

Η ΣΥΝΑΝΤΗΣΗ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΟΥ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

Κ. Λυμπέρης, τ. Επίκ. Καθηγητής ΕΜΠ, *Eurailing. in Railways*



Λίγη ιστορία



ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΣ



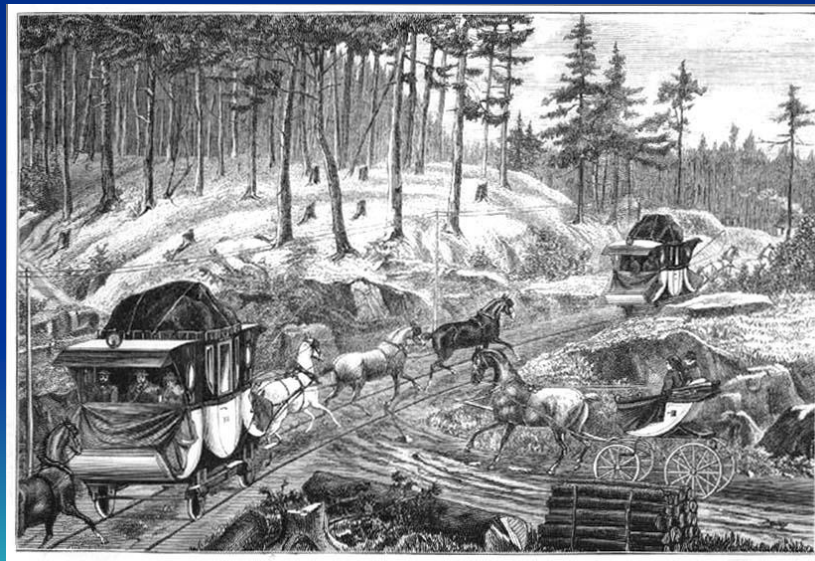
Από την αρχή της ιστορίας του, πριν 280 χρόνια, ο σιδηρόδρομος άλλαξε σημαντικά τη ζωή του ανθρώπου, συμβάλλοντας

- στη συντόμευση των χρόνων μετακίνησης
- στην ώθηση της βιομηχανικής επανάστασης, αφού έθεσε την υποδομή της ανάπτυξης της βαριάς βιομηχανίας καθώς και ο ίδιος δημιούργησε τεράστια ζήτηση σε σίδηρο, ατσάλι και μηχανές
- στην εξέλιξη της επιστήμης κατασκευής γεφυρών και σηράγγων για την διέλευση των σιδηροδρομικών διαδρόμων μέσα από κοιλάδες και ορεινούς όγκους και όχι μόνο, αλλά και εντός πόλεων για τις ανάγκες των αστικών σιδηροδρόμων.

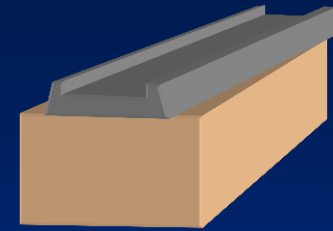
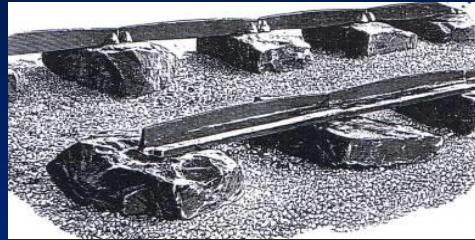
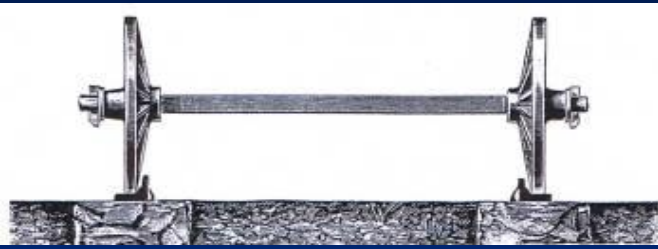
Τον 17^ο αιώνα στην Αγγλία, προκύπτει η ανάγκη μεταφοράς μεγάλων μαζών κάρβουνου από τα ορυχεία των Δουκών στις παραθαλάσσιες και στις βιομηχανικές περιοχές.

Χρήση **Ιππήλατων αμαξών** → **μεγάλες τάσεις στο έδαφος** → **δυσκολία στην κύλιση**

Η προσπάθεια αντιμετώπισης με χρήση οδών με ξύλινες κατά μήκος τάβλες, οι οποίες ενισχύθηκαν με σιδερόπλακες, απέβη άκαρπη διότι δεν άντεξαν στο αυξημένο από την δυναμική του αλόγου φορτίο, τότε δύο τόνοι περίπου.



- Στη συνέχεια από το 1767 έως το 1828, Benjamin Curr, Outram και Woodhouse, εξέλιξαν την σιδερένια αυτή έδραση, με τον Berkinshaw



το 1828 να κυλινδρώνει τις πρώτες σιδηροτροχιές.

Αρχές 19ου αιώνα στην Αμερική, κατασκευή ξύλινης τροχιάς με φαρδύ πέλμα και το 1829 εισήχθη στην Ευρώπη από τον Άγγλο μηχανικό Vignol, όπου η μορφή της με κάποιες παραλλαγές σε σιδηρά έκδοση, παρέμεινε μέχρι σήμερα (2017).



Η εξέλιξη του μέσου απαιτούσε όλο και περισσότερα,

Αύξηση του φορτίου, Μεγαλύτερες ταχύτητες, κάλυψη μεγαλύτερων αποστάσεων μέσα από ορεινούς όγκους και κοιλάδες, την προστασία του διαδρόμου από διάφορα φυσικά φαινόμενα όπως βροχές, κατολισθήσεις, μεταβολή θερμοκρασίας κ.α.

Αυτά οδήγησαν στα ερωτήματα για την
αντοχή της έδρασης, μείωση των τάσεων, κατασκευή σηράγγων και γεφυρών, αποστράγγιση, τοίχους αντιστήριξης, προστασία πρανών, αρμοί διαστολής

Προέκυψε λοιπόν η

Ανάγκη για την επιστημονική ομπρέλα του μέσου.

ΕΠΙΣΤΗΜΗ του ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ
ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ



Η έννοια του Μηχανικού υπήρξε πολύ παλαιότερα ως μηχανικός κατασκευών από τον 12ο και 13ο αιώνα.

Στους τότε τίτλους υπήρχε η λέξη Ingenieur – Engineer η οποία προήρχετο από την λατινική λέξη

ingenium

που σημαίνει παραγωγικό πνεύμα, αντίληψη και άνθρωπο πλουσίου πνεύματος. Ο τίτλος αυτός δινόταν τότε σε ανθρώπους οι οποίοι γνώριζαν καλά την κατασκευή και χρήση πολεμικών μηχανών.

Διατηρήθηκε πολλούς αιώνες μετά και συνδέθηκε με την τεχνική κατασκευής οχυρωμάτων, μέχρι που ο Johann Rudolf Fäsch συμπλήρωσε το έτος 1735 στο πολεμικό – μηχανικό λεξικό του

“ο μηχανικός οφείλει να έχει επιστημονική γνώση στην αριθμητική ή στην ικανότητα υπολογισμών, στην γεωμετρία, στην γεωγραφία, στην τέχνη πολιτικών κατασκευών, στο πυροβολικό, στη μηχανική, στο σχέδιο και στη προοπτική, για να αντιμετωπίζει με δικές του γνώσεις όλες τις περιπτώσεις που του παρουσιάζονται και όχι να <<συμβουλευέται άλλους>>”.

Έτσι εισέρχεται κατά κάποιο τρόπο η έννοια του στρατιωτικού μηχανικού Ingenieurkorps ή Geniekorps ως στρατιωτικά τάγματα τεχνικών κατασκευών. Ταυτόχρονα διαφαίνεται αμυδρά η έννοια του μηχανικού πολιτικών κατασκευών.

Παράλληλα στη Γαλλία δόθηκε ώθηση από το κράτος στην κατασκευή οδών και γεφυρών. Προς τούτο συγκροτούνται σε σώμα τα Πολιτικά *Corps des ingeniéurs des ponts et chaussées*.

Ιδρύονται οι πρώτες σχολές για την εκπαίδευση νέων μηχανικών, *Ecole des ponts et chaussées* 1747 (σχολή γεφυρών και οδών) η *Ecole du Génie Militaire* 1748 στη Mézières (σχολή πρωτοπόρων στρατιωτικών μηχανικών) και η *Ecole des Mines* 1783 (σχολή ορυκτού πλούτου).

Το 1794 ιδρύεται η Πολυτεχνική σχολή (*Ecole polytechnique*) συμπεριλαμβάνοντας και άλλες επιστήμες μηχανικών. Στη συνέχεια ιδρύονται και σε άλλα κράτη Πολυτεχνικές σχολές.

Συνάντηση του Σιδηροδρόμου με την
Επιστήμη των Πολιτικών
Μηχανικών





Σε ότι αφορά στην Επιστήμη των ΠΜ διεθνώς, επικράτησε το civil engineer ως συμπλήρωμα ή αντικατάσταση του στρατιωτικού μηχανικού, του οποίου η δραστηριότητα ήταν η πρωτοπορία στο άνοιγμα διαδρόμων και κατασκευής οχυρωμάτων. Η δραστηριότητα αυτή μεταβιβάστηκε κατά κάποιον τρόπο στην επιστημονική περιοχή των πολιτικών κατασκευών με εκπρόσωπο αυτής τον

ΠΟΛΙΤΙΚΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ

συνδέοντας έτσι αναπόφευκτα τον σιδηρόδρομο με τις ειδικότητες των πολιτικών μηχανικών, καθώς η κατασκευή του απαιτεί την βαθειά γνώση της κάθε ειδικότητας.

Σύνδεση έργου σιδηροδρομικής γραμμής με την επιστήμη του ΠΜ

Εργασίες	Ειδικότητα που ανήκουν
Χάραξη του διαδρόμου	συγκοινωνιακής τεχνικής
Η διαμόρφωση του διαδρόμου, η λεγόμενη υποδομή, αρχίζοντας από την εξυγίανση του εδάφους όπου απαιτούνται, τα επιχώματα, οι προστατευτικές στρώσεις, τα ορύγματα, τα πρανή, οι τοίχοι αντιστήριξης	γεωτεχνικής – εδαφοτεχνικής – δομοστατικής
Κατασκευή σηράγγων, κάθε είδους γεφυρών	 γεωτεχνικής – εδαφοτεχνικής - δομοστατικής
Στρώση επιδομής ήτοι σκυρόστρωση, στρωτήρες (τραβέρσες), σιδηροτροχιές (ράγες), σύνδεσμοι, μικρό υλικό, αλλαγές τροχιάς (κλειδιά), αρμοί διαστολής	συγκοινωνιακής τεχνικής 
Αποστράγγιση γραμμής, διευθέτηση υδάτινων ροών	υδραυλικής
Διαχείριση έργου	οργάνωσης εργοταξίου

Υπόλοιπες εργασίες και ειδικότητες που συμμετέχουν στην ολοκλήρωση ενός σιδηροδρομικού συστήματος, έτοιμου προς εξυπηρέτηση

Εργασίες	Επιστήμονες που συμμετέχουν
Κτηριακά σταθμών	Αρχιτέκτονες, Πολιτικοί μηχανικοί (δομοστατικοί – συγκοινωνιολόγοι), Μηχανολόγοι – Ηλεκτρολόγοι
Σιδηροδρομικά γραμμής - σταθμών	Συγκοινωνιολόγοι, Ηλεκτρονικοί, Ηλεκτρολόγοι – Μηχανολόγοι, Τοπογράφοι μηχανικοί
Οχήματα, Ηλεκτροκίνηση, Σηματοδότηση	Ηλεκτρονικοί, Ηλεκτρολόγοι – Μηχανολόγοι
Υλικά	Χημικοί μηχανικοί

Οικονομολόγοι του έργου

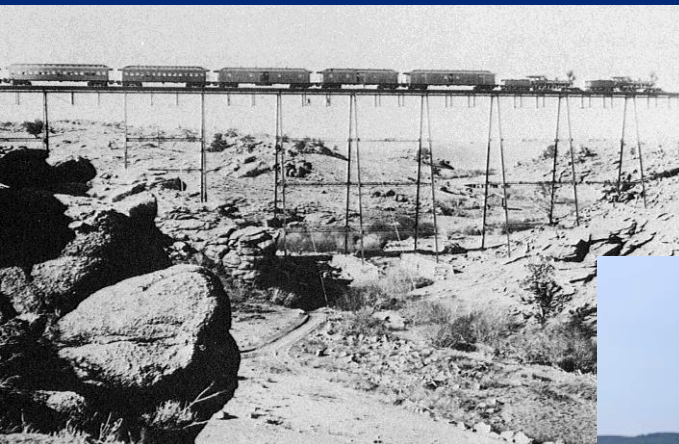
Βεβαίως όλα τα παραπάνω με την βαθειά γνώση των Μαθηματικών, της Φυσικής, της Τεχνικής Μηχανικής, της Αντοχής υλικών και της Στατικής.

και μη ξεχνάμε
η εργασία από τους ΑΦΑΝΕΙΣ ΕΡΓΑΤΕΣ όλων των ειδικοτήτων !!!

Ωφέλειες από την συνάντηση



Η επιστήμη του ΠΜ ωφελήθηκε από τον σιδηρόδρομο στην επέκταση και εξέλιξη του επιστημονικού αντικειμένου της κατασκευής των σηράγγων και των γεφυρών, με νέες θεωρίες και μεθόδους κατασκευής, αφού με την αύξηση της ταχύτητας των συρμών, των φορτίων και τη διπλή γραμμή απαιτήθηκαν μεγαλύτερες διατομές σηράγγων και μεγαλύτερα μήκη γεφυρών με ιδιαίτερες συμπεριφορές.



Wyoming (1869)



Γέφυρα
Γοργοποτάμου (1945),



Τιφρέας - Δομοκού

Στον τομέα των θεμελιώσεων, υπήρξε σημαντική εξέλιξη από την ιδέα του Emil Winkler το 1835 να θεωρήσει τη σιδηροδρομική γραμμή ως δοκό απείρου μήκους επί ελαστικών στηρίξεων. Αργότερα το 1888, οι Zimmermann και Timoshenko επιβεβαίωσαν την θεώρηση αυτή πειραματικά και υπολογιστικά και την εφήρμοσαν ως μέθοδο υπολογισμού των εντατικών μεγεθών των υλικών της γραμμής καθώς και των τάσεων στις ενδιάμεσες επιφάνειες .



Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε και στον χώρο των θεμελιώσεων, όπου η καθίζηση $S(x)$ ενός οποιουδήποτε σημείου x της επιφάνειας έδρασης της θεμελίωσης σχετίζεται ως $S(x) = p_s(x) / C_b(x)$ όπου $p_s(x)$ = η πίεση στην έδραση της θεμελίωσης στη θέση x και $C_b(x)$ = ο Δείκτης Αντίδρασης Εδάφους (bending module) στη θέση x . ενισχύοντας έτσι την σχέση της σιδηροδρομικής γραμμής (επιδομή) και του σιδηροδρομικού διαδρόμου (υποδομή) με την επιστήμη του ΠΜ

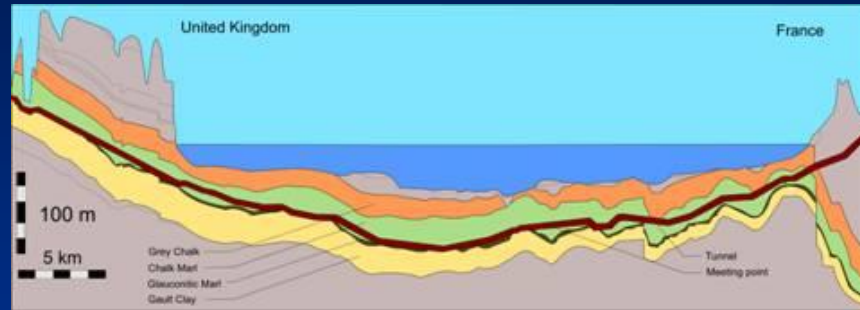
Επίσης αναπτύχθηκε σημαντικά η τεχνολογία των υλικών της σιδηροδρομικής γραμμής, δίνοντας έτσι μια ακόμη ώθηση στην έρευνα για τη διάρκεια ζωής ενός σιδηροδρομικού έργου από την οπτική γωνία του ΠΜ.

Αντίστοιχα η ωφέλεια του σιδηροδρόμου υπήρξε σημαντική, αφού η Επιστήμη του Πολιτ. Μηχ/κού συνέβαλε στη κατασκευή του διαδρόμου, ώστε να ανταποκρίνεται στις σημερινές απαιτήσεις των υψηλών ταχυτήτων.

Μεγάλα σιδηροδρομικά έργα



Eurotunnel περίπου 40 μ. κάτω από τον βυθό της Μάχης, μήκος 50 km με 37 km υπό τη θάλασσα. Λειτουργία: 14-11-1994. Κόστος: 15 δις ευρώ, 11 νεκροί κατά την κατασκευή



Σήραγγα Yoshioka-Kaitei (Ιαπωνία), έως 240 m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας
Κόστος: 4,5 δις ευρώ, 39 νεκροί – 700 τραυματίες κατά την κατασκευή. Μήκος 53,85 km,
2η μακρύτερη σήραγγα με υποθαλάσσιο τμήμα μήκους 23,3 km.



Galleria di base del San Gottardo (Gotthard Base tunnel), 2500 μ.
κάτω από την κορυφή Piz Vatrigo της οροσειράς Gotthard στην Ελβετία.
Μήκος 57,1 χλμ , διάρκεια κατασκευής 17 χρόνια, κόστος 12,5 δις \$
Περίπου 260 εμπορικά τρένα και 65 επιβατικά διέρχονται από το τούνελ
ημερησίως.



Ινδία: Pamban Railway Bridge (~2 χλμ)



Ελλάδα: Δίδυμη σήραγγα Καλλιτρόμου μήκους 9,0 χλμ., Σιδηροδρομική γέφυρα μεταξύ Τιθορέας - Δομοκού



Σημαντικές στιγμές



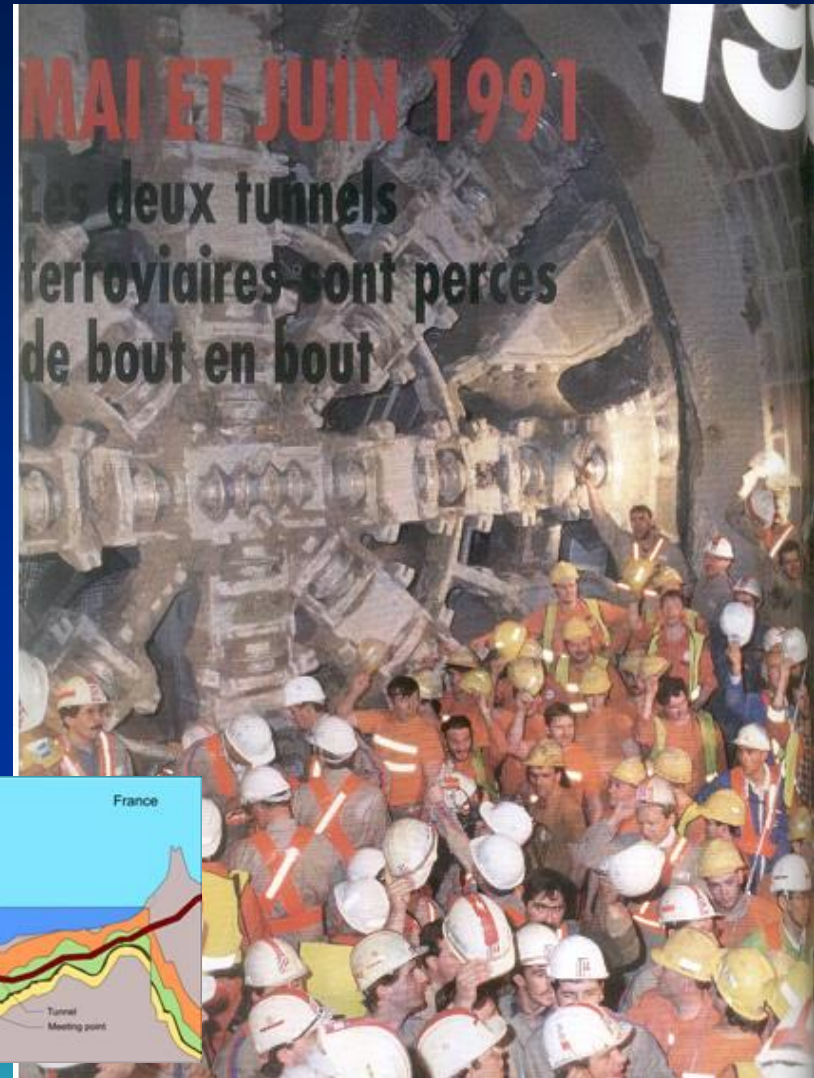
1869: Συνάντηση Δύσης - Ανατολής στην Αμερική



Πηγή: Ceremony at "Wedding of the Rails," May 10, 1869 at Promontory Point, Utah

130 ΧΡΟΝΙΑ ΣΧΟΛΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΕΧΑΝΙΚΩΝ, ΕΜΠ

1990: Συνάντηση Γαλλίας - Αγγλίας στη σήραγγα της Μάγχης
(22,3 χλμ από Αγγλία και 15,6 χλμ από Γαλία)



Πηγή: [Internet](#), [Eurotunnel in Bildern - RP Online](#)

130 ΧΡΟΝΙΑ ΣΧΟΛΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΕΧΑΝΙΚΩΝ, ΕΜΠ

Παρίσι 17 Νοεμβρίου 1994: 3 ημέρες μετά την πρώτη διαδρομή του Eurostar κάτω από τη Μάγχη για επιβάτες



Ο Σιδηρόδρομος σήμερα



Παγκόσμιο ρεκόρ: *AGV 574,8 km/h*



Λειτουργία: TGV - AGV έως 350 km/h



Λειτουργία: CHR 380AJ έως 380 km/h



CHR 380AJ

Κινέζικο τρένο έως 380 km/h



Κινέζικο τρένο έως 380 km/h



Το μέλλον



Transrapid 550 χλμ/ω



MLU 604 χλμ/ω

Από την ταχύτητα των 500 χλμ/ω και άνω, κυριαρχούν με τα οχήματα μαγνητικής αιώρησης οι Ιάπωνες (MLU 604 χλμ/ω) και μετά οι Γερμανοί (Transrapid 550 χλμ/ω).

Αξιοσημείωτα



Αξιοσημείωτα

➤ Ιαπωνία:

- Μέση καθυστέρηση 24 δλ.
- Σε συγκεκριμένα τμήματα υψηλής ταχύτητας, αν η καθυστέρηση είναι μεγαλύτερη των 15 δλ. τότε ο οδηγός καλείται σε έγγραφη απολογία

➤ Αυστραλία: η μεγαλύτερη ευθεία στον κόσμο, μήκους 478 χλμ μεταξύ Kalgoorlie και Port Augusta στην έρημο Nullarbor

ΕΜΠ και Ελληνικός σιδηρόδρομος



Ελληνικός Σιδηρόδρομος

Σημαντικοί χρονικοί σταθμοί

- 1869 ολοκλήρωση γραμμής Αθήνα – Πειραιά μήκους 8,5 χλμ. με αφετηρία το Θησείο
- 1882 κατασκευή γραμμής Πύργου – Κατακόλου μήκους 13 χλμ. Ίδρυση εταιρείας Σιδηροδρόμων Αττικής.
- 1882 ο Χαρίλαος Τρικούπης αναθέτει σε αγγλικό όμιλο την κατασκευή σιδηροδρομικής γραμμής μήκους 700 χλμ. σε Θεσσαλία, Στερεά Ελλάδα και Πελοπόννησο.
- 1909 η Ελλάδα έχει περίπου 1600 χλμ. δίκτυο
-
- 2017 το δίκτυο ανέρχεται στα 2550 χλμ. και με την ολοκλήρωση των έργων Τιθορέας – Δομοκού η διάρκεια ταξιδιού Αθήνα – Θεσσαλονίκη θα είναι 3,5 ώρες με ανώτατη ταχύτητα 200 χλμ/ω.

ΕΜΠ

Μετά την ίδρυση της Σχολής ΠΜ το έτος 1887, αναφέρονται δύο ονόματα στον τομέα της Σιδηροδρομικής:

Ιωάννης Αργυρόπουλος, Καθηγητής Σιδηροδρομικής και Μεταλλουργίας (1889-1923), και

Δημοσθένης Πρωτοπαπαδάκης, 1908,

Απόφοιτος (1897) της Ανωτάτης Εθνικής Σχολής Γεφυρο-οδοποιών στη Γαλλία. Εκπόνησε μελέτη για την χάραξη του σιδηροδρομικού δικτύου στην Αιθιοπία. Στην Ελλάδα εργάστηκε στην χάραξη της σιδηροδρομικής γραμμής Μύλων – Καλαμών.

Διορίστηκε τακτικός καθηγητής στο «Σχολείο Βιομηχανικών Τεχνών» (τότε ονομασία του ΕΜΠ έως το 1914) και από το 1914 ανέλαβε την έδρα Σιδηροδρομικής στο ΕΜΠ. Διετέλεσε μέλος του Συμβουλίου των Δημοσίων Έργων και των Σιδηροδρόμων καθώς και πρύτανης του ΕΜΠ την περίοδο 1934 - 1935.

Πλην των παραπάνω αναφερομένων, ο Πρωτοπαπαδάκης αναφέρεται στη διεθνή σιδηροδρομική βιβλιογραφία για την συμβολή του στη διερεύνηση της αντίστασης w_r που υφίστανται τα σιδηροδρομικά οχήματα κατά την κίνησή τους στις καμπύλες με ακτίνα μικρότερη των 800 μ. με τη σχέση

$$w_r = \frac{\mu \cdot (0,72 \cdot e + 0,47 \cdot a)}{r} [N / kN] \quad \text{όπου}$$

μ = συντελεστής τριβής μεταξύ τροχού και σιδηροτροχιάς
 e = η απόσταση μεταξύ των δύο σιδηροτροχιών
 a = η απόσταση μεταξύ αξόνων στο όχημα ή στο φορείο και
 r = η ακτίνα της οριζοντιογραφικής καμπύλης

Η σχέση αυτή δίνει αποτελέσματα παραπλήσια με αυτή του Röckl που χρησιμοποιείται σήμερα.

Φαίνεται όμως, ότι στις αρχές του 20ου αιώνα άρχισαν οι τότε απόφοιτοι μηχανικοί του ΕΜΠ (ΠΜ Μ/Η και άλλων σχολών), να εμπλέκονται επαγγελματικά με τον ελληνικό σιδηρόδρομο και όχι μόνο.

Το μάθημα της Σιδηροδρομικής εισήλθε στη ΣΠΜ με την είσοδο της κατεύθυνσης του Συγκοινωνιολόγου με το Πρόγραμμα σπουδών το ακαδημαϊκό έτος 1977-78. Νεώτεροι Καθηγητές που δίδαξαν το μάθημα της σιδηροδρομικής στη Σχολή ΠΜ στο ΕΜΠ

- **Κορωναίος Νικόλαος,**
- **Γιώτης Απόστολος,**
- **Αμπακούμκιν Κωνσταντίνος.**

Σήμερα (2017) το μάθημα της Σιδηροδρομικής διδάσκεται από τον **Αναπληρωτή Καθηγητή Αθανάσιο Μπαλλή.**

Σήμερα (2017) ένας ΠΜ του ΤΜΣΥ, διδάσκεται στο μάθημα της Σιδηροδρομικής τα εξής:

Γενικά περί του σιδηροδρόμου, Χάραξη σιδηροδρομικής γραμμής, Στρώση γραμμής, Υπολογισμός επιδομής, Γενικότητες περί έλξης, αποκλεισμού και σύνταξης δρομολογίων.

Μετά το 1980 εκπονήθηκαν από τον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής μία σειρά από ερευνητικά προγράμματα, διπλωματικές εργασίες και διατριβές με αντικείμενο τον Σιδηρόδρομο. Και άλλοι τομείς επέδειξαν ερευνητική δραστηριότητα στον Σιδηροδρομικό τομέα, από την οπτική γωνία της ειδικότητά τους, όπως των κ.κ. Καθηγητών Γκαζέτα, Σαμπουτζάκη, Ερμόπουλου.

Από το 1978 έχουν συγγραφεί Βιβλία, Σημειώσεις παραδόσεων και ασκήσεων για το μάθημα της Σιδηροδρομικής από τους Α. Γιώτη, Κ. Αμπακούμκιν, Κ. Λυμπέρη και Μ. Καρλαύτη του ΤΜΣΥ.

Επίσης ως διδακτικό βοήθημα, στον χώρο του ΕΜΠ, περίπου κάτω από το κτήριο των Μεταλλικών Κατασκευών, έχει στρωθεί Σιδηροδρομική γραμμή με αλλαγές τροχιάς και διάφορα συστήματα επιδομής, δίνοντας την ευκαιρία στους σπουδαστές να έρθουν σε επαφή με τα υλικά της γραμμής. Ευχαριστίες μας στους ΗΣΑΠ, Αττικό Μετρό και Άκτωρα Α. Ε. για τα υλικά που μας διέθεσαν και την βοήθειά τους κατά την στρώση

Η συμμετοχή των ΠΜ του ΕΜΠ στα έργα της ΕΡΓΟΣΕ και των συστημάτων Μετρό είναι σημαντική και εξαιρετικά επιτυχής, και με την εμπειρία που αποκτούν, τους καθιστά ένα αξιόλογο δυναμικό της χώρας στον τομέα της Σιδηροδρομικής.

Σήμερα (2017), Έλληνες ΠΜ του ΤΜΣΥ του ΕΜΠ, με διπλωματική εργασία και διδακτορικό στο αντικείμενο της σιδηροδρομικής, απασχολούνται στον Γερμανικό, στον Ολλανδικό και στον Νορβηγικό σιδηρόδρομο καθώς στο Σιδηροδρομικό εργαστήριο στο Birmingham της Αγγλίας και διαπρέπουν. Επίσης στρώνουν γραμμές σε χώρες της Ευρώπης με ιδιωτικές εταιρείες, όπου και εκεί διαπρέπουν.

Θα πρότεινα, επειδή το μέλλον πανευρωπαϊκά και όχι μόνο ανήκει στο σιδηρόδρομο, να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στο μάθημα της σιδηροδρομικής, και να συνδεθεί με την παραγωγή όσο κι αν αυτό ακούγεται απόμακρο.

Επισκέψεις εξαμήνου



Σήραγγα Μετρό, κατά τη νυχτερινή συντήρηση



Σχιστό, κατά την κατασκευή

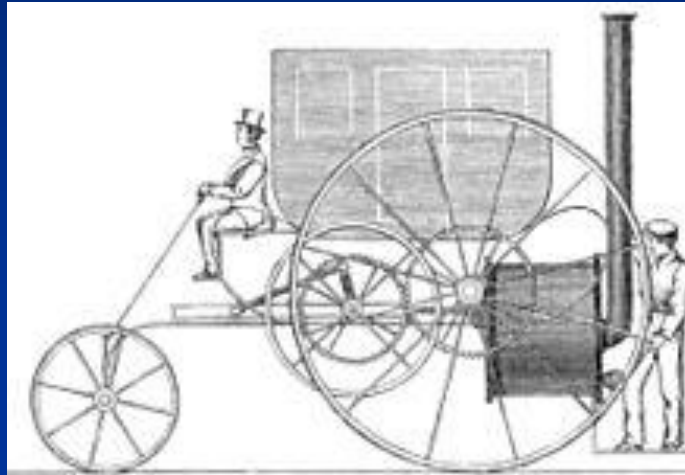
Σας ευχαριστούμε για τη προσοχή σας

Βιβλιογραφία

- [1] Grundbau – Taschenbuch, Band I – 2. Auflage, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin - München
- [2] Schiemann W.: “Schienenverkehrstechnik”, B.G. Teubner GmbH, Stuttgart / Leipzig / Wiesbaden, 2002
- [3] (Πηγή: wikipedia, 2015)
- [4] Heusinger E. (1877), Handbuch für spezielle Eisenbahntechnik, Band 1. Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- [5] Dostal M.: Das grosse Handbuch der Eisenbahn, 2004 Geramond Verlag
- [6] Τιμητική διάλεξη “Σύγχρονες εξελίξεις στη Σιδηροδρομική Διεθνώς”, Κ. Λυμπέρης, 2015
- [7] (Πηγή: wikipedia, Geschichte der Eisenbahn n Nordamerika)

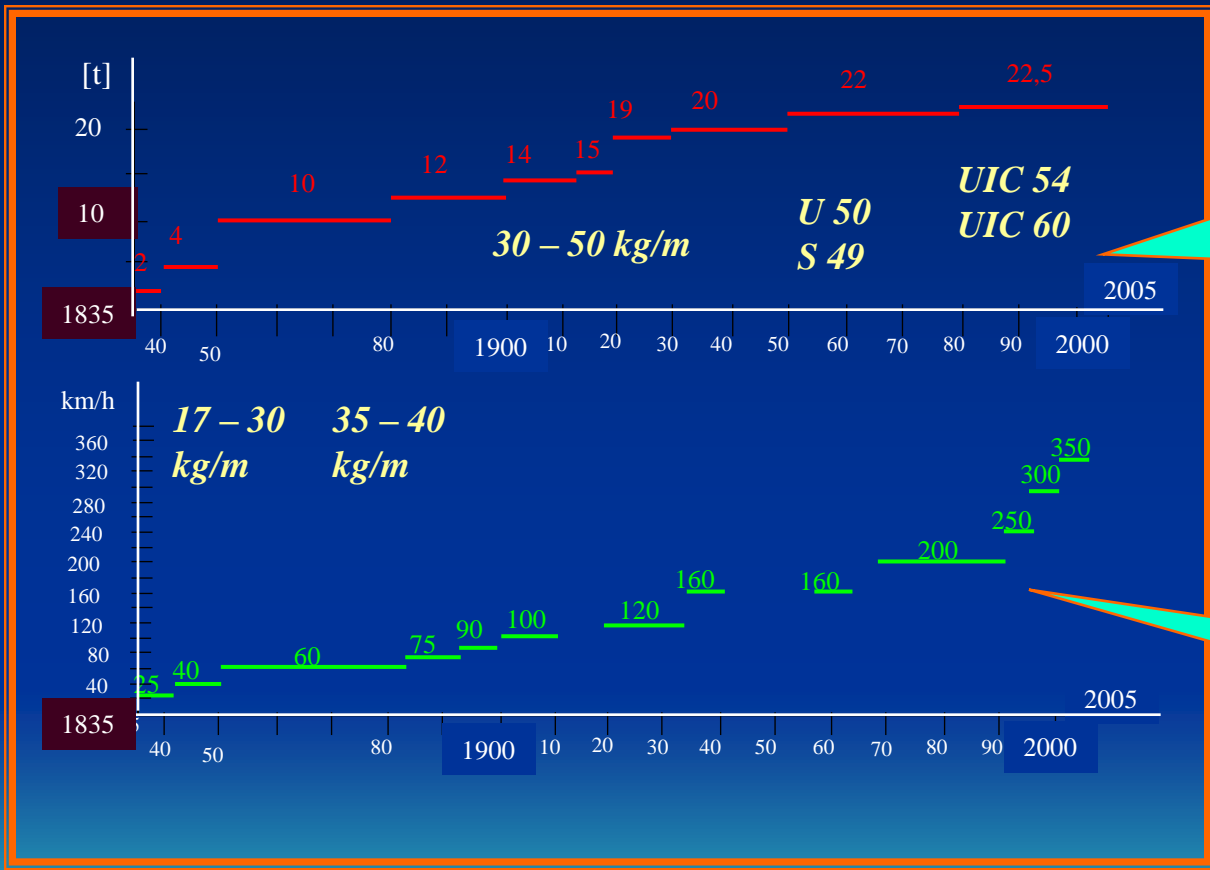
Παράλληλα

- το 1680 ο Isaac Newton ανακαλύπτει την δύναμη του ατμού (εφεύρεση της ατμομηχανής),
- το 1764 ο James Watt εφευρίσκει την πρώτη αποδοτική ατμομηχανή
- το 1804 ο Άγγλος μηχανικός και εφευρέτης Richard Trevithick κατασκευάζει με επιτυχία την πρώτη προς χρήση λοκομοτίβα.



ΑΠΟ ΤΟΝ *BENJAMIN CURR & OUTRAM* ΣΤΗΝ ΣΤΑΘΕΡΗ ΕΠΙΔΟΜΗ

..... ΠΡΟΣ ΤΗΝ *UIC 60*



Εξέλιξη του αξονικού φορτίου από το 1835 μέχρι σήμερα

Εξέλιξη της ταχύτητας από το 1835 μέχρι σήμερα