

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ



**ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΒΕΤΣΙΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ
ΧΡΗΣΤΟΥ – ΧΡΗΣΤΑΚΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΜΠΕΣΚΟΥ ΝΙΚΗ

ΠΑΤΡΑ 2024

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	ii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	vi
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΩΝ.....	1
1.1 Σύντομη αναδρομή.....	1
2 ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΙΣΤΟΡΙΚΟΙ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΙ.....	13
2.1 Γενικά χαρακτηριστικά αγγλικών σιδηροδρόμων.....	13
2.2 Ο σιδηρόδρομος στην Ηπειρωτική Ευρώπη.....	13
2.3 Σημαντικοί σιδηρόδρομοι.....	15
2.3.1 Stockton and Darlington Railway [16].....	15
2.3.2 Ο σιδηρόδρομος Liverpool- Manchester [18].....	15
2.3.3 Baltimore & Ohio Railroad (B&O) [15].....	17
2.3.4 Σιδηρόδρομος του Παναμά [20].....	18
2.3.5 Μητροπολιτικός υπόγειος σιδηρόδρομος [21].....	20
2.3.6 Διηπειρωτικός σιδηρόδρομος [22].....	21
2.3.7 Υπερσιβηρικός Σιδηρόδρομος [24], [25].....	22
2.3.8 Tokaido Shinkansen [27].....	24
2.3.9 Eurostar [28], [29].....	25
2.3.10 Σιδηρόδρομοι της Βοστώνης [15].....	26
2.3.11 Σιδηρόδρομοι της Νότιας Καρολίνας [31].....	27
3 ΙΣΤΟΡΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΩΝ.....	29
4 Ο ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΣ ΣΗΜΕΡΑ.....	36
4.1 Γενικά στοιχεία.....	36
4.2 Ανάλυση της επιβατικής, της εμπορικής καθώς και της ανάπτυξης του δικτύου των σιδηροδρόμων σε παγκόσμια κλίμακα.....	38
5 ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΩΝ.....	51

5.1	Συγκριτικά πλεονεκτήματα των σιδηροδρομικών μεταφορών σε σχέση με άλλους τρόπους μεταφοράς.....	51
5.2	Σενάρια για τα οφέλη των σιδηροδρόμων στο μέλλον και στην κοινωνία.....	53
5.3	Ανάπτυξη σιδηροδρομικού δικτύου σύμφωνα με το αισιόδοξο σενάριο	56
5.3.1	Επιρροές στην επιβατική και εμπορευματική κίνηση	56
5.3.2	Απαιτήσεις σε ενέργεια.....	58
5.3.3	Εκπομπές ρύπων	59
5.4	Επενδύσεις που απαιτούνται για το αισιόδοξο σενάριο.....	61
5.5	Πολιτικές για την υιοθέτηση του σιδηροδρόμου	62
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	64
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	65

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Ανατολικό τμήμα του Διόλκου βορείως της Διώρυγας. [3]	1
Εικόνα 1.2: Ατμομηχανή Penydarren. [5].....	2
Εικόνα 1.3: Ατμομηχανή Salamanca. [6]	3
Εικόνα 1.4: Η ατμομηχανή Puffing Billy στο Μουσείο Επιστημών του Λονδίνου. [7]	4
Εικόνα 1.5: Η ατμομηχανή Blücher. [9].....	4
Εικόνα 1.6: Ο σιδηρόδρομος Mumbles and Swansea. [10]	6
Εικόνα 1.7: Η ατμομηχανή The Pioneer του Henry Hughes. [1]	6
Εικόνα 1.8: Χάρτης του σιδηροδρόμου Manchester- Liverpool. [4].....	8
Εικόνα 1.9: Οι ατμομηχανές : α) Perseverance και β) Cycloped. [4]	8
Εικόνα 1.10: Οι ατμομηχανές: α) Rocket , β) Novelty, γ) Sans Pareil. [4]	9
Εικόνα 1.11: Η ατμομηχανή Northumbrian. [12].....	10
Εικόνα 1.12: Ατμομηχανή North Star. [13]	10
Εικόνα 1.13: Η ατμομηχανή Comet. [14]	11
Εικόνα 2.1: Η διαδρομή του Stockton and Darlington Railway. Με μαύρο χρώμα απεικονίζεται η διαδρομή το 1827 και με κόκκινο η διαδρομή σήμερα. [17]	15
Εικόνα 2.2: Η διαδρομή του L&MR. [18].....	16
Εικόνα 2.3: α) Χάρτης από τον Baltimore & Ohio Railroad. β) Στιγμιότυπο από τον σιδηρόδρομο. [19]	18
Εικόνα 2.4: α) Χάρτης της διαδρομής του σιδηροδρόμου του Παναμά. β) Στιγμιότυπο από την λειτουργία του. [20]	20
Εικόνα 2.5: Σταθμός Baker Street του Μητροπολιτικού σιδηρόδρομου (1863-1869). [21]	21
Εικόνα 2.6: Χάρτης του Διηπειρωτικού σιδηρόδρομου. [22]	22
Εικόνα 2.7: Στιγμιότυπο από την κατασκευή του Διηπειρωτικού σιδηρόδρομου. [23]	22
Εικόνα 2.8: Ιστορικός χάρτης του Υπερσιβηρικού σιδηρόδρομου. [26].....	24
Εικόνα 2.9: Στιγμιότυπα από την κατασκευή του Υπερσιβηρικού. [25].....	24
Εικόνα 2.10: Σιδηρόδρομος Tokaido Shinkansen. [27]	25
Εικόνα 2.11: Eurostar. [28].....	26
Εικόνα 2.12: α) Σταθμός του Σάλεμ το 1910 β) Χάρτης του σιδηροδρόμου το 1898. [30]	27
Εικόνα 2.13: Χάρτης των σιδηροδρόμων της Νότιας Καρολίνας. [31]	28
Εικόνα 3.1: Κατασκευή της πρώτης σιδηροδρομική γραμμής στην Ελλάδα που ενώνει το Θησείο με τον Πειραιά (Σ.Α.Π.). [34]	29
Εικόνα 3.2: Σιδηρόδρομος Πειραιώς-Δεμερλή (Παλιοφαρσάλου) – Συνόρων (Παπαπούλι) (Π.Δ.Σ.), της Εταιρείας των Ελληνικών Σιδηροδρόμων (Ε.Ε.Σ.). [34].....	31
Εικόνα 3.3: α)Τμήμα του σιδηροδρόμου Οινόη-Τιθορέα και Δομοκός-Λάρισα (έτος 1983), β) Τμήμα ηλεκτροκίνησης στο δίκτυο του ΟΣΕ, στη γραμμή Θεσσαλονίκη-Ειδομένη γ)Συγκρότημα Θριασίου Πεδίου. [34]	32
Εικόνα 3.4: Γενικός χάρτης σιδηροδρομικού δικτύου. [34].....	33
Εικόνα 3.5: Χρονοδιάγραμμα έργων. [34]	35
Εικόνα 4.1: α) Εμπορευματική κίνηση ανά εκατομμύριο ΑΕΠ, β) Επιβατική κίνηση ανά κάτοικο, γ) Μήκος γραμμών ανά 1000 τετραγωνικά χιλιόμετρα. [36]	47

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 4.1: Τύπος καυσίμου που χρησιμοποιείται για τις σιδηροδρομικές μεταφορές για τα έτη 1996 έως 2016. [35]	37
Σχήμα 4.2: Μεταβολή της κίνησης μετρούμενης σε επιβατικά χιλιόμετρα για τους σιδηροδρομικούς φορείς του UIC και η μεταβολή της σε σχέση με το 2021. [36]	38
Σχήμα 4.3: Μεταβολή του φορτίου για τους σιδηροδρομικούς φορείς του UIC και η μεταβολή του σε σχέση με το 2021. [36]	39
Σχήμα 4.4: Μεταβολή της επιβατικής και της εμπορευματικής κίνησης από τον Ιανουάριο του 2019 μέχρι το Δεκέμβριο του 2022. [36]	40
Σχήμα 4.5: Μεταβολή στην επιβατική κίνηση για την περιοχή της Αφρικής, της Ασίας και Ωκεανίας, της Ευρώπης (μαζί με την Τουρκία), της Αμερικής καθώς και της Ρωσίας για τα έτη 2004-2021	44
Σχήμα 4.6: Μεταβολή στην εμπορευματική κίνηση για την περιοχή της Αφρικής, της Ασίας και Ωκεανίας, της Ευρώπης (μαζί με την Τουρκία), της Αμερικής καθώς και της Ρωσίας για τα έτη 2004-2021	45
Σχήμα 4.7: Μεταβολή του μήκους των γραμμών για την περιοχή της Αφρικής, της Ασίας και Ωκεανίας, της Ευρώπης (μαζί με την Τουρκία), της Αμερικής καθώς και της Ρωσίας για τα έτη 2004-2021	46
Σχήμα 4.8: Αριθμός επιβατών ανά διαχειριστή σιδηροδρόμου στην Αφρική, στην Αμερική, στην περιοχή Ασίας και Ωκεανίας και στην Ευρώπη. [36]	48
Σχήμα 4.9: Τόνοι εμπορευμάτων ανά διαχειριστή σιδηροδρόμου στην Αφρική, στην Αμερική, στην περιοχή Ασίας και Ωκεανίας και στην Ευρώπη. [36]	49
Σχήμα 4.10: Ποσοστό ηλεκτροκίνησης ανά διαχειριστή σιδηροδρόμου στην Αφρική, στην Αμερική, στην περιοχή Ασίας και Ωκεανίας και στην Ευρώπη. [36]	50
Σχήμα 5.1: Κατανάλωση ενέργειας ανά μεταφορικό μέσο και αριθμός εξυπηρέτησης επιβατών ανά τρόπο μεταφοράς. [35]	52
Σχήμα 5.2: Ποσοστό πτήσεων για διάφορες αποστάσεις για επιλεγμένες χώρες αναχώρησης οι οποίες έχουν ανεπτυγμένο δίκτυο σιδηροδρόμων υψηλών ταχυτήτων και για χώρες που δεν έχουν. [35]	52
Σχήμα 5.3: Ανάπτυξη του σιδηροδρομικού δικτύου στο βασικό και στο αισιόδοξο σενάριο σε σχέση με το 2017. [35]	54
Σχήμα 5.4: Κατασκευή δικτύου σιδηροδρομικών γραμμών υψηλής ταχύτητας ανά χώρα στο βασικό και στο αισιόδοξο σενάριο ανάμεσα στα έτη 2017 και 2050. [35]	55
Σχήμα 5.5: Αλλαγή στην επιβατική κίνηση στο αισιόδοξο σενάριο σε σχέση με το βασικό. [35]	56
Σχήμα 5.6: Ποσοστό επιβατικής κίνησης που οι σιδηροδρομικές μεταφορές μπορούν να κερδίσουν από τις αερομεταφορές. [35]	57
Σχήμα 5.8: Μεταβολή της εμπορευματικής κίνησης ανά μέσο μεταφοράς για τα έτη 2030 και 2050 και μεταβολή της εμπορευματικής κίνησης που εκτελείται από το σιδηροδρομικό δίκτυο για τα ίδια έτη. [35]	58
Σχήμα 5.9: α) Ενεργειακές ανάγκες για κάθε τρόπο μεταφοράς στο αισιόδοξο σενάριο και η αλλαγή στις ενεργειακές απαιτήσεις στο για τα έτη 2017, 2030, 2050, β) Ενεργειακές απαιτήσεις στους σιδηροδρόμους ανά κατηγορία καυσίμου για τα έτη 2017-2050. [35]	59
Σχήμα 5.10: Άμεσες εκπομπές CO ₂ από την κατανάλωση καυσίμου σύμφωνα με το αισιόδοξο σενάριο για τα έτη 2017 έως 2050. [35]	60

Σχήμα 5.11: Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανά περιοχή με την μεγαλύτερη ανάπτυξη των σιδηροδρομικών μεταφορών σύμφωνα με το αισιόδοξο σενάριο και σύγκριση με το βασικό. [35]..... 61

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Χαρακτηριστικές διαδρομές και χρόνοι της εταιρείας Eurostar. [29].....	26
Πίνακας 3.1: Σιδηροδρομικά έργα σε εξέλιξη. [34]	34
Πίνακας 4.1: Στοιχεία σχετικά με τη μεταβολή της επιβατικής κίνησης, του όγκου του φορτίου που μεταφέρθηκε μέσω σιδηροδρομικής γραμμής καθώς και η μεταβολή του μήκους των σιδηροδρομικών γραμμών για την περιοχή της Αφρικής, της Ασίας και Ωκεανίας, της Ευρώπης (μαζί με την Τουρκία), της Αμερικής καθώς και της Ρωσίας για τα έτη 2004-2010. [36]	41
Πίνακας 4.2: Στοιχεία σχετικά με τη μεταβολή της επιβατικής κίνησης, του όγκου του φορτίου που μεταφέρθηκε μέσω σιδηροδρομικής γραμμής καθώς και η μεταβολή του μήκους των σιδηροδρομικών γραμμών για την περιοχή της Αφρικής, της Ασίας και Ωκεανίας, της Ευρώπης (μαζί με την Τουρκία), της Αμερικής καθώς και της Ρωσίας για τα έτη 2011-2015. [36]	42
Πίνακας 4.3: Στοιχεία σχετικά με τη μεταβολή της επιβατικής κίνησης, του όγκου του φορτίου που μεταφέρθηκε μέσω σιδηροδρομικής γραμμής καθώς και η μεταβολή του μήκους των σιδηροδρομικών γραμμών για την περιοχή της Αφρικής, της Ασίας και Ωκεανίας, της Ευρώπης (μαζί με την Τουρκία), της Αμερικής καθώς και της Ρωσίας για τα έτη 2016-2021. [36]	43

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η ιστορική εξέλιξη των σιδηροδρομικών μεταφορών καθώς και τα πιθανά οφέλη που μπορεί να έχει η περαιτέρω υιοθέτησή τους.

Η ιστορία των σιδηροδρομικών μεταφορών ξεκινάει από την αρχαιότητα όταν η μεταφορά των εμπορευμάτων στην ξηρά γινόταν σε ειδικά διαμορφωμένες διαδρομές στις οποίες μετακινούνταν τροχήλατες άμαξες και κάρα τις οποίες κινούσαν άλογα. Ωστόσο παρόλο που οι ρίζες αυτού του πρώιμου σιδηροδρόμου φτάνουν στην αρχαιότητα η πραγματική ανάπτυξή του ήρθε τον 18^ο αιώνα. Στόχος ήταν να εξυπηρετήσει τις αυξημένες εμπορικές ανάγκες της εποχής. Τεράστια συμβολή στην ανάπτυξη του σιδηροδρόμου ήταν και η ανακάλυψη της ατμομηχανής. Στην συνέχεια τα σιδηροδρομικά δίκτυα τα οποία αναπτύσσονταν σε ολόκληρο τον κόσμο δεν εξυπηρετούσαν πια μόνο τις εμπορευματικές μεταφορές αλλά πλέον μετέφεραν και επιβάτες. Ο σιδηρόδρομος συνεχώς εξελισσόταν με αποτέλεσμα να φτάσουμε στη σημερινή εποχή όπου υπάρχουν τρένα τα οποία κινούνται με ταχύτητες που φτάνουν μέχρι και τα 300 χλμ./ώρα.

Σήμερα ο σιδηρόδρομος αποτελεί έναν από τους δημοφιλέστερους τρόπους μεταφοράς επιβατών αλλά και εμπορευμάτων. Η περεταίρω ανάπτυξη του σιδηροδρομικού δικτύου και η ολοένα μεγαλύτερη εισχώρηση του σιδηροδρόμου σε διάφορους τομείς της κοινωνίας και της οικονομίας συνοδεύεται από μια σειρά από πλεονεκτήματα τα οποία αντισταθμίζουν το πιθανό υψηλό κόστος της αρχικής επένδυσης που απαιτείται για την ανάπτυξη των υποδομών. Κάποια από αυτά τα πλεονεκτήματα είναι η μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης στις πόλεις καθώς επίσης και το μειωμένο ενεργειακό αποτύπωμα.

Λέξεις κλειδιά: σιδηρόδρομος, τρένο, ατμομηχανή

ABSTRACT

In this work, the historical development of rail transport is presented, as well as the possible benefits that their further adoption can have.

The history of rail transport dates back to ancient times when goods were transported overland on specially designed tracks on which wheeled carriages and horse-drawn carts moved. However, although the roots of this early railway reach into antiquity, its real development came in the 18th century. The aim was to serve the increased commercial needs of the time. A huge contribution to the development of the railway was also the discovery of the steam engine. Subsequently, the railway networks that were developing around the world no longer served only freight transport but now also carried passengers. The railway was constantly evolving, resulting in the present day where there are trains that move at speeds of up to 300 km/h.

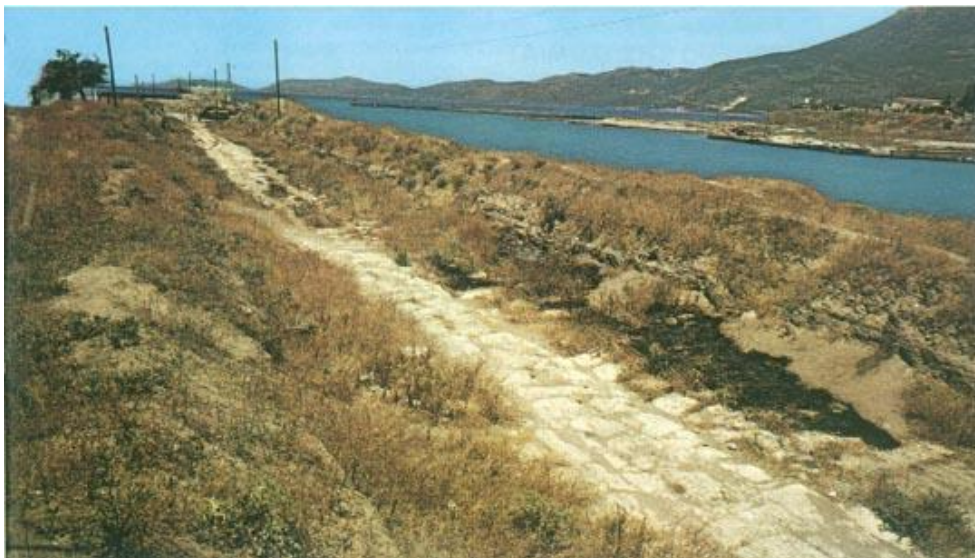
Today, the railway is one of the most popular ways of transporting passengers and goods. The further development of the railway network and the increasing penetration of the railway into various sectors of society and the economy is accompanied by a number of advantages which compensate for the potentially high cost of the initial investment required for the development of the infrastructure. Some of these advantages are the reduction of traffic congestion in cities as well as the reduced energy footprint.

Keywords: railway, trains steam engine

1 ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΩΝ

1.1 Σύντομη αναδρομή

Οι σιδηροδρομικές μεταφορές αποτελούν έναν από τους δημοφιλέστερους τρόπους μεταφοράς εμπορευμάτων και επιβατών στην ξηρά. Για να φτάσουμε στην ανάπτυξη του σιδηροδρομικού δικτύου όπως το γνωρίζουμε σήμερα χρειάστηκαν πολλά χρόνια εξέλιξης. Η ιστορία του σιδηροδρόμου ξεκινάει πριν από περισσότερα από 2000 χρόνια στους αρχαίους πολιτισμούς της Αιγύπτου, της Βαβυλώνας και της Ελλάδας [1]. Αρχικά, οι χερσαίες μεταφορές τόσο των ανθρώπων όσο και των εμπορευμάτων γίνονταν με κάρα τα οποία τα έσερναν ζώα όπως άλογα, ταύροι κ.α. Ωστόσο, στη συνέχεια παρατηρήθηκε ότι τα ζώα θα ξόδευαν λιγότερη ενέργεια και επομένως οι μετακινήσεις θα ήταν πιο εύκολες και γρήγορες εάν αυτή η μεταφορά γινόταν σε ειδικά διαμορφωμένες τροχιές στο έδαφος πάνω στις οποίες θα κινούνταν οι τροχοί. Αυτές ήταν οι πρώτες σιδηροδρομικές γραμμές στον κόσμο και τα αρχαιολογικά ευρήματα βρίσκονται ακόμη στην Ιταλία και την Ελλάδα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας διαδρομής βρίσκεται στην Κόρινθο και κατασκευάστηκε στην Αρχαία Ελλάδα το 600 π.Χ. Αυτή η διαδρομή ήταν στην ουσία μία σειρά από αυλάκια σκαμμένα στο έδαφος πάνω στα οποία κινούνταν τα κάρα. Η διαδρομή είχε μήκος περίπου 6,4 χλμ. και ονομαζόταν Διόλκος [2] και σχεδιάστηκε για να μεταφέρει βάρκες και πλοία μέσω του Ισθμού της Κορίνθου, ως εναλλακτική λύση για την πολύ μεγαλύτερη διαδρομή γύρω από την Πελοποννήσου. Στην Εικόνα 1.1 παρουσιάζεται το ανατολικό τμήμα του Διόλκου βορείως της Διώρυγας της Κορίνθου.



Εικόνα 1.1: Ανατολικό τμήμα του Διόλκου βορείως της Διώρυγας της Κορίνθου. [3]

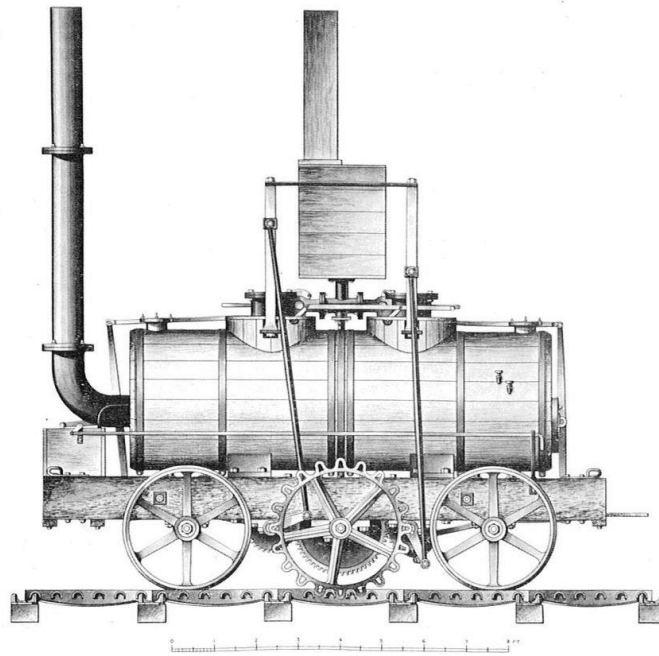
Αυτοί οι διάδρομοι βγήκαν εκτός χρήσης μετά την πτώση της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας και επέστρεψαν μόνο μετά από τις αυξημένες εμπορικές και πρώιμες βιομηχανικές προσπάθειες της Ευρωπαϊκής Αναγέννησης. Μέχρι τον 18^ο αιώνα, κάθε ορυχείο στη Μεγάλη Βρετανία είχε το δικό του απλό σιδηροδρομικό δίκτυο, με άλογα που τραβούσαν καρότσια από τα ορυχεία στα εργοστάσια. Οι αλλαγές σε αυτό το είδος μεταφοράς ήρθαν το 1774 με την ανακάλυψη του James Watt, της ατμομηχανής. Καθώς ο Watt προστάτευε τις πατέντες του, η μεγαλύτερη προσπάθεια για βελτίωση των ατμομηχανών ξεκίνησε μόνο μετά τη λήξη της πατέντας του το 1800 [1]. Ο πρώτος πλήρως λειτουργικός ατμοκίνητος σιδηρόδρομος άνοιξε το 1804 κοντά στο Merthyr Tydfil στην Ουαλία από τον μηχανικό Richard Trevithick [2].

Οι πρώτες ατμομηχανές άρχισαν να κινούνται κατά μήκος πρωτόγονων σιδηροδρομικών γραμμών το 1804. Μία τέτοια ατμομηχανή, η Penydarren (Εικόνα 1.2), ήταν κατασκευασμένη από τον Richard Trevithick και αποτελούταν από έναν λέβητα, εμβολα, γρανάζια και τροχούς. Η ατμομηχανή μπορούσε να μεταφέρει 11 τόνους σιδήρου και 70 άνδρες με ταχύτητα 4 χλμ./ώρα [4]. Αν και ήταν πολύ βαριά κατασκευή και η συχνή χρήση της προκαλούσε φθορές στις εύθραυστες ράγες από χυτοσίδηρο, αποτέλεσε ένα βήμα ζωτικής σημασίας προς την ανάπτυξη των σιδηροδρομικών μεταφορών όπως τις γνωρίζουμε σήμερα.

Ο Matthew Murray, το 1812 παρουσίασε τη δικιά του ατμομηχανή, τη Salamanca (Εικόνα 1.3) και ήταν η πρώτη εμπορικά βιώσιμη.

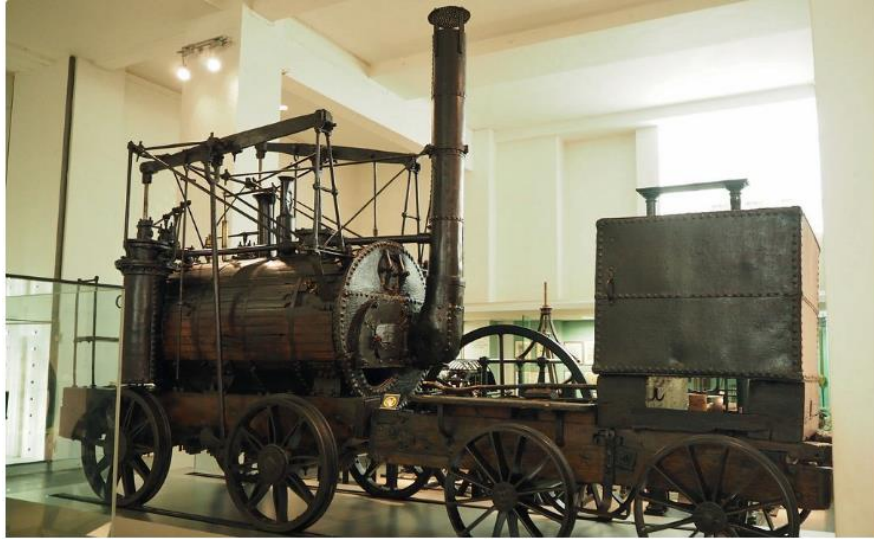


Εικόνα 1.2: Ατμομηχανή Penydarren. [5]



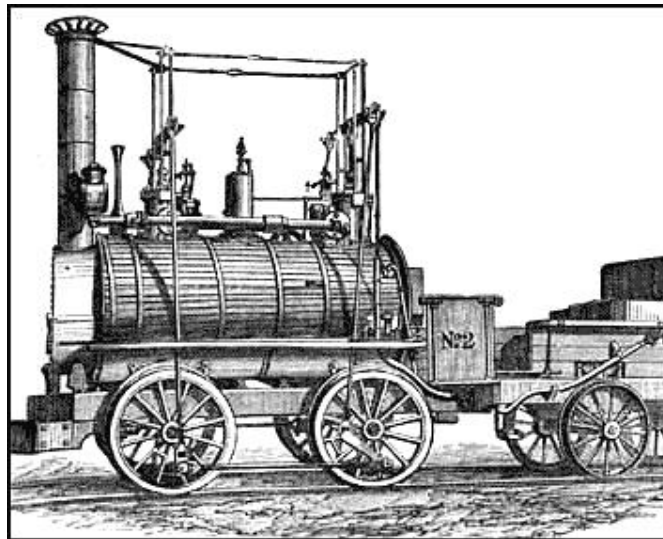
Εικόνα 1.3: Ατμομηχανή Salamanca. [6]

Η ατμομηχανή Puffing Billy (Εικόνα 1.4) είναι η παλαιότερη ατμομηχανή που έχει διασωθεί. Κατασκευάστηκε από τους William Hedley, Jonathan Forster και Timothy Hackworth, για να αντικαταστήσουν τα άλογα που χρησιμοποιούνταν για την κίνηση των σιδηροδρομικών οχημάτων [7]. Οι ακριβείς ημερομηνίες κατασκευής της δεν είναι γνωστές με βεβαιότητα, αν και ήταν γνωστό ότι λειτουργούσε το 1814. Ήταν η πρώτη εμπορική ατμομηχανή που χρησιμοποιήθηκε για τη μεταφορά βαγονιών που ήταν φορτωμένα με άνθρακα από το ορυχείο στο Wylam στις αποβάθρες στο Lemington στο Northumberland. Ωστόσο, η ατμομηχανή είχε μια σειρά από σοβαρούς τεχνικούς περιορισμούς. Το βάρος της το οποίο έφτανε τους οκτώ τόνους ήταν πολύ μεγάλο με αποτέλεσμα να σπάει τις γραμμές και για αυτόν το λόγο είχε λάβει πολλές επικρίσεις. Αυτό το πρόβλημα μετριάστηκε το 1815 με τον επανασχεδιασμό της που βοήθησε έτσι ώστε το βάρος να κατανεμηθεί πιο ομοιόμορφα. Η συγκεκριμένη ατμομηχανή ενσωμάτωσε μια σειρά από νέα χαρακτηριστικά, κατοχυρωμένα με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον Hedley, τα οποία επρόκειτο να αποδειχθούν σημαντικά για την ανάπτυξη των ατμομηχανών. Είχε δύο κάθετους κυλίνδρους εκατέρωθεν του λέβητα και κινούσε ένα μονό στροφαλοφόρο άξονα κάτω από τα πλαίσια ενώ παράλληλα λόγω του σχεδιασμού της είχε και καλύτερη πρόσφυση. Η ατμομηχανή παρέμεινε σε λειτουργία μέχρι το 1862, όταν ο Edward Blackett, ιδιοκτήτης του ορυχείου Wylam Colliery τη δάνεισε στο Μουσείο Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας (τώρα Μουσείο Επιστημών) στο South Kensington του Λονδίνου. Αργότερα την πούλησε στο μουσείο για 200 λίρες. Εκτίθεται ακόμα εκεί [7].



Εικόνα 1.4: Η ατμομηχανή Puffing Billy στο Μουσείο Επιστημών του Λονδίνου. [7]

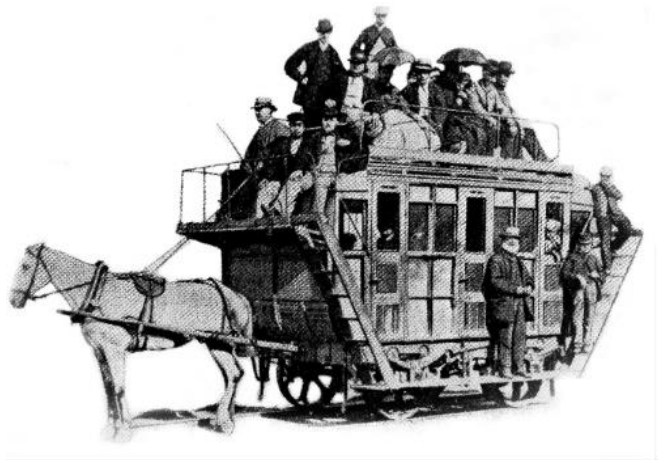
Η ατμομηχανή Blücher (Εικόνα 1.5) ήταν μια πρωτοποριακή ατμομηχανή που κατασκευάστηκε από τον George Stephenson το 1814. Ήταν η πρώτη από μια σειρά ατμομηχανών που καθιέρωσαν τη φήμη του ως σχεδιαστή ατμομηχανών και τελικά ως «Πατέρα των Σιδηροδρόμων». Δεν ήταν η πρώτη ατμομηχανή για σιδηροδρομικές μεταφορές που κατασκευάστηκε. Ωστόσο, ήταν η πρώτη πλήρως αποτελεσματική ατμομηχανή και ήταν ικανή να μεταφέρει 8 βαγόνια φορτωμένα με 30 τόνους άνθρακα με ταχύτητα 6 χλμ./ώρα. Ο Stephenson την ονόμασε από τον Von Blücher, τον Πρώσο στρατηγό, ο οποίος βοήθησε τη Βρετανία να νικήσει τον Ναπολέοντα στο Βατερλώ το 1815. Ο Stephenson ανακύκλωσε την ατμομηχανή, επαναχρησιμοποιώντας τα μέρη της καθώς ανέπτυξε πιο προηγμένα μοντέλα [8].



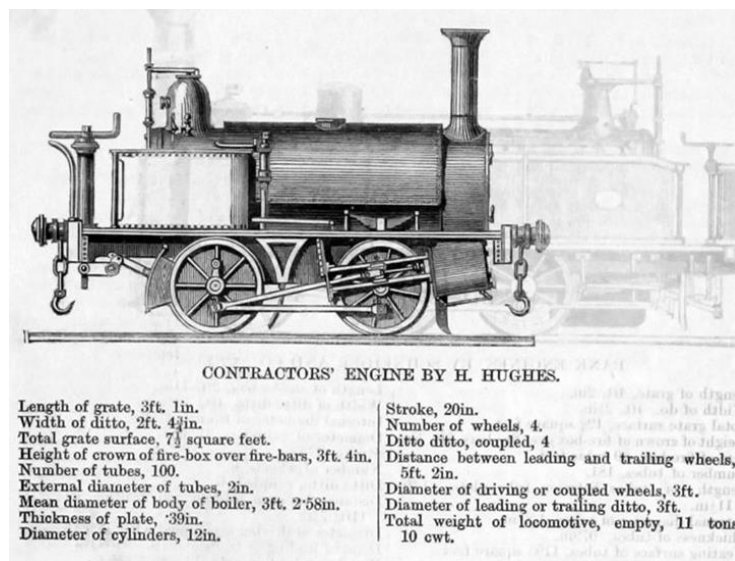
Εικόνα 1.5: Η ατμομηχανή Blücher. [9]

Ενώ η ανάπτυξη των σιδηροδρόμων προχωρούσε, κανένας δεν χρησιμοποιήθηκε ειδικά για τη μεταφορά ανθρώπων. Όλα αυτά άλλαξαν το 1807, όταν στον σιδηρόδρομο Mumbles and Swansea (Εικόνα 1.6) έγιναν αλλαγές έτσι ώστε να αποτελέσει τον πρώτο σιδηρόδρομο για μεταφορά επιβατών. Αρχικά χτίστηκε ως σιδηρόδρομος λατομείου για ασβεστόλιθο και λειτουργούσε μεταξύ Swansea και Mumbles και η κατασκευή αυτού του υποκίνητου σιδηροδρόμου ξεκίνησε το 1805 [10]. Η παραθαλάσσια διαδρομή μεταξύ Blackpill και West Cross καταστράφηκε από μια καταιγίδα το 1815 και έπρεπε να κατασκευαστεί εκ νέου στην ενδοχώρα. Μέχρι το 1823, ένα υποκίνητο σιδηροδρομικό όχημα μετέφερε 16 επιβάτες δύο φορές την ημέρα από το Swansea στο Oystermouth. Στη συνέχεια ένας δρόμος με διόδια χτίστηκε μεταξύ Swansea και Oystermouth το 1826, ο οποίος ήταν παράλληλος με την σιδηροδρομική γραμμή. Εξαιτίας αυτής της ενέργειας, καθώς και λόγω των απωλειών που παρουσιάστηκαν στην μεταφορά των εμπορευμάτων, ο σιδηρόδρομος ήταν αδύνατο να παραμείνει οικονομικά βιώσιμος. Ήταν ουσιαστικά εγκαταλελειμμένος για σχεδόν τριάντα χρόνια, μεταφέροντας μόνο μικρές ποσότητες φορτίου κατά καιρούς. Ο σιδηρόδρομος Mumbles έκλεισε το 1959, αλλά η επιρροή του στην ιστορία των σιδηροδρόμων είναι πολύ μεγάλη. Μέρος της γραμμής μεταξύ του Strand (Swansea) και των ανθρακωρυχείων στην Clyne Valley κατασκευάστηκε εκ νέου το 1855 [10]. Στη δεκαετία του 1860, η αλληλογραφία μεταφερόταν από και προς το Swansea στο Ταχυδρομείο στο Southend (Carlton Hotel). Μέχρι το 1869, υπήρχαν δέκα τρένα προς κάθε κατεύθυνση τις καθημερινές, έντεκα τα Σάββατα και πέντε τις Κυριακές. Μία άμαξα χρειαζόταν ένα ή και περισσότερα άλογα για να μετακινηθεί. Η Rutland Street, η Waterworks Road, η Sketty Road, η Blackpill Road, η Bishopston Road, η Lilliput Road, η West Cross Road, η Norton Road και η Oystermouth ήταν όλες οι στάσεις του τρένου [10].

Η ατμοκίνηση στο σιδηρόδρομο ξεκίνησε τον Αύγουστο του 1877, με τη μηχανή του Henry Hughes, The Pioneer (Εικόνα 1.7) και μετέφερε πάνω από 80 επιβάτες. Για την προμήθεια δομικού υλικού για την προβλήτα, η Mumbles Railway and Pier Company επέκτεινε το σιδηρόδρομο από το Oystermouth στο Mumbles Head το 1889 [10]. Η διαδρομή από το Oystermouth στο Southend ολοκληρώθηκε τον Μάιο του 1893. Ο σιδηρόδρομος συνεχώς γινόταν όλο και πιο δημοφιλής με αποτέλεσμα να καταφέρει να μεταφέρει 48000 επιβάτες σε μία ημέρα τον Αύγουστο του 1913. Το ταξίδι των 9,5 χλμ. διήρκεσε μία ώρα με μέση ταχύτητα 126 χλμ/ώρα [10]



Εικόνα 1.6: Ο σιδηρόδρομος Mumbles and Swansea. [10]



Εικόνα 1.7: Η ατμομηχανή The Pioneer του Henry Hughes. [11]

Τη δεκαετία του 1820, η παραγωγή βαμβακιού στο Manchester ήταν τόσο μεγάλη που χρειαζόταν επειγόντως ταχύτερη και αποτελεσματικότερη μεταφορά αγαθών στην ακτή για εξαγωγή. Ο σιδηρόδρομος του Liverpool και του Manchester (L&MR) (Εικόνα 1.8) δημιουργήθηκε για να εξυπηρετήσει αυτήν την ανάγκη, αλλά μέχρι το 1829 υπήρχαν κάποια προβλήματα που δεν είχαν ακόμα επιλυθεί ωστόσο είχε φτάσει η ώρα τους. Κάποια από αυτά τα προβλήματα ήταν η επιλογή της κατάλληλης μηχανής για σιδηροδρομικές μεταφορές και ο ακριβής τρόπος μετακίνησης εμπορευμάτων και επιβατών. Είχε ήδη συμφωνηθεί ότι μια αυτοπροωθούμενη ατμομηχανή θα χρησιμοποιηθεί στη γραμμή, αλλά υπήρχαν πολλά διαθέσιμα σχέδια.

Για να επιλέξουν τον καλύτερο σχεδιασμό, οι διευθυντές της L&MR αποφάσισαν να πραγματοποιήσουν έναν διαγωνισμό με έπαθλο 500 £ [4]. Ο διαγωνισμός διήρκησε εννέα ημέρες και έλαβε χώρα τον Οκτώβριο του 1829 σε μια ειδικά κατασκευασμένη γραμμή κοντά στο Rainhill, έξω από το Liverpool. Την πρώτη μέρα τον διαγωνισμό τον παρακολούθησαν πάνω από 10000 θεατές ενώ μεγάλος παρέμεινε και ο αριθμός των θεατών που συνέχισαν να παρακολουθούν και τις επόμενες μέρες του διαγωνισμού. Ο διαγωνισμός είχε τις εξής απαιτήσεις: 10 ταξίδια με επιστροφή σε μία διαδρομή μήκος 24 χλμ. Στους αιτούντες εστάλη ένα σύνολο προδιαγραφών παρόλα αυτά υπήρχαν ελάχιστες πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο δοκιμής των ατμομηχανών. Ωστόσο αυτό ήταν κάτι που διορθώθηκε στη συνέχεια. Πριν από κάθε δοκιμή, οι κριτές (μηχανικοί John Rastrick και Nicholas Wood και ο βιομήχανος John Kennedy) ζύγιζαν προσεκτικά την ατμομηχανή και το φορτίο που επρόκειτο να μεταφέρει και κατέγραφαν την ποσότητα καυσίμου και νερού που έλαβαν. Στη συνέχεια ακολουθούσε η χρονομέτρηση. Όταν ολοκληρώθηκαν οι διαδρομές, υπολογίστηκε η ποσότητα καυσίμου και νερού που καταναλώθηκε και η μέση ταχύτητα που επιτεύχθηκε. Η ατμομηχανή που θα μπορούσε να ολοκληρώσει τη παραπάνω διαδρομή πιο αποτελεσματικά θα αναδεικνυόταν νικητής. Το ζητούμενο σε αυτόν τον διαγωνισμό δεν ήταν μόνο η ταχύτητα αλλά και η δύναμη, η ισχύς και η αξιοπιστία. Η απόδοση ήταν επίσης σημαντική, καθώς ο άνθρακας κοστίζει χρήματα, και το να χρειάζεται να σταματάς συχνά για νερό θα αναιρούσε κάθε πλεονέκτημα ταχύτητας σε σχέση με ένα σιδηροδρομικό όχημα που κινούταν με άλογα. Με βάση τις παραπάνω παραμέτρους οι κριτές έλαβαν την απόφασή τους [1], [4]. Περίπου δέκα ήταν οι διαγωνιζόμενοι που είχαν θέσει αρχικά υποψηφιότητα αλλά μόνο πέντε έφτασαν στο Rainhill εγκαίρως για την έναρξη. Δύο από αυτές η Cycloped και η Perseverance (Εικόνα 1.9) δεν ήταν ιδιαίτερα ανταγωνιστικές επομένως οι μηχανές που διαγωνίστηκαν σοβαρά για την πρωτιά ήταν στην ουσία τρεις: η ατμομηχανή Novelty, η ατμομηχανή Sans Pareil και η ατμομηχανή Rocket (Εικόνα 1.10). Νικητής του διαγωνισμού ήταν ο George Stephenson με την ατμομηχανή Rocket [4].

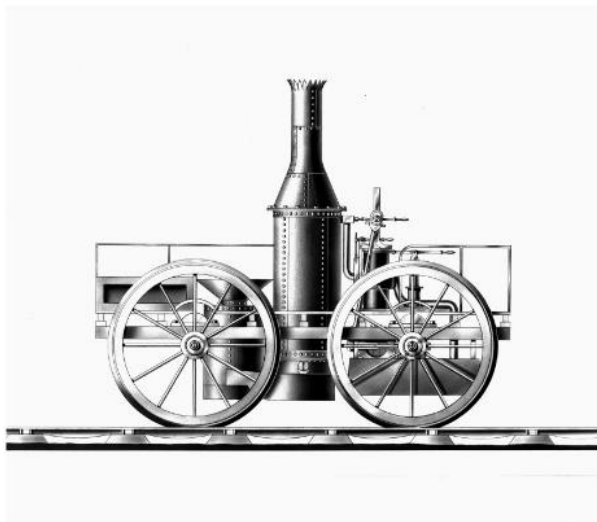
Αν και η μηχανή Rocket εντυπωσίασε και τελικά κέρδισε στο Rainhill, λίγα από τα χαρακτηριστικά της ήταν νέα. Ήταν ο συνδυασμός πολλών υφιστάμενων ανακαλύψεων στον λέβητα, στην εξάτμιση κ.α. που έκανε τη σχεδίαση του Stephenson επαναστατική και του έδωσε την ταχύτητα και την απόδοση που απαιτούνται για να κερδίσει τις δοκιμές. Αυτά τα στοιχεία έγιναν μέρος σχεδόν κάθε ατμομηχανής που κατασκευάστηκε κατά τη διάρκεια της βασιλείας του ατμού στους παγκόσμιους σιδηροδρόμους.

Ωστόσο και τα σχέδια που δεν κέρδισαν το βραβείο είχαν κάτι να δείξουν. Για παράδειγμα το Novelty ήταν πιο γρήγορο από το Rocket, αλλά παρουσίασε βλάβη και έπρεπε να αποσυρθεί. Το Cycloped παρόλο που δεν αποτελούσε σημαντικό ανταγωνιστή, ο σχεδιασμός του χρησιμοποιήθηκε στην Αμερική από την South Carolina Canal and Railroad Company. Σοβαρός ανταγωνισμός για το Rocket προήλθε από το Sans Pareil του Hackworth. Αν και ζύγιζε πάνω από το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος για

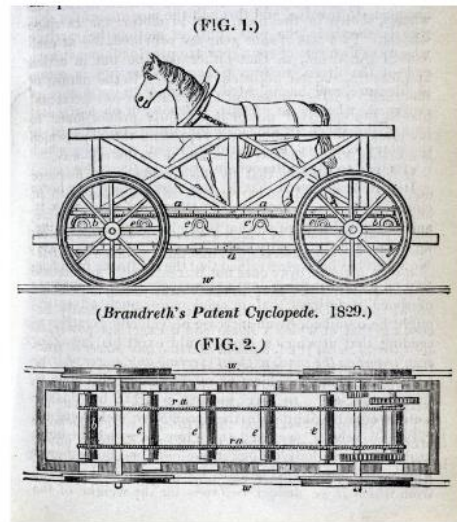
μια ατμομηχανή με τέσσερις τροχούς, οι κριτές της επέτρεψαν να λάβει μέρος στις δοκιμές και η ατμομηχανή εντυπωσίασε με αποτέλεσμα να την αγοράσουν στη συνέχεια από την L&MR για 550 £ [4]. Αν και δεν μνημονεύεται τόσο πολύ όσο ο Stephenson, ο Hackworth ήταν μια σημαντική φυσιογνωμία στην ανάπτυξη των ατμομηχανών.



Εικόνα 1.8: Χάρτης του σιδηροδρόμου Manchester- Liverpool. [4]

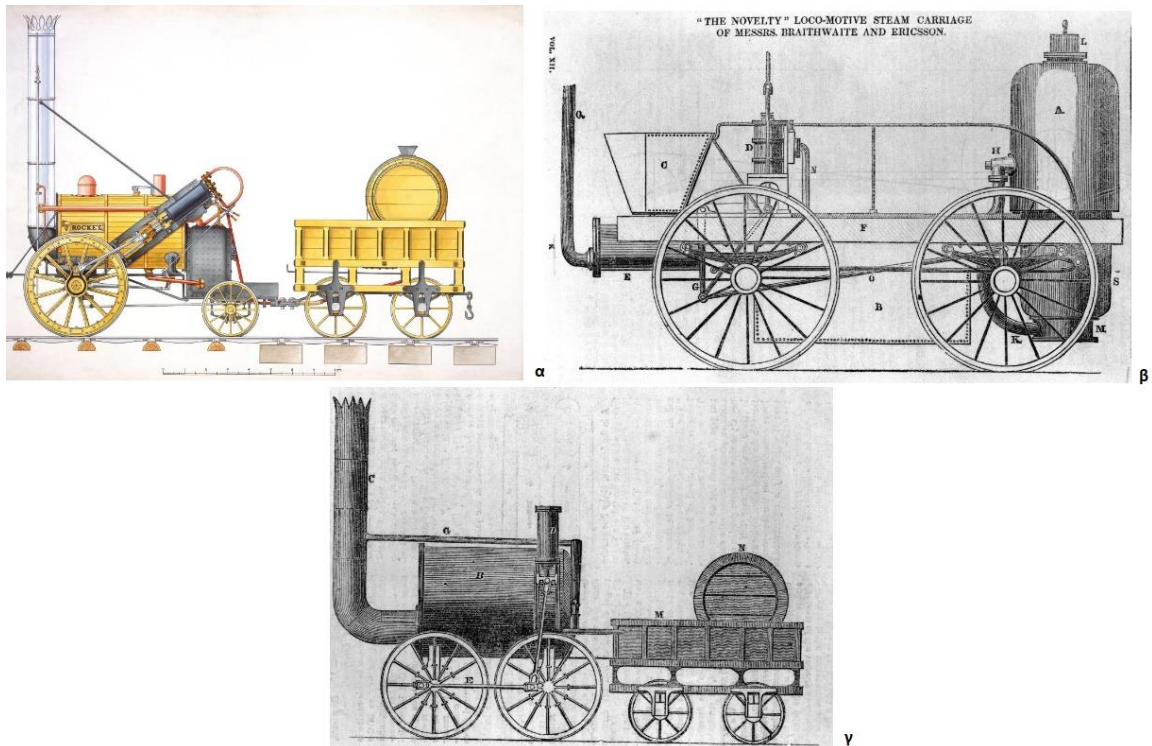


α



β

Εικόνα 1.9: Οι ατμομηχανές : α) Perseverance και β) Cyclopede.[4]



Εικόνα 1.10: Οι ατμομηχανές: α) Rocket , β) Novelty, γ) Sans Pareil. [4]

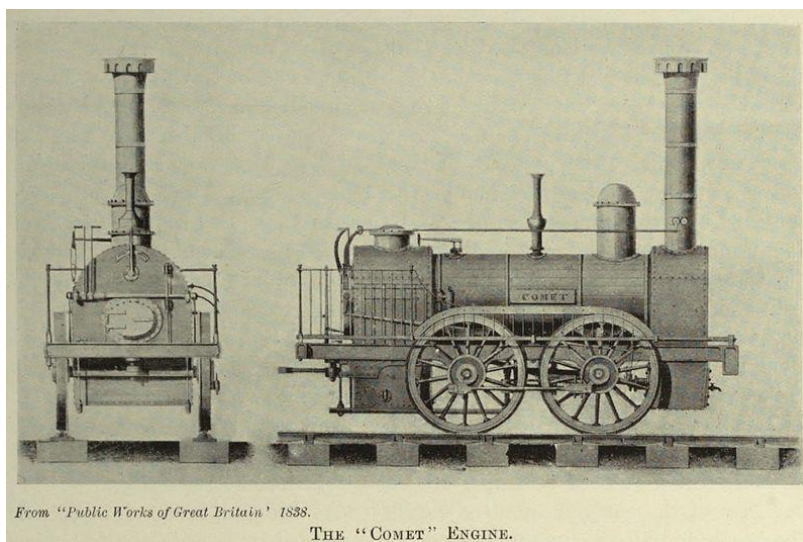
Το Northumbrian (Εικόνα 1.11) ήταν μια πρώιμη ατμομηχανή που κατασκευάστηκε από τον Robert Stephenson το 1830 και χρησιμοποιήθηκε στα εγκαίνια του σιδηροδρόμου του Λίβερπουλ και του Μάντσεστερ. Όπως το Rocket, χρησιμοποιούσε τη διάταξη τροχών 0-2-2, αλλά ήταν η τελευταία ατμομηχανή Stephenson που ακολουθούσε τη συγκεκριμένη διάταξη. Η Northumbrian ήταν η πρώτη ατμομηχανή όπου η εστία <<τύπου Stephenson>> ενσωματώθηκε στον λέβητα. Τον συγκεκριμένο σχεδιασμό ακολούθησαν όλες οι ατμομηχανές από τότε και μετά. Άλλες καινοτομίες ήταν τα πλαίσια πλακών και οι σχεδόν οριζόντιοι κύλινδροι, που όλα έκαναν πιο ομαλή τη λειτουργία. Ήταν μία από τις οκτώ ατμομηχανές που χρησιμοποιήθηκαν την ημέρα έναρξης των σιδηροδρόμων του Liverpool και του Manchester. Οι άλλες ήταν η ατμομηχανή Rocket, η ατμομηχανή Phoenix (με οδηγό τον Robert Stephenson), η ατμομηχανή North Star (Εικόνα 1.12), η ατμομηχανή Dart, η ατμομηχανή Comet (Εικόνα 1.13), και η ατμομηχανή Meteor [12].



Εικόνα 1.11: Η ατμομηχανή Northumbrian. [12]



Εικόνα 1.12: Ατμομηχανή North Star. [13]



Εικόνα 1.13: Η ατμομηχανή Comet. [14]

Η αρχική ατμομηχανή North Star κατασκευάστηκε από τον Robert Stephenson και προοριζόταν για τον σιδηρόδρομο της Νέας Ορλεάνης στην Αμερική [13]. Ωστόσο, η παραγγελία ακυρώθηκε και η Great Western Railway (GWR) επέλεξε να την αγοράσει. Εκείνη τη στιγμή η GWR δεν κατασκεύαζε ακόμη τις δικές της ατμομηχανές και τις αγόραζε από διάφορες εταιρείες. Το North Star τροποποιήθηκε από την εταιρεία του Stephenson για να μπορεί να λειτουργήσει στην πιο πλατιά γραμμή του GWR. Τον Μάιο του 1838 το North Star ήταν η πρώτη ατμομηχανή που εμφανίστηκε στη γραμμή GWR από το Paddington στο Maidenhead. Μετέφερε ένα τρένο γεμάτο με διευθυντές της GWR και άλλους αξιωματούχους. Το North Star ήταν σε λειτουργία μέχρι τον Δεκέμβριο του 1870 όταν αποσύρθηκε. Λόγω της σημασίας του υπήρχε στο Swindon Works (πρόκειται για κέντρο συντήρησης) για πολλά χρόνια. Τελικά η ατμομηχανή διαλύθηκε το 1906. Το 1925 πραγματοποιήθηκαν εκδηλώσεις για τον εορτασμό των 100 χρόνων των σιδηροδρόμων και πάρθηκε η απόφαση να κατασκευαστεί ένα αντίγραφο της [13].

Οι ηλεκτρικοί σιδηρόδρομοι ακολούθησαν το 1837, με τον πρώτο να κατασκευάζεται στη Σκωτία από έναν χημικό που ονομαζόταν Robert Davidson στο Aberdeen. Το σχέδιό του λειτουργούσε με μπαταρίες τις οποίες αργότερα χρησιμοποίησε σε μια μεγαλύτερη ατμομηχανή που ονομάστηκε Galvan. Μετά την καταστροφή του Galvan από δυσαρεστημένους εργάτες των σιδηροδρόμων ένα παρόμοιο τρένο κατασκευάστηκε στη Γερμανία από τον Werner von Siemens, του οποίου το τραμ Lichterfelde ήταν το πρώτο του είδους του που κατασκευάστηκε ποτέ, και αποτελούταν από σιδηροτροχιές και μια εναέρια γραμμή την οποία διαπερνούσε συνεχές ρεύμα που έφτανε τα 180V [2].

Καθώς η τεχνολογία των τρένων συνεχώς βελτιωνόταν κατά τη διάρκεια αυτών των πρώτων δεκαετιών, στο Λονδίνο άρχισαν να διατυπώνονται τα πρώτα σχέδια για σιδηροδρομικές γραμμές και υπόγειες σήραγγες εντός των πόλεων. Το πρώτο τμήμα

του διάσημου London Underground ξεκίνησε τις εργασίες του το 1863. Αν και υπήρχαν πολλά παράπονα λόγω του καπνού στις σήραγγες, συνέχισε να αυξάνεται σε μέγεθος μέχρι το 1890, όταν ολοκληρώσε ο στόλος τρένων του Λονδίνου άρχισε να χρησιμοποιεί ηλεκτρικές μηχανές [1].

Η εμφάνιση των μηχανών που κινούνται με κινητήρα Diesel ανέβασαν τα σιδηροδρομικά ταξίδια σε ένα εντελώς νέο επίπεδο. Ο πρώτος Diesel σιδηρόδρομος δημιουργήθηκε στην Ελβετία το 1906 ως μέρος μιας συλλογικής προσπάθειας μεταξύ των Rudolf Diesel, Adolf Klose και Gebrüder Sulzer. Παρά το γεγονός ότι δεν είχε άμεση εμπορική επιτυχία, η ιδέα των σιδηροδρόμων που κινούνται με Diesel απογειώθηκε σχεδόν αμέσως αφού ο Hermann Lemp, ένας ηλεκτρολόγος μηχανικός τελειοποίησε ένα σύστημα ελέγχου που απλοποίησε την οδήγηση των τρένων Diesel με τη χρήση ενός μόνο μοχλού.

Η πιο πρόσφατη πρόοδος μετά την υιοθέτηση των μηχανών Diesel ήταν η εισαγωγή του τρένου υψηλής ταχύτητας. Αυτά τα τρένα μπορούν να αγγίξουν ταχύτητες πάνω από 300 χλμ/ώρα. Το πρώτο από αυτά ήταν το Shinkansen, που κατασκευάστηκε μεταξύ Τόκιο και Οσάκα και από τότε, παρόμοια δίκτυα υψηλής ταχύτητας έχουν κατασκευαστεί σε όλο τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένης της Μεγάλης Βρετανίας, της Κίνας και της Γαλλίας [2].

2 ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΙΣΤΟΡΙΚΟΙ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΙ

2.1 Γενικά χαρακτηριστικά αγγλικών σιδηροδρόμων

Σε γενικές γραμμές οι σιδηρόδρομοι στη Βρετανία ήταν κατασκευασμένοι ακολουθώντας κάποια πρότυπα. Οι περισσότερες κύριες γραμμές ήταν διπλής τροχιάς, οι σιδηρόδρομοι ήταν κατασκευασμένοι εκτός οδικού δικτύου και γενικά ήταν κατασκευασμένοι έτσι ώστε να διευκολύνουν την κίνηση και την ικανότητα έλξης βαγονιών της ατμομηχανής. Ο Stephenson πίστευε ότι η κλίση θα πρέπει να είναι μικρότερη από 1% και οι γραμμές να έχουν μεγάλη ακτίνα καμπυλότητας. Εκείνη την εποχή παρόλο που η χρηματοδότηση για την ορθή κατασκευή υποδομών ήταν μεγάλη δεν συνέβαινε το ίδιο και για τη βελτίωση των ατμομηχανών. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την μη σωστή διαχείριση της ισχύος της ατμομηχανής και δεν ήταν λίγες οι φορές όπου οι τροχοί των ατμομηχανών έβγαιναν από τις γραμμές. Επίσης, λόγω της μη βελτίωσης των ατμομηχανών, όταν μια γραμμή, όπως ο σιδηρόδρομος του Worcester και του Birmingham, έπρεπε να κατασκευαστεί με κλίση 2,68% έπρεπε να αγοραστούν ατμομηχανές από την Αμερική για επιτυχή πρόσφυση [15]. Παρόλα αυτά η ανάπτυξη του σιδηροδρομικού δικτύου στη Βρετανία συνεχίστηκε. Η γραμμή του Λονδίνου και της Υόρκης έγινε ο Μεγάλος Βόρειος Σιδηρόδρομος, το Great Western επεκτάθηκε ακόμα περισσότερο έχοντας στο δίκτυό του τις περισσότερες γραμμές στο δυτικό τμήμα. Παρόμοια ανάπτυξη είχε και ο σιδηρόδρομος στη Νότια πλευρά της χώρας. Όλες οι εταιρείες τελικά δημιούργησαν πυκνό δίκτυο γύρω από το Λονδίνο, το Μάντσεστερ, το Μπέρμιγχαμ, τη Γλασκώβη, το Κάρντιφ και το Εδιμβούργο [15].

2.2 Ο σιδηρόδρομος στην Ηπειρωτική Ευρώπη

Η ανάπτυξη του σιδηροδρόμου στη Γαλλία ήταν ανεξάρτητη από αυτή στη Βρετανία. Μία τέτοια διαφορά είχε να κάνει και με το σχεδιασμό της ατμομηχανής η οποία περιελάμβανε ένα σύστημα για την πιο γρήγορη ανάκτηση του ατμού. Ωστόσο, η ανάπτυξη του σιδηροδρομικού δικτύου καθοριζόταν από την μεταφορά άνθρακα. Η παλαιότερη σιδηροδρομική γραμμή στη Γαλλία ήταν στο ανθρακωρυχείο Stéphanoise νοτιοδυτικά της Λυών. Αργότερα, στο ανθρακωρυχείο Grand-Hornu στο St. Ghislain, κατασκευάστηκε ο πρώτος βελγικός σιδηρόδρομος. Στην Ευρώπη ο σιδηρόδρομος έγινε όργανο γεωπολιτικής από νωρίς. Η Βελγική Επανάσταση του 1830 (ενάντια στον ολλανδικό έλεγχο εντός μιας κοινής μοναρχίας), η οποία είχε αξιοσημείωτη βρετανική υποστήριξη, άφησε το νεοσύστατο βασίλειο απομονωμένο, επειδή το μεσαιωνικό σύστημα πλωτών οδών στο Meuse και το Schelde περνούσε μέσα από την Ολλανδία [15]. Όταν οι Ολλανδοί απέκλεισαν την κυκλοφορία του λιμανιού, οι Βέλγοι

αναγκάστηκαν να στραφούν σε ένα σύστημα σιδηροδρόμων που κατασκευάστηκε σύμφωνα με τα σχέδια και τη τεχνολογία που παρείχε ο George Stephenson [2], [15]. Νέα λιμάνια κατασκευάστηκαν στην ακτή της Μάγχης και η πρώτη διεθνής σιδηροδρομική γραμμή στον κόσμο εκτελούσε δρομολόγια μεταξύ Λιέγης και Κολωνίας. Χτίζοντας ένα εκτεταμένο σύστημα σιδηροδρομικών γραμμών, η Πρωσία ανάγκασε τελικά μια ενοποίηση των γερμανικών κρατών υπό τη δική της ηγεσία. Με παρόμοιο τρόπο το Βασίλειο του Πιεμόντε, μέσω των σιδηροδρομικών του γραμμών, άσκησε πίεση στα ιταλικά κράτη να ενταχθούν σε μια ενωμένη χώρα περίπου το 1860 [15].

Αν και οι βρετανικοί σιδηρόδρομοι κατασκευάζονταν από ιδιωτικές εταιρείες στην υπόλοιπη Ευρώπη ήταν σύνηθες η κατασκευή των σιδηροδρόμων να γίνεται από το κράτος, όπως π.χ. στο Βέλγιο και στη Γαλλία. Οι πρώτες γαλλικές γραμμές οι οποίες είχαν ως στόχο τη μεταφορά του άνθρακα κατασκευάστηκαν ύστερα από ιδιωτική πρωτοβουλία, ωστόσο δημιουργήθηκε ένα εθνικό σύστημα το 1842 [15]. Έξι εταιρείες έλαβαν άδεια λειτουργίας, πέντε σε φορείς από το Παρίσι (Nord, Est, Παρίσι-Λυών-Μασσαλία (αρχικά μόνο μέχρι τη Dijon), Orléans, West, η γραμμή State προς τη Χάβρη και η Compagnie du Midi μεταξύ Μπορντό και Μασσαλίας). Σύμφωνα με αυτό το σχέδιο η υποδομή σχεδιάστηκε και εκτελέστηκε υπό την επίβλεψη του Corps de Ponts et Chaussées και πληρώθηκε από το κράτος [15]. Υπήρχε όμως και ένα μέρος του κόστους που το κάλυψαν ιδιωτικές εταιρείες όπως το τροχαίο υλικό, τη δημιουργία σταθμών κλπ. Το 1938, ιδρύθηκε η Εθνική Εταιρεία Chemins de Fer Française (SNCF, Εθνικοί Σιδηρόδρομοι της Γαλλίας). Μέχρι το 1945 σχεδόν όλες οι κύριες σιδηροδρομικές γραμμές στην Ευρώπη είχαν κρατικοποιηθεί, εκτός από κάποιες εξαιρέσεις. Οι πρώτες σιδηροδρομικές γραμμές στο μεγαλύτερο μέρος της δυτικής Ευρώπης υπήρχαν μέχρι το 1835, αλλά εκείνη την εποχή η Γερμανία ήταν μια χώρα με αγροτική κατά κύριο λόγο οικονομία. Μια τελευταία πτυχή της κατασκευής ευρωπαϊκών σιδηροδρόμων αφορούσε αμυντικούς σκοπούς. Όταν κατασκευάστηκαν οι πρώτες ρωσικές γραμμές, δεν έγινε καμία προσπάθεια προσαρμογής στο αγγλικό πρότυπο κατασκευής, παρά το γεγονός ότι ήταν κοινό σε ολόκληρη τη δυτική Ευρώπη (εκτός από την Ιρλανδία, την Ισπανία και την Πορτογαλία) καθώς και σε μεγάλο μέρος των Ηνωμένων Πολιτειών και του Καναδά. Ήταν σκόπιμη πολιτική της Ισπανίας, και συνεπώς της Πορτογαλίας, να υιοθετήσουν ένα διαφορετικό πρότυπο διαστάσεων των σιδηροδρομικών γραμμών έτσι ώστε να ξεχωρίζουν από τη Γαλλία, μια γείτονα που σε πολλές περιπτώσεις κατά τον προηγούμενο αιώνα είχε παρέμβει στις ισπανικές υποθέσεις [15]. Στη ρωσική περίπτωση, φαίνεται ότι δεν ήταν τόσο μια πολιτική στρατιωτικής άμυνας όσο η πολιτική του τσάρου που είχε επιλέξει έναν Αμερικανό μηχανικό για να σχεδιάσει τους σιδηροδρόμους του σε μια εποχή που το άνοιγμα των γραμμών δεν ήταν τυποποιημένο στις Ηνωμένες Πολιτείες. Το άνοιγμα που πρότεινε ο Ταγματάρχης George Whistler του σιδηροδρόμου της Βαλτιμόρης και του Οχάιο για τη Ρωσία ήταν το ίδιο που υιοθετήθηκε από τον John Jervis για τον σιδηρόδρομο της Νότιας Καρολίνας το 1833 [15].

2.3 Σημαντικοί σιδηρόδρομοι

2.3.1 Stockton and Darlington Railway [16]

Ο σιδηρόδρομος Stockton and Darlington (S&DR) (Εικόνα 2.1) ήταν ο πρώτος επιβατικός σιδηρόδρομος που χρησιμοποίησε ατμοκίνητα τρένα για τη μεταφορά επιβατών. Η εταιρεία λειτούργησε σε όλη τη βορειοανατολική Αγγλία από το 1825 έως το 1863. Η πρώτη γραμμή του S&DR συνέδεε τα ανθρακωρυχεία στο Shildon στην κομητεία Durham με το Darlington. Άνοιξε στις 27 Σεπτεμβρίου 1825. Η εταιρεία χρησιμοποίησε αρχικά ατμοκίνητα τρένα για τη μεταφορά κάρβουνου. Οι επιβάτες ταξίδευαν με άλογα και άμαξες μέχρι το 1833. Η S&DR δημιούργησε μια γραμμή μεταξύ York και Darlington. Επεκτάθηκε επίσης στο Middlesbrough Docks, δυτικά στο Weardale και ανατολικά στο Redcar. Ο σιδηρόδρομος ωστόσο αντιμετώπιζε συχνά οικονομικές δυσκολίες. Όταν τελικά η εταιρεία πουλήθηκε στο North Eastern Railway το 1863, αποτελούνταν από 320 χλμ. διαδρομής και περίπου 160 ατμομηχανές.



Εικόνα 2.1: Η διαδρομή του Stockton and Darlington Railway. Με μαύρο χρώμα απεικονίζεται η διαδρομή το 1827 και με κόκκινο η διαδρομή σήμερα. [17]

2.3.2 Ο σιδηρόδρομος Liverpool- Manchester [18]

Ο σιδηρόδρομος ανάμεσα στο Liverpool και στο Manchester (L&MR) ήταν ο πρώτος ατμοκίνητος, υπεραστικός σιδηρόδρομος στον κόσμο που σχεδιάστηκε για τη μεταφορά επιβατών και εμπορευμάτων. Ο σιδηρόδρομος άνοιξε το 1830 πυροδοτώντας μια επανάσταση στο εμπόριο και τα ταξίδια που εξαπλώθηκε σε όλο τον κόσμο. Ωστόσο, αυτή η επιτυχία δεν ήρθε χωρίς διαμάχες, διαμαρτυρίες και ακόμη και τραγωδίες. Η διακίνηση εμπορευμάτων ήταν σε υψηλό όλων των εποχών μεταξύ Liverpool και Manchester τη δεκαετία του 1820. Το Λίβερπουλ ήταν το κύριο λιμάνι της χώρας για το ακατέργαστο βαμβάκι, ενώ από το Manchester έφευγαν υφάσματα.

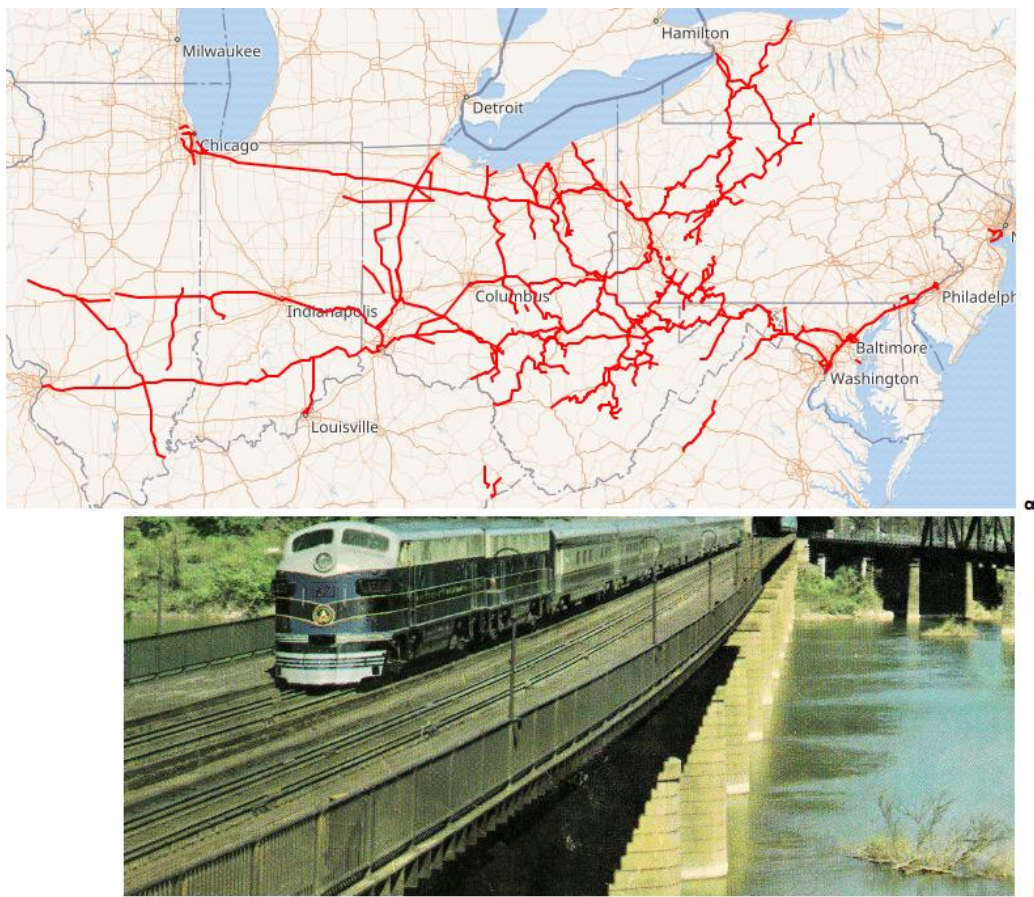
Ωστόσο τα ταξίδια μεταξύ αυτών των δύο κόμβων παραγωγής και εμπορίου ήταν ακριβά και μεγάλης χρονικής διάρκειας. Τα ταξίδια πραγματοποιούνταν είτε μέσω καναλιών είτε μέσω βαγονιών τα οποία έσερναν άλογα. Πολύ συχνά υπήρχαν ατυχήματα προκαλώντας ζημιές σε εμπορεύματα και τραυματισμούς στους επιβάτες. Ο William James μαζί με τους εμπόρους του Liverpool, Joseph Sanders και Henry Booth, συγκέντρωσε μια επιτροπή εμπόρων, τραπεζιτών, μηχανικών και πολιτικών. Από αυτή την ομάδα προήλθαν οι πρώτοι διευθυντές του L&MR. Μια ομάδα επιθεωρητών ξεκίνησε να καθορίσει τη διαδρομή του σιδηροδρόμου αλλά πολλοί ιδιοκτήτες γης αντιτάχθηκαν στο να περάσει από τη γη τους ο σιδηρόδρομος. Μάλιστα έγιναν και επιθέσεις έτσι ώστε να σταματήσουν οι έρευνες. Τελικά οι δυσκολίες ξεπεράστηκαν και ο σιδηρόδρομος εγκρίθηκε στις 6 Απριλίου 1826. Ο μηχανικός George Stephenson ανέλαβε την κατασκευή του σιδηροδρόμου. Ο σιδηρόδρομος έπρεπε να περάσει από ποτάμια, κοιλάδες, λόφους ακόμα και από βάλτο. Μετά από τέσσερα χρόνια, ο Stephenson και η ομάδα του είχαν κατασκευάσει 63 γέφυρες στις κοιλάδες του Lancashire ενώ η γραμμή κατάφερε να περάσει και από το βάλτο του Cat Moss. Ο κόσμος συνέρρεε στους σιδηροδρόμους του L&MR. Η εταιρεία ανέμενε 250 επιβάτες την ημέρα, αλλά μετά από μόλις ένα μήνα 1200 επιβάτες ταξίδευαν σιδηροδρομικώς καθώς τα ταξίδια ήταν και πιο γρήγορα και πιο οικονομικά. Η διαδρομή που ακολουθούσε ο σιδηρόδρομος παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.2.



Εικόνα 2.2: Η διαδρομή του L&MR. [18]

2.3.3 Baltimore & Ohio Railroad (B&O) [15]

Ο εμπορικός ανταγωνισμός ανάμεσα στην πόλη της Νέας Υόρκης και της Βαλτιμόρης οδήγησε στη δημιουργία αυτού του σιδηροδρόμου ο οποίος θα συνέδεε την πόλη της Βαλτιμόρης με τον ποταμό Οχάιο στο Γουίλινγκ της Δυτικής Βιρτζίνια. Το 1827, ο σιδηρόδρομος Baltimore & Ohio Railroad (Εικόνα 2.3) αποτέλεσε τον πρώτο αμερικανικό σιδηρόδρομο που χρησιμοποίησε ατμομηχανές για τη μεταφορά τόσο επιβατών όσο και εμπορευμάτων. Ο πρόεδρος Άντριου Τζάκσον έγινε ο πρώτος αρχιστράτηγος που ταξίδεψε με τρένο της B&O που εκτελούσε το δρομολόγιο από το Ellcott's Mills στη Βαλτιμόρη το 1833. Η B&O Railroad Company ιδρύθηκε στη Βαλτιμόρη του Μέριλαντ, από εμπόρους για να ανταγωνιστούν τους εμπόρους της Νέας Υόρκης. Κινητήριος δύναμη στα πρώτα χρόνια του ήταν ο τραπεζίτης της Βαλτιμόρης George Brown. Η κατασκευή της γραμμής ξεκίνησε στις 4 Ιουλίου 1828, από τον Charles Carroll, ηγέτη της Αμερικανικής Επανάστασης και τελευταίος επιζών και υπογράφων της Διακήρυξης της Ανεξαρτησίας. Τα πρώτα 21 χλμ. γραμμής, από τη Βαλτιμόρη μέχρι το Ellcott's Mills στο Μέριλαντ, ήταν έτοιμα το 1830. Η ατμομηχανή του Peter Cooper, η Tom Thumb, πέρασε πάνω από αυτή τη γραμμή και έδειξε στους επικριτές ότι η κίνηση με ατμό ήταν εφικτή στις απότομες στροφές. Ο σιδηρόδρομος επεκτάθηκε στο Wheeling της Βιρτζίνια μία απόσταση 610 χλμ. το 1852. Στις δεκαετίες του 1860 και του '70 ο σιδηρόδρομος έφτασε στο Σικάγο και στο Σεντ Λούις. Το 1896 όμως χρεοκόπησε. Αφού αναδιοργανώθηκε το 1899, αναπτύχθηκε περαιτέρω, φτάνοντας στο Κλίβελαντ και τη λίμνη Έρι το 1901. Το 1963 ο B&O εξαγοράστηκε από την Chesapeake and Ohio Railway Company και το 1980 έγινε μέρος της νεοσύστατης CSX Corporation. Το 1987 η B&O διαλύθηκε και συγχωνεύτηκε. Τα επιβατικά τρένα μεγάλων αποστάσεων της B&O σταμάτησαν τη λειτουργία τους το 1971 όταν ανέλαβε η National Railroad Passenger Corporation (Amtrak) αν και συνέχισε να παρέχει πλέον περιορισμένες υπηρεσίες στην Ουάσιγκτον και στο Πίτσμπουργκ. Περίπου το ένα τέταρτο των εσόδων από τη μεταφορά εμπορευμάτων της B&O προήλθε από τις παραδοσιακές μεταφορές ασφαλτούχου άνθρακα από ορυχεία στα Όρη Allegheny. Άλλα σημαντικά φορτία περιελάμβαναν ανταλλακτικά καθώς και χημικά.



Εικόνα 2.3: α) Χάρτης από τον Baltimore & Ohio Railroad. β) Στιγμιότυπο από τον σιδηρόδρομο. [19]

2.3.4 Σιδηρόδρομος του Παναμά [20]

Ο σιδηρόδρομος του Παναμά ολοκληρώθηκε το 1855 και αποτελεί σύνδεση ανάμεσα στον Ατλαντικό και στον Ειρηνικό Ωκεανό. Ο Σιδηρόδρομος του Παναμά (Εικόνα 2.4) μετέφερε φορτία για τις εταιρείες ατμόπλοιων καθώς και την αλληλογραφία των ΗΠΑ και ήταν η πιο εντατικά χρησιμοποιούμενη εμπορευματική σιδηροδρομική γραμμή μέχρι το άνοιγμα της Διώρυγας του Παναμά το 1914, η οποία ακολούθησε σχεδόν την ίδια διαδρομή κατά μήκος του ισθμού.

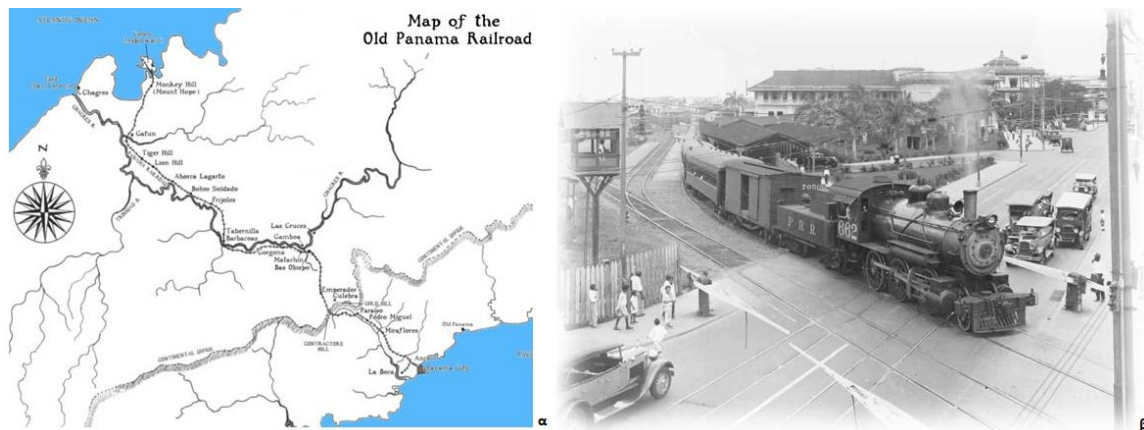
Η τελική απόφαση για την κατασκευή του σιδηροδρόμου του Παναμά πάρθηκε στη Νέα Υόρκη στις 7 Απριλίου 1849. Τον Ιανουάριο του 1849 η εταιρεία προσέλαβε τον συνταγματάρχη George W. Hughes για να κάνει μια έρευνα έτσι ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη τοποθεσία. Ο Παναμάς δεν ήταν η ιδανικότερη τοποθεσία. Από τον Ιούνιο έως τον Δεκέμβριο υπήρχαν βροχές που διαρκούσαν έως και τρεις ημέρες καθώς και πλημμύρες. Ο ισθμός ήταν καλυμμένος με πυκνή βλάστηση και δεν υπήρχε κατάλληλη

ξυλεία για κατασκευή σιδηροδρόμου. Επίσης, ο γηγενής πληθυσμός δεν ήταν συνηθισμένος στη σωματική εργασία και ήταν αναξιόπιστος. Επομένως, εργατικό δυναμικό και υλικά έπρεπε να έρχονται από χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά.

Η Εκτελεστική Επιτροπή της εταιρείας συνήλθε για πρώτη φορά στις 9 Ιουλίου 1849 για να ζητήσει προσφορές. Η σύμβαση κατασκευής ανατέθηκε στις 12 Οκτωβρίου σε μια εταιρεία με επικεφαλής τους George M. Totten και John G. Trautwine. Το νησί Manzanillo καθαρίστηκε και προστατεύτηκε από την παλίρροια με ένα χωμάτινο ανάχωμα. Επιχειρηματίες ήρθαν, νοίκιασαν χώρο και έχτισαν καταστήματα, αίθουσες τυχερών παιχνιδιών δημιουργώντας έτσι μία τυπική πόλη. Κατασκευάστηκαν αποβάθρες για να φιλοξενήσουν πλοία που έφεραν προμήθειες, υλικά και μηχανήματα.

Τον Αύγουστο του 1850 ξεκίνησε η κατασκευή στην ηπειρωτική χώρα γύρω από το Monkey Hill. Στη συνέχεια οι εργάτες έφτασαν στον ποταμό Chagres και στο χωριό Gatun. Στα τέλη του 1850, έφτασε ο εξοπλισμός πασσαλόμπηξης. Οι πρώτες ράγες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν του ανεστραμμένου τύπου U. Αυτές οι ράγες χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά το 1835. Μέχρι την 1η Οκτωβρίου 1851 είχαν ολοκληρωθεί 13 χλμ. διαδρομής με κόστος πάνω από 1 εκατομμύριο δολάρια. Οι προσδοκίες για γρήγορα κέρδη εξαφανίστηκαν και η αξία της μετοχής του Panama Railroad άρχισε να πέφτει απότομα. Ωστόσο λόγω των κυνηγών χρυσού που θέλησαν να περάσουν από το σημείο ο σιδηρόδρομος άρχισε πάλι να παρουσιάζει κέρδη και η κατασκευή του να επιταχυνθεί. Ολοκληρώθηκε το 1855. Μέχρι ο σιδηρόδρομος να τεθεί σε λειτουργία, κόστισε περίπου 6500000 \$. Ο σιδηρόδρομος του Παναμά ήταν μια πολύ προσοδοφόρα επένδυση. Μεταξύ 1855 και 1867 περισσότερα από 700 εκατομμύρια δολάρια σε χρυσό μεταφέρθηκαν στον σιδηρόδρομο.

Ένα νέο συμβόλαιο αποτέλεσε προϊόν διαπραγμάτευσης μεταξύ του Σιδηροδρόμου και της κυβέρνησης της Κολομβίας στις 30 Ιανουαρίου 1875. Ο σιδηρόδρομος θα πλήρωνε 1 εκατομμύριο δολάρια σε χρυσό συν 250000 δολάρια το χρόνο κατά τη διάρκεια της σύμβασης (99 χρόνια). Ο σιδηρόδρομος θα επέκτεινε τις ράγες του στον κόλπο του Παναμά, έτσι ώστε τα πλοία να μπορούν να φτάσουν στις αποβάθρες του. Η αλληλογραφία, οι αξιωματούχοι και τα στρατεύματα της Κολομβίας θα μεταφέρονταν δωρεάν. Η ολοκλήρωση του σιδηροδρόμου Central Pacific – Union Pacific στο Promontory της Γιούτα στις 10 Μαΐου 1869 ήταν το σημείο καμπής στην τύχη του σιδηροδρόμου του Παναμά. Μέχρι το 1877 ο σιδηρόδρομος του Παναμά είχε έσοδα 1284000 \$ και λειτουργικά έξοδα 998000 \$, αφήνοντας κέρδος \$286000. Ουσιαστικά ο σιδηρόδρομος χρεοκόπησε. Στην Wall Street η μετοχή έπεσε από 369 δολάρια το 1874 σε λιγότερο από 52 δολάρια το 1877.



Εικόνα 2.4: α) Χάρτης της διαδρομής του σιδηροδρόμου του Παναμά. β) Στιγμιότυπο από την λειτουργία του. [20]

2.3.5 Μητροπολιτικός υπόγειος σιδηρόδρομος [21]

Στις 10 Ιανουαρίου 1863, στο Λονδίνο, πραγματοποιήθηκαν τα εγκαίνια του Μητροπολιτικού Υπόγειου Σιδηροδρόμου (Εικόνα 2.5). Στα εγκαίνιά του μετέφερε περισσότερους από 30000 επιβάτες. Οι επιβάτες επέβαιναν σε ξύλινα βαγόνια που φωτίζονταν με γκάζι και μεταφέρονταν από ατμομηχανές. Το μετρό του Λονδίνου μείωσε την κυκλοφοριακή συμφόρηση με τα άλογα η οποία ταλαιπωρούσε την πόλη. Η τεχνολογία για την ασφαλή διάνοιξη υπόγειων τούνελ βαθύτερα κάτω από το Λονδίνο είχε αναπτυχθεί μέχρι το 1870, αλλά ο πρώτος επιτυχημένος σιδηρόδρομος δεν ήταν πρακτικός μέχρι που τελειοποιήθηκαν τα συστήματα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και οι ανελκυστήρες στα τέλη της δεκαετίας του 1880. Υπήρχε ενδιαφέρον για αυτόν τον νέο τρόπο μεταφοράς, αλλά οι επενδυτές ήταν ακόμη επιφυλακτικοί με αποτέλεσμα να μην υπάρχει επέκταση του δικτύου για τα επόμενα 10 χρόνια. Τα έτη 1906-1907 άνοιξαν νέες γραμμές οι οποίες αποτέλεσαν τον πυρήνα του σύγχρονου υπόγειου σιδηροδρόμου. Το 1908, οι διάφορες εταιρείες άρχισαν να συνεργάζονται για να προωθήσουν το σιδηροδρομικό δίκτυο υπό την επωνυμία Underground. Σταδιακά οι περισσότερες εταιρείες συγχωνεύτηκαν και το δίκτυο επεκτάθηκε, καθώς ο πληθυσμός του Λονδίνου εκτινάχθηκε στα ύψη. Το 1933 όλες οι δημόσιες συγκοινωνίες του Λονδίνου όπως λεωφορεία, τραμ και τρόλεϊ, καθώς και οι υπόγειοι σιδηρόδρομοι πέρασαν στο Δημόσιο και οι αποφάσεις για τις υπηρεσίες μπορούσαν να συντονιστούν πλήρως για πρώτη φορά. Ένα τεράστιο σχέδιο αναβάθμισης και επέκτασης των υπηρεσιών εκπονήθηκε το 1935, αλλά οι εργασίες διακόπηκαν από τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Κάποια από αυτά τα σχέδια αναβίωσαν στο δύσκολο μεταπολεμικό οικονομικό κλίμα, άλλα όμως όχι. Παρόλο που προτάσεις για επέκταση υπήρχαν ήδη από το 1943, η νέα γραμμή Victoria εξυπηρέτησε τους πρώτους επιβάτες το 1968. Μια άλλη νέα γραμμή, η Jubilee, προστέθηκε το 1979. Τερμάτισε στο κεντρικό Λονδίνο και αργότερα επεκτάθηκε προς τα ανατολικά το 1999. Ο υπόγειος σιδηρόδρομος έφτασε στο αεροδρόμιο του Heathrow το 1977. Το Μετρό έχει τώρα 11

γραμμές που καλύπτουν 402 χιλιόμετρα και εξυπηρετούν 272 σταθμούς, εξυπηρετώντας έως και πέντε εκατομμύρια επιβάτες την ημέρα. Ολονύχτια δρομολόγια για το Σαββατοκύριακο ξεκίνησαν σε ορισμένες γραμμές το 2016. Σε ώρες αιχμής, υπάρχουν περισσότερα από 543 τρένα σε υπηρεσία.



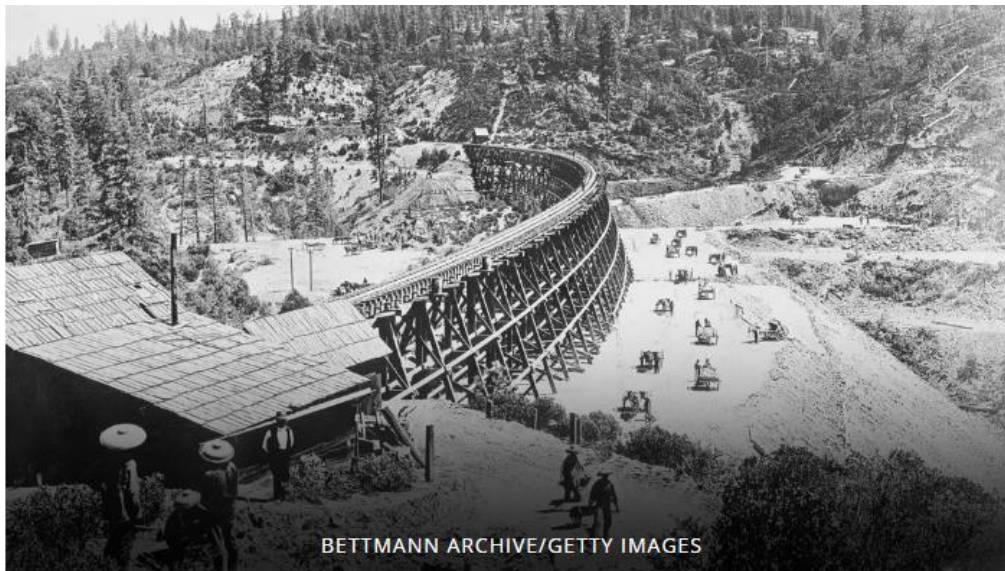
Εικόνα 2.5: Σταθμός Baker Street του Μητροπολιτικού σιδηρόδρομου (1863-1869). [21]

2.3.6 Διηπειρωτικός σιδηρόδρομος [22]

Ο πρώτος Διηπειρωτικός σιδηρόδρομος (Εικόνα 2.6, Εικόνα 2.7) ξεκίνησε την κατασκευή του το 1863 και ολοκληρώθηκε στις 10 Μαΐου 1869. Το μήκος του ήταν 3077 χλμ. και συνέδεε το υπάρχον ανατολικό αμερικανικό σιδηροδρομικό δίκτυο στην Omaha της Νεμπράσκα, το Council Bluffs της Αϊόβα με την ακτή του Ειρηνικού στο Oakland Long Wharf στον κόλπο του San Francisco . Η κατασκευή χρηματοδοτήθηκε από αμερικανικά κρατικά ομόλογα επιδότησης, καθώς και από εταιρικά ενυπόθηκα ομόλογα και την ανέλαβαν τρεις μεγάλες ιδιωτικές επιχειρήσεις: α) Η Western Pacific Railroad Company η οποία κατασκεύασε 212 χλμ. γραμμής από το Oakland Alameda έως το Sacramento της Καλιφόρνια, β) Η Central Pacific Railroad (CPRR) κατασκεύασε 1110 χλμ. ανατολικά από το Sacramento έως το Promontori της Γιούτα και γ) η Union Pacific ήταν υπεύθυνη για την κατασκευή 1746 χλμ. που περιλάμβανε το τμήμα από το ανατολικό άκρο του οδικού δικτύου στο Council Bluffs κοντά στην Omaha της Νεμπράσκα δυτικά προς την κορυφή του Promontori.



Εικόνα 2.6: Χάρτης του Διηπειρωτικού σιδηρόδρομου. [22]



Εικόνα 2.7: Στιγμιότυπο από την κατασκευή του Διηπειρωτικού σιδηρόδρομου. [23]

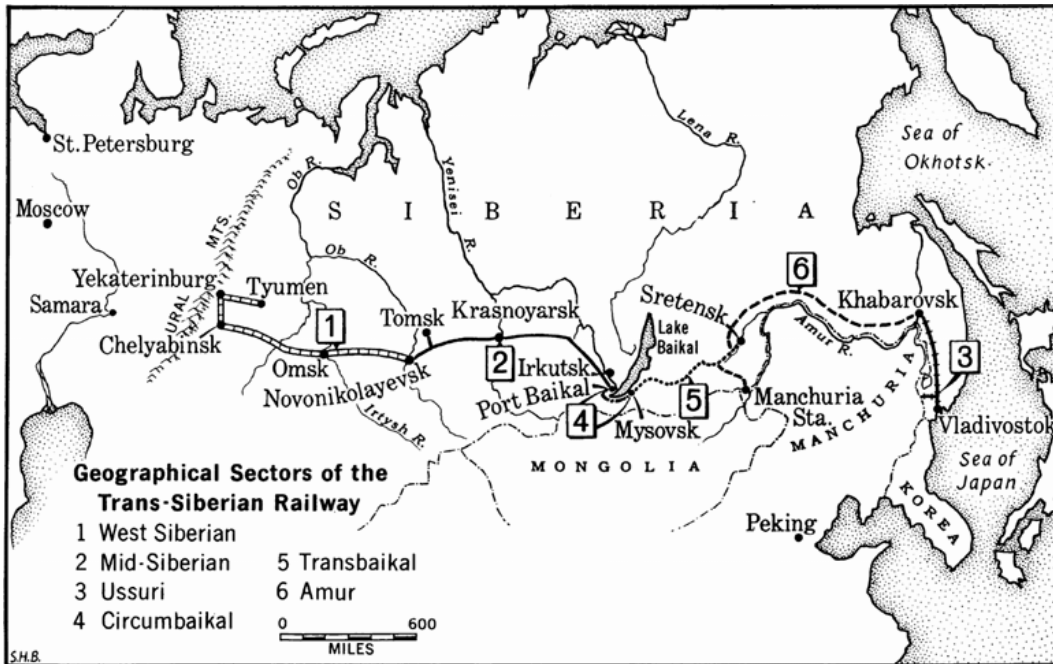
2.3.7 Υπερσιβηρικός Σιδηρόδρομος [24], [25]

Ο Υπερσιβηρικός σιδηρόδρομος (Εικόνα 2.8, Εικόνα 2.9) συνδέει τη Μόσχα με τις ρωσικές επαρχίες της Άπω Ανατολής, τη Μογγολία, την Κίνα και τη Θάλασσα της Ιαπωνίας με στόχο να ενώσει τις ανατολικές επαρχίες οι οποίες ήταν σχεδόν αποκομμένες με το δυτικό τμήμα. Η κατασκευή του ξεκίνησε το 1891 και ολοκληρώθηκε το 1916. Το μήκος του έφτασε τα 9288 χλμ. και περνάει από 8 χρονικές

ζώνες. Ο Υπερσιβηρικός οδήγησε σε μια νέα εποχή ανάπτυξης τη Σιβηρία αφού έγινε δυνατή η εκμετάλλευση του φυσικού της πλούτου. Επίσης, οι αρχικοί σταθμοί του Υπερσιβηρικού σιδηροδρόμου εξελίχθηκαν σταδιακά σε αστικά βιομηχανικά κέντρα.

Το έργο είχε την ισχυρή υποστήριξη του αυτοκράτορα Αλέξανδρου ΙΙΙ ωστόσο η πραγματική δύναμη πίσω από το έργο ήταν ο υπουργός Οικονομικών Sergei Witte. Προκειμένου να ξεκινήσουν οι σιδηροδρομικές εργασίες σε τμήματα της γραμμής το συντομότερο δυνατό, ο Witte έθεσε αυστηρές προθεσμίες για την ολοκλήρωση διαφόρων τμημάτων του έργου. Με το χρονοδιάγραμμα υπό διαρκή απειλή λόγω των δύσκολων συνθηκών εργασίας και λόγω του ότι τα έργα γίνονταν στην αχανή και απομακρυσμένη περιοχή της Σιβηρίας ο Witte επέμενε στα αυστηρά χρονοδιαγράμματά του. Αυτή η πίεση συνέβαλε σε ατυχήματα καθώς και σε βλάβες του εξοπλισμού. Καθώς οι ασθένειες και η έκθεση στο κρύο επηρέασαν το εργατικό δυναμικό, το κράτος στράφηκε σε μεγάλους αριθμούς κρατουμένων για να ολοκληρώσει τη δουλειά. Το κόστος κατασκευής έφτασε τελικά πάνω από 250 εκατομμύρια δολάρια, διπλάσιο από την αρχική εκτίμηση.

Όπως και άλλες σιδηροδρομικές γραμμές σε όλη την αυτοκρατορία, η γραμμή που χρησιμοποιήθηκε στον Υπερσιβηρικό είχε διαφορετικές προδιαγραφές σε σχέση με αυτές που χρησιμοποιούνταν στην Ευρώπη. Τα σχέδια προέβλεπαν τη διαδοχική κατασκευή έξι βασικών τμημάτων. Κατά σειρά ολοκλήρωσης, αυτά τα τμήματα ήταν η γραμμή της Δυτικής Σιβηρίας από το Celiabinsk έως το Novonikolaevsk στον ποταμό Ομπ, τη γραμμή Ussuri από το Khabarovsk στο Βλαδιβοστόκ, από το Novonikolaevsk έως την Innoventievskaja, τη γραμμή γύρω από τη Βαϊκάλη και τη γραμμή trans-Baikal από τη λίμνη Βαϊκάλη έως το Sretensk. Ένα έκτο τμήμα, η γραμμή Amur από το Sretensk στο Khabarovsk, δεν ολοκληρώθηκε παρά το 1916. Οι δυσκολίες για την τελευταία διαδρομή ήταν τεράστιες με αποτέλεσμα η ρωσική κυβέρνηση να ψάξει μία εναλλακτική λύση μέσω της Κίνας ωστόσο αυτό ήταν ένα σχέδιο που δεν προχώρησε. Επομένως, η τσαρική κυβέρνηση αναγκάστηκε να επιστρέψει στο αρχικό και πολύ πιο ακριβό σχέδιο για την κατασκευή μιας γραμμής μέσω της λεκάνης απορροής του μεγάλου ποταμού Amur. Ωστόσο η κατασκευή της ανεστάλη το 1895 σε πρώιμο στάδιο των εργασιών και ξεκίνησε εκ νέου το 1908. Η δημιουργία του οδοστρώματος στις περιφερειακές οροσειρές και τα ποτάμια έκανε την ολοκλήρωση αυτού του κλάδου εξαιρετικά προβληματική, μια κατάσταση που περιπλέκεται από το ξέσπασμα του Α' Παγκοσμίου Πολέμου και επακόλουθες ελλείψεις εφοδιασμού και ανθρώπινου δυναμικού. Μέχρι το 1916, ωστόσο, ολοκληρώθηκε η γραμμή Amur, επιτρέποντας για πρώτη φορά μια ολοκληρωτική διαδρομή προς το Βλαδιβοστόκ.



Εικόνα 2.8: Ιστορικός χάρτης του Υπερσιβηρικού σιδηρόδρομου. [26]



α



β

Εικόνα 2.9: Στιγμιότυπα από την κατασκευή του Υπερσιβηρικού. [25]

2.3.8 Tokaido Shinkansen [27]

Με την ολοκλήρωση της σιδηροδρομικής γραμμής υψηλής ταχύτητας μεταξύ Τόκιο και Οσάκα ο χρόνος ταξιδιού μεταξύ αυτών των δύο πόλεων μειώθηκε στο μισό. Το Shinkansen (Εικόνα 2.10: Σιδηρόδρομος Tokaido Shinkansen. [27] που άνοιξε λίγο πριν από τους θερινούς Ολυμπιακούς Αγώνες του 1964 στο Τόκιο, έτρεχε με ταχύτητες έως και 200 χλμ. την ώρα. Το πρωτοποριακό τρένο έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανασυγκρότηση της Ιαπωνίας μετά τον 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο αφού μετέφερε 100 εκατομμύρια επιβάτες τα πρώτα τρία χρόνια, αποτελώντας μία μεγάλη εμπορική επιτυχία. Ο σχεδιασμός του αποτέλεσε πρότυπο για μελλοντικά σιδηροδρομικά έργα υψηλών ταχυτήτων σε όλο τον κόσμο. Tokaido είναι το όνομα του κύριου δρόμου, που

συνέδεε την πρώην πρωτεύουσα, το Κιότο με τη σημερινή πρωτεύουσα, το Τόκιο, κατά τη φεουδαρχική εποχή. Η γραμμή λειτουργεί από την Central Japan Railway Company. Το Nozomi είναι η ταχύτερη κατηγορία τρένων κατά μήκος του Tokaido Shinkansen, εξυπηρετώντας μόνο σημαντικούς σταθμούς και απαιτεί περίπου 2,5 ώρες για να φτάσει στο Shin-Osaka από το Τόκιο. Υπάρχουν συνήθως τέσσερις αναχωρήσεις ανά ώρα προς κάθε κατεύθυνση και ακόμη περισσότερες κατά τις ώρες αιχμής. Πολλά τρένα Nozomi συνεχίζουν πέρα από το Shin-Osaka κατά μήκος του Sanyo Shinkansen προς τη Hiroshima ή τη Hakata. Το Hikari είναι η δεύτερη πιο γρήγορη κατηγορία τρένων κατά μήκος του Tokaido Shinkansen, εξυπηρετώντας λίγους περισσότερους σταθμούς από το Nozomi και απαιτεί περίπου τρεις ώρες για να φτάσει στο Shin-Osaka από το Τόκιο. Υπάρχουν δύο αναχωρήσεις ανά ώρα προς κάθε κατεύθυνση, η μία μεταξύ Τόκιο και Shin -Osaka και η άλλη μεταξύ Τόκιο και Okayama στο Sanyo Shinkansen.

Το Kodama είναι η πιο αργή κατηγορία τρένου κατά μήκος του Tokaido Shinkansen, σταματά σε όλους τους σταθμούς στη διαδρομή και απαιτεί περίπου τέσσερις ώρες για να φτάσει στο Shin-Osaka από το Τόκιο. Υπάρχουν συνήθως δύο αναχωρήσεις ανά ώρα προς κάθε κατεύθυνση, μία μεταξύ Τόκιο και Shin -Osaka και μία μεταξύ Τόκιο και Nagoya.



Εικόνα 2.10: Σιδηρόδρομος Tokaido Shinkansen. [27]

2.3.9 Eurostar [28], [29]

Το Eurostar (Εικόνα 2.11) παρέχει σιδηροδρομικές υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας και συνδέει σημαντικές πόλεις όπως το Λονδίνο, το Παρίσι, οι Βρυξέλλες, η Κολωνία, το Ρότερνταμ, το Αντβέρπ κ.α. Τα τρένα διασχίζουν τη Σήραγγα της Μάγχης, (πρόκειται για μία σήραγγα μεταξύ του Ηνωμένου Βασιλείου και της Γαλλίας), η οποία ανήκει και λειτουργεί ανεξάρτητα από την εταιρεία Eurotunnel. Τα πρώτα τρένα, το Eurostar και το Thalys τέθηκαν στην κυκλοφορία για πρώτη φορά το 1994 και το 1996 αντίστοιχα.

Την υπηρεσία στελεχώνουν τρένα τα οποία κινούνται με ταχύτητες ως 300

χλμ./ώρα όταν βρίσκονται σε σιδηροδρομικό δίκτυο υψηλών ταχυτήτων. Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται κάποια από τα γρηγορότερα ταξίδια που εκτελούνται από την εταιρεία. Το δίκτυο υψηλών ταχυτήτων της Γαλλίας ξεκίνησε την λειτουργία του πριν από την έναρξη των υπηρεσιών του Eurostar το 1994 ενώ αντιθέτως, στο Βέλγιο και το Ηνωμένο Βασίλειο αντίστοιχες γραμμές υψηλών ταχυτήτων προστέθηκαν αργότερα.



Εικόνα 2.11: Eurostar. [28]

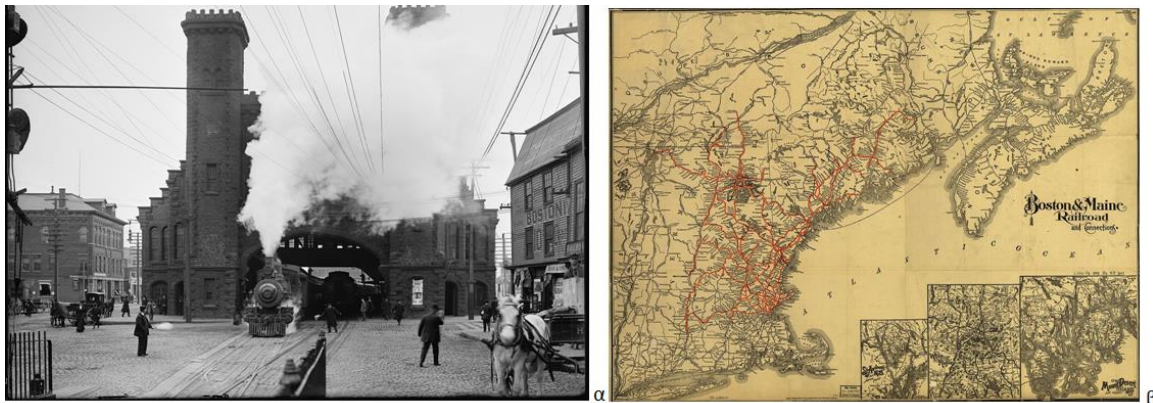
Πίνακας 2.1: Χαρακτηριστικές διαδρομές και χρόνοι της εταιρείας Eurostar. [29]

Δρομολόγιο	Χρόνος
Λονδίνο – Παρίσι	2 ώρες και 16 λεπτά
Λονδίνο- Βρυξέλλες	1 ώρα και 53 λεπτά
Λονδίνο- Λιλ	1 ώρα και 22 λεπτά
Λονδίνο- Άμστερνταμ	3 ώρες και 52 λεπτά
Λονδίνο- Ρότερνταμ	3 ώρες και 13 λεπτά
Παρίσι- Άμστερνταμ	3 ώρες και 20 λεπτά
Παρίσι- Κολωνία	3 ώρες και 20 λεπτά

2.3.10 Σιδηρόδρομοι της Βοστώνης [15]

Τρεις σιδηρόδρομοι στη Μασαχουσέτη ξεκίνησαν την κατασκευή τους το 1830, οι οποίοι ήταν: α) ο σιδηρόδρομος ανάμεσα σε Βοστώνη και Λόουελ, β) ο σιδηρόδρομος ανάμεσα σε Βοστώνη και Πρόβιντενς και γ) ο σιδηρόδρομος ανάμεσα σε Βοστώνη και Γουόρτσεστερ. Η ολοκλήρωση των έργων το 1835 έκανε τη Βοστώνη τον πρώτο σιδηροδρομικό κόμβο στον κόσμο. Η κατασκευή των παραπάνω σιδηροδρόμων στηρίχθηκε οικονομικά από τους εμπόρους οι οποίοι ήθελαν να αναπτύξουν περαιτέρω το εμπόριο της πόλης στην ενδοχώρα. Αυτοί κατάφεραν με αυτό τον τρόπο τη δεκαετία

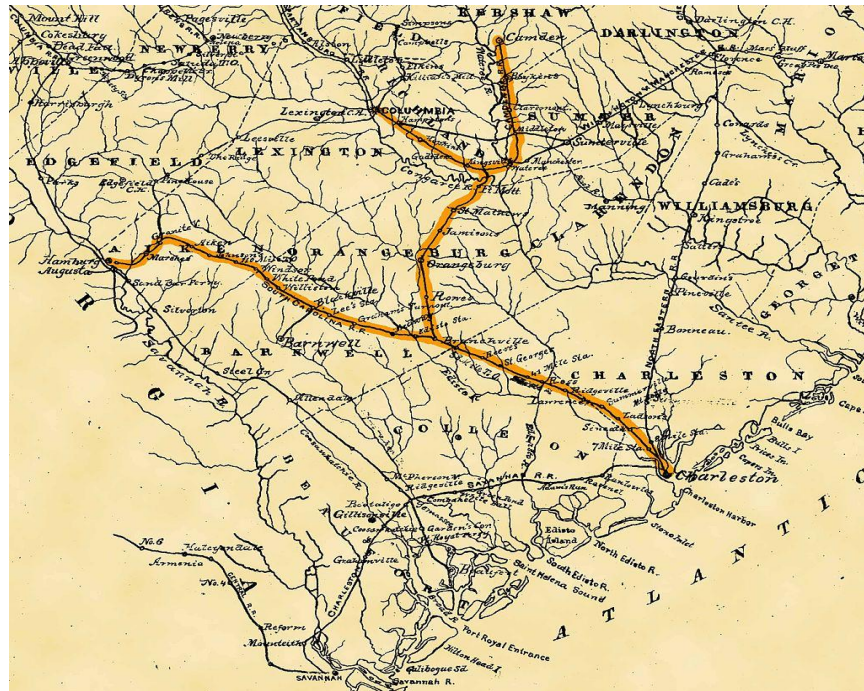
του 1840 να συνδέσουν όλη τη Νέα Αγγλία (η βορειοανατολική περιοχή των ΗΠΑ) με το λιμάνι τους. Ωστόσο η περεταίρω επέκτασή του συναντούσε εμπόδια από το νομοθετικό σώμα της Νέας Υόρκης. Ωστόσο αυτή η επέκταση έγινε δυνατή μέσω επενδύσεων σε μακρινούς σιδηροδρόμους όπως του Μίσιγκαν, του Σικάγου, του Burlington, και του Quincy Railroad.



Εικόνα 2.12: α) Σταθμός του Σάλεμ το 1910 β) Χάρτης του σιδηροδρόμου το 1898. [30]

2.3.11 Σιδηρόδρομοι της Νότιας Καρολίνας [31]

Οι έμποροι στο Τσάρλεστον εγκαινίασαν έναν πρώιμο σιδηρόδρομο, τον σιδηρόδρομο της Νότιας Καρολίνας (Εικόνα 2.13), ο οποίος έχοντας μήκος 209 χλμ. αποτελούσε τη μεγαλύτερη σιδηροδρομική γραμμή στον κόσμο όταν άνοιξε το 1833. Στόχος των εμπόρων του Τσάρλεστον ήταν να οδηγήσουν τη ροή του βαμβακιού από το λιμάνι της Savannah της Τζόρτζια στο παλαιότερο και μεγαλύτερο λιμάνι της Νότιας Καρολίνας. Το 1840, κατασκευάστηκε μια σιδηροδρομική γραμμή 106,7 χλμ. μεταξύ Branchville και Columbia, και το 1848, η South Carolina Rail Road Company κατασκεύασε μια σιδηροδρομική γραμμή 59,7 χλμ. μεταξύ Kings και Camden στη Νότια Καρολίνα. Το 1853, η εταιρεία κατασκεύασε έναν σιδηρόδρομο μήκους 2,9 χλμ., κυρίως μια γέφυρα πάνω από τον ποταμό Σαβάννα, από το Αμβούργο της Νότιας Καρολίνας μέχρι την Αουγκούστα της Τζόρτζια. Ο τελευταίος κλάδος μήκους 59,7 χλμ. μεταξύ Kingsville και Camden ολοκληρώθηκε το 1848. Η εταιρεία είχε μεγάλα έσοδα ωστόσο είχε να αντιμετωπίσει και κάποιες δυσκολίες όπως η αποπληρωμή του χρέους της, η αναβάθμιση κάποιων εγκαταστάσεων, προβλήματα που προέκυπταν στα δρομολόγια κ.α. Μετά τον Εμφύλιο Πόλεμο, οι οικονομικές απώλειες λόγω των επιχειρήσεων των ομοσπονδιακών στρατιωτικών δυνάμεων υπολογίστηκαν σε 1.438.142 δολάρια. Με τελικό χρέος άνω των 6 εκατομμυρίων δολαρίων το 1873, η γραμμή δεν μπόρεσε να επεκταθεί πέρα από τις επενδύσεις σε ορισμένες γραμμές ασφάλειας, συμπεριλαμβανομένου του Greenville και του Columbia Railroad με αποτέλεσμα να έρθει η χρεωκοπία. Στις 12 Μαΐου 1894 η South Carolina Railway Company αναδιοργανώθηκε ως South Carolina and Georgia Railroad Company.



Εικόνα 2.13: Χάρτης των σιδηροδρόμων της Νότιας Καρολίνας. [31]

3 ΙΣΤΟΡΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΩΝ

Η κατασκευή του πρώτου ελληνικού σιδηρόδρομου που θα είχε ως στόχο τη μεταφορά προϊόντων και επιβατών ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του 1850. Το 1869 είναι έτοιμα για χρήση τα πρώτα 8,5 χλμ. από το Θησείο στον Πειραιά (Εικόνα 3.1.). Στη συνέχεια, το έτος 1882 ξεκινάει η ανάπτυξη του ελληνικού σιδηρόδρομου σύμφωνα με το σχέδιο του Χαρίλαου Τρικούπη, το οποίο προέβλεπε τη σύνδεση των πόλεων με τα μεγαλύτερα λιμάνια. Το σιδηροδρομικό δίκτυο που προβλεπόταν από το σχέδιο θα είχε τελικό μήκος τα 417 χλμ. [32], [33].



Εικόνα 3.1: Κατασκευή της πρώτης σιδηροδρομική γραμμής στην Ελλάδα που ενώνει το Θησείο με τον Πειραιά (Σ.Α.Π.). [34]

Μέσα στο 1882 ξεκινάει και ολοκληρώνεται η κατασκευή της γραμμής Πύργου–Κατακόλου (Σ.Π.Κ). Την άνοιξη του 1882, η κυβέρνηση Τρικούπη υπογράφει σύμβαση με τον τραπεζίτη Θεόδωρο Μαυροκορδάτο για τις γραμμές, Βόλος–Βελεστίνο–Λάρισα μήκους 60 χλμ. και την Βελεστίνο–Φάρσαλα–Καρδίτσα–Τρίκαλα–Καλαμπάκα μήκους 142 χλμ. Το 1894 αρχίζει η κατασκευή του τρένου του Πηλίου. Μετά από 6 χρόνια (το 1900) αποφασίζεται η επέκταση της γραμμής έως τις Μηλιές Πηλίου. Το έτος 1884 και πιο συγκεκριμένα τον Μάιο ολοκληρώνεται το πρώτο τμήμα της σιδηροδρομικής γραμμής Πειραιά–Κορίνθου. Τον Ιούνιο του ίδιου έτους δίνεται στην κυκλοφορία το τμήμα Πειραιάς–Ελευσίνα, τον Ιούλιο η γραμμή Καλαμάκι–Κόρινθος και το Σεπτέμβριο η γραμμή Ελευσίνα–Μέγαρα [32], [33].

Δύο χρόνια αργότερα περίπου, στις 16 Απριλίου του 1886 είναι έτοιμη η γραμμή Κόρινθος–Άργος–Ναύπλιο και το Δεκέμβριο του επόμενου έτους (του 1887) ολοκληρώνεται η γραμμή Πειραιά–Πατρών. Στη συνέχεια η γραμμή του Πύργου ενώνεται με εκείνη της Πάτρας και φτάνει στην Καλαμάτα [32], [33].

Όσον αφορά τη βορειοδυτική Ελλάδα τον Ιούνιο του 1888, ξεκινάει η κατασκευή της γραμμής Μεσολογγίου–Αιτωλικού–Αγρινίου η κατασκευή της οποίας

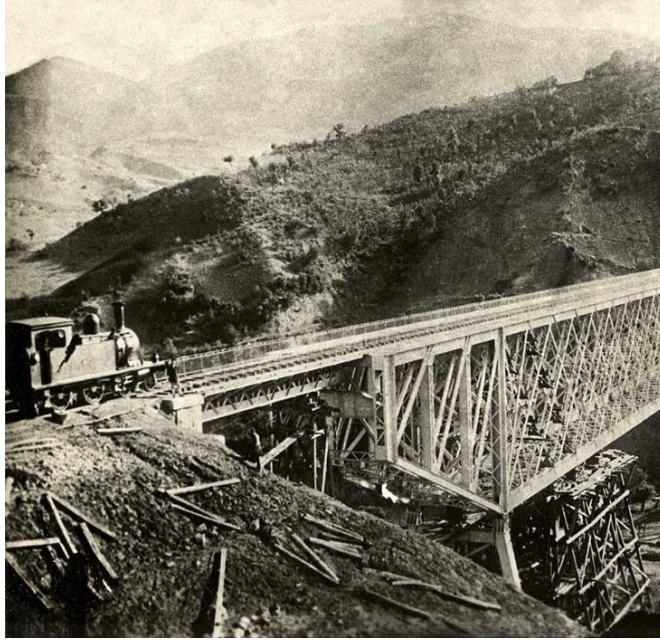
ολοκληρώνεται το 1890. Το μήκος αυτής της γραμμής ανέρχεται στα 44 χλμ. Τον επόμενο χρόνο, το 1891, είναι έτοιμη η προέκταση της γραμμής Μεσολογγίου–Κρυονερίου [32],[33],[34]. Μέσα στα έτη 1896 και 1897 κατασκευάζεται η διακλάδωση της γραμμής Καλύβια– Αχελώος συνολικού μήκους 2 χλμ. και η οποία ήταν μία γραμμή που χρησίμευε για τη μεταφορά της τοπικής ξυλείας.

Το έτος 1909 είναι έτοιμη η γραμμή του Λαρισσαϊκού, του Σιδηροδρόμου Πειραιώς-Δεμερλή (Παλαιοφαρσάλου) – Συνόρων (Παπαπούλι) (Π.Δ.Σ.), της Εταιρείας των Ελληνικών Σιδηροδρόμων (Ε.Ε.Σ.) (Εικόνα 3.2). Ο συγκεκριμένος σιδηρόδρομος συνέδεσε την Αθήνα και τον Πειραιά με την κεντρική Ελλάδα και τα τότε ελληνοτουρκικά σύνορα [32], [33].

Το 1910, αρχίζει η κατασκευή των διακλαδώσεων από την πλατεία Μπότσαρη στο σταθμό Μεσολογγίου και από το Αιτωλικό στις Κωμοπόλεις Νεοχώρι και Κατοχή. Την ίδια περίοδο, αποκτούν σιδηροδρομικό δίκτυο και περιοχές οι οποίες ακόμα δεν έχουν απελευθερωθεί από τους Οθωμανούς [32], [33].

Το 1872 κατασκευάζεται η γραμμή Θεσσαλονίκης– Σκοπίων (συνολικό μήκος 243 χλμ.), ύστερα από σύμβαση μεταξύ της τουρκικής κυβέρνησης και της εταιρίας Αυτοκρατορικοί Σιδηρόδρομοι της Ευρωπαϊκής Τουρκίας του Αυστριακού τραπεζίτη Φον Χιρς. Ο Φον Χιρς είχε αναλάβει επίσης την κατασκευή και εκμετάλλευση των γραμμών Θεσσαλονίκης– Μοναστηρίου (1890), Θεσσαλονίκης– Αλεξανδρούπολης (1896) και Αλεξανδρούπολης– Πυθίου (1874) [32], [33].

Μέχρι το 1909, έχουν τοποθετηθεί 1606 χλμ. σιδηροδρομικής γραμμής, συμπεριλαμβανομένης της κύριας γραμμής προς τα τότε ελληνοτουρκικά σύνορα, στο Παπαπούλι, λίγο μετά την κοιλάδα των Τεμπών. Τα πρώτα τρένα που πραγματοποιούν τη διαδρομή Αθήνα– Θεσσαλονίκη (507 χλμ.) σηματοδοτούν την ολοκλήρωση της γραμμής το 1918 [32], [33], [34].



Εικόνα 3.2: Σιδηροδρόμος Πειραιώς-Δεμερλή (Παλιοφαρσάλου) – Συνόρων (Παταπούλι) (Π.Δ.Σ.), της Εταιρείας των Ελληνικών Σιδηροδρόμων (Ε.Ε.Σ.). [34]

Το Μάρτιο του 1920 η κυβέρνηση Βενιζέλου ιδρύει εταιρία με την μορφή Νομικού Προσώπου Δημοσίου Δικαίου, με την επωνυμία Σιδηρόδρομοι Ελληνικού Κράτους (ΣΕΚ). Στόχος της εταιρείας είναι η ενοποίηση των σιδηροδρομικών επιχειρήσεων όλης της χώρας απορροφώντας τη γραμμή Πειραιάς– Αθήνα– Θεσσαλονίκη και τα τέως Οθωμανικά δίκτυα σε Μακεδονία και Θράκη [32], [33].

Οι σιδηρόδρομοι στην Ελλάδα στη συνέχεια έπαιξαν πολύ μεγάλο ρόλο και στις πολεμικές επιχειρήσεις που έλαβε μέρος η χώρα (π.χ. Μικρασιατικός Πόλεμος, Β Παγκόσμιος Πόλεμος). Μετά το τέλος του Β Παγκοσμίου Πολέμου το 93% των μηχανών, το 98% των επιβατικών βαγονιών και το 84% των φορτηγών βαγονιών είναι κατεστραμμένα, όπως και το μεγαλύτερο μέρος των έργων υποδομής [32], [33].

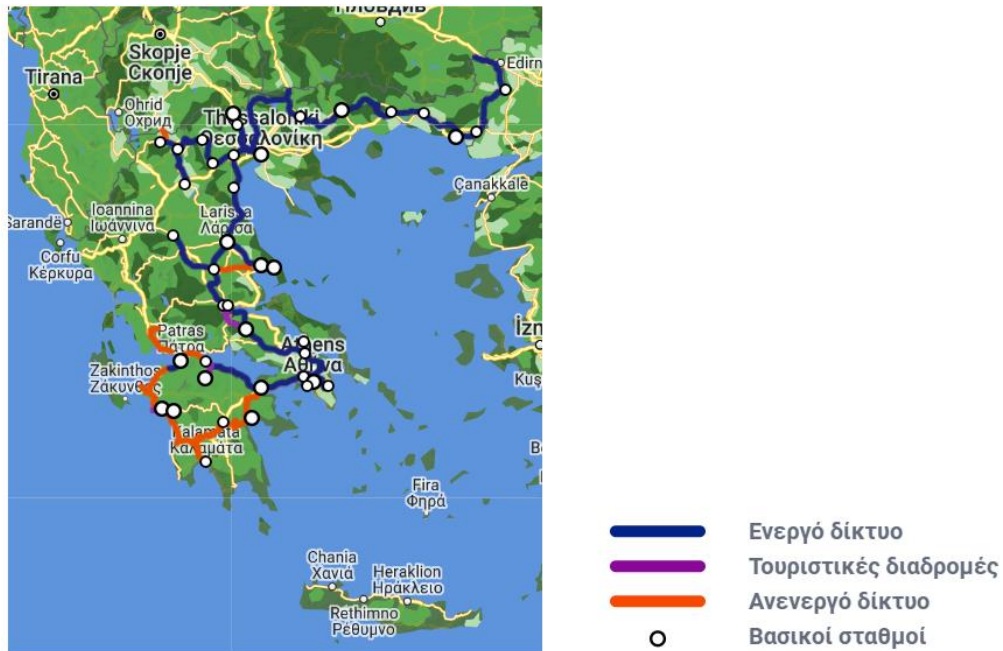
Στις αρχές της δεκαετίας του 1950, ξεκινάει και πάλι η ανάπτυξη των γραμμών όπου και κατασκευάζεται η σημαντικότερη, η διακλάδωση από Αμύνταιο προς Πτολεμαΐδα και Κοζάνη με στόχο την εξυπηρέτηση της αναπτυσσόμενης βιομηχανικής ζώνης της περιοχής. Το 1955 οι ΣΕΚ απορροφούν και τους Θεσσαλικούς Σιδηρόδρομους και το 1966 κατασκευάζεται η σιδηροδρομική γραμμή Στρυμόνα– Κούλατα μήκους 15 χλμ. συνδέοντας έτσι τα σιδηροδρομικά δίκτυα Ελλάδας– Βουλγαρίας από την κοιλάδα του Στρυμόνα και πάνω [32], [33].

Το 1970 ιδρύεται ο Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδος (ΟΣΕ), ο οποίος διαδέχεται τους ΣΕΚ με μοναδικό μέτοχο το Ελληνικό Δημόσιο [32], [33].



Εικόνα 3.3: α) Τμήμα του σιδηροδρόμου Οινόη-Τιθορέα και Δομοκός-Λάρισα (έτος 1983), β) Τμήμα ηλεκτροκίνησης στο δίκτυο του ΟΣΕ, στη γραμμή Θεσσαλονίκη-Ειδομένη γ) Συγκρότημα Θριασίου Πεδίου. [34]

Στην Εικόνα 3.4 παρουσιάζεται το συνολικό σιδηροδρομικό δίκτυο της χώρας. Πιο συγκεκριμένα φαίνεται το δίκτυο το οποίο παραμένει ενεργό, οι τουριστικές διαδρομές, το δίκτυο το οποίο δε λειτουργεί καθώς επίσης και η βασικοί σιδηροδρομικοί σταθμοί της χώρας.

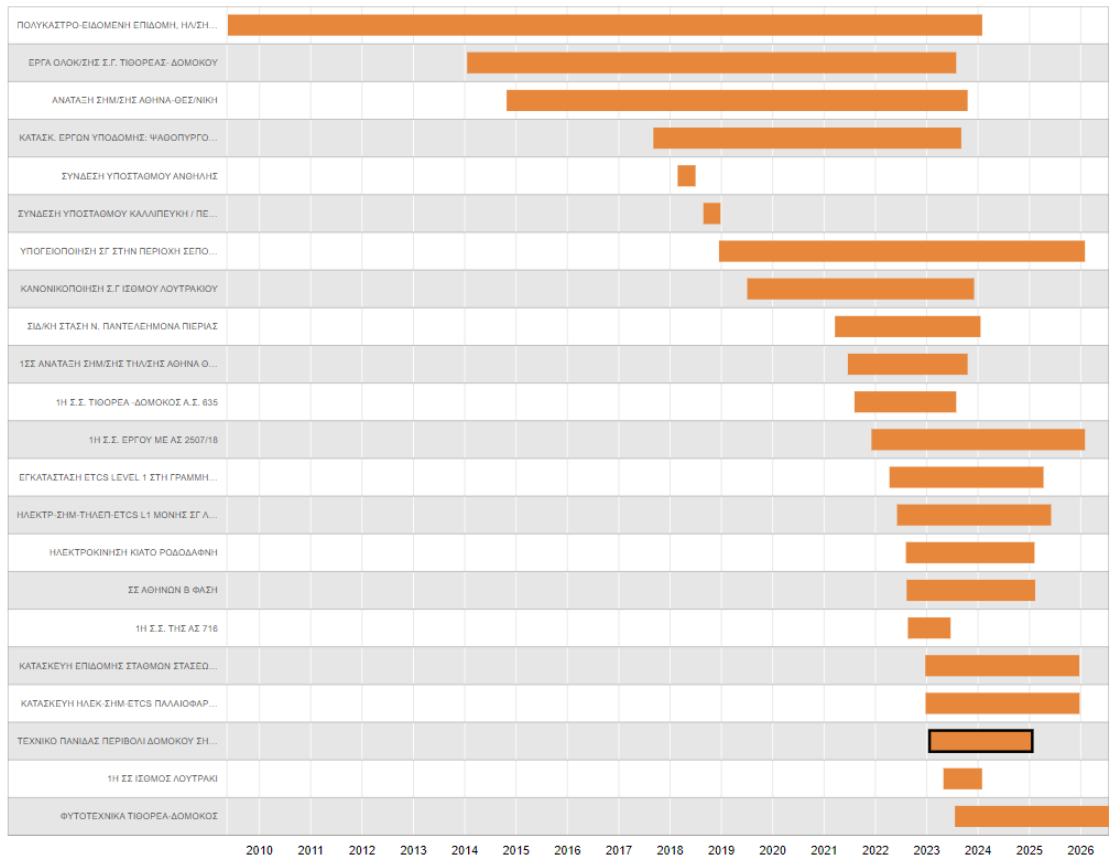


Εικόνα 3.4: Γενικός χάρτης σιδηροδρομικού δικτύου. [34]

Στον Πίν 3.1 Παρουσιάζονται όλα τα σιδηροδρομικά έργα που είναι σε εξέλιξη αυτή τη στιγμή, ο ανάδοχος, το κόστος τους καθώς και η πρόοδος που έχει γίνει σε κάθε ένα από αυτά. Στην Εικόνα 3.5 παρουσιάζεται το χρονοδιάγραμμα αυτών των έργων.

Πίνακας 3.1: Σιδηροδρομικά έργα σε εξέλιξη. [34]

Κωδ. Έργου	Τίτλος Έργου	Συμβασιολογία	Ανάδοχος	Τρέχον Συμβ. Αντικείμενο	Πιστοποιήσεις	Πρόοδος
563	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ-ΕΙΔΟΜΕΝΗ ΕΠΙΔΟΜΗ, ΗΛ/ΣΗ, ΤΗΛ/ΣΗ	15/4/2009	ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ Α.Β.Ε.Τ.Ε.	13.916.980,61 €	13.665.096,20 €	98,20%
635	ΕΡΓΑ ΟΛΟΚ/ΣΗΣ Σ.Γ. ΤΙΘΟΡΕΑΣ- ΔΟΜΟΚΟΥ	18/12/2013	ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε. - J & P ΑΒΑΣ Α.Ε. - ΤΕΡΝΑ Α.Ε. (ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΤΙΘΟΡΕΑ - ΔΟΜΟΚΟΣ)	374.242.810,48 €	360.131.755,00 €	96,20%
717	ΑΝΑΤΑΣΗ ΣΗΜ/ΣΗΣ ΑΘΗΝΑ-ΘΕΣ/ΝΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚ. ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ: ΨΑΘΟΠΥΡΓΟΣ	26/9/2014	ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΤΟΜΗ Α.Β.Ε.Τ.Ε. (ALSTOM TRANSPORT SA (ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΟΣ ΤΙΤΛΟΣ : ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΑΝΑΤΑΣΗΣ ΕΡΓΟΣΕ)	41.297.174,41 €	36.346.146,50 €	88,00%
716	ΥΠΟΓΕΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΓ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΡΙΟ	4/8/2017	GD INFRASTRUTTURE SOCIETA' A RESPONSABILITA' LIMITATA	96.049.725,14 €	58.889.119,50 €	61,30%
2509	ΣΥΝΔΕΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΟΜΟΥ ΑΝΘΗΛΗΣ	24/1/2018	ΑΔΜΗΕ (ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ)	1.019.493,00 €	1.019.492,60 €	100,00%
2510	ΣΥΝΔΕΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΟΜΟΥ ΚΑΛΛΙΠΕΥΚΗ / ΠΕΡΙΒΟΛΙ	26/7/2018	ΑΔΜΗΕ (ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ)	2.517.916,60 €	2.415.703,20 €	95,90%
2507	ΥΠΟΓΕΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΓ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΠΟΛΙΩΝ	15/11/2018	Κ/Ξ ΙΝΤΡΑΚΑΤ - ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ ΑΤΕ	66.580.539,74 €	14.690.621,70 €	22,10%
1509	ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΣΗ Σ.Γ ΙΣΘΜΟΥ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ	4/6/2019	ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΜΥΤΙΛΗΝΑΙΟΣ - ΞΑΝΘΑΚΗΣ	6.391.258,24 €	1.989.567,10 €	31,10%
752	ΣΙΔ/ΚΗ ΣΤΑΣΗ Ν. ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΟΝΑ ΠΙΕΡΙΑΣ	19/2/2021	SOLIS ΑΝΩΝΥΜΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ	793.700,28 €	77.783,20 €	9,80%
717/1	1ΣΣ ΑΝΑΤΑΣΗ ΣΗΜ/ΣΗΣ ΤΗΛ/ΣΗΣ ΑΘΗΝΑ ΘΕΣ/ΝΙΚΗ ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ	19/5/2021	ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΤΟΜΗ Α.Β.Ε.Τ.Ε. (ALSTOM TRANSPORT SA (ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΟΣ ΤΙΤΛΟΣ : ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΑΝΑΤΑΣΗΣ ΕΡΓΟΣΕ)	13.320.240,00 €	7.757.626,10 €	58,20%
635/1	1Η Σ.Σ. ΤΙΘΟΡΕΑ -ΔΟΜΟΚΟΣ Α.Σ. 635	5/7/2021	ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε. - J & P ΑΒΑΣ Α.Ε. - ΤΕΡΝΑ Α.Ε. (ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΤΙΘΟΡΕΑ - ΔΟΜΟΚΟΣ)	20.362.649,05 €	13.141.296,40 €	64,50%
2507/1	1Η Σ.Σ. ΕΡΓΟΥ ΜΕ ΑΣ 2507/18	4/11/2021	Κ/Ξ ΙΝΤΡΑΚΑΤ - ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ ΑΤΕ	23.866.833,73 €	10.430.306,30 €	43,70%
713	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ETCS LEVEL 1 ΣΤΗ ΓΡΑΜΜΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ ΕΙΔΟΜΕΝΗ	11/3/2022	ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΑΒΑΣ Α.Ε. - ALSTOM TRANSPORT S.A. ΠΙ ΑΘΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΣΥΜΒΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΕ NO 713 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ - ΕΙΔΟΜΕΝΗ	40.864.893,14 €	3.969.485,30 €	9,70%
736	ΗΛΕΚΤΡ-ΣΗΜ-ΤΗΛΕΠ-ETCS L1 ΜΟΝΗΣ ΣΓ ΛΑΡΙΣΑ-ΒΟΛΟΣ	4/5/2022	ΙΝΤΡΑΚΑΤ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΡΓΩΝ	41.168.328,99 €	1.089.442,80 €	2,60%
1511	ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ ΚΙΑΤΟ ΡΟΔΟΔΑΦΝΗ	6/7/2022	ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΤΕΡΝΑ Α.Ε. (ΜΥΤΙΛΗΝΑΙΟΣ Α.Ε.)	54.818.585,62 €	2.444.272,40 €	4,50%
2513	ΣΣ ΑΘΗΝΩΝ Β ΦΑΣΗ	11/7/2022	ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΙΝΤΡΑΚΑΤ (ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ Α.Τ.Ε. (ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΩΝ)	30.611.378,59 €	1.971.101,10 €	6,40%
716/1	1Η Σ.Σ. ΤΗΣ ΑΣ 716	20/7/2022	GD INFRASTRUTTURE SOCIETA' A RESPONSABILITA' LIMITATA	10.471.870,91 €	3.304.748,80 €	31,60%
1510	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΠΙΔΟΜΗΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ Η/Μ ΣΤΟ ΡΟΔΟΔΑΦΝΗ ΡΙΟ	22/11/2022	ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΤΕΡΝΑ Α.Ε. (ΜΥΤΙΛΗΝΑΙΟΣ Α.Ε.)	125.763.774,57 €	1.410.452,40 €	1,10%
2514	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΗΛΕΚ-ΣΗΜ-ETCS ΠΑΛΛΙΟΦΑΡΣΑΛΟΣ ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	24/11/2022	ΑΒΑΣ Α.Ε.	50.682.947,17 €	0,00 €	0,00%
2515	ΤΕΧΝΙΚΟ ΠΑΝΙΔΑΣ ΠΕΡΙΒΟΛΙ ΔΟΜΟΚΟΥ ΣΗΜΑΝΣΗ ΣΣ ΣΣΤ ΤΙΘ-ΔΟΜ	21/12/2022	ΑΦΟΙ ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΟΥ ΑΝΩΝΥΜΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ	2.883.732,22 €	0,00 €	0,00%
1509/1	1Η ΣΣ ΙΣΘΜΟΣ ΛΟΥΤΡΑΚΙ	30/3/2023	ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΜΥΤΙΛΗΝΑΙΟΣ - ΞΑΝΘΑΚΗΣ	3.071.055,67 €	642.081,20 €	20,90%
2511	ΦΥΤΟΤΕΧΝΙΚΑ ΤΙΘΟΡΕΑ-ΔΟΜΟΚΟΣ	21/6/2023	ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΝΑΤΟΥΡΑ Α.Ε. (ΒΙΟΛΙΑΠ ΑΤΕΒΕ	820.269,25 €	0,00 €	0,00%



Εικόνα 3.5: Χρονοδιάγραμμα έργων. [34]

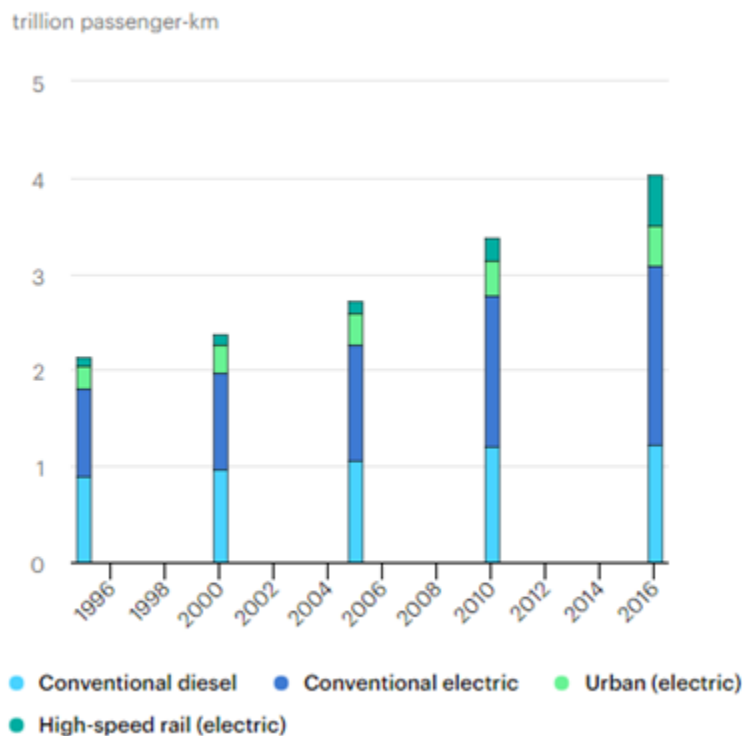
4 Ο ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΣ ΣΗΜΕΡΑ

4.1 Γενικά στοιχεία

Σήμερα, σχεδόν το 1/6 των επιβατικών ταξιδιών μεγάλων αποστάσεων στον κόσμο γύρω και μεταξύ των πόλεων γίνεται μέσω του σιδηρόδρομου. Ο σιδηρόδρομος υψηλής ταχύτητας αποτελεί υποκατάστατο για τις ενδοηπειρωτικές πτήσεις μικρής απόστασης. Στις πόλεις, τα μετρό και τα τρένα προσφέρουν αξιόπιστες, προσιτές και αποτελούν εναλλακτικές λύσεις στα οδικά ταξίδια, μειώνοντας τη συμφόρηση, τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και την ρύπανση. Οι εμπορευματικές σιδηροδρομικές μεταφορές επιτρέπουν τις μετακινήσεις μεγάλου όγκου εμπορευμάτων σε πολύ μεγάλες αποστάσεις, διευκολύνοντας σε μεγάλο βαθμό το παγκόσμιο και τοπικό εμπόριο καθώς και τη λειτουργία βιομηχανικών μονάδων. Ο σιδηρόδρομος αποτελεί έναν από τους πιο αποδοτικούς τρόπους μεταφοράς ενώ παράλληλα παρουσιάζει και χαμηλή εκπομπή ρύπων. Τα σιδηροδρομικά δίκτυα είναι υπεύθυνα για το 8% των επιβατικών μεταφορών και το 7% των εμπορευματικών μεταφορών, αλλά αντιπροσωπεύουν μόνο το 2% της χρήσης ενέργειας στον τομέα των μεταφορών [35]. Οι σιδηροδρομικές υπηρεσίες καταναλώνουν λιγότερο από 0,6 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου ημερησίως (περίπου το 0,6% της παγκόσμιας χρήσης πετρελαίου) και περίπου 290 τεραβατώρες (TWh) ηλεκτρικής ενέργειας (πάνω από το 1% της παγκόσμιας χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας). Ευθύνονται για περίπου το 0,3% των άμεσων εκπομπών CO₂ και το 0,3% σωματιδίων PM_{2,5} που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργεια [35]. Η υψηλή απόδοση που παρουσιάζουν τα τρένα σημαίνει ότι ο σιδηρόδρομος εξοικονομεί περισσότερο πετρέλαιο από ότι καταναλώνει και περισσότερες εκπομπές από αυτές που παράγει. Εάν όλες οι υπηρεσίες που εκτελούνται σήμερα από τους σιδηρόδρομους γίνονταν με οχήματα, όπως αυτοκίνητα και φορτηγά, τότε η παγκόσμια κατανάλωση πετρελαίου που σχετίζεται με τις μεταφορές θα ήταν 15% υψηλότερη και οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG) που σχετίζονται με τις μεταφορές θα αυξάνονταν κατά 1,2 γιγατόνους (Gt) ισοδύναμο CO₂ (CO₂-eq) [35]. Τα περισσότερα σιδηροδρομικά δίκτυα σήμερα βρίσκονται στην Ινδία, στην Κίνα, στην Ιαπωνία, στην Ευρώπη, στη Βόρεια Αμερική και στη Ρωσία, ενώ δίκτυα μετρό λειτουργούν στις περισσότερες από τις μεγάλες πόλεις του κόσμου. Περίπου το 90% των παγκόσμιων μετακινήσεων επιβατών με συμβατικούς σιδηροδρόμους πραγματοποιείται σε αυτές τις χώρες και περιοχές, με την Ινδία να προηγείται με 39%, ακολουθούμενη από την Κίνα (27%), την Ιαπωνία (11%) και την Ευρωπαϊκή Ένωση (9%) [35]. Σε παγκόσμιο επίπεδο, περίπου τα τρία τέταρτα της δραστηριότητας των συμβατικών επιβατικών σιδηροδρομικών μεταφορών χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια και το υπόλοιπο βασίζεται στο ντίζελ. Σημαντικές επενδύσεις έχουν γίνει σε τρένα και μετρό υψηλής ταχύτητας, κυρίως στην Κίνα, η οποία έχει ξεπεράσει όλες τις

άλλες χώρες όσον αφορά το μήκος δικτύου και των δύο τύπων μέσα σε μία δεκαετία. Σήμερα η Κίνα αντιπροσωπεύει περίπου τα δύο τρίτα της σιδηροδρομικής δραστηριότητας υψηλής ταχύτητας, έχοντας ξεπεράσει τόσο την Ιαπωνία (17%) όσο και την Ευρωπαϊκή Ένωση (12%) [35]. Τόσο ο σιδηρόδρομος υψηλής ταχύτητας όσο και ο αστικός σιδηρόδρομος τροφοδοτούνται εξ' ολοκλήρου με ηλεκτρική ενέργεια. Οι περισσότερες εμπορευματικές μεταφορές γίνονται στην Κίνα και τις Ηνωμένες Πολιτείες, καθεμία από τις οποίες αντιπροσωπεύει περίπου το ένα τέταρτο της παγκόσμιας δραστηριότητας σιδηροδρομικών εμπορευματικών μεταφορών, και η Ρωσία, η οποία αντιπροσωπεύει το ένα πέμπτο. Παρά το γεγονός ότι η ηλεκτροκίνηση των εμπορευματικών σιδηροδρομικών μεταφορών αντιμετωπίζει μεγαλύτερες προκλήσεις σε σχέση με άλλους τύπους σιδηροδρομικών μεταφορών, οι μισές από τις παγκόσμιες μετακινήσεις εμπορευμάτων βασίζονται στην ηλεκτρική ενέργεια.

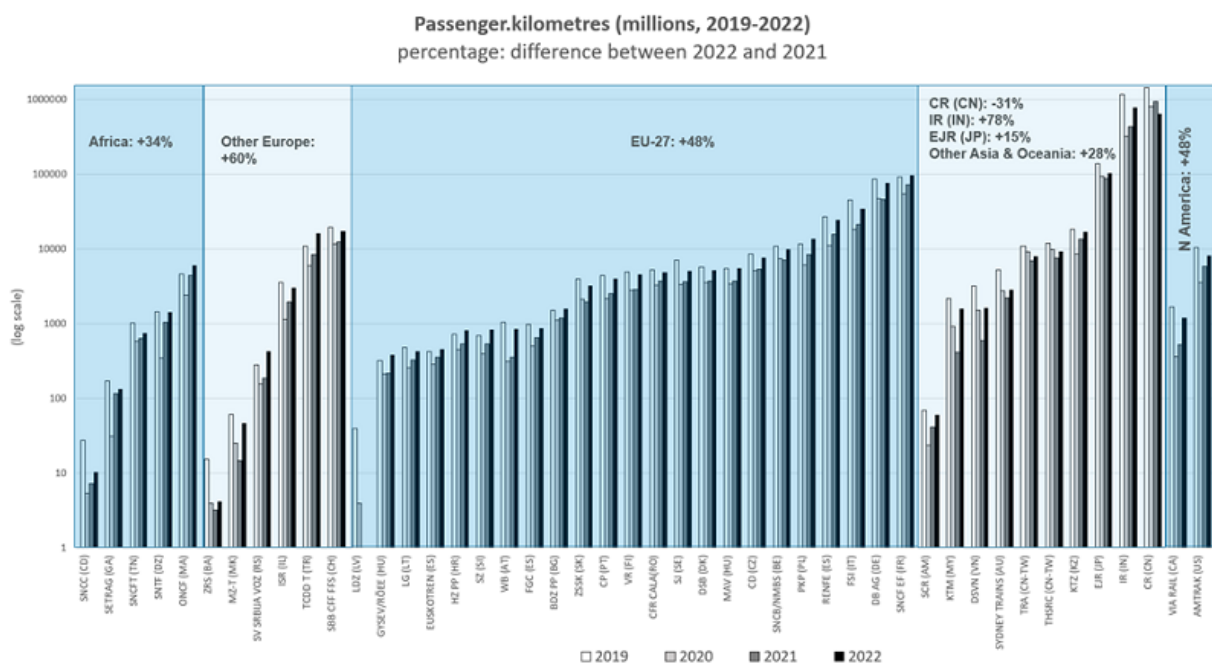
Στο Σχ. 4.1 παρουσιάζονται τα είδη καυσίμου και οι αντίστοιχες ποσότητες για τα έτη από το 1996 έως το 2016. Αυτό που παρατηρείται είναι μία γενικότερη αύξηση στην συνολική κατανάλωση καυσίμου λόγω της μεγαλύτερης χρήσης του σιδηροδρόμου με την πάροδο των ετών καθώς και η αύξηση του ποσοστού ηλεκτροκίνησης σε σχέση με το ντίζελ, η κατανάλωση του οποίου αυξήθηκε σε αρκετά μικρότερο ποσοστό.



Σχήμα 4.1: Τύπος καυσίμου που χρησιμοποιείται για τις σιδηροδρομικές μεταφορές για τα έτη 1996 έως 2016. [35]

4.2 Ανάλυση της επιβατικής, της εμπορικής καθώς και της ανάπτυξης του δικτύου των σιδηροδρόμων σε παγκόσμια κλίμακα

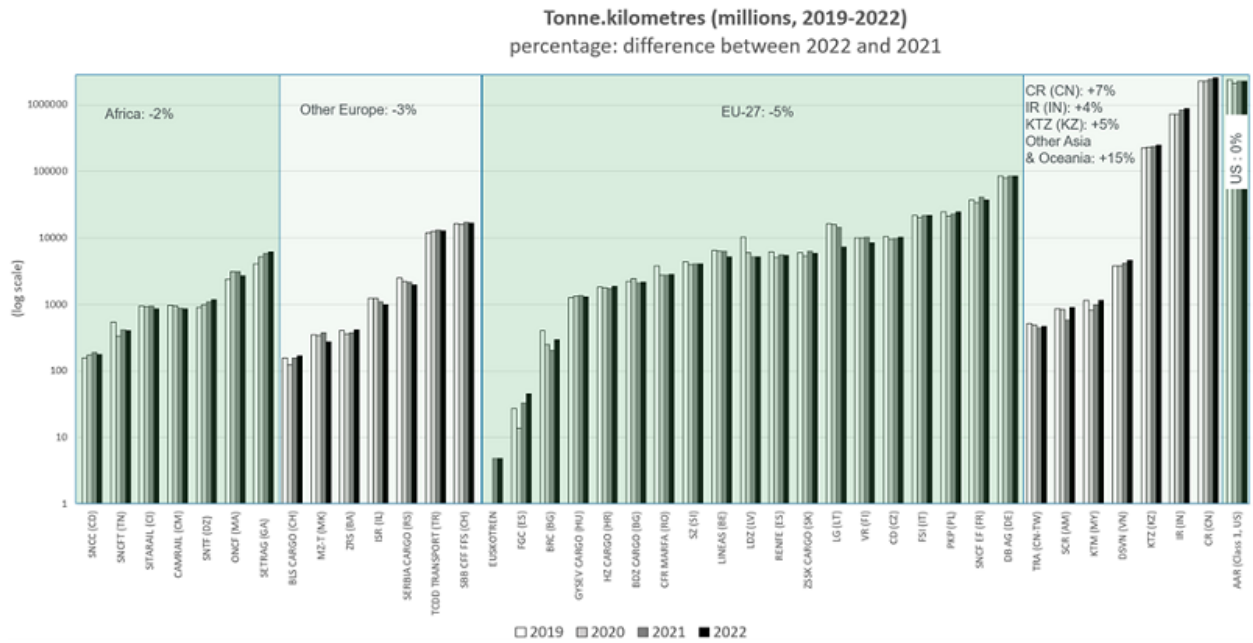
Όπως και το πρώτο εξάμηνο του 2022, η σιδηροδρομική κίνηση το τρίτο και το τέταρτο τρίμηνο του 2022 διέφεραν σημαντικά από περιοχή σε περιοχή και μεταξύ των μεταφορών επιβατών και εμπορευμάτων. Τα στοιχεία που παρέχονται από πολλά μέλη της Διεθνούς Ένωσης Σιδηροδρόμων (International Union of Railways-UIC) δείχνουν ότι η ανάκαμψη της επιβατικής κίνησης συνεχίζεται με σταθερό ρυθμό, με αρκετές ευρωπαϊκές εταιρείες να αναφέρουν να φτάνουν ή και να ξεπερνούν τα επίπεδα προ-Covid (Σχ. 4.2). Ωστόσο, για ορισμένους σιδηροδρομικούς φορείς με έδρα την Αφρική, την Ασία και την Ωκεανία, η ανάπτυξη (μετρούμενη σε επιβατικά χιλιόμετρα) ήταν πιο αργή ή ακόμη και αρνητική, όπως συμβαίνει με την Κίνα, σε σύγκριση με το 2021.



Σχήμα 4.2: Μεταβολή της κίνησης μετρούμενης σε επιβατικά χιλιόμετρα για τους σιδηροδρομικούς φορείς του UIC και η μεταβολή της σε σχέση με το 2021. [36]

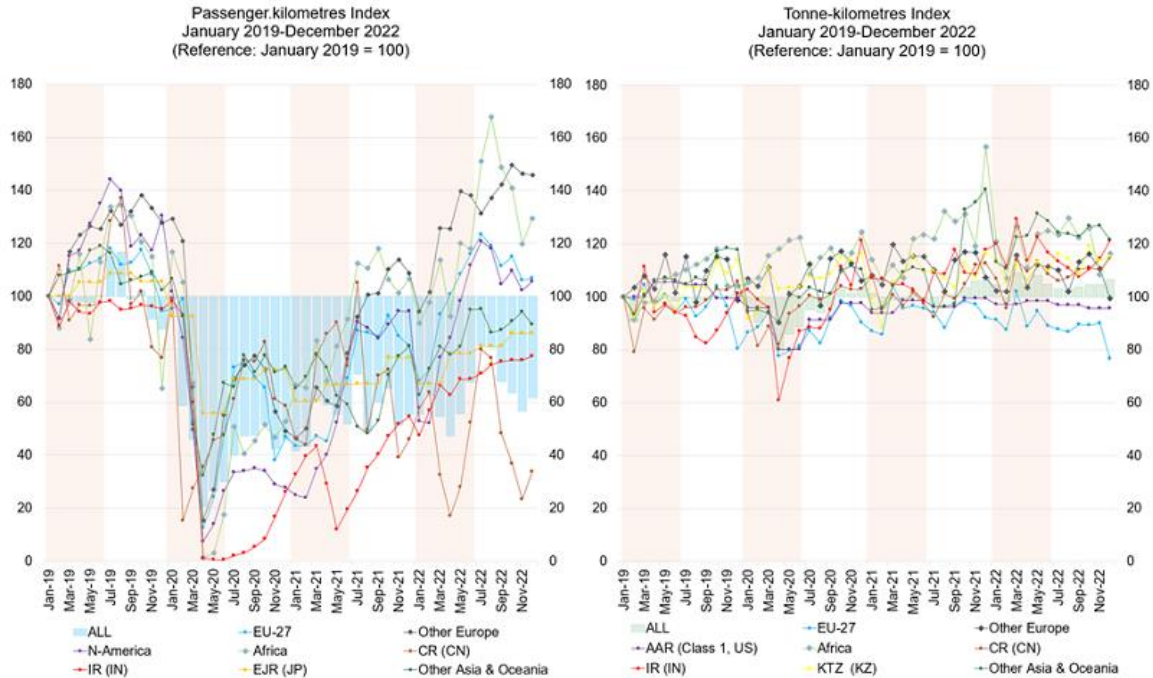
Οι τάσεις της εμπορευματικής κίνησης για τις περισσότερες εταιρείες με έδρα την Αφρική, την Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες παρέμειναν λίγο πολύ σταθερές, αν και ορισμένες είδαν αρνητική τάση, σε σύγκριση με το 2021, με τα τονοχιλιόμετρα που μεταφέρονται να παραμένουν κάτω από τα επίπεδα του 2019 (Σχ. 4.3). Ωστόσο, για πολλούς ασιατικούς μεταφορείς εμπορευμάτων, η ανάπτυξη ήταν συνεχής και ο

όγκος των εμπορευμάτων που μεταφέρθηκαν το 2022 ήταν σημαντικά υψηλότερος από τα στοιχεία που είχαν καταγραφεί τα προηγούμενα έτη.



Σχήμα 4.3: Μεταβολή του φορτίου για τους σιδηροδρομικούς φορείς του UIC και η μεταβολή του σε σχέση με το 2021. [36]

Το Σχ. 4.4 δείχνει τη μεταβολή της επιβατικής και της εμπορευματικής κίνησης από τον Ιανουάριο του 2019 μέχρι το Δεκέμβριο του 2022. Αυτό που παρατηρείται και στα δύο διαγράμματα είναι η αυξομείωση των τιμών μήνα με το μήνα. Αυτή η αυξομείωση είναι εντονότερη στο διάγραμμα με την επιβατική κίνηση η οποία σημειώνει μεγάλη πτώση κατά την περίοδο του Covid. Στη συνέχεια αυτή η τάση αντιστρέφεται και η κίνηση στις περισσότερες περιοχές ανακάμπτει.



Σχήμα 4.4: Μεταβολή της επιβατικής και της εμπορευματικής κίνησης από τον Ιανουάριο του 2019 μέχρι το Δεκέμβριο του 2022. [36]

Όπως αναφέρθηκε οι σιδηροδρομικές μεταφορές αποτελούν ένα πολύ σημαντικό μέσο για τη μεταφορά επιβατών και εμπορευμάτων. Σε αυτό το κεφάλαιο εξετάζετε πώς μεταβλήθηκε η επιβατική και εμπορική κίνηση που πραγματοποιείται μέσω του σιδηροδρομικού δικτύου σε παγκόσμια κλίμακα. Επίσης, γίνεται ανάλυση και της ανάπτυξης του σιδηροδρομικού δικτύου. Η χρονική περίοδος που εξετάζεται αφορά την τα έτη 2004 έως 2021 ενώ παραθέτονται και κάποια στοιχεία για το έτος 2022. Στους Πίν. 4.1, 4.2, 4.3 παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία σχετικά με τη μεταβολή της επιβατικής κίνησης, του όγκου του φορτίου που μεταφέρθηκε μέσω σιδηροδρομικής γραμμής καθώς και η μεταβολή του μήκους των σιδηροδρομικών γραμμών για την περιοχή της Αφρικής, της Ασίας και Ωκεανίας, της Ευρώπης (μαζί με την Τουρκία), της Αμερικής καθώς και της Ρωσίας. Στη συνέχεια με βάση αυτά τα στοιχεία δημιουργήθηκαν τα Σχ. 4.5, 4.6, 4.7 με στόχο την μεγαλύτερη ανάλυση και κατανόηση των δεδομένων των παραπάνω πινάκων. Τα νούμερα για αυτά τα σχήματα έχουν προκύψει από τον μέσο όρο τριών χρονικών περιόδων οι οποίες είναι οι εξής: α) 2004-2010, β) 2011-2015, γ) 2016- 2021.

Πίνακας 4.1: Στοιχεία σχετικά με τη μεταβολή της επιβατικής κίνησης, του όγκου του φορτίου που μεταφέρθηκε μέσω σιδηροδρομικής γραμμής καθώς και η μεταβολή του μήκους των σιδηροδρομικών γραμμών για την περιοχή της Αφρικής, της Ασίας και Ωκεανίας, της Ευρώπης (μαζί με την Τουρκία), της Αμερικής καθώς και της Ρωσίας για τα έτη 2004-2010. [36]

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Συνολικά επιβατικά χιλιόμετρα (Ρkm) (σε εκατομμύρια)	2455431	2556567	2727694	2880022	44285	3060014	3223401
Αφρική	63567	63378	63431	63893	64283	64382	65335
Αμερική	52703	54281	55855	58453	60979	59827	61179
Ασία και Ωκεανία	1694732	1778199	1927264	2073022	2203359	2270930	2440969
Ρωσία	164272	172217	177838	174085	175872	151467	138885
Ευρώπη (μαζί με Τουρκία)	480157	488492	503306	510569	525527	512958	517032
Συνολικά τονοχιλιόμετρα (Tkm) (σε εκατομμύρια)	8537823	8919089	9445347	9846251	9882526	9318690	10069380
Αφρική	142614	144315	143759	144178	144166	144213	148230
Αμερική	3072322	3194204	3387787	3371027	3191980	2977219	3214123
Ασία και Ωκεανία	2802652	3006685	3203310	3438525	3645489	3700062	4005905
Ρωσία	1801600	1858093	1950830	2090337	2116240	1865305	2011308
Ευρώπη (μαζί με Τουρκία)	718635	715793	759661	802184	784652	631892	689814
Συνολικό μήκος γραμμών σε χλμ.	1078409	1080481	1079576	1078592	1083297	1087939	1090140
Αφρική	74534	74906	74951	74946	75422	76472	76309
Αμερική	376070	372753	370067	368521	367960	368716	366038
Ασία και Ωκεανία	267176	271550	273273	274767	278697	281737	287018
Ρωσία	85286	85542	85253	84158	85194	85281	85292
Ευρώπη (μαζί με Τουρκία)	275343	275730	276032	276200	276024	275734	275484

Πίνακας 4.2: Στοιχεία σχετικά με τη μεταβολή της επιβατικής κίνησης, του όγκου του φορτίου που μεταφέρθηκε μέσω σιδηροδρομικής γραμμής καθώς και η μεταβολή του μήκους των σιδηροδρομικών γραμμών για την περιοχή της Αφρικής, της Ασίας και Ωκεανίας, της Ευρώπης (μαζί με την Τουρκία), της Αμερικής καθώς και της Ρωσίας για τα έτη 2011-2015. [36]

	2011	2012	2013	2014	2015
Συνολικά επιβατικά χιλιόμετρα (Ρkm) (σε εκατομμύρια)	3394178	3495142	3623489	3677911	3759652
Αφρική	65687	66662	67977	66757	66319
Αμερική	60543	60937	62044	63137	64486
Ασία και Ωκεανία	2597805	2688394	2814858	2884710	2965116
Ρωσία	139742	144612	138517	130027	120644
Ευρώπη (μαζί με Τουρκία)	530401	534538	540094	533281	543087
Συνολικά τονοχιλιόμετρα (Τkm) (σε εκατομμύρια)	10581109	10657965	10711964	10874925	10343923
Αφρική	158197	161445	161866	162907	172670
Αμερική	3280367	3280450	3336102	3531231	3405981
Ασία και Ωκεανία	4268461	4269354	4311393	4179745	3775204
Ρωσία	2127835	2222389	2196217	2300532	2305945
Ευρώπη (μαζί με Τουρκία)	746249	724326	706386	700510	684122
Συνολικό μήκος γραμμών σε χλμ.	1085310	1085067	1087014	1095925	1105467
Αφρική	76871	76257	76061	76638	76527
Αμερική	354635	349526	345673	344797	344511
Ασία και Ωκεανία	293288	299531	305223	314577	328221
Ρωσία	85166	85148	85266	85266	85262
Ευρώπη (μαζί με Τουρκία)	275349	274605	274791	274647	270947

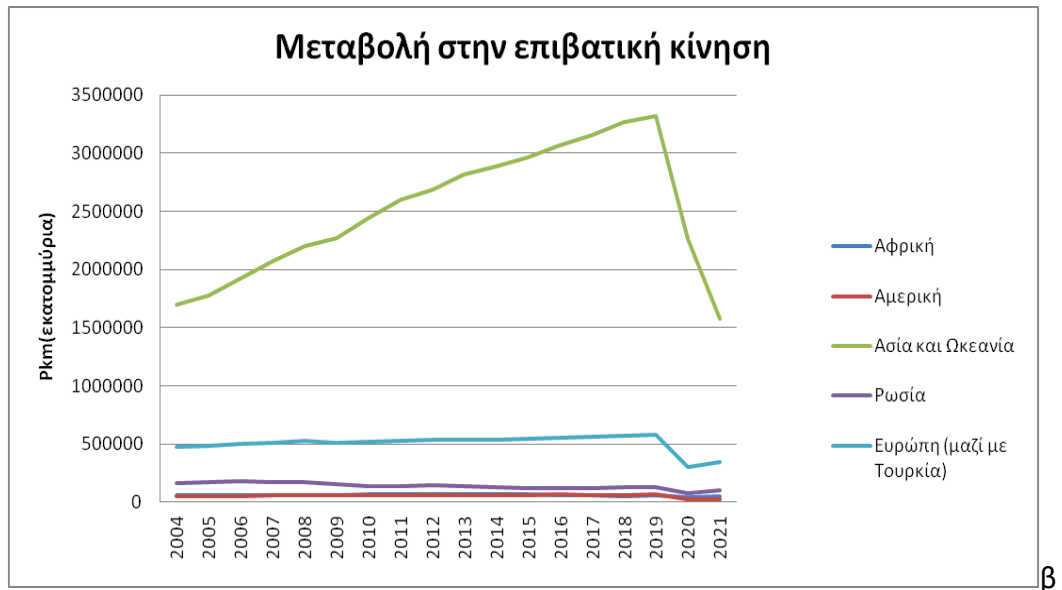
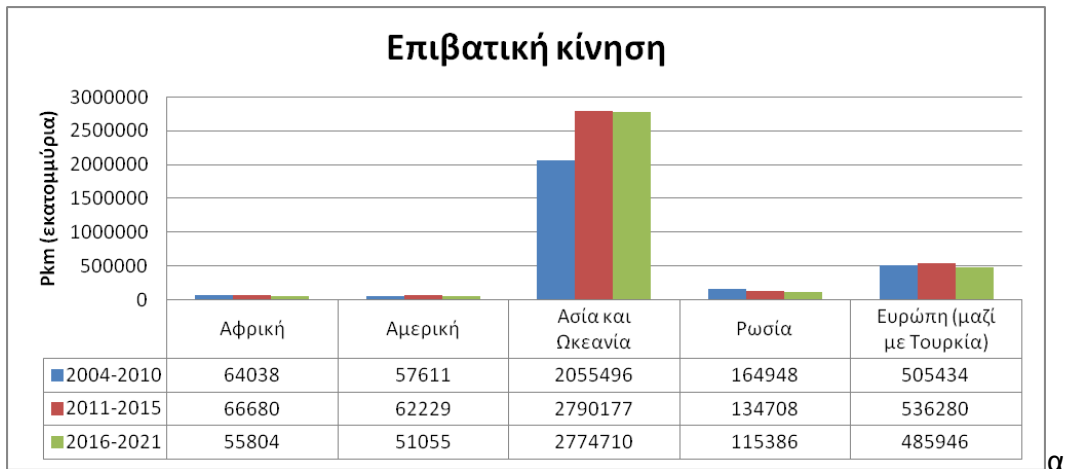
Πίνακας 4.3: Στοιχεία σχετικά με τη μεταβολή της επιβατικής κίνησης, του όγκου του φορτίου που μεταφέρθηκε μέσω σιδηροδρομικής γραμμής καθώς και η μεταβολή του μήκους των σιδηροδρομικών γραμμών για την περιοχή της Αφρικής, της Ασίας και Ωκεανίας, της Ευρώπης (μαζί με την Τουρκία), της Αμερικής καθώς και της Ρωσίας για τα έτη 2016-2021. [36]

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Συνολικά επιβατικά χιλιόμετρα (Pkm) (σε εκατομμύρια)	3872171	3964222	4085386	4162083	2712690	2100843
Αφρική	64163	62015	54163	59477	44776	50228
Αμερική	65442	63443	63636	64778	23939	25089
Ασία και Ωκεανία	3066546	3156545	3266977	3319748	2261285	1577156
Ρωσία	124620	122920	129371	133381	78574	103447
Ευρώπη (μαζί με Τουρκία)	551400	559299	571240	584699	304116	344923
Συνολικά τωναχιλιόμετρα (Tkm) (σε εκατομμύρια)	10163668	10847789	11372033	11348429	10910455	11538450
Αφρική	163452	167798	171293	166551	164289	146661
Αμερική	3176398	3357751	3492628	3294550	3029895	3164895
Ασία και Ωκεανία	3793682	4117612	4403871	4595862	4524616	4901621
Ρωσία	2344087	2491876	2597778	2601928	2544828	2638562
Ευρώπη (μαζί με Τουρκία)	686048	712753	706463	689537	646828	686711
Συνολικό μήκος γραμμών σε χλμ.	1109039	1120789	1123684	1133812	1142503	1148405
Αφρική	76784	77133	77691	78193	78193	78193
Αμερική	342538	342964	343419	345700	345846	345941
Ασία και Ωκεανία	332815	344242	347419	354239	362193	366777
Ρωσία	85375	85545	85626	85494	85555	85544
Ευρώπη (μαζί με Τουρκία)	271526	270906	269530	270186	270716	271950

Ανάλυση επιβατικής κίνησης

Τα αποτελέσματα από τα σχήματα δείχνουν τα εξής: Με εξαίρεση τη Ρωσία η οποία παρουσιάζει συνεχή πτώση σε σχέση με την περίοδο 2004-2010 όλες οι υπόλοιπες περιοχές που μελετήθηκαν παρουσιάζουν αύξηση της επιβατικής κίνησης την περίοδο 2011-2015 σε σχέση με την περίοδο 2004-2010. Ωστόσο παρατηρείται μείωση της την περίοδο 2016-2021 σε σχέση με την 2011-2015. Αυτή η μείωση όπως φαίνεται στο Σχ. 4.5 οφείλεται στην απότομη μείωση της επιβατικής κίνησης τα έτη 2020-2021 που οφείλεται στα περιοριστικά μέτρα τα οποία πάρθηκαν για την αντιμετώπιση της πανδημίας του Covid. Συνοπτικά για το έτος 2021, το 75,1% της επιβατικής κίνησης αφορούσε την περιοχή της Ασίας και της Ωκεανίας, το 16,4% την

περιοχή της Ευρώπης και της Τουρκίας, το 4,9% την περιοχή της Ρωσίας, το 2,4% την Αφρική και το 1,2% την Αμερική.



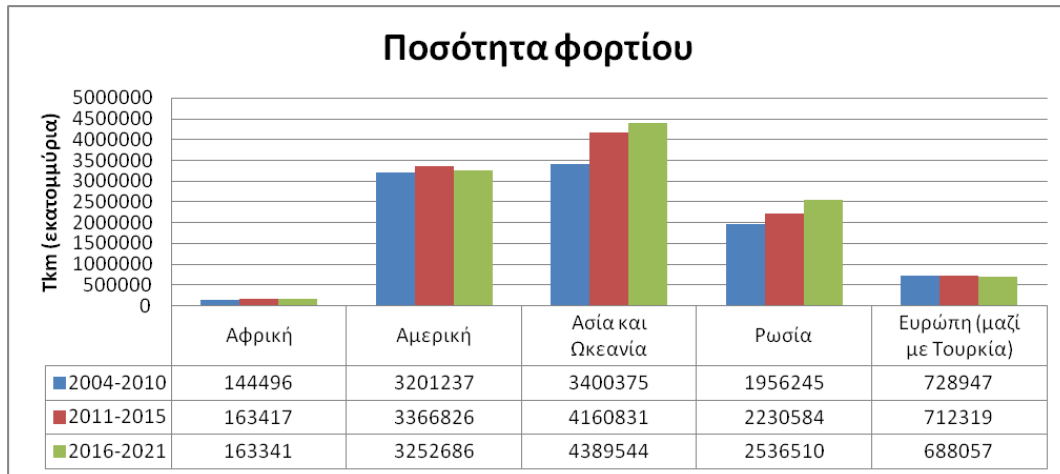
Σχήμα 4.5: Μεταβολή στην επιβατική κίνηση για την περιοχή της Αφρικής, της Ασίας και Ωκεανίας, της Ευρώπης (μαζί με την Τουρκία), της Αμερικής καθώς και της Ρωσίας για τα έτη 2004-2021.

Ανάλυση εμπορευματικής κίνησης

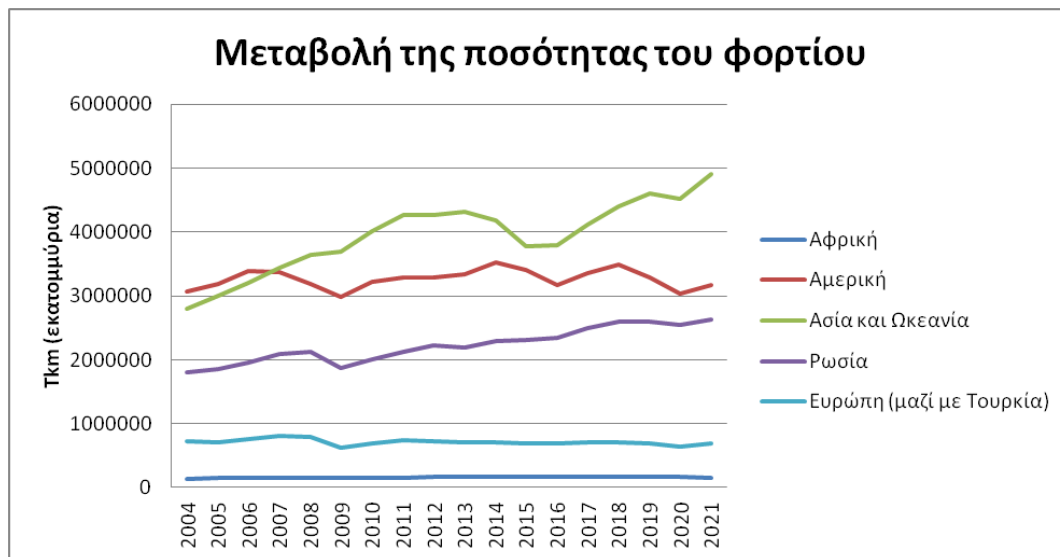
Όσον αφορά την εμπορευματική κίνηση όπως αυτή καταγράφεται από το Σχ. 4.6 παρατηρείται συνεχή πτώση στην ποσότητα των εμπορευμάτων που μεταφέρονται μέσω σιδηροδρόμου για την περιοχή της Ευρώπης (μαζί με Τουρκία). Οι περιοχές της Ρωσίας καθώς και της Ασίας και Ωκεανίας παρουσιάζουν συνεχή αύξηση, η περιοχή της Αφρικής παρουσιάζει αύξηση σε σχέση με την περίοδο 2004-2010 αλλά από εκεί και έπειτα παρουσιάζει σταθερή τιμή, ενώ η Αμερική έχει την ίδια περίπου τιμή για όλες τις παραπάνω χρονικά περιόδους (μπορεί να παρουσιάζει διακυμάνσεις στην

εμπορευματική κίνηση από έτος σε έτος αλλά ο μέσος όρος παραμένει περίπου ίδιος).

Όσον αφορά το μερίδιο στην εμπορευματική κίνηση σε όρους ποσοστού η περιοχή της Ασίας και της Ωκεανίας βρίσκεται και εδώ στην πρώτη θέση με ποσοστό 42,5% ωστόσο μετά ακολουθεί η Αμερική με 27,4%. Στη συνέχεια ακολουθούν η Ρωσία με 22,9%, η Ευρώπη με 6% και τέλος η Αφρική με 1,2%. Από τα παραπάνω αξίζει να αναφερθεί ότι ο σιδηρόδρομος στην Αμερική χρησιμοποιείται κυρίως για τη μεταφορά των εμπορευμάτων ενώ στην Ευρώπη για τη μεταφορά επιβατών.



α

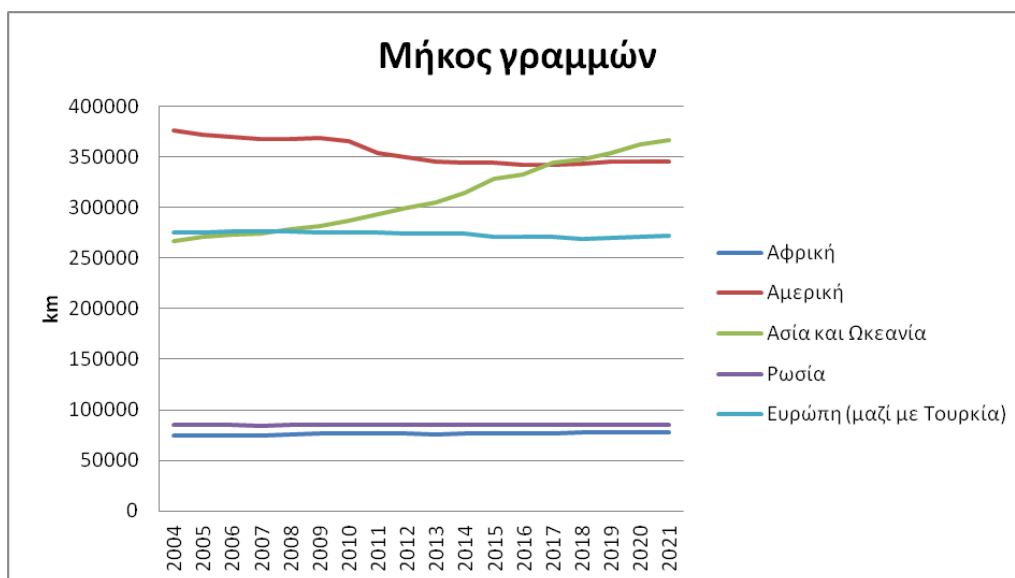
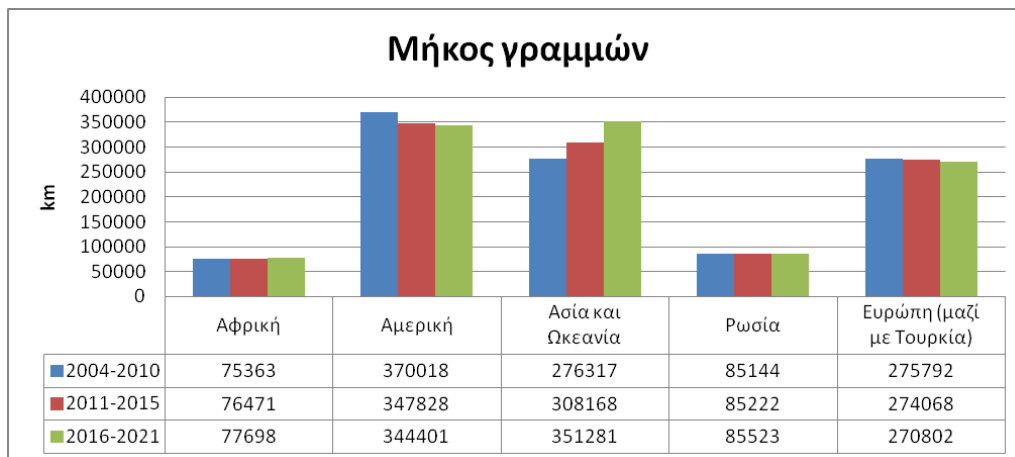


β

Σχήμα 4.6: Μεταβολή στην εμπορευματική κίνηση για την περιοχή της Αφρικής, της Ασίας και Ωκεανίας, της Ευρώπης (μαζί με την Τουρκία), της Αμερικής καθώς και της Ρωσίας για τα έτη 2004-2021.

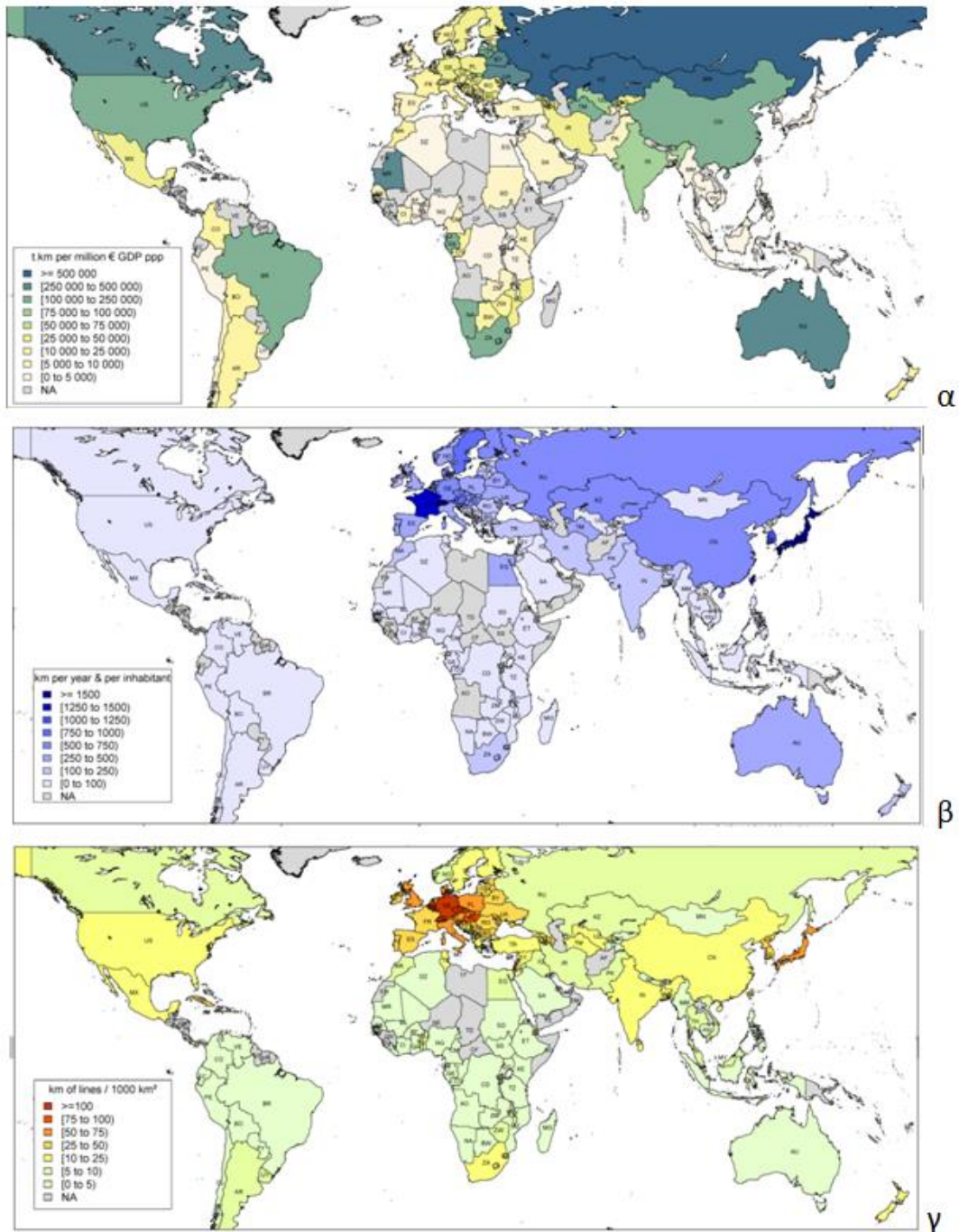
Ανάλυση μήκους γραμμών

Όσον αφορά το συνολικό μήκος των σιδηροδρομικών γραμμών στις περιοχές που εξετάζονται οι περιοχές της Αφρικής και της Ασίας Ωκεανίας παρουσιάζουν αύξηση. Αύξηση παρουσιάζει αλλά μικρή και η Ρωσία. Από την άλλη πλευρά μείωση στο συνολικό μήκος των σιδηροδρομικών γραμμών παρουσιάζει η Αμερική και η Ευρώπη. Για το 2021, η το σιδηροδρομικό δίκτυο της Ασίας και της Ωκεανίας αποτελούσε το 31,9% του παγκόσμιου σιδηροδρομικού δικτύου. Ακολουθούν η Αμερική με 30,1% , η Ευρώπη και Τουρκία με 23,7%, η Ρωσία με 7,5% και η Αφρική με 6,8%.



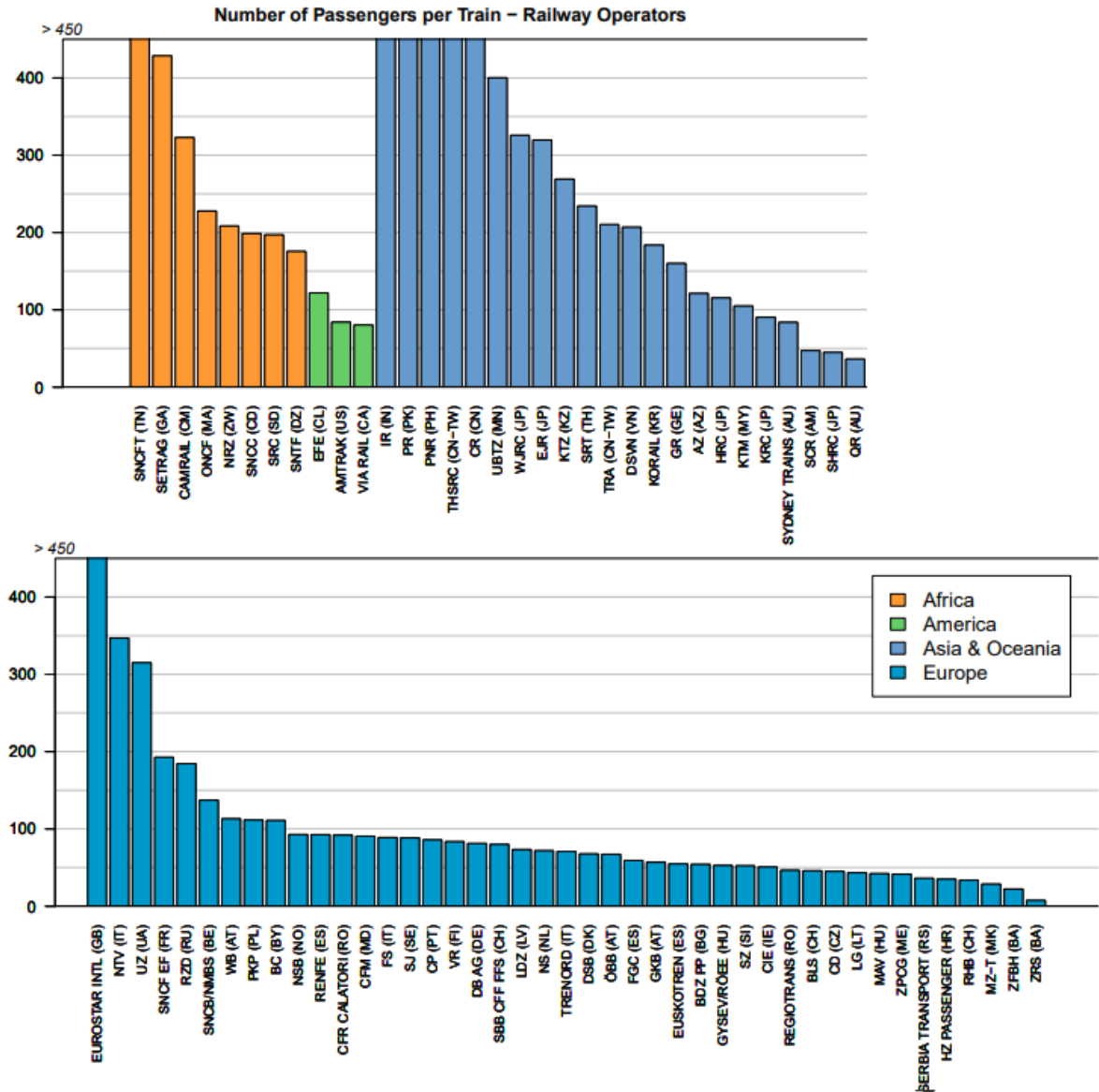
Σχήμα 4.7: Μεταβολή του μήκους των γραμμών για την περιοχή της Αφρικής, της Ασίας και Ωκεανίας, της Ευρώπης (μαζί με την Τουρκία), της Αμερικής καθώς και της Ρωσίας για τα έτη 2004-2021.

Στην Εικόνα 4.1 παρουσιάζονται τρεις χάρτες που μας δίνουν στοιχεία με την εμπορευματική και την επιβατική καθώς και το μήκος του σιδηροδρομικού δικτύου σε παγκόσμια κλίμακα. Αυτό που παρατηρείται και εδώ είναι ότι στην Ευρώπη οι σιδηροδρομικές μεταφορές χρησιμοποιούνται κυρίως για την μεταφορά επιβατών ενώ στην Αμερική για την μεταφορά εμπορευμάτων.

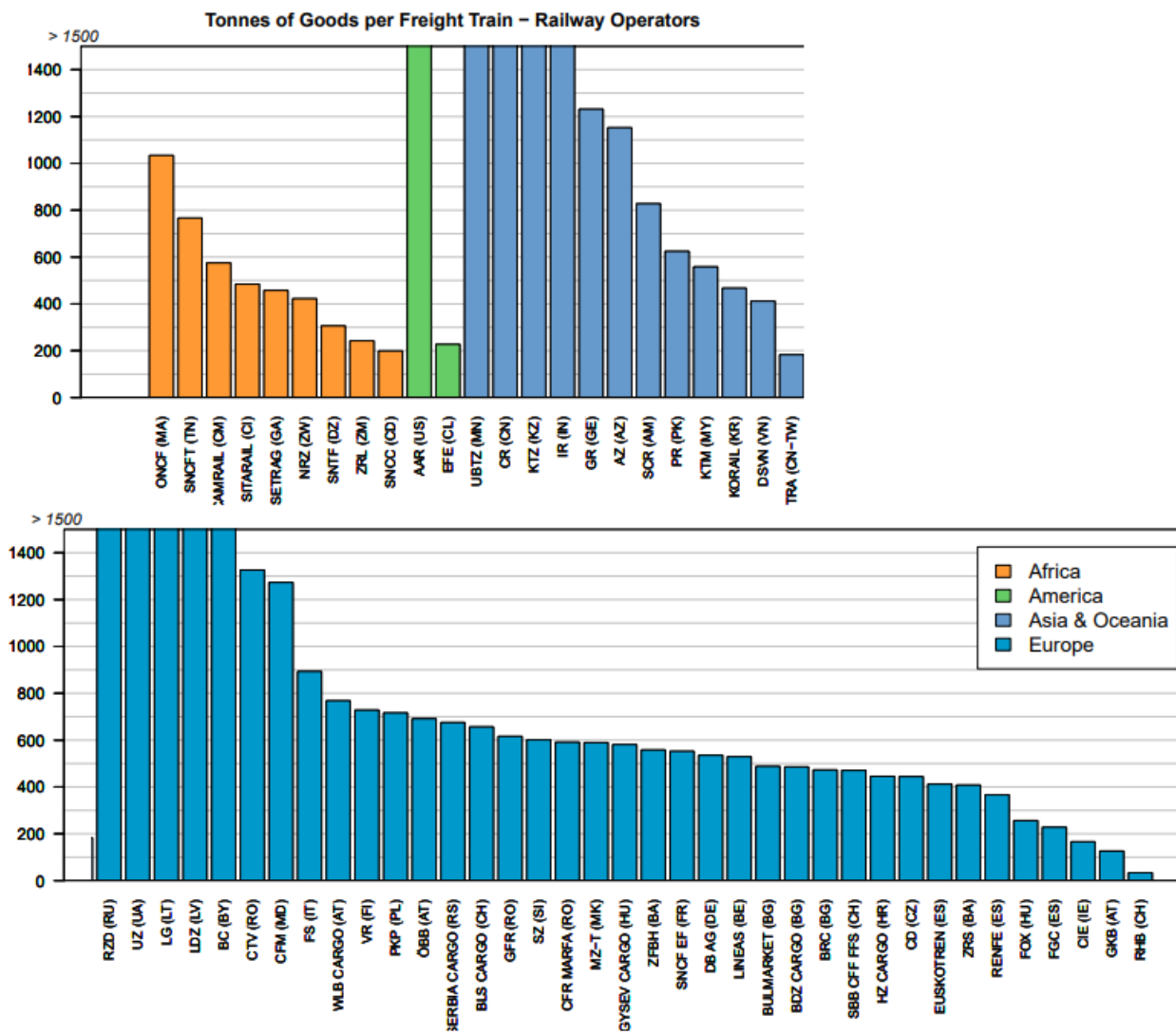


Εικόνα 4.1: α) Εμπορευματική κίνηση ανά εκατομμύριο ΑΕΠ, β) Επιβατική κίνηση ανά κάτοικο, γ) Μήκος γραμμών ανά 1000 τετραγωνικά χιλιόμετρα. [36]

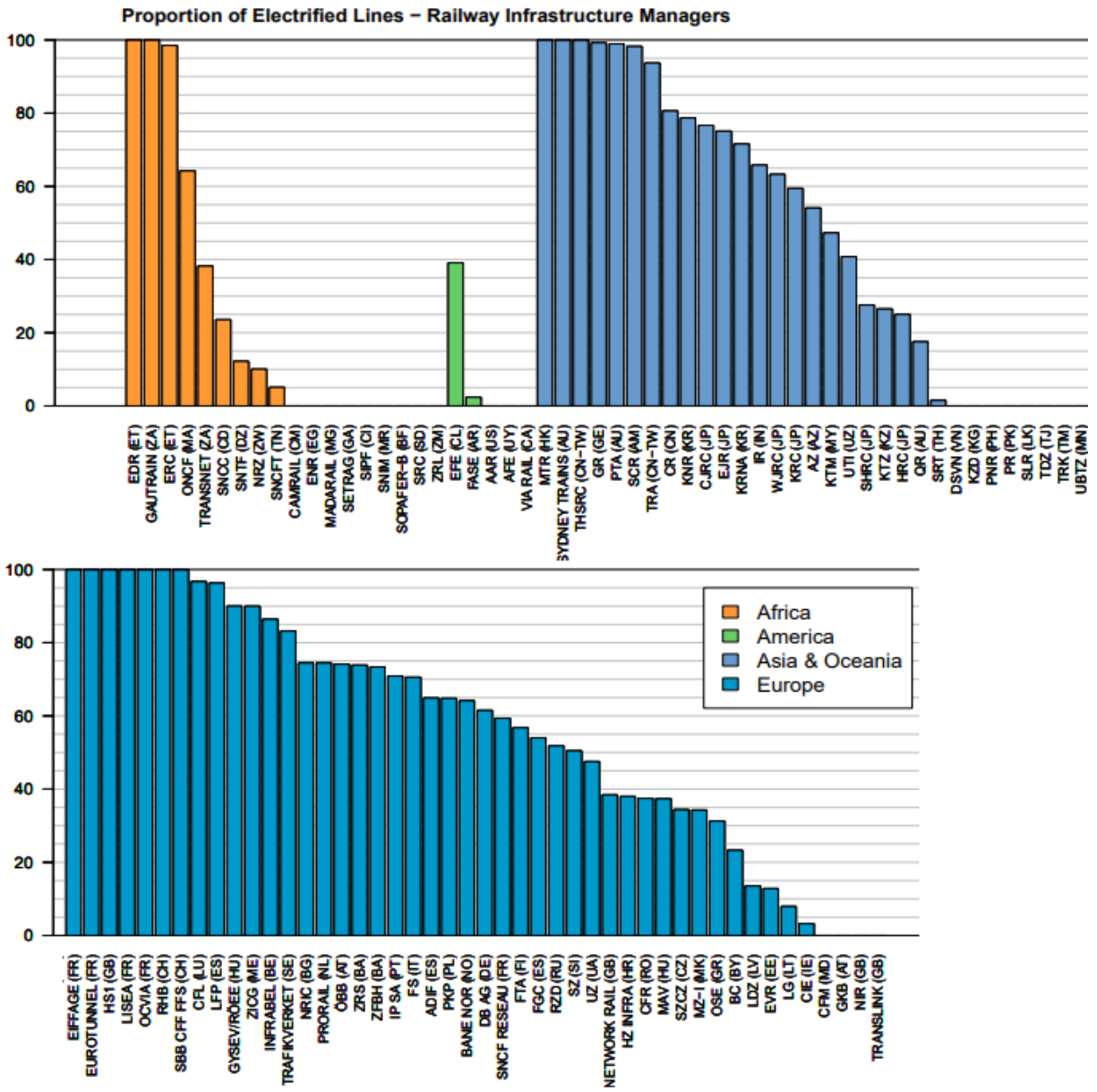
Στα Σχ. 4.8, 4.9, 4.10 φαίνονται πληροφορίες σχετικά με την επιβατική κίνηση, την μεταφορά εμπορευμάτων και το ποσοστό ηλεκτροκίνησης για τις μεγαλύτερες σιδηροδρομικές εταιρείες σε Αφρική, Ευρώπη, Ασία και Ωκεανία και στην Αμερική.



Σχήμα 4.8: Αριθμός επιβατών ανά διαχειριστή σιδηροδρόμου στην Αφρική, στην Αμερική, στην περιοχή Ασίας και Ωκεανίας και στην Ευρώπη. [36]



Σχήμα 4.9: Τόννοι εμπορευμάτων ανά διαχειριστή σιδηροδρόμου στην Αφρική, στην Αμερική, στην περιοχή Ασίας και Ωκεανίας και στην Ευρώπη. [36]



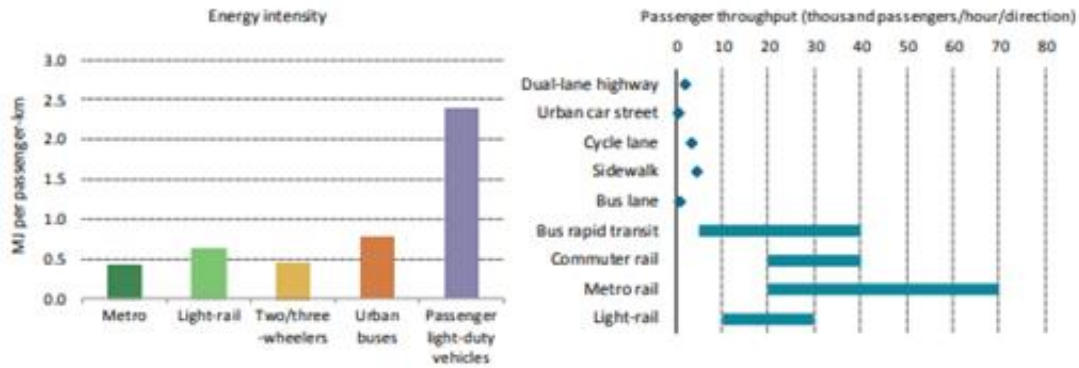
Σχήμα 4.10: Ποσοστό ηλεκτροκίνησης ανά διαχειριστή σιδηροδρόμου στην Αφρική, στην Αμερική, στην περιοχή Ασίας και Ωκεανίας και στην Ευρώπη. [36]

5 ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΩΝ

5.1 Συγκριτικά πλεονεκτήματα των σιδηροδρομικών μεταφορών σε σχέση με άλλους τρόπους μεταφοράς

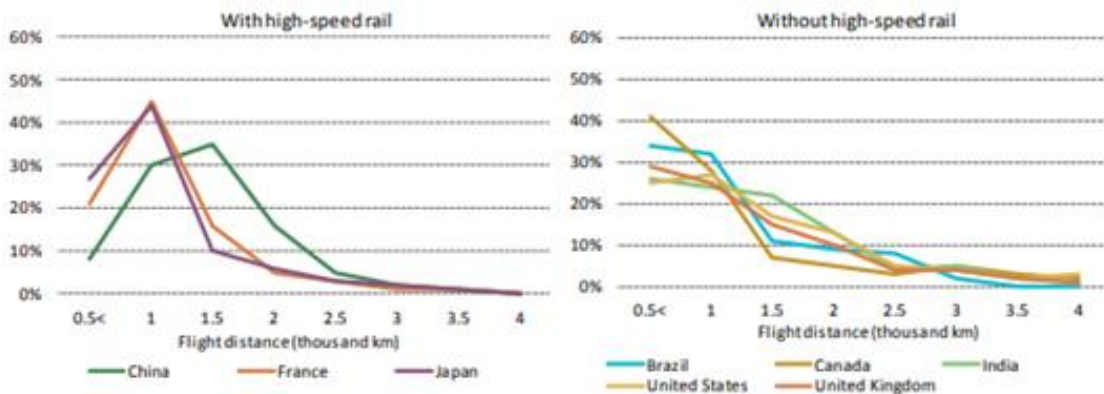
Οι σιδηροδρομικές μεταφορές αποτελούν σημαντικό μέρος της μεταφοράς επιβατών και εμπορευμάτων σήμερα, αλλά, δεν υπάρχει καμία εγγύηση ότι θα διατηρήσει αυτή τη θέση στο μέλλον. Όσον αφορά την μεταφορά επιβατών, οι σιδηροδρομικές μεταφορές αντιμετωπίζουν αυξανόμενη ζήτηση για ατομική, ευέλικτη και απρόσκοπτη μετακίνηση, άμεσα διαθέσιμη οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας και για κάθε πιθανό προορισμό. Τα αυτοκίνητα το προσφέρουν αυτό και με την εμφάνιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, ορισμένα από τα μειονεκτήματα των αυτοκινήτων όπως είναι για παράδειγμα η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ενδέχεται να μειωθούν σημαντικά στο μέλλον. Τα αεροπορικά ταξίδια είναι ένας άλλος σημαντικός ανταγωνιστής, και αποτελεί ένα πολύ γρήγορο μέσο μεταφοράς χωρίς να απαιτείται η κατασκευή πολύπλοκων δικτυακών υποδομών. Οι προκλήσεις για τις εμπορευματικές σιδηροδρομικές μεταφορές είναι επίσης μεγάλες. Οι κύριοι ανταγωνιστές είναι τα φορτηγά, τα οποία είναι αρκετά πιο ευέλικτα όσον αφορά τη διαδρομή που ακολουθούν ωστόσο παρουσιάζουν αυξημένες απαιτήσεις σε ενέργεια, εκπέμπουν περισσότερους ρύπους ενώ παράλληλα προκαλούν φθορές στους οδικούς άξονες.

Όσον αφορά τις μετακινήσεις μέσα στις πόλεις τα συστήματα σιδηροδρομικών μεταφορών υπερτερούν των οδικών μεταφορών από κάθε άποψη: αποδοτικότητα των μεταφορών, χαμηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις και λιγότερες εκπομπές. Ο αστικός σιδηρόδρομος έχει πολύ μεγάλη ικανότητα μεταφοράς μεγάλου όγκου επιβατών με σχετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Στο Σχ. 5.1 παρουσιάζεται αυτή ακριβώς η συμπεριφορά καθώς οι σιδηροδρομικές μεταφορές έχουν την μικρότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με άλλους τρόπους μεταφοράς ενώ παράλληλα εξυπηρετούν τους περισσότερους επιβάτες ανά ώρα. Όπου εξαρτώνται από την ηλεκτρική ενέργεια ως καύσιμο, οι αστικοί σιδηρόδρομοι δεν προκαλούν εκπομπές αερίων θερμοκηπίου επομένως δεν έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία. Ο αστικός σιδηρόδρομος μπορεί επίσης να συμβάλει στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και στη μείωση της θνησιμότητας από ατυχήματα. Επίσης μπορεί να αποτελέσει και έναν σημαντικό παράγοντα στην ανακούφιση του κυκλοφοριακού προβλήματος που εμφανίζεται στις μεγάλες πόλεις.



Σχήμα 5.1: Κατανάλωση ενέργειας ανά μεταφορικό μέσο και αριθμός εξυπηρέτησης επιβατών ανά τρόπο μεταφοράς. [35]

Η επιλογή των σιδηροδρομικών μεταφορών για ταξίδια μεγάλων αποστάσεων σε σχέση με τα αεροπλάνα (κυρίως για πτήσεις μικρής απόστασης) και τα αυτοκίνητα είναι γενικά πιο ενεργειακά αποδοτική και μπορεί να αποφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη. Ο σιδηρόδρομος υψηλής ταχύτητας προσφέρει τη μόνη εναλλακτική λύση χαμηλών εκπομπών άνθρακα έναντι της χρήσης αεροπλάνου, έναν τομέα που είναι ένας από τους πιο δύσκολους για την μείωση των εκπομπών άνθρακα για τη μεταφορά μεγάλου αριθμού επιβατών σε αποστάσεις έως και 1000 περίπου χιλιομέτρων (Σχ. 5.2). Αυτό αποδεικνύεται και από το γεγονός ότι οι χώρες με υπάρχουσες σιδηροδρομικές γραμμές υψηλής ταχύτητας τείνουν να έχουν αναλογικά λιγότερες πτήσεις μικρών αποστάσεων από τις χώρες χωρίς σιδηροδρομικές γραμμές υψηλής ταχύτητας.



Σχήμα 5.2: Ποσοστό πτήσεων για διάφορες αποστάσεις για επιλεγμένες χώρες αναχώρησης οι οποίες έχουν ανεπτυγμένο δίκτυο σιδηροδρόμων υψηλών ταχυτήτων και για χώρες που δεν έχουν. [35]

Η αυξημένη απόδοση και οι λιγότερες εκπομπές είναι επίσης τα κύρια οφέλη για την εκτέλεση των εμπορευματικών μεταφορών με τη χρήση του τρένου σε σχέση με τις οδικές. Αυτό προκύπτει από τη λιγότερη ενέργεια ανά τονοχιλιόμετρο που απαιτείται για τη μεταφορά εμπορευμάτων στις σιδηροδρομικές γραμμές. Οι σιδηρόδρομοι αποτελούν εναλλακτική λύση στα φορτηγά, επίσης ένας από τους τομείς που είναι πιο δύσκολο να απαλλαγεί από τις εκπομπές άνθρακα για τη μεταφορά μεγάλων όγκων εμπορευμάτων σε μεγάλες αποστάσεις. Επίσης, οι σιδηροδρομικές μεταφορές έχουν περίπου τις ίδιες ενεργειακές απαιτήσεις ανά τονοχιλιόμετρο σε σχέση με τις θαλάσσιες μεταφορές ωστόσο στις σιδηροδρομικές μεταφορές μπορεί πιο εύκολα να χρησιμοποιηθεί ένα ποικίλο μείγμα καυσίμων. Εκτός από την ενεργειακή απόδοση και τα περιβαλλοντικά οφέλη, η στροφή από τις οδικές μεταφορές προς τις σιδηροδρομικές μεταφορές μπορεί να έχει θετικές επιπτώσεις στην αντιμετώπιση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, ιδιαίτερα αυτή που προκύπτει από την κυκλοφορία των φορτηγών.

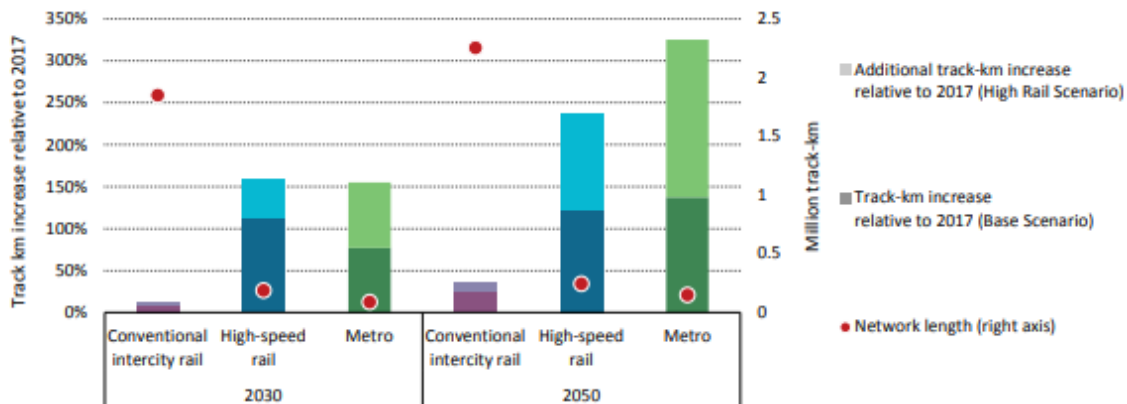
5.2 Σενάρια για τα οφέλη των σιδηροδρόμων στο μέλλον και στην κοινωνία

Τα οφέλη από τον σιδηρόδρομο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον ρυθμό ανάπτυξής του. Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (IEA) εξετάζει δύο σενάρια: α) το βασικό (basic) και β) το αισιόδοξο (high rail) [35].

Το βασικό σενάριο μοντελοποιεί τον τρόπο με τον οποίο οι σιδηροδρομικές μεταφορές θα μπορούσαν να αντιμετωπίσουν τον ανταγωνισμό με βάση τις υπάρχουσες πολιτικές και αυτές που έχουν ανακοινωθεί από τον Δεκέμβριο του 2018. Πιο συγκεκριμένα λαμβάνει υπόψη όλες τις πολιτικές που έχουν υιοθετηθεί σε άλλους ενεργειακούς τομείς, συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας, της βιομηχανίας και των κατασκευών καθώς και τις Εθνικά Καθορισμένες Συνεισφορές (NDCs) βάσει της Συμφωνίας του Παρισιού. Είναι σημαντικό, ενώ αυτές οι ενέργειες απαιτούν ουσιαστικές αλλαγές στις επενδύσεις και στα πρότυπα χρήσης ενέργειας, αποδεικνύονται ανεπαρκείς για τον περιορισμό της αναμενόμενης θέρμανσης στους 2°C μέχρι το τέλος του αιώνα. Για τις μεταφορές, οι πολιτικές που λαμβάνονται υπόψη περιλαμβάνουν την αύξηση των προτύπων οικονομίας καυσίμου των οδικών οχημάτων, τους στόχους του Διεθνούς Οργανισμού Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO) για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των αεροπορικών εταιρειών κατά 2% ετησίως και τον Δείκτη Ενεργειακής Σχεδίασης του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) ο οποίος επιβάλλει ετήσια μέση βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του ναυτιλιακού στόλου κατά 1% μεταξύ 2015 και 2025. Για τους σιδηροδρόμους, το σενάριο λαμβάνει υπόψη όλες τις πρόσφατες τάσεις και όλες τις δηλωμένες προθέσεις πολιτικής που θα μπορούσαν να διαμορφώσουν τη μελλοντική ανάπτυξη στις σιδηροδρομικές μεταφορές.

Στο αισιόδοξο σενάριο διερευνάται ο βαθμός στον οποίο ο σιδηρόδρομος μπορεί να αντικαταστήσει λιγότερο αποτελεσματικούς τρόπους μεταφοράς, όπως αυτοκίνητα, δίκτροχα/τρίτροχα, αερομεταφορές και φορτηγά. Σε σύγκριση με το βασικό σενάριο, οι πολιτικές για την προώθηση των σιδηροδρόμων μειώνουν και μετατοπίζουν 11,5 τρισεκατομμύρια επιβατικά χιλιόμετρα από αεροπλάνα, αυτοκίνητα και δίκτροχα και 7,4 τρισεκατομμύρια τονοχιλιόμετρα από φορτηγά το 2050. Παρά την περιορισμένη αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (620 TWh υψηλότερη από ότι στο βασικό σενάριο για το 2050), η συνολική ζήτηση ενέργειας στις μεταφορές είναι πολύ μειωμένη (κατά 15%) για το 2050. Περίπου το 90% αυτής της καθαρής μείωσης οφείλεται στη χρήση πετρελαίου, που είναι 10 εκατομμύρια βαρέλια ημερησίως χαμηλότερη σε σχέση με βασικό σενάριο για το έτος 2050.

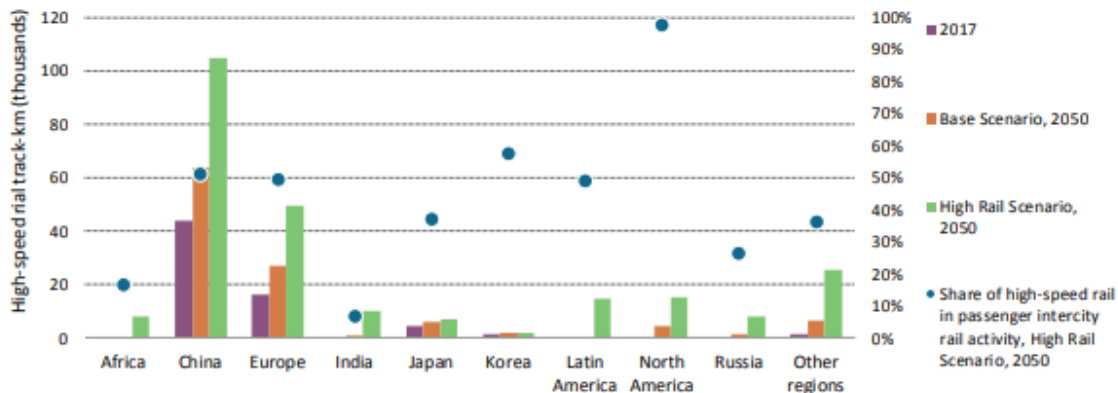
Στο αισιόδοξο σενάριο, το συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού δικτύου φτάνει τα 2,65 εκατομμύρια χιλιόμετρα έως το 2050, δηλαδή 0,4 εκατομμύρια περισσότερο σε σχέση με το βασικό σενάριο. Αυτή η διαφορά οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στη σημαντική πρόσθετη επένδυση που υποτίθεται ότι θα πραγματοποιηθεί σε μετρό και σιδηροδρομικά δίκτυα υψηλής ταχύτητας και σε σημαντική αύξηση ανάπτυξη του συμβατικού σιδηροδρομικού δικτύου (Σχ. 5.3). Το μετρό και τα σιδηροδρομικά δίκτυα υψηλής ταχύτητας επεκτείνονται ταχύτερα από τα συμβατικά σιδηροδρομικά δίκτυα. Σε σχέση με το 2017, το μήκος του παγκόσμιου σιδηροδρομικού δικτύου υψηλής ταχύτητας υπερτριπλασιάζεται έως το 2050 στο αισιόδοξο σενάριο, ενώ το μήκος του δικτύου του μετρό υπερτετραπλασιάζεται. Τα επιβατικά χιλιόμετρα πενταπλασιάζονται στα μετρό και υπερτετραπλασιάζονται στους σιδηροδρόμους υψηλής ταχύτητας κατά την περίοδο αυτή. Η πρόσθετη αυτή επένδυση στην Ασία σε μετρό και σιδηροδρομικές μεταφορές υψηλής ταχύτητας (όπου η χωρητικότητα των τρένων είναι μεγαλύτερη) συμβάλλει στη συνολική αύξηση των ποσοστών χρήσης των σιδηροδρόμων υψηλής ταχύτητας σε παγκόσμιο επίπεδο.



Σχήμα 5.3: Ανάπτυξη του σιδηροδρομικού δικτύου στο βασικό και στο αισιόδοξο σενάριο σε σχέση με το 2017. [35]

Το σιδηροδρομικό δίκτυο του μετρό αυξάνει το μήκος του κατά 325% μεταξύ 2017 και 2050, για να φτάσει τα 150000 χιλιόμετρα. Σε απόλυτες τιμές η Κίνα είναι αυτή με τη μεγαλύτερη ανάπτυξη δικτύου με την προσθήκη επιπλέον 43000 χιλιομέτρων μεταξύ 2017 και 2050. Επίσης, η Ινδία είναι ένα κράτος το οποίο παρουσιάζει το μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης με την προσθήκη επιπλέον 13000 χιλιομέτρων γραμμής για την ίδια χρονική περίοδο [35]. Μέχρι το 2050 τα 2/3 του παγκόσμιου σιδηροδρομικού δικτύου του μετρό αναμένονται να βρίσκονται στην Ασία. Άλλες περιοχές όπου το μήκος των γραμμών του μετρό είναι σχετικά χαμηλό, όπως η Αφρική, η Νότια Αμερική, η Βόρεια Αμερική και η Ρωσία, υπερτριπλασιάζουν ή τετραπλασιάζουν το δίκτυο του μετρό τους στο ίδιο χρονικό πλαίσιο. Η Ευρώπη και η Ιαπωνία, που έχουν ήδη μεγάλη κάλυψη δικτύου μετρό στις μεγάλες πόλεις τους, προσθέτουν σχεδόν 8000 χιλιόμετρα και 1700 χιλιόμετρα σιδηροδρομικών γραμμών, αντίστοιχα, αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο την ημερήσια επιβατική κίνηση σε σχέση με το 2017 [35]. Σε όλες τις περιοχές που εξετάζονται έχει θεωρηθεί ότι ο ρυθμός αύξησης της δραστηριότητας των τρένων είναι ταχύτερος από τον ρυθμό κατασκευής της γραμμής.

Οι ασιατικές χώρες (κυρίως η Κίνα) και η Ευρώπη παραμένουν οι περιοχές με το μεγαλύτερο δίκτυο σιδηροδρόμων υψηλής ταχύτητας μέχρι το 2050, αντιπροσωπεύοντας από κοινού σχεδόν το 60% της παγκόσμιας ανάπτυξης σιδηροδρομικών γραμμών υψηλής ταχύτητας στο αισιόδοξο (Σχ 5.4) Η πρόσθετη κατασκευή σιδηροδρομικών γραμμών υψηλής ταχύτητας υπερβαίνει κατά πολύ αυτό που έχει θεωρηθεί στο βασικό σενάριο, το οποίο λαμβάνει υπόψη μόνο τα προγραμματισμένα και υπό κατασκευή έργα. Στο αισιόδοξο σενάριο, το δίκτυο θα χρησιμοποιείται επίσης πιο εντατικά, ο ρυθμός αύξησης της δραστηριότητας των σιδηροδρόμων υψηλής ταχύτητας θα υπερβαίνει τον ρυθμό ανάπτυξης του δικτύου λόγω της ανάπτυξης των ψηφιακών τεχνολογιών.

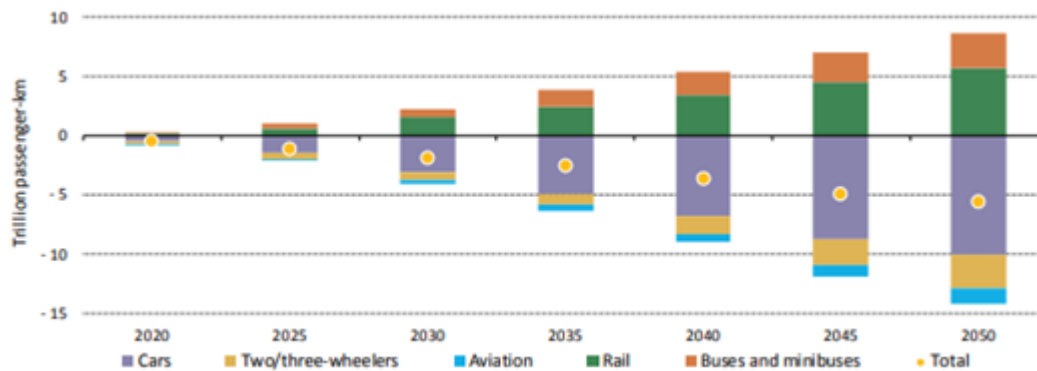


Σχήμα 5.4: Κατασκευή δικτύου σιδηροδρομικών γραμμών υψηλής ταχύτητας ανά χώρα στο βασικό και στο αισιόδοξο σενάριο ανάμεσα στα έτη 2017 και 2050. [35]

5.3 Ανάπτυξη σιδηροδρομικού δικτύου σύμφωνα με το αισιόδοξο σενάριο

5.3.1 Επιρροές στην επιβατική και εμπορευματική κίνηση

Η δραστηριότητα των επιβατικών σιδηροδρόμων αυξάνεται στο αισιόδοξο σενάριο σε 15 τρισεκατομμύρια επιβατοχιλιόμετρα το 2050, υπερβαίνοντας κατά περίπου 6 τρισεκατομμύρια επιβατοχιλιόμετρα το επίπεδο του βασικού σεναρίου (Σχ. 5.5). Η επιλογή του σιδηροδρομικών μετακινήσεων σε σχέση με άλλους τρόπους μετακίνησης είναι μεγαλύτερη στις αστικές μεταφορές ιδιαίτερα των πιο πυκνοκατοικημένων πόλεων όπου το κυκλοφοριακό αποτελεί ένα τεράστιο πρόβλημα. Ένας άλλος τομέας στον οποίο η σιδηροδρομική δραστηριότητα αυξάνεται σημαντικά είναι ο σιδηρόδρομος υψηλής ταχύτητας, ο οποίος ανταγωνίζεται τις πτήσεις μικρών αποστάσεων στο αισιόδοξο σενάριο.

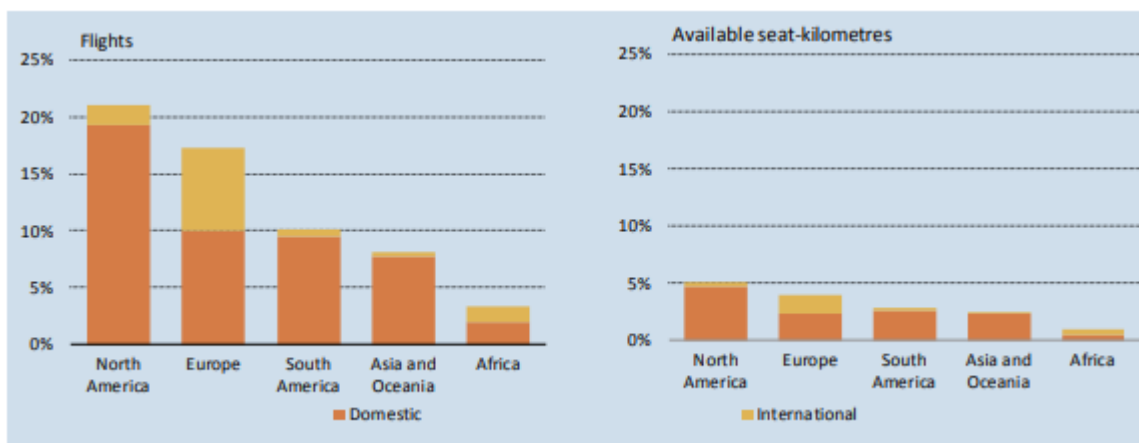


Σχήμα 5.5: Αλλαγή στην επιβατική κίνηση στο αισιόδοξο σενάριο σε σχέση με το βασικό. [35]

Το μερίδιο των σιδηροδρόμων στις αστικές επιβατικές μεταφορές αυξάνεται από σχεδόν 2% το 2017 σε 3% το 2025 στο αισιόδοξο σενάριο. Έως το 2050, το μερίδιο των σιδηροδρόμων στο σύνολο των αστικών επιβατικών χιλιομέτρων υπερβαίνει το 6%, τριπλάσιο από το ποσοστό στο βασικό σενάριο. Εν τω μεταξύ, η συνολική δραστηριότητα των αστικών μεταφορών αυξάνεται από 26 τρισεκατομμύρια επιβατικά χιλιόμετρα το 2017 σε 42 τρισεκατομμύρια επιβατικά χιλιόμετρα το 2050. Αυτές οι αλλαγές οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην έντονη αστικοποίηση στις αναδυόμενες οικονομίες. Καθώς η δραστηριότητα των αστικών σιδηροδρομικών μεταφορών αυξάνεται στο αισιόδοξο σενάριο, μέχρι το 2050 τα αυτοκίνητα αντιστοιχούν στο 37% των συνολικών αστικών επιβατικών χιλιομέτρων σε σύγκριση με το 47% στο βασικό σενάριο. Η Κίνα βιώνει την ισχυρότερη αύξηση της αστικής σιδηροδρομικής δραστηριότητας στο αισιόδοξο σενάριο, ακολουθούμενη από την Ινδία όπου η επιβατική κίνηση στα μετρό αυξάνεται ταχύτερα. Ωστόσο, το μερίδιο των σιδηροδρόμων της Κίνας και της Ινδίας σε όρους επιβατικών αστικών χιλιομέτρων (7%

και 4% αντίστοιχα) παραμένει κάτω από το επίπεδο της Ιαπωνίας (26%) και της Ευρώπης (10%). Το μερίδιο αγοράς αστικών σιδηροδρόμων στη Βόρεια Αμερική παραμένει χαμηλότερο από ότι αλλού (1%).

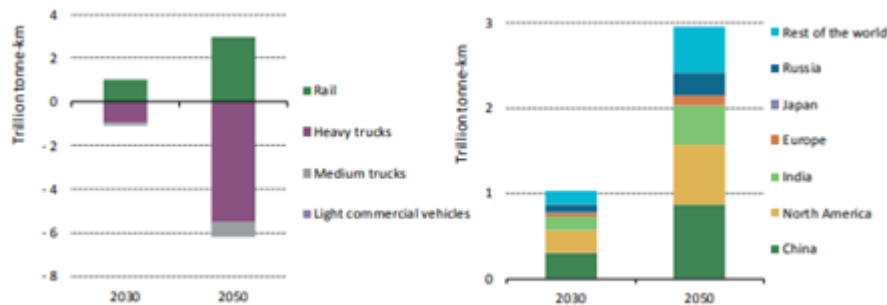
Στο αισιόδοξο σενάριο, η δραστηριότητα των συμβατικών σιδηροδρόμων και των σιδηροδρόμων υψηλής ταχύτητας υπερτριπλασιάζεται, από σχεδόν 4 τρισεκατομμύρια επιβατικά χιλιόμετρα το 2017 σε 12,4 τρισεκατομμύρια επιβατικά χιλιόμετρα το 2050 (σχεδόν 50% περισσότερο σε σχέση με το βασικό σενάριο). Αυτή η υψηλότερη δραστηριότητα εκτός των αστικών σιδηροδρομικών μεταφορών προκύπτει από τη μη χρήση άλλων μέσων μεταφοράς, τα οποία έχουν μεγαλύτερο περιβαλλοντικό και ενεργειακό αποτύπωμα όπως είναι για παράδειγμα τα αυτοκίνητα, τα λεωφορεία και τα αεροπλάνα. Στο αισιόδοξο σενάριο, ο συμβατικός σιδηρόδρομος αντιπροσωπεύει το 2050 τα δύο τρίτα του συνόλου των μη αστικών σιδηροδρόμων, από περίπου 80% σήμερα. Ο σιδηρόδρομος υψηλής ταχύτητας ανταγωνίζεται τις αεροπορικές μεταφορές για διαδρομές συγκεκριμένων αποστάσεων (Σχ. 4.1). Μέχρι το 2050, το 6% όλων των αεροπορικών επιβατικών χιλιομέτρων στο βασικό σενάριο θα μετατοπιστεί σε σιδηροδρομικές μεταφορές υψηλής ταχύτητας. Μέχρι το 2050, 4,1 τρισεκατομμύρια επιβατικά χιλιόμετρα μεταφέρονται με σιδηροδρομικές γραμμές υψηλής ταχύτητας, που αντιπροσωπεύουν το ένα τρίτο όλων των μη αστικών σιδηροδρομικών ταξιδιών. Αυτό το μερίδιο αγοράς είναι υψηλότερο από ότι στο βασικό σενάριο (όπου είναι περίπου το ένα τέταρτο). Η Κίνα θα αντιπροσωπεύει το ήμισυ της παγκόσμιας σιδηροδρομικής δραστηριότητας υψηλής ταχύτητας έως το 2050, ακολουθούμενη από την Ευρώπη (12%), την Ινδία (8%), την περιοχή της Ένωσης Εθνών της Νοτιοανατολικής Ασίας (ASEAN) (5%) και την Ιαπωνία (4%).



Σχήμα 5.6: Ποσοστό επιβατικής κίνησης που οι σιδηροδρομικές μεταφορές μπορούν να κερδίσουν από τις αερομεταφορές. [35]

Οι εμπορευματικές σιδηροδρομικές γραμμές στο αισιόδοξο σενάριο αυξάνονται κατά 3 τρισεκατομμύρια τονοχιλιόμετρα το 2050, σε σχέση με το βασικό σενάριο, παρά τη μείωση κατά 5% της εμπορευματικής δραστηριότητας συνολικά,

λόγω των διαρθρωτικών αλλαγών στην αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτή η αλλαγή, που επήλθε από τις πολιτικές τιμολόγησης, τις επενδύσεις σε τερματικούς σταθμούς μεταφορών και την καλύτερη ενσωμάτωση των σιδηροδρόμων στις αλυσίδες εφοδιασμού, συμβαίνει κυρίως μέσω της μετατόπισης από τις οδικές εμπορευματικές μεταφορές βαρέως τύπου στις σιδηροδρομικές μεταφορές. Η αυξημένη σιδηροδρομική χωρητικότητα επιτρέπει στους σιδηροδρόμους να διατηρήσουν το μερίδιο αγοράς τους στις μεταφορές καθώς και να διευρύνουν το φάσμα των μεταφερόμενων εμπορευμάτων. Στο ίδιο σενάριο, η συνεισφορά των σιδηροδρομικών εμπορευματικών μεταφορών στις συνολικές εμπορευματικές μεταφορές (εξαιρουμένων της ναυτιλίας) παραμένει σταθερή σε περίπου 27% το 2050, ενώ στο βασικό σενάριο αυτό το μερίδιο μειώνεται από 28% το 2017 σε 23% το 2050. Στο Σχ. 5.8 παρουσιάζεται η μεταβολή της εμπορευματικής κίνησης ανά μέσο μεταφοράς και η μεταβολή της εμπορευματικής κίνησης που εκτελείται από το σιδηροδρομικό δίκτυο για διάφορες περιοχές για τα έτη 2030 και 2050.

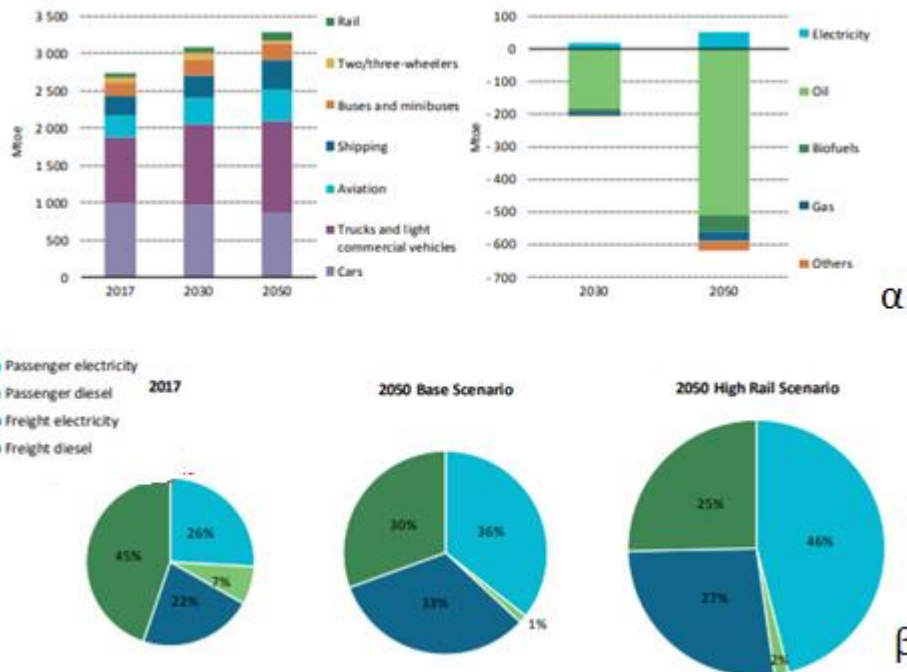


Σχήμα 5.7: Μεταβολή της εμπορευματικής κίνησης ανά μέσο μεταφοράς για τα έτη 2030 και 2050 και μεταβολή της εμπορευματικής κίνησης που εκτελείται από το σιδηροδρομικό δίκτυο για τα ίδια έτη. [35]

5.3.2 Απαιτήσεις σε ενέργεια

Η συνολική ζήτηση ενέργειας στις μεταφορές στο αισιόδοξο σενάριο φτάνει τους 3100 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (Mtoe) το 2030 και τους 3300 Mtoe το 2050 Σχ. 5.9. Σε σύγκριση με το βασικό σενάριο, πρόκειται για μείωση της ζήτησης ενέργειας κατά 565 Mtoe έως το 2050, εκ των οποίων τα 510 Mtoe (περίπου 10 εκατομμύρια βαρέλια την ημέρα [mb/d]) είναι πετρέλαιο. Το αισιόδοξο σενάριο δεν λαμβάνει υπόψη τις αλλαγές στα μερίδια αγοράς διαφορετικών τεχνολογιών κινητήρων, σε σύγκριση με το βασικό σενάριο, υποθέτοντας τις ίδιες ενεργειακές απαιτήσεις για κάθε τεχνολογία κινητήρων. Ως εκ τούτου, οι διαφορές στη ζήτηση ενέργειας μπορούν να αποδοθούν μόνο στην επιλογή μετακίνησης με λιγότερο ενεργοβόρα μέσα μεταφοράς. Η συνολική ζήτηση ενέργειας για τον σιδηροδρομικό τομέα το 2050 είναι περίπου 125 Mtoe στο ίδιο σενάριο, 42% περισσότερο από ότι στο βασικό σενάριο. Παρά την αύξηση της δραστηριότητας, οι σιδηροδρομικές μεταφορές αντιπροσωπεύουν μόνο το 4% της συνολικής ζήτησης ενέργειας στις μεταφορές το

2050. Το μερίδιο της ηλεκτρικής ενέργειας στον σιδηροδρομικό τομέα αυξάνεται από 47% το 2017 σε 73% το 2050 στο αισιόδοξο σενάριο. Συνολικά, η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των σιδηροδρόμων στο αισιόδοξο σενάριο σχεδόν τετραπλασιάζεται, σε περίπου 1060 TWh ετησίως (91 Mtoe) έως το 2050, ενώ η κατανάλωση ντίζελ αυξάνεται κατά 19% σε 0,7 mb/d (34 Mtoe ετησίως). Μέχρι το 2050, η Κίνα και η Ινδία προβλέπεται να έχουν τη μεγαλύτερη αύξηση στη κατανάλωση ενέργειας για τις σιδηροδρομικές μεταφορές σύμφωνα με αυτό το σενάριο σε σχέση με το βασικό. Αυξημένες απαιτήσεις ενέργειας κυρίως όμως για εμπορευματικές μεταφορές μέσω σιδηροδρόμου παρουσιάζει και η Βόρεια Αμερική.



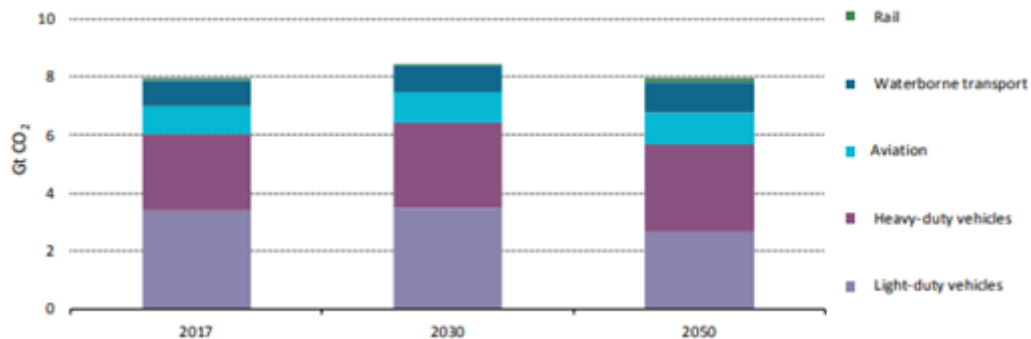
Σχήμα 5.8: α) Ενεργειακές ανάγκες για κάθε τρόπο μεταφοράς στο αισιόδοξο σενάριο και η αλλαγή στις ενεργειακές απαιτήσεις στο για τα έτη 2017, 2030, 2050, β) Ενεργειακές απαιτήσεις στους σιδηροδρόμους ανά κατηγορία καυσίμου για τα έτη 2017-2050. [35]

5.3.3 Εκπομπές ρύπων

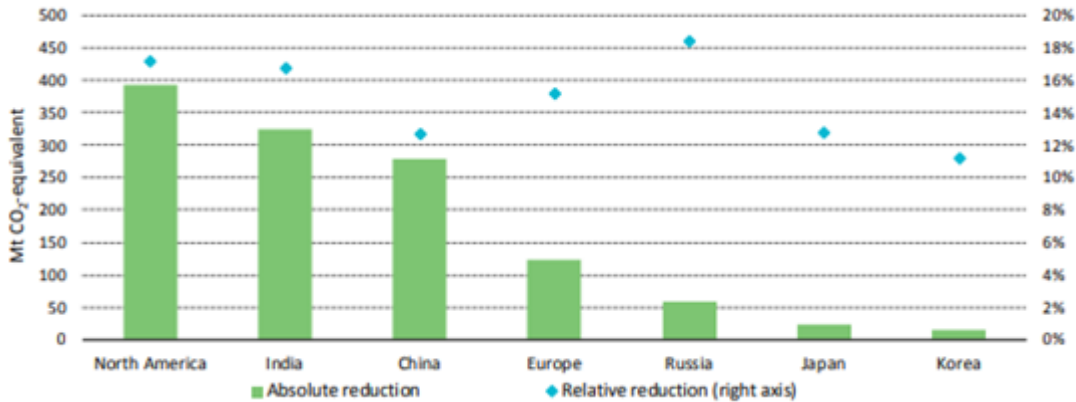
Στο αισιόδοξο σενάριο οι εκπομπές CO₂ κορυφώνονται μεταξύ 2035 και 2040, μετά το οποίο αρχίζουν να μειώνονται Σχ. 5.10. Το μεγαλύτερο μέρος της εξοικονόμησης σε άμεσες εκπομπές CO₂ που παρατηρήθηκαν σε αυτό το σενάριο σε σύγκριση με το βασικό σενάριο, προκύπτουν από τις χαμηλότερες εκπομπές από τα αυτοκίνητα και βαρέα οχήματα ως αποτέλεσμα της μειωμένης χρήσης τους. Οι άμεσες εκπομπές όσον αφορά τις σιδηροδρομικές μεταφορές είναι περίπου σταθερές μεταξύ 2017 και 2050, παρά τη μεγαλύτερη δραστηριότητα στους σιδηροδρόμους, καθώς είναι ένας τομέας ο οποίος χρησιμοποιεί σε μεγάλο βαθμό ηλεκτρική ενέργεια.

Η μεγαλύτερη υιοθέτηση των σιδηροδρομικών μεταφορών οδηγούν σε μείωση των ετήσιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με τις μεταφορές κατά 2,1 Gt CO_{2eq} ετησίως, μείωση 17% σε σχέση με το βασικό σενάριο. Αυτό επιτυγχάνεται λόγω των μικρότερων ενεργειακών απαιτήσεων των σιδηροδρόμων σε σχέση με άλλους τρόπους μεταφοράς. Στις επιβατικές μεταφορές, οι μειώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου επιτυγχάνονται με τη μείωση και τη μετατόπιση της δραστηριότητας από τα αυτοκίνητα, τα δίκυκλα/ τρίτροχα και από την αεροπορία σε αστικές, συμβατικές και σιδηροδρομικές γραμμές υψηλής ταχύτητας. Η μετατόπιση 11,2 τρισεκατομμυρίων επιβατικών χιλιομέτρων από τις οδικές μεταφορές και τις αερομεταφορές έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση περίπου 1 Gt CO_{2eq} GHG (Green House Gases).

Οι μειώσεις των εκπομπών GHG που επιτυγχάνονται στο αισιόδοξο σενάριο, σε σχέση με το βασικό σενάριο, είναι αρκετά ομοιόμορφα κατανομημένες μεταξύ των χωρών (Σχ. 5.11). Έως το 2050, η στροφή προς τις σιδηροδρομικές και άλλες δημόσιες συγκοινωνίες επιτρέπουν στις περισσότερες χώρες να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τις μεταφορές κατά 13-18%, σε σύγκριση με το βασικό σενάριο. Εκτός από τη μείωση των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα των μεταφορών, η εφαρμογή του αισιόδοξου σεναρίου συνεισφέρει στην επίτευξη καλύτερης ποιότητας αέρα, ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές. Έως το 2050, η στροφή προς τους σιδηροδρόμους στο αισιόδοξο σενάριο καθιστά δυνατή την αποφυγή επιπλέον 220 χιλιάδων τόνων εκπομπών σωματιδίων PM_{2,5} από τις μεταφορές σε σύγκριση με το βασικό σενάριο.



Σχήμα 5.9: Άμεσες εκπομπές CO₂ από την κατανάλωση καυσίμου σύμφωνα με το αισιόδοξο σενάριο για τα έτη 2017 έως 2050. [35]



Σχήμα 5.10: Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανά περιοχή με την μεγαλύτερη ανάπτυξη των σιδηροδρομικών μεταφορών σύμφωνα με το αισιόδοξο σενάριο και σύγκριση με το βασικό. [35]

5.4 Επενδύσεις που απαιτούνται για το αισιόδοξο σενάριο

Στο αισιόδοξο, η διαχείριση της ζήτησης των ταξιδιών και τα μέτρα για την προώθηση της αλλαγής του τρόπου με τον οποίο πραγματοποιούνται οι μεταφορές οδηγούν σε αλλαγές τόσο στις επενδυτικές όσο και στις καταναλωτικές δαπάνες. Με τη μείωση της χρήσης των επιβατικών οχημάτων και την παράλληλη αύξηση της χρήσης τρένων και λεωφορείων, απαιτούνται μεγαλύτερες δημόσιες και ιδιωτικές επενδύσεις σε αυτούς τους τομείς. Σε αυτό το σενάριο, η μεγαλύτερη χρήση της δημόσιας συγκοινωνίας όπως επίσης η χρήση του ποδηλάτου αλλά και το περπάτημα επιτρέπει στους ανθρώπους να μειώσουν την εξάρτηση από τα οχήματα και τις σχετικές τους δαπάνες όπως π.χ. καύσιμα. Αυτή η εξοικονόμηση ωστόσο αντισταθμίζεται εν μέρει από τις αυξημένες δαπάνες για λεωφορεία και τρένα. Οι μέσες ετήσιες δαπάνες παγκοσμίως για υποδομές οδικών μεταφορών είναι χαμηλότερες στο αισιόδοξο σενάριο σε σχέση με το βασικό κατά περίπου 300 δισεκατομμύρια δολάρια [35]. Η ετήσια εξοικονόμηση από τις μειωμένες δαπάνες για οχήματα (κυρίως οδικά οχήματα, αν και περιλαμβάνονται και τρένα, αεροπλάνα και πλοία) είναι ακόμη μεγαλύτερες σε απόλυτες τιμές (περίπου 670 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ, σε σύγκριση με το βασικό σενάριο). Οι παγκόσμιες μέσες ετήσιες δαπάνες για τρένα και σιδηροδρομικές υποδομές είναι υψηλότερες στο αισιόδοξο σενάριο σε σχέση με το βασικό κατά 290 δισεκατομμύρια δολάρια [35]. Σχεδόν όλες οι πρόσθετες επενδύσεις κατευθύνονται σε αστικές σιδηροδρομικές υποδομές (σχεδόν 190 δισεκατομμύρια δολάρια) και σιδηροδρομικές υποδομές υψηλής ταχύτητας (70 δισεκατομμύρια δολάρια). Σε αυτό το κόστος υπάρχει και το πρόσθετο κόστος των ίδιων των τρένων ωστόσο θεωρείται είναι μικρό σε σύγκριση με τα άλλα κόστη σε αυτό το σενάριο.

5.5 Πολιτικές για την υιοθέτηση του σιδηροδρόμου

Οι πυλώνες στους οποίους βασίζεται το αισιόδοξο σενάριο είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους των παρεχόμενων υπηρεσιών, η μεγιστοποίηση των εσόδων και η διασφάλιση ανταγωνιστικών και παράλληλα περιβαλλοντικών φιλικών μεταφορών [35]. Ωστόσο για να επιτευχθούν τα παραπάνω είναι αναγκαίες οι πολιτικές δράσεις. Τα πράσινα ομόλογα είναι ένα χρηματοοικονομικό μέσο που μπορεί να διευκολύνει τη διαθεσιμότητα χρηματοδότησης. Η απελευθέρωση της αγοράς μπορεί να βελτιώσει την οικονομική ανταγωνιστικότητα των σιδηροδρόμων αυξάνοντας τη χρήση του δικτύου. Ωστόσο, στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού και της κατασκευής ενός σιδηροδρομικού δικτύου, η ανάπτυξη κάτω από έναν κυρίαρχο φορέα εκμετάλλευσης είναι προτιμότερη για την καλύτερη οργάνωση των εργασιών [35].

Η αύξηση του μεριδίου των αστικών σιδηροδρόμων στις μεταφορές με βάση το αισιόδοξο σενάριο απαιτεί μεγάλη πολιτική δράση καθώς απαιτούνται μεγάλες και μακροχρόνιες επενδύσεις στην ανάπτυξη του σιδηροδρομικού δικτύου. Η χρηματοδότηση για την ανάπτυξη ενός αστικού σιδηροδρομικού δικτύου δεν χρειάζεται να βασίζεται μόνο στη φορολογία και τις επιδοτήσεις καθώς υπάρχουν πρόσθετες πιθανές πηγές εσόδων. Για παράδειγμα η εταιρεία Mass Transit Railway (MTR) στο Χονγκ Κονγκ υπογράφει συμβόλαια με επιχειρήσεις που λειτουργούν κατά μήκος της σιδηροδρομικής διαδρομής και αποζημιώνουν την εταιρεία μέσω μερικής ιδιοκτησίας, πληρώνοντας ένα μέρος των κερδών που παράγονται από αυτές τις επιχειρήσεις. Αυτή η προσέγγιση, βοήθησε την MTR να έχει το 60% των συνολικών εσόδων από πηγές άσχετες με τις σιδηροδρομικές μεταφορές. Η Japan Rail-East έχει επίσης υιοθετήσει παρόμοια πολιτική και περίπου το 30% των εσόδων της προέρχεται από πηγές οι οποίες δεν έχουν κάποια σχέση με τις σιδηροδρομικές μεταφορές.

Όπως και με τον αστικό σιδηρόδρομο, η ανάπτυξη συμβατικών και σιδηροδρομικών έργων υψηλής ταχύτητας συνεπάγεται υψηλό επενδυτικό κόστος και μεγάλους χρόνους παράδοσης, τόσο σε υποδομές όσο και στην πιθανή ανανέωση του στόλου, επομένως απαιτούνται προοπτικές υψηλής απόδοσης. Μια άλλη πρόκληση, ειδικά στην περίπτωση των σιδηροδρόμων υψηλής ταχύτητας, είναι ο ανταγωνισμός με τις αεροπορικές μεταφορές. Ορισμένες από τις λύσεις χρηματοδότησης που υπάρχουν για τον αστικό σιδηρόδρομο μπορούν να εφαρμοστούν στους συμβατικούς σιδηροδρόμους. Τα συμβατικά σιδηροδρομικά έργα ενέχουν γενικά υψηλό κίνδυνο σχετικά με το χαμηλό ποσοστό χρήσης του δικτύου. Αυτός ο σημαντικός περιοριστικός παράγοντας απαιτεί μεγάλη επιχειρηματική προσοχή στην ελαχιστοποίηση των απωλειών και στην μεγιστοποίηση των εσόδων. Η υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών μπορεί να βοηθήσει. Τα δεδομένα, οι αναλύσεις μπορούν να βελτιώσουν την κατανόηση των αναγκών και των προτιμήσεων των καταναλωτών. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν την ανταπόκριση στις αναμενόμενες αλλαγές στη ζήτηση αλλάζοντας

τη συχνότητα ή/και τον όγκο των λειτουργιών, την τμηματοποίηση ομάδων χρηστών για την παροχή διαφοροποιημένων υπηρεσιών και τιμών και την παροχή ενημερώσεων σε πραγματικό χρόνο στους ταξιδιώτες [35].

Όπως και στην περίπτωση της μεταφοράς επιβατών, η χρήση του σιδηρόδρομου για την μεταφορά εμπορευμάτων μπορεί να δικαιολογηθεί από οικονομική άποψη μόνο σε περιοχές όπου ο όγκος των εμπορευμάτων είναι μεγάλος. Προϋπόθεση για επενδύσεις σε σιδηροδρομικές εμπορευματικές υποδομές είναι επομένως, η κατανόηση των υφιστάμενων εμπορευματικών ροών και των ειδικών χαρακτηριστικών και των αναγκών των πελατών των διαφόρων τμημάτων της αγοράς. Για τις εμπορευματικές σιδηροδρομικές μεταφορές, μια καλή λύση αποτελεί η διασύνδεση με άλλους τρόπους μεταφοράς. Οι σιδηρόδρομοι μπορούν επίσης να επωφεληθούν σημαντικά από την παρουσία τρίτων φορέων logistics που προσφέρουν ολοκληρωμένες και απρόσκοπτες λύσεις για τη μεταφορά εμπορευμάτων. Στη Βόρεια Αμερική, μεγάλες εταιρείες μεταφορών, πάροχοι υπηρεσιών logistics και σιδηρόδρομοι έχουν δημιουργήσει μεγάλους τερματικούς σταθμούς εμπορευμάτων. Από το 2000 έως το 2017, ο αριθμός των εγχώριων εμπορευματοκιβωτίων που μεταφέρθηκαν στις Ηνωμένες Πολιτείες τριπλασιάστηκε, ενώ η διεθνής κίνηση εμπορευματοκιβωτίων αυξήθηκε κατά 60% (50% ταχύτερη ανάπτυξη από την οικονομία των ΗΠΑ). Οι εγχώριες μεταφορές εμπορευματοκιβωτίων συνέχισαν να αυξάνονται ακόμη και κατά τη διάρκεια της ύφεσης του 2008-09 [35]. Στην Ευρώπη, πολλοί τερματικοί σταθμοί εμπορευματικών σιδηροδρόμων αναπτύχθηκαν από τοπικούς δήμους ενεργώντας από κοινού με εταιρείες διατροφικών μεταφορών. Στις αναδυόμενες οικονομίες, αυτή η αγορά είναι εντελώς υπανάπτυκτη, καθώς ούτε ο ιδιωτικός τομέας ούτε οι κυβερνήσεις είχαν μεγάλη επιτυχία με τον κεντρικό σχεδιασμό των σιδηροδρόμων. Ο λόγος είναι ότι οι οικονομίες κλίμακας των εμπορευματικών σιδηροδρομικών μεταφορών συνήθως ευνοούν τις μεγάλες αποστάσεις που διασχίζουν τα δημοτικά, περιφερειακά και επαρχιακά όρια. Ένα εμπόδιο στις αναδυόμενες οικονομίες είναι ότι ο τύπος της παρέμβασης που απαιτείται (όπως οι κόμβοι logistics) εξαρτάται συνήθως από τις οικονομικές εισροές του ιδιωτικού τομέα, αλλά πολλές χώρες δεν υποστηρίζουν συμπράξεις ανάμεσα στον δημόσιο και ιδιωτικό τομέα.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία έγινε μία αναλυτική ιστορική αναδρομή για τις σιδηροδρομικές μεταφορές ενώ επίσης έγινε αναφορά τόσο στον ρόλο που κατέχουν την σημερινή εποχή όσο και στον ρόλο που μπορούν να διαδραματίσουν μελλοντικά.

Οι σιδηροδρομικές μεταφορές παρόλο που κατά την γέννησή τους χρησιμοποιούνταν μόνο για την μεταφορά εμπορευμάτων έχουν γίνει ένας από τους πιο δημοφιλείς τρόπους μεταφοράς επιβατών. Ιστορικά διαδραμάτισαν τεράστιο ρόλο στην πολιτική αλλά και πολεμική σκηνή. Μελλοντικά, η μεγαλύτερη υιοθέτησή τους με την κατάρτιση των κατάλληλων πολιτικών και επιχειρηματικών σχεδίων είναι πολλαπλά. Η ολοένα και μεγαλύτερη χρήση του αποτελεί μία σοβαρή λύση για την αντιμετώπιση της κυκλοφοριακής συμφόρησης που ταλανίζει τους κατοίκους των πολύ μεγάλων πόλεων. Επίσης πολύ σημαντικό είναι και το μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα σε σχέση με τους άλλους τρόπους μεταφοράς καθώς σε μεγάλο βαθμό είναι ηλεκτροκίνητοι. Οι σιδηρόδρομοι ταχείας κυκλοφορίας μπορούν να ανταγωνιστούν ακόμα και τα αεροπλάνα για χερσαίες μεταφορές για αρκετά μεγάλες αποστάσεις προσφέροντας γρήγορες και ποιοτικές μεταφορές με χαμηλότερο κόστος. Οι περιοχές γύρω από τις οποίες περνάει μία σιδηροδρομική γραμμή μπορούν να αποτελέσουν κόμβους έντονης επιχειρηματικής δραστηριότητας με ότι αυτό συνεπάγεται για την οικονομία ενός κράτους τόσο σε τοπικό όσο και σε εθνικό επίπεδο.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. History of Rail Transport. *Train History*. [Ηλεκτρονικό] 2023.
<http://www.trainhistory.net/railway-history/railroad-history/>.
2. J., Stacey. A brief history of the railways. *Rail Discoveries*. [Ηλεκτρονικό] 2018.
<https://www.raildiscoveries.com/the-discovery-blog/2018/september/a-brief-history-of-the-railways/>.
3. Αθλητισμού, Υπουργείο Πολιτισμού και. ΟΔΥΣΣΕΥΣ. [Ηλεκτρονικό]
http://odysseus.culture.gr/h/2/gh2560.jsp?obj_id=803.
4. *Railway Museum*. [Ηλεκτρονικό] <https://www.railwaymuseum.org.uk/objects-and-stories/stephensons-rocket-rainhill-and-rise-locomotive>.
5. *Museum Wales*. [Ηλεκτρονικό] <https://museum.wales/>.
6. [Ηλεκτρονικό] [https://en.wikipedia.org/wiki/Salamanca_\(locomotive\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Salamanca_(locomotive)).
7. Preserved British Steam Locomotives. [Ηλεκτρονικό]
<https://preservedbritishsteamlocomotives.com/puffing-billy-0-4-0-wylam-coliery/>.
8. Blücher. [Ηλεκτρονικό] <https://co-curate.ncl.ac.uk/blucher/>.
9. Blücher (locomotive). [Ηλεκτρονικό]
https://fr.wikipedia.org/wiki/Bl%C3%BCcher_%28locomotive%29.
10. The Mumbles Train- THE WORLD'S FIRST FARE-PAYING TRAIN PASSENGER SERVICE. . *Enjoy Gower*. [Ηλεκτρονικό] <https://enjoygower.com/history-of-the-mumbles-train>.
11. *Steam Workshop*. [Ηλεκτρονικό] <https://www.steamworkshop.co.uk/portfolio/5-barclays-co-0-4-0st/>.
12. Northumbrian. *Edge Hill*. [Ηλεκτρονικό]
<https://www.edgehillstation.co.uk/resources/northumbrian/>.
13. North Star Locomotive. *STEAM*. [Ηλεκτρονικό] <https://www.steam-museum.org.uk/object-of-the-month/february-2023/>.
14. Comet Locomotive. *Wikimedia*. [Ηλεκτρονικό]
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Comet_locomotive.jpg.
15. Railroad history. *Britannica*. [Ηλεκτρονικό]
<https://www.britannica.com/technology/railroad/Railroad-history>.
16. Stockton and Darlington Railway. *ICE Group Sites*. [Ηλεκτρονικό]
<https://www.ice.org.uk/what-is-civil-engineering/what-do-civil-engineers-do/stockton-and-darlington-railway>.

17. Stockton and Darlington Railway. *Wikipedia*. [Ηλεκτρονικό]
https://en.wikipedia.org/wiki/Stockton_and_Darlington_Railway.
18. FIRST IN THE WORLD: THE MAKING OF THE LIVERPOOL AND MANCHESTER RAILWAY. *Science+Industry- Museum*. [Ηλεκτρονικό]
<https://www.scienceandindustrymuseum.org.uk/objects-and-stories/making-the-liverpool-and-manchester-railway>.
19. Baltimore and Ohio Railroad. *Wikipedia*. [Ηλεκτρονικό]
https://en.wikipedia.org/wiki/Baltimore_and_Ohio_Railroad.
20. Panama Rail. *Panama Canal*. [Ηλεκτρονικό]
<http://www.panarail.com/en/history/index.html>.
21. A very short history of the Underground. *London Transport Museum*. [Ηλεκτρονικό]
<https://www.ltmuseum.co.uk/collections/stories/transport/very-short-history-underground>.
22. Πρώτος διηπειρωτικός σιδηρόδρομος. *Wikipedia*. [Ηλεκτρονικό]
<https://el.wikipedia.org/wiki/>.
23. Transcontinental Railroad. *History*. [Ηλεκτρονικό]
<https://www.history.com/topics/inventions/transcontinental-railroad>.
24. Υπερσιβηρικός σιδηρόδρομος. *Wikipedia*. [Ηλεκτρονικό] <https://el.wikipedia.org>.
25. Trans-Siberian Railroad. *Library of Congress*. [Ηλεκτρονικό]
<https://www.loc.gov/collections/meeting-of-frontiers/articles-and-essays/development/trans-siberian-railroad/>.
26. [Ηλεκτρονικό] <https://transsib.ru/Map/transsib-building.gif>.
27. Tokaido Shinkansen. *japan-guide.com*. [Ηλεκτρονικό] https://www.japan-guide.com/e/e2018_tokaido.html.
28. Eurostar. *Wikipedia*. [Ηλεκτρονικό] <https://el.wikipedia.org/wiki/Eurostar>.
29. Eurostar. [Ηλεκτρονικό] <https://www.eurostar.com/us-en/about-eurostar/our-company>.
30. Boston and Maine Railroad. *Wikipedia*. [Ηλεκτρονικό]
https://en.wikipedia.org/wiki/Boston_and_Maine_Railroad.
31. South Carolina Railroad. *Wikipedia*. [Ηλεκτρονικό]
https://en.wikipedia.org/wiki/South_Carolina_Railroad.
32. Διαδρομές και σταθμοί στην ιστορία του ελληνικού σιδηροδρόμου. Video και φωτογραφίες από την επετειακή εκδήλωση των 150 χρόνων. *metaforespess.gr*. [Ηλεκτρονικό] <https://www.metaforespess.gr/>.
33. Αναλυτική περιγραφή της ιστορίας του σιδηροδρόμου στην σύγχρονη Ελλάδα (εώς το 1999). *Globalrailwayday*. [Ηλεκτρονικό] <http://www.globalrailwayday.com>.
34. Ιστορική Αναδρομή. *OSE*. [Ηλεκτρονικό] <https://ose.gr>.

35. Agency, International Energy. The Future of Rail Opportunities for energy and the environment. [Ηλεκτρονικό] https://iea.blob.core.windows.net/assets/fb7dc9e4-d5ff-4a22-ac07-ef3ca73ac680/The_Future_of_Rail.pdf.

36. UIC- The Worldwide Railway Organisation. *Statistics*. [Ηλεκτρονικό] <https://uic.org/support-activities/statistics/>.