και τα υδραυλικά συστήματα πέδησης δίσκων. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζονται στο κεφάλαιο αυτό, μαζί με την αρχή λειτουργίας των υδραυλικών συστημάτων.

4.1 Αρχή λειτουργίας

Η λειτουργία των υδραυλικών συστημάτων είναι πολύ απλή. Βασίζεται στην μεταφορά της δύναμης που ασκείται από τον οδηγό και μεταφέρεται διαμέσου ενός υδραυλικού κυκλώματος. Το υδραυλικό κύκλωμα αποτελείται από το πεντάλ του φρένου, την αντλία, τους σωλήνες μεταφοράς του υγρού και τους κυλίνδρους που υπάρχουν σε κάθε τροχό. Στο κύκλωμα αυτό κυκλοφορεί το υγρό των φρένων, ένα υγρό με συγκεκριμένες ιδιότητες, διαμέσου του οποίου μεταφέρεται η δύναμη πέδησης.

Το πεντάλ του φρένου είναι συνδεδεμένο με το έμβολο της αντλίας. Κατά την άσκηση της δύναμης από τον οδηγό το έμβολο κινείται στην αντλία και πιέζει το υγρό. Όλα τα υγρά όμως έχουν μια βασική ιδιότητα, είναι ασυμπίεστα. Αποτέλεσμα λοιπόν είναι την δύναμη που λαμβάνουν να την μεταφέρουν διαμέσου της κίνησής τους, χωρίς καμία απώλεια. Την μεταφέρουν προς όλες τις κατευθύνσεις, και δεδομένου του ότι βρίσκονται μέσα σε σωλήνα την μεταφέρουν στο άλλο άκρο του σωλήνα (των σωλήνων για την ακρίβεια καθώς υπάρχουν διακλαδώσεις έτσι ώστε οι σωλήνες να καταλήγουν σε κάθε τροχό). Στο άκρο αυτό βρίσκεται ο κύλινδρος του τροχού. Έτσι πιέζεται το έμβολο στον κύλινδρο αυτό και μετακινείται μεταφέροντας εν τέλει την δύναμη στις σιαγώνες πέδησης είτε των τυμπανόφρενων είτε των δισκόφρενων. Οι σιαγώνες πέδησης, διαμέσου της τριβής φρενάρουν το όχημα. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η πέδηση ενός βαρέως οχήματος με την χρήση ενός υδραυλικού συστήματος πέδησης. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται το διάγραμμα τυπικής λειτουργίας ενός υδραυλικού συστήματος πέδησης. Στην συγκεκριμένη διάταξη η πέδηση γίνεται με τυμπανόφρενα στους οπίσθιους τροχούς και με δισκόφρενα στους εμπρόσθιους.



Εικόνα 4.1: Λειτουργία υδραυλικού συστήματος πέδησης [21]

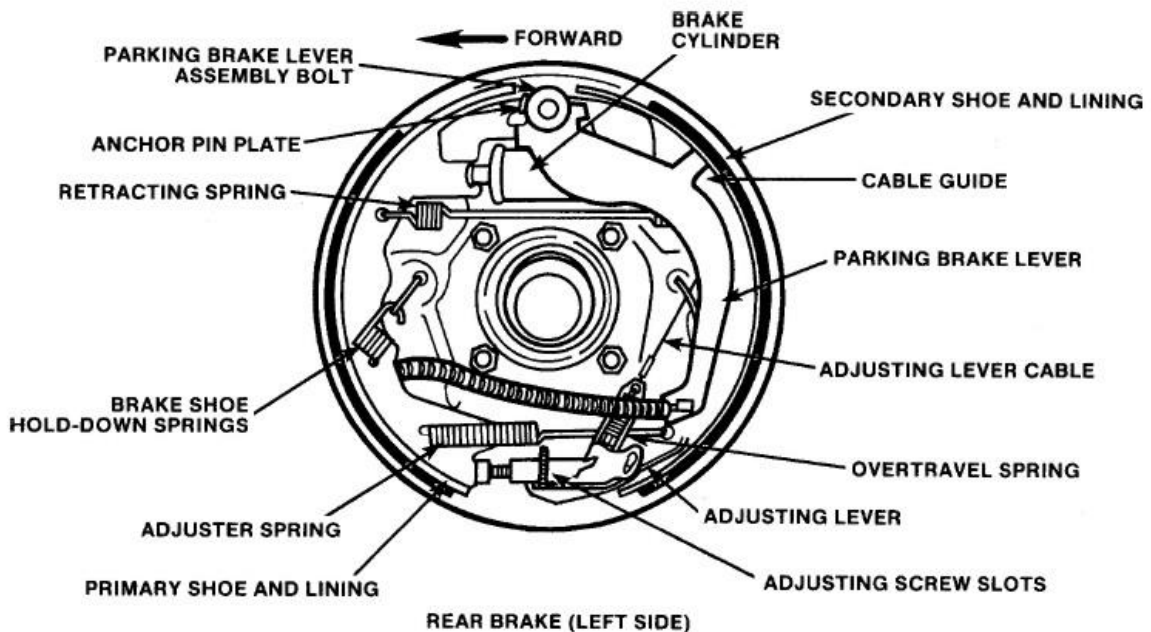
Η απαιτούμενη δύναμη που πρέπει να ασκήσει ο οδηγός μπορεί να μειωθεί εάν ο σχεδιασμός του υδραυλικού συστήματος είναι τέτοιος ώστε να πολλαπλασιάζει την δύναμη κατά την πορεία του ρευστού. Αυτό είναι εφικτό με την αλλαγή διατομής των κυλίνδρων των δύο άκρων του συστήματος, του κυλίνδρου της αντλίας και των κυλίνδρων των τροχών. Στα συστήματα αυτά η διάμετρος του κυλίνδρου της αντλίας είναι μικρότερη από την διάμετρο των κυλίνδρων των τροχών (αθροιστικά η διάμετρος όλων των τροχών). Εάν είναι η μισή η διάμετρος αυτή τότε η δύναμη πέδησης είναι διπλάσια από την δύναμη που ασκεί ο οδηγός. Εάν είναι ακόμη μεγαλύτερη η διαφορά, τότε η δύναμη πέδησης αυξάνεται ακόμη περισσότερο. Το αποτέλεσμα αυτής της διάταξης είναι η μείωση της απαιτούμενης δύναμης από τον οδηγό ώστε να επιτευχθεί η τελική δύναμη πέδησης, διευκολύνοντας έτσι το έργο του. [17], [21]

4.2 Συστήματα πέδησης τυμπάνου

Η πρώτη κατηγορία υδραυλικών συστημάτων πέδησης βαρέων οχημάτων είναι τα υδραυλικά συστήματα πέδησης τυμπάνου ή αλλιώς τα υδραυλικά τυμπανόφρενα. Τα υδραυλικά συστήματα πέδησης τυμπάνου συνδυάζουν το υδραυλικό σύστημα μεταφοράς της δύναμης πέδησης και την χρήση των τυμπάνων τα οποία αρχικά είχαν εφαρμοστεί στα πρώτα συστήματα πέδησης, στα μηχανικά συστήματα.

4.2.1 Κατασκευή

Σε κάθε τροχό ευρίσκεται ένα τύμπανο το οποίο περιστρέφεται μαζί με τον τροχό. Μέσα στο τύμπανο υπάρχουν δύο σιαγόνες και ένα ελατήριο το οποίο τις συγκρατεί κλειστές. Τα άκρα των σιαγόνων ακουμπούν στα έμβολα που έχει ο κύλινδρος του τροχού. Οι σιαγόνες είναι χυτές, κατασκευασμένες από χυτοχάλυβα (αναλόγως της χρήσης διαφέρουν τα κράματα) και το εγκάρσιο σχήμα τους είναι «Τ». Η επάνω γραμμή του Τ ευρίσκεται μέσα από το τύμπανο και είναι η επιφάνεια η οποία τριβεται με το τύμπανο. Η επιφάνεια τριβής ονομάζεται πέλμα της σιαγόνας και το κατά μήκος σχήμα της έχει την μορφή κυκλικού τόξου με ακτίνα μικρότερη από την ακτίνα του τυμπάνου ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί μέσα σε αυτό. Στο πέλμα της σιαγόνας τοποθετείται επένδυση η οποία αυξάνει την απόδοση και την αντοχή της σιαγόνας. Η επένδυση τοποθετείται είτε με καρφιά είτε κολλητά. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται το διάγραμμα ενός τυμπανόφρενου του πίσω αριστερά τροχού.

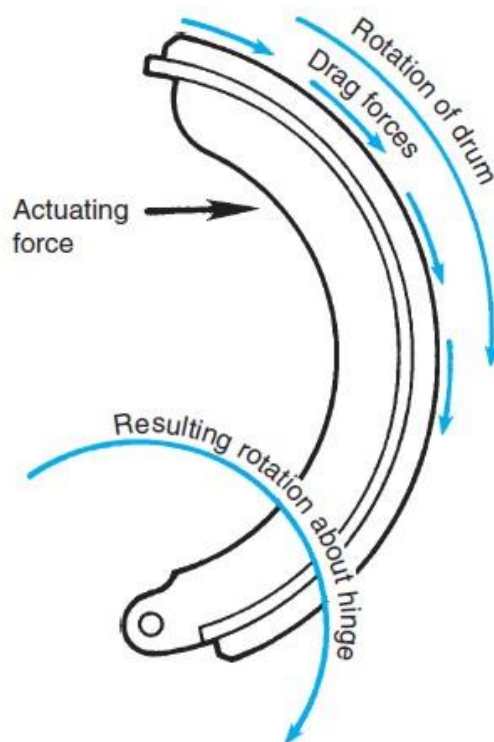


Εικόνα 4.2: Τυπική δομή τυμπανόφρενου [17]

Ο κύλινδρος που υπάρχει στον τροχό αποτελεί το τέρμα του υδραυλικού συστήματος όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα, στην αρχή λειτουργίας της υδραυλικής πέδησης. Ο κύλινδρος αυτός συνδέεται με τις σωληνώσεις του υδραυλικού κυκλώματος με την χρήση ελαστικών συνδέσμων. Στο εσωτερικό του κυλίνδρου υπάρχουν δύο έμβολα, ένα για κάθε σιαγόνα, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με την χρήση ελατηρίου. Στο κέντρο του κυλίνδρου, μεταξύ των δύο εμβόλων, στον χώρο ύπαρξης του ελατηρίου. Τσιμούχες υπάρχουν ανάμεσα στον κύλινδρο και στα έμβολα ώστε να αποτρέψουν διαρροή του υγρού φρένων από τον χώρο ενδιάμεσα των εμβόλων στο τύμπανο. [17]

4.2.2 Λειτουργία

Άσκηση δύναμης φρεναρίσματος από τον οδηγό στο πεντάλ του φρένου συνεπάγεται την εισροή ρευστού στον χώρο αυτό και την μετακίνηση των εμβόλων προς τα έξω. Όταν τερματιστεί η ύπαρξη δύναμης από τον οδηγό τότε το ελατήριο που έχει υπερεκταθεί επανέρχεται στην αρχική του θέση τραβώντας προς τα μέσα τα έμβολα και σπρώχνοντας το υγρό των φρένων έξω από τον κύλινδρο, προς την αντλία. Η κίνηση των εμβόλων προκαλεί την κίνηση των σιαγώνων αφού τα άκρα τους ακουμπούν με τα έμβολα. Οι σιαγώνες κινούμενες προς μεγαλύτερη ακτίνα (αφού η ύπαρξη του ελατηρίου στο άλλο τους άκρο δεν τους επιτρέπει να περιστραφούν γύρω από τον άξονα του τροχού) ακουμπούν στο εσωτερικό του τυμπάνου. Αυτό συνεπάγεται εμφάνιση της τριβής μεταξύ των σιαγώνων και του τυμπάνου και το όχημα επιβραδύνεται. Η επιβράδυνση σταματάει όταν πάψει να ασκείται δύναμη από τον οδηγό με αποτέλεσμα οι σιαγώνες να επανέρχονται στην αρχική τους θέση κατά την επαναφορά των εμβόλων. Στην εικόνα παρακάτω φαίνεται ο τρόπος που κινείται η σιαγώνα όταν ασκηθεί σε αυτή η δύναμη πέδησης. [17]



Εικόνα 4.3: Κίνηση σιαγώνας τυμπανόφρενου [17]

4.2.3 Ρύθμιση

Τα υδραυλικά συστήματα πέδησης με χρήση τυμπανόφρενων απαιτούν ρύθμιση. Η ρύθμιση γίνεται έτσι ώστε να υπάρχει ομοιόμορφη πέδηση και στους τέσσερις τροχούς. Η

αναγκαιότητα της ρύθμισης προέρχεται από την φθορά των σιαγώνων (της επένδυσής τους κατ ακρίβειαν) κατά την τριβή τους με τα τύμπανα με αποτέλεσμα την αύξηση του διακένου μεταξύ των δύο. Η αύξηση του διακένου συνεπάγεται ότι οι σιαγώνες πρέπει να εκτελέσουν μεγαλύτερη κίνηση άρα τα έμβολα που τις σπρώχνουν πρέπει να εκτελέσουν μεγαλύτερη κίνηση, άρα περισσότερο υγρό φρένων πρέπει να εισέλθει στον κύλινδρο του τροχού, άρα πιο μεγάλη κίνηση πρέπει να κάνει το πεντάλ του φρένου. Η διαδρομή του πεντάλ όμως είναι περιορισμένη έτσι από ένα σημείο φθοράς και μετά δεν μπορεί να καλύψει την αύξηση του διακένου. Αυτό οδηγεί στην μείωση της επαφής μεταξύ σιαγώνας και τυμπάνου άρα και την μείωση της τριβής και της αποτελεσματικότητας της πέδησης του οχήματος. Για αυτό τον λόγο οι κατασκευαστές καθορίζουν το απαιτούμενο διάκενο και τις ανοχές εντός των οποίων πρέπει να ευρίσκεται. Η ρύθμιση της θέσης των σιαγόνων γίνεται χειροκίνητα μέχρι ενός βαθμού φθοράς. Ακολούθως απαιτείται αντικατάσταση.

Η ρύθμιση της θέσης των σιαγόνων γίνεται με ειδικό μηχανισμό ο οποίος πλησιάζει τις σιαγώνες στο τύμπανο. Τα πιο σύγχρονα οχήματα μπορούν να φέρουν και αυτορυθμιζόμενες σιαγώνες των οποίων η θέση μεταβάλλεται συνεχώς ώστε το διάκενο να παραμένει πάντα το ίδιο. Το σύστημα αυτορρύθμισης έχει συνήθως ένα μοχλό και ένα οδοντωτό τροχό. Όταν η μια σιαγόνα μετακινείται λόγω φθοράς τότε μετακινείται ο μοχλός και συμπλέκεται με διαφορετικό δόντι του οδοντωτού τροχού. Αυτό κρατάει την σιαγόνα στην νέα θέση, πιο κοντά στο τύμπανο, ώστε να παραμένει το ίδιο το διάκενο. Με αυτό τον τρόπο η πέδηση είναι πάντα σταθερή. Μετά από κάποια διάρκεια όμως και οι αυτορυθμιζόμενες σιαγώνες φτάνουν στα όρια λειτουργίας τους και απαιτούν αλλαγή. Επίσης φθορά υπάρχει και στον οδοντωτό τροχό του συστήματος αυτορρύθμισης ο οποίος επίσης πρέπει να ελέγχεται σε τακτά χρονικά διαστήματα. [17]

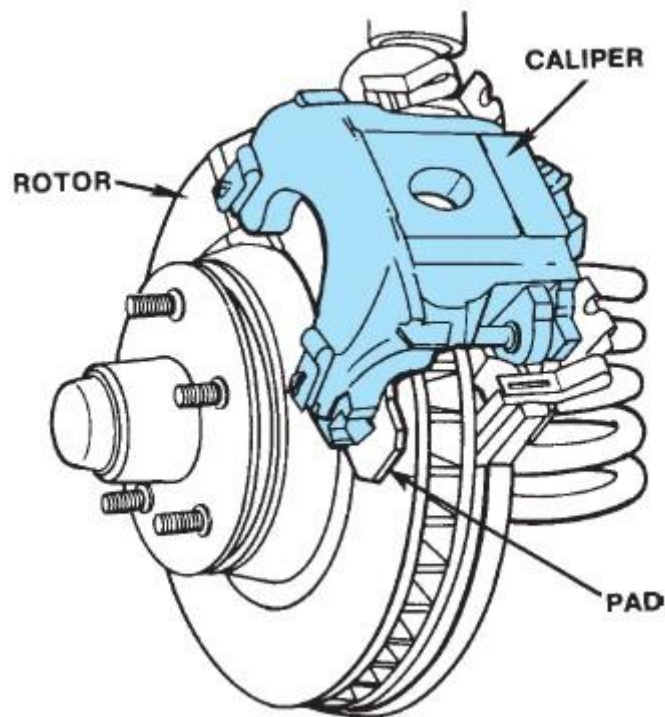
4.3 Συστήματα πέδησης δίσκων

Η δεύτερη κατηγορία υδραυλικών συστημάτων πέδησης είναι τα υδραυλικά συστήματα πέδησης δίσκων, τα γνωστότερα σε όλους συστήματα πέδησης δισκόφρενων. Στο υδραυλικό τους σκέλος, στο κύκλωμα έως τους κυλίνδρους του τροχού, δεν αλλάζει τίποτα σε σχέση με τα υδραυλικά συστήματα πέδησης τυμπανόφρενων. Οι αλλαγές είναι μόνο στο ενεργό σύστημα πέδησης των τροχών και περιγράφεται αμέσως παρακάτω.

4.3.1 Κατασκευή

Στο σύστημα πέδησης με δισκόφρενα στον τροχό, αντί του τυμπάνου που έχει το προηγούμενο σύστημα, υπάρχει ένας δίσκος ο οποίος περιστρέφεται με τον τροχό. Ο δίσκος

αυτός περιστρέφεται ανάμεσα σε ένα δίχαλο το οποίο ονομάζεται δαγκάνα και ευρίσκεται σταθερό, συνδεδεμένο στην πλήμνη του τροχού. Στην δαγκάνα τοποθετούνται τα πέδιλα, τα οποία στην πιάτσα των μηχανικών ονομάζονται και τακάκια. Η δαγκάνα με τα τακάκια καταλαμβάνουν ένα μικρό τμήμα του δίσκου, ένα μικρό κυκλικό τομέα, με τον υπόλοιπο δίσκο να είναι εκτεθειμένος στον αέρα. Αυτό επιτρέπει την ταχύτερη ψύξη του δίσκου και διευκολύνει την απαγωγή θερμότητας από το σύστημα πέδησης στο περιβάλλον. Η μορφή ενός δισκόφρενου είναι η παρακάτω.



Εικόνα 4.4: Υδραυλικό δισκόφρενο [17]

Η πέδηση προκαλείται από την τριβή του δίσκου με τα δύο πέδιλα που τοποθετούνται στην δαγκάνα. Τα πέδιλα έχουν σχήμα που προσομοιάζει το τραπέζιο, με λειασμένες τις άκρες ώστε να ακολουθούν την μορφή του κυκλικού τομέα του δίσκου στον οποίο ευρίσκονται. Σε σπανιότερες περιπτώσεις έχουν πιο απλά γεωμετρικά σχήματα, είναι τετράγωνα ή ορθογώνια. Η τοποθέτησή τους γίνεται με δύο πείρους και δύο ελατήρια για το κάθε πέδιλο τα οποία τα συγκρατούν στην θέση τους. Η επιφάνεια τριβής τους, η οποία ονομάζεται και πέλμα, είναι και σε αυτή την περίπτωση κεκαλυμμένη με μια επένδυση η οποία αυξάνει την απόδοση αλλά και την αντοχή τους. Τα πέδιλα είναι ευδιάκριτα ανάμεσα στο άνοιγμα του δίχαλου κάτι που επιτρέπει τον εύκολο έλεγχο της επιφάνειας τριβής και την άμεση αντικατάστασή τους αν απαιτείται.

Σε σύγχρονα οχήματα ο έλεγχος φθοράς των πέδινων γίνεται ηλεκτρονικά μέσω ενός κυκλώματος αυτόματου ελέγχου. Το κύκλωμα αυτό απαιτεί την ύπαρξη ενός αισθητήρα, μιας μεταλλικής επαφής, στην διεπιφάνεια του κυρίως υλικού του πέδινου και της επένδυσης. Όταν φθαρεί η επένδυση η επαφή πιέζεται, κλείνει ηλεκτρικό κύκλωμα και αμέσως ανάβει ένδειξη στο ταμπλό του οχήματος για αντικατάσταση των πέδινων. [17]

4.3.2 Λειτουργία

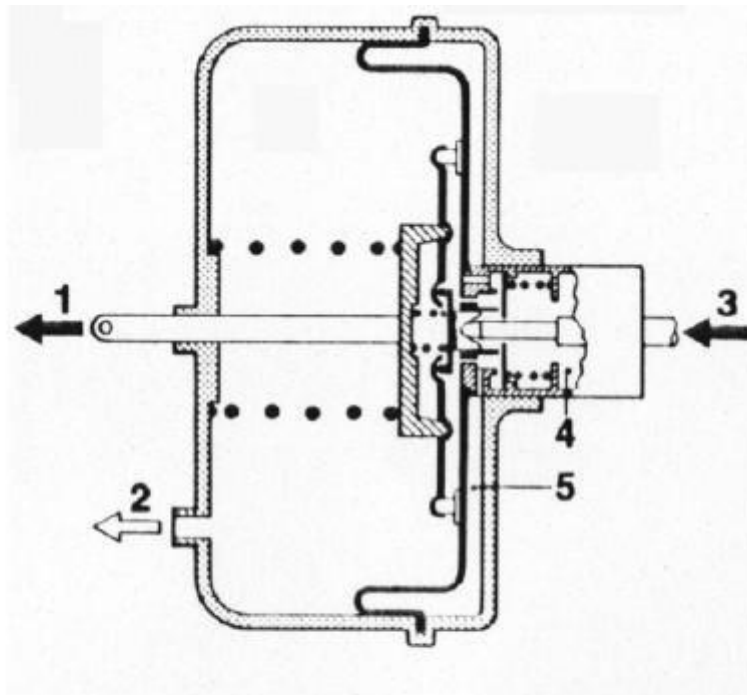
Η λειτουργία των υδραυλικών συστημάτων με δισκόφρενα είναι πολύ πιο απλή σε σχέση με την λειτουργία των υδραυλικών συστημάτων με τυμπανόφρενα που περιγράφηκε προηγουμένως. Με την άσκηση της δύναμης πέδησης από τον οδηγό στο πεντάλ του φρένου, με τον ίδιο τρόπο ως προηγουμένως, μεταφέρεται η δύναμη στους κυλίνδρους των τροχών. Η ροή του υγρού των φρένων εντός των κυλίνδρων προκαλεί την κίνηση των εμβόλων των κυλίνδρων. Τα ελεύθερα άκρα των εμβόλων των κυλίνδρων είναι συνδεδεμένα με τα πέδιλα. Έτσι λοιπόν η κίνηση που εκτελούν τα έμβολα έχει ως αποτέλεσμα την κίνηση των πέδινων τα οποία με την σειρά τους ξεκινούν να τρίβονται στον περιστρεφόμενο δίσκο. Η δύναμη τριβής είναι η δύναμη πέδησης η οποία επιβραδύνει το όχημα, και εν τέλει το ακινητοποιεί. Όσο μεγαλύτερη δύναμη ασκηθεί στο πεντάλ του φρένου από τον οδηγό, τόσο μεγαλύτερη είναι η κίνηση των εμβόλων στους κυλίνδρους των τροχών και κατά συνέπεια τόσο πιο έντονα σφίγγουν τα πέδιλα στον δίσκο αυξάνοντας την δύναμη της τριβής. [17]

4.3.3 Σερβομηχανισμός υποβοήθησης πέδησης

Η ανάγκη για μεγαλύτερη διαδρομή των εμβόλων σε συνδυασμό με το ότι πρέπει να μείνει σταθερό το πόδι του οδηγού στο πεντάλ για να υπάρξει πέδηση οδηγεί σε απαιτήσεις μεγαλύτερων δυνάμεων από τον οδηγό για να επιτευχθεί το ίδιο αποτέλεσμα πέδησης σε σύγκριση με τα συστήματα πέδησης με τύμπανα. Για αυτό τον λόγο χρησιμοποιείται ένας σερβομηχανισμός, ιδιαίτερα στα βαρέα οχήματα. Ο μηχανισμός αυτός λειτουργεί υποβοηθητικά του συστήματος πέδησης με αποκλειστικό σκοπό την μείωση της απαιτούμενης δύναμης πέδησης που πρέπει να ασκήσει ο οδηγός. Είναι συνήθως πνευματικός μηχανισμός για τα κοινά οχήματα και υδραυλικός μηχανισμός για τα βαρέα οχήματα.

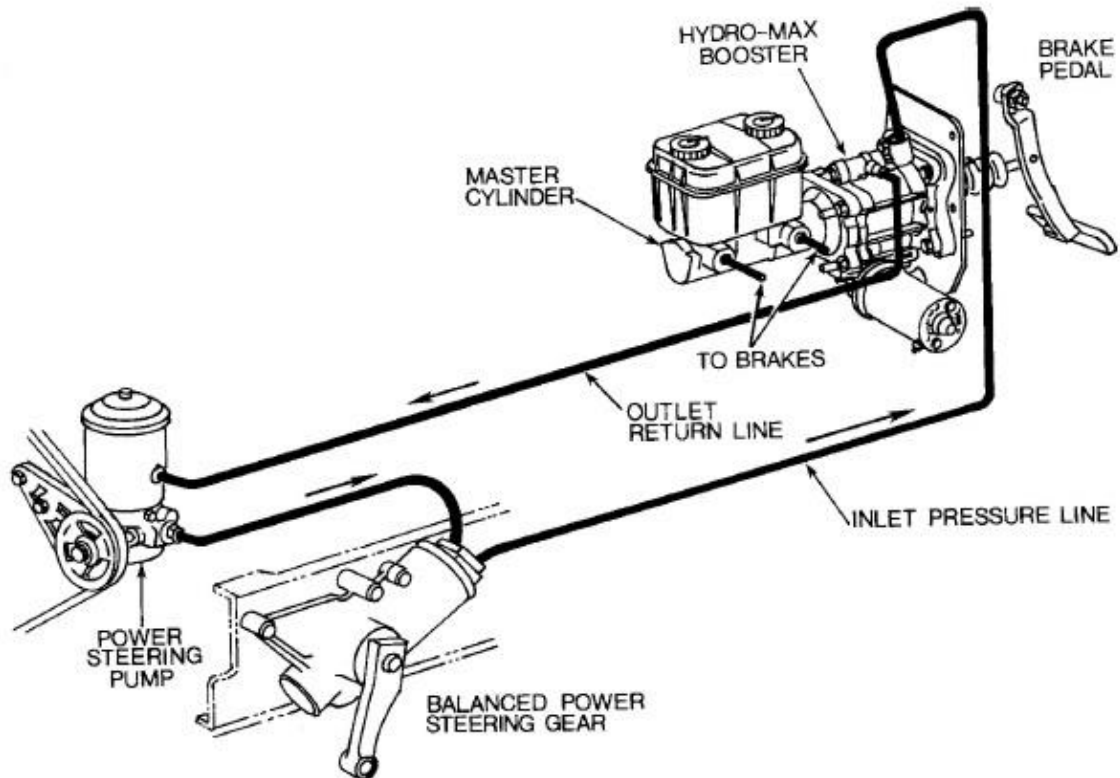
Η λειτουργία του μηχανισμού είναι απλή. Λαμβάνει κίνηση από μια αντλία η οποία με την σειρά της λειτουργεί λαμβάνοντας ισχύ από την μηχανή του οχήματος. Η αντλία αυτή δίνει την απαιτούμενη πίεση στο υδραυλικό ρευστό. Ο σερβομηχανισμός είναι τοποθετημένος πίσω από τον κύριο κύλινδρο, από την αντλία του συστήματος πέδησης. Όταν δεν ασκείται δύναμη πέδησης από τον οδηγό τότε το ρευστό από την αντλία του σερβομηχανισμού διέρχεται

ανάμεσα στον κύλινδρο και στον σερβομηχανισμό και διαμέσου μιας κωνικής βαλβίδας του σερβομηχανισμού οδηγείται σε ένα ρεζερβουάρ. Όταν ο οδηγός ασκεί δύναμη στο πεντάλ του φρένου τότε κλείνει η κωνική βαλβίδα του σερβομηχανισμού, δεν επιτρέπεται η διέλευση του υγρού στο ρεζερβουάρ και η αντλία πλέον αυξάνει την πίεση του υγρού πέδησης. Η αύξηση της πίεσης του υγρού που βρίσκεται μεταξύ του εμβόλου και του σερβομηχανισμού σπρώχνει το έμβολο του συστήματος πέδησης το οποίο με την σειρά του ασκεί πίεση σε όλο το υδραυλικό κύκλωμα και οδηγεί στην πέδηση του οχήματος. Αντίστοιχα όμως, σπρώχνει και τον σερβομηχανισμό θέλοντας να ανοίξει την κωνική βαλβίδα. Η δύναμη που ασκεί στον σερβομηχανισμό είναι η δύναμη που νιώθει ο οδηγός στο πεντάλ του. Πλέον δεν νιώθει στο πεντάλ του την δύναμη πέδησης αλλά την δύναμη που θέλει να ανοίξει την βαλβίδα του σερβομηχανισμού. Στην πρώτη εικόνα που ακολουθεί φαίνεται η δομή ενός τυπικού σερβομηχανισμού. Στην δεύτερη εικόνα φαίνεται η τοποθέτηση του σερβομηχανισμού στο συμβατικό υδραυλικό σύστημα πέδησης.



1. Δύναμη εξόδου (προς σειρά κυρίως κυλίνδρων)
2. Σύνδεση αναρρόφησης
3. Δύναμη εισόδου (δύναμη πεντάλ)
4. Ατμόσφαιρα 5. Πίεση λειτουργίας

Εικόνα 4.5: Τυπική δομή υποβοηθητικού σερβομηχανισμού πέδησης [18]



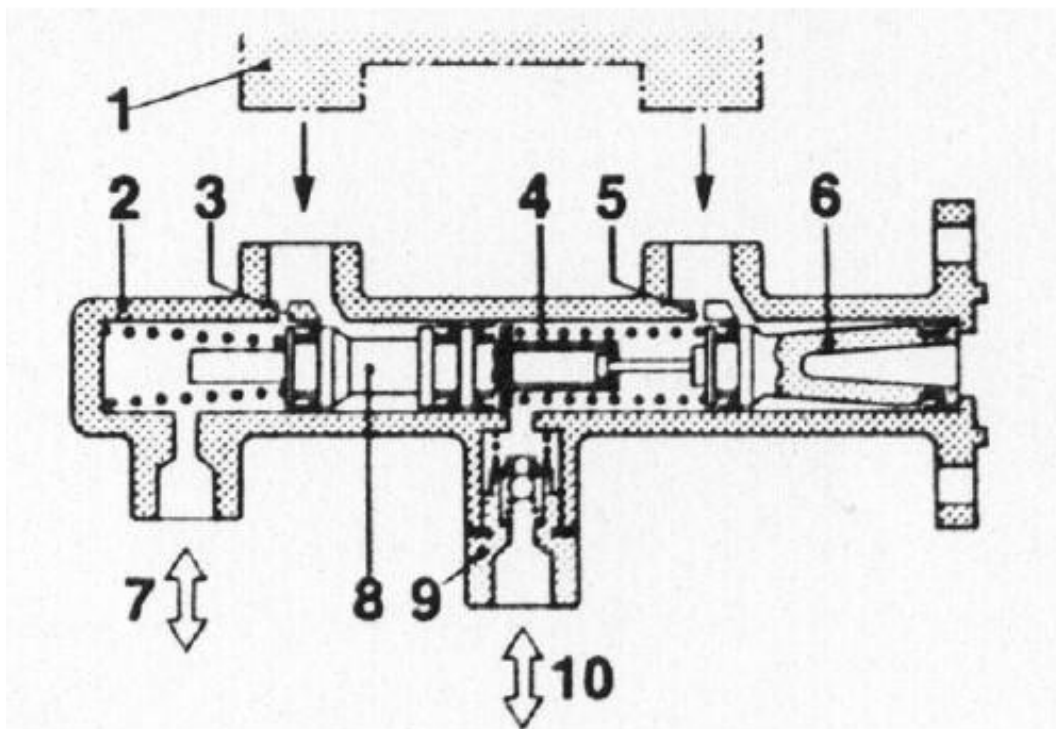
Εικόνα 4.6: Τοποθέτηση σερβομηχανισμού στον κύριο κύλινδρο του συστήματος πέδησης [17]

Η σχέση των διατομών μεταξύ του εμβόλου της αντλίας του συστήματος πέδησης και του σερβομηχανισμού είναι πολύ σημαντική. Η διατομή του εμβόλου είναι πολύ μεγαλύτερη έτσι ώστε να μεταφέρεται η πίεση από την αντλία στο υδραυλικό κύκλωμα πέδησης. Η μικρή διατομή του σερβομηχανισμού επιτρέπει την παραπάνω λειτουργία χωρίς να δέχεται στο πόδι του ο οδηγός μεγάλη δύναμη από τον σερβομηχανισμό. [17], [18], [20]

4.4 Υδραυλικό κύκλωμα

Η περιγραφή της λειτουργίας των δύο τύπων υδραυλικών συστημάτων πέδησης όπως προηγήθηκε μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το υδραυλικό κύκλωμα είναι το ίδιο μέχρι το σημείο της εμφάνισης των ενεργητικών εξαρτημάτων πέδησης. Τα ενεργά εξαρτήματα των δύο κατηγοριών περιγράφηκαν στις επιμέρους ενότητες. Εδώ λοιπόν γίνεται η περιγραφή των κοινών και για τους δύο τύπους υδραυλικής πέδησης εξαρτημάτων, των εξαρτημάτων του υδραυλικού κυκλώματος. Τα κύρια μέρη που το απαρτίζουν είναι η αντλία του συστήματος (η οποία ονομάζεται και κύριος κύλινδρος – master cylinder), οι κύλινδροι των τροχών και οι βαλβίδες ελέγχου λειτουργίας του συστήματος.

Το σημαντικότερο μέρος του υδραυλικού κυκλώματος είναι η αντλία ή αλλιώς κύριος κύλινδρος. Ο κύλινδρος αυτός για πολλές δεκαετίες είχε μόνο μια έξοδο καθώς το υδραυλικό σύστημα συνήθως ήταν ενιαίο. Στα σύγχρονα οχήματα όμως, για λόγους ασφαλείας που εξηγήθηκαν παραπάνω, η αντλία του συστήματος είναι δίδυμη δηλαδή ο κύλινδρος είναι διπλός, διπλής ενέργειας. Ο διπλός κύλινδρος λοιπόν αποτελείται από ένα χυτοσίδηρο ή αλουμίνιο περίβλημα μέσα στο οποίο είναι τοποθετημένα δύο έμβολα, το πρωτεύον και το δευτερεύον. Τα δύο έμβολα είναι υπεύθυνα για την δημιουργία της πίεσης στο πρωτεύον και στο δευτερεύον υδραυλικό σύστημα δημιουργώντας εν τέλει πέδηση στους επιλεγμένους τροχούς του κάθε συστήματος. Μεταξύ των δύο εμβόλων και μεταξύ του δευτερεύοντος εμβόλου και του τοιχώματος του κυλίνδρου υπάρχει το υγρό των φρένων. Παρακάτω φαίνεται η τυπική δομή ενός διπλού κυλίνδρου, μιας δίδυμης αντλίας.



1. Δοχείο πίεσης υγρού δύο θαλάμων
2. Κομμάτι μηχανής
3. Οπή πληρώσεως κυκλώματος πέδησης II
4. Ελατήριο συμπίεσης
5. Μικρή τρύπα για κύκλωμα πέδησης I
6. Έμβολο ώθησης
7. Μπροστινό κύκλωμα πέδησης I
8. Ενδιάμεσο έμβολο
9. Βαλβίδα
10. Πίσω κύκλωμα πέδησης I

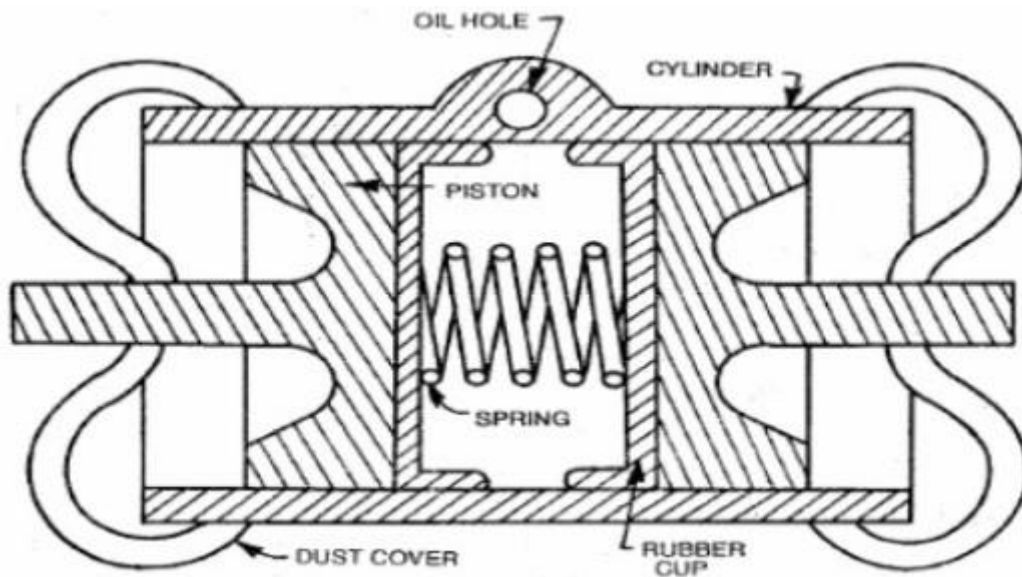
Εικόνα 4.7: Αντλία διπλού κυλίνδρου [18]

Δύο κύρια καπάκια στεγανοποιούν τα δύο έμβολα από την ροή υγρού κατά την αύξηση της πίεσης. Δύο δευτερεύοντα καπάκια, ένα για κάθε έμβολο, στεγανοποιούν την ενδιάμεσή

τους περιοχή. Δύο πλαστικά ρεζερβουάρ χρησιμοποιούνται για να προμηθεύουν με υγρά φρένων τις δύο περιοχές. Στα ρεζερβουάρ καταλήγουν και τα επιπλέον υγρά που μπορεί να προκύψουν λόγω διαστολής τους εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας, διαμέσου δύο θυρίδων όταν το έμβολο βρίσκεται στην θέση μηδενικής πέδησης. Αυτό γίνεται για να μην υπάρχει ανεπιθύμητη πέδηση που προκύπτει λόγω αύξησης του όγκου του ρευστού εξαιτίας της διαστολής του. Κατά την εφαρμογή δύναμης από τον οδηγό στο πεντάλ τα έμβολα κινούνται συμπιέζοντας τα ελατήρια και κλείνοντας τις θυρίδες επικοινωνίας με το ρεζερβουάρ. Τότε τα δύο υδραυλικά κυκλώματα απομονώνονται και περαιτέρω μετακίνηση του εμβόλου οδηγεί σε αύξηση της πίεσης στα δύο κυκλώματα. Τα δύο έμβολα, δεδομένου του ότι είναι συνδεδεμένα μαζί κινούνται στην ίδια απόσταση. Δεδομένου επίσης του ότι είναι μέσα στον ίδιο κύλινδρο έχουν την ίδια διατομή. Αυτό συνεπάγεται ότι προκαλούν την ίδια αύξηση πίεσης στα δύο κυκλώματα έτσι η πέδηση σε όλους τους τροχούς είναι ομοιόμορφη.

Δύο ελατήρια, ένα για κάθε κύλινδρο, βρίσκονται στο μπροστινό τμήμα κάθε εμβόλου και χρησιμοποιούνται για την επαναφορά των κυλίνδρων στην αρχική τους θέση όταν πάψει να ασκείται η δύναμη από τον οδηγό του οχήματος. Όταν δεν ασκείται δύναμη τα ελατήρια είναι σε πλήρη έκταση και ωθούν τα έμβολα στο πίσω μέρος της αντλίας. Κατά την κίνηση τους προς το πίσω μέρος ανοίγουν τις θυρίδες που επικοινωνούν με τα ρεζερβουάρ και η υδραυλική πίεση των δύο κυκλωμάτων εκτονώνεται μέσα σε αυτά.

Το επόμενο σε σημαντικότητα τμήμα του υδραυλικού κυκλώματος είναι οι κύλινδροι των τροχών. Οι κύλινδροι των τροχών διαφέρουν αναλόγως του συστήματος πέδησης. Οι κλασσικοί κύλινδροι που χρησιμοποιούνται σε συστήματα πέδησης τυμπάνου έχουν το διπλό έμβολο όπως περιγράφηκε στην λειτουργία του συστήματος και ένα ελατήριο ανάμεσά τους. Το υγρό των φρένων εισέρχεται στο ενδιάμεσο και μετακινεί τα έμβολα δεξιά και αριστερά τα οποία με την σειρά τους μετακινούν τις σιαγώνες. Στο σύστημα πέδησης με δισκόφρενά συνήθως υπάρχει είτε ένας είτε πολλά μικρά κυλινδράκια τα οποία έχουν ένα έμβολο, αυτό που σπρώχνει την μια πλευρά του πέλματος. Αντίστοιχα με μικρά σωληνάκια μεταφέρεται κίνηση και στην δαγκάνα η οποία με την σειρά της μετακινείται και μετακινεί το άλλο πέλμα. Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται η τυπική δομή ενός κυλίνδρου τροχού που χρησιμοποιείται στα τυμπανόφρενα.



Εικόνα 4.8: Κύλινδρος τροχού υδραυλικού συστήματος πέδησης με τυμπανόφρενα [22]

Σε κάθε περίπτωση όμως, σε όποιο σύστημα και αν χρησιμοποιούνται, οι κύλινδροι του τροχού έχουν μερικά κοινά χαρακτηριστικά. Καταρχήν κοινό είναι το υλικό τους. Οι κύλινδροι είναι κατασκευασμένοι είτε από χυτοσίδηρο είτε από κράματα αλουμινίου. Επίσης έχουν τσιμούχες στεγάνωσης μεταξύ του σώματος του κυλίνδρου και του εμβόλου ώστε να μην επιτρέπεται η διαρροή υγρών των φρένων. Τέλος, επειδή βρίσκονται στους τροχούς, σε ένα ιδιαίτερα ρυπογόνο περιβάλλον, με ύπαρξη σκόνης, νερού, λάσπης, ενίοτε και χιονιού, είναι καλυμμένα τα άκρα τους. Συγκεκριμένα τοποθετούνται σε μια ελαστική φούσκα η οποία αποτρέπει την εισροή όλων αυτών των ρύπων στους κυλίνδρους των τροχών.

Το υδραυλικό κύκλωμα χρησιμοποιεί διάφορες βαλβίδες για να μπορεί να παραμετροποιεί την λειτουργία του. Μια από αυτές τις βαλβίδες είναι η μετρητική βαλβίδα η οποία χρησιμοποιείται στα οχήματα που συνδυάζουν δισκόφρενα και τυμπανόφρενα που λειτουργούν με το ίδιο υδραυλικό κύκλωμα. Η λειτουργία των τυμπανόφρενων εμφανίζει μια μικρή χρονική υστέρηση σε σχέση με την λειτουργία των δισκόφρενων εξαιτίας της ύπαρξης των ελατηρίων που συνδέουν τις σιαγόνες και τα έμβολα του κυλίνδρου του τροχού. Η αρχική λοιπόν δύναμη χρησιμοποιείται για να υπερνικήσει την δύναμη των ελατηρίων και ακολούθως η υπόλοιπη δύναμη χρησιμοποιείται για την πέδηση του οχήματος. Όσο γίνεται αυτό όμως στα δισκόφρενα τα πέλματα έχουν πατήσει τον δίσκο και ξεκινάνε το φρενάρισμα.

Η χρονική διαφορά στην λειτουργία των δύο συστημάτων πέδησης είναι πιο έντονη όσο πιο μικρή είναι η δύναμη που ασκεί ο οδηγός στο πεντάλ. Αν η δύναμη στο πεντάλ είναι μεγάλη τότε σχεδόν αμέσως υπερνικούνται οι δυνάμεις ελατηρίου και δεν υπάρχει μεγάλη χρονική υστέρηση. Σε αυτή την περίπτωση δεν επεμβαίνει η μετρητική βαλβίδα. Αν η δύναμη στο

πεντάλ όμως είναι μικρή, υπάρχει μεγάλη χρονοκαθυστέρηση μεταξύ των δύο συστημάτων και είναι απαραίτητη η λειτουργία της μετρητικής βαλβίδας ώστε να καθυστερήσει την πέδηση στα δισκόφρενα για να συμβαδίσει χρονικά με την πέδηση στα τυμπανόφρενα.

Η μετρητική βαλβίδα έχει ένα κανάλι στο οποίο διέρχεται το υγρό των φρένων, προερχόμενο από την αντλία και οδηγούμενο στα μπροστινά φρένα τα οποία είναι τα δισκόφρενα. Ένας διωστήρας υπάρχει στην αντλία αυτή και έχει την δυνατότητα να κλείνει την διαδρομή στην οποία ρέει το υγρό των φρένων μη επιτρέποντας το φρενάρισμα. Ο διωστήρας αυτός είναι μόνιμα κλειστός και ανοίγει όταν το κύκλωμα των φρένων αποκτήσει τέτοια πίεση η οποία μπορεί να τον σπρώξει προς τα πίσω. Όταν ανοίξει ο διωστήρας το υγρό των φρένων ρέει διαμέσου της βαλβίδας και μεταφέρει την δύναμη πέδησης στα μπροστινά φρένα.

Μια σωστά ρυθμισμένη μετρητική βαλβίδα ανοίγει σε πίεση ίση με την πίεση που απαιτείται για να υπερνικηθούν οι δυνάμεις στα ελατήρια των σιαγώνων. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται συνθήκες ομοιόμορφης και ταυτόχρονης πέδησης σε όλους τους τροχούς του οχήματος.

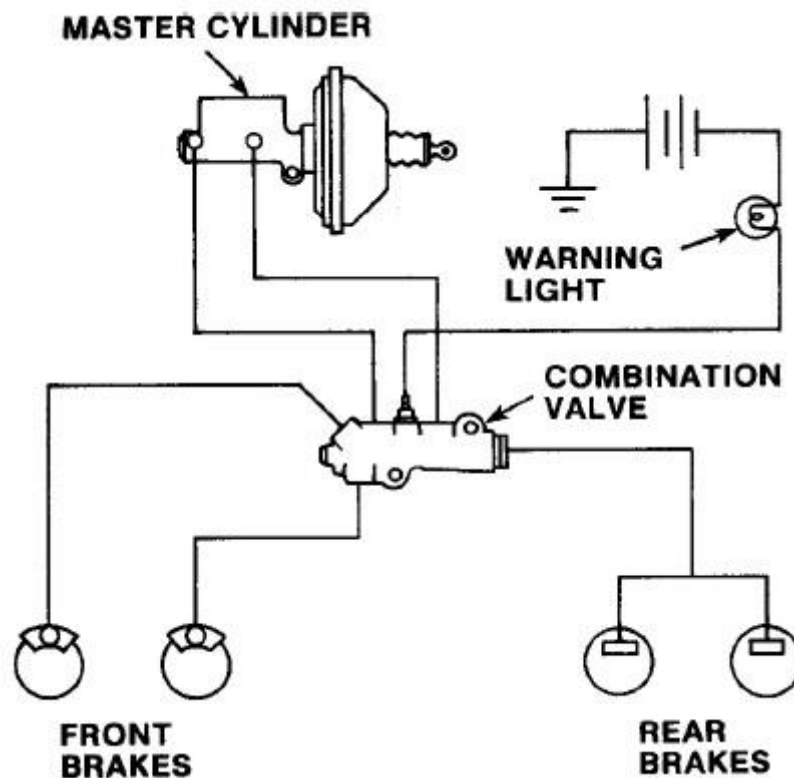
Η δεύτερη βαλβίδα που χρησιμοποιείται είναι η αναλογική βαλβίδα. Σκοπός της είναι η μεταβολή της πίεσης ανάμεσα στα μπροστινά και στα πίσω φρένα ώστε να υπάρξει ισοστάθμιση της πέδησης σε σχέση με την μετατόπιση του βάρους του οχήματος κατά το φρενάρισμα. Αυτή η ρύθμιση είναι δυνατή σε περίπτωση που τα συστήματα πέδησης των εμπρός και των οπίσθιων τροχών τροφοδοτούνται από διαφορετικό υδραυλικό κύκλωμα.

Όσοι είμαστε σε ένα αμάξι σε ένα έντονο φρενάρισμα νιώθουμε το αμάξι να «γωνατίζει» μπροστά. Αυτό οφείλεται σε μια μετατόπιση του κέντρου βάρους του οχήματος προς τα εμπρός. Συνέπεια αυτού είναι να απαιτείται μεγαλύτερο φορτίο πέδησης στους μπροστινούς τροχούς και μικρότερο στους πίσω τροχούς.

Η αναλογική βαλβίδα διαρρέεται από υγρό φρένων το οποίο εξέρχεται από την δευτερεύουσα εξαγωγή της δίδυμης αντλίας του συστήματος πέδησης. Η ροή είναι μονίμως ανοικτή καθώς το έμβολο της βαλβίδας είναι στην ανοικτή θέση και συγκρατείται εκεί διαμέσου ενός ελατηρίου. Σε περίπτωση έντονης δύναμης από τον οδηγό στο πεντάλ του φρένου παραμένει μονίμως ανοικτή η βαλβίδα και μεταφέρεται όλη η δύναμη πέδησης. Σε περίπτωση μικρών πιέσεων επίσης παραμένει ανοικτή η βαλβίδα καθώς δεν μπορεί να υπερνικηθεί το ελατήριο. Όσο όμως πλησιάζουμε σε ενδιάμεσες πιέσεις τότε η δύναμη του ελατηρίου υπερνικάτε και κλείνει η διαδρομή των υγρών του φρένου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα

στο απομονωμένο πλέον σκέλος του συστήματος πέδησης η δύναμη να παραμένει σταθερή και να μην αυξάνεται. Έτσι, επιπλέον αύξηση της δύναμης από τον οδηγό στο πεντάλ του φρένου οδηγεί σε αύξηση μόνο της εμπρόσθιας πέδησης εξισορροπώντας με αυτό τον τρόπο την μετακίνηση του κέντρου βάρους προς τα εμπρός.

Συνήθως οι δύο πρώτες βαλβίδες, η μετρητική και η αναλογική, συνδυάζονται μαζί σε μια βαλβίδα η οποία ονομάζεται συνδυαστική βαλβίδα. Τον συνδυασμό επιτρέπει η θέση των δύο βαλβίδων η οποία είναι κοινή. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η τοποθέτηση της συνδυαστικής βαλβίδας στο υδραυλικό σύστημα πέδησης.



Εικόνα 4.9: Συνδυαστική βαλβίδα στο σύστημα πέδησης [17]

Η τρίτη βαλβίδα που χρησιμοποιείται είναι η διαφορική βαλβίδα πίεσης. Είναι μια βαλβίδα ελέγχου η οποία μετράει την πίεση στις δύο εξόδους της δίδυμης αντλίας φρένων. Εάν υπάρχει διαφορά στην πίεση συνεπάγεται ότι τα δύο υδραυλικά κυκλώματα θα λειτουργούν με διαφορετική πίεση κάτι που είναι ανεπιθύμητο καθώς οι τροχοί θα δέχονται διαφορετική πέδηση.

Η διαφορική βαλβίδα έχει ένα αυτοματισμό στο κέντρο της αποτελούμενο από ένα έμβολο διακόπτη και δύο εισόδους μια από την μια έξοδο της αντλίας και μια από την άλλη. Εφόσον η πίεση είναι ίδια και στις δύο εξόδους το έμβολο παραμένει στο κέντρο της αντλίας. Εάν όμως η πίεση σε ένα από τους δύο κλάδους μεταβληθεί τότε ο διακόπτης κινείται προς την

μια πλευρά, ακουμπάει την επαφή του διακόπτει κλείνει κύκλωμα και αμέσως ανάβει η προειδοποιητική ένδειξη που επισημαίνει στον οδηγό την ανάγκη για επισκευή του συστήματος πέδησης. [17], [18]

4.5 Υγρά φρένων υδραυλικών συστημάτων πέδησης

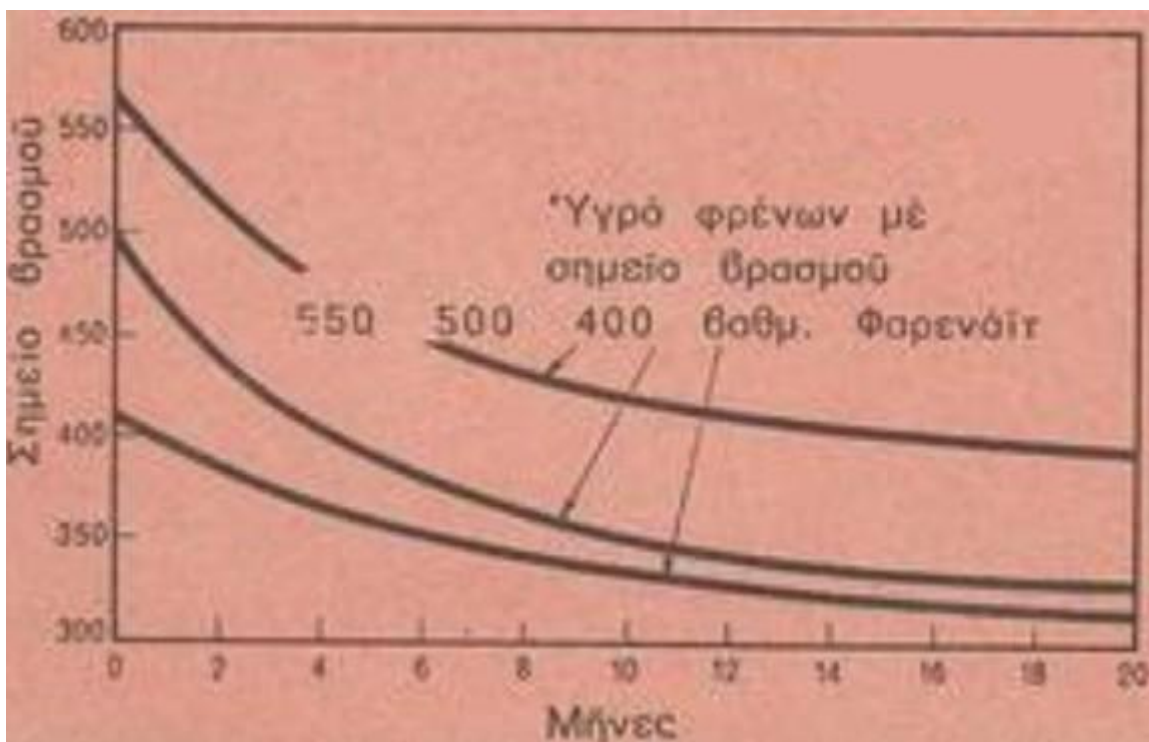
Τα υγρά που χρησιμοποιούνται στο σύστημα πέδησης είναι ζωτικής σημασίας για την ορθή λειτουργία του συστήματος καθώς είναι το μέσο διαμέσου του οποίου μεταφέρεται η δύναμη πέδησης από το πεντάλ του φρένου στους τροχούς. Κατά την διάρκεια λειτουργίας του συστήματος τα υγρά έρχονται σε επαφή με διάφορα υλικά, διάφορα μέταλλα (π.χ. σωληνώσεις), πλαστικά (π.χ. δοχείο υγρών φρένων), ελαστικά (π.χ. τσιμούχες). Είναι προφανές ότι πρέπει να είναι τέτοιος ο τύπος τους που να μην αντιδρούν χημικά με κανένα από αυτά τα υλικά, να μην τα διαβρώνουν ώστε να μην προκαλούν την αστοχία τους.

Ταυτόχρονα, τα υγρά των φρένων είναι υπεύθυνα για την λίπανση των τμημάτων στα οποία κινούνται, ειδικά των εξαρτημάτων που έχουν ανάγκη λίπανσης, όπως οι τσιμούχες. Πρέπει λοιπόν να έχουν τέτοιο τύπο ώστε να έχουν λιπαντικές ιδιότητες. Πέραν αυτού, η ύπαρξη του υγρού των φρένων διογκώνει τις τσιμούχες εντός κάποιων ορίων ώστε να προσφέρουν την απαραίτητη στεγανότητα. Για αυτό είναι συγκεκριμένα τα υγρά τα οποία χρησιμοποιούνται. Συχνές προσμίξεις με λάδια ή βενζίνη προκαλούν μεγαλύτερη διόγκωση των τσιμουχών με αποτέλεσμα την κακή στεγάνωση.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό που πρέπει να έχουν τα υγρά των φρένων είναι η αντοχή τους σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Κατά το φρενάρισμα αυξάνονται πολύ οι θερμοκρασίες τόσο στα συστήματα τυμπανόφρενων όσο και στα συστήματα δισκόφρενων. Το υγρό των φρένων βρίσκεται στους κυλίνδρους του τροχού, πολύ κοντά στα σημεία τριβής, στα σημεία της μέγιστης θερμοκρασίας του συστήματος πέδησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του υγρού των φρένων σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Σε περίπτωση που τοπικά η θερμοκρασία του υγρού ξεπεράσει την θερμοκρασία βρασμού τότε θα υπάρξει εξάτμιση. Το πρόβλημα όμως είναι ότι ο ατμός είναι συμπιεστό ρευστό. Έτσι όταν ο οδηγός φρενάρει το υπόλοιπο υγρό θα πιέσει και θα συμπιέσει τον ατμό και δεν θα υπάρξει καμιά μεταβολή, καμιά κίνηση στα ενεργά τμήματα του συστήματος πέδησης. Επί της ουσίας ο οδηγός θα νιώσει το πεντάλ του φρένου να τερματίζει χωρίς να έχει καμία επιβράδυνση. Για τον λόγο αυτό η επιλογή υγρών με υψηλό σημείο βρασμού είναι πολύ σημαντική.

Το παραπάνω στοιχείο είναι σημαντικό να εξεταστεί μαζί με την τάση των υγρών των φρένων να είναι υγροσκοπικά, δηλαδή να απορροφούν υγρασία από την ατμόσφαιρα. Έτσι ένα

υγρό μπορεί να έχει υψηλό σημείο βρασμού, απορροφώντας όμως υγρασία από την ατμόσφαιρα στην ουσία νοθεύεται με νερό το οποίο έχει χαμηλότερο σημείο βρασμού. Το μίγμα πλέον έχει χαμηλότερο σημείο βρασμού από ότι είχε αυτούσιο το υγρό των φρένων με αποτέλεσμα να περιορίζεται το λειτουργικό του θερμοκρασιακό εύρος. Σύμφωνα με έρευνες το υγρό των φρένων απορροφάει κατά μέσο όρο 2% υγρασία τον πρώτο χρόνο, στον δεύτερο χρόνο έχει ήδη 3,5% υγρασία και στον τρίτο χρόνο 4,5%. Το σημείο βρασμού του, μετά τον πρώτο χρόνο, μειώνεται σχεδόν στο μισό. Σύμφωνα με μελέτες στην Αμερική, σε ένα όχημα που πήγε από την μια άκρη της Αμερικής στην άλλη και γύρισε πίσω η θερμοκρασία του υγρού των φρένων προσέγγισε τους 150°C (300°F). Παρατηρούμε όμως στο γράφημα ότι στα κοινά υγρά φρένων το σημείο βρασμού πέφτει σε αυτές τις θερμοκρασίες μετά από περίπου 2 χρόνια λειτουργίας. Ακόμη και στα υψηλότερης ποιότητας υγρά φρένων, μετά από δύο χρόνια, το σημείο βρασμού είναι λίγο υψηλότερο από τις παραπάνω θερμοκρασίες, κυμαίνεται στους περίπου 200°C (400°F) Για αυτό τον λόγο οι κατασκευαστές οχημάτων συνιστούν όπως σε κάθε service του οχήματος ή κάθε δύο χρόνια, υποχρεωτικά πρέπει να αλλάζουν τα υγρά των φρένων.



Εικόνα 4.10: Σημείο βρασμού υγρών συστήματος πέδησης [19]

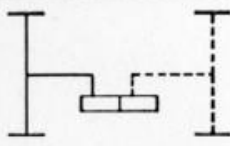
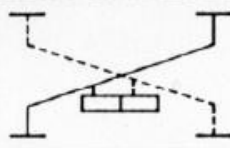
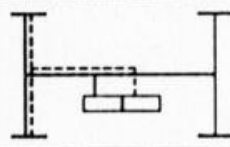
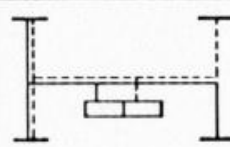
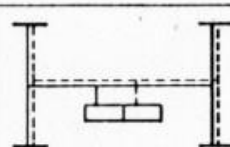
Τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα υγρά φρένων έχουν τυποποιηθεί από το Αμερικάνικο τμήμα μεταφορών (DOT – Department of Transportation) και ανήκουν στις κατηγορίες DOT 3 ή DOT 4 με σημεία βρασμού τους 140°C και 180°C αντίστοιχα. Σπανιότερα

χρησιμοποιούνται υγρά κατηγορίας DOT 5 τα οποία έχουν υψηλότερο σημείο βρασμού καθώς έχουν σαν βάση τους την σιλικόνη και είναι μη υγροσκοπικά. [17], [19]

4.6 Διπλό υδραυλικό σύστημα

Τα υδραυλικά συστήματα έχουν πολλά πλεονεκτήματα και έχουν επικρατήσει στα συστήματα πέδησης οχημάτων. Έχουν όμως και ένα πολύ σημαντικό μειονέκτημα. Χωρίς υγρό δεν μπορούν να λειτουργήσουν. Έτσι οποιαδήποτε διαρροή υγρού οδηγεί σε απώλεια του συστήματος πέδησης στο όχημα. Για αυτό και σε πολλές περιπτώσεις τα οχήματα έχουν διπλό υδραυλικό σύστημα πέδησης.

Στο εμπόριο έχουν παρουσιαστεί πολλές εκδοχές διπλών υδραυλικών συστημάτων τα οποία προσφέρουν πέδηση σε διαφορετικούς συνδυασμούς τροχών. Τα συστήματα αυτά έχουν τυποποιηθεί βάσει του DIN 74000 και φαίνονται στην επόμενη εικόνα. Με συνεχή γραμμή φαίνεται το κύριο σύστημα και με διακεκομμένη το εφεδρικό σύστημα.

Symbol	Type of apportioning Direction of travel	Remarks
TT		Front-axle/rear-axle split One axle is braked in each circuit.
K		Diagonal split One front wheel and the diagonally opposite rear wheel are braked in each circuit.
HT		Front-axle and rear-axle/front-axle split One circuit brakes the front and rear axles, and one circuit brakes only the front axle.
LL		Front-axle and rear-wheel/front-axle and rear-wheel split Each circuit brakes the front axle and one rear wheel.
HH		Front-axle and rear-axle/front-axle and rear-axle split Each circuit brakes the front axle and the rear axle.

Εικόνα 4.11: Διπλά υδραυλικά συστήματα πέδησης [18]

Το συνηθέστερο διπλό υδραυλικό σύστημα είναι αυτό στο οποίο το κύριο σύστημα πέδησης φρενάρει και τους τέσσερις τροχούς ενώ το εφεδρικό σύστημα πέδησης φρενάρει

μόνο τους μπροστινούς τροχούς. Σύμφωνα με την παραπάνω εικόνα αυτό είναι το σύστημα ΗΤ.

Τα διπλά υδραυλικά συστήματα συνήθως χρησιμοποιούν την ίδια αντλία πέδησης η οποία είναι είτε μια δίδυμη αντλία είτε η κλασσική αντλία του συστήματος πέδησης. Ο διαχωρισμός των δύο υδραυλικών συστημάτων γίνεται είτε κατευθείαν στην δίδυμη αντλία η οποία δίνει δύο εξόδους είτε μετά την έξοδο της κλασσικής αντλίας με την χρήση μιας διαφορικής βαλβίδας. Ακολούθως, δύο διαφορετικά υδραυλικά κυκλώματα είναι υπεύθυνα για την πέδηση του οχήματος. Το πρώτο κύκλωμα, το κύριο, καταλήγει και στους τέσσερις τροχούς, και το δεύτερο, το εφεδρικό, να καταλήγει μόνο στους μπροστινούς τροχούς. Έτσι στους μπροστινούς τροχούς συναντάμε δύο κυλίνδρους του συστήματος πέδησης ενώ στους πίσω μόνο ένα. Σε κανονική λειτουργία το όχημα φρενάρει με το κύριο και το δευτερεύον σύστημα ταυτόχρονα ενώ σε περίπτωση βλάβης του κυρίου συστήματος το δευτερεύον θα φρενάρει τους μπροστινούς τροχούς, τους τροχούς που δέχονται άλλωστε τις κύριες δυνάμεις πέδησης. Με αυτό τον τρόπο γίνεται μια επαρκής πέδηση του οχήματος μέχρι να οδηγηθεί για επισκευή.

Ένα εξίσου πιθανό σύστημα είναι το σύστημα το οποίο έχει διαχωρισμένα, δύο κυκλώματα πέδησης ένα για τους μπροστινούς τροχούς και ένα για τους πίσω. Ο διαχωρισμός γίνεται με τον ίδιο τρόπο με πριν, στην αντλία πέδησης. Με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται ότι εάν οποιοδήποτε εκ των δύο κυκλωμάτων πάθει βλάβη, θα υπάρχει πέδηση τουλάχιστον στους δύο τροχούς επιτρέποντας στον οδηγό να οδηγήσει με ασφάλεια το όχημά του για επισκευή.

Στα βαρέα οχήματα τα εφεδρικά συστήματα καλύπτουν συνδυασμό των τροχών του οχήματος. Αναλόγως της εταιρίας έχουν παρουσιαστεί πολλοί τέτοιοι συνδυασμοί. Βέβαια στα βαρέα οχήματα υπάρχει συνδυασμός συστημάτων φρένων, υπάρχουν ταυτόχρονα δύο ή τρεις τύποι φρένων, έτσι δεν μένει εντελώς χωρίς πέδηση το όχημα ακόμη και αν υπάρχει πρόβλημα στο υδραυλικό σύστημα. [18]

4.7 Σύγκριση υδραυλικών συστημάτων πέδησης

Τα υδραυλικά συστήματα τυμπανόφρενων έχουν κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με τα υδραυλικά συστήματα δισκόφρενων που ακολουθούν. Το κυριότερο τους πλεονέκτημα είναι ότι απαιτούν μικρότερη δύναμη από τον χειριστή. Ο λόγος που απαιτούν μικρότερη δύναμη είναι γιατί οι σιαγόνες των τυμπανόφρενων αυτοσφηνώνονται στα τύμπανα, ακόμη και με μικρή δύναμη. Στα δισκόφρενα αυτό δεν ισχύει γιατί τα πέδιλα των δισκόφρενων βρίσκονται

εξωτερικά του δίσκου έτσι χρειάζεται μεγαλύτερη δύναμη για να σφίξουν και να δημιουργήσουν τριβή.

Το δεύτερο πλεονέκτημα των τυμπανόφρενων είναι το χαμηλό κόστος συντήρησης. Τα προς φθορά τεμάχια, οι σιαγώνες δηλαδή, φθείρονται σε πολύ περισσότερα χιλιόμετρα από τα πέδιλα των δισκόφρενων. Ταυτόχρονα, η αλλαγή του υγρού φρένων απαιτεί πολύ περισσότερα χιλιόμετρα. Αυτό οδηγεί σε μείωση του κόστους συντήρησης καθιστώντας τα πιο οικονομικά.

Με την σειρά τους, τα υδραυλικά συστήματα πέδησης δισκοφρένων έχουν κάποια πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα. Καταρχήν έχουν καλύτερη απόδοση καθώς η επιφάνεια τριβής τους είναι μεγαλύτερη. Κατά δεύτερον, η θέση τους, ελεύθερη στο περιβάλλον και όχι σε ένα τύμπανο μέσα, επιτρέπει την καλύτερη ψύξη, τουτέστιν την καλύτερη απαγωγή θερμότητας κάτι που βελτιώνει την απόδοσή τους και μειώνει την φθορά τους. Το τρίτο τους πλεονέκτημα είναι ο καλύτερος έλεγχος των τριβόμενων επιφανειών, των πελμάτων πέδησης και του δίσκου, κάτι που επιτρέπει την αντικατάστασή τους στην βέλτιστη στιγμή χωρίς να προκύψει πρόβλημα στην πέδηση. Αυτό οφείλεται στην εύκολη οπτική επαφή που υπάρχει με τις τριβόμενες επιφάνειες. Το τέταρτο τους πλεονέκτημα είναι ότι δεν απαιτούν ρύθμιση. Η θέση τοποθέτησης των πέδινων είναι συγκεκριμένη και όταν φθαρούν αντικαθίστανται χωρίς να επιδέχονται ρύθμιση. Μάλιστα με την δυνατότητα ηλεκτρονικού ελέγχου της φθοράς των πέδινων επιτρέπεται η άμεση αντικατάστασή τους χωρίς η ασφάλεια του συστήματος πέδησης να διακυβεύεται από την ικανότητα ελέγχου του από έναν «μάστορα». Το τελευταίο τους πλεονέκτημα είναι το μικρότερο τους βάρος κάτι που μειώνει συνολικά το βάρος του οχήματος αυξάνοντας την απόδοσή τους.

Επειδή τα πλεονεκτήματα του κάθε υδραυλικού συστήματος πέδησης είναι σημαντικά πολλές φορές, ως μέση λύση, οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν και τα δύο συστήματα. Έτσι σε πολλά οχήματα συναντούμε σύστημα πέδησης με δισκόφρενα στους εμπρόσθιους τροχούς και σύστημα πέδησης με τύμπανα στους οπίσθιους τροχούς. Και τα δύο συστήματα μπορούν να συνεργαστούν άψογα, στο ίδιο υδραυλικό κύκλωμα.

5 Βοηθητικά συστήματα πέδησης

Τα συστήματα πέδησης έχουν παρουσιαστεί στα προηγούμενα κεφάλαια. Στα βαρέα οχήματα χρησιμοποιούνται κυρίως τα συστήματα πέδησης αέρος και πολύ πιο σπάνια τα υδραυλικά συστήματα πέδησης. Πέραν από αυτά τα συστήματα πέδησης υπάρχουν και άλλα συστήματα πέδησης τα οποία δρουν επικουρικά / υποβοηθητικά των κυρίων συστημάτων πέδησης. Τέτοια συστήματα είναι τα ηλεκτρόφρενα και τα φρένα καυσαερίων που αναλύονται στις δύο πρώτες ενότητες του παρόντος κεφαλαίου.

Εκτός των συστημάτων υποβοήθησης πέδησης υπάρχουν και άλλα συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται για να διευκολύνουν και να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα της πέδησης. Τέτοια συστήματα είναι το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών ABS και συστήματα ελέγχου ευστάθειας του οχήματος. Τέλος, υπάρχουν και συστήματα εκτάκτου ανάγκης που τίθενται σε λειτουργία όταν απαιτηθεί έκτακτη πέδηση. Όλα αυτά παρουσιάζονται στις τελευταίες τρεις ενότητες του κεφαλαίου.

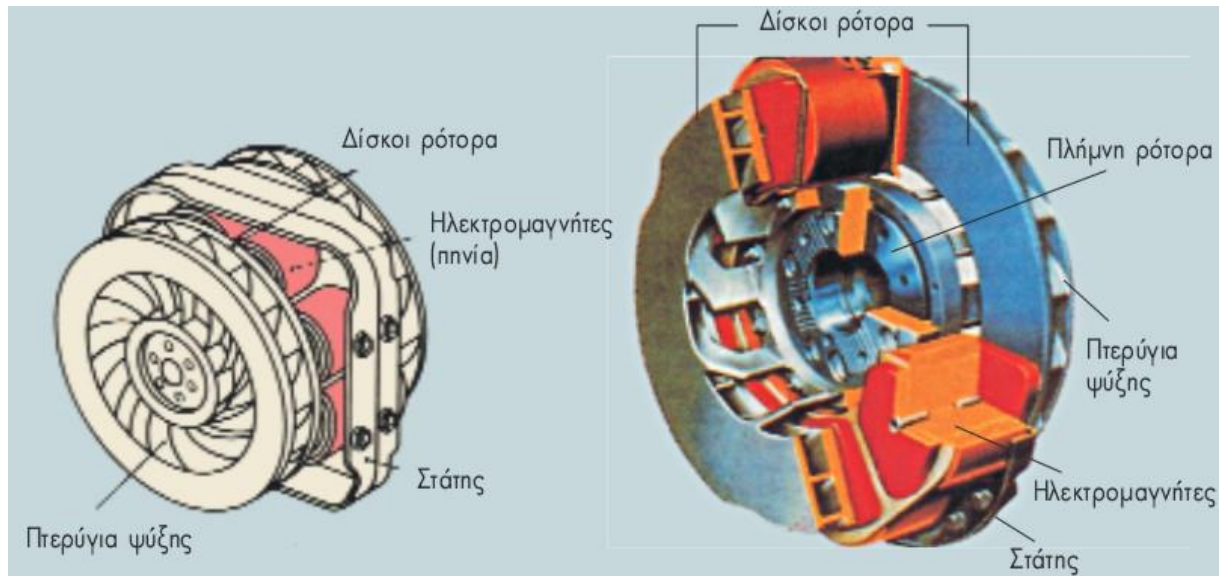
5.1 Ηλεκτρόφρενα

Τα ηλεκτρόφρενα είναι το σημαντικότερο εκ των βοηθητικών μηχανισμών πέδησης (εκτός του ABS το οποίο δεν προσφέρει επιπλέον πέδηση αλλά αυξάνει την ασφάλεια). Η λειτουργία τους γίνεται με την παροχή ηλεκτρικής ισχύος από το ηλεκτρικό κύκλωμα του οχήματος για αυτό και φέρουν την συγκεκριμένη ονομασία. Είναι ένα σύστημα πέδησης το οποίο επενεργεί μόνο στους πίσω τροχούς και η σύνδεσή του γίνεται εν σειρά με το σύστημα μετάδοσης κίνησης του οχήματος.

Ειδικότερα υπάρχουν τρεις θέσεις στις οποίες μπορεί να τοποθετηθεί. Η πρώτη θέση είναι ανάμεσα στο κιβώτιο ταχυτήτων και τον κεντρικό άξονα μετάδοσης κίνησης. Η δεύτερη θέση είναι κάπου ενδιάμεσα στον κεντρικό άξονα μετάδοσης κίνησης του οχήματος. Η τρίτη θέση τοποθέτησης είναι ανάμεσα στον κεντρικό άξονα κίνησης και το διαφορικό.

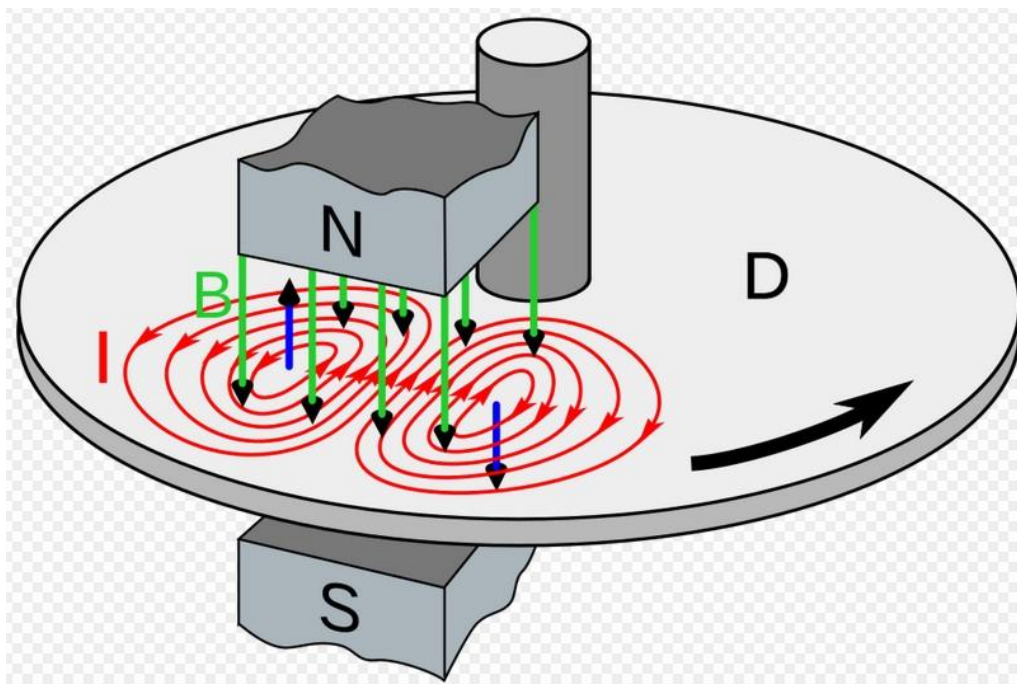
Το ηλεκτρόφρενο είναι μια ηλεκτρική μηχανή για αυτό και είναι κατασκευασμένη όπως οι συνηθισμένες ηλεκτρικές μηχανές, αποτελούμενη από τον στάτορα και τον ρότορα. Ο στάτορας είναι το ακίνητο μέρος της ηλεκτρικής μηχανής, βρίσκεται συνδεδεμένος σταθερά στο σασί του οχήματος και περιέχει τους ηλεκτρομαγνήτες. Οι ηλεκτρομαγνήτες είναι συνδεδεμένοι με το ηλεκτρικό κύκλωμα του οχήματος. Ο ρότορας είναι το περιστρεφόμενο μέρος της μηχανής, αποτελείται από ένα άξονα που διέρχεται διαμέσου του στάτορα και

εδράζεται σε δύο ρουλεμάν στο πλαίσιο του στάτορα, και δύο δίσκους σταθερά συνδεδεμένους με τον άξονα οι οποίοι βρίσκονται δεξιά και αριστερά του στάτορα και περιστρέφονται μαζί με τον άξονα. Οι δίσκοι αυτοί είναι που προκαλούν την πέδηση. Ο άξονας του ρότορα είναι στερεά συνδεδεμένος με τον κύριο άξονα της μηχανής και περιστρέφεται με τις δικές του στροφές. Η όψη και η τομή ενός ηλεκτρικού φρένου φαίνεται στην επόμενη εικόνα.



Εικόνα 5.1: Ηλεκτρικό φρένο [16]

Η λειτουργία των ηλεκτρόφρενων είναι πολύ απλή. Όταν ο οδηγός χρειάζεται επιπλέον πέδηση τότε ενεργοποιεί το ηλεκτρόφρενο. Τότε οι ηλεκτρομαγνήτες του στάτορα τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα. Δεξιά και αριστερά των μαγνητών όμως, στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που έχει δημιουργηθεί, περιστρέφονται οι δύο δίσκοι του ρότορα. Η ύπαρξη ενός περιστρεφόμενου μεταλλικού αντικειμένου σε μαγνητικό πεδίο δημιουργεί δινορεύματα τα οποία με την σειρά τους προκαλούν μια ροπή. Η ροπή αυτή που ασκείται στους δύο κυλίνδρους (άρα κατά συνέπεια και στον άξονα του ρότορα αφού είναι σταθερά συνδεδεμένοι οι κύλινδροι σε αυτόν) είναι αντίθετη με την περιστροφή του ρότορα με αποτέλεσμα να μειώνει την ταχύτητα περιστροφής του. Ο ρότορας όμως όπως προείπαμε είναι στερεά συνδεδεμένος με τον κύριο άξονα μετάδοσης της κίνησης έτσι η επιβράδυνσή του προκαλεί επιβράδυνση του κύριου άξονα κίνησης και κατά συνέπεια επιβράδυνση του οχήματος. Σε περίπτωση που το όχημα είναι ακίνητο, ο ρότορας άρα και οι δύο δίσκοι δεν περιστρέφονται και η ύπαρξη του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου δεν προκαλεί κανένα αποτέλεσμα αφού η έλλειψη περιστροφής οδηγεί στην μη εμφάνιση των δινορευμάτων. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η παραγωγή δινορευμάτων σε ένα περιστρεφόμενο δίσκο που βρίσκεται εντός ενός μαγνητικού πεδίου.



Εικόνα 5.2: Παραγωγή δινορευμάτων σε περιστρεφόμενο δίσκο [14]

Η εμφάνιση των δινορευμάτων προέρχεται από την περιστροφή ενός αντικειμένου σε μαγνητικό πεδίο. Για να δημιουργηθεί αυτό το μαγνητικό πεδίο όμως στους δύο δίσκους οι οποίοι είναι έξω από τον στάτορα θα πρέπει οι διαδοχικοί ηλεκτρομαγνήτες στην περιφέρεια να έχουν ανάποδη πολικότητα. Έτσι δημιουργείται το απαιτούμενο μαγνητικό πεδίο στο οποίο θα παραχθούν τα δινορεύματα. Αντίστοιχα, στην πλάκα που βρίσκεται στην άλλη πλευρά του ρότορα θα πρέπει η πολικότητα των μαγνητών να είναι ανάποδη από την πρώτη πλάκα έτσι ώστε η παραγόμενη δύναμη πέδησης να έχει την ίδια φορά.

Ο τρόπος ενεργοποίησης του ηλεκτρόφρενου από τον οδηγό είναι απλός. Είτε πατάει το κομβίο που υπάρχει στον πίνακα ελέγχου του οχήματος, στο ταμπλό είτε το ενεργοποιεί διαμέσου του πεντάλ πέδησης. Μια ενδεικτική λυχνία στον πίνακα ελέγχου του οχήματος ανάβει και ενημερώνει τον οδηγό ότι το ηλεκτρόφρενό του είναι σε λειτουργία.

Το ηλεκτρόφρενο είναι το πρώτο σύστημα πέδησης που καταγράφεται στην παρούσα εργασία και η δύναμη πέδησης δεν οφείλεται στην τριβή. Το δεύτερο σύστημα είναι τα φρένα καυσαερίου που θα ακολουθήσουν στην επόμενη ενότητα. Η μη ύπαρξη τριβής έχει ως αποτέλεσμα την περιορισμένη φθορά των εξαρτημάτων του ηλεκτρόφρενου έτσι δεν χρειάζεται τακτική συντήρηση όπως απαιτούν τα τυμπανόφρενα ή τα δισκόφρενα.

Παρόλα αυτά η δημιουργία των δινορευμάτων στους δύο δίσκους του ρότορα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας τους. Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι ανάλογη

του χρόνου που βρίσκεται εν λειτουργία το ηλεκτρόφρενο. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία τους όμως γίνονται λιγότερο αποδοτικοί. Για αυτό τον λόγο οι δίσκοι φέρουν ένα σύστημα περυγίων, ένα για τον κάθε δίσκο, τα οποία βοηθούν στην ψύξη τους. Τα περύγια αυτά είναι τοποθετημένα στο εξωτερικό των δίσκων και στοχεύουν στην δημιουργία τεχνητής ροής αέρα προς τους δίσκους ώστε να υποβοηθήσουν την ψύξη τους.

Τα ηλεκτρόφρενα των βαρέων οχημάτων δεν πρέπει να συνδέονται με τα ηλεκτρικά φρένα των συμβατικών οχημάτων (και κυρίως των μικρών ρυμουλκούμενων τρέιλερ). Σε αυτά το φρένο είναι καθαρά τυμπανόφρενο αλλά αντί η ενεργοποίηση να γίνει με υγρό φρένων γίνεται με ηλεκτρισμό διά μέσου ενός ηλεκτρικού ελατηρίου που προκαλεί ώθηση των σιαγώνων. Το σύστημα αυτό όμως δεν βρίσκει εφαρμογές στα βαρέα οχήματα για αυτό και δεν μας ενδιαφέρει η περαιτέρω ανάλυσή του.

Τα ηλεκτρόφρενα δεν αποτελούν το κύριο σύστημα πέδησης των βαρέων οχημάτων γιατί, ειδικά σε ψηλές ταχύτητες, έχουν χαμηλές αποδόσεις. Είναι όμως ένα άριστο βοηθητικό σύστημα γιατί με μικρές φθορές καλύπτει μικρές ανάγκες πέδησης. Σε περίπτωση απότομου φρεναρίσματος δρα υποβοηθητικά και βοηθάει το όχημα να σταματήσει πιο νωρίς. Ταυτόχρονα η δράση του δεν είναι αισθητή στον οδηγό με αποτέλεσμα να του δημιουργεί μεγαλύτερη άνεση κατά την διάρκεια του ταξιδιού του. Το κυριότερο από όλα όμως είναι ότι δρα υποβοηθητικά στην πέδηση σε συνεχείς κατωφέρειες με αποτέλεσμα να μην είναι αναγκαία η συνεχόμενη χρήση του αερόφρενου έτσι να αποφεύγεται ο κίνδυνος να αδειάσει το αεροφυλάκιο και να «χάσει» το κύριο σύστημα πέδησης ο οδηγός. [14], [15], [16]

5.2 Φρένα καυσαερίου

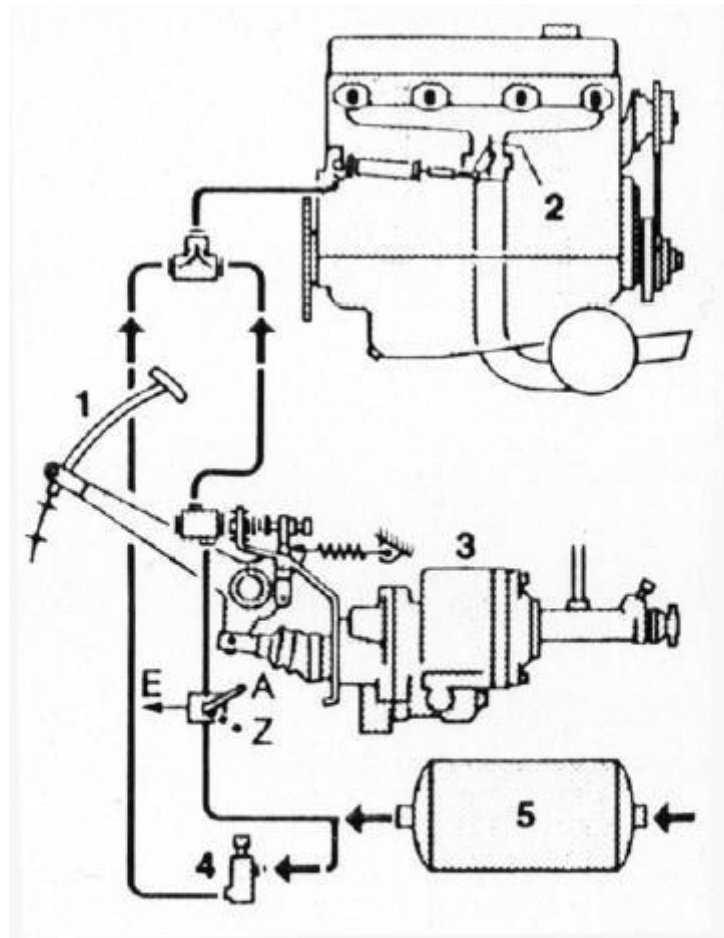
Τα φρένα καυσαερίου είναι ένα άλλο βοηθητικό σύστημα πέδησης που εμφανίζεται σε βαρέα οχήματα. Χρησιμοποιείται κυρίως μαζί με συστήματα πέδησης αέρος στα βαρέα οχήματα και έχει ως στόχο του την μείωση του χρόνου πέδησης του συστήματος αέρος ώστε να εξαλείψει την πιθανότητα να αδειάσει το αεροφυλάκιο από πεπιεσμένο αέρα. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε οχήματα που κινούνται σε περιοχές με μεγάλης έκτασης κατωφέρειες που απαιτούν μεγάλη διάρκεια πέδησης.

Τα φρένα καυσαερίων χρησιμοποιούν τα καυσαέρια της μηχανής για να παράξουν δύναμη πέδησης, εξ ου και το όνομά τους. Αποτελείται από μια θήκη η οποία περιέχει μια πεταλούδα και τοποθετείται στην πολλαπλή εξαγωγής. Από την πολλαπλή εξαγωγής οδηγούνται τα καυσαέρια του οχήματος στην εξάτμιση. Εάν όμως αυτή η πεταλούδα κλείσει τότε παρεμποδίζεται η διέλευση των καυσαερίων προς την εξάτμιση. Βέβαια το κλείσιμο της

πεταλούδας και η συσσώρευση καυσίμων έχει αποτέλεσμα την τοπική αύξηση της πίεσης και την θερμοκρασίας για αυτό απαιτείται η χρήση ανθεκτικών υλικών και η προσεκτική και ισχυρή σύνδεση των εξαρτημάτων ώστε να μην καταστραφούν.

Ταυτόχρονα ο εγκέφαλος του οχήματος αντιλαμβάνεται το κλείσιμο της πεταλούδας και κλείνει την παροχή καυσίμου. Έτσι στην μηχανή εισέρχεται μόνο αέρας αντί μίγμα. Επί της ουσίας η μηχανή μετατρέπεται σε ένα εμβολοφόρο συμπιεστή ο οποίος λαμβάνει κίνηση διαμέσου του στροφαλοφόρου άξονα από την περιστροφή των τροχών του αυτοκινήτου. Με αυτό τον τρόπο αντί να παράγεται ισχύς, και να περιστρέφονται οι τροχοί, καταναλώνεται κινητική ενέργεια για να λειτουργήσει η μηχανή επιβραδύνοντας το όχημα. Την ίδια στιγμή ο εγκλωβισμός των καυσαερίων οδηγεί σε αυξημένη πίεση στους κυλίνδρους της μηχανής. Έτσι για να κινηθούν πάνω κάτω θέλουν ακόμη μεγαλύτερη ισχύ και καταναλώνεται ακόμη περισσότερη κινητική ενέργεια.

Η ενεργοποίηση του συστήματος πέδησης καυσαερίων γίνεται από τον οδηγό, είτε χειροκίνητα είτε με κουμπί το οποίο πατάει με το πόδι του σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης (όχι εκτάκτου ανάγκης άμεσης πέδησης αλλά προβλήματος έλλειψης αέρα στο σύστημα πέδησης αέρος). Οι διακόπτες αυτή δίνουν εντολή στην βαλβίδα διαμοιρασμού ώστε να απελευθερώσει την παροχή προς την πεταλούδα διακοπής εξόδου καυσαερίων. Με αυτό τον τρόπο κλείνει η πεταλούδα. Ταυτόχρονα, με την πίεση του διακόπτη ηλεκτρικό σήμα αποστέλλεται στον εγκέφαλο της μηχανής και διακόπτεται η παροχή καυσίμου. Στην εικόνα παρακάτω φαίνεται η διάταξη ενός συστήματος πέδησης με στραγγαλισμό των καυσαερίων το οποίο λειτουργεί παράλληλα με ένα υδραυλικό σύστημα πέδησης. [18]



1. Πεντάλ πέδησης 2. Στραγγαλιστική βαλβίδα 3. Μονάδα πέδησης
4. Διακόπτης 5. Δοχείο πίεσης αερόφρενου

Εικόνα 5.3: Σύστημα πέδησης καυσαερίων [18]

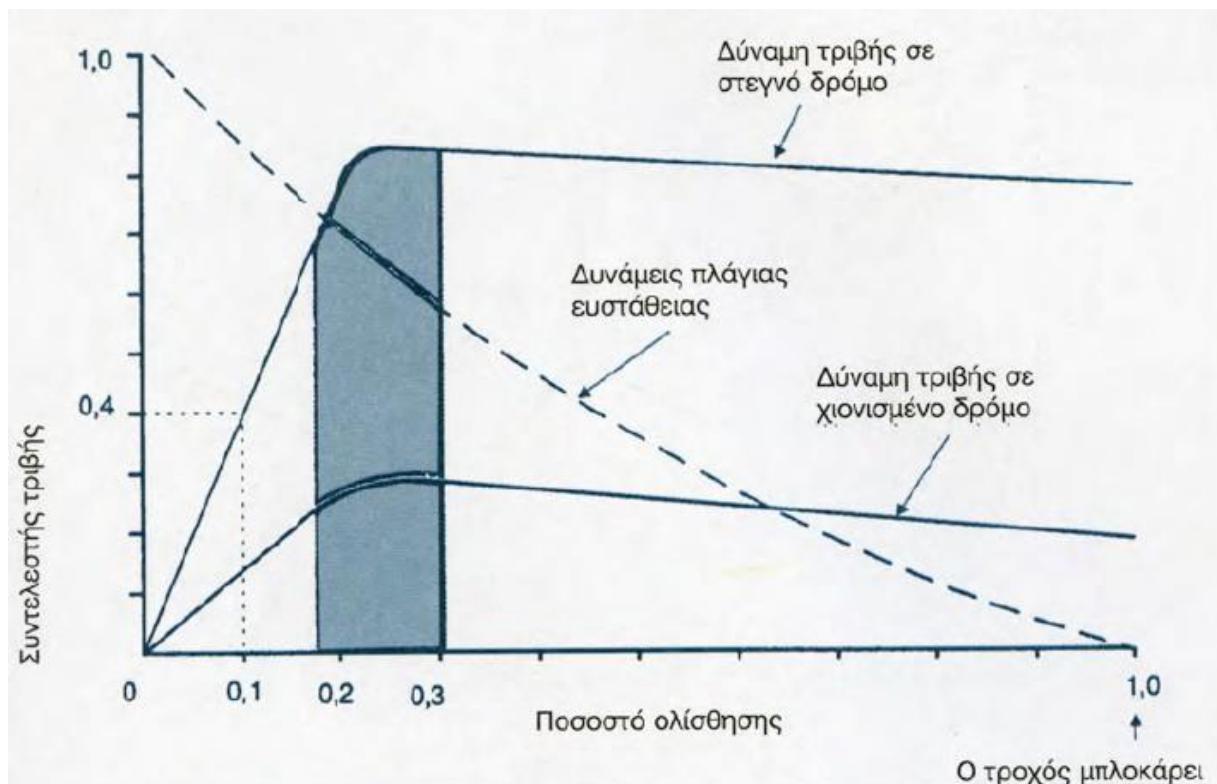
5.3 Συστήματα ABS

Τα συστήματα αντιμπλοκαρίσματος τροχών ABS (Antilock Braking System) εμφανίστηκαν στην προσπάθεια των κατασκευαστών να μειώσουν τα ατυχήματα που οφείλονταν σε μπλοκάρισμα των τροχών κατά την πέδηση του οχήματος. Στόχος τους είναι η περαιτέρω αύξηση της ενεργητικής ασφάλειας ενός οχήματος. Για αυτό τον λόγο άλλωστε στην Ευρώπη, από το 1996, η χρήση του ABS σε βαρέα οχήματα που κινούνται εντός δρόμου είναι υποχρεωτική.

5.3.1 Αναγκαιότητα

Σε ένα όχημα, όταν αυτό φρενάρει, ασκείται δύναμη τριβής μεταξύ της διεπιφάνειας του ελαστικού και του οδοστρώματος. Ταυτόχρονα όμως, κατά ένα μικρό ποσοστό ολισθαίνει. Ως ολίσθηση ορίζεται η διαφορά μεταξύ της θεωρητικής απόστασης που μπορεί να διανύσει

έναν τροχό περιστρεφόμενο γύρω από τον άξονά του και της πραγματικής που εν τέλει διανύει. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η σχέση της δύναμης τριβής, και της πλάγιας ευστάθειας και πως αυτές επηρεάζονται από τον συντελεστή τριβής και το ποσοστό ολίσθησης. Παρατηρείται ότι όσο πιο μικρό είναι το ποσοστό ολίσθησης τόσο πιο μικρή είναι η δύναμη τριβής αλλά όμως είναι μέγιστη η δύναμη πλευρικής ευστάθειας. Αντίθετα όσο αυξάνεται το ποσοστό ολίσθησης, αυξάνεται ο συντελεστής τριβής μειώνεται όμως η πλευρική ευστάθεια του οχήματος. Υπάρχει λοιπόν ένα βέλτιστο ποσοστό ολίσθησης που κυμαίνεται μεταξύ του 20% και του 30% κατά το οποίο και η τριβή είναι αποτελεσματική και η πλευρική ευστάθεια μεγάλη. Αυτή η περιοχή φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα με το έντονο μπλε χρώμα.

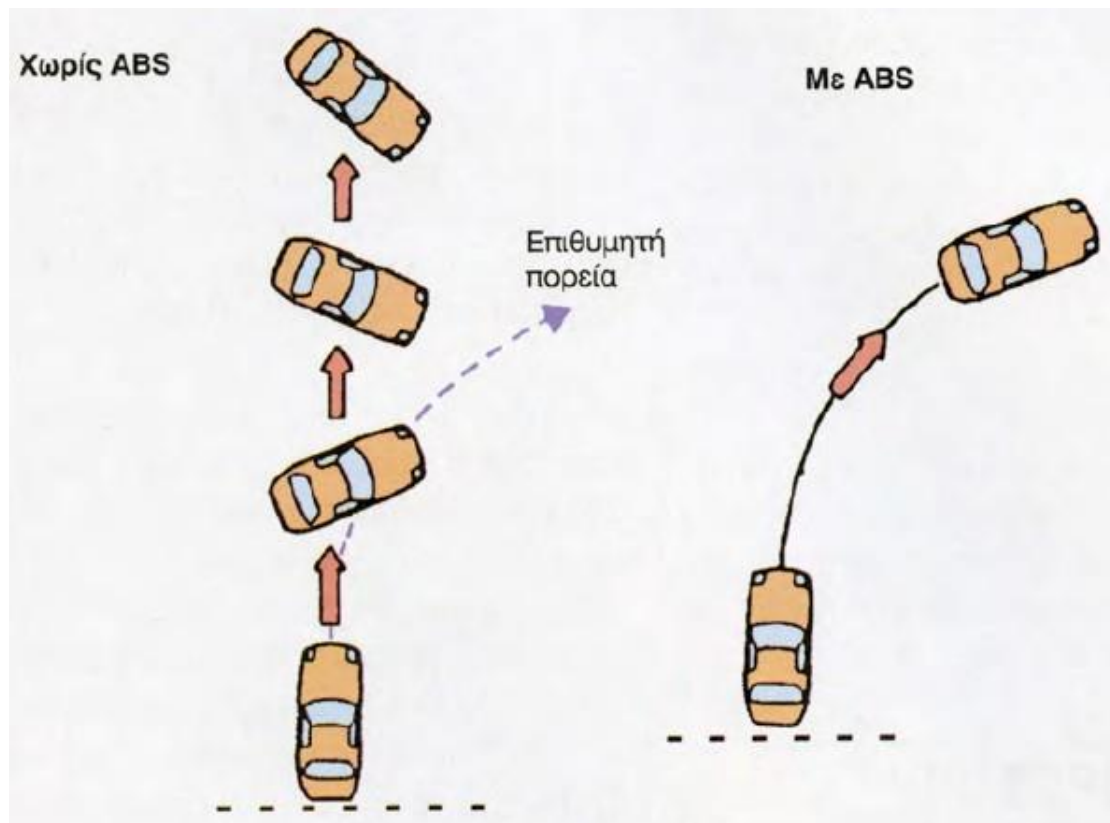


Εικόνα 5.4: Σχέση ποσοστού ολίσθησης με δύναμη τριβής και πλάγια ευστάθεια [11]

Όταν όμως η πέδηση είναι έντονη το λάστιχο μπορεί να μπλοκάρει, να σταματήσει δηλαδή να περιστρέφεται και να ολισθαίνει πλέον, δηλαδή να σέρνεται στο οδόστρωμα. Σε αυτή την περίπτωση το ποσοστό της ολίσθησης ισούται με 100% και παρόλο που ο συντελεστής τριβής είναι αρκετά μεγάλος, η πλευρική ευστάθεια είναι μηδενική. Και φυσικά και η δύναμη τριβής είναι μικρή γιατί μπορεί ο συντελεστής τριβής να είναι μεγάλος όμως η απόσταση που ο τροχός διανύει είναι πολύ μικρότερη καθώς δεν περιστρέφεται. Το αποτέλεσμα είναι πως το μπλοκάρισμα των τροχών είχε ως συνέπεια την ανεξέλεγκτη ολίσθηση του οχήματος σε τυχαία κατεύθυνση. Το ABS λοιπόν είναι ένα σύστημα που

αποτρέπει το παραπάνω φαινόμενο μειώνοντας την πιθανότητα ατυχημάτων και βελτιώνοντας την ενεργητική ασφάλεια του οχήματος.

Πέραν του συγκεκριμένου κέρδους όμως το ABS προσφέρει και μερικά ακόμη πλεονεκτήματα στον οδηγό. Καταρχήν προσφέρει ορθή κατανομή της πέδησης μεταξύ των εμπρόσθιων και των οπίσθιων τροχών εξασφαλίζοντας την σταθερότητα του οχήματος κατά την πέδηση και αποτρέποντας τους οπίσθιους τροχούς από ένα πολύ γρήγορο μπλοκάρισμα. Κατά δεύτερον εκμεταλλεύεται τα όρια πέδησης που προέρχονται τόσο από το οδόστρωμα όσο και από τα ελαστικά του οχήματος προσφέροντας εν τέλει την ιδανική απόσταση ακινητοποίησης του οχήματος. Ο συνδυασμός λοιπόν όλων των παραπάνω πλεονεκτημάτων οδήγησε στο να θεωρείται το ABS απαραίτητο σε κάθε όχημα. Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρείται η συμπεριφορά ενός αυτοκινήτου με και χωρίς ABS κατά την διάρκεια ενός φρεναρίσματος σε στροφή. Φαίνεται λοιπόν ότι οι πίσω τροχοί του οχήματος, χωρίς την ύπαρξη του ABS πολύ γρήγορα ολισθαίνουν με αποτέλεσμα το όχημα να κινείται ανεξέλεγκτο. Όταν όμως τεθεί σε λειτουργία το ABS τότε η μεταβολή στην κατανομή της πέδησης αποτρέπει την ολίσθηση των πίσω τροχών και κρατάει το όχημα εντός της επιθυμητής πορείας.



Εικόνα 5.5: Πέδηση οχήματος με και χωρίς σύστημα ABS [11]

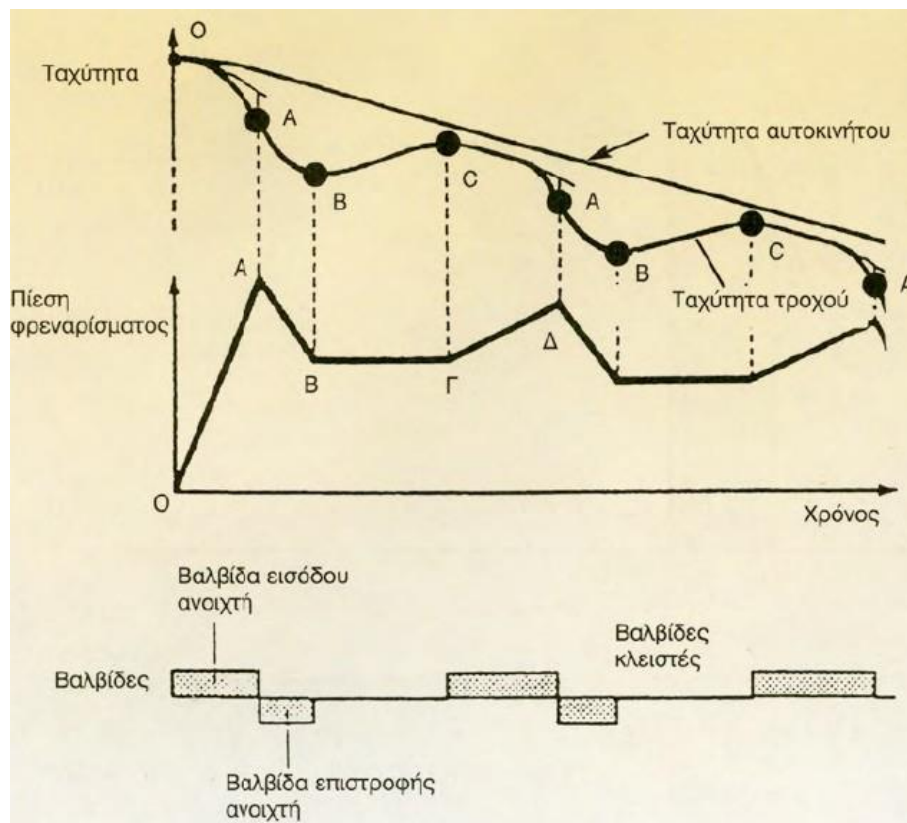
Βέβαια εδώ πρέπει να μπει και μια υποσημείωση. Το ABS είναι ιδανικό και αυξάνει δραματικά την ενεργητική προστασία οχημάτων που κινούνται σε ασφάλτινο οδόστρωμα λόγω του τρόπου λειτουργίας τους. Σε περιπτώσεις όμως οδοστρωμάτων στα οποία η ολίσθηση έρχεται πολύ πιο εύκολα (άμμος, χαλίκι, χιόνι) τότε το ABS, λαμβάνοντας συνεχώς δεδομένα ολίσθησης, περιορίζει αισθητά την πέδηση του οχήματος αυξάνοντας σε μεγάλο βαθμό την απόσταση πέδησης (η αύξηση της απόστασης πέδησης μπορεί να είναι και της τάξεως του 30%). Αλλωστε σε οχήματα που κινούνται εκτός δρόμου, με τα αντίστοιχα ελαστικά, το μπλοκάρισμα των τροχών υποβοηθάει την πέδηση καθώς τα ελαστικά βυθίζονται στο οδόστρωμα. Με το σύστημα ABS αυτό δεν μπορεί να επιτευχθεί. Έτσι, στα οχήματα που κινούνται κατά βάση εκτός δρόμου το ABS μάλλον μειώνει την ενεργητική τους ασφάλεια. Για αυτό και σε αυτά τα οχήματα κάποιιο κατασκευαστές έχουν τροποποιήσει το σύστημα ABS ώστε να επιτρέπει περιοδική ολίσθηση ενώ κάποιιο άλλοι έχουν δώσει στον οδηγό την δυνατότητα χειροκίνητα να επιλέξει την εντολή off road στην οποία το σύστημα ABS τίθεται εκτός λειτουργίας. [9], [11], [17]

5.3.2 Λειτουργία

Η λειτουργία του συστήματος ABS είναι απλή. Με το που ασκείται η δύναμη πέδησης από τον οδηγό, ο εγκέφαλος του οχήματος ελέγχει την πίεση πέδησης και τις στροφές σε κάθε ένα εκ των τεσσάρων τροχών του οχήματος. Γνωρίζοντας τις στροφές του τροχού και την ταχύτητα του οχήματος ο εγκέφαλος υπολογίζει την ολίσθηση του οχήματος. Ταυτόχρονα, στην μνήμη του έχει αποθηκευμένη από τον κατασκευαστή μια οριακή τιμή ποσοστού ολίσθησης. Όταν λοιπόν η τιμή σε ένα ελαστικό φτάσει την οριακή τιμή τότε επεμβαίνει ώστε να αποτρέψει την ολίσθηση.

Η επέμβαση του εγκέφαλου είναι στην μείωση της πίεσης του κυκλώματος πέδησης στον συγκεκριμένο τροχό ώστε να αποφευχθεί η ολίσθηση. Συγκεκριμένα δίνει εντολή σε μια βαλβίδα ελέγχου ώστε να ανοίξει και να εκτονώσει το κύκλωμα πέδησης. Η πίεση λοιπόν ρυθμίζεται με την διακοπή της συνεχόμενης παροχής υδραυλικής πίεσης. Πλέον σε κάθε ελαστικό αποστέλλονται παλμοί πίεσης. Η ποσότητα και η συχνότητα των παλμών διαφέρει από τροχό σε τροχό ώστε να υπάρχει ρύθμιση σε κάθε τροχό. Επί της ουσίας, όταν ο εγκέφαλος αντιληφθεί ότι ο τροχός είναι ένα βήμα πριν την ολίσθηση τότε διακόπτει την παροχή πίεσης, διακόπτοντας έτσι την πέδηση. Μόλις μειωθεί το ποσοστό ολίσθησης τότε επιτρέπει πάλι την παροχή πίεσης επιτρέποντας το φρενάρισμα του οχήματος. Στην πράξη πλέον το φρενάρισμα δεν είναι μια συνεχής δύναμη πέδησης, είναι πολλές, συνεχόμενες, διακοπτόμενες δυνάμεις πέδησης. Παρόλα αυτά η μείωση της ταχύτητας του οχήματος είναι σταθερή (εν αντιθέσει με

την επιβράδυνση των τροχών η οποία έχει διακυμάνσεις). Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η παραπάνω λειτουργία. Φαίνεται η ταχύτητα του οχήματος η οποία μειώνεται στην πάνω γραμμή. Στην δεύτερη γραμμή φαίνεται η μεταβολή στην ταχύτητα του τροχού με τις αυξομειώσεις στην πέδησή του. Στην τρίτη γραμμή φαίνεται η πίεση του συστήματος πέδησης που προκαλεί το φρενάρισμα του τροχού και η μεταβολή της αναλόγως της λειτουργίας του συστήματος ABS. Κάτω φαίνεται η λειτουργία του συστήματος ABS με τις τρεις φάσεις λειτουργίας οι οποίες θα περιγραφούν και στην ανάλυση λειτουργίας της ηλεκτροϋδραυλικής μονάδος του συστήματος.

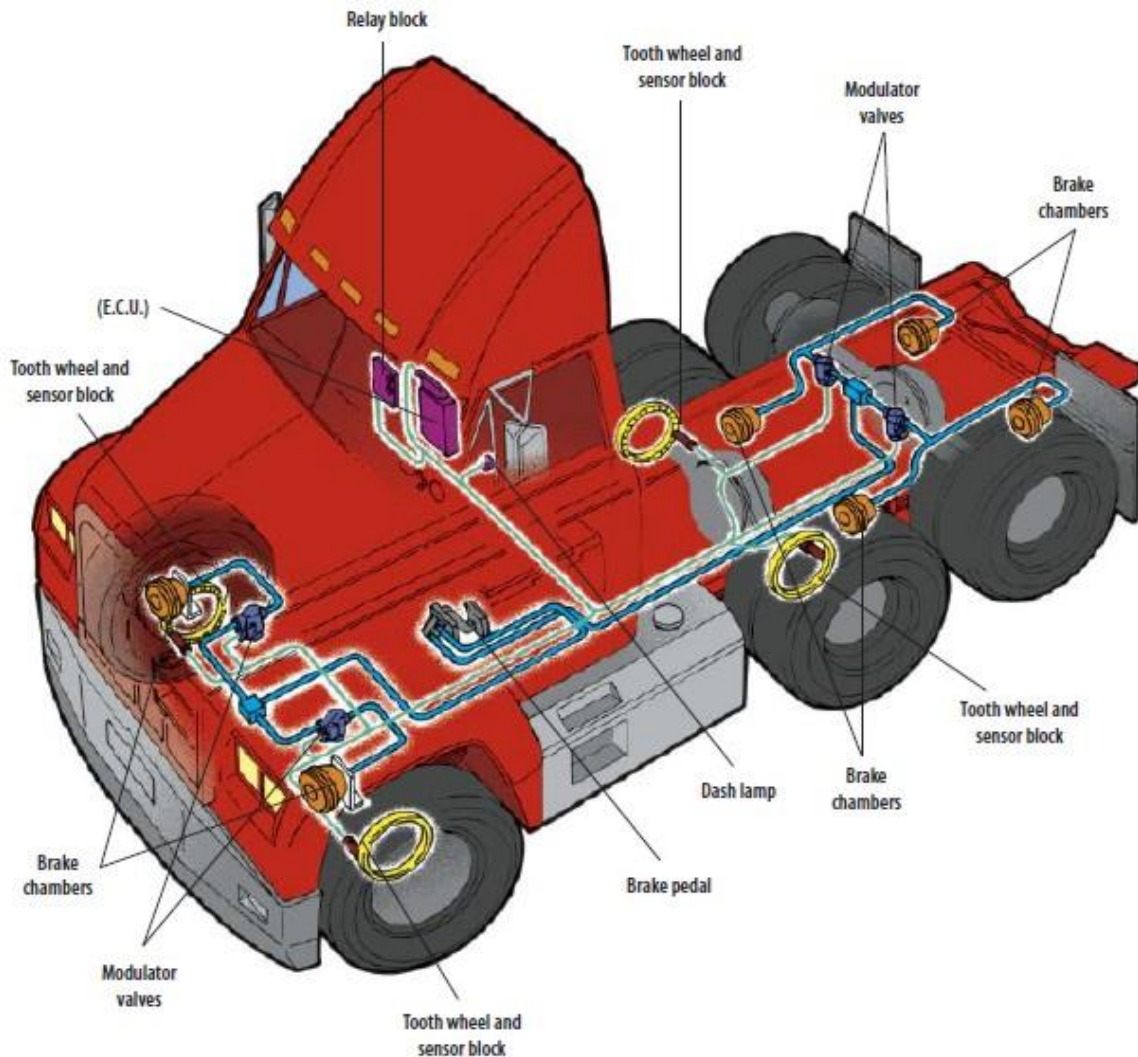


Εικόνα 5.6: Διάγραμμα λειτουργίας συστήματος ABS [11]

Το αποτέλεσμα της παραπάνω λειτουργίας; Ο οδηγός ενός οχήματος, σε μια κατάσταση εκτάκτου ανάγκης προσπαθεί να σταματήσει το όχημά του πατώντας αντανεκλαστικά το πεντάλ του φρένου τελείως. Αποτέλεσμα αυτού είναι μια ισχυρή πίεση στο κύκλωμα πέδησης η οποία θα μπλοκάρει τους τροχούς. Τότε όμως το σύστημα ABS έχει μετρήσει την αύξηση του ποσοστού ολίσθησης πάνω από την οριακή τιμή και έτσι ρυθμίζει την πίεση του συστήματος πέδησης ώστε να αποφευχθεί η ολίσθηση. Στην πράξη τα συστήματα ABS λειτουργούν μόνο σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης αφού στα υπόλοιπα φρεναρίσματα ο οδηγός έχει την αίσθηση του πόσο πρέπει να φρενάρει ώστε να μην του μπλοκάρουν οι τροχοί και να μην του «γλιστρήσει» το όχημα. [9], [11]

5.3.3 Δομή συστήματος ABS

Ένα σύστημα ABS αποτελείται από εξαρτήματα εκ των οποίων τα περισσότερα τα έχουμε ήδη αναφέρει. Τα σημαντικότερα εξαρτήματα που χρησιμοποιούν τα συστήματα ABS είναι η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, ο αισθητήρας μέτρησης της ταχύτητας του τροχού, και η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα. Στις επόμενες τρεις ενότητες παρουσιάζονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά αυτών των εξαρτημάτων ενώ στην επόμενη φωτογραφία φαίνεται η τυπική δομή ενός απλού συστήματος ABS τοποθετημένου σε τράκτορα φορτηγού.

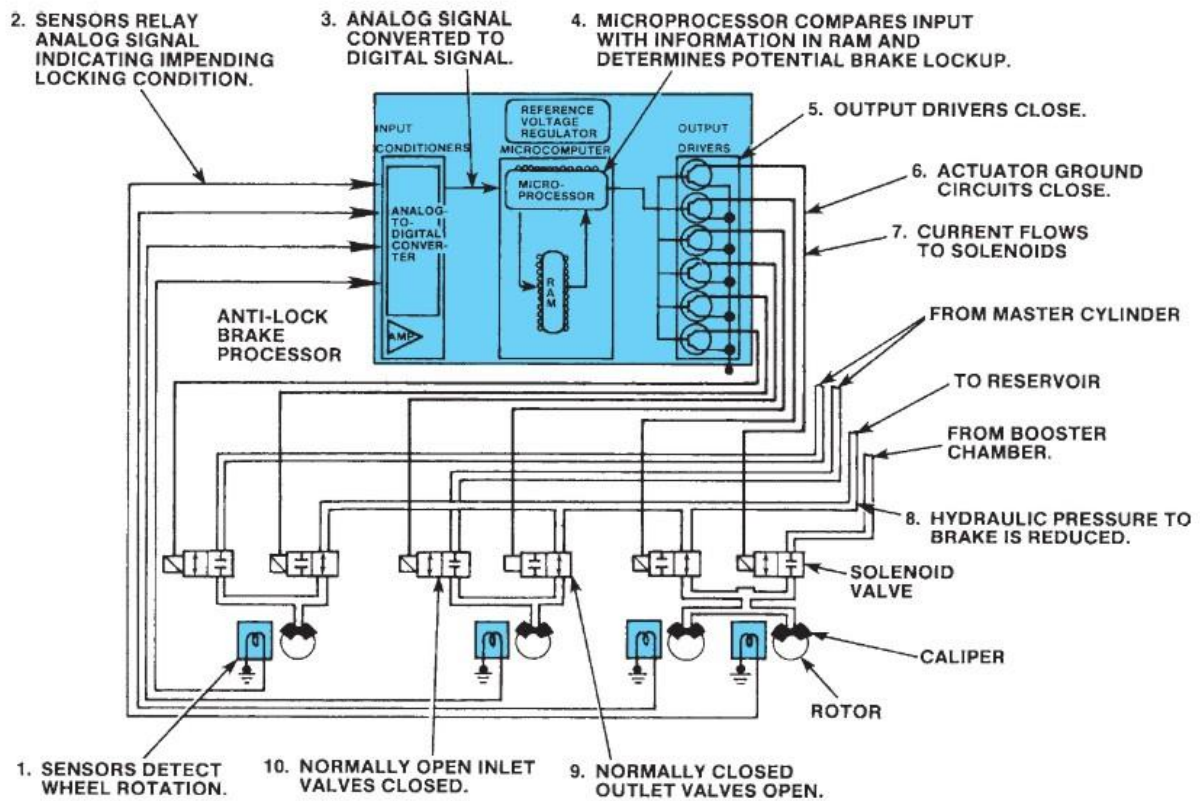


Εικόνα 5.7: Μορφή συστήματος ABS για φορτηγά [9]

5.3.3.1 Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου

Η ηλεκτρονική μονάδα ECU, ο εγκέφαλος του συστήματος ABS, είναι η μονάδα που λαμβάνει τις πληροφορίες, εκτελεί τις πράξεις και δίδει εντολές για την λειτουργία του συστήματος. Συνήθως βρίσκεται τοποθετημένη στον χώρο του κινητήρα όμως αναλόγως του κατασκευαστή μπορεί να τοποθετηθεί και στην καμπίνα των επιβατών ή στο πλαίσιο του

οχήματος. Σε μερικές περιπτώσεις είναι ενσωματωμένη στην ηλεκτροϋδραυλική μονάδα του συστήματος. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η δομή μιας τυπικής ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου του συστήματος ABS.



Εικόνα 5.8: Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ABS [17]

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, όπως φαίνεται και παραπάνω, είναι επί της ουσίας ένας μικρός ηλεκτρονικός υπολογιστής ο οποίος δέχεται ως εισόδους του τα ηλεκτρικά σήματα από τους αισθητήρες στροφών των τροχών. Επίσης δέχεται και γενικά δεδομένα όπως η ταχύτητα του οχήματος. Χρησιμοποιώντας αυτά τα δεδομένα υπολογίζει την ταχύτητα επιβράδυνσης των τροχών και την ολίσθησή τους. Από τους υπολογισμούς, και σε σύγκριση με τιμές στις οποίες έχει προγραμματιστεί, δίνει εντολές τόσο στην ηλεκτροϋδραυλική μονάδα του συστήματος όσο και στις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες του συστήματος (οι οποίες ονομάζονται και διαμορφωτές). Οι εντολές αυτές είναι υπό την μορφή ηλεκτρικών σημάτων και ρυθμίζουν την πίεση του συστήματος πέδησης και αφορούν είτε αύξηση, είτε μείωση, είτε συγκράτηση της πίεσης. Οι εντολές στην ηλεκτροϋδραυλική μονάδα στοχεύουν στην ρύθμιση της πίεσης ολόκληρου του συστήματος πέδησης ενώ οι εντολές στις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες στοχεύουν στην ρύθμιση της πίεσης άρα και της πέδησης σε κάθε τροχό ξεχωριστά. Κατά βάση οι εντολές εισόδου και εξόδου από την ηλεκτρονική μονάδα μεταφέρονται από ένα διπλό

ηλεκτρονικό κύκλωμα ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του συστήματος ακόμη και εάν τεθεί εκτός λειτουργίας το ένα από τα δύο κυκλώματα.

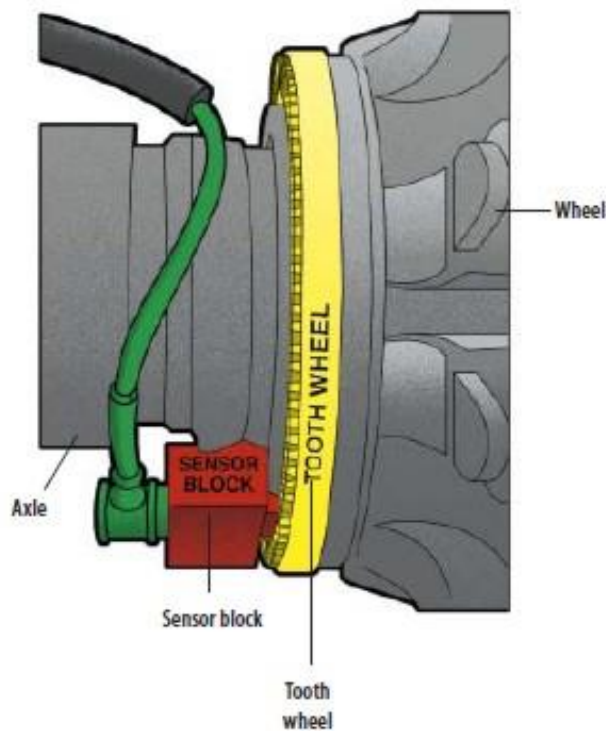
Καθώς η λειτουργία του ABS είναι ζωτικής σημασίας για την ασφαλή πέδηση του οχήματος είναι πολύ σημαντικό οι βλάβες να διαγιγνώσκονται άμεσα ώστε να επιδιορθώνονται πριν τυχόν εμφανιστεί βλάβη και στο δεύτερο κύκλωμα. Για αυτό τον λόγο τα εισερχόμενα και τα εξερχόμενα σήματα ελέγχονται με ένα σύστημα αυτοδιάγνωσης που περιέχεται στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Αν κάποιο από τα σήματα είναι ελαττωματικό τότε η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου δίνει εντολή και ανάβει αμέσως μια ένδειξη στο ταμπλό του οχήματος. Με αυτό τον τρόπο ενημερώνεται ο οδηγός ότι πρέπει να οδηγήσει για έλεγχο το όχημα του. Σε περίπτωση που η βλάβη του συστήματος είναι σοβαρή και μπορεί να θέσει εκτός λειτουργίας το σύστημα πέδησης του οχήματος τότε η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου δύναται να θέσει εκτός λειτουργίας το σύστημα ABS (διακόπτοντας την ηλεκτρική παροχή στην ηλεκτροϋδραυλική μονάδα με αποτέλεσμα να την βγάξει εκτός λειτουργίας). Σε αυτή την περίπτωση το σύστημα πέδησης του οχήματος μετατρέπεται σε ένα συμβατικό σύστημα πέδησης. Όταν επιδιορθωθεί το σύστημα ABS τότε η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου το θέτει ξανά σε λειτουργία επαναφέροντας την παροχή ρεύματος στην ηλεκτροϋδραυλική μονάδα. Σε περίπτωση που υπάρχει η δυνατότητα επιλογής από τον οδηγό της λειτουργίας off road τότε με την ενεργοποίηση αυτής της εντολής το ABS τίθεται πάλι εκτός λειτουργίας με την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου να λαμβάνει το σήμα και να διακόπτει την παροχή ρεύματος στην ηλεκτροϋδραυλική μονάδα ελέγχου. [11], [17]

5.3.3.2 Αισθητήρας μέτρησης ταχύτητας τροχών

Το δεύτερο τμήμα των συστημάτων ABS είναι οι αισθητήρες μέτρησης της ταχύτητας των τροχών. Οι αισθητήρες αυτοί έχουν ως στόχο τους την μέτρηση της ταχύτητας ενός τροχού και την αποστολή των δεδομένων αυτών, διαμέσου ηλεκτρικών σημάτων, στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ώστε να υπολογιστεί η απαιτούμενη πίεση για την ομαλή, χωρίς ολίσθηση, πέδηση του οχήματος.

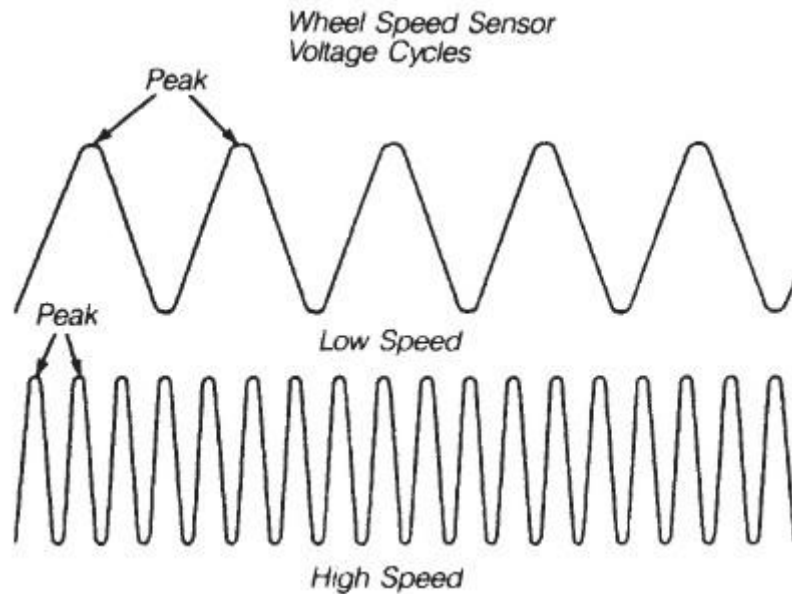
Οι αισθητήρες μέτρησης της ταχύτητας του τροχού επί της ουσίας μετράνε στροφές τροχού. Είναι επαγωγικού τύπου και αποτελούνται από ένα πηνίο περιτυλιγμένο γύρω από ένα μαγνήτη τοποθετημένα στο περίβλημα του άξονα σε σταθερό σημείο και από ένα δακτύλιο οδοντωτό τοποθετημένο είτε στην πλήμνη του τροχού είτε στο ημιαξόνιό του είτε ακόμη και στο διαφορικό ή τον κεντρικό άξονα κίνησης. Η τοποθέτηση του δακτυλίου είναι τέτοια ώστε η οδόντωσή του να βρίσκεται στο επίπεδο του μαγνήτη και σε απόσταση της τάξεως του 1mm.

Συνήθως οι δακτύλιοι, για ευκολία υπολογισμών, στα βαρέα οχήματα, έχουν 100 δόντια. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η τοποθέτηση ενός μετρητή στροφών σε ένα τροχό του οχήματος.



Εικόνα 5.9: Μετρητής στροφών τροχού συστήματος ABS [9]

Η περιστροφή του δακτυλίου δίπλα στον μαγνήτη έχει ως αποτέλεσμα την διακοπή των μαγνητικών γραμμών μεταβάλλοντας το μαγνητικό πεδίο. Η μεταβολή του μαγνητικού πεδίου συνεπάγεται διαφορά δυναμικού στα άκρα του πηνίου που περιβάλλει τον μαγνήτη άρα κατά συνέπεια παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος στο πηνίο. Το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, αφού μετατραπεί σε ψηφιακό ηλεκτρικό σήμα, αποστέλλεται στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Η ύπαρξη της οδόντωσης συνεπάγεται ότι το σήμα αυτό δεν θα είναι συνεχές αλλά περιοδικό. Από την μεταβολή της περιοδικότητας του σήματος αυτού προκύπτει εμμέσως και η μεταβολή στην ταχύτητα περιστροφής του τροχού. Το αποτέλεσμα της μέτρησης της ταχύτητας περιστροφής των τροχών του οχήματος, το σήμα το οποίο εν τέλει καταλήγει στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα. Παρατηρείται η μεταβολή της περιοδικότητας, η αύξηση της συχνότητας όσο πιο γρήγορα περιστρέφεται ο τροχός του οχήματος άρα όσο πιο γρήγορα κινείται το όχημα.



Εικόνα 5.10: Έξοδος μετρητή στροφών τροχού [17]

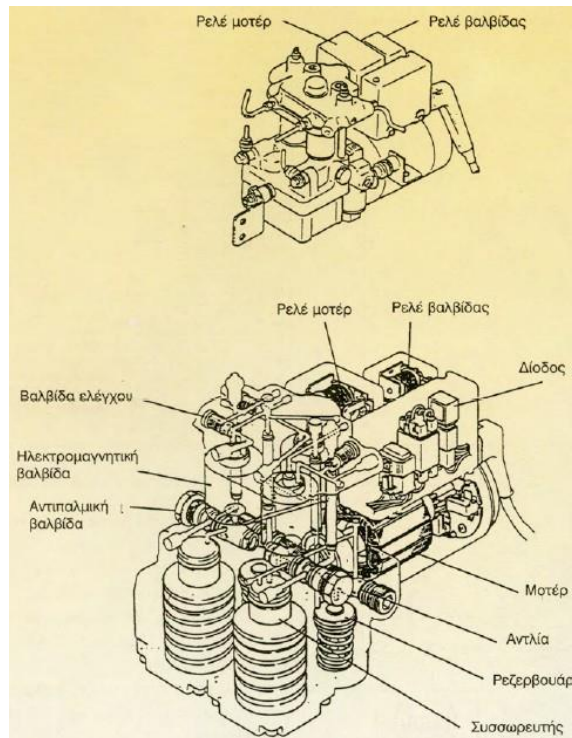
Τα τελευταία χρόνια η επαγωγική μονάδα αντικαθίσταται από τον κρύσταλλο Hall. Η μορφή του δακτυλίου εξακολουθεί να παραμένει η ίδια όμως απέναντι του τώρα είναι τοποθετημένος ένας κρύσταλλος Hall. Η απόσταση τοποθέτησης είναι πολύ μικρότερη, συνήθως είναι 38μm. Το πλεονέκτημά του έναντι του επαγωγικού μετρητή είναι ότι μπορεί να στείλει άμεσα ψηφιακό σήμα στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, χωρίς να απαιτείται ενδιάμεσα μετατροπή του σήματος. [9], [11], [17]

5.3.3.3 Ηλεκτροϋδραυλική μονάδα

Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα είναι η μονάδα που δέχεται τις εντολές από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, και πάλι υπό την μορφή ψηφιακών ηλεκτρικών σημάτων, και αναλόγως ρυθμίζει την πίεση είτε του αέρα είτε του υγρού πέδησης (αναλόγως αν χρησιμοποιούνται αερόφρενα ή υδραυλικά φρένα) ώστε να ελεγχθεί η δύναμη πέδησης.

Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα αποτελείται από πέντε τμήματα. Το πρώτο τμήμα είναι ο ηλεκτροκινητήρας και η αντλία τα οποία είναι υπεύθυνα να διοχετεύουν το υγρό ή τον αέρα που απομαστεύεται από το σύστημα πέδησης ώστε να μειωθεί η πίεση, πίσω στο κύκλωμα του συστήματος πέδησης. Το δεύτερο τμήμα είναι ο συσσωρευτής της πίεσης του κυκλώματος ο οποίος είναι υπεύθυνος για την διατήρηση της πίεσης στο σύστημα. Το τρίτο μέρος είναι οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, οι διαμορφωτές, οι οποίοι ρυθμίζουν την πίεση του κυκλώματος. Το τέταρτο τμήμα είναι οι αποσβεστήρες παλμών οι οποίοι στοχεύουν στον εκμηδενισμό των παλμών που φτάνουν στο πεντάλ του φρένου και οι οποίοι προέρχονται από την αυξομείωση της πίεσης στο κύκλωμα του συστήματος πέδησης (ειδικά σε συστήματα υδραυλικά). Το

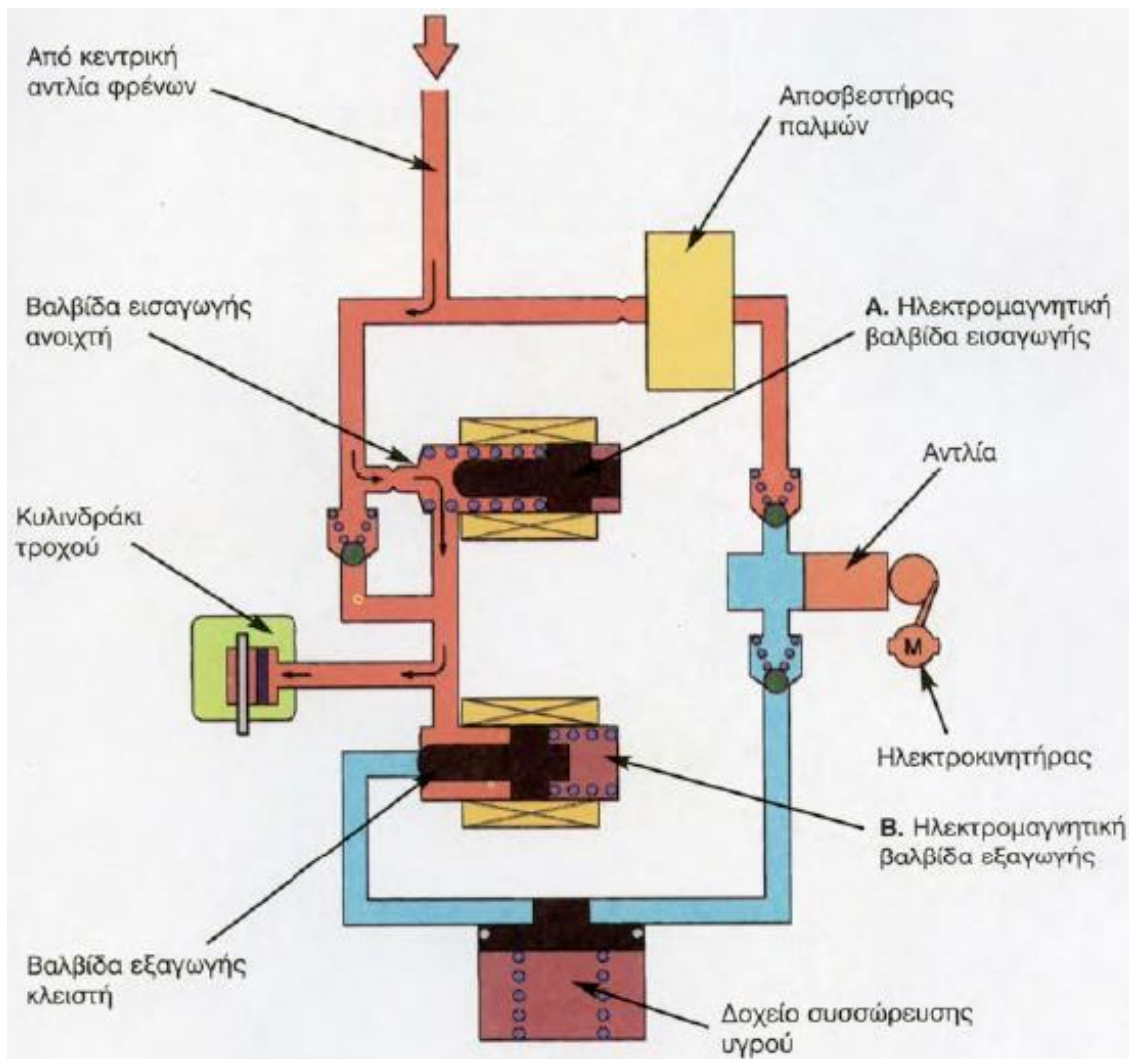
πέμπτο τμήμα είναι το ηλεκτρικό τμήμα με τα διάφορα ρελέ που καθορίζουν τον τρόπο λειτουργίας αυτής της μονάδας. Υπάρχουν περιπτώσεις όμως η ηλεκτροϋδραυλική είναι διαφορετική, αναλόγως του κατασκευαστή. Η κύρια διαφορά είναι η ύπαρξη διαφορετικών βαλβίδων διαμόρφωσης, τοποθετημένες κοντά στους τροχούς που ρυθμίζουν. Σε αυτή την περίπτωση δεν παίζει η ίδια η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα τον ρόλο και του διαμορφωτή. Παρακάτω φαίνεται η μορφή και τα μέρη που απαρτίζουν την ηλεκτροϋδραυλική μονάδα του συστήματος ABS.



Εικόνα 5.11: Ηλεκτροϋδραυλική μονάδα συστήματος ABS [11]

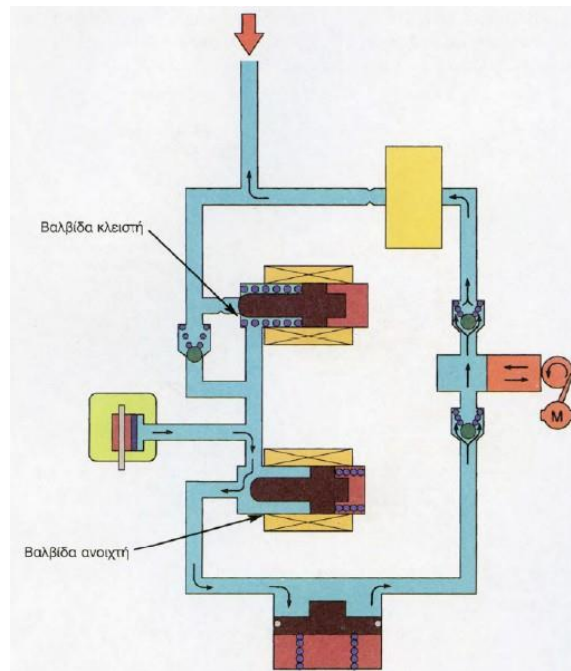
Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα ελέγχου μπορεί να λειτουργήσει σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις οι οποίες διαδέχονται η μια την άλλη κυκλικά σε κάθε παλμό πίεσης που επιτρέπει το ABS στο σύστημα πέδησης.

Η πρώτη κατάσταση λειτουργίας είναι η αύξηση της πίεσης. Σε αυτή την κατάσταση η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα συνδέει απευθείας την κεντρική αντλία του συστήματος πέδησης με τον κύλινδρο του τροχού έτσι η δύναμη που ασκεί στο πεντάλ ο οδηγός οδηγείται στον τροχό διαμέσου αύξησης της πίεσης στο κύκλωμα πέδησης. Σε αυτή την περίπτωση η πέδηση γίνεται ακριβώς όπως έχει περιγραφεί στα προηγούμενα κεφάλαια. Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει την λειτουργία αύξησης πίεσης.



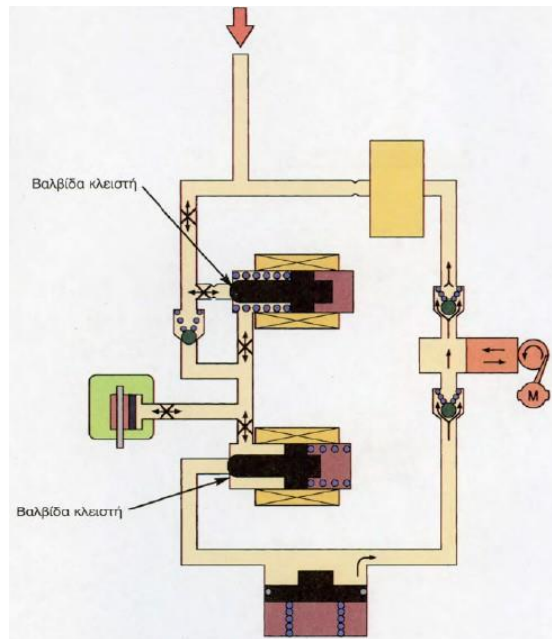
Εικόνα 5.12: Αύξηση πίεσης πέδησης κατά την λειτουργία του συστήματος ABS [11]

Η δεύτερη κατάσταση λειτουργίας της ηλεκτροϋδραυλικής μονάδας είναι η μείωση της πίεσης. Σε αυτή την κατάσταση λειτουργίας τίθεται η μονάδα όταν ο τροχός μπλοκάρει. Σε αυτή την περίπτωση η διαδρομή τροφοδοσίας του τροχού με το ρευστό πέδησης κλείνει έτσι σταματάει να φτάνει πεπιεσμένο ρευστό στον κύλινδρο του τροχού. Ταυτόχρονα όμως η επιστροφή υγρού είναι εφικτή αφού αυτή η δίοδος δεν κλείνει οδηγώντας εν τέλει στην μείωση της πίεσης στον κύλινδρο του τροχού και κατά συνέπεια στην μείωση της πέδησης. Η επόμενη εικόνα δείχνει την λειτουργία μείωσης πέδησης. Τα στοιχεία του κυκλώματος είναι ίδια με αυτά της προηγούμενης εικόνας για αυτό και δεν αναφέρονται ξανά στο νέο σχεδιάγραμμα.



Εικόνα 5.13: Μείωση πίεσης πέδησης κατά την λειτουργία του συστήματος ABS [11]

Η τρίτη κατάσταση λειτουργίας είναι η σταθεροποίηση της πίεσης. Αυτή λαμβάνει χώρα όταν, μετά την μείωση της πίεσης, σταματήσει η ολίσθηση του τροχού. Σε αυτή την περίπτωση ο κύλινδρος του τροχού ούτε τροφοδοτείται ούτε και επιστρέφει υγρά, είναι απομονωμένος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η πίεση στον κύλινδρο του τροχού να παραμένει σταθερή άρα σταθερή παραμένει και η δύναμη πέδησης. Η κατάσταση σταθεροποίησης πίεσης φαίνεται διαγραμματικά παρακάτω. [11]



Εικόνα 5.14: Σταθεροποίηση πίεσης πέδησης κατά την λειτουργία του συστήματος ABS[11]

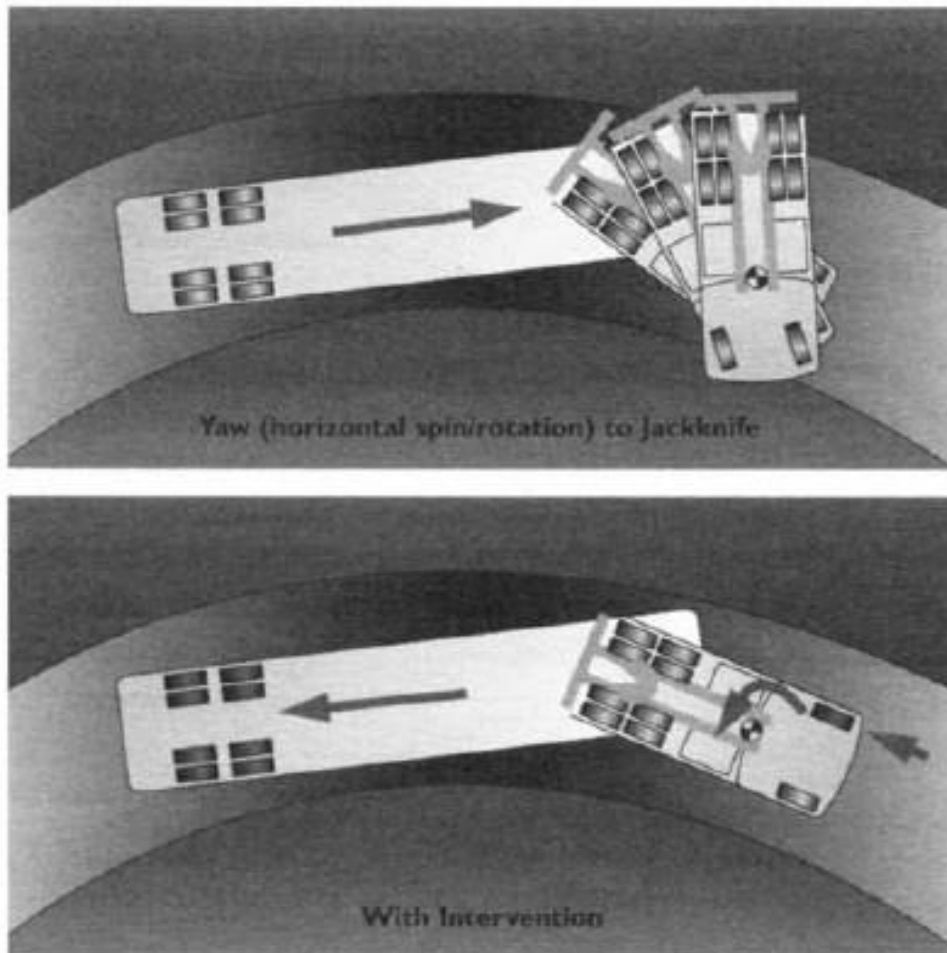
5.3.4 Περιπτώσεις χρήσης του ABS στα φορτηγά

Η χρήση των συστημάτων ABS στα φορτηγά είναι λίγο διαφορετική. Η διαφορά εμφανίζεται στα ρυμουλκούμενα φορτηγά όπου υπάρχει η πιθανότητα το ρυμουλκούμενο μέρος να «διπλώσει». Στα υπόλοιπα φορτηγά, που δεν έχουν ρυμουλκούμενο μέρος, η λειτουργία του ABS είναι ίδια με την λειτουργία των κοινών οχημάτων.

Στην περίπτωση τώρα των φορτηγών με ρυμουλκούμενα τμήματα διακρίνονται τρεις περιπτώσεις στις οποίες απαιτείται η ύπαρξη ABS ώστε να υποβοηθήσει την πέδηση. Η πρώτη περίπτωση είναι η πιθανότητα μπλοκαρίσματος των τροχών διεύθυνσης του φορτηγού. Όταν γίνει αυτό τότε το φορτηγό εξακολουθεί να κινείται στην ευθεία όμως ο οδηγός «χάνει» το σύστημα διεύθυνσης και δεν μπορεί να το ελέγξει. Ταυτόχρονα, η πέδηση στους τροχούς του ρυμουλκούμενου τμήματος είναι μεγαλύτερη καθώς εκεί δεν υπάρχει ολίσθηση. Αυτό συνεπάγεται ότι το ρυμουλκούμενο τμήμα θέλει να σταματήσει πιο γρήγορα έτσι ασκεί μεγαλύτερη δύναμη στο σύστημα σύζευξης, το «τεντώνει». Η χρήση του ABS αποτρέπει την εμφάνιση της ολίσθησης στους μπροστινούς τροχούς, αποτρέποντας έτσι όλα τα επακόλουθα.

Η δεύτερη περίπτωση ρυμουλκούμενου οχήματος που απαιτείται η χρήση ABS είναι η περίπτωση του μπλοκαρίσματος των κινητήριων τροχών. Σε αυτή την περίπτωση το όχημα αρχίζει να ολισθαίνει και να γλιστράει περιστρεφόμενο γύρω από τον κατακόρυφο άξονα που βρίσκεται στο κέντρο του άξονα των κινητήριων τροχών. Αυτή η περιστροφή έχει ως αποτέλεσμα το ρυμουλκούμενο μέρος να γυρίσει σε σχέση με τον τράκτορα, να «διπλώσει».

Αυτό γίνεται γιατί η ολίσθηση στους κινητήριους άξονες έχει ως αποτέλεσμα το ρυμουλκούμενο τμήμα να επιβραδύνει λιγότερο, να θέλει να κινηθεί με μεγαλύτερη ταχύτητα από τον τράκτορα έτσι να τον σπρώχνει. Αντίστοιχα, στον πείρο σύνδεσης του τράκτορα υπάρχει μια δεύτερη δύναμη, αντίδραση στην πρώτη, από τον τράκτορα στο ρυμουλκούμενο τμήμα. Αυτή η φόρτιση, αυτό το ζεύγος δυνάμεων αν σταματήσει να ασκείται ακριβώς με την ίδια φορά στον πείρο (π.χ. σε μια στροφή όπου ο τράκτορας έχει αρχίσει να στρίβει ενώ το ρυμουλκούμενο τμήμα πάει ευθεία ακόμη) δημιουργεί ένα ζεύγος δυνάμεων που προκαλεί την περιστροφή γύρω από τον πείρο και το «δίπλωμα» του ρυμουλκούμενου τμήματος. Η ύπαρξη του ABS σε αυτή την περίπτωση αποτρέπει το μπλοκάρισμα των κινητήριων τροχών αποφεύγοντας με αυτό τον τρόπο την εμφάνιση του παραπάνω φαινομένου. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται στο δεύτερο σκέλος πως η επέμβαση του ABS αποτρέπει το δίπλωμα του ρυμουλκούμενου μέρους του φορτηγού.



Εικόνα 5.15: Χρήση ABS για αποφυγή του διπλώματος του ρυμουλκούμενου μέρους [17]

Η τρίτη περίπτωση είναι η περίπτωση κατά την οποία μπλοκάρουν οι τροχοί του ρυμουλκούμενου τμήματος του φορτηγού. Σε αυτή την περίπτωση, ο οδηγός εξακολουθεί να

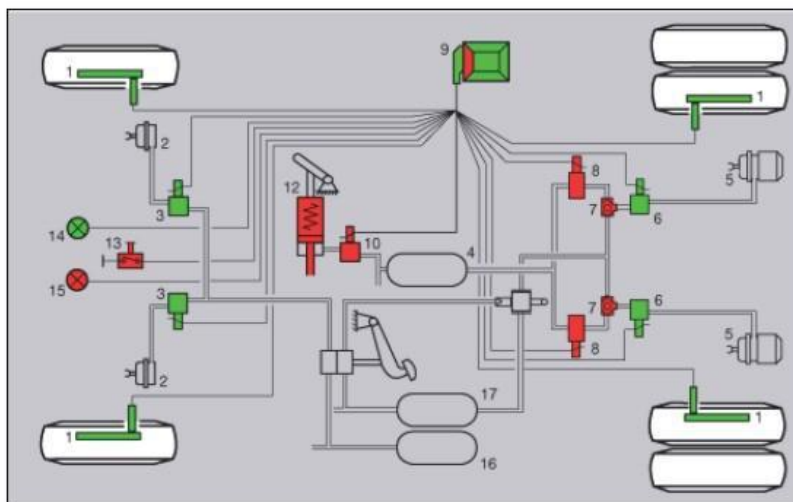
έχει τον έλεγχο του οχήματος όμως το ρυμουλκούμενο τμήμα, ολισθαίνοντας επιβραδύνει λιγότερο από τον τράκτορα που φρενάρει χωρίς ολίσθηση. Το αποτέλεσμα είναι να θέλει να σπρώξει μπροστά τον τράκτορα. Αυτός όμως δεν ολισθαίνει έτσι ολισθαίνει μόνο το ρυμουλκούμενο τμήμα, το οποίο πλέον κινείται δεξιά αριστερά σε σχέση με την ομαλή του πορεία, ταλαντεύεται και συμπεριφέρεται σαν «κούνια» (για αυτό και ονομάζεται και φαινόμενο κούνιας). Η χρήση ενός συστήματος ABS στο ρυμουλκούμενο μέρος έχει ως αποτέλεσμα την αποφυγή της ολίσθησης και την μη εμφάνιση του παραπάνω φαινομένου.

Μια τέταρτη περίπτωση εμφανίζεται μόνο σε περιπτώσεις φορτηγών που φέρουν διπλό ρυμουλκούμενο τμήμα. Σε αυτή την περίπτωση δύναται να μπλοκάρουν οι τροχοί μόνο του ενός από τα δύο ρυμουλκούμενα τμήματα. Σε περίπτωση λοιπόν που μπλοκάρουν οι τροχοί του πρώτου τμήματος τότε μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου τμήματος θα υπάρχει διαφορά στην επιβράδυνση, άσκηση δυνάμεων στον πείρο σύζευξης και πιθανότητα διπλώματος του δεύτερου τμήματος ενώ ταυτόχρονα στο πρώτο τμήμα θα εμφανιστεί το φαινόμενο της κούνιας σε σχέση με τον τράκτορα, και μάλιστα σε εντονότερο βαθμό. Σε περίπτωση όμως που μπλοκάρουν οι τροχοί του δεύτερου τμήματος τότε το δεύτερο τμήμα θα σπρώχνει το πρώτο και θα εμφανιστεί το φαινόμενο της κούνιας στο δεύτερο ρυμουλκούμενο τμήμα. Η χρήση λοιπόν ενός συστήματος ABS σε αυτό το φορτηγό θα αποτρέψει την αστάθεια των δύο ρυμουλκούμενων τμημάτων. [17]

5.3.5 Τύποι συστημάτων ABS για φορτηγά

Τα συστήματα ABS μπορούν να διακριθούν σε συγκεκριμένους τύπους αναλόγως του αριθμού των αισθητήρων μέτρησης της ταχύτητας των τροχών και των διαμορφωτών (βαλβίδων διαμόρφωσης) που έχουν. Συνήθως τρεις συνδυασμοί χρησιμοποιούνται στα βαρέα οχήματα (στο τμήμα του τράκτορα, για το ρυμουλκούμενο υπάρχουν διαφορετικοί συνδυασμοί).

Το πρώτο σύστημα ABS έχει τέσσερις αισθητήρες μέτρησης ταχύτητας τροχών και τέσσερις διαμορφωτές. Ονομάζεται σύστημα 4S/4M. Οι αισθητήρες είναι τοποθετημένοι στους μπροστινούς τροχούς και σε δύο οπίσθιους τροχούς. Οι αμόρφωτες είναι τοποθετημένοι στους εμπρόσθιους τροχούς (δύο, ένας για κάθε τροχό) και στους οπίσθιους τροχούς (δύο, ένας για την δεξιά πλευρά των τροχών του δίδυμου άξονα και ένας για την αριστερή πλευρά). Παρακάτω φαίνεται τοποθετημένο σε ένα τράκτορα το σύστημα 4S/4M.



4-κάναλο ABS/ASR

2-αξονικό επαγγελματικό όχημα με πίσω μετάδοση κίνησης

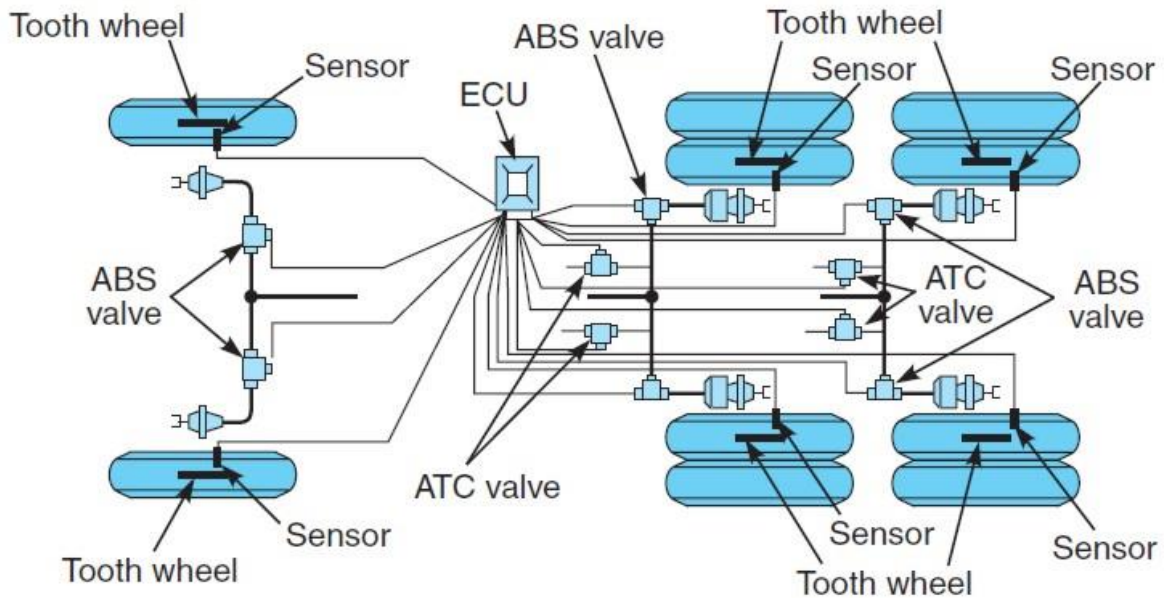
■ Στοιχεία ABS/ASR
■ Στοιχεία ABS

1. Μαγνητικός τροχός και αισθητήρας
2. Κύλινδρος με διάφραγμα (εμπρός/πίσω άξονας)
3. Ρυθμιστική μαγνητική βαλβίδα ABS
4. Δοχείο αέρα
5. Σύνθετος Κύλινδρος (πίσω άξονας)
6. Ρυθμιστική μαγνητική βαλβίδα ABS
7. Δίοδος βαλβίδα
8. Βαλβίδα πέδης διαφορικού
9. Ηλεκτρονικός μηχανισμός
10. Αναλογική βαλβίδα
12. Κύλινδρος ελέγχου ASR
13. Διακόπτης λειτουργίας ASR
14. Λυχνία λειτουργίας ABS
15. Λυχνία λειτουργίας ASR

Εικόνα 5.16: Σύστημα ABS 4S/4M [12]

Το δεύτερο σύστημα έχει έξι αισθητήρες μέτρησης ταχύτητας τροχών και τέσσερις διαμορφωτές. Για αυτό τον λόγο ονομάζεται 6S/4M. Η διαφορά του με το προηγούμενο σύστημα είναι ότι έχει δύο επιπλέον αισθητήρες μέτρησης στροφών των τροχών οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στους δύο τροχούς του δίδυμου άξονα που πριν δεν είχαν. Έτσι τώρα μετρείται η ταχύτητα σε κάθε τροχό του τράκτορα. Οι διαμορφωτές όμως παραμένουν ίδιοι σε αριθμό και διάταξη. Επί της ουσίας το σύστημα αυτό συνδυάζει την διάταξη των αισθητήρων μέτρησης στροφών που φαίνονται στο διάγραμμα της επόμενης εικόνας και των διαμορφωτών που φαίνονται στο διάγραμμα της προηγούμενης εικόνας.

Το τρίτο σύστημα έχει έξι αισθητήρες μέτρησης της ταχύτητας τροχών και έξι διαμορφωτές. Φέρει την ονομασία 6S/6M. Αυτό το σύστημα, όπως και το προηγούμενο, έχει έξι αισθητήρες μέτρησης της ταχύτητας των τροχών, ένα σε κάθε τροχό. Η διαφορά του όμως είναι ότι έχει και έξι διαμορφωτές, ένα σε κάθε τροχό, διαμορφώνοντας έτσι την πέδηση ξεχωριστά για κάθε τροχό του τράκτορα. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η μορφή ενός τέτοιου συστήματος.



Εικόνα 5.17: Σύστημα ABS 6S/6M [17]

Και στις τρεις περιπτώσεις πρέπει να δίδεται μεγάλη σημασία στην τοποθέτηση των αισθητήρων μέτρησης της ταχύτητας στροφών των τροχών. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να τοποθετείται αισθητήρας σε άξονα ο οποίος έχει την δυνατότητα να ανυψωθεί. Εάν ανυψωθεί ο άξονας όταν το όχημα είναι εν κινήσει τότε οι τροχοί αυτοί θα συνεχίσουν να περιστρέφονται, με διαφορετική ταχύτητα όμως από τους υπόλοιπους. Εάν τοποθετηθούν αισθητήρες σε αυτό το σημείο θα εξακολουθήσει να μετράτε η ταχύτητα περιστροφής και θα δοθούν λάθος δεδομένα στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος με αποτέλεσμα την λάθος λειτουργία του συστήματος ABS. [12], [17]

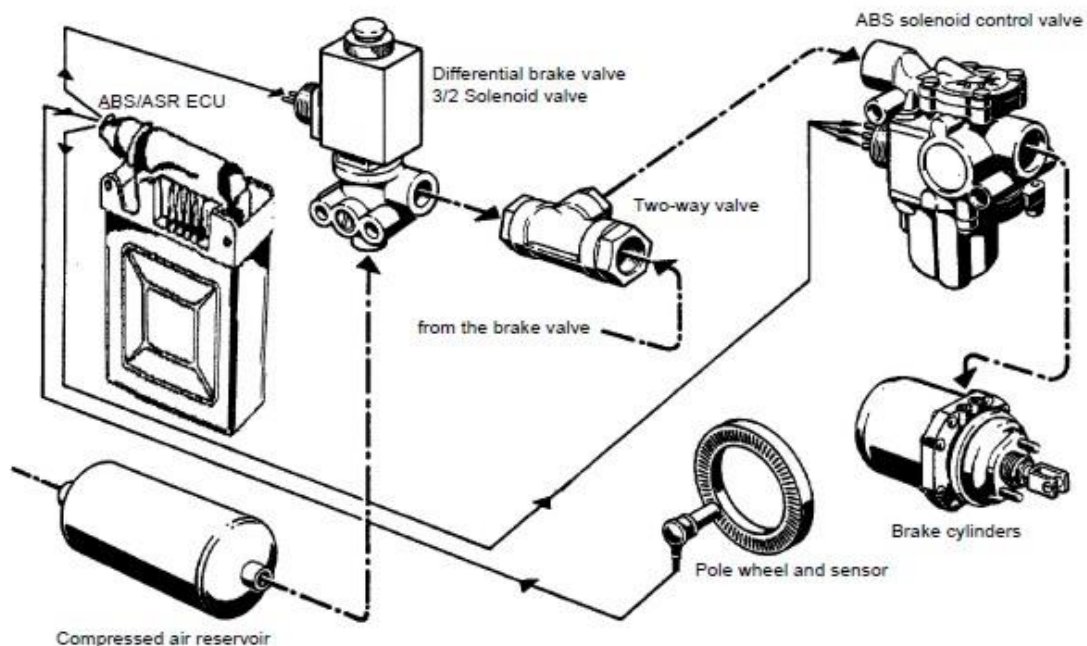
5.4 Συστήματα ελέγχου ευστάθειας

Με την πάροδο των ετών και την εξέλιξη της τεχνολογίας μετρήσεων και ελέγχου εμφανίστηκαν νέα ηλεκτρονικά συστήματα τα οποία δρουν υποβοηθητικά ή συμπληρωματικά των συστημάτων ABS αυξάνοντας περαιτέρω τον έλεγχο και την σταθερότητα του οχήματος κατά την διάρκεια πέδησης ή κατά την διάρκεια οποιασδήποτε ανεξέλεγκτης κίνησης του οχήματος. Αυτά είναι τα συστήματα ελέγχου ευστάθειας. Χάρη στην υψηλή τους τεχνολογία τα συστήματα αυτά έχουν την δυνατότητα να ρυθμίζουν ακριβώς την πέδηση κάθε τροχού ώστε να τον επαναφέρουν σε ασφαλή και ορθή λειτουργία επαναφέροντας το όχημα σε μια ελεγχόμενη από τον οδηγό κίνηση. Υπάρχουν αρκετά τέτοια συστήματα, οι μεγάλοι κατασκευαστές έχουν παρουσιάσει λύσεις διαφορετικών φιλοσοφιών. Στην παρούσα εργασία καταγράφουμε το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης ATC και το ηλεκτρονικό πρόγραμμα ευστάθειας ESP.

5.4.1 Σύστημα ελέγχου πρόσφυσης

Τα συστήματα ελέγχου πρόσφυσης (Automatic Traction Control – ATC) είναι συστήματα επιπρόσθετα του συστήματος ABS τα οποία τοποθετούνται σε βαρέα οχήματα (τα τελευταία χρόνια κάνουν την εμφάνισή τους και σε επιβατηγά οχήματα πολυτελείας).

Στόχος των συστημάτων ελέγχου πρόσφυσης είναι η αύξηση της πρόσφυσης σε ολισθηρά οδοστρώματα διαμέσου του περιορισμού του σπινάρισματος των εμπρόσθιων τροχών. Για να πετύχει τον σκοπό του το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης μπορεί να φέρει ανεξάρτητες βαλβίδες ελέγχου ή μπορεί να φέρει βαλβίδες ελέγχου συνδεδεμένες με τις βαλβίδες ελέγχου του ABS. Οι βαλβίδες αυτές συνδέονται με την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου και διαμέσου ηλεκτρικών ψηφιακών σημάτων ενεργοποιούνται ή απενεργοποιούνται. Παρακάτω φαίνεται ένα σύστημα ελέγχου πρόσφυσης της εταιρίας WABCO το οποίο ονομάζεται ASR (Anti – Slip Regulation) στο οποίο οι βαλβίδες ελέγχου συνδέονται στο ίδιο κύκλωμα με τις βαλβίδες ελέγχου του συστήματος ABS.

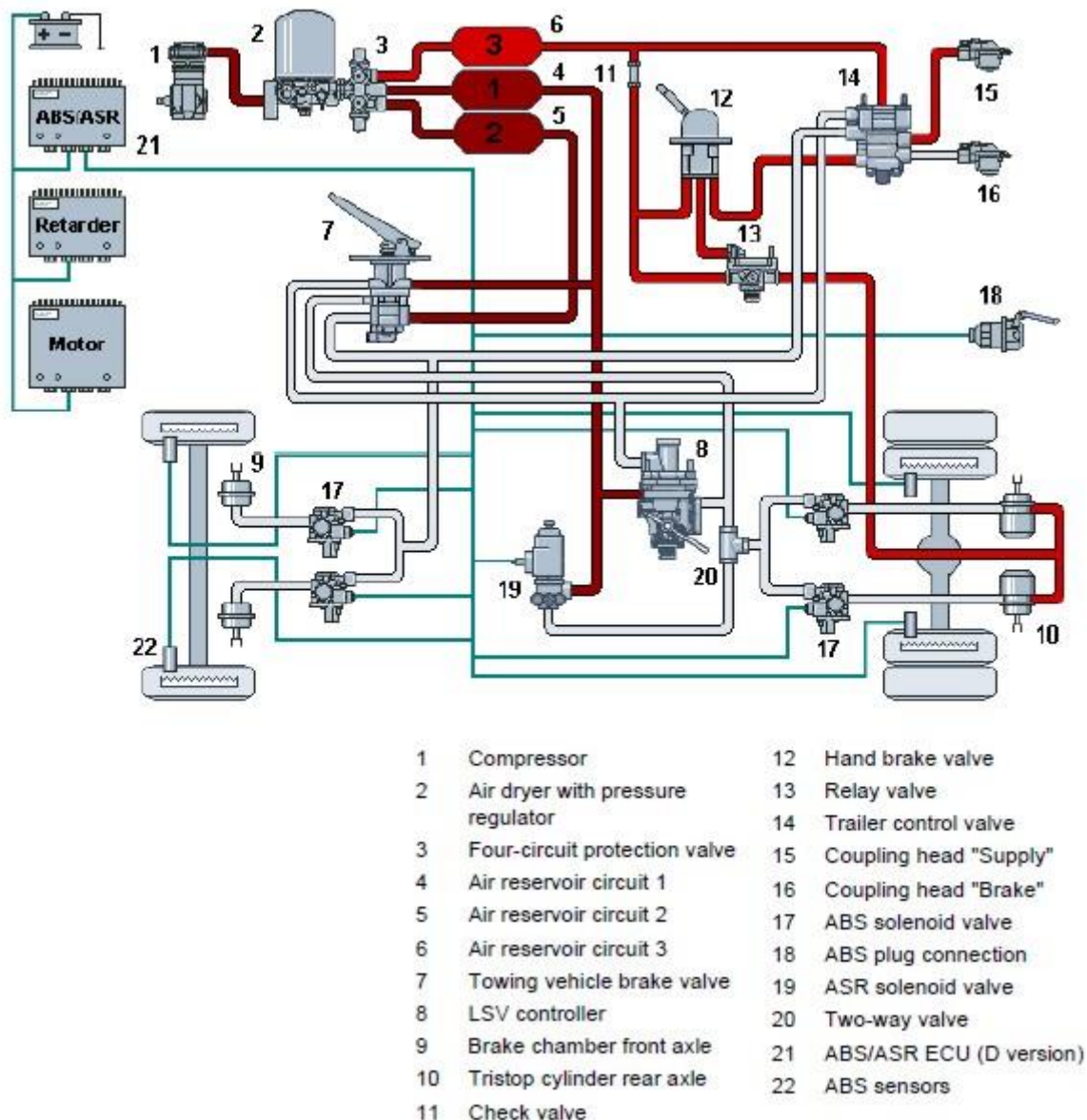


Εικόνα 5.18: Δομή συστήματος αυτόματου ελέγχου πρόσφυσης [13]

Ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης είναι πολύ απλός. Όταν το σύστημα ανιχνεύσει ότι κάποιος τροχός ξεκινήσει να σπινάρει τότε αυτομάτως επιτρέπει την παροχή πίεσης στο σύστημα πέδησης του συγκεκριμένου τροχού και τον φρενάρει. Το αποτέλεσμα του φρεναρίσματος είναι η άσκηση ροπής αντίθετης της κίνησής του στον τροχό έτσι σταματάει το σπινάρισμα και κυλάει κανονικά. Αφού σταματήσει το σπινάρισμα το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης, διαμέσου της βαλβίδας του, διακόπτει την παροχή πίεσης στο

κύκλωμα πέδησης και σταματάει το φρενάρισμα αυτού του τροχού. Σε περίπτωση που δεν σπινάρει ο ένας αλλά σπινάρουν όλοι οι κινητήριοι τροχοί τότε στο σύστημα ελέγχου πρόσφυσης δεν χρησιμοποιεί το σύστημα πέδησης για να επαναφέρει την πρόσφυση αλλά μειώνει την ροπή του κινητήρα.

Η λειτουργία του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης γίνεται αυτόματα διαμέσου μιας δικής του μονάδας ελέγχου. Ο οδηγός του οχήματος απλά ενημερώνεται με μια ένδειξη στο ταμπλό η οποία ανάβει όταν ενεργοποιηθεί το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης και σβήνει όταν οι τροχοί σταματήσουν να σπινάρουν και τίθεται εκτός λειτουργίας το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης. Σε μερικά συστήματα δίνεται η δυνατότητα επιλογής του τύπου της ολισθηρότητας του οδοστρώματος, διακρίνοντας επιλογές όπως χιόνι, λάσπη και χαλίκι και επιτρέποντας στο σύστημα την καλύτερη ρύθμιση πρόσφυσης για κάθε μια εκ των συνθηκών αυτών. Στην τελευταία εικόνα της ενότητας φαίνεται η διάταξη ενός τυπικού συστήματος αυτόματου ελέγχου πρόσφυσης της εταιρίας WABCO τοποθετημένο σε συνδυασμό με το σύστημα ABS στον τράκτορα ενός φορτηγού. [9], [13]



Εικόνα 5.19: Συνδυασμός συστήματος ABS και ATC σε τράκτορα φορτηγού [13]

5.4.2 Ηλεκτρονικό πρόγραμμα ευστάθειας

Το ηλεκτρονικό πρόγραμμα ευστάθειας (Electronic Stability Program – ESP) αναπτύχθηκε στο τέλος του προηγούμενου αιώνα. Προήλθε από συνεργασία δύο γερμανικών κολοσσών, της Mercedes και της Bosch. Ελάχιστα χρόνια μετά η BMW, σε συνεργασία με τις Bosch και ITT παρουσίασε το δικό της σύστημα το οποίο ονόμασε DSC (Dynamic Stability Control). Λίγο αργότερα η Toyota ήταν η πρώτη ιαπωνική εταιρία που εμφάνισε ηλεκτρονικό πρόγραμμα ευστάθειας, το οποίο ονόμασε VSC (Vehicle Stability Control). Με την αλλαγή του αιώνα το ηλεκτρονικό πρόγραμμα ευστάθειας εξαπλώθηκε σε όλες τις βιομηχανίες και πλέον είναι διαθέσιμο για σχεδόν κάθε μοντέλο οχήματος. Μάλιστα από το 2011 τα οχήματα

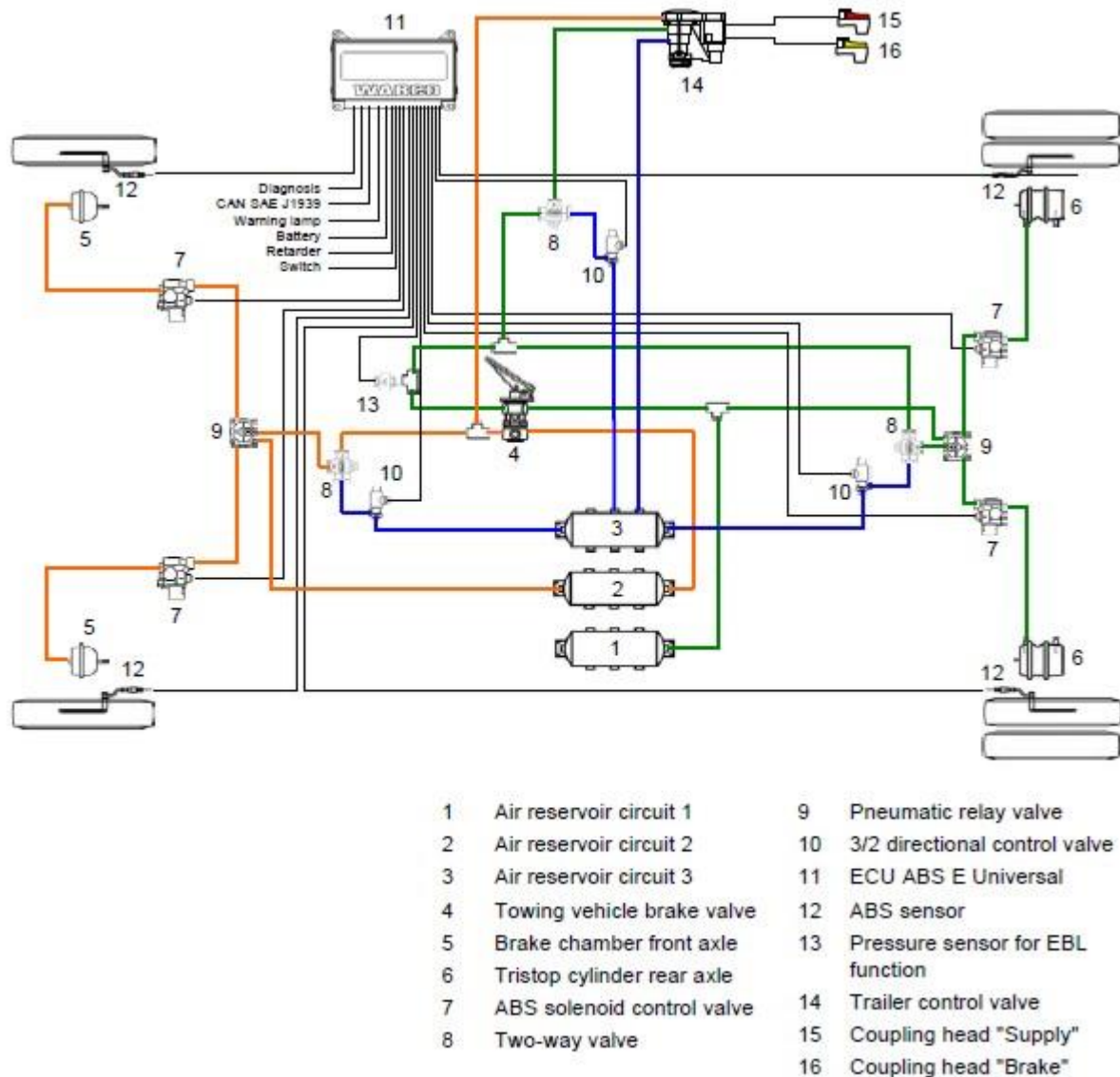
που παράγονται στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ και θα κυκλοφορήσουν σε αυτές υποχρεούνται να έχουν το ηλεκτρονικό πρόγραμμα ευστάθειας στον βασικό τους εξοπλισμό.

Το ηλεκτρονικό πρόγραμμα ευστάθειας είναι επί της ουσίας μια μετεξέλιξη του συστήματος ABS και του συστήματος ATC. Εκτελεί ακριβώς τις ίδιες λειτουργίες με το ABS και το ATC αλλά ταυτόχρονα μπορεί να αντιληφθεί την απότομη επιτάχυνση ενός μόνο τροχού. Η επιτάχυνση ενός μόνο τροχού είναι δείγμα της αποσταθεροποίησης του οχήματος για αυτό και αποτελεί το κύριο μέτρο αστάθειας που λαμβάνουν υπόψη τους αυτά τα συστήματα.

Το σύστημα αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο καθώς πέραν όσων μπορούν να θεραπεύσουν τα συστήματα ABS και ATC τα οποία έχουν ήδη αναλυθεί, μπορεί να θεραπεύσει και προβλήματα υπερστροφής και υποστροφής κατά την διάρκεια φρεναρισμάτων σε στροφές. Με αυτό τον τρόπο αποτρέπει την ολίσθηση ενός τροχού και κατά συνέπεια είτε το τεταμένο κατόπιν υπερστροφής είτε την έξοδο του οχήματος εκτός στροφής κατόπιν υποστροφής. Στην ουσία λοιπόν το ηλεκτρονικό πρόγραμμα ευστάθειας διατηρεί την κίνηση του αυτοκινήτου εντός της θεωρητικής γραμμής πορείας που επιλέγει ο οδηγός.

Το σύστημα αντιλαμβάνεται την διαφοροποίηση της πορείας του οχήματος σε σχέση με την θεωρητική πορεία που θέλει να ακολουθήσει ο οδηγός, με δύο αισθητήρες. Ο ένας αισθητήρας βρίσκεται στο τιμόνι και δείχνει προς την κατεύθυνση που στρίβει το τιμόνι ο οδηγός. Ο δεύτερος είναι ένας γυροσκοπικός αισθητήρας τοποθετημένος στο όχημα ο οποίος δείχνει την κατεύθυνση που κινείται το όχημα. Αν οι ενδείξεις των δύο αισθητήρων δεν συμπίπτουν τότε το όχημα βρίσκεται εκτός της πορείας που θέλει ο οδηγός και επεμβαίνει το ηλεκτρονικό πρόγραμμα ευστάθειας.

Η επέμβαση του προγράμματος γίνεται διαμέσου της διαφορετικής πίεσης φρεναρίσματος σε κάθε τροχό που προκαλεί διαφορετική δύναμη πέδησης. Φρενάροντας λοιπόν ένα ή περισσότερους τροχούς με διαφορετική πίεση από αυτή που ασκεί ο οδηγός αποτρέπει φαινόμενα υποστροφής και υπερστροφής και επαναφέρει το όχημα στην θεωρητική του πορεία. Στο διάγραμμα της παρακάτω εικόνας φαίνεται η δομή ενός ηλεκτρονικού συστήματος ευστάθειας της εταιρίας WABCO το οποίο λειτουργεί επιπρόσθετα των συστημάτων ABS και ATC και σχεδιάστηκε για χρήση στους τράκτορες ρυμουλκούμενων φορτηγών. [13], [17]



Εικόνα 5.20: Σύστημα ESP σε τράκτορα φορτηγού [13]

5.5 Συστήματα εκτάκτου ανάγκης

Τα τελευταία χρόνια, οι μεγάλες εταιρίες παραγωγής βαρέων οχημάτων παρουσίασαν και εγκατέστησαν στα οχήματά τους συστήματα εκτάκτου ανάγκης τα οποία δύναται να φρενάρουν ακόμη και μόνα τους, χωρίς να φρενάρει ο οδηγός. Με αυτό τον τρόπο προσπαθούν να περιορίσουν τα ατυχήματα στα οποία μπορεί να βρεθεί το όχημά τους εξαιτίας των κακών αντανακλαστικών του οδηγού. Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται σε τρεις ενότητες τρία συστήματα εκτάκτου ανάγκης, το σύστημα Active Brake Assist (ABA) της Mercedes, το σύστημα Emergency Brake Assist (EBA) της MAN και το σύστημα Collision Warning with Emergency Brake της Volvo.

5.5.1 Active Brake Assist – ABA (Mercedes)

Η Mercedes, μια από τις πρωτοπόρους στον τομέα της ασφάλειας πέδησης βαρέων οχημάτων, έχει κατοχυρώσει το σύστημα Active Brake Assist το οποίο είναι συμβατό με όλα τα βαρέα οχήματα δρόμου που παράγει. Το πρώτο σύστημα το έχει παράξει πριν 13 χρόνια, το 2016 και έκτοτε έχει εγκαταστήσει περισσότερα από 230000 συστήματα σε οχήματά της.

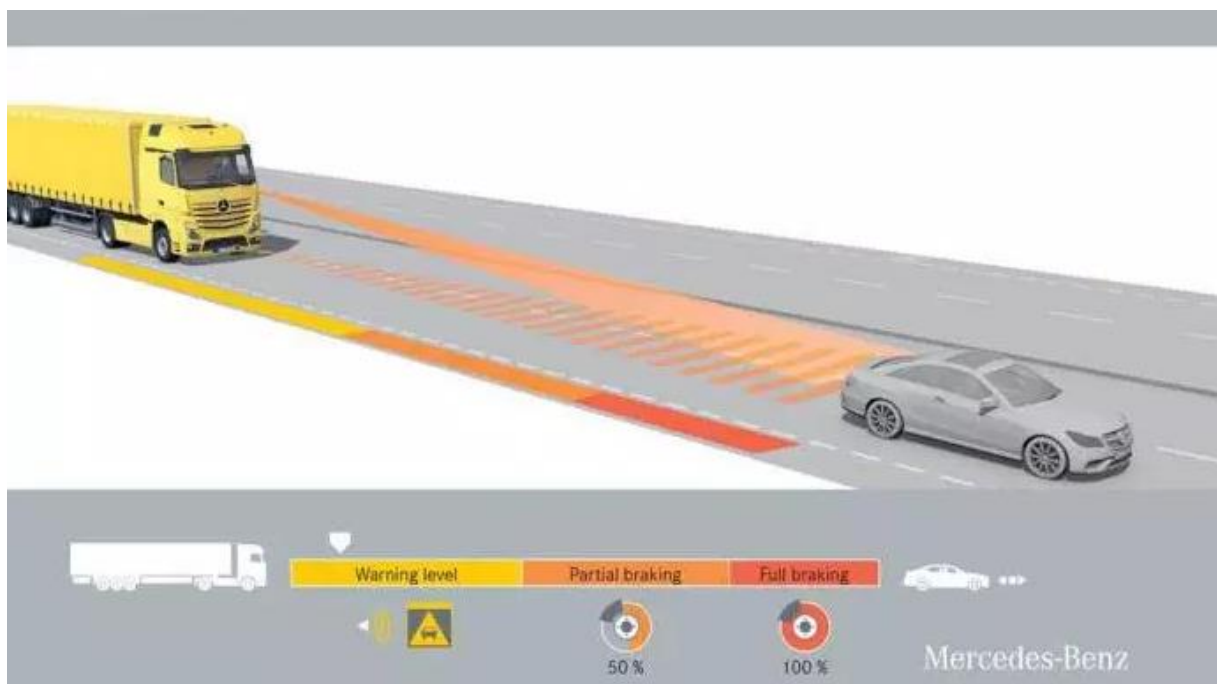
Με αυτό το σύστημα η Mercedes επιδιώκει να αυξήσει την ασφάλεια για τους οδηγούς των οχημάτων της. Το σύστημα αυτό έχει την δυνατότητα να διενεργεί μερική ή πλήρη πέδηση αυτόματα σε περίπτωση ανίχνευσης στάσιμων ή κινούμενων αντικειμένων και πεζών. Με αυτό τον τρόπο αποτρέπει τα ατυχήματα ή τουλάχιστον μετριάζει τις συνέπειές τους.

Η λειτουργία του ABA βασίζεται σε δύο ραντάρ, ένα μεγάλου μήκους και ένα μικρού μήκους. Το μεγάλου μήκους ραντάρ μπορεί να ανιχνεύσει άλλα οχήματα ή αντικείμενα σε απόσταση έως 250 μέτρα και πεζούς σε απόσταση έως 80 μέτρα. Έχει γωνία κάλυψης 18°. Το μικρού μήκους ραντάρ έχει εύρος 70 μέτρων και γωνία 120° κάτι που του επιτρέπει να ανιχνεύει αντικείμενα που είναι στις γειτονικές λωρίδες κίνησης του οχήματος. Μόλις ένα από τα ραντάρ εντοπίσει κάποιο αντικείμενο τότε ενημερώνεται ο οδηγός. Εάν το αντικείμενο είναι κοντά στο όχημα μπορεί να ξεκινήσει και η περιοδική πέδηση αυτομάτως (περίπου στο 50% της πλήρους πέδησης). Εάν είναι πολύ κοντά στο όχημα το αντικείμενο τότε ξεκινάει πλήρης πέδηση αυτομάτως. Όταν όμως το ραντάρ εντοπίσει πεζό, μαζί με την προειδοποιητική ένδειξη ξεκινάει και η περιοδική πέδηση γιατί ο πεζός εντοπίζεται σε απόσταση 80 μέτρων ή και λιγότερο. Η πέδηση γίνεται αυτόματα με την ενεργοποίηση της βαλβίδας ροής του αέρα προς τους αεροθάλαμους των τροχών. Το σύστημα έχει την δυνατότητα, ανά πάσα στιγμή, να απενεργοποιηθεί και ο οδηγός να έχει εξ ολοκλήρου τον έλεγχο της πέδησης του οχήματος σε περίπτωση που κρίνει ότι επιθυμεί ο ίδιος να διαχειριστεί την πέδηση.

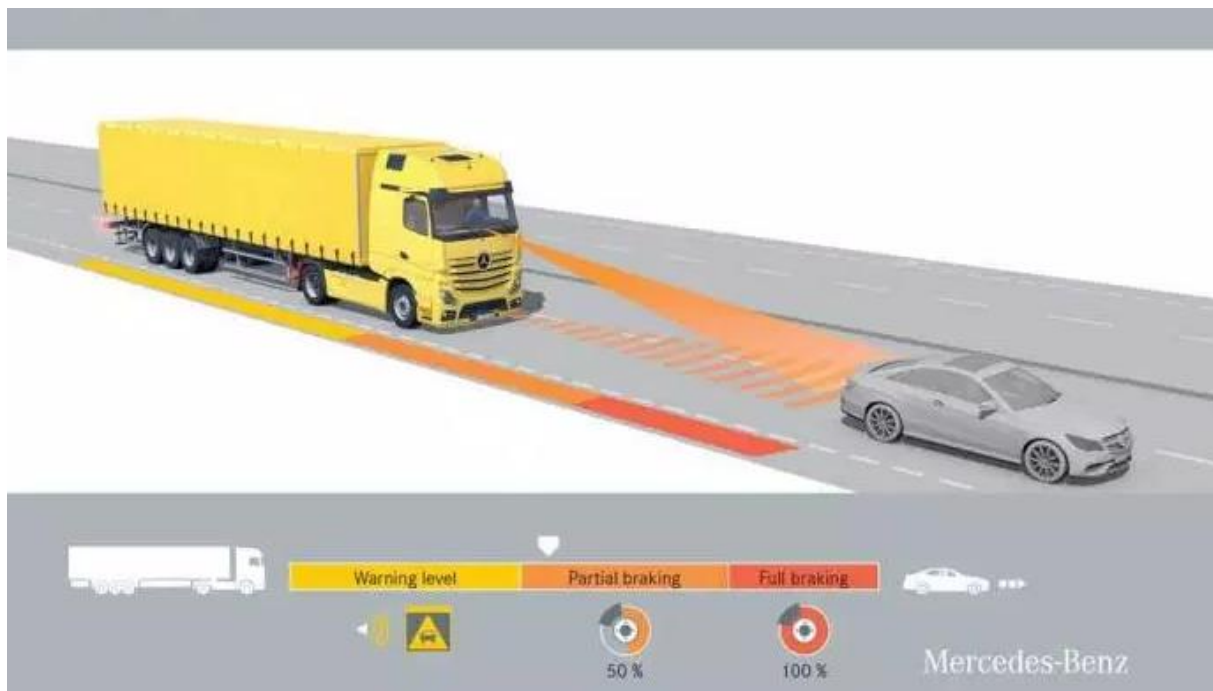
Στις επόμενες τέσσερις εικόνες φαίνεται η λειτουργία του συστήματος. Η πρώτη εικόνα δείχνει την λειτουργία του συστήματος όταν εντοπιστεί πεζός. Η δεύτερη δείχνει την έναρξη προειδοποίησης όταν εντοπιστεί όχημα ή αντικείμενο σε μεγάλη απόσταση. Η τρίτη δείχνει την έναρξη της περιοδικής πέδησης όταν το όχημα πλησιάζει το όχημα ή το αντικείμενο. Η τέταρτη δείχνει την έναρξη πλήρους πέδησης όταν το όχημα πλησιάζει πολύ κοντά στο όχημα ή το αντικείμενο. [23], [24], [25]



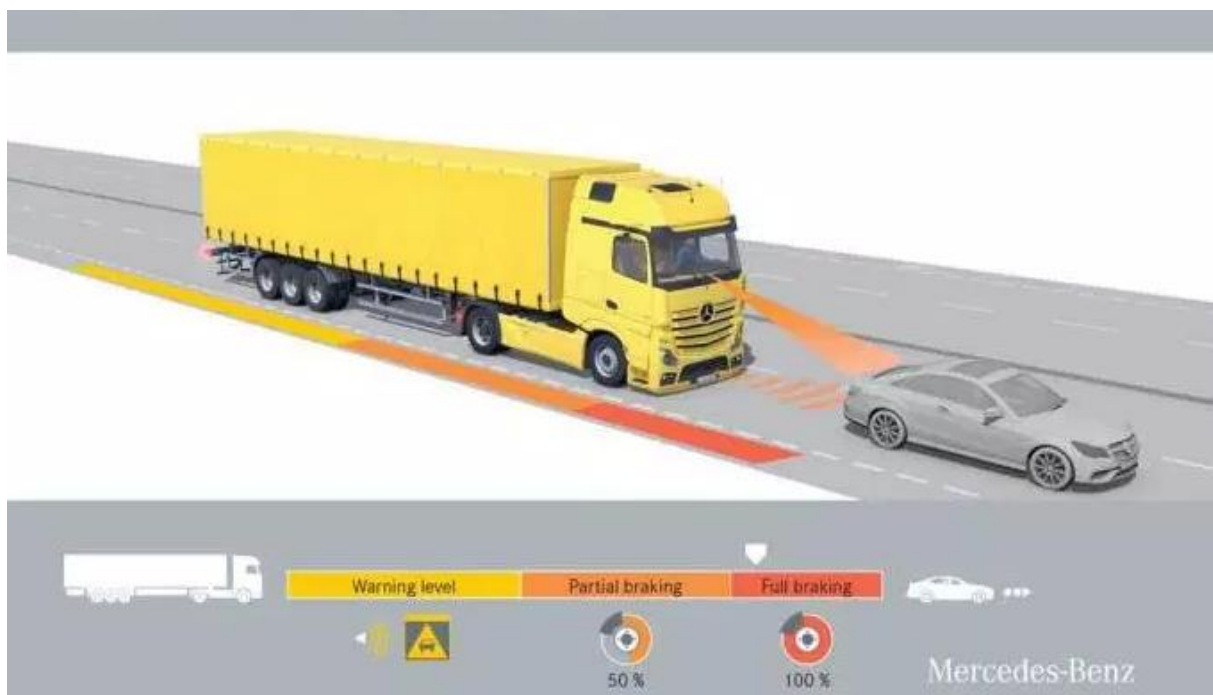
Εικόνα 5.21: Έναρξη πέδησης μόλις το ABA εντοπίσει πεζό [25]



Εικόνα 5.22: Προειδοποίηση οδηγού μόλις το ABA εντοπίσει όχημα ή αντικείμενο σε μεγάλη απόσταση [25]



Εικόνα 5.23: Έναρξη περιοδικής πέδησης όταν το όχημα πλησιάσει στο άλλο όχημα ή στο αντικείμενο [25]

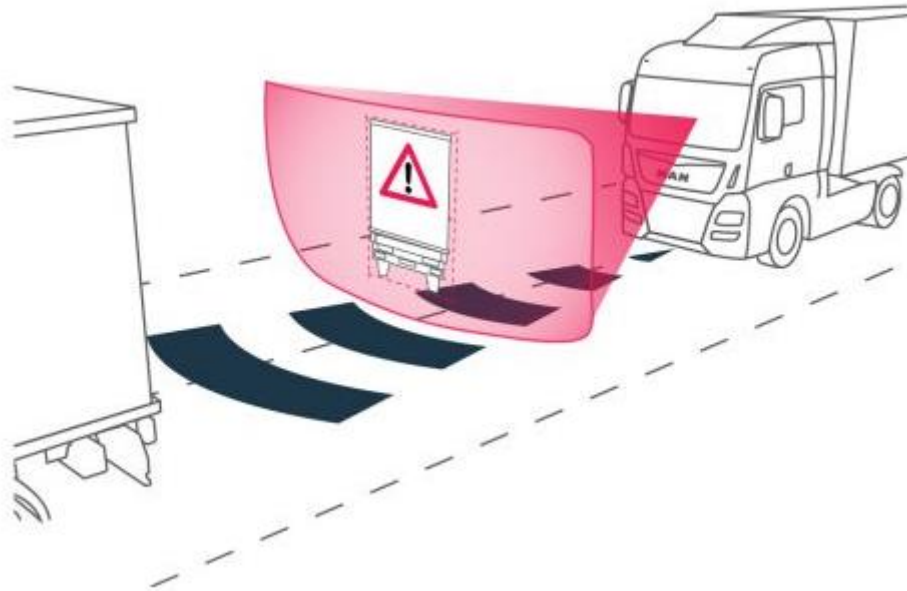


Εικόνα 5.24: Έναρξη πλήρους πέδησης όταν το όχημα πλησιάσει πολύ κοντά στο άλλο όχημα ή στο αντικείμενο [25]

5.5.2 Emergency Brake Assist – EBA (MAN)

Η MAN ακολουθώντας τον μεγάλο ανταγωνιστή της στην Γερμανία, την Mercedes, παρουσίασε το δικό της σύστημα πέδησης εκτάκτου ανάγκης. Το σύστημα της MAN φέρει ένα ραντάρ και μια κάμερα τοποθετημένη στο μπροστινό παρμπρίζ. Συνδυάζοντας δεδομένα από

το ραντάρ και την κάμερα αποφασίζει, κρίνει εάν απαιτείται η ενεργοποίηση της πέδησης εκτάκτου ανάγκης. Ταυτόχρονα ενεργοποιείται και ο ήχος προειδοποίησης του οδηγού ενώ ανάβουν και τα φώτα προειδοποίησης (alarm) για ενημέρωση των οδηγών που ακολουθούν. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η ανίχνευση που γίνεται σε ένα φορτηγό MAN από το σύστημα EBA. [26]

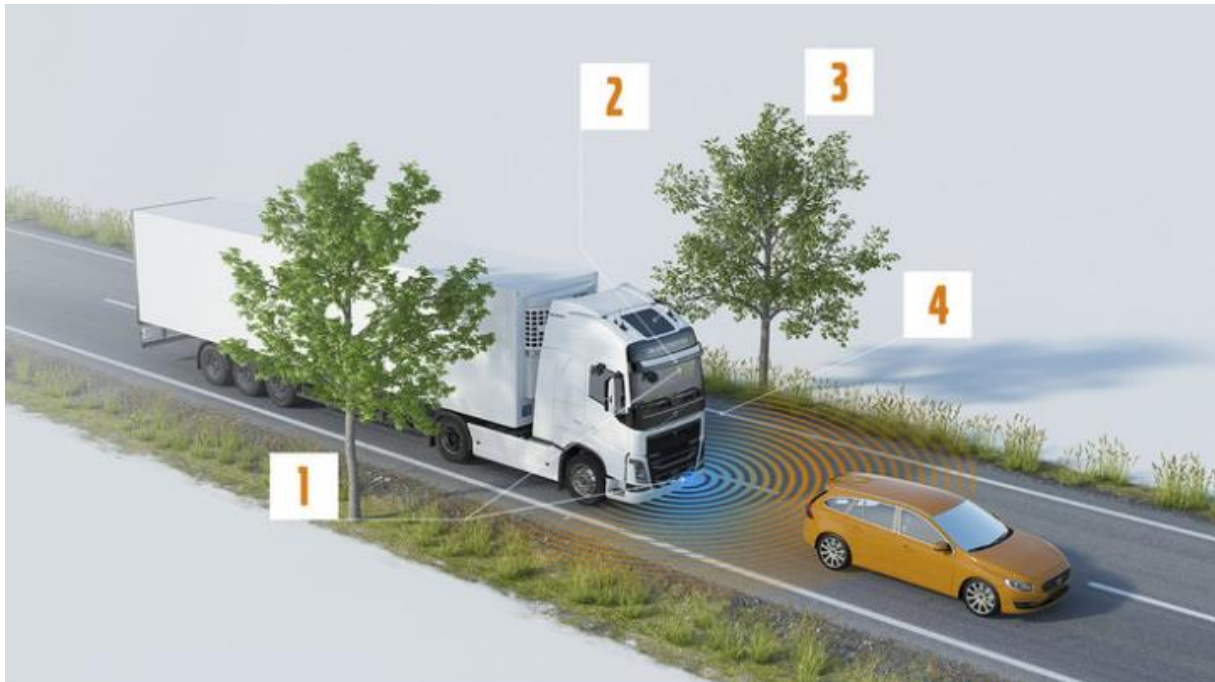


Εικόνα 5.25: Λειτουργία συστήματος EBA [26]

5.5.3 Collision Warning with Emergency Brake (Volvo)

Η Volvo, πρωτοπόρος εδώ και χρόνια σε συστήματα ασφαλείας των οχημάτων της, δεν μπορούσε να μείνει εκτός νυμφώνος. Για αυτό και εξέλιξε και εν τέλει εγκατέστησε στα οχήματά της για πρώτη φορά το 2006, το σύστημα Collision Warning with Emergency Brake. Το σύστημα μοιάζει περισσότερο με το EBA της MAN καθώς χρησιμοποιεί ένα ραντάρ και μια κάμερα τα οποία λειτουργούν με διακριτούς ρόλους. Η κάμερα έχει ως στόχο της την διακρίβωση του είδους του αντικειμένου που υπάρχει μπροστά και την απόσταση στην οποία βρίσκεται. Το ραντάρ έχει ως στόχο του να προσδιορίσει την ταχύτητα με την οποία κινείται το αντικείμενο μπροστά, αν κινείται. Διασταύρωση των δεδομένων των δύο ανιχνευτών θα γίνει από τον εγκέφαλο του συστήματος και θα αποφασιστεί αν απαιτείται η χρήση του προειδοποιητικού ήχου ή ακόμη και αν απαιτείται άμεσα αυτόματο φρενάρισμα. Για να γίνει διασταύρωση πρέπει να δώσουν δεδομένα τόσο η κάμερα όσο και το ραντάρ. Σε περίπτωση που ηχήσει ο προειδοποιητικός ήχος και αγνοηθεί από τον οδηγό, και το όχημα συνεχίσει να πλησιάζει το αντικείμενο, τότε ενεργοποιείται η διαδικασία της αυτόματης πέδησης, ανοίγει η

βαλβίδα πέδησης και το όχημα φρενάρει. Η επόμενη εικόνα δείχνει την λειτουργία του συστήματος της Volvo. [21]



Εικόνα 5.26: Σύστημα εκτάκτου ανάγκης της Volvo [21]

Συμπεράσματα

Η πέδηση των βαρέων οχημάτων είναι μείζονος σημασίας για την ασφαλή κίνησή τους στους δρόμους. Η χρήση νέων τεχνολογιών και η σωστή εφαρμογή των παλιών τεχνολογιών έχει ως αποτέλεσμα την εξέλιξη προς το καλύτερο των συστημάτων πέδησής τους. Στην παρούσα εργασία αναλύθηκαν αυτά τα συστήματα. Τα συμπεράσματα που εξάγονται είναι τα ακόλουθα:

- Η δυναμική ανάλυση της πέδησης των βαρέων οχημάτων δεν διαφέρει σε τίποτα από την ανάλυση οποιουδήποτε οχήματος. Με τις ίδιες αρχές λοιπόν υπολογίζονται τα φορτία και οι απαιτήσεις από το σύστημα πέδησης για τα βαρέα οχήματα.
- Τα κύρια συστήματα πέδησης των βαρέων οχημάτων είναι συστήματα πέδησης αέρος. Ο λόγος που χρησιμοποιούνται αυτά είναι γιατί δεν απαιτείται δύναμη από τον οδηγό κατά το φρενάρισμα έτσι μπορεί να φρενάρει οχήματα με πολύ μεγάλο βάρος.
- Χρησιμοποιούνται υδραυλικά συστήματα πέδησης σε μικρά φορτηγά και μικρά λεωφορεία, εκεί όπου το μικτό βάρος είναι σχετικά μικρό και μπορεί ο οδηγός να αντεπεξέλθει σε αυτά τα φορτία.
- Είτε χρησιμοποιείται σύστημα πέδησης αέρος είτε υδραυλικό σύστημα υπάρχει πάντα διπλό κύκλωμα για να εξασφαλίζει ότι ακόμη και αν γίνει κάποια ζημιά σε ένα μέρος του κυκλώματος το όχημα θα έχει σύστημα πέδησης.
- Το σύστημα πέδησης αέρος έχει το μειονέκτημα ότι υπάρχει η πιθανότητα να εξαντληθεί ο αέρας και να μείνει ο οδηγός χωρίς σύστημα πέδησης. Αυτό δεν δύναται να συμβεί στο υδραυλικό σύστημα.
- Για να περιοριστούν οι πιθανότητες εξάντλησης του αέρα στο σύστημα πέδησης με αερόφρενα χρησιμοποιούνται βοηθητικά συστήματα πέδησης τα οποία υποβοηθούν το σύστημα αέρος και περιορίζουν τις ανάγκες σε πεπιεσμένο αέρα. Τέτοια συστήματα είναι τα ηλεκτρόφρενα και τα φρένα καυσαερίων.
- Για να εξασφαλιστεί η ευστάθεια του οχήματος κατά την πέδηση χρησιμοποιούνται συστήματα αντιμπλοκαρίσματος ABS. Τα συστήματα αυτά καθορίζουν το φρενάρισμα κάθε τροχού ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα μπλοκαρίσματος και κατά συνέπεια αστάθειας στην κίνηση του οχήματος. Ειδικά σε περιπτώσεις ρυμουλκούμενων οχημάτων είναι πολύ σημαντική η χρήση του ABS για να περιοριστούν τα φαινόμενα διπλώματος του ρυμουλκούμενου τμήματος σε σχέση με τον τράκτορα.

- Τα τελευταίας τεχνολογίας βαρέα οχήματα φέρουν ακόμη πιο σύγχρονα συστήματα ελέγχου ευστάθειας του οχήματος. Φέρουν είτε συστήματα αυτόματου ελέγχου πρόσφυσης είτε συστήματα ολοκληρωμένου ηλεκτρονικού προγράμματος ευστάθειας τα οποία ρυθμίζουν όλα τα δεδομένα πέδησης για κάθε τροχό ξεχωριστά, για τον τράκτορα και για το ρυμουλκούμενο ώστε να περιορίζονται φαινόμενα ολίσθησης, υπερστροφής, υποστροφής και εν γένει αστάθειας στην κίνηση του οχήματος.
- Συστήματα εκτάκτου ανάγκης είναι διαθέσιμα για την πλειονότητα των βαρέων οχημάτων νέας παραγωγής. Δίνουν την δυνατότητα από την ενημέρωση του οδηγού έως και την αυτόματη πέδηση ώστε να προλάβουν τυχούσα σύγκρουση, η ακόμη και αν δεν την προλάβουν να περιορίσουν τουλάχιστον τις συνέπειές της.
- Η συμμετοχή των βαρέων οχημάτων στα ατυχήματα στην Ελλάδα είναι αρκετά υψηλή. Κατά προτεραιότητα τα βαρέα φορτηγά και ακολούθως τα λεωφορεία και τα ελαφρά φορτηγά έχουν συμμετάσχει σε μεγάλο αριθμό θανατηφόρων τροχαίων. Μια από τις κύριες αιτίες είναι η ηλικία των οχημάτων.
- Η ανανέωση του στόλου των βαρέων οχημάτων θα βελτιώσει την ασφάλεια στους δρόμους. Η χρήση των συστημάτων ελέγχου πρόσφυσης και ηλεκτρονικού ελέγχου ευστάθειας θα περιορίσει τον κίνδυνο ατυχημάτων. Η χρήση συστημάτων πέδησης εκτάκτου ανάγκης θα περιορίσει τα ατυχήματα που οφείλονται σε μειωμένα αντανακλαστικά του οδηγού. Οπότε θα πρέπει να δοθούν κίνητρα στους επαγγελματίες οδηγούς ώστε να έχουν επαγγελματικά οχήματα μικρής ηλικίας και σύγχρονης τεχνολογίας.

Βιβλιογραφία

1. Βασιλάκος Ε. Κ., Βερόγκος Α., Κ., Κακαδιάρης Θ., Γ., Λατσινός Α., Γ., Ποριώτης Ν., Θ., Σαξιώνης Σ., Ν., Τσούφης Ι., Β., 2008, «Θεωρητική Εκπαίδευση Υποψήφιων Οδηγών Φορτηγών», Ανατύπωση, Ίδρυμα Ευγενίδου.
2. Βασιλάκος Ε. Κ., Βερόγκος Α., Κ., Κακαδιάρης Θ., Γ., Λατσινός Α., Γ., Ποριώτης Ν., Θ., Σαξιώνης Σ., Ν., Τσούφης Ι., Β., 1999, «Θεωρητική Εκπαίδευση Υποψήφιων Οδηγών Λεωφορείων», 1^η Έκδοση, Ίδρυμα Ευγενίδου.
3. Larsson, S., 2009, «Weight and Dimensions of Heavy Commercial Vehicles as Established by Directive 96/53/EC and the European Modular System», Presentation in Workshop on LHV's. Λήψη από:
https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/road/events/doc/2009_06_24/2009_gigaliners_workshop_acea.pdf (08/05/2019)
4. Ναθαναήλ Ε., 2017, «Στατιστικά στοιχεία οδικής ασφάλειας», Εργαστήριο Κυκλοφορίας Μεταφορών και Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Λήψη από:
<http://eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/MHXC120/ΘΕΜΑΤΙΚΗ%20ΕΝΟΤΗΤΑ%20%3A%20ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ%20ΣΤΟΙΧΕΙΑ%20ΟΔΙΚΗΣ%20ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ/Section%202-Lecture%202.pdf> (08/05/2019)
5. Γκόλιας Ι., Γιάννης Γ., Παπαδημητρίου Ε., 2009, «Η επιρροή της κυκλοφορίας των βαρέων οχημάτων στα οδικά ατυχήματα στην Ελλάδα», 4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας. Λήψη από:
<https://www.nrso.ntua.gr/geyannis/wp-content/uploads/geyannis-pc97p.pdf> (08/05/2019)
6. ΣΕΕΑ, 2007, «Δελτίο τύπου: Μελέτη ΕΜΠ για τα Βαρέα Οχήματα», Σύνδεσμος Εισαγωγέων Αντιπροσώπων Αυτοκινήτων. Λήψη από:
https://www.seaa.gr/sites/seaa/files/files/Melete_tou_Ethnikou_Metsobiou_Polutekhn_eiou_gia_ta_barea_okhemata_17012007.pdf (08/05/2019)
7. Λουπάκης Ν., 2014, «Βαρέα Οχήματα και Τροχαία Ατυχήματα», Άρθρο δημοσιευμένο στον Ιστότοπο 'Πεμπουσία'. Λήψη από:
<https://www.pemptousia.gr/2014/10/varea-ochimata-ke-trochea-atichimata/> (08/05/2019)

8. Licensing and Control Branch of the ministry of Transportation of Ontario, 2002, «Air Brake Handbook», Techni-Com Inc. Λήψη από:
http://www.greatcanadainc.com/lib_f/Air_Brake_Book.pdf (25/04/2019)
9. Motor Vehicle Branch, Department of Public Safety, 2012, «Air Brake Manual», New Nouveau Brunswick Edition. Λήψη από:
https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/ps-sp/pdf/Publications/ab_manual-e.pdf (25/04/2019)
10. Bendix Spicer Foundation Brake, 2011, «The compelling case for air disc brakes in heavy duty truck braking: A white paper», Λήψη από:
<https://www.foundationbrakes.com/media/documents/airdiscbrakes/awhitepapercaseforairdiscbrakes.pdf> (25/04/2019)
11. Αλεξάνδρου Δ., Γιάννος Γ., Καπετανάκης Γ., 2001, «Συστήματα Αυτοκινήτου II», Εκδόσεις Διόφαντος.
12. WABCO, 2016, «Συστήματα και στοιχεία σε επαγγελματικά οχήματα», 2^η Έκδοση, Wabco Europe BVBA. Λήψη από:
<http://inform.wabco-auto.com/intl/pdf/815/00/03/8152000033.pdf> (29/04/2019)
13. WABCO, 2011, «Anti – Lock Braking System (ABS) and Anti – Slip Regulation (ASR)», 2nd Edition, Wabco Vehicle Control Systems. Λήψη από:
<http://inform.wabco-auto.com/intl/pdf/815/01/94/8150101943.pdf> (02/05/2019)
14. https://en.wikipedia.org/wiki/Eddy_current_brake (01/05/2019)
15. Μουρατίδης Ν., 2015, «Τεχνικό Θέμα: Βοηθητικά Συστήματα Πέδησης - Ηλεκτρόφρενα», Άρθρο δημοσιευμένο στο περιοδικό *ΤΡΟΧΟΙ&ΤΙΡ*, Ενότητα Τεχνικά Θέματα, Τεύχος 332. Λήψη από:
<https://troxoikaitir.gr/article/332/tehniko-thema-voithitika-systimata-pedisis-ilektrofrena> (30/04/2019)
16. Ανδρινός Ν., Παναγιωτίδης Π., Παπαδόπουλος Ν., 2001, «Συστήματα Αυτοκινήτου Ι», Εκδόσεις Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.
17. Bennet S., 2011, «Heavy Duty Truck Systems», 5th Edition, Delmar Cengage Learning.
18. Χόνδρος Θ., 2007, «Δυναμική Ανάλυση Οχημάτων», Σημειώσεις Μαθήματος, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών.
19. <http://iceal.wikidot.com/ydrayliko-kykloma> (05/05/2019)
20. <https://what-when-how.com/automobile/servo-operation-automobile/> (06/05/2019)
21. <http://automotivesafetybrakingsystem.blogspot.com/2011/02/fundamental-of-braking-system.html> (06/05/2019)

22. Biswal S. K., 2014, «Hydraulic Braking System», Presentation in Roland Institute of Technology. Λήψη από:
<https://www.slideshare.net/abhisekdas4/1221204031-hydraulic-braking-system>
(06/05/2019)
23. Daimler, 2018, «The new Actros with Active Drive Assist: Mercedes – Benz Trucks puts partially automated driving into series production», Investor Relation Release. Λήψη από:
<https://www.daimler.com/documents/investors/news/capital-market-releases/daimler-mercedes-benz-ir-release-en-20180906.pdf> (07/05/2019)
24. <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Mercedes-Benz-Trucks-Safety-New-assistance-systems-Active-Brake-Assist-4-emergency-braking-assistant-featuring-pedestrian-recognition-and-Sideguard-Assist.xhtml?oid=12367326>
(07/05/2019)
25. <https://devirsaati.com/mercedes-benz-yeni-actrosun-dunya-tanitimini-berlinde-gerceklestirdi/> (07/05/2019)
26. <http://www.man.co.nz/man-introduces-emergency-braking-assistant-as-standard/>
(07/05/2019)