

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΠΙΣΤΑΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΙΟΥ

ΣΙΑΓΚΡΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΑΜ 4405
ΣΧΟΙΝΑ ΙΩΑΝΝΑ ΑΜ 4337
ΤΣΑΚΙΡΙΔΗΣ ΧΡΥΣΟΒΑΛΑΝΤΙΟΣ ΑΜ 4474



ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΛΑΜΠΙΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «**Μελέτη Σχεδιασμού και Κατασκευής Πίστας Αυτοκινητοδρομίου**» εκπονήθηκε από τους σπουδαστές του τμήματος Πολιτικών Έργων Υποδομής του Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας, Σιάγκρη Αθανάσιο, Σχοινά Ιωάννα και Τσακιρίδη Χρυσοβαλάντιο. Πρόκειται για ένα ιδιαίτερο έργο οδοποιίας, αρκετά πολύπλοκο, πολυσύνθετο και με μεγάλη σπουδαιότητα. Η περιοχή μελέτης και σχεδιασμού βρίσκεται στη Χαλανδρίτσα του νομού Αχαΐας, που αποτελεί ίσως την ιδανικότερη τοποθεσία κατασκευής μιας πίστας αγώνων αυτοκινήτων στην Ελλάδα. Στην εργασία αυτή, αναλύονται και παρουσιάζονται ενδελεχώς όλες οι απαραίτητες πληροφορίες σε θεωρητικό, πρακτικό και σχεδιαστικό επίπεδο αλλά και μέσα από φωτογραφικό υλικό που αφορούν τη μελέτη κατασκευής και τον τρόπο σχεδίασης μιας πίστας αυτοκινητοδρομίου. Στα κεφάλαια της πτυχιακής, καταγράφεται αρχικά ένας μεγάλος γνωστικός όγκος σχετικά με την ιστορία αγώνων αυτοκινήτων τον τελευταίο αιώνα, αναδύονται μέσα από φωτογραφίες πίστες αγώνων που θα αποτελέσουν σημαντικά κριτήρια παραδειγματισμού, επίσης αναφέρονται όλα τα κριτήρια των προδιαγραφών που πρέπει να πληρούν τα αυτοκίνητα και πως εξελίχθηκαν από την έναρξη των αγώνων ως σήμερα, επεπλέον γίνεται περιγραφή της μεθοδολογίας για το πως σχεδιάζεται μια πίστα, τι αδρανή υλικά οφείλουμε να χρησιμοποιήσουμε, πως πρέπει να γίνει ο προγραμματισμός του έργου και ποια είναι τα κριτήρια ασφάλειας που διέπουν τους αγώνες από την έναρξή τους, μέχρι σήμερα. Τέλος, ευχαριστούμε θερμά τον κ. Λαμπάκη Νικόλαο, καθηγητή Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας και τον κ. Ρέζο Σπυρίδωνα για την πολύτιμη βοήθειά τους στην εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας σε γνωστικό, συμβουλευτικό επίπεδο και για την άρτια καθοδήγησή τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο γεωμετρικός σχεδιασμός και η μελέτη κατασκευής ενός ειδικού έργου οδοποιίας, δηλαδή μιας πίστας αυτοκινητοδρομίου. Στο πρώτο κεφάλαιο καταγράφεται η ιστορική αναδρομή των αγώνων αυτοκινήτων καθώς επίσης και η αναφορά σε πίστες αγώνων στον ελλαδικό χώρο και στο εξωτερικό στοχεύοντας στην ανάλυση αυτών, με βάση τις οποίες θα επιτευχθεί ο σχεδιασμός και η κατασκευή της δικής μας πίστας. Εν συνεχεία, επισημαίνονται οι προδιαγραφές όλων των κατηγοριών αυτοκινήτων που απαιτούνται, ενώ παράλληλα γίνεται αναφορά με φωτογραφικό υλικό στην εξέλιξή τους ανά δεκαετία. Στο τρίτο κεφάλαιο της πτυχιακής εργασίας, παρουσιάζεται λεπτομερώς η μεθοδολογία του γεωμετρικού σχεδιασμού μιας πίστας σε θεωρητικό επίπεδο, σύμφωνα με την οποία θα σχεδιαστούν όλα τα χαρακτηριστικά της δικής μας πίστας. Έπειτα, ακολουθεί η ανάλυση των υλικών (άσφαλτος, αδρανή) που χρησιμοποιούνται στα έργα οδοποιίας και επιπλέον η διαδικασία κατασκευής της πίστας με τη χρήση Η/Υ που παρουσιάζεται σε αρχιτεκτονικά σχέδια. Στο επόμενο κεφάλαιο, καταγράφεται μια ιστορική αναφορά από το παρελθόν ως σήμερα σχετικά με την ασφάλεια των αγώνων αυτοκινήτων και επίσης οι κίνδυνοι που ελοχέουν από την έλλειψη αυτής. Στο έκτο κεφάλαιο, αναφέρονται αναλυτικά όλες οι πληροφορίες όσο αφορά το χρονικό προγραμματισμό του έργου και εν κατακλείδι συνοψίζονται τα τελικά συμπεράσματα με όλα τα βασικά σημεία που έπρεπε να τονιστούν, η μεθοδολογία και η επιστημονική συνεισφορά της πτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	i
Περίληψη.....	ii
Συμβολισμοί.....	viii
Εισαγωγή.....	ix
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΑΓΩΝΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ - ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΕ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ	1
1.1 Η έναρξη των αγώνων.....	1
1.2 Οι πρώτες ειδικά κατασκευασμένες πίστες αγώνων	2
1.3 Κατηγορίες	3
1.3.1 Αγώνες μονοθεσίων (Φόρμουλα).....	3
1.3.2 Αγώνες αυτοκινήτων τουρισμού.....	3
1.3.3 Αγώνες ράλι	4
1.4 Αναφορά σε παραδείγματα πιστών αγώνων ανά κατηγορία σε Ελλάδα και εξωτερικό.....	4
1.4.1 Πίστα Μεγάρων.....	4
1.4.2 Πίστα Καλαμάτας.....	6
1.4.3 Πίστα Αλγκάρβε (Algarve)	7
1.4.4 Πίστα Μόντσα (Monza).....	10
1.4.5 Πίστα Μπρνό (Brno).....	10
1.4.6 Πίστα Σανγκάη (Shanghai)	13
1.4.7 Πίστα Νίμπουργκρινγκ (Nurburgring).....	14
1.4.8 Πίστα Βαλένθια (Valencia).....	16
1.4.9 Πίστα Μανικούρ (Magny - Cours).....	18
1.4.10 Πίστα Σεπάνγκ (Sepang).....	20
1.4.11 Πίστα Μακάο (Macau).....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ - ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ...	25

2.1 Αυτοκίνητα κατηγορίας Φόρμουλα (μονοθέσια).....	25
2.1.1 Προδιαγραφές κινητήρων	25
2.1.2 Αεροδυναμική	26
2.1.3 Σχεδιασμός	30
2.1.4 Η κατασκευή	31
2.2 Εξέλιξη μονοθεσίων ανά δεκαετία	32
2.2.1 1950 - 1960.....	32
2.2.2 1960 - 1970.....	32
2.2.3 1970 - 1980.....	32
2.2.4 1980 - 1990.....	33
2.2.5 1990 - 2000.....	33
2.2.6 2000 - σήμερα	34
2.3 Αυτοκίνητα κατηγορίας τουρισμού (DTM).....	36
2.3.1 Αεροδυναμική	36
2.3.2 Κατασκευή	37
2.4 Εξέλιξη αυτοκινήτων DTM ανά δεκαετία	38
2.4.1 1980 - 1990.....	38
2.4.2 1990 - 2000.....	38
2.4.3 2000 - σήμερα.....	40
2.5 Αυτοκίνητα κατηγορίας ράλυ (WRC).....	41
2.6 Εξέλιξη αυτοκινήτων Ράλυ ανά δεκαετία	43
2.6.1 1970 - 1980.....	43
2.6.2 1980 - 1990.....	44
2.6.3 1990 - 2000.....	45
2.6.4 2000 - σήμερα.....	47

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΠΙΣΤΑΣ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙ).....	50
3.1 Γενικά χαρακτηριστικά πίστας αγώνων αυτοκινήτων	50
3.1.1 Ευθείες.....	50
3.1.2 Καμπύλες.....	50
3.1.3 Πλάτος πίστας	50
3.1.4 Κατά μήκος κλίση	50
3.1.5 Εγκάρσιες κλίσεις.....	51
3.1.6 Ορατότητα.....	51
3.1.7 Οριογραμμές,ερείσματα	51
3.2 Επιφάνεια πίστας.....	51
3.3 Μέτρα προστασίας	52
3.3.1 Τμήματα προσιτά στους θεατές	52
3.3.2 Διαδρομές εισόδου σε χώρους ελέγχου οχημάτων	52
3.3.3 Διάδρομοι εξόδου από τους χώρους ελέγχου.....	52
3.3.4 Σήμανση με γραμμές.....	52
3.3.5 Ελάχιστο μήκος πίστας και μέγιστος αριθμός αυτοκινήτων.....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ (ΑΣΦΑΛΤΟΣ ΚΑΙ ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ) - ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	55
4.1 Συμπεριφορά οδοστρώματος	55
4.1.1 Σχεδιαστικά κριτήρια	56
4.2 Δομικά στοιχεία οδοστρώματος.....	56
4.2.1 Ασφαλικές στρώσεις.....	56
4.2.2 Στρώσεις θεμελίωσης του οδοστρώματος.....	58
4.2.3 Μη δομικά στοιχεία οδοστρώματος.....	59
4.3 Υλικά.....	60

4.3.1 Υλικά εξυγιαντικής στρώσης και βάσης.....	60
4.3.2 Ασφαλτομίγματα για ασφαλτικές στρώσεις.....	60
4.3.2.1 Αντιολισθηρή στρώση ασφαλτικού σκυροδέματος.....	61
4.3.2.2 Πορώδεις τάπητες και μίγματα ανοικτής διαβάθμισης.....	61
4.3.2.3 Πυκνό ασφαλτικό σκυρόδεμα για αντιολισθηρή στρώση.....	62
4.3.2.4 Slurry seal (microsurfacing).....	62
4.3.2.5 Stone Mastic Asphalt (SMA).....	62
4.3.3 Επιλογή αντιολισθηρής στρώσης.....	63
4.4 Κριτήρια αποδοχής ενσωματούμενων υλικών.....	65
4.4.1 Αδρανή υλικά.....	65
4.4.2 Ασφαλτικό συνδετικό.....	66
4.4.3 Η άσφαλτος στους αγώνες αυτοκινήτων.....	66
4.5 Μελέτη σύνθεσης.....	68
4.5.1 Κοκκομετρική διαβάθμιση.....	68
4.5.2 Υπολογισμός της βέλτιστης περιεκτικότητας ασφάλτου.....	69
4.5.3 Κενά αέρος στο συμπυκνωμένο ασφαλτόμιγμα.....	73
4.5.4 Κενά στο σκελετό των αδρανών (VMA).....	76
4.5.5 Ποσοστό κενών που πληρώθηκαν με άσφαλτο (VFA).....	77
4.5.6 Ποσοστό απορρόφησης ασφάλτου.....	77
4.5.7 Προσδιορισμός ειδικού βάρους μίγματος αδρανών.....	77
4.5.8 Προσδιορισμός απορρόφησης υγρασίας αδρανών υλικών.....	78
4.6 Διαστασιολόγηση διατομής οδοστρωμάτων.....	79
4.6.1 Μέθοδος Asphalt Institute.....	79
4.6.1.1 Συμπύκνωση εδάφους έδρασης.....	81
4.6.1.2 Διαδικασία υπολογισμού πάχους στρώσεων.....	81

4.6.2 Βρετανική μέθοδος	84
4.6.2.1. Υπολογισμός πάχους υπόβασης	86
4.6.2.2. Υπολογισμός πάχους ασφαλικής βάσης και επιφανειακής στρώσης	87
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο :ΑΣΦΑΛΕΙΑ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	99
5.1 Ιστορική Αναδρομή.....	96
5.2 Εκτίμηση κινδύνου.....	98
5.2.1 Θάνατοι από μεγάλη ταχύτητα.....	98
5.2.2 Εγκεφαλικοί τραυματισμοί	98
5.2.3 Άλλα σωματικά τραύματα.....	98
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : ΧΡΟΝΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ	99
6.1 Κατάτμηση του έργου	100
6.2 Δικτυωτή ανάλυση	100
6.2.1 Δραστηριότητες.....	101
6.2.2 Δίκτυο.....	101
6.2.3 Επίλυση του δικτύου	102
6.2.4 Εξομάλυνση πόρων	104
6.2.5 Χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή στην επίλυση δικτύων.....	104
6.3 Πρόγραμμα ms project.....	104
6.3.1 Εισαγωγή στοιχείων στο πρόγραμμα.....	105
6.3.2 Επεξεργασία δεδομένων.....	105
6.4 Χρονικός προγραμματισμός κατασκευής.....	106
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	108
Βιβλιογραφία:.....	109

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

Xλμ	χιλιόμετρα
Kw	κιλοβάτ
Km/h	χιλιόμετρα ανά ώρα
Hp	ίπποι
FIA	Διεθνής Ομοσπονδία Αυτοκινήτων
DTM	Γερμανικό πρωτάθλημα Αυτοκινήτων Τουρισμού
rpm	στροφές ανά λεπτό
m/s	μέτρα ανά δευτερόλεπτο
g	επιτάχυνση βαρύτητας
mm	χιλιοστά
tn	τόνοι
cc	κυβικά εκατοστά
gr	γραμμάρια
kg	κιλά
Nt	Νιούτον
Σ.α.λ.	στροφές ανά λεπτό
Nm/A	Νιούτον επί μέτρο ανά αμπέρ
ΠΤΠ	Πρότυπη Τεχνική Προδιαγραφή
ΤΣΥ	Τεχνική Συγγραφή Υποχρεώσεων
ΙΤΑ	Ισοδύναμοι Τυπικοί Άξονες
ASTM	American Society for testing and Materials
Db	Ντεσιμπέλ
ΠΕΤΕΠ	Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές.
TRRL	Transport and Road Research Laboratory

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ιστορία έχει διδάξει ότι οι αγώνες αυτοκινήτων και μοτοσικλετών είναι άρρηκτα δεμένοι με την παραγωγή αυτοκινήτων και μοτοσικλετών. Καθώς, από τα πρώτα χρόνια, ο εμπορικός ανταγωνισμός ανάμεσα στους κατασκευαστές μεγάλωνε, αντίστοιχα εμφανίζονταν οι ανάγκες για τη θέσπιση κριτηρίων της ποιοτικής διαφοροποίησης των κατασκευών. Το πιο γρήγορο, το πιο ανθεκτικό, το πιο οδηγήσιμο όχημα είχε την ανάγκη να αποδείξει την υπεροχή του απέναντι στον ανταγωνισμό, όσο γινόταν γρηγορότερα μετά την κατασκευή του και μπροστά σε όσο μεγαλύτερο πλήθος ήταν δυνατό. Η νίκη σε αγώνες ήταν, και είναι, μια από τις καλύτερες διαφημίσεις για τη βιομηχανία των οχημάτων. Η συμμετοχή στους αγώνες για την απόδειξη της υπεροχής, ήταν μόνο η αρχή. Καθώς οι νίκες σε αγώνες έγιναν ένα αδιαμφισβήτητο εμπορικό πλεονέκτημα, η θεωρία της εμπλοκής άρχισε να λειτουργεί και αμφίδρομα. Η συμμετοχή σε αγώνες σαν απόδειξη μιας υφιστάμενης τεχνολογικής υπεροχής έπαυσε να είναι κυρίαρχος λόγος. Από ένα σημείο και μετά η τεχνολογική εξέλιξη για αγωνιστικό ανταγωνισμό έγινε αυτοσκοπός κι αυτό ήταν που προκάλεσε την ώθηση της ασταμάτητης έρευνας που έδωσε τα ταχύτερα και ασφαλέστερα οχήματα των ημερών μας. Με αυτήν την έννοια, οι αγώνες είναι πάρα πολύ σοβαρή υπόθεση, μια υπόθεση που ξεφεύγει από τα πλαίσια του παρεϊστικού ομο-χομπιούντος σχήματος των πενήντα κι εκατό σπόρτσμεν που θέλουν να διασκεδάσουν ανταγωνιστικά και των κάποιων εκατοντάδων που θα στηθούν στις κερκίδες για να απολαύσουν το θέαμα. Είναι μια υπόθεση που έχει να κάνει με πωλήσεις, με κέρδη και ζημιές, με θέσεις απασχόλησης, με ανάπτυξη γενικότερα. Αν τραβήξουμε μια διαχωριστική γραμμή ανάμεσα στην έννοια αγώνες για σκέτη διασκέδαση και την έννοια αγώνες για ανάπτυξη και καθορίσουμε με ποσοτικά κριτήρια την αγωνιστική σοβαρότητα της κάθε χώρας τότε, είναι πολύ πιθανό να μελαγχολήσουμε στη σύγκριση της χώρας μας με τους «απέξω». Κι αν μάλιστα συσχετίζαμε αθροιστικά το συνολικό αριθμό ασφαλτοστρωμένων χιλιομέτρων στις πίστες κάθε χώρας του εξωτερικού με την αντίστοιχη αγωνιστική σοβαρότητα της ίδιας χώρας, τότε θα καταλήγαμε ότι, προς το παρόν, μας αρκεί να κλείσουμε με μπαριέρες γύρω - γύρω την πλατεία Ομονοίας και να σταματήσουμε να μιλάμε για κρατικές πίστες ωσότου να σοβαρευτούμε. Κακά όμως τα ψέματα, μια τουλάχιστον πίστα ταχύτητας, σαν σημείο εκκίνησης χρειάζεται στην Ελλάδα. Όχι όμως, ντε και καλά, μια πίστα προδιαγραφών Γκραν Πρι, που με τις τρέχουσες συνθήκες νοοτροπίας θα μας αποπροσανατόλιζε οριστικά. Εκείνο που μας χρειάζεται είναι σε πρώτη φάση, ένας χώρος μικρός λειτουργικός και φθηνός που θα εκτόνωνε άμεσα και χωρίς αλλότριες κοινωνικές αντιδράσεις την ανάγκη για μια σοβαρή θεσμοθέτηση των αγώνων στον τόπο μας, ενώ απ' την άλλη θα αποδείκνυε αν μπορεί το σπορ να αναπτυχθεί αυτόνομα, συνεισφέροντας στη γενικότερη ανάπτυξη.

Ο ορισμός της πίστας

Από το πως εννοούμε τον όρο πίστα εξαρτάται το τι αγώνες θέλουμε να κάνουμε. Και η όποια συγκεκριμένη εννόηση προϋποθέτει την αναγνώριση του εύρους των μορφών και λειτουργιών απ' όπου θα γίνει η επιλεκτική αποκοπή του κεντρικού πυρήνα, στην πορεία επιθυμητό - εφικτό - πρακτέο. Πολλές πίστες έχουν σχεδιαστεί τυχαία, άλλες έχουν ευνοηθεί από αυτήν την τυχαία χάραξη κι άλλες όχι, καταντώντας ανιαρές ή επικίνδυνες. Από μία όμως σπουδή πάνω σε πίστα κάθε τυχαία παράμετρος πρέπει να έχει εξαλειφθεί. Μια σπουδή πρέπει να δημιουργεί τα ερωτήματα τι θέλουμε και να δίνει τις απαντήσεις τι να κάνουμε γι' αυτό. Ας δούμε λοιπόν πως προσδιορίζεται συνολικά το πρόβλημα στο ερώτημα «Τι είναι πίστα ταχύτητας».

Αυτό που ονομάζουμε πίστα ταχύτητας είναι μια κλειστή ασφαλτοστρωμένη διαδρομή ορισμένου μήκους πάνω στην οποία γίνονται αγώνες ταχύτητας κάτω από αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες διεξαγωγής και - προπάντων - ασφαλείας. Σαν πίστες ταχύτητας έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς κλειστές διαδρομές αποτελούμενες από δημόσιους δρόμους, πράγμα που, όμως, τείνει στις μέρες μας να εγκαταλειφθεί εξαιτίας των δυσμενών συνθηκών ασφαλείας (κράσπεδα, κτίσματα, κολόνες κλπ.). Έτσι, το μέλλον των αγώνων ταχύτητας ταυτίζεται με την εξέλιξη ειδικών κλειστών χώρων τεχνητής διαμόρφωσης, που έχει επικρατήσει σήμερα να λέγεται «πίστα». Εξυπακούεται ότι με την εκ των προτέρων σχεδίαση και διαμόρφωση ενός χώρου προορισμένου να αποτελέσει πίστα ταχύτητας, ο κατασκευαστής έχει όλη την άνεση να διαμορφώσει συνθήκες αγώνα που να τον εκφράζουν απόλυτα υποκειμενικά. Έτσι έχουμε τις γρήγορες πίστες στις οποίες κυριαρχούν απέραντες ευθείες και στροφές μεγάλης ακτίνας με σκοπό να επιβάλλουν μια υψηλή μέση ωριαία ταχύτητα (μ.ω.τ.) στον αγώνα. Αντίθετα στις αργές πίστες οι ευθείες είναι μέτριες σε μήκος και οι περισσότερες στροφές έχουν μικρή ακτίνα με σκοπό την ταπείνωση της μ.ω.τ. Ένας άλλος ειδικός ποιοτικός διαχωρισμός, είναι ανάμεσα στις εύκολες και τις δύσκολες πίστες. Στις πρώτες, η διαμόρφωση της χάραξης είναι τέτοια που ο οδηγός ή ο αναβάτης μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί και να βρει την ιδανική γωνία και ταχύτητα προσέγγισης στις καμπές του δρόμου αλλά και την ιδανική γραμμή που πρέπει να ακολουθήσει στο εσωτερικό των στροφών για να τις διαγράψει στον ελάχιστο δυνατό χρόνο. Αντίθετα, στις αποκαλούμενες δύσκολες πίστες είναι τέτοια η εναλλαγή στροφών - ευθειών ή στροφών - στροφών έτσι ώστε να είναι εξαιρετικά δύσκολη για τον οδηγό ή τον αναβάτη η αποκωδικοποίηση της χάραξης για την επιλογή των ιδανικών γραμμών και των σημείων για φρενάρισμα ή επιτάχυνση. Εξυπακούεται ότι στις εύκολες πίστες το κέντρο βάρους πέφτει στον εξοπλισμό (μοτοσικλέτα ή αυτοκίνητο) του οδηγού ή αναβάτη κι όχι στον ανθρώπινο παράγοντα. Αυτός είναι κι ο λόγος που για τις δύσκολες πίστες έχει επικρατήσει ο ορισμός «πίστα για οδηγούς ή αναβάτες»...

Πέρα όμως από τον αγωνιστικό της προορισμό, μια πίστα ταχύτητας έχει δύο άλλους, αρκετά σημαντικούς προορισμούς: την έρευνα και εξέλιξη των διαφόρων προϊόντων (από απλά εξαρτήματα της μοτοσικλέτας μέχρι και ολόκληρη την μοτοσικλέτα όπως παρόμοια και για τα αυτοκίνητα) αλλά και για την εκπαίδευση των αναβατών και των οδηγών - κάτω από προϋποθέσεις ασφαλείας - για τη βελτίωσή τους στις οριακές συνθήκες της αγωνιστικής ή και της καθημερινής οδήγησης. Αν προβληματιστούμε λιγάκι, θα καταλήξουμε ότι διαφορετική πρέπει να είναι η χάραξη για μια πίστα που προορίζεται αποκλειστικά για αγώνες ταχύτητας και διαφορετική αν ο προορισμός της είναι καθαρά εκπαιδευτικός. Για παράδειγμα, σε μια εκπαιδευτική χάραξη, θα είναι απαραίτητες ειδικές διαμορφώσεις στις στροφές που σκοπό έχουν να επιβάλλουν στον εκπαιδευόμενο την ανάγκη να ξεπεράσει με επιτυχία κάποια εμπόδια τα οποία στην καθημερινή οδήγηση, αν συναντηθούν απρόοπτα, θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ατύχημα (π.χ. στροφές που κλείνουν στην έξοδο, στροφές με αρνητική επίκλιση οδοστρώματος κ.λπ.). Σε μια πίστα αποκλειστικά για αγώνες ταχύτητας, αυτού του είδους οι ιδιομορφίες δεν είναι απαραίτητο να υπάρχουν ή αν υπάρχουν καλό είναι να ελαχιστοποιούνται έτσι ώστε να μη προκαλούν πρόσθετη κόπωση στον αγωνιζόμενο αναβάτη ή οδηγό. Είναι προφανές βέβαια ότι μία χάραξη προοριζόμενη και για τους δύο σκοπούς (αγωνιστικός, εκπαιδευτικός) θα είναι ένας συγκερασμός όλων των απαιτήσεων και τελικά, η συνολική ποιότητα της σχεδίασης θα καθορίζεται από την ισορροπία των ποικιλομόρφων επιμέρους τμημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΑΓΩΝΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ - ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΕ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ

1.1 Η ΕΝΑΡΞΗ ΤΩΝ ΑΓΩΝΩΝ

Οι αγώνες αυτοκινήτων ξεκίνησαν αμέσως μετά την κατασκευή των πρώτων επιτυχώς βενζινοκίνητων αυτοκινήτων. Ο πρώτος αγώνας που οργανώθηκε ποτέ ήταν στις 28 Απριλίου του 1887 από τον αρχισυντάκτη Φοσιέ των εκδόσεων του Παρισιού «το τρίτροχο ποδήλατο». Διήρκεσε δύο χιλιόμετρα, από τη γέφυρα Νεϊγύ προς τη Bois de Boulogne. Νικητής αναδείχτηκε ο Georges Bouton της εταιρείας Ντιόν - Μπουτόν (Dion-Bouton), με ένα αυτοκίνητο που είχε κατασκευάσει ο ίδιος με τον κόμη Αλβέρτο της Ντιόν, αλλά καθώς ήταν ο μοναδικός οδηγός που είχε εμφανιστεί είναι μάλλον δύσκολο να το ονομάσουμε αγώνα δρόμου.

- **Παρίσι - Ρουέν. Πρώτος μηχανοκίνητος αγώνας στον κόσμο**

Στις 22 Ιουλίου 1894, το παρισινό περιοδικό *Le Petit Journal* οργάνωσε τον πρώτο μηχανοκίνητο αγώνα αυτοκινήτων από το Παρίσι στη Ρουέν. Οι αθλητικές εκδηλώσεις ήταν μία δοκιμασμένη μορφή επίδειξης δημοσιότητας και κυκλοφοριακής ώθησης. Ο Πιερ Ζιφάρ, συντάκτης του περιοδικού, το είχε προωθήσει ως διαγωνισμό μεταφοράς κάρων χωρίς άλογα, που δεν ήταν επικίνδυνος, εύκολος στην οδήγηση και φθηνός κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Έτσι, ήταν θολή η διάκριση μεταξύ μιας δοκιμής αξιοπιστίας, ενός γενικού γεγονότος και ενός αγώνα. Το κύριο βραβείο πήγαινε σε αυτόν που θα διέσχιζε πρώτος τη γραμμή τερματισμού στη Ρουέν. 102 άνθρωποι πλήρωσαν το αντίτιμο εισόδου των 10 φράγκων.

- **Πρώτοι αγώνες**

Το 1895, πραγματοποιήθηκε η δοκιμή Παρίσι-Μπορντό-Παρίσι και ήταν ο πρώτος πραγματικός αγώνας, όπου όλοι οι οδηγοί άρχισαν μαζί. Νικητής ήταν ο Εμίλ Λέβασορ με το δικό του μοντέλο Panhard-Levassor. Ολοκλήρωσε τη διαδρομή (1.178 χιλιόμετρα ή 732 μίλια) σε 48 ώρες και 47 λεπτά, τερματίζοντας σχεδόν έξι ώρες πριν από το δεύτερο. Ένας διεθνής διαγωνισμός μεταξύ εθνών και όχι ατόμων, ξεκίνησε με το κύπελλο Γκόρντον Μπένετ στους αγώνες αυτοκινήτων. Ο πρώτος αγώνας αυτοκινήτων στις Ηνωμένες Πολιτείες πραγματοποιήθηκε στο Σικάγο, στις 28 Νοεμβρίου του 1895. Ο Γάλλος καλλιτέχνης Ερνεστ Μοντό και η σύζυγός του, τεκμηριώνονται πιστά το ταχέως μεταβαλλόμενο πρόσωπο των μηχανοκίνητων μεταφορών στην Ευρώπη. Παρήγαγαν μεγάλο αριθμό αφισών και εκτυπώσεων που δημοσιεύτηκαν από την *Mabileau et Cie*, καλύπτοντας αγωνιστικές εκδηλώσεις στις οποίες εμπλέκονται μηχανοκίνητα αυτοκίνητα, αεροσκάφη, πηδαλιουχούμενα και ταχύπλοα. Οι εικόνες αυτές αποτέλεσαν πολύτιμη συμβολή στην ιστορία των μεταφορών και ιδιαίτερα στην πτυχή των αγώνων.

- **Αγώνες από πόλη σε πόλη**

Με την κατασκευή αυτοκινήτων και αγωνιστικών που κυριαρχείται από τη Γαλλία, η γαλλική λέσχη αυτοκινήτου ACF οργάνωσε μία σειρά από σημαντικούς διεθνείς αγώνες, συνήθως από ή προς το Παρίσι, συνδέοντάς το με μια άλλη μεγάλη πόλη στη Γαλλία ή αλλού στην Ευρώπη. Οι πολύ επιτυχημένοι πρώτοι ευρωπαϊκοί αγώνες ράλυ τελείωσαν το

1903 όταν ο Μαρσέλ Ρενό είχε εμπλακεί σε θανατηφόρο ατύχημα κοντά στην Ανγκουλέμ στον αγώνα Παρίσι - Μαδρίτη.Εννέα θάνατοι έπεισαν τη γαλλική κυβέρνηση να σταματήσει τον αγώνα στο Μπορντό και την απαγόρευση των ανοικτών αγώνων δρόμου.Ο μακρύτερος αγώνας αυτοκινήτων στην ιστορία,με το Παρίσι ως τη γραμμή τερματισμού ήταν το 1908 ο αγώνας Νέα Υόρκη - Παρίσι.Έξι ομάδες από τη Γαλλία,την Ιταλία,τη Γερμανία και τις Ηνωμένες Πολιτείες συναγωνίστηκαν με τρεις ομάδες στην πραγματικότητα να φτάνουν στο Παρίσι.

1.2 ΟΙ ΠΡΩΤΕΣ ΕΙΔΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΕΣ ΠΙΣΤΕΣ ΑΓΩΝΩΝ

Η Milwaukee Mile είναι η παλαιότερη μηχανοκίνητη πίστα στον κόσμο,με τους αγώνες να πραγματοποιούνται εκεί από το 1903.Δεν ήταν, ωστόσο, ειδικά κατασκευασμένη για αγώνες αυτοκινήτων,ξεκινώντας αρχικά ως πίστα αγώνων ιπποδρομιών 1,6 χλμ κατά το 19^ο αιώνα.Η πρώτη ειδικά κατασκευασμένη πίστα αγώνων που άνοιξε τον Ιούνιο του 1907 ήταν η Μπρούκλαντ στο Σάρεϋ της Αγγλίας μήκους 4.43 χλμ κατασκευασμένη από σκυρόδεμα με μεγάλης ταχύτητας στροφές υπό κλίση.Ήταν επίσης κέντρο της αεροπορικής βιομηχανίας κατά τη διάρκεια του Α' Παγκοσμίου Πολέμου όπου είχε ιδρυθεί εκεί εργοστάσιο και αεροδρόμιο.Η πίστα έκλεισε το 1939 καθώς ξεκίνησε εκεί η παραγωγή πολεμικών αεροσκαφών.Ζημιές που έγιναν στην πίστα κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου σήμαναν ότι η πίστα δεν θα άνοιγε εκ νέου για αγώνα.Ο ανταγωνισμός σταδιακά εξαπλώθηκε σε άλλα μέρη της Βρετανικής Αυτοκρατορίας.Ο πρώτος αγώνας στην Ινδία έγινε το 1905 με αφετηρία το Νέο Δελχί και προορισμό τη Βομβάη,μια απόσταση 810 μιλίων,σε μια προσπάθεια να εκθέσουν την Ινδία προς την αυτοκινητοβιομηχανία και να ελέγξουν την καταλληλότητα των συνθηκών της.

Η δεκαετία του 1930 είδε τη μεταμόρφωση από ακριβά αυτοκίνητα δρόμου σε καθαρούς δρομείς,με τις Delage,Auto Union,Mercedes-Benz, Delahaye και Bugatti να κατασκευάζουν νέου είδους οχήματα με κινητήρες που παράγουν έως και 450 kW (612 hp),με τη βοήθεια πολλαπλών σταδίων υπερσυμπίεσης. Από το 1928 - 1930 και ξανά το 1934 - 1936 το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος ήταν 750 kg, κατά κανόνα εκ διαμέτρου αντίθετο με τους ισχύοντες κανονισμούς αγώνων.Η εκτεταμένη χρήση κραμάτων αλουμινίου απαιτούνταν για την επίτευξη μικρού βάρους και στην περίπτωση της Mercedes,το χρώμα αφαιρέθηκε για να ικανοποιήσει τον περιορισμό βάρους,παράγοντας τα περίφημα Ασημένια Βέλη.Ιδρύεται το NASCAR από τον Ουίλιαμ Φράνς στις 21 Φεβρουαρίου 1948 με τη βοήθεια πολλών άλλων οδηγών της εποχής.Η πρώτη κούρσα NASCAR πραγματοποιήθηκε στις 19 Ιουνίου 1949 στον αυτοκινητόδρομο της Σάρλοτ.

Μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο,οι αγώνες με σπορ αυτοκίνητα εμφανίστηκαν ως μια ξεχωριστή μορφή αγώνων με κλασικές πίστες και από το 1953 με επικυρωμένο Παγκόσμιο Πρωτάθλημα. Για πάνω από μια δεκαετία, επιτρέπονταν τροποποιήσεις τόσο για την ασφάλεια όσο και τις επιδόσεις.Από το 1962 τα σπορ αυτοκίνητα πήραν προσωρινά πίσω κάθισμα στα GT αυτοκίνητα με τη FIA να αντικαθιστά το Παγκόσμιο Πρωτάθλημα για τα σπορ αυτοκίνητα με το Διεθνές Πρωτάθλημα GT κατασκευαστών.Μέσα στη δεκαετία του 1960,καθώς μεγάλοι αυτοκινητόδρομοι χτίστηκαν και παλιοί χωματόδρομοι στρώθηκαν,ο αριθμός των αγώνων σε χωματόδρομους μειώθηκε.Μια γενιά ισχυρών υβριδίων εμφανίστηκε στη δεκαετία του '50 και του '60 παίρνοντας το βάπτισμα σε αγώνες και στις δύο πλευρές του Ατλαντικού,διαθέτοντας ευρωπαϊκό σασί (πλαίσιο) και μεγάλους αμερικανικούς κινητήρες.Ο συνδυασμός των ως επί το πλείστον βρετανικών σασί και αμερικανικών V8 κινητήρων έδωσε άνθηση στις αμερικανο-καναδικές σειρές τη δεκαετία του 1960 και του 1970.

Στην Ευρώπη, η FIA υιοθέτησε τους κανόνες ACO GTP σχεδόν αμετάβλητους και καθιέρωσε το παγκόσμιο πρωτάθλημα αγωνιστικού αυτοκινήτου, το οποίο διαθέτει πρωτότυπα υψηλής τεχνολογίας κλειστά πιλοτήρια. Στις ΗΠΑ, τα αυτοκίνητα ήταν τεχνικώς παρόμοια με αυτά των ομάδων στην Ευρώπη, αλλά χρησιμοποιούνταν μια προοδευτική κλίμακα βαρών και δυνατοτήτων του κινητήρα για να προσπαθήσουν να περιορίσουν την απόδοση. Η FIA επιχείρησε να μετατρέψει το Group C σε μία μορφή εικονικού "διθέσιου Grand Prix" στις αρχές του 1990, με κανόνες για τον κινητήρα κοινούς με τη Φόρμουλα 1, μικρές αποστάσεις αγώνα, καθώς και ένα χρονοδιάγραμμα γύρων που να συνάδει με αυτό της F1. Το πρώτο Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Αυτοκινήτων Τουρισμού, που ήταν ανοιχτό σε Αυτοκίνητα Τουρισμού του Group A, πραγματοποιήθηκε το 1987 ταυτόχρονα με το Ευρωπαϊκό Πρωτάθλημα Αυτοκινήτων Τουρισμού (ETCC). Πρόσθετοι αγώνες πραγματοποιήθηκαν εκτός Ευρώπης στην Αυστραλία, τη Νέα Ζηλανδία και την Ιαπωνία. Η FISA αποφάσισε να διαχωρίσει τα αυτοκίνητα ράλι σε τρεις κατηγορίες: κατηγορία N (αυτοκίνητα παραγωγής), ομάδα A (τροποποιημένα αυτοκίνητα παραγωγής) και Ομάδα B (τροποποιημένα σπορ αυτοκίνητα). Η ομάδα B εισήχθη από την FIA το 1982 σε αντικατάσταση τόσο της ομάδας 4 (τροποποιημένα Grand Touring) όσο και της ομάδας 5 (πρωτότυπα τουρισμού) αυτοκίνητα.

1.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

1.3.1 Αγώνες Μονοθεσίων (Φόρμουλα)

Οι πιο γνωστοί αγώνες αυτοκινήτων με μονοθέσια είναι η Φόρμουλα Ένα, που περιλαμβάνει ετήσιο Παγκόσμιο Πρωτάθλημα οδηγών και κατασκευαστών. Οι τροχοί του μονοθεσίου δεν καλύπτονται, τα αυτοκίνητα έχουν συχνά αεροτομή, εμπρός και πίσω φτερά για να παράγεται κάθετη δύναμη και να ενισχύεται η πρόσφυση στην πίστα. Άλλες σημαντικές διεθνείς σειρές αγώνων με μονοθέσια είναι το GP2 (παλαιότερα γνωστή ως Formula 3000 και Formula 2). Υπάρχουν και άλλες κατηγορίες αγώνων μονοθεσίων όπως τα κάρτ, η οποία απασχολεί ένα μικρό, χαμηλού κόστους όχημα αγωνιζόμενο σε μικρές πίστες. Πολλοί από τους εν ενεργεία κορυφαίους οδηγούς άρχισαν τη σταδιοδρομία τους στα κάρτ. Οι σπουδαστές στα κολέγια και τα πανεπιστήμια μπορούν επίσης να συμμετέχουν σε αγώνες με μονοθέσιο μέσω του διαγωνισμού Formula SAE, η οποία περιλαμβάνει το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός μονοθεσίου σε μια διεπιστημονική ομάδα και μετέπειτα να αγωνιστούν στο διαγωνισμό. Όλη αυτή η προσπάθεια έχει σκοπό την ανάπτυξη και άλλο των κοινωνικών δεξιοτήτων, όπως την ομαδική εργασία με ταυτόχρονη προώθηση του μηχανοκίνητου αθλητισμού και της μηχανικής. Τον Δεκέμβριο του 2005, η FIA έδωσε την έγκρισή της να ξεκινήσουν αγώνες μονοθεσίων με εξέχοντες αθλητικούς συλλόγους που έκαναν το ντεμπούτο τους το 2008, σύμφωνα με την οποίους οι αγωνιστικές ομάδες ανήκουν και διοικούνται από τους αθλητικούς συλλόγους. Μετά από 25 χρόνια μακριά από τον αθλητισμό, ο πρώην πρωταθλητής της Φόρμουλα 2 Τζόνθαν Πάλμερ, διέταξε την επανάληψη αυτής της κατηγορίας και πάλι, η οποία είναι επίσημα εγγεγραμμένη ως πρωτάθλημα κατηγορίας Φόρμουλα 2.

1.3.2 Αγώνες αυτοκινήτων τουρισμού

Οι αγώνες αυτοκινήτων τουρισμού είναι ένας γενικός όρος για έναν αριθμό ξεχωριστών αγώνων αυτοκινήτου, με τροποποιημένα αυτοκίνητα δρόμου σε μεγάλο βαθμό. Είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στην Αργεντινή, την Αυστραλία, τη Γερμανία, την Ιαπωνία, τη Σκανδιναβία και τη

Βρετανία.Ενώ οι κανόνες διαφέρουν από χώρα σε χώρα,οι περισσότερες σειρές απαιτούν οι οδηγοί να ξεκινούν με ένα τυπικό κέλυφος αμαξώματος,αλλά σχεδόν κάθε άλλο στοιχείο επιτρέπεται να είναι ιδιαίτερα τροποποιημένο για συμμετοχή σε αγώνες, συμπεριλαμβανομένων κινητήρων, φρένων, αναρτήσεων, ζαντών και ελαστικών. Τα αεροδυναμικά βοηθήματα συνήθως προστίθενται στο εμπρός και πίσω μέρος των αυτοκινήτων.Οι αγώνες συχνά είναι πλήρους επαφών λόγω των μικρών διαφορών στην ταχύτητα και μεγάλων δικτύων.Τα κυριότερα πρωταθλήματα αυτοκινήτων τουρισμού που πραγματοποιούνται σε όλο τον κόσμο είναι το V8 Supercars (Αυστραλία),το British Touring Car Championship (BTCC),η Deutsche Tourenwagen Masters (DTM) και το Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Αυτοκινήτων Τουρισμού (WTCC).Το Ευρωπαϊκό Κύπελλο Αυτοκινήτων Τουρισμού (ETCC) είναι μια ημερίδα ανοικτή σε αυτοκίνητα τουρισμού προδιαγραφών Super 2000 από πολλά εθνικά πρωταθλήματα της Ευρώπης.

1.3.3 Αγώνες ράλι

Τα πρωταθλήματα αγώνων ράλι σε διεθνές και εθνικό επίπεδο περιλαμβάνουν δύο κατηγορίες παραγωγής αυτοκινήτων βασισμένες σε επικυρωμένες δια νόμου σειρές αυτοκινήτων δρόμου,την ομάδα N και τα περισσότερο τροποποιημένα αυτοκίνητα της ομάδας A.Η κορυφαία σειρά είναι το Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Ράλι (WRC),αλλά υπάρχουν επίσης περιφερειακά πρωταθλήματα και πολλές χώρες έχουν δικά τους εθνικά πρωταθλήματα. Μερικούς διάσημους αγώνες περιλαμβάνουν το Ράλι Μόντε Κάρλο,Ράλι Αργεντινής,Ράλι Φινλανδίας και Ράλι Βρετανίας.Ένας άλλος διάσημος αγώνας ράλι (για την ακρίβεια περιγράφεται καλύτερα ως «ράλι αντοχής») είναι το Ράλι Παρίσι - Ντακάρ.Υπάρχουν επίσης πολλές μικρότερες κατηγορίες, σε συλλογικό επίπεδο,που είναι δημοφιλείς με ερασιτέχνες,συνθέτοντας το «λαϊκό» του μηχανοκίνητου αθλητισμού.Οι αγώνες Ράλι είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο μηχανοκίνητο σπορ παγκοσμίως,καθώς τα αυτοκίνητα μπορούν να αγωνιστούν σε οποιοδήποτε τύπο εδάφους.Τα αυτοκίνητα ανταγωνίζονται σε κλειστό δημόσιο οδικό δίκτυο ή παντός εδάφους περιοχές.Κατά τη διάρκεια του πραγματικού αγώνα,ο συνοδηγός διαβάζει τις σημειώσεις δυνατά (χρησιμοποιώντας σύστημα ενδοεπικοινωνίας μέσα από το κράνος) στον οδηγό,δίνοντάς τους τη δυνατότητα να ολοκληρώσουν κάθε στάδιο όσο το δυνατόν γρηγορότερα.Ο ανταγωνισμός βασίζεται σε χαμηλότερο συνολικό χρόνο που παρήλθε κατά τη διάρκεια των ειδικών διαδρομών του αγώνα, συμπεριλαμβανομένης της επιβολής κυρώσεων.

1.4 ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΕ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΙΣΤΩΝ ΑΓΩΝΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΕ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ

1.4.1 Πίστα Μεγάρων

Το αυτοκινητοδρόμιο Μεγάρων - Athens Circuit - είναι η πρώτη πίστα αυτοκινήτου που δημιουργήθηκε στην Ελλάδα στις παρυφές της πόλης των Μεγάρων.Μόλις 35 χλμ από το κέντρο της Αθήνας,5 λεπτά από την έξοδο της Αττικής Οδού στην Ελευσίνα και 700 m από το σταθμό του προαστιακού σιδηρόδρομου, έχει εύκολη πρόσβαση μέσω του ανισόπεδου κόμβου Πάχης - Μεγάρων της Νέας Εθνικής οδού Αθηνών - Κορίνθου στο 41ο χλμ.Η κατασκευή της ξεκίνησε το 1994 και η λειτουργία της το 1998. Καλύπτει 200 στρέμματα,έχει μήκος 2100 m και μέσο πλάτος 11 - 12 m στη σχάρα εκκίνησης.Στα 13 χρόνια λειτουργίας του,ο μοναδικός πολυχώρος του Athens Circuit που μπορεί να προσαρμοστεί ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε δραστηριότητας,έχει φιλοξενήσει εθνικές και διεθνείς εκδηλώσεις

εργοστασιών αυτοκινήτου και μοτοσυκλέτας μεταξύ των οποίων εκδηλώσεις της McLaren, της Prodrive, το Ferrari meeting, εκθέσεις βαρέων οχημάτων και φυσικά αγώνες ταχύτητας αυτοκινήτων και μοτοσυκλετών ελληνικών πρωταθλημάτων ακόμα και αγώνα παγκοσμίου πρωταθλήματος supermotard.

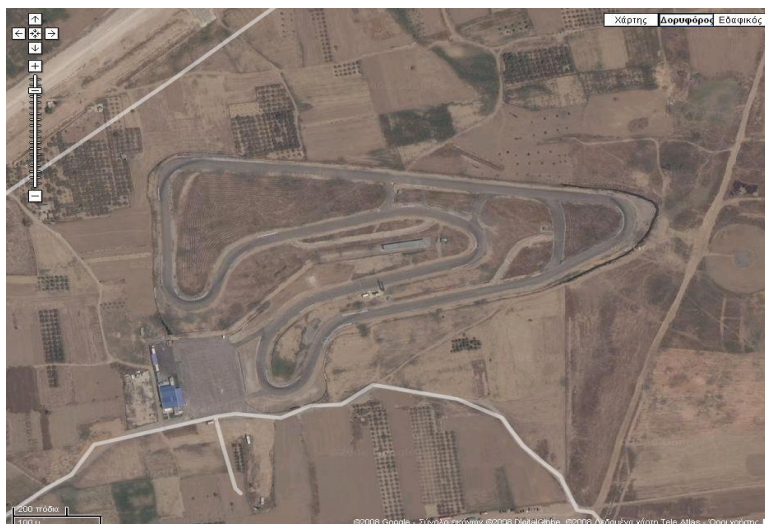


Εικόνα 1. Πίστα Μεγάρων

Η πίστα κάρτ βρίσκεται δίπλα στην μεγάλη πίστα του αυτοκινητοδρομίου Μεγάρων. Η λειτουργία της ξεκίνησε το 2006, είναι αριστερόστροφη, καλύπτει 40 στρέμματα και έχει μήκος 975 m και μέσο πλάτος 8 m. Σήμερα θεωρείται η αρτιότερη σχεδιαστικά - και κυρίως οδηγικά - πίστα κάρτ στην Ελλάδα. Το βασικότερο πλεονέκτημα σε σχέση με τις υπόλοιπες πίστες είναι πως λόγω της πολιτικής της πίστας να μην επιτρέπει τη χρήση της από αυτοκίνητα - η πίστα χρησιμοποιείται αποκλειστικά και μόνο από κάρτ - δεν μεταβάλλεται το ποσοστό της πρόσφυσης με αποτέλεσμα να διατηρούνται συνεχώς οι ιδανικές οδηγικές συνθήκες. Η συγκεκριμένη ιδιαιτερότητα, προσφέρει στις αγωνιστικές ομάδες τη μοναδική δυνατότητα να εξελίσσουν με ακρίβεια τα αγωνιστικά κάρτ, αλλά και τα οδηγικά ταλέντα των οδηγών τους.



Εικόνα 2. Πίστα Μεγάρων



Εικόνα 3. Πίστα Μεγάρων

1.4.2 Πίστα Καλαμάτας

Πρόκειται για μια από τις καλύτερες και πιο οργανωμένες πίστες του μηχανοκίνητου αθλητισμού της χώρα μας και των Βαλκανίων, που βρίσκεται στη δυτική παραλία της

Καλαμάτας.Φιλοξενεί αγώνες των Ελληνικών πρωταθλημάτων αλλά και διεθνείς συναντήσεις.



Εικόνα 4.Πίστα Καλαμάτας

1.4.3 Πίστα Αλγκάρβε (Algarve)

Η πίστα του Αλγκάρβε (Πορτογαλία) που συχνά αναφέρεται και ως πίστα Πορτιμάο (Portimao) λόγω της τοποθεσίας της έχει μήκος 4,692 χλμ, κόστισε €195.000.000 (περίπου \$250.000.000) και η κατασκευή της ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 2008.Περιλαμβάνει επίσης πίστα κάρτ,τεχνολογικό πάρκο,ξενοδοχείο πέντε αστέρων,αθλητικό συγκρότημα και διαμερίσματα.



Εικόνα 5. Πίστα Αλγκάρβε



Εικόνα 6. Πίστα Αλγκάρβε



Εικόνα 7. Πίστα Αλγκάρβε

1.4.4 πίστα Μόντσα (Monza)

Η πίστα κατασκευάστηκε το 1922 και ως το 1929 πραγματοποιήθηκαν και οι πρώτοι αγώνες. Μετά από ένα δυστύχημα κατασκευάστηκαν και εναλλακτικές πίστες. Το 1948 άρχισαν και πάλι οι αγώνες έπειτα από τη διακοπή του παγκοσμίου πολέμου. Το 1955 αποφασίστηκε η κατασκευή μίας νέας ταχύτερης πίστας που θα περιλάμβανε και 2 μόνιμα σικέιν και στροφές υπό κλίση. Όμως το 1972 εκτιμήθηκε ότι σικέιν και άλλες παραλλαγές έπρεπε να αφαιρεθούν για τη μείωση της υψηλής ταχύτητας αφού ξεκίνησε και η κατασκευή φτερών στα μονοθέσια. Το 1980 προστέθηκαν και επιπλέον εργασίες για τον εκσυγχρονισμό της πίστας και στα τέλη αυτής της δεκαετίας κατασκευάζεται το νέο συγκρότημα των πιτ καθώς επίσης γίνονται και παρεμβάσεις για την ασφάλεια της πίστας καθιστώντας την σε μία από τις πιο μοντέρνες του κόσμου όπως τη γνωρίζουμε σήμερα με τελευταία προσθήκη νέων κτιρίων για τη φιλοξενία των θεατών και κάποιους άλλους τεχνολογικούς εκσυγχρονισμούς. Όσο αφορά την πίστα έχει μήκος 5,793 χλμ, 10 - 12 m μέγιστο πλάτος οδοστρώματος, είναι δεξιόστροφη και αποτελείται από 11 στροφές.



Εικόνα 8. Πίστα Μόντσα

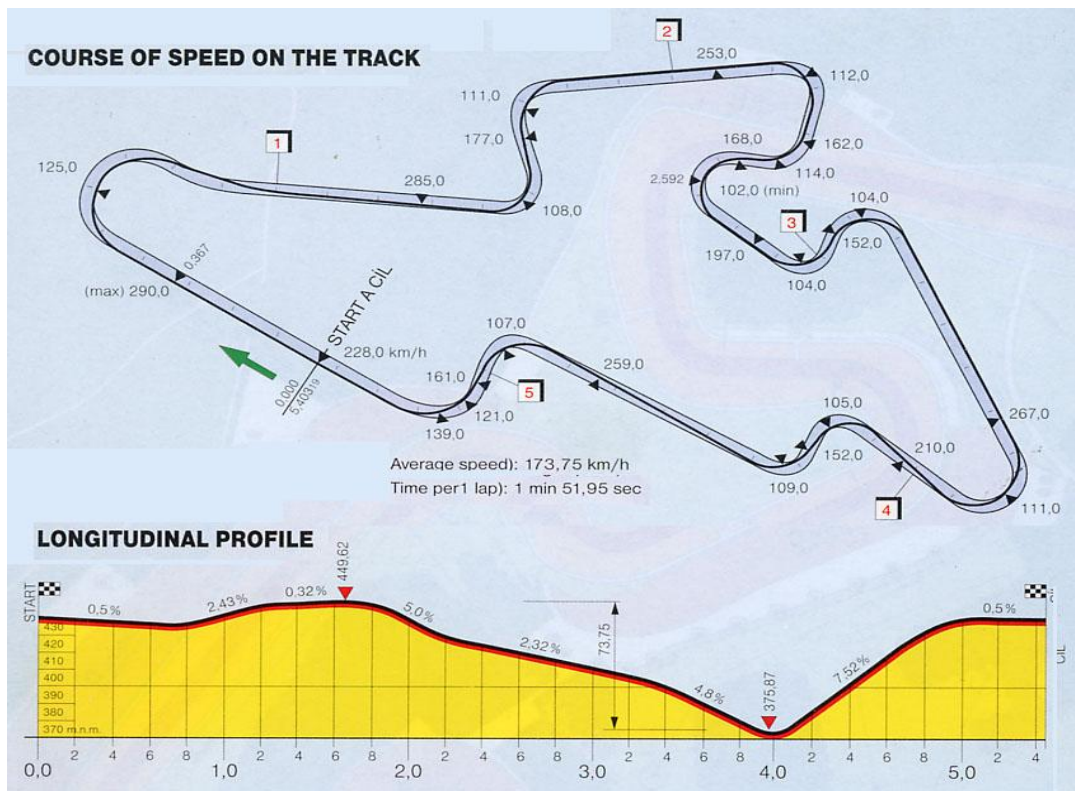
1.4.5 Πίστα Μπρνό (Brno)

Η σημερινή μόνιμη πίστα άνοιξε το 1987. Βρίσκεται βόρεια της Kyvalka, εντός των ορίων της πίστας που χρησιμοποιούνταν στη δεκαετία του 1930, αλλά δεν περιλαμβάνει οτιδήποτε από το δημόσιο οδικό δίκτυο. Το 1988 πραγματοποιήθηκε αγώνας για το παγκόσμιο

πρωτάθλημα σπορ αυτοκινήτων, ενώ το 2006 έλαβε χώρα ένας αγώνας της σειράς A1 Grand Prix. Ο αγώνας μοτοσικλετών έχει μεταφερθεί στη νέα πίστα και ανέκτησε τη θέση της ως ένας αγώνας του παγκοσμίου πρωταθλήματος. Η πίστα έχει μήκος 5,403 χλμ, πλάτος οδοστρώματος 15 m, διαθέτει επίσης 14 στροφές (8 δεξιές και 6 αριστερές).



Εικόνα 9. Πίστα Μπρνο



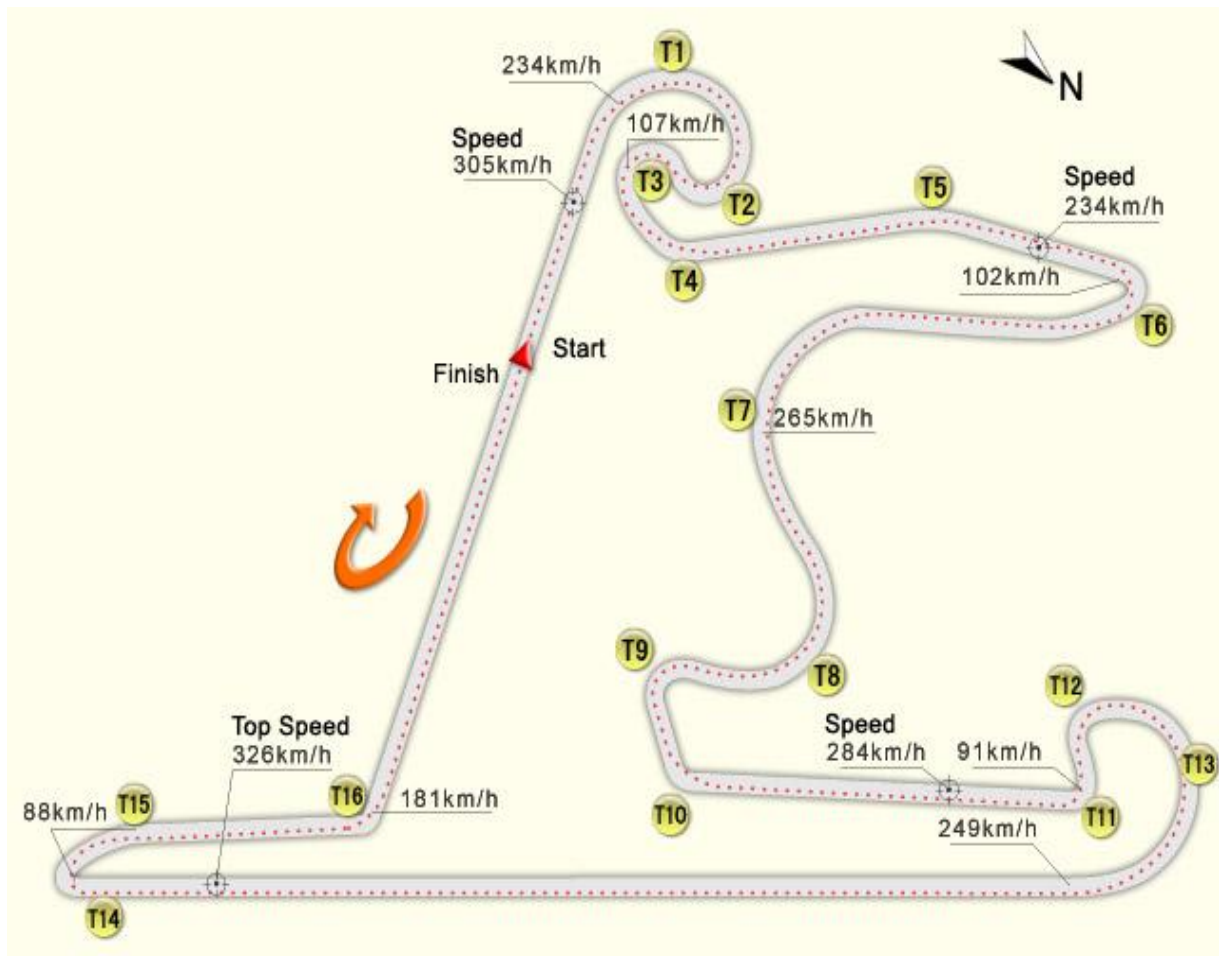
Εικόνα 10. Πίστα Μπρνο - απεικόνιση υψομέτρων και εναλλαγών ταχύτητας



Εικόνα 11. Πίστα Μπρνο

1.4.6 πίστα Σανγκάη (Shanghai)

Η πίστα της Σανγκάη κατασκευάστηκε το 2004, φιλοξενεί αγώνες αυτοκινήτων σε ετήσια βάση, έχει μήκος 5,45 χλμ, αποτελείται από 16 στροφές και κόστισε \$450.000.000 περίπου. Η πίστα χρηματοδοτήθηκε από την κυβέρνηση σε κοινοπραξία με μία εταιρεία. Πραγματοποιούνται πολλές εκδηλώσεις όπως αγώνες του παγκόσμιου πρωταθλήματος μοτοσικλετών, αγώνες του A1 Grand Prix, το πρωτάθλημα V8 Supercars και αγώνες Φόρμουλα. Η πίστα είναι σχηματισμένη σύμφωνα με τον κινέζικο χαρακτήρα «shang», που σημαίνει ψηλά ή πάνω. Άλλα σύμβολα που παρουσιάζονται στο κινέζικο σιρκοού από αρχιτεκτονικής άποψης προέρχονται από την κινεζική ιστορία, όπως τα κτίρια των ομάδων που είναι διατεταγμένα σαν κιόσκια σε μια λίμνη για να μοιάζουν με την αρχαία Yuyan - Garden της Σανγκάη.



Εικόνα 12. Πίστα Σανγκάη - απεικόνιση εναλλαγών ταχύτητας και αριθμός στροφών



Εικόνα 13. Πίστα Σανγκάη

1.4.7 πίστα Νίρμπουργκρινγκ (Nurburgring)

Η κατασκευή της διάσημης πίστας αγώνων του Nurburgring πολλές φορές αναφέρεται και ως «πράσινη κόλαση» και ξεκίνησε στις 27 Σεπτεμβρίου του 1925. Το Nurburgring, γνωστό και ως «the ring» από τους θαυμαστές τους, είναι μία πίστα αγώνων για μηχανοκίνητα οχήματα στη Νυρεμβέργη, ενώ το χαϊδευτικό «πράσινη κόλαση» δόθηκε από τον Τζάκι Στιούαρτ και θεωρείται η πιο επικίνδυνη και απαιτητική πίστα αγώνων του κόσμου. Η πρώτη σχεδίαση ξεκίνησε για την ανάδειξη της γερμανικής πρωτοπορίας στη μηχανική και το αγωνιστικό ταλέντο των οδηγών της. Η κατασκευή της πίστας ξεκίνησε το 1925. Μετά το 2^ο παγκόσμιο πόλεμο οι αγώνες αναβίωσαν και πάλι τη δεκαετία του '50. Το 1927 ολοκληρώθηκαν οι εργασίες και ξεκίνησε ο πρώτος αγώνας GP. Ολόκληρη η πίστα αποτελούνταν από 174 στροφές πριν τις αλλαγές του 1971 και πλάτος 7 - 8 m. Το 1939, ολόκληρη η πίστα χρησιμοποιήθηκε για τελευταία φορά, μιάς και έκτοτε θα χρησιμοποιούνταν μόνο τμήματά της, το GP θα διεξαγόταν στο βόρειο τμήμα ενώ οι αγώνες μοτοσικλέτας στο ασφαλέστερο νότιο τμήμα. Το 1953, παρουσιάστηκε ο αγώνας ADAC δηλαδή 1000 χλμ Nurburgring, ένας αγώνας αντοχής αλλά ταυτόχρονα και αγώνας που μετρούσε στο παγκόσμιο πρωτάθλημα για δεκαετίες. Το 24 hours Nurburgring για αγωνιστικά αυτοκίνητα τύπου touring προστέθηκε το 1970. Μέχρι το τέλος της δεκαετίας του '60 η πίστα όπως και πολλές άλλες είχαν γίνει επικίνδυνες για τη νέα γενιά οχημάτων της Φόρμουλα. Έτσι, το 1967 προστέθηκε σικέιν (ζιγκ - ζαγκ) πριν την ευθεία εκκίνησης - τερματισμού για να χαμηλώσει τις ταχύτητες εισόδου στα πιτ. Αυτό επιμήκυνε την πίστα κατά 25 m. Το 1970, μετά τη μοιραία σύγκρουση του Piers Courage, οι οδηγοί αποφάσισαν να μπούκοτάρουν την πίστα εκτός κι αν γίνονταν μεγάλες αλλαγές όπως σε άλλες πίστες την προηγούμενη χρονιά. Οι αλλαγές αυτές όμως απαιτούσαν χρόνο και το γερμανικό GP μετακόμισε στο Hockenheim που είχε τροποποιηθεί. Η νέα πίστα του Nurburgring

ολοκληρώθηκε το 1984 και ονομάστηκε GP - Strecke, έχοντας τα μεγαλύτερα μέτρα ασφαλείας, αλλά χωρίς τον άγριο χαρακτήρα του παρελθόντος. Μερικοί φανατικοί οπαδοί της παλιάς πίστας την ονομάζουν με διάφορα υποτιμητικά ονόματα πιστεύοντας ότι δεν αξίζει να φέρει τον ιστορικό τίτλο του Nurburgring. Για τον εορτασμό των εγκαινίων της νέας πίστας αγωνίστηκαν στις 12 Μαΐου 1984 πολλοί μεγάλοι οδηγοί της εποχής. Στην πίστα διοργανώνονται εκτός των παγκόσμιων πρωταθλημάτων και οι αγώνες DTM, αγώνες μοτοσικλετών και κάποιοι νέοι τύποι αγώνων όπως αγώνες φορτηγών και αγώνες ιστορικών οχημάτων.



Εικόνα 14. Πίστα Νίρμπουργκρινγκ - απεικόνιση και ονοματολογία στροφών πίστας



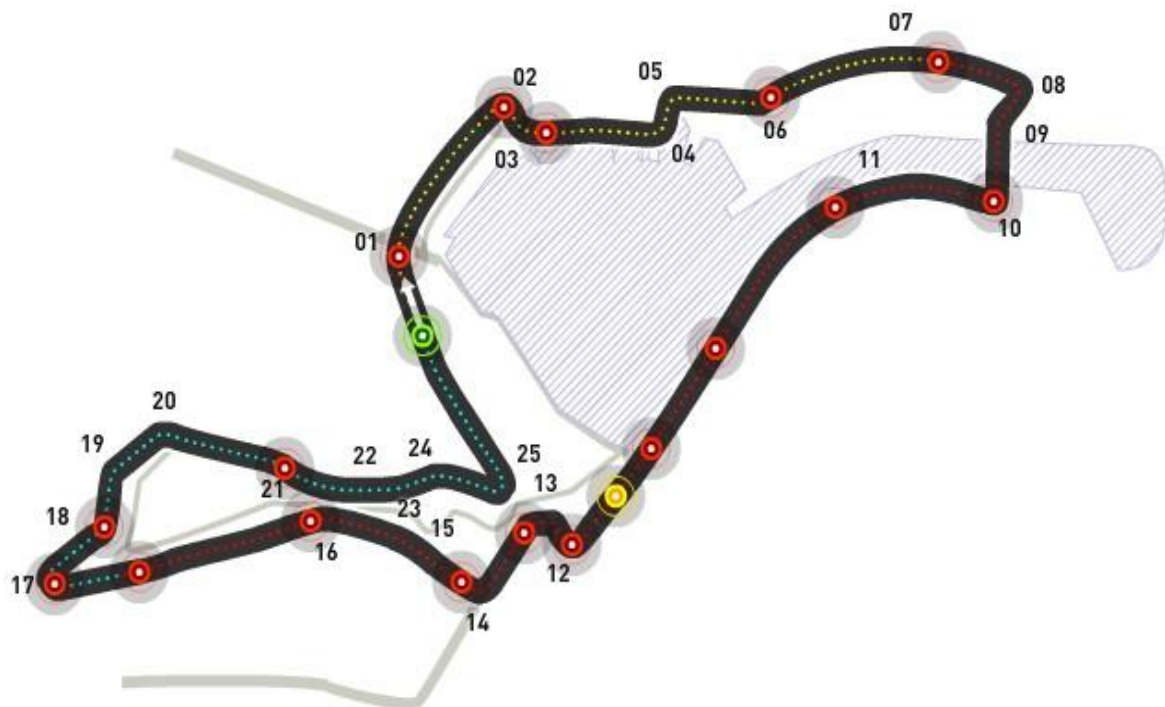
Εικόνα 15.Πίστα Νίμπουργκρινγκ

1.4.8 πίστα Βαλένθια (Valencia)

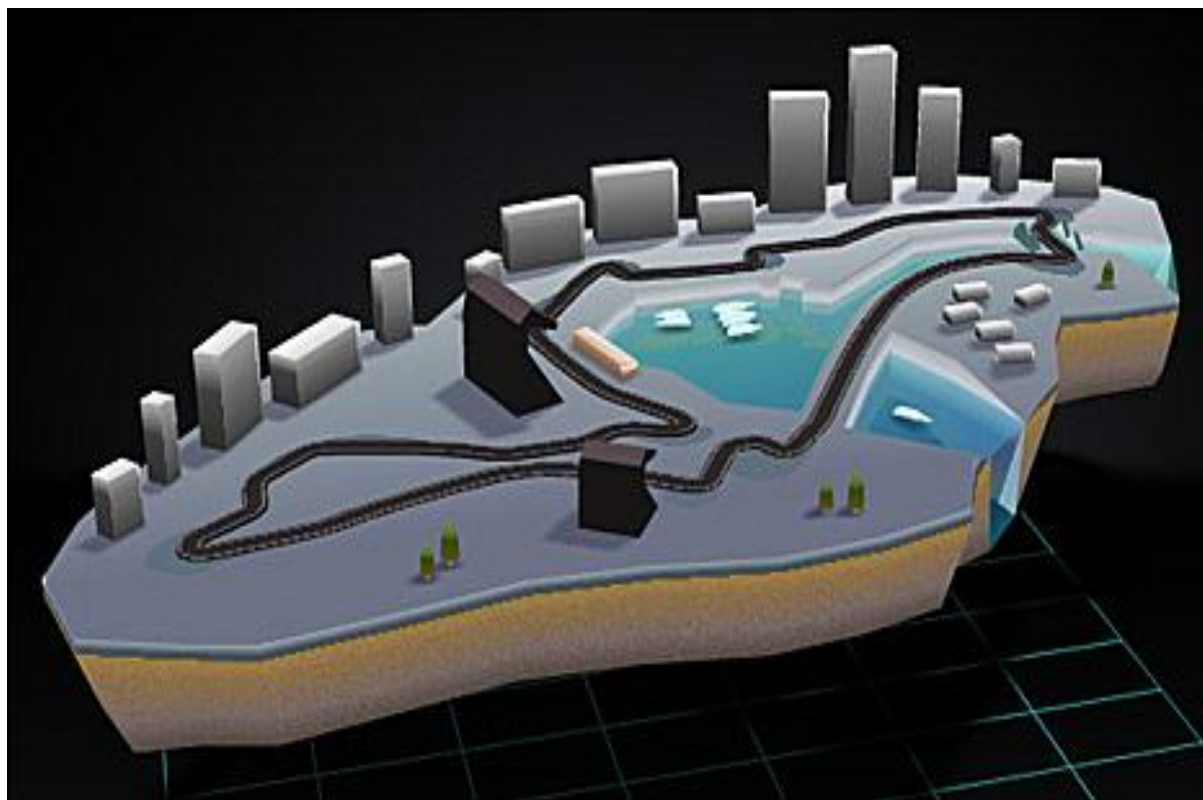
Η πίστα χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά τον Ιούλιο του 2008, φιλοξενώντας έναν αγώνα του πρωταθλήματος F3 και το Διεθνές Οπεν GT, ενώ ένα μήνα αργότερα φιλοξένησε και Grand Prix της F1. Η πίστα έχει μήκος 5,42 χλμ, περιλαμβάνει συνολικά 25 στροφές (11 δεξιόστροφες, 14 αριστερόστροφες), πλάτος οδοστρώματος 14 m, δεν ευνοεί τα προσπεράσματα, παρά το ότι είναι πίστα σε κοινό δρόμο, οι προδιαγραφές και η ασφάλειά της είναι η ίδια με μία κλασσική πίστα, υπάρχουν ζώνες απορροής για τις στροφές και ασφάλτινα ερείσματα δεξιά και αριστερά της πίστας. Η επιφάνεια ασφάλτου που χρησιμοποιείται φτιάχνεται από τροποποιημένη πίσσα (άσφαλτο) με ισχυρή αντίσταση στην οριζόντια τριβή όπως εφαρμόζεται και στην επιφάνεια των πιστών αγώνων. Έχει επίσης συνήθη συστήματα αποστράγγισης και εν αντιθέσει με τους υπόλοιπους δρόμους της πόλης δεν έχει καθόλου εσχάρες ομβρίων.



Εικόνα 16. Πίστα Βαλένθια - πανοραμική θέα σχεδιασμού



Εικόνα 17. Πίστα Βαλένθια - απεικόνιση αριθμού στροφών



Εικόνα 18. Πίστα Βαλένθια - τρισδιάστατη απεικόνιση σχεδιασμού

1.4.9 πίστα Μανικούρ (Magny - Cours)

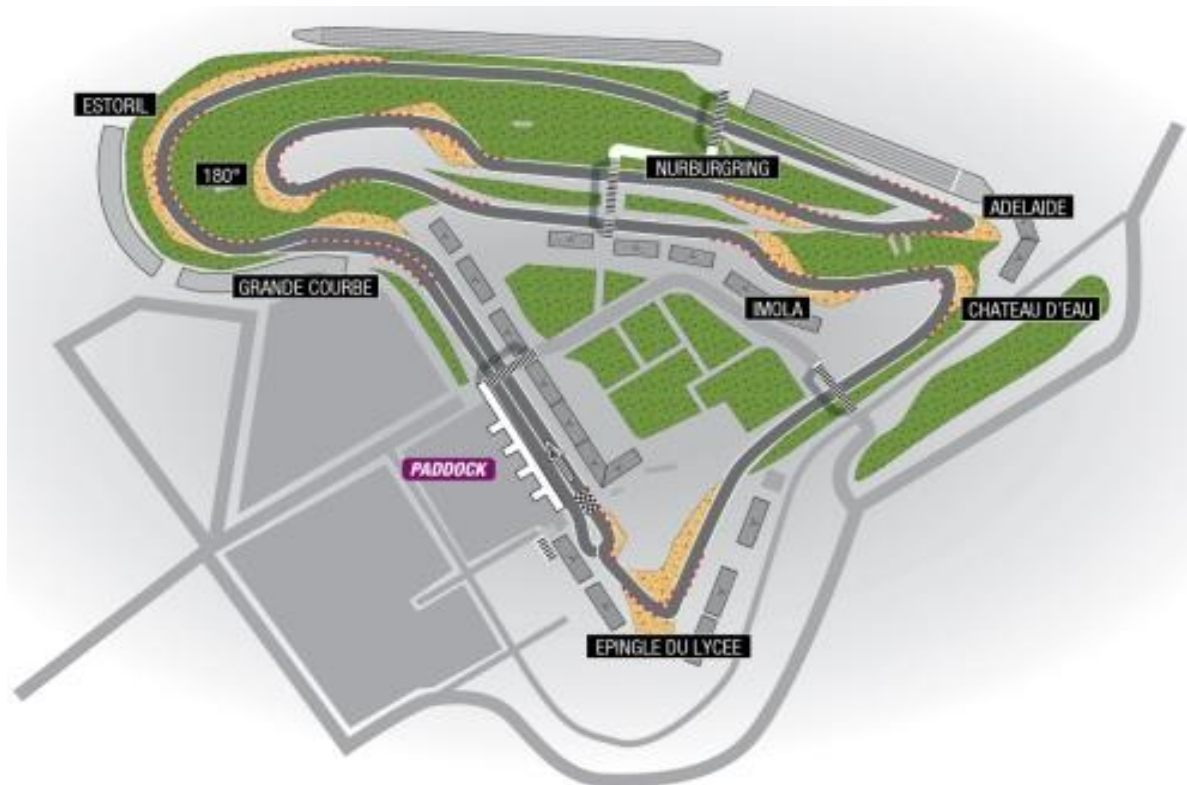
Η πίστα του Μανικούρ κατασκευάστηκε το 1960 και φιλοξένησε αγώνες ως το 2008. Ωστόσο, τη δεκαετία του 1980 η πίστα έπεσε σε παρακμή και δεν χρησιμοποιούνταν για διεθνείς αγώνες αυτοκινήτων μέχρις ότου αγοράστηκε από μία επαρχία της Γαλλίας. Η πίστα δεν παρέχει πολλές ευκαιρίες προσπέρασης, κάτι που σημαίνει ότι οι αγώνες δεν παρέχουν και τόσο σπουδαίες προκλήσεις. Το 2003, η τελική γωνία και το σικέιν άλλαξαν σε μια προσπάθεια να αυξηθούν τα προσπεράσματα, με μικρή επίδραση όμως. Η πίστα είναι σήμερα σύγχρονη, ομαλή και με καλές εγκαταστάσεις για τις ομάδες και τους θεατές.



Εικόνα 19. Πίστα Μανικούφ



Εικόνα 20. Πίστα Μανικούφ



Εικόνα 21. Πίστα Μανικούρ - ειδικά χαρακτηριστικά

1.4.10 πίστα Σεπάνγκ (Sepang)

Η πίστα της Sepang είναι η πιο μοντέρνα του κόσμου και πολύ δημοφιλής ανάμεσα στους οδηγούς και τις ομάδες. Είναι η 2η μεγαλύτερη σε μήκος, αλλά και η πιο πλατιά με 16 m μέσο πλάτος όμως σε κάποια σημεία φτάνει ακόμα και τα 21 m, ενώ οι στροφές της είναι από κλειστές έως αρκετά ανοικτές, με δύο πολύ γρήγορες ευθείες, που υποβάλλουν σε έντονα φρεναρίσματα τους οδηγούς. Η πίστα έχει 15 στροφές, 10 δεξιές και 5 αριστερές και μήκος 5,54 χλμ. Εκτός από την κλασική διαδρομή, υπάρχει η δυνατότητα μετατροπής της πίστας σε δύο εναλλακτικές διαδρομές με μήκος 2,61 και 2,71 χλμ. Από το 1999 μέχρι και σήμερα διεξάγονται αγώνες της Φόρμουλας 1 και αγώνες του παγκοσμίου πρωταθλήματος μοτοσυκλέτας όπως και άλλοι μικρότεροι τοπικοί αγώνες.



Εικόνα 22. Πίστα Σεπάνγκ - στροφές και συνδυασμός ταχύτητας σε αναλογία σχέσεων κιβωτίου



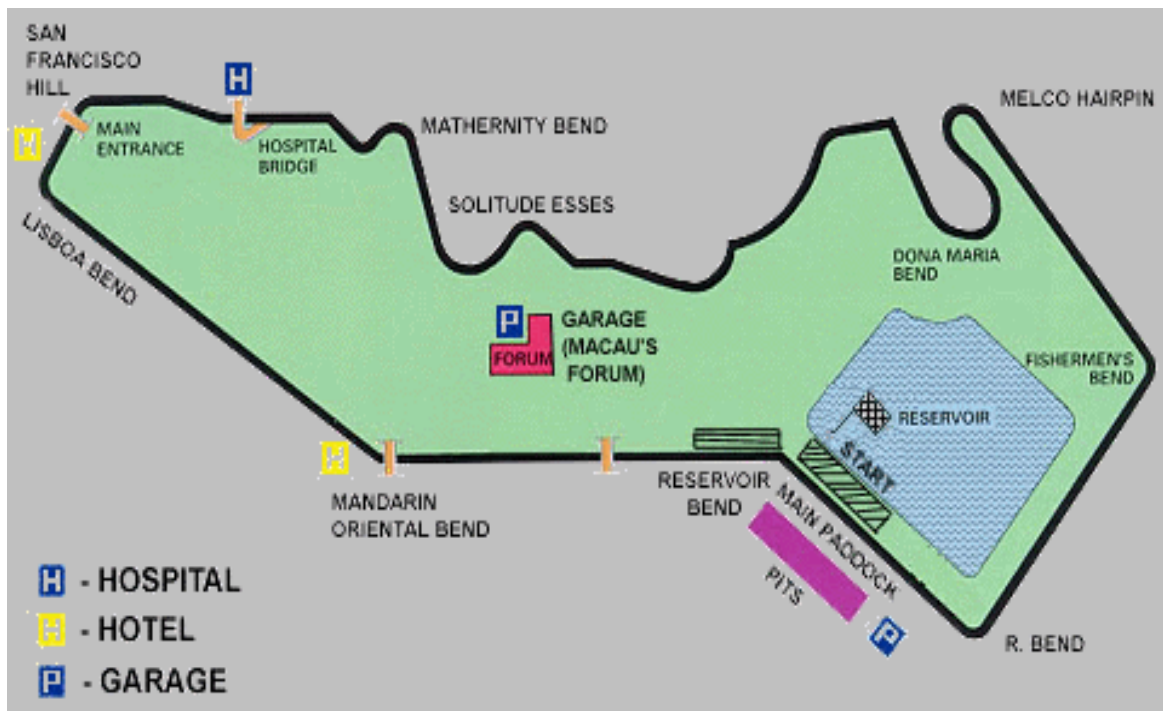
Εικόνα 23. Πίστα Σεπάνγκ



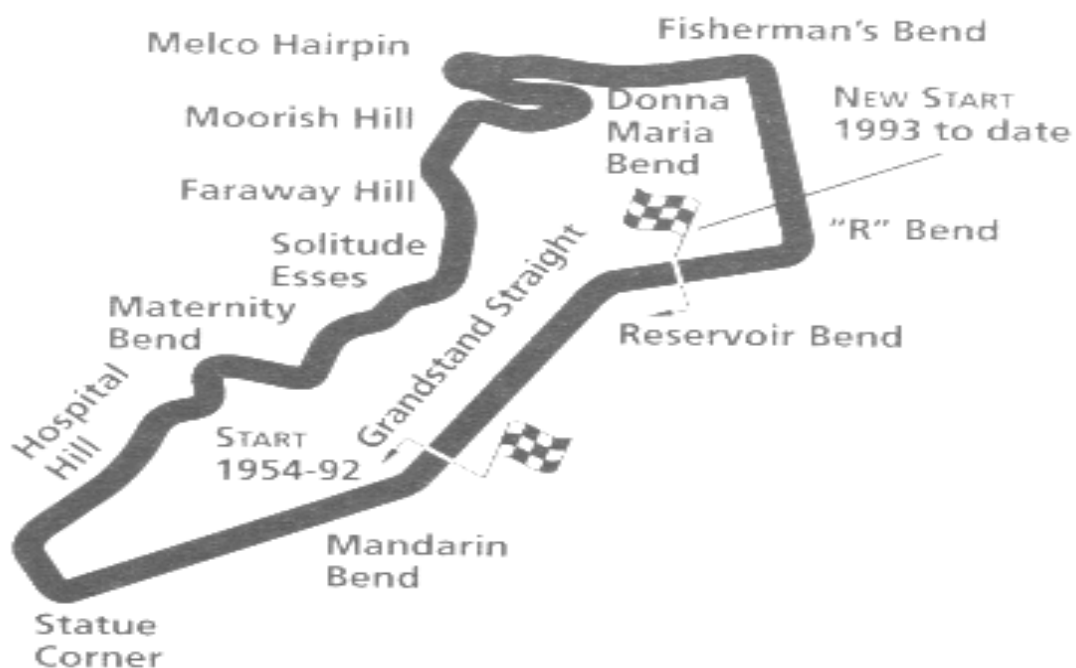
Εικόνα 24.Πίστα Σεπάνγκ

1.4.11 πίστα Μακάο (Macau)

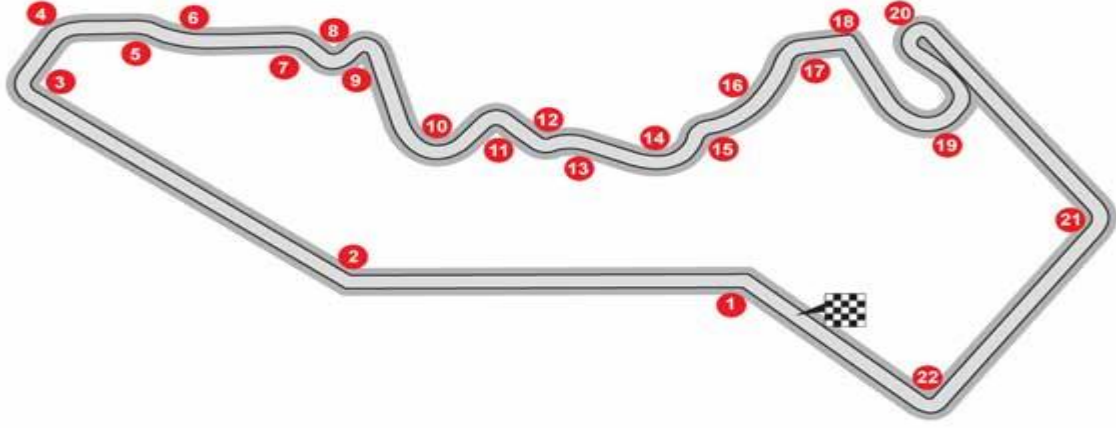
Το Μακάο, μία από τις ειδικές διοικητικές περιφέρειες της Κίνας, φιλοξενεί ετησίως αγώνες μονοθεσίων Φόρμουλα και αυτοκινήτων τουρισμού καθώς επίσης και αγώνες μοτοσικλετών διαφόρων κατηγοριών. Είναι η μόνη πίστα αγώνων σε δρόμους πόλης στην οποία διεξάγονται τόσο κατηγορίες αυτοκινήτων όσο και κατηγορίες μοτοσικλετών. Λόγω του δύσκολου χαρακτήρα της πίστας, η οποία αποτελείται από ένα συνδυασμό γρήγορων ευθειών, κλειστών στροφών και προστατευτικών μπαρών, είναι γνωστή ως μία από τις πιο απαιτητικές πίστες στον κόσμο. Επίσης έχει μήκος 6,2 χλμ και ελάχιστο πλάτος 7 m. Είχε σχεδιαστεί το 1954 ως ένα κυνήγι θησαυρού στους δρόμους της πόλης, αλλά λίγο μετά προτάθηκε ότι θα μπορούσε να φιλοξενήσει επαγγελματικές αγωνιστικές εκδηλώσεις για τοπικούς αγώνες αυτοκινήτων. Η πίστα συνεχίστηκε ως ερασιτεχνική μέχρι το 1966, όταν ένας Βέλγος οδηγός άρχισε τον αγώνα με ένα αυτοκίνητο της Renault για την προώθηση της εικόνας της στο Χόνγκ Κόνγκ. Ο πρώτος αγώνας μοτοσικλετών πραγματοποιήθηκε το 1967 και κατά το έτος αυτό η πρώτη μοιραία τραγωδία χτύπησε την κούρσα όταν ένας οδηγός σκοτώθηκε χάνοντας τον έλεγχο του αυτοκινήτου του. Το δυστύχημα αυτό αύξησε τον κώδωνα του κινδύνου για περισσότερη βελτίωση της ασφάλειας της πίστας. Ο πρώτος αγώνας για αυτοκίνητα τουρισμού πραγματοποιήθηκε το 1972.





Εικόνα 25. Πίστα Μακάο - ειδικά χαρακτηριστικά



Εικόνα 26. Πίστα Μακάο - ονοματολογία στροφών







Address :
Circuito Da Guia, 1st Floor
Edifício do Grande Premio
Avenida da Amizade, Macau
Tel: +853 796 2268
Fax: +853 727 309
Web : www.macau.grandprix.gov.mo

■ Guia Circuit, Macau ■ Circuit Length : 6.120 km

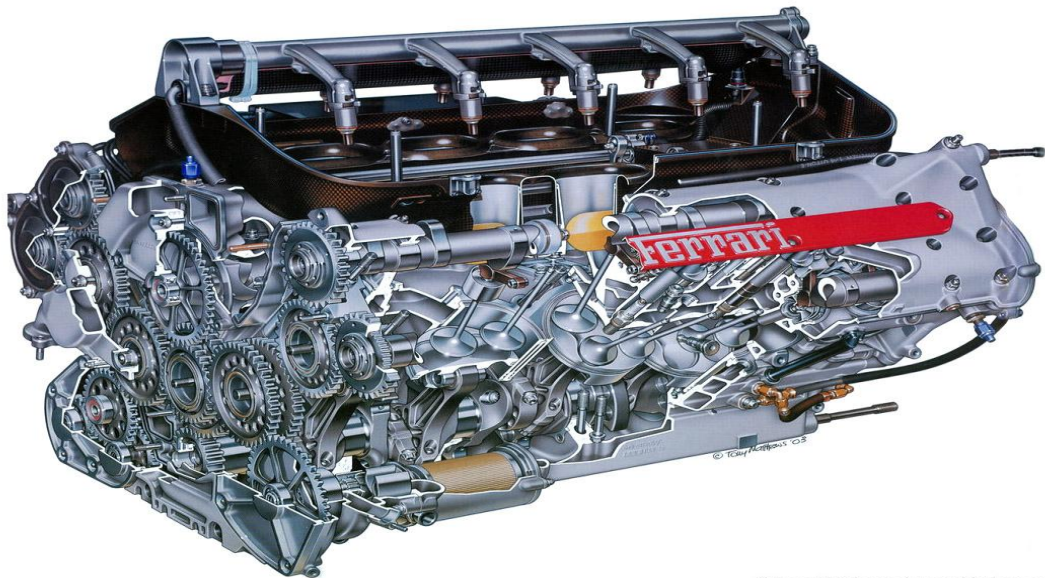
Εικόνα 27. Πίστα Μακάο - αριθμός στροφών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ - ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ

2.1 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΦΟΡΜΟΥΛΑ (ΜΟΝΟΘΕΣΙΑ)

2.1.1 Προδιαγραφές κινητήρων

Μέχρι το 2005 οι κινητήρες των μονοθεσιών στη F1 ήταν V10 3,0 λίτρων. Το 2006 η FIA ανακοίνωσε τη μετάβαση από τους 3λίτρους V10 σε V8 2,4 λίτρων. Πολλοί ήταν οι κατασκευαστές που προχώρησαν, ουσιαστικά, στην κατάργηση 2 κυλίνδρων από τους υφιστάμενους 3λίτρους και στη δημιουργία έτσι των V8 2,4 λίτρων. Δεν ήταν, όμως, μόνο αυτές οι αλλαγές στη F1 τα τελευταία χρόνια. Το 2005 και το 2006 κάθε κινητήρας έπρεπε να αντέχει για δύο αγώνες, δηλαδή πάνω από 800 km. Το 2009 η απόσταση αυτή αυξήθηκε σε περίπου 1300 χλμ όταν η FIA ανακοίνωσε ότι θα επέτρεπε τη χρήση μόνο 8 κινητήρων για ολόκληρη τη σεζόν. Οι κατασκευαστές κινητήρων επικεντρώθηκαν έτσι στην αξιοπιστία προσέχοντας την αντοχή των βαλβίδων εξαγωγής, των εμβόλων και των εδράνων. Αυτό επιτεύχθηκε κατά μεγάλο μέρος με την επικάλυψη των εξαρτημάτων με ένα λεπτό αλλά απίστευτα ανθεκτικό στρώμα DLC (αδαμαντοειδούς άνθρακα) που προστατεύει από τη φθορά. Μπορεί επίσης να αυξήσει τη μηχανική αντοχή και το χρόνο αποθήκευσης των εξαρτημάτων. Η διάρκεια ζωής των εμβόλων αυξήθηκε και χάρη στον ψεκασμό τους με λάδι, ενώ εξελίχθηκαν και ισχυρά λιπαντικά για τη προστασία των εδράνων.



© Tony Matthews / www.khulsey.com

Εικόνα 28. Κινητήρας μονοθεσίου

Στις 18.000 rpm, τα έμβολα του κινητήρα ανεβοκατεβαίνουν στους κυλίνδρους με λίγο πάνω από 3 millisecond και πιάνουν μέγιστη ταχύτητα 40 m/sec (144 km/h). Για να φτάσουν αυτήν την ταχύτητα και να σταματούν σε τόσο λίγο χρόνο υποβάλλονται σε επιταχύνσεις 8.600 g. Αυτό σημαίνει ότι κάνουν τα 0-100 km/h σε περίπου 0,0005 δευτερόλεπτα. Η μπιέλα μακραίνει κατά 0,3 - 0,4 mm επιβραδύνοντας το έμβολο. Το ίδιο το έμβολο, με την καύση δέχεται μέγιστη φόρτιση περίπου 6 tn. Ο κινητήρας καταναλώνει 3,75 λίτρα βενζίνης ανά λεπτό. Η ογκομετρική απόδοσή του, δηλαδή η ικανότητα να ρουφάει αέρα, ξεπερνά το

120%. Άρα ο κάθε κύλινδρος των 300 cc αναρροφά πάνω από 360 cc αέρα στη φάση της εισαγωγής. Πολλαπλασιάζοντας το νούμερο αυτό με τις 18.000 rpm, προκύπτει ότι για κάθε λεπτό λειτουργίας ενός κινητήρα V8 2,4 λίτρων απαιτούνται 51.840 λίτρα αέρα. Οι βαλβίδες έχουν μάζα 50 gr η μία, αλλά επειδή ανοιγοκλείνουν 150 φορές το λεπτό δέχονται 10.000 g, οπότε έχουν φαινόμενο βάρος 500 kg. Η ECU που ελέγχει τον κινητήρα μπορεί να επεξεργάζεται 215.000.000 εντολές το δευτερόλεπτο. Η ίδια μονάδα επεξεργάζεται και 73.000.000 εντολές το δευτερόλεπτο για το πλαίσιο του μονοθεσίου. Άρα μιλάμε για μία ECU που επεξεργάζεται 288.000.000 εντολές σε ένα και μόνο δευτερόλεπτο. Και όλα αυτά σε πολύ μικρές διαστάσεις. Ο κινητήρας ενός μονοθεσίου ζυγίζει μόλις 95 kg, 10 κιλά λιγότερο από μία μοτοσυκλέτα 1000 cc.



Εικόνα 29. Αριστερά έμβολα κινητήρα - Δεξιά κλειδί εμβόλων

2.1.2 Αεροδυναμική

Στο φτερό ενός αεροπλάνου, η επάνω περιοχή είναι περισσότερο καμπύλη από την κάτω, έτσι ώστε ο αέρας εκεί να κινείται ταχύτερα και να δημιουργεί μια περιοχή χαμηλής πίεσης σύμφωνα με την αρχή του Bernoulli. Η διαφορά πίεσης μεταξύ της επάνω και της κάτω περιοχής, δημιουργεί μια δύναμη (άντωση) η οποία πιέζει το φτερό προς τα επάνω. Οι πτέρυγες σε ένα μονοθέσιο της F1 λειτουργούν με βάση την ίδια αρχή όπως τα φτερά ενός αεροπλάνου, αν και είναι τοποθετημένα ανάποδα. Με αυτόν τον τρόπο οι δυνάμεις πιέζουν προς τα κάτω (αρνητική άντωση) και το μονοθέσιο κολλάει στον ασφαλτοτάπητα. Μάλιστα, οι δυνάμεις αυτές είναι τόσο ισχυρές που από μια ταχύτητα και πάνω ένα μονοθέσιο θα μπορούσε να κινείται στην οροφή μιας σήραγγας. Καθώς ο αέρας κινείται γύρω από το μονοθέσιο παράγεται ακόμα μια δύναμη, η αεροδυναμική αντίσταση ή οπισθέλκουσα. Η δύναμη αυτή ενεργεί επάνω σε όλες τις επιφάνειες αντίθετα προς την κατεύθυνση του μονοθεσίου. Έχει αποδειχτεί ότι το καλύτερο σχήμα για να αντιμετωπιστεί η αεροδυναμική αντίσταση είναι το σχήμα πτέρυγας με ουδέτερο σχήμα, δηλαδή μια πτέρυγα με ίδια καμπυλότητα επάνω και κάτω. Ένας ακόμα πονοκέφαλος για τους αεροδυναμιστές είναι η αποκόλληση της τυρβώδους ροής δηλαδή οι στροβιλισμοί του αέρα. Οι στροβιλισμοί αυτοί όταν παρουσιάζονται πίσω από τις αεροδυναμικές επιφάνειες παράγουν πρόσθετη αεροδυναμική αντίσταση.

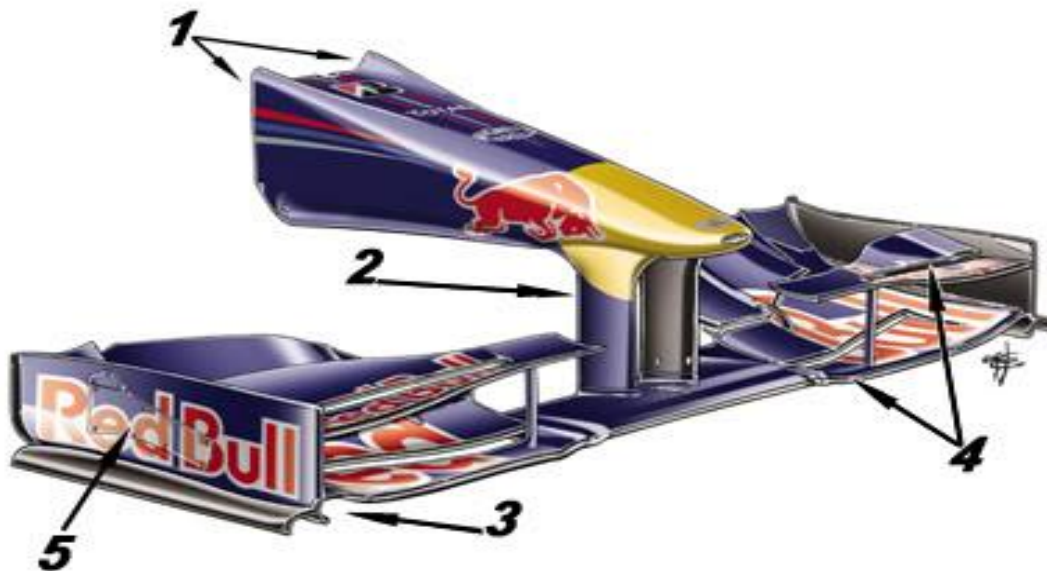
Περίπου το 30% της συνολικής αρνητικής άντωσης δημιουργείται από τη συστοιχία των πίσω αεροτομών. Αυτή η συστοιχία, αν και ζυγίζει μόλις 7 kg δημιουργεί δυνάμεις πάνω από

1000 Nt.Καθώς οι πίσω αεροτομές δημιουργούν ταυτόχρονα και την περισσότερη αεροδυναμική αντίσταση, οι μηχανικοί πρέπει να βρουν την κατάλληλη ισορροπία για κάθε πίστα μεταξύ της επιθυμητής αρνητικής άντωσης και της ανεπιθύμητης αεροδυναμικής αντίστασης.Έτσι, σε πίστες όπου η ταχύτητα είναι πιο σημαντική από το κράτημα στις στροφές, οι πίσω πτέρυγες ρυθμίζονται με μικρή γωνία.Αντίθετα,σε πίστες όπου οι στροφές είναι πολλές και η ταχύτητα μικρότερη, οι πίσω πτέρυγες ρυθμίζονται σε μεγάλη γωνία.Το πίσω φτερό αποτελείται από δύο αεροτομές που συνδέονται μεταξύ τους με τα πλαϊνά.Η επάνω αεροτομή αποτελείται από τρία το πολύ στοιχεία σύμφωνα με τους νέους κανονισμούς, δημιουργεί την περισσότερη κάθετη δύναμη και αλλάζει από πίστα σε πίστα.Η κάτω αεροτομή αποτελείται από ένα στοιχείο.Πέρα από την κάθετη δύναμη που δημιουργεί η ίδια,δημιουργεί και μια περιοχή χαμηλής πίεσης κάτω από αυτή,η οποία διευκολύνει την λειτουργία του διαχυτή (diffuser).Τα πλαϊνά τμήματα δε χρησιμεύουν μόνο στο να συνδέουν τα στοιχεία μεταξύ τους, αλλά δημιουργούν ένα είδος αεροδυναμικού "κουτιού" που δεν αφήνει τον αέρα να ξεφύγει προς τα πλάγια, μεγιστοποιώντας έτσι τη ζώνη υψηλών πιέσεων.

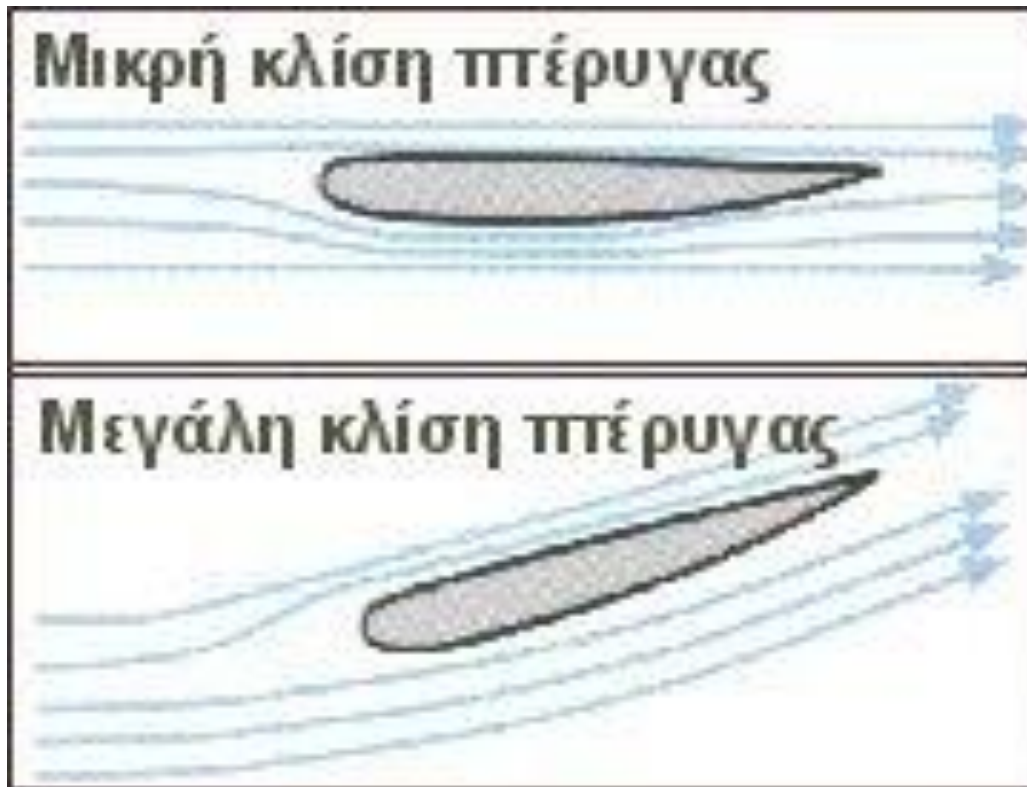
Τα εμπρός φτερά δημιουργούν το 25% της αρνητικής άντωσης, ποσοστό που μειώνεται στο 10% όταν το μονοθέσιο βρίσκεται πίσω από ένα άλλο - αυτός είναι ένας λόγος για τον οποίο το προσπέρασμα είναι τόσο σπάνιο σήμερα στην F1.Η μπροστινή αεροτομή αποτελείται από μία κυρίως πτέρυγα,η οποία κρέμεται από τη μύτη.Επάνω στην κύρια πτέρυγα είναι προσαρμοσμένα δύο μεταβλητά πτερύγια δεξιά και αριστερά.Στις εξωτερικές άκρες βρίσκονται τα πλαϊνά τα οποία φροντίζουν για τον περιορισμό της ροής του αέρα μέσα στην αεροτομή, ενώ ταυτόχρονα επηρεάζουν την αεροδυναμική ροή γύρω από τους μπροστινούς τροχούς.Τα μεταβλητά πτερύγια είναι ασύμμετρα, έχοντας περισσότερη επιφάνεια προς το εξωτερικό τμήμα της αεροτομής.Αυτό το σχήμα επιτρέπει τον αέρα να μπαίνει στους αεραγωγούς του μονοθεσίου και στα αεροδυναμικά βοηθήματα που βρίσκονται στην κάτω επιφάνειά του.Η κύρια επιφάνεια είναι συχνά κυρτώμενη για τον ίδιο λόγο.Οι κανονισμοί του 2001 επιβάλλουν τα εξωτερικά 2/3 της αεροτομής να απέχουν τουλάχιστον 50 mm από την πίστα, γεγονός που μειώνει την αποτελεσματικότητα της πτέρυγας.Οι λύσεις της με την σπαστή αεροτομή, βελτιώνουν την πρόσφυση του εμπρός τμήματος, δημιουργώντας όμως προβλήματα στην ροή του αέρα κάτω από το μονοθέσιο.Οι αλλαγές των κανονισμών το 1998 που στένεψαν τα μονοθέσια, δημιούργησαν πολλά προβλήματα στον σχεδιασμό της εμπρός αεροτομής.Η αεροτομή βρέθηκε να επικαλύπτει μερικώς τους τροχούς, δημιουργώντας ανεπιθύμητους στροβιλισμούς, αυξάνοντας την αεροδυναμική αντίσταση. Αρχικά, οι μηχανικοί έκαναν τις εσωτερικές πλευρές των πλαϊνών καμπύλες, για να οδηγούν τον αέρα γύρω από τους τροχούς.Αργότερα, ξανασχεδίασαν την εξωτερική πλευρά των πλαϊνών σε ειδικά σχήματα για να ομαλοποιείται η ροή του αέρα.Η αποτελεσματικότητα της εμπρός αεροτομής είναι ανάλογη με την απόστασή της από το έδαφος.Το 1997 οι κανονισμοί επέβαλλαν ως ελάχιστο ύψος τα 40 mm.Η Ferrari είχε βρει έναν τρόπο να παρακάμψει τους κανονισμούς,σχεδιάζοντας μια αεροτομή που λύγιζε προς τα κάτω με την πίεση του αέρα, μεγαλώνοντας έτσι την αποτελεσματικότητά της ανάλογα με την ταχύτητα.Ο σχεδιασμός αυτός κρίθηκε αντικανονικός και μια παράγραφος προστέθηκε στους κανονισμούς που απαγορεύει την χρήση flexi αεροτομών.



Εικόνα 30.Πίσω φτερό ενός σύγχρονου μονοθεσίου με 3 αεροδυναμικά στοιχεία(1, 2, 3).γραμμές από τρύπες για την προσαρμογή στη γωνία επίθεσης(4) και εγκατάσταση ενός άλλου στοιχείου είναι ορατό στην τελική πλάκα του φτερού(5)



Εικόνα 31.Επρός πτέρυγα μονοθεσίου



Εικόνα 32.Απεικόνιση κλίσης της πτέρυγας ενός μονοθεσίου

Ο οδηγός έχει τη δυνατότητα να τελειοποιήσει πολλά στοιχεία του αγωνιστικού αυτοκινήτου από το εσωτερικό της μηχανής με το τιμόνι.Το τιμόνι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αλλαγή ταχυτήτων, διαθέτει περιοριστή στροφών, προσαρμόζει το καύσιμο μίγμα αέρα, μπορεί να αλλάξει την πίεση των φρένων και να καλέσει τον ασύρματο επικοινωνίας με την ομάδα.Δεδομένα όπως το rpm, οι χρόνοι γύρων, η ταχύτητα και εργαλεία εμφανίζονται σε μια οθόνη LCD.Το τιμόνι κοστίζει περίπου 25.000 \$ και με την κατασκευή από ανθρακονήματα ζυγίζει 1,3 kg.



Εικόνα 33. Τιμόνι μονοθέσιου

2.1.3 Σχεδιασμός

Το γενικό καθεστώς για τους ενιαίους αγώνες αυτοκινήτων με μονοθέσια έχει παραμείνει το ίδιο από τις αρχές της δεκαετίας του 1960. Η κεντρική σύνθεση που φιλοξενεί τον οδηγό, τις κυψέλες καυσίμου και τη μπροστινή συναρμολογούμενη ανάρτηση είναι το πλαίσιο. Αυτό είναι ένα ημι-αυτοφερόμενο κέλυφος αμαξώματος, το οποίο είναι περισσότερο σαν ένα πιλοτήριο μαχητικού αεροσκάφους ως προς το σχήμα και την κατασκευή. Ο κινητήρας, εκτός από την παροχή πρόωσης, είναι και ένα διαρθρωτικό μέλος που συνδέει το εμπρός και πίσω μέρος του πλαισίου. Επισυνάπτεται απευθείας με το πίσω μέρος της μονάδας με υψηλής αντοχής μεταλλικά πλαίσια στήριξης. Η συνδεσμολογία ολοκληρώνεται με την προσθήκη του κιβωτίου ταχυτήτων και της πίσω ανάρτησης. Το κιβώτιο ταχυτήτων, εκτός από την άσκηση της μετάδοσης είναι το πίσω μέρος του πλαισίου. Οι δευτερεύουσες δομές (αμάξωμα, κάτω δίσκος, σχηματισμοί πτέρυγας, σωλήνωση ψυγείου κλπ) είναι διατεταγμένα γύρω από το υπόλοιπο μονοθέσιο και συνδέονται με την κύρια δομή σε διάφορα σημεία. Το αυτοκίνητο πρέπει να είναι "στημένο" για κάθε πίστα, προκειμένου να βελτιστοποιείται η απόδοση. Αλλαγές γίνονται στις αεροδυναμικές συσκευές και στα στοιχεία ανάρτησης (ελατήρια, αμορτισέρ, anti-roll bars κ.ο.κ), σε μια προσπάθεια να βελτιωθεί ο χρόνος του γύρου. Οι αλλαγές στα επίπεδα απόδοσης των διαφόρων επιμέρους στοιχείων θα πρέπει να εκδηλωθεί με την ισορροπία του μονοθέσιου. Είναι σαφές ότι αυτό δεν θα συμβεί αν η δομή μετάδοσης των φορτίων δεν είναι επαρκώς άκαμπτη. Από κοινού με πολλούς άλλους κλάδους της μηχανικής, οι σχεδιαστές των αυτοκινήτων Φόρμουλα 1 απαιτούνται να συμμορφώνονται με ένα αυστηρό σύνολο κανόνων. Οι κανόνες επιβάλλονται από τη FIA, το σώμα που διέπει το άθλημα. Οι περιορισμοί καθορίζονται από τη γεωμετρία, τη δύναμη και το βάρος. Αυστηροί περιορισμοί τίθενται σχετικά με τις συνολικές διαστάσεις των αυτοκινήτων και το μέγεθος

του χώρου του οδηγού μέσα στο πιλοτήριο.Μια σειρά από νομοθετικές ρυθμίσεις έχουν εισαχθεί κατά τη διάρκεια των ετών που ανανεώνονται συνεχώς για τη βελτίωση της ασφάλειας.Ως εκ τούτου, το πλαίσιο έχει αναπτύξει μια δευτερεύουσα λειτουργία του "κυττάρου επιβίωσης" για την προστασία του πιλότου σε περίπτωση σύγκρουσης.Μια σειρά από δοκιμές πρέπει να διεξάγονται με την παρουσία ενός επίσημου ανώτερου υπαλλήλου πριν το αυτοκίνητο λάβει πιστοποίηση για χρήση σε Grand Prix.Ο κανονισμός περιορίζει το ελάχιστο βάρος του αυτοκινήτου συν τον οδηγό σε 605 kg.Η οικοδόμηση ενός αυτοκινήτου για το όριο βάρους είναι ένα ζωτικής σημασίας έργο, αν θέλει να είναι ανταγωνιστικό.Έχει υπολογιστεί ότι μια μάζα των 20 kg πάνω από το όριο βάρους αντιστοιχεί σε απώλεια 0,4 s σε μία πίστα Grand Prix.Λιγότερο από μισό δευτερόλεπτο δεν ακούγεται πολύ τραγικό, αλλά κατά τη διάρκεια της πλήρης απόστασης ενός αγώνα το νούμερο αυτό ανέρχεται σε μισό γύρο ή περισσότερες θέσεις στην κατάταξη κατά τη διάρκεια ειδικών δοκιμών κατάταξης.Με σύγχρονα υλικά είναι σχετικά εύκολο να κατασκευάσουμε ένα αυτοκίνητο που να ικανοποιεί όλες τις νομοθετικές απαιτήσεις, ακόμη και κάτω από το ελάχιστο όριο βάρους.Κατά συνέπεια η πλειοψηφία των αυτοκινήτων είναι υποχρεωμένα να μεταφέρουν έρμα (συνήθως με τη μορφή βαρύ μετάλλου όπως το βολφράμιο), προκειμένου να καλυφθεί το έλλειμμα.

Ένα μονοθέσιο της F1 πάντα επιταχύνει, είτε θετικά κάτω από την επιρροή του κινητήρα ή αρνητικά υπό τη μορφή φρεναρίσματος.Η χαμηλότερη μάζα δίνει τη δυνατότητα στους μηχανικούς να αλλάζουν τη θέση του κέντρου βάρους του αυτοκινήτου και, συνεπώς, να επηρεάζουν σημαντικά τα χαρακτηριστικά χειρισμού του.Η επιδίωξη του χαμηλότερου βάρους και της βελτιωμένης απόδοσης έχουν από κοινού οδηγήσει στην εισαγωγή νέας τεχνολογίας τόσο στο σχεδιασμό όσο και στην κατασκευή.Τα δομικά στοιχεία του αυτοκινήτου πρέπει να είναι άκαμπτα, αρκετά ισχυρά ώστε να ικανοποιούν τις απαιτήσεις φόρτου, ανεκτικά και ανθεκτικά σε βλάβες.Η λύση στο πρόβλημα αυτό επιτυγχάνεται με τη βελτιστοποίηση της γεωμετρίας, την ποιότητα της κατασκευής και χρησιμοποιώντας τα πλέον κατάλληλα υλικά.Η αναζήτηση της μέγιστης δομικής απόδοσης έχει ως αποτέλεσμα την εξέλιξη των διαφορετικών τεχνολογιών σε όλη την ιστορία των αγώνων Grand Prix.

2.1.4 Η κατασκευή

Από τότε που ο John Barnard χρησιμοποίησε ανθρακονήματα για να κατασκευάσει το monopocoque της McLaren MP4/1 το 1981, είναι πια η μοναδική μέθοδος κατασκευής μονοθεσίων για την F1.Τα ανθρακονήματα αρχικά χρησιμοποιήθηκαν στην αεροναυπηγική, πολύ σύντομα αντικατέστησαν το αλουμίνιο λόγω της εξαιρετικής ακαμψίας και δύναμης, συνδυαζόμενα με το μικρό βάρος.Τα ανθρακονήματα ξεκινούν την ζωή τους στη μορφή ενός υφάσματος που πουλιέται σε μεγάλα ρολά και κοστίζει \$35 το τετραγωνικό. Κομμάτια από αυτό το υλικό τοποθετούνται σε στρώματα μέσα σε ένα καλούπι. Ένας αεραγωγός κατασκευάζεται από τρία στρώματα, ενώ ένα σασί από πέντε στρώματα, ένα φύλλο κυψελωτό αλουμίνιο και άλλα πέντε στρώματα.Τα στρώματα του υλικού ζεσταίνονται με θερμό αέρα για να εφαρμόσουν καλύτερα στο καλούπι και κατόπιν ψήνονται σε έναν ειδικό φούρνο στους 350 °C και σε πίεση 8 bar για μερικές ώρες.Όταν τελειώσει το ψήσιμο,το εξάρτημα αφαιρείται από το καλούπι, περνάει από φινίρισμα και τοποθετείται στην θέση του.Επειδή το υλικό είναι εύκολο στο χειρισμό του, μπορούν να κατασκευαστούν ιδιαίτερα πολύπλοκα σχήματα, που θα ήταν αδύνατο να κατασκευαστούν από αλουμίνιο. Το μειονέκτημα αυτού του υλικού είναι ότι είναι μιας χρήσεως, που σημαίνει ότι τρακαρισμένα μονοθέσια και σπασμένα εξαρτήματα πρέπει να πεταχτούν.

Η αναζήτηση της αξιοπιστίας και αποτελεσματικότητας των μερών ενός μονοθέσιου F1 υπαγορεύει την ανάγκη για εξαιρετικά μικρές ανοχές στις διαστάσεις τους.Τα εσωτερικά τμήματα ενός κιβωτίου ταχυτήτων κατασκευάζονται με ακρίβεια 2 m.Χρειάζεται λοιπόν εξαιρετικός έλεγχος κατά τη διαδικασία της κατασκευής.Οι μηχανές που μπορεί να έχουν

τέτοια ακρίβεια ελέγχονται από υπολογιστή με χρήση μοντέλων CNC (Computer Numerically Controlled), που σημαίνει ότι είναι δυνατή η αναπαραγωγή πανομοιότυπων εξαρτημάτων με έναν απλό προγραμματισμό της μηχανής. Περίπου το 80% του μηχανουργείου μιας ομάδας F1 αποτελείται από τέτοιες μηχανές, οι υπόλοιπες είναι χειροκίνητες στις οποίες γίνονται κυρίως συγκολλήσεις ακριβείας.

2.2 ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΟΝΟΘΕΣΙΩΝ ΑΝΑ ΔΕΚΑΕΤΙΑ

2.2.1 1950 - 1960

Στον πρώτο αγώνα F1 το 1950, τα αγωνιστικά αυτοκίνητα είχαν κινητήρες 4500 cc, που δεν είχαν περιορισμό βάρους ή άλλους περιορισμούς.



Εικόνα 34. Μονοθέσιο δεκαετίας 1950 - 1960

2.2.2 1960 - 1970

Ακριβώς δέκα χρόνια αργότερα, οι μηχανές είχαν μετακινηθεί προς τα πίσω, αλλά τα αυτοκίνητα διατηρήθηκαν ακόμα χωρίς φτερά.



Εικόνα 35. Μονοθέσιο δεκαετίας 1960 - 1970

2.2.3 1970 - 1980

Οι μεγαλύτερες αλλαγές στην F1 έλαβαν χώρα στις δεκαετίες του 1970 και του 1980. Τα φτερά, πιο γνωστά ως αεροτομές, εισήχθησαν ως σημαντική τεχνολογική εξέλιξη. Αυτό δημιούργησε «κάθετη δύναμη», εναποθέτει τα αυτοκίνητα στο δρόμο και δίνει καλύτερη πρόσφυση και δυνατότητες στροφής. Αυτή η αλλαγή μόνη της ήταν επαναστατική και

άλλαξε το πρόσωπο της F1 αγωνιστικά. Τα αυτοκίνητα θα μπορούσαν να πάνε πιο γρήγορα και ήταν λιγότερο πιθανό να περιστραφούν στην πίστα. Ωστόσο, η αρχική εισαγωγή των φτερών άσκησε επίσης κινδύνους, επειδή οι πτώσεις διατηρήθηκαν.



Εικόνα 36. Μονοθέσιο δεκαετίας 1970 - 1980

2.2.4 1980 - 1990

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980, η επιστήμη της αεροδυναμικής άλλαξε σε άλματα και όρια και είχε εφαρμοστεί άμεσα στην F1. Αυτή η τεχνογνωσία πρόσθεσε μονάδες κουτιών αέρα πίσω από το πιλοτήριο του οδηγού για την αύξηση της ροής του αέρα στον κινητήρα και η χρήση των πλαϊνών ποδιών για την αύξηση της πρόσφυσης. Το σχήμα του προτύπου μονοθεσίου F1 είχε ήδη αλλάξει δραματικά κατά την προηγούμενη δεκαετία, με αποτέλεσμα πιο «κολλακτικά» μακρύτερα αυτοκίνητα. Η επόμενη σημαντική εξέλιξη ήταν για τους κινητήρες οι υπερσυμπιεστές.



Εικόνα 37. Μονοθέσιο δεκαετίας 1980 - 1990

2.2.5 1990 - 2000

Στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990 είδε μεγάλες καινοτομίες σε συσκευές μέσω βοήθειας από υπολογιστές. Η Lotus παρουσίασε πρώτη την ενεργό ανάρτηση μέσω ελέγχου από τον υπολογιστή το 1987, το οποίο ακολουθήθηκε από πολλές άλλες καινοτομίες, όπως το ημι-αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων, σύστημα αντιεμπλοκής των τροχών, έλεγχο εκκίνησης και σύστημα ελέγχου πρόσφυσης.



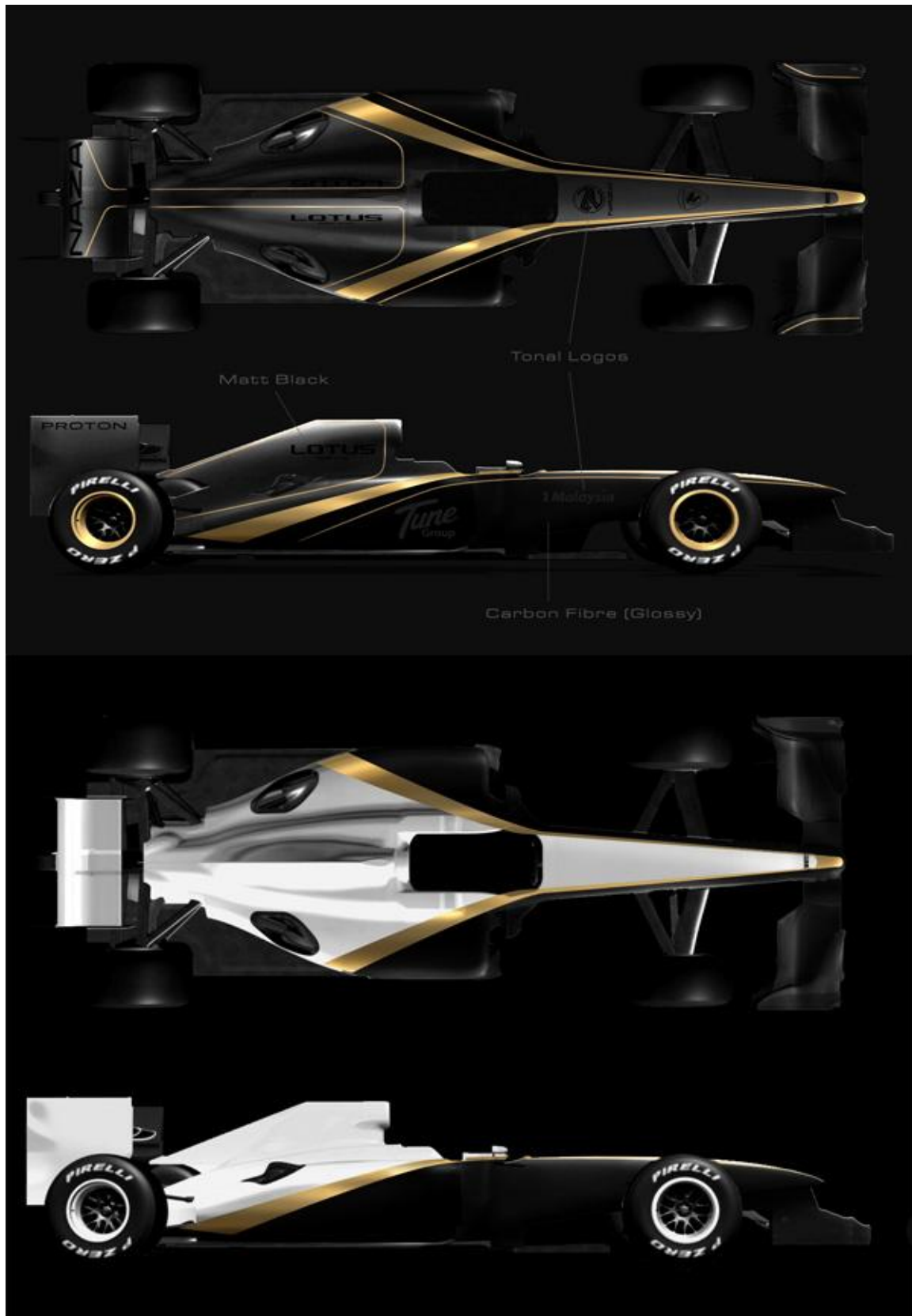
Εικόνα 38.Μονοθέσιο δεκαετίας 1990 - 2000

2.2.6 2000 - σήμερα

Το υδραυλικό τιμόνι είχε απαγορευτεί το 2002 και ο έλεγχος εκκίνησης είχε απαγορευτεί το 2004 από την FIA, λέγοντας ότι απέσπασε την προσοχή από την ικανότητα του οδηγού. Τώρα η τεχνολογία που προωθείται τόσο γρήγορα και τόσο πολύ τείνει να αμφισβητήσει την ικανότητα του οδηγού.



Εικόνα 39.Μονοθέσιο από 2000 ως και σήμερα



Εικόνες 40 - 41. Μονοθέσια της επόμενης δεκαετίας όπως τα οραματίζονται οι μηχανικοί

2.3 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ (DTM)

Το DTM (Deutsche Tourenwagen Meisterschaft) παραμένει το καλύτερο πρωτάθλημα με αυτοκίνητα που βασίζονται σε μοντέλα παραγωγής. Η ένταση των αγώνων είναι τεράστια, ενώ μετέχουν και κάποιες πολύ ενδιαφέρουσες προσωπικότητες. Ένας επιπλέον λόγος που αγαπάμε αυτά τα αγωνιστικά είναι το ότι βασίζονται στα δικά μας καθημερινά και γήινα αυτοκίνητα. Τώρα το βασίζονται είναι κάτι σχετικό, καθώς ναι μεν έχουν 4 πόρτες και κάτι που μοιάζει με πορτμπαγκάζ αλλά στην πραγματικότητα είναι μονοθέσια. Και φυσικά καθόλου πρωτόλεια, παρόλο που οι κανονισμοί για λόγους κόστους δεν έχουν αλλάξει ουσιαστικά τα τελευταία χρόνια.

Ο κινητήρας είναι ένας ατμοσφαιρικός V8, με ξηρό κάρτερ και περιορισμένη διατομή εισαγωγής. Από 4,0 λίτρα αποδίδει 460 hp και 51,1 kg ροπής. Είναι τοποθετημένος αρκετά πιο πίσω από τον εμπρός άξονα, πράγμα που σημαίνει πως η συνολικά κεντρικά τοποθετημένη θέση του οδηγού βρίσκεται εκεί που στα δικά μας αυτοκίνητα είναι το πίσω κάθισμα. Εδώ και 6 χρόνια συνεχούς εξέλιξης, όλες οι προοπτικές βελτίωσης του V8 έχουν διερευνηθεί, ενώ η πιο χαρακτηριστική αλλαγή είναι η εισαγωγή του αέρα που βρίσκεται πάνω από τον V8 κινητήρα και το plenum με την τροποποιημένη εισαγωγή για το μίγμα στους θαλάμους καύσης. Έτσι η «αναπνοή» του αυτοκινήτου είναι σαφώς βελτιωμένη, κάτι που αντιλαμβάνονται και εκτιμούν οι οδηγοί, καθώς αλλάζει σχεδόν όλη η αίσθηση του αυτοκινήτου.



Εικόνα 42.Κινητήρας αυτοκινήτου τουρισμού(DTM)

2.3.1 Αεροδυναμική

Τα μεγαλύτερα οφέλη για τη συμπεριφορά τους στην πίστα προκύπτουν όμως από την αεροδυναμική τους. Η δουλειά στο ενδιάμεσο των σεζόν έχει ιδιαίτερη σημασία και βαρύτητα. Οι επεμβάσεις που μπορούν να γίνουν στο διαχύτη αλλά και στο υπόλοιπο αμάξωμα είναι μηδενικές, καθώς ο κανονισμός έχει μείνει ίδιος. Χρειάζεται λοιπόν λεπτομερής έλεγχος και ψάξιμο για το που αλλού μπορούν να επέμβουν οι μηχανικοί, με βάση και τα περιθώρια που έχουν αφήσει ανεκμετάλλευτα. Οι προσπάθειες εστιάζονται κυρίως κάτω από το αμάξωμα. Έτσι λοιπόν η όποια εξέλιξη εστιάζεται στη ροή του αέρα κάτω από το αυτοκίνητο. Ο κύκλος έρευνας περιλαμβάνει τη μελέτη καθετί νέου σε ψηφιακή

μορφή και προσομοίωση, πριν οδηγηθεί σε υλοποίηση και έλεγχο στη σήραγγα. Το τελικό αποτέλεσμα προκύπτει από τους υπολογιστές και τις δοκιμές σε πραγματικές συνθήκες. Είναι ένα υπέροχο κράμα αλγόριθμων και πρακτικής εφαρμογής. Η αεροδυναμική λεπτομέρεια που εφαρμόστηκε το 2009 και έκανε τη διαφορά αφορούσε τα σημεία στήριξης της πίσω αεροτομής που μεταφέρθηκαν πιο ψηλά. Παράλληλα, τα πτερύγια στα μπροστινά φτερά είναι ρυθμιζόμενα. Σε γρήγορες πίστες, που πρακτικά αποτελούνται από πολλές ευθείες, μένουν κλειστά ή αφαιρούνται για να μειωθεί κι άλλο η αεροδυναμική αντίσταση και να μεγιστοποιηθεί η τελική. Αντίθετα, σε όλες τις άλλες πίστες, όπου απαιτείται το μέγιστο της κάθετης δύναμης παραμένουν ανοιχτά.



Εικόνα 43. Αεροδυναμική λεπτομέρεια αυτοκινήτου τουρισμού (DTM) εμπρός και πίσω

2.3.2 Κατασκευή

Η βάση είναι ένα σωληνωτό χωροδικτύωμα, στο οποίο ενσωματώνεται ο κλωβός ασφαλείας του οδηγού που είναι από ανθρακονήματα. Μπροστά και πίσω υπάρχουν δομικά στοιχεία - επίσης από ανθρακόνημα - που απορροφούν την ενέργεια μιας σύγκρουσης καθώς οι επαφές στο DTM είναι συνήθως ιδιαίτερα σφοδρές.



Εικόνα 44.Εσωτερική διαμόρφωση κατασκευής αυτοκινήτου τουρισμού(DTM)

2.4 ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ DTM ΑΝΑ ΔΕΚΑΕΤΙΑ

2.4.1 1980 - 1990



Εικόνα 415.Αυτοκίνητο τουρισμού(DTM) δεκαετίας1980 - 1990

2.4.2 1990 - 2000



Εικόνα 46. Αυτοκίνητο τουρισμού(DTM) δεκαετίας 1990 - 2000



Εικόνα 47. Αυτοκίνητο τουρισμού(DTM) δεκαετίας 1990 - 2000

2.4.3 2000 - σήμερα



Εικόνα 48. Αυτοκίνητο τουρισμού(DTM) 2000 ως και σήμερα



Εικόνα 49. Αυτοκίνητο τουρισμού(DTM) 2000 ως και σήμερα



Εικόνα 50. Αυτοκίνητο τουρισμού(DTM) 2000 ως και σήμερα

2.5 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΡΑΛΥ (WRC)

Από το 2010 και μετά αλλάζει ριζικά η εικόνα του WRC. Το σπορ μπαίνει σε μια νέα εποχή ακολουθώντας τις προσαγές της παγκόσμιας αγοράς, αλλά και τις ανάγκες για δραστική μείωση του κόστους. Τα WRCars ετοιμάζονται να πάρουν περίοπτη θέση στο μουσείο ιστορίας των Ράλι, εκεί δίπλα στα "θηρία" του Group B, μιας και από το 2011 στο Πρωτάθλημα θα αγωνίζονται μόνο αυτοκίνητα προδιαγραφών S2000. Σύμφωνα λοιπόν με το Παγκόσμιο Συμβούλιο της Ομοσπονδίας, από το 2010 μπορούν να διεκδικούν βαθμούς για το Παγκόσμιο Πρωτάθλημα τόσο τα υπάρχοντα WRCars όσο και αυτά της κατηγορίας S2000 που έχουν ήδη μπει στη ζωή μας. Για το 2011 και το 2012 στην κορυφαία κατηγορία του Παγκοσμίου Πρωταθλήματος θα παίρνουν μέρος μόνο αυτοκίνητα προδιαγραφών S2000 τα οποία θα έχουν και ένα κιτ βελτίωσης της αεροδυναμικής. Οι κινητήρες τους δεν θα έχουν τούρμπο και το όριο περιστροφής αυτών θα περιορίζεται στις 8.500 σ.α.λ. Και το σπορ είναι πολύ πιθανό να αλλάξει ξανά από το 2013 καθώς στα πλάνα της επιτροπής Ράλι είναι η χρησιμοποίηση αυτοκινήτων προδιαγραφών S2000 αλλά με 1600άρηδες υπερτροφοδοτούμενους κινητήρες.

Με μέγιστη χωρητικότητα 2.000 cc και υπερτροφοδότηση, οι κινητήρες των σύγχρονων WRC αποδίδουν θεωρητική ισχύ 300 hp. Επιτρέπονται σχεδόν τα πάντα εκτός από δύο πράγματα: το μπλοκ πρέπει να προέρχεται από κάποιο κινητήρα μαζικής παραγωγής και η εισαγωγή του τούρμπο πρέπει να έχει περιοριστή μέγιστης διαμέτρου 34 mm. Τέλος, από το 2005 απαγορεύεται η χρήση του υδρόψυκτου συστήματος ψύξης του τούρμπο. Το σημείο κλειδί είναι εν έτει 2007 η ροπή, η οποία αγγίζει τα 60 kg - θεωρητικά πάντα - στις 4.000 σ. α. λ.

Η κίνηση μεταδίδεται στους τέσσερις τροχούς μέσω τριών διαφορικών. Από το 2006 τα εμπρός και τα πίσω είναι μηχανικά, ενώ το μεσαίο είναι ενεργό. Τι εννοούμε με την έκφραση αυτή; Ουσιαστικά, ένα ηλεκτροϋδραυλικό κύκλωμα φροντίζει για τη διαρκή μεταβολή του ποσοστού κατανομής της ροπής στους εμπρός και πίσω τροχούς.

Επιτρεπτές είναι οι αλλαγές στην αρχιτεκτονική της ανάρτησης του μοντέλου παραγωγής, όμως απαγορεύονται τα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα αμορτισέρ. Σχεδόν όλες οι ομάδες ακολουθούν την πεπατημένη της χρήσης γονάτων ΜακΦέρσον, τα οποία έχουν το πλεονέκτημα των μεγάλων διαδρομών. Από εκεί και πέρα, τόσο η γεωμετρία όσο και οι παράμετροι των αμορτισέρ είναι στοιχεία πλήρως ρυθμιζόμενα.

Η μέγιστη διάμετρος της ζάντας είναι 8x18", με το μαγνήσιο να επιτρέπεται μόνο σε αυτήν τη διάσταση την οποία συναντούμε στους ασφάλτινους αγώνες, ενώ στο χώμα η πιο συνήθης επιλογή είναι οι ζάντες 15". Σε κάθε αγώνα επιτρέπεται η χρήση συγκεκριμένου αριθμού ελαστικών ενώ από φέτος έχει απαγορευθεί το μους στο εσωτερικό των ελαστικών, ενώ όλες οι εταιρίες έχουν και έναν μοναδικό προμηθευτή.

Οι δίσκοι των φρένων πρέπει να είναι ατσάλινοι και οι διαστάσεις τους ποικίλλουν, με τα 300 mm να αποτελούν μια λογική διάμετρο για το χώμα (με 4πίστονες δαγκάνες εμπρός και πίσω) και τα 370 mm (με 8πίστονες δαγκάνες εμπρός και πίσω) την αντίστοιχη επιλογή για την άσφαλο. Για την ψύξη τους χρησιμοποιούνται αεραγωγοί μέγιστης διαμέτρου 10 cm.

Ο κλωβός ασφαλείας καλείται να πετύχει το βέλτιστο συνδυασμό μεταξύ μέγιστης δυνατής ακαμψίας και ελάχιστου δυνατού βάρους. Κατασκευασμένος από χρωμιομολυβδένιο, μπορεί σε συνδυασμό με το αμάξωμα να δημιουργήσει ένα σύνολο με στρεπτική ακαμψία της τάξης των 30.000 Nm/1A.

Τα σημερινά κιβώτια των αυτοκινήτων WRC μπορούν να επιτύχουν μια αλλαγή ταχύτητας σε 0,050 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Μάλιστα, οι αλλαγές μπορούν να πραγματοποιηθούν χωρίς ο οδηγός να αφήσει το πόδι του από το γκάζι. Οι σχέσεις είναι ελεύθερες αρκεί να έχουν πρώτα ομολογηθεί από το εργοστάσιο. Η συνήθης επιλογή είναι οι έξι σχέσεις, με εξαίρεση μία εταιρεία που έχει επιλέξει κιβώτιο πέντε σχέσεων.

Με μήκος που δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 4 m και πλάτος που δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 1,8 m, τα σημερινά WRC έχουν κατώτατο όριο βάρους τα 1.230 kg. Κάθε ομάδα μπορεί να χρησιμοποιήσει μέχρι 6 διαφορετικά αμαξώματα καθ' όλη τη διάρκεια της χρονιάς. Βασική προϋπόθεση προκειμένου να επιτραπεί σε ένα εργοστάσιο να κατασκευάσει ένα WRC, είναι το μοντέλο που θα αποτελέσει τη βάση του να παράγεται σε τουλάχιστον 2.500 μονάδες ετησίως.

2.6 ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΡΑΛΥ ΑΝΑ ΔΕΚΑΕΤΙΑ

2.6.1 1970 - 1980



Εικόνα 51. Αυτοκίνητο Ράλυ δεκαετίας 1970 - 1980



Εικόνα 52. Αυτοκίνητο Ράλυ δεκαετίας 1970 – 1980

2.6.2 1980 - 1990



Εικόνα 53. Αυτοκίνητο Ράλυ δεκαετίας 1980 - 1990



Εικόνα 54. Αυτοκίνητο Ράλλυ δεκαετίας 1980 - 1990

2.6.3 1990 - 2000



Εικόνα 55. Αυτοκίνητο Ράλλυ δεκαετίας 1990 - 2000



Εικόνα 56. Αυτοκίνητο Ράλυ δεκαετίας 1990 - 2000



Εικόνα 57. Αυτοκίνητο Ράλυ δεκαετίας 1990 - 2000



Εικόνα 58. Αυτοκίνητο Ράλυ δεκαετίας 1990 - 2000

2.6.4 2000 - σήμερα



Εικόνα 59. Αυτοκίνητο Ράλυ 2000 ως και σήμερα



Εικόνα 60. Αυτοκίνητο Ράλι 2000 ως και σήμερα



Εικόνα 61. Αυτοκίνητο Ράλι 2000 ως και σήμερα



Εικόνα 62. Αυτοκίνητο Ράλυ 2000 ως και σήμερα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΠΙΣΤΑΣ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙ)

3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΙΣΤΑΣ ΑΓΩΝΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ

Το σχήμα της πίστας σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή δεν υπόκειται σε περιορισμούς από τους κανονισμούς, καθώς αυτή υπόκειται σε διάφορους μεταβλητούς παράγοντες: τους τύπους των αγώνων για τους οποίους πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, το χαρακτήρα του γηπέδου, την οικονομική θεώρηση, αισθητική, παράδοση κλπ. Όμως η κατασκευή πρέπει να ακολουθεί τις προδιαγραφές. Μια πίστα πρέπει γενικά να αποτελείται από μια διαδοχή ευθειών και καμπυλών. Σχεδιάζοντας μία πίστα, ο μελετητής πρέπει να βασίσει τους υπολογισμούς του όχι πάνω στη γεωμετρική μορφή των ευθειών και καμπυλών που χρησιμοποιούνται, αλλά πάνω στην πραγματική τροχιά που θα ακολουθηθεί από τα ισχυρότερα αυτοκίνητα σε κάθε δεδομένη διατομή (αυτή η τροχιά όταν ακολουθείται έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των ευθειών και την επέκταση των καμπυλών).

3.1.1 Ευθείες

Δεν υπάρχουν κανόνες που να αφορούν τις ευθείες, εκτός εκείνων που αφορούν το πλάτος και την κλίση.

3.1.2 Καμπύλες

Επιπρόσθετα, σε συσχέτιση με τους κανόνες που αφορούν το πλάτος, μία καμπύλη ή σειρά καμπυλών μη διακοπτόμενες από μια ευθεία, που διαγράφονται με μεγαλύτερη των 100 km/h πρέπει να προτιμάται να έχουν μια αυξανόμενη ή τελικά σταθερή ακτίνα. Αν δεν είναι επιθυμητή η αύξηση της ταχύτητας στην είσοδο ή έξοδο, δεν είναι απαραίτητη η χρήση διαπλάτυνσης (εμβαδομετρική μετάβαση) στην εξωτερική ή εσωτερική πλευρά των καμπυλών. Η προσέγγιση σε μία καμπύλη πρέπει να σημαίνεται καθ' αποστάσεις από σήματα, κατά κανόνα ανά 100 m, του πρώτου ευρισκόμενου 100 m πριν από το σημείο επιβράδυνσης. Ο αριθμός και η θέση πρέπει να αποφασίζονται από το σχέδιο της πίστας και πρέπει να δείχνουν την απόσταση από τη γεωμετρική αρχή της καμπύλης.

3.1.3 Πλάτος πίστας

Το ελάχιστο επιτρεπόμενο πλάτος δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 9 m. Για ταχύτητες 200-250 χλμ, ελάχιστο πλάτος 10 m. Για ταχύτητες 250-300 χλμ, ελάχιστο πλάτος 11 m. Για ταχύτητες 300 χλμ, ελάχιστο πλάτος 12 m. Το πλάτος μιας πίστας δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 15 m. Οι πιο πλατιές πίστες πρέπει να οριοθετούνται στα 15 m από μια σχεδιασμένη ζώνη. Στα σημεία όπου η πίστα πλαταίνει ή στενεύει, αυτό πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πιο προοδευτικά και με τέτοιο τρόπο που να μην υπερβαίνει μία αναλογία 1 m σε 20 m.

3.1.4 Κατά μήκος κλίση

Η μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση είναι 20% για ανηφόρες και 10% για κατηφόρες. Κάθε αλλαγή στην κλίση πρέπει να είναι αποτέλεσμα της χρήσης μιας ελάχιστης κατακόρυφης ακτίνας υπολογισμένης από τον τύπο:

$$R = \frac{V^2}{K} \quad (0.1)$$

όπου R η ακτίνα, V η ταχύτητα σε km/h και K σταθερά ίση με 20 για κοίλες καμπύλες και 15 για κυρτές καμπύλες. Η τιμή της R πρέπει να αυξάνεται ικανοποιητικά σε περιοχές καμπυλών, φρεναρίσματος, εισόδου ή εξόδου από στροφές. Οποδήποτε είναι δυνατόν, οι αλλαγές στην κλίση πρέπει να αποφεύγονται να γίνονται ταυτόχρονα σε τέτοιου είδους διανομές.

3.1.5 Εγκάρσιες κλίσεις

Κατά μήκος των ευθειών οι εγκάρσιες κλίσεις για την αποχέτευση των δύο άκρων του δρόμου ή μεταξύ του άξονα και του ενός ορίου, δεν πρέπει να ξεπερνούν το 3% ή να είναι μικρότερες του 1,5%.

3.1.6 Ορατότητα

Από κάθε σημείο της πίστας ο οδηγός του ταχύτερου αυτοκινήτου πρέπει να έχει προς τα εμπρός ελεύθερη θέα για απόσταση κατά μήκος της πίστας ίση με την απόσταση φρεναρίσματος των αυτοκινήτων. Αν είναι δυνατόν να εκπληρώνονται οι κανονισμοί σε κάθε ιδιαίτερο σημείο, πρέπει να λαμβάνεται φροντίδα για σύστημα σήμανσης με σημαίες ή φώτα σε κατάλληλες σταθερές θέσεις, απ' όπου να προειδοποιούνται οι οδηγοί για τον κίνδυνο. Σε ένα έδαφος ομοιόμορφα επίπεδο, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η απόσταση φρεναρίσματος ισούται με:

$$\frac{V^2}{340 \pm 260 \cdot q} \quad (0.2)$$

όπου V η ταχύτητα σε km/h και q η κατά μήκος κλίση (+260q σε ανωφέρεια, -260q σε κατωφέρεια).

3.1.7 Οριογραμμές, ερείσματα

Η πίστα πρέπει να έχει σε όλο το μήκος της και στις δύο πλευρές συμπαγή ερείσματα με λεία επιφάνεια, αλλά περισσότερο ανώμαλη από την επιφάνεια της πίστας. Τα ερείσματα πρέπει κανονικά να είναι οριζόντια, αλλά συνδεδεμένα με την πίστα δια μέσου μιας πολύ βαθμιαίας μεταβολής. Όπου το έρεισμα έχει την ίδια επιφάνεια (ίδιο υλικό) με το οδόστρωμα, πρέπει να σημειώνεται με συνεχή γραμμή. Σε εκείνα τα τμήματα της πίστας όπου η τροχιά των αυτοκινήτων είναι εφραπτόμενη του ερείσματος, ένα ομοιόμορφο τσιμεντένιο κράσπεδο πρέπει να υπάρχει, κεκλιμένο προς την πίστα, που να έχει τα άκρα να καταλήγουν βαθμιαία για ένα μήκος το λιγότερο 5 m για τα εξωτερικά ερείσματα και 2,5 m για τα εσωτερικά.

3.2 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΠΙΣΤΑΣ

Η επιφάνεια της πίστας πρέπει να είναι ομαλή και πορώδης από υλικό όμοιο με αυτό που χρησιμοποιείται στους αυτοκινητόδρομους, το οποίο πρέπει να εμποδίζει το σχηματισμό υγρού λεπτού στρώματος οφειλόμενου στη βροχή, λάδι ή καύσιμα. Προτιμάται η επιφάνεια να είναι ίδια σε όλη την πίστα. Αν αυτό είναι αδύνατο, αλλαγές δεν πρέπει να γίνονται σε περιοχές φρεναρίσματος, επιτάχυνσης και σε σημεία αλλαγής της κλίσης και στις καμπύλες.

3.3 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Τα μέτρα προστασίας σε μία πίστα έχουν σκοπό την προστασία των θεατών, οδηγών και του προσωπικού πίστας και βοήθειας κατά τη διάρκεια του αγώνα. Όταν αποφασίζονται τα μέτρα ασφαλείας, τα χαρακτηριστικά της πίστας πρέπει να ληφθούν υπόψη (γενική διάταξη, γειτονικές περιοχές, κτίρια, κατασκευές) όπως επίσης και η ταχύτητα που επιτυγχάνεται σε κάθε σημείο. Ο τύπος προστασίας της θεωρούμενης πίστας εξαρτάται από το διαθέσιμο χώρο και από τη γωνία της υποτιθέμενης πρόσκρουσης. Γενικά, εκεί όπου η γωνία πρόσκρουσης είναι μικρή (μικρότερη από 30°), προτιμάται μια μπαρριέρα ή άλλη ανάλογη συνεχής προστασία. Εκεί όπου η γωνία πρόσκρουσης είναι μεγάλη και εκεί όπου υπάρχει επαρκής διαθέσιμος χώρος, πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα συρματοπλέγμα ή μία άλλη αποδεκτή προστασία απορρόφησης της ενέργειας.

3.3.1 Τμήματα προσιτά στους θεατές

Οι θεατές πρέπει να βρίσκονται τοποθετημένοι στο ίδιο επίπεδο ή ψηλότερα από την άκρη της πίστας. Εκεί όπου η περιοχή προορίζεται για τους θεατές, η μέγιστη κλίση πρέπει να είναι 1:4, εκτός αν το έδαφος είναι με αναβαθμίδες ή υπάρχει μόνιμη εξέδρα. Οι θεατές θα πρέπει να εμποδίζονται να φτάσουν τα τελικά μέτρα προστασίας της πίστας από συρματοπλέγματα τουλάχιστον 1,20 m ψηλά ή από αντίστοιχη κατασκευή.

3.3.2 Διαδρομές εισόδου σε χώρους ελέγχου οχημάτων

Ο διάδρομος επιβράδυνσης πρέπει τουλάχιστον να έχει το απαραίτητο μήκος, ώστε το ταχύτερο αυτοκίνητο να μπορεί από τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει στο σημείο εισόδου να έχει ακινητοποιηθεί προ του χώρου του πρώτου PIT (χώρος για έλεγχο). Ο διάδρομος εισόδου πρέπει να έχει ένα αρχικό που να σχηματίζει γωνία 3 έως 5 μοιρών με την πίστα στο σημείο τομής. Το πλάτος του πρέπει να αυξάνεται βαθμιαία από 5 m σε αυτό το σημείο μέχρι το πλάτος του διαδρόμου εισόδου των PITS όπου το αρχικό τμήμα ενώνει το διάδρομο των PITS (ή την προέκτασή τους).

3.3.3 Διάδρομοι εξόδου από τους χώρους ελέγχου

Ο διάδρομος πρέπει να είναι αρκετά μακρύς για να επιτρέπει στα εξερχόμενα αυτοκίνητα τουλάχιστον το 70% από την ταχύτητα που αναπτύσσεται υπό κανονικές συνθήκες από τα αυτοκίνητα που αγωνίζονται στην πίστα στο σημείο τομής. Σε κάθε περίπτωση το μήκος θα είναι τουλάχιστον 10 φορές η απόσταση των PITS από την οριογραμμή της πίστας. Ο διάδρομος εξόδου πρέπει να έχει τελικό τμήμα που να σχηματίζει γωνία 3 έως 5 μοιρών με την πίστα στο σημείο τομής. Το πλάτος του πρέπει να αυξάνει βαθμιαία από τα 5 m σε αυτό το σημείο έως το πλάτος του διαδρόμου του PIT στο σημείο όπου το τελικό τμήμα ενώνει το διάδρομο του PIT (ή την προέκτασή του, όση απαιτείται για να αποκτήσει την απαραίτητη απόσταση επιτάχυνσης).

3.3.4 Σήμανση με γραμμές

Κατά μήκος ολόκληρης της περιοχής των PITS η άκρη της πίστας πρέπει να σημειώνεται με χρωματισμένη γραμμή που πρέπει να είναι εστιγμένη κατά μήκος της τομής με τους διαδρόμους εισόδου και εξόδου. Η τριγωνική περιοχή (εξωτερικό άκρο των διαδρόμων εισόδου και εξόδου και του άκρου των ερεισμάτων της πίστας μέχρι το τέλος της προστασίας της πλατφόρμας σηματοδότησης) πρέπει να σημειώνεται με γραμμές τύπου ζέμπρα. Η

διαγράμμιση πρέπει να καλύπτεται με αντιολισθητικό χρώμα.

3.3.5 Ελάχιστο μήκος πίστας και μέγιστος αριθμός αυτοκινήτων

Πρωτάθλημα	Ελάχιστο μήκος σε χλμ και διάρκεια αγώνα μέχρι		
	2 ώρες 45'	6 ώρες	12 ώρες
Κατασκευαστών	-	3.7	4.7
SPORT Αυτοκίν.	3.5	3.7	-
F1	3.5	-	-
F2	3.0	-	-
T,GT	3.0	3.2	4.0
F3	2.0	-	-

Πίνακας 1.Ελάχιστο μήκος πίστας σύμφωνα με τον τύπο του αγώνα

Διάρκεια	Ελάχιστο μήκος σε χλμ
Μέχρι 2 ώρες 45'	$0,0170 \cdot V$
Από 2 ώρες 45' μέχρι 6 ώρες	$0,0192 \cdot V$
Από 6 ώρες μέχρι 12 ώρες	$0,0242 \cdot V$

Πίνακας 2. Ελάχιστο μήκος σύμφωνα με τη διάρκεια του αγώνα (όπου V =η μέγιστη μέση ταχύτητα που επιτυγχάνεται στην πίστα για μία κατηγορία αυτοκινήτων)

Ελάχιστος αριθμός αυτοκινήτων που επιτρέπεται να εκκινήσουν:

Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Κατασκευαστών: 30

Ευρωπαϊκό Πρωτάθλημα για αυτοκίνητα T και GT: 25

Άλλα πρωταθλήματα: 20

Ο μέγιστος αριθμός που επιτρέπεται να ξεκινήσουν δίνεται από τη σχέση:

$$N = \frac{\sqrt{1400 \cdot L \cdot W \cdot T}}{V} \quad (0.3)$$

όπου

L: το μήκος σε χλμ,

W: ένας συντελεστής εξαρτώμενος από το ελάχιστο πλάτος πίστας A (ίσο προς $4,54a/2$ αν $A/9$ και $1,5*A - 4,5$ αν $A < 9$),

T: η διάρκεια του αγώνα σε ώρες με ελάχιστες 2 και μέγιστες 6 ώρες και

V: η μέγιστη ταχύτητα (ή η μέση ταχύτητα του νικητή του αγώνα) σε χλμ.

Σημείωση: Απόλυτος αριθμός εκκινούντων αυτοκινήτων:60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ (ΑΣΦΑΛΤΟΣ ΚΑΙ ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ) - ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Το οδόστρωμα είναι μία κατασκευή η οποία έχει σκοπό να εξασφαλίσει την απαιτούμενη ποιότητα κύλισης των οχημάτων για όλο το χρονικό διάστημα λειτουργίας του. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να εξασφαλίζεται :

1. Η μετάδοση στο έδαφος των φορτίων των κυκλοφορούντων οχημάτων ελαττωμένων σε τέτοιο βαθμό, που να αποτρέπονται ανεπίτρεπτες σε μέγεθος μόνιμες παραμορφώσεις.
2. Η δομική επάρκεια του ίδιου του οδοστρώματος στις επαναλαμβανόμενες επιπονήσεις της κυκλοφορίας και του περιβάλλοντος δηλαδή αποφυγή ρηγματώσεων, παραμορφώσεων και αποφλοιώσεων.
3. Η προστασία του εδάφους θεμελίωσης του οδοστρώματος από τις επιδράσεις του περιβάλλοντος (παγετός, νερό), οι οποίες θα προκαλέσουν απώλεια φέρουσας ικανότητας και μόνιμες παραμορφώσεις.
4. Η διατήρηση ενός ελάχιστου επιτρεπόμενου επίπεδου αντιολισθητικών χαρακτηριστικών της στρώσεως κύλισης.

4.1 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Τα οδοστρώματα, υπό την επίδραση του κυκλοφοριακού φόρτου, φθείρονται σταδιακά. Ο άξονας κάθε τροχού προκαλεί μια ορισμένη στιγμιαία φθορά η οποία συσσωρεύεται και φαίνεται στο τέλος της διάρκειας ζωής του οδοστρώματος σαν βύθιση ή/και ρηγμάτωση. Αυτό χαρακτηρίζεται ως δομική αστοχία και είναι προφανής στο τέλος ή κοντά στο τέλος της διάρκειας ζωής του οδοστρώματος. Ο ρυθμός της φθοράς του οδοστρώματος μεταβάλλεται με το χρόνο. Είναι πολύ μικρός στην αρχή, με την πάροδο του χρόνου αυξάνεται βαθμιαία και καθώς το οδόστρωμα φτάνει στην κρίσιμη κατάστασή του αυξάνεται σημαντικά. Κρίσιμη κατάσταση μπορεί να οριστεί ως αυτή που το βάθος βύθισης είναι 10mm ή/και όταν εμφανίζεται μια διαμήκης ρωγμή. Εκτός από τα παραπάνω, η επιφάνεια του οδοστρώματος μπορεί να χάσει την αντιολισθηρότητά της ή να παρουσιάσει σημάδια αποσύνθεσης (αποκόλληση αδρανών ή μικρές λακκούβες) ή πτυχώσεις (κυματώσεις) και απώθηση ασφαλτικού υλικού. Αυτά είναι επίσης αστοχίες αλλά χαρακτηρίζονται σαν μη δομικές αστοχίες (αστοχία του τάπητα κυκλοφορίας). Η απώλεια της αντίστασης σε ολίσθηση έχει σχέση με το είδος των αδρανών και τον κυκλοφοριακό φόρτο και αρχίζει από την πρώτη μέρα, σχεδόν με τον ίδιο ρυθμό. Τα άλλα είδη αστοχίας έχουν σχέση με το ασφαλτόμιγμα και, αν πρόκειται να εμφανιστούν, εμφανίζονται σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα μετά την κατασκευή. Κατά τη διαστασιολόγηση ενός οδοστρώματος το κύριο μέλημα είναι να διαστασιολογηθεί το οδόστρωμα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αντέχει σε όλα τα φορτία της κυκλοφορίας που αναμένονται καθ' όλη τη διάρκεια σχεδιασμού που επιλέχθηκε. Δηλαδή να έχει το κατάλληλο πάχος ώστε η δομική αστοχία να λαμβάνει χώρα στο τέλος της διάρκειας σχεδιασμού. Κατά την κατασκευή το κύριο μέλημα είναι να χρησιμοποιούνται και να ενσωματώνονται τα προδιαγραφόμενα υλικά και μίγματα, ώστε να μην υφίσταται το οδόστρωμα πρόωρες φθορές. Η απώλεια της αντιολισθηρότητας με την πάροδο του χρόνου καθώς και οι άλλες μη δομικές αστοχίες πρέπει να αποκαθίστανται το συντομότερο δυνατόν κάθε φορά που παρουσιάζονται. Γενικά, για τον έλεγχο της συμπεριφοράς του οδοστρώματος, από δομική ή άλλη άποψη, ο υπεύθυνος φορέας θα πρέπει να χρησιμοποιεί κατάλληλες συσκευές και μεθόδους. Η περιγραφή των συσκευών και των μεθόδων αυτών δεν είναι μέσα στα πλαίσια της παρούσης μελέτης.

4.1.1 Σχεδιαστικά κριτήρια

Τα βασικά σχεδιαστικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται ώστε να διασφαλίζεται η ικανοποιητική λειτουργία του οδοστρώματος καθ' όλη τη διάρκεια σχεδιασμού, αλλά και κατά τη διάρκεια της κατασκευής, είναι:

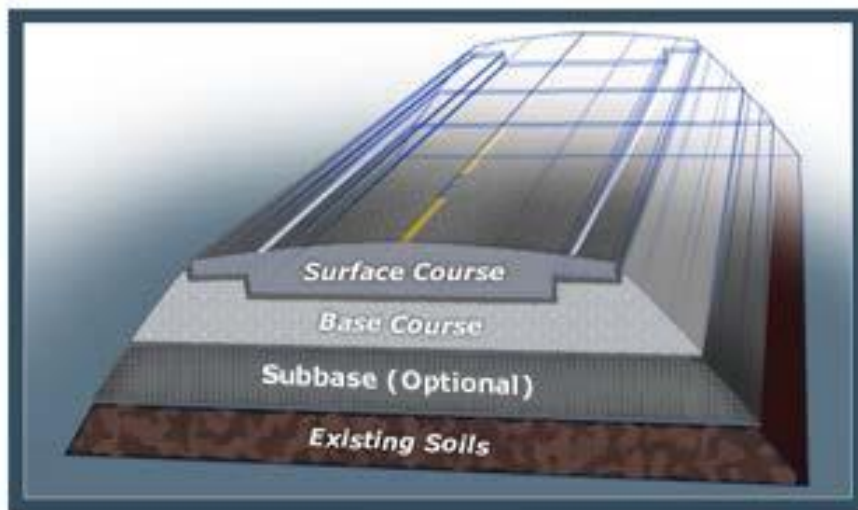
α) Οι ασφαλτικές στρώσεις δεν θα πρέπει να ρηγματώνονται κάτω από την επίδραση των φορτίων της κυκλοφορίας. Αυτό ελέγχεται από την αναπτυσσόμενη εφελκυστική τάση ή εφελκυστική ανηγμένη παραμόρφωση στην κατώτατη επιφάνεια της ασφαλτικής βάσης.

β) Το υπέδαφος θα πρέπει να μπορεί να παραλάβει τα επαναλαμβανόμενα φορτία της κυκλοφορίας δίχως να επέρχεται υπερβολική παραμόρφωση αυτού. Αυτό ελέγχεται από την αναπτυσσόμενη θλιπτική τάση ή θλιπτική ανηγμένη παραμόρφωση στην ανώτατη επιφάνεια της σκάφης (ανώτατη επιφάνεια υπεδάφους ή εξυγιαντικής στρώσης).

γ) Το πάχος της βάσης/υπόβασης από ασύνδετα αδρανή και της εξυγιαντικής στρώσης (όταν κατασκευάζεται) πρέπει να είναι επαρκές έτσι ώστε κατά τη διάρκεια της κατασκευής (πριν τη διάστρωση των ασφαλτικών στρώσεων) να μην υπερφορτίζεται το υπέδαφος από τις διελεύσεις των κατασκευαστικών οχημάτων.

Ο κυκλοφοριακός φόρτος εκφράζεται σε φορτία τυπικών αξόνων που δρουν κάθετα ή/και οριζόντια στην επιφάνεια και θεωρείται ότι κατανέμονται ομοιόμορφα σε δύο κυκλικές περιοχές. Το οδόστρωμα θεωρείται ότι αποτελείται από 3 ή περισσότερες διακεκριμένες στρώσεις, ανάλογα με το είδος των υλικών σε κάθε στρώση.

4.2 ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ



Εικόνα 63.Τυπική διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος

4.2.1 Ασφαλτικές στρώσεις

Ο τάπητας κυκλοφορίας, η συνδετική στρώση και η ασφαλτική βάση έχουν όλα σαν συνδετικό υλικό την άσφαλτο. Η βάση και η υπόβαση αποτελούνται συνήθως από ασύνδετα υλικά και σε μερικές περιπτώσεις από σταθεροποιημένα με τσιμέντο κοκκώδη υλικά ή εδαφικά υλικά.

Ο τάπητας κυκλοφορίας είναι η ανώτατη ασφαλτική στρώση του οδοστρώματος. Κύριος σκοπός του είναι να παρέχει επίπεδη και αντιολισθηρή επιφάνεια

κύλισης. Η αντιολισθηρή του ικανότητα μπορεί να προέλθει από την κοκκομετρική διαβάθμιση και σκληρότητα και ανθεκτικότητα των αδρανών υλικών του ασφαλτομίγματος από το οποίο κατασκευάζεται, ή από ειδική αντιολισθηρή στρώση η οποία διαστρώνεται πάνω σ' αυτόν. Επιπροσθέτως, ο τάπητας κυκλοφορίας δεν πρέπει να παραμορφώνεται υπό την επίδραση της κυκλοφορίας και πρέπει να ανθίσταται στη ρηγμάτωση. Είναι επιθυμητό να συμβάλλει στην αντοχή του οδοστρώματος καθώς και να είναι αδιαπέρατος από το νερό και να περιορίζει το θόρυβο της κυκλοφορίας. Αν δεν συνυπάρχουν οι πρώτες δύο ιδιότητες, που αναφέρονται στην προηγούμενη πρόταση, θα πρέπει αυτές να παρέχονται από τις υποκείμενες ασφαλτικές στρώσεις.

Συνολικό πάχος ασφ/κών στρώσεων (mm)	Τάπητας κυκλοφορίας	Συνδετική στρώση	Ασφαλτική βάση
	Πάχος (mm) ^(1,2)	Πάχος (mm)	Πάχος (mm)
100		-	60
125		-	85
150		50	60
200		50	110
250		50	160
300	40mm	100	160
350	ή λιγότερο, ανάλογα με τον τύπο του ασφ/τος που χρησιμοποιείται ⁽¹⁾	100	210
400		100	260
450		100	310
500		100	360
550		100	410

Για ενδιάμεσες τιμές συνολικού πάχους ασφαλτικών στρώσεων, το υπολειπόμενο πάχος προστίθεται στην ασφαλτική βάση

(1) Το πάχος του τάπητα κυκλοφορίας με αντιολισθηρές ιδιότητες μπορεί να είναι μέχρι και 10mm, περίπου. Αν, σε κάθε περίπτωση, το πάχος του τάπητα κυκλοφορίας είναι <30mm τότε απλά προστίθεται στην επιφάνεια, αυξάνοντας το συνολικό πάχος του οδοστρώματος. Η υποκείμενη στρώση σ' αυτές τις περιπτώσεις είναι 40mm πυκνού ασφαλτικού σκυροδέματος A265B (N12,5). Αν το πάχος της αντιολισθηρής στρώσης είναι ≥30mm, το υπολειπόμενο πάχος (≤10mm) προστίθεται στο πάχος της συνδετικής στρώσης ή στο πάχος της ασφαλτικής βάσης.

(2) Το πάχος του ασφαλτικού σκυροδέματος για αντιολισθηρή στρώση, του πορώδους τάπητα και των ανοικτής διαβάθμισης ασφαλτικών μίγμάτων, για νέα κατασκευή, συνιστάται να είναι 40mm σε κάθε περίπτωση.

Πίνακας 3. Καθορισμός πάχους επιμέρους ασφαλτικών στρώσεων

Η συνδετική στρώση παρέχει την επιφάνεια πάνω στην οποία εδράζεται ο τάπητας κυκλοφορίας. Μαζί με την υποκείμενη ασφαλτική στρώση συμβάλλει στην αντοχή του οδοστρώματος και αποτελεί την κύρια δομική στρώση του εύκαμπτου οδοστρώματος. Αν ο τάπητας κυκλοφορίας είναι διαπερατός από το νερό, η συνδετική στρώση πρέπει να είναι οπωσδήποτε από ασφαλτόμιγμα πυκνής κοκκομετρικής διαβάθμισης (ασφαλτόμιγμα κλειστού τύπου). Επιπροσθέτως, η συνδετική στρώση δεν πρέπει να παραμορφώνεται εύκολα υπό την επίδραση της κυκλοφορίας, πρέπει να είναι ανθεκτική στη ρηγμάτωση και να έχει καλή συμπεριφορά σε κόπωση.

Η ασφαλτική βάση μαζί με τη συνδετική στρώση είναι η βασική δομική ασφαλτική στρώση του εύκαμπτου οδοστρώματος που κατανέμει την εφαρμοζόμενη φόρτιση της κυκλοφορίας, ώστε να μην υπερφορτίζονται οι υποκείμενες στρώσεις. Θα πρέπει να παραλαμβάνει τις τάσεις που αναπτύσσονται στο εσωτερικό αυτής. Είναι η στρώση με τη μεγαλύτερη συμμετοχή στη συνολική ακαμψία του οδοστρώματος και στην αντίστασή του σε κόπωση. Λόγω του ασφαλικού υλικού που περιέχει και του μεγαλύτερου πάχους σε σχέση με τις άλλες ασφαλτικές στρώσεις συμβάλλει ουσιαστικά στη συμπεριφορά του οδοστρώματος σε παραμένουσα παραμόρφωση. Είναι επομένως απαραίτητο η ασφαλτική βάση να έχει καλό δυναμικό και στατικό μέτρο δυσκαμψίας καθώς και καλή συμπεριφορά σε κόπωση.

4.2.2 Στρώσεις θεμελίωσης του οδοστρώματος

Η βάση/υπόβαση είναι η στρώση από ασύνδετα διαβαθμισμένα αδρανή υλικά (μερικές φορές τα υλικά είναι σταθεροποιημένα-κατεργασμένα με τσιμέντο) που μπορεί να αποτελείται από δύο στρώσεις: τη βάση και την υπόβαση. Σκοπός της είναι να μειώσει περαιτέρω τα κατακόρυφα φορτία της κυκλοφορίας που μεταβιβάζονται στο υπέδαφος. Προσφέρει μια καλή επιφάνεια για τη διάστρωση και συμπύκνωση της ασφαλικής βάσης. Κατά την κατασκευή, προσφέρει επίσης καλή επιφάνεια για την κυκλοφορία των μηχανημάτων οδοποιίας. Έμμεσα λειτουργεί επίσης ως αντιπαγετική στρώση.

Η εξυγιαντική στρώση σκοπό έχει τη βελτίωση της φέρουσας ικανότητας του ασθενούς υπεδάφους και την προστασία αυτού από καταστροφή κατά τη διάρκεια της κατασκευής αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος. Κατασκευάζεται από σχετικά φθηνά κατάλληλα αδρανή υλικά ή από σταθεροποιημένα επί του έργου κοκκώδη ή λεπτόκοκκα συνεκτικά εδαφικά υλικά (εξυγιάνση εδάφους). Κατασκευάζεται μεταξύ του φυσικού εδάφους και της βάσης/υπόβασης, σαν υποκατάστατο του φυσικού εδάφους (δηλ. έστω απαιτούνται 600mm εξυγιαντικής στρώσης, 600mm φυσικού εδάφους αντικαθίστανται με καλύτερης ποιότητας υλικό ή εξυγιαίνονται με τσιμέντο ή υδράσβεστο). Οι στρώσεις της υπόβασης και της βάσης αντιμετωπίζονται σαν μία στρώση ασύνδετου υλικού. Για πρακτικούς λόγους, το πάχος της στρώσης από ασύνδετα αδρανή επιλέχθηκε να έχει τρεις διακεκριμένες τιμές: 400mm, 300mm και 200mm. Επομένως ο μελετητής πρέπει να επιλέξει ένα από τα τρία προτεινόμενα πάχη για να προχωρήσει στη διαστασιολόγηση των ασφαλικών στρώσεων. Ωστόσο, το πάχος της βάσης/υπόβασης και ο καθορισμός απαίτησης εξυγιαντικής στρώσης συνδέεται άμεσα με το είδος του υπεδάφους.

Η αντοχή του υπεδάφους είναι ουσιαστικής σημασίας στη διαστασιολόγηση του οδοστρώματος. Ασθενές υπέδαφος απαιτεί μεγαλύτερο πάχος υπερκείμενων στρώσεων, σε σύγκριση με υψηλής αντοχής υπέδαφος, για να παραλάβει τα αναπτυσσόμενα από την κυκλοφορία φορτία. Η αντοχή του υπεδάφους στη μεθοδολογία αυτή καθορίζεται με βάση τον Καλιφορνιακό δείκτη (CBR). Το CBR πρέπει να ελέγχεται εργαστηριακά σύμφωνα με την προδιαγραφή E 105-86, αλλά μετά από τετραήμερο υδρεμποτισμό, και σε όλες

τις περιπτώσεις σαν αντιπροσωπευτική τιμή CBR για τη διαστασιολόγηση πρέπει να λαμβάνεται αυτή που αντιστοιχεί στο 90% της μέγιστης ξηρής πυκνότητας που καθορίζεται από την τροποποιημένη μέθοδο Proctor.

Εξυγιαντική στρώση απαιτείται όταν το CBR του υπεδάφους είναι μικρότερο από 5%. Το πάχος της εξυγιαντικής στρώσης καθορίζεται από το CBR του υπεδάφους. Η μεθοδολογία αυτή διακρίνει δύο τιμές CBR και επομένως δύο πάχη εξυγιαντικής στρώσης. Ειδικότερα, όταν:

- το CBR είναι μικρότερο ή ίσο με 2,5% το πάχος της εξυγιαντικής στρώσης πρέπει να είναι 600mm
- το CBR είναι μεγαλύτερο από 2,5% και μικρότερο ή ίσο με 5% το πάχος της εξυγιαντικής στρώσης πρέπει να είναι 300mm.

Τα προαναφερόμενα πάχη της εξυγιαντικής στρώσης συνδυάζονται με το πάχος της βάσης και υπόβασης.

Επομένως η επιλογή πάχους βάσης/υπόβασης γίνεται σύμφωνα με τον πίνακα :

CBR Υπεδάφους (%)	Εξυγιαντική στρώση (mm)	Πάχος Βάσης/υπόβασης (mm)
	Απαιτούμενο πάχος	
≤ 2,5 2,6 - 5,0 5,1 - 10,0	600	400
	300	400
	0	400
	Συνιστώμενο πάχος	
10,1 - 20,0	0	300
>20,0	0	200

Πίνακας 4. Απαιτούμενα και συνιστώμενα πάχη βάσης/υπόβασης

Το κοκκώδες υλικό που χρησιμοποιείται στην κατασκευή της βάσης/υπόβασης πρέπει να είναι σύμφωνο με την προδιαγραφή ΠΤΠ Ο-155 και το άρθρο 67 της ΤΣΥ.

Όταν το πάχος της βάσης/υπόβασης είναι 400mm επιτρέπεται η κατασκευή των πρώτων 200mm, σε επαφή με το υπεδάφος, να είναι από φυσικό αμμοχάλικο, σύμφωνα με την προδιαγραφή ΠΤΠ Ο-150 και το άρθρο 66 της ΤΣΥ. Τα υπόλοιπα όμως 200mm θα πρέπει να είναι από θραυστό αδρανές υλικό ή θραυστό αμμοχάλικο, σύμφωνα με την προδιαγραφή ΠΤΠ Ο-155 και το άρθρο 67. Πλην όμως, όταν η διάρκεια ζωής σε ΙΤΑ είναι μεγαλύτερη από 1×10^7 , ή σε έργα όπου αναμένονται κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών θερμοκρασίες υπό του μηδενός, ανεξάρτητα του κυκλοφοριακού φόρτου, συνιστάται η αποκλειστική χρήση υλικού σύμφωνα με την ΠΤΠ Ο-155 και το άρθρο 67 της ΤΣΥ.

4.2.3 Μη δομικά στοιχεία οδοστρώματος

Εκτός από τα προαναφερόμενα στοιχεία του οδοστρώματος υπάρχει επίσης η στραγγιστική στρώση και, σε ορισμένες περιπτώσεις, η αντιπαγετική στρώση. Η κάθε στρώση ή και οι δύο μαζί, όταν κατασκευάζονται, δεν θεωρούνται ότι συμβάλλουν ουσιαστικά στην αντοχή του οδοστρώματος και γι' αυτό χαρακτηρίζονται σαν μη δομικές στρώσεις.

Η στραγγιστική στρώση σκοπό έχει την προστασία του υπεδάφους, της εξυγιαντικής

στρώσης και της βάσης/υπόβασης, τόσο κατά τη διάρκεια κατασκευής όσο και κατά τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος, από τα εισερχόμενα όμβρια ύδατα διαμέσω των υπερκείμενων στρώσεων. Η στραγγιστική στρώση είναι επίσης χρήσιμη όταν ο υδροφόρος ορίζοντας είναι υψηλά και το υπέδαφος ευαίσθητο στην υγρασία. Η στραγγιστική στρώση κατασκευάζεται μεταξύ του υπεδάφους ή της εξυγιαντικής στρώσης και της βάσης/υπόβασης και συνδέεται με τα γραμμικά στραγγιστήρια. Το πάχος της είναι συνήθως 200mm και ποτέ μικρότερο από 150mm.

Η στραγγιστική στρώση, όταν τοποθετείται στη θέση που προαναφέρθηκε, δεν δρα, σε καμιά περίπτωση, σαν στραγγιστική στρώση για την ταπείνωση του υδροφόρου ορίζοντα. Στην περίπτωση που απαιτείται ταπείνωση του υδροφόρου ορίζοντα και επιλεγεί η λύση της στραγγιστικής στρώσης η θέση της πρέπει να είναι βαθύτερα στο υπέδαφος. Για να εμποδιστεί η διείσδυση πολύ λεπτών σωματιδίων (ιλύος) από το περιβάλλον έδαφος μπορούν, σε κάθε περίπτωση, να χρησιμοποιηθούν και γεωσυνθετικές πλαστικές μεμβράνες.

Η αντιπαγετική στρώση, όταν απαιτείται, κατασκευάζεται για την προστασία του ευαίσθητου σε παγοπληξία υπεδάφους. Η στρώση αυτή είναι προέκταση της βάσης /υπόβασης και το πάχος της πρέπει να είναι τέτοιο ώστε το συνολικό πάχος του οδοστρώματος να είναι ίσο ή μεγαλύτερο του βάθους διείσδυσης παγετού.

4.3 ΥΛΙΚΑ

Η χρήση των κατάλληλων υλικών και ο σωστός τρόπος ενσωμάτωσής τους στη δομή του οδοστρώματος είναι ζωτικής σημασίας για τη συμβατότητα του σχεδιασμού με τη μελλοντική συμπεριφορά του οδοστρώματος.

4.3.1 Υλικά εξυγιαντικής στρώσης και βάσης

Το υλικό που χρησιμοποιείται στην εξυγιαντική στρώση μπορεί να είναι επιλεγμένο κοκκώδες εδαφικό υλικό, οποιαδήποτε κοκκώδη παρα-προϊόντα ορυχείων, θραυστά/μη θραυστά βραχώδη υλικά, σταθεροποιημένα επι του έργου κοκκώδη ή λεπτόκοκκα συνεκτικά εδαφικά υλικά τα οποία είναι σύμφωνα με τις ισχύουσες ελληνικές προδιαγραφές. Το υλικό της υπόβασης μπορεί να είναι κάθε φυσικό κοκκώδες υλικό (μη θραυσμένο ή μερικώς θραυσμένο), το οποίο είναι σύμφωνο με τις ισχύουσες ελληνικές προδιαγραφές. Το υλικό της βάσης από ασύνδετα αδρανή μπορεί να είναι οποιοδήποτε θραυστό υλικό, σύμφωνο με τις ισχύουσες ελληνικές προδιαγραφές. Το υλικό της βάσης και υπόβασης μπορεί επίσης να είναι κοκκώδες υλικό σταθεροποιημένο-κατεργασμένο με τσιμέντο, σύμφωνο με τις ισχύουσες ελληνικές προδιαγραφές. Η κατασκευή των στρώσεων αυτών πρέπει επίσης να γίνεται σύμφωνα με τις σχετικές προδιαγραφές. Το κοκκώδες υλικό και η κατασκευή της στραγγιστικής στρώσης πρέπει να γίνεται σύμφωνα με το άρθρο 8 της ΤΣΥ. Η στραγγιστική στρώση μπορεί επίσης να είναι από ανοικτής διαβάθμισης ασφαλτόμιγμα, σύμφωνο με την προδιαγραφή ASTM 3515. Τέτοια μίγματα παρέχουν μεγαλύτερη ευστάθεια στρώσης, είναι όμως ακριβότερα από το ασύνδετο υλικό. Το κοκκώδες υλικό και η κατασκευή της αντιπαγετικής στρώσης πρέπει να γίνεται σύμφωνα με το άρθρο 65 της ΤΣΥ.

4.3.2 Ασφαλτομίγματα για ασφαλτικές στρώσεις

Τα ασφαλτομίγματα για την κατασκευή των ασφαλτικών στρώσεων πρέπει όλα να είναι από πυκνό ασφαλτικό σκυρόδεμα, σύμφωνα με την προδιαγραφή ΠΤΠ Α-260 και το άρθρο 68 της Τ.Σ.Υ., για την ασφαλτική βάση, και σύμφωνα με την

προδιαγραφή ΠΤΠ Α-265 και το άρθρο 69 της Τ.Σ.Υ., για τον τύπητα κυκλοφορίας. Ο σχεδιασμός, διάστρωση, συμπίκνωση και έγκριση πρέπει επίσης να είναι σύμφωνα με τις προαναφερόμενες προδιαγραφές και άρθρα της Τ.Σ.Υ.

4.3.2.1 Αντιολισθηρή στρώση ασφαλτικού σκυροδέματος

1. Τύπητας κυκλοφορίας με αντιολισθηρές ιδιότητες.

Η επιφάνεια της ανώτερης στρώσης ενός οδοστρώματος πρέπει πάντα να έχει καλές αντιολισθηρές ιδιότητες. Το ασφαλτικό σκυροδέμα που χρησιμοποιείται για την κατασκευή αντιολισθηρής στρώσης, είναι ασφαλτόμιγμα παραγόμενο και διαστρωνόμενο "εν θερμώ", αυστηρά ελεγμένης σύνθεσης, από καθαρή ή τροποποιημένη με βελτιωτικά άσφαλτο και σκληρά αδρανή υλικά. Με αυτή τη μέθοδο, λόγω της υψηλής μηχανικής αντοχής του ασφαλτικού σκυροδέματος, εξασφαλίζεται αφενός η ενίσχυση του οδοστρώματος (όταν γίνεται σε πάχη μεγαλύτερα των 4 cm) και αφετέρου η επίτευξη ικανοποιητικών επιφανειακών χαρακτηριστικών ομαλότητας, ομοιομορφίας, αντίστασης σε ολίσθηση και επιφανειακής τραχύτητας. Σε περίπτωση εφαρμογής λεπτών στρώσεων σε παλαιά οδοστρώματα, θα πρέπει προηγουμένως να ελέγχεται η επάρκεια της φέρουσας ικανότητας του υποκείμενου οδοστρώματος (και η ομαλότητα της επιφάνειας) και να εξασφαλίζεται η ικανοποιητική συγκόλληση της τελικής στρώσης. Μία αποτελεσματική προετοιμασία, για τις συνήθεις περιπτώσεις φθορών, είναι το φρεζάρισμα "εν ψυχρώ" και στη συνέχεια η εφαρμογή ισχυρής συγκολλητικής επάλειψης με κατιονικό γαλάκτωμα.

Ο μελετητής μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε πέντε εναλλακτικά ασφαλτομίγματα τα οποία παρέχουν καλή αντιολισθηρή επιφάνεια. Τα μίγματα αυτά καλούνται αντιολισθηρές στρώσεις κυκλοφορίας και είναι τα εξής:

- α) Πορώδης τύπητας
- β) Ανοικτής διαβάθμισης ασφαλτομίγματα για αντιολισθηρή στρώση
- γ) Πυκνό ασφαλτικό σκυροδέμα για αντιολισθηρή στρώση
- δ) Slurry seal (microsurfacing) και
- ε) Stone (ή split) Mastic Asphalt (SMA)

Οι βασικές διαφορές μεταξύ των παραπάνω μιγμάτων σχετίζονται με:

- α) την αντιολισθηρότητα και το βάθος υφής,
- β) την αντίσταση σε παραμένουσα παραμόρφωση,
- γ) το πορώδες,
- δ) την αναμενόμενη διάρκεια ζωής,
- ε) την ποσότητα των χρησιμοποιούμενων σκληρών αδρανών και
- στ) τη συμμετοχή στην αντοχή του οδοστρώματος.

4.3.2.2 Πορώδεις τύπητες και μίγματα ανοικτής διαβάθμισης

Οι πορώδεις τύπητες και τα μίγματα ανοικτής διαβάθμισης παρέχουν το υψηλότερο βάθος υφής από οποιοδήποτε άλλο μίγμα και, με την προϋπόθεση ότι τα αδρανή έχουν καλή επιφανειακή μικρο-υφή, η αντιολισθηρότητα αναμένεται να είναι η υψηλότερη από κάθε άλλο μίγμα. Αυτά τα δύο μίγματα, λόγω του πολύ υψηλού πορώδους που διαθέτουν, δρουν σαν επιφανειακές στραγγιστικές στρώσεις, γεγονός που αφενός διατηρεί υψηλό ποσοστό στεγνών επιφανειών επαφής μεταξύ της επιφάνειας της οδού και των τροχών, αφετέρου εκμηδενίζει την εκπομπή σωματιδίων νερού από την κίνηση των τροχών σε υγρή επιφάνεια. Επιπρόσθετα, λόγω του υψηλού βάθους υφής και του υψηλού ποσοστού των κενών, έχουν την ικανότητα μείωσης του θορύβου που προκαλείται από την κυκλοφορία (μείωση της τάξης των 4dB). Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής (περίπου 7 χρόνια, για μέση κυκλοφορία) δεν είναι τόσο υψηλή όσο των μιγμάτων (γ) και (ε) και η

συμβολή τους στην αντοχή του οδοστρώματος είναι περίπου το ήμισυ αυτής που παρέχεται από τα μίγματα (γ) και (ε). Παράγονται σχεδόν αποκλειστικά από μονόκοκκα σκληρά αδρανή. Τέλος, λόγω του πολύ υψηλού πορώδους είναι απολύτως απαραίτητο η υποκείμενη στρώση να κατασκευαστεί από πυκνό ασφαλτικό σκυρόδεμα. Η συμπεριφορά τους σε παραμένουσα παραμόρφωση είναι καλή, με την προϋπόθεση ότι έχουν συμπυκνωθεί κατάλληλα (ωστόσο, η συμπύκνωση δεν αποτελεί πρόβλημα με αυτού του είδους τα μίγματα).

4.3.2.3 Πυκνό ασφαλτικό σκυρόδεμα για αντιολισθηρή στρώση

Το πυκνό ασφαλτικό σκυρόδεμα για αντιολισθηρή στρώση είναι παρόμοιο με το ασφαλτικό σκυρόδεμα για τάπητα κυκλοφορίας. Η μόνη διαφορά είναι το είδος των αδρανών που χρησιμοποιείται. Τουλάχιστον το χονδρόκοκκο μέρος των αδρανών που χρησιμοποιούνται στο μίγμα πρέπει να είναι από κατάλληλα σκληρά αδρανή για αντιολισθηρές στρώσεις. Το μίγμα είναι πυκνό και σχεδόν αδιαπέρατο. Παρέχει χαμηλό βάθος υφής και η αναμενόμενη αντίσταση σε ολίσθηση είναι η χαμηλότερη σε σύγκριση με όλα τα παραπάνω μίγματα. Η αντίσταση σε παραμένουσα παραμόρφωση επηρεάζεται από τη σκληρότητα του ασφαλτικού υλικού αλλά, σε κάθε περίπτωση, όπως κάθε ασφαλτικό μίγμα, τείνει να παραμορφώνεται μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα. Αν το μίγμα σχεδιαστεί κατάλληλα (σωστή σύνθεση μίγματος) το οδόστρωμα δεν παραμορφώνεται πρόωρα. Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής είναι μεγαλύτερη από τα ανοικτής διαβάθμισης και τα πορώδη μίγματα (περίπου 10 χρόνια, υπό μέσους κυκλοφοριακούς φόρτους). Εντούτοις, η αναμενόμενη διάρκεια ζωής, όπως και σε όλες τις αντιολισθηρές στρώσεις, υπαγορεύεται και από το βαθμό σκληρότητας των χρησιμοποιούμενων αδρανών.

4.3.2.4 Slurry seal (microsurfacing)

Το μίγμα slurry seal, σε αντίθεση με όλα τα άλλα θερμά μίγματα, είναι ένα μίγμα που παράγεται και διαστρώνεται εν ψυχρώ. Παράγεται με τροποποιημένο ελαστομερές ασφαλτικό γαλάκτωμα, διαστρώνεται σε πάχος 10mm περίπου και παρέχει καλή μακρο- και μικροϋφή επιφανείας. Η παρουσία καλής μακρο και μικροϋφής έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη υψηλής αντίστασης σε ολίσθηση. Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής του είναι η μικρότερη από όλα τα άλλα μίγματα για αντιολισθηρές στρώσεις (περίπου 5 χρόνια, για μέσους κυκλοφοριακούς φόρτους). Η συμμετοχή του στην αντοχή του οδοστρώματος είναι μηδενική. Το μεγάλο του πλεονέκτημα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μίγματα είναι το γεγονός ότι απαιτεί μόνο, περίπου, 12% έως 15% της ποσότητας σκληρών αδρανών που χρησιμοποιούνται σε άλλα μίγματα για αντιολισθηρές στρώσεις (πάχους 40mm). Εκτός από το γεγονός ότι δεν μολύνει το περιβάλλον και παρέχει ασφαλέστερες συνθήκες εργασίας, μπορεί να επισκευαστεί και να ανανεωθεί ευκολότερα και ταχύτερα από οποιαδήποτε άλλη αντιολισθηρή στρώση. Όσον αφορά τη μείωση του θορύβου, έχει αποδειχτεί ότι επέρχεται μια μικρή μείωση του θορύβου. Η ύπαρξη μιας σχετικά μεγάλης ποσότητας ασφάλτου έχει σαν αποτέλεσμα την προστασία της υποκείμενης στρώσης από οξειδωση και γήρανση της ασφάλτου.

4.3.2.5 Stone Mastic Asphalt (SMA)

Τα μίγματα Stone (ή Split) Mastic Asphalt αναπτύχθηκαν στη Γερμανία και τις Σκανδιναβικές χώρες στα μέσα της δεκαετίας του '60. Ο κύριος λόγος για την ανάπτυξη των μιγμάτων αυτών ήταν η απαίτηση ενός τάπητα κυκλοφορίας που θα συνδύαζε αυξημένη αντίσταση σε φθορά από ελαστικά με καρφιά, ικανοποιητική συμπεριφορά σε

ολίσθηση, αυξημένη αντίσταση σε παραμόρφωση και μεγάλη διάρκεια ζωής. Σήμερα, παρόλο που δεν υφίσταται η πρώτη απαίτηση, τα μίγματα SMA χρησιμοποιούνται για τους υπόλοιπους αναφερόμενους λόγους σαν τάπητες κυκλοφορίας κυρίως σε οδούς βαριάς κυκλοφορίας. Λόγω των καλών ιδιοτήτων τους σε ολίσθηση, καθώς και κυρίως της αντοχής τους σε παραμόρφωση, τα μίγματα αυτά άρχισαν να χρησιμοποιούνται και σε άλλες χώρες. Τα μίγματα SMA δεν έχουν ακόμη χρησιμοποιηθεί στην Ελλάδα. Το SMA αποτελείται από μίγμα αδρανών μη συνεχούς κοκκομετρικής διαβάθμισης, με κοινή άσφαλτο σαν συνδετικό υλικό και σταθεροποιητικά πρόσθετα (κυρίως κατάλληλες ίνες). Η υψηλή περιεκτικότητα σε χονδρόκοκκα αδρανή έχει σαν αποτέλεσμα τη δόμηση ενός σκελετού αδρανών που παρουσιάζει ο ίδιος μηχανική αντοχή, με τα περισσότερα κενά γεμάτα με άσφαλτο. Η υψηλή περιεκτικότητα ασφάλτου που χρησιμοποιείται στο SMA το διαφοροποιεί από τους άλλους τύπους θερμών μιγμάτων και συμβάλλει στη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, λόγω του βραδύτερου ρυθμού οξειδωτικής της ασφάλτου.

Τα αδρανή που χρησιμοποιούνται είναι θραυστά και σκληρά χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα αδρανή και ασβεστολιθική παιπάλη. Τα αδρανή πρέπει να είναι κατάλληλα για αντιολισθηρές στρώσεις. Η άσφαλτος που χρησιμοποιείται είναι συνήθως 50/70pen. Τα σταθεροποιητικά πρόσθετα είναι κυρίως ίνες και σκοπό έχουν την αύξηση της σχετικής επιφάνειας που καλύπτεται με άσφαλτο. Οι ίνες δεν πρέπει να απορροφούν την άσφαλτο.

4.3.3 Επιλογή αντιολισθηρής στρώσης

Η επιλογή του τύπου της αντιολισθηρής στρώσης είναι συνάρτηση διαφόρων παραμέτρων που διαφέρουν από έργο σε έργο. Είναι επομένως απόφαση του μελετητή, αφού συνυπολογίσει όλες τις παραμέτρους, να επιλέξει την καταλληλότερη αντιολισθηρή στρώση.

Οι κυριότερες παράμετροι που πρέπει να συνυπολογιστούν είναι:

α) αντιολισθηρότητα (συντελεστής ολίσθησης ή αντίστασης σε ολίσθηση)

β) κόστος (υλικού και κατασκευής λαμβάνοντας επίσης υπόψη τη συμβολή ή μη στη φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος, αφού πρόκειται για νέα κατασκευή. Άρα πρέπει να λαμβάνεται το συνολικό αποτελεσματικό κόστος)

γ) διαθεσιμότητα υλικού στην αγορά

δ) οικονομία σε σκληρά αδρανή (σε σχέση με τη διαθεσιμότητα σκληρών αδρανών και την προστασία των φυσικών πόρων)

ε) αναμενόμενη διάρκεια ζωής

στ) μείωση του παραγόμενου θορύβου

ζ) ευκολία ανανέωσης ή συντήρησης

Για τη διευκόλυνση του μελετητή στην επιλογή της καταλληλότερης αντιολισθηρής στρώσης προτείνεται όπως ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

Αρχικά βαθμολογείται κάθε μίγμα συναρτήσει καθεμιάς από τις προαναφερόμενες παραμέτρους σε κλίμακα από 1 έως 5. Το 5 χαρακτηρίζει το μίγμα με την υψηλότερη αντιολισθηρότητα, το πιο φθινό, το πιο άμεσα διαθέσιμο στην αγορά, με τη μικρότερη απαίτηση σκληρών αδρανών, με τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, τη μεγαλύτερη μείωση θορύβου και το πιο εύκολο στην ανανέωση και συντήρηση. Για τις αντιολισθηρές στρώσεις που εξετάστηκαν, κατά υποκειμενική άποψη, η βαθμολογία τους είναι αυτή που δίνεται στον Πίνακα .

Κατόπιν εξετάζεται ποια από τις παραπάνω παραμέτρους είναι πιο σημαντική σε κάθε συγκεκριμένο έργο. Οι παράμετροι μπαίνουν σε φθίνουσα σειρά σπουδαιότητας και λαμβάνουν ένα συντελεστή βαρύτητας από το 7 ως το 1. Δηλαδή, εάν η σειρά σπουδαιότητας για ένα συγκεκριμένο έργο είναι: αντιολισθηρότητα, κόστος, οικονομία

σε σκληρά αδρανή, αναμενόμενη διάρκεια ζωής, διαθεσιμότητα στην αγορά, μείωση θορύβου και ευκολία ανανέωσης, οι συντελεστές βαρύτητας είναι από 7, η περισσότερο σημαντική, έως 1, η λιγότερο σημαντική παράμετρος.

Τύπος αντιολισθηθής στρώσης	Αντιολισθηρότητα	Κόστος	Διαθεσιμότητα στην αγορά	Οικονομία σε σκληρά αδρανή	Αναμενόμενη διάρκεια ζωής	Μείωση θορύβου	Ευκολία ανανέωσης/ συντήρ.
ΑΣαs	2	5	5	1	4	1	3
ΑΔασ ΠΤ	4	2	3	2	2	5	2
SMA	5	2	3	2	3	5	2
SLms	4	3	1	1	5	3	3
	4	4	5	5	1	2	5

Πίνακας 5. Βαθμολογία αντιολισθηρών στρώσεων

Το αθροιστικό γινόμενο της βαθμολογίας της κάθε παραμέτρου ανά αντιολισθηρή στρώση και του αντίστοιχου συντελεστή βαρύτητας δίνει το συντελεστή λήψης απόφασης για κάθε αντιολισθηρή στρώση. Δηλαδή,

$$\Lambda A = \sum[(\Sigma B)_i \cdot (\Sigma K)_i] \quad (0.4)$$

όπου,

ΛA = λήψη απόφασης για την αντιολισθηρή στρώση

ΣB = συντελεστής βαρύτητας, από το 1 ως το 7

ΣK = συντελεστής κατάταξης, από τον Πίνακα 4

i = παράμετρος που εξετάζεται

Συγκρινόμενες οι αριθμητικές τιμές ΛA για κάθε εναλλακτική αντιολισθηρή στρώση παρέχουν τη δυνατότητα αντικειμενικής επιλογής της βέλτιστης λύσης. Η καλύτερη επιλογή αντιολισθηρής στρώσης για το έργο είναι αυτή που έχει τη μεγαλύτερη τιμή ΛA .

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι παράμετροι που ελήφθησαν υπόψη μπορούν να επαυξηθούν όπως και ο αριθμός των εναλλακτικών για την κατασκευή αντιολισθηρής στρώσης. Επίσης θα μπορούσε να τροποποιηθεί ελαφρώς η προτεινόμενη βαθμολόγηση των παραμέτρων ανά αντιολισθηρή στρώση. Πλην όμως, διατηρώντας τις βασικές αρχές, η διαδικασία επιλογής της βέλτιστης αντιολισθηρής στρώσης παραμένει η ίδια.

Με την προαναφερθείσα διαδικασία επιτυγχάνεται μια πιο αντικειμενική επιλογή της αντιολισθηρής στρώσης για το έργο. Για την τελική επιλογή, πάντως, θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη και το αποτέλεσμα της οικονομικής ανάλυσης (ανάλυση κόστους διάρκειας ζωής) του οδοστρώματος. Ο συνδυασμός των παραπάνω δύο διαδικασιών αποτελεί την πλέον επιστημονική και ορθότερη προσέγγιση κατά τη διαδικασία λήψης των αποφάσεων.

4.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

4.4.1 Αδρανή υλικά

Τα αδρανή διακρίνονται σε χονδρόκοκκα συγκρατούμενα στο κόσκινο ανοίγματος 2 mm (2,36 mm), σε λεπτόκοκκα διερχόμενα από το κόσκινο ανοίγματος 2 mm και συγκρατούμενα στο κόσκινο ανοίγματος 0,063 mm και σε παιπάλη διερχόμενη από το κόσκινο ανοίγματος 0,063 mm.

Χονδρόκοκκο υλικό. Στις ασφαλτικές στρώσεις το χονδρόκοκκο κλάσμα των αδρανών είναι εκείνο που προσδίδει κυρίως τις χαρακτηριστικές αντιολισθηρές ιδιότητες (μικροτραχύτητα και μακροτραχύτητα) της επιφανείας του οδοστρώματος και για αυτό θα πρέπει να αποτελείται κατά 100% από αδρανές υλικό με εξαιρετικά μηχανικά χαρακτηριστικά, μεγάλη καθαρότητα και κατάλληλο σχήμα κόκκων.

Καθαρότητα και σχήμα κόκκων. Το χονδρόκοκκο κλάσμα πρέπει να προέρχεται από θραύση πετρώματος με τα προδιαγραφόμενα μηχανικά χαρακτηριστικά και να είναι απαλλαγμένο από επιβλαβείς προσμίξεις (άργιλο, οργανικά ή άλλα μαλακά εύθρυπτα υλικά). Στην περίπτωση που προέρχεται από φυσικές αποθέσεις ποταμών ή χειμάρρων, οι προς θραύση κροκάλες θα πρέπει να συγκρατούνται από κόσκινο με άνοιγμα οπής τριπλάσιο του ονομαστικού μεγέθους των κόκκων και το 80% τουλάχιστον των κόκκων που συγκρατούνται στο κόσκινο ανοίγματος οπών 4 mm, να έχει μία τουλάχιστον θραυσιγενή επιφάνεια.

Οι κόκκοι πρέπει να είναι κατά το δυνατόν κυβοειδούς μορφής. Ο έλεγχος του σχήματός τους θα γίνεται κατά EN 1097-8:1999 «Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 8: Determination of the polished stone value -- Δοκιμές των μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων των αδρανών - Μέρος 8: Προσδιορισμός αντοχής σε στίλβωση (Polished Stone Value)», με προσδιορισμό για το συγκρατούμενο στο κόσκινο 6,3 mm (1/4") υλικό του "δείκτη πλακοειδούς" (Flakiness Index) κατά EN 933-3:1997 «Tests for geometrical properties of aggregates - Part 3: Determination of particle shape - Flakiness index - Δοκιμές γεωμετρικών ιδιοτήτων των αδρανών.

Μέρος 3: Προσδιορισμός της μορφής των κόκκων. Δείκτης πλακοειδούς.», ο οποίος θα πρέπει να είναι μικρότερος από 30%.

Μηχανικές ιδιότητες: Εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά στα συμβατικά τεύχη, οι επιτρεπόμενες τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων του χονδρόκοκκου αδρανούς θα πληρούν τις εξής απαιτήσεις:

- Αντοχή σε στίλβωση (Polished Stone Value), σύμφωνα με EN 1097-8:1999, $PSV \geq 50$.
- Αντοχή σε απότριψη (Aggregate Abrasion Value), σύμφωνα με EN 1097-8:1999, $AAV \leq 10$.
- Αντοχή σε θρυμματισμό κατά Los Angeles, σύμφωνα με EN 1097-2:1998 «Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 2: Methods for the determination of resistance to fragmentation. -- Δοκιμές για τον προσδιορισμό των μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων των αδρανών - Μέρος 2: Μέθοδοι προσδιορισμού της αντίστασης σε απότριψη»,

Λεπτόκοκκο υλικό. Το λεπτόκοκκο κλάσμα (διερχόμενο από το κόσκινο ανοίγματος οπής 2 mm και συγκρατούμενο στο κόσκινο ανοίγματος οπής 0,063 mm), πρέπει να αποτελείται από κόκκους γωνιώδεις, θραυσιγενείς και απαλλαγμένους από άργιλο ή άλλες επιβλαβείς προσμίξεις. Σε περιπτώσεις βαριάς κυκλοφορίας, είναι προτιμότερο να είναι της ίδιας προέλευσης με το χονδρόκοκκο υλικό. Στις λοιπές περιπτώσεις, μπορεί να είναι θραυστό ασβεστολιθικής σύστασης ή φυσικής προέλευσης.

Παιπάλη. Η παιπάλη προστίθεται (σε περίπτωση έλλειψης), για να συμπληρώσει την κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών. Μπορεί να είναι λιθοσύντριμμα

ορυκτής ή άλλης προέλευσης (σκόνη από σκωρίες), υδράσβεστος, τσιμέντο, ιπτάμενη τέφρα, ή άλλη κατάλληλη ορυκτή ύλη, η οποία κατά το χρόνο χρησιμοποίησής της θα είναι αρκετά ξηρή, ώστε να ρέει ελεύθερα και να μη δημιουργεί συσσωματώματα. Η παιπάλη δεν πρέπει να περιέχει άργιλο ή οργανικές προσμίξεις, ούτε να έχει πλαστικότητα, εκτός αν πρόκειται για τσιμέντο ή υδράσβεστο.

4.4.2 Ασφαλτικό Συνδετικό

Η άσφαλτος λεγόμενη και οξυβιτουμένιο είναι προϊόν οξειδωσης και πολυμερισμού των υδρογονανθράκων,δηλαδή του πετρελαίου που εντοπίζεται κυρίως σε ανοικτά κοιτάσματα πετρελαίου.

Οι άσφαλτοι είναι σύμπλοκες υδρογονανθρακούχες ενώσεις με λίγο οξυγόνο,άζωτο και συχνά με θείο που περιέχουν αναμεμιγμένες γαιώδεις ουσίες.Όταν είναι καθαρές είναι στερεές,μαλακές και πλαστικές.Συχνότερα όμως απαντώνται στερεές ή υγρές όπως η πισσάσφαλτος.Θερμαινόμενες τήκονται εύκολα και δεν αναφλέγονται.Επειδή πρόκειται για άμορφες ουσίες μη κρυσταλλικές,οι φυσικές και χημικές ιδιότητές τους ποικίλλουν σε ευρύτατα όρια.Γενικά έχουν μαύρο χρώμα,είναι τελείως αδιαφανείς,σκληρότητας 1 - 2 και ειδικού βάρους 1,1 - 1,2. Έχουν λιπαρή λάμψη και αφή και είναι αδιάλυτοι στο νερό.Οι άσφαλτοι που κυκλοφορούν στο εμπόριο δεν είναι φυσικοί,αλλά επεξεργασμένοι από βιομηχανοποίηση του πετρελαίου,ως υπόλειμμα της κλασματικής απόσταξής του.Οι φυσικοί άσφαλτοι διαλύονται «εν μέρει» ανάλογα των συστατικών τους σε διάφορα οργανικά διαλυτικά μέσα (όπως διθειούχος άνθρακας,βενζίνη κ.λπ) όπου το γεγονός αυτό αποτελεί και μια βάση διάκρισης σε διάφορες κατηγορίες ποιότητας που παίρνουν ονομασίες όπως νάφθαι,μάλθαι,καρβίνια κ.λπ.

Η χρήση γενικά της ασφάλτου ποικίλει όπως για κατασκευή βερνικιών και βαφών,για την παραγωγή ασφάλτου οδοστρωμάτων,στη βιομηχανία του καουτσούκ,καθώς και σε επιχρίσματα ή ως στεγανοποιητικό σε αρμούς ξυλίνων δαπέδων,επισκευή αρμών ξυλίνων σκαφών (καλαφάτισμα) και πλακών οροφής (ταρατσών).

Η μεγαλύτερη παραγωγή ασφάλτου σημειώνεται στη νήσο Τρινιντάντ όπου αποτέλεσε το 1934 το 57% της παγκόσμιας παραγωγής.Ακολουθούν η Αίγυπτος και οι ΗΠΑ. Το μείγμα ασφάλτου - χαλικιών - άμμου και ασφαλτούχου ασβεστόλιθου (που ονομάζεται και ασφαλτική μαστίχα) μεταφέρεται θερμό (120 - 150 °C) στον τόπο που θα στρωθεί και αφού απλωθεί με ξύλινα φτυάρια,σκεπάζεται με ψιλή άμμο.Η άσφαλτος σαν ορυκτό είναι οινός για την ύπαρξη πετρελαίου.Πράγματι, δεν είναι τυχαίο ότι μεγάλα κοιτάσματα ασφάλτου υπάρχουν στην κοιλάδα του Ιορδάνη,στις όχθες της Νεκράς θάλασσας,στη Γαλλία,Ελβετία,Αντίλλες,Βενεζουέλα και Κούβα,όπου δηλαδή έχει βρεθεί πετρέλαιο.Στην Ελλάδα κοιτάσματα υπάρχουν: ασφαλτόλιθος στη Μάραθο,τους Παξούς και Αντίπαξους,ασφαλτούχος ψαμμιτικός κερατόλιθος στη Δίβρη,Σούλι,Προυσσό,Φτέρη,Καλαρρύτες και πισσάσφαλτος στη Δρέμισσα Γκιώνας,Ζάκυνθο και Ήπειρο.

4.4.3 Η άσφαλτος στους αγώνες αυτοκινήτων

Ο χαρακτήρας μίας πίστας αγώνων δεν καθορίζεται μόνο από γωνίες και ευθείες.Η ίδια η επιφάνεια είναι επίσης ζωτικής σημασίας,καθώς επηρεάζει την πρόσφυση των αυτοκινήτων καθώς και η διάβρωση των ελαστικών.Αυτό έχει αντίκτυπο στην οργάνωση και τη στρατηγική του αγώνα.Όταν αποφασίζεται η σύνθεση μίας πίστας,οι σχεδιαστές λαμβάνουν υπόψη όχι μόνο τις επιδόσεις των αυτοκινήτων,αλλά και την ασφάλεια των οδηγών και των θεατών.Η επιφάνεια της πίστας είναι σχεδόν πάντα ένας συμβιβασμός.Κατά την επιλογή των υλικών και η σύνθεση της ασφάλτου,οι αρχιτέκτονες αποφασίζουν, επίσης,τον καθορισμό

του επιπέδου πρόσφυσης στην πίστα η οποία,κατά κανόνα,πρέπει να είναι κατάλληλη τόσο για Φόρμουλα Ένα,αγώνες Ράλυ και αγώνες μοτοσικλέτας.Μια πίστα με μικρή πρόσφυση θα οδηγήσει σε εκτεταμένες αποστάσεις πέδησης για τα αυτοκίνητα και,κατά συνέπεια,σε περισσότερες προσπεράσεις,η οποία θα κάνει τους αγώνες πιο συναρπαστικούς. Για αγώνες μοτοσικλετών,ωστόσο,αυτό θα ήταν καταστροφικό - ακραίες γωνίες στις στροφές θα αναγκάσει τους οδηγούς να γλιστρήσουν.Η πίστα αποτελείται από στρώματα.Το πρώτο είναι το φέρον στρώμα,πάνω από αυτό είναι το δεσμευτικό στρώμα και στην κορυφή είναι η στρώση προστασίας - ακριβώς όπως στην κατασκευή κανονικών δρόμων.Το φέρον στρώμα αποτελείται από ένα παχύ φύλλο χοντρή,στεγανοποιημένης ασφάλτου.Η δεσμευτική στρώση εφαρμόζεται πάνω από το θεμέλιο αυτό χρησιμεύει για να εξομαλύνει τις φυσικές ανωμαλίες του φέροντος στρώματος και την εξασφάλιση του προστατευτικού στρώματος από πάνω.Ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και τη συντήρηση,η διάρκεια ζωής της επιφάνειας της πίστας είναι πέντε με 10 έτη. Κατά την επιλογή των υλικών για την ασφαλτο - ένα μείγμα από πέτρες και πίσσα,συνήθως επιλέγονται οι καλύτερες πέτρες από τα λατομεία στις τοπικές περιοχές.Έπειτα οι πέτρες εξετάζονται για καταλληλότητα,φθορά και πρόσφυση σε ένα εργαστήριο δοκιμών.Αν όμως δεν καλύπτονται όλα τα παραπάνω τότε η λύση είναι η εισαγωγή πέτρας από άλλα κράτη,κάτι που όμως θέλουν οι μηχανικοί να αποφεύγουν λόγω του μεγάλου κόστους.Αφενός μεν οι επιφάνειες μίας πίστας και ενός δρόμου μπορεί να είναι παρόμοιεςαφετέρου δε και οι έντονες πιέσεις που ασκούνται σε αυτές δεν θα μπορούσαν να είναι διαφορετικές.Σε ένα κανονικό δρόμο,το μεγαλύτερο φορτίο που προκαλείται είναι από το είδος του βάρους,για παράδειγμα όταν ένα 30τονο τριαξονικό φορτηγό φρενάρει.Στις πίστες αγώνων,τα αποτελέσματα είναι ακριβώς αντίθετα.Τα ζεστά ελαστικά των αυτοκινήτων αναπτύσσουν μια συγκολλητική ποιότητα παρόμοια με μία σκληρή τσίχλα για παράδειγμα με την οποία θες να τραβήξεις προς τα πάνω πέτρες.Μια τρομακτική πίεση δημιουργείται επίσης από τις υψηλές ταχύτητες,οι οποίες προκαλούν έντονη πίεση μπροστά από τα αυτοκίνητα και ένα κενό πίσω τους.Για την ασφαλτο,αυτό είναι σαν κάποιος να τη χτυπάει με ένα σφυρί στο μπροστινό μέρος και hoovering αυτό στο πίσω μέρος.Στην καθημερινή κυκλοφορία,το οδόστρωμα έχει επίσης μια ισχυρή επιρροή στην πρόσφυση των ελαστικών.Αυτό ισχύει όσο αφορά την πρόσφυση σε ξηρές συνθήκες,αλλά ακόμη περισσότερο σε βρεγμένο οδόστρωμα,όπου η λεγόμενη «μάκρο τραχύτητα» καθορίζει πόσο γρήγορα αυξάνεται το νερό.Το σημαντικό είναι ότι οι οδηγοί δεν αιφνιδιάζονται από απροσδόκητες αλλαγές στην πρόσφυση του οδοστρώματος,κάτι που θα μπορούσε να προκληθεί από αυλακίες στο δρόμο,από μπαλώματα στην ασφαλτο και από παλιά ή κατεστραμμένα τμήματα.Τα επικίνδυνα αυτά σημεία μπορούν να γίνουν πιο ασφαλή από στοχευμένες,τοπικές εφαρμογές της υψηλής πρόσφυσης στις στρώσεις της ασφάλτου.Η εφαρμογή αυτή είναι κατάλληλη και μπροστά από διαβάσεις πεζών,σε διασταυρώσεις και σε ράμπες αυτοκινητόδρομων.Στις πίστες αγώνων,το ερώτημα πόσο επιθετική είναι η επιφάνεια της πίστας για τα ελαστικά,δεν εξαρτάται μόνο από την ταχύτητα και τον αριθμό στις λειτουργίες πέδησης,αλλά και από τη μικροδομή των υλικών που χρησιμοποιούνται.Η φθορά των ελαστικών είναι ιδιαίτερα υψηλή στις πίστες της Βαρκελώνης και της Μόντσα και είναι συγκριτικά χαμηλή για το αργό σιρκοί δρόμου στο Μονακό.Είναι ιδιαίτερα καλά τα επίπεδα πρόσφυσης σε Μαλαισία,Χόκενχάϊμ και Σουζούκα,ενώ οι πίστες στη Μελβούρνη,την Ιμολα,τη Βουδαπέστη και το Νίρμπουργκρινγκ παρέχουν γενικά τη φτωχότερη πρόσφυση.Σύμφωνα με τους μηχανικούς,θα ήταν τρομερό όλες οι πίστες αγώνων να ήταν ίδιες.Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εκτιμώνται οι διαφορετικές συνθήκες και τα επίπεδα δυσκολίας, κάτι που ομορφαίνει το μηχανοκίνητο αθλητισμό και βοηθάει στην εξέλιξή του.Όπως είπε και ο Μ.Σουμάχερ,οι πίστες αγώνων είναι η κλάση και εμείς οι οδηγοί και τα αυτοκίνητά μας πρέπει να είμαστε το ίδιο καλοί και γρήγοροι όπου κι αν αγωνιζόμαστε.

Θα χρησιμοποιείται καθαρή ασφαλτος, η οποία πρέπει είναι σύμφωνη με τις απαιτήσεις της ΠΕΤΕΠ 05-03-10-00 ή, για όσους τύπους δεν εμπεριέχονται σε αυτή, σύμφωνα με

το πρότυπο EN 12591:1999.

Ο τύπος της ασφάλτου συνιστάται να είναι 60/70, ή εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μίγμα ασφάλτου 80/100 και 40/50 σε αναλογία 50:50.

Για την εξασφάλιση υψηλών απαιτήσεων και σε ειδικές περιπτώσεις π.χ. γέφυρες, όπου απαιτούνται αυξημένα μηχανικά χαρακτηριστικά και μεγάλη διάρκεια ζωής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί, τροποποιημένη άσφαλτος (η βασική είναι συνήθως 80/100 με πρόσθετα βελτιωτικά πολυμερή, θερμο-πλαστικά, ελαστομερή κτλ.), ύστερα από ειδική εργαστηριακή μελέτη. Προσθήκη βελτιωτικού πρόσφυσης στην άσφαλτο θα γίνεται όταν τα αδρανή παρουσιάζουν υδροφιλία, ή σε ειδικές περιπτώσεις που καθορίζει η Υπηρεσία. Ο τύπος και το ακριβές ποσοστό του αντιυδροφίλου, θα καθορίζεται από το εργαστήριο, με τη δοκιμή εμβάπτισης-θλίψης EN 12697- 12:2000.

4.5 ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ

4.5.1 Κοκκομετρική διαβάθμιση

Το συνολικό μίγμα των αδρανών μπορεί να προκύπτει από σύνθεση δύο ή περισσότερων επί μέρους κλασμάτων, είτε να προσκομίζεται ενιαίο στο εργοστάσιο παραγωγής ασφαλτομίγματος και να χρησιμοποιείται χωρίς διαχωρισμό και ανασύνθεση, εφόσον είναι ομοιόμορφο και με σταθερή κοκκομετρική σύνθεση.

Μέγεθος κόσκινου τετραγωνικής οπής (ASTM)	ΤΥΠΟΣ 1 (πυκνής σύνθεσης)		ΤΥΠΟΣ 2 (ανοικτής σύνθεσης)	
	Όνομαστικό μέγεθος μέγιστου κόκκου			
	12,5 mm	9,5 mm	12,5 mm	9,5 mm
	Ποσοστό διερχόμενων από τα αντίστοιχα κόσκινα			
19,00 mm (3/4")	100	-	100	-
12,50 mm (1/2")	90 - 100	100	85 - 100	100
9,50 mm (3/8")	-	90 - 100	60 - 90	85 - 100
4,75 mm (No 4)	44 - 74	55 - 85	20 - 50	40 - 70
2,36 mm (No 8)	28 - 58	32 - 67	5 - 25	10 - 35
1,18 mm (No 16)	-	-	3 - 19	5 - 25
0,30 mm (No 50)	5 - 21	7 - 23	0 - 10	0 - 12
0,07 mm (No 200)	2 - 10	2 - 10	-	-
Συνιστώμενο πάχος στρώσης	3-4 cm	2,5-3 cm	3-4 cm	2,5-3 cm

Πίνακας 6. Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών και συνιστώμενο πάχος στρώσης

Η κοκκομετρική διαβάθμιση του συνολικού μίγματος των αδρανών υλικών (χονδρόκοκκο, λεπτόκοκκο και παιπάλη), ανάλογα με τον τύπο του ασφατικού σκυροδέματος και το ονομαστικό μέγεθος του μέγιστου κόκκου, πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια του Πίνακα.

Το ποσοστό (στο συνολικό μίγμα των αδρανών) του διερχόμενου από το κόσκινο No 8 υλικού, είναι σημαντικό στοιχείο για τον εργοταξιακό έλεγχο, επειδή διαχωρίζεται το χονδρόκοκκο από το λεπτόκοκκο υλικό. Μίγματα που περιέχουν ποσοστό υλικού διερχόμενου από το κόσκινο 2,36 mm κοντά στο μέγιστο επιτρεπόμενο, δίνουν

επιφάνεια με σχετικά λεπτή υφή, ενώ διαβαθμίσεις που πλησιάζουν στο ελάχιστο, δίνουν επιφάνεια με σχετικά αδρή υφή.

Τα όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης του Πίνακα 7, ισχύουν κατά βάρος, εφόσον τα ειδικά βάρη του χονδρόκοκκου και του λεπτόκοκκου υλικού δε διαφέρουν πάνω από 5%. Αν υπάρχει μεγαλύτερη διαφορά, τα όρια του πίνακα και οι αναλογίες σύνθεσης κατά βάρος του συνολικού μίγματος αδρανών, θα πρέπει να αναχθούν, σύμφωνα με τα ειδικά βάρη τους.

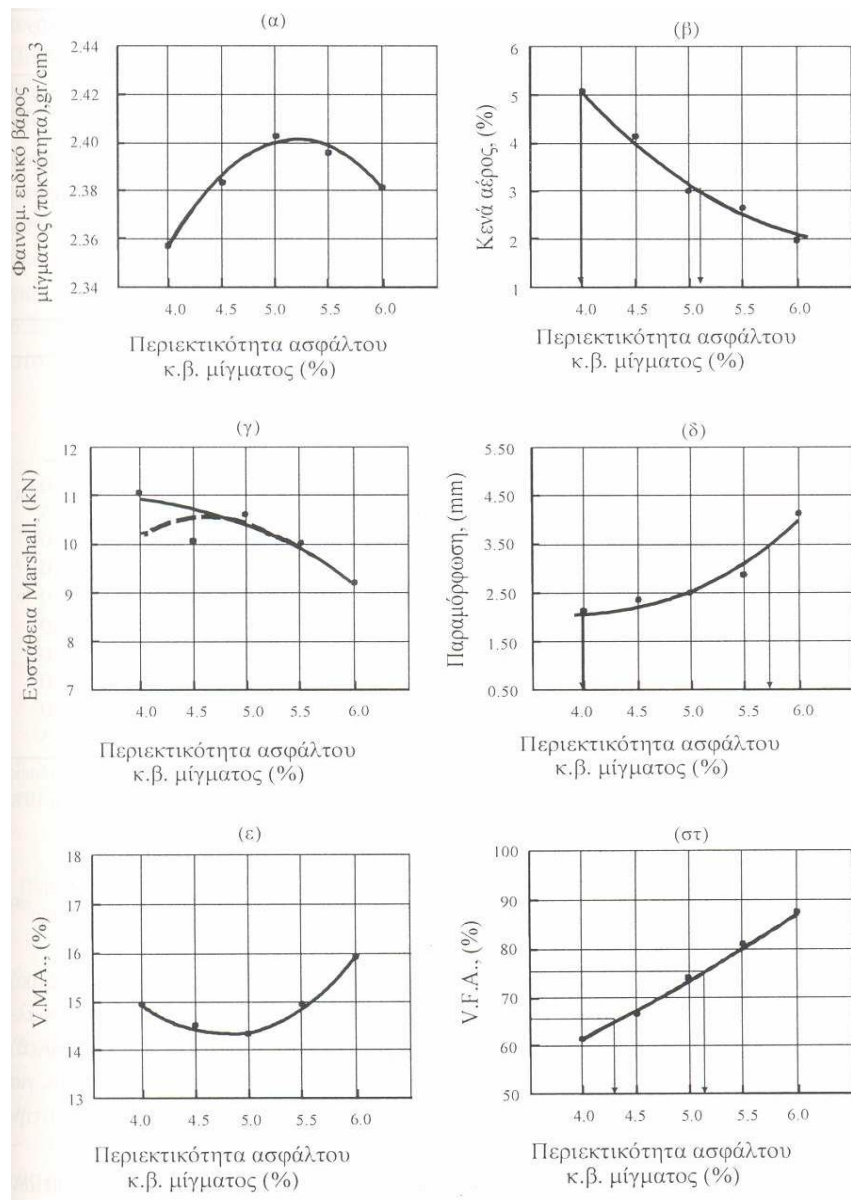
4.5.2 Υπολογισμός της βέλτιστης περιεκτικότητας ασφάλτου

Για τον υπολογισμό της βέλτιστης περιεκτικότητας ασφάλτου στο ασφαλτόμιγμα είναι απαραίτητο, εκτός από την ευστάθεια (διορθωμένη ευστάθεια) και την παραμόρφωση του μίγματος, να υπολογιστούν και οι παρακάτω ιδιότητες του μίγματος: το φαινόμενο ειδικό βάρος ($G_{φμ}$), το ποσοστό των κενών αέρος (V_a), το ποσοστό των κενών στο «σκελετό» των αδρανών του συμπυκνωμένου μίγματος (VMA) (επίσης γνωστό ως κενά συμπυκνωμένων αδρανών υλικών) και το ποσοστό των κενών που πληρώθηκαν με άσφαλτο (VFA).»

Οι παραπάνω παράμετροι χαρακτηρίζουν πλήρως το ασφαλτόμιγμα και υποβοηθούν στον καθορισμό του βέλτιστου ασφαλτομίγματος. Με τον καθορισμό της ευστάθειας διασφαλίζεται ότι το ασφαλτόμιγμα έχει την απαιτούμενη αντοχή, ενώ με τον καθορισμό της παραμόρφωσης διασφαλίζεται ότι το ασφαλτόμιγμα δεν πρόκειται να παραμορφωθεί υπερβολικά.

Το ποσοστό των κενών καθορίζει το αναμενόμενο ποσοστό κενών του τάπητα μετά από παρέλευση n-χρόνων. Στην περίπτωση που το ασφαλτοσκυρόδεμα κατά τη σύνθεση έχει κενά αέρος μικρότερα του επιτρεπτού είναι σίγουρο ότι αυτό θα παραμορφωθεί πρόωρα, παρουσιάζοντας έντονη τροχοαυλάκωση με εκατέρωθεν αυτής πλευρική υπερύψωση του τάπητα ή απώθηση (shoving).

Το VMA και VFA είναι πρόσθετες παράμετροι διασφάλισης καλής συμπεριφοράς του ασφαλτομίγματος. Με τα VMA διασφαλίζεται ότι ο διαθέσιμος χώρος μεταξύ των αδρανών είναι επαρκής για να παραλάβει (να «χωρέσει») την ποσότητα της ασφάλτου, ενώ με το VFA διασφαλίζεται ότι επαρκής αριθμός κενών πληρώθηκαν με άσφαλτο. Το τελευταίο είναι ουσιαστικής σημασίας διότι έμμεσα καθορίζει την απολύτως αναγκαία ποσότητα ασφάλτου στο μίγμα.



Εικόνα 64. Τυπικά διαγράμματα χαρακτηριστικών ιδιοτήτων Marshall

Δηλαδή, την ελάχιστη για να υπάρχει καλή συνεκτικότητα των κόκκων και κυρίως, τη μέγιστη που μπορεί να παραλάβει η δεδομένη κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος για να μην εμφανισθεί ανάδυση ασφάλτου και πρόωρη παραμόρφωση του μίγματος. Αφού υπολογιστούν οι παραπάνω ιδιότητες, σχεδιάζονται έξι διαγράμματα που έχουν στους οριζόντιους άξονες την περιεκτικότητα της ασφάλτου και στους κατακόρυφους τις παραπάνω ιδιότητες.

Κριτήρια Marshall	Μικρός κ/φ ΙΤΑ < 10 ⁴	Μέσος κ/φ ΙΤΑ 10 ⁴ -10 ⁶	Μεγάλος κ/φ ΙΤΑ > 10 ⁶
	Στρώσεις κυκλοφορίας και βάσεις		
Συμπύκνωση, κτύποι	2x35	2x50	2x75
Ελάχιστη ευστάθεια, kN (lb)	3.34 (750)	5.34(1200)	8.01 (1800)
Παραμόρφωση, mm	2.0 - 4.5	2.0 - 4.0	2.0 - 3.5
Κενά αέρος, %	3 - 5	3 - 5	3 - 5
Κενά που γέμισαν με άσφαλτο, VFA, %	70 - 80	65 - 78	65 - 75

	Για όλες τις περιπτώσεις			
	Ονομαστικό μέγεθος αδρανών ^(α) (mm)	Ελάχιστο VMA, (%), για κενά αέρος ^(β) :		
		3%	4%	5%
	63 (2.5")	9.0	10.0	11.0
	50 (2.0")	9.5	10.5	11.5
Κενά στο σκελετό των αδρανών (VMA), %	37.5 (1.5")	10.0	11.0	12.0
	25.0 (1.0")	11.0	12.0	13.0
	19.0 (3/4")	12.0	13.0	14.0
	12.5 (1/2")	13.0	14.0	15.0
	9.5 (3/8")	14.0	15.0	16.0
	4.75 (No. 4)	16.0	17.0	18.0
	2.36 (No. 8)	19.0	20.0	21.0
	1.18 (No. 16)	21.5	22.5	23.5

^(α) Το ονομαστικό μέγεθος αδρανών, στην περίπτωση αυτή, καθορίζεται από το αμέσως προηγούμενο μεγαλύτερο κόσκινο του πρώτου, που συγκρατεί περισσότερο από 10% αδρανή υλικά

^(β) Για ενδιάμεσα ποσοστά κενών το VMA καθορίζεται με γραμμική παρεμβολή

Εικόνα 65. Κριτήρια Marshall

Όπως φαίνεται στην εικόνα 64 (α), η καμπύλη του φαινόμενου ειδικού βάρους παρουσιάζει, σχεδόν πάντοτε, μία μέγιστη τιμή καθώς αυξάνει το ποσοστό της ασφάλτου. Όμοιας μορφής είναι και η καμπύλη της ευστάθειας με μόνη τη διαφορά ότι η μέγιστη τιμή εμφανίζεται σχεδόν πάντοτε σε χαμηλότερο ποσοστό ασφάλτου από αυτό για μέγιστο φαινόμενο ειδικό βάρος. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι η μέγιστη τιμή της ευστάθειας δεν είναι πάντοτε τόσο εύκολο να προσδιοριστεί, όσο στην περίπτωση του φαινόμενου ειδικού βάρους, δηλαδή η καμπύλη δεν παρουσιάζει μονοσήμαντη μέγιστη τιμή. Το φαινόμενο αυτό είναι πολύ συνηθισμένο. Τα κενά αέρος, καθώς αυξάνεται το ποσοστό της ασφάλτου, μειώνονται συνεχώς. Αντίστοιχα, με την αύξηση του ποσοστού της ασφάλτου η παραμόρφωση αυξάνεται, ενώ τα κενά στο σκελετό των αδρανών (VMA) αρχικά μειώνονται μέχρι μιας ελαχίστης τιμής και κατόπιν αυξάνονται. Τέλος, καθώς αυξάνει το ποσοστό της ασφάλτου, τα κενά που γέμισαν με άσφαλτο (εκφραζόμενα επί τοις εκατό) (VFA) συνεχώς αυξάνονται.

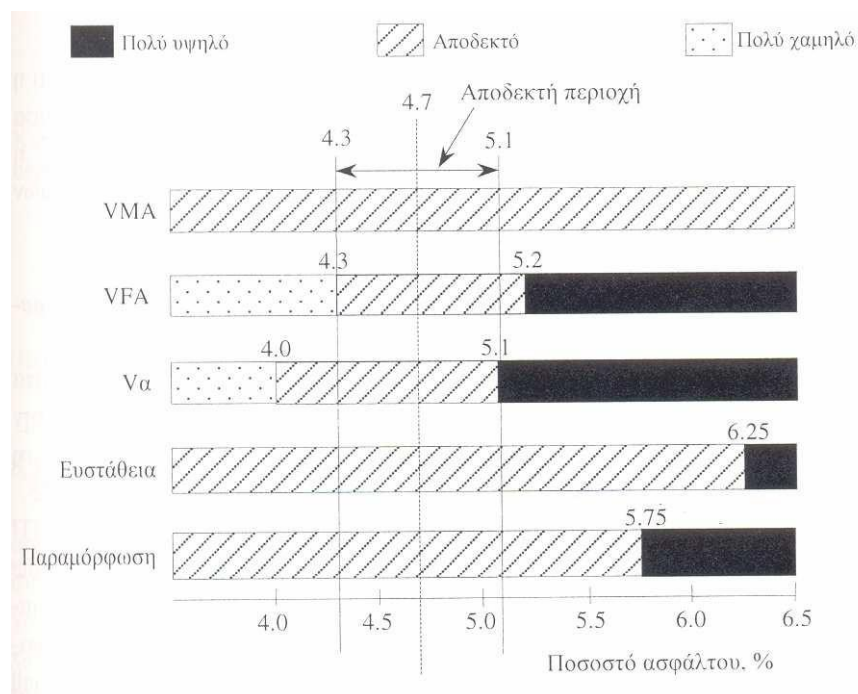
Ο τρόπος καθορισμού της βέλτιστης περιεκτικότητας ασφάλτου και κατά συνέπεια του

τελικού μίγματος, βάσει των αναθεωρημένων προδιαγραφών του Asphalt Institute, διαφέρει από αυτόν που μέχρι σήμερα χρησιμοποιείται από όλα τα εργοστάσια σύνθεσης ασφαλτομιγμάτων στην Ελλάδα.

Κατά το Asphalt Institute, επιλέγεται σαν τελικό μίγμα αυτό που ικανοποιεί ταυτόχρονα όλες τις απαιτήσεις των κριτηρίων.

Τέτοια μίγματα υπάρχουν πλέον του ενός. Για να μειωθεί ο αριθμός των μιγμάτων και να επιλεγεί το τελικό μίγμα συνιστάται όπως σχεδιάζεται το διάγραμμα της Εικόνας 65. Στο διάγραμμα αυτό τοποθετούνται τα κριτήρια VMA, VFA, V_a , ευστάθειας και παραμόρφωσης, με τις αντίστοιχες οριακές τιμές του ποσοστού ασφάλτου στο μίγμα. Η κοινή περιοχή μέσα στην οποία οποιαδήποτε περιεκτικότητα ασφάλτου δίνει μίγμα που ικανοποιεί όλα τα κριτήρια Marshall, καθορίζει και το αποδεκτό μίγμα. Το τελικό μίγμα ή η βέλτιστη περιεκτικότητα της ασφάλτου, είναι η μέση τιμή ασφάλτου της περιοχής αυτής. Τα ακραία όρια της κοινής περιοχής καθορίζουν το απολύτως μέγιστο και ελάχιστο επιτρεπτό ποσοστό ασφάλτου στο μίγμα, για καλή συμπεριφορά. Τα παραπάνω επεξηγούνται με ένα παράδειγμα στην παρακάτω παράγραφο.

Οι καμπύλες σχεδιάστηκαν βάσει των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν από ασφαλτόμιγμα με ονομαστικό μέγεθος κόκκων 19mm, το οποίο συμπυκνώθηκε με 75 κτύπους -για βαριά κυκλοφορία. Από τον Πίνακα της εικόνας 65, το ελάχιστο ποσοστό VMA για 4% κενά (συνιστάται όπως λαμβάνεται η μέση τιμή μεταξύ 3-5%) θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο του 13%, το ποσοστό των κενών που γέμισαν με άσφαλτο (VFA) θα πρέπει να είναι από 65 έως 75%, η παραμόρφωση από 2.0 έως 3.5mm και η ευστάθεια μεγαλύτερη των 8kN. Από τα διαγράμματα της Εικόνας 64 τα ποσοστά ασφάλτου που ικανοποιούν τις παραπάνω απαιτήσεις, κατά κριτήριο, είναι: οποιοδήποτε ποσοστό για το VMA, 4.3 έως 5.2% για το VFA, 4.0 έως 5.1% για τα κενά V_a , μικρότερο του 5.75% για παραμόρφωση και μικρότερο του 6.25% (κατ' εκτίμηση) για ευστάθεια.



Εικόνα 66.Γραφική απεικόνιση οριακών τιμών ποσοστού ασφάλτου ανά κριτήριο Marshall

Η κοινή αποδεκτή περιοχή είναι αυτή μεταξύ 4.3 και 5.1% ποσοστό ασφάλτου. Η μέση τιμή της περιοχής αυτής είναι το 4.7%. Έτσι, το τελικό μίγμα θα πρέπει να έχει 4.7% άσφαλτο

κατά βάρος μίγματος (βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου). Η απολύτως μέγιστη και η ελάχιστη επιτρεπτή περιεκτικότητα ασφάλτου στο μίγμα θα πρέπει να είναι 5.1 και 4.3% αντίστοιχα.

Αφού καθορίστηκε το βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου του ασφαλτομίγματος, από το διάγραμμα της Εικόνας 64 (α) καθορίζεται το μέγιστο φαινόμενο ειδικό βάρος του συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος (για τον έλεγχο της συμπύκνωσης στο έργο). Στην περίπτωση αυτή για ποσοστό ασφάλτου: 4.7% το φαινόμενο ειδικό βάρος του ασφαλτομίγματος είναι 2.387 gr/cm³. Τέλος, συνιστάται όπως στο στάδιο της μελέτης σύνθεσης ελέγχεται η αναλογία ποσοστών παιπάλης/ασφάλτου. Σύμφωνα με την αναθεωρηθείσα μελέτη σύνθεσης ασφαλτικών σκυροδεμάτων του Asphalt Institute η αναλογία αυτή θα πρέπει πάντοτε να βρίσκεται εντός του εύρους των τιμών 0.6- 1.2.

4.5.3 Κενά αέρος στο συμπυκνωμένο ασφαλτόμιγμα

Το ποσοστό των κενών αέρος στο συμπυκνωμένο ασφαλτόμιγμα υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$V_a = [(G_{\mu\mu} - G_{\phi\mu}) / G_{\mu\mu}] \times 100, (\%) \quad (0.5)$$

όπου : $G_{\mu\mu}$ = μέγιστο ειδικό βάρος «χαλαρού» ασφαλτομίγματος, gr/cm³

$G_{\phi\mu}$ = φαινόμενο ειδικό βάρος του συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος, gr/cm³

Η τιμή του μέγιστου ειδικού βάρους του ασφαλτομίγματος $G_{\mu\mu}$ αλλάζει καθώς αλλάζει η περιεκτικότητα της ασφάλτου ($P_{ασφ}$) και κατ' επέκταση το ποσοστό των αδρανών ($P_{αδρ}$) στο ασφαλτόμιγμα. Ομοίως αλλάζει και το φαινόμενο ειδικό βάρος του συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος, για τον αυτό βαθμό συμπύκνωσης. Έτσι, για κάθε περιεκτικότητα ασφάλτου στο μίγμα θα πρέπει να υπολογίζεται τόσο το μέγιστο ειδικό βάρος του ασφαλτομίγματος όσο και το φαινόμενο ειδικό βάρος του συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος. Το μέγιστο ειδικό βάρος του ασφαλτομίγματος μπορεί να υπολογισθεί από τα ειδικά βάρη των συστατικών του ασφαλτομίγματος χρησιμοποιώντας τη γενική εξίσωση:

$$G_{\mu\mu} = 100 / [(P_{αδρ} / G_x) + (P_{ασφ} / G_{ασφ})] \quad (0.6)$$

Όπου : $P_{αδρ}$, $P_{ασφ}$ = ποσοστό αδρανών και ασφάλτου αντίστοιχα στο μίγμα

G_x = ειδικό βάρος μίγματος αδρανών, για οποιαδήποτε έκφραση «x» του ειδικού βάρους

$G_{ασφ}$ = ειδικό βάρος ασφάλτου.

Ως ειδικό βάρος του μίγματος αδρανών θα μπορούσε να ληφθεί είτε το φαινόμενο ειδικό βάρος είτε το σχετικό ειδικό βάρος των αδρανών. Πλην όμως, τα δύο αυτά μεγέθη είναι διάφορα μεταξύ τους, ιδιαίτερα όταν τα αδρανή είναι πορώδη. Για τον υπολογισμό του φαινόμενου ειδικού βάρους των αδρανών λαμβάνεται ως όγκος και ο όγκος των διαπερατών από το νερό πόρων (πόροι που απορρόφησαν νερό) ενώ για το σχετικό ειδικό βάρος όχι. Και στις δύο περιπτώσεις γίνεται αναφορά σε απορρόφηση ύδατος και όχι ασφάλτου από τα αδρανή, που είναι η πραγματικότητα, και τα πράγματα περιπλέκονται ακόμη περισσότερο.

Το ποσοστό απορρόφησης ασφάλτου είναι πάντοτε μικρότερο του ποσοστού απορρόφησης ύδατος των αδρανών. Το πόσο μικρότερη είναι η απορροφητικότητα σε άσφαλτο είναι δύσκολο να καθορισθεί απόλυτα. Το ποσοστό εξαρτάται, κυρίως, από το πορώδες των αδρανών, τη θερμοκρασία και το ιξώδες της ασφάλτου και το χρόνο και τη θερμοκρασία στην οποία αφήνεται το ασφαλτόμιγμα μέχρι να γίνουν οι ανάλογες

μετρήσεις. Από μετρήσεις διαφόρων ερευνητών, βρέθηκε ότι η απορρόφηση ασφάλτου μπορεί να είναι έως και το 60% του ποσοστού απορρόφησης υγρασίας για πολύ πορώδη αδρανή οδοστρωσία.

Έτσι λοιπόν, οποιαδήποτε από τις παραπάνω δύο τιμές ειδικού βάρους αδρανών χρησιμοποιηθεί, το αποτέλεσμα της ανάλυσης για την ογκομετρική σύσταση του μίγματος δε θα είναι απόλυτα ακριβές. Το ακριβές αποτέλεσμα θα μπορούσε να εξαχθεί εάν μπορούσε να υπολογισθεί το ποσοστό της ασφάλτου που απορροφήθηκε και από αυτό ο ενεργός όγκος των αδρανών, δηλαδή ο όγκος των αδρανών που αποτελείται από τον όγκο της συμπαγούς μάζας των αδρανών συν τον όγκο των πόρων που δεν απορρόφησαν άσφαλο. Στην περίπτωση αυτή ορίζεται μία άλλη έκφραση του ειδικού βάρους, το ενεργό ειδικό βάρος των αδρανών, G_E . Έτσι, το μέγιστο ειδικό βάρος του άσφαλο μίγματος καθορίζεται από τη σχέση 6.2 όπου το G_X λαμβάνει την τιμή του ενεργού ειδικού βάρους του μίγματος των αδρανών και η σχέση 6.2 γίνεται:

$$G_{\mu} = 100 / [(P_{\alpha\delta\rho} / G_E) + (P_{\alpha\sigma\phi} / G_{\alpha\sigma\phi})] \quad (0.7)$$

όπου : G_E = ενεργό ειδικό βάρος του μίγματος των αδρανών

$P_{\alpha\delta\rho}$, $P_{\alpha\sigma\phi}$ = ποσοστό των αδρανών και της ασφάλτου στο μίγμα, αντίστοιχα

$G_{\alpha\sigma\phi}$ = ειδικό βάρος της ασφάλτου.

Το ενεργό ειδικό βάρος των αδρανών μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση:

$$G_E = (100 - P_{\alpha\sigma\phi}) / [(100 / G_{\mu R}) - (P_{\alpha\sigma\phi}) / G_{\alpha\sigma\phi}] \quad (0.8)$$

Όπου: $G_{\mu R}$ = μέγιστο ειδικό βάρος του ασφαλτομίγματος κατά Rise

$P_{\alpha\sigma\phi}$ = ποσοστό αδρανών και ασφάλτου αντίστοιχα στο μίγμα.

Το μέγιστο ειδικό βάρος του ασφαλτομίγματος κατά Rise (Rise το όνομα του ερευνητή που πρότεινε τη δοκιμή) υπολογίζεται εργαστηριακά σύμφωνα με την προδιαγραφή ASTM D 2041. Σύμφωνα με την προδιαγραφή αυτή, γνωστή ποσότητα «χαλαρού» ασφαλτομίγματος τοποθετείται εντός ειδικού δοχείου και καλύπτεται πλήρως με νερό 25°C. Ο αέρας που εμπεριέχεται μεταξύ των αδρανών του ασφαλτομίγματος απομακρύνεται με τη σταδιακή αύξηση της υποπίεσης που δημιουργείται στο δοχείο. Όταν η υποπίεση φτάσει τα 30mm υδραργύρου διατηρείται για 5 έως 15 λεπτά και το περιεχόμενο δονείται για να διευκολυνθεί η απομάκρυνση του αέρα που πιθανόν να εγκλωβίστηκε μεταξύ των καλυμμένων με άσφαλο αδρανών. Το θεωρητικά μέγιστο ειδικό βάρος του ασφαλτομίγματος υπολογίζεται κάνοντας χρήση μιας από τις παρακάτω δύο εξισώσεις, η οποία εξαρτάται από το εάν ο όγκος του ασφαλτομίγματος καθορίζεται ζυγίζοντας το ειδικό δοχείο με το μίγμα στο νερό ή το ασφαλτομίγμα μονό στο νερό:

$$G_{\mu R} = A / (A - \Gamma) \quad (0.9)$$

όπου : A = βάρος του ασφαλτομίγματος

Γ = βάρος του ασφαλτομίγματος στο νερό (25°C)

H

$$G_{\mu R} = A / (A + \Delta - E) \quad (0.10)$$

Όπου: Δ = βάρος του δοχείου γεμάτο με νερό

E = βάρος του δοχείου γεμάτο με ασφαλτόμικγμα και νερό (25°C)

Το $G_{\mu R}$ θα μπορούσε να υπολογισθεί κάθε φορά που άλλαζε η περιεκτικότητα της ασφάλτου στο μίγμα και να χρησιμοποιείται αυτούσιο για τον υπολογισμό του ποσοστού των κενών, σχέση 6.1. Πλην όμως, για την ακρίβεια της δοκιμής, συνιστάται όπως καθορίζεται μια φορά σε ασφαλτόμικγμα με ποσοστό ασφάλτου περίπου ίσο με το βέλτιστο, και κατόπιν, το μέγιστο ειδικό βάρος του ασφαλτομίγματος, για οποιοδήποτε ποσοστό ασφάλτου, υπολογίζεται από τη σχέση 6.2 σε συνδυασμό με τη σχέση 6.3. Για όλες τις πρακτικές εφαρμογές το ενεργό ειδικό βάρος των αδρανών είναι σταθερό διότι η απορροφητικότητα της ασφάλτου δεν επηρεάζεται αισθητά από τις αυξομειώσεις της ποσότητας της ασφάλτου στο μίγμα. Επίσης η τιμή που λαμβάνει το ενεργό ειδικό βάρος του μίγματος των αδρανών είναι πάντοτε μικρότερη του σχετικού ειδικού βάρους και μεγαλύτερη του φαινόμενου ειδικού βάρους του μίγματος των αδρανών ($G_{σχ} < G_E < G_{\phi}$). Σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να επαναλαμβάνονται οι δοκιμές, πρώτα για τον καθορισμό του $G_{\mu R}$ και κατόπιν για τον καθορισμό του $G_{σχ}$ και G_{ϕ} των αδρανών και κατ' επέκταση του μίγματος των αδρανών.

Η παραπάνω μεθοδολογία συνιστάται από το Asphalt Institute για τον υπολογισμό του μέγιστου ειδικού βάρους και κατ' επέκταση του ποσοστού των κενών αέρος στο μίγμα.

Ορισμένα εργαστήρια, χρησιμοποιούν ως μέγιστο ειδικό βάρος ασφαλτομίγματος την τιμή που προκύπτει από τη σχέση 6.2 αλλά ως G_X λαμβάνουν το μέσο όρο μεταξύ φαινόμενου και σχετικού ειδικού βάρους αδρανών ή το σχετικό ειδικό βάρος των αδρανών. Αρκετά εργαστήρια χρησιμοποιούν μόνο το φαινόμενο ειδικό βάρος των αδρανών. Εάν τα αδρανή είχαν μηδενική απορροφητικότητα σε νερό όλοι οι υπολογισμοί θα κατέληγαν στο ίδιο αποτέλεσμα.

Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι, όταν τα αδρανή δεν έχουν μεγάλη απορροφητικότητα, δηλ. ποσοστό απορρόφησης ύδατος (υγρασίας) μικρότερο του 0.5% περίπου, το μέγιστο ειδικό βάρος του ασφαλτομίγματος μπορεί να προσδιορισθεί, με σχετική ακρίβεια, με οποιονδήποτε από τους τρόπους που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.

Το φαινόμενο ειδικό βάρος συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος υπολογίζεται από το βάρος του συμπυκνωμένου δοκιμίου και τον όγκο αυτού. Ο όγκος του δοκιμίου, όταν αυτό έχει πυκνή και λεία υφή δίχως επιφανειακούς πόρους, υπολογίζεται δια εμβαπτίσεως αυτού σε νερό δίχως καμία προεργασία της επιφάνειας του δοκιμίου. Η αναλυτική διαδικασία της δοκιμής περιγράφεται στην προδιαγραφή ASTM D 2726. Το δοκίμιο τοποθετείται σε καλάθι που είναι κρεμασμένο από ζυγό ακριβείας, έτσι ώστε να ζυγίζεται αυτόματα, και όλα μαζί τοποθετούνται σε υδρόλουτρο 25°C. Μετά από τρία έως πέντε λεπτά λαμβάνεται η ένδειξη του βάρους και χαρακτηρίζεται ως βάρος δοκιμίου στο νερό (ο ζυγός είχε προηγουμένως μηδενισθεί με το καλάθι άδειο και πλήρως εμβαπτισμένο στο νερό). Κατόπιν το δοκίμιο απομακρύνεται από το υδρόλουτρο σκουπίζεται ελαφρώς, έτσι ώστε να μη στάζουν νερά, και ζυγίζεται. Το βάρος αυτό χαρακτηρίζεται ως βάρος κορεσμένου δοκιμίου με στεγνή επιφάνεια. Το φαινόμενο ειδικό βάρος συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$G_{\phi\mu} = A / (B - \Gamma) \quad (0.11)$$

όπου : A = βάρος του δοκιμίου στον αέρα

B = βάρος κορεσμένου δοκιμίου με στεγνή επιφάνεια

Γ = βάρος του δοκιμίου στο νερό

Όταν το ασφαλτόμικγμα έχει επιφανειακούς πόρους (ασφαλτόμικγμα ανοικτής διαβάθμισης

ή χονδρόκοκκο ασφαλτόμιγμα) το φαινόμενο ειδικό βάρος του συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος υπολογίζεται σύμφωνα με την προδιαγραφή ASTM D 1188. Η διαδικασία της δοκιμής είναι ίδια με την προηγούμενη μόνο που το συμπυκνωμένο ασφαλτόμιγμα (δοκίμιο ή «καρότο») καλύπτεται με παραφίνη για να αποτραπεί η απορρόφηση ύδατος και πλήρωση των πόρων του μίγματος με νερό.

Το φαινόμενο ειδικό βάρος του συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος, στην περίπτωση αυτή, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$G_{\phi\mu} = A / [\Delta - E - (\Delta - A) / G_{\pi}] \quad (0.12)$$

όπου : A = βάρος του δοκιμίου στον αέρα

Δ = βάρος του δοκιμίου με παραφίνη στον αέρα

E = βάρος του δοκιμίου με παραφίνη στο νερό, και

G_{π} = ειδικό βάρος της παραφίνης (συνήθως 0.89 gr/cm³)

Για να υπολογισθεί η πυκνότητα του συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος, το φαινόμενο ειδικό βάρος αυτού θα πρέπει, και στις δύο περιπτώσεις, να πολλαπλασιαστεί με το συντελεστή 0.9970 gr/cm³. Ο συντελεστής αυτός είναι η πυκνότητα του ύδατος στους 25°C. Αρκετά εργαστήρια χρησιμοποιούν το συντελεστή 1.000, που είναι η πυκνότητα του ύδατος στους 4°C, αλλά θεωρούν ότι δίνει επαρκή ακρίβεια υπολογισμών.

4.5.4 Κενά στο σκελετό των αδρανών (VMA)

Τα κενά στο σκελετό των αδρανών (ή κενά στα συμπυκνωμένα αδρανή), ορίζονται ως ο όγκος που καταλαμβάνουν τα κενά αέρος και ο όγκος που καταλαμβάνει η ασφάλτος, - η ενεργός ασφάλτος, δηλαδή αυτή που απέμεινε μετά την πιθανή απορρόφηση κάποιας μικρής ποσότητας από τα αδρανή. Το VMA εκφράζεται σε ποσοστό επί του συνολικού φαινόμενου συμπυκνωμένου όγκου του ασφαλτομίγματος και υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$VMA = 100 - (G_{\phi\mu} \cdot P_{\alpha\delta\rho} / G_{\phi}), (\%) \quad (0.13)$$

όπου : $G_{\phi\mu}$ = φαινόμενο ειδικό βάρος του συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος

G_{ϕ} = φαινόμενο ειδικό βάρος του μίγματος των αδρανών

$P_{\alpha\delta\rho}$ = ποσοστό των αδρανών στο ασφαλτόμιγμα.

Εξορισμού το VMA ισούται επίσης με το αλγεβρικό άθροισμα του όγκου των κενών αέρα (V_{α}) συν τον όγκο που καταλαμβάνει η ενεργός ποσότητα ασφάλτου ($V_{\epsilon\alpha\sigma\phi}$) ή τον όγκο της αρχικής ποσότητας ασφάλτου στην περίπτωση που δεν υπάρχει απορρόφηση από τα αδρανή, ήτοι:

$$VMA = V_{\alpha} + V_{\epsilon\alpha\sigma\phi} (\text{ή } V_{\alpha\sigma\phi}) \quad (0.14)$$

Έτσι, σε περίπτωση που ήθελε υπολογισθεί ο όγκος της ασφάλτου συναρτήσει του συμπυκνωμένου όγκου του ασφαλτομίγματος, αυτός μπορεί να υπολογισθεί από την παραπάνω εξίσωση αφού υπολογισθεί το VMA και το V_{α} .

Ο όγκος της ασφάλτου ($V_{\alpha\sigma\phi}$ ή $V_{\alpha\sigma\phi}$) μπορεί επίσης να υπολογισθεί, ανεξάρτητα, και από την παρακάτω εξίσωση:

$$V_{εασφ}(ήV_{ασφ}) = [(G_{φμ} / G_{μμ}) - (G_{φμ} P_{αδρ} / G_{φ})] \times 100, (\%) \quad (0.15)$$

Όπου: $G_{φμ}$ = φαινόμενο ειδικό βάρος του συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος

$G_{μμ}$ = μέγιστο ειδικό βάρος «χαλαρού» ασφαλτομίγματος

$G_{φ}$ = φαινόμενο ειδικό βάρος του μίγματος των αδρανών

$P_{αδρ}$ = ποσοστό των αδρανών στο ασφαλτόμιγμα.

4.5.5 Ποσοστό κενών που πληρώθηκαν με άσφαλτο (VFA)

Το VFA ορίζεται ως το ποσοστό των κενών στο σκελετό των αδρανών που πληρώθηκε με άσφαλτο. Η τιμή του VFA υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$VFA = [(V_{εασφ} ή V_{ασφ}) / VMA] \times 100, (\%) \quad (0.16)$$

4.5.6 Ποσοστό απορρόφησης ασφάλτου

Το ποσοστό απορρόφησης ασφάλτου εκφράζεται συναρτήσει του βάρους των αδρανών και όχι συναρτήσει του βάρους του ασφαλτομίγματος. Το ποσοστό απορρόφησης ασφάλτου ($P_{ασφ}$) υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$P_{ασφ} = (G_{εαδρ} - G_{φα}) / (G_{φα} \times G_{εαδρ}) \times G_{ασφ} \times 100, (\%) \quad (6.13)$$

Όπου: $G_{εαδρ}$ = ενεργό ειδικό βάρος αδρανών

$G_{φα}$ = φαινόμενο ειδικό βάρος αδρανών

$G_{ασφ}$ = ειδικό βάρος ασφάλτου

4.5.7 Προσδιορισμός ειδικού Βάρους Μίγματος Αδρανών

Όταν ο καθορισμός των ειδικών βαρών ενός μίγματος αδρανών γίνεται ξεχωριστά για κάθε κλάσμα αδρανών, τότε η αντιπροσωπευτική μέση τιμή του φαινομένου, ή του σχετικού ή του φαινομένου κορεσμένης-ξηρής επιφάνειας, ειδικού βάρους του μίγματος των αδρανών υπολογίζεται από τη γενική σχέση:

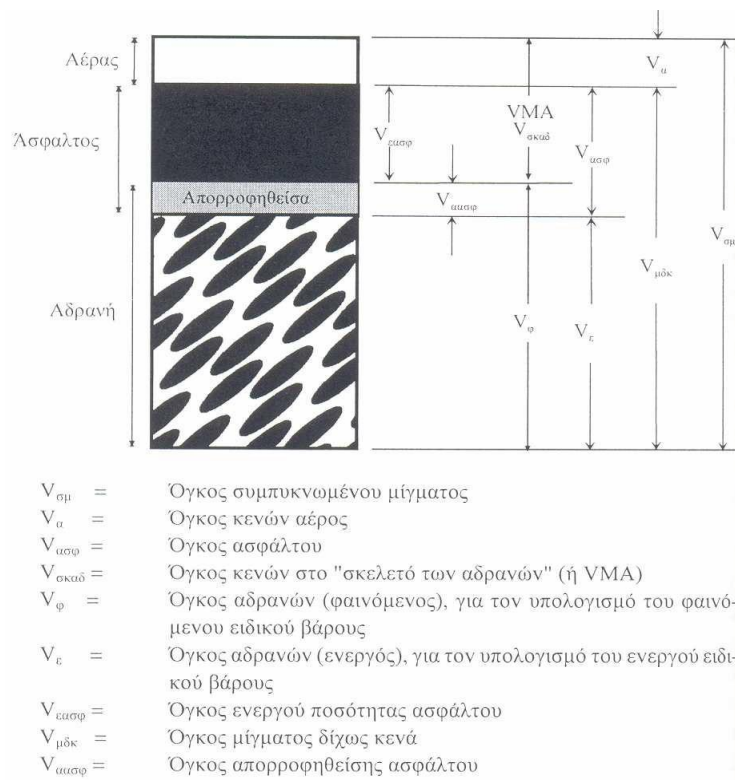
$$G_x = \frac{100}{\frac{P_1}{G_{x1}} + \frac{P_2}{G_{x2}} + \dots + \frac{P_n}{G_{xn}}} \quad (0.17)$$

όπου : G_x = ειδικό βάρος μίγματος αδρανών, οποιαδήποτε έκφραση (x) του ειδικού βάρους (φαινόμενο, σχετικό κλπ)

P_1, P_2, \dots, P_n = ποσοστό αναλογίας κλάσματος n-αδρανών στο μίγμα

$G_{x1}, G_{x2}, \dots, G_{xn}$ = αντίστοιχο ειδικό βάρος του κλάσματος n-αδρανών.

4.5.8 Προσδιορισμός απορρόφησης υγρασίας αδρανών υλικών



Εικόνα 67.Ογκομετρική απεικόνιση ασφαλτομίγματος

Τα αδρανή υλικά, όταν έρχονται σε επαφή με το νερό, ανάλογα με τη φυσική τους σύσταση απορροφούν από αρκετή έως σχεδόν καθόλου υγρασία. Η γνώση του ποσοστού απορρόφησης είναι ουσιαστικής σημασίας όταν τα αδρανή πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στην οδοστρωσία και ειδικότερα στην παραγωγή ασφαλτομιγμάτων. Αδρανή με κάποιο ποσοστό απορρόφησης υγρασίας αυξάνουν το ειδικό τους βάρος όταν βραχούν, απαιτούν μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας για βέλτιστη συμπίκνωση και μεγαλύτερο ποσοστό ασφάλτου για βέλτιστη συμπεριφορά, σε σύγκριση με αδρανή που έχουν μικρό ή σχεδόν μηδενικό ποσοστό απορρόφησης υγρασίας. Είναι φυσικό ότι όσο πιο πορώδη είναι τα αδρανή τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό απορρόφησης αυτών σε υγρασία.

Το ποσοστό απορρόφησης υγρασίας των αδρανών που χρησιμοποιούνται στην οδοστρωσία κυμαίνεται από 0.1% έως 4.0%. Τα ασβεστολιθικά πετρώματα, τα αμμοχάλικα και ορισμένα πυριγενή έχουν πολύ χαμηλό ποσοστό (συνήθως 0.1% έως 0.5%) σε αντίθεση με σκωρίες ή άλλα πυριγενή, ηφαιστειογενούς προέλευσης, πετρώματα (2.0% έως και 4.0%). Σε άλλα πετρώματα όπως βασάλτης, ψαμμόλιθος κλπ, το ποσοστό κυμαίνεται από 0.5% έως 2%.

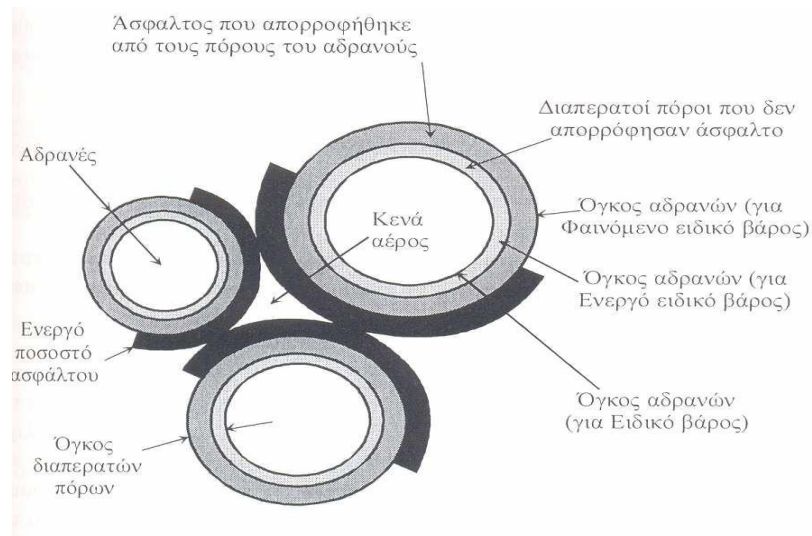
Ο υπολογισμός του ποσοστού απορρόφησης υγρασίας γίνεται συνήθως κατά το στάδιο προσδιορισμού του ειδικού βάρους των αδρανών, χρησιμοποιώντας την εξίσωση:

$$AY(\%) = \frac{(B - A)}{A} \cdot 100 \quad (0.18)$$

Όπου : % AY = ποσοστό απορρόφησης υγρασίας

A = μάζα ξηρού αδρανούς, gr

$B = \text{μάζα υγρού αδρανούς, gr}$

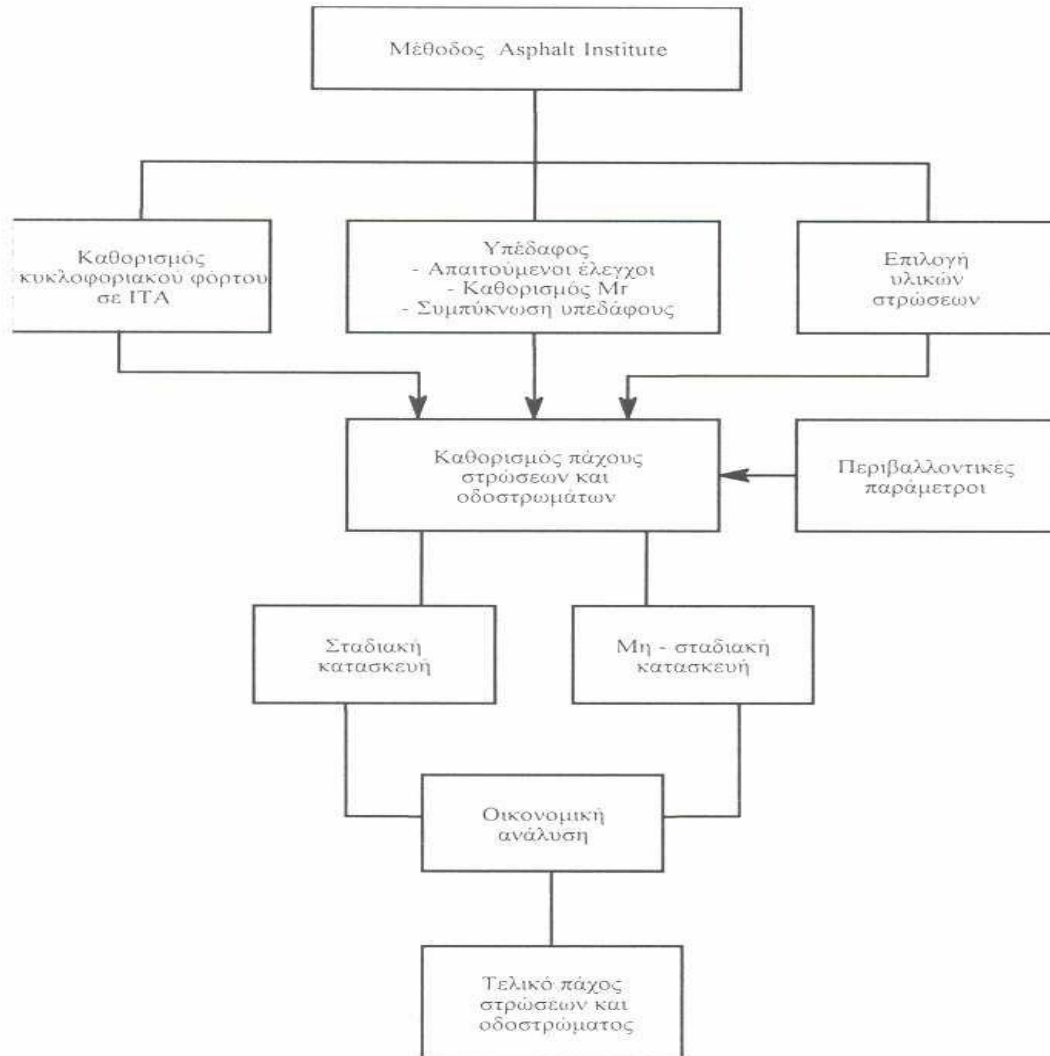


Εικόνα 68. Ασφαλτόμιγμα (τρία αδρανή σε μεγέθυνση)

4.6 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

4.6.1 Μέθοδος Asphalt Institute

Η μέθοδος του Asphalt Institute αρχικά προτάθηκε το 1981, σε αντικατάσταση της παλαιάς μεθόδου του ίδιου Ινστιτούτου, συμπληρώθηκε το 1984 και έλαβε τη σημερινή της μορφή το 1991. Η μέθοδος χρησιμοποιεί την ελαστική θεωρία σε πολυστρωματικό σύστημα.



Εικόνα 69. Λογικό διάγραμμα μεθοδολογίας διαστασιολόγησης οδοστρωμάτων κατά Asphalt Institute.

Με τη μέθοδο αυτή μπορεί να διαστασιολογηθεί τόσο το πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος που αποτελείται από βάση (και υπόβαση) με ασύνδετα αδρανή και ασφαλτικές στρώσεις, όσο και το πάχος οδοστρώματος του οποίου όλες οι στρώσεις είναι από ασφαλτόμιγμα, το οποίο θα ονομάζεται χάριν συντομίας οδόστρωμα «ολικού πάχους». Επίσης, με τη μέθοδο αυτή μπορεί να υπολογισθεί το πάχος του οδοστρώματος το οποίο αποτελείται από ψυχρό ασφαλτόμιγμα και στρώση βάσης από ασύνδετα αδρανή.

Τα πάχη των στρώσεων καθορίζονται από νομογραφήματα. Τα νομογραφήματα αυτά καθορίστηκαν με τη βοήθεια του προγράμματος DAMA και σε συνδυασμό με την πολυετή εμπειρία που συλλέχθηκε από εργαστηριακές έρευνες και την εμπειρία που αποκτήθηκε από την πράξη.

Ο κυκλοφοριακός φόρτος που πρόκειται να κινηθεί επί του σχεδιαζόμενου οδοστρώματος εκφράζεται σε Ισοδύναμους Τυπικούς Αξόνες (ΙΤΑ ή ESAL). Για τη διαστασιολόγηση απαιτείται να είναι γνωστός ο συνολικός αριθμός των ΙΤΑ καθ' όλη τη σχεδιαστική διάρκεια του οδοστρώματος. Ο καθορισμός του συνολικού αριθμού Ισοδυνάμων Τυπικών Αξόνων για όλη τη σχεδιαστική διάρκεια ζωής του οδοστρώματος επιτυγχάνεται αφού καθορισθεί:

α) η σύνθεση της κυκλοφορίας (αριθμός και βάρος αξόνων ανά όχημα) κατά τον πρώτο

χρόνο λειτουργίας του οδοστρώματος,
β) το ποσοστό των οχημάτων στη σχεδιαστική λωρίδα (λωρίδα μελέτης) και
γ) το ποσοστό της ετήσιας αύξησης των οχημάτων (ενιαίο ή κατά κατηγορία οχήματος).

4.6.1.1 Συμπύκνωση εδάφους έδρασης

Σε περίπτωση επιχώματος ή εάν χρησιμοποιηθεί φερτό υλικό για την εξυγίανση του εδάφους έδρασης ή εάν διαταραχθεί το έδαφος έδρασης θα πρέπει να ελέγχεται σχολαστικά η συμπύκνωση των στρώσεων. Ο απαιτούμενος βαθμός συμπύκνωσης εξαρτάται από το εάν το υλικό είναι συνεκτικό ή μη συνεκτικό.

Για συνεκτικό υλικό και για τα πρώτα 300mm απαιτείται συμπύκνωση τέτοια ώστε να λαμβάνεται πυκνότητα τουλάχιστον 95% της εργαστηριακής. Για όλο το υπόλοιπο πάχος της στρώσης η πυκνότητα θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 90% της εργαστηριακής. Το ποσοστό υγρασίας κατά τη συμπύκνωση θα πρέπει να είναι περίπου το βέλτιστο για μέγιστη πυκνότητα. Γενικώς, συνεκτικά εδάφη που δεν είναι δυνατόν να διογκωθούν θα πρέπει να συμπυκνώνονται με ποσοστό υγρασίας 1 ή 2% χαμηλότερο της βέλτιστης περιεκτικότητας υγρασίας που επιτεύχθηκε στο εργαστήριο. Αντιστρόφως, συνεκτικά διογκούμενα εδάφη θα πρέπει να συμπυκνώνονται με ποσοστό υγρασίας 1 ή 2% πάνω από το βέλτιστο ποσοστό υγρασίας. Για μη συνεκτικό υλικό και για τα πρώτα 300mm απαιτείται συμπύκνωση τουλάχιστον 100% της εργαστηριακής, ενώ για το υπόλοιπο πάχος τουλάχιστον 95% της εργαστηριακής.

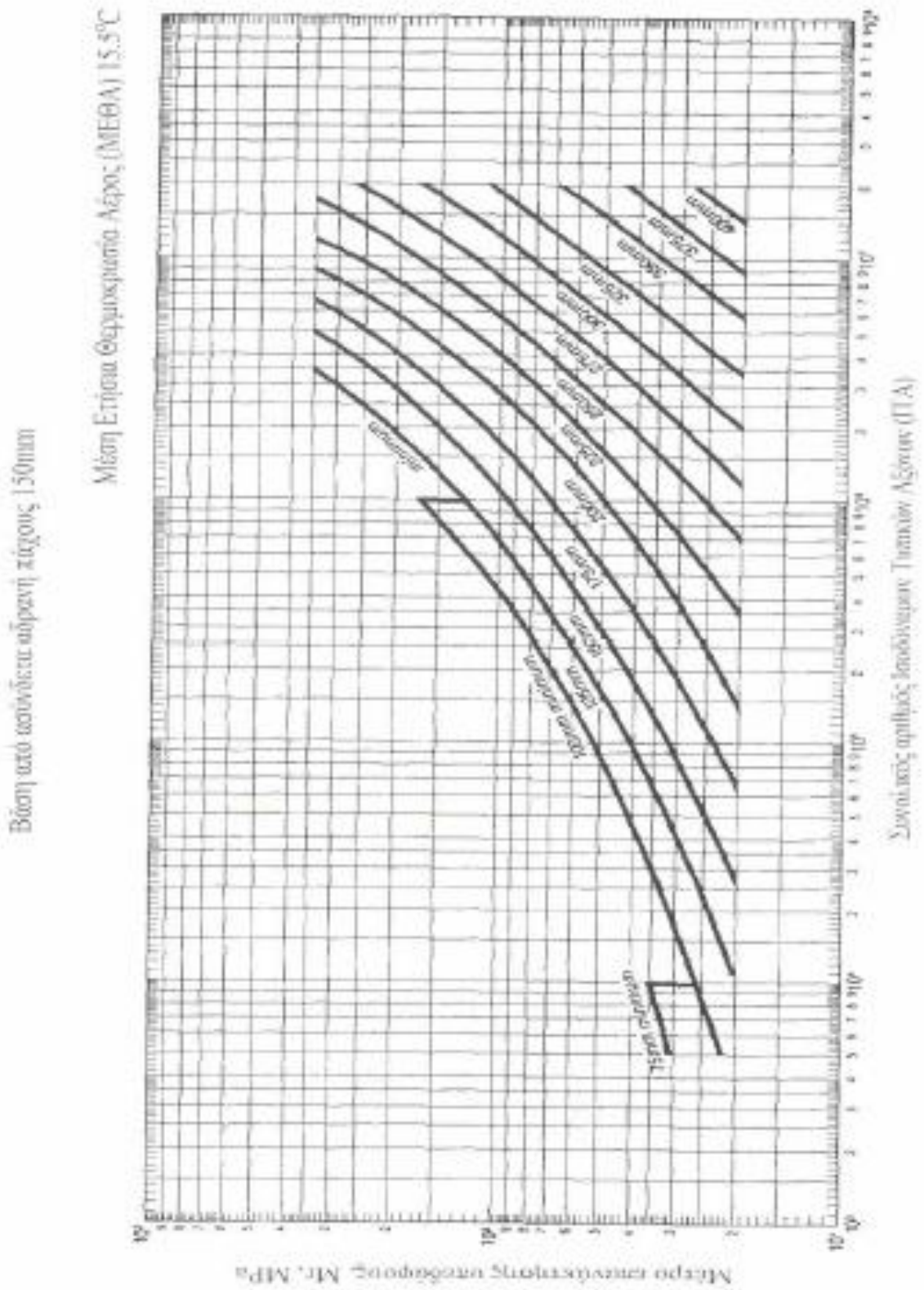
Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη συμπύκνωση των ταπήτων. Για το σκοπό αυτό πρέπει να καθορισθεί η εργαστηριακή πυκνότητα (σκοπεύουσα πυκνότητα) και κατόπιν να συγκριθεί με την επί του έργου πυκνότητα της συμπυκνωμένης στρώσης. Η εργαστηριακή πυκνότητα καθορίζεται από το ίδιο το ασφαλτομίγμα που παράγεται και πρόκειται να διαστρωθεί και όχι από αυτό του σταδίου της μελέτης σύνθεσης. Για το σκοπό αυτό παράγεται από το ασφαλτοσυγκρότημα επαρκής ποσότητα ασφαλτομίγματος, μια ημερήσια παραγωγή όχι μεγαλύτερη από 2700 τόνους, και χωρίζεται σε παρτίδες. Από κάθε παρτίδα λαμβάνεται επαρκής αριθμός αντιπροσωπευτικών δειγμάτων (ένα από κάθε αυτοκίνητο και σε σύνολο τουλάχιστον πέντε) και συμπυκνώνεται στο εργαστήριο. Από τα δείγματα αυτά εξάγεται η εργαστηριακή («σκοπεύουσα») πυκνότητα (μέσος όρος). Η ποσότητα ασφαλτομίγματος που παράχθηκε διαστρώνεται και συμπυκνώνεται στο έργο. Μετά το πέρας της συμπύκνωσης καθορίζεται η πυκνότητα της συμπυκνωμένης στρώσης από «καρότα» ή χρησιμοποιώντας τον πυρηνικό μετρητή μέτρησης πυκνότητας.

Για βέλτιστη συμπύκνωση των στρώσεων θα πρέπει ο μέσος όρος της πυκνότητας πέντε μετρήσεων α) να είναι μεγαλύτερος ή ίσος του 96% της εργαστηριακής πυκνότητας και καμία μεμονωμένη πυκνότητα από μέτρηση ή από καρότο να μην είναι μικρότερη του 94% της εργαστηριακής (σκοπεύουσας), ή β) να είναι μεγαλύτερος ή ίσος του 92% του θεωρητικά μέγιστου ειδικού βάρους του ασφαλτομίγματος (από υπολογισμούς) και καμία μεμονωμένη πυκνότητα από μέτρηση ή καρότο να μην είναι μικρότερη του 90% του μέγιστου ειδικού βάρους του συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος. Με την παραπάνω διαδικασία καθορίζεται και ο απαιτούμενος αριθμός διελεύσεων του οδοστρωτήρα ή συνδυασμού οδοστρωτήρων.

4.6.1.2 Διαδικασία υπολογισμού πάχους στρώσεων

Αφού καθορισθεί ο κυκλοφοριακός φόρτος, η αντιπροσωπευτική τιμή του μέτρου επανάκτησης, M_R , του εδάφους έδρασης και τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν, η διαστασιολόγηση του οδοστρώματος γίνεται με τη βοήθεια των νομογραφημάτων και των

περιοριστικών οδηγιών που ακολουθούν.



Εικόνα 70. Νομογράφημα υπολογισμού πάχους στρώσης από ασφαλτικό σκυρόδεμα, για βάση πάχους 150 mm

Τα νομογραφήματα από τα οποία καθορίζονται τα πάχη των στρώσεων εξήχθησαν με τη βοήθεια του προγράμματος DAMA χρησιμοποιώντας τις δύο κρίσιμες υπερεντατικές καταστάσεις. Με βάση τα δύο προαναφερθέντα κριτήρια υπολογίσθηκαν δύο πάχη στρώσεων. Το ένα για να ικανοποιεί το πρώτο κριτήριο και το άλλο για να ικανοποιεί το δεύτερο κριτήριο. Από τα δύο αυτά πάχη κρατήθηκε αυτό που δίνει το μεγαλύτερο πάχος στρώσης, διότι έτσι ικανοποιούνται και τα δύο κριτήρια. Τα αποτελέσματα αυτά, συναρτήσει των τιμών M_T και ΙΤΑ, έδωσαν τα νομογραφήματα που δίνονται στις Εικόνες 70 – 71

Στην ανάπτυξη των νομογραφημάτων έχει ληφθεί υπόψη και ο θερμοκρασιακός παράγοντας που επηρεάζει άμεσα το μέτρο δυσκαμψίας του ασφαλτομίγματος. Έτσι επιλέχθηκαν τρεις αντιπροσωπευτικές θερμοκρασίες (μέση ετήσια θερμοκρασία αέρος, ΜΕΘΑ), 7, 15.5 και 24°C. Για κάθε μια θερμοκρασία δημιουργήθηκαν διαφορετικά νομογραφήματα.

Επίσης, για τη μείωση του αριθμού των διαγραμμάτων επιλέχθηκαν δύο μόνο πάχη βάσης από ασύνδετα αδρανή: το πάχος των 150mm και των 300mm.

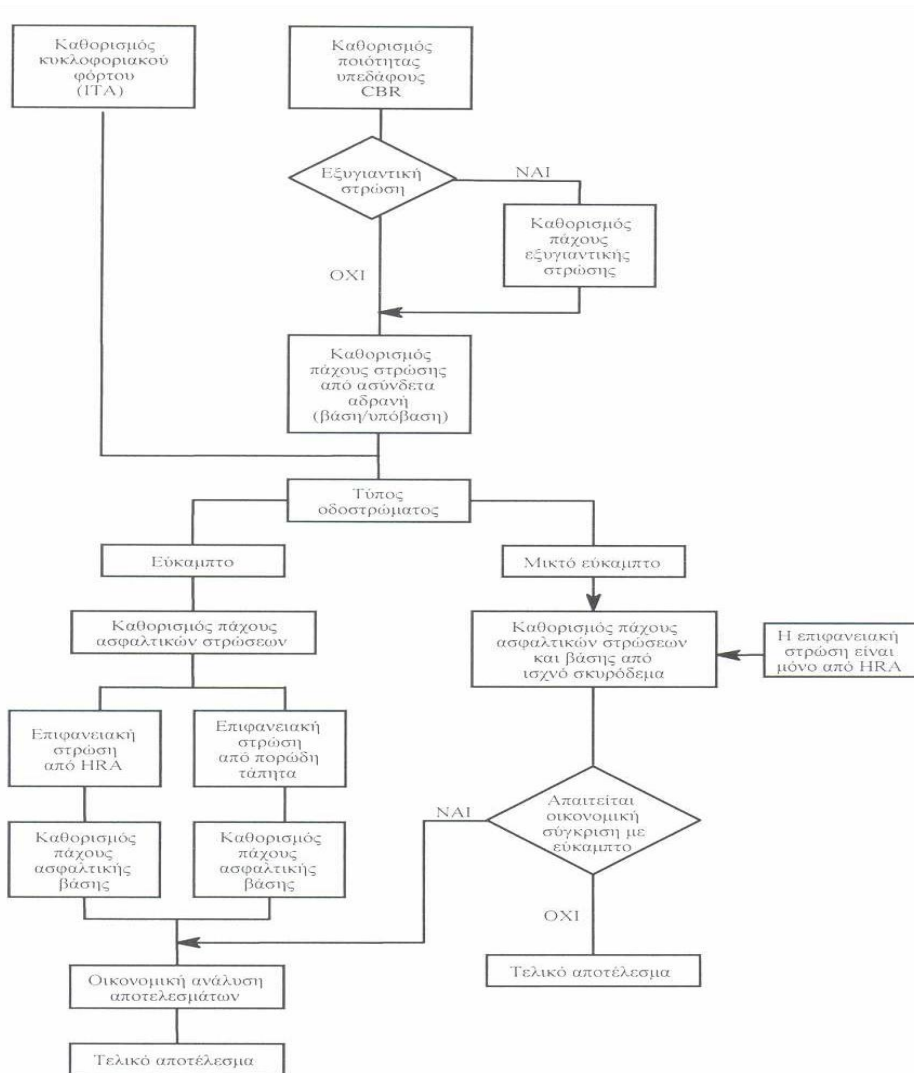
Θα πρέπει να τονισθεί ότι όλα τα διαγράμματα δίνουν πάντα το ολικό πάχος των ασφαλτικών στρώσεων (τάπητας κυκλοφορίας και ασφαλτική βάση).

4.6.2 Βρετανική μέθοδος

Η Βρετανική μέθοδος διαστασιολόγησης οδοστρωμάτων, HD 24/94, είναι μια ημι-αναλυτική μεθοδολογία που έχει ως βάση της τη μεθοδολογία που προτάθηκε το 1970 (Road Note 29). Η μέθοδος έλαβε τη σημερινή της μορφή μετά από μια ριζική αναθεώρηση το 1987 που βασιζόταν στην εικοσαετή ερευνητική εργασία του TRRL.

Ειδικότερα, το εύκαμπτο και «σύνθετο» («μικτό») εύκαμπτο οδόστρωμα σχεδιάζεται για 20 χρόνια στο τέλος των οποίων αναμένεται να παρουσιάζει, σε ποσοστό 15% της επιφανείας του, επιφανειακή βύθιση 20 mm στην τροχιά των τροχών ή διαμήκειες ρωγμές στην τροχιά των τροχών. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η επιφανειακή βύθιση οφείλεται στις βυθίσεις που προκαλούνται σε όλες τις στρώσεις με την πάροδο του χρόνου και όχι μόνο στην παραμόρφωση της επιφανειακής ασφαλτικής στρώσης.

Με την εμφάνιση αυτών των κακώσεων (κρίσιμη στιγμή/στάδιο), δηλαδή στο τέλος των 20 χρόνων, το οδόστρωμα, παρόλο που έχει ακόμη ικανοποιητικές δομικές ιδιότητες, θα πρέπει να αποκατασταθεί και/ή να ενισχυθεί, έτσι ώστε να επιζήσει για άλλα 20 χρόνια παρέχοντας ικανοποιητικό επίπεδο εξυπηρέτησης. Με το πέρας και των επιπλέον 20 ετών το οδόστρωμα αναμένεται να φτάσει στην κατάσταση «πλήρους» καταστροφής, οπότε τελειώνει και η συνολική διάρκεια ζωής αυτού. Κατάσταση πλήρους καταστροφής θεωρείται από τη μεθοδολογία όταν στο οδόστρωμα εμφανισθούν πολλαπλές διακλαδιζόμενες ρηγματώσεις και επιφανειακές βυθίσεις μεγαλύτερες των 20mm. Μετά το πέρας των 40 ετών απαιτείται πλήρης ανακατασκευή αυτού.



Εικόνα 72. Λογικό διάγραμμα διαστασιολόγησης εύκαμπτων οδοστρωμάτων με τη Βρετανική μέθοδο

Η αποκατάσταση/ενίσχυση του οδοστρώματος επιτυγχάνεται με την επίστρωση ασφαλτικού τάπητα, το πάχος του οποίου υπολογίζεται από ανάλογες μεθοδολογίες. Εάν η αποκατάσταση του οδοστρώματος καθυστερήσει και δε γίνει κατά την κρίσιμη στιγμή, η εμφάνιση της πλήρους καταστροφής επιταχύνεται με δυσάρεστες οικονομικές επιπτώσεις. Με τη μεθοδολογία αυτή μπορεί να διαστασιολογηθεί ένα τυπικό εύκαμπτο οδόστρωμα, ή ένα «σύνθετο» (μικτό) εύκαμπτο οδόστρωμα, όπως επίσης και ένα δύσκαμπτο ή ένα «σύνθετο» δύσκαμπτο οδόστρωμα. Το εύκαμπτο οδόστρωμα, σύμφωνα με αυτή τη μεθοδολογία, αποτελείται από τρεις διακεκριμένες στρώσεις: την επιφανειακή ή φθειρόμενη στρώση από ασφαλτόμιγμα, τη στρώση της βάσης του οδοστρώματος από ασφαλτόμιγμα και τη στρώση από ασύνδετα ή σταθεροποιημένα με τσιμέντο αδρανή που ονομάζεται υπόβαση.

Στο «σύνθετο-μικτό» εύκαμπτο οδόστρωμα το μόνο που αλλάζει είναι η βάση αυτού, η οποία αποτελείται από μια στρώση άοπλου σκυροδέματος (η κατώτερη στρώση) και μια στρώση από ασφαλτόμιγμα (ανώτερη στρώση).

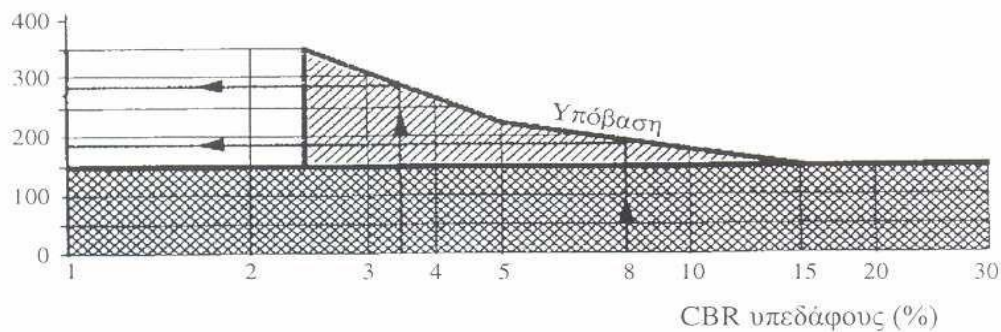
Εκτός της δυνατότητας διαστασιολόγησης όλων των παραπάνω στρώσεων, η μεθοδολογία παρέχει επίσης τη δυνατότητα καθορισμού του πάχους της εξυγιαντικής στρώσης η οποία απαιτείται στην περίπτωση ασθενούς υπεδάφους. Η διαδικασία διαστασιολόγησης εξηγείται

στο παραπάνω λογικό διάγραμμα.

4.6.2.1. Υπολογισμός πάχους υπόβασης

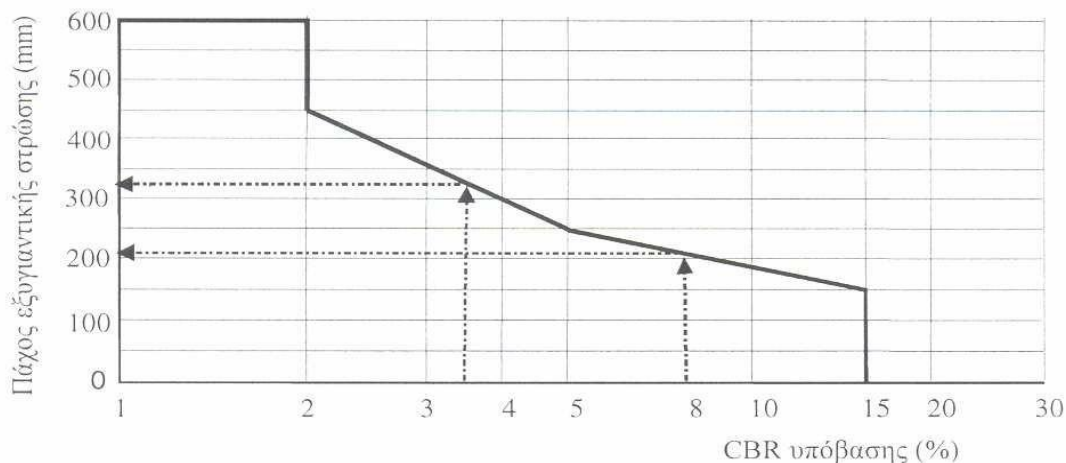
Ο υπολογισμός του πάχους της υπόβασης, όπως ορίστηκε παραπάνω, γίνεται συναρτήσει του CBR του υπεδάφους. Όταν το υπεδάφος του οδοστρώματος είναι υγιές, βραχώδες έδαφος ή έχει εργαστηριακή τιμή CBR μεγαλύτερη από 30%, η υπόβαση μπορεί να παραληφθεί. Όταν το υπεδάφος έχει CBR μεγαλύτερο του 15% τότε το πάχος της υπόβασης είναι 150 mm. Όταν το υπεδάφος έχει CBR από 2.5% έως 15% τότε το πάχος της υπόβασης είναι μεταβλητό και καθορίζεται από το Σχήμα:

Πάχος υπόβασης (mm)



Εικόνα 73. Υπολογισμός πάχους υπόβασης

Στην περίπτωση αυτή η μεθοδολογία παρέχει δύο εναλλακτικές λύσεις: α) να κατασκευασθεί μόνο υπόβαση μεταβλητού πάχους ή β) να κατασκευασθεί υπόβαση σταθερού πάχους 150 mm με ταυτόχρονη κατασκευή εξυγιαντικής στρώσης μεταβλητού πάχους. Στην τελευταία περίπτωση το πάχος της εξυγιαντικής στρώσης υπολογίζεται από το Σχήμα.



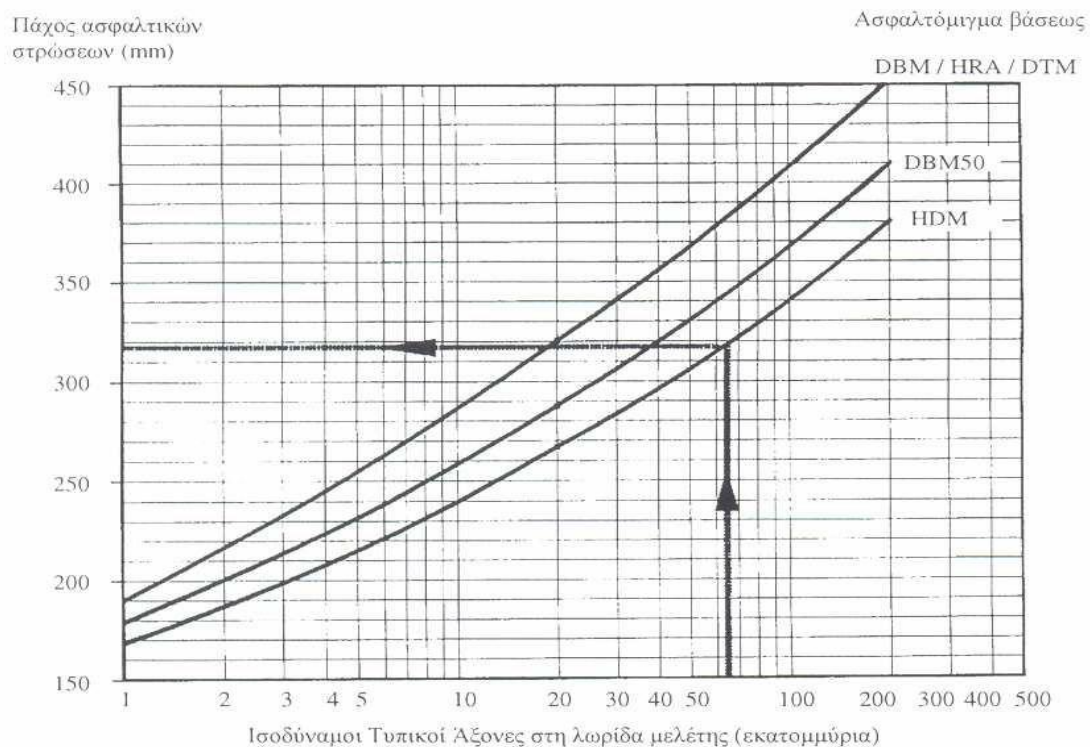
Εικόνα 74. Υπολογισμός πάχους εξυγιαντικής στρώσης

Τέλος, σε όλες τις περιπτώσεις που το υπεδάφος έχει CBR μικρότερο του 2.5% η μεθοδολογία συνιστά απαραίτητως την κατασκευή εξυγιαντικής στρώσης με παράλληλη κατασκευή υπόβασης πάχους 150 mm. Η υπόβαση και η εξυγιαντική στρώση (εάν χρησιμοποιηθεί) θα πρέπει να είναι ομοιόμορφου πάχους καθ' όλο το πλάτος του οδοστρώματος. Το αποτέλεσμα που λαμβάνεται στρογγυλοποιείται στα 10 mm.

4.6.2.2. Υπολογισμός πάχους ασφαλτικής βάσης και επιφανειακής στρώσης

α) Εύκαμπτα, οδοστρώματα.

Ο υπολογισμός της ασφαλτικής βάσης και της επιφανειακής ασφαλτικής στρώσης, δηλαδή όλων των ασφαλτικών στρώσεων, γίνεται συναρτήσει του συνολικού αριθμού των ΙΤΑ στην περίοδο μελέτης, χρησιμοποιώντας τις καμπύλες του παρακάτω σχήματος. Η κάθε καμπύλη αντιστοιχεί σε διαφορετικό ασφαλτομίγμα βάσεως. Τα ασφαλτομίγματα αυτά είναι: α) το Macadam κλειστού τύπου με άσφαλτο 100 pen (DBM) ή ανθρακόπισσα (DTM), β) το Θερμό κυλινδρούμενο (HRA), γ) το Macadam κλειστού τύπου με άσφαλτο 50pen (DBM50) και δ) το Macadam υψηλής αντοχής (HDM). Τα ασφαλτομίγματα (α) και (β) αντιπροσωπεύονται από την ίδια καμπύλη.



Εικόνα 75. Διάγραμμα υπολογισμού πάχους ασφαλτικών στρώσεων σε εύκαμπτο οδόστρωμα

Έτσι, γνωρίζοντας το συνολικό αριθμό των ΙΤΑ και καθορίζοντας τον τύπο του ασφαλτομίγματος που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, υπολογίζεται το συνολικό πάχος όλων των ασφαλτικών στρώσεων. Το πάχος των επιμέρους στρώσεων όπως της επιφανειακής στρώσης και της βάσης, καθορίζεται από το γεγονός ότι η μεθοδολογία προτείνει συγκεκριμένα πάχη για την επιφανειακή στρώση. Από τους δύο τύπους ασφαλτομιγμάτων που συνιστώνται να χρησιμοποιούνται ως επιφανειακές στρώσεις δηλαδή Θερμό Κυλινδρούμενο Ασφαλτόμιγμα (HRA) και ασφαλτόμιγμα για πορώδεις τάπητες τα συνιστώμενα πάχη είναι: 45mm ή 50mm όταν χρησιμοποιείται ασφαλτόμιγμα HRA και 50mm όταν χρησιμοποιούνται πορώδεις τάπητες.

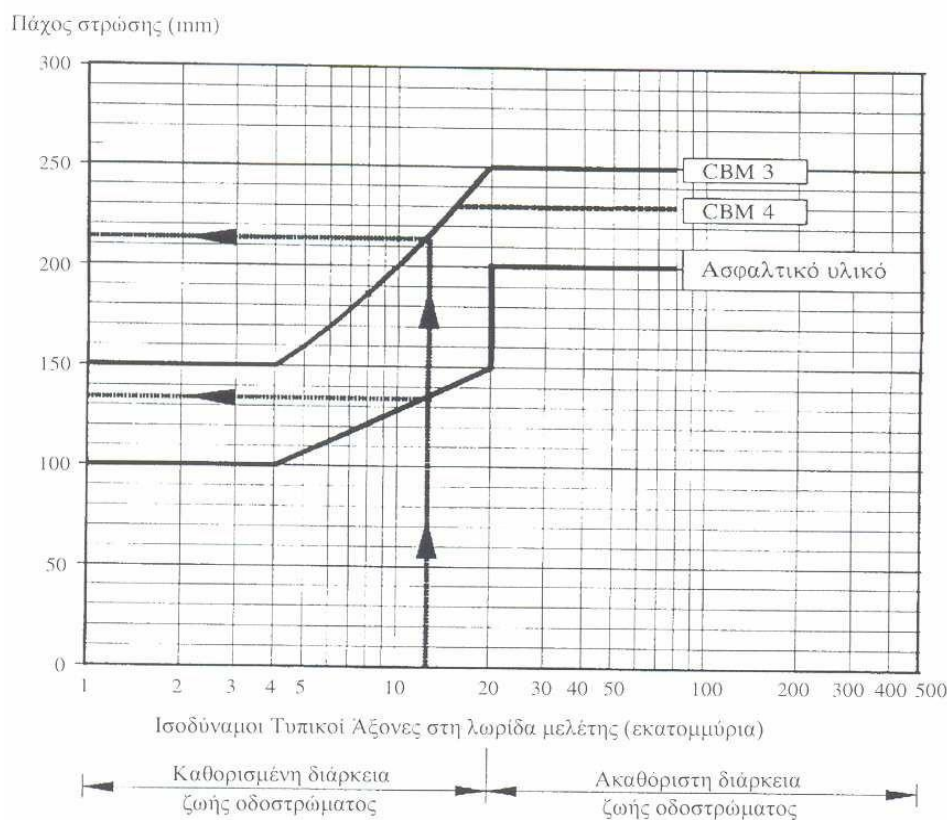
Στην πρώτη περίπτωση το πάχος της ασφαλτικής βάσης είναι η διαφορά μεταξύ του αποτελέσματος και του πάχους των 45 ή 50mm. Στη δεύτερη περίπτωση, δηλαδή στην περίπτωση που κατασκευάζεται πορώδης τάπητας, το πάχος που αφαιρείται δεν είναι αυτό των 50 mm αλλά ένα ισοδύναμο πάχος, αυτό των 20 mm λόγω μειωμένης μηχανικής αντοχής του ασφαλτομίγματος αυτού. Έτσι ουσιαστικά στην περίπτωση αυτή το συνολικό κατασκευαστικό πάχος των ασφαλτικών στρώσεων αυξάνει κατά 30 mm. Το γεγονός αυτό θα

πρέπει να λαμβάνεται πάντοτε υπόψη στην τεχνοοικονομική ανάλυση των εναλλακτικών λύσεων για τον καθορισμό της βέλτιστης λύσης.

Βασική προϋπόθεση για τη διαστασιολόγηση ενός οδοστρώματος με τη μεθοδολογία αυτή είναι να τηρούνται πλήρως και όλες οι άλλες προδιαγραφές σύνθεσης, παραγωγής και συμπίκνωσης των ασφαλτομιγμάτων όπως και γενικότερα όλων των προδιαγραφών κατασκευής ενός οδοστρώματος. Το παραπάνω ισχύει και για όλες τις μεθοδολογίες διαστασιολόγησης.

β) Μικτά εύκαμπτα οδοστρώματα

Η διαστασιολόγηση των μικτών εύκαμπτων οδοστρωμάτων γίνεται κατά τον ίδιο με τον παραπάνω τρόπο αλλά χρησιμοποιώντας το παρακάτω διάγραμμα. Από το σχήμα αυτό καθορίζεται το πάχος της βάσης από ισχύο σκυρόδεμα, συνήθως χρησιμοποιείται μόνο ο τύπος CBM3 και το πάχος των υπερκείμενων ασφαλτικών στρώσεων. Η επιφανειακή στρώση συνιστάται όπως είναι πάχους 45mm ή 50mm και μόνο από ασφαλτόμιγμα HRA. Το υπόλοιπο ασφαλτικό μίγμα μπορεί να είναι ένα από αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω, στην περίπτωση εύκαμπτου οδοστρώματος.



Εικόνα 76.Υπολογισμός πάχους βάσεων και ασφαλτικών στρώσεων σε μικτό εύκαμπτο οδόστρωμα.

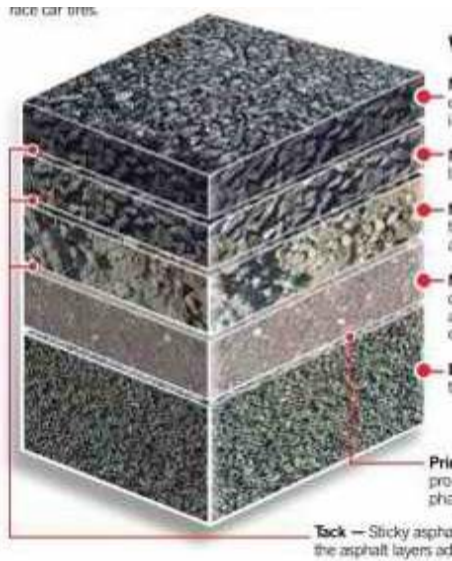
Χαρακτηριστικό είναι η διάκριση μεταξύ καθορισμένης διάρκειας ζωής του οδοστρώματος και ακαθορίστου διάρκειας ζωής του οδοστρώματος. Κατά τη μεθοδολογία, όταν από το μικτό εύκαμπτο οδόστρωμα διέλθουν συνολικά 20 εκατομμύρια ΙΤΑ, το οδόστρωμα θα παρουσιάζει έντονες ρηγματώσεις και θα χρειασθεί πιθανότατα πλήρη ανακατασκευή με απομάκρυνση και αντικατάσταση της βάσης. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί επιλέγοντας, στο στάδιο της μελέτης, μεγαλύτερα και συγκεκριμένα πάχη όπως αυτά που ορίζονται από τις οριζόντιες παράλληλες ευθείες (δηλαδή 200mm ασφαλτικό και 250mm ή 230mm από ισχνό σκυρόδεμα τύπου CBM3 ή CBM4 αντίστοιχα). Στην περίπτωση αυτή προβλέπεται ότι πιθανότατα μετά από 20 χρόνια, που είναι συνήθως το τέλος της σχεδιαστικής ζωής, δε θα χρειασθεί ανακατασκευή με απομάκρυνση και αποκατάσταση της βάσης. Από τα παραπάνω συνάγεται το συμπέρασμα ότι τα μικτά εύκαμπτα οδοστρώματα δε θα πρέπει να προτιμώνται σε περιπτώσεις που ο αναμενόμενος κυκλοφοριακός φόρτος είναι πολύ μεγάλος. Στην περίπτωση κατασκευής μικτών εύκαμπτων οδοστρωμάτων, το κατασκευαστικό πλάτος της λωρίδας δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 4.75 m. Αυτό μειώνει το ενδεχόμενο εμφάνισης διαμήκων κυρίως ρηγματώσεων στην επιφανειακή στρώση, ιδιαίτερα στην περίπτωση που τα επιλεγέντα πάχη είναι 200 mm ασφαλτικών στρώσεων πάνω σε πάχος 250 mm από σκυρόδεμα τύπου GBM3 ή 230 mm από σκυρόδεμα τύπου CBM4. Σε μικρότερα πάχη στρώσεων το μέγιστο πλάτος της λωρίδας κατασκευής μειώνει την πιθανότητα εμφάνισης επιφανειακών ρηγματώσεων γενικά.

Παράδειγμα όλων των παραπάνω αποτελεί η πίστα Daytona International Speedway, στο Daytona Beach, Florida, που φιλοξενεί τους πασίγνωστους αγώνες αυτοκινήτου Daytona 24 hours και Daytona 500 εγκαινιάστηκε το 1959. Ο ασφαλτικός τάπητας είχε ανακαινισθεί το 1978. Το 2010 αποφασίστηκε νέα ανακατασκευή του τάπητα και το έργο ανέλαβε η εξειδικευμένη εταιρεία Lane Construction. Η διάστρωση των ασφαλτικών στις καμπύλες της πίστας, με επικλίσεις που φτάνουν τις 31° αποτελεί τεχνική πρόκληση.

Οι πρώτοι δοκιμαστικοί αγώνες στην πίστα έγιναν στις 6 Φεβρουαρίου 1959. Στις 22 Φεβρουαρίου 1959 οργανώθηκε ο πρώτος αγώνας Daytona 500 τον οποίο παρακολούθησαν 42.000 θεατές.



Εικόνα 77. 1. Προωθητής Caterpillar D9 - ανάρτηση του finisher 2. Προωθητής Caterpillar D8 - ανάρτηση του οδοστρωτήρα 3. Δονητικός οδοστρωτήρας Hamm DV - 8 με χαλύβδινα τύμπανα μπρος και πίσω 4. Finisher ABS 25 με σταθερό πήχυ επιπέδωσης 5. Τριαξονικό φορτηγό ανατρεπόμενο 6. Ταινιοφόρος τροφοδότης Roadtec 1000 για την προώθηση του ασφαλτοσκυροδέματος στο finisher 7. Γερανός Link Belt για την υποβοήθηση του τροφοδότη



Εικόνα 78.Τομή οδοστρώματος πίστας

Στρώση κυκλοφορίας πάχους 38 mm (1/2") με σκληρά γρανιτικά αδρανή μέγιστου κόκκου 10 mm (3/8").

Ισοπεδωτική στρώση πάχους 38 mm (1/2") με γρανιτικά αδρανή μέγιστου κόκκου 12 mm (1/2").

Ασφαλτική στρώση βάσεως πάχους 50 mm (2") με αδρανή μέγιστου κόκκου 19 mm (3/4").

Ασφαλτική στρώση ανοιχτής σύνθεσης υψηλού πορώδους.

Υπάρχουσα βάση οδοστρωσίας (κατασκευάστηκε το 1958).

Ασφαλτική προεπάλειψη.

Συγκολλητική προεπάλειψη.



Εικόνα 79.Εργασίες ανακατασκευής οδοστρώματος



Εικόνα 80.Εργασίες ανακατασκευής οδοστρώματος



Εικόνα 81.Εργασίες ανακατασκευής οδοστρώματος



Εικόνα 82.Εργασίες ανακατασκευής οδοστρώματος



Εικόνα 83.Εργασίες ανακατασκευής οδοστρώματος



Εικόνα 84.Εργασίες ανακατασκευής οδοστρώματος



Εικόνα 85.Εργασίες ανακατασκευής οδοστρώματος



Εικόνα 86.Εργασίες ανακατασκευής οδοστρώματος



Εικόνα 87.Εργασίες ανακατασκευής οδοστρώματος



Εικόνα 88.Εργασίες ανακατασκευής οδοστρώματος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΑΣΦΑΛΕΙΑ - ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Η ασφάλεια των αγώνων αυτοκινήτων ξεκίνησε ουσιαστικά από τη δεκαετία του '50 και από τότε έχει εξελιχθεί ραγδαία ανά δεκαετία λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης των αυτοκινήτων αλλά και των συστημάτων ασφαλείας. Θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στην ασφάλεια τόσο των αυτοκινήτων όσο και των οδηγών από τότε μέχρι και σήμερα.

5.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Το 1950 τα αυτοκίνητα έχουν σχεδιαστεί αποκλειστικά για ταχύτητα, με τύμπανα φρένων και κινητήρες μπροστά. Συναρπαστική εμπειρία, χωρίς ιατρική ασφάλεια όμως ή οποιαδήποτε άλλη μορφή ασφαλείας. Πέντε χρόνια μετά, εισάγονται τα δισκόφρενα και εμφανίζονται οδηγοί πια με τη μηχανή στη μέση του αυτοκινήτου και όχι στο μπροστινό μέρος.

Το 1960, τα πρώτα μέτρα ασφαλείας εισάγονται στους αγώνες της κατηγορίας Φόρμουλα και ένα χρόνο αργότερα εμφανίζονται οι μπάρες προστασίας σε περίπτωση ανατροπής (roll - over bars).

Το 1963, εμφανίζονται στους αγώνες τα σήματα από τις σημαίες ασφαλείας, αναπτύσσεται το σύστημα προστασίας των οχημάτων κατά των πυρκαγιών με βελτιώσεις στην κατασκευή της δεξαμενής καυσίμων, καθιστάται υποχρεωτικό το διπλό σύστημα φρένων, η FIA αναλαμβάνει την ευθύνη για την ασφάλεια των αγώνων, οι οδηγοί υποχρεώνονται να φορούν πυρίμαχες και άθραυστες στολές και κράνη με ζελατίνα πλήρους προσώπου, αναδιαρθρώνονται τα πιλοτήρια ώστε οι οδηγοί να βγαίνουν πιο γρήγορα από τα αυτοκίνητα.

Πέντε χρόνια αργότερα, τοποθετούνται διακόπτες για τα ηλεκτρονικά συστήματα. Τα roll - over bars πρέπει να φτάσουν 5 cm ψηλότερα από το κεφάλι του οδηγού. Πρόσθετα αντιπυρικά ρούχα συνίστανται. Τέλος, το 1969 εισάγεται το διπλό σύστημα πυρόσβεσης των αυτοκινήτων.

Το 1970, η FIA αρχίζει επιθεωρήσεις στις πίστες πριν από τους αγώνες, καταρτίζει διατάξεις που περιλαμβάνουν διπλά στηθαία σε απόσταση ασφαλείας 3 m μεταξύ των περιφράξεων και των θεατών, καθώς και ένα τείχος μεταξύ των πιτ και της πίστας.

Το 1971 αποφασίζεται ότι το πιλοτήριο πρέπει να είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε ο οδηγός να μπορεί να σωθεί μέσα σε 5 sec. Ένα χρόνο μετά, εισάγονται προσκέφαλα και κόκκινα πίσω φώτα, οι δεξαμενές καυσίμων περιέχουν αφρό ασφαλείας, η έξι σημείων ζώνη ασφαλείας είναι πλέον υποχρεωτική και η FIA καθιερώνει ένα «κώδικα συμπεριφοράς» για όλους τους οδηγούς.

Το 1973, όλοι οι οδηγοί ξεκινούν να περνούν από ιατρικές εξετάσεις και οι δεξαμενές καυσίμων εντάσσονται σε δοκιμές συντριβής και πυραντοχής.

Το 1974, τα τείχη ασφαλείας καθίστανται υποχρεωτικά και τον επόμενο χρόνο, η FIA καθορίζει τις προδιαγραφές για τα αντιπυρικά ρούχα, γίνεται υποχρεωτική η παρουσία συνοδών ιατρικής ασφαλείας, μία ιατρική υπηρεσία με ένα κέντρο για την αναζωογόνηση και την υποχρεωτική εκπαίδευση διάσωσης, ενώ 2 χρόνια αργότερα, καθορίζονται ενιαίες προδιαγραφές για παγίδες με χαλίκια και προδιαγραφές για τα κράνη.

Το 1980, η μονιμοποίηση ιατρικών κέντρων στις πίστες είναι υποχρεωτική και τέσσερα χρόνια μετά αποφασίζεται η δεξαμενή καυσίμων να βρίσκεται μεταξύ οδηγού και κινητήρα.

Την επόμενη χρονιά, αρχίζουν δοκιμές πρόσκρουσης για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων των μετωπικών συγκρούσεων των αυτοκινήτων και το 1986 εμφανίζονται ελικόπτερα πάνω από τις πίστες σε επιφυλακή για την παροχή βοήθειας στο ιατρικό προσωπικό της πίστας. Το 1987, η FIA ρυθμίζει την ασφάλεια των μη μόνιμων πιστών αγώνων.

Το 1988, εισάγονται δοκιμές ασφαλείας για τους κλωβούς των αυτοκινήτων και των δεξαμενών καυσίμων και διορίζεται ένας μόνιμος διευθυντής αγώνων, ενώ το 1989 αποφασίζεται το τείχος ασφαλείας να έχει τουλάχιστον 1 m ύψος και το τείχος των pit πρέπει να έχει ελάχιστο ύψος 1,35 m. Εισάγονται οι εξετάσεις ντόπινγκ, που είναι παρόμοιες με

εκείνες της Διεθνούς Ολυμπιακής Επιτροπής.

Το 1990 μεγενθύνονται τα κάτοπτρα οδήγησης και γίνονται υποχρεωτικά τα αποσπώμενα τιμόνια, καθώς επίσης και η εκπαίδευση διάσωσης των οδηγών. Το 1991 εισάγονται δοκιμές για το roll - over bars και τις ζώνες ασφαλείας. Ένα χρόνο αργότερα, κάνει την είσοδό του στους αγώνες ένα αυτοκίνητο ασφαλείας και γίνονται αυστηρότερες δοκιμές πρόσκρουσης.

Το '93, η περιοχή του υλικού προστασίας του κεφαλιού των οδηγών γύρω από το πιλοτήριο αυξάνεται από 80 σε 400 cm², το ύψος της πίσω πτέρυγας μειώνεται, η απόσταση από το μπροστινό φτερό μέχρι το έδαφος αυξάνεται και η περιφέρεια του τιμονιού μειώνεται. Επίσης, απαγορεύονται τα μείγματα καυσίμων.

Τον επόμενο χρόνο, αποφασίζεται όλα τα μέλη του ανεφοδιασμού του πληρώματος πρέπει να φορούν αντιπυρικά ρούχα, η FIA αναθέτει σε μια ομάδα εμπειρογνομώνων να ελέγξει το πως οι αγώνες μπορούν να γίνουν ασφαλέστεροι μέσω των νέων τεχνολογιών, απαγορεύονται τα βοηθήματα οδήγησης, όπως το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης, ABS, υποβοηθούμενα φρένα και αυτόματα κιβώτια, ξεκινούν διαδικασίες δοκιμής για τα εμπόδια ελαστικών, τα οποία θα πρέπει να ασφαλιζονται με ιμάντες από καουτσούκ και τα πρότυπα παραγωγής για τα κράνη καθίστανται αυστηρότερα.

Ένα χρόνο αργότερα, οι δοκιμές πρόσκρουσης γίνονται πιο αυστηρές και εντάσσονται επίσης πλευρικές δοκιμές πρόσκρουσης και η FIA εισάγει νέα κριτήρια για την απόκτηση άδειας αγώνων. Μετά από δύο έτη, οι καταγραφείς δεδομένων ατυχημάτων που έχει εγκαταστήσει η FIA σε όλα τα αυτοκίνητα, βοηθούν στην ακριβέστερη ανάλυση των ατυχημάτων, γίνονται υποχρεωτικές οι δοκιμές οπίσθιας πρόσκρουσης και τα εμπόδια ελαστικών πρέπει να βιδώνονται κάτω στο έδαφος.

Το 1998, το πλάτος του αυτοκινήτου μειώνεται από 2 σε 1,8 m, τα πιλοτήρια είναι διευρυμένα, ο οδηγός πρέπει να είναι σε θέση να βγάλει το τιμόνι, να βγει από το πιλοτήριο και να επανασυνδέσει το τιμόνι μέσα σε 10 sec και οι καθρέφτες οδήγησης πρέπει να είναι τουλάχιστον 120 x 50 mm.

Τέλος, το 1999, οι δοκιμές εμπρόςθιας πρόσκρουσης γίνονται αυστηρότερες, χρησιμοποιείται άσφαλτος αντί για χαλίκι σε ορισμένες περιοχές εκτός πίστας (περιοχές απορροής), εισάγονται τέσσερα ιατρικώς εξοπλισμένα οχήματα διάσωσης και ένα αυτοκίνητο για τη μεταφορά του γιατρού που έχει οριστεί από τη FIA και πλέον οι τροχοί είναι προσκολλημένοι στο αμάξωμα με λουριά για να μην πετάξουν κατά τη διάρκεια ενός ατυχήματος και να προκαλέσουν περαιτέρω ατυχήματα.

Το 2000, η ταχύτητα για τις υποχρεωτικές δοκιμές πρόσκρουσης αυξάνεται από 13 σε 14 m/sec, οι τοίχοι από ανθρακονήματα του πιλοτηρίου πρέπει να έχουν τουλάχιστον 3,5 mm πάχος, το roll - over bar πάνω από το κεφάλι του οδηγού έχει αυξηθεί από 50 σε 70 mm και πρέπει να είναι σε θέση να αντέχει πλευρικές δυνάμεις 2,4 tn. Έπειτα από ένα χρόνο, αποφασίζεται ότι τα προσκέφαλα πρέπει να είναι τοποθετημένα σύμφωνα με τις προδιαγραφές της FIA, το τείχος του πιλοτηρίου στο ύψος του κεφαλιού του οδηγού πρέπει να ανέβει προς τα πίσω κατά 16 μοίρες τουλάχιστον υπό κλίση και η ταχύτητα κατά τη διάρκεια πλευρικών δοκιμών πρόσκρουσης αυξάνεται από 7 σε 10 m/sec.

Το 2002, εισάγονται ποινές για τα παραπτώματα των οδηγών και νέες δοκιμές πλευρικής πρόσκρουσης για το πίσω μέρος των αυτοκινήτων με ισχύ 40 kN για 30 sec σε μια ορισμένη περιοχή όπου μπορεί και να μην υπάρχει αισθητή παραμόρφωση. Επίσης, τα πίσω φώτα αυξάνονται σε μέγεθος έξι εκατοστών.

Την επόμενη χρονιά, πολυάριθμες πίστες υφίστανται ανασυγκρότηση πριν από την αγωνιστική περίοδο, ούτως ώστε να βελτιωθεί η ασφάλεια ακόμη περισσότερο, ενώ το σύστημα HANS (Head and Neck Support) το οποίο εισήχθη για πρώτη φορά το 2001, καθίσταται υποχρεωτικό για όλους τους οδηγούς.

Το 2004, η είσοδος νέων πιστών θέτει και νέα πρότυπα όσο αφορά την ασφάλεια, ενώ η FIA εισάγει ένα νέο πρότυπο ασφαλείας το οποίο ορίζει ακόμη υψηλότερες απαιτήσεις για τη

βελτίωση του κράνους του οδηγού.

Ένα χρόνο μετά, το προστατευτικό υλικό γεμίματος στο εσωτερικό του πιλοτηρίου γίνεται πυκνότερο κατά 25 mm (από 75 σε 100 mm), οι τροχοί πρόσδεσης πρέπει να είναι σε θέση να αντέχουν ελάχιστο φορτίο 6 tn και η ταχύτητα πρόσκρουσης για δοκιμής οπίσθιας πρόσκρουσης αυξάνεται από 12 σε 15 m/sec.

Το 2009, η διαδικασία διορισμού εποπτών αγώνα έχει αλλάξει και οι επόπτες πλέον διαθέτουν ένα βελτιωμένο σύστημα ανάλυσης βίντεο. Τέλος, το 2010, έμπειροι πρώην οδηγοί αγώνων προσλαμβάνονται για να βοηθήσουν τους αγωνοδίκες στη διαδικασία λήψης αποφάσεων σχετικά με διάφορα συμβάντα κατά τη διάρκεια των αγώνων.

5.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Η οδήγηση σε αγώνες αυτοκινήτων έχει τους κινδύνους της, μερικοί από τους οποίους είναι εύκολο να βρεθούν, μερικοί από τους οποίους είναι λεπτοί και δεν είναι τόσο προφανείς σε όλους. Οι άνθρωποι που εξετάζουν την οδήγηση αγωνιστικών αυτοκινήτων ως επάγγελμα ή χόμπι θα πρέπει να έχουν πλήρη επίγνωση αυτών των κινδύνων εκ των προτέρων.

5.2.1 Θάνατοι από μεγάλη ταχύτητα

Μια αμερικάνικη εφημερίδα (Charlotte Observer) διαπίστωσε το 2003 ότι ο κίνδυνος των θανάτων σε αγώνες αυτοκινήτου ήταν εντυπωσιακά υψηλός, με μέσο όρο 22 θανάτους ετησίως στις ΗΠΑ μεταξύ 1990 και 2002. Οι οδηγοί αντιπροσώπευαν λίγο κάτω από 90% αυτών των θανάτων. Οι δευτερογενείς επιδράσεις στις οικογένειες που υποφέρουν από το θάνατο του μέλους της οικογένειας σε ένα μοιραίο περιστατικό αγώνων αυτοκινήτου είναι, βεβαίως, σημαντικές. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ικανότητα του οδηγού λίγο έχει να κάνει με την αποφυγή θανατηφόρων ατυχημάτων. Ένα άλλο σφάλμα του οδηγού μπορεί να επιφέρει στο αυτοκίνητό του ένα γύρισμα ή ακόμα και να το στείλει ψηλά, έχοντας αντίκτυπο στο αυτοκίνητο ενός ανυποψίαστου συνάδελφου οδηγού που ακολουθεί.

5.2.2 Εγκεφαλικοί τραυματισμοί

Η ίδια εφημερίδα σημείωσε ότι κατά την περίοδο των ερευνών, επιπλέον 200 οδηγοί και θεατές που υπέστησαν τραυματισμούς. Αυτό ανήλθε σε άλλη ομάδα μη θανάσιμων απωλειών περίπου 80% του μεγέθους της ομάδας θανάτων. Όπως αναφέρεται και στο "κείμενο των κρανιοεγκεφαλικών κακώσεων," οι τραυματικές βλάβες του εγκεφάλου, οδηγούν σε αλλαγές στην ικανότητα σκέψης και λόγου, αλλαγές στην προσωπικότητα, πονοκεφάλους, προβλήματα με την ισορροπία και ζάλη, προβλήματα όρασης, χρόνιο πόνο, κατάθλιψη, μανία, άγχος, διαταραχή μετατραυματικού στρες και σεξουαλική δυσλειτουργία. Μπορεί να ακολουθήσουν ακόμη και ήπιες τραυματικές βλάβες, που οδηγούν σε αυτό που είναι γνωστό ως "σύνδρομο μετα-διάσεισης".

5.2.3 Άλλα σωματικά τραύματα

Εκτός από εγκεφαλικές βλάβες, οι αγώνες αυτοκινήτων φέρουν τον κίνδυνο των ακραίων φυσικών τραυματισμών, συμπεριλαμβανομένης της απώλειας των άκρων και των ματιών. Ακόμη λιγότερο ακραίοι τραυματισμοί μπορούν να οδηγήσουν σε μια παρατεταμένη περίοδο έλλειψης λειτουργίας και συνεχή πόνο, ίσως και για μια ζωή. Όσο σοβαροί είναι αυτοί οι τραυματισμοί για τον οδηγό, τόσο σοβαρές είναι και οι επιπτώσεις τους όταν εξετάζονται οι επιδράσεις αυτών των τραυματισμών για την ευημερία της οικογένειας του οδηγού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : ΧΡΟΝΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ

Ως έργο (project) ορίζεται ένα σύνολο εργασιών που πρέπει να εκτελεστούν με μια λογική σειρά για την υλοποίηση προκαθορισμένων στόχων. Ένας άλλος ορισμός του έργου είναι αυτός που το χαρακτηρίζει ως την προσωρινή προσπάθεια που γίνεται για να δημιουργηθεί ένα μοναδικό προϊόν ή υπηρεσία. Παραδείγματα έργων τα οποία απαιτούν προγραμματισμό για την ολοκλήρωσή τους, είναι γενικά οι κατασκευές, η παραγωγή μεγάλων προϊόντων (πλοία, αεροπλάνα), οι συντηρήσεις μεγάλων βιομηχανικών μονάδων, η παραγωγή κινηματογραφικών ταινιών, οι δύσκολες χειρουργικές επεμβάσεις κ.λ.π. Απαραίτητο βήμα για την πραγματοποίηση ενός έργου είναι κατ' αρχήν αυτό να οριστεί και να διευκρινιστεί το αντικείμενό του, το οποίο περιλαμβάνει το σκοπό του (περιγραφή, σκοπιμότητα), τις προδιαγραφές και τα σχέδιά του (ιδιότητες του έργου, κανονισμοί πραγματοποίησης που το διέπουν).

Αναλυτικότερα, ο **χρόνος** πραγματοποίησης ενός έργου προσδιορίζεται από τη φύση του, την υπάρχουσα μεθοδολογία υλοποίησής του αλλά και από εξωτερικούς για το έργο παράγοντες. Ο περιορισμένος χρόνος είναι ένας από τους σημαντικότερους περιορισμούς των έργων. Από την άλλη μεριά το **κόστος** του έργου αποτελούν όλοι οι πόροι που απαιτούνται για την εκτέλεσή του και θα συνοδεύσουν τις ενέργειες ολοκλήρωσής του, π.χ. ανθρωπόωρες, πληροφορίες, know - how, υλικά, εργαλεία, μηχανήματα.

Η *διαχείριση έργου* (project management) είναι η διαδικασία οργάνωσης της εκτέλεσης του έργου και η οποία βελτιώνει την ικανότητα σχεδιασμού, υλοποίησης και ελέγχου των διαφόρων εργασιών, καθώς και το βαθμό αξιοποίησης των παραγωγικών μέσων ή πόρων (προσωπικό, μηχανήματα, κεφάλαια) και οδηγεί σε μείωση του κόστους υλοποίησης των έργων ή/και αύξηση των κερδών των επιχειρήσεων. Η διαχείριση εφαρμόζεται σε όλα τα στάδια ενός έργου τα οποία καθορίζουν τον κύκλο ζωής (life cycle) του έργου και περιλαμβάνει εργασίες όπως:

- η οργάνωση της διαδικασίας εκτέλεσης του έργου
- η καταγραφή του πλάνου εργασίας
- ο καθορισμός υπευθύνων για κάθε εργασία και για ολόκληρο το έργο
- η εκτίμηση του χρόνου και του κόστους κάθε εργασίας
- ο καθορισμός των απαιτούμενων παραγωγικών μέσων για κάθε εργασία
- ο προγραμματισμός του έργου
- η ανάπτυξη και εφαρμογή πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης.

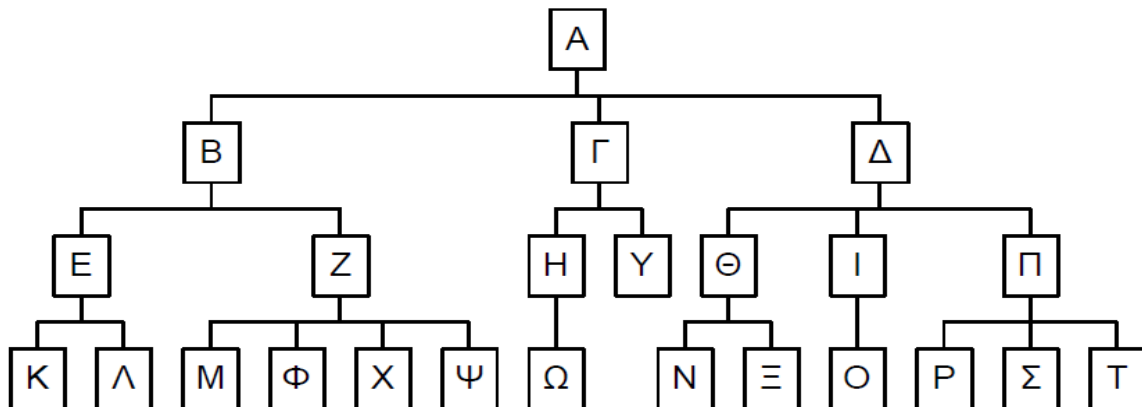
Δύο από τα ουσιώδη συστατικά της διαχείρισης έργων είναι ο προγραμματισμός και ο έλεγχός τους. Ο *προγραμματισμός έργων* (project planning, project scheduling) είναι η διαδικασία κατάρτισης ενός κατάλληλου πλάνου εργασίας για την υλοποίηση ενός έργου. Ο στόχος του προγραμματισμού είναι να καθοριστεί το χρονοδιάγραμμα εργασιών ώστε ένα έργο να ολοκληρωθεί έγκαιρα και οικονομικά.

Ο χρονικός προγραμματισμός του έργου οδηγεί στον καθορισμό του χρονοδιαγράμματος του έργου, του χρόνου έναρξης και πέρατος των εργασιών, χρονικών περιθωρίων των εργασιών και της διάρκειας του έργου. Το χρονοδιάγραμμα αποτελεί τη μετατροπή του πλάνου δράσης σε ένα λειτουργικό πίνακα πληροφοριών και το οποίο θα παρέχει τη βάση για παρακολούθηση και έλεγχο των εργασιών του έργου και της διαχείρισης της εκτέλεσης. Η διαδικασία δημιουργίας ενός ρεαλιστικού χρονοδιαγράμματος ξεκινάει με τον καθορισμό των στόχων του έργου και την κατανόηση του τρόπου επίτευξής τους (Χασιακός και Θεοδωρακόπουλος 2003).

6.1 ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Η δομή κατάτμησης ενός έργου (*Work Breakdown Structure, WBS*) είναι ο συνδυαστικός κρίκος ανάμεσα στο έργο και την ανάλυση σε δραστηριότητες, η οποία είναι απαραίτητη για το χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό του έργου. Η κατάτμηση μπορεί να γίνει από διάφορες οπτικές γωνίες, ανάλογα με το σκοπό που πρόκειται να εξυπηρετήσει. Ένα έργο μπορεί να κατατμηθεί κατά φυσικό τμήμα, κατά φάση, κατά λειτουργία, κατά είδος κόστους, κατά υποέργο ή εργολαβία, κατά υπευθυνότητα ή ειδικότητα, κατά θέση ή τοποθεσία. Το WBS έχει ιεραρχική δομή σε σχήμα οργανογράμματος ή ανάποδου δέντρου. Ο κάθε κλάδος διασπάται σε δύο ή περισσότερους, ενώ το κάθε επίπεδο αποτελείται από ένα σύνολο υποεπιπέδων κ.ο.κ.

Η ιεραρχική δομή του και η κωδικοποίηση επιτρέπουν τη συγκέντρωση, (αναδίπλωση) όλων των στοιχείων του έργου προς τα υπερκείμενα επίπεδα. Έτσι, παρέχεται η δυνατότητα συγκέντρωσης σ' οποιοδήποτε επίπεδο, στοιχείων κόστους, ανθρωποωρών ή μηχανοωρών, υλικών, ποσοστών προόδου και άλλων, τροφοδοτώντας μόνο το κατώτερο επίπεδο. Με τον τρόπο αυτό ενημερώνονται όλα τα επίπεδα της ιεραρχίας μιας επιχείρησης. Παραδείγματος χάρη με το τελευταίο επίπεδο στοιχείων ενημερώνεται και εργάζεται ο επιβλέπων μηχανικός του έργου, ενώ με το πρώτο (συγκεντρωμένα στοιχεία) ενημερώνεται ο διευθυντής. Τα στοιχεία του κάθε επιπέδου πρέπει να είναι διακριτά και να οριοθετούν κάποιο συγκεκριμένο τμήμα. Τα στοιχεία του τελευταίου επιπέδου περιέχουν από ένα ολοκληρωμένο πακέτο δραστηριοτήτων ή εργασιών. Οι εργασίες αυτές χρησιμοποιούνται στη συνέχεια προκειμένου να σχηματιστεί το διάγραμμα αλληλουχίας και ακολούθως να επιλυθεί το δίκτυο με τις μεθόδους της δικτυωτής ανάλυσης.



Εικόνα 89. Μορφή της δομής κατάτμησης έργου (WBS)

6.2 ΔΙΚΤΥΩΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Στο παρελθόν ο προγραμματισμός και ο έλεγχος των έργων αναθέτονταν στην ευφυΐα κάποιων ατόμων ή σε συντονισμένη προσπάθεια περισσότερων ατόμων. Τα αποτελέσματα όμως που πετύχαιναν απείχαν κατά πολύ από τα βέλτιστα δυνατά, σύμφωνα με τα σημερινά κριτήρια. Με το ξεκίνημα της παραγωγής σύνθετων και πολύπλοκων μηχανών σε γραμμές παραγωγής, διαφάνηκε η ανάγκη για ουσιαστικό και αποδοτικό προγραμματισμό των κατασκευαζόμενων έργων. Έτσι, στις αρχές του 20^{ου} αιώνα αναπτύχθηκε από τον Henry Gantt μια τεχνική προγραμματισμού, που ονομάστηκε διάγραμμα Gantt. Το διάγραμμα

αυτό είναι ένα γραμμικό ημερολόγιο, στο οποίο σημειώνονται οι χρόνοι κατά τους οποίους εκτελούνται οι εργασίες που προγραμματίζονται. Η βασική αδυναμία του διαγράμματος Gantt έγκειται στο ότι σε αυτό δεν εκφράζονται οι σχέσεις εξάρτησης μεταξύ των εργασιών που πρέπει να εκτελεστούν για να ολοκληρωθεί το έργο. Η αδυναμία αυτή καλύφθηκε στα μέσα περίπου του προηγούμενου αιώνα με την ανάπτυξη νέων τεχνικών, οι οποίες στηρίζονται στη δικτυωτή ανάλυση. Οι κυριότερες από αυτές είναι η *μέθοδος της κρίσιμης διαδρομής (Critical path method, C.P.M)* και η μέθοδος *PERT (Program evaluation and review technique)*.

6.2.1 Δραστηριότητες

Δραστηριότητα καλείται κάθε εργασία, ενέργεια, λειτουργία που πρέπει να γίνει για να ολοκληρωθεί ένα έργο. Έτσι σε κάθε έργο είναι δυνατόν να διακριθούν δραστηριότητες και να εκτιμηθεί η διάρκειά τους και οι πόροι που απαιτούνται για την πραγματοποίησή τους. Το πρόβλημα που ανακύπτει είναι σε ποιο σημείο σταματάει η ανάλυση του έργου σε δραστηριότητες, αφού αυτό μπορεί να χωριστεί π.χ. σε 10 δραστηριότητες ή σε 50, αν διαιρέσουμε τις 10 σε μικρότερες. Γενικά πρέπει να αποφεύγονται οι μη απαραίτητες λεπτομέρειες διότι επιβαρύνουν αδικαιολόγητα το δίκτυο. Η ανάλυση των δραστηριοτήτων πρέπει γενικά να ικανοποιεί τις ανάγκες για πληροφόρηση εκείνου που θα τη χρησιμοποιήσει και να υποδηλώνει το σκοπό για τον οποίο θα τη χρησιμοποιήσει. Η εκτίμηση του χρόνου στον οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί μια εργασία - δραστηριότητα, με ορισμένα μέσα (πόρους), πρέπει να γίνεται με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού χρησιμοποιούνται όλα τα διαθέσιμα σχετικά στοιχεία που υπάρχουν, η πείρα των ειδικών πάνω στην εκτέλεση της εργασίας, οι γνωστές αποδόσεις των μηχανικών μέσων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν κ.λ.π. Κάθε εργασία κωδικοποιείται σύμφωνα με το πακέτο εργασιών του τελευταίου επιπέδου της κατάτμησης του έργου στο οποίο ανήκει.

6.2.2 Δίκτυο

Μετά την αναγνώριση των δραστηριοτήτων του έργου και την εκτίμηση των χρόνων στους οποίους αυτές μπορεί να εκτελεστούν, ορίζονται οι εξαρτήσεις (σχέσεις) μεταξύ τους έτσι ώστε να διαμορφωθεί το δίκτυο. Προκειμένου να οριστούν οι λογικά σωστές σχέσεις μιας δραστηριότητας με κάποιες άλλες πρέπει να τεθεί το ερώτημα ποιες δραστηριότητες είναι απαραίτητο να προηγηθούν αυτής και όχι ποιες μπορούν να προηγηθούν.

Εκτός από την περισσότερο χρησιμοποιούμενη σχέση τέλος με αρχή, δηλαδή την ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας για να είναι δυνατή η εκτέλεση μιας άλλης, υπάρχουν και άλλα είδη σχέσεων όπως 'αρχή με αρχή' και 'τέλος με τέλος' όπου δύο δραστηριότητες πρέπει αντίστοιχα να αρχίσουν ή να τελειώσουν ταυτόχρονα. Υπάρχει επίσης και η δυνατότητα επίδοσης μιας χρονικής υστέρησης σε μια σχέση. Για παράδειγμα μια εργασία A που συνδέεται με μια άλλη B, μπορεί να αρχίσει αφού τελειώσει η B και αφού περάσει κάποιος πεπερασμένος χρόνος μετά το τέλος της.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι συμβολισμού των δραστηριοτήτων και των σχέσεών τους κατά τη γραφική απεικόνιση ενός δικτύου, π.χ. οι δραστηριότητες να συμβολίζονται με παραλληλόγραμμα κουτάκια και οι σχέσεις με βελάκια. Τα κουτάκια είναι χωρισμένα σε επιμέρους τμήματα ανάλογα με το πόσα στοιχεία της δραστηριότητας είναι επιθυμητό να παρουσιάζονται.

6.2.3 Επίλυση του δικτύου

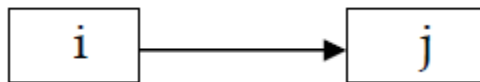
Αφού διαμορφωθεί το δίκτυο, εκτελείται η επίλυσή του κατά την οποία υπολογίζονται:

α) Οι ημερομηνίες για κάθε δραστηριότητα: Η νωρίτερη έναρξη και το νωρίτερο πέρας (ES: Early Start, EF: Early Finish) δηλαδή η νωρίτερη ημερομηνία που μπορεί να εκτελεστεί η δραστηριότητα, και η βραδύτερη έναρξη και το βραδύτερο πέρας (LS: Late Start, LF: Late Finish) δηλαδή η βραδύτερη ημερομηνία που επιτρέπεται να εκτελεστεί η δραστηριότητα χωρίς να αλλοιώσει τον προγραμματισμό των επομένων της.

β) Τα χρονικά περιθώρια των δραστηριοτήτων. Διακρίνουμε: 1. Το ελεύθερο περιθώριο (FF, free float) που είναι ο χρόνος που μπορεί να καθυστερήσει μια δραστηριότητα χωρίς να επηρεάζει την έναρξη των επομένων της, και 2. Το ολικό περιθώριο (TF, total float) που είναι ο χρόνος που μπορεί να καθυστερήσει μια δραστηριότητα χωρίς να επηρεάζει το πέρας του έργου.

γ) Η κρίσιμη διαδρομή (critical path), δηλαδή ποιες δραστηριότητες καθορίζουν τη συνολική διάρκεια του έργου. Αν κάποια από αυτές καθυστερήσει, τότε καθυστερεί το πέρας του έργου. Είναι δυνατόν να εμφανιστούν περισσότερες από μία κρίσιμες διαδρομές. Οι δραστηριότητες που απαρτίζουν την κρίσιμη διαδρομή, έχουν μηδενικά χρονικά περιθώρια. Η *κρίσιμη διαδρομή* είναι ένας κλάδος ή δρόμος του δικτύου που αποτελείται σ' όλη του τη διάρκεια από κρίσιμες δραστηριότητες. Κρίσιμες δραστηριότητες θεωρούνται όσες δεν έχουν καθόλου περιθώριο (το ελεύθερο και το ολικό περιθώριο είναι μηδέν) να καθυστερήσουν επειδή θα προξενήσουν καθυστέρηση στο πέρας του έργου.

Η επίλυση του δικτύου γίνεται κατά τη φορά αρχή - τέλος του έργου και κατά την αντίστροφη, τέλος - αρχή και αντίστοιχα παίρνουμε τους νωρίτερους και βραδύτερους χρόνους εκτέλεσης των δραστηριοτήτων. Τα χρονικά περιθώρια, ελεύθερο και ολικό, υπολογίζονται από τους νωρίτερους και βραδύτερους χρόνους. Για την επίλυση του δικτύου χρησιμοποιούνται μερικοί απλοί τύποι.



Όπου i, j συμβολίζουν οι δραστηριότητες με σχέση εξάρτησης τέλος - αρχή, Έτσι διακρίνονται:

α) Επίλυση κατά τη φορά αρχή - τέλος (εξετάζεται η δραστηριότητα σε σχέση με τις προηγούμενές της)

- Νωρίτερη έναρξη: $ES_j = \max(EF)_i$. Το νωρίτερο που μπορεί να ξεκινήσει η δραστηριότητα j είναι όταν τελειώσει η αργότερη (\max) από όλες τις προηγούμενες δραστηριότητες i από τις οποίες εξαρτάται, υποθέτοντας ότι αυτές έχουν ξεκινήσει και τελειώσει στους νωρίτερους χρόνους τους.

- Νωρίτερη λήξη: $EF_j = ES_j + D_j$. Το νωρίτερο που μπορεί να τελειώσει η δραστηριότητα j υπολογίζεται προσθέτοντας τη διάρκειά της (Duration) στον νωρίτερο χρόνο που μπορεί να ξεκινήσει.

β) Επίλυση κατά τη φορά τέλος - αρχή (εξετάζεται η δραστηριότητα σε σχέση με τις επόμενές της)

- Βραδύτερη έναρξη: $LS_i = LF_i - D_i$. Το αργότερο που επιτρέπεται να ξεκινήσει η δραστηριότητα i υπολογίζεται αφαιρώντας τη διάρκειά της (Duration) από το αργότερο επιτρεπόμενο πέρας της.

- Βραδύτερη λήξη: $LF_i = \min(LS)_j$. Το αργότερο που επιτρέπεται να τελειώσει η δραστηριότητα i είναι όταν ξεκινάει η νωρίτερη (\min) από όλες τις επόμενες

δραστηριότητες j που εξαρτώνται απ' αυτήν, υποθέτοντας ότι αυτές έχουν ξεκινήσει στους αργότερους επιτρεπόμενους χρόνους.

γ) Ελεύθερο περιθώριο (Free Float): $FF_i = \min(ES)_j - EFi$. Το περιθώριο που έχει η δραστηριότητα i να μετατοπιστεί χρονικά, είναι από το νωρίτερο πέρας της μέχρι το νωρίτερο ξεκίνημα της δραστηριότητας που θα ξεκινήσει πρώτη μεταξύ των επόμενων δραστηριοτήτων j που εξαρτώνται από την i.

δ) Ολικό περιθώριο (Total Float): $TF_i = LFi - EFi = LSi - ESi$. Το ολικό περιθώριο που έχει η δραστηριότητα i να μετατοπιστεί χρονικά, είναι από την νωρίτερη έναρξή της μέχρι την αργότερη έναρξή της (ή από το νωρίτερο πέρας της μέχρι το βραδύτερο πέρας της).

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται ένα απλό δίκτυο και η επίλυσή του. Στο κάθε πλαίσιο αναγράφονται τα στοιχεία που αφορούν την κάθε εργασία συμπεριλαμβανομένων αυτών που υπολογίζονται. Δηλαδή:

ΔΡΑ	ΟΠ
ΠΕΡΙΓ	ΑΔΙΑ
ΕΕ	ΕΛ
ΒΕ	ΒΛ

ΔΡΑ: Κωδικός δραστηριότητας

ΠΕΡΙΓ: Περιγραφή της δραστηριότητας

ΟΠ: Ολικό περιθώριο

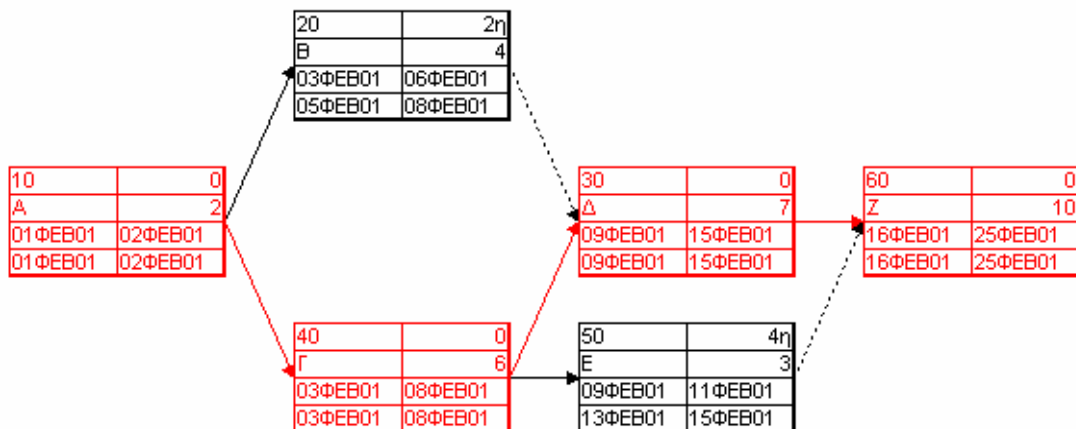
ΑΔΙΑ: Διάρκεια

ΕΕ: Ενωρίτερη έναρξη

ΕΛ: Ενωρίτερη λήξη

ΒΕ: Βραδύτερη έναρξη

ΒΛ: Βραδύτερη λήξη



Εικόνα 90. Παράδειγμα δικτύου με την επίλυσή του

Όπως φαίνεται στο παραπάνω Σχήμα, η κρίσιμη διαδρομή και οι κρίσιμες δραστηριότητες παρουσιάζονται με κόκκινο χρώμα που σημαίνει ότι οποιαδήποτε καθυστέρηση σε κάποια από αυτές οδηγεί σε επιμήκυνση της συνολικής διάρκειας του έργου.

6.2.4 Εξομάλυνση πόρων

Η παραπάνω ανάλυση έγινε με βάση τις συσχετίσεις ανάμεσα στις δραστηριότητες και τις διάρκειές τους, υποθέτοντας ότι τα μέσα που χρειάζονται για την πραγματοποίησή τους είναι διαθέσιμα χωρίς κανένα περιορισμό. Στην πράξη όμως τα διαθέσιμα μέσα για την ολοκλήρωση ενός έργου είναι κατά κανόνα περιορισμένα. Έτσι, οι δραστηριότητες πρέπει να προγραμματίζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε το συνολικό δυναμικό που χρειάζεται για όλες τις δραστηριότητες σε κάθε χρονική περίοδο να μην υπερβαίνει το διαθέσιμο της ίδιας χρονικής περιόδου. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με την προσεγγιστική μέθοδο *εξομάλυνσης δυναμικού*, η οποία με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Με τη μέθοδο αυτή εξομαλύνονται οι αιχμές ζήτησης του δυναμικού στην προκαθορισμένη διάρκεια του έργου. Αυτό γίνεται εφικτό με την εκμετάλλευση των συνολικών χρονικών περιθωρίων των δραστηριοτήτων μέσα στα οποία μπορούν να κινηθούν, δίνοντας καλύτερη κατανομή των πόρων σε κάθε χρονική περίοδο.

6.2.5 Χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή στην επίλυση δικτύων

Η επίλυση ενός μεγάλου δικτύου και η εξομάλυνση των πόρων που χρησιμοποιούνται είναι πολύ δύσκολη έως αδύνατη όταν γίνεται με το χέρι. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων αναπτύχθηκαν διάφορα προγράμματα ηλεκτρονικού υπολογιστή, όπως το MS Project και το Primavera Project Planner. Τα προγράμματα αυτά προσφέρουν ένα σύνολο από δυνατότητες τόσο για την επίλυση του δικτύου, όσο και για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Μερικές από τις δυνατότητές τους είναι:

- Προσφέρουν γρήγορους και πάντα σωστούς υπολογισμούς. Η ακρίβεια των εξερχομένων αποτελεσμάτων εξαρτάται άμεσα από την ακρίβεια των δεδομένων που εισάγονται.
- Οποιαδήποτε αλλαγή, γίνεται πολύ γρήγορα χωρίς κανένα πρόβλημα.
- Μετά την καταγραφή όλων των στοιχείων που αφορούν το έργο, μπορεί να γίνει ανάλυση ευαισθησίας σε πολύ σύντομο χρόνο και να ληφθούν οι καλύτερες αποφάσεις.
- Οι αναφορές που προσφέρονται μπορούν να είναι συγκεντρωτικές ή κατανεμημένες, με μεγάλη ελαστικότητα ώστε να ταιριάζουν με τις απαιτήσεις του κάθε οργανωτικού επιπέδου.
- Επίσης οι αναφορές είναι καλύτερης ποιότητας, με γραφικά και γραφικές παραστάσεις παρέχονται ευκρινείς πληροφορίες για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα.
- Οι γρήγοροι υπολογισμοί απαλλάσσουν τους προγραμματιστές από χρονοβόρους υπολογισμούς και έτσι τους δίνεται η δυνατότητα να συγκεντρωθούν στον προγραμματισμό του έργου και των πόρων. Επίσης σε περίπτωση αναπάντεχων αλλαγών, η ανταπόκριση του συστήματος είναι άμεση προλαμβάνοντας τυχόν προβλήματα.

6.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ MS PROJECT

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Project της Microsoft, το οποίο είναι ένα από τα πολλά προγράμματα χρονικού προγραμματισμού που κυκλοφορούν στην αγορά και ανήκει στην οικογένεια προγραμμάτων του Microsoft Office. Στο πρόγραμμα MS Project ο χρήστης πρέπει να εισάγει τα δεδομένα με τέτοια μορφή ώστε αυτά να μπορούν εύκολα να επεξεργαστούν. Για να ληφθούν σωστά αποτελέσματα, τα στοιχεία που διατίθενται πρέπει να μπουν με τον τρόπο που υποστηρίζει το πρόγραμμα έτσι ώστε να γίνει σωστή επεξεργασία

τους.

6.3.1 Εισαγωγή στοιχείων στο πρόγραμμα

Τα στοιχεία που εισάγονται (input) στο πρόγραμμα είναι τα εξής:

α) οι δραστηριότητες, και συγκεκριμένα

- η περιγραφή κάθε δραστηριότητας με τον κωδικό της. Υπάρχουν διάφορα είδη δραστηριοτήτων που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε.
- η διάρκεια δραστηριότητας και
- το ημερολόγιο σύμφωνα με το οποίο μπορεί να εκτελεστεί. Το ημερολόγιο αναφέρεται στο σύνολο των εργάσιμων ημερών της εβδομάδας και το ωράριο που θα ακολουθηθεί.

β) τα διαγράμματα αλληλουχίας, αφού μεταξύ των εργασιών υπάρχουν σχέσεις εξάρτησης. Στο πρόγραμμα MS Project η εξάρτηση αυτή μπορεί να αποτυπωθεί με τα ακόλουθα είδη σχέσεων:

- Σχέσεις τέλους – έναρξης, δηλαδή πρέπει να τελειώσει μια προηγούμενη δραστηριότητα για να αρχίσει μια άλλη.
- Σχέση έναρξης – έναρξης, που δηλώνει ότι δύο εργασίες πρέπει να αρχίσουν ταυτόχρονα.
- Σχέση τέλους – τέλους, που δηλώνει ότι δύο εργασίες πρέπει να τελειώσουν ταυτόχρονα.
- Σχέση έναρξης – τέλους, που δηλώνει ότι πρέπει να αρχίσει μια εργασία και να τελειώσει μια άλλη.

Αφού ολοκληρωθεί το διάγραμμα αλληλουχίας δραστηριοτήτων το δίκτυο μπορεί να επιλυθεί, θεωρώντας ότι οι διατιθέμενοι πόροι είναι απεριόριστοι.

γ) Οι πόροι που θα χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση των δραστηριοτήτων. Κάθε δραστηριότητα για να πραγματοποιηθεί χρειάζεται κάποιους πόρους. Οι πόροι αυτοί μπορεί να είναι είτε εργαζόμενοι είτε μέσα παραγωγής. Η καταγραφή των πόρων γίνεται με έναν κωδικό και μια σύντομη περιγραφή. Επίσης καταγράφεται το κόστος χρήσης ανά ώρα και το ημερολόγιο σύμφωνα με το οποίο λειτουργεί. Σε μια στήλη ορίζεται αν ο πόρος είναι οδηγών (effort driven) ή μη οδηγών. Ο οδηγών πόρος είναι αυτός που καθορίζει τη διάρκεια της δραστηριότητας.

6.3.2 Επεξεργασία δεδομένων

Μετά την ολοκλήρωση του διαγράμματος αλληλουχίας δραστηριοτήτων και την ανάθεση στην κάθε μια των απαραίτητων για την εκτέλεση πόρων, μπορεί να ξεκινήσει η επεξεργασία των δεδομένων. Το πρόγραμμα κάνει τους υπολογισμούς και βρίσκει τους νωρίτερους και βραδύτερους χρόνους έναρξης - λήξεως των δραστηριοτήτων καθώς και το ολικό περιθώριο. Η εξομάλυνση των υπερφορτισμένων πόρων είναι δυνατό να γίνει με την εντολή "resource leveling", οπότε οι δραστηριότητες μετακινούνται μέσα στο περιθώριο που έχουν. Με την ενέργεια αυτή αλλάζει πολλές φορές και η κρίσιμη διαδρομή.

Η απεικόνιση στην οθόνη του υπολογιστή γίνεται με την μορφή δικτύου όπου οι δραστηριότητες βρίσκονται σε πλαίσια και οι σχέσεις παριστάνονται με βέλη (network diagram). Την κυριότερη απεικόνιση των αποτελεσμάτων αποτελεί το διάγραμμα GANTT, όπου η διάρκεια των δραστηριοτήτων παριστάνεται με μπάρες αναλόγου μήκους, οι οποίες είναι κατανεμημένες στο χρονοδιάγραμμα. Οι κρίσιμες δραστηριότητες παριστάνονται στα διαγράμματα αυτά με κόκκινο χρώμα. Με τα διάφορα "layouts" που υπάρχουν, δίνεται η δυνατότητα εκτύπωσης αναφορών στις οποίες περιλαμβάνονται στοιχεία που αφορούν οποιοδήποτε επίπεδο ιεραρχίας.

6.4 ΧΡΟΝΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Οι εργασίες που πρέπει να εκτελεστούν για την κατασκευή του έργου καθώς και οι εκτιμώμενοι χρόνοι οι οποίοι θα διαρκέσουν φαίνονται στην εικόνα 91. Στο επόμενο σχήμα φαίνονται τα μεγέθη του χρονικού προγραμματισμού όπως αυτά προέκυψαν μετά από την χρήση του προγράμματος Microsoft Project.

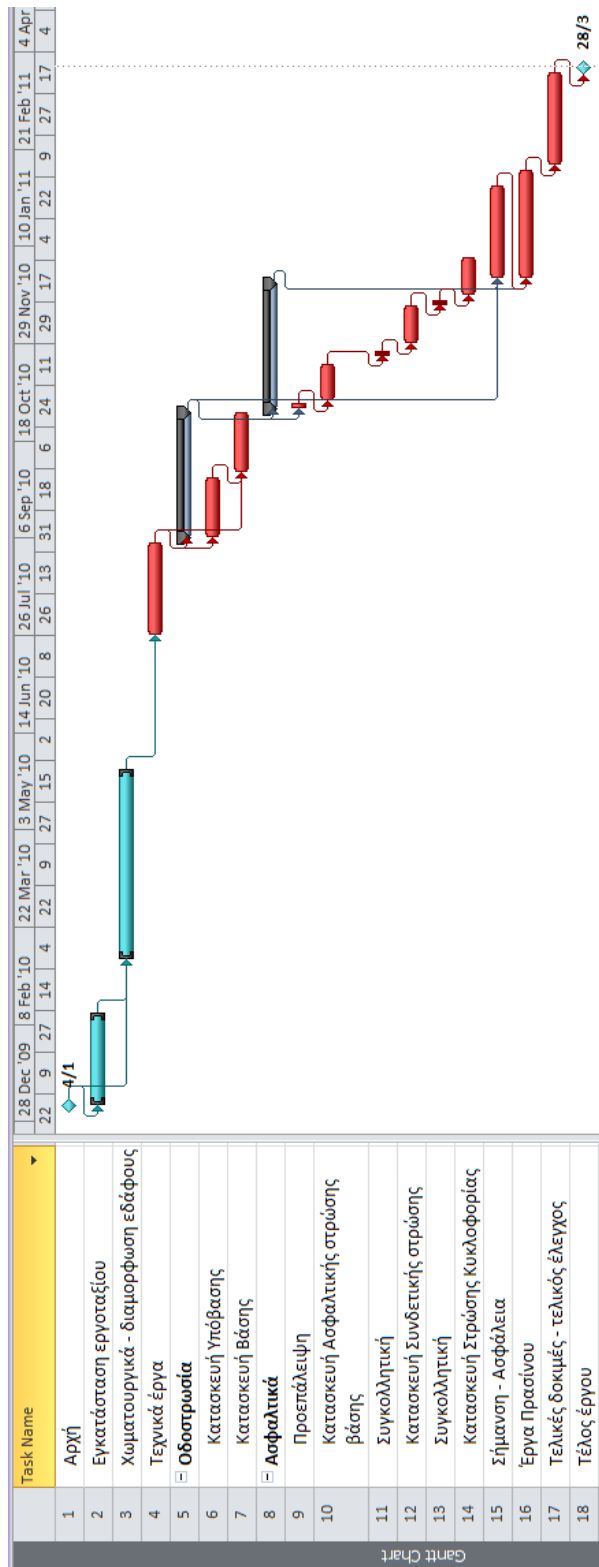
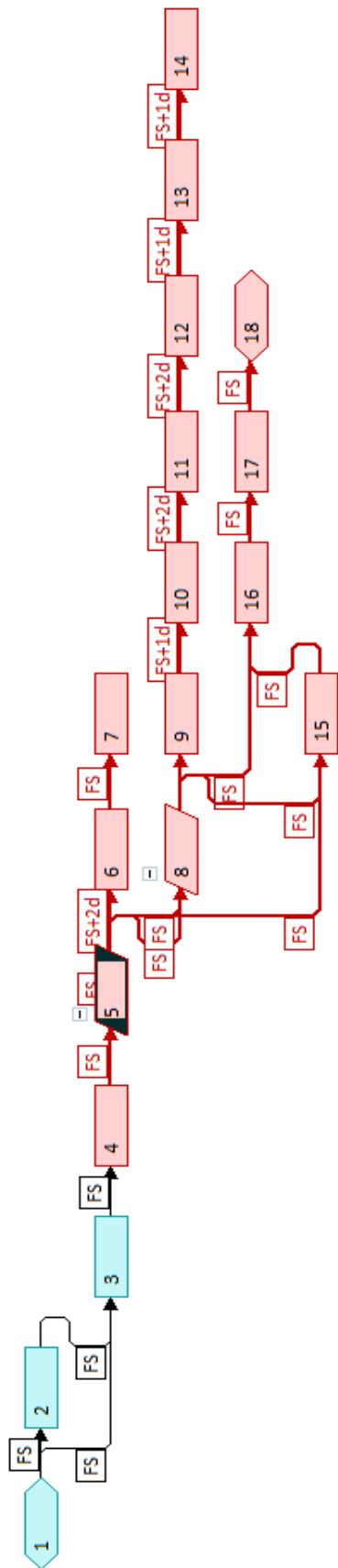
		Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1		Αρχή	0 days	Mon 4/1/10	Mon 4/1/10	
2		Εγκατάσταση εργοταξίου	30 days	Mon 4/1/10	Fri 12/2/10	1
3		Χωματουργικά - διαμορφωση εδάφους	60 days	Mon 8/3/10	Fri 28/5/10	2;1
4		Τεχνικά έργα	30 days	Mon 26/7/10	Fri 3/9/10	3
5		Οδοστρωσία	40 days	Mon 6/9/10	Fri 29/10/10	4
6		Κατασκευή Υπόβασης	20 days	Mon 6/9/10	Fri 1/10/10	4
7		Κατασκευή Βάσης	20 days	Mon 4/10/10	Fri 29/10/10	4FS+2 days;6
8		Ασφαλτικά	40 days	Mon 1/11/10	Fri 24/12/10	5
9		Προεπάλειψη	2 days	Mon 1/11/10	Tue 2/11/10	5
10		Κατασκευή Ασφαλτικής στρώσης βάσης	12 days	Thu 4/11/10	Fri 19/11/10	9FS+1 day
11		Συγκολλητική	1 day	Wed 24/11/10	Wed 24/11/10	10FS+2 days
12		Κατασκευή Συνδετικής στρώσης	12 days	Mon 29/11/10	Tue 14/12/10	11FS+2 days
13		Συγκολλητική	1 day	Thu 16/12/10	Thu 16/12/10	12FS+1 day
14		Κατασκευή Στρώσης Κυκλοφορίας	12 days	Mon 20/12/10	Tue 4/1/11	13FS+1 day
15		Σήμανση - Ασφάλεια	30 days	Mon 27/12/10	Fri 4/2/11	5;8
16		Έργα Πρασίνου	35 days	Mon 27/12/10	Fri 11/2/11	8;15
17		Τελικές δοκιμές - τελικός έλεγχος	30 days	Mon 14/2/11	Fri 25/3/11	16
18		Τέλος έργου	0 days	Mon 28/3/11	Mon 28/3/11	17

Εικόνα 91. Πίνακας απαιτούμενων εργασιών

	Task Name	Start	Finish	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Free Slack	Total Slack
1	Αρχή	Mon 4/1/10	Mon 4/1/10	Mon 4/1/10	Mon 4/1/10	Mon 22/3/10	Mon 22/3/10	0 days	55 days
2	Εγκατάσταση εργοταξίου	Mon 4/1/10	Fri 12/2/10	Mon 4/1/10	Fri 12/2/10	Mon 22/3/10	Mon 3/5/10	15 days	55 days
3	Χωματουργικά - διαμορφωση εδάφους	Mon 8/3/10	Fri 28/5/10	Mon 8/3/10	Fri 28/5/10	Mon 3/5/10	Mon 26/7/10	40 days	40 days
4	Τεχνικά έργα	Mon 26/7/10	Fri 3/9/10	Mon 26/7/10	Fri 3/9/10	Mon 26/7/10	Mon 6/9/10	0 days	0 days
5	Οδοστρωσία	Mon 6/9/10	Fri 29/10/10	Mon 6/9/10	Fri 29/10/10	Mon 6/9/10	Fri 29/10/10	0 days	0 days
6	Κατασκευή Υπόβασης	Mon 6/9/10	Fri 1/10/10	Mon 6/9/10	Fri 1/10/10	Mon 6/9/10	Mon 4/10/10	0 days	0 days
7	Κατασκευή Βάσης	Mon 4/10/10	Fri 29/10/10	Mon 4/10/10	Fri 29/10/10	Mon 4/10/10	Fri 29/10/10	0 days	0 days
8	Ασφαλτικά	Mon 1/11/10	Fri 24/12/10	Mon 1/11/10	Fri 24/12/10	Mon 1/11/10	Tue 4/1/11	0 days	0 days
9	Προεπάλειψη	Mon 1/11/10	Tue 2/11/10	Mon 1/11/10	Tue 2/11/10	Mon 1/11/10	Wed 3/11/10	0 days	0 days
10	Κατασκευή Ασφαλτικής στρώσης βάσης	Thu 4/11/10	Fri 19/11/10	Thu 4/11/10	Fri 19/11/10	Thu 4/11/10	Mon 22/11/10	0 days	0 days
11	Συγκολλητική	Wed 24/11/10	Wed 24/11/10	Wed 24/11/10	Wed 24/11/10	Wed 24/11/10	Thu 25/11/10	0 days	0 days
12	Κατασκευή Συνδετικής στρώσης	Mon 29/11/10	Tue 14/12/10	Mon 29/11/10	Tue 14/12/10	Mon 29/11/10	Wed 15/12/10	0 days	0 days
13	Συγκολλητική	Thu 16/12/10	Thu 16/12/10	Thu 16/12/10	Thu 16/12/10	Thu 16/12/10	Fri 17/12/10	0 days	0 days
14	Κατασκευή Στρώσης Κυκλοφορίας	Mon 20/12/10	Tue 4/1/11	Mon 20/12/10	Tue 4/1/11	Mon 20/12/10	Tue 4/1/11	0 days	0 days
15	Σήμανση - Ασφάλεια	Mon 27/12/10	Fri 4/2/11	Mon 27/12/10	Fri 4/2/11	Mon 27/12/10	Fri 4/2/11	0 days	0 days
16	Έργα Πρασίνου	Mon 27/12/10	Fri 11/2/11	Mon 27/12/10	Fri 11/2/11	Mon 27/12/10	Mon 14/2/11	0 days	0 days
17	Τελικές δοκιμές - τελικός έλεγχος	Mon 14/2/11	Fri 25/3/11	Mon 14/2/11	Fri 25/3/11	Mon 14/2/11	Mon 28/3/11	0 days	0 days
18	Τέλος έργου	Mon 28/3/11	Mon 28/3/11	Mon 28/3/11	Mon 28/3/11	Mon 28/3/11	Mon 28/3/11	0 days	0 days

Εικόνα 92. Μεγέθη Χρονικού προγραμματισμού

Το δικτυωτό γράφημα του έργου, καθώς και το διάγραμμα Gantt που προκύπτει φαίνονται στα ακόλουθα σχήματα.



Εικόνα 93. (α) Τοξωτό διάγραμμα έργου (β) διάγραμμα Gantt

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται η αξιολόγηση της μελέτης που διεξήχθη στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασίας και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που ανακύπτουν. Η αξιολόγηση γίνεται σε όλο το εύρος των εργασιών και περιλαμβάνει τόσο τη συλλογή των δεδομένων όσο και την επεξεργασία αυτών. Η περίπτωση της Χαλανδρίτσας είναι ιδανική για την κατασκευή ενός τόσο σημαντικού έργου όπως είναι ένα αυτοκινητοδρόμιο προδιαγραφών F1. Κι αυτό γιατί πληροί πολλές θεμελιώδεις προϋποθέσεις. Καταρχήν, η γεωγραφική της θέση εξασφαλίζει την άνετη και άμεση μετακίνηση όσων θελήσουν να παρακολουθήσουν από κοντά τις όποιες αγωνιστικές δραστηριότητες, αφού η δημόσια συγκοινωνία και το οδικό δίκτυο είναι ανεπτυγμένο. Οι γειτονικές περιοχές είναι ιδιαίτερα τουριστικές, που σημαίνει πως η βασική ξενοδοχειακή υποδομή υπάρχει και δύναται να εξυπηρετήσει άμεσα ένα μεγάλο αριθμό επισκεπτών. Επίσης, σε κοντινή απόσταση λειτουργεί και το λιμάνι της Πάτρας παρέχοντας ικανοποιητική λύση σε όσους θελήσουν να προσεγγίσουν την πίστα δια θαλάσσης. Αξίζει να σημειωθεί πως με τις ανάλογες μετατροπές οι υπάρχουσες κτιριακές εγκαταστάσεις του παλαιού αερολιμένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν κάλλιστα για τις ανάγκες οποιασδήποτε πίστας. Στη συγκεκριμένη περιοχή, οι συνθήκες που επικρατούν όλο το χρόνο είναι εξαιρετικές ευνοώντας την υπαρκτή διάθεση της FIA να επενδύσει σε παρθένες αγορές. Συνεπώς, οι προϋποθέσεις όχι μόνο υπάρχουν αλλά είναι και κάτι περισσότερο από ευνοϊκές. Η υλοποίηση ενός τόσο σημαντικού έργου αποτελεί πόλο έλξης για έναν πολύ μεγάλο αριθμό επισκεπτών από όλα τα μήκη και πλάτη της γης, ενώ παράλληλα αποτελεί εγγύηση για την αναβάθμιση καθώς και την ανάπτυξη της περιοχής προς κάθε κατεύθυνση, αφού οι προοπτικές διεθνούς προβολής αλλά και εγχώριας οικονομικής εκμετάλλευσης είναι σημαντικές. Όσο αφορά το σχεδιασμό του αυτοκινητοδρομίου, το πρόγραμμα anadelta 4 αποδείχθηκε πάρα πολύ ικανοποιητικό για τις απαιτήσεις των προδιαγραφών της πίστας, διότι μας προσέφερε λεπτομέρεια και ακρίβεια στο σχεδιασμό και στα αποτελέσματα σχετικά με υψόμετρα, μηκοτομές, διατομές, κλπ. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον μας προσέελκυσε η επιλογή των αδρανών υλικών και η ποιότητα της ασφάλτου, διότι η μελέτη τους για ένα τόσο δύσκολο και πολύπλοκο έργο απαιτεί ενδελεχή και εις βάθος εργαστηριακό έλεγχο μέσα από δοκιμασίες, διότι ενδεχόμενα λάθη και παραλείψεις θα αποβούν μοιραία στην κατασκευή του αυτοκινητοδρομίου. Παρατηρήσαμε ότι η λήψη μέτρων σε όλες τις κατηγορίες με σκοπό την αποφυγή κινδύνων ή ατυχημάτων ολοένα και αυξάνεται με το πέρασμα των ετών, παρέχοντας στους οδηγούς και τους αναβάτες άνεση και ασφάλεια, κάτι που ενισχύει το θέαμα και την ανταγωνιστικότητα. Επίσης, τονίσαμε ότι η μεθοδολογία σχεδιασμού αποτελεί αναπόσπαστο παράγοντα έρευνας πάνω στην οποία στηρίζεται το πλάνο σχεδίασης της πίστας. Επιπρόσθετα, η σπουδή σε παραδείγματα αυτοκινητοδρομίων κυρίως από το εξωτερικό που επιχειρήθηκε, στόχο είχε την αντιγραφή σημαντικών στοιχείων που λειτούργησαν επιβοηθητικά στο διάστημα εργασίας της δική μας πίστας. Τέλος, μας προκάλεσαν εντύπωση οι προδιαγραφές των αυτοκινήτων που αξιώνονται από τις διεθνείς ομοσπονδίες και η εξέλιξη αυτών στο πέρασμα των δεκαετιών, διότι μέσα από προσεκτική εξέταση διαπιστώσαμε πως σχεδόν ανά έτος γίνονται ρυθμίσεις στα αυτοκίνητα σε κινητήρα, ιπποδύναμη, ελαστικά κλπ επιβαρύνοντας σε οικονομικό επίπεδο, κυρίως, τις ομάδες οι οποίες δεν έχουν το επιθυμητό διάστημα προσαρμογής. Από όλα τα παραπάνω, απορρέει ότι το εγχείρημα κατασκευής ενός τόσο σημαντικού έργου οδοποιίας προϋποθέτει χρόνια μελέτης, ατελείωτες ώρες σχεδιασμών, ανάλυση όλης της μεθοδολογίας, της επιστημονικής έρευνας και της ακολουθίας κανόνων που διέπουν τέτοιας κατηγορίας έργα οδοποιίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

1. Νικολαΐδης Αθανάσιος Φωτ., «Οδοποιία, οδοστρώματα – υλικά – έλεγχος ποιότητας», εκδόσεις Μ. Τριανταφύλλου και Σια, Θεσσαλονίκη 2006
2. Θεοδωρακόπουλος Δημήτριος Δ., Σημειώσεις Κατασκευής Οδών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, εργαστήριο Συγκοινωνιακών έργων, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2000
3. Κοφίτσας Ιωάννης Δ., «Στοιχεία Οδοποιίας», Γ' έκδοση, εκδόσεις ΙΩΝ, 2001
4. Μουρατίδης Αναστάσιος Κ., «Οδοποιία, Η κατασκευή των οδικών έργων», University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2005
5. Μουρατίδης Αναστάσιος Κ., «Οδοποιία, Η διαχείριση των οδικών έργων», University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2008
6. Ντίνης Ορέστης - Θωμάς, «Από τη χάραξη ως την κατασκευή των οδών», ΕΜΠ, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 2010
7. Dr Robert N. Hunter, «Asphalts in road construction», Thomas Telford Ltd, London 2000
8. Lubinda F. Walubita Et Al, «Asphalt Material Characterization, Accelerated Testing, and Construction Management», Amer Society of Civil Engineers, 2009
9. David Tremayne, «The Science of Formula 1 Design», Third Edition, Haynes Publishing, 2010

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

<http://www.athenscircuit.gr>

<http://www.formula1.com>

<http://www.allf1.info>

<http://www.lekov.gr>

<http://www.asphaltmagazine.com>

<http://www.sansimera.gr>

<http://en.wikipedia.org>

<http://www.nganu.com>

<http://www.nenastran.com>

<http://www.globalmotorsport.net>

<http://www.formula1blog.com>

<http://www.ehow.com>

<http://www.scribd.com>

<http://www.topgear.gr>

<http://www.tilke.de>

<http://www.cypruscarnews.com>

<http://documents.scribd.com.s3.amazonaws.com>

<http://iceal.wikidot.com/meleti-pistas>

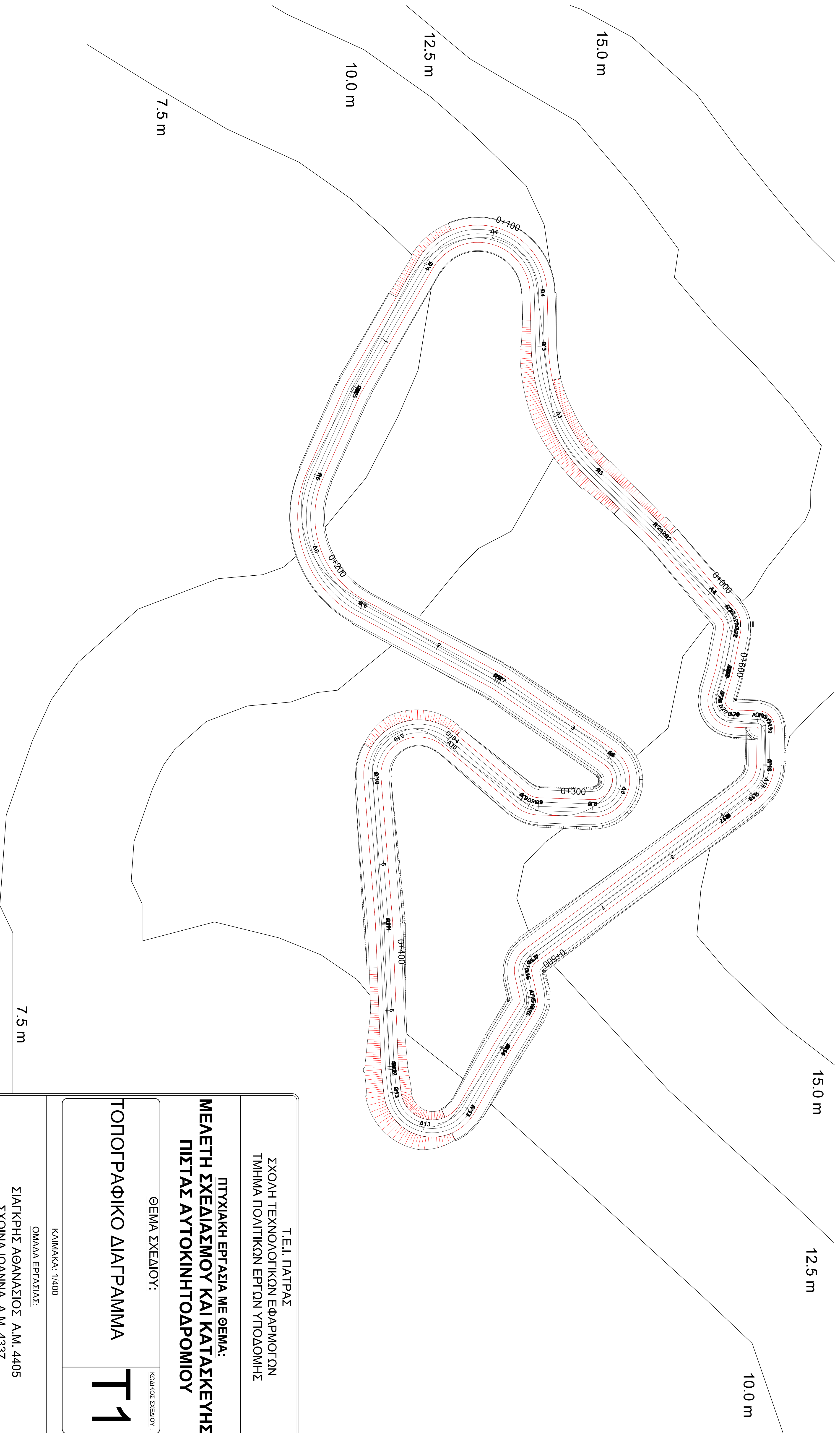
<http://www.f1fanatic.co.uk>

<http://www.valenciastreetcircuit.com>

<http://www.monzanet.it>

<http://www.automotodrombrno.cz>

<http://www.asfalis-odigisi.gr>



15.0 m

12.5 m

10.0 m

15.0 m

12.5 m

10.0 m

7.5 m

7.5 m

Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:
ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
ΠΙΣΤΑΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΙΟΥ**

ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ:

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:

ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ

T1

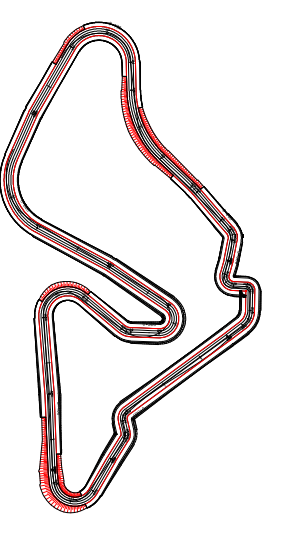
ΚΛΙΜΑΚΑ: 1/400

ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

ΣΙΑΓΚΡΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Α.Μ. 4405
ΣΧΟΙΝΑ ΙΩΑΝΝΑ Α.Μ. 4337
ΤΣΑΚΙΡΙΔΗΣ ΧΡΥΣΟΒΑΛΑΝΤΗΣ Α.Μ. 4474

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ: ΜΑΡΤΙΟΣ 2012

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ:



Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:
**ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
ΠΙΣΤΑΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΙΟΥ**

ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ:

ΔΙΑΤΟΜΕΣ

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ :

T5

ΚΛΙΜΑΚΑ: 1/100

ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

ΣΙΑΓΚΡΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Α.Μ.4405
ΣΧΟΙΝΑ ΙΩΑΝΝΑ Α.Μ.4337
ΤΣΑΚΙΡΙΔΗΣ ΧΡΥΣΟΒΑΛΑΝΤΗΣ Α.Μ.4474

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ: ΜΑΡΤΙΟΣ 2012

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ:

