

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ
ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΝΕΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΕ ΕΡΓΑ
ΟΛΟΠΟΙΑΣ**



ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ-ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

**Σαραντόπουλος Ανδρέας
Καθηγητής Τ.Ε.Ι.**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

**Μπαξιβάνης Χαράλαμπος
Μπάκας Ευστάθιος
Σέχου Αισχύλος**

ΠΑΤΡΑ, ΜΑΙΟΣ 2014

Έχοντας πλέον ολοκληρώσει την Πτυχιακή μας Εργασία αισθανόμαστε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε τον Εισηγητή και Επιβλέπων της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας τον κύριο Ανδρέα Σαραντόπουλο, Καθηγητή Τ.Ε.Ι., για την πολύτιμη βοήθεια που μας προσέφερε κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, τη συνεχή καθοδήγησή του και την υπομονή του. Επίσης θέλουμε ευχαριστούμε όλους τους καθηγητές μας για την στήριξη και τις γνώσεις που μας παρείχαν κατά την διάρκεια της φοίτησης μας.

Πάτρα, Μάιος 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας είναι η παρουσίαση νέων συστημάτων μεταφοράς. Η συνεχής ανάγκη για γρήγορες, ασφαλείς και μεγαλύτερης απόστασης μεταφορές, μας οδηγεί στην δημιουργία πρωτοποριακών μελετών και σχεδιασμών (όσο αναφορά τα έργα υποδομής) αλλά και στην ανάγκη χρησιμοποίησης εναλλακτικών πηγών ενέργειας και υλικών.

Στην εργασία μας κάνουμε μια ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη των μεταφορών ως προς την επιστήμη της Οδοποιίας (τρόποι κατασκευής οδοστρωμάτων, είδη κατασκευής, υλικά κατασκευής, προδιαγραφές υλικών και κατασκευής, προοπτικές του μέλλοντος) των οχημάτων και των υλικών κατασκευής (αυτοκίνητα, τρένα, εναλλακτικά οχήματα) .

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

| | |
|---|----|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ | 2 |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | 3 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ | 4 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ - ΕΙΣΑΓΩΓΗΚΑ | 6 |
| 1.1 ΟΙ ΔΡΟΜΟΙ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ | 6 |
| 1.2 ΟΙ ΔΡΟΜΟΙ ΣΤΗΝ ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΕΤΑΝΙΑ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΜΕΣΑΙΩΝΑ..... | 10 |
| 1.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ | 16 |
| 1.4 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΣΦΑΛΤΟΥ | 25 |
| 1.5 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΜΗΧΑΝΩΝ..... | 34 |
| 1.6 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ | 40 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΙ (ΠΑΡΕΛΘΟΝ – ΠΑΡΟΝ – ΜΕΛΛΟΝ)..... | 49 |
| 2.1 ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΙ – ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ - ΟΡΙΣΜΟΙ..... | 49 |
| 2.2 ΤΡΕΝΑ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ | 60 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΡΩΤΟΠΟΡΙΑΚΑ ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ | 68 |
| 3.1 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΥ ΚΑΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ..... | 68 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ – ΜΕΣΑ ΦΙΛΙΚΑ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ | 77 |
| 4.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ | 77 |
| 4.2 ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟ ΜΕΣΟ ΑΠΟ ΤΗΝ GOOGLE | 80 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΝΕΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ..... | 83 |

| | |
|--|----|
| 5. 1 Η ΠΤΑΜΕΝΗ ΤΕΦΡΑ ΩΣ ΥΛΙΚΟ ΥΠΟΒΑΣΗΣ ΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ | 83 |
| 5.2 ΑΝΑΛΥΚΛΩΣΗ ΥΛΙΚΩΝ | 90 |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 96 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 97 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ | 98 |

1.1 ΟΙ ΔΡΟΜΟΙ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ

Οι Αρχαίοι Έλληνες, γνωστοί ήδη από τα επιτεύγματα τους στο χώρο της τεχνολογίας, δε θα μπορούσαν να υστερούν στον τομέα της χειρσαίας επικοινωνίας και των μεταφορών. Οι πρόσφατες συναφείς έρευνες αποδεικνύουν την πρόοδό τους στην οδοποιία και αναδεικνύουν τα άξια θαυμασμού έργα τους. Ανέπτυξαν και δημιούργησαν πυκνότατο οδικό δίκτυο, τελείως ιδιότυπο και ρηξικέλευθο, εξασφαλίζοντας έτσι την απρόσκοπτη αμαξήλατη επικοινωνία σε όλο σχεδόν τον ελλαδικό χώρο.

Οι δρόμοι, που διέσχιζαν την ελληνική ύπαιθρο αλλά και αυτήν των αποικιών ήταν δύο ειδών: αυτός που προοριζόταν μόνο για πεζοπόρους και υποζύγια, ένα δηλαδή στενό πολυπατημένο μονοπάτι, και αυτός που είχε κατασκευασθεί για άμαξες.

Επειδή η πρώτη κατηγορία έχει μια διαχρονική συνεχή παρουσία και επομένως υπάρχει αδυναμία ακριβούς χρονολογήσεως, το μονοπάτι δηλαδή είναι η ίδια κατασκευή σε όλες τις εποχές, η έρευνά μου ασχολείται πρωτίστως με τη δεύτερη, δηλαδή τις αμαξηλάτους ή αμαξιτούς οδούς, επειδή αυτές μπορούν να χρονολογηθούν με ασφάλεια.

Αμαξήλατη επικοινωνία

Οι αρχαίοι Έλληνες, λοιπόν, είχαν δημιουργήσει ένα εντελώς δικό τους σύστημα αμαξήλατη επικοινωνίας: Χάραζαν στα βραχώδη μέρη αυλάκια παντού και πάντοτε με σταθερό μετατρόχιο 1.40 μ., μέσα στα οποία κινιόταν η δίτροχη ή τετράτροχη άμαξα. Οι αρχαίοι ονόμαζαν αυτά τα αυλάκια αρματροχιές ή αμαξοτροχιές. Η άμαξα είχε προκαθορισμένη διαδρομή και κινιόταν με τους τροχούς μέσα στις αρματροχιές, χωρίς να μπορεί να λοξοδρομήσει.



Εικόνα 1.

Αυτό ήταν και το μείζον επίτευγμα των Ελλήνων οδοποιών. Στην πραγματικότητα, παραλληλίζοντας το σύστημά τους με τα σημερινά δεδομένα, θα λέγαμε ότι επρόκειτο για ένα είδος σιδηροδρόμου. όπως ο σιδηρόδρομος έχει τους τροχούς επάνω στις ράγες, αντιστοίχως οι αρχαίοι Έλληνες είχαν την άμαξα να κινείται σταθερά μέσα στις αρματροχιές.

Προφανώς η δυνατότητα να διασταυρωθούν δύο άμαξες σε τόπο δύσκολο ήταν αδύνατη και γινόταν μόνο σε επιλεγμένα σημεία. Αν θυμηθούμε μάλιστα τη γνωστή ιστορία της οδικής διαμάχης Οιδίποδος και Λαΐου, γίνεται κατανοητό ότι εφάμιλλες με τις σημερινές θα ήταν οι διαμάχες των αμαξηλατών, όταν ξαφνικά ευρίσκονταν αντιμέτωποι. Οι διακλαδώσεις, εκτροπές κατά τους αρχαίους, μάλιστα είναι ίδιες με τα “ψαλίδια” του σιδηροδρόμου, ώστε να καθίσταται εφικτή η αλλαγή πορείας της άμαξας.

Οι αρματροχιές σώζονται μόνο στα βραχώδη μέρη, αφού προφανώς στα πεδινά εδάφη δεν ήταν εφικτή η διατήρησή τους, προφανώς όμως έχουν βρεθεί και αρματροχιές σε χώμα, κατά την ανασκαφή οδών. Σήμερα, αναζητώντας σε κάθε τόπο τις αρματροχιές, μπορούμε να σχεδιάσουμε στο χάρτη επακριβώς τη διαδρομή μιας αρχαίας οδού.

Οι αρχαίοι Έλληνες, για λόγους οικονομίας κατασκεύαζαν μόνον τα απολύτως απαραίτητα τεχνικά έργα. Έτσι είναι λίγες, για παράδειγμα, οι σωζόμενες λίθινες γέφυρες, ενώ περισσότερες θα ήταν οι ξύλινες.



Εικόνα 2.

Οι αστικοί δρόμοι είχαν συνήθως για οδόστρωμα πατημένο χώμα μαζί με χαλίκι ή σπασμένα κεραμίδια. Τα λιθόστρωτα σπάνιζαν και καθιερώθηκαν μόνο κατά τα ρωμαϊκά χρόνια. Οι δρόμοι ήταν κατά κανόνα στενοί, εάν εξαιρέσουμε τις κεντρικές αρτηρίες, με πλάτος που κυμαινόταν από τα 2 έως τα 5 μέτρα.

Το οδικό σύστημα των αρχαίων Ελλήνων χρονολογείται τουλάχιστον από τον 7ο και 6ο αιώνα π.Χ. Το πιο πυκνό δίκτυο βρίσκεται στην Πελοπόννησο Λακωνία, Αρκαδία, Αργολιδοκορινθία και είναι έργο της Σπάρτης.

Υπάρχουν ενδείξεις ότι και στα προϊστορικά χρόνια, τουλάχιστον οι Μυκηναίοι, διέθεταν ένα παρόμοιο αμαξήλατο δίκτυο, από το οποίο πιθανόν να κληρονόμησαν τεχνογνωσία οι επερχόμενοι. Το δίκτυο εγκαταλείπεται στο μεταίχμιο 4ου και 5ου μ.Χ. αιώνα. Κατά τα μεσαιωνικά χρόνια και την τουρκοκρατία οι μεταφορές γίνονταν με υποζύγια, σχηματίζοντας πολυπληθή караβάνια, από τα γνωστά καλντερίμια.

Επειδή η έρευνα για τους αρχαίους ελληνικούς δρόμους διεξάγεται συστηματικά μόλις την τελευταία δεκαπενταετία, η διεθνής βιβλιογραφία αγνοεί τα εδώ πεπραγμένα και συνεχίζει να θεωρεί τους Ρωμαίους πρώτους και άριστους οδοποιούς. Χωρίς να υποβαθμίζω την προσφορά της Ρώμης στην εξέλιξη ,όχι όμως και στη δημιουργία, της οδοποιίας, πιστεύω ότι πρέπει να αναθεωρήσουμε τάχιστα τις υπάρχουσες απόψεις για το ποιος έθεσε της βάσεις της. Η Ελλάδα είχε να επιδείξει πλήρες οδικό δίκτυο μερικούς αιώνες πριν από τη Ρώμη. Καταλήγω λοιπόν ότι πιθανότατα η ρωμαϊκή οδοποιία οφείλει περισσότερα από ότι φανταζόμαστε στους Έλληνες που δανείστηκε τεχνογνωσία την οποία προήγαγε και παγίωσε.

Μυκηναϊκή οδοποιία

Ο Μυκηναϊκός πολιτισμός ανέπτυξε ένα από τα πρώτα δίκτυα ύδρευσης αλλά και ένα από τα πρώτα οδικά δίκτυα στην Ευρώπη. Τον 14ο αιώνα π.Χ. οι Μυκηναϊκές άμαξες ταξίδευαν σε δρόμους μέχρι 5 μέτρων πλάτους περνώντας πάνω από κατασκευασμένες γέφυρες όπου ο χώρος το απαιτούσε. Το οδικό δίκτυο της αρχαίας Αργολίδας σώζεται ακόμη σε πολλά σημεία. Στους αρχαίους δρόμους συναντάμε και ζεύγη αυλακώσεων βάθους 7-10 εκ. και πλάτους περίπου 20 εκ. με απόσταση μεταξύ τους 1.4μ. ή 1.8μ. που εξυπηρετούσαν τα τροχοφόρα οχήματα της εποχής.

Υπάρχουν αναφορές ότι την κατασκευή και σχεδίαση νέων δρόμων αναλάμβαναν οι Αμφικτύονες που χρέωναν ανάλογα και τις πόλεις για την κατασκευή. Πολλές φορές κάποιιοι πλούσιοι της εποχής χορηγούσαν τα έξοδα κατασκευής κάποιων δρόμων.

1.2 ΟΙ ΔΡΟΜΟΙ ΣΤΗΝ ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΕΤΑΝΙΑ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΜΕΣΑΙΩΝΑ

Υπάρχουν στοιχεία που αποδεικνύουν την ύπαρξη ενός οδικού δικτύου στη Μεγάλη Βρετανία πριν από τη κατάκτηση της από τους ρωμαίους. Οι Ρωμαίοι, που έφθασαν το 43 μ.Χ., έχτισαν μεγάλους δρόμους για στρατιωτικούς σκοπούς όπως έκαναν αλλού στην αυτοκρατορία τους, προκειμένου να κινηθούν οι λεγεώνες τους στις μακρινές περιοχές του νησιού όπου η αντίσταση των Βρετανών ήταν ισχυρότερη.

Αυτοί οι δρόμοι διευκόλυναν επίσης το εμπόριο και γενικότερα τα μακρινά ταξίδια που γίνονταν για διάφορους λόγους. Εν υπάρχει αμφιβολία ότι οι ρωμαϊκοί δρόμοι, που κατασκευάστηκαν κατά ένα μεγάλο μέρος με τη «δημόσια» χρηματοδότηση, ήταν σημαντικές αρτηρίες μεταφορών για αιώνες, αλλά το ρωμαϊκό οδικό σύστημα δεν ήταν τόσο καλό και τόσο πλήρες ώστε να μην απαιτούνταν ένα μεγαλύτερο και πιο βελτιωμένο. Και αυτό δεν χρηματοδοτήθηκε από την κυβέρνηση.

Με την πτώση της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, η Ευρώπη κινήθηκε σε μια περίοδο που εξουσιάστηκε από τοπικές, και κατά ένα μεγάλο μέρος αυτόρκες γεωργικές κοινότητες, και αυτό συνοδεύθηκε από μια δραματική πτώση των μακρινών ταξιδιών.

Η άμεση γνώση της διαδικασίας ανάπτυξης και συντήρησης των δρόμων στη Μεγάλη Βρετανία κατά την μεσαιωνική περίοδο είναι σχεδόν ανύπαρκτη. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί αν λάβει κανείς υπόψη του ποιους σκοπούς εξυπηρετούσαν καθώς και τις ρυθμίσεις για την συντήρηση τους που ίσχυε ακόμα. Για παράδειγμα, το γεγονός ότι κάποιοι δρόμοι ήταν σε καλή κατάσταση (μερικοί απ' αυτούς πιθανώς όντας ρωμαϊκής κατασκευής) αποδεικνύεται από τα αρχεία των στρατιωτικών πορειών.



Εικόνα 3.

Η χρήση των δρόμων

Ομοίως, οι αγγλοσάξονες και πρώτοι βασιλιάδες (μετά το 1066) και τα επιτελεία τους, επίσης κινούνταν διαρκώς γύρω από το βασίλειο, περιστασιακά με το στρατό, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, απαιτώντας κατά συνέπεια τους μέτριους δρόμους για να φέρουν μια αρκετά μεγάλη επιχείρηση. Το βασιλικό εισόδημα για προερχόταν συνήθως από την γεωργική εκμετάλλευση και παραγωγή των βασιλικών κτημάτων, και ο βασιλιάς έπρεπε να ταξιδεύει από κτήμα σε κτήμα προκειμένου να καταναλωθεί αυτή η παραγωγή.

Τα αρχεία επίσης δείχνουν ότι οι αντιπρόσωποι του βασιλιά ταξίδευαν εκτενώς, και ο αριθμός αυτών των ταξιδιών αυξήθηκε εντυπωσιακά μετά από την κατάκτηση των Νορμανδών. Οι Νορμανδοί καθιέρωσαν μια κυβέρνηση κεντρικού τύπου στη Μεγάλη Βρετανία, από τις πρώτες στην Ευρώπη, και αυτό απαιτούσε ένα μεγάλο αριθμό ταξιδιών από τους ανώτερους κυβερνητικούς υπαλλήλους, όπως οι εισπράκτορες και οι δικαστές φόρων [που ήταν συχνά τα ίδια άτομα],

καθώς επίσης και πολίτες (π.χ., βαρόνοι, αντιπρόσωποι των σημαντικότερων οργάνων εκκλησιών όπως τα αβαεία και τα μοναστήρια). Επιπλέον, η Μεγάλη Βρετανία σημείωνε σταθερή αύξηση του

πληθυσμού, ανάπτυξη στον πολιτισμό κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, και το εμπόριο επίσης επεκτεινόταν σαφώς σε όλη την Ευρώπη κατά τη διάρκεια του 11^{ου} και 12ου αιώνα. Αυτό απαιτούσε όλο και εκτενέστερες εσωτερικές επικοινωνίες. Οι περισσότερες εμπορικές δραστηριότητες λιανικής πώλησης πραγματοποιήθηκαν στις εκθέσεις κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, και οι έμποροι ταξίδευαν εκεί προκειμένου να πωληθούν τα εμπορεύματά τους και να αγοράσουν άλλα. Τέλος, αντιπρόσωποι της εκκλησίας ταξίδευαν πολύ, όπως εξηγείται παρακάτω. Το οδικό σύστημα στη μεσαιωνική Μεγάλη Βρετανία ήταν επαρκές για τις απαιτήσεις της τότε οικονομικής δραστηριότητας. Εντούτοις, δεν είχε κατασκευαστεί ώστε να συντηρείται από την κυβέρνηση.



Εικόνα 4.

Ενώ το ποσοστό των μακρινών ταξιδιών ήταν αυξημένο κατά τον μεσαίωνα, ο μεγαλύτερος αριθμός ταξιδιών αφορούσε τοπικά ταξίδια

μικρών αποστάσεων. Τα ταξίδια στις αγορές, τις εκκλησίες και τα δικαστήρια είναι οι κυριότερες εξαιρέσεις στη γενίκευση ότι οι περισσότεροι μεσαιωνικοί δρόμοι ήταν εξ ολοκλήρου τοπικού χαρακτήρα. Υπήρχε η ανάγκη ώστε οι πάροδοι να παρέχουν πρόσβαση στα χωράφια για τους ιδιοκτήτες τους, την μεταφορά των κάρων με τη σοδειά προς τους ανεμόμυλους ή τους νερόμυλους, πρόσβαση στις δασώδης περιοχές για την ξυλεία και τα φρούτα ή για να μαζέψουν το κοπάδι. Κατά συνέπεια, τα περισσότερα από τα οφέλη των δρόμων ήταν εσωτερικά, στα μέλη των τοπικών κοινοτήτων, και τα τοπικά όργανα και το τελωνείο καθόρισαν το πώς θα κατασκευάστηκαν και συντηρήθηκαν.

Οι ξένοι (αντιπρόσωποι του βασιλιά, η εκκλησία, έμποροι) δεν αποκλείονταν απαραίτητως, αλλά η χρήση οποιουδήποτε δρόμου από αυτούς, ήταν εξαιρετικά περιορισμένη. Έτσι το ουσιαστικό όφελος της παροχής και της συντήρησης το είχαν οι κάτοικοι των συγκεκριμένων περιοχών.

Κατασκευή – Συντήρηση (Ιδιωτική πρωτοβουλία)



Εικόνα 5.

Το 10ο αιώνα, υπήρχε μια αναγνωρισμένη οργάνωση θεσμικής ρύθμισης στην αγγλοσαξονική Αγγλία αποκαλούμενη « οι εκατό». Από τους αρχικούς στόχους αυτών των οργανώσεων ήταν η απονομή δικαιοσύνης. Όταν γινόταν μια κλοπή , παραδείγματος χάριν, τα διάφορα μέλη που αποτέλεσαν το εκατό ενημερώνονταν και αναλάμβαναν την υποχρέωση να συνεργαστούν ώστε να βρουν και να τιμωρήσουν τον δράστη. Ήταν προφανώς ομάδα γειτόνων, πολλοί από τους οποίους ήταν πιθανώς συγγενής. Οι οργανώσεις αυτές εκτελούσαν και άλλες λειτουργίες, όμως, συμπεριλαμβανομένου του ψηφίσματος διαφωνίας, και της συντήρησης των δρόμων.

Μέχρι τον 12ο και 13ο αιώνα δεν υπάρχει καμία πραγματική τεκμηρίωση της κατασκευής και συντήρησης οπότε και αρχίζουν να δημιουργούνται τα κτηματικά αρχεία από τα οποία προκύπτουν και τα εξής συμπεράσματα. Κατ' αρχήν, η κατασκευή και η συντήρηση δεν είχε καμία σχέση με την σύγχρονη κατασκευή (με τις πρόσθετες στρώσεις). Την πρώτη μέθοδο προσθήκης υλικού ως επιφανειακή στρώση, επινόησαν οι ρωμαίοι. Στην μεσαιωνική Μεγάλη Βρετανία τέτοια τεχνολογία ήταν είτε μη διαθέσιμη είτε πάρα πολύ δαπανηρή δεδομένου ότι δεν υπήρχαν εμπόδια στην διαδρομή.



Εικόνα 6.

Αυτό συνέβαινε διότι οι πολίτες που δέχονταν την βοήθεια των διαφόρων οργανώσεων (αναφέρονται πιο πάνω), ήταν υπεύθυνοι για τον καθαρισμό των δρόμων στην περιοχή τους και την απομάκρυνση οποιοδήποτε φυσικού εμποδίου όπως εμπόδια στο ταξίδι όπως δέντρα, κούτσουρα, και ίσως νερό, μέσω μιας τάφρου αποστράγγισης.

Δεύτερον, ένα μέρος των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας άνηκαν στον ιδιοκτήτη του εδάφους από κάθε πλευρά του δρόμου. Έτσι, εάν ένας δρόμος εγκαταλείπονταν (π.χ., επειδή οι ταξιδιώτες έκαναν διαφορετική πορεία), θα επανερχόταν στην ιδιοκτησία εκείνου του γαιοκτήμονα. Εντούτοις, κατά την αγγλοσαξονική συνήθεια, ένα από τα δικαιώματα σε εκείνη την ιδιοκτησία δόθηκε στην κοινότητα: «το δικαίωμα της μετάβασης ήταν ένα κοινοτικό δικαίωμα». Τρίτον, τα κτηματικά αρχεία δείχνουν ότι όλοι οι ιδιοκτήτες γης είχαν την υποχρέωση να προσέχουν πέρα από το σημείο του δρόμου που ήταν στο έδαφός τους και να απομακρύνουν τυχόν εμπόδια.

Δεδομένου ότι το διακοινοτικό εμπόριο αναπτύχθηκε και τα ταξίδια μακρινού προορισμού αυξήθηκαν, ιδιαίτερα από τα μέλη της εκκλησίας και από τους κυβερνητικούς ανωτέρους υπαλλήλους, οι τοπικοί δρόμοι συνδέθηκαν με τους γειτονικούς δημιουργώντας ένα αρκετά μεγάλο δίκτυο μετά από αυξανόμενη πίεση.

Έτσι, το σύννηθες δικαίωμα της μετάβασης που είχαν, πρώτιστα, τα μέλη των τοπικών κοινοτήτων, επεκτεινόταν στους κοινοτικούς ξένους (π.χ., διακινούμενοι έμποροι, αντιπρόσωποι της εκκλησίας και του βασιλιά). Αυτό προκάλεσε τις αντιδράσεις τους, με αποτέλεσμα να δημιουργείται πρόβλημα συντήρησης των περιοχών που βρίσκονταν μακριά από τις κοινότητες δεδομένου ότι αυτές δεν ενδιαφέρονταν για τη διατήρηση των αρτηριών και των γεφυρών αυτών. Το ρόλο αυτό ανέλαβε τελικά η εκκλησία και η εμπορική κοινότητα και όχι η βασιλική κυβέρνηση.

1.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΕ ΣΤΡΩΣΕΙΣ

Οι Ρωμαίοι κατασκεύαζαν δρόμους με σκοπό να αντέξουν για πολλά χρόνια. Στην πραγματικότητα, έμοιαζαν με μεγάλους τοίχους, ύψους 1 μέτρου και τοποθετημένων μέσα στο έδαφος έτσι ώστε η επάνω επιφάνεια να χρησιμεύει ως επιφάνεια κύλισης.



Εικόνα 7.

Αποτελείτο από 4 στρώματα :

- Πλάκες σφηνωμένες βαθιά σε ασβεστοκονίαμα (ασβεστολάσπη) σχημάτιζαν την βάση (θεμέλιο).
- Το δεύτερο στρώμα ήταν λιθοδομή.
- Το τρίτο, ο αποκαλούμενος πυρήνας, αποτελείτο από λατυποπαγή πετρώματα. (Λατυποπαγές = κλαστικό ιζηματογενές πέτρωμα αποτελούμενο από γωνιώδη θραύσματα πετρωμάτων)
- Τέλος, την επιφανειακή στρώση σχημάτιζαν πλάκες, πέτρες ή τούβλα.

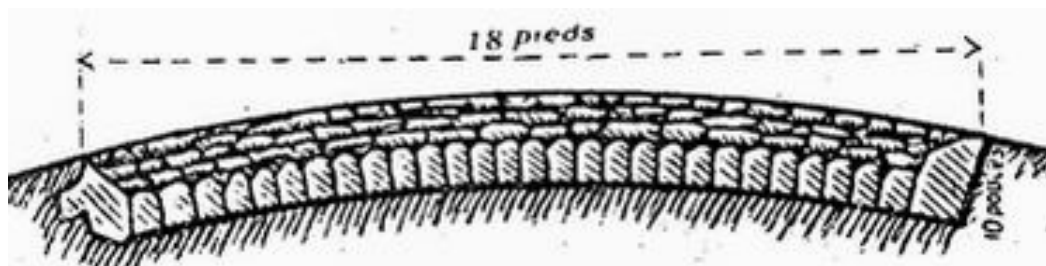
Με την πτώση της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας η συγκεκριμένη μέθοδος αλλά και οποιαδήποτε άλλη τεχνοτροπία χάθηκε για περισσότερα από

100 χρόνια. Η έλλειψη αξιόλογων και ανθεκτικών δρόμων άρχισε να γίνεται περισσότερο εμφανής με την αύξηση του αριθμού και του μεγέθους των τροχοφόρων οχημάτων, κατά τη διάρκεια του 17ου αιώνα, οπότε και σημειώθηκε ραγδαία ανάπτυξη του εμπορίου.

Αρχικώς, έγινε προσπάθεια να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα με αλλαγές των οχημάτων (μείωση πλάτους του άξονα και των τροχών ή του αριθμού των ζώων) χωρίς, όμως, ιδιαίτερη επιτυχία. Αργότερα, και συγκεκριμένα στα μέσα του 18ου αιώνα, σημειώθηκαν οι πρώτες αλλαγές στο σχεδιασμό και κατασκευή των δρόμων ώστε να εξυπηρετούν αποτελεσματικά τις κυκλοφοριακές ανάγκες της εποχής.

Ωστόσο, υπήρξαν πολλές και έντονες διαφωνίες σχετικά με τον τρόπο κατασκευής. Κάποιοι θεωρούσαν ως καλύτερη λύση, την δημιουργία δρόμων με κοίλη επιφάνεια ή ακόμα και το να βρίσκονται σε χαμηλότερο επίπεδο (μέσα σε χαντάκια) και κατά διαστήματα να καθαρίζονται με διοχέτευση νερού. Οι περισσότερο διορατικοί πρότειναν να κατασκευάζονται έχοντας μια κλίση κατά τον άξονα του πλάτους τους.

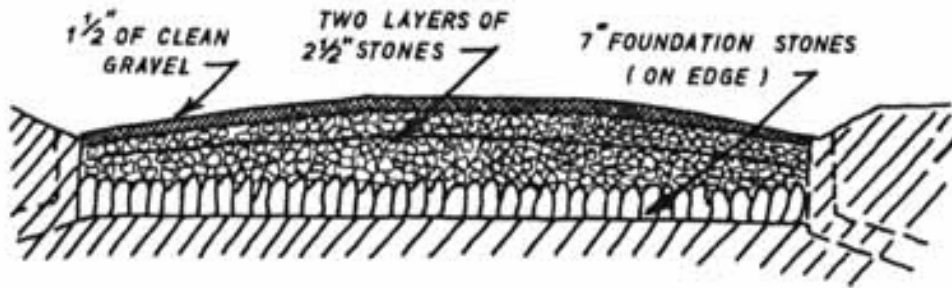
Παρ' όλα αυτά, κάποιες βασικές αρχές σχεδιασμού άρχισαν να διατυπώνονται, με σημαντικότερη αυτή της αποστράγγισης. Γύρω στα 1750 ο Τρεσαγκέ στην Γαλλία και ο Μετκάλφε στην Βρετανία, πρότειναν ένα τρόπο κατασκευής που βασίζεται στην θεμελίωση της οδού με ένα στρώμα από μεγάλες πέτρες, επάνω στις οποίες θα τοποθετούσαν μικρότερες σχηματίζοντας με αυτό τον τρόπο μια κυρτή επιφάνεια ώστε να είναι ακόμα περισσότερο αδιαπέραστη από το νερό. Η μέθοδος αυτή, αποδείχθηκε εξαιρετικά ανθεκτική αλλά έχοντας παράλληλα μεγάλο κόστος κατασκευής και συντήρησης.



Εικόνα 8.

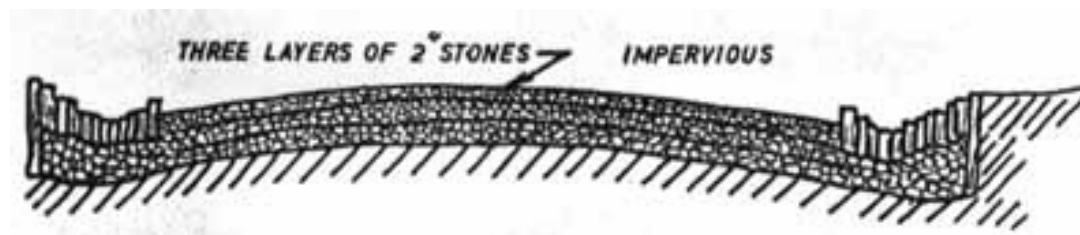
Προς τα τέλη του 18ου αιώνα, ο Τέλφορντ, επίσης Βρετανός, πρότεινε ένα εξίσου ανθεκτικό τρόπο κατασκευής, ίσως ακόμα και περισσότερο από τις υπάρχουσες ανάγκες (αφού ο ίδιος πίστευε ότι σε

μικρό χρονικό διάστημα από τότε θα κυκλοφορούσαν τα πρώτα ατμοκίνητα οχήματα.) Βασιζόταν στην κατασκευή παχιάς και συμπαγούς θεμελίωσης που σκοπό είχε να αντισταθμίσει το ασταθές έδαφος έδρασης. Για τον λόγο αυτό ήταν αρκετά πολυδάπανος.



Εικόνα 9.

Μόνο στις αρχές του 19ου αιώνα ο Τζων Λάουντον Μακ Άνταμ κατάφερε να προτείνει τον οικονομικότερο τρόπο κατασκευής που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα. Η μέθοδός του βασίζεται στην καλή αποστράγγιση του υπεδάφους, ώστε να παραμένει το έδαφος σταθερό και, κατά συνέπεια, την κατασκευή οδοστρώματος λεπτότερου σε πάχος και μικρότερο κόστος κατασκευής. Υποστήριζε, επίσης, ότι το πάχος συνδέεται μόνο με την ανάγκη προστασίας του υπεδάφους από την υγρασία και με σκοπό να παραμένει στεγνό και όχι με την ικανότητα του οδοστρώματος να δέχεται το βάρος του φορτίου, όπως πίστευαν οι προγενέστεροί του.



Εικόνα 10.

Τζων Λάουντον Μακάνταμ

Ο Τζων Λάουντον Μακάνταμ εφηύρε μια νέα μέθοδο κατασκευής δρόμων με μια ομαλή σκληρή επιφάνεια που θα ήταν ανθεκτικότερη και λιγότερο λασπώδης από τα χωμάτινα εδάφη. Γεννήθηκε στην Σκωτία. Μετακόμισε στη Νέα Υόρκη, το 1770 και δούλεψε στην επιχείρηση του θείου του, αρχικά, και έπειτα έκανε λαμπρή καριέρα ως έμπορος κατά τη διάρκεια της αμερικανικής επανάστασης.



Εικόνα 11.

Επέστρεψε στη Σκωτία το 1783 και αγόρασε ένα κτήμα στο Σώσρι. Ορίστηκε οδικός επίτροπος, και ξεκίνησε προσπάθειες ώστε να βρεθούν τρόποι βελτίωσης των εμφανώς κακών δρόμων της Μεγάλης Βρετανίας. Κατέληξε στο συμπέρασμά ότι οι δρόμοι έπρεπε να υπερυψωθούν σε σχέση με το έδαφος, και να κατασκευαστούν σε στρώσεις από βράχους και αμμοχάλικο.

Έγραψε δύο πραγματείες τεκμηριώνοντας την έρευνά του: «Παρατηρήσεις για το υπάρχον σύστημα οδοποιίας» (1816) και το «Πρακτικό δοκίμιο στην επιστημονική επισκευή και συντήρηση των δρόμων» (1819).

Το 1820 το Κοινοβούλιο του απένειμε 2.000 λίρες για τις προσπάθειές του και το 1827 έγινε γενικός επιθεωρητής των αστικών δρόμων. Όταν διορίστηκε επιθεωρητής στην κατασκευή (κοινοπραξία) του αυτοκινητοδρόμου του Μπρίστολ το 1816, ανακατασκεύασε τους

δρόμους με θρυμματισμένη πέτρα που αναμίχθηκε με το αμμοχάλικο επάνω μια σταθερή βάση από μεγάλες πέτρες.

Ένα κύρωμα, που κατέστησε το δρόμο ελαφρώς κυρτό, εξασφάλισε ότι τα όμβρια ύδατα απομακρύνονταν γρήγορα και δεν διαπερνούσαν τα θεμέλια.

Αυτός ο τρόπος τους δρόμους έγινε αργότερα γνωστός ως σύστημα «μακαντάμ».

Κατά την κατασκευή ενός δρόμου με αυτή τη μέθοδο, οι πλαϊνές τάφροι σκάβονταν, και στη συνέχεια τοποθετούνταν τρία στρώματα βράχων, το μέγεθος των οποίων μειωνόταν ανάλογα σε πόσο βαθιά στρώση ανήκαν. Η κονιοποίηση τους γινόταν προσεκτικά ώστε να μη ξεπερνούν τις 6 ουγκιές σε βάρος. Ακολουθούσε συμπίεση με κύλινδρο χυτοσιδήρου και η διαδικασία συμπίεσης ολοκληρωνόταν με την έναρξη της κυκλοφορίας. Ως αποτέλεσμα της επιτυχίας του, ο Μακάνταμ έγινε γενικός επιθεωρητής των μητροπολιτικών δρόμων στην Αγγλία. Μέχρι το τέλος του 19ου αιώνα, οι περισσότεροι από τους κύριους δρόμους στην Ευρώπη χτίστηκαν κατ' αυτό τον τρόπο.

Ο Τζων Λάουντον Μακάνταμ πέθανε στο Μόφατ της Σκωτίας. Ο πρώτος δρόμος κατασκευασμένος με αυτή τη μέθοδο στη Βόρεια Αμερική, ο «Εθνικός δρόμος» ολοκληρώθηκε το 1830. Αν και η μέθοδος αντικαταστάθηκε από τις πιο σύγχρονες τεχνικές στις αρχές του 20ου αιώνα, πολλές ήταν εξέλιξη αυτής.

Όπως η Tarmac που αρχικά ονομαζόταν Ταρ-μακαντάμ (Tar macadam), επειδή η μοναδική διαφοροποίηση ήταν η προσθήκη πίσσας στο τελικό προϊόν.

Οι σύγχρονες οδικές επιφάνειες εξαρτώνται ακόμα κατά ένα μεγάλο μέρος από την ανακάλυψη του Μακάνταμ. Η λιθανθρακόπισσα χρησιμοποιήθηκε αρχικά για να κρατά τις πέτρες ενωμένες. Η διάστρωση αδρανών και πίσσας ή ο ψεκασμός πίσσας παρείχαν μία ιδανική σκυρόστρωση. Η βασισμένη στο λάδι άσφαλτος προερχόμενη κυρίως από το κράτος του Τρίνιταντ και Τομπάκο καθώς επίσης και από τα δυλιστήρια πετρελαίου, χρησιμοποιήθηκε αργότερα ως υλικό επίστρωσης, επάνω από ενισχυμένο σκυρόδεμα, αλλά οφείλει πολλά στον Μακάνταμ καθώς αναμιγνύεται με σμιλεύσεις γρανίτη ή ασβεστόλιθων. Αυτή η διαδικασία έγινε γνωστή ως tarmacadam και είναι το γνωστό μας ασφαλτικό σκυρόδεμα.

Ο Μακάνταμ ποτέ δεν έτυχε το σεβασμό που του άξιζε. Του καταβλήθηκε το ποσό των 5.000 λιρών για τις εργασίες που έγιναν στο Μπρίστολ, αλλά μια πρόταση για επιπλέον 5.000 λίρες από το Κοινοβούλιο, ως επιχορήγηση για τις δαπάνες του απορρίφτηκε αρχικά, κατόπιν μειώθηκε στις 2.000, για λόγους επαγγελματικής ζηλοτυπίας.

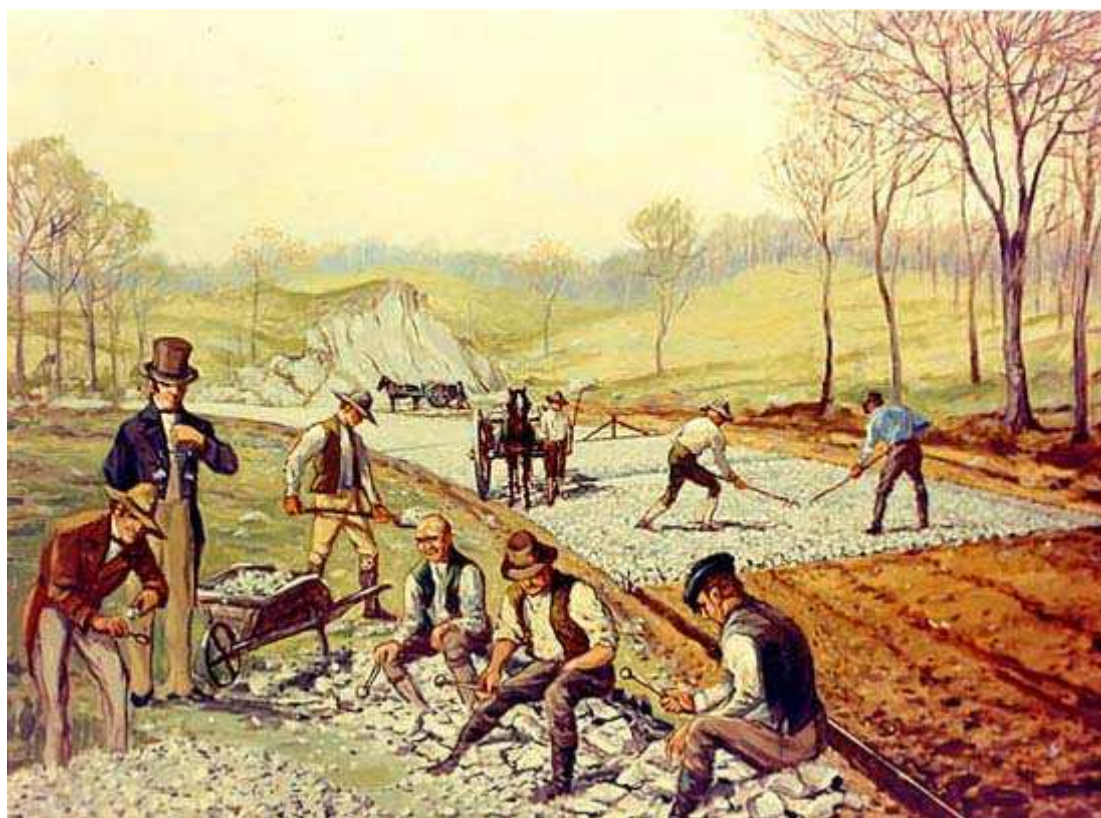
Ο Μακάνταμ αποκάλυψε την αλόγιστη εκμετάλλευση και κατάχρηση των διοδίων από τους τότε αρμοδίους. Ενώ λοιπόν αυτοί

αποτελούσαν τους μεγαλύτερους εχθρούς του, μετά τις αποκαλύψεις του, οι ταξιδιώτες τον σέβονταν. Η φήμη του εντούτοις έχει επιζήσει, ως ο Σκωτσέζος που έβαλε τα θεμέλια για την ανάπτυξη και εξέλιξη της κατασκευής των δρόμων.

Μέθοδος μακαντάμ

Η μέθοδος μακαντάμ είναι ένας τύπος οδικής κατασκευής. Αποτελείται από τρία στρώματα πετρών που τοποθετούνται σε κεκλιμένο υπέδαφος, με πλαινές τάφρους για την αποστράγγιση. Τα πρώτα δύο στρώματα αποτελούνται από γωνιώδη αδρανή σπασμένα στο χέρι, με μέγιστο μέγεθος 3 ίντσες (75 χιλ.) για ένα συνολικό βάθος περίπου 8 ιντσών (200 χιλ.). Το τρίτο στρώμα ήταν περίπου 2 ίντσες (50 χιλ.) παχύ με μέγιστο μέγεθος αδρανών 1 ίντσας (25 χιλ.).

Τα στρώματα συμπιέζονται με έναν βαρύ κύλινδρο. Αυτό αναγκάζει τις γωνιακές πέτρες για να «δέσουν» με τις γειτονικές τους. Αν και αυτή η μέθοδος απαιτεί πολλή χειρωνακτική εργασία, το αποτέλεσμα είναι σε ένα ισχυρό και στεγνό δρόμο.



Εικόνα 12.

Με την εμφάνιση των μηχανοκίνητων οχημάτων, η σκόνη έγινε ένα σοβαρό πρόβλημα στους δρόμους σκυροστρώματος. Το κενό αέρος που δημιουργείται κάτω από τα γρήγορα κινούμενα οχήματα απορροφούσε τη σκόνη από την επιφάνεια και οδηγούσε σε μια βαθμιαία καταστροφή των υλικών μεγαλύτερου μεγέθους, καθώς επίσης και ένα δυσάρεστο σύννεφο σκόνης. Αυτό το πρόβλημα αποκαταστάθηκε αργότερα, από την πίσσα ψεκασμού στην επιφάνεια που δημιουργεί έτσι το σκυρόστρωμα, ή *tarmac*. Σε αυτό οφείλεται και η λανθασμένη χρήση του όρου *μακαντάμ* για δρόμους κατασκευασμένους από ασφαλτικό σκυρόδεμα. Ενώ οι δρόμοι της μεθόδου *μακαντάμ* έχουν εκλείψει στη σύγχρονη Αμερική, κάποια τμήματα υπάρχουν κατά μήκος του εθνικού δικτύου. Ο συγγενής τρόπος *ταρμάκ* μπορεί ακόμα να βρεθεί δε δρόμους της Νέας Αγγλίας.

ΑΜΕΡΙΚΗ

Το 1889, στο αληθινό πνεύμα της αμερικανικής καινοτομίας, ο George W. Bartholomew πρότεινε την κατασκευή οδοστρώματος από σκυρόδεμα στο δημοτικό συμβούλιο της πόλης Bellefontaine του Οχάιο. Αν και το πρώτο αυτοκίνητο δεν θα εμφανιζόταν για τα επόμενα δέκα χρόνια, ο κ. Bartholomew πείστηκε ότι το τσιμέντο που παρήγαγε στο μικρό εργαστήριό του θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να παράγει μια σκληρή, ανθεκτική επιφάνεια. Μετά από τους δύο πολυέξοδα έτη και αφού έπεισε τους πολίτες και την διοίκηση και με την προϋπόθεση να παρέχει ο ίδιος όλα τα υλικά, έλαβε την άδεια να χτίσει το πρώτο δρόμο από σκυρόδεμα της Αμερικής. Υπήρξε, επίσης, ένας επιπλέον όρος - έπρεπε να ταχυδρομήσει μια εγγύηση εκτέλεσης \$5.000 και να εγγυηθεί ότι ο δρόμος θα άντεχε για πέντε έτη.

Το 1891, κατασκευάστηκε το πρώτο τμήμα του συγκεκριμένου δρόμου, μια ευρεία λωρίδα της κύριας οδού κατά μήκος της πλευράς του οικοδομικού τετραγώνου του δικαστηρίου της πόλης, και γνώρισε μεγάλη επιτυχία. Οι τοπικοί επιχειρηματίες, ενθουσιασμένοι, ζήτησαν να κατασκευαστεί με τον ίδια μέθοδο ολόκληρο το τετράγωνο. Το 1893, οι δύο κεντρικοί δρόμοι της πόλης είχαν επιστρωθεί με σκυρόδεμα. Ακολούθησε το 1894 η λεωφόρος Columbus. Υπεύθυνος για την κατασκευή ήταν ο William T.G. Snyder, ένας μηχανικός από το Bellefontaine.

Ο Snyder χρησιμοποίησε συρόμενα από άλογα βαγόνια για να μεταφέρει το τσιμέντο, το αμμοχάλικο και την άμμο στην περιοχή επίστρωσης. Δεδομένου ότι ο όρος "σκυρόδεμα" δεν ήταν ακόμα γνωστός, χρησιμοποιούσαν αντ' αυτού τον όρο "τεχνητή πέτρα". Το

υλικό αναμίχθηκε με φτυάρια και τοποθετήθηκε σε τετράγωνα καλούπια μεγέθους 5 ποδιών. Προκειμένου τα άλογα να κινούνται πιο εύκολα πάνω στη νέα αυτή επιφάνεια, δημιουργήθηκαν αυλακώσεις. Ένα νέο προϊόν και μια νέα βιομηχανία μόλις είχαν γεννηθεί!

Δεδομένου ότι η επιτυχία της κατασκευής διαδόθηκε γρήγορα αριθμός των πόλεων στις οποίες χρησιμοποιήθηκε η νέα τεχνική, αυξήθηκε ραγδαία. Μέχρι τότε, οι δρόμοι ήταν από λάσπη ή επιστρωμένοι με τούβλα ή σκυρόστρωμα κακής ποιότητας. Οι περισσότεροι επιστρωμένοι δρόμοι βρίσκονταν στις πόλεις - κανένας στην υπόλοιπη χώρα. Αυτό, όμως, θα άλλαζε σύντομα, καθώς Αμερικανοί θα προχωρούσαν στο επόμενο «στάδιο»: τις εθνικές οδούς.



Εικόνα 13.

ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΗ ΕΠΙΡΡΟΗ

Στα 1908, με την εισαγωγή της μαζικής παραγωγής αυτοκινήτου, και συγκεκριμένα, του μοντέλου T της εταιρείας Φορντ, οι Αμερικανοί άρχισαν να κατασκευάζουν οδοστρώματα με όλο αυξανόμενους ρυθμούς. Οι τοπικές κυβερνήσεις ανταποκρίθηκαν στις απαιτήσεις για καλύτερους δρόμους.

Το 1913, κατασκευάστηκε δρόμος πλάτους 9 ποδιών, πάχους 5 ιντσών και συνολικού μήκους 23 μιλίων, στο Άρκansas. Δεδομένου ότι το κόστος ήταν περίπου ένα δολάριο ανά γραμμικό πόδι, έμεινε γνωστό ως "Dollarway." Οι οδηγοί έρχονταν από πολλά χιλιόμετρα μακριά για να

οδηγήσουν πάνω στην ομαλή αυτή επιφάνεια και να τρέξουν σε ταχύτητα μέχρι 45 mph. Λέγεται ότι οι οδηγοί πήγαν στην περιοχή αποκλειστικά και μόνο για να διασχίζουν από την μία μέχρι την άλλη κατεύθυνση το νέο δρόμο. Πολλοί έμειναν μέχρι και δύο μέρες!

Το 1914, επίτροποι από περιοχές του Μισισίπη, ταξίδεψαν με τρένο στο Wayne County του Μίσιγκαν, για να εξετάσουν την λειτουργικότητα των νέων δρόμων. Επιστρέφοντας στο Μισισίπη, οι Επίτροποι ενέκριναν την κατασκευή 49 μιλίων αγροτικών δρόμων. Η κυβέρνηση ανταποκρινόταν στις ανάγκες των πολιτών και ενός εξελισσόμενου έθνους. Μέχρι το 1914, το τσιμέντο Πόρτλαντ χρησιμοποιήθηκε για να επιστρωθούν 2.348 μίλια οδοστρώματος. Η Αμερική έβγαине από τη λάσπη!

Η εισαγωγή των μηχανοποιημένων οχημάτων στις αρχές του 20ου αιώνα άλλαξε επίσης τον τρόπο με τον οποίο κατασκευάζονταν οι δρόμοι από σκυρόδεμα. Τα βαγόνια με τα άλογα αντικαταστάθηκαν από μηχανοκινούμενα οχήματα. Το 1905, κατασκευάστηκε το πρώτο "φορτηγό απορρίψεων". Το τσιμέντο και τα αδρανή αναμιγνύονταν στεγνά και κατόπιν μεταφέρονταν στην περιοχή επίστρωσης. Ένας αναμοχλευτής επεξεργαζόταν το σκυρόδεμα και στη συνέχεια αυτό απλωνόταν σταδιακά ενώ, τέλος, συμπυκνωνόταν.



Εικόνα 14.

1.4 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΣΦΑΛΤΟΥ

Η Λώρα Ίνγκαλς Γουίλντερ, συγγραφέας, θυμάται την πρώτη φορά που είδε ασφαλτοστρωμένο δρόμο. Ήταν σε ένα ταξίδι που έκανε με τους γονείς της το 1894 στην πόλη Τοπήκα των Η.Π.Α. Γράφει: «Στο κέντρο της πόλης, το έδαφος καλύφθηκε από κάποια σκοτεινή ουσία που έπνιγε τον ήχο που έκανα οι ρόδες αλλά και τα τακούνια των παπουτσιών. Ήταν όπως η πίσσα, αλλά ο μπαμπάς ήταν βέβαιος ότι δεν ήταν, και ήταν κάτι σαν το λάστιχο, αλλά δεν μπόρεσε να είναι λαστιχένιο επειδή το λάστιχο κοστίζει πάρα πολύ. Βλέπαμε τις κυρίες όλες στα μετάξια, με ομπρέλες ηλίου στο χέρι, περπατώντας με τις συνοδείες τους κατά μήκος της οδού. Τα τακούνια τους βαθούλωσαν τον δρόμο αλλά αυτά τα κενά γέμισαν ξανά αργά και επανήλθαν στην αρχική τους κατάσταση. Λες και εκείνη η ουσία ήταν ζωντανή. Ήταν κάτι μαγικό.»

Σήμερα, αυτό το σκοτεινό, ελαστικό υλικό καλύπτει περισσότερα από το 94 % των δρόμων στις Ηνωμένες Πολιτείες. Είναι η πιο δημοφιλής επιλογή για αυτοκινητοδρόμους, χώρους στάθμευσης, διαδρόμους αερολιμένων, πίστες αγώνων ταχύτητας και άλλες εφαρμογές όπου μια ομαλή, και ανθεκτική επιφάνεια απαιτείται. Αποκαλούμενη, κατά το πέρασμα των χρόνων, ως καυτή ασφαλτικό μίγμα, *tarmac*, σκυρόστρωμα, ασφαλτικό ή ασφαλτούχο σκυρόδεμα, έχει διαδραματίσει έναν σημαντικό ρόλο στην αλλαγή του τοπίου και της ιστορίας των Η.Π.Α. από τα τέλη του 19ου αιώνα.

Αλλά η ιστορία της ασφάλτου αρχίζει χιλιάδες έτη πριν, νωρίτερα ακόμα κι από την ίδρυση των Ηνωμένων Πολιτειών. Η άσφαλτος υπήρχε ως φυσικό προϊόν στις λίμνες ασφάλτου και στην άσφαλτο βράχου (ένα μίγμα άμμου, ασβεστόλιθου, και ασφάλτου).

Η πρώτη καταγεγραμμένη χρήση της ασφάλτου ως υλικό κατασκευής ήταν στην Βαβυλώνα το 625 π.Χ κατά τη βασιλεία του Ναβοπολάσσαρ. Στο «Ο αιώνας της προόδου: Η ιστορία των ασφαλτικών μιγμάτων», που δημοσιεύτηκε από την εθνική ένωση ασφάλτου το 1992, ο συντάκτης Hugh Gillespie σημειώνει ότι: «μια επιγραφή σε ένα τοίχο αναφέρει την επίστρωση της οδού πομπής στη Βαβυλώνα, η οποία οδηγούσε από το παλάτι του βασιλιά στο βόρειο τμήμα της πόλης.»

Γνωρίζουμε ότι οι αρχαίοι Έλληνες ήταν εξοικειωμένοι με την άσφαλτο και τις ιδιότητές της. Η λέξη άσφαλτος είναι ελληνική και προέρχεται από την λέξη «ασφαλής». Οι Ρωμαίοι τη χρησιμοποιούσαν για να σφραγίζουν τα λουτρά, τις δεξαμενές, και τα υδραγωγεία τους. Πολλούς αιώνες αργότερα, οι Ευρωπαίοι που εξερευνούσαν το νέο κόσμο ανακάλυψαν αποθέματα ασφάλτου. Γράφοντας το 1595, ο Sir Walter Raleigh περιέγραψε μία πεδιάδα (λίμνη) από άσφαλτο στο νησί

Τρινιδάδ, στις ακτές της Βενεζουέλας. Χρησιμοποίησαν την άσφαλτο για τη συντήρηση των σκαφών τους.



Εικόνα 15.

Θέτοντας τα θεμέλια για τους δρόμους ασφάλτου παρά τις πρόωρες χρήσεις της ασφάλτου, αρκετά χρόνια πέρασαν προτού να την δοκιμάσουν οι ευρωπαίοι ή αμερικανοί μηχανικοί ως υλικό επίστρωσης.

Αυτό που χρειάζονταν πρώτα ήταν μία καλή μέθοδο κατασκευής. Ο Βρετανός John Metcalf, γεννημένος το 1717, κατασκεύασε συνολικά 180 μίλια δρόμου στο Γιορκσάιρ. Επέμενε στην καλή αποστράγγιση, που απαιτούσε μία θεμελίωση από μεγάλες πέτρες, η οποία καλυπτόταν, στη συνέχεια, με το υλικό των εκχωμάτων για να αυξηθεί το επίπεδο του δρόμου, και ακολουθούσε από ένα στρώμα αμμοχάλικου. Ο Thomas Telford κατασκεύασε περισσότερα από 900 μίλια των δρόμων στη Σκωτία κατά τη διάρκεια της περιόδου 1803-1821. «Τελειοποίησε τη μέθοδο κατασκευής με σπασμένες πέτρες, που τοποθετήθηκαν σε ένα συγκεκριμένο βάθος ανάλογα με το βάρος και τον όγκο της κυκλοφορίας που θα έπρεπε να φέρει," γράφει ο Gillespie.

Ένας άλλος μηχανικός, ο Τζων Λάουντον Μακάνταμ, παρατήρησε, μερικά χρόνια αργότερα, ότι ήταν το φυσικό έδαφος που υποστήριζε το βάρος της κυκλοφορίας, και που «ενώ συντηρείται σε ξηρή κατάσταση, θα φέρει οποιοδήποτε βάρος χωρίς να βυθιστεί» Για να κατασκευάσει τους δρόμους του, ο Μακάνταμ, χρησιμοποίησε σπασμένες πέτρες «που

χάρη στις γωνίες τους , σχηματίζουν μια σκληρή επιφάνεια.» Αργότερα, για να μειώσουν τη σκόνη και την ανάγκη της συντήρησης, οι κατασκευαστές χρησιμοποίησαν (καυτή) πίσσα για να συνδέσουν τις σπασμένες πέτρες μαζί. Έτσι, προέκυψε ο δρόμος τύπου «ταρμακάνταμ».

Οι δρόμοι ασφάλτου «έρχονται» στην Αμερική

Η ανθρακόπισσα, που δεν χρησιμοποιείται πλέον στην κατασκευή των δρόμων από ασφαλτο, ήταν η συνδετική ουσία στα πρώτα ασφαλτούχα μίγματα που παράγονταν στις Ηνωμένες Πολιτείες. Αυτά τα μίγματα χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή δρόμων, διαβάσεις πεζών, μέχρι και το 1860. Το 1870, ένας βέλγος χημικός, ο Έντμουντ Τζ. Ντέσμεντ, κατασκεύασε το πρώτο δρόμο στην Αμερική , φτιαγμένο από καθαρή ασφαλτο και μίγμα άμμου, μπροστά από το δημαρχείο της πόλης Νιούαρκ, στο Νιου Τζέρσεϋ. Το σχέδιο του Ντέσμεντ ήταν μια παραλλαγή από το σχέδιο μιας γαλλικής εθνικής οδού που κατασκευάστηκε από φυσική ασφαλτο το 1852.



Εικόνα 16.

Ο Ντέσμεντ ανέλαβε την κατασκευή της λεωφόρου της Πενσυλβανίας στην Ουάσιγκτον. Τα ασφαλτικά φύλλα που χρησιμοποιήθηκαν προήλθαν από την περιοχή του Τρινιτάντ. Η αντοχή αυτού του δρόμου απέδειξε ότι η ποιότητα της ασφάλτου που υπήρχε στην Αμερική, ήταν τόσο υψηλή όσο και αυτή που εισαγόταν από την Ευρώπη.

Πατέντες

Οι κατασκευαστές που διαπίστωσαν τα πλεονεκτήματα της ασφάλτου προσπάθησαν να προωθήσουν την πώληση της προς τους μηχανικούς, με έναν, μάλλον, ασυνήθιστο τρόπο. «Μου είναι πολύ δύσκολο να φανταστώ ότι, αντίθετα με τη σημερινή αγορά, όπου το ασφαλτικό μίγμα ταξινομείται με βάση τις τεχνικές του προδιαγραφές και έπειτα από συγκρίσεις, πριν από 70 χρόνια το προϊόν αυτό διαφημιζόταν από μικροπωλητές και υπαίθριους μικροπωλητές με τον ίδιο τρόπο και ενθουσιασμό που σήμερα διαφημίζονται τα αναψυκτικά» γράφει ο Gillespie.

Η πρώτη πατέντα ευρεσιτεχνίας καταχωρήθηκε το 1871 από τον Nathan B. Abbott στο Μπρούκλιν της Νέας Υόρκης. Το 1900, ο Frederick Warren πήρε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για το δρόμο "Bitulithic", ένα μίγμα πίσσας και αδρανών και παρά τις έντονες προσπάθειες από την επιχείρηση των αδελφών Γουόρεν να υπερασπιστούν την δική τους πατέντα (και το όνομα του υλικού), ο όρος "bitulithic" χρησιμοποιήθηκε συχνά για να περιγράψει οποιοδήποτε δρόμο ασφάλτου. Άλλες ονομασίες για τα ασφαλτικά μίγματα ήταν τα εξής: Wilite, Romanite, Imperial, Indurite, και Macasphalt. Πολλά από αυτά τα κατοχυρωμένα με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας μίγματα, ήταν επιτυχή και τεχνικά καινοτόμα.



Εικόνα 17.

Ο μεγάλος ανταγωνισμός μεταξύ των παραγωγών ασφάλτου, εντούτοις, εννόησε τις μεγάλες πόλεις ώστε να απαιτήσουν πιο αυστηρά κριτήρια κατασκευής οδοστρωμάτων. Το 1896, για παράδειγμα, η πόλη της Νέας Υόρκης υιοθέτησε την επίστρωση ασφάλτου αντί του τούβλου, του γρανίτη, και του ξύλου. Αλλά απαίτησε, επίσης, εγγυήσεις για 15 χρόνια σχετικά με εργασία και τα υλικά.

Ωστόσο, οι μακροπρόθεσμες εγγυήσεις που δόθηκαν, δεν αναγνώριζαν τις βλάβες που ενδεχομένως να προκαλούσαν εξωγενείς παράγοντες . Έτσι, οδήγησαν πολλούς εργολάβους σε πτώχευση. Το αποτέλεσμα ήταν λιγότερες και υψηλότερες προσφορές για τα ασφατικά οδοστρώματα.

Τα δικαιώματα ευρεσιτεχνίας για το "Bitulithic" έληξαν το 1920, και οι επόμενες βελτιώσεις στους τρόπους κατασκευής από τους ομοσπονδιακούς και κρατικούς μηχανικούς ,αναγκάστηκαν τις υπόλοιπες «πατέντες» να αποσυρθούν από την αγορά.

Αλλαγές στην τεχνική παραγωγής και κατασκευής

Μέχρι και τις τέλη του 19ου αιώνα, τα περισσότερα είδη ασφάλτου που χρησιμοποιούνταν στις Ηνωμένες Πολιτείες, προέρχονταν από την περιοχή Τρινιταντ και Βερμούδες της Βενεζουέλας. Η άσφαλτος, η προερχόμενη από την διύλιση πετρελαίου, η οποία χρησιμοποιούνταν, αρχικά, ως προσθετικό στην φυσική άσφαλτο για βελτίωση του χειρισμού της, πρωτοεμφανίστηκε στα μέσα του 1870 και σταδιακά

ανέβαινε σε προτίμηση και χρήση. Από το 1907 το νέο αυτό είδος ασφάλτου είχε ξεπεράσει τη χρήση της φυσικής.

Εν τω μεταξύ, καθώς ανέβαινε η δημοτικότητα του αυτοκινήτου, οι τοπικές και κρατικές κυβερνήσεις δέχονταν όλο και περισσότερες πιέσεις για κατασκευή περισσότερων και καλύτερων δρόμων. Αυτή η απαίτηση οδήγησε σε καινοτομίες στην παραγωγή και στην τοποθέτηση της ασφάλτου.

Οι πρώτες μονάδες παραγωγής ασφάλτου αποτελούνταν από ρηχούς δίσκους σιδήρου που θερμαίνονταν καθώς από κάτω καιγόταν άνθρακας. Ο χειριστής ξήραινε τα αδρανή στο δίσκο, έχυνε την καυτή ασφαλτο από πάνω, και ανακάτευε το μίγμα με το χέρι. Η ποιότητα του μίγματος εξαρτιόταν, τις περισσότερες φορές, από την ικανότητα και την εμπειρία του χειριστή. Οι πρώτοι μηχανικοί αναμοχλευτές, χρησιμοποιήθηκαν στο Παρίσι το 1854, αλλά έπρεπε να περάσουν μέχρι και τέσσερις ώρες για να παραχθεί μόνο μια μικρή ποσότητα ασφάλτου.



Εικόνα 18.

Η επιχείρηση Cummer ήταν η πρώτη που άνοιξε εγκαταστάσεις παραγωγής ασφαλικών μιγμάτων στις ΗΠΑ το 1870. Μέχρι το τέλος του αιώνα, οι κατασκευαστές και στις δύο πλευρές του Ατλαντικού παρήγαν τους αναμοχλευτές και στεγνωτήρες με ποικίλες μορφές. Καθώς μερικοί παραγωγοί ασφάλτου προσπάθησαν να φτιάξουν φορητές μηχανές, και άλλοι προτίμησαν τις μονάδες που μπορούσαν να μεταφέρονται με βαγόνια σιδηροδρόμου, οι περισσότερες εγκαταστάσεις

παραγωγής ήταν δαπανηρές και δυσκίνητες. Έτσι οι περιοχές στις οποίες το μίγμα ήταν εύκολα διαθέσιμο, παρέμεναν λίγες.

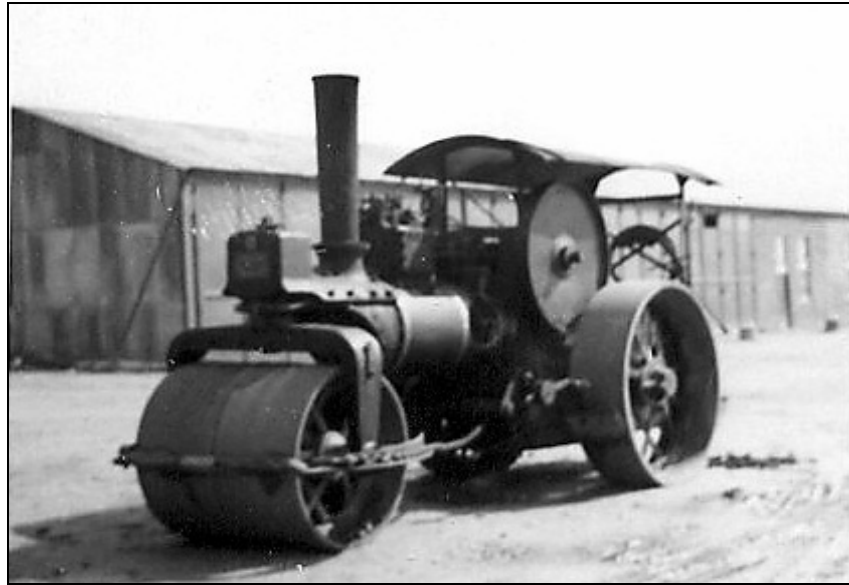
Η πρώτη μονάδα παραγωγής ασφάλτου που ήταν πλήρης και έμοιαζε με τις σημερινές, χτίστηκε το 1901 από την εταιρεία των αδελφών Warren στο ανατολικό Καίμπριτζ (χωρίς να περιλαμβάνει, ωστόσο, μονάδα ψύξης και ελέγχου και μείωσης της ρύπανσης).

Οι πρώτοι αναμικτήρες με κάδο ήταν αυτοί του τσιμέντου Πόρτλαντ και εμφανίστηκαν περίπου το 1910. Αυτοί προσαρμόστηκαν για τη χρήση με ασφαλτικό μίγμα. Η μηχανοποίηση έκανε ακόμα ένα βήμα προς τα εμπρός τη δεκαετία του '20, με τη βελτίωση των συστημάτων ψύξης για τα φορητά και ημι-φορητά συστήματα. Τα δονούμενα κόσκινα και τα πιεστικά συστήματα εγχύσεως προστέθηκαν στη δεκαετία του '30.



Εικόνα 19.

Οι μέθοδοι κατασκευής βελτιώνονταν με ακόμα γρηγορότερο ρυθμό. «Τα πρώτα εργαλεία μπορούσαν να μεταφερθούν εύκολα με το χέρι,» σημειώνει ο Gillespie. «Μόνο αφού απλωνόταν η ασφαλτος και γινόταν η λείανση με το χέρι, ακολουθούσε ο κύλινδρος (μεταφερόταν με άλογο), ή ο κύλινδρος ατμού, για να ολοκληρωθεί η εργασία.»



Εικόνα 20.



Εικόνα 21.

Οι μηχανικοί στις αρχές της δεκαετίας του '20, χρησιμοποιούσαν τροποποιημένα μηχανικά γκρέηντερ τσιμέντου Πόρτλαντ ως τα πρώτα μηχανήματα τοποθέτησης ασφάλτου. Αργότερα προστέθηκαν τα υπόλοιπα τμήματα και πήραν την σημερινή μορφή.

Αρχικά οι εγκαταστάσεις παραγωγής δεν μπορούσαν να ανταποκριθούν στην όλο και αυξανόμενη ζήτηση ασφάλτου, που οφειλόταν, σε μεγάλο βαθμό, από τη βελτίωση στις μεθόδους επίστρωσης. Μέχρι το 1930, όμως, τα πράγματα βελτιώθηκαν. Ο Τζ.Σ. Χελμς , Πρόεδρος της αμερικανικής ένωσης ασφάλτου, δήλωνε το 1939 ότι «η ασφαλτος είναι ένα αναγκαίο υλικό για, σχεδόν, κάθε εργασία κατασκευής και συντήρησης των εθνικών οδών. Στα τέσσερα χρόνια από το 1934 ως το 1938, η ασφαλτος χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των 4/5, σε απόσταση, των εθνικών οδών."

1.5 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΜΗΧΑΝΩΝ



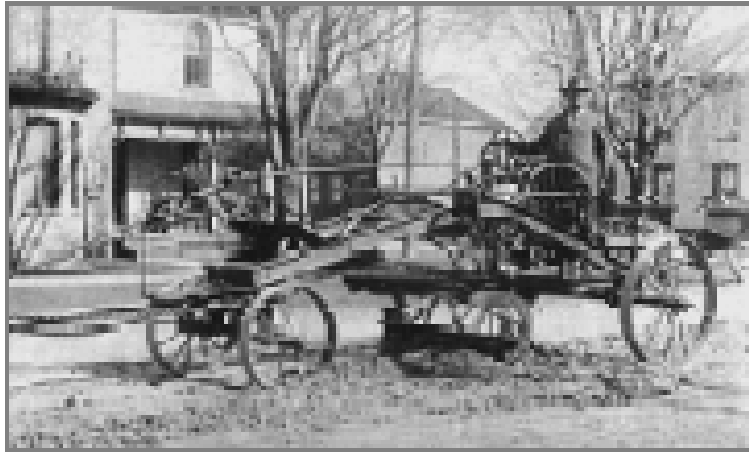
Εικόνα 22.

Η ιστορία της βελτίωσης των μηχανών, που πραγματοποιήθηκε κυρίως στις Ηνωμένες Πολιτείες, παρέχει μια συναρπαστική απεικόνιση των αρχών της μορφής μετά από τη λειτουργία. Η εξειδίκευση του εξοπλισμού, που έκανε ευρεία την χρήση το γκρέιντερ, το αποξεστικό μηχανήμα, τον εκσκαφέα, το συμπιεστή, το φορτωτή αλλά και το αγροτικό τρακτέρ, πραγματοποιήθηκε λίγο πολύ μεταξύ του 1880 και του τέλους του πρώτου παγκόσμιου πολέμου (1918). Στο μεταξύ όλοι είχαν υιοθετήσει λίγο πολύ τις γνωστές περιλήψεις τους. Η κομψή και πρακτική σχεδίαση του αγροτικού τρακτέρ έχει αλλάξει λίγο κατά τα τελευταία ενενήντα χρόνια. Τα πρώτα γκρέιντερ, αποξεστικά και συμπιεστές, σέρνονταν από ζώα, αλλά οι συνθήκες απαιτούσαν ακόμα μεγαλύτερη ελκτική δύναμη. Σύντομα, λοιπόν, έγιναν αυτοκινούμενοι. Η προσθήκη της λεπίδας εκσκαφής στο τρακτέρ, μια βασική καινοτομία για την εκσκαφή, έγινε λίγο αργότερα. Η μηχανή εσωτερικής καύσεως υιοθετήθηκε σχετικά νωρίς στην Αμερική, δεδομένου ότι η χρήση του ατμού (τροφοδοσία με φτηνό άνθρακα) δεν ήταν τόσο έντονη όσο στην Βρετανία. Παρ' όλο που υπήρχε δυσκολία όταν οι θερμοκρασία ήταν αρκετά χαμηλή, υπερετερούσε σε σχέση με τα ατμοκίνητα μηχανήματα τα οποία απαιτούσαν πολλές ώρες καθημερινά μέχρι να λειτουργήσουν.

Η περίοδος των είκοσι χρόνων πριν τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, μπορεί να χαρακτηριστεί ως περίοδος εδραίωσης αφού τότε σημειώθηκε η μεγαλύτερη ανάπτυξη. Το μέγεθος αλλά και η δύναμη των μηχανημάτων αυξήθηκαν, οι πετρελαιομηχανές έγιναν, πλέον, παγκόσμιες, καθώς και τα υδραυλικά συστήματα. Από το 1940 έως και σήμερα, δεν έγιναν δραματικές αλλαγές.

Γκρέντερ

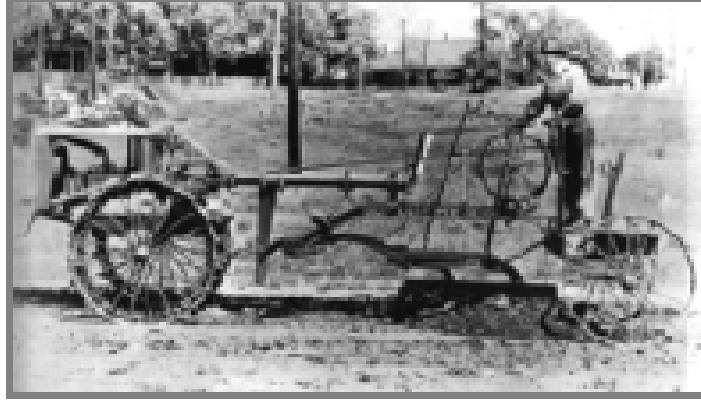
Το πρώτο γκρέντερ κατασκευάστηκε το 1886. Το κινούσαν άλογα, ωστόσο δεν διαφέρει και πολύ από αυτά που χρησιμοποιούνταν 100 χρόνια μετά. Τα αυτοκινούμενα εμφανίστηκαν το 1909.



Εικόνα 23.



Εικόνα 24.



Εικόνα 25.

Αποξεστικό μηχάνημα

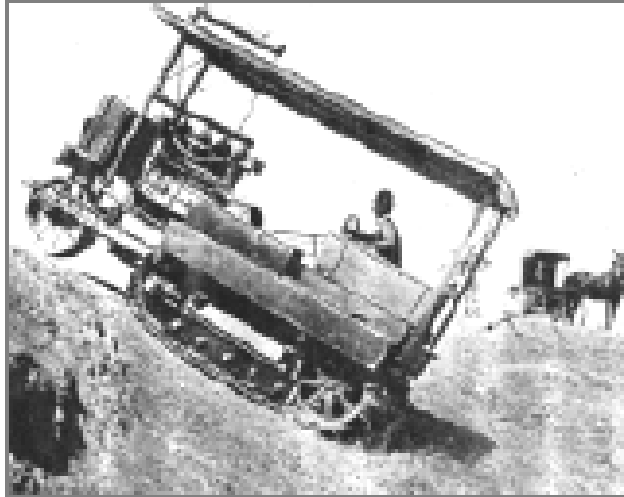
Ο εκσκαφέας Φρέσνο ήταν ο πρόγονος των σημερινών «τεράτων», τα οποία μπορούν να μεταφέρουν μέχρι 240 κυβικά μέτρα ανά ώρα πέρα από μια απόσταση 100 μέτρων.



Εικόνα 26.

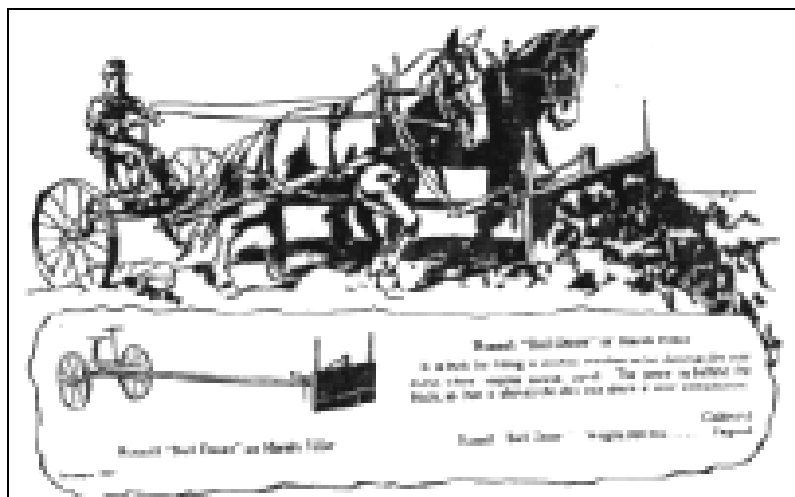
Εκσκαφέας

Η ιστορία του εκσκαφέα ξεκινά από την κατασκευή των οχημάτων με ερπύστριες. Ένα ατμοκίνητο πρωτοχρησιμοποιήθηκε στην Κριμαία το 1854. Τα πρώτα μοντέλα, χρειάστηκαν λίγα χρόνια ώσπου να πάρουν την βασική τους μορφή. Αργότερα αυξήθηκε η ταχύτητά τους καθώς και οδήγησή τους με έναν άξονα.

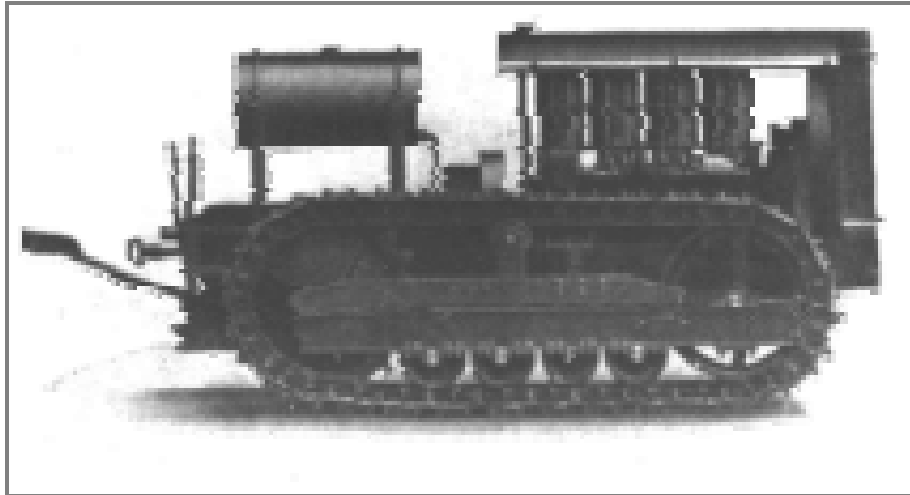


Εικόνα 27.

Ο όρος caterpillar χρησιμοποιήθηκε το 1909. Νωρίτερα ακόμα, η κίνηση γινόταν με άλογα. Οι πρώτοι εκσκαφείς που έμοιαζαν με τους σημερινούς, εμφανίστηκαν το 1922 ενώ τα επόμενα χρόνια η εξέλιξη τους ήταν ραγδαία σχετικά με τον χειρισμό αλλά και την απόδοση. Μέχρι το 1930 είχαν, σχεδόν, την σημερινή μορφή.



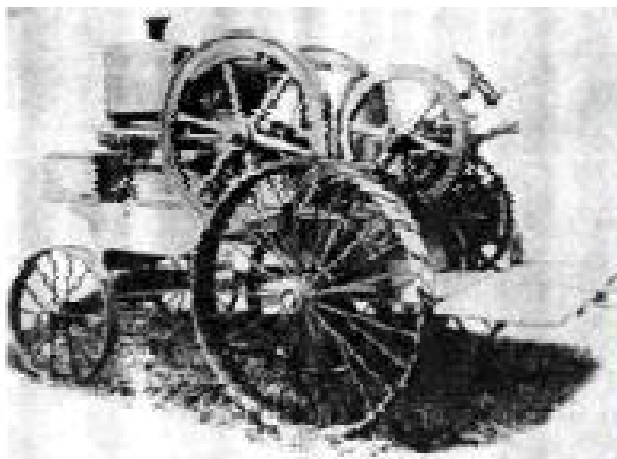
Εικόνα 28.



Εικόνα 29.

Τρακτέρ

Το μεγάλο κόστος συντήρησης των ζώων οδήγησε στην όλο και αυξανόμενη χρήση των τρακτέρ. Πρωτοεμφανίστηκαν το 1890. Μετά τον 'Α παγκόσμιο πόλεμο η εμφάνισή και λειτουργικότητα του βελτιώθηκε. Με τα χρόνια, φυσικά, τόσο το μέγεθος όσο και η δύναμή του αυξήθηκαν εντυπωσιακά.

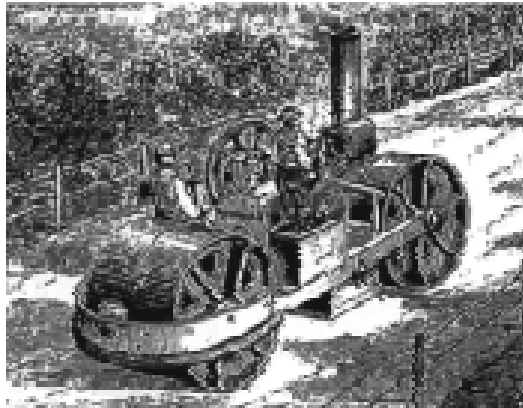


Εικόνα 30.

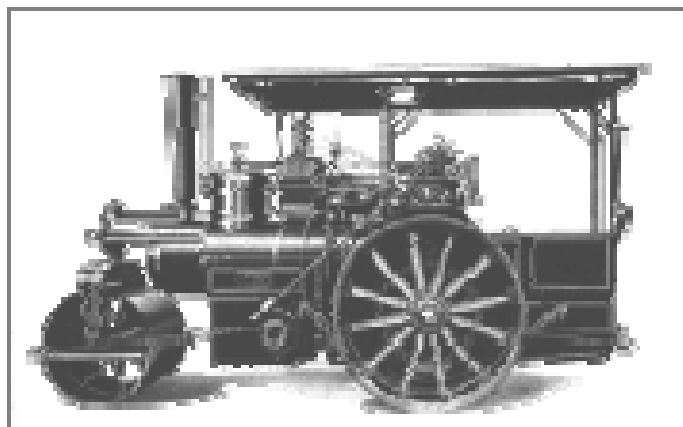
Συμπιεστής

Η Βρετανία κρατούσε τα ηνία όσον αφορά την ανάπτυξη και χρήση των συμπιεστών, πιθανώς, χάρη στην γρήγορη διάδοση της μεθόδου μακαντάμ. Οι πρώτοι συμπιεστές ήταν ατμοκινούμενοι. Κατασκευασμένοι από την εταιρεία “Aveling and Porter”, πρωτοχρησιμοποιήθηκαν το 1867. Χαρακτηριστικό τους ήταν ο τεράστιος κύλινδρος (σφόνδυλος) καθώς και η βαριά κίνησή τους.

Οι μηχανές αυτές, εξάγονταν και στις Η.Π.Α. Ωστόσο, οι ποσότητες νερού και άνθρακα που χρειάζονταν για την λειτουργία τους, ήταν τεράστια. Έτσι, έπρεπε να βρίσκουν νερό κάθε λίγες ώρες εργασίας. Για τον λόγο αυτό, έπαψαν να χρησιμοποιούνται, την δεκαετία του '50.



Εικόνα 31.



Εικόνα 32.

1.6 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

Το πρώτο γνωστό αυτοκινούμενο όχημα είναι η τρίτροχη ατμομηχανή που κατασκευάστηκε σε δύο πρωτότυπα από τον Nicolas-Joseph Cugnot για τον γαλλικό στρατό το 1769, με διεθυντήριο εμπρόσθιο τροχό, ταχύτητα 4 km/h και δυνατότητα μεταφοράς περίπου 4 τόνων (εικόνα 33). Εγκαταλείφθηκε σύντομα λόγω μη επαρκούς ευστάθειας και άλλων τεχνικών προβλημάτων.



Εικόνα 33. Αναπαράσταση της τρίτροχης ατμομηχανής του Nicolas-Joseph Cugnot, 1769.

Πιο εξελιγμένες ατμομηχανές κατασκευάστηκαν το 1784 στη Βρετανία από τον William Murdoch, εργαζόμενο στην επιχείρηση του James Watt, και το 1794 στις Ηνωμένες Πολιτείες από τον John Fitch, ενώ το 1804 πραγματοποιήθηκε στη Βρετανία το πρώτο σιδηροδρομικό ταξίδι με ατμομηχανή του Richard Trevithick (εικόνα 34).



Εικόνα 34. Αναπαράσταση της ατμομηχανής του Richard Trevithick, 1804.

Το 1863 ο Jean Etienne Lenoir κατασκεύασε στη Γαλλία ένα όχημα με κινητήρα αερίου χωρίς συμπίεση, το οποίου όμως η εμπορική εκμετάλλευση δεν κατέστη δυνατή λόγω της πολύ υψηλής κατανάλωσης αερίου και λιπαντικού.

Το 1881 παρουσιάστηκε στο Παρίσι το πρώτο ηλεκτρικό όχημα από τον Gustave Tuvné, τρίκυκλο, με μπαταρία μολύβδου, όπως των σύγχρονων αυτοκινήτων.



Εικόνα 35. Δίτροχο (1885)

Το 1885 ο Gottlieb Daimler και ο συνεργάτης του Wilhelm Maybach κατασκεύασαν στη Γερμανία ένα δίτροχο όχημα με ξύλινο σκελετό, με έναν τετράχρονο μονοκύλινδρο αερόψυκτο κινητήρα εσωτερικής καύσης αερίου ή βενζίνης, κυβισμού 0,264 l, ισχύος 0,5 PS στις 600 rpm, που αποτελούσε εξέλιξη προηγούμενου κινητήρα του Nikolaus Otto. Η εναλλαγή μεταξύ των δύο ταχυτήτων, με αντίστοιχες ταχύτητες οχήματος 6 km/h και 12 km/h, πραγματοποιείτο μέσω της αλλαγής μιάνα, με το όχημα σε στάση.



Εικόνα 36. Τετράτροχο (1886) όχημα του Daimler.

Την ίδια χρονιά ο Karl Benz, εργαζόμενος ανεξάρτητα, κατασκεύασε ένα τρίτροχο όχημα με παρόμοιο κινητήρα και μέγιστη ταχύτητα 15 km/h. Το τετράτροχο όχημα που ακολούθησε από τους Daimler και Maybach το 1886, με παρόμοιο κινητήρα, κυβισμού 0,462 l, ισχύος 1,5 PS στις 700 rpm και μέγιστη ταχύτητα 16 km/h, όπου όμως η εναλλαγή μεταξύ των δύο ταχυτήτων μπορούσε να γίνεται εν κινήσει, θεωρείται ως το πρώτο αυτοκίνητο στον κόσμο (Σχ.1.3).

Το 1888 ο John Boyd Dunlop, Σκώτος κτηνίατρος που ζούσε στο Belfast, εφηύρε τα πνευματικά ελαστικά και κατοχύρωσε σχετικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Ωστόσο είχε προηγηθεί παρόμοια εργασία και δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον Σκώτο Robert William Thomson.

Στη Γαλλία, η εταιρία Panhard & Levassor άρχισε την παραγωγή αυτοκινήτων με κινητήρες κατασκευασμένους με εξουσιοδότηση της εταιρίας Daimler το 1890, μάλιστα το 1898 προχώρησε και στην παραγωγή φορτηγού αυτοκινήτου, ισχύος 6 kW, χωρίς όμως εμπορική

επιτυχία. Το τετράτροχο όχημα του 1892 της Panhard & Levassor, με κινητήρα μπροστά, κίνηση στους πίσω τροχούς και κιβώτιο ταχυτήτων με ολισθαίνοντες οδοντωτούς τροχούς καθιερώθηκε ως πρότυπο που ακολουθήθηκε από τους περισσότερους κατασκευαστές για πολλά χρόνια.

Το 1890, εγκαταλείποντας την ανάπτυξη ατμοκίνητων αυτοκινήτων, άρχισε επίσης και η εταιρία Peugeot την παραγωγή ιδιαίτερα εξελιγμένων αυτοκινήτων, με κινητήρες Panhard & Levassor, με ανάρτηση τριών σημείων και κιβώτιο ταχυτήτων με ολισθαίνοντες οδοντωτούς τροχούς. Η Peugeot χρησιμοποίησε πρώτη ελαστικά οχημάτων από συμπαγές ελαστικό το 1895, ενώ την ίδια χρονιά άρχισε και τη δοκιμαστική χρήση πνευματικών ελαστικών Michelin σε αγώνες ταχύτητας.

Το 1893 οι αδελφοί Charles Edgar Duryea και James Frank Duryea στο Springfield της Μασσαχουσέτης κατασκευάζουν το πρώτο αμερικανικό αυτοκίνητο.

Την ίδια χρονιά ο Karl Benz αρχίζει «μαζική» παραγωγή αυτοκινήτων, παράγοντας 44 βενζινοκίνητα αυτοκίνητα ισχύος 3 PS και μέγιστης ταχύτητας 11 km/h, και 135 αντίτυπα δυο πιο εξελιγμένων μοντέλων το 1896.

Το 1895 κατασκευάζεται το πρώτο εξ ολοκλήρου βρετανικό αυτοκίνητο από τους Frederick, Frank και George Lanchester, ενώ το 1896 ιδρύεται η πρώτη βρετανική βιομηχανία οχημάτων, η Daimler Motor Company στο Coventry.

Το 1898 ο Rudolf Diesel εφευρίσκει τον πετρελαιοκινητήρα εσωτερικής καύσης και κατοχυρώνει δίπλωμα ευρεσιτεχνίας.

Το ίδιο έτος ο Louis Renault κατασκευάζει το πρώτο του όχημα με κινητήρα και άξονα De Dion, ενώ οι Panhard & Levassor υιοθετούν το τιμόνι (αντί της ράβδου διεύθυνσης) στα οχήματά τους.

Το 1899 ιδρύονται οι FIAT και Isotta Fraschini στην Ιταλία, και οι Sunbeam, Wolseley και Albion στη Βρετανία, ενώ αρχίζει την παραγωγή η Olds Motor Vehicle Company στις ΗΠΑ.

Το 1900 παράγονται στις ΗΠΑ 4.192 αυτοκίνητα, με μέση τιμή πώλησης περίπου 10.000 \$.

Το 1903 ιδρύεται από τον Henry Ford η Ford Motor Company αρχίζει την παραγωγή του Model A. Επίσης ιδρύονται η Cadillac Motor Car Company στο Detroit και η Vauxhall Iron Works στο Λονδίνο.

Το 1904 ιδρύεται η Rolls-Royce από τους Henry Royce και Charles Stewart Rolls. Οι αδελφοί Sturtevant στη Βοστώνη εφευρίσκουν το πρώτο αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων, με δύο ταχύτητες, του οποίου η λειτουργία βασίζεται στη φυγόκεντρη δύναμη βαρών που περιστρέφονται από τον κινητήρα. Λόγω πολύ συχνών βλαβών, δεν έχει εμπορική επιτυχία.

Το 1905 ιδρύεται η Austin από τον Herbert Austin, στο Birmingham. Το 1906 παράγεται το δκύλινδρο «Silver Ghost» της Rolls-Royce με ισχύ 50 PS, ενώ κατασκευάζεται και το πρώτο επιτυχημένο αυτοκίνητο με κίνηση στους 4 τροχούς από τους Otto Zachow and William Besserdich στο Wisconsin.

Το 1908 η Ford αρχίζει την παραγωγή του Model T με 8.000 αυτοκίνητα, ενώ ιδρύεται από τον William Crapo Durant η General Motors στο New Jersey, η οποία εξαγοράζει αμέσως τις Buick and Oldsmobile, και τις Cadillac και Oakland την επόμενη χρονιά.

Το 1909 η Joseph Sankey & Sons στη Βρετανία αρχίζει τη παραγωγή λαμαρινοτεμαχίων σε πρέσες, καθώς και μεταλλικών σώτρων (ζάντες).

Το 1911 ιδρύεται η Chevrolet Motor Company με τεχνικό σύμβουλο τον Ελβετό Louis Chevrolet, που παράγει τα πρώτα οχήματα με ηλεκτρικό φωτισμό και ηλεκτροκινητήρα εκκίνησης (μίζα) ενώ η Ford ιδρύει εργοστάσιο στο Manchester της Βρετανίας με παραγωγή 3000 αυτοκινήτων τύπου Model T ετησίως.

Το 1913 η αμερικανική εταιρία Packard εφαρμόζει διαφορικά με πινιόν – κορώνα, επιτυγχάνοντας σημαντική μείωση του θορύβου, ενώ η Ford, με πωλήσεις 189.809 οχημάτων, εφαρμόζει την κινητή ταινία παραγωγής στη συναρμολόγηση γεννητριών. Η Fiat παράγει 3251 αυτοκίνητα και η Renault 9338.

Το 1914 η Ford εφαρμόζει την κινητή ταινία παραγωγής στη συναρμολόγηση αμαξωμάτων, μειώνοντας το χρόνο παραγωγής από 12,5 σε 1,5 ώρες ανά όχημα. Ο Ettore Bugatti ξεκινά πρώτος την παραγωγή 16βάλβιδων τετρακύλινδρων βενζινοκινητήρων στο εργοστάσιό του στο Molsheim της Αλσατίας. Ιδρύεται η Aston-Martin στο Λονδίνο.

Το 1915 ιδρύεται η Alfa Romeo στο Μιλάνο. Κατασκευάζεται το πρώτο ερπυστριοφόρο θωρακισμένο όχημα μάχης (tank) από τη Βρετανία.

Το 1918 τα αυτοκίνητα στις ΗΠΑ ξεπερνούν τα 5 εκατομμύρια.

Το 1919 ο Andre Citroen ξεκινά την παραγωγή του Model A.

Το 1921 η αμερικανική εταιρία Ferodo αναπτύσσει δισκόφρενα με τακάκια από άσβεστο, με πολύ μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Το 1922 η Ford παράγει 1 εκατομμύριο και το 1923 περισσότερα από 2 εκατομμύρια οχήματα Model T. Ο Vincenzo Lancia σχεδιάζει και παράγει το Lancia Lambda, το πρώτο αυτοκίνητο με ενιαίο αμάξωμα, με δύο επικεφαλής εκκεντροφόρους άξονες, ανεξάρτητη εμπρόσθια ανάρτηση και πέδηση στους τέσσερις τροχούς. Η αμερικανική Trico εισάγει τους ηλεκτροκίνητους υαλοκαθαριστήρες.

Το 1924 ιδρύεται η Chrysler, από τον Walter P Chrysler.

Το 1926 ιδρύεται η Daimler Benz AG από την συγχώνευση των εταιριών Benz and Daimler. Η Packard τελειοποιεί το διαφορικό με την

κατασκευή πινιόν – κορώνας με υποειδή οδόντωση. Εμφανίζονται οι πρώτοι ηλεκτρικοί σηματοδότες στο Λονδίνο.

Το 1927 σταματά η παραγωγή του Model T.

Το 1928 η Chrysler κατασκευάζει το πρώτο κιβώτιο ταχυτήτων με δακτύλιους συγχρονισμού.

Το 1930 η Daimler Benz υδραυλικό συμπλέκτη σε ημιαυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων.

Το 1934 εισάγονται στη Βρετανία οι διαγραμμισμένες διαβάσεις πεζών και οι εξετάσεις άδειας οδήγησης. Ο Ferdinand Porsche αρχίζει να σχεδιάζει το Volkswagen ως αυτοκίνητο χαμηλού κόστους. Η μαζική παραγωγή του ξεκινά το 1938. Κατασκευάζονται οι πρώτοι αυτοκινητόδρομοι (Autobahn) στη Γερμανία. Η Citroen αναπτύσσει το πρώτο όχημα με εμπρόσθια κίνηση, αλλά λόγω του κόστους κινδυνεύει να χρεοκοπήσει, με αποτέλεσμα να εξαγορασθεί από την Michelin.

Το 1935 κυκλοφορούν περίπου 35 εκατομμύρια οχήματα σε όλο τον κόσμο.

Το 1936 η FIAT αρχίζει την παραγωγή του οικονομικού μοντέλου 500A, με κινητήρα 570 cc, μέγιστη ταχύτητα 90 km/h και ανοιγόμενη οροφή, που γίνεται πολύ δημοφιλές στην Ιταλία.

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Σύμφωνα με τον κανονισμό 2007/46/EG της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σε ισχύ από το 2009, τα αυτοκινούμενα και ρυμουλκούμενα χερσαία οχήματα κατατάσσονται στις ακόλουθες κλάσεις:

- Κλάση L: Δίτροχα ή τρίτροχα, καθώς και ελαφρά τετράτροχα (μάζας κενού οχήματος μέχρι 400 kg, ή για μεταφορά φορτίων 550 kg, και ισχύος μέχρι 15 kW) αυτοκινούμενα οχήματα.

- Κλάση M: Αυτοκινούμενα οχήματα για τη μεταφορά προσώπων με τουλάχιστον τέσσερις τροχούς, καθώς και με τρεις τροχούς και επιτρεπόμενο συνολικό βάρος μεγαλύτερο του 1 t.

M1: Οχήματα με το πολύ 8 θέσεις, εκτός της θέσης του οδηγού (κοινά ιδιωτικά επιβατικά αυτοκίνητα και τροχόσπιτα).

M1G: Οχήματα ανωμάλου εδάφους με το πολύ 8 θέσεις, εκτός της θέσης του οδηγού (τζιπ). Επιτρέπεται να ρυμουλκούν οχήματα βάρους μέχρι 1,5 το επιτρεπόμενο συνολικό βάρος τους, όχι όμως μεγαλύτερου των 3,5 t.

M2: Οχήματα με περισσότερες από 8 θέσεις, εκτός της θέσης του οδηγού, και επιτρεπόμενο συνολικό βάρος μέχρι 5 t.

M3: Οχήματα με περισσότερες από 8 θέσεις, εκτός της θέσης του οδηγού, και επιτρεπόμενο συνολικό βάρος μεγαλύτερο των 5 t.

- Κλάση N: Αυτοκινούμενα οχήματα για τη μεταφορά αγαθών με τουλάχιστον τέσσερις τροχούς, καθώς και με τρεις τροχούς και επιτρεπόμενο συνολικό βάρος μεγαλύτερο του 1 t.

N1: Οχήματα με επιτρεπόμενο συνολικό βάρος μικρότερο των 3,5 t.

N2: Οχήματα με επιτρεπόμενο συνολικό βάρος μεγαλύτερο των 3,5 t και μικρότερο των 12 t.

N3: Οχήματα με επιτρεπόμενο συνολικό βάρος μεγαλύτερο των 12 t.

- Κλάση R: Ρυμουλκούμενα, συμπεριλαμβανομένων και των επικαθημένων.

- Κλάση O: Αγροτικά και δασικά ρυμουλκούμενα οχήματα.

- Κλάση S: Συρόμενα εναλλάξιμα αγροτικά και δασικά μηχανήματα.

- Κλάση T: Ελκυστήρες για αγροτική και δασική χρήση.

- Κλάση C: Ερπυστριοφόροι ελκυστήρες για αγροτική και δασική χρήση.

Μία αρκετά διαδεδομένη κατάταξη των ιδιωτικών επιβατικών οχημάτων σύμφωνα με παρεμφερή αμερικανικά, βρετανικά και ευρωπαϊκά πρότυπα, που συνήθως ακολουθείται σε στατιστικές παραγωγής και πωλήσεων, φαίνεται παρακάτω, με παραδείγματα.

| American English | British English | Euro Car Segment | Euro NCAP 1997 - 2009 | Euro NCAP | Examples |
|------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|---------------|--|
| Microcar | Microcar, Bubble car | A-segment mini cars | Quadricycle | — | Bond Bug, Isetta, Mega City, REVAi/G-Wiz |
| Subcompact car | City car | | | | Ford Ka, Mitsubishi i-MiEV, Smart Fortwo, Toyota Aygo, Volkswagen Up |
| | Supermini | B-segment small cars | Supermini | | Fiat 500, Ford Fiesta, Kia Rio, Opel Corsa, Peugeot 207, Volkswagen Polo |
| Compact car | Small family car | C-segment medium cars | Small family car | | AMC Pacer, Chevrolet Citation, Dodge Dart, Ford Focus, Mazda3, Volkswagen Golf |
| Mid-size car | Large family car | D-segment large cars | Large family car | | Chevrolet Malibu, Ford Mondeo, Ford Fusion, Hyundai Sonata, Holden Commodore, IKCO Samand, Opel Insignia |
| Entry-level luxury car | Compact executive car | | | | |
| Full-size car | | | | Passenger car | Chevrolet Impala, Ford Taurus, Toyota Avalon |
| Mid-size luxury car | Executive car | E-segment executive cars | Executive car | | BMW 5 Series, Chrysler 300, Cadillac CTS, Jaguar XF, Lincoln MKZ, Lexus GS, Volvo S80 |
| Full-size luxury car | Luxury car | F-segment luxury cars | — | | Audi A8, BMW 7 Series, Cadillac XTS, Jaguar XJ, Lexus LS, Maserati Quattroporte, Mercedes S-Class |
| Grand tourer | Grand tourer | — | — | | Ferrari FF, Jaguar XK, Maserati GranTurismo |
| Supercar | Supercar | — | — | | Bugatti Veyron, Ferrari LaFerrari, Lamborghini Aventador, Pagani Zonda |
| Convertible | Convertible | — | — | | BMW 6 Series, Chevrolet Camaro, Mercedes CLK, Volvo C70, Volkswagen Eos |
| Roadster | Roadster | Roadster sports | Roadster | | Audi TT, BMW Z4, Lotus Elise, Mazda MX-5, Porsche Boxster |
| | Mini MPV | | | | Citroen C3 Picasso, Ford B-Max, Opel Meriva, Renault Modus, Renault Kangoo |
| MPV | Compact MPV | M-segment multi purpose cars | | Small MPV | Citroën C4 Picasso, Ford C-Max, Renault Scenic, Opel Zafira, Škoda Roomster |
| Minivan | Large MPV | | | Large MPV | Chrysler Town and Country, Ford Galaxy, Peugeot 807, Renault Espace, SEAT Alhambra |

| | | | | | |
|-------------------------|-------------|--|--------------------|------------|--|
| Mini SUV | Mini 4x4 | | | | Daihatsu Terios, Ford Ecosport, Jeep Wrangler, Mitsubishi Pajero, Suzuki Jimny |
| Compact SUV | Compact SUV | J-segment sport utility cars (including off-road vehicles) | Small Off-Road 4x4 | | Chevrolet Equinox, Ford Escape, Ford Kuga, Honda CR-V, Jeep Liberty, Kia Sportage |
| Mid-size SUV | | | | Off-roader | Chevrolet Tahoe, Ford Edge, Jeep Grand Cherokee, Volkswagen Touareg, Volvo XC90 |
| Full-size SUV | Large 4x4 | | Large Off-Road 4x4 | | Cadillac Escalade ESV, Chevrolet Suburban, Ford Explorer, Range Rover, Toyota Land Cruiser |
| Mini pickup truck | | | | | Chevrolet Montana, Fiat Strada, Volkswagen Saveiro |
| Mid-size pickup truck | | | | | Ford Ranger, Chevrolet Colorado, Mitsubishi Triton/L200, Nissan Navara |
| Full-size pickup truck | Pick-up | — | Pick-up | Pickup | Dodge Ram, Ford F-150, GMC Sierra, Nissan Titan, Toyota Tundra |
| Heavy Duty pickup truck | | | | | Chevrolet Silverado, Ram Heavy Duty, Ford Super Duty |

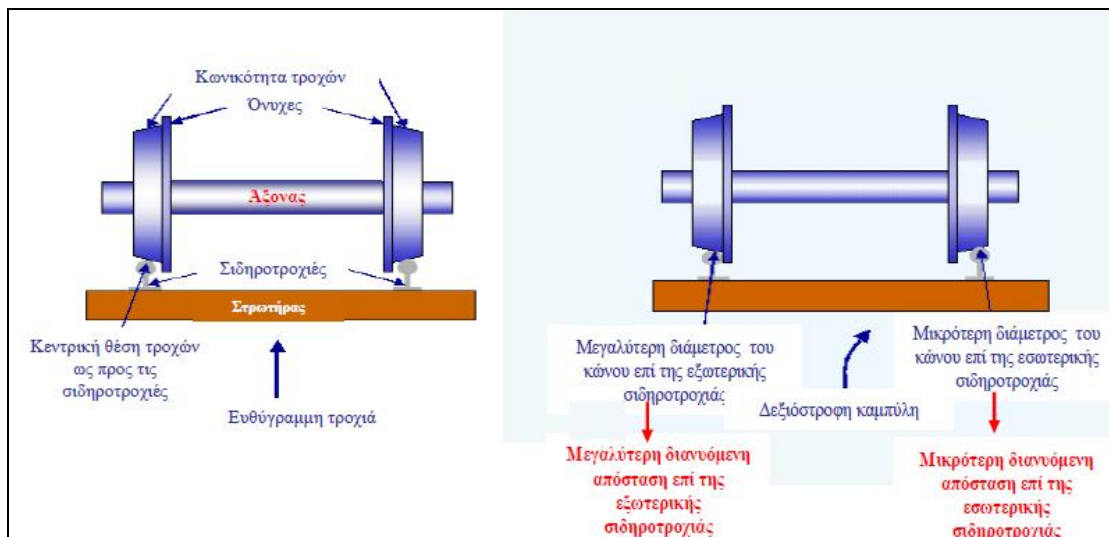
Εικόνα 37. Κατάταξη των ιδιωτικών επιβατικών οχημάτων, με παραδείγματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΙ (ΠΑΡΕΛΘΟΝ – ΠΑΡΟΝ – ΜΕΛΛΟΝ)

2.1 ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΙ – ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ - ΟΡΙΣΜΟΙ

Ο Σιδηρόδρομος αποτελεί μέσο χερσαίων μεταφορών, στο οποίο οχήματα με τροχούς φέροντες όνυχες κινούνται πάνω σε δύο παράλληλες χαλύβδινες σιδηροτροχιές ή γραμμές, είτε αυτοκινούμενα είτε ελκόμενα από κινητήρια μονάδα

Η λειτουργία του σιδηροδρόμου βασίζεται στην αρχή ότι οι χαλύβδινοι τροχοί, κυλιόμενοι επί χαλύβδινων σιδηροτροχιών, έχουν πολύ μικρή τριβή κύλισης και απαιτούν σχετικά μικρή κινητήρια δύναμη για να μετακινήσουν ένα βαρύ φορτίο. Το χαρακτηριστικό αυτό της ελεύθερης κύλισης παρέχει στους σιδηροδρόμους σχέση ισχύος περίπου ενός ίππου ανά μικτό ελκόμενο τόνο. Τα αντίστοιχα οδικά μέσα μεταφοράς φορτίων (φορηγά μετά ρυμουλκούμενου) απαιτούν ισχύ περίπου δέκα ίπων ανά μικτό ελκόμενο τόνο. Οι σιδηρόδρομοι παρέχουν επίσης, σε σχέση με τα αντίστοιχα οδικά μέσα, πλεονέκτημα 10 προς 1 όσον αφορά την οικονομία καυσίμων και την παραγωγικότητα της εργασίας.



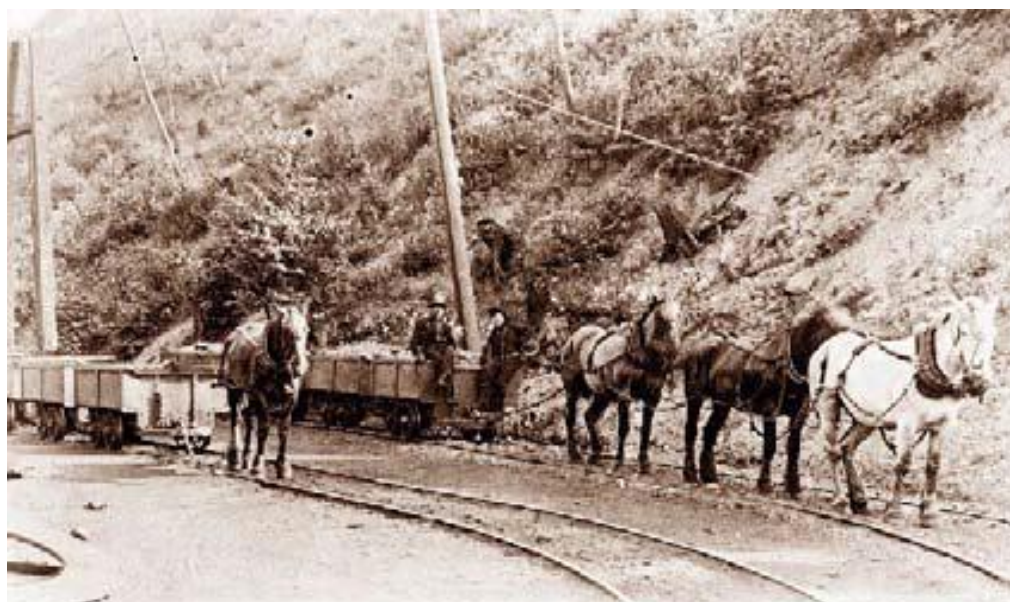
Εικόνα 38.

Πρώτοι Σιδηρόδρομοι

Σιδηρόδρομοι κατασκευάστηκαν για πρώτη φορά σε Ευρωπαϊκά ορυχεία τον 16ο αιώνα. Ένα εκ των πρώτων ήταν αυτό του Leberthal στην Αλσατία, περί το 1550. Οι σιδηρόδρομοι ορυχείων στη Βρετανία χρονολογούνται από το 1604.

Από την πρώτη στιγμή της χρησιμοποίησης σιδηροδρόμων, υιοθετήθηκαν οχήματα με τροχούς φέροντες όνυχες, οι οποίοι κρατούν τα οχήματα επί της γραμμής και τα καθιστούν αυτοκαθοδηγούμενα. Τα πρώτα σιδηροδρομικά οχήματα είχαν όνυχες είτε στο εσωτερικό είτε στο εξωτερικό των τροχών. Στα σύγχρονα οχήματα οι όνυχες βρίσκονται στο εσωτερικό των τροχών.

Τα πρώιμα σιδηροδρομικά οχήματα ορυχείων έλκονταν από ανθρώπους ή άλογα. Ο σύγχρονος σιδηρόδρομος προέκυψε μετά την εμφάνιση της ατμοκινούμενης κινητήριας μονάδας (steam locomotive) το 1804 στην Ουαλία. Οι πρώτες ατμάμαξες υπέφεραν από την αδυναμία των σιδηρών τροχιών και την ανεπάρκεια ή αναξιοπιστία των μηχανικών τους μερών. Βελτιώσεις στα υλικά και των σχεδιασμό των γραμμών καθώς και τεχνολογικοί νεωτερισμοί που εισήχθησαν από μηχανικούς όπως ο Στέφενσον κατέστησαν ταχέως τους σιδηροδρόμους απολύτως πρακτικούς.



Εικόνα 39.

Ο σιδηρόδρομος Στόκτον και Ντάρλινγκτον (Stockton and Darlington Railway), η λειτουργία του οποίου ξεκίνησε τον Σεπτέμβριο του 1825, ήταν ο πρώτος που μετέφερε τόσο εμπορεύματα όσο και επιβάτες. Ακολούθησε ο σιδηρόδρομος του Λίβερπουλ και Μάντσεστερ

(Liverpool and Manchester Railway) το 1830, ο οποίος, με την εισαγωγή της ατμομηχανής "Rocket" (βλέπε σχήμα), που κατασκευάστηκε από τον Stephenson και τον γιο του Robert, μπορεί να θεωρηθεί αφετηρία της εποχής των σιδηροδρόμων. Περί το 1841 στη Βρετανία υπήρχαν ήδη σε λειτουργία περισσότερα από 1.300 μίλια σιδηροδρομικής γραμμής.

Η Εποχή των Σιδηροδρόμων

Οι σιδηρόδρομοι αναπτύχθηκαν γρήγορα στη διάρκεια του 19ου αιώνα και κατέστησαν παγκοσμίως μείζων δύναμη της οικονομικής και κοινωνικής ζωής των εθνών. Οι σιδηρόδρομοι επέβαλαν επίσης πολλούς τεχνολογικούς νεωτερισμούς. Οι περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες ακολούθησαν το Βρετανικό παράδειγμα του πλάτους (ή εύρους) των 8 ποδών και 8.5 ιντσών (1.435 μέτρα) μεταξύ των εσωτερικών παρειών των σιδηροτροχιών. Όμως, στη Ρωσία και τη Φιλανδία υιοθετήθηκε εύρος 5 ποδών, ενώ στην Ισπανία και την Πορτογαλία εύρος 5 ποδών και 6 ιντσών. Στις ΗΠΑ, που υιοθέτησαν το Βρετανικό «κανονικό εύρος», ο John Stephens κατασκεύασε την πρώτη ατμομηχανή και την επέδειξε στο κήπο της κατοικίας του στο Hoboken του New Jersey το 1825. Ο Σιδηρόδρομος Βαλτιμόρης και Οχάιο (Baltimore and Ohio Railroad – B&O), η πρώτη σιδηροδρομική επιχείρηση στις ΗΠΑ, έλαβε άδειας λειτουργίας δύο χρόνια αργότερα.

Αρχικά όλες οι κινητήριες μονάδες εκινούντο με τη χρήση ατμού. Όμως, περί το 1900 ηλεκτροκίνητες κινητήριες μονάδες χρησιμοποιήθηκαν σε ειδικές υπηρεσίες. Περί τα μέσα του 20ου αιώνα οι δηζελο-ηλεκτρικές κινητήριες μονάδες (diesel-electric locomotives) είχαν αντικαταστήσει τις ατμοκίνητες στα περισσότερα σιδηροδρομικά δίκτυα. Μια ποικιλία σιδηροδρομικών οχημάτων κατασκευάστηκε για τη μεταφορά επιβατών και εμπορευμάτων. Τα οχήματα εμπορευματικών μεταφορών περιελάμβαναν κλειστές φορτάμαξες, φορτάμαξες ανοικτής οροφής και επίπεδες φορτάμαξες. Τα βαγόνια που προορίζονταν για τη μεταφορά ειδικών φορτίων περιελάμβαναν βαγόνια-βυτία, βαγόνια μεταφοράς ζώντων ζώων και βαγόνια-ψυγεία. Τα επιβατικά οχήματα περιελάμβαναν βαγόνια με καθίσματα, βαγόνια-εστιατόρια για την παροχή γευμάτων σε μεγάλου μήκους διαδρομές και κλινάμαξες ή κλινοθέσια για νυχτερινές διαδρομές.

Ο George Pullman, το όνομα του οποίου κατέστη συνώνυμο των κλιναμαξών (ιδιαίτερα στις ΗΠΑ), νοίκιασε το πρώτο όχημά του στους σιδηροδρόμους το 1859.

Οι σιδηρόδρομοι έφτασαν στην ωριμότητά τους στις αρχές του 20ού αιώνα, οπότε σιδηροδρομικοί συρμοί μετέφεραν το μεγαλύτερο μέρος των φορτίων και των επιβατών στις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες παγκοσμίως.

Η Παρακμή των Σιδηροδρόμων

Περί τα μέσα του 20ού αιώνα οι σιδηρόδρομοι έχασαν την κυρίαρχη θέση τους. Το ιδιωτικό αυτοκίνητο τους υπεκατέστησε σε μικρού μήκους επιβατικές διαδρομές και το αεροπλάνο σε ταξίδια μεγάλων αποστάσεων, ιδιαίτερα στις ΗΠΑ. Οι σιδηρόδρομοι παρέμειναν αποτελεσματικοί στη μαζική μεταφορά επιβατών μεταξύ των κέντρων μεγάλων πόλεων και των προαστίων τους (προαστιακός σιδηρόδρομος), καθώς και σε μεσαίου μήκους μετακινήσεις για αποστάσεις της τάξης των 500 χιλιομέτρων μεταξύ αστικών κέντρων.

Μετά τα μέσα του 20ού αιώνα, η κατασκευή σιδηροδρομικών γραμμών μεγάλου μήκους και δαπάνης συνεχίστηκε σε μερικές χώρες παγκοσμίως, ιδιαίτερα στον Καναδά, την Κίνα, την τέως Σοβιετική Ένωση και την Αφρική. Αντιθέτως, στις περισσότερες βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες η κατασκευή νέων γραμμών πρακτικώς μηδενίστηκε μέχρι περίπου τη δεκαετία του 1970.

Παρότι οι σιδηρόδρομοι έχαναν το μεγαλύτερο μέρος της μεταφοράς γενικών φορτίων από τα φορτηγά αυτοκίνητα μετά ρυμουλκούμενων, παρέμεναν το καλύτερο μέσο μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων χύδην φορτίων σε μεγάλες αποστάσεις, όπως κάρβουνο, δημητριακά, χημικά προϊόντα και μεταλλεύματα.

Η Νέα Εποχή των Σιδηροδρόμων

Αρχικά η ζήτηση για νέα αστικά σιδηροδρομικά συστήματα και στη συνέχεια η δημιουργία στην Ευρώπη και την Ιαπωνία νέων γραμμών υψηλών ταχυτήτων για intercity επιβατικές μεταφορές οδήγησαν στη νέα εποχή των σιδηροδρόμων. Η τεχνολογική έμφαση μετακινήθηκε στην περιοχή των ταχύτερων λειτουργιών, των περισσότερων ανέσεων για τους επιβάτες, των μεγαλύτερων και ειδικού φορτίου φορταμαξών, των περισσότερο σύνθετων συστημάτων σηματοδότησης και ελέγχου κυκλοφορίας και των νέων τύπων κινητήριας δύναμης.

Επίσης, η ανάπτυξη της μοναδοποίησης των φορτίων και της χρήσης εμπορευματοκιβωτίων (containers) κατέστησε τους σιδηροδρόμους περισσότερο αποτελεσματικούς στην παραλαβή και διακίνηση επεξεργασμένων εμπορευμάτων με μεγάλες σχετικά ταχύτητες.

Επιπροσθέτως, η χρησιμοποίηση piggyback flatcars, με την οποία ρυμουλκούμενα φορτηγών αυτοκινήτων μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις πάνω σε ειδικά σχεδιασμένες φορτάμαξες, επέτρεψε στους σιδηροδρόμους να επανακτήσουν μέρος του εμπορευματικού έργου, που είχε διαρρεύσει προς τα φορτηγά αυτοκίνητα.



Εικόνα 40.

Ταυτόχρονα όμως σε πολλές από τις ανεπτυγμένες χώρες οι σιδηρόδρομοι λειτουργούσαν πλέον σε ένα νέο κλίμα έντονου ανταγωνισμού με τα άλλα μέσα μεταφοράς.

Η Τεχνολογική Εξέλιξη στους Σιδηροδρόμους

Στο πρώτο μισό του 20ού αιώνα οι εξελίξεις στη σιδηροδρομική τεχνολογία και πρακτική λειτουργίας ήσαν περιορισμένες. Μια από αυτές ήταν η τελειοποίηση της ντιζελοκίνητης έλξης ως πλέον αποδοτικής εναλλακτικής λύσης έναντι της ατμοκίνησης και ως οικονομικώς αποδοτικότερης έναντι της ηλεκτροκίνησης σε γραμμές χαμηλής πυκνότητας κυκλοφορίας. Μια άλλη ήταν η μετάβαση από τη μηχανική σηματοδότηση και τον τηλεφωνικό έλεγχο της κυκλοφορίας σε ηλεκτρικά συστήματα, που επέτρεπαν τον κεντρικό έλεγχο της σιδηροδρομικής κυκλοφορίας σε μεγάλες περιοχές. Επίσης, αξιοσημείωτη ήταν η υιοθέτηση της συνεχώς συγκολλημένης σιδηροτροχιάς, που συνέβαλε στη βελτίωση της ποιότητας κύλισης, στην αύξηση της ωφέλιμης ζωής της γραμμής και στη μείωση των δαπανών συντήρησης.

Έκτοτε, από το 1960 περίπου, τα ανεπτυγμένα σιδηροδρομικά δίκτυα παγκοσμίως, υπό την πίεση του έντονου ανταγωνισμού των αυτοκινητοδρόμων και των αεροπορικών μεταφορών, προχώρησαν γρήγορα σε νέα τεχνολογική εποχή. Η ατμοκίνητη έλξη είχε καταργηθεί στη Βόρεια Αμερική και εξαφανιστεί από τα εθνικά δίκτυα της Δυτικής Ευρώπης όταν οι Βρετανικοί Σιδηρόδρομοι την εγκατέλειψαν τελευταίοι το 1968. Από το 1990 η ατμοκίνηση εφαρμοζόταν σε αξιόλογη, αν και συνεχώς μειούμενη, κλίμακα μόνο στην Κίνα, σε τμήματα της Αφρικής και στην Ινδία. Στην Κίνα όμως, το τελευταίο παγκοσμίως εργοστάσιο κατασκευής ατμαμαξών μετατράπηκε το 1991 σε εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτραμαξών. Η ντιζελο-ηλεκτρική έλξη είχε πλέον καταστεί πολύ πιο αξιόπιστη και οικονομική, αν και τα χαρακτηριστικά επιδόσεων και λειτουργικών δαπανών της ηλεκτροκίνητης έλξης ήσαν ανώτερα. Όμως, μέχρι τα μέσα του 20ού αιώνα, μόνο οι βασικοί σιδηροδρομικοί άξονες μεγάλου μεταφορικού έργου μπορούσαν να αξιοποιήσουν τις οικονομίες της ηλεκτροκίνησης, κυρίως λόγω των μεγάλων επενδυτικών δαπανών

που απαιτούντο για την κατασκευή και εγκατάσταση των συστημάτων παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στο σιδηροδρομικό δίκτυο.

Στο δεύτερο ήμισυ του 20ού αιώνα, η νέα τεχνολογία κατάφερε να μειώνει σταθερά το αρχικό κόστος της ηλεκτροκίνησης και να εισάγει ραγδαίως μεγάλες βελτιώσεις στην ισχύ και την απόδοση της ηλεκτρικής έλξης σε σχέση με το μέγεθος και το βάρος των ηλεκτραμαξών.

Ιδιαίτερη επίδραση στα ανωτέρω είχε η πρωτοποριακή Γαλλική τεχνολογία ηλεκτροκίνησης απευθείας τροφοδοσίας εναλλασσόμενου ρεύματος υψηλής τάσης σε βιομηχανική συχνότητα. Η νέα αυτή τεχνολογία απετέλεσε την αφετηρία μεγάλων προγραμμάτων ηλεκτροκίνησης στην Κίνα, την Ιαπωνία, τη Νότια Κορέα, μερικές ανατολικοευρωπαϊκές χώρες, τη Σοβιετική Ένωση και την Ινδία.

Αντιθέτως, τα σιδηροδρομικά δίκτυα που είχαν ήδη ηλεκτροκινηθεί πριν την εισαγωγή της νέας τεχνολογίας, είτε διατήρησαν τα υφιστάμενα συστήματα ηλεκτροκίνησης, είτε, με την

τελειοποίηση ηλεκτραμαξών που είχαν τη δυνατότητα να λειτουργούν μέχρι και με τέσσερις διαφορετικούς τύπους ηλεκτρικής τάσης για σιδηροδρομική έλξη, συνεχούς ή εναλλασσόμενης, υιοθέτησαν τη νέα τεχνολογία υψηλής τάσης για την ηλεκτροκίνηση νέων γραμμών. Άλλη αιτία προώθησης της ηλεκτροκίνησης ήταν η ραγδαία αύξηση των τιμών των καυσίμων και η κατανόηση των κινδύνων από την εξάρτηση από εισαγόμενο πετρέλαιο ως καύσιμο, που ακολούθησαν την κρίση της Μέσης Ανατολής του 1973. Έτσι, μετά το 1990, ελάχιστοι βασικοί δυτικοευρωπαϊκοί σιδηροδρομικοί άξονες λειτουργούσαν ακόμη με ντιζελοκίνητη έλξη.

Όσον αφορά τις ραγδαίες εξελίξεις στον τομέα της ηλεκτρονικής, ελάχιστοι βιομηχανικοί τομείς ωφελήθηκαν περισσότερο από ότι οι σιδηρόδρομοι, στους οποίους αναπτύχθηκε μια τεράστια ποικιλία εφαρμογών, από την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των λειτουργιών, μέχρι τον βασισμένο σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές έλεγχο της κυκλοφορίας. Οι δυνατότητες των συσκευών στερεάς κατάστασης για την σμίκρυνση και βελτίωση επιμέρους στοιχείων επί της κινητήριας μονάδας απετέλεσαν ένα ακόμη βασικό παράγοντα των τεχνολογικών εξελίξεων της ηλεκτροκίνητης έλξης.



Οι σύγχρονες σιδηροδρομικές τεχνολογίες αναπτύχθηκαν στη βάση ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού σιδηροδρομικής γραμμής και σιδηροδρομικών οχημάτων (επιβατικών και εμπορευματικών) υψηλής απόδοσης. Οι τεχνολογίες αυτές είχαν επίσης στόχο την ανάπτυξη υψηλής ταχύτητας συστημάτων μεταφοράς επιβατών, ικανών να ανταγωνιστούν τις αεροπορικές μεταφορές και την τεράστια αύξηση των μετακινήσεων με ιδιωτικά αυτοκίνητα επί των βελτιωμένων εθνικών δικτύων αυτοκινητοδρόμων.

Αναπτύχθηκαν επίσης τεχνικές συνδυασμένων (Intermodal) μεταφορών, ώστε να εξασφαλίζουν μια σιδηροδρομική συνιστώσα στη μεταφορά υψηλής αξίας εμπορευματικού φορτίου, η προέλευση ή ο προορισμός της οποίας μεταφοράς δεν συνέφερε πλέον οικονομικώς να εξυπηρετηθεί απευθείας σιδηροδρομικώς.

Τέλος, το κόστος της συντήρησης σιδηροδρομικής γραμμής υψηλής ποιότητας μειώθηκε με την εμφάνιση ενός ευρέως φάσματος μηχανημάτων συντήρησης γραμμής, με δυνατότητα να διεξάγουν κάθε είδους εργασία, όπως πλήρη ανακαίνιση γραμμής, καθαρισμό και συμπίεση έρματος, εντοπισμό σφαλμάτων ή φθορών στις σιδηροτροχιές με υπερήχους και ηλεκτρονικό έλεγχο της οριζοντιογραφικής και υψομετρικής κατάστασης της γραμμής.

Την ίδια εποχή οι αναπτυσσόμενες χώρες προχωρούσαν στην κατασκευή νέων μεγάλων σιδηροδρομικών αξόνων, ιδιαίτερα στην Κίνα, την Ινδία και την τέως Σοβιετική Ένωση, όπου ο σιδηρόδρομος παρέμενε το κύριο μέσο μεταφοράς επιβατών και εμπορευμάτων. Η αύξηση της χωρητικότητας υφισταμένων σιδηροδρομικών αξόνων με διπλασιασμό ή τετραπλασιασμό των γραμμών καθώς και η κατασκευή νέων αξόνων ήταν πρωταρχικής σημασίας για τη διευκόλυνση της μαζικής μεταφοράς πρώτων υλών στις αναπτυσσόμενες βιομηχανίες και για την υποστήριξη της περιφερειακής κοινωνικο-οικονομικής ανάπτυξης. χιλιομέτρων γραμμή Baikal-Amur Magistral (BAM). Η γραμμή αυτή, η κατασκευή της οποίας ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του 1970, διασχίζει, στο ήμισυ περίπου του συνολικού μήκους της, μονίμως παγωμένες περιοχές,

όπου οι θερμοκρασίες τον χειμώνα κατεβαίνουν στους -60°C . Τα πρώτα τρένα διέσχισαν το συνολικό μήκος της γραμμής, BAM τον Οκτώβριο του 1989.

Τέλος στην Ινδία η κατασκευή νέων μεγάλων σιδηροδρομικών αξόνων συνεχίστηκε στη διάρκεια της δεκαετίας του 1990.



Το Μέλλον των Σιδηροδρόμων

Για περισσότερα από 100 χρόνια ο σιδηρόδρομος απετέλεσε τον κυρίαρχο τρόπο χερσαίας μεταφοράς στο μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη. Ήταν, και παραμένει, το χερσαίο μέσο, για τη μεταφορά επιβατών και εμπορευμάτων οπουδήποτε οδηγούν οι γραμμές, με πραγματικό κόστος μικρότερο από το αντίστοιχο των άλλων χερσαίων μεταφορικών μέσων ή του αεροπλάνου.

Παρ' όλ' αυτά, στην εποχή μας τα άλλα μέσα μεταφοράς έχουν επίσης αναπτυχθεί σε τέτοιο βαθμό, ώστε να μπορούν να διεξάγουν συγκεκριμένες δραστηριότητες μεταφοράς αποτελεσματικότερα απ' ότι ο σιδηρόδρομος.

- Τα δίκτυα σωληνωτών αγωγών (pipelines) μπορούν να μεταφέρουν υγρά, καθώς και ορισμένα στερεά προϊόντα, με μεγάλη οικονομία και σε μεγάλες αποστάσεις.

- Τα αεροπλάνα, με την μεγάλη ταχύτητα, μπορούν να μεταφέρουν κάποια είδη ελαφρών και μεγάλης αξίας εμπορευμάτων με οικονομικότερο τρόπο.
- Τα φορτηγά αυτοκίνητα παρέχουν ταχύτητα και ευελιξία, ιδιαίτερα σε σχετικά μικρού μήκους μεταφορές.
- Το ιδιωτικό επιβατικό αυτοκίνητο, κυκλοφορώντας σε σύγχρονους αυτοκινητοδρόμους, καθώς και το αεροπλάνο, έχουν ήδη αποσπάσει πολύ μεγάλο μερίδιο από το επιβατικό έργο, το οποίο κατά το παρελθόν διαχειριζόταν ο σιδηρόδρομος.
- Το λεωφορείο αποτελεί σοβαρό ανταγωνιστή για μικρού και μεσαίου μήκους επιβατικές μεταφορές.
- Οι σύγχρονες φορτηγίδες, κυκλοφορώντας σε βελτιωμένα συστήματα εσωτερικών υδατίνων οδών (ποτάμια, κανάλια), μπορούν να μεταφέρουν κάποια είδη αγαθών σε συγκεκριμένες διαδρομές με πολύ χαμηλό κόστος.

Αναμφίβολα, οι παραπάνω ανταγωνιστές του σιδηροδρόμου μπορούν να εξυπηρετήσουν με καλύτερο τρόπο κάποιες από τις ανάγκες του τομέα των μεταφορών. Συνεπώς, η ανάπτυξη αυτών των ανταγωνιστικών προς τον σιδηρόδρομο μεταφορικών μέσων μεταβάλλει αναγκαστικά τον ρόλο του σιδηροδρόμου, από γενικής φύσης σε περισσότερο εξειδικευμένης φύσης μεταφορέα, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο με τον οποίο εξειδικεύονται σε συγκεκριμένους τομείς και οι ανταγωνιστές του.

Ο μελλοντικός ρόλος του σιδηροδρόμου ως εξειδικευμένου μεταφορέα θα διαφέρει ασφαλώς από χώρα σε χώρα, ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της. Παρ' όλ' αυτά, σε γενικές γραμμές, ο σιδηρόδρομος θα συνεχίσει να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός στους παρακάτω τομείς:

1. Στη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων χύδην φορτίων, όπως το κάρβουνο, τα μεταλλεύματα, τα χημικά προϊόντα (π.χ. πετρέλαιο) και τα δημητριακά. Όταν η ύπαρξη κυκλικών διατάξεων γραμμών στην αφετηρία και τον προορισμό επιτρέπουν σε εμπορευματικούς συρμούς σταθερής σύνθεσης να κυκλοφορούν κατά μήκος συνεχούς κυκλώματος και υφίσταται επίσης εξοπλισμός για την ταχύτατη φόρτωση και εκφόρτωση, ο σιδηρόδρομος μπορεί να καταστεί ανταγωνιστικός ακόμη και σε μικρού μήκους διαδρομές. Σε μια τέτοια διαδρομή στη Βρετανία, μήκους μόλις 50 χλμ., μεταφέρεται με αποτελεσματικό τρόπο κάρβουνο, από ανθρακωρυχείο σε θερμοηλεκτρικό σταθμό παραγωγής ενέργειας. Ο σιδηρόδρομος μπορεί επίσης να μεταφέρει μεγάλες ποσότητες επεξεργασμένων εμπορευμάτων, με οικονομικό τρόπο και σχετικά υψηλές ταχύτητες, επί μεσαίων ή μεγάλων αποστάσεων.

2. Στην μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων εμπορευματοκιβωτίων (containers) μεταξύ μεγάλων κέντρων, καθώς επίσης, σε ορισμένες χώρες, στη μεταφορά πλήρων οδικών φορτηγών οχημάτων επί συρμών (piggyback). Η ικανότητα αυτή του σιδηροδρόμου έχει σε πολλές περιπτώσεις συνδυαστεί με τη δημιουργία, σε στρατηγικές τοποθεσίες, τερματικών εγκαταστάσεων μεταφόρτωσης, εφοδιασμένων με εξοπλισμό για την γρήγορη και εύκολη διακίνηση συγκεκριμένων ειδών φορτίων μεταξύ φορταμαξών και φορτηγών αυτοκινήτων ή για την προσωρινή αποθήκευση. Αυτού του είδους τα βασισμένα στον σιδηρόδρομο κέντρα διανομής έχουν αναπτυχθεί για φορτία, που περιλαμβάνουν προϊόντα χαλυβουργίας, δασικής εκμετάλλευσης και χαρτιού. Ο σημαντικός ρόλος του σιδηροδρόμου στη διανομή νέων αυτοκινήτων από τη βιομηχανία στους τόπους πωλήσεων έχει επίσης οδηγήσει στην κατασκευή ειδικών τερματικών εγκαταστάσεων στις περιοχές διανομής.

Η αναγκαιότητα της ανάπτυξης εξειδικευμένων κέντρων συνεργασίας του σιδηροδρόμου με τις οδικές μεταφορές για μεγάλο φάσμα ειδών φορτίων, καθώς και για την ανάπτυξη των συνδυασμένων μεταφορών, οδηγεί διεθνώς τους σιδηροδρόμους στη αναζήτηση στενότερης συνεργασίας με την βιομηχανία των οδικών εμπορευματικών μεταφορών.

Στην εποχή του ενδιαφέροντος της βιομηχανίας για την ελαχιστοποίηση, στην αλυσίδα τροφοδοσίας, των αποθεμάτων και αποθηκευμένων υλικών, αποκτά ιδιαίτερη σημασία η παράδοση «στην ώρα». Οι σιδηρόδρομοι στις αναπτυγμένες βιομηχανικές κοινωνίες έχουν αντιληφθεί, ότι για να ανταγωνιστούν τα οδικά μέσα στη μεταφορά υψηλής αξίας φορτίων, όπως τμήματα προς συναρμολόγηση για την αυτοκινητοβιομηχανία ή συσκευασμένα τρόφιμα για το χονδρεμπόριο, πρέπει όχι μόνο να υπόσχονται μειωμένους χρόνους μεταφοράς, αλλά να εξασφαλίζουν τους δρομολογιακούς χρόνους των εμπορευματικών τρένων με την ίδια ακρίβεια, με την οποία ενδιαφέρονται να εξασφαλίζουν τους δρομολογιακούς χρόνους των επιβατικών τρένων.

3. Στη μεταφορά μεγάλων αριθμών επιβατών μεταξύ μεγάλων μητροπολιτικών κέντρων και των προαστίων τους (προαστιακός σιδηρόδρομος). Επίσης, με τη μορφή του μητροπολιτικού σιδηροδρόμου (μετρό), στη μετακίνηση επιβατών στο εσωτερικό μεγάλων πόλεων.

4. Στις μεγάλης ταχύτητας intercity επιβατικές σιδηροδρομικές υπηρεσίες. Αυτές μπορούν να αποδειχθούν επιτυχείς, όταν λειτουργούν με σύγχρονο εξοπλισμό σε μεσαίες έως μεγάλες αποστάσεις. Ιδιαίτερως στη Δυτική Ευρώπη, την Ιαπωνία και τον διάδρομο Νέας Υόρκης – Ουάσιγκτον των ΗΠΑ, η εμπορική δραστηριότητα των intercity επιβατικών σιδηροδρομικών υπηρεσιών έχει επιτυχώς εξασφαλιστεί ή ακόμη και αυξηθεί

με τον συνδυασμό μεγάλης ταχύτητας, μεγαλύτερης άνεσης ταξιδιού και μεγαλύτερης συχνότητας δρομολογίων.

Οι Γαλλικοί Σιδηρόδρομοι (Societe Nationale de Chemins de Fer – SNCF) απέδειξαν με τη λειτουργία των συρμών TGV, ότι ο σιδηρόδρομος μπορεί να ανακτήσει από το αεροπλάνο μεγάλο μέρος του μεριδίου του σε διαδρομές μήκους μέχρι 500-600 χιλιομέτρων. Στη διάρκεια της τρέχουσας δεκαετίας, οι Γαλλικοί Σιδηρόδρομοι, σε συνεργασία με τη Γαλλική βιομηχανία, ερευνούν τη δυνατότητα αύξησης των σιδηροδρομικών ταχυτήτων σε 350 χλμ/ώρα για τους μελλοντικούς συρμούς TGV, ώστε να αυξήσουν στα 1.000 χιλιόμετρα τις αποστάσεις, στις οποίες θα ανταγωνίζονται επιτυχώς το αεροπλάνο.

Συνοψίζοντας, στις σύγχρονες συνθήκες ο σιδηρόδρομος είναι σε γενικές γραμμές περισσότερο αποτελεσματικός στη μεταφορά μεγάλου αριθμού επιβατών και μεγάλων ποσοτήτων φορτίου. Ασφαλώς υπάρχουν πολλές εξαιρέσεις από τον γενικό αυτόν κανόνα.

Κατά τη διερεύνηση του μελλοντικού ρόλου των σιδηροδρόμων, οι παρακάτω παράγοντες θα πρέπει επίσης να συνεκτιμηθούν:

1. Οι αρνητικές επιπτώσεις της κατασκευής και λειτουργίας σιδηροδρόμων επί του φυσικού περιβάλλοντος είναι ιδιαίτερα περιορισμένες σε σχέση με τις αντίστοιχες ενός αυτοκινητοδρόμου ή ενός συστήματος αερομεταφορών.

Επίσης, ο σιδηρόδρομος παράγει λιγότερους ρύπους ανά μονάδα μεταφοράς απ' ότι οι αυτοκινητόδρομοι ή το αεροπλάνο.

Οι παράγοντες αυτοί αποκτούν όλο και μεγαλύτερη σημασία, καθώς η κοινωνία αντιλαμβάνεται όλο και περισσότερο την ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος, με τη μείωση της ρύπανσης του αέρα και των υδάτων, καθώς και της ηχητικής ρύπανσης.

2. Ο σιδηρόδρομος παρουσιάζει αντιστοίχως μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, σε σχέση με τις οδικές ή αεροπορικές μεταφορές.

Το ενδιαφέρον για λελογισμένη χρήση των ενεργειακών αποθεμάτων και για μειωμένη κατανάλωση καυσίμων οδηγεί πολλές χώρες να δίνουν έμφαση στην ανάπτυξη των σιδηροδρομικών μεταφορών.

3. Τέλος, ενώ μεγάλο μέρος των δημοσίων επενδύσεων έχει κατευθυνθεί στην τεχνολογική έρευνα για νέα μέσα μεταφορών και στην κατασκευή εγκαταστάσεων γι' αυτά, στις περισσότερες χώρες ελάχιστοι πόροι έχουν διατεθεί για τη βελτίωση της σιδηροδρομικής τεχνολογίας.

Ούτε έχουν διατεθεί στη σιδηροδρομική υποδομή επενδυτικοί πόροι αντίστοιχοι με αυτούς που διατίθενται στους αυτοκινητοδρόμους, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Συνεπώς, με ελάχιστες εξαιρέσεις, ακόμη και οι πιο σύγχρονες εγκαταστάσεις και υπηρεσίες των σημερινών σιδηροδρόμων δεν αντιπροσωπεύουν τη βέλτιστη δυνατή αποδοτικότητα του τομέα αυτού.

2.2 ΤΡΕΝΑ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ

Τρένο που λειτουργεί με ηλιακή ενέργεια

Ο επιχειρηματίας Elon Musk παρουσίασε τα σχέδιά του για ένα υπερηχητικό τρένο το οποίο θα κινείται με ηλιακή ενέργεια και θα καλύπτει αποστάσεις εκατοντάδων χλμ μέσα σε λίγα λεπτά.

Πρόκειται για Hyperloop, το οποίο θα κινείται με ηλιακή ενέργεια όχι πάνω σε ράγες στο έδαφος αλλά στο εσωτερικό αγωγών μέσα σε κενό αέρος. Το τρένο αυτό θα αποτελείται από βαγόνια (κάψουλες) που θα έχουν χωρητικότητα 4-6 ατόμων. Σύμφωνα με τον Musk η αίσθηση που θα έχουν οι επιβάτες θα προσομοιάζει εκείνη που έχουν οι επιβάτες αεροσκαφών και όχι εκείνη που έχουν οι επιβάτες στα τρενάκια ταχύτητας των λούνα πάρκ όπως θεωρούσαν κάποιοι.



Εικόνα 41. Μοντέλο κατασκευής Hyperloop.

Το αρχικό σχέδιο του Musk είναι να συνδέσει με το Hyperloop το Λος Άντζελες με το Σαν Φρανσίσκο που βρίσκονται σε απόσταση 610 χλμ.

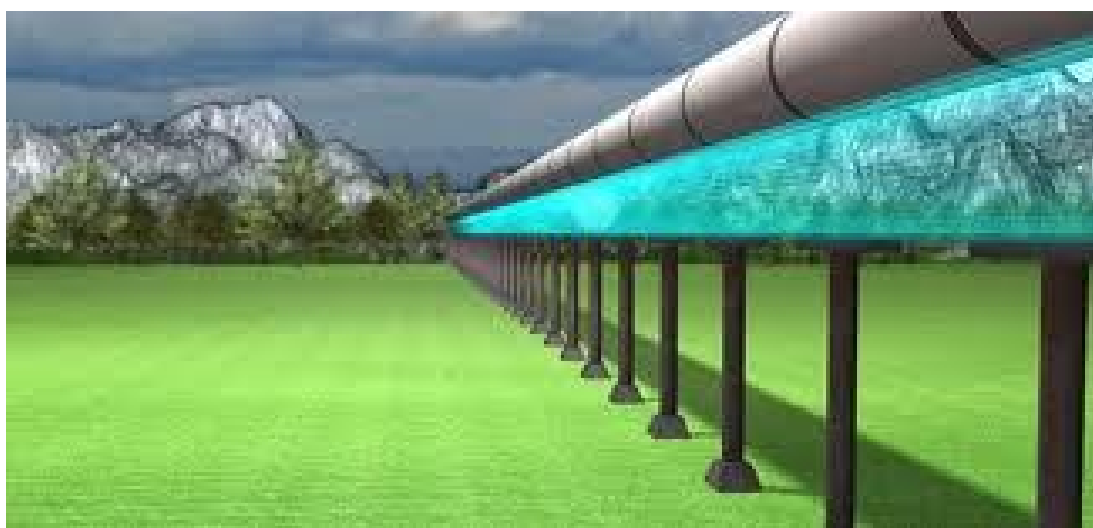
Το Hyperloop θα κινείται με ταχύτητες που θα ξεπερνούν τα 1200 χλμ/ώρα κάτι που σημαίνει ότι θα συνδέει τις δύο μεγαλουπόλεις των ΗΠΑ σε περίπου 30 λεπτά. Όπως είπε ο Musk στη συνέντευξη, το Hyperloop θα μπορεί να μεταφέρει όχι μόνο ανθρώπους αλλά και φορτία ακόμη και αυτοκίνητα. Σύμφωνα με τον επιχειρηματία το κόστος για την κατασκευή του πρώτου τρένου και των υποδομών για τη «γραμμή» Λος

Άντζελες - Σαν Φρανσίσκο θα αγγίξει τα 6 δισ. δολάρια. Ο Musk υποστηρίζει ότι το εισιτήριο για ένα επιβάτη του Hyperloop θα είναι αρκετά φτηνό και δεν θα ξεπερνάει τα 20 δολάρια.

Σημειώνεται επίσης ότι για να έχει τη μέγιστη δυνατή αποδοτικότητα το Hyperloop δεν πρέπει να καλύπτει αποστάσεις μεγαλύτερες των 1.500 χλμ.

Υπερηχητικό τρένο

Μια ομάδα σχεδιαστών παρουσίασε τα σχέδια ενός μέσου μεταφοράς που είναι βγαλμένο κυριολεκτικά από ταινία επιστημονικής φαντασίας. Το Evacuated Tube Transport (ETT) είναι ένας αεροστεγής σωλήνας μέσα στον οποίο θα κινούνται χωρίς τριβή και με τρομερές ταχύτητες μικρά βαγόνια με επιβάτες. Τα βαγόνια θα κινούνται με ταχύτητες που θα προσεγγίζουν τα 6.500 χλμ/ώρα!



Εικόνα 42. Μοντέλο κατασκευής σωλήνα

Την ιδέα για το ETT συνέλαβε στις αρχές της δεκαετίας του 1990 ο αμερικανός μηχανολόγος Ντάριλ Οστερ ο οποίος άρχισε να το σχεδιάζει και πατεντάρισε το 1997 την τεχνολογία στην οποία θα βασιζόταν ο σωλήνας του. Δημιούργησε την εταιρία et3.com Inc μέσω της οποίας άρχισε να αναζητεί συνεργάτες και χρηματοδότες για την υλοποίηση του σχεδίου του.

Πρόσφατα οι επιτελείς της εταιρείας παρουσίασαν τα σχέδια του ETT. Όπως υποστηρίζουν, αυτό το υπερηχητικό μετρό θα μπορούσε να μεταφέρει επιβάτες από το Λονδίνο στη Νέα Υόρκη μέσα σε 45 λεπτά και να κάνει τον γύρο του κόσμου μέσα σε έξι ώρες.

Ο σωλήνας

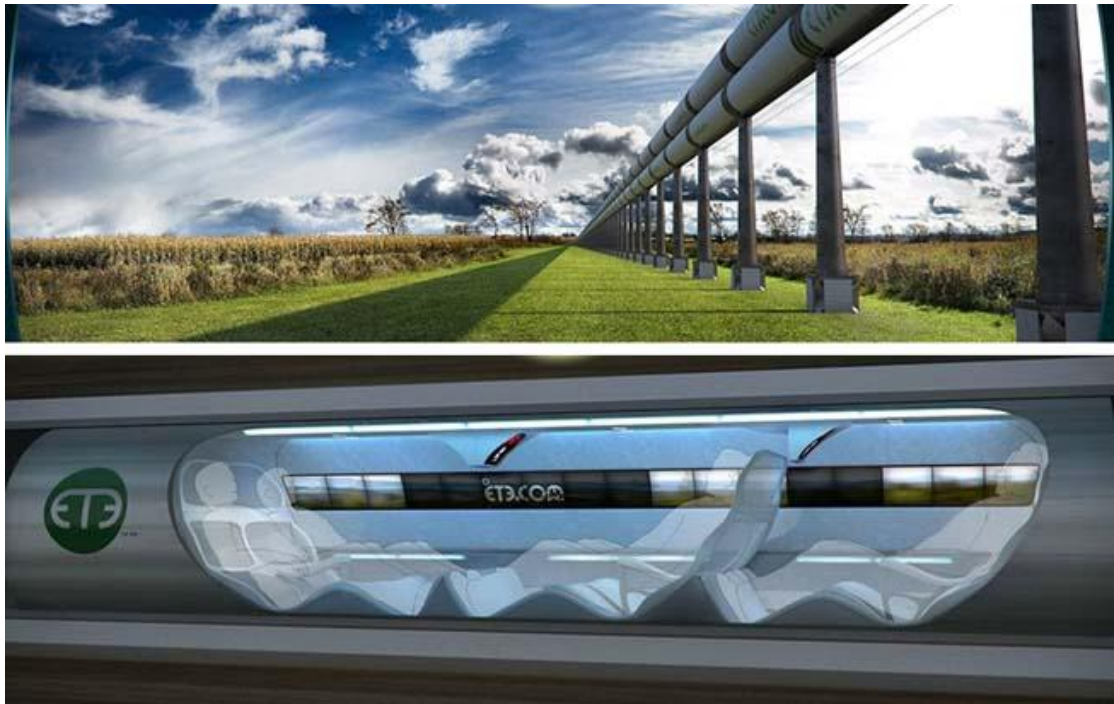
Τα βαγόνια του ΕΤΤ θα έχουν δυνατότητα να μεταφέρουν 4-6 επιβάτες ενώ θα υπάρχει ξεχωριστός χώρος για τις αποσκευές τους. Σύμφωνα με τους σχεδιαστές τα βαγόνια θα κινούνται χωρίς τριβές μέσα στον σωλήνα και θα αναπτύσσουν ταχύτητες που θα αγγίζουν τα 6.500 χλμ/ώρα. Υποστηρίζουν ότι η κίνηση των βαγονιών θα είναι αθόρυβη και ότι οι επιβάτες δεν θα βιώνουν ισχυρές βαρυτικές δυνάμεις.

Αναφέρουν ότι οι επιβάτες θα βιώνουν μόλις 1G, δύναμη που βιώνουν οι επιβάτες των συμβατικών αυτοκινήτων. ***Οι σχεδιαστές δηλώνουν επίσης ότι το ΕΤΤ είναι ασφαλέστερο και πιο οικονομικό από τα τρένα και τα αεροπλάνα. Εκτιμούν ότι για την κατασκευή του θα απαιτηθεί μόλις το ένα τέταρτο του κόστους που χρειάζεται για την κατασκευή δρόμων στο αστικό οδικό δίκτυο και το ένα δέκατο του κόστους των αυτοκινητοδρόμων υψηλής ταχύτητας (εθνικές οδοί κλπ).*** Προς το παρόν πάντως οι σχεδιαστές δεν αποκαλύπτουν περισσότερες λεπτομέρειες για την τεχνολογία πίσω από το ΕΤΤ ενώ επίσης δεν έχει γίνει γνωστό αν υπάρχει ενδιαφέρον για την κατασκευή του.



Εικόνα 43. Μοντέλο κάψουλας επιβατών.

Τα βαγόνια θα μεταφέρουν 4-6 επιβάτες και θα κινούνται αθόρυβα και χωρίς τριβή με ταχύτητα 6.500 χιλιάδων χλμ/ώρα.



Εικόνα 44. Μακέτα κατασκευής.

Τρένο μαγνητικής αιώρησης

Γενικά

Το τρένο μαγνητικής αιώρησης είναι τρένο υπερσύγχρονης τεχνολογίας που κινείται με πολύ υψηλή ταχύτητα (400 ως 500 χλμ. την ώρα) αιωρούμενο, δηλαδή υψωμένο λίγο πάνω από τις ράγες του, με τη βοήθεια μαγνητικών πεδίων.

Οι έρευνες για την ανάπτυξη του μαγνητικού τρένου άρχισαν στα τέλη της δεκαετίας του 1960 και συνεχίστηκαν κατά τις επόμενες δεκαετίες στην Ευρώπη, την Ιαπωνία και τις ΗΠΑ. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 έχουν επικρατήσει δύο κύριες παραλλαγές του που βασίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας, τη δημιουργία ενός ισχυρού μαγνητικού πεδίου που ανυψώνει και προωθεί το τρένο, και διαφέρουν στο σχεδιασμό και στις διατάξεις που δημιουργούν το πεδίο.

Η κίνηση του τρένου επιτυγχάνεται με τη βοήθεια γραμμικού επαγωγικού κινητήρα, ενός τύπου ηλεκτροκινητήρα σε εξελισσόμενο στάδιο που παράγει ένα οδεδον μαγνητικό πεδίο.

Η πρώτη παραλλαγή (ηλεκτρομαγνητική αιώρηση) αναπτύχθηκε στη Γερμανία από τις αρχές της δεκαετίας του 1970. Το γερμανικό μαγνητικό τρένο Transrapid είναι διαμορφωμένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να περιβάλλει τη σιδηροτροχιά και φέρει στο κάτω μέρος του μόνιμους μαγνήτες. Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που δημιουργείται ανυψώνει το τρένο 1 εκατοστό περίπου πάνω από τη σιδηροτροχιά, που είναι συνήθως κατασκευασμένη από σίδηρο και μπετόν, σε σχήμα T και φτάνει σε ύψος περίπου 5 μέτρων. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 το Transrapid δοκιμάζεται σε μια πειραματική διαδρομή μήκους 31,5 χλμ. στο Λατέν (Εμσλαντ) της Γερμανίας και το 1989 έφτασε την ταχύτητα των 435 χλμ./ώρα.

Η δεύτερη παραλλαγή (ηλεκτροδυναμική αιώρηση) αναπτύχθηκε στην Ιαπωνία. Το ιαπωνικό μαγνητικό τρένο Maglev (magnetic levitation) φέρει υπεραγωγίμους μαγνήτες από κράματα νιοβίου-τιτανίου και νιοβίου-κασσιτέρου που ψύχονται με υγρό ήλιο. Κατά μήκος της σιδηροτροχιάς, που έχει συνήθως σχήμα U, στη βάση και στα πλάγια υπάρχουν πηνία που δημιουργούν μαγνητικό πεδίο που απωθεί τους υπεραγωγίμους μαγνήτες και ανυψώνει το τρένο 10 έως 15 εκατοστά. Για ταχύτητες έως και 100 χλμ., το τρένο χρησιμοποιεί συμβατικούς ελαστικούς τροχούς, ενώ για μεγαλύτερες ταχύτητες ανυψώνεται. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1970 το Maglev δοκιμάζεται σε μια τροχιά 7 χλμ. στο Μιγιαζάκι της Ιαπωνίας και έχει φτάσει την ταχύτητα των 517 χλμ./ώρα.

Το Transrapid απαιτεί συνεχή ρύθμιση της σιδηροτροχιάς με υπολογιστές, καθώς κινείται πάνω από τη σιδηροτροχιά, σε μικρή

απόσταση από αυτή και υπάρχει πάντα ο κίνδυνος να τη χτυπήσει. Αντίθετα το Maglev, χάρη στους υπεραγωγίσιμους μαγνήτες που παρέχουν ισχυρότερα μαγνητικά πεδία, εξασφαλίζει μεγάλη απόσταση από την τροχιά, έτσι ώστε να αποκλείεται ο κίνδυνος σύγκρουσης με την τροχιά, ακόμη και στην περίπτωση μετακίνησής της λόγω σεισμού. Επιπλέον, είναι σταθερότερο και δεν απαιτεί συνεχείς ρυθμίσεις, λόγω όμως των υπεραγωγίσιμων μαγνητών παρουσιάζει υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας, καθώς και πολύ υψηλή μαγνητική ροή στο εσωτερικό του που υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια και μπορεί να επηρεάσει ηλεκτρονικές συσκευές.

Γενικά τα τρένα μαγνητικής αιώρησης πλεονεκτούν έναντι των συμβατικών, καθώς αναπτύσσουν υψηλότερες ταχύτητες, μειώνοντας τους χρόνους των διαδρομών, επιταχύνουν και φρενάρουν γρηγορότερα, έχουν πολύ μεγαλύτερη δυνατότητα κίνησης σε ανωφέρειες και λειτουργούν χωρίς προβλήματα σε δύσκολες καιρικές συνθήκες (βροχή, χιόνι, πάγος). Ακόμη, είναι άνετα και προκαλούν λιγότερο θόρυβο, ο οποίος ωστόσο αυξάνεται όσο η ταχύτητα πλησιάζει τα 400 χλμ./ώρα. Επιπλέον παρουσιάζουν αρκετά μικρότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τα συμβατικά τρένα υψηλών ταχυτήτων και τα αεροπλάνα, ενώ καθώς χρησιμοποιούν ηλεκτρικό ρεύμα, δεν προκαλούν ρύπανση της ατμόσφαιρας στην περιοχή όπου λειτουργούν.

Τα μαγνητικά τρένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε χαμηλές ταχύτητες (μικρότερες από 100 χλμ./ώρα) για μικρές αποστάσεις σε αστικές περιοχές, σύνδεση πόλεων με αεροδρόμια, λιμάνια κ.λπ. Τέτοια περίπτωση αποτελεί το μαγνητικό τρένο του Μπέρμινχαμ της Αγγλίας, που από το 1984 συνδέει το σταθμό με το αεροδρόμιο της πόλης. Ωστόσο, στα μέσα της δεκαετίας του 1990 το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στα μαγνητικά τρένα υψηλής ταχύτητας για κάλυψη μεγάλων αποστάσεων. Το 1994 αποφασίστηκε η κατασκευή τροχιάς 284 χλμ. για την εισαγωγή μαγνητικού τρένου για τη σύνδεση του Αμβούργου με το Βερολίνο. Υπό κατασκευή βρίσκεται ακόμη μια διαδρομή μήκους 43 χιλιομέτρων δυτικά του Τόκιο, για τη διεξαγωγή δοκιμών του πιο εξελιγμένου τύπου του Maglev, μετά τις οποίες σχεδιάζεται η χρησιμοποίησή του για τη σύνδεση Τόκιο και Οσάκα. Μεγάλο ενδιαφέρον έχει εκδηλωθεί επίσης και στις ΗΠΑ για τη χρησιμοποίηση του Maglev στις συγκοινωνίες.

Το 1994 αποφασίστηκε η προώθηση σχεδίου ανάπτυξης υπόγειων μαγνητικών τρένων στην Ελβετία, μια κατεξοχήν ορεινή χώρα, με το σκεπτικό ότι με τους υπόγειους συρμούς δεν θα επιβαρυνθεί το περιβάλλον από επίγειες κατασκευές και ρύπους. Τα αρχικά σχέδια προβλέπουν την κατασκευή διπλών σηράγγων διαμέτρου 5 μέτρων και μήκους εκατοντάδων χιλιομέτρων, που θα συνδέουν τη Γενεύη (νοτιοδυτικά) με το Σαιντ Γκάλεν (βορειοανατολικά) και τη Βασιλεία

(βορειοδυτικά) με τη Μπελινζόν (νοτιοανατολικά). Η ανάπτυξη των μαγνητικών τρένων θεωρείται ότι θα συμβάλει στην αποσυμφόρηση της κυκλοφορίας στους αυτοκινητόδρομους, καθώς και στη μείωση της εσωτερικής εναέριας κυκλοφορίας. Ανασχετικό παράγοντα, όμως, για την ευρεία διάδοση των μαγνητικών τρένων αποτελεί η μεγάλη δαπάνη που απαιτείται για τη δημιουργία εντελώς νέου σιδηροδρομικού δικτύου. Για την υπέρβαση του υψηλού κόστους του νέου δικτύου, προωθείται στις ΗΠΑ η πειραματική ανάπτυξη ενός νέου τύπου τρένου, που είναι γνωστό ως Seraphim (Segmented Rail Phased Induction Motor) και αποτελεί συνδυασμό μαγνητικής προώθησης και τροχών, διαφέρει δηλαδή από το καθεαυτού μαγνητικό τρένο στο ότι δεν ανυψώνεται, είναι όμως δυνατό να κινείται στις ήδη υπάρχουσες συμβατικές σιδηροτροχιές. Οι τροχοί στην περίπτωση των τρένων τύπου Seraphim δεν χρησιμεύουν για την κίνηση του οχήματος, απλά το κατευθύνουν, έτσι ώστε η διαθέσιμη ισχύς από τα μαγνητικά πεδία να καταναλώνεται στην προώθηση.



Εικόνα 45. Μοντέλο μαγνητικού τρένου.

Το 2013 η Central Japan Railway Co. ξεκίνησε τις δοκιμές του υπερσύγχρονου τρένου μαγνητικής αιώρησης που θα εκτελεί το δρομολόγιο Τόκιο-Οσάκα με μέγιστη ταχύτητα τα 500km/h.

Τα τρένα μαγνητικής αιώρησης, θα αιωρούνται πάνω από υπεραγωγίσιμους μαγνήτες εκμηδενίζοντας όχι μόνο τις τριβές και το θόρυβο αλλά και τις αποστάσεις. Αυτή τη στιγμή το τρένο αποτελείται από 5 βαγόνια ενώ το 2015 αναμένεται να προστεθούν άλλα επτά με το συνολικό μήκος του σιδηρόδρομου να φτάνει τα 299 μέτρα.

Αν οι δοκιμές είναι επιτυχείς, το νέο τρένο θα αρχίσει να εξυπηρετεί το κοινό το 2027.



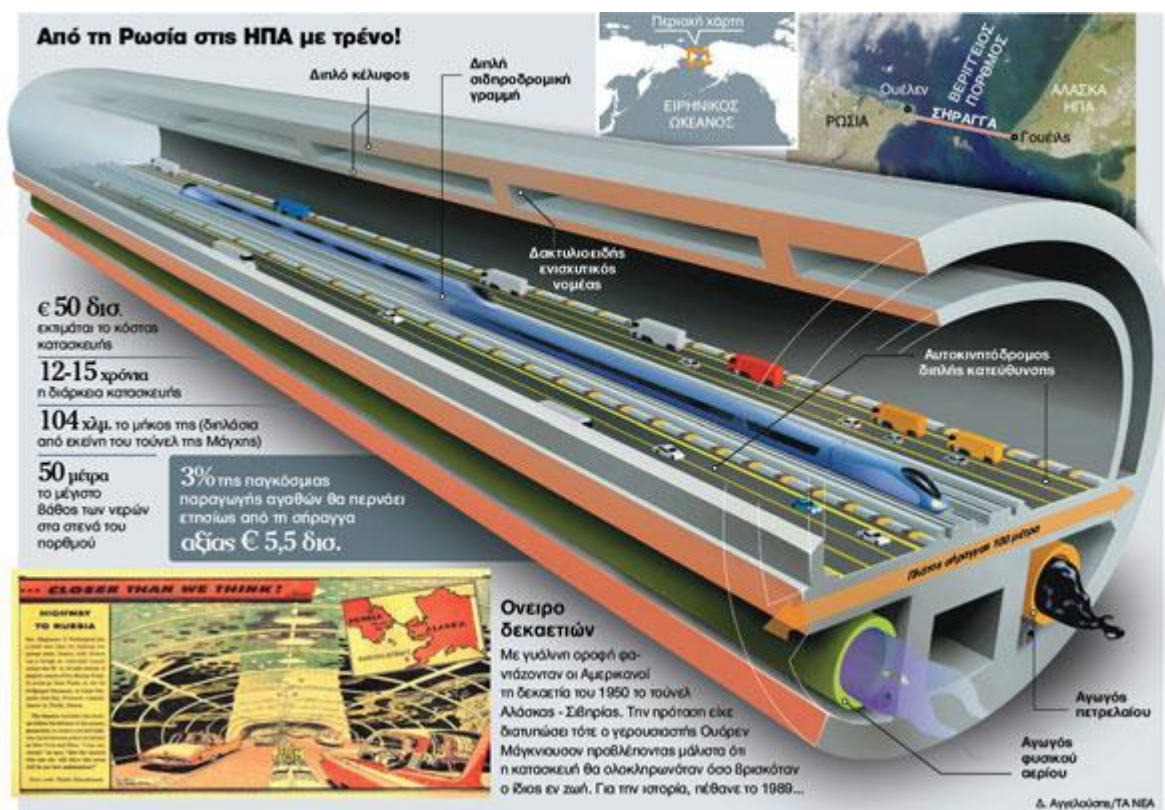
Εικόνα 46. Πρωτότυπο όχημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΡΩΤΟΠΟΡΙΑΚΑ ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

3.1 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΥ ΚΑΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ

Υποθαλάσσια σήραγγα στον Βερίγγειο Πορθμό θα συνδέσει τη Σιβηρία με την Αλάσκα.

Θα μπορούσε να είναι το πραγματικό τέλος του Ψυχρού Πολέμου ή απλώς η υλοποίηση μιας ιδέας που είχε συλλάβει ο μεγάλος ρώσος επιστήμονας Ντιμίτρι Μεντελέγεφ στα τέλη του 19ου αιώνα και είχε δεχθεί με ενδιαφέρον ο 16ος πρόεδρος των Ηνωμένων Πολιτειών Αβραάμ Λίνκολν. Και αυτή δεν είναι άλλη από μια υποθαλάσσια σήραγγα 150 χιλιομέτρων, η οποία θα συνδέει την Αλάσκα με τη Σιβηρία. (βλέπε παρακάτω εικόνα)



Εικόνα 47. Μακέτα έργου.

Το σχέδιο για την κατασκευή του μεγαλύτερου υποθαλάσσιου τούνελ του κόσμου ανακοίνωσε ο επικεφαλής των ρωσικών

σιδηροδρόμων. Ο Βλαντίμιρ Γιακούνιν έκανε γνωστό πριν από μερικές ημέρες ότι τα έργα για το πιο εντυπωσιακό έργο κατασκευαστικής μηχανικής θα ξεκινήσουν μέσα στα επόμενα δύο χρόνια. Για την ολοκλήρωσή του θα χρειαστούν άλλα 15 χρόνια. Αλλά όποιος έχει χρόνο και χρήμα, το 2030 θα μπορεί να διασχίσει τα θαλάσσια σύνορα που χωρίζουν τις δύο ηπείρους όχι από τα παγωμένα νερά της Αρκτικής αλλά καθισμένος μέσα σε ένα υπερσύγχρονο τρένο ή ακόμη και στο αυτοκίνητό του.

Το σχέδιο ονομάζεται «World Link». Πρόκειται για ένα δίκτυο σιδηροδρομικών γραμμών που θα ανεβαίνει από την Κωνσταντινούπολη, θα περνά από τη Βαρσοβία και μέσω του Υπερσιβηρικού Σιδηροδρόμου θα φθάνει στο άκρο της Σιβηρίας. Στο χωριό Ουέλεν η σιδηροδρομική γραμμή θα «βυθίζεται» σε 50 μέτρα βάθος, θα διασχίζει τον Βερίγγειο Πορθμό και θα αναδύεται στην άλλη πλευρά, στο Ακρωτήριο του Πρίγκιπα της Ουαλίας στην Αλάσκα. Η Ρωσική Ομοσπονδία και οι Ηνωμένες Πολιτείες θα ενωθούν με ένα υποθαλάσσιο τούνελ, δύο φορές μεγαλύτερο από το τούνελ της Μάγχης που συνδέει τη Γαλλία με τη Βρετανία. Η διάμετρος της σήραγγας θα φθάνει στα 100 μέτρα. Εκεί θα φιλοξενείται, εκτός από τη σιδηροδρομική γραμμή, και ένας αυτοκινητόδρομος διπλής κατεύθυνσης για αυτοκίνητα και φορτηγά. Από εκεί θα περνάει και ένας αγωγός που θα μεταφέρει το πετρέλαιο της Σιβηρίας, αλλά κι ένας αγωγός φυσικού αερίου για να τροφοδοτούνται 48 Πολιτείες της Βόρειας Αμερικής.

Σε εκείνο πάντως στο οποίο ποντάρει το καρτέλ των επιχειρήσεων που εμπλέκονται στο σχέδιο είναι το εμπόριο. Οι ειδικοί υπολογίζουν ότι από το τούνελ στον Βερίγγειο θα περνούν τουλάχιστον 100 εκατομμύρια τόνοι προϊόντα ετησίως, στέλνοντας στη σύνταξη πλοία και αεροπλάνα που κάνουν σήμερα την ίδια δουλειά – εφόσον το επιτρέψουν τα μετεωρολογικά δελτία. Κάποιοι μιλούν για τον νέο Δρόμο του Μεταξιού. Τα 6.000 χιλιόμετρα αυτού του δρόμου βρίσκονται επί ρωσικού εδάφους και άλλα 2.000 επί αμερικανικού. Το συνολικό μήκος του δικτύου θα φθάνει στα 150.000 χιλιόμετρα, κάνοντας τον πλανήτη να φαίνεται ακόμη πιο μικρός. Το κόστος θα φθάσει στο αστρονομικό ποσό των 65 δισ. δολαρίων . Αλλά το ποσό δεν φαίνεται να φοβίζει τα 34 κράτη που εξέφρασαν τον ενθουσιασμό τους, με πρώτη και καλύτερη την Κίνα.

Για τη Ρωσία η ένωση αυτή έχει έναν ιδιαίτερο συμβολισμό. Ο τσάρος Αλέξανδρος είχε πουλήσει την Αλάσκα στις ΗΠΑ αντί 7,2 δισ. δολαρίων – δηλαδή 5 δολάρια το τετραγωνικό χιλιόμετρο.

Σιδηροδρομικό Λεωφορείο

Παρακάτω σας παρουσιάζουμε ένα πρωτοποριακό μέσο μεταφοράς που συνδυάζει τρένο και λεωφορείο. Όπως θα δείτε και από τις φωτογραφίες ο σχεδιασμός του επιτρέπει να κινείται πάνω από τους αυτοκινητοδρόμους χωρίς να εμποδίζει την διέλευση των οχημάτων. Τα πλεονεκτήματα που συνδυάζει είναι αρκετά και για αυτό είναι πολύ πιθανό σύντομα να το δούμε να περνάει από μπροστά μας.



Εικόνα 48. Μοντέλο κατασκευής

Το κόστος εφαρμογής του δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό αφού μπορεί να εφαρμοστεί με ορισμένες τροποποιήσεις σε υπάρχον δίκτυο. Στις παρακάτω φωτογραφίες θα δείτε λεπτομέρειες της κατασκευής του καθώς και της συνύπαρξής του με το περιβάλλον και τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς.



Εικόνα 49. Μακέτα κατασκευής έργου.

Στην παραπάνω εικόνα βλέπεται μια τυπική διατομή που θα έχει ένας αυτοκινητόδρομος που θα έχει και την εν λόγω κατασκευή .



Εικόνα 50. Όψη από ψηλά.



Εικόνα 51. Πρόσωση από την μακέτα κατασκευής.

Elevated High-Speed[®] Launching layout Operation Mode

1. The vehicle enters the launching layout and is accelerated to the design speed (120 km/h) by the launching layout. The vehicle then enters the high-speed rail line and is accelerated to the design speed (300 km/h) by the high-speed rail line. The vehicle then enters the high-speed rail line and is accelerated to the design speed (300 km/h) by the high-speed rail line. The vehicle then enters the high-speed rail line and is accelerated to the design speed (300 km/h) by the high-speed rail line.



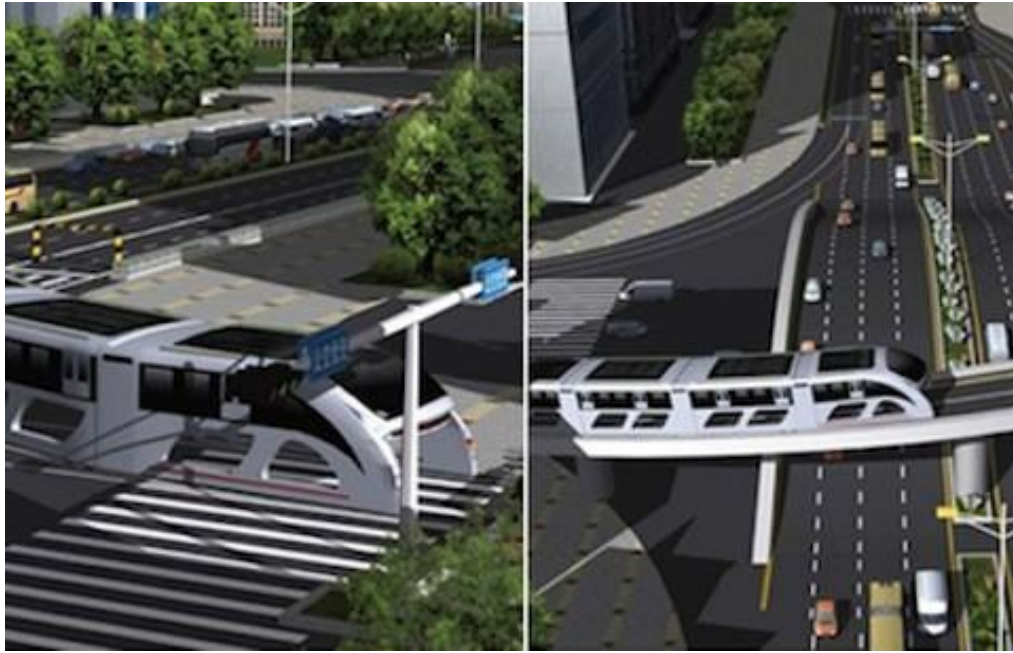
Εικόνα 52. Στάση για την μετακίνηση των επιβατών.



Εικόνα 53. Προσομοίωση έργου σε πραγματικό περιβάλλον.



Εικόνα 54. Μακέτα έργου σε εκτός σχεδίου περιοχές.



Εικόνα 55. Μακέτα έργου σε εντός σχεδίου περιοχές.

Το εν λόγω έργο πιστεύουμε ότι είναι μια λύση στην αποφόρτιση της κίνησης των μεγάλων πόλεων λόγω της εύκολης εφαρμογής του σε υπάρχον οδικό δίκτυο αλλά και της όμορφης αίσθησης της μετακίνησης που θα δίνει στους πελάτες λόγω της θέας που μπορεί να προσφέρει.

Μπορεί να συνδυάσει την μεταφορά επιβατών με την τουριστική αξιοποίηση της πόλης αφού είναι κατάλληλο για αδιάκοπες μεταφορές μέσα στην πόλη.

Ακόμα η σχεδίαση του δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις αφού μπορεί να διαφοροποιηθεί ανάλογα με τις ανάγκες είτε των επιβατών είτε το υπάρχον οδικό δίκτυο.

Τρένο που δεν σταματάει σε στάσεις.

Ένας τρόπος εξοικονόμησης χρήματος και χρόνου είναι να μην σταματάει ο συρμός στις στάσεις. Βέβαια η στάση του είναι απαραίτητη για τον επιβιβασμό και τον αποβιβασμό των επιβατών στις εκάστοτε στάσεις. Μία λύση στο εν λόγω πρόβλημα φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 56. Μοντέλο αποσπώμενου τμήματος συρμού.

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε ένα βαγόνι το οποίο βρίσκεται στη στάση αναμονής των επιβατών αλλά βρίσκεται αρκετά υψηλότερα από τις σιδηροδρομικές ράγες του συρμού. Για να επιβιβαστούν οι επιβάτες στον τρένο πρέπει να εισέλθουν στο βαγόνι αυτό. Όταν πλησιάζει το τρένο ειδοποιούνται οι επιβάτες να εισέλθουν στο βαγόνι. Έπειτα καθώς πλησιάζει το τρένο περνάει κάτω από το εν λόγω βαγόνι και με συγκεκριμένη ταχύτητα το παίρνει μαζί του καθώς φεύγει από το σταθμό. Στην θέση του βαγονιού που φεύγει το τρένο αφήνει ένα άλλο βαγόνι, το οποίο εμπεριέχει τους επιβάτες που θέλουν να αποβιβαστούν από τον συρμό.



Εικόνα 57. Εναλλαγή βαγονιών.

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε την εναλλαγή των βαγονιών κατά την άφιξη του συρμού χωρίς να κάνει στάση. Οι επιβάτες βρίσκονται εντός αυτών και μετά την αγκίστρωση του με τον συρμό μπορούν οι επιβάτες να κατέβουν στον κύριο συρμό.

Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνουμε την μη ακινητοποίηση του τρένου και την βελτιστοποίηση των χρόνων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ – ΜΕΣΑ ΦΙΛΙΚΑ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

4.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ

Έξυπνοι δρόμοι



Εικόνα 58. Μοντέλο κατασκευής.

Μια εικόνα των δρόμων του κοντινού μέλλοντος παρουσιάστηκε στο Dutch Design Week στην Ολλανδία. Οι νέοι αυτοκινητόδρομοι θα ενσωματώνουν μια σειρά από προηγμένες τεχνολογίες που θα τους κάνουν πραγματικά έξυπνους.

Τα συστήματα

Οι «Έξυπνοι Αυτοκινητόδρομοι» (Smart Highways) όπως ονομάζεται το πρόγραμμα κατασκευής των νέων δρόμων κέρδισαν βραβείο καινοτομίας. Τα σχέδια των έξυπνων αυτοκινητοδρόμων έχουν αναπτύξει οι εταιρείες Studio Roosegaarde και Heijmans Infrastructure.

Οι δρόμοι αυτοί θα ενσωματώνουν συστήματα φωτισμού τα οποία θα εντοπίζουν τα οχήματα που βρίσκονται πάνω τους και θα φωτίζουν τα σημεία στα οποία κινούνται. Όταν δεν υπάρχει κίνηση οχημάτων οι φωτισμοί θα απενεργοποιούνται ώστε να μην χρειάζεται να είναι μόνιμα αναμμένα το βράδυ τα συμβατικά φώτα των δρόμων και έτσι να εξοικονομείται ενέργεια.

Οι λευκές λωρίδες και οι άλλες σημάσεις στον δρόμο θα είναι βαμμένες με ειδικές μπογιές που θα είναι «ευαίσθητες» στις μεταβολές του καιρού και θα τις κάνουν ευδιάκριτες για τους οδηγούς στη βροχή, το χιόνι κλπ. Στους έξυπνους αυτοκινητοδρόμους θα υπάρχουν ακόμη και ειδικές λωρίδες που θα απευθύνονται στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα τα οποία θα φορτίζονται αυτόματα καθώς κινούνται πάνω σε αυτές. Το πρώτο δείγμα των έξυπνων αυτοκινητοδρόμων θα το δούμε στην Ολλανδία αφού όπως έγινε γνωστό οι δρόμοι της χώρας το 2013 θα βαφτούν με μια ειδική φωτοβόλο σκόνη που θα φωτίζει τον δρόμο για δέκα ώρες αφού πέσει το σκοτάδι.

Έξυπνα» φανάρια κυκλοφορίας από την IBM

Η εταιρία IBM κατοχύρωσε μια πρωτοποριακή πατέντα για μια εφαρμογή, που φέρνει πραγματική επανάσταση στο κυκλοφοριακό, καθώς επιτρέπει στα φανάρια των δρόμων να ενεργοποιούν και να απενεργοποιούν από απόσταση και αυτόματα τις μηχανές των αυτοκινήτων, με στόχο να εξοικονομείται κατανάλωση καυσίμων, ειδικά στις πολυσύχναστες διασταυρώσεις.

Το σύστημα θα λαμβάνει σήμα από τα αυτοκίνητα που περιμένουν στα φανάρια να ανάψει πράσινο και, αν ο χρόνος μέχρι να σβήσει το κόκκινο είναι πάνω από ένα όριο (π.χ. δύο λεπτά), τότε το ίδιο το φανάρι θα στέλνει σήμα στις μηχανές των αυτοκινήτων για να σβήσουν.

Όταν τα φανάρια ανάβουν πράσινο, το σήμα θα στέλνεται αρχικά στα πρώτα στη σειρά αναμονής οχήματα και μετά σε αυτά από πίσω τους, ώστε να ενεργοποιηθούν αυτόματα.

Σύμφωνα με την IBM, το σύστημα θα μπορούσε, εκτός από τα αυτοκίνητα, να εφαρμοστεί και στα φανάρια του σιδηροδρομικού δικτύου και γενικότερα σε κάθε άλλο παρεμφερές δίκτυο.

Για να λειτουργήσει αποτελεσματικά το σύστημα, θα πρέπει να συλλέγει και να συνυπολογίζει συνεχώς στοιχεία από διάφορες πηγές: τα «ρολόγια» που ρυθμίζουν τη συχνότητα με την οποία αναβοσβήνουν τα φανάρια, στοιχεία από GPS για τις θέσεις των οχημάτων, πληροφορίες από αισθητήρες στην ασφαλτο σχετικά με την κίνηση στους δρόμους, κάμερες κ.α.

Το σύστημα μπορεί να επικοινωνεί (να παίρνει και να στέλνει σήματα) με διάφορους τρόπους, όπως με ασύρματη τεχνολογία Wi-Fi, με δίκτυα κινητής τηλεφωνίας ή με δορυφόρους.

Η καινοτομική υπηρεσία μπορεί να προσφέρεται είτε δωρεάν σε όλους τους οδηγούς ως κοινωνική ή δημοτική παροχή, είτε ως επί πληρωμή υπηρεσία σε όσους θέλουν και πληρώνουν το σχετικό κόστος.

Εναλλακτικά, αντί η μηχανή του αυτοκινήτου να σβήνει ή να ανάβει μόνη της, τα φανάρια μπορούν να στέλνουν σήμα στον οδηγό να το κάνει εκείνος χειροκίνητα.

Η επαναστατική ιδέα βρίσκεται στο στάδιο της ανάπτυξης από την IBM. Πάντως πολλές πατέντες κατατίθενται για κατοχύρωση, όμως ποτέ δεν βρίσκουν πρακτική εφαρμογή. Το τι θα γίνει στη συγκεκριμένη περίπτωση, θα το δείξει ο χρόνος



Εικόνα 59. Πρωτότυπη κατασκευή

4.2 ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟ ΜΕΣΟ ΑΠΟ ΤΗΝ GOOGLE



Εικόνα 60. Το Shweeb

Το Shweeb είναι ένα πρωτότυπο μέσο μεταφοράς του μέλλοντος για μετακινήσεις μέσα στην πόλη. Μοιάζει με ένα ποδήλατο-κάψουλα που κινείται με πετάλια πάνω σε έναν σιδηρόδρομο. Προς το παρόν υπάρχει μόνο με την μορφή concept, όμως η Google πιστεύει σε αυτό και έχει ήδη επενδύσει 1.000.000 δολάρια σε αυτό, θεωρώντας πως μπορεί να αλλάξει τον τρόπο που κινούνται οι άνθρωποι μέσα στην πόλη.

Όπως θα δείτε παρακάτω, φαίνεται διασκεδαστικό και αναμφίβολα οικολογικό, όμως διατηρούμε τις επιφυλάξεις μας σχετικά με την πρακτικότητα του.



Εικόνα 61. Τρόπος μετάδοσης της κίνησης.



Εικόνα 62. Κάψουλες επιβατών



Εικόνα 63. Μετακίνηση επιβατών



Εικόνα 64. Οδηγήτριες ράγες

5.1 Η ΙΠΤΑΜΕΝΗ ΤΕΦΡΑ ΩΣ ΥΛΙΚΟ ΥΠΟΒΑΣΗΣ ΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Η χρήση των ασβεστούχων τεφρών στην οδοποιία και στην κατασκευή δαπέδων για τη σταθεροποίηση των στρώσεων βάσης καλύπτεται από τη σειρά των Ευρωπαϊκών προτύπων EN 14227 και EN13286. Τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη από μια τέτοια εφαρμογή που αφορά όλους τους τύπους οδοστρωμάτων εύκαμπτων και άκαμπτων είναι προφανής τόσο σε εθνικό όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Αξίζει να σημειωθεί ότι στη νοτιοανατολική Ευρώπη όπου επικρατεί το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικά συλλεγόμενης τέφρας βρίσκονται σε εξέλιξη έργα μεγάλων οδικών αρτηριών, αεροδρομίων, αποθηκευτικών χώρων σε λιμάνια και εμπορευματικούς σταθμούς ενώ έχουν προγραμματισθεί πολλά έργα υποδομής για την επόμενη δεκαετία.

Ο τομέας αυτός της χρήσης των τεφρών σε γεωτεχνικές εφαρμογές είναι γνωστός διεθνώς από τη δεκαετία του 70 αλλά μέχρι σήμερα και ειδικά για τις ασβεστούχες τέφρες η ποσότητα του υλικού που προσροφάται για υψηλής αξίας γεωτεχνικές εφαρμογές(και όχι για την αποκατάσταση ορυγμάτων) είναι σχετικά χαμηλή. Οι σχεδιαστές έργων, οι μηχανικοί είναι απρόθυμοι να εφαρμόζουν εναλλακτικά υλικά, ακόμη και όταν υπάρχει οικονομικό όφελος. Η έλλειψη της πλήρους κατανόησης των πλεονεκτημάτων που προκύπτουν από τη χρήση των εγχώριων τεφρών (οικονομικών, τεχνικών και περιβαλλοντικών, η έλλειψη πολιτικής ή κινήτρων από την πολιτεία για την προώθηση τέτοιων «πράσινων» λύσεων καθώς και η απουσία κώδικα ή οδηγού για τη χρήση των τεφρών αυτών στις συγκεκριμένες εφαρμογές στους οποίους να έχει ενσωματωθεί εμπειρία από την πράξη, αποτελούν εμπόδια που πρέπει να υπερπηδηθούν. Οι μηχανικοί έχουν πολλά ερωτήματα που αφορούν

- ποιότητα και πως θα ελέγχεται η καταλληλότητα των τεφρών
- συνεχής διαθεσιμότητα του υλικού
- τρόπος χειρισμού του υλικού και λεπτομερείς οδηγίες εφαρμογής σε όλα τα στάδια κατασκευής
- κατάλληλη αντιμετώπιση όλων των βραχύχρονων ή μακρόχρονων προβλημάτων που μπορούν να παρουσιαστούν σε σταθεροποιημένες με τέφρα υποβάσεις που κυρίως αφορούν σταθερότητα όγκου και ανθεκτικότητα.

Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσονται αυτές οι απόψεις εν σχέσει με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα που αφορούν τα υδραυλικού χαρακτήρα μίγματα υποβάσεων. Στόχος είναι να αναδειχθούν τα εμπόδια στη χρήση των ασβεστούχων τεφρών βάσει της εμπειρίας από προηγούμενες πιλοτικές εφαρμογές και να συζητηθεί κατά πόσο τα κριτήρια που εισάγονται από τα προηγουμένως αναφερόμενα Ευρωπαϊκά πρότυπα καλύπτουν τη χρήση των ασβεστούχων τεφρών. Επιπλέον γίνονται συστάσεις για την με ασφάλεια χρήση των ασβεστούχων τεφρών ιδιαίτερα στον ελληνικό χώρο.

Η ελληνική εμπειρία από την πράξη

Η υψηλή σχετικά υδραυλικότητα της ελληνικής ασβεστούχας ιπτάμενης τέφρας της ευρύτερης περιοχής της Πτολεμαΐδας που αποτελεί το 80% της συνολικά συλλεγόμενης τέφρας στους λιγνιτικούς σταθμούς έχει διεξοδικά διερευνηθεί από τη δεκαετία του 80.

Σκυροδέματα με υψηλό ποσοστό αλεσμένης ιπτάμενης τέφρας αναπτύσσουν αντοχή συγκρίσιμη του συμβατικού σκυροδέματος. Το 1995-97 κατασκευάστηκε το φράγμα της Πλατανόβρυσης με κυλινδρούμενο σκυρόδεμα που περιείχε 82% αλεσμένη ιπτάμενη τέφρα και 18% τσιμέντο CEM I42.5. Εν τούτοις η χρήση της ακατέργαστης τέφρας στην οδοποιία ή σε δάπεδα είναι περιορισμένη. Το 1986 το Υπουργείο Δημοσίων Έργων διερεύνησε τη σταθεροποίηση υπόβασης με ακατέργαστη ασβεστούχα τέφρα. Ένα τμήμα δρόμου κατασκευάστηκε αναμιγνύοντας τέφρα και αδρανή επί τόπου. Σύμφωνα με τους συναδέλφους που επέβλεψαν το έργο, τα κύρια προβλήματα ήταν: η πρώιμη πήξη της κονιάς, η μεγάλη απαίτηση σε νερό του αναμίγματος, η δυσκολία χειρισμού του υλικού, η διακύμανση της σύστασης του υλικού, ενώ οι απαιτήσεις αντοχών επιτεύχθηκαν.

Κατά την περίοδο 2000-2002 το Εργαστήριο Οδοποιίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου χρησιμοποίησε ανάμιγμα ακατέργαστης τέφρας περιοχής Πτολεμαΐδας και αδρανών για την κατασκευή υποβάσεων σε δυο πιλοτικά προγράμματα. Στα συμπεράσματα των συγγραφέων για τις σχετικές εφαρμογές αναφέρονται ως παρατηρήσεις η δυσκολία στις συνθήκες αποθήκευσης, η απώλεια εργασιμότητας στα αναμίγματα μεγάλης περιεκτικότητας σε τέφρα, η διακύμανση του απαιτούμενου νερού, η επιρροή των κλιματικών συνθηκών και ιδιαίτερα των υψηλών θερμοκρασιών, η ανάγκη υγρής συντήρησης μετά το στρώσιμο, η ελάχιστη πρώιμη αντοχή των αναμιγμάτων. Η επιτευχθείσα αντοχή των αναμιγμάτων ακατέργαστης τέφρας με αδρανή ήταν περίπου 50-70% των αντίστοιχων μιγμάτων με υδραυλική κονία σκέτο τσιμέντο και θεωρήθηκε ικανοποιητική για το σχεδιασμό των συγκεκριμένων υποβάσεων του προγράμματος.

Σχολιάζοντας τα προηγούμενα πιλοτικά έργα πρέπει να λεχθεί ότι οι πληροφορίες που δίνονται για την ακατέργαστη τέφρα που χρησιμοποιήθηκε όσον αφορά τη χημική σύσταση, τα φυσικά χαρακτηριστικά και γενικά τις δοκιμασίες ελέγχου της τέφρας πριν χρησιμοποιηθεί είναι σχετικά περιορισμένες και δεν επιτρέπουν μια συσχέτιση της συμπεριφοράς των αναμιγμάτων στην πράξη με τα χαρακτηριστικά της τέφρας.

Το 2003 στο Εργαστήριο Δομικών Υλικών του Α.Π.Θ στα πλαίσια του ΕΠΑΝ για πιλοτικές εφαρμογές της ιπτάμενης τέφρας ελέγχθηκε ακατέργαστη ιπτάμενη τέφρα που φαίνεται παρακάτω ως σταθεροποιητικό υλικό για δύο τύπους εδαφών' ενός τύπου Α κατηγορίας CL κατά Casagrande ταξινόμηση και ενός τύπου Β που συνίστατο από μη συνεκτική άμμο. Τα εδάφη αποτελούσαν υποστρώματα τμημάτων υπό κατασκευή οδών. Ο δεύτερος τύπος αποτελούσε υπόστρωμα χάραξης Εγνατίας Οδού στη θέση Κλειδί Βέροιας. Τα χαρακτηριστικά των δυο τύπων Α και Β εδαφών δίνονται παρακάτω.

Παρασκευάστηκαν δύο μίγματα της ιπτάμενης τέφρας με το έδαφος Α (προσθήκη 20% και 40% κατά βάρος ξηρού μίγματος) και διάφορα μίγματα τέφρας με την άμμο (προσθήκη 0-13% κατά βάρος ξηρού μίγματος). Η τροποποιημένη μέθοδος Proctor χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της max πυκνότητας γ_d, του απαιτούμενου ποσοστού νερού και των ογκομετρικών μεταβολών. Τα δοκίμια των μιγμάτων (κατά τη μέθοδο Proctor) συντηρήθηκαν κατάλληλα (18οC και 90% σχετική υγρασία) και φορτίστηκαν σε ανεμπόδιστη μονοαξονική θλίψη σε ηλικία 7 και 28 ημερών. Μετρήθηκαν επίσης οι παραμορφώσεις λόγω συστολής. Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω.

| Ιδιότητες ακατέργαστης αβριστικής υπτάμενης πέφρας (IT) που χρησιμοποιήθηκε για σταθεροποίηση εδαφών | | | |
|--|-------|---------------------------------|------------------|
| Χημική σύσταση (%) | | Αρχικός χρόνος πήξης (min) | |
| SiO ₂ | 27.5 | 100% IT | 30% IT + 70% CEM |
| Al ₂ O ₃ | 17.5 | 150 | 138 |
| CaO | 33.8 | Σταθερότητα (Le Chatelier) (mm) | |
| Fe ₂ O ₃ | 3.50 | 100% IT | 30% IT + 70% CEM |
| CaO _{free} | 11.13 | 2.40 | 1.95 |
| SO ₃ | 6.31 | Λεπτότητα R ₄₅ % w/w | |
| Απολεία πάρωσης | 4.20 | 38.5 | |
| Υγρασία | 0.30 | | |

| Χαρακτηριστικά των εδαφών που σταθεροποιήθηκαν με IT | | | |
|--|--|---------------------------|---|
| Τύπος Α | | Τύπος Β | |
| Χημική σύσταση (%) | | (φυσική άμμος) | |
| SiO ₂ | 67.4 | δραστικό SiO ₂ | 10% |
| Al ₂ O ₃ | 13.8 | Ισοδύναμο άμμο (AASHO) | SE 85 |
| Fe ₂ O ₃ | 5.15 | Τροποποιημένη Proctor | P _d = 1.59 Mg/m ³ w = 4.7% |
| CaO | 1.48 | CBR | 2.89 |
| MgO | 1.52 | | |
| Αλκαλικά | 3.13 | | |
| Κοκκομετρική ανάλυση (%) | | Κατηγοριοποίηση | |
| Άργιλος <4μm | 9.49 | AASHO | A3 |
| Silt 4-63μm | 23.54 | ASTM D2487 | SP |
| Άμμος >63μm | 66.97 | | |
| Όρια Atterberg | Κατηγορία CL | | |
| Τροποποιημένη Proctor | P _d = 1.94 Mg/m ³ w = 12.6% | | |

Εικόνα 65. Ιδιότητες – χαρακτηριστικά .

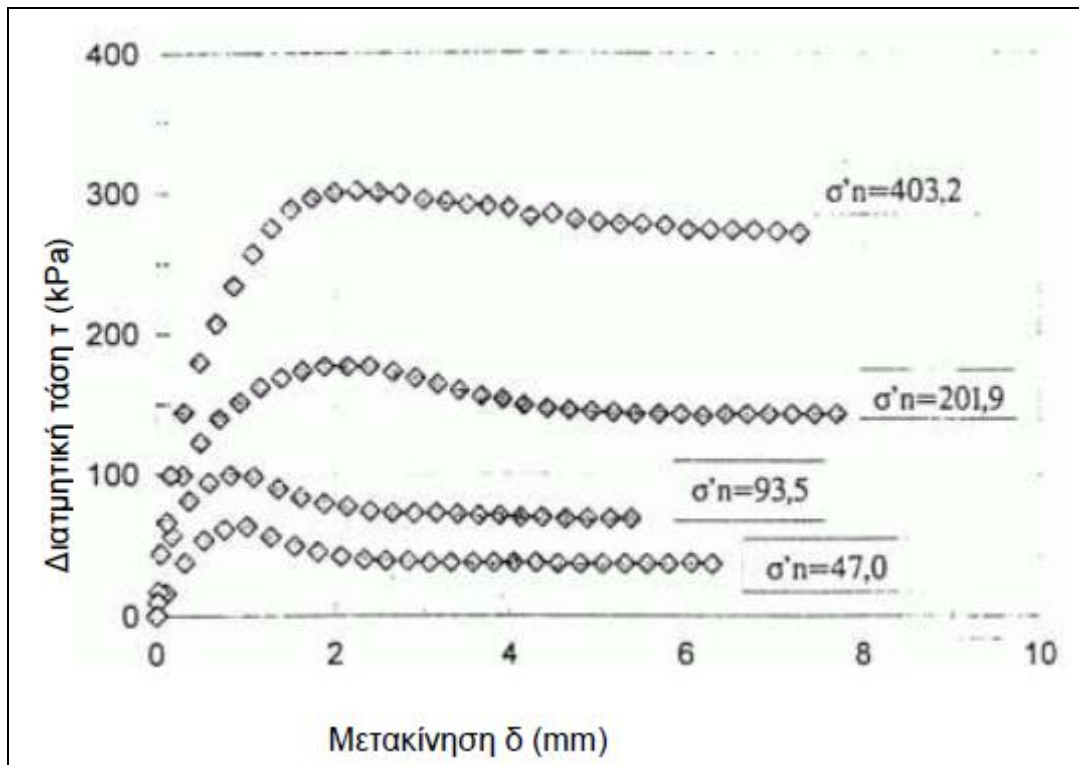
| Αποτελέσματα δοκιμής Τροποποιημένης Proctor σε κυλινδρικά δοκίμια διαστάσεων 10.15x11.57 cm | | | | | | | | |
|---|-----------------------|----------|---------------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------|-----------------|
| Μίγμα | P_d (Mg/m^3) | w (%) | Μονοαξονική θλιπτ. αντοχή | | | Μεταβολή όγκου | | |
| | | | R_{c1} (MPa) | R_{c2} (MPa) | R_{c3} (MPa) | Χρονική περίοδος | Μετ. όγκου (%) | Μετ. βάρους (%) |
| 100% εδάφος | 1.94 | 12.6 | 0.241 | 0.241 | 0.241 | 0-28d | 8.0 | 6.4 |
| 20% IT + 80% εδάφος | 1.78 | 15.8 | 1.00 | 3.78 | 3.98 | 0-28d | 2.4 | 9.7 |
| 40% IT + 60% εδάφος | 1.66 | 18.5 | 1.90 | 2.50 | 3.00 | 0-28d | 5.5 | 12.0 |

Εικόνα 66. Αποτελέσματα δοκιμής.

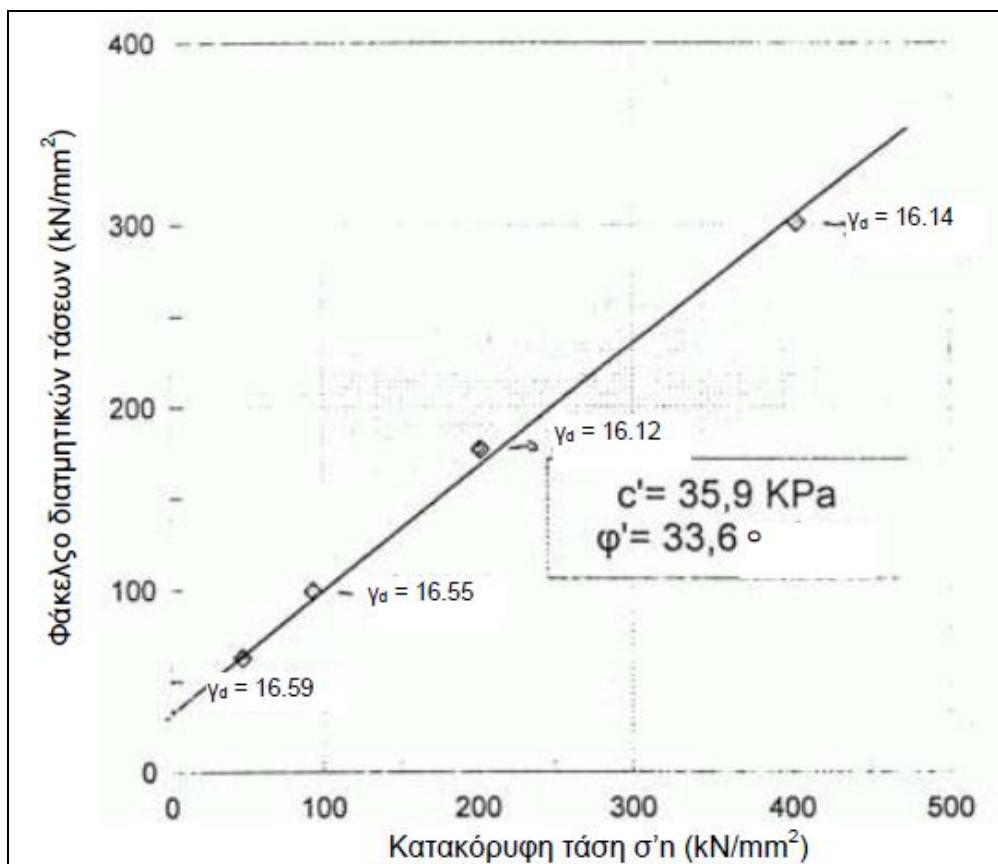
Στην περίπτωση των μιγμάτων τέφρας-άμμου έγιναν μετρήσεις CBR και αντοχής σε διάτμηση υπό διάφορα επίπεδα κύριας τάσης με τη συνεργασία του Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής Α.Π.Θ. Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω και η σχέση διατμητικών τάσεων-μετατοπίσεων δίνεται στην εικόνα 68 και 69.

| Τιμές Proctor και CBR μιγμάτων IT και εδάφους τύπου B | | | | | |
|---|-----------------|--------------------|-------|--|--------------------|
| μίγμα | Προσθήκη IT (%) | P_d (Mg/m^3) | w (%) | CBR μετά από συντήρηση σε υγρασία για 7 ημέρες | Μεταβολή όγκου (%) |
| 1 | 0 | 1.59 | 4.7 | 2.89 | 0 |
| 2 | 4 | 1.60 | 7.6 | 7.55 | 0 |
| 3 | 7 | 1.62 | 7.8 | 19.43 | 0 |
| 4 | 10 | 1.67 | 8.5 | 25.15 | 0 |
| 5 | 13 | 1.68 | 11.6 | 34.91 | 0 |

Εικόνα 67. Αποτελέσματα CBR.



Εικόνα 68. Διάγραμμα διατμητικής τάσης – μετακίνησης



Εικόνα 69. Φάκελος διατμητικής τάσης

Όπως φαίνεται παραπάνω η ακατέργαστη τέφρα έχει ένα υψηλό ποσοστό διαθέσιμης ασβέστου (CaO 11,13% κατά βάρος) και θεικών (SO₃ 6.13% κατά βάρος) και αναμένονταν μεγάλες μεταβολές όγκου των μιγμάτων εδάφους-τέφρας. Εν τούτοις και για τους δυο τύπους εδαφών η σταθερότητα όγκου βελτιώθηκε με την προσθήκη τέφρας. Επιπλέον διερεύνηση έδειξε ότι οι τύποι Α και Β εδαφών περιείχαν 5% και 10% δραστικό πυρίτιο, αντίστοιχα.

Έτσι, έγινε η υπόθεση ότι στη σταθερότητα αυτή των μιγμάτων συνετέλεσε η δέσμευση της ασβέστου από το πυρίτιο των εδαφικών υλικών. Αυτή η ενδιαφέρουσα παρατήρηση θέτει θέμα συμβατότητας μεταξύ σταθεροποιητή και εδαφικών μιγμάτων. Για παράδειγμα σε περίπτωση εδαφών πλούσιων σε άμορφο δραστικό πυρίτιο η τέφρα συνεισφέρει στη σταθερότητα και συνεκτικότητα των εδαφών. Πρέπει να λεχθεί επίσης ότι υπάρχει μια optimum προσθήκη στην οποία εμφανίζεται η χαμηλότερη ογκομετρική μεταβολή του μίγματος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση που ελέγχθηκε η προσθήκη 20% ιπτάμενης τέφρας παρουσίασε τη χαμηλότερη ογκομετρική μεταβολή.

5.2 ΑΝΑΛΥΚΛΩΣΗ ΥΛΙΚΩΝ

Τα έργα Οδοποιίας αποτελούν ένα εξαιρετικό πεδίο εφαρμογής των τεχνικών της ανακύκλωσης στερεών αποβλήτων. Ο πρώτος βασικός λόγος είναι τα έργα Οδοποιίας μπορούν να απορροφήσουν τεράστιες ποσότητες υλικών και αυτό είναι πολύ σημαντικό. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι, ειδικά η υπεραστική Οδοποιία, προσφέρει εκτεταμένους και προσιτούς χώρους προσωρινής εναπόθεσης, ανάμιξης και τυχόν κατεργασίας.

Παρ' όλα αυτά υπάρχουν και για την Οδοποιία κάποιοι περιορισμοί και, αντίστοιχα, συγκεκριμένες προϋποθέσεις για να μπορεί ένα παραπροϊόν να εφαρμοσθεί σε κατασκευές οδικών έργων. Οι προϋποθέσεις αυτές είναι οι εξής:

- Ο ρυθμός παραγωγής του παραπροϊόντος να είναι τουλάχιστον 50.000 τόνοι / έτος, ούτως ώστε να εξασφαλίζεται μια ποσότητα για ευρείας κλίμακας τεχνική εφαρμογή.
- Οι αποστάσεις μεταφοράς να παραμένουν μικρές, ούτως ώστε να μην αυξάνεται το κόστος των υλικών
- Το παραπροϊόν προς χρήση να μην είναι υπερβολικά τοξικό και, σε κάθε περίπτωση, να υφίσταται την απαραίτητη επεξεργασία
- Το παραπροϊόν να μην παρουσιάζει υψηλή διαλυτότητα στο νερό ούτως ώστε να μη ρυπαίνει τους υπόγειους και επιφανειακούς υδροφορείς

Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους και την καταλληλότητά τους για έργα Οδοποιίας τα προς απόρριψη υλικά κατατάσσονται σε 4 κατηγορίες:

Κατηγορία I: Υλικά εξαιρετικής ποιότητας, είτε σε φυσική μορφή, είτε μετά από επεξεργασία

Κατηγορία II: Υλικά καλής ποιότητας για τα οποία, προ της χρήσης, απαιτείται σημαντική επεξεργασία

Κατηγορία III: Υλικά μέτριας ποιότητας που χρησιμοποιηθούν μόνον σε ειδικές περιπτώσεις

Κατηγορία IV: Υλικά που δεν παρουσιάζουν ενδιαφέρον για την οδοποιία

Τα πιο γνωστά στερεά απόβλητα και βιομηχανικά παραπροϊόντα κατατάσσονται ανάλογα με τη δομική τους εκμεταλλευσιμότητα, τον απαιτούμενο βαθμό προεπεργασίας και την τοξικότητά τους στις τέσσερις προαναφερθείσες κατηγορίες, όπως φαίνεται παρακάτω.

| ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ | ΕΙΔΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ |
|---------------|---|
| ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ I | Σκωρίες Υψικαμίνων Ιπτάμενη Τέφρα Θεωικά Απόβλητα Σκωρίες Κατεδαφίσεων Στείρα Άνθρακος |
| ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ II | Φωσφογύψος Στείρα Ορυχείων Ελαστικά Αστικά Απορρίμματα (κατεργασμένα) Λοιπές Σκωρίες |
| ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ III | Στείρα Χαλκού Ρητίνες Λιγνίνες Πλαστικά Γυαλί Ερυθρά Γλύς |
| ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ IV | Δασικά Απόβλητα Λοιπά Παραπροϊόντα |

Εικόνα 70. Κατάταξη αποβλήτων και παραπροϊόντων σε αποβλήτων σε κατηγορίες.

Η πρακτική χρήσης των απορριπτόμενων υλικών στην Οδοποιία ποικίλλει από χώρα σε χώρα. Πέρα από το θέμα της ύπαρξης ή μη του συγκεκριμένου παραπροϊόντος και λόγοι, όπως οι διατιθέμενες ποσότητες, οι αποστάσεις, το κόστος των πρώτων υλών αλλά και το κόστος της κατεργασίας των αποβλήτων επηρεάζουν σημαντικά το εύρος του πεδίου εφαρμογής.

Παρακάτω δίδεται το στάδιο στο οποίο ευρίσκεται η πρακτική χρήσης ορισμένων αποβλήτων σε χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής.

| ΣΤΕΙΡΑ ΚΑΙ ΒΙΟΜ/ΝΙΚΑ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΣ ΑΠΟΡΡΙΨΗ | ΚΑΝΑΔΑΣ | ΓΑΛΛΙΑ | ΙΤΑΛΙΑ | ΓΕΡΜΑΝΙΑ | ΒΡΕΤΑΝΙΑ | Η.Π.Α | ΒΕΛΓΙΟ | ΙΣΠΑΝΙΑ |
|---|---------|--------|--------|----------|----------|-------|--------|---------|
| ΣΤΕΙΡΑ ΑΝΘΡΑΚΟΣ | ○ | ● | - | ● | ● | ○ | ● | ● |
| ΕΡΥΘΡΑ ΙΛΥΣ | ○ | ○ | - | ○ | - | ● | - | - |
| ΣΚΩΡΙΕΣ ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΑΣ | ● | ○ | ● | - | ● | ● | ● | - |
| ΛΟΠΗΣ ΣΚΩΡΙΕΣ | ● | - | - | ○ | ● | ○ | ○ | - |
| ΙΠΤΑΜΕΝΗ ΤΕΦΡΑ | ● | ● | ○ | ○ | ● | ● | ○ | ○ |
| ΔΟΜΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ | ● | ○ | ● | ● | ● | ● | ○ | ● |
| ΦΘΑΡΜΕΝΑ ΕΛΑΣΤΙΚΑ | ● | ○ | ○ | ● | ○ | ● | ○ | ○ |
| ΓΥΑΛΙ | ● | ● | - | ○ | ○ | ● | - | - |
| ● Παραγωγή και χρήση στην Οδοποιία ○ Παραγωγή και περιορισμένη ή πειραματική χρήση - Παραγωγή ασήμαντη ή μεδενική | | | | | | | | |

Εικόνα 71. Πρακτική Χρήσης Αποβλήτων σε Βιομηχανικές Χώρες

Οι εφαρμογές που βρίσκουν τα στερεά απόβλητα ως εναλλακτικά υλικά στην Οδοποιία είναι ποικίλες:

- ως υδραυλικών κονιών για σταθεροποίηση θραυστών αδρανών: Ιπτάμενη Τέφρα, Ερυθρά Ιλύς.
- ως βελτιωτικών της μηχανικής αντοχής των υλικών επιχωμάτων : Κοινοποιημένες Σκωρίες , Ερυθρά Ιλύς , Άσβεστος
- ως Αδρανών Υλικών: Παραπροϊόντα Λατομείων, Ανακυκλούμενα Υλικά Οδοστρωμάτων, Σκωρίες Μεταλλουργίας
- ως βελτιωτικών πρόσθετων ασφαλτομιγμάτων: Ελαστικά, Γυαλί.

ΜΕΙΓΜΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΡΓΙΛΟΥ ΜΕ ΚΟΜΜΑΤΙΑΣΜΕΝΟ ΛΑΣΤΙΧΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ.

Κομματιασμένη συμπαγής φυσική άργιλος, καλούμενη Κέπερ Μαρλ, αναμίχθηκε με λάστιχο αυτοκινήτου το οποίο κόπηκε σε μικρά γωνιακά σωματίδια διαστάσεων 1 – 4 mm και 4 - 8 mm σε αναλογία βάρους 6 και 15%. Το υλικό αυτό εφαρμόστηκε ως συστατικό επικάλυψης οδοστρώματος και εξετάστηκε ως προς τα εξής: τη συμπίκνωση, την αντοχή σε συμπίεση, της συμπεριφορά πίεσης τάσης, τη διαπερατότητα που παρουσιάζει, σε σχέση με το νερό και την παραφίνη, τη διηθητικότητα και τη συμπεριφορά που εμφανίζει στην ανεξάρτητη διόγκωση και στη διόγκωση που δημιουργείται μετά από πίεση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συμπίκνωση, δηλαδή, η μειωμένη ξηρή πυκνότητα που παρουσιάστηκε, οφειλόταν μόνο στο βάρος των ελαστικών του φορτηγού και ότι η αντοχή σε συμπίεση που εμφανίστηκε στο υλικό ήταν τόση, όσο το βάρος μόνο της αργίλου, μειωμένο κατά 40%. Όταν στο μείγμα αργίλου - ελαστικού ασκήθηκε παρατεταμένη πίεση τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν μόνο στον άργιλο ήταν διπλά απογοητευτικά σ' ότι αφορά την τραχύτητα αυτού. Η διαπερατότητα του μείγματος σε παραφίνη αποδείχτηκε ότι ήταν μειωμένη 50 φορές περισσότερο σε σύγκριση με αυτή που αποδείχτηκε για το νερό. Τα αποτελέσματα της διηθητικότητας έδειξαν διαφορετικά επίπεδα διήθησης σ' ότι αφορά το χαλκό και το νικέλιο με βάση τα τεστ (διήθησης) από το NRA και TCLP, τα οποία με τη σειρά τους θα χρειαστούν για την εκτίμηση των σχέσεων των κατάλληλων προτύπων. Αξιοσημείωτο της παραφίνης ήταν ότι αποτελούσε την αιτία διόγκωσης του μείγματος αργίλου ελαστικού, καθώς επίσης την αιτία αύξησης της διόγκωσης, που προερχόταν από την πίεση σε περισσότερο από 600 kra.

Τέλος, θα χρειαστεί να εκτιμήσουμε τους συνδυασμούς από τα ποικίλα αποτελέσματα των δοκιμών, σε σχέση με τη σχεδιαστική απαίτηση ενός συγκεκριμένου οδοστρώματος που σχεδιάζεται.

Στο Ηνωμένο Βασίλειο κάθε χρόνο είναι άχρηστα 25 μίλια ελαστικών αυτοκινήτου και 3 μίλια ελαστικών φορτηγού. Απ' αυτό το συνολικό ποσό το 18% αποσύρεται, το 6% χρησιμοποιείται για αναγέννηση (πχ. κοκκοποίηση, εξαγωγή άνθρακα πετρελαίου και επανάκτηση σκληρότητας) και το 9% για αποτεφρωτικούς σκοπούς.

Το υπόλοιπο 67% το συναντάμε ως υπόθεμα χρησιμοποιείται για την δημιουργία οδοστρώματος ή βρίσκεται παράνομα σε χωματερές. Το μεγαλύτερο ποσό ελαστικών τεμαχίων, που κάθε χρόνο στις ΗΠΑ είναι 279 μίλια και που το 85% το συναντάμε ως απόθεμα, χρησιμοποιείται για τη δημιουργία οδοστρώματος ή βρίσκεται παράνομα σε χωματερές. Ο καλύτερος τρόπος για να μειώσουμε την καταστροφή του περιβάλλοντος και για να αποφύγουμε τους κινδύνους που δημιουργούνται στην

υγεία του ανθρώπου από τα ελαστικά είναι να ελαττώσουμε και τελικά να εξαλείψουμε τα αποθέματα αυτών.

Τα κατεστραμμένα ελαστικά συχνά έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για την ανακατασκευή πάρκων, γηπέδων ποδοσφαίρου καθώς επίσης και σαν υλικά κατασκευής πεζοδρομιών. Επιπλέον, μια άλλη δυνατή χρήση των κατεστραμμένων υλικών, η οποία δεν έχει δεχτεί μεγάλη προσοχή, είναι για η σταθεροποίηση του εδάφους. Το κομματιασμένο ελαστικό μπορεί να αναμειχθεί με διάφορα εδάφη επιτυγχάνοντας βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων για ιδιαίτερες εφαρμογές. Το κύριο ενδιαφέρον, σε όλες αυτές τις εφαρμογές, είναι η πιθανή διήθηση που παρουσιάζουν τα βαριά μέταλλα, λόγω της ύπαρξης ελαστικού, τόσο στο έδαφος όσο και στο νερό του εδάφους. Σήμερα, πολλοί λίγοι σπουδαστές έχουν οδηγηθεί στο να εκτιμούν τις δυνατές μηχανικές εφαρμογές του μείγματος που δημιουργείται από το κομματιασμένο ελαστικό και το έδαφος. Έτσι, έχει αποδεχτεί ότι ο σίδηρος, ο ψευδάργυρος και το χρώμιο μπορούν να διηθηθούν, όταν οι συγκεντρώσεις του ελαστικού, οι οποίες δεν ήταν δεκτές, εξαρτώνται από τα μέγιστα επίπεδα συγκέντρωσης που επιβλήθηκαν. Σ' αυτή την ερευνά αποδείχθηκε ότι η χρησιμοποίησι του μείγματος κομματιασμένου ελαστικού εδάφους με αυτό τον τρόπο, μειώνει τη γενική διηθητικότητα των βαριών μετάλλων, όταν το ελαστικό βρίσκεται σε δεκτά επίπεδα συγκέντρωσης. Αυτό είναι ένα επίτευγμα του μείγματος κομματιασμένου ελαστικού εδαφικού αργίλου, καθώς ο άργιλος έχει μερικές ικανότητες, όπως τα να προσροφά βαριά μέταλλα.

Μια άλλη εφαρμογή η οποία μπορεί να είναι αξιοσημείωτη είναι η χρήση του μείγματος για την εσωτερική και επιφανειακή κατασκευή οδοστρώματος.

Παρατηρήθηκε ότι το κομματιασμένο ελαστικό είναι ικανό να προσρόφηση πετρέλαιο που είναι βασισμένο σε υδρογονάνθρακες αυξάνοντας τη διόγκωση τρεις φορές περισσότερο από την κανονική. Αυτή η διόγκωση λόγω της πίεσης που ασκείται στο έδαφος δημιουργεί μείωση της διαπερατότητας του μείγματος ελαστικού - εδάφους. Η εφαρμογή αυτή είναι πολύ σημαντική, καθώς μπορούμε να ισοσταθμίσουμε το αποτέλεσμα που παρατηρήθηκε, ιδιαίτερα όταν οι χημικοί οργανισμοί και οι υδρογονάνθρακες είναι διαπεραστικοί στο έδαφος, αιτιολογώντας έτσι μερικές φορές την αύξηση της διαπερατότητας τρεις τάξεις περισσότερο του κανονικού μεγέθους, γιατί αυτοί αποτελούν την αιτία της διπλής συστολής του εδάφους λόγω της διάχυσης τους. Από άποψη σχεδιασμού η διόγκωση που δημιουργείται ύστερα από πίεση θα μπορούσε να είναι αρκετά υψηλή, να είναι αποτελεσματική τόσο για την μια μεριά όσο και για την άλλη, δε θα μπορούσε όμως να υπερβαίνει το φορτίο της πίεσης που ασκείται στο οδόστρωμα για να μην διακινδυνεύαμε την ακεραιότητα αυτού.

Επιπλέον, για το κομματιασμένο υλικό έχει βρεθεί ότι έχει ικανότητα να απορροφά και να διατηρεί για μεγάλο χρονικό διάστημα μια ποικιλία σύνθετων οργανικών και επικίνδυνων σωματιδίων μειώνοντας τους και διηθώντας τους από το οδόστρωμα, από το εσωτερικό του εδάφους και από το νερό του εδάφους του περιβάλλοντος. Τα επίπεδα της μετακίνησης αυτών των σύνθετων σωματιδίων βρέθηκαν να είναι πολύ περισσότερο αποτελεσματικά σε σχέση με το εδαφικό στρώμα και τις γεωμεμβράνες. Επίσης, το κομματιασμένο ελαστικό βρέθηκε να είναι αποτελεσματικό κατά ένα μέρος στη διοχέτευση στρώματος μέσα στο οδόστρωμα σ' ένα συλλογικό σύστημα διήθησης και συνεπώς αυτό ήταν απαιτητικό, ώστε το κομματιασμένο ελαστικό να μπορούσε να παρέχει σημαντικά κέρδη σ' ένα τέτοια σύστημα κατασκευής εσωτερικά του οδοστρώματος.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η συνεχής ανάγκη για μεγαλύτερα έργα υποδομής μας δίνει το έναυσμα για περαιτέρω έρευνα και εύρεση λύσεων στα προβλήματα που παρουσιάζονται.
2. Η εξέλιξη είτε τεχνολογική είτε κατασκευαστική είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την απλή και παραδοσιακή γνώση καθώς σε πολλές περιπτώσεις το «νέο» ή το «πρωτοπόρο» είναι το κλασσικό ή το παραδοσιακό ή το παλαιωμένο με μια νέα πινελιά.
3. Σε πάρα πολλές περιπτώσεις η εύρεση των λύσεων προκύπτει από ομαδική δουλειά μεταξύ επαγγελματιών – επιστημόνων διαφόρων ειδικοτήτων, π.χ (πολιτικοί μηχανικοί, γεωλόγοι, μηχανολόγοι μηχανικοί, ηλεκτρολόγοι μηχανικοί, κ.λπ).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <http://www.tovima.gr/science/technology-planet/article/?aid=453967>
2. <http://perierga.gr/2013/07/hyperloop-%CF%84o-%CF%84%CF%81%CE%AD%CE%BD%CE%BF-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%BC%CE%AD%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%BF%CF%82/>
3. <http://www.diaforetiko.gr/to-treno-toy-mellontos-tha-mazevi-epivates-apo-tous-stathmous-choris-na-stamata-vinteo/>
4. <http://www.koolnews.gr/extras/etsi-tha-einai-sto-mellon-oi-sigkoinonies-to-treno-pou-roufaei-tin-kinisi/#267320/267332>
5. <http://www.newsbomb.gr/diethnh/story/341706/etoimazetai-to-treno-magnitikis-aiorisis-stin-iaponia-video>
6. <http://texno-gym.blogspot.gr/2010/12/%CF%84%CF%81%CE%AD%CE%BD%CE%B1-%CE%BC%CE%B1%CE%B3%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82-%CE%B1%CE%B9%CF%8E%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B7%CF%82.html>
7. <http://www.neo.gr/website/ergasiamathiti/48.htm>
8. <http://www.otherside.gr/2012/11/erxontai-dromoi-ypsilou-iq/#ixzz2xtiDsOux>
9. <http://www.otherside.gr/2011/03/shweeb-metaforiko-meso-tou-mellontos-google-photos-video/#ixzz2xthIAcWO>
10. <http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=168831>
11. www.pavement.com
12. www.geocities.com
13. <http://sfr.ee.teiath.gr>
14. www.ruralroads.org
15. www.otmix.org
16. www.wikipedia.com
17. <http://scotlandvacations.com>
18. <http://mutcd.fhwa.dot.gov/index.htm>
19. www.bulkoil.gr
20. www.geoservice.gr
21. Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου για την Αξιοποίηση των Βιομηχανικών Παραπροϊόντων στη Δόμηση, ΕΒΙΠΑΡ, Αιανή Κοζάνης, 1-3 Ιουνίου 2009

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

| | |
|---|----|
| Εικόνα 1..... | 7 |
| Εικόνα 2..... | 8 |
| Εικόνα 3..... | 11 |
| Εικόνα 4..... | 12 |
| Εικόνα 5..... | 13 |
| Εικόνα 6..... | 14 |
| Εικόνα 7..... | 16 |
| Εικόνα 8..... | 17 |
| Εικόνα 9..... | 18 |
| Εικόνα 10..... | 18 |
| Εικόνα 11..... | 19 |
| Εικόνα 12..... | 21 |
| Εικόνα 13..... | 23 |
| Εικόνα 14..... | 24 |
| Εικόνα 15..... | 26 |
| Εικόνα 16..... | 27 |
| Εικόνα 17..... | 29 |
| Εικόνα 18..... | 30 |
| Εικόνα 19..... | 31 |
| Εικόνα 20..... | 32 |
| Εικόνα 21..... | 32 |
| Εικόνα 22..... | 34 |
| Εικόνα 23..... | 35 |
| Εικόνα 24..... | 35 |
| Εικόνα 25..... | 36 |
| Εικόνα 26..... | 36 |
| Εικόνα 27..... | 37 |
| Εικόνα 28..... | 37 |
| Εικόνα 29..... | 38 |
| Εικόνα 30..... | 38 |
| Εικόνα 31..... | 39 |
| Εικόνα 32..... | 39 |
| Εικόνα 33. Αναπαράσταση της τρίτροχης ατμομηχανής του Nicolas-Joseph Cugnot, 1769..... | 40 |

| | |
|--|----|
| Εικόνα 34. Αναπαράσταση της ατμομηχανής του Richard Trevithick, 1804. | 41 |
| Εικόνα 35. Δίτροχο (1885) | 41 |
| Εικόνα 36. Τετράτροχο (1886) όχημα του Daimler. | 42 |
| Εικόνα 37. Κατάταξη των ιδιωτικών επιβατικών οχημάτων, με παραδείγματα. | 48 |
| Εικόνα 38. | 49 |
| Εικόνα 39. | 50 |
| Εικόνα 40. | 53 |
| Εικόνα 41. Μοντέλο κατασκευής Hyperloop. | 60 |
| Εικόνα 42. Μοντέλο κατασκευής σωλήνα | 61 |
| Εικόνα 43. Μοντέλο κάψουλας επιβατών. | 62 |
| Εικόνα 44. Μακέτα κατασκευής. | 63 |
| Εικόνα 45. Μοντέλο μαγνητικού τρένου. | 66 |
| Εικόνα 46. Πρωτότυπο όχημα. | 67 |
| Εικόνα 47. Μακέτα έργου. | 68 |
| Εικόνα 48. Μοντέλο κατασκευής | 70 |
| Εικόνα 49. Μακέτα κατασκευής έργου. | 71 |
| Εικόνα 50. Όψη από ψηλά. | 71 |
| Εικόνα 51. Πρόσοψη από την μακέτα κατασκευής | 72 |
| Εικόνα 52. Στάση για την μετακίνηση των επιβατών. | 72 |
| Εικόνα 53. Προσομοίωση έργου σε πραγματικό περιβάλλον. | 73 |
| Εικόνα 54. Μακέτα έργου σε εκτός σχεδίου περιοχές. | 73 |
| Εικόνα 55. Μακέτα έργου σε εντός σχεδίου περιοχές | 74 |
| Εικόνα 56. Μοντέλο αποσπώμενου τμήματος συρμού. | 75 |
| Εικόνα 57. Εναλλαγή βαγονιών. | 76 |
| Εικόνα 58. Μοντέλο κατασκευής. | 77 |
| Εικόνα 59. Πρωτότυπη κατασκευή. | 79 |
| Εικόνα 60. Το Shweeb | 80 |
| Εικόνα 61. Τρόπος μετάδοσης της κίνησης. | 81 |
| Εικόνα 62. Κάψουλες επιβατών | 81 |
| Εικόνα 63. Μετακίνηση επιβατών | 82 |
| Εικόνα 64. Οδηγήτριες ράγες | 82 |
| Εικόνα 65. Ιδιότητες – χαρακτηριστικά | 86 |
| Εικόνα 66. Αποτελέσματα δοκιμής. | 87 |
| Εικόνα 67. Αποτελέσματα CBR | 87 |
| Εικόνα 68. Διάγραμμα διατμητικής τάσης – μετακίνησης. | 88 |
| Εικόνα 69. Φάκελος διατμητικής τάσης | 88 |
| Εικόνα 70. Κατάταξη αποβλήτων και παραπροϊόντων σε αποβλήτων σε κατηγορίες. | 91 |

Εικόνα 71. Πρακτική Χρήσης Αποβλήτων σε Βιομηχανικές Χώρες.....92