



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΩΝ
ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ
ΜΕΘΟΔΩΝ STAMP ΚΑΙ ACCIMAP**

Πτυχιακή Εργασία

Επιβλέπων Καθηγητής: **Κοντογιάννης Θωμάς**

Επιτροπή: **Μουστάκης Βασίλης, Τσαφαράκης Στέλιος**

Φοιτητής: **Δήμας Αντώνης**

A.M.: 2016010122

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας θα επιθυμούσα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια και τους φίλους μου για τη συνεχή υποστήριξη τους καθώς επίσης τους καθηγητές του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης και ιδιαίτερα τον επιβλέποντα αυτής της πτυχιακής τον καθηγητή κ. Κοντογιάννη Θωμά για τη συμβολή του στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

XANIA 2024

Πίνακας Περιεχομένων

Πρόλογος.....	6
Κεφάλαιο 1.....	7
Διαχείριση ασφάλειας σιδηροδρομικών δικτύων	7
1.1 Ρόλος της διαχείρισης ασφάλειας	7
1.2 Βασικές αρχές της διαχείρισης ασφάλειας.....	7
1.3 Ρυθμιστική αρχή Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	8
1.4 Ρυθμιστική αρχή της Ελλάδας και ατυχήματα.....	12
1.5 Ρυθμιστική αρχή του Ηνωμένου Βασιλείου και ατυχήματα	13
Κεφάλαιο 2.....	18
Τεχνικές Διερεύνησης Ατυχημάτων	18
2.1 Κρισιμότητα διερεύνησης ατυχημάτων	18
2.2 Ακολουθία Γεγονότων και Ενεργειών	18
2.3 Δέντρα Αστοχιών	19
2.4 Διαγράμματα Μεταβλητότητας	19
2.5 Ανάλυση Μεθόδου STAMP	19
2.6 Ανάλυση μεθόδου ACCIMAP	21
Κεφάλαιο 3.....	23
Ατύχημα Grayrigg Derailment.....	23
Εισαγωγή	23
3.1 Γενικά για το Grayrigg Derailment	24
3.2 Τρένο Pendolino	24
3.3 Κατάσταση των υποδομών	25
3.4 Γενικές πληροφορίες για το σιδηροδρομικό δίκτυο και την εταιρεία.....	27
3.5 Χαρακτηριστικά τρένου Pendolino	27
3.6 Κατασκευαστικά ελαττώματα Pendolino	28
3.7 Κύρια Γεγονότα Ατυχήματος Grayrigg.....	29
3.8 Ανάλυση ατυχήματος Grayrigg Derailment με χρήση της μεθόδου STAMP	31
3.9 Επεξήγηση λειτουργίας κινητών σημείων.....	32
3.10 Κατάσταση των κινητών σημείων.....	34
3.11 Χρήση μεθόδου STAMP	34
3.12 Ανάλυση αποτελεσμάτων μεθόδου STAMP	37
3.13 Ανάλυση ατυχήματος Grayrigg Derailment με χρήση μεθόδου ACCIMAP	40

3.14 Εφαρμογή μεθόδου AcciMap	40
3.15 Διορθωτικά μέτρα και προτάσεις	42
3.16 Σύνοψη Ανάλυσης ατυχήματος Grayrigg	44
Κεφάλαιο 4	45
Ατύχημα Shelby Rail Disaster	45
Εισαγωγή	45
4.1 Γενικά για το Shelby Rail Disaster.....	46
4.2 Υπαίτιος δυστυχήματος, Gary Hart.....	47
4.3 Γενικές πληροφορίες για το σιδηροδρομικό δίκτυο	48
4.4 Ιστορικό προβλημάτων της εταιρείας GNER	49
4.5 Ανάθεση δρομολογίων στην GNER απο την SRA	50
4.6 Προβλήματα της GNER με τη μητρική Sea Containers	50
4.7 Κύρια γεγονότα και χαρακτηριστικά του ατυχήματος Selby.....	52
4.8 Ιστορικό Gary Hart και εμπλοκής του στο ατύχημα	52
4.9 Παρουσίαση γεγονότων ατυχήματος.....	53
4.10 Τρόπος ανταπόκρισης μετά το δυστύχημα.....	56
4.11 Ανάλυση του δυστυχήματος Selby Rail Disaster με χρήση μεθόδου STAMP.....	57
4.12 Εφαρμογή της μεθόδου STAMP στο δυστύχημα Selby	60
4.13 Ανάλυση αποτελεσμάτων χρήσης STAMP.....	62
4.14 Ανάλυση δυστυχήματος Selby Rail Disaster με χρήση μεθόδου ACCIMAP	64
4.15 Διορθωτικά μέτρα και προτάσεις	66
4.16 Σύνοψη ανάλυσης δυστυχήματος Selby.....	68
Κεφάλαιο 5	69
Συμπεράσματα	69
5.1 Αίτια.....	69
5.2 Αίτια δυστυχήματος Selby	69
5.3 Αίτια δυστυχήματος Grayrigg	69
5.4 Αποτελέσματα και σύγκριση των μεθόδων STAMP και ACCIMAP.....	70
5.5 Προτάσεις για μελέτη	72
Βιβλιογραφία	73

Η εργασία αποτελείται από πέντε (5) κύρια κεφάλαια:

- Στο 1^ο κεφάλαιο γίνεται ο πρόλογος καθώς και η εισαγωγή στη διπλωματική, ενώ στη συνέχεια επισημαίνεται η κρισιμότητα της διαχείρισης ασφάλειας, ο ρόλος που διαδραματίζει με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά της, καθώς και οι ρυθμιστικές αρχές σιδηροδρομικών δικτύων της Ευρώπης, της Ελλάδας και του Ηνωμένου Βασιλείου. Επιπλέον παρουσιάζονται στατιστικά από ατυχήματα των προαναφερθέντων χωρών και χωρών της Ε.Ε.
- Στο 2^ο κεφάλαιο υπογραμμίζεται η κρισιμότητα της διερεύνησης ατυχημάτων, ενώ παράλληλα παρουσιάζονται οι τεχνικές με τις οποίες επιτυγχάνεται η διερεύνηση με έμφαση στις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για τη συγκεκριμένη ανάλυση, την STAMP και την ACCIMAP.
- Στο 3^ο και 4^ο κεφάλαιο πραγματοποιείται η ανάλυση των ατυχημάτων Grayrigg και Selby αντίστοιχα, με τη χρήση των μεθόδων STAMP και ACCIMAP ενώ παράλληλα παρατίθενται όλα τα κρίσιμα γεγονότα και η ανάλυση τους, που οδήγησαν στα δυστυχήματα. Τέλος προτείνονται τρόποι βελτίωσης με στόχο την αποφυγή μελλοντικών ατυχημάτων.
- Στο 5^ο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις αναλύσεις των Grayrigg και Selby και επιπλέον γίνεται σύγκριση των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση της ανάλυσης.

Πρόλογος

Το σιδηροδρομικό ατύχημα Selby καθώς και το σιδηροδρομικό ατύχημα στο Grayrigg αποτελούν κάποια από τα πιο τραγικά ατυχήματα του Ηνωμένου Βασιλείου. Οι επίσημες έρευνες φανέρωσαν πως τα αίτια οφείλονταν σε ανθρώπινο λάθος καθώς και σε έλλειψη ασφάλειας των υποδομών.

Για την ανάλυση αυτών των δύο ατυχημάτων επιλέχθηκε η χρήση και η εφαρμογή δύο συγκεκριμένων μεθόδων. Η πρώτη είναι αυτή του Rasmussen που αναφέρεται ως AcciMap, η οποία παρέχει οπτική αναπαράσταση των γεγονότων που συντέλεσαν στο ατύχημα. Η δεύτερη μέθοδος που έχει επιλεγεί είναι αυτή της STAMP η οποία παρουσιάζει ένα σύστημα ελέγχου του κάθε ατυχήματος και είναι μία τεχνική που αναπτύχθηκε από την Leveson. Και οι δύο μέθοδοι χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό στις μέρες μας.

Σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής είναι:

- Να παρουσιάσει και να ερμηνεύσει τα γεγονότα των δύο ατυχημάτων τα οποία δεν οφείλονται μόνο στα φανερά αίτια όπως είναι το στιγμιαίο ανθρώπινο λάθος, αλλά σε βαθιά προβλήματα που αφορούν το μοντέλο ασφάλειας και τον τρόπο λειτουργίας.
- Να προτείνει βελτιώσεις σε θέματα ασφάλειας των υποδομών του σιδηροδρομικού δικτύου βάσει των αιτιών των ατυχημάτων.

Κεφάλαιο 1

Διαχείριση ασφάλειας σιδηροδρομικών δικτύων

1.1 Ρόλος της διαχείρισης ασφάλειας

Η διαχείριση ασφάλειας στα σιδηροδρομικά δίκτυα αποτελεί έναν από τους πιο κρίσιμους τομείς σε παγκόσμιο επίπεδο. Η αποτελεσματικότητά αυτού του τομέα εξασφαλίζει τη λειτουργία, την ασφάλεια αλλά και την αξιοπιστία της κάθε σιδηροδρομικής γραμμής. Η κύρια αιτία για την οποία αποτελεί ζήτημα ζωτικής σημασίας είναι διότι πραγματεύεται σε καθημερινή βάση την προστασία της ανθρώπινης ζωής. Ο κάθε άνθρωπος, ο οποίος είτε είναι επιβάτης, είτε υπάλληλος της σιδηροδρομικής γραμμής έχει δικαίωμα να κινείται σε ένα ασφαλές περιβάλλον. Ο τρόπος με τον οποίο διασφαλίζεται και βελτιώνεται το περιβάλλον αυτό βασίζεται στην αναγνώριση των κινδύνων, την πρόληψή τους αλλά και την άμεση και συγκροτημένη αντίδραση σε περίπτωση που εκδηλωθεί κάποιο ατύχημα.

Ένας επιπλέον λόγος για τον οποίο η διαχείριση ασφάλειας είναι σημαντική είναι διότι η οποιαδήποτε καταστροφή αλλά και υποβάθμιση των υποδομών μπορεί να προκαλέσει σοβαρές επιπτώσεις σε κοινωνικό αλλά και οικονομικό επίπεδο. Το οποιοδήποτε ατύχημα προκαλεί σημαντικές οικονομικές ζημιές στις σιδηροδρομικές εταιρείες αλλά παράλληλα προκαλεί και προβλήματα στην καθημερινότητα των πολιτών καθώς η αποκατάσταση σοβαρών ατυχημάτων συνήθως συνοδεύεται από κλείσιμο των σιδηροδρομικών γραμμών για ορισμένο χρονικό διάστημα. Η αποτελεσματική πρόληψη των ατυχημάτων εξασφαλίζει τη συνεχή και ποιοτική λειτουργία των υποδομών και δημιουργεί ένα αίσθημα ασφάλειας στους χρήστες των υπηρεσιών αυτών. [1]

1.2 Βασικές αρχές της διαχείρισης ασφάλειας

Παρακάτω αναφέρονται ορισμένες βασικές αρχές που χαρακτηρίζουν τη διαχείριση ασφάλειας στα σιδηροδρομικά δίκτυα:

- **Αξιολόγηση Κινδύνου:** Η αξιολόγηση κινδύνου ή αλλιώς Risk Assessment είναι ο προσδιορισμός και η αξιολόγηση όλων των κινδύνων που σχετίζονται με όλα τα επίπεδα των σιδηροδρομικών υποδομών(π.χ. ποιότητα σιδηροδρομικών ραγών).
- **Σχεδίαση και Υλοποίηση Διαδικασιών Ασφάλειας:** Η αρχή αυτή αφορά τη δημιουργία διαδικασιών οι οποίες εξασφαλίζουν τη λειτουργία των σιδηροδρομικών υποδομών κάτω από ένα ασφαλές περιβάλλον.
- **Έρευνα και Ανάλυση Ατυχημάτων:** Η συγκεκριμένη αρχή αποτελεί μία από τις βασικότερες αρχές, καθώς μέσα από τη συστηματική καταγραφή και ανάλυση των ατυχημάτων εντοπίζονται σε βάθος τα αίτια που τα προκάλεσαν και έτσι

δημιουργούνται συνεχώς(ή βελτιώνονται) τα μέτρα πρόληψης και διαχείρισής τους. [2]

- **Συστήματα Ανίχνευσης και Παρακολούθησης:** Μέσω των τεχνολογικά προηγμένων συστημάτων επιτυγχάνεται η συνεχής παρακολούθηση της κατάστασης του σιδηροδρομικού δικτύου και εντοπίζονται τυχόν προβλήματα με στόχο την προειδοποίηση αλλά και την άμεση ανταπόκριση στις ανάγκες του δικτύου(π.χ. συντήρηση).
- **Εκπαίδευση προσωπικού:** Η εκπαίδευση και η συνεχής ενημέρωση του προσωπικού και των υπαλλήλων ώστε να εξασφαλίζεται η άμεση και αποτελεσματική ανταπόκριση τους σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

1.3 Ρυθμιστική αρχή Ευρωπαϊκής Ένωσης

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο η ρυθμιστική αρχή που συντονίζει τις εθνικές αρχές των σιδηροδρομικών δικτύων είναι ο Οργανισμός Σιδηροδρόμων της Ευρωπαϊκής Ένωσης η αλλιώς ERA, που ιδρύθηκε το 2004. Είναι αυτή η οποία έχει ως προτεραιότητα την ασφαλή λειτουργία όλων των σιδηροδρομικών δικτύων στις ευρωπαϊκές χώρες, καθώς δημιουργεί τα πρωτόκολλα με τα οποία συμμορφώνονται όλες οι σιδηροδρομικές αρχές της εκάστοτε χώρας.

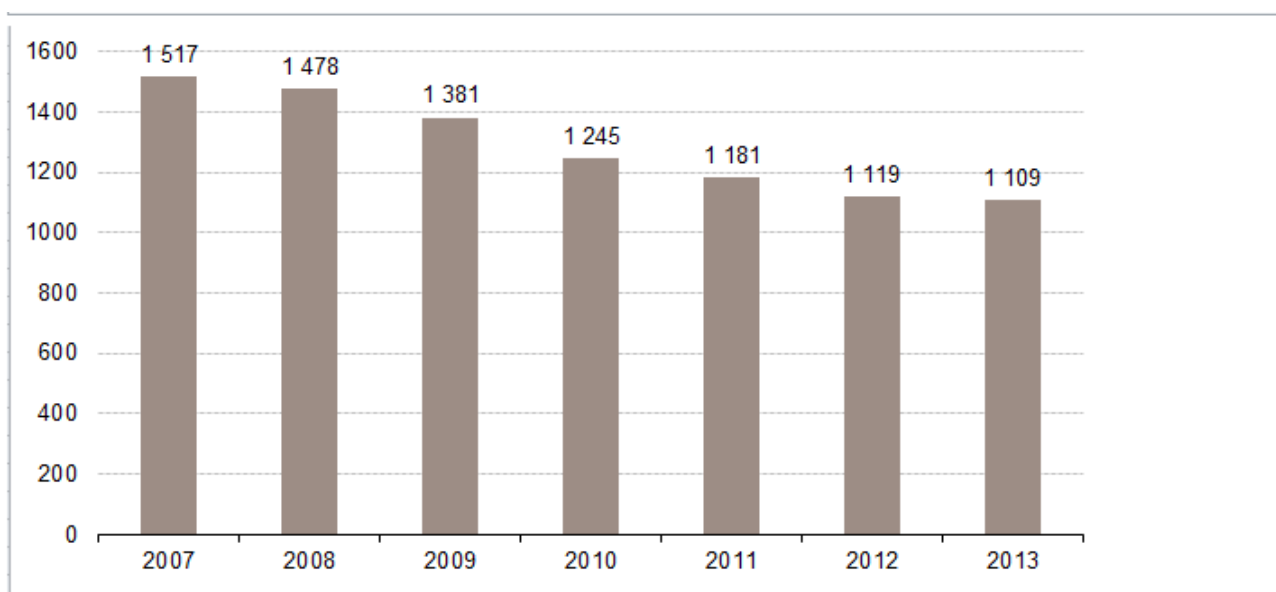
Το Ευρωπαϊκό Σύστημα Διαχείρισης της Σιδηροδρομικής κυκλοφορίας (ERTMS) αποτελεί ένα ευρωπαϊκό σύστημα ελέγχου μέσω του οποίου επιτυγχάνεται η βελτίωση και η διασφάλιση των υποδομών του κάθε δικτύου όπως για παράδειγμα η τυποποίηση των συστημάτων και η εξάλειψη οποιασδήποτε διαφοράς μεταξύ των εθνικών συστημάτων.

Όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι υποχρεωμένα να παράσχουν στην ERA τις καταγραφές σοβαρών ατυχημάτων με στόχο τη βελτίωση και την πρόληψη μελλοντικών αντίστοιχων αστοχιών.

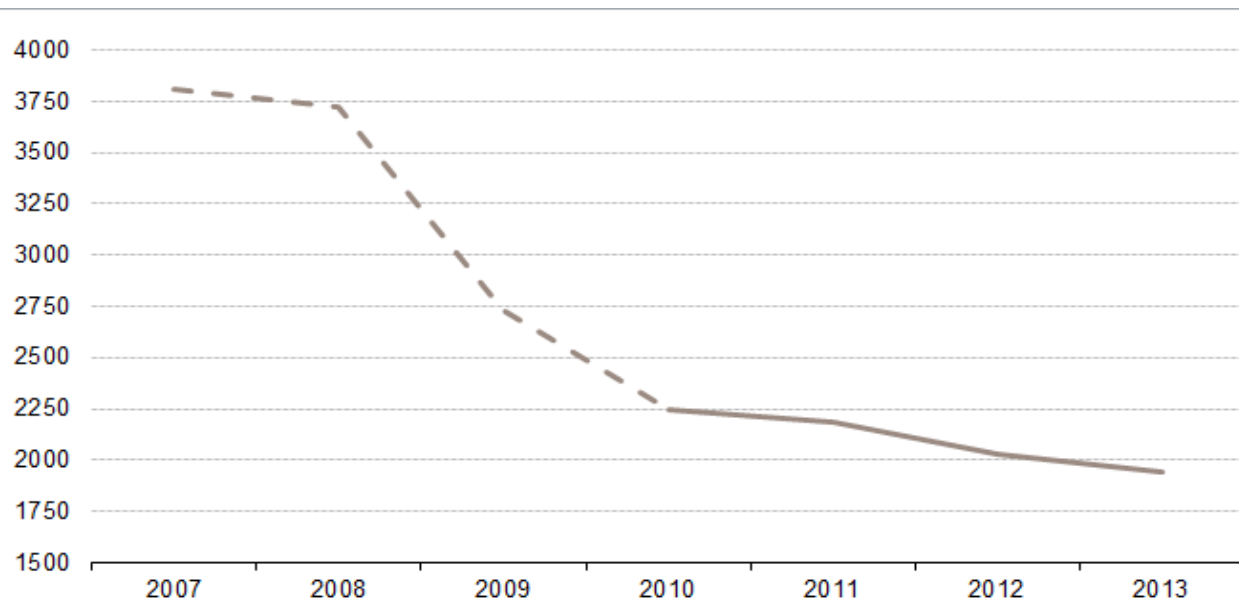
Ένας επιπλέον τρόπος με τον οποίο η Ε.Ε. επιτυγχάνει τη διασφάλιση των δικτύων είναι μέσω τακτικών ελέγχων και επιθεωρήσεων, καθώς οι ρυθμιστικές αρχές κάθε χώρας σε συνεργασία με την ERA διενεργούν τακτικούς ελέγχους τόσο σε επίπεδο υποδομών, όσο και σε επίπεδο προσωπικού(π.χ. ετοιμότητα).

Η Ε.Ε. δίνει εξαιρετική βάση στην ανταλλαγή γνώσεων μεταξύ των κρατών μελών της για την βελτίωση των πρακτικών της, προκειμένου να επιτύχει το βέλτιστο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω συνεδριών για την ασφάλεια των σιδηροδρομικών δικτύων.

Συνεπώς η ρυθμιστική αρχή της Ε.Ε. σχετικά με τα σιδηροδρομικά δίκτυα δεν μεριμνά μόνο για την επίτευξη της ασφάλειας αλλά και της βελτίωσης της αποδοτικότητας μέσω νέων πρακτικών και ανταλλαγής γνώσεων.



Σχήμα 1. Θάνατοι που έχουν καταγραφεί στα σιδηροδρομικά δίκτυα της Ε.Ε. μεταξύ 2007 και 2013. [4]



Σχήμα 2. Γράφημα των ατυχημάτων που έχουν καταγραφεί στην Ε.Ε. μεταξύ 2007 και 2013. [4]

	TOTAL	Collisions	Derailments	Level crossing accidents (incl. pedestrians)	Accidents to persons by rolling stock in motion (excl. suicides)	Fires in rolling stock	Other accidents
EU-28	1982	101	108	510	1157	30	76
Belgium	32	1	4	13	14	-	-
Bulgaria	33	2	2	11	17	-	1
Czech Republic	91	5	7	36	35	2	6
Denmark	11	-	-	5	3	-	3
Germany	301	29	16	59	161	1	35
Estonia	15	-	-	11	4	-	-
Ireland	3	1	-	-	2	-	-
Greece	14	2	-	5	6	-	1
Spain	52	5	11	11	25	-	-
France	146	10	11	42	64	8	11
Croatia	33	-	5	13	14	-	1
Italy	100	4	6	14	73	2	1
Latvia	26	-	2	2	22	-	-
Lithuania	24	-	-	4	20	-	-
Luxembourg	3	-	-	2	1	-	-
Hungary	186	2	4	35	132	2	11
Netherlands	36	3	1	21	9	1	1
Austria	73	4	1	37	29	-	2
Poland	328	6	13	75	233	1	-
Portugal	48	1	4	12	31	-	-
Romania	180	1	-	44	135	-	-
Slovenia	13	-	1	11	-	1	-
Slovakia	94	2	-	18	73	-	1
Finland	12	-	3	4	4	-	1
Sweden	43	2	9	13	16	2	1
United Kingdom	84	21	8	12	34	9	-
Channel Tunnel	1	-	-	-	-	1	-
Norway	30	17	5	3	4	1	-
Switzerland	62	7	3	15	28	-	9
Turkey	-	-	-	-	-	-	-

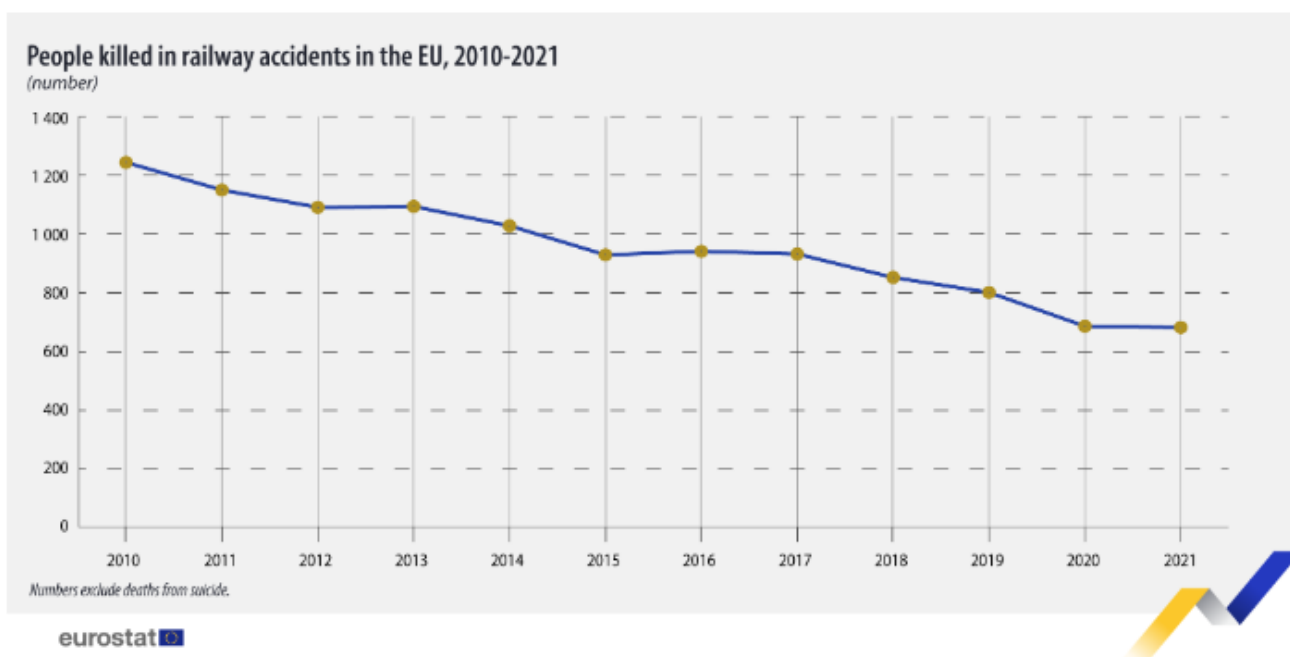
Σχήμα 3. Πίνακας δυστυχημάτων στο σιδηροδρομικό δίκτυο της Ε.Ε. που οφείλονται σε ανθρώπινο λάθος [4]

Μελετώντας τους παραπάνω πίνακες και γραφήματα προκύπτει ότι εκ πρώτης όψεως τα ατυχήματα και συνεπώς οι θάνατοι που έχουν προκληθεί στον χώρο των τρένων είναι ιδιαίτερα ανησυχητικοί. Οι περισσότεροι οφείλονται σε τραγικό ανθρώπινο λάθος ή αμέλεια των αρμόδιων αρχών. Σύμφωνα με το γράφημα(σχ. 1) συμβαίνουν πάνω από 1.000 θάνατοι ετησίως, νούμερα τα οποία θεωρούνται ιδιαίτερα αρνητικά δεδομένης της κουλτούρας ασφαλείας που προσπαθεί να εφαρμόσει η ERA. Ωστόσο όπως προκύπτει και από το διάγραμμα(σχ. 2), ειδικά ανάμεσα στα έτη 2008 και 2010, υπάρχει σημαντική πτώση στα ατυχήματα που συμβαίνουν ετησίως, κάτι που αποτελεί απόρροια του εκσυγχρονισμού του δικτύου και των αυστηρότερων μέτρων ασφαλείας που εφαρμόζονται πανευρωπαϊκά. Σύμφωνα με τη γραφική παράσταση, ο αριθμός των ατυχημάτων σημειώνει πτώση κοντά στο 6.8% ετησίως. [3]

Πολλά από τα παραπάνω ατυχήματα και συγκεκριμένα ποσοστό 58% αποτελούν τραγωδίες που συνέβησαν από σφάλμα εισβολής στον σιδηροδρομικό χώρο (περαστικοί, διερχόμενα οχήματα κ.ά.). Για το λόγο αυτό η ERA προσπαθεί μέσα

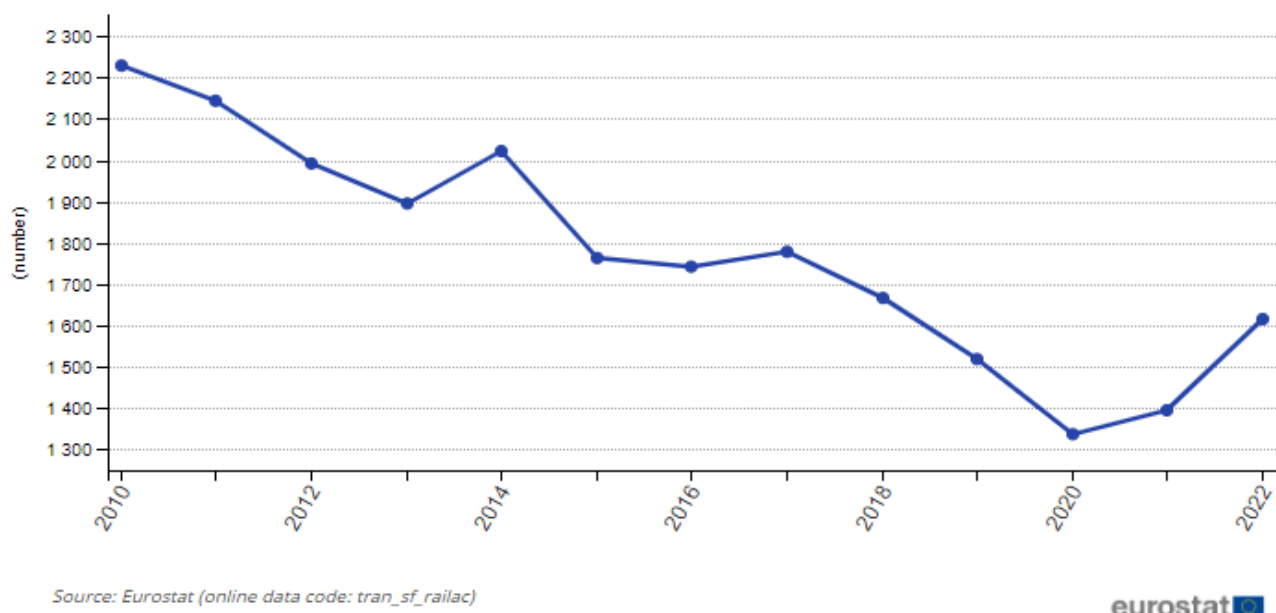
από καμπάνιες να ευαισθητοποιήσει τους πολίτες της Ε.Ε. για την κρισιμότητα της συμμόρφωσης στα προειδοποιητικά μέσα και σηματοδότηση. Ωστόσο όπως καταγράφεται μεταξύ του 2012 και 2013 περίπου 3.000 θάνατοι οφείλονται σε παράγοντες οι οποίοι είναι σχεδόν αδύνατον να εξαλειφθούν(π.χ. αυτοκτονία).

Συγκεκριμένα στη Γερμανία περίπου το 30% των θανάτων σε σιδηροδρομικό δίκτυο οφείλονται σε αυτοκτονία. Από τον πίνακα(σχ. 3) προκύπτει πως το 69% περίπου των θανάτων οφείλονται σε περαστικούς που μαζί με το 29% των θανάτων που οφείλονται σε διερχόμενο όχημα, συντελείται το 98% των θανάτων πανευρωπαϊκά.[3]



Σχήμα 4. Γράφημα των ατυχημάτων που έχουν καταγραφεί στην Ε.Ε. μεταξύ 2010 και 2021. [3]

Σύμφωνα με το παραπάνω γράφημα της Eurostat σημειώνεται επιπλέον πτώση των θανάτων πανευρωπαϊκά, ενώ μεταξύ του 2014 και 2015 οι ετήσιοι θάνατοι πέφτουν για πρώτη φορά κάτω από τους 1.000. Παρόλο που ο αριθμός αυτός όλο και μειώνεται, η σημαντική πτώση του 2020 είναι πλασματική αφού η συγκεκριμένη χρονολογία συνδέεται με την έξαρση του COVID-19 όπου η χρήση των μέσων μαζικής μεταφοράς ήταν εμφανώς μειωμένη λόγω lockdown. Αυτό άλλωστε μαρτυρείται και από το παρακάτω διάγραμμα της Eurostat όπου μετά την λήξη του lockdown (2021-2022) σημειώνεται σημαντική αύξηση στους θανάτους της Ε.Ε.



Σχήμα 5. Γράφημα των ατυχημάτων που έχουν καταγραφεί στην Ε.Ε. μεταξύ 2010 και 2022. [3]

1.4 Ρυθμιστική αρχή της Ελλάδας και ατυχήματα

Η ρυθμιστική αρχή της Ελλάδας του σιδηροδρομικού δικτύου ονομάζεται Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδας(ΟΣΕ) και ιδρύθηκε το 1971. Όπως κάθε ρυθμιστική αρχή έτσι και αυτή φέρει την ευθύνη της συντήρησης και βελτίωσης του σιδηροδρομικού δικτύου της χώρας μας, όπως για παράδειγμα της κατασκευής γεφυρών, υπόγειων τούνελ κ.ά.

Πιο αναλυτικά ο ΟΣΕ είναι υπεύθυνος για τον εκσυγχρονισμό και την ανάπτυξη του δικτύου μέσα από την εγκατάσταση ηλεκτροκίνησης, τον εκσυγχρονισμό των μέσων σηματοδότησης και έκτακτης ανάγκης με στόχο οι υποδομές να συμμορφώνονται στα πανευρωπαϊκά δεδομένα. Ο στρατηγικός σχεδιασμός του ΟΣΕ περιλαμβάνει τη συνεχή βελτίωση της αποδοτικότητας των σιδηροδρόμων κάτι που προωθείται μέσα από την υλοποίηση έργων. Η βελτίωση της αποδοτικότητας συνδέεται άμεσα με την οικονομική ανάπτυξη και βιωσιμότητα του σιδηροδρομικού δικτύου.

Όπως κάθε άλλη ρυθμιστική αρχή έτσι και ο ΟΣΕ συνεργάζεται με τις ρυθμιστικές αρχές των υπόλοιπων κρατών μελών της Ε.Ε. προκειμένου να εξασφαλιστεί η άρτια συνεργασία των χωρών ώστε οι μεταφορές στο σιδηροδρομικό δίκτυο να είναι όσο το δυνατόν πιο απρόσκοπτες και αποδοτικές. Ο ΟΣΕ διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας καθώς μέσω των δικτύων επιτυγχάνεται η σύνδεση διαφόρων περιοχών εντός και εκτός της χώρας και έτσι ενισχύεται η εμπορική δυναμική.

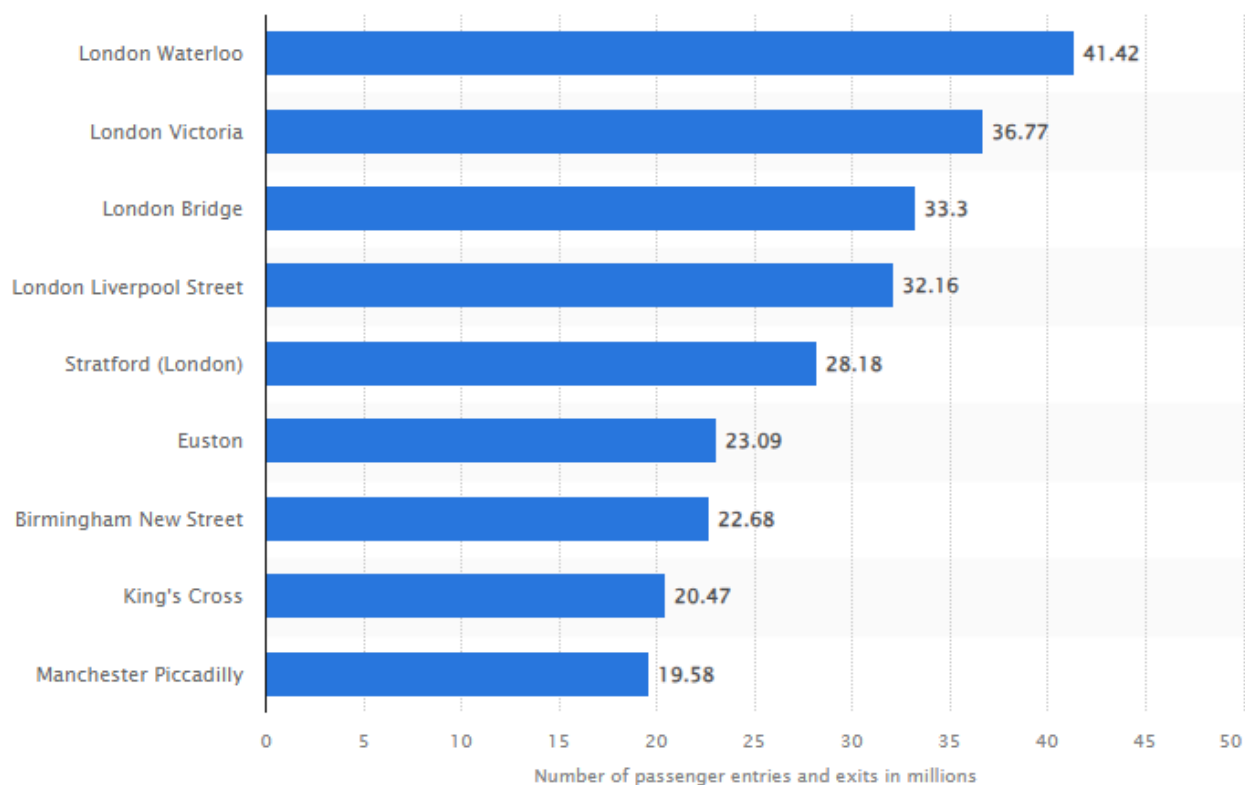
Ωστόσο παρά τα θετικά οφέλη αυτής της ρυθμιστικής αρχής, υπάρχουν και ελαττώματα τα οποία οφείλονται κυρίως στην έλλειψη του εκσυγχρονισμού των δικτύων και των υποδομών αλλά και του προσωπικού.

Δυστυχώς όμως η Ελλάδα έχει μια θλιβερή πρωτιά στα σιδηροδρομικά ατυχήματα της Ευρώπης καθώς σύμφωνα με έρευνα που διεξάγεται για τα ατυχήματα μεταξύ το 2010 και 2018, 137 άνθρωποι έχουν χάσει τη ζωή τους ενώ 97 έχουν τραυματιστεί. Αυτό έχει οδηγήσει στον χαρακτηρισμό της χώρας μας ως μία από τις πιο επικίνδυνες ευρωπαϊκές χώρες σε σιδηροδρομικό επίπεδο. Αξίζει να σημειωθεί πως μεταξύ το 2015 και το 2017 σημειώθηκαν 13 ατυχήματα τα οποία προκλήθηκαν από προβλήματα στις υποδομές του δικτύου(ελλιπής συντήρηση), 24 ατυχήματα που προκλήθηκαν από προβλήματα διαχείρισης κυκλοφορίας, 5 ατυχήματα προκλήθηκαν από φυσικά αίτια ενώ 7 από προβλήματα που οφείλονταν στην κατάσταση του τρένου (π.χ. πέδηση). Βασικές αιτίες των ατυχημάτων αυτών είναι τα ελλιπή μέτρα συντήρησης και ανίχνευσης των προβλημάτων σε συνδυασμό με βασικές ελλείψεις στο προσωπικό του δικτύου. [3]

1.5 Ρυθμιστική αρχή του Ηνωμένου Βασιλείου και ατυχήματα

Στο Ηνωμένο Βασίλειο, το οποίο αποτελεί το βασικό θέμα αυτής της μελέτης, η ρυθμιστική αρχή του σιδηροδρομικού δικτύου είναι ο Οργανισμός Σιδηροδρομικών και Οδικών Δικτύων (Office of Rail and Road – ORR). Η ORR ιδρύθηκε το 1994 με έδρα το Λονδίνο, έπειτα από την ιδιωτικοποίηση των σιδηροδρόμων του Ηνωμένου Βασιλείου. Σκοπός, όπως κάθε ρυθμιστικής αρχής, είναι η επίβλεψη και διασφάλιση της ασφαλούς και ομαλής λειτουργίας των σιδηροδρομικών δικτύων. Οι αρμοδιότητες και οι ευθύνες της OOR δεν διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό από αυτές του ΟΣΕ. Η OOR παρουσιάζεται σαφώς πιο βελτιωμένη, εάν όχι η πιο εκσυγχρονισμένη ρυθμιστική αρχή της Ευρώπης.

Το Ηνωμένο Βασίλειο χαρακτηρίζεται ως η πατρίδα των σιδηροδρόμων με δίκτυα τα οποία εκτείνονται κατά μήκος όλης της χώρας. Οι υποδομές του αποτελούν τις πιο προηγμένες τεχνολογικά καθώς έχουν επενδυθεί υπέρογκα ποσά με στόχο την εξασφάλιση της ασφάλειας των επιβατών αλλά και της ταχείας μετακίνησής τους. Η χρήση του τρένου στο Ηνωμένο Βασίλειο αποτελεί έναν από τους βασικούς τρόπους μετακίνησης των πολιτών της χώρας. Αυτό μαρτυρείται και από το παρακάτω διάγραμμα το οποίο παρότι καλύπτει την περίοδο της έξαρσης του COVID-19 τα στατιστικά των επιβατών ανά πόλη είναι υψηλά, ενώ πριν την επιδημία κατά το έτος 2019-2020 είχαν καταγραφεί 1.7 δις ταξίδια με τρένο.

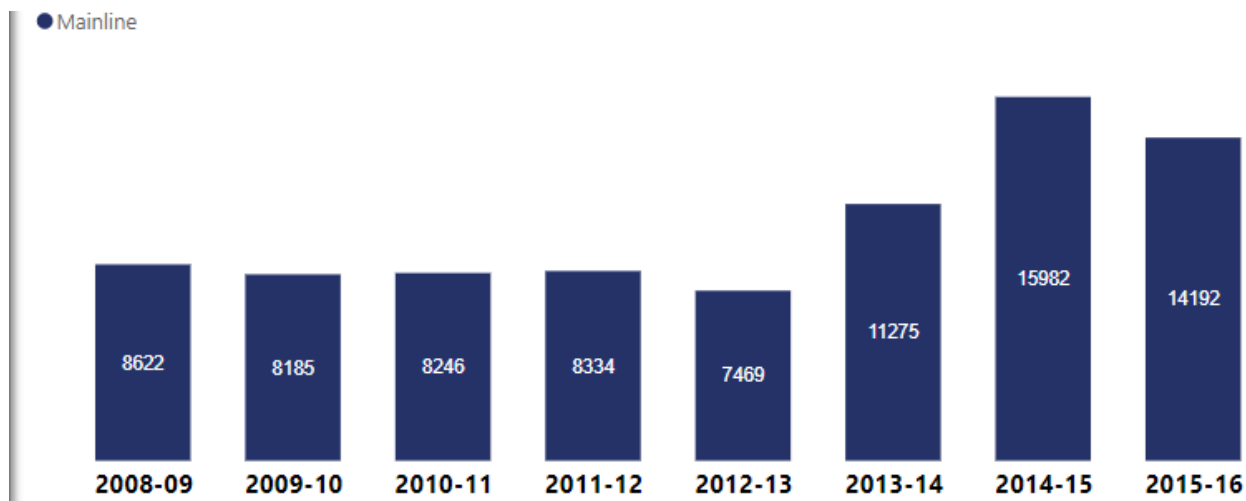


Σχήμα 6. Γράφημα συνολικών εισόδων και εξόδων επιβατών από κεντρικούς σταθμούς του Ην. Βασιλείου [5]

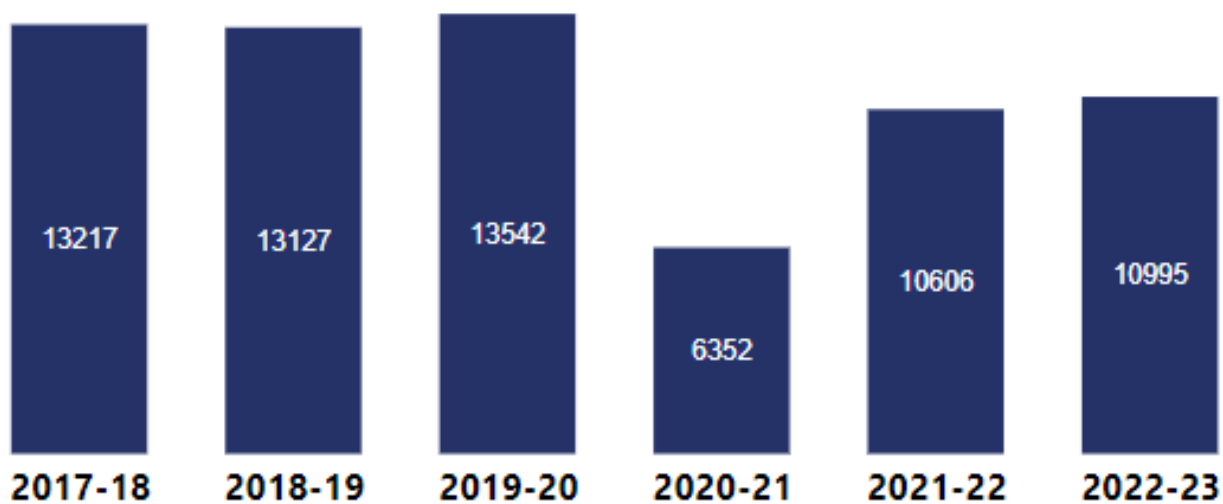
Ωστόσο τα ατυχήματα δε θα μπορούσαν να λείπουν. Το 1993 πραγματοποιήθηκε η ιδιωτικοποίηση των τρένων στο Ηνωμένο Βασίλειο και έτσι οι εταιρείες ανέλαβαν εξ' ολοκλήρου όλες τις πτυχές των σιδηροδρομικών υποδομών. Παράλληλα όμως άρχισαν να εντείνονται και τα σιδηροδρομικά ατυχήματα με το πρώτο σημαντικό να είναι αυτό στο Southal το 1997 όπου 7 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους και 139 τραυματίστηκαν. Τα έτη που ακολούθησαν συνέβησαν αρκετά θανατηφόρα ατυχήματα όπως αυτό του Hatfield το 2000 με 4 νεκρούς, του Potters Bar το 2002 με 6 επιβάτες νεκρούς, το 2007 στο Grayrigg. Η κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου προχώρησε σε δραστηκές μεταρρυθμίσεις για την αντιμετώπιση των ατυχημάτων με σημαντικότερη ενέργεια την επανεθνικοποίηση των σιδηροδρομικών δικτύων.

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά γραφήματα που θα συντελέσουν στην ολοκλήρωση της εικόνας του σιδηροδρομικού δικτύου του Ηνωμένου Βασιλείου (Τα στατιστικά αφορούν αποκλειστικά την Mainline). [5]

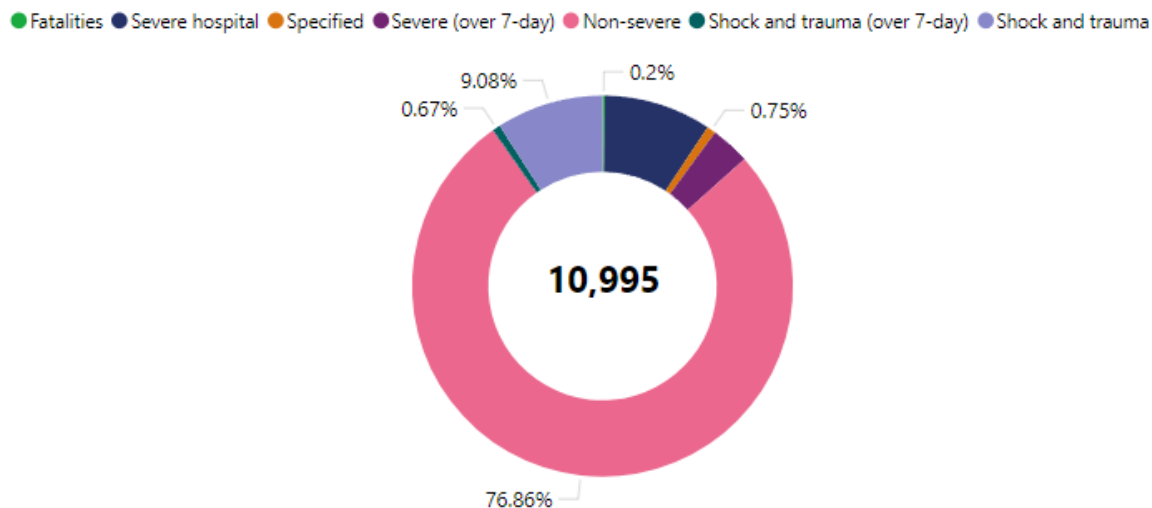
Τα γραφήματα προκύπτουν από στατιστικές αναλύσεις της ORR με βάση τα ατυχήματα που έχουν λάβει χώρα στο Ηνωμένο Βασίλειο.



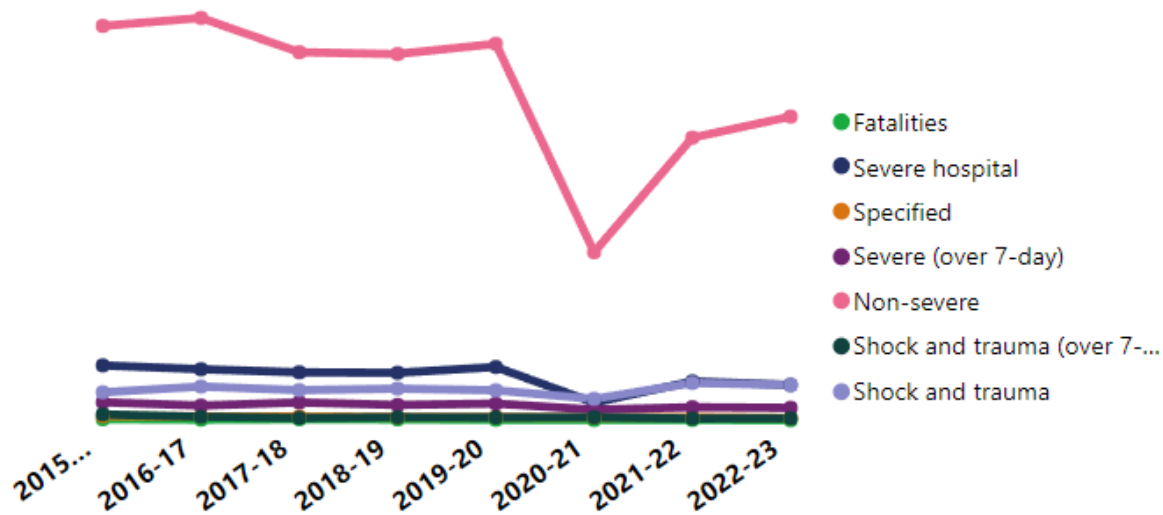
Σχήμα 7. Γράφημα τραυματισμών που συνδέονται με το σιδηροδρομικό δίκτυο του Ην. Βασιλείου (2008-2016) [6]



Σχήμα 8. Γράφημα τραυματισμών που συνδέονται με το σιδηροδρομικό δίκτυο του Ην. Βασιλείου (2017-2023) [6]



Σχήμα 9. Γράφημα κρισιμότητας τραυματισμών που συνδέονται με το σιδηροδρομικό δίκτυο του Ην. Βασιλείου(2022-2023). [6]



2015-16			2022-23		
●	Fatalities	50.00	●	Fatalities	22.00
●	Severe hospital	1,543.00	●	Severe hospital	1,002.00
●	Specified	133.00	●	Specified	83.00
●	Severe (over 7-day)	520.00	●	Severe (over 7-day)	365.00
●	Non-severe	10,967.00	●	Non-severe	8,451.00
●	Shock and trauma (over 7-day)	183.00	●	Shock and trauma (over 7-day)	74.00
●	Shock and trauma	796.00	●	Shock and trauma	998.00

Σχήμα 10. Γράφημα τραυματισμών ανά έτος του σιδηροδρομικού δικτύου του Ην. Βασιλείου (2015-2023) [6]

Σύμφωνα με τα παραπάνω γραφήματα σε γενικές γραμμές τα ποσοστά τραυματισμών βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με την εκτενή χρήση του σιδηροδρομικού δικτύου. Κατά τη περίοδο 2014-2019 παρατηρείται έντονη αύξηση των τραυματισμών με ανώτατο όριο τους 13.542 (2019-2020). Στη συνέχεια σε όλα τα γραφήματα παρατηρείται σημαντική πτώση την περίοδο 2020-2021 που οφείλεται, όπως έχει προαναφερθεί, στην έξαρση του COVID-19. Όλα τα περιστατικά αναφέρονται στο RIDDOR (Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulation), το οποίο αποτελεί κομμάτι της ORR. [6]

Κεφάλαιο 2

Τεχνικές Διερεύνησης Ατυχημάτων

2.1 Κρισιμότητα διερεύνησης ατυχημάτων

Το κομμάτι της διερεύνησης ατυχημάτων αποτελεί τομέα ζωτικής σημασίας στην πρόληψη των κινδύνων και τη διαχείριση της ασφάλειας. Η συστηματική διερεύνηση των παραγόντων και αιτιών που συμβάλλουν στην εμφάνιση ενός ατυχήματος βοηθά στην καλύτερη κατανόηση της προέλευσής του και στη συνέχεια οδηγεί στη βελτίωση κρίσιμων προτύπων ασφάλειας. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη συγκέντρωση και ανάλυση όλων αυτών των δεδομένων που στόχο δεν έχει μόνο την εύρεση των υπαίτιων του ατυχήματος αλλά και την ανάδειξη παραγόντων οι οποίοι δεν είναι ορατοί εκ πρώτης όψης. Η προσπάθεια αυτή συντονίζεται από εξειδικευμένους επαγγελματίες, τους μηχανικούς ασφαλείας, ερευνητές ατυχημάτων αλλά και νομικούς προκειμένου να υφίσταται μια ολοκληρωμένη δράση. Παρακάτω θα αναφερθούν τεχνικές που χρησιμοποιούνται σε αυτά τα πλαίσια, δίνοντας βάση σε αυτές που θα χρησιμοποιηθούν στη συγκεκριμένη ανάλυση. [1]

2.2 Ακολουθία Γεγονότων και Ενεργειών

- **Ανάλυση Ακολουθίας Γεγονότων και Ενεργειών (STEP)**

Η Ανάλυση Ακολουθίας Γεγονότων και Ενεργειών ή αλλιώς STEP χρησιμοποιείται στα πλαίσια διερεύνησης ατυχημάτων. Αρχικά γίνεται η συλλογή δεδομένων με την οποία συλλέγονται διεξοδικά όλα αυτά τα δεδομένα που σχετίζονται με το ατύχημα μέσω πηγών όπως αυτόπτες μάρτυρες, έρευνες, αναφορές, κ.ά. Στη συνέχεια δημιουργείται το χρονικό πλαίσιο όπου συνέβησαν τα γεγονότα του ατυχήματος και το οποίο περιλαμβάνει τις ενέργειες των εμπλεκόμενων ατόμων σε συνδυασμό με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες συνέβη το ατύχημα. Έπειτα γίνεται η καταγραφή αυτών των παραγόντων που επηρέασαν την ακολουθία των γεγονότων (π.χ. ανθρώπινο λάθος) και ο προσδιορισμός των αιτιών που οδήγησαν στο ατύχημα. Τέλος, όπως σε κάθε ανάλυση γίνονται συστάσεις για τη βελτίωση των υπαρχουσών διαδικασιών. Η μέθοδος αυτή βοηθάει στη σφαιρική ανάλυση της ακολουθίας των γεγονότων και ταυτόχρονα στον προσδιορισμό αδυναμιών του συστήματος.

2.3 Δέντρα Αστοχιών

- **Ανάλυση Δέντρων Αστοχιών**

Η ανάλυση δέντρων αστοχιών αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες μεθοδολογίες ανάλυσης ανεπιθύμητων συμβάντων και σε σχέση με την τεχνική STEP εμβαθύνει περισσότερο στους μηχανισμούς λαθών και των λανθασμένων διαδικασιών. Το δέντρο αστοχιών αναπαριστά τη λογική αλληλουχία των γεγονότων που οδήγησαν στο ατύχημα και έτσι καλύπτονται όλα τα πιθανά σενάρια που μπορεί να συνέβησαν. Εντοπίζεται το κορυφαίο γεγονός με τα υπόλοιπα που ακολουθούν να απεικονίζονται σε μια δενδροειδή μορφή. Το κάθε συστατικό γεγονός αναπαρίσταται μέσα από έναν κόμβο ενώ η σχέση μεταξύ αυτών καθορίζεται μέσα από του συνδυαστικούς τελεστές AND, OR και INHIBIT. Η πύλη AND, το γεγονός εξόδου, συμβαίνει μόνο όταν πραγματοποιηθούν όλα τα γεγονότα εισόδου ενώ στη περίπτωση του OR αρκεί να πραγματοποιηθεί μόνο ένα. Η αξιολόγηση της πιθανότητας εμφάνισης του κάθε παράγοντα συντελεί στο να υπολογιστεί ο συνολικός κίνδυνος για το κορυφαίο γεγονός. Το πρόβλημα ωστόσο που παρουσιάζεται είναι πως δεν είναι πάντα εύκολο να καθοριστεί η καταλληλότητα των πυλών AND και OR. Τα δέντρα αυτά βρίσκουν εξαιρετική εφαρμογή στην πρόληψη και την πρόβλεψη των ατυχημάτων. [1]

2.4 Διαγράμματα Μεταβλητότητας

- **Ανάλυση Διαγραμμάτων Μεταβλητότητας**

Τα διαγράμματα μεταβλητότητας θυμίζουν τα δέντρα αστοχιών ωστόσο αυτό που τα διαφοροποιεί είναι πως ξεκινάει από ένα πραγματικό γεγονός, δηλαδή δεν περιλαμβάνει όλα τα κλαδιά που οδηγούν σε πιθανά ατυχήματα, παρά μόνο αυτό που οδηγεί στο πραγματικό γεγονός. Πρακτικά τα διαγράμματα αυτά αποτελούν μια ακολουθία η οποία περιέχει γεγονότα ή ανθρώπινες δραστηριότητες. Στόχος είναι η διακοπή της ακολουθίας η οποία οδηγεί στο ατύχημα και έτσι αναζητούνται οι εμπλεκόμενοι κόμβοι οι οποίοι μπορούν να ακυρωθούν μέσα από την βελτίωση των συνθηκών και των μέτρων.

2.5 Ανάλυση Μεθόδου STAMP

Η STAMP (Systems-Theoretic Accident Model and Processes) αναπτύχθηκε από την Dr. Nancy Leveson και την ομάδα της που στόχο έχει την ολοκληρωμένη ανάλυση ατυχημάτων καθώς και την κατανόηση των συστημικών αιτιών που οδήγησαν σε αυτό. Εξετάζει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των στοιχείων ενός συστήματος και βρίσκει μεγάλη εφαρμογή σε πολύπλοκα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα όπως αυτά της αεροπορίας, της υγειονομικής περίθαλψης και της πυρηνικής ενέργειας. Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει σαν στόχο την εφαρμογή της συστημικής σκέψης σε σχέση με άλλες μεθόδους που επικεντρώνονται σε γραμμικά μοντέλα, καθώς δίνει

έμφαση στις αλληλεπιδράσεις των στοιχείων του συστήματος σε τεχνικό και ανθρώπινο πλαίσιο με απώτερο σκοπό τον εντοπισμό των παραγόντων που οδήγησαν σε κάποιο ατύχημα. Η μέθοδος STAMP χαρακτηρίζεται από τα παρακάτω:

1. Βασικές Έννοιες

- **Συστημική σκέψη:** Το κάθε ατύχημα αντιμετωπίζεται ως ένα σύστημα στοιχείων τα οποία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους.
- **Όρια συστήματος:** Το κάθε σύστημα που βρίσκεται υπό ανάλυση χαρακτηρίζεται από ένα πεδίο εφαρμογής που περιέχει τα φυσικά στοιχεία αλλά και τις ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις.

2. Ανάλυση Κινδύνων

- **Κίνδυνος:** Ως κίνδυνος στη STAMP χαρακτηρίζεται οτιδήποτε μπορεί να προκαλέσει βλάβη ή ατύχημα ενώ η φύση αυτών δε περιορίζεται μόνο στις φυσικές οντότητες αλλά και σε συστημικά ζητήματα όπως π.χ. ανεπαρκείς διαδικασίες.
- **Ανάλυση κινδύνων:** Γίνεται χρήση μίας ιεραρχικής προσέγγισης που στόχο έχει την εύρεση των κινδύνων και πως αυτοί επηρεάζουν το σύστημα που μελετάται.

3. Δομή Ελέγχου

- **Δομή ελέγχου:** Μέσω αυτού περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο διατηρείται η ασφαλής λειτουργία του συστήματος.
- **Ενέργειες ελέγχου:** Είναι οι ενέργειες που λαμβάνονται, είτε από ανθρώπινο παράγοντα είτε αυτοματοποιημένα, για τη διαχείριση κινδύνων.

4. Περιορισμοί Ασφαλείας

- **Περιορισμοί ασφαλείας:** Είναι τα όρια εντός των οποίων λειτουργεί το σύστημα με ασφάλεια.

5. Ροή Πληροφοριών

- **Ροή πληροφοριών:** Αφορά τον τρόπο ανταλλαγής πληροφοριών στο σύστημα και την επικοινωνία των ελεγκτών, που όσο πιο αποτελεσματική είναι τόσο μεγαλύτερες οι πιθανότητες αποφυγής ατυχήματος.

6. Μοντέλα Διαδικασιών

- **Μοντέλα διαδικασιών:** Αποτελεί τη σκιαγράφηση των λειτουργιών του συστήματος οι οποίες συμβάλλουν στη διατήρηση της ασφάλειας του συστήματος ή στην εισαγωγή κινδύνων σε περίπτωση που αυτές είναι προβληματικές.

7. Ανατροφοδότηση

- **Βρόγχοι ανατροφοδότησης:** Μέσω αυτών παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο το σύστημα ανταποκρίνεται και προσαρμόζεται στις αλλαγές που δέχεται.

8. Ανάλυση Ατυχημάτων

- **Ανάλυση ατυχημάτων:** Η μέθοδος STAMP κάνει χρήση όλων των παραπάνω διαδικασιών για την ανάλυση των ατυχημάτων αναζητώντας αποτυχίες που προέρχονται από το σύστημα και τρόπων με τους οποίους παραβιάστηκαν οι περιορισμοί ασφαλείας. [7]

Ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε η συγκεκριμένη μέθοδος είναι διότι δεν εστιάζει στην ακολουθία των γεγονότων που οδήγησαν σε ένα ατύχημα αλλά στο σύστημα ελέγχου ενός οργανισμού. Επιτρέπει τη μελέτη της ιεραρχικής δομής ενός συστήματος και βοηθάει να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο επικοινωνούν και μεταφέρουν την πληροφορία οι κόμβοι του συστήματος. Αυτομάτως δίνεται η δυνατότητα του άμεσου εντοπισμού των προβληματικών καταστάσεων του συστήματος. Η STAMP εντοπίζει τις βαθύτερες αιτίες ενός ατυχήματος διότι δεν εστιάζει στον υπαίτιο αλλά προσπαθεί να εντοπίσει τα προβλήματα του συστήματος. Με αυτό το τρόπο επιτυγχάνεται η κατανόηση των αιτιών μέσα από τις οποίες προκύπτουν βασικές συστημικές βελτιώσεις όπως για παράδειγμα η μεταφορά της πληροφορίας.

Η STAMP αντιμετωπίζει το κάθε ατύχημα ως μία αποτυχία ελέγχου. Στο κάθε σύστημα τίθενται προκαθορισμένοι περιορισμοί ασφαλείας. Οι περιορισμοί αυτοί προέρχονται από αποτελεσματικό σχεδιασμό. Το κάθε σύστημα αποτελείται από υποσυστήματα και έτσι η ύπαρξη ενός κινδύνου σε ένα από τα υποσυστήματα μπορεί να οδηγήσει στη μεταφορά αυτού σε κάποιο άλλο υποσύστημα και συνεπώς στη κατάρρευση του γενικού συνόλου, δηλαδή το ατύχημα. [1]

2.6 Ανάλυση μεθόδου ACCIMAP

Η μεθοδολογία της ACCIMAP, όπως αναπτύχθηκε από τον Jens Rasmussen, είχε ως αρχικό της στόχο την αποτροπή του κινδύνου και την ανάλυση ατυχημάτων όπως εφαρμόστηκε τελικά. Είναι μια συστημική τεχνική διερεύνησης των ατυχημάτων που βρίσκει χρήση στη διερεύνηση των αιτιών που οδήγησαν σε ένα συγκεκριμένο ατύχημα. Μια επιπλέον χρήση της ACCIMAP είναι η πρόταση μέτρων ασφαλείας. Χρησιμοποιείται κυρίως στη διερεύνηση ατυχημάτων που σχετίζονται με την

αεροπορία, τη διαχείριση των φυσικών πόρων (π.χ. πετρέλαιο), μέσα μαζικής μεταφοράς κ.ά. [1]

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά αυτής της συστημικής μεθόδου είναι ότι εμβαθύνει στα αίτια που προκάλεσαν ένα ατύχημα. Δεν περιορίζεται μόνο στα επιφανειακά αίτια που προκάλεσαν άμεσα την τραγωδία, όπως π.χ. στο λάθος χειρισμό ενός εργαζομένου, αλλά σκιαγραφεί ένα λογικό διάγραμμα απεικονίζοντας τον τρόπο που συνδυάστηκαν τα γεγονότα προκειμένου να οδηγήσουν στο ατύχημα. Με αυτόν τον τρόπο αρκετές φορές η μέθοδος συμβάλλει στην αποφυγή επήρριψης ευθυνών στα άτομα που είναι άμεσα συνδεδεμένα ρίχνοντας φως σε παράγοντες που δεν ήταν στη σφαίρα επιρροής τους.

Το διάγραμμα που σκιαγραφείται στη μέθοδο της ACCIMAP είναι πολυεπίπεδο και περιλαμβάνει όλα τα αίτια που οδήγησαν στο ατύχημα, τοποθετημένα ανάλογα με την αιτιώδη απόστασή τους από το τελικό συμβάν. Οι άμεσες αιτίες απεικονίζονται στα κατώτερα τμήματα ενώ οι πιο απομακρυσμένες σε υψηλότερα επίπεδα που η συνισταμένη όλων αυτών διαμορφώνουν το φάσμα των παραγόντων του ατυχήματος.

Τα κατώτερα επίπεδα του διαγράμματος αντιπροσωπεύουν τα φυσικά γεγονότα, τις δραστηριότητες των εργαζομένων και διαδικασίες που συνέβαλαν στο ατύχημα, ενώ στα υψηλότερα απεικονίζονται οι κυβερνητικοί και κοινωνικοί παράγοντες.

Ο λόγος για τον οποίο επιλέγεται η μέθοδος αυτή στη συγκεκριμένη ανάλυση είναι διότι με τη συγκέντρωση όλων των παραπάνω παραγόντων δημιουργούνται οι κατάλληλες συνθήκες ώστε οι αναλυτές να μπορέσουν να κατανοήσουν λεπτομερώς και με ποια σειρά έλαβαν χώρα τα γεγονότα του συμβάντος ώστε στη συνέχεια να μπορούν να προβούν σε διορθωτικά μέτρα σχετικά με προβληματικές περιοχές που δεν ήταν μέχρι τότε γνωστές. Επιπλέον η ACCIMAP επικεντρώνεται στην ανθρώπινη συμπεριφορά και τη θεωρεί κρίσιμο παράγοντα για την εμφάνιση ατυχημάτων. Και τα δύο ατυχήματα που πρόκειται να αναλυθούν περιέχουν σε μεγάλο βαθμό τον ανθρώπινο παράγοντα οπότε η ACCIMAP αποτελεί μια από τις καταλληλότερες μεθόδους για την ανάλυσή τους. [8]

Η μέθοδος αυτή έχει αναπτυχθεί με στόχο τη βελτίωση των συστημάτων και όχι αποκλειστικά για την απόδοση ευθυνών και έτσι το πραγματικό κριτήριο της ανάπτυξής της δεν είναι η αληθινή αναπαράσταση των γεγονότων που οδήγησαν στο ατύχημα, αλλά η παρουσίαση αυτών των ευαίσθητων παραγόντων οι οποίοι επιδέχονται βελτίωση.

Κεφάλαιο 3

Ατύχημα Grayrigg Derailment

Εισαγωγή

Ο εκτροχιασμός του Grayrigg (Grayrigg Derailment) αποτελεί ένα σιδηροδρομικό ατύχημα που συνέβη το Φεβρουάριο του 2007 και έλαβε χώρα στην Cumbria του Ηνωμένου Βασιλείου. Το ατύχημα προκλήθηκε από τον εκτροχιασμό επιβατικού τρένου το οποίο κινιόταν με υψηλή ταχύτητα σε σιδηρόδρομο ο οποίος ήταν ελλιπής από θέμα συντήρησης. [9]

Η ανάλυση αυτού του ατυχήματος παρέχει χρήσιμες πληροφορίες αναφορικά με τις επιπτώσεις αστοχιών της σιδηροδρομικής γραμμής και αναδεικνύει την κρισιμότητα της σιδηροδρομικής ασφάλειας. Η συγκεκριμένη ανάλυση αυτού του ατυχήματος θα γίνει με τη χρήση της μεθοδολογίας STAMP και ACCIMAP, μεθοδολογίες που επιτρέπουν την πολυεπίπεδη ανάλυση των αλληλεπιδράσεων και των αιτίων που συντέλεσαν στο ατύχημα. Η χρήση της μεθόδου STAMP θα αναδείξει τις συστημικές ανεπάρκειες που οδήγησαν στην τραγωδία ενώ η ACCIMAP θα προσφέρει μια χαρτογράφηση των αδυναμιών και της ανεπάρκειας από τεχνολογικής άποψης σε συνδυασμό με την ανεπαρκή ανθρώπινη διαχείριση. Η ανάλυση αυτή επιπλέον θα συστήσει νέα μέτρα για την ασφάλεια των σιδηροδρόμων, η οποία πηγάζει από τη σωστή λειτουργία και συντήρηση των υποδομών.



Εικόνα 1. Αποτέλεσμα εκτροχιασμού Grayrigg

3.1 Γενικά για το Grayrigg Derailment

Ο εκτροχιασμός του Grayrigg αποτελεί σιδηροδρομικό ατύχημα το οποίο έλαβε χώρα κοντά στο χωριό Grayrigg στην Cumbria του Ηνωμένου Βασιλείου, στις 23 Φεβρουαρίου του 2007. Η αμαξοστοιχία που ενεπλάκη στο ατύχημα άνηκε στην Virgin Trains Pendolino που εκτελούσε δρομολόγιο από το Λονδίνο με προορισμό την Γλασκόβη. Το τρένο αυτό άνηκε στην κατηγορία τρένων υψηλής ταχύτητας και σύμφωνα με την έρευνα που έγινε, ο εκτροχιασμός του προκλήθηκε με πάνω από 153 km/h. Οι σοβαρές συνέπειες του δυστυχήματος είχαν ως αποτέλεσμα τις εκτεταμένες έρευνες για τη βελτίωση της ασφάλειας στον κλάδο των σιδηροδρόμων.



Εικόνα 2. Εκτροχιασμένο τρένο Pendolino στο Grayrigg

3.2 Τρένο Pendolino

Το τρένο, το οποίο ενεπλάκη στο δυστύχημα του Grayrigg, ήταν κατηγορίας 390 Pendolino. Τα τρένα αυτά είναι σχεδιασμένα να κινούνται με υψηλές ταχύτητες με σημαντική σταθερότητα στις στροφές. Η εμπλοκή του συγκεκριμένου τρένου υψηλής ταχύτητας ωστόσο οφείλεται σε βλάβη που παρουσιάστηκε σε κινητό σημείο του σιδηροδρομικού δικτύου. Αυτά τα σημεία επιτρέπουν τη μετάβαση μιας αμαξοστοιχίας σε διαφορετική σιδηροδρομική κατάσταση, κοινώς αλλαγή από μία

γραμμή σε μία άλλη, προκειμένου να συνεχίσει την πορεία της. Η αστοχία σε μεταλλική ράβδο, κρίσιμο εξάρτημα που συγκρατεί τις κινητές ράγες των σημείων, ήταν η αιτία που προκάλεσε τον εκτροχιασμό μηχανοκίνητου μέρους του τρένου καθώς και των εννέα βαγονιών που μετέφερε τα οποία κατέληξαν σε παράλληλο μεταλλικό φράχτη. [9]

Ο τραγικός απολογισμός του εκτροχιασμού του τρένου στο Grayrigg ήταν ένας νεκρός και 86 τραυματίες με τους 5 από αυτούς να χρήζουν σοβαρής κατάστασης. Ο θάνατος ανθρώπου προκάλεσε την εις βάθος έρευνα από τις αρμόδιες αρχές για την αιτία που προκάλεσε αυτό το τραγικό γεγονός. Το αποτέλεσμα της έρευνας αυτής έδειξε πως η αιτία οφειλόταν σε ελλιπή συντήρηση των κινητών σημείων αλλαγής πορείας του τρένου.



Εικόνα 3. Στιγμές από την έρευνα των αιτιών του εκτροχιασμού στο Grayrigg

3.3 Κατάσταση των υποδομών

Σύμφωνα με την έκθεση της RAIB (Rail Accidents Investigation Branch) παρατηρήθηκαν ελλείψεις αναφορικά με τις διαδικασίες συντήρησης των σιδηροδρομικών υποδομών σε συνδυασμό με την ύπαρξη πρωτοκόλλων επιθεώρησης, που κρίθηκαν ανεπαρκή. Με την πάροδο του χρόνου είχαν σχηματιστεί ρωγμές στα μέταλλα που ήταν υπαίτια για τον εκτροχιασμό του τρένου και που δεν είχαν

εντοπίζεται από τους αρμόδιες ομάδες αφού δεν υπήρχε η κατάλληλη καθοδήγηση για τον εντοπισμό τους.



Εικόνα 4. Εικόνα ενός εκ των εννέα βαγονιών μετά το ατύχημα

Αποτέλεσμα των παραπάνω ήταν νέες συστάσεις για τη βελτίωση των μέτρων ασφάλειας σχετικά με τις υποδομές που σκοπό είχαν την πρόληψη άλλων παρόμοιων περιστατικών. Ο εκτροχιασμός στο Grayrigg προβλημάτισε αρκετά τις αρμόδιες αρχές καθώς αναδείχθηκε η ανάγκη ύπαρξης αυστηρών και ισχυρών πρωτοκόλλων για την επιθεώρηση και τη συντήρηση των υποδομών. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα οι ρυθμιστικοί φορείς να αυξήσουν τις προσπάθειές τους για τον εντοπισμό επιπλέον προβλημάτων συντήρησης τα οποία δεν ήταν μέχρι τότε γνωστά. Αυτές οι ενέργειες έγιναν στο πλαίσιο της πρόληψης νέων ατυχημάτων και της προώθησης μιας κουλτούρας ασφαλείας.

3.4 Γενικές πληροφορίες για το σιδηροδρομικό δίκτυο και την εταιρεία

Η Virgin Trains ή αλλιώς West Coast Trains Limited, αποτελούσε μια σιδηροδρομική εταιρεία της οποίας η ενασχόληση περιείχε την εκμετάλλευση αμαξοστοιχιών στο Ηνωμένο Βασίλειο. Αποτελούσε κομμάτι του ομίλου Virgin Rail Group (κοινοπραξία μεταξύ Virgin και Stagecoach) και ήταν αυτή η οποία διαχειρίστηκε την Intercity West Coast από το 1997(9-Μαρ) μέχρι το 2019(7-Δεκ).

Η συγκεκριμένη σιδηροδρομική εταιρεία απασχολούσε περίπου 3.400 υπαλλήλους ενώ μέσω της West Coast Main Line συνέδεε πόλεις όπως, Λονδίνο, Μάντσεστερ, Γλασκόβη, Λίβερπουλ και άλλες μεγάλες πόλεις. Η σύμβαση της εταιρείας έληξε νωρίτερα από αυτό που είχε προγραμματιστεί, στις 7 Δεκ 2019, καθώς αποκλείστηκε ο κοινοπρακτικός της έτερος, η Stagecoach. Παρά τη διακοπή της σύμβασης, έγινε μια προσπάθεια από τη μεριά της Virgin Trains να συνεχιστεί το έργο της. Η ίδια υπέβαλε αίτηση στην ORR (Office of Rail and Road) προκειμένου να της δοθεί η άδεια να εκτελεί δρομολόγια από το Λίβερπουλ προς το Λονδίνο με χρήση των τρένων 221 Super Voyager, κάτι το οποίο δεν έγινε αφού η εταιρεία απέσυρε την αίτηση της λόγω αβεβαιότητας.

3.5 Χαρακτηριστικά τρένου Pendolino

Το τρένο, που εκτροχιάστηκε στις 23 Φεβ 2007, ήταν το Pendolino, British Rail Class 390 και ανήκε στον στόλο της Virgin Trains. Το συγκεκριμένο τρένο είχε χαρακτηριστεί από πολλούς σχεδιαστές ως αεροσκάφος παρά τρένο, καθώς με τις κατάλληλες σιδηροδρομικές υποδομές είχε την δυνατότητα να κινείται με 225km/h. Το ρύγχος ή αλλιώς το μπροστινό μέρος του Pendolino ήταν κατασκευασμένο με αεροδυναμικό τρόπο, χρησιμοποιώντας συνθετικά υλικά, ίδια με αυτά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αγωνιστικών οχημάτων. Η συγκεκριμένη τεχνική συνδυάζει την αντοχή και την εφαρμογή αεροδυναμικών κανόνων για την αύξηση της ταχύτητας.



Εικόνα 5. Class 390 Pendolino

Η ιδιότητα αυτού του τρένου ήταν να γέρνει στις στροφές διατηρώντας υψηλή ταχύτητα και σταθερότητα, γι' αυτό και η διατομή του αμαξώματος ήταν κωνική. Το αμάξωμα θα έπρεπε αναγκαστικά να είναι στενότερο διότι σε διαφορετική περίπτωση κατά την κλίση του θα υπήρχε κίνδυνος σύγκρουσης με παράλληλα διερχόμενα τρένα. Η ισχύς για την κίνηση του τρένου παρέχεται από συρματοκιβώτια εξωτερικά του τρένου, με τη μορφή εναλλασσόμενου ρεύματος. Ο εσωτερικός χώρος της αμαξοστοιχίας που προσφερόταν για την μεταφορά των επιβατών ήταν ιδιαίτερα εξελιγμένος και διέθετε τεχνολογίες όπως για παράδειγμα οπτικά συστήματα μέσα από τα οποία οι επιβάτες μπορούσαν να πληροφορούνται για την πορεία του τρένου.

3.6 Κατασκευαστικά ελαττώματα Pendolino

Παρά τις τεχνολογικές και κατασκευαστικές εξελίξεις του Pendolino, η αμαξοστοιχία δεν ήταν άμοιρη ελαττωμάτων. Ένα σφάλμα στο λογισμικό του τρένου οδήγησε στην πρόσκρουσή του, το 2004, σε πλατφόρμα της Λίβερπουλ. Συγκεκριμένα, το Pendolino διέθετε σύστημα προστασίας ολίσθησης των τροχών, που αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να αναστέλλονται τα φρένα της αμαξοστοιχίας σε χαμηλές ταχύτητες. Ένα ακόμα πρόβλημα αναφορικά με τα βαγόνια του τρένου είναι πως η κωνική μορφή που είχαν για να μην παρουσιάζεται πρόβλημα κατά την κλίση του τρένου, είχε σαν αποτέλεσμα να είναι μικρότερα και στενότερα. Επίσης τα παράθυρα του τρένου ήταν μικρότερα σε σχέση με αυτά των υπολοίπων τρένων ενώ περίπου το 22,5% των θέσεων δε διέθεταν παράθυρο. Άλλο ένα πρόβλημα του τρένου αυτού ήταν ο αυξημένος αριθμός επιβατών σε ώρες αιχμής.



Εικόνα 6. Εσωτερικό τμήμα Pendolino 390

3.7 Κύρια Γεγονότα Ατυχήματος Grayrigg

Στις 23 Φεβρουαρίου του 2007 το τρένο 390 Pendolino ξεκίνησε το δρομολόγιο του από το Λονδίνο προς το Euston, στις 17:15 χωρίς προβλήματα ή δύσκολες συνθήκες. Έπειτα από την προγραμματισμένη αλλαγή του μηχανοδηγού στο Preston, το τρένο συνέχισε το δρομολόγιό του. Καθώς το τρένο κινιόταν με ταχύτητα 153 km/h, πλησιάζοντας στο Lambrigg, προσέγγισε τα κινητά σημεία 2B, τα οποία ευθύνονται για την αλλαγή κατεύθυνσης του τρένου και μεταφοράς του σε διαφορετική σιδηροδρομική λωρίδα. Ωστόσο τα συγκεκριμένα σημεία δεν βρίσκονταν σε ανοιχτή θέση με αποτέλεσμα ορισμένοι από τους τροχούς του τρένου να οδηγηθούν εκτός ράγας, αφού αυτή η προβληματική κατάσταση των σημείων είχε ως αποτέλεσμα τη στένωση της σιδηροδρομικής γραμμής. Ο εκτροχιασμός που αντιμετώπισε το κινητήριο βαγόνι του Pendolino 390 είχε ως αποτέλεσμα να εκτροχιαστεί και η υπόλοιπη αμαξοστοιχία προκαλώντας τεράστιες ζημιές.

Το γεγονός πως το τρένο κινιόταν με χρήση αυτόματου οδηγού, βρήκε τον μηχανοδηγό ξαφνιασμένο, χωρίς να προλάβει να αντιδράσει στον εκτροχιασμό του τρένου. Ο οδηγός της αμαξοστοιχίας χτύπησε κατά τη διάρκεια του εκτροχιασμού και βρέθηκε αναίσθητος με σοβαρούς τραυματισμούς.

Παράλληλα ο εκτροχιασμός του τρένου προκάλεσε την ενεργοποίηση κατάστασης έκτακτης ανάγκης στην ευρύτερη περιοχή με αποτέλεσμα όλοι οι σηματοδότες να εκπέμπουν σήμα έκτακτης ανάγκης. Αυτό κρίθηκε πολύ αποτελεσματικό αφού με αυτό τον τρόπο ένα διερχόμενο τρένο CE75 που βρίσκονταν σε απόσταση μικρότερη των 300 μέτρων, κατάφερε να ακινητοποιηθεί πριν φτάσει στο σημείο του εκτροχιασμού.

Ο οδηγός του Pendolino παρά τα τραύματα που έφερε, ανακτώντας τις αισθήσεις του, ενημέρωσε για τον εκτροχιασμό του τρένου το κέντρο ελέγχου της Virgin Trains, μέσω του κινητού τηλεφώνου του(καθώς τα συστήματα επικοινωνίας είχαν δεχθεί ζημιές) έτσι ώστε να διακοπούν τα δρομολόγια προς αυτή την κατεύθυνση. Παρόμοια ήταν και η αντίδραση του επιβλέποντος της αμαξοστοιχίας Pendolino 390 που ωστόσο δεν μπορούσε να αντιληφθεί σε ποιο ύψος στη σιδηροδρομικής γραμμής είχε συμβεί το ατύχημα.[10] Στη συνέχεια όσοι υπάλληλοι του τρένου βρίσκονταν σε καλή κατάσταση, παρείχαν τις πρώτες βοήθειες στους επιβάτες του τρένου. Όμως, η στενή κατασκευή των βαγονιών του τρένου δυσκόλευαν κι άλλο την ήδη δύσκολη κατάσταση, καθώς δεν υπήρχε ο απαραίτητος χώρος για τη γρήγορη μεταφορά του προσωπικού.

Στη συνέχεια ενημερώθηκαν οι υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης για παροχή άμεσης βοήθειας. Πολλοί από τους κατοίκους της περιοχής έσπευσαν στο σημείο για να βοηθήσουν και οι ίδιοι. Στο κέντρο ελέγχου της Network Rail το προσωπικό που διαχειριζόταν τα συστήματα ηλεκτρονικού ελέγχου γνώριζαν αμέσως πως υπήρξε εκτροχιασμός του τρένου αλλά δεν γνώριζαν την αιτία που το προκάλεσε αυτό και έτσι έθεσαν όλα τα σήματα της περιοχής σε κατάσταση κινδύνου. Περίπου στα 50 άτομα εκ των οποίων το ένα ήταν ο οδηγός και το άλλο ένας υπάλληλος του τρένου, μεταφέρθηκαν εκτάκτως στο νοσοκομείο.

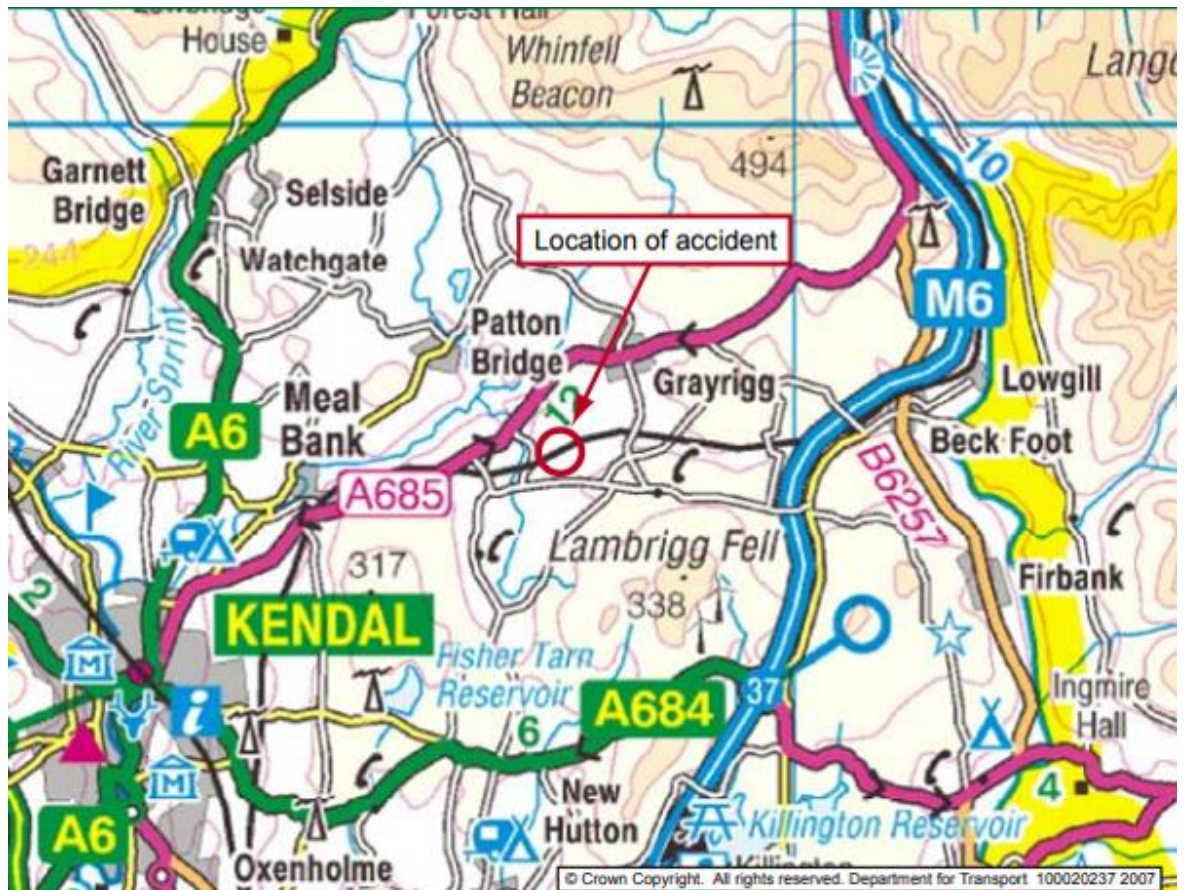


Εικόνα 7. Τελική θέση του εκτροχιασμένου τρένου με αριθμημένα βαγόνια [10]

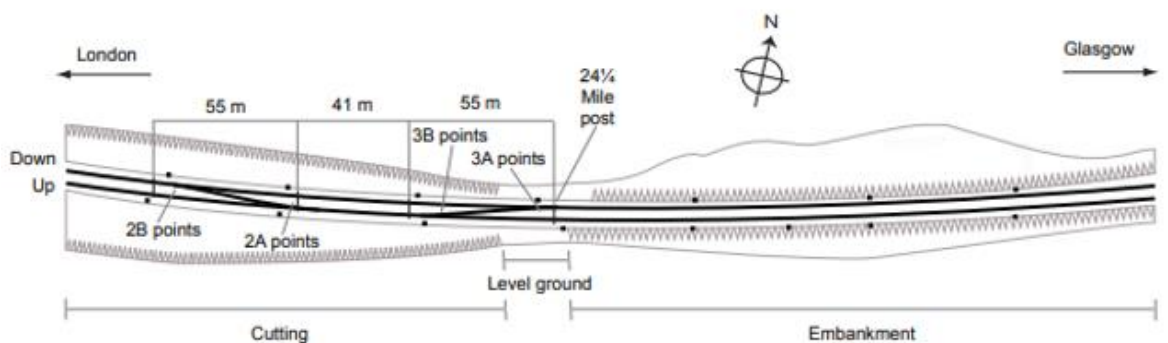
Για τις μέρες που ακολούθησαν οι δρόμοι γύρω από το συμβάν παρέμειναν κλειστοί με σκοπό την αποκατάσταση του σιδηροδρόμου. Η RAIB προχώρησε σε εκτενείς έρευνες και στα σημεία που προκάλεσαν τον εκτροχιασμό του τρένου αλλά και σε όλα τα κινητά σημεία του σιδηροδρομικού δικτύου προκειμένου να μη συμβεί κάτι αντίστοιχο μελλοντικά. Η έρευνα αυτή συνεχίζεται έως και σήμερα, καθώς συνέβη ένας ακόμα εκτροχιασμός τρένου στις 10 Μάϊου του 2022. [10]

3.8 Ανάλυση ατυχήματος Grayrigg Derailment με χρήση της μεθόδου STAMP

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα γίνει η ανάλυση του ατυχήματος Grayrigg με χρήση της μεθοδολογίας STAMP που αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια. Επιπλέον θα γίνουν αναφορές για τις αιτίες που προκάλεσαν το ατύχημα, όπως προέκυψαν από την έρευνα της RAIB. Παρακάτω παρουσιάζονται δύο διαγράμματα, το ένα αφορά την τοποθεσία του ατυχήματος ενώ το άλλο μια απεικόνιση της σιδηροδρομικής γραμμής που συνέβη το ατύχημα.



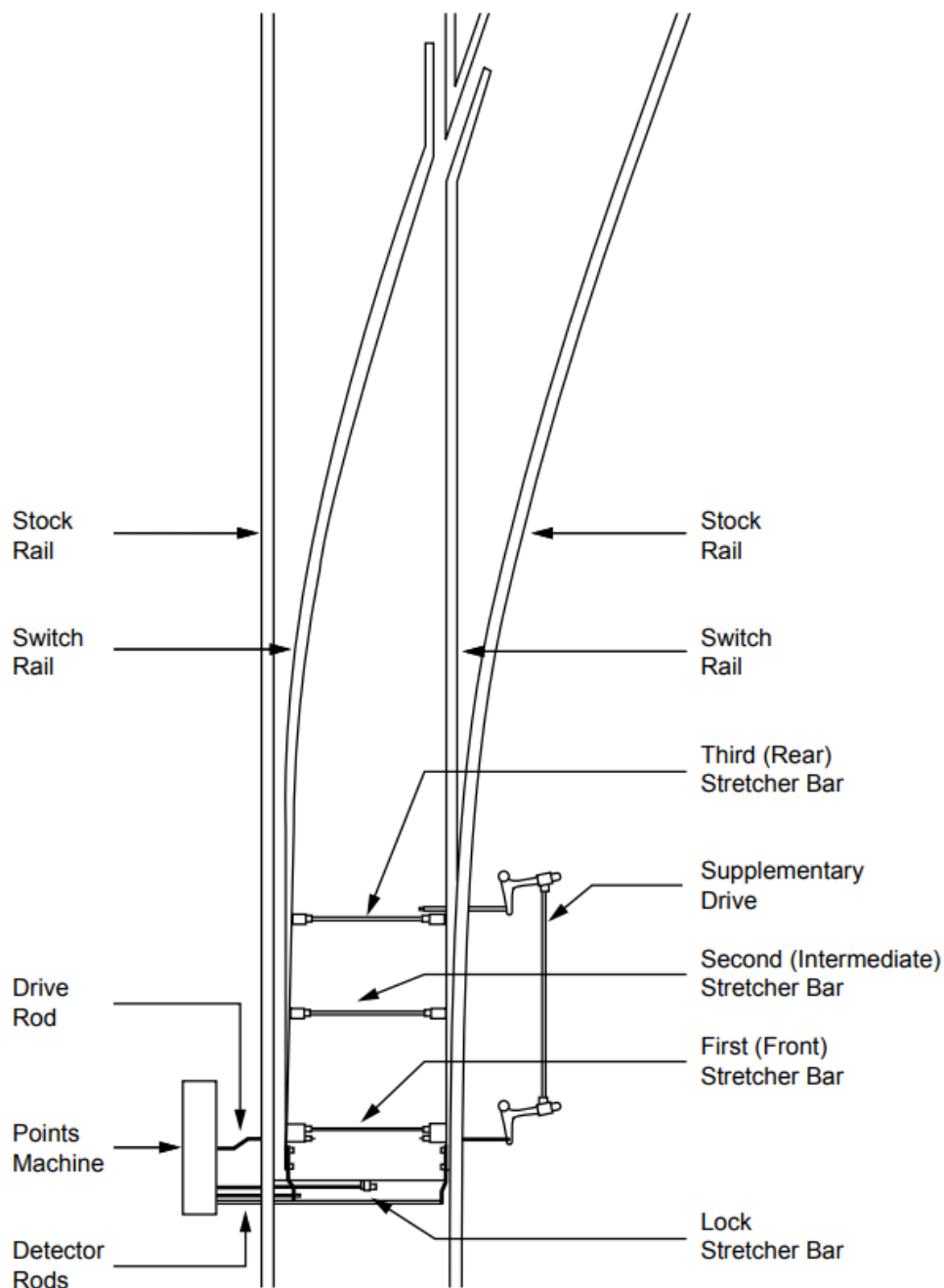
Εικόνα 8. Τοποθεσία που συνέβη το ατύχημα [10]



Σχήμα 11. Αναπαράσταση της σιδηροδρομικής γραμμής του ατυχήματος [10]

3.9 Επεξήγηση λειτουργίας κινητών σημείων

Όπως αναφέρθηκε, το τρένο Pendolino 390, που μετέφερε 105 επιβάτες με κατεύθυνση προς την Γλασκόβη, εκτροχιάστηκε λόγω ελαττωματικών κινητών σημείων του τρένου. Αποτέλεσμα ήταν να καταλήξουν όλα τα βαγόνια του τρένου και το κινητήριο βαγόνι σε πλαγιά, παράλληλα της σιδηροδρομικής γραμμής. Σε αυτό στο σημείο θα γίνει ανάλυση του τρόπου λειτουργίας των κινητών σημείων της σιδηροδρομικής γραμμής χρησιμοποιώντας το παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 12. Αναπαράσταση κινητού σημείου [10]

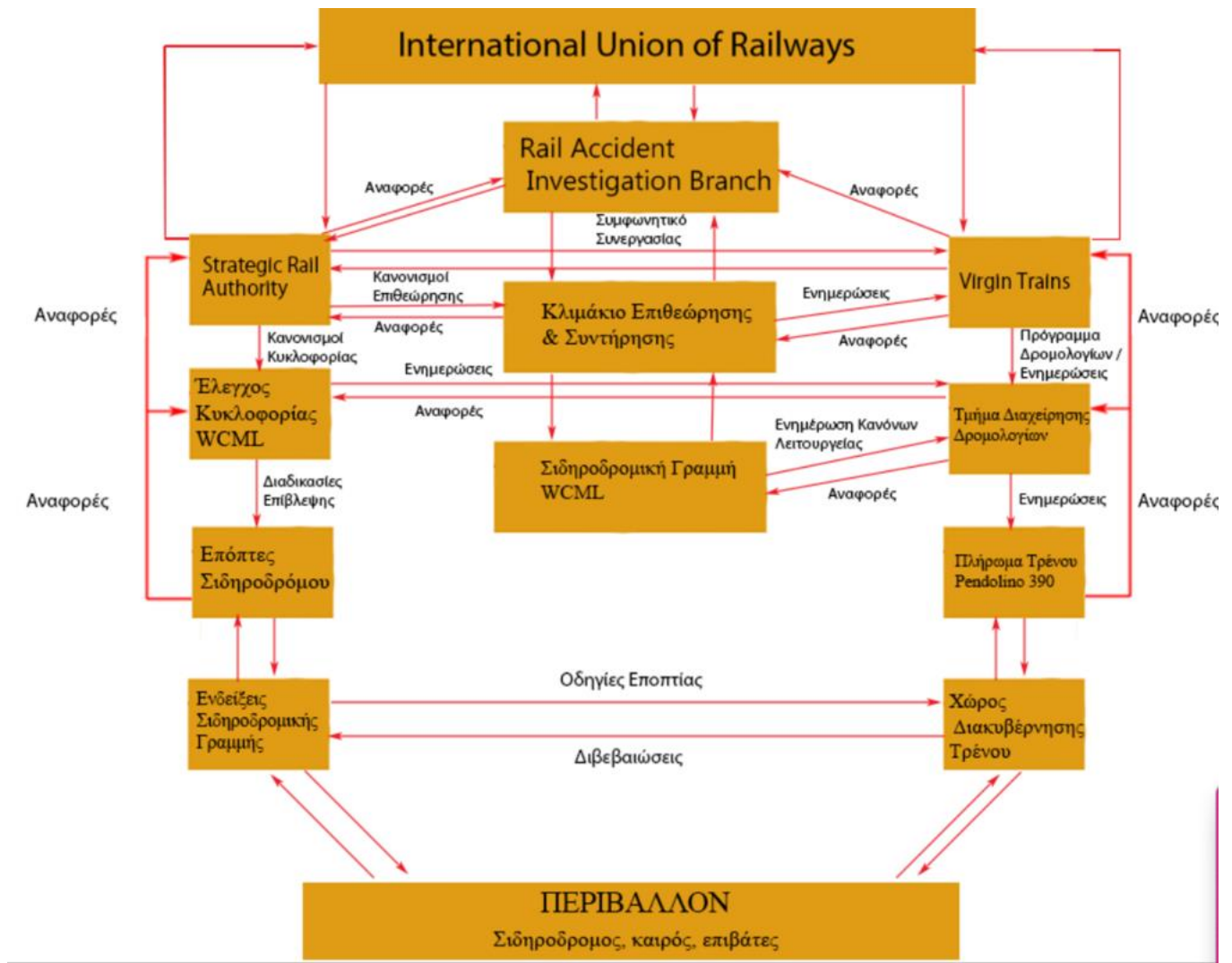
Τα κινητά σημεία είναι υπεύθυνα για τη μετακίνηση του τρένου από μια γραμμή σε μια άλλη. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο όπως παρουσιάζεται και στο παραπάνω σχήμα(σχ. 12), χρησιμοποιούνται δύο ράγες οι οποίες κινούνται από τη μια πλευρά της γραμμής προς μία άλλη. Οι κινητές αυτές ράγες είναι γνωστές ως γραμμές εναλλαγής και είναι σχεδιασμένες κοντά στις στατικές γραμμές. Η κίνηση αυτών των γραμμών εναλλαγής γίνεται μέσω των μετάλλων (stretched bars) οι οποίες είναι συνδεδεμένες στο κάτω μέρος του συστήματος με εξοπλισμό ανίχνευσης προκειμένου να διαβεβαιώνεται η σωστή θέση τους. Οι μπάρες Supplementary Drive μεταφέρουν τη κίνηση που τους δίνεται μέσα από το μηχανικό σημείο Points Machine προκειμένου να επιτευχθεί η εναλλαγή θέσης. [10]

3.10 Κατάσταση των κινητών σημείων

Σχετικά με το ατύχημα του Grayrigg, τα κινητά σημεία που ενεπλάκησαν στο ατύχημα είχαν καταπονηθεί και είχαν παρουσιάσει βλάβες στο παρελθόν, με αποτέλεσμα να έχει δοθεί εντολή για την αντικατάστασή τους, που προφανώς δεν είχε γίνει μέχρι τότε. Έτσι οι ράβδοι που ευθύνονταν για τη σωστή απόσταση μεταξύ των σιδηροτροχών έφεραν σπασίματα, μεταλλουργικές και κατασκευαστικές ατέλειες. Οι μεταλλουργικές ατέλειες οφείλονταν σε λανθασμένο ποιοτικό έλεγχο που έλαβε χώρα κατά τη διαδικασία κατασκευής τους. Όπως προέκυψε από έρευνα οι διαδικασίες που εκτελούνταν κατά τη διαδικασία κατασκευής του ήταν ανεπαρκείς, ενώ παράλληλα τα πρωτόκολλα που εφάρμοζε η κατασκευαστική εταιρεία για τον εντοπισμό ατελειών και προβλημάτων δεν μπορούσαν να εντοπίσουν τις ατέλειες αυτές.

3.11 Χρήση μεθόδου STAMP

Σε αυτό το σημείο θα παρουσιαστούν, με τη χρήση της μεθόδου STAMP, οι αλληλεπιδράσεις των οργανισμών που σχετίζονται με το σιδηροδρομικό ατύχημα καθώς και της λειτουργίας και συντήρησης του σιδηροδρόμου. Παρακάτω παρουσιάζεται σχετικό σχήμα που απεικονίζει την ιεραρχική δομή του συστήματος.



Σχήμα 13. Ιεραρχική δομή του συστήματος του ατυχήματος Grayrigg Derailment [1]

Σχήμα 14. Ανάλυση αρμοδιοτήτων και λαθών σε επίπεδο χειριστών και επόπτων, ατύχημα Grayrigg. [1]

ΠΛΗΡΩΜΑ ΤΡΕΝΟΥ PENDOLINO 390

Πλαίσιο Εργασιών

- ✓ Ο οδηγός του τρένου ήταν έμπειρος στη διακυβέρνηση του τρένου.
- ✓ Χρήση αυτόματου πιλότου.

Ανεπαρκή Νοητικά Μοντέλα

- ✓ Ανεπαρκές νοητικό μοντέλο για τις επιδράσεις της ελλιπούς συντήρησης του κινητού σημείου.

Ανεπαρκείς αποφάσεις και σχέδια δράσης

- ✓ Συνέχιση εκτέλεσης του δρομολογίου παρά το πρόβλημα της σιδηροδρομικής γραμμής.

Ανεπαρκής Συντονισμός

- ✓ Το πλήρωμα δεν ήταν ενημερωμένο για την διάγνωση του προβλήματος του κινητού σημείου.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Πλαίσιο Εργασιών

- ✓ Έγκριση καθυστέρησης της συντήρησης του σημείου.
- ✓ Λάθος μη διακοπή της γραμμής.

Ανεπαρκή Νοητικά Μοντέλα

- ✓ Εκτιμούσαν πως το κινητό σημείο θα μπορούσε να επισκευαστεί εν καιρώ.

Ανεπαρκείς αποφάσεις και σχέδια δράσης

- ✓ Οι ελεγκτές κυκλοφορίας δεν μερίμνησαν για την ενημέρωση του οδηγού του Pendolino σχετικά με το πρόβλημα που είχε παρουσιάσει το κινητό σημείο.

Ανεπαρκής Συντονισμός

- ✓ Αρκετοί τομείς ελέγχου δε συντονίστηκαν για την ασφαλή πορεία του τρένου.

ΚΛΙΜΑΚΙΟ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Πλαίσιο Εργασιών

- ✓ Το κλιμάκιο δεν εντόπισε επαρκώς τις μικρο-ρωγμές και τη φθορά που είχε δεχτεί η γραμμή.
- ✓ Τα υλικά που είχαν χρησιμοποιηθεί στις υποδομές δεν ήταν πλήρως ελεγμένα και έφεραν κατασκευαστικές ατέλειες.
- ✓ Προηγούμενοι συντηρητές είχαν συντηρήσει με λάθος τρόπο το σημείο(απουσία βιδών και μετάλλων).

Ανεπαρκή Νοητικά Μοντέλα

- ✓ Πίστευαν πως το σημείο ήταν άρτια κατασκευασμένο.
- ✓ Δεν πίστευαν πως το σημείο έχρηζε άμεσης επιδιόρθωσης και πως η διέλευση τρένου θα ήταν ασφαλής.

Ανεπαρκείς αποφάσεις και σχέδια δράσης

- ✓ Λόγω φόρτου εργασίας δεν προέβησαν σε άμεση συντήρηση της γραμμής.
- ✓ Δεν πρότειναν το κλείσιμο της γραμμής μέχρι να γίνει η συντήρηση.

Ανεπαρκής Συντονισμός

- ✓ Αρκετοί τομείς ελέγχου δεν ήταν ενημερωμένοι επαρκώς από το κλιμάκιο, το οποίο ούτε το ίδιο γνώριζε την κρίσιμη κατάσταση της γραμμής.

STRATEGIC RAIL AUTHORITY

Πλαίσιο Εργασιών

- ✓ Η SRA βρίσκονταν σε συνεχή προγραμματισμό αναβάθμισης του δικτύου και ο φόρτος εργασίας ήταν μεγάλος.
- ✓ Μειωμένο προσωπικό και υλικά συντήρησης των υποδομών.

Ανεπαρκή Νοητικά Μοντέλα

- ✓ Πίστευαν πως τα υλικά τα οποία προμηθεύονταν για το συγκεκριμένο δίκτυο δεν έφεραν ατέλειες και έτσι δεν τα έλεγχαν παραπάνω κατά την παραλαβή.
- ✓ Αντιμετώπιζαν τα προβλήματα που προέκυπταν ανάλογα με τη διαθεσιμότητα εργατών που ήταν λιγότεροι από όσους έπρεπε.

Ανεπαρκείς αποφάσεις και σχέδια δράσης

- ✓ Οι υπάλληλοι της SRA δεν ενημέρωσαν τους ελεγκτές κυκλοφορίας για πιθανό κίνδυνο του σημείου.
- ✓ Δεν προγραμμάτισαν την άμεση επιδιόρθωση των προβλημάτων.

Ανεπαρκής Συντονισμός

- ✓ Δεν διέταξαν το κλείσιμο ή την παράκαμψη της γραμμής ούτε την ακύρωση των δρομολογίων μέχρι νεωτέρας.
- ✓ Οι εποπτικές αρχές και οι σιδηροδρομικές εταιρείες ήταν πλήρως ανημέρωτες.

Σχήμα 14. Ανάλυση αρμοδιοτήτων και λαθών σε επίπεδο χειριστών και επόπτων, ατύχημα Grayrigg [1]

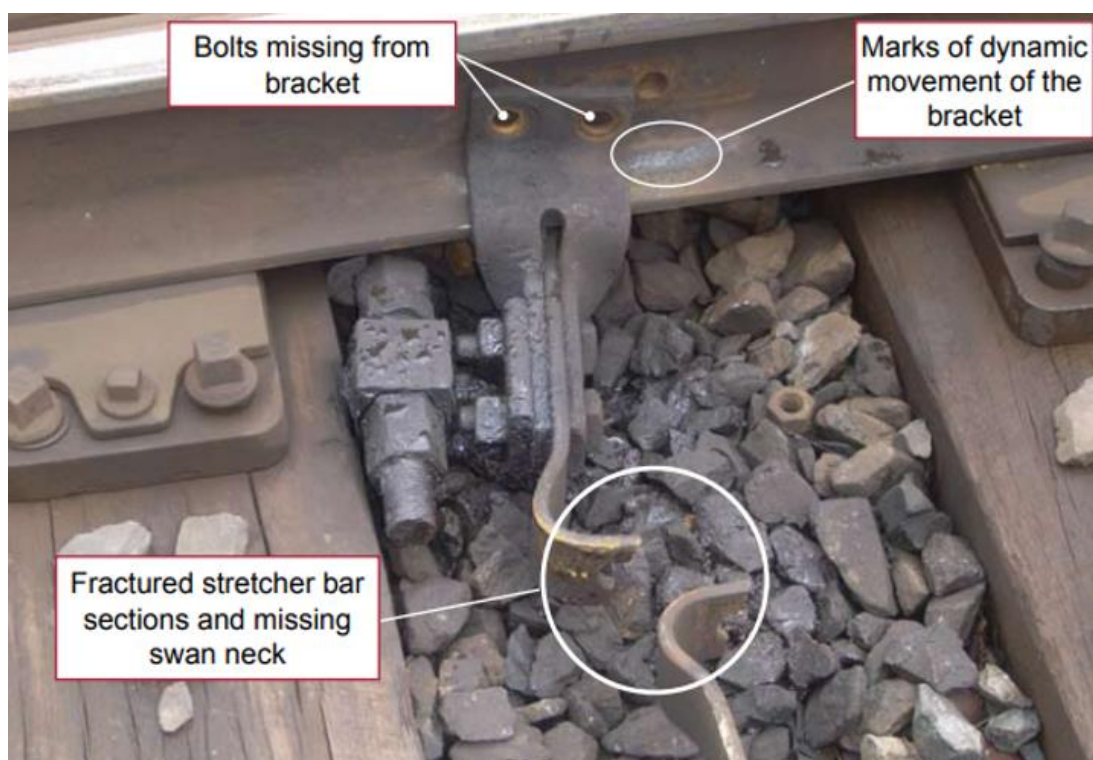
3.12 Ανάλυση αποτελεσμάτων μεθόδου STAMP

Η ανάλυση του παραπάνω ιεραρχικού διαγράμματος έχει ως αρχή το χαμηλότερο επίπεδο, το περιβάλλον δηλαδή στο οποίο έλαβε χώρα το τραγικό ατύχημα. Το ατύχημα συνέβη σε τμήμα της σιδηροδρομικής γραμμής West Coast Main Line κοντά στο Grayrigg. Οι επόπτες του τμήματος της σιδηροδρομικής γραμμής μέσω των ενδείξεων επικοινωνούν και ενημερώνουν τον οδηγό του τρένου για τυχόν αλλαγές ή καταστάσεις κινδύνου. Αυτοί οι επόπτες ενημερώνονται από την ομάδα που εξειδικεύεται στον έλεγχο κυκλοφορίας της WCML οι οποίοι εποπτεύουν την γενικότερη σιδηροδρομική γραμμή. Οι επόπτες της WCML με τη σειρά τους ενημερώνουν(ή δέχονται αναφορές) το τμήμα της σιδηροδρομικής εταιρείας (Virgin Trains) για την κατάσταση του σιδηροδρόμου και για τυχόν προβλήματα που έχουν προκύψει, ενώ το τμήμα αυτό της εταιρείας είναι υπεύθυνο για την ενημέρωση του πληρώματος του τρένου που εκτελεί το δρομολόγιο. Η Strategic Rail Authority είναι υπεύθυνη για την ομαλή και ασφαλή λειτουργία ολόκληρου του σιδηροδρομικού δικτύου του Ηνωμένου Βασιλείου και επεμβαίνει σε σημεία που θεωρεί πως δεν τηρούνται σωστά οι απαραίτητοι περιορισμοί. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό η SRA βρίσκεται σε συνεχή επικοινωνία με την Rail Accident Investigation Branch που από κοινού ερευνούν όλα τα ατυχήματα που προκύπτουν στη σιδηροδρομική γραμμή και εξάγουν πορίσματα για τη βελτίωση των υποδομών. Οι δύο παραπάνω από κοινού συντονίζουν το τμήμα επιθεωρήσεων και συντήρησης του σιδηροδρομικού δικτύου και αποστέλλουν εντολές στις αρμόδιες ομάδες, καθορίζοντας το πρόγραμμα και τη προτεραιότητα συντήρησης των υποδομών. Το κλιμάκιο συντήρησης με τη σειρά του είναι υπεύθυνο για τον εντοπισμό ατελειών και αντιμετώπισης τους καθώς και την αναφορά αυτών στις ανώτερες αρχές του συστήματος.

Στο συγκεκριμένο ατύχημα κανένα από τα παραπάνω τμήματα δεν μπόρεσε να εντοπίσει το πρόβλημα που είχε παρουσιαστεί στα ελαττωματικά κινητά σημεία. Το τμήμα επιθεωρήσεων είχε εντοπίσει μια βλάβη και είχε καθοριστεί ημερομηνία αλλαγής των μετάλλων στο πλαίσιο συντήρησης. Ωστόσο η κρίσιμη ελαττωματική κατασκευαστική ποιότητα των μετάλλων δεν είχε εντοπιστεί από κανέναν φορέα. Δεν είχε γίνει καμία αναφορά για επίσπευση της προσοχής στο συγκεκριμένο τμήμα της σιδηροδρομικής γραμμής, προς της SRA και κατά συνέπεια προς της Virgin Trains για ανακατεύθυνση του δρομολογίου. Έτσι η SRA άθελα της επέτρεψε την ύπαρξη του κρίσιμου αυτού προβλήματος κάτι που οφείλεται στο γεγονός πως δεν είχε συμβεί στο παρελθόν παρόμοιο δυστύχημα σε κινητά σημεία του σιδηροδρόμου. Αυτό μαρτυρείται και από τη δράση που έλαβε μετά τον εκτροχιασμό του Pendolino 390, που προχώρησε σε λεπτομερή εξέταση και συντήρηση των υπόλοιπων κινητών στοιχείων του δικτύου. Το θετικό ήταν πως έδρασαν άμεσα τα σήματα κατάστασης κινδύνου αποτρέποντας παρόμοιο ατύχημα, όπως αυτό του Selby με σύγκρουση δεύτερου τρένου με το ήδη εκτροχιασμένο τρένο.

Μία ομάδα εβδομαδιαίας επιθεώρησης είχε εντοπίσει την απώλεια 2 βιδών από το κινητό σημείο 2B κάτι που αργότερα επιδιορθώθηκε από το κλιμάκιο συντήρησης. Η

κόπωση που είχε δεχτεί το μέταλλο Stretcher bar σε συνδυασμό με την κακή του ποιότητα είχε ως αποτέλεσμα να σπάσει, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 9. Σημείο 2B, απώλεια 2 βιδών και σπασμένο stretcher bar [10]

Οι μικροσκοπικές ρωγμές που είχαν αναπτυχθεί από την εκτενή χρήση δίχως σωστή συντήρηση έγιναν ακόμα μεγαλύτερες και έτσι υπήρξε αυτό το αποτέλεσμα. Έτσι οι ράγες δεν διατήρησαν την απαραίτητη ευθυγράμμιση προς τη δεύτερη σιδηροδρομική γραμμή. Οι ελεγκτές της σιδηροδρομικής γραμμής δεν θα μπορούσαν να γνωρίζουν για τη μικρή αυτή απόκλιση καθώς δεν υπήρχαν ανιχνευτές για αυτήν την αστοχία. Κανείς λοιπόν από τα παρακάτω επίπεδα δεν θα μπορούσε να ήταν προετοιμασμένος για αυτήν την αστοχία καθώς δεν είναι κάτι που γίνεται αντιληπτό εκείνη τη στιγμή παρά μόνον όταν περάσει το τρένο πάνω από αυτό.

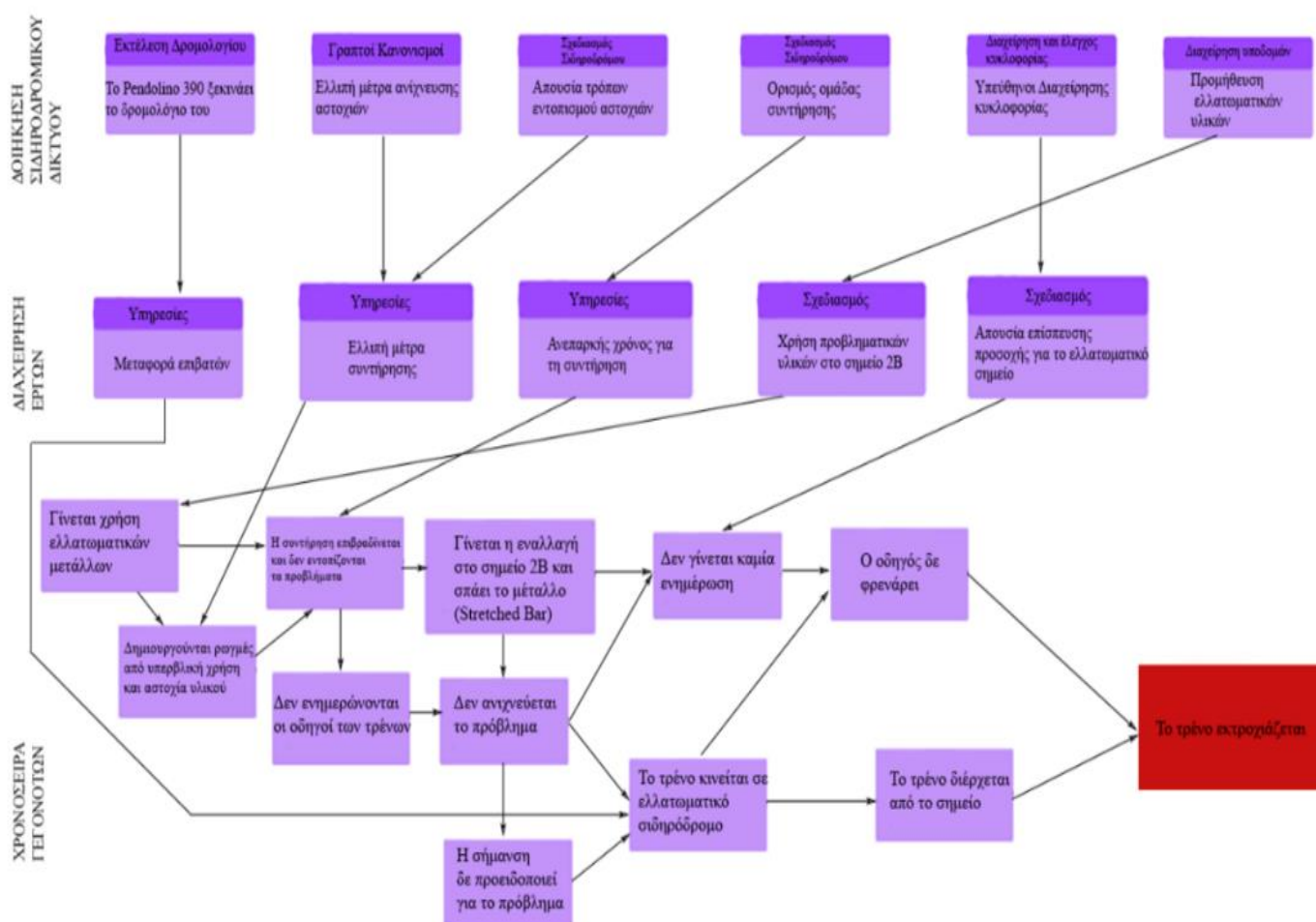
Τέλος στο μέγιστο επίπεδο του συστήματος βρίσκεται η International Union Of Rails η οποία εκδίδει πρωτόκολλα και κανόνες ασφαλείας στους οποίους συμμορφώνονται όλες οι σιδηροδρομικές εταιρείες καθώς και η SRA που δραστηριοποιείται στο Ηνωμένο Βασίλειο. Τα πρωτόκολλα που εκδίδει αφορούν τρόπους λειτουργίας των σιδηροδρόμων, κανόνες ασφαλείας και έκτακτης ανάγκης αλλά και συντήρησης των υποδομών αυτών. Συνεπώς φέρει και η ίδια ευθύνη για την ελλιπή συντήρηση του σημείου 2B καθώς αυτή είναι η αρμόδια αρχή που ορίζει τους τρόπους ελέγχου των τμημάτων αυτών.

Με τη χρήση, λοιπόν της μεθόδου STAMP, συμπεραίνουμε πως τα αίτια του εκτροχιασμού στο Grayrigg δεν οφείλονται σε κάποιο λανθασμένο χειρισμό του οδηγού του τρένου αλλά σε ελλιπή συντήρηση των υποδομών, κάτι που δε θα μπορούσε να είχε αποτρέψει κανένας υπάλληλος του τρένου.

3.13 Ανάλυση ατυχήματος Grayrigg Derailment με χρήση μεθόδου ACCIMAP

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει η ανάλυση του ατυχήματος Grayrigg Derailment με τη χρήση της μεθόδου ACCIMAP που επεξηγήθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η χρήση της μεθόδου STAMP αποτελεί προϋπόθεση για την κατανόηση του χάρτη του ατυχήματος και της ανάλυσης αυτής. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η εφαρμογή της μεθόδου.

3.14 Εφαρμογή μεθόδου ACCIMAP



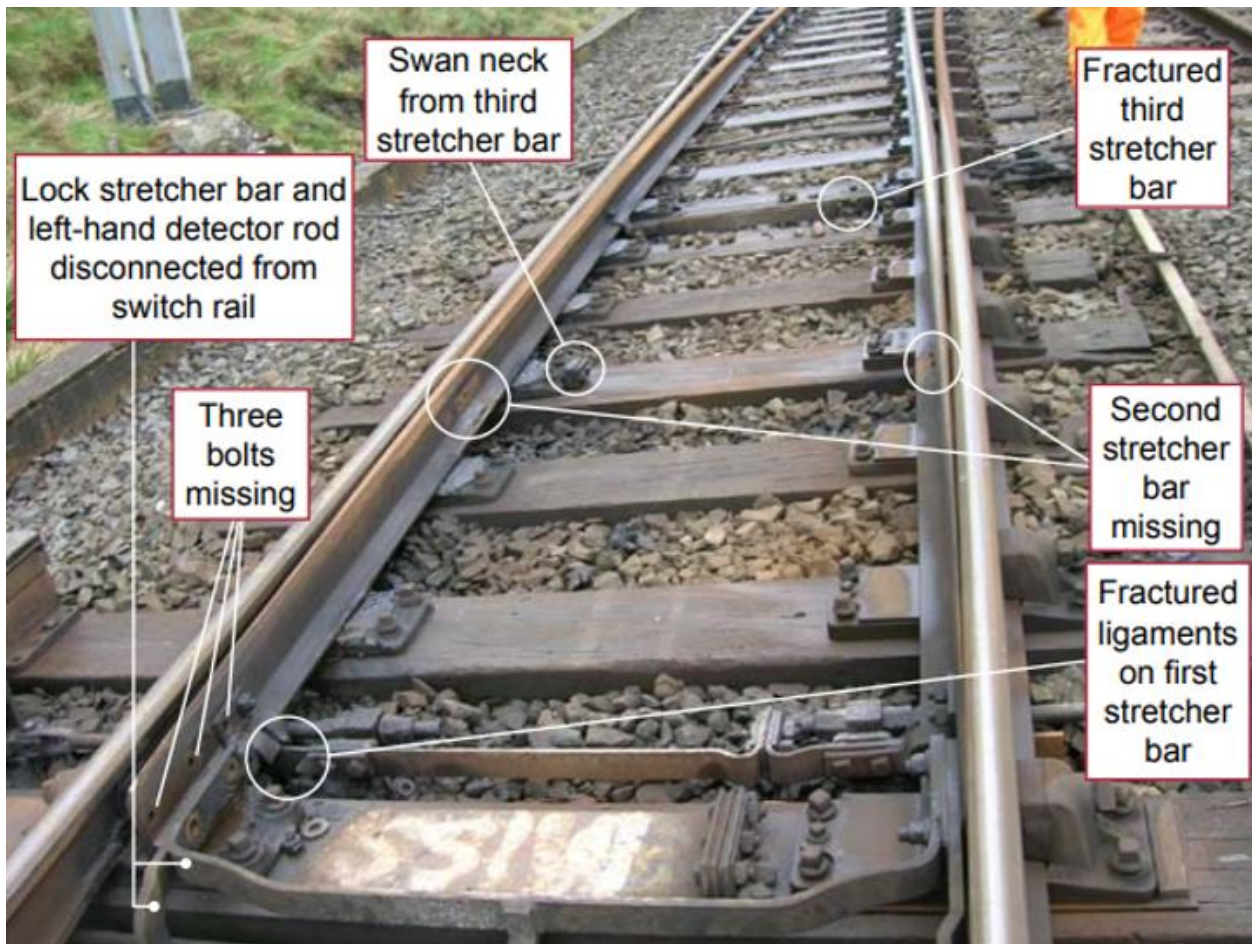
Σχήμα 15. Εφαρμογή της μεθόδου ACCIMAP [1]

Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα 15 της ανάλυσης με τη μέθοδο ACCIMAP έχουμε ένα βασικό συμβάν που είναι η θραύση του μετάλλου Stretched Bar στο σημείο 2B. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη λάθος ευθυγράμμιση της κινητής ράγας και του εκτροχιασμού του τρένου. Αρχικά θα γίνει αναφορά στη χρήση των ελαττωματικών μετάλλων για την κατασκευή του σημείου 2B. Όπως έχει αναφερθεί, ο ποιοτικός

έλεγχος που είχε συμβεί κατά την κατασκευή του ήταν ελλιπής με αποτέλεσμα να μην μπορεί να εντοπιστεί η μη αξιοπιστία του μετάλλου. Τα υλικά αυτά λοιπόν, που συντελούν το σημείο 2B, έπειτα από εκτεταμένη χρήση, αρχίζουν να παρουσιάζουν μικρορωγμές οι οποίες δεν εντοπίζονται. Παρ' όλα αυτά το τμήμα συντήρησης για προληπτικούς λόγους(και αναφοράς απώλειας δύο βιδών στο παρελθόν) έχει προγραμματίσει τη συντήρηση και επισκευή της γραμμής. Η συντήρηση αυτή δεν γίνεται εν καιρώ καθώς το πρόγραμμα είναι αρκετά πιεσμένο και δεν επαρκούν τα υλικά για συντήρηση. Αποτέλεσμα αυτού είναι η λειτουργία του σιδηροδρόμου με οριακά καταστροφικές υποδομές(2B). Αυτή η προβληματική λειτουργία δεν αναφέρεται στις αρμόδιες αρχές προκειμένου να γίνει επίσπευση της προσοχής των οδηγών και τα δρομολόγια συνεχίζονται κανονικά.

Κατά την εναλλαγή στο κινητό σημείο 2B, το μέταλλο Stretched bar σπάει. Ο λόγος που σπάει είναι διότι οι μικρορωγμές διογκώθηκαν σε υπερβολικό σημείο και έτσι δεν υπάρχει η απαραίτητη κλίση για την ευθυγράμμιση των γραμμών. Αυτό το πρόβλημα δεν ανιχνεύεται από κανέναν αισθητήρα αφού την περίοδο εκείνη οι ελεγκτές βασίζονταν κυρίως σε οπτικά μέσα. Επιπλέον από τη στιγμή που δεν υπήρχαν ανιχνευτές, δεν υπήρχε και τρόπος μετάδοσης του κινδύνου στους σηματοδότες. Το Pendolino 390 πλέον κινείται σε κρίσιμα ελαττωματικό σιδηρόδρομο. Ο οδηγός κάνει χρήση του αυτόματου οδηγού και βρίσκεται σε χαλαρή κατάσταση. Δεν θα μπορούσε να κάνει διαφορετικά αφού το πρόβλημα δεν μπορεί να γίνει ορατό από απόσταση. Το αποτέλεσμα είναι ο οδηγός να μη φρενάρει εγκαίρως και να περάσει από το ελαττωματικό σημείο. Οι τροχοί του τρένου βγαίνουν εκτός σιδηροδρομικών ραγών και αρχικά εκτροχιάζεται το κινητήριο βαγόνι και στη συνέχεια τα υπόλοιπα καταλήγουν σε πλαγιά αρκετά μέτρα παρακάτω.

Έπειτα από εκτενή έλεγχο της RAIB διαπιστώθηκε πως όχι μόνο τα υλικά που είχαν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή, ήταν ελαττωματικά αλλά παράλληλα απουσίαζαν αρκετά λειτουργικά μέρη του σημείου 2B, όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 10. Απεικόνιση των προβλημάτων του σημείου 2B

3.15 Διορθωτικά μέτρα και προτάσεις

Η ανάλυση ενός ατυχήματος δεν γίνεται μόνο για τον εντοπισμό των αιτιών και των υπεύθυνων για το ατύχημα, αλλά και για να γίνουν προτάσεις για διορθωτικά μέτρα που θα αποτρέψουν παρόμοια περιστατικά στο μέλλον. Παρακάτω παρουσιάζονται αρκετά διορθωτικά μέτρα που προκύπτουν από έρευνες σχετικά με το συμβάν.

- **Εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών Επιθεώρησης**

Είναι απαραίτητο να γίνει εκτενής χρήση προηγμένων τεχνολογιών, όπως ανίχνευση μέσω υπερήχων των εσωτερικών ελαττωμάτων των μετάλλων τα οποία χρησιμοποιούνται σε κρίσιμες θέσεις.

- **Ανάλυση αντοχής υλικών**

Αξιοποίηση των τεχνικών αντοχής υλικών χωρίς παράβλεψη κανενός πρωτοκόλλου.

- **Καθημερινή συντήρηση**

Είναι πολύ βασικό να γίνεται καθημερινός έλεγχος και συντήρηση κρίσιμων σημείων για την αποφυγή μελλοντικών ατυχημάτων. Προληπτικοί έλεγχοι και αντικατάσταση μπορούν να αποτρέψουν σημαντικές αστοχίες.

- **Συστήματα παρακολούθησης**

Η ανάπτυξη ενός οπτικού δικτύου μέσω καμερών σε όλη την έκταση του σιδηροδρομικού δικτύου για συνεχή παρακολούθηση των υποδομών.

- **Εγκατάσταση αισθητήρων**

Η εγκατάσταση αισθητήρων σε κινητά σημεία εναλλαγής πορείας αποτελεί ένα από τα βασικότερα μέτρα πρόληψης αφού υπάρχει άμεση εικόνα της κατάστασής τους.

- **Αυτόματη έκτακτη πέδηση**

Με τη χρήση αισθητήρων προσφέρεται η δυνατότητα χρήσης προηγμένων τεχνολογικών τεχνικών αυτόματης πέδησης πριν φτάσει η αμαξοστοιχία στο επίμαχο σημείο που έχει παρουσιαστεί η βλάβη.

- **Λεπτομερής εκπαίδευση εργαζομένων**

Είναι απαραίτητη η εκπαίδευση των συντηρητών και των σωμάτων ανίχνευσης βλάβης να είναι άρτια εκπαιδευμένα για άμεσο και σίγουρο εντοπισμό αστοχίας.

- **Σηματοδότηση**

Η χρήση αισθητήρων στα κινητά σημεία δίνει ακόμα μια δυνατότητα στην επικοινωνία αυτών με τους σηματοδότες με σκοπό την προειδοποίηση του οδηγού.

- **Συνεχής παρακολούθηση αναφορών της RAIB**

Είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει συνεχής ανάγνωση των ερευνών της RAIB καθώς προκύπτουν συνεχώς νέα προβλήματα που ενδεχομένως να εφαρμόζονται και σε άλλα σιδηροδρομικά δίκτυα.

- **Πρόσληψη προσωπικού**

Όπως προέκυψε από την ανάλυση, η συντήρηση του σημείου είχε προγραμματιστεί αλλά λόγω φόρτου εργασίας είχε καθυστερήσει. Η πρόσληψη παραπάνω προσωπικού προσφέρει λύση στο πρόβλημα αυτό.

- **Χρήση δικλίδων ασφαλείας**

Ο σχεδιασμός και η χρήση εφεδρικού μηχανισμού σε περίπτωση αστοχίας του σημείου αποτελεί κρίσιμο μέτρο για την ασφαλή κίνηση του τρένου.

- **Προγραμματισμός ανανέωσης παλαιών τμημάτων του δικτύου**

Όπως σε όλα τα σιδηροδρομικά δίκτυα έτσι και στο WCML υπάρχουν τμήματα τα οποία είναι παλιά και έχουν καταπονηθεί. Ο προγραμματισμός αντικατάστασης αυτών των τμημάτων με νέα, είναι σίγουρα κάτι χρονοβόρο, αλλά ταυτόχρονα απαραίτητο καθώς όλο και περισσότερα μέταλλα παρουσιάζουν μικρορωγμές.

- **Χρήση αλγορίθμων για προληπτική συντήρηση**

Οι στρατηγικές για προληπτική συντήρηση και ανάλυση δεδομένων μπορούν να εξοικονομήσουν χρόνο και ανθρώπινο δυναμικό.

- **Αναθεώρηση της κατασκευής των βαγονιών Pendolino**

Όπως είναι γνωστό τα βαγόνια του Pendolino, λόγω της κωνικής κατασκευής τους μειώνουν αισθητά το χώρο κίνησης των επιβατών, κάτι που μπορεί να αποβεί μοιραίο σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. [1], [11]

3.16 Σύνοψη Ανάλυσης ατυχήματος Grayrigg

Ο εκτροχιασμός του Grayrigg είναι μια υπενθύμιση των πολύπλευρων προκλήσεων που παρουσιάζονται στις σιδηροδρομικές υποδομές. Η υιοθέτηση κουλτούρας ασφαλείας προϋποθέτει σχολαστικό έλεγχο κάθε τμήματος της σιδηροδρομικής γραμμής. Μια μικρή αστοχία σε κάτι το οποίο δε θεωρείται κρίσιμης σημασίας, όπως για παράδειγμα ενός μετάλλου, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τον εκτροχιασμό ολόκληρου τρένου.

Το ατύχημα στο Grayrigg ήταν ένα αποτέλεσμα της απουσίας αποτελεσματικού προγράμματος επιθεώρησης και συντήρησης των υποδομών της γραμμής. Η έρευνα για τη βελτίωση των συνθηκών συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Το περιστατικό κινητοποίησε σε μεγάλο βαθμό τις αρμόδιες αρχές οι οποίες επανέφεραν τεχνικές και μεθοδολογίες επιθεώρησης όπως αυτή των υπερήχων.

Ατυχήματα σαν και αυτό του Grayrigg είναι σίγουρο πως θα ξανασυμβούν, καθώς πάντα υπάρχει ο ανθρώπινος παράγοντας, ο οποίος δε μπορεί να εξαλειφθεί και ποτέ δεν είναι άρτιος.

Ωστόσο είναι σημαντικό να υπάρχει συνεχής εξέλιξη μέσω των ατυχημάτων ώστε να μειωθούν όσο το δυνατόν περισσότερα. Η συνεχής πρόοδος της τεχνολογίας μπορεί να βοηθήσει σε πολύ μεγάλο βαθμό και να απαλλάξει το ανθρώπινο δυναμικό από εκτενείς ελέγχους προκειμένου η μεταφορά στους σιδηροδρόμους να γίνει ασφαλέστερη.

Κεφάλαιο 4

Ατύχημα Shelby Rail Disaster

Εισαγωγή

Το σιδηροδρομικό δυστύχημα το οποίο συνέβη στο Shelby του Ηνωμένου Βασιλείου στις 28 Φεβρουαρίου του 2001 αποτελεί ένα από τα τραγικότερα σιδηροδρομικά δυστυχήματα των τελευταίων ετών, κάτι που αναδεικνύει την ανάγκη για εκτεταμένη ανάλυση και έρευνα των αιτιών που οδήγησαν σε αυτό το τραγικό συμβάν. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί αυτή η ανάλυση, θα γίνει χρήση των μεθόδων STAMP και ACCIMAP, οι οποίες επιτρέπουν την πολυεπίπεδη ανάλυση των αλληλεπιδράσεων και των γεγονότων που οδήγησαν στο ατύχημα. Η χρήση της μεθόδου STAMP προσφέρει μια εκτενή σκοπιά στις ανεπάρκειες του συστήματος το οποίο οδήγησε στο τραγικό συμβάν ενώ η χρήση της μεθόδου ACCIMAP φέρνει στην επιφάνεια αδυναμίες και ανεπάρκεια από την τεχνική λειτουργία ή την ανθρώπινη διαχείριση. Με τα αποτελέσματα των παραπάνω αναλύσεων προκύπτουν παραπάνω μέτρα ασφαλείας και βελτιώσεις στα συστήματα τα οποία μπορούν να αποτρέψουν μελλοντικά παρόμοια ατυχήματα.



Εικόνα 11. Αποτέλεσμα από το τραγικό Shelby Rail Disaster

4.1 Γενικά για το Shelby Rail Disaster

Το **Selby Rail Disaster** γνωστό και ως **Great Heck Rail Crash** είναι ένα σιδηροδρομικό ατύχημα το οποίο έλαβε χώρα το πρωί της 28ης Φεβρουαρίου του 2001 στο Great Heck του Ηνωμένου Βασιλείου. Αποτελεί ένα από τα πιο τραγικά σιδηροδρομικά δυστυχήματα της χώρας.

Το τρένο InterCity 225, το οποίο άνηκε στην GNER (Great North Eastern Railway) εκτελούσε το καθημερινό δρομολόγιο από Newcastle προς London όταν ξαφνικά προσέκρουσε πάνω σε ένα όχημα, το οποίο βρισκόταν πάνω στις ράγες, έπειτα από ατύχημα που είχε στον κεντρικό αυτοκινητόδρομο. Το δυστύχημα, ωστόσο δεν περιορίστηκε στην πρόσκρουση και εκτροχιασμό ενός μόνο τρένου καθώς το InterCity 225, αφού εκτροχιάστηκε, στάθηκε εμπόδιο στις ράγες ενός ακόμα τρένου με το οποίο συγκρούστηκε με ταχύτητα 229 km/h. Ο τραγικός απολογισμός αυτού του συμβάντος ήταν συνολικά 10 νεκροί εκ των οποίων οι 2 ήταν οι οδηγοί των τρένων, 2 ακόμα άτομα από το πλήρωμα των τρένων, ενώ οι υπόλοιποι 6 ήταν επιβάτες. Παράλληλα υπήρξαν 82 τραυματίες.[12]

Κάτι το οποίο είναι άξιο να σημειωθεί είναι πως τρένο InterCity μετέφερε 92 επιβάτες, νούμερο το οποίο είναι αρκετά χαμηλό λόγω της πρωινής ώρας που το τρένο εκτελούσε το δρομολόγιο. Συγκεκριμένα το δρομολόγιο ξεκίνησε στις 4:45π.μ. από το Newcastle. Συμπεραίνεται λοιπόν πως ο αριθμός των νεκρών θα μπορούσε να ήταν αρκετά μεγαλύτερος εάν το δρομολόγιο εκτελούνταν σε ώρα αιχμής. Οι 45 από τους 52 βαριά τραυματισμένους ταξίδευαν στα πρώτα 5 βαγόνια του τρένου. Οι 82 επιζώντες του δυστυχήματος μεταφέρθηκαν άμεσα στο νοσοκομείο.

Ο ένας εκ των δύο οδηγών ονομαζόταν Steve Dunn και ως φόρος τιμής για τον τραγικό θάνατό του, το τρένο το οποίο οδηγούσε(No. 66526) πήρε το όνομά του. Στον οδηγό της GNER, ο οποίος ονομαζόταν John Weddle, αποδόθηκε φόρος τιμής δίνοντας το όνομά του στη σχολή οδηγών στο Newcastle, πόλη από την οποία καταγόταν.



Εικόνα 12. Μνημείο για τους νεκρούς του Selby

4.2 Υπαίτιος δυστυχήματος, Gary Hart

Ο υπαίτιος του δυστυχήματος ήταν ο Gary Hart ο οποίος παρότι προκάλεσε τον εκτροχιασμό του τρένου της GNAR δεν έχασε την ζωή του ούτε τραυματίστηκε, παρά μεταφέρθηκε για προληπτικούς λόγους στο νοσοκομείο. Ο Hart, που προκάλεσε τον θάνατο 10 ανθρώπων λόγω της αμέλειας του, υποστήριζε πως δεν ήταν υπαίτιος διότι κατά τα λεγόμενά του, το όχημα του έφερε βλάβη και δεν ήταν σε θέση να το μετακινήσει. Ωστόσο πραγματοποιήθηκε έρευνα γύρω από την κατάσταση που βρισκόταν το όχημα. Έτσι οι αρχές συμπέραναν πως το όχημα δεν έφερε κάποια βλάβη που το οδήγησε να βρίσκεται στις ράγες του τρένου. Ο πραγματικός λόγος ήταν πως ο Gary Hart δεν είχε κοιμηθεί το προηγούμενο βράδυ, καθώς είχε ξαγρυπνήσει μιλώντας με μια κοπέλα, την οποία είχε γνωρίσει μέσω του διαδικτύου. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να μη φρενάρει έγκαιρα καταλήγοντας σε τρακάρισμα. Καταδικάστηκε στις 13 Δεκεμβρίου του 2001 σε 5 χρόνια φυλακής και 5 χρόνια απαγόρευσης οδήγησης. Στη συνέχεια αφέθηκε ελεύθερος τον Ιούλιο του 2004.



Εικόνα 13. Υπαίτιος δυστυχήματος, Gary Hart

Μετά το πέρας της καταδίκης του Hart συνέχισαν οι έρευνες για το πώς προκλήθηκε αυτό το δυστύχημα. Κάποιοι ερευνητές υποστήριξαν πως οι προστατευτικές μπαριέρες της γέφυρας που περνούσε πάνω από τον σιδηρόδρομο, είχαν ελλιπές μήκος. Ωστόσο στη συνέχεια το Υπουργείο Υγείας και Ασφάλειας επισήμανε πως το όχημα του κατηγορούμενου είχε παρεκκλίνει από τον δρόμο 27 μέτρα πριν την αρχή της προστατευτικής μπαριέρας, ενώ ο ξύλινος φράχτης περιμετρικά του σιδηροδρόμου ήταν αδύνατον να αποτρέψει την είσοδο του οχήματος στον συρμό. Το 2003 είχε γίνει έλεγχος στις προστατευτικές μπάρες σε όλη την χώρα του Ηνωμένου Βασιλείου και η γέφυρα στο Great Heck, όπως συμπεράναν, δεν έχρηζε αναβάθμισης και βελτίωσης. Οι ασφαλιστές του Gary Hart είχαν αποπληρώσει 22 εκατομμύρια λίρες. Παράλληλα έγινε απόπειρα από μεριά τους, μέσω μήνυσης που έκανε ο Hart προς το Υπουργείο Μεταφορών, να μειωθούν τα χρέη των ασφαλιστών προς την GNER. Το επιχείρημά τους ήταν πως το μήκος της προστατευτικής μπαριέρας ήταν ελλιπές, πράγμα το οποίο απορρίφθηκε από το Ανώτατο Δικαστήριο, το οποίο έκρινε πως το μήκος ήταν το σωστό.

4.3 Γενικές πληροφορίες για το σιδηροδρομικό δίκτυο

Η Great North Eastern Railway ή αλλιώς GNER είχε έδρα στο Ηνωμένο Βασίλειο. Λειτουργήσε στον χώρο των σιδηροδρομικών υπηρεσιών μεταξύ του 1996 και 2007. Η συγκεκριμένη σιδηροδρομική εταιρεία με καινοτόμους τρόπους πρόσφερε υψηλής ποιότητας υπηρεσίες, σε μία γραμμή η οποία ήταν αρκετά δημοφιλής και που συνέδεε

το Λονδίνο με άλλες μεγάλες πόλεις του Ηνωμένου Βασιλείου, όπως το Newcastle. Η γραμμή αυτή ονομάζεται East Coast Main Line. Η πολυτελής εξυπηρέτηση των επιβατών της GNER ήταν κάτι το οποίο επαινέθηκε έντονα ενώ η εταιρεία έκανε διαρκείς δεσμεύσεις για την αναβάθμιση των υπηρεσιών της. Το 2000 η GNER ενέταξε τον στόλο της Eurostar στον δικό της και με αυτόν τον τρόπο αύξησε τα δρομολόγια της από το Λονδίνο προς το York.

4.4 Ιστορικό προβλημάτων της εταιρείας GNER

Ωστόσο η πρόοδος της GNER στιγματίστηκε το 2000 από δύο σημαντικά ατυχήματα. Το πρώτο ατύχημα έλαβε χώρα στο Hatfield στις 17 Οκτωβρίου 2000. Ο εκτροχιασμός του τρένου Intercity 225 με αρκετά μεγάλη ταχύτητα, προκλήθηκε από αστοχία του σιδηροδρόμου, λόγω κακής συντήρησης. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα η εθνική εταιρεία υποδομών, να επιβάλλει έκτακτους περιορισμούς ταχύτητας των τρένων καθώς και εκ νέου ελέγχους υποδομών.



Εικόνα 14. Τρένο σιδηροδρομικής εταιρείας GNER

Καθώς η GNER έδειχνε να ανακάμπτει και να αποκτά ξανά την εμπιστοσύνη των επιβατών της, ένα νέο ατύχημα συνέβη, αυτό του Selby στις 28 Φεβρουαρίου 2001. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, παρότι δεν ευθύνονταν η GNER για τα αίτια του

ατυχήματος, να μειωθούν αρκετά τα έσοδά της έως και 21%, λόγω έλλειψης εμπιστοσύνης από τους επιβάτες. [13]

4.5 Ανάθεση δρομολογίων στην GNER απο την SRA

Η SRA (Strategic Rail Authority) την 1η Μαΐου 2005 ανέθεσε στη GNER την υλοποίηση του εγχειρήματος, με τριετή επέκταση της συνεργασίας σε περίπτωση που επιτευχθούν οι αρχικοί στόχοι. Ωστόσο υπήρχε μια σημαντική αλλαγή στους όρους συνεργασίας, σύμφωνα με την οποία η GNER θα πλήρωνε στο βρετανικό κράτος ποσό που θα της επέτρεπε να λειτουργεί. Με αυτόν τον τρόπο η GNER θα έπαυε να λαμβάνει επιδοτήσεις γεγονός που ανησύχησε αν θα υπήρχε οικονομική βιωσιμότητα στο μέλλον. Η εταιρεία έκρινε πως θα υπήρχε σημαντική αύξηση των επιβατών μέχρι το 2015 που θα της επέτρεπε να ανταποκριθεί στις οικονομικές επιβαρύνσεις.

4.6 Προβλήματα της GNER με τη μητρική Sea Containers

Στις αρχές Μαΐου του 2006 η Sea Containers, η οποία αποτελούσε μητρική εταιρεία της GNER, αντιμετώπιζε οικονομικά προβλήματα και βρισκόταν στα πρόθυρα χρεοκοπίας, με αποτέλεσμα να κυκλοφορήσουν φήμες πως και η GNER συνάμα αντιμετώπιζε τέτοιου είδους προβλήματα. Η δεύτερη ωστόσο επισήμανε πως δεν υπήρχε καμία τέτοια περίπτωση αφού η ίδια είχε διακόψει τις χρηματοοικονομικές δραστηριότητες με τη μητρική της εταιρεία. Αρκετοί αντίπαλοι της GNER, από την άλλη, συνέχισαν να διαδίδουν φήμες που ήθελαν την Sea Containers το 2006 να είναι στα πρόθυρα πώλησής της, ως λύση για την αποφυγή της χρεοκοπίας της. Στον ίδιο χρόνο το Ανώτατο Δικαστήριο δεν έκανε δεκτή την προσφυγή της GNER κατά της απόφασης του Office of Rail Regulation να επιτρέπει στην Grand Central να εκτελεί δρομολόγια σε τμήματα της ECML.[13] Η απόφαση αυτή έπληξε περαιτέρω την οικονομική σταθερότητα της εταιρείας, αφού ένας μεγάλος ανταγωνιστής λάμβανε μέρος των κερδών με δρομολόγια σε πόλεις που είχαν μεγάλη κινητικότητα και συνάμα μεγάλο αριθμό επιβατών. Η αποχώρηση του διευθύνοντα συμβούλου της εταιρείας, Christopher Garnett, πυροδότησε ακόμα παραπάνω τις αρνητικές φήμες κατά της GNER. Η κερδοφορία πλέον ήταν ανύπαρκτη, με την ίδια την εταιρεία να υποστηρίζει πως τα αίτια οφείλονταν σε εξωγενείς παράγοντες, όπως την ύπαρξη ανταγωνιστών, το αυξημένο κόστος ηλεκτρικού ρεύματος, τις χαμηλές τιμές στις αεροπορικές πτήσεις κ.ά. Όπως όλα έδειχναν το μέλλον της GNER προβλεπόταν αρκετά δύσκολο, όπως υποστήριζε και η Christopher Garnett.

Το τέλος της GNER ήρθε όταν το Υπουργείο Μεταφορών ανακοίνωσε νέες εταιρείες, όπως την Arriva και την National Express οι οποίες είχαν επιλεγεί για την κατάθεση νέων προσφορών για το εγχείρημα. Το καλοκαίρι του 2007 τα ηνία έλαβε η National Express και με αυτό τον τρόπο μεταφέρθηκαν σε αυτήν οι υπηρεσίες της GNER.



Εικόνα 15. Αναπαράσταση East Coast Main Line του Ηνωμένου Βασιλείου

4.7 Κύρια γεγονότα και χαρακτηριστικά του ατυχήματος Selby

Το σιδηροδρομικό ατύχημα Selby αποτελεί ένα από τα χειρότερα σιδηροδρομικά ατυχήματα της σύγχρονης εποχής, και έλαβε χώρα στο East Coast Line(στο Great Heck) του Ηνωμένου Βασιλείου με 10 νεκρούς και 80 τραυματίες. Παρακάτω παρουσιάζεται η σειρά των γεγονότων η οποία οδήγησε στο θανατηφόρο δυστύχημα.

Μελετώντας κανείς το συμβάν, θα έλεγε πως τα πρώτα γεγονότα ξεκινάνε στις 4:45π.μ. της 21ης Φεβρουαρίου με την εκκίνηση του τρένου της GNER από τον σταθμό του Newcastle. Ωστόσο η ανάλυση αυτή θα ξεκινήσει από πιο πριν και συγκεκριμένα από το βράδυ της 20ης Φεβρουαρίου.



Εικόνα 16. Το όχημα του Gary έπειτα από το δυστύχημα

4.8 Ιστορικό Gary Hart και εμπλοκής του στο ατύχημα

Ο Gary Hart, 37 ετών, κατοικούσε την περίοδο του 2001 στο Ηνωμένο Βασίλειο και ζούσε μια σχετικά ασυνήθιστη ζωή. Ήταν εργασιομανής και ισχυριζόταν πως μπορούσε να μένει ξύπνιος για 36 ώρες καθώς προσπαθούσε να κυνηγήσει την επαγγελματική του καριέρα. Επιπλέον παρέμενε ξύπνιος αρκετές φορές μετά το πέρας της εργασίας του, παίζοντας ηλεκτρονικά παιχνίδια μέχρι τις πρωινές ώρες. Εργαζόταν σε οικοδομική επιχείρηση, ταξιδεύοντας κατά μέσο όρο πάνω από 35.000 μίλια τον χρόνο. Την περίοδο του δυστυχήματος ο Gary βρίσκονταν σε διάσταση με τη σύζυγό του, Elaine, με την οποία είχαν αποκτήσει τέσσερα παιδιά. Έμενε στο Mablethorpe ενώ η πρώην σύντροφός του έμενε στο Louth, λίγα μίλια μακριά από το Mablethorpe.

Ο Gary βρισκόταν σε άσχημη ψυχολογική κατάσταση και γι' αυτό τον λόγο έκανε γνωριμίες με διάφορες γυναίκες. Μία από αυτές ήταν και η Kristeen Panter η οποία ήταν 40 χρονών και έμενε στο Scanthorpe. Οι δύο τους γνωρίστηκαν μέσω του

διαδικτύου και σύντομα ο Gary την ερωτεύτηκε κάτι το οποίο φάνταζε αρκετά περίεργο αφού δεν είχαν συναντηθεί ποτέ τους. Το ζευγάρι ξόδευε αρκετό χρόνο κυρίως τις βραδινές ώρες με το να ανταλλάσσουν μηνύματα. Τη νύχτα πριν το μοιραίο δυστύχημα η Kristeen ενημέρωσε τον Gary πως ήθελε να συναντηθούν, κάτι που ενθουσίασε σε υπέρμετρο βαθμό τον 37χρονο. Το αποτέλεσμα ήταν να ξοδέψουν επιπλέον πέντε ώρες μιλώντας στο τηλέφωνο. Έτσι λοιπόν την ημέρα του δυστυχήματος ο Gary δεν είχε κοιμηθεί αρκετά κάτι το οποίο καθιστούσε δύσκολη την ικανότητά του να μεταβεί με το όχημά του στο χώρο εργασίας του. [12]



Εικόνα 17. Ο Gary Hart μαζί με την πρώην σύζυγό του, Elaine

Το τρένο της GNER με προγραμματισμένο δρομολόγιο από το Newcastle προς το Kings Cross του Λονδίνου, αναχώρησε στις 28 Φεβρουαρίου του 2001, στις 4:45π.μ. το πρωί. Ο καιρός εκείνη την ώρα και καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας χαρακτηριζόταν από πυκνή ομίχλη που καθιστούσε την ορατότητα στη σιδηροδρομική γραμμή αρκετά περιορισμένη. Παράλληλα ο Gary Hart είχε ξεκινήσει την πρωινή του εργασία μεταφέροντας με ρυμουλκό Land Rover, ένα όχημα τύπου Renault, στον αυτοκινητόδρομο του Great Heck.

4.9 Παρουσίαση γεγονότων ατυχήματος

Στις 6:13π.μ. ο 37χρονος οδηγός του Land Rover στο ύψος M62 του αυτοκινητόδρομου βγήκε εκτός πορείας κινούμενος δυτικά. Το σημείο που ο οδηγός αντιμετώπισε πρόβλημα και εξήλθε του οδοστρώματος ήταν λίγο πριν τη γέφυρα η οποία περνούσε πάνω από τις σιδηροδρομικές γραμμές της East Coast Main Line.

Στη συνέχεια, το όχημα που βρισκόταν εκτός ελέγχου, ταξίδεψε 27 μέτρα, όπου αφού πέρασε από ένα ανάχωμα, κατέληξε ακινητοποιημένο πάνω στη

σιδηροδρομική γραμμή με κατεύθυνση νότια. Έπειτα από αποτυχημένη προσπάθεια του οδηγού να μεταφέρει το όχημα εκτός του σιδηροδρομικού χώρου, χρησιμοποιώντας την όπισθεν, εξήλθε του οχήματος του και με το κινητό του τηλέφωνο ειδοποίησε τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης. Καθώς ο Gary μιλούσε στο τηλέφωνο, το διερχόμενο τρένο Intercity 225 της Great North Eastern Railway με κατεύθυνση προς το Λονδίνο, συγκρούστηκε με το ακινητοποιημένο Land Rover ενώ ο εκκωφαντικός ήχος που ακούστηκε λόγω της σύγκρουσης καταγράφηκε στην κλήση προς στις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης.

Ο οδηγός του Intercity 225, λόγω της πυκνής ομίχλης, αντιλήφθηκε την ύπαρξη εμποδίου στον σιδηροδρομικό χώρο και ήχησε την κόρνα του τρένου, ενώ παράλληλα προσπαθούσε να διακόψει την κίνηση του, που όμως, όπως αποδείχθηκε, ήταν αργά.

Με τη σύγκρουση το πρόσθιο μέρος του τρένου εκτροχιάστηκε και στάθηκε εμπόδιο για ένα δεύτερο τρένο που διέρχονταν εκείνη τη στιγμή από το σημείο. Το δεύτερο αυτό τρένο ήταν μια εμπορική αμαξοστοιχία, τύπου ατμομηχανής, της Freightliner με πορεία από το Immingham προς το Ferrybridge, που μετέφερε άνθρακα.



Εικόνα 18. Σημεία ενδιαφέροντος από το δυστύχημα Selby

Τα δύο τρένα συγκρούστηκαν μεταξύ τους, σχεδόν 650 μέτρα μακριά από τη σύγκρουση του πρώτου με το όχημα του Gary. Από τη σύγκρουση, το πρώτο και κινητήριο βαγόνι του Intercity 225 καταστράφηκε ολοκληρωτικά. Τα υπόλοιπα εννέα βαγόνια του επιβατηγού εκτροχιάστηκαν και ακινητοποιήθηκαν σε ανάχωμα,

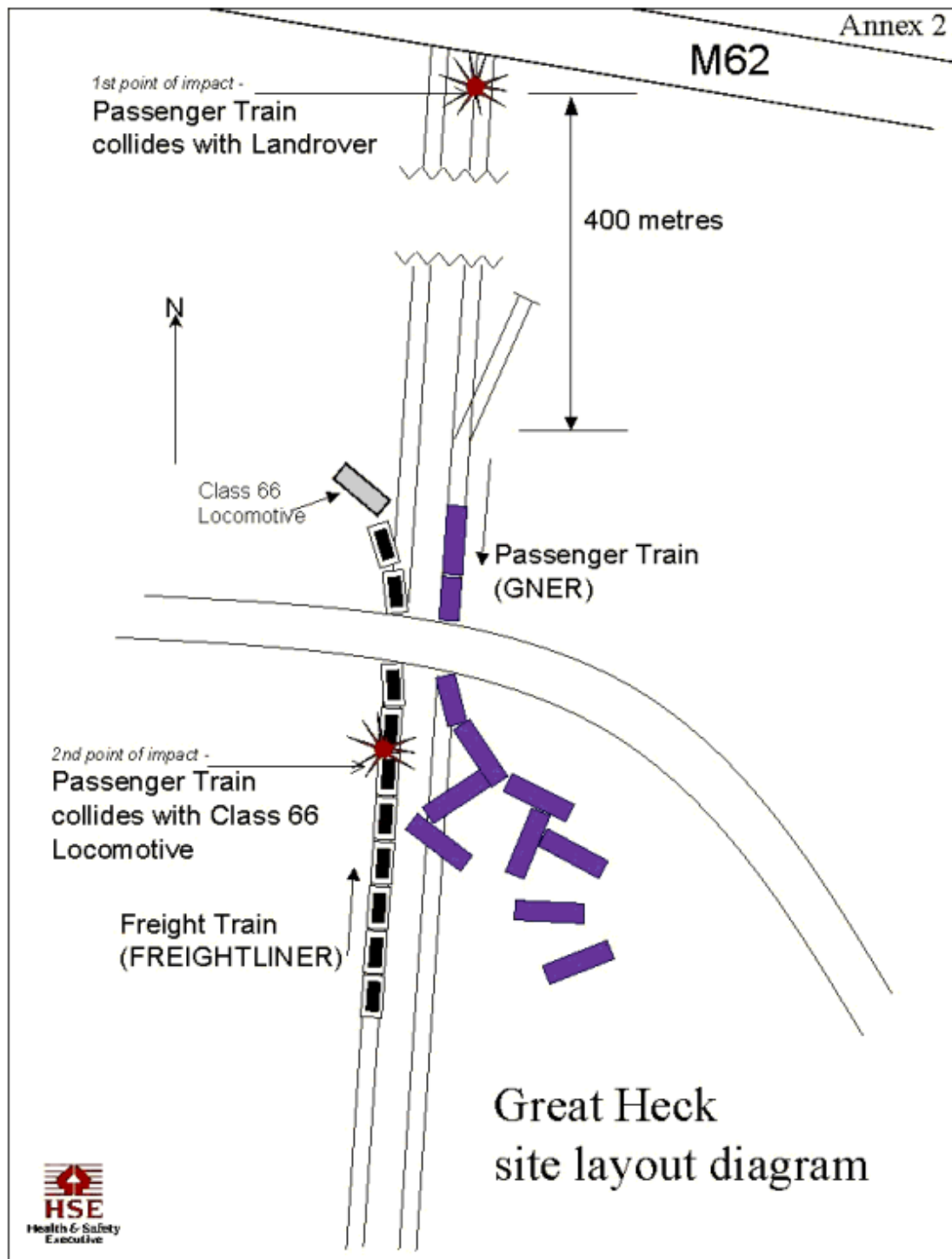
παράλληλα και ανατολικά του σιδηρόδρομου, νότια της γέφυρας. Τα βαγόνια έφεραν από μέτριες έως πολύ σοβαρές ζημιές.

Από την άλλη πλευρά η εμπορική ατμομηχανή της Freightliner υπέστη και αυτή καταστροφικές ζημιές. Τα βαγόνια της εκτροχιάστηκαν με αποτέλεσμα ένα από αυτά να καταλήξει σε κήπο κατοικίας, που βρισκόταν βόρεια της γέφυρας παράλληλα με το σιδηρόδρομο. Τα υπόλοιπα ισοπέδωσαν ένα τροχόσπιτο και ένα γκαράζ. Η ατμομηχανή υπέστη σοβαρές ζημιές στον θάλαμο οδήγησης που βρίσκονταν ο οδηγός του τρένου. Συντρίμμια του κινητήριου βαγονιού προκάλεσαν ρήξη στη δεξαμενή καυσίμων του εμπορικού τρένου.

Εκτιμάται πως λίγο πριν τη σύγκρουση, το τρένο Intercity 225 είχε ταχύτητα 142 km/h ενώ το εμπορικό τρένο 87 km/h. Η εκτιμώμενη συνισταμένη ταχύτητα σύγκρουσης ήταν στα 229 km/h. Επιπλέον η φύση των υλικών που μετέφερε το εμπορικό τρένο, προκάλεσαν σοβαρές εκρήξεις. Παρακάτω γίνεται αναπαράσταση του δυστυχήματος.



Εικόνα 19. Χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με το δυστύχημα από το Υπουργείου Υγείας και Ασφάλειας του Ηνωμένου Βασιλείου [12]



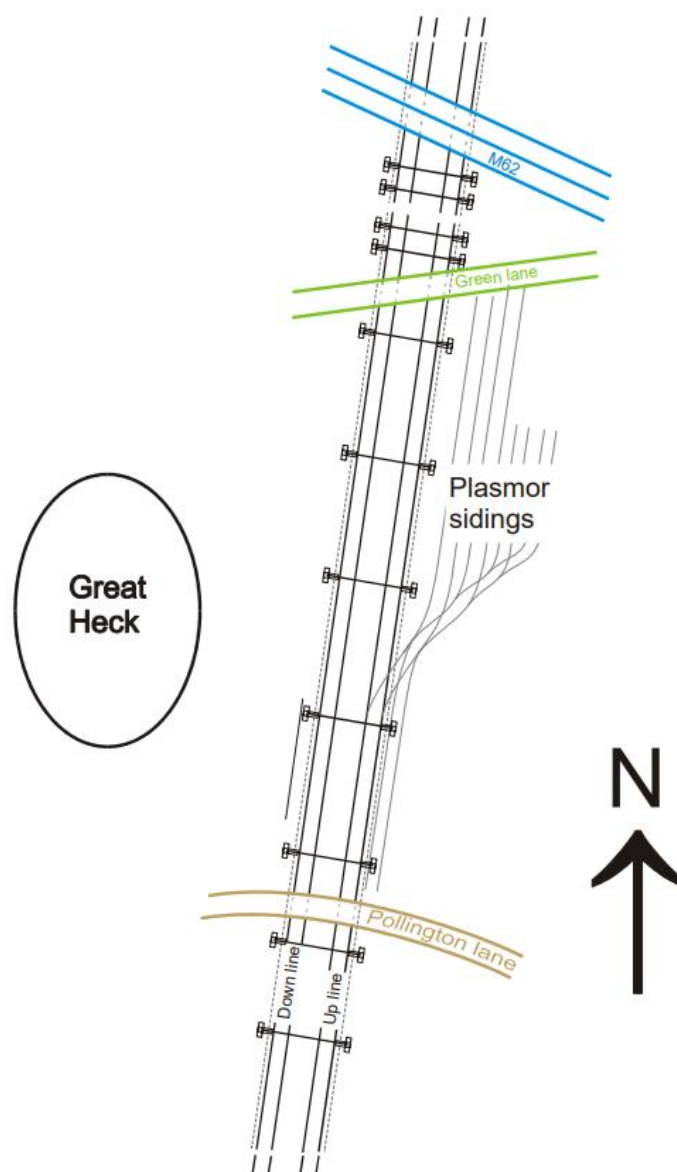
Σχήμα 16. Διαγραμματική αναπαράσταση του δυστυχήματος Selby [12]

4.10 Τρόπος ανταπόκρισης μετά το δυστύχημα

Αμέσως μετά το δυστύχημα, έσπευσαν στο σημείο δυνάμεις της πυροσβεστικής, πρώτες βοήθειες καθώς και η αστυνομία όπου με συντονισμένο τρόπο προσπάθησαν να διασώσουν τους τραυματίες. Αμέσως έγινε η μεταφορά των επιζώντων στα πλησιέστερα νοσοκομεία της περιοχής ενώ παράλληλα ξεκίνησε η άμεση διερεύνηση

των αιτιών που οδήγησαν στο δυστύχημα. Το τραγικό αποτέλεσμα ήταν η απώλεια 10 ανθρώπων μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονταν και οι οδηγοί των τρένων ενώ παράλληλα τραυματίστηκαν 80 επιβάτες. Το δυστύχημα αυτό ταρακούνησε τις αρχές οι οποίες έκαναν ενδελεχή αναθεώρηση αρκετών πρωτοκόλλων με σκοπό την αποτροπή παρόμοιων περιστατικών στο μέλλον, αφού το Selby Rail Disaster χαρακτηρίστηκε ως ένα από τα χειρότερα σιδηροδρομικά ατυχήματα που γνώρισε το Ηνωμένο Βασίλειο.

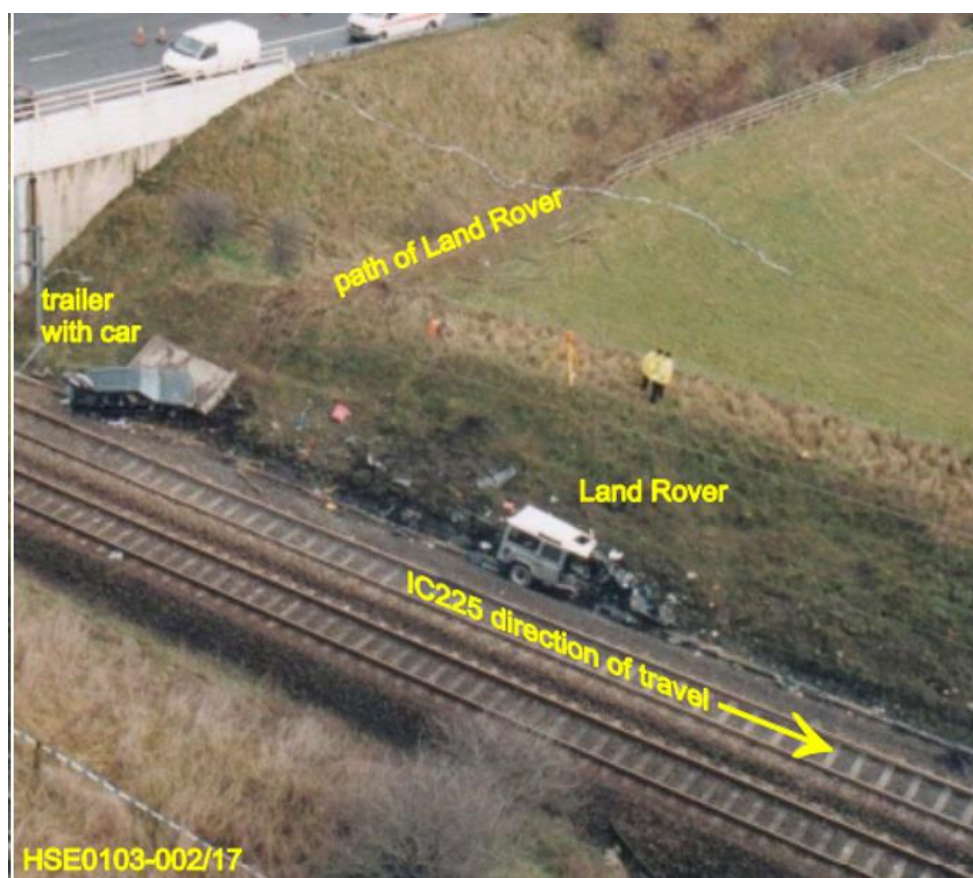
4.11 Ανάλυση του δυστυχήματος Selby Rail Disaster με χρήση μεθόδου STAMP



Σχήμα 17. Κάτοψη του σημείου του σιδηροδρόμου που έγινε το δυστύχημα [12]

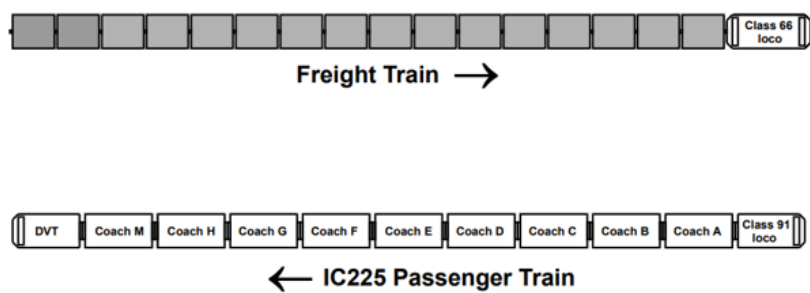
Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια ανάλυση του δυστυχήματος στο Great Heck με τη χρήση τη μεθόδου STAMP που αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Αξίζει να αναφερθούν ξανά κάποια από τα σημαντικά γεγονότα του φυσικού περιβάλλοντος και των δεδομένων του δυστυχήματος. Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται η κάτοψη του σημείου που συνέβη η τραγωδία.

Με μπλε χρώμα αναπαρίσταται ο αυτοκινητόδρομος(M62) πάνω στον οποίο κινιόταν το όχημα του Gary. Ο M62 αποτελεί γέφυρα που περνάει πάνω από τον σιδηρόδρομο. Η μέγιστη επιτρεπτή ταχύτητα του τρένου σε αυτό το σημείο είναι 200km/h. Το όχημα του Gary έχασε την κανονική του πορεία λίγο πριν τη γέφυρα ερχόμενος από τη δεξιά πλευρά και κατέληξε πάνω στις ράγες(ράγες up line) του τρένου, όπως φαίνεται ξανά στην παρακάτω φωτογραφία.

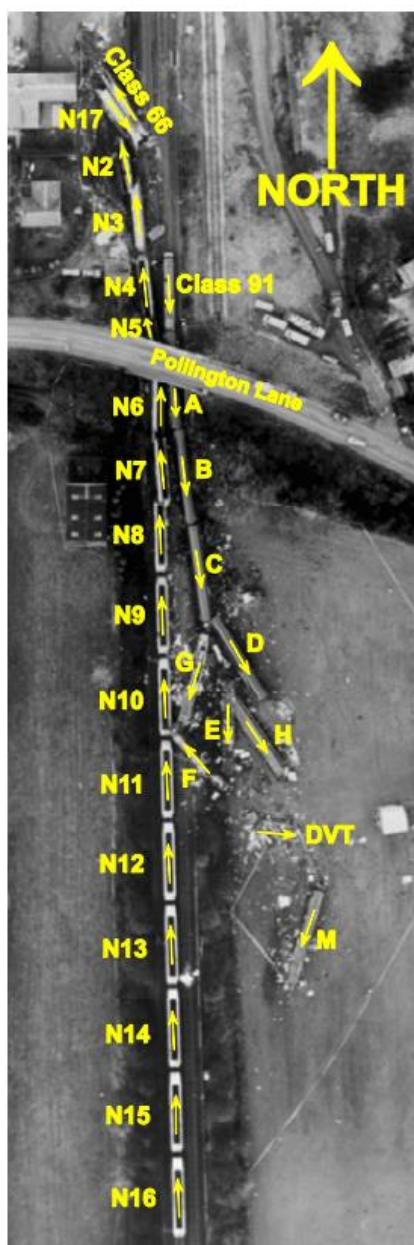


Εικόνα 20. Το σημείο του σιδηρόδρομου όπου εισέβαλε το όχημα

Οι ράγες Up line είναι οι ράγες που κινιόταν το τρένο της GNER (Intercity 225) ενώ η Down line οι ράγες που κινιόταν το εμπορικό τρένο της Freightliner. Το Intercity προσκρούεται πάνω στο σταματημένο όχημα με αποτέλεσμα να εκτροχιαστεί, ενώ λίγα λεπτά μετά, το εμπορικό τρένο της Freightliner προσκρούεται πάνω στο ήδη εκτροχιασμένο τρένο με αποτέλεσμα να εκτροχιαστεί και να προκαλέσει τον τραγικό απολογισμό 10 νεκρών και 80 τραυματισμένων επιβατών. Παρακάτω φαίνονται τα χαρακτηριστικά των δύο τρένων που συνετέλεσαν στην τραγωδία καθώς και το αποτέλεσμα της σύγκρουσης τους.



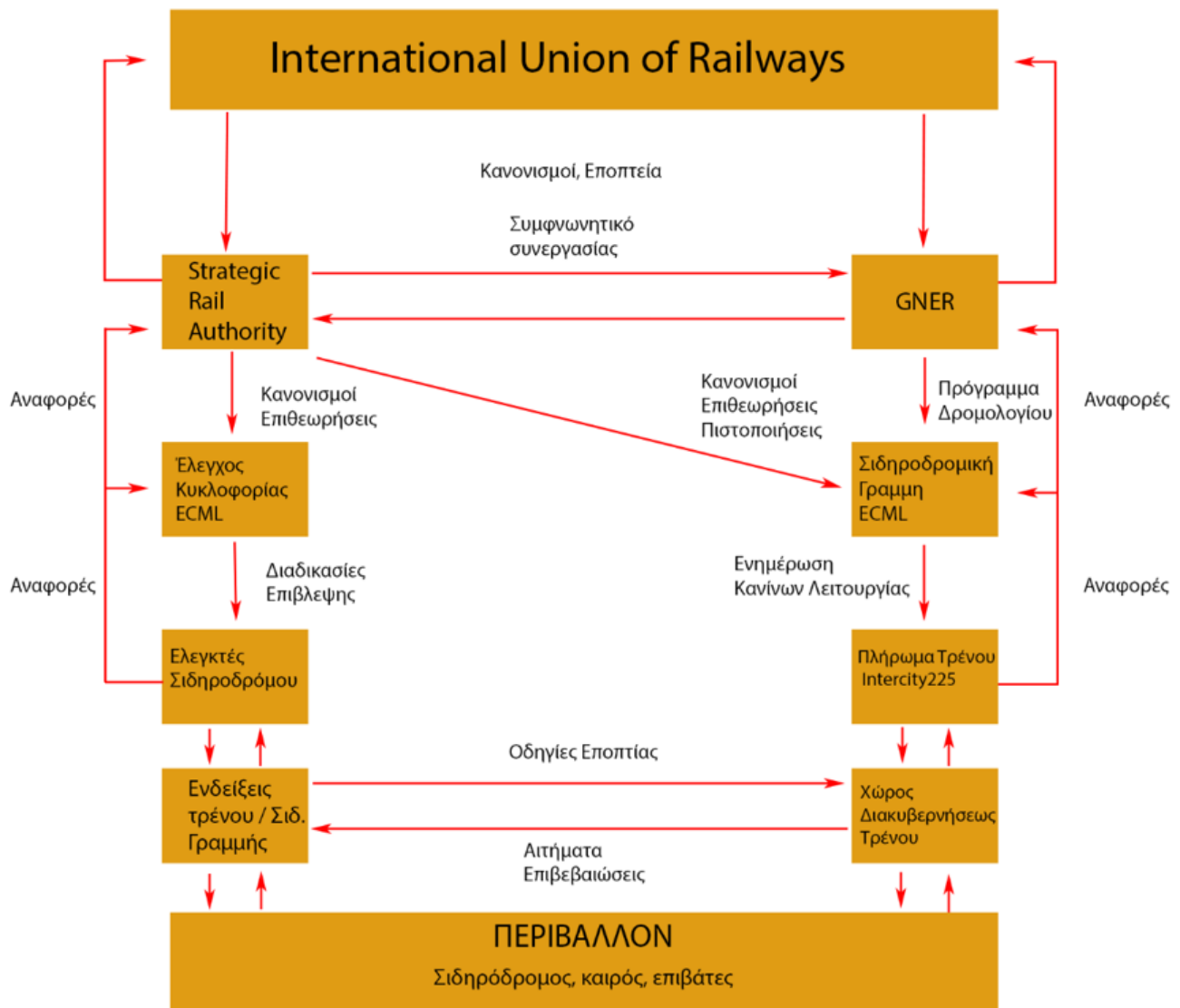
Σχήμα 18. Κάτοψη των τρένων μαζί με τα βαγόνια που μετέφεραν [12]



Εικόνα 21. Φωτογραφία του σιδηρόδρομου μετά το δυστύχημα [12]

4.12 Εφαρμογή της μεθόδου STAMP στο δυστύχημα Selby

Σε αυτήν την περίπτωση, σκοπός της χρήσης της μεθόδου, δεν είναι η ανάλυση της αλυσίδας των γεγονότων που οδήγησαν στον εκτροχιασμό, αλλά οι αλληλεπιδράσεις των οργανισμών που είχαν οριστεί για τον έλεγχο της ασφαλούς λειτουργίας του σιδηρόδρομου. Παρακάτω παρουσιάζεται η ιεραρχική δομή του συστήματος αυτού.



Σχήμα 19. Ιεραρχική δομή του συστήματος του δυστυχήματος Selby

Σχήμα 20. Πίνακας σύνοψης προβλημάτων ατυχήματος Selby [1]

ΠΑΗΡΩΜΑ TRENTOY INTERCITY 225
<p>Πλαίσιο Εργασιών</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Ο οδηγός του τρένου ήταν έμπειρος στη διακυβέρνηση του τρένου και είχε αναμειχθεί σε άλλα ατυχήματα. <p>Ανεπαρκή Νοητικά Μοντέλα</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Ανεπαρκές νοητικό μοντέλο για τη διακυβέρνηση σε πυκνή ομίχλη. <p>Ανεπαρκείς αποφάσεις και σχέδια δράσης</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Συνέχιση εκτέλεσης του δρομολογίου παρά την πυκνή ομίχλη με αμείωτη ταχύτητα. <p>Ανεπαρκής Συντονισμός</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Το πλήρωμα δεν ενημέρωσε άμεσα την τοπική αρχή μετά τον εκτροχιασμό του προς αποφυγή της δεύτερης σύγκρουσης.
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ
<p>Πλαίσιο Εργασιών</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Η σήμανση δεν κάλυπτε την περιοχή σε ικανοποιητικό βαθμό.✓ Οι αρμόδιοι δεν έθεσαν την περιοχή σε κατάσταση κινδύνου μετά τον πρώτο εκτροχιασμό. <p>Ανεπαρκή Νοητικά Μοντέλα</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Πίστευαν πως η σήμανση ήταν επαρκής για την προειδοποίηση κινδύνου. <p>Ανεπαρκείς αποφάσεις και σχέδια δράσης</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Οι ελεγκτές κυκλοφορίας δεν μερίμνησαν για την ταχεία ενημέρωση του δεύτερου τρένου. <p>Ανεπαρκής Συντονισμός</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Η αρμόδια αρχή έκτακτης ανάγκης δεν μπόρεσε να μεταφέρει την πληροφορία που τους μετέδωσε ο πολίτης, που βρέθηκε στις ράγες και, έτσι δεν ενημερώθηκαν άμεσα οι ρυθμιστές της σιδηροδρομικής κυκλοφορίας.✓ Η σήμανση δεν κατάφερε να ειδοποιήσει το δεύτερο διερχόμενο τρένο.
Σιδηροδρομική γραμμή ECML
<p>Πλαίσιο Εργασιών</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Ο σιδηρόδρομος ήταν περιφραγμένος με ξύλινο φράχτη.

- ✓ Δεν υπήρχε επαρκής σήμανση.

Ανεπαρκή Νοητικά Μοντέλα

- ✓ Οι αρμόδιες αρχές έκριναν λανθασμένα ότι η απλή περιφράξη του σιδηροδρόμου με ξύλινο φράχτη ήταν επαρκής.
- ✓ Οι αρμόδιες αρχές έκριναν επαρκές το μήκος της μπαριέρας της γέφυρας πάνω από το σιδηρόδρομο.

Ανεπαρκείς αποφάσεις και σχέδια δράσης

- ✓ Το ότι δεν είχε ξανασυμβεί παρόμοιο γεγονός με την είσοδο οχήματος στη σιδηροδρομική γραμμή, είχε σαν αποτέλεσμα τα μέτρα να είναι πιο χαλαρά αναφορικά με την προστασία των υποδομών.

Ανεπαρκής Συντονισμός

- ✓ Αρκετοί τομείς ελέγχου των υποδομών δεν μερίμνησαν για τη βελτίωση και ασφάλεια αυτών.

STRATEGIC RAIL AUTHORITY

Πλαίσιο Εργασιών

- ✓ Η SRA είχε μεγάλο φόρτο εργασίας λόγω πολλαπλών αναβαθμίσεων του δικτύου.
- ✓ Μειωμένο προσωπικό λόγω εκτεταμένων εργασιών δεν επέτρεπε την διεξοδική διερεύνηση ασφάλειας των υποδομών.

Ανεπαρκή Νοητικά Μοντέλα

- ✓ Πίστευαν ότι οι υποδομές πρόσφεραν την απαραίτητη ασφάλεια.
- ✓ Πίστευαν ότι η προστατευτική μπαριέρα στον δρόμο ήταν επαρκής(ακόμα και μετά το δυστύχημα).
- ✓ Πίστευαν ότι το χαντάκι παράλληλα του σιδηροδρόμου θα εμποδίζε την είσοδο του οχήματος στον σιδηρόδρομο.
- ✓ Ανεπαρκής αντίληψη των κινδύνων γύρω από τις αδύναμες προστατευτικές υποδομές.

Ανεπαρκείς αποφάσεις και σχέδια δράσης

- ✓ Έλλειψη μελέτης επικινδυνότητας από την είσοδο ξένων οχημάτων στις υποδομές.
- ✓ Έλλειψη επιθεώρησης των υποδομών.

Ανεπαρκής Συντονισμός

- ✓ Χαλαρότητα των δομών και των αρμόδιων των υποδομών λόγω μη ύπαρξης παρόμοιου δυστυχήματος στο παρελθόν.

Σχήμα 20. Πίνακας σύνοψης προβλημάτων δυστυχήματος Selby [1]

4.13 Ανάλυση αποτελεσμάτων χρήσης STAMP

Η ανάλυση του παραπάνω διαγράμματος ξεκινάει από το χαμηλότερο επίπεδο που αφορά το περιβάλλον μέσα στο οποίο συνέβη το δυστύχημα, δηλαδή τη σιδηροδρομική γραμμή του Great Heck(μέρος του ECML). Το συγκεκριμένο τρένο επικοινωνεί με μια ομάδα ελεγκτών που καλύπτουν τη συγκεκριμένη περιοχή και είναι υπεύθυνοι για τον εντοπισμό μη ομαλών καταστάσεων και προβλημάτων, αλλά παράλληλα και τον συντονισμό των δρομολογίων. Οι ίδιοι με τη σειρά τους επικοινωνούν με μια ανώτερη ομάδα ελέγχου της ECML η οποία μεταφέρει και αυτή με τη σειρά της συστάσεις και εντολές, που προκύπτουν από τις εναλλαγές της κατάστασης του σιδηρόδρομου(π.χ. ατύχημα σε διαφορετική περιοχή του ίδιου δρομολογίου). Την ανώτερη αυτή ομάδα εποπτεύει μια ακόμα ανώτερη ομάδα της Strategic Rail Authority η οποία είναι υπεύθυνη για το στρατηγικό σχεδιασμό και την ιεράρχηση των επενδύσεων σε υποδομές, καθώς και για την παρακολούθηση των επιδόσεων των σιδηροδρομικών επιχειρήσεων και της διασφάλισης της ασφαλούς μετάβασης των επιβατών. Η SRA συμμορφώνεται με τους διεθνείς κανονισμούς λειτουργίας και προτύπων της International Union of Railways, όπου είναι μέλος και το Ηνωμένο Βασίλειο. Αυτή με τη σειρά της είναι υπεύθυνη για την προώθηση της διεθνούς συνεργασίας στον τομέα της παγκόσμιας σιδηροδρομικής βιομηχανίας, με τη διευκόλυνση των λειτουργιών μεταξύ των σιδηροδρομικών φορέων και την παρουσίαση βιώσιμων λύσεων και βελτιώσεων.

Στο συγκεκριμένο βρόγχο του τρένου Intercity 225 ο οδηγός του τρένου ήταν έμπειρος καθότι είχε αναμειχθεί παλαιότερα σε ατύχημα που είχε συμβεί σε άλλη σιδηροδρομική γραμμή. Ωστόσο οι καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν τη δεδομένη χρονική στιγμή(πυκνή ομίχλη), δεν του επέτρεψαν να αντιληφθεί άμεσα το εμπόδιο που θα συναντούσε παρά μόνο όταν ήταν πολύ αργά για να σταματήσει το τρένο. Τα φρένα, όπως αναφέρεται, χρησιμοποιήθηκαν αμέσως. Συνεπώς ο οδηγός δίχως την οποιαδήποτε προειδοποίηση μέσω των μέσων σήμανσης δεν θα μπορούσε να είχε αποφύγει το ατύχημα.

Η ανάλυση συνεχίζει με το γεγονός ότι παρότι η γραμμή βρισκόταν κάτω από αυτοκινητόδρομο, δεν υπήρχαν τα απαραίτητα μέσα εντοπισμού και προειδοποίησης για εμπόδιο στον χώρο που κινιόταν το τρένο. Ο ελεγκτής δε θα μπορούσε λόγω αυτής της σημαντικής έλλειψης, να γνωρίζει άμεσα τι συμβαίνει στο σιδηρόδρομο ώστε να είναι σε θέση να ενημερώσει τον οδηγό του τρένου. Επιπροσθέτως κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας του οδηγού που είχε παρεκκλίνει με το όχημα του από τον αυτοκινητόδρομο M62, δεν ήταν άμεση η ενημέρωση των ανωτέρων ελεγκτών της γραμμής ECML ώστε οι ίδιοι με τη σειρά τους να ενημερώσουν την αντίστοιχη ομάδα της τοπικής γραμμής. Ωστόσο ακόμα και αυτό να γινόταν, πάλι δε θα υπήρχε αρκετός χρόνος προκειμένου να γίνει η απαραίτητη ενημέρωση χωρίς προηγμένη τεχνολογική σήμανση, αφού το χρονικό περιθώριο από την έναρξη της κλήσης στην άμεση δράση μέχρι την πρόσκρουση του τρένου πάνω στο όχημα, ήταν πολύ στενό(ο ήχος της σύγκρουσης ακούστηκε κατά τη διάρκεια της κλήσης). Συνεπώς υπήρχε ανεπαρκής συντονισμός. Ακόμα και μετά την πρώτη σύγκρουση του τρένου της GNER δεν υπήρξε έγκαιρη προειδοποίηση στο επερχόμενο εμπορικό τρένο.

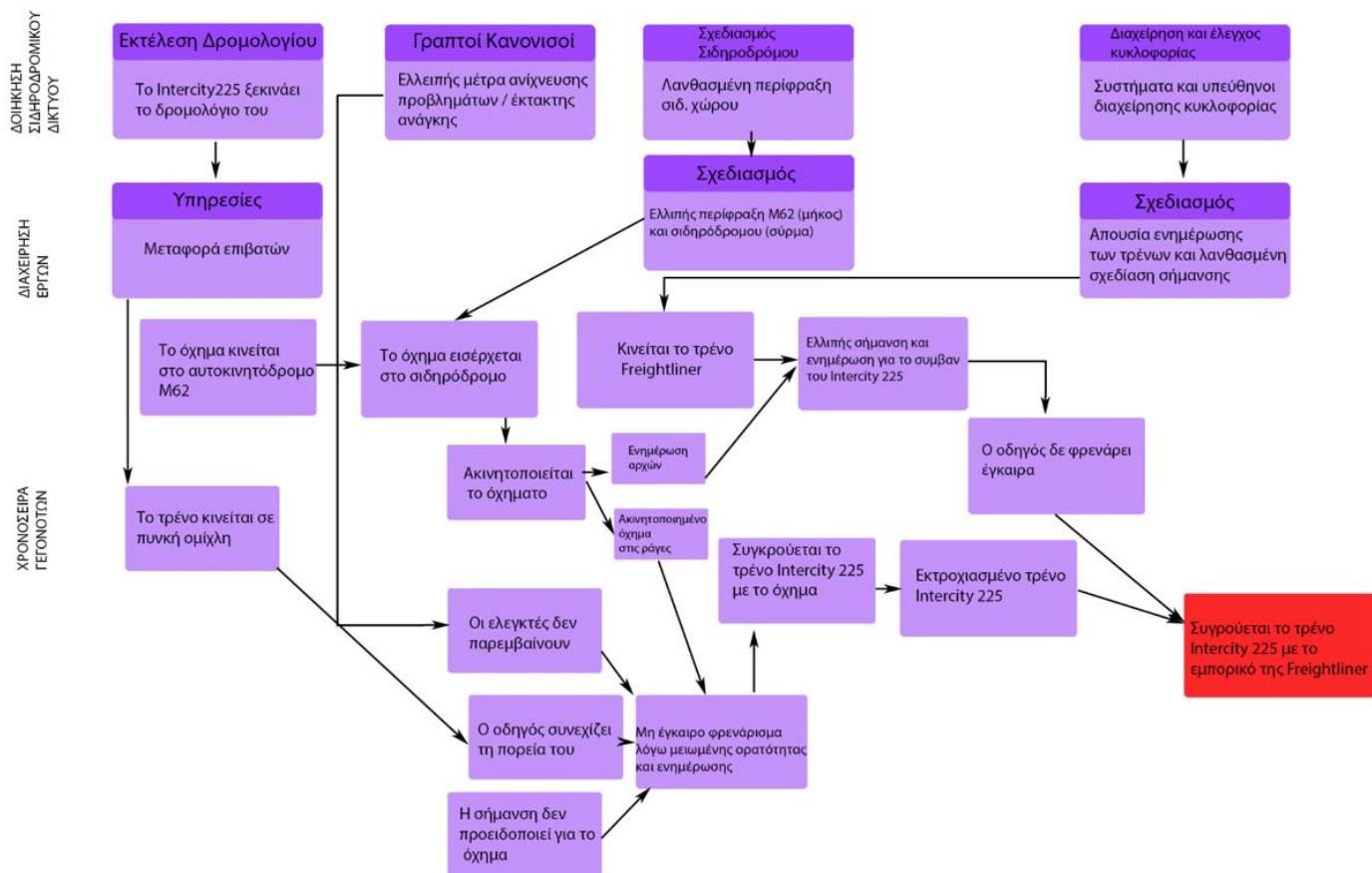
Στα παραπάνω επίπεδα εξετάζονται οι διαδικασίες ελέγχου της GNER όπου εντοπίζονται κάποια ελλιπή μέτρα. Για παράδειγμα, δεν υπήρξε κάποια συντονισμένη δράση μετά τη σύγκρουση του τρένου με το όχημα, βάσει πρωτοκόλλου. Η εταιρεία εκείνη την περίοδο αντιμετώπιζε βαριά οικονομικά προβλήματα στα οποία είχε δώσει τη μεγαλύτερη βάση.

Συνεχίζοντας, η Strategic Rail Authority, που είναι υπεύθυνη για τη λειτουργία οποιουδήποτε σιδηρόδρομου του Ηνωμένου Βασιλείου, φαίνεται πως επέτρεψε άθελά της την ύπαρξη αρκετών ελλείψεων. Το γεγονός πως δεν είχε συμβεί παρόμοιο περιστατικό, άφησε τον σιδηρόδρομο εκτεθειμένο, γιατί οι προστατευτικές μπαριέρες του M62 φαινομενικά επαρκούσαν προς αποφυγή πτώσης κάποιου οχήματος στο χώρο. Ωστόσο πριν την αρχή της γέφυρας απουσίαζαν, ενώ παράλληλα το κατηφορικό έδαφος αποτελούσε ευνοϊκό παράγοντα για την ανάπτυξη επαρκούς ταχύτητας ώστε να καταλήξει κάποιο όχημα στις ράγες του τρένου. Παράλληλα το μεγαλύτερο μέρος των σηματοδοτών ήταν αυτόματοι. Το μέρος που συνέβη η πρώτη σύγκρουση βρίσκεται στα όρια που η σηματοδότηση ελεγχόταν από το York Integrated Electronic Control Center (IEEC) ενώ το υπόλοιπο μέρος άνηκε στη Doncaster Power Signal Box. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να ενεργοποιηθούν τα σήματα ασφάλειας της IEEC, μετά τη βλάβη που υπέστησαν τα καλώδια, αλλά όχι της PSB που κινούνταν το εμπορικό τρένο. Τέλος σύμφωνα με τους τότε ισχύοντες κανονισμούς, η περιγραφή του χώρου ήταν επαρκής. Ωστόσο η περιγραφή με στύλους και σύρμα θύμιζε περισσότερο αποτροπή καταπάτησης από άνθρωπο, παρά αποτροπή εισόδου διερχόμενου οχήματος.

Τελειώνοντας, με την εφαρμογή της συστημικής αυτής μεθόδου συμπεραίνεται ότι οι παράγοντες που συνετέλεσαν στην τραγωδία αφορούν ελλιπή μέτρα ασφάλειας και υποδομών, ενώ παράλληλα αναδεικνύονται τα λανθασμένα σχέδια δράσης σε περίπτωση ατυχήματος.

4.14 Ανάλυση δυστυχήματος Selby Rail Disaster με χρήση μεθόδου ACCIMAP

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει η ανάλυση του δυστυχήματος Selby Rail Disaster με τη χρήση της μεθόδου ACCIMAP. Η μέθοδος αυτή προϋποθέτει την εφαρμογή της προηγούμενης μεθόδου προκειμένου να υπάρχει μια συνολική κατανόηση για το τι συνέβη στην τραγωδία. Παρακάτω παρουσιάζεται η εφαρμογή της μεθόδου και το διάγραμμα που προκύπτει.



Σχήμα 21. Διάγραμμα ACCIMAP, χρονική διαδοχή γεγονότων δυστυχήματος Selby [1]

Σύμφωνα με το διάγραμμα ACCIMAP(σχ. 21), στο δυστύχημα συμβαίνουν τα εξής κύρια γεγονότα:

- η είσοδος του οχήματος στον σιδηρόδρομο του Great Heck με τον οποίο συγκρούστηκε το τρένο της GNER
- το εκτροχιασμένο τρένο Intercity 225 με το οποίο συγκρούστηκε το εμπορικό τρένο της Freightline.

Αρχικά γίνεται αναφορά στους σχεδιαστικούς παράγοντες. Το μήκος της προστατευτικής μπαριέρας που βρίσκονταν παράλληλα στον αυτοκινητόδρομο M62, παρότι βάσει κανονισμών επαρκούσε, δεν ήταν σε θέση να αποτρέψει την είσοδο του οχήματος του Gary στο κατηφορικό έδαφος προς τις σιδηροδρομικές γραμμές. Επιπλέον η περιφραξη της σιδηροδρομικής γραμμής με σύρμα, σε καμία περίπτωση δεν θα μπορούσε να σταματήσει την ορμή του οχήματος. Τέλος η σήμανση δεν ήταν σχεδιασμένη να δράσει παρά μόνο όταν το τρένο εκτροχιάστηκε με αποτέλεσμα οι σηματοδότες να εκπέμπουν σήμα κινδύνου. Ωστόσο ακόμα και αυτό το σήμα, δεν διαδόθηκε σε όλο το μήκος της γραμμής καθώς η περιοχή που κινιόταν το εμπορικό τρένο της Freightline ήταν εκτός ορίων της IEEC, με αποτέλεσμα ο οδηγός του εμπορικού τρένου να μην είναι ενημερωμένος για τον κίνδυνο.

Οι αρχές έπειτα από την καταγραφή της πρώτης σύγκρουσης δεν πρόλαβαν να μεταφέρουν έγκαιρα την πληροφορία στους ελεγκτές κυκλοφορίας της γραμμής, που κινιόταν το δεύτερο τρένο.

Όσον αφορά τα ελλιπή μέτρα ασφάλειας του σιδηρόδρομου, όπως φαίνεται από το πόρισμα του ερευνητών, δεν υπήρξε κάποια αλλαγή στη σηματοδότηση της γραμμής με αποτέλεσμα ο οδηγός του Intercity 225 να μην ενημερωθεί για το όχημα που είχε εισέλθει στον χώρο. Τα καιρικά φαινόμενα της περιοχής σε συνδυασμό με την απουσία ενημέρωσης από τους τοπικούς ελεγκτές κυκλοφορίας δεν επέτρεψαν την έγκαιρη ακινητοποίηση του τρένου της GNER με αποτέλεσμα να επέλθει η πρώτη σύγκρουση.

4.15 Διορθωτικά μέτρα και προτάσεις

Μια ανάλυση ατυχήματος μπορεί να θεωρηθεί ολοκληρωμένη και σφαιρική όταν συνοδεύεται από προτάσεις βελτίωσης της ασφάλειας και της πρόληψης ώστε να αποφευχθούν παρόμοια ατυχήματα στο μέλλον. Παρακάτω θα γίνει αναφορά σε κάποια μέτρα ασφάλειας, που αφορούν τη σιδηροδρομική λειτουργία, πρωτόκολλα ασφάλειας και συστημάτων επικοινωνίας.

- **Αυτοματοποιημένο σύστημα πέδησης έκτακτης ανάγκης**

Η χρήση των αυτοματοποιημένων συστημάτων πέδησης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης αποτελεί μέτρο ζωτικής σημασίας καθώς εξουδετερώνει τον ανθρώπινο παράγοντα, π.χ. σε περιπτώσεις μειωμένης ορατότητας. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν αισθητήρες για τον εντοπισμό επικείμενων συγκρούσεων που σε μια τέτοια περίπτωση γίνεται εφαρμογή των φρένων.

- **Συστήματα Προειδοποίησης**

Τα συγκεκριμένα συστήματα προειδοποίησης χρησιμοποιούν αισθητήρες για την ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Τέτοια συστήματα επιτρέπουν τον εντοπισμό πιθανών εμποδίων, μεταβολές στις καιρικές συνθήκες ή βλάβες στη σιδηροδρομική γραμμή.

- **Συστήματα Σηματοδότησης**

Η αναβάθμιση των συστημάτων σηματοδότησης είναι ένα από τα πιο βασικά μέτρα πρόληψης αφού επιτρέπουν την άμεση επικοινωνία μεταξύ των τρένων και των κέντρων ελέγχου.

- **Χρήση PTC(Positive Train Control)**

Το PTC είναι ένα σύστημα το οποίο λειτουργεί με τη χρήση GPS καθώς και αισθητήρων με στόχο την αποτροπή κινήσεων του τρένου που είναι εκτός της κανονικής του πορείας.

- **Βελτίωση των υποδομών προστασίας του σιδηροδρομικού χώρου**

Είναι πολύ σημαντικό στα σημεία από όπου περνούν γέφυρες πάνω από τον σιδηροδρομικό χώρο ή όπου υπάρχει διέλευση οχημάτων με μεγάλη ταχύτητα, να τοποθετηθεί βελτιωμένη περίφραξη(σε αντίθεση με το συρματοπλέγμα που υπήρχε), όπως για παράδειγμα μπαριέρες που χρησιμοποιούνται και στους αυτοκινητόδρομους. Επιπλέον θα ήταν ασφαλές οι μπαριέρες που βρίσκονται πάνω στις γέφυρες που περνούν πάνω από τις ράγες, να επεκταθούν πριν και μετά τη γέφυρα, ειδικά όταν το έδαφος είναι κατηφορικό.

- **Βελτιωμένα πρωτόκολλα επικοινωνίας**

Αποτελεί ζωτικής σημασίας μέτρο, η βελτίωση των συστημάτων επικοινωνίας των αμαξοστοιχιών με τα κέντρα ελέγχου σε συνδυασμό με λεπτομερή εκπαίδευση των πληρωμάτων πάνω στο κομμάτι αυτό. Τα συστήματα θα πρέπει να είναι ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες.

- **Κατάρτιση και Προσομοίωση**

Με τη διεξαγωγή προγραμμάτων προσομοίωσης στα μέλη του πληρώματος της κάθε αμαξοστοιχίας και την εξοικείωση τους με τα διάφορα προηγμένα συστήματα, μέσω προσομοιώσεων, μπορεί να βελτιωθεί ο χρόνος αντίδρασης. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να αποφευχθεί μια αλυσίδα ατυχημάτων, όπως πολλαπλοί εκτροχιασμοί.

- **Βελτίωση της επικοινωνίας με τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης**

Είναι πολύ σημαντικό η επικοινωνία των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης να είναι άμεση με τα κέντρα ελέγχου κυκλοφορίας των σιδηροδρόμων. Και αυτό διότι σε περίπτωση ατυχήματος με παρεμπόδιση οχήματος στη σιδηροδρομική γραμμή, ο πολίτης θα ειδοποιηθεί πρώτα τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης και όχι τα κέντρα ελέγχου της κυκλοφορίας. Η παροχή κατάρτισης για τη συντονισμένη δράση σε αυτές τις περιπτώσεις είναι ζωτικής σημασίας.

- **Τεχνολογία παρακολούθησης**

Η χρήση οπτικού υλικού μέσω καμερών που θα είναι τοποθετημένες κατά μήκος του σιδηροδρόμου και σε επίμαχα σημεία (όπως γέφυρες), επιτρέπουν την εποπτεία της γραμμής. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα εντοπισμού ζητημάτων σε αρχικό στάδιο πριν αυτά κλιμακωθούν.

- **Κατάρτιση των πολιτών**

Ένα ακόμα σημαντικό μέτρο για την αποτροπή κλιμάκωσης των ατυχημάτων είναι η ενημέρωση των πολιτών για τις ενέργειες που πρέπει να ακολουθήσουν σε περίπτωση που βρεθούν εμπλεκόμενοι σε κάποιο ατύχημα, όπως αυτό του Great Heck. Η γνώση προκαθορισμένων ενεργειών και της άμεσης αντίδρασης, εάν αυτή είναι εφικτή, μπορεί να συνδράμει σημαντικά στην αποφυγή παρόμοιων περιστατικών. [14]

Καταλήγοντας, η εφαρμογή της πολύπλευρης αυτής προσέγγισης από τεχνολογικό μέχρι κοινωνικό βαθμό, μπορεί να συνδράμει σημαντικά στη μείωση μελλοντικών ατυχημάτων. Η αυτοματοποίηση των ελέγχων ασφάλειας μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στην ομαλή λειτουργία του σιδηροδρομικού δικτύου. Σε κάθε περίπτωση όμως δεν θα πρέπει να υπάρχει εφησυχασμός του ανθρώπινου παράγοντα και η εποπτεία ακόμα και των μέσων αυτών θα πρέπει να είναι συνεχής. Η συνεχής εκπαίδευση και ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών, μόνο θετικά μπορούν να συνδράμουν στην πρόληψη και αποτροπή ατυχημάτων. [15] Είναι προφανές πως τέτοια τεχνολογία αιχμής ενδεχομένως να μην ήταν διαθέσιμη κατά τη περίοδο που συνέβη το ατύχημα στο Great Heck, όμως δε παύει να αποτελεί πηγή άντλησης πληροφοριών και γνώσης για την ασφάλεια των σιδηροδρόμων παγκοσμίως. [1]

4.16 Σύνοψη ανάλυσης δυστυχήματος Selby

Συμπερασματικά, το σιδηροδρομικό δυστύχημα του Great Heck αποτελεί ένα από τα πιο τραγικά δυστυχήματα της σύγχρονης εποχής του Ηνωμένου Βασιλείου. Η βασική του αιτία ήταν ο ανθρώπινος παράγοντας. Η μελέτη του Selby Rail Disaster υπογραμμίζει την ανάγκη λήψης δυναμικών μέτρων ασφαλείας στη σιδηροδρομική βιομηχανία. Η ολιστική προσέγγιση ασφαλείας θα πρέπει να θεωρείται δεδομένη ανεξαρτήτως που οφειλόταν το δυστύχημα. Το κομμάτι των σιδηροδρομικών γραμμών είναι ένα αρκετά πολύπλοκο και πολυδιάστατο κομμάτι που χρήζει του συνδυασμού των τεχνολογικών εξελίξεων, της βελτίωσης των διαδικασιών και της αναπροσαρμογής των πρωτοκόλλων. Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας προσφέρει μια πολλά υποσχόμενη οδό για την ελάττωση των δυστυχημάτων και κατά συνέπεια την απώλεια της ανθρώπινης ζωής.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα

5.1 Αίτια

Τα σιδηροδρομικά δυστυχήματα τόσο στο Selby όσο και στο Grayrigg χαρακτηρίζονται από μία σειρά άμεσων και έμμεσων αιτιών, όπως προκύπτει από την παραπάνω έρευνα.

5.2 Αίτια δυστυχήματος Selby

Τα άμεσα αίτια του ατυχήματος στο Selby περιλαμβάνουν:

- Την εισβολή του οχήματος στον σιδηροδρομικό χώρο, γεγονός που δημιούργησε τις προϋποθέσεις σύγκρουσης του πρώτου τρένου με το όχημα.
- Τον εκτροχιασμό της αμαξοστοιχίας μετά τη σύγκρουση με το όχημα του Gary, με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της παράλληλης γραμμής.
- Τη σύγκρουση του δεύτερου διερχόμενου τρένου με το ήδη εκτροχιασμένο τρένο

Τα έμμεσα αίτια περιλαμβάνουν:

- Την ανεπαρκή ασφάλεια των ισόπεδων διαβάσεων, καθώς υπήρχαν σοβαρές ελλείψεις στα μέτρα ασφάλειας των υποδομών που επέτρεψαν την είσοδο του διερχόμενου οχήματος στο χώρο του σιδηρόδρομου.
- Το ανθρώπινο λάθος του οδηγού του οχήματος που τον οδήγησε να ακινητοποιηθεί στις γραμμές του τρένου(τα ανθρώπινα λάθη που αφορούν την κρίση ή τα λάθη ανθρώπων μπορούν να θεωρηθούν έμμεσες αιτίες).
- Τις διαδικασίες αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης, αφού όπως αποδείχτηκε οι πρακτικές που ακολουθήθηκαν δεν ήταν επαρκείς.

5.3 Αίτια ατυχήματος Grayrigg

Τα άμεσα αίτια του ατυχήματος Grayrigg περιλαμβάνουν:

- Το κάταγμα της ράβδου Stretcher Bar στο κινητό σημείο 2B, που είναι υπεύθυνο για τη σωστή απόσταση μεταξύ του διακόπτη και της σιδηροτροχιάς

αποθέματος, και που αστόχησε λόγω ρωγμών που οφείλονταν σε μακροχρόνια κόπωση.

- Σχεδιαστικό ελάττωμα του κινητού σημείου 2B, καθώς το κατασκευαστικό υλικό ήταν χαμηλής ποιότητας.
- Αμέλεια αποκατάστασης σημαντικών εξαρτημάτων έπειτα από επιθεώρηση του κινητού σημείου, όπου είχαν αφήσει βίδες με μειωμένη σφίξη ή και καθόλου.

Τα έμμεσα αίτια περιλαμβάνουν:

- Την έλλειψη οργανωτικής κουλτούρας, καθώς πολλές φορές τα προβλήματα που εντοπίζονταν στο δίκτυο καταγράφονταν αλλά αντιμετωπίζονταν σε μεγάλο βάθος χρόνου.
- Απουσία αποτελεσματικού καθεστώτος επιθεώρησης των υλικών των υποδομών, που παρουσιάστηκαν μη επαρκή για τον εντοπισμό της χαμηλής ποιότητας των υλικών.
- Ανεπαρκής ευαισθητοποίηση του προσωπικού σχετικά με την κρισιμότητα των πορισμάτων των ερευνών και των επιθεωρήσεων.
- Καθυστερημένη υιοθέτηση τεχνολογιών επιθεώρησης(π.χ. έλεγχος ποιότητας με χρήση υπέρηχων).
- Επιλογή επίσπευσης της προσοχής σε διαφορετικά τμήματα του σιδηροδρομικού δικτύου(π.χ. αναβάθμιση άλλων τομέων).
- Σοβαρή έλλειψη προσωπικού και εργατών που θα καθιστούσαν πιο εφικτή την αποτελεσματικότητα στο ασφυκτικό πρόγραμμα εργασιών.

5.4 Αποτελέσματα και σύγκριση των μεθόδων STAMP και ACCIMAP

Συμπεραίνοντας, οι αναλύσεις τόσο του ατυχήματος Selby όσο και αυτού του Grayrigg, αποτελούν πλούσιες πηγές για την κατανόηση παραγόντων που δεν είναι αντιληπτοί εκ πρώτης όψης αλλά είναι άκρως σημαντικοί για την ασφάλεια των σιδηροδρομικών υποδομών. Και τα δύο ατυχήματα τονίζουν τη σημασία της εποπτείας, της εκπαίδευσης, αλλά και των διαδικασιών της αξιολόγησης των κινδύνων. Οι μεθοδολογίες STAMP και ACCIMAP έχουν διαφορετικές θεωρητικές βάσεις αλλά και οι δύο καλύπτουν το φάσμα της ανάλυσης ατυχημάτων. Από τη μία η STAMP είναι συνδεδεμένη με την ανάλυση των συστημάτων μέσα από τα οποία συνέβη το ατύχημα, ενώ η ACCIMAP ερευνά τα γεγονότα που οδήγησαν στο ατύχημα μέσα από πολυεπίπεδα διαγράμματα.

Η μεθοδολογία της ACCIMAP χαρακτηρίζεται από ευελιξία και την ικανότητα εφαρμογής της σε διάφορους τομείς ενώ ταυτόχρονα είναι δυνατό να χρησιμοποιείται από μη-ειδικούς με σχετική ευκολία. Βρίσκει σημαντική εφαρμογή στη διαχείριση πολύπλοκων συστημάτων με μια συστηματική προσέγγιση για την κατανόηση και αντιμετώπιση των ζητημάτων που προκύπτουν από την ανάλυση.

Υστερεί ωστόσο στο γεγονός πως παρότι η χρήση της είναι φιλική προς αυτόν που την χρησιμοποιεί, προκειμένου να υπάρχει ακρίβεια και κατανόηση της πολυπλοκότητας, απαιτείται εκπαίδευση. Επιπλέον είναι πιθανόν η ACCIMAP σε καταστάσεις εκτεταμένης αναζήτησης λεπτομερειών, να μην ανταποκρίνεται σε επιθυμητό βαθμό.[16]

Η μεθοδολογία της STAMP, από την άλλη, χαρακτηρίζεται για την παροχή λεπτομερών αναλύσεων με μεγάλη ακρίβεια καθώς επικεντρώνεται σε συστημικές πτυχές και εμβαθύνει στην αλληλεπίδραση των κόμβων του συστήματος. Είναι η καταλληλότερη μέθοδος για περιβάλλοντα υψηλού κινδύνου, όπως οι σιδηροδρομικές μεταφορές, όπου και η παραμικρή λεπτομέρεια μπορεί να αποβεί μοιραία.

Ωστόσο η μέθοδος αυτή δεν προσφέρεται για ευρεία χρήση καθώς απαιτεί εκτεταμένη εκπαίδευση για τη σωστή και αποτελεσματική χρήση της. Η χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου, για τον λόγο πως είναι αρκετά λεπτομερής, μπορεί να οδηγήσει σε υπέρ-ανάλυση σεναρίων όπου μια απλούστερη προσέγγιση θα ήταν πιο αποτελεσματική. Παρ'όλα αυτά, στην περίπτωση των σιδηροδρομικών ατυχημάτων η απλούστερη προσέγγιση δεν αποτελεί ιδανική λύση. Η μέθοδος παρουσιάζεται μη αποδοτική αναφορικά με την εφαρμογή της για διαδοχικά χρονικά γεγονότα καθώς είναι μία μέθοδος η οποία δεν βασίζεται σε αυτά. Επιπλέον η μέθοδος δεν είναι σε θέση να εντοπίζει την κρισιμότητα των γεγονότων και την αποκατάστασή των σφαλμάτων μοντελοποίησης, αλλά ξεχωρίζει στη μοντελοποίηση του πλαισίου εργασίας στο οποίο συνέβησαν αυτά τα γεγονότα.[15]

Εξετάζοντας τις δύο μεθόδους συγκριτικά, η ACCIMAP βοηθάει στην περιγραφή ολόκληρου του ατυχήματος σε ένα μόνο διάγραμμα, ενώ η STAMP χαρακτηρίζεται από μεγάλου όγκου πληροφορίες που η γραφική αναπαράσταση απαιτεί παραπάνω από μία σελίδα.

Η ACCIMAP έχει μια αλληλουχία και συνέχεια στην αναπαράσταση των γεγονότων που οδήγησαν στο ατύχημα και το γεγονός ότι παρουσιάζονται σε ένα διάγραμμα καθιστά την κατανόηση τους πιο εύκολη, σε αντίθεση με τη STAMP η οποία δεν αναπαριστά τους κόμβους σε συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα.

Ωστόσο, η STAMP παρουσιάζει και περιγράφει την ιεραρχία του συστήματος στο οποίο συμβαίνει το γεγονός και όχι μόνο στη περιγραφή των γεγονότων όπως κάνει η ACCIMAP. Τέλος, τα όρια των συστημάτων στη STAMP καθορίζονται από περιορισμούς ασφάλειας, ενώ η ACCIMAP δεν παρέχει πληροφορίες σχετικά με τέτοιου είδους περιορισμούς.

5.5 Προτάσεις για μελέτη

Οι τεχνικές που παρουσιάστηκαν, χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία και αφορούσαν στην ανάλυση δύο σιδηροδρομικών ατυχημάτων. Ωστόσο υπάρχει αρκετό ενδιαφέρον στο πώς συμπεριφέρεται η κάθε μία στην ανάλυση ατυχημάτων διαφορετικών τομέων. Οι συγκεκριμένες τεχνικές βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή στα ατυχήματα, όπως π.χ. αεροπορικής ή ναυτιλιακής και βιομηχανικής φύσης. Τα ατυχήματα πρέπει να αποφεύγονται και προκειμένου να γίνει αυτό οι μέθοδοι συνδράμουν σημαντικά στην ανάλυση του κάθε ατυχήματος για την εξαγωγή κρίσιμων πληροφοριών. Τα θανατηφόρα περιστατικά στο Grayrigg και στο Great Heck χτυπούν καμπανάκι για τις πολυεπίπεδες πτυχές που χαρακτηρίζουν τα σιδηροδρομικά δίκτυα καθώς και πώς κάποιες, εκ πρώτης όψης μικρές, λεπτομέρειες μπορούν να οδηγήσουν σε υπερ-μεγένθυση και έναρξη καταστάσεων που οδηγούν σε τραγικά δυστυχήματα.

Βιβλιογραφία

- **Ελληνική Βιβλιογραφία**
- [1] Εργονομικές Προσεγγίσεις στη Διοίκηση και Διαχείριση της Ασφάλειας 2^η Έκδοση. Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ. Καθηγητής Κοντογιάννης Θ. του Πολυτεχνείου Κρήτης. (p.p. 247-279, 395-436, 653-723)
- [2] Εισαγωγή στην Εργονομία. Εκδόσεις ΕΜΠ. Καθηγητής Μαρμαράς Ν. (p.p. 347-361)
- **Διεθνής Βιβλιογραφία**
- [3] Railway safety Statistics in the EU, *Eurostat*.
- [4] Rail Accident Fatalities, *Eurostat-Corselo*.
- [5] Busiest train stations in Great Britain (UK) in 2021/22 , by total entries and exits, *Statista*.
- [6] Rail Safety (April 2022 to March 2023), *Office of Rail and Road*.
- [7] Systems Theoretic accident model and process. Yingyu Zhang, Chuntong Dong, Weign Guo, Jiabao Dai, Ziming Zhao.
- [8] The big picture on accident causation: A review, synthesis and meta-analysis of AcciMap studies, *Adan Hulme*.
- [9] Report 20/2008: Derailment at Grayrigg, *Rail Accident Investigation Branch reports*.
- [10] PROGRESS REPORT: Derailment at Grayrigg, *Cumbria 23 February 2007*.
- [11] Technology Makes Rail Even Safer, *Association of American Railroads*.
- [12] The track obstruction by a road vehicle and subsequent train collisions at Great Heck 28 February 2001, *A report of the Health and Safety Executive Investigation*. (p.p. 9-33)
- [13] GNER stripped of rail over parent group's cash crisis (2007), *The Guardian*.
- [14] Railway Accidents in India: Causes and Safety Measures, *Daily Updates*.
- [15] Accident Investigation Techniques, *European Agency for Safety and Health at Work*.
- [16] Applying System-Theoretic Accident Model and Processes (STAMP) to Hazard Analysis, *Yao Song, M.Eng* (p.p. 24-35)

Υπερσύνδεσμοι

- https://assets.publishing.service.gov.uk/media/566ec44ae5274a105e000025/20_2008_Grayrigg.pdf
- <https://www.gov.uk/government/organisations/rail-accident-investigation-branch>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Virgin_Trains
- https://www.youtube.com/watch?v=7E_3pzWgzX4&t=1s
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925753521004367>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925753520300473>
- <https://macsphere.mcmaster.ca/bitstream/11375/11867/1/fulltext.pdf>

- <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/accident-investigation-techniques>
- <http://www.railhub2.co.uk/rh6/archive/docs/2002-02-25%20Great%20Heck%20accident%20report%20final.pdf>
- <https://www.youtube.com/watch?v=ArD51l4aAH4&t=895s>
- <https://www.chroniclelive.co.uk/news/north-east-news/selby-rail-disaster-how-tragic-19905873>
- <https://www.grimsbytelegraph.co.uk/news/grimsby-news/selby-rail-crash-disaster-caused-5054221>
- <https://www.railwaysarchive.co.uk/docsummary.php?docID=164>
- <https://www.theguardian.com/uk/2001/dec/13/selby.railtravel5>
- <https://www.drishtiiias.com/daily-updates/daily-news-editorials/railway-accidents-in-india-causes-and-safety-measures>
- <https://functionalsafetyengineer.com/introduction-to-stamp/>
- https://www.google.com/search?q=STAMP+ANALYSIS+accident&sca_esv=601288450&sxsrf=ACQVn088qcu6-qudqa6pmdnU_A95EQipOQ%3A1706152121895&ei=udCxZdmdNquF9u8PxaeW2A4&udm=&ved=0ahUKEwiZ3qH5x_eDAxWrgv0HHcWTBesQ4dUDCBA&uact=5&oq=STAMP+ANALYSIS+accident&gs_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlcniAiF1NUQU1QIEFOQUxZU0lTIGFjY2lkZW50MgYQABgWGB5I4w9Q4QJY6A5wAXgBkAEAmAFvoAHdBqoBAzcuMrgBA8gBAPgBAcICBxAjGLADGCfCAgoQABhHGNYEGLADwgIEECMYJ8ICDBAjGIAEGIoFGBMYJ8ICCBAAAGIAEGMsBwgIIEAAYFhgeGA_iAwQYACBBiAYBkAYK&sclient=gws-wiz-serp
- https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Railway_passenger_transport_statistics_-_quarterly_and_annual_data
- https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Railway_safety_statistics_in_the_EU