

Burgoynes

Συμβουλευτική επιστημόνων και μηχανικών

Η Dr J H Burgoyne & Partners ΕΠΕ είναι εταιρεία περιορισμένης ευθύνης εγγεγραμμένη στην Αγγλία και
Ουαλία
Αριθμός καταχώρισης: OC300263

Γραφεία στο Μπεϊζινγκτσόουκ, Κάρντιφ, Γλασκώβη, Ίλκλεϋ, Κένιλγουορθ, Λονδίνο, Μάντσεστερ και
Στίβενατζ
Γραφεία ομίλου στο Ντουμπάι, Χονγκ Κονγκ, Μέλβουρνη και Σιγκαπούρη

ΕΚΘΕΣΗ ΤΟΥ ΔΡΑ. PAUL JOWETT
ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ
ΠΟΥ ΠΡΟΕΚΥΨΕ ΑΠΟ ΣΙΔΗΡΟΛΟΓΙΚΟ ΑΤΥΧΗΜΑ ΚΟΝΤΑ
ΣΤΟΝ ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ
ΣΤΙΣ 28 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2023

ΕΚΠΟΝΗΘΗΚΕ ΓΙΑ ΤΟΥΣ:

ΝΙΚΟΛΑΟ ΠΛΑΚΙΑ
ΔΗΜΗΤΡΙΟ ΠΛΑΚΙΑ

ΑΡΙΘ. ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΑΡΧΕΙΟΥ: 713172/ΡΑJ

16 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2024

Οι πληροφορίες που περιέχονται στην παρούσα έκθεση είναι εμπιστευτικές και μόνο προς ενημέρωση του προβλεπόμενου παραλήπτη και δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν ή να διανεμηθούν χωρίς την προηγούμενη γραπτή συγκατάθεση της Dr J H Burgoyne & Partners ΕΠΕ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2 ΙΣΤΟΡΙΚΟ	2
3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ, ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ	4
Εισαγωγή	4
Δειγματοληψία από το Γ.Χ.Κ.	4
Αναλύσεις από το Γ.Χ.Κ.	5
Τεχνικές αναλύσεων	5
Σύνοψη των αποτελεσμάτων	7
Επί τούτου δοκιμή πυρκαγιάς σε πετρέλαιο σιλικόνης	14
4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ	16
5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	21



ΕΚΘΕΣΗ ΤΟΥ ΔΡΑ. PAUL JOWETT
ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ
ΠΟΥ ΠΡΟΕΚΥΨΕ ΑΠΟ ΣΙΔΗΡΟΛΟΓΙΚΟ ΑΤΥΧΗΜΑ ΚΟΝΤΑ
ΣΤΟΝ ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ
ΣΤΙΣ 28 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2023

ΑΡΙΘ. ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΑΡΧΕΙΟΥ: 713172/ΡΑ/

16 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2024

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- 1.1 Στις 23:18 της 28^{ης} Φεβρουαρίου 2023, συγκρούστηκαν μετωπικά στην περιοχή του Ευαγγελισμού της Λάρισας στην Ελλάδα μια επιβατική αμαξοστοιχία και μια εμπορευματική αμαξοστοιχία. Τη στιγμή της σύγκρουσης δημιουργήθηκε μια μεγάλη πύρινη βολίδα και η φωτιά συνέχισε κατόπιν να καίει για κάποιο χρονικό διάστημα. Η σύγκρουση και η πυρκαγιά είχαν ως αποτέλεσμα τον θάνατο 57 ατόμων και τον τραυματισμό 180 ατόμων.
- 1.2 Στις 19 Ιουνίου 2023, συντάχθηκε έκθεση η οποία εξέταζε τα γεγονότα γύρω από τη σύγκρουση από τον Δρα. Βασιλάκο, κατόπιν εντολής των κρατικών αρχών (εφεξής η «κρατική έκθεση»).
- 1.3 Η κρατική έκθεση περιλάμβανε συζήτηση ως προς τα αίτια της πύρινης «μπάλας» και της επακόλουθης πυρκαγιάς, με αναφορά σε ορισμένες δειγματοληψίες και αναλύσεις υλικών από τις ατμομηχανές, τα βαγόνια εμπορευμάτων και επιβατών και τη γύρω περιοχή, βάση των οποίων ως κύριος παράγοντας αναγνωρίστηκε η καύση πετρελαίου του μετασχηματιστή. Η κρατική έκθεση παρείχε σύνοψη μόνο των αναλύσεων αυτών των υλικών, η δειγματοληψία και ανάλυση των οποίων διενεργήθηκε από το Γενικό Χημείο του Κράτους (Γ.Χ.Κ.).
- 1.4 Στις 22 Ιανουαρίου 2024, ελήφθησαν οδηγίες από την κα. Δέσποινα Γκανίδου, τον κο. Γιώργο Τσακλίδη, τον κο. Βασίλη Παυλίδη και τον κο. Αντώνη Ψαρόπουλο, ο καθένας εκ των οποίων έχασε κάποιο μέλος της οικογένειάς του στο ατύχημα, να εξεταστούν ανεξάρτητα τα στοιχεία γύρω από την πρόκληση και την εξάπλωση της πυρκαγιάς. Μου ζητήθηκε να εξετάσω την υπόθεση της κρατικής έκθεσης βάσει της οποίας συμπεραίνεται ότι υπεύθυνο για την πύρινη βολίδα και την επακόλουθη πυρκαγιά είναι το πετρέλαιο του μετασχηματιστή και να διερευνήσω εάν τα στοιχεία υποδεικνύουν κάποια εναλλακτική υπόθεση, ότι δηλαδή υπήρχε κάποιο άλλο καύσιμο, μεταξύ άλλων ως αποτέλεσμα της μεταφοράς αδήλων εμπορευμάτων.
- 1.5 Κατά την εκπόνηση της παρούσας έκθεσης, εξέτασα την κρατική έκθεση και τις περιλήψεις δειγματοληψίας και ανάλυσης που περιέχονται σε αυτήν. Μου δόθηκαν επίσης τα αποτελέσματα της αρχικής ανάλυσης από τα οποία προέκυψαν οι εν λόγω περιλήψεις. Τέλος, μου δόθηκαν σύντομα

αποσπάσματα βίντεο των καμερών ασφαλείας (CCTV) τα οποία δείχνουν τις στιγμές μέχρι και τη σύγκρουση.

- 1.6 Είμαι πραγματογνώμονας σε θέματα πυρκαγιών με περισσότερα από 27 χρόνια εμπειρίας στη διερεύνηση πυρκαγιών και εκρήξεων. Είμαι κάτοχος πτυχίου Χημείας με ειδίκευση στην Αναλυτική Χημεία και κάτοχος διδακτορικού στον τομέα της Χημείας Πυρκαγιών. Αντίγραφο του βιογραφικού μου επισυνάπτεται στο Παράρτημα 1.

2 ΙΣΤΟΡΙΚΟ

- 2.1 Στη σύγκρουση ενεπλάκησαν μια επιβατική αμαξοστοιχία (αριθ. αμαξοστοιχίας «IC62») που εκτελούσε το δρομολόγιο από Αθήνα προς Θεσσαλονίκη και μια εμπορευματική αμαξοστοιχία (αριθ. αμαξοστοιχίας «63503») που εκτελούσε το δρομολόγιο από Θεσσαλονίκη προς Πειραιά.
- 2.2 Η επιβατική αμαξοστοιχία αποτελούνταν από εννέα μονάδες τις οποίες συνιστούσαν μια ηλεκτρική ατμομηχανή Siemens Hellas Sprinter (αριθ. αναφοράς «120-023»), και ακολουθούσαν ένα βαγόνι πρώτης θέσης, ένα βαγόνι-καφετέρια και έξι βαγόνια δεύτερης θέσης.
- 2.3 Η εμπορευματική αμαξοστοιχία αποτελούνταν από δεκαπέντε μονάδες τις οποίες συνιστούσαν δύο ηλεκτρικές ατμομηχανές Siemens Hellas Sprinter (αριθ. αναφοράς «120-022» και «120-012»), και ακολουθούσαν 13 βαγόνια. Τα τρία πρώτα από αυτά τα βαγόνια αναφέρθηκε ότι ήταν φορτωμένα με μεταλλικά φύλλα, συνολικού βάρους 162 τόνων, τα οποία ήταν στερεωμένα επάνω στα βαγόνια με μεταλλικά σύρματα στερέωσης. Τα υπόλοιπα αναφέρθηκε ότι μετέφεραν τρόφιμα και ηλεκτρικά είδη ή ήταν άδεια.
- 2.4 Με βάση τις πληροφορίες της κρατικής έκθεσης, τη στιγμή του ατυχήματος τα δύο τρένα κινούνταν προς αντίθετες κατευθύνσεις στην ίδια γραμμή. Η επιβατική αμαξοστοιχία εκτιμήθηκε ότι είχε ταχύτητα περίπου 149 km/ώρα τη στιγμή της σύγκρουσης, ενώ η εμπορευματική αμαξοστοιχία είχε εκτιμηθείσα ταχύτητα περίπου 95 km/ώρα. Η κρατική έκθεση περιλάμβανε υπολογισμό ο οποίος καταδεικνυε ότι η συνολική κινητική ενέργεια κατά την πρόσκρουση ήταν περίπου 0,72 GJ, η οποία όταν διαχέεται στη σύντομη διάρκεια μιας σύγκρουσης έχει τη δυνατότητα να παραγάγει υψηλές θερμοκρασίες που μπορούν να παράσχουν ισχυρές πηγές ανάφλεξης. Οι καταγραφές από τις κάμερες ασφαλείας που έχω δει δείχνουν την έκρηξη μιας μεγάλης πύρινης «μπάλας» η οποία συμπίπτει με τη στιγμή της πρόσκρουσης.
- 2.5 Η κρατική έκθεση αποδίδει την πύρινη βολίδα στην απελευθέρωση και ανάφλεξη πετρελαίου από τους μετασχηματιστές των μονάδων της ατμομηχανής. Αναφέρει ότι:
- «Η [πρώτη] ηλεκτρική ατμομηχανή της εμπορευματικής αμαξοστοιχίας κατέληξε στο τοιχίο του δρόμου, με αποτέλεσμα η φωτιά στον μετασχηματιστή της να κάψει το υπόλοιπο πετρέλαιο και στη συνέχεια να σβήσει, αφού δεν υπήρχε άλλο καύσιμο εκτός από τα μεταλλικά εξαρτήματα της ηλεκτρικής ατμομηχανής.»*

Η ηλεκτρική ατμομηχανή της επιβατικής αμαξοστοιχίας, μαζί με τον καιόμενο μετασχηματιστή της, κατέληξαν στα πρηνή της σιδηροδρομικής γραμμής, ενώ και τα συντρίμμια του βαγονιού 1 της πρώτης θέσης και του βαγονιού-καφετέρια, καθώς και του βαγονιού 2 (πρώτου βαγονιού της δεύτερης θέσης) κατέληξαν επάνω και δίπλα σε αυτά και, λόγω των υλικών κατασκευής των βαγονιών (υφασμάτινα καθίσματα, ξύλινη επένδυση στα πλαϊνά και στο δάπεδο, αφρός καθισμάτων, πολυεστερικές κουρτίνες κ.λπ.) άρχισαν να καίγονται, προκαλώντας έτσι την πυρκαγιά».

- 2.6 Στο Παράρτημα 5 της κρατικής έκθεσης συνοψίζονται οι εργασίες δειγματοληψίας και ανάλυσης από το Γ.Χ.Κ. και περιλαμβάνεται η πληροφορία που έδωσε η Hellenic Train ότι το πετρέλαιο του μετασχηματιστή ήταν σύνθεση πολυδιμεθυλοσιλοξανίου («PDMS»). Τα PDMS είναι πολυμερή σιλικόνης που μπορούν να διαμορφώνονται ποικιλοτρόπως ώστε να παραγάγουν μια σειρά ευρέος φάσματος προϊόντων, από έλαια έως ελαστομερή στερεά.
- 2.7 Στο Παράρτημα 5 της κρατικής έκθεσης περιλαμβάνεται δελτίο τεχνικών δεδομένων για τα προϊόντα PDMS της Bayer και Δελτίο Δεδομένων Ασφαλείας (ΔΔΑ) που εκτόνησε η Siemens (η κατασκευάστρια των ατμομηχανών) για το προϊόν PDMS της Bayer «Baysilone M 50 EL».
- 2.8 Το ΔΔΑ περιγράφει τη σύνθεση ως «πολυδιμεθυλοσιλοξάνιο» και αναφέρει ένα δυναμικό ιξώδες της τάξης των 45-55 mPa.s. Το ΔΔΑ αναφέρει περαιτέρω ότι οι θερμοκρασίες του σημείου ανάφλεξης¹ και αυτανάφλεξης² ήταν > 300 °C και > 400 °C, με το σύμβολο του «μεγαλύτερο από» να υποδεικνύει ότι οι πραγματικές τιμές υπερέβησαν τα όρια της δοκιμής.



¹ Το σημείο ανάφλεξης είναι η ελάχιστη θερμοκρασία στην οποία ένα υγρό εκπέμπει ατμό μέσα σε δοχείο δοκιμής σε επαρκή συγκέντρωση ώστε να σχηματιστεί ένα αναφλέξιμο μείγμα με τον αέρα κοντά στην επιφάνεια του υγρού.

² Στο πλαίσιο ενός εύφλεκτου μείγματος καυσίμου, η θερμοκρασία αυτανάφλεξης είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία το καύσιμο θα αναφλεγεί από μόνο του σε μια κανονική ατμόσφαιρα χωρίς εξωτερική πηγή ανάφλεξης, όπως φλόγα ή σπινθήρας.

3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ, ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ

Εισαγωγή

- 3.1 Σε αυτήν την ενότητα θα εξετάσω τη δειγματοληψία και τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν από το Γ.Χ.Κ. και θα παράσχω μια σύνοψη των αποτελεσμάτων, στην οποία θα περιλαμβάνονται ερμηνείες που δόθηκαν από τους αναλυτές του Γ.Χ.Κ. και από εμένα. Αναφέρω επίσης τα αποτελέσματα μιας επί τούτου δοκιμής πυρκαγιάς που πραγματοποίησα σε δείγμα πετρελαίου σιλικόνης που έλαβα.
- 3.2 Το Γ.Χ.Κ. θεωρείται ότι παρευρέθηκε τόσο στον τόπο του ατυχήματος όσο και στον τόπο αποθήκευσης των υπολειμμάτων του ατυχήματος στις 29 Μαρτίου 2023 για τη λήψη δειγμάτων. Αυτό συνέβη 29 ημέρες μετά την ημερομηνία του ατυχήματος. Η παρέλευση του εν λόγω διαστήματος, σε συνδυασμό με την αλλοίωση του τόπου του ατυχήματος / των αντικειμένων της δειγματοληψίας, εισάγει αβεβαιότητες ως προς την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Δειγματοληψία από το Γ.Χ.Κ.

- 3.3 Στις αναφορές των δοκιμών δειγμάτων του Γ.Χ.Κ. δεν δίδονται ακριβή λεπτομερή στοιχεία των τεχνικών δειγματοληψίας που χρησιμοποιήθηκαν, αν και από τις οπτικές παρατηρήσεις που έγιναν για ορισμένα δείγματα μπορεί να συναχθεί ότι χρησιμοποιήθηκαν μπατονέτες για τη δειγματοληψία ορισμένων υποστρωμάτων. Είναι επίσης σαφές ότι ορισμένα δείγματα ήταν από στερεά υλικά (π.χ. χώμα), ενώ άλλα ήταν υγρά (π.χ. πετρέλαιο μετασχηματιστή).
- 3.4 Ελήφθησαν συνολικά 25 δείγματα, εκ των οποίων 14 ήταν από τις ατμομηχανές και τα βαγόνια των δύο συρμών και 11 από τον περιβάλλοντα χώρο. Εικάζεται ότι τα πρώτα ελήφθησαν μετά τη μετακίνηση του τροχαίου υλικού από τον τόπο του ατυχήματος στον αποθηκευτικό χώρο, ενώ τα άλλα ελήφθησαν από τον τόπο του ατυχήματος.
- 3.5 Δεν έχω λεπτομερή στοιχεία σχετικά με τη διαδικασία απομάκρυνσης του τροχαίου υλικού, όπως, μεταξύ άλλων, για το κατά πόσον τηρήθηκαν διαδικασίες για την πρόληψη της διασταυρούμενης μόλυνσης. Ομοίως, δεν διαθέτω λεπτομερή στοιχεία για τις εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στο σημείο της σύγκρουσης κατά την περίοδο μεταξύ του ατυχήματος και της επίσκεψης δειγματοληψίας. Ωστόσο, έχω ενημερωθεί από τους εντολείς προϊσταμένους μου ότι πραγματοποιήθηκαν κάποιες χωματοουργικές εργασίες και τοποθετήθηκε ασφαλτος στο ενδιάμεσο διάστημα.

Αναλύσεις από το Γ.Χ.Κ.

Τεχνικές αναλύσεων

- 3.6 Από το Γ.Χ.Κ. χρησιμοποιήθηκε μια σειρά από τεχνικές ανάλυσης, χωρίς να χρησιμοποιηθούν όλες σε όλα τα δείγματα.
- 3.7 Οι δύο κύριες τεχνικές που κατά τη γνώμη μου αρμόζει να εξετάσω ήταν η **φασματοσκοπία υπέρυθρου μετασχηματισμού Fourier («FTIR»)** και η **αέρια χρωματογραφία – φασματομετρία μάζας («GCMS»)**.
- 3.8 Η υπέρυθρη φασματοσκοπία αξιοποιεί το γεγονός ότι τα μόρια απορροφούν συχνότητες που είναι χαρακτηριστικές της δομής τους. Ένα όργανο FTIR μετρά την απορρόφηση του υπέρυθρου φωτός σε ένα εύρος συχνοτήτων και παράγει ένα φάσμα απορρόφησης. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να καταδειχθεί η παρουσία χαρακτηριστικών λειτουργικών ομάδων³ μέσα σε ένα μόριο. Το φάσμα μπορεί να συγκριθεί/αντιστοιχισθεί με το φάσμα το οποίο παράγεται για μια γνωστή ένωση, μεταξύ άλλων με τα φυλασσόμενα στη βιβλιοθήκη λογισμικού του οργάνου. Η FTIR δεν μπορεί να διακρίνει μεταξύ των μειγμάτων ενώσεων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για την απόδοση της ποσότητας μιας παρούσας ένωσης εάν δεν συναντάται σε κάποιο σύνθετο μείγμα. Σε αυτήν την περίπτωση, ωστόσο, τα αποτελέσματα της FTIR παράγουν συνήθως φάσματα που συνάδουν με την παρουσία πολυδιμεθυλοσιλοξανίων, με τα περισσότερα αποτελέσματα να υποδεικνύουν ότι πρόκειται για το κυρίαρχο συστατικό.
- 3.9 Η αέρια χρωματογραφία («ΑΧ») χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό μειγμάτων οργανικών ενώσεων με βάση τα σημεία βρασμού τους και άλλες αλληλεπιδράσεις με διαχωριστική στήλη και φέρον αέριο. Ο χρόνος που απαιτείται για να αναδυθεί μια δεδομένη ένωση από τη διαχωριστική στήλη (γνωστός ως «χρόνος κατακράτησης») είναι ο ίδιος για ένα δεδομένο όργανο και σύνολο συνθηκών. Επομένως, εάν ο χρόνος κατακράτησης μιας συγκεκριμένης ένωσης είναι γνωστός, η ανίχνευση εκείνη τη στιγμή παρέχει ένδειξη της παρουσίας της εν λόγω ένωσης. Ένα όργανο ΑΧ παράγει ένα «χρωματογράφημα», ένα γράφημα δηλαδή το οποίο απεικονίζει την απόκριση του ανιχνευτή (υπό μορφή μιας σειράς κορυφών όπου γίνονται ανιχνεύσεις) σε σχέση με τον χρόνο κατακράτησης.
- 3.10 Με την GCMS, η ανίχνευση πραγματοποιείται με φασματομέτρο μάζας («MS»), το οποίο είναι ένα όργανο που «συνθλίβει» το μόριο σε θραύσματα και μετρά την αφθονία των θραυσμάτων σε κάθε μαζικό αριθμό. Η κατανομή των θραυσμάτων που παράγονται με αυτήν την τεχνική είναι χαρακτηριστική των συστατικών μερών του μορίου της ένωσης. Οι ποσότητες των θραυσμάτων σε κάθε μάζα παράγουν ένα «φάσμα μάζας», το οποίο μπορεί να συγκριθεί με μια βιβλιοθήκη χιλιάδων



³ Στην οργανική χημεία, μια λειτουργική ομάδα είναι μια συγκεκριμένη ομάδα ατόμων ή δεσμών μέσα σε μια ένωση που είναι υπεύθυνη για τις χαρακτηριστικές χημικές αντιδράσεις της εν λόγω ένωσης. Η ίδια λειτουργική ομάδα θα συμπεριφέρεται κατά παρόμοιο τρόπο, υποκείμενη σε παρόμοιες αντιδράσεις, ανεξάρτητα από την ένωση μέρος της οποίας αποτελεί.

φασμάτων μάζας που φυλάσσονται στα σύνολα δεδομένων του λογισμικού του οργάνου και να αντιστοιχισθεί με μια συγκεκριμένη ένωση.

3.11 Αν και η GCMS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ποσοτικών αποτελεσμάτων (μπορεί δηλαδή να δείξει σε ποια ποσότητα είναι παρούσες συγκεκριμένες ενώσεις σε ένα δείγμα), αυτό απαιτεί προσεκτική βαθμονόμηση για την κάθε ένωση που μας ενδιαφέρει. Ελλείψει τέτοιας βαθμονόμησης, είναι δυνατό να συναχθούν ποσότητες με βάση το μέγεθος των κορυφών στο χρωματογράφημα (γνωστό ως «χρωματογράφημα συνολικών ιόντων» ή «TIC» στην GCMS), όμως αυτό παρέχει μόνον ενδεικτικές, «ημι-ποσοτικές πληροφορίες, επειδή η απόκριση του ανιχνευτή ποικίλλει από ένωση σε ένωση.

3.12 Εκτός από την FTIR και την GCMS, οι αναφορές των δοκιμών δειγμάτων του Γ.Χ.Κ. αναφέρονται σε αναλύσεις οι οποίες αφορούν τα εξής:

- Οξύτητα – εκφράζεται ως τιμή «pH». Οι τιμές κάτω από το 7 είναι «οξέα», οι τιμές πάνω από το 7 είναι «αλκαλικά», ενώ η τιμή 7 είναι «ουδέτερη»
- Πυκνότητα – εκφραζόμενη σε μονάδες μάζας ανά όγκο
- XRF – Φασματοσκοπία φθορισμού ακτινών Χ, η οποία χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της στοιχειακής σύνθεσης των ουσιών
- XRD – Φασματοσκοπία περίθλασης ακτινών Χ, η οποία χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της δομής των κρυσταλλικών ουσιών.
- Φωτομετρία φλόγας – χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των ποσοτήτων μεταλλικών ιόντων σε ένα διάλυμα
- Φασματοσκοπία Ράμαν – τεχνική παρόμοια και συμπληρωματική με την υπέρυθη φασματοσκοπία, η οποία μπορεί να ταυτοποιήσει δομικές πληροφορίες για τα μόρια.

3.13 Αν και έχω εξετάσει τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται για όλα τα δείγματα για όλες τις παραπάνω τεχνικές αναλύσεων, εκείνα τα οποία παρέχουν τις περισσότερες πληροφορίες σχετικές με τα θέματα που μου ζητήθηκε να εξετάσω είναι τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις αναλύσεις του Γ.Χ.Κ.

Σύνοψη των αποτελεσμάτων

3.14 Στον Πίνακα 1 παρακάτω παρουσιάζεται σύνοψη των αποτελεσμάτων που αναγράφονται στις αναφορές δοκιμών δειγμάτων του Γ.Χ.Κ., μαζί με τις παρατηρήσεις μου δίπλα στο καθένα.

Πίνακας 1 – Σύνοψη των αποτελεσμάτων των αναλύσεων

Αριθ. δείγματος	Περιγραφή	Σύνοψη αναφοράς δοκιμής δείγματος Γ.Χ.Κ.	Οι παρατηρήσεις μου
1	Δείγμα από υλικό που βρέθηκε στην ξύλινη πλατφόρμα της εμπορευματικής αμαξοστοιχίας (31654540022-8SSZ) (Δείγμα αριθ. 1)	Παρατηρήσεις: Το δείγμα περιέχει χρώμα, όπου έχουν εναποτεθεί προϊόντα μερικής καύσης οργανικών υλικών (μαύρο υπόλειμμα). FTIR: Εντοπίζεται παρουσία πετρελαίου σιλικόνης. Το δείγμα έχει εμποτιστεί με πετρέλαιο σιλικόνης.	FTIR συμβατή με PDMS
2	Υλικό που βρέθηκε στην εξωτερική επιφάνεια στη 2 ^η ηλεκτρική ατμομηχανή της εμπορευματικής αμαξοστοιχίας (120012) (Δείγμα αριθ. 2)	Παρατηρήσεις: Σκούρο καφέ, κοκκώδες συμπαγές υλικό. Κατά τη μικροσκοπική παρατήρηση, διαπιστώνονται καφέ σκόνη (χρώμα), ίνες από μονωτικό υλικό και θραύσματα γυαλιού, καθώς και διάφορα συνθετικά υλικά. FTIR: Εντοπίζεται παρουσία πετρελαίου σιλικόνης. Γ.Χ.Κ.: Ταυτοποιούνται κυκλικές μεθυλοσιλοξάνες και ξυλόλιο.	FTIR συμβατή με PDMS Τα αποτελέσματα του Γ.Χ.Κ. συνάδουν με τις ερμηνείες αυτές. Το TIC υποδεικνύει μικρές μόνο ποσότητες ξυλολίων σε σύγκριση με τις σιλοξάνες.
3	Πετρέλαιο μετασχηματιστή στη 2 ^η ηλεκτρική ατμομηχανή της εμπορευματικής αμαξοστοιχίας (120012) (Δείγμα αριθ. 3)	Παρατηρήσεις: Το δείγμα είναι ένα διαυγές, άχρωμο ελαιώδες υγρό. Περιέχει κάποια μαύρα αιωρούμενα σωματίδια. FTIR: Το υγρό είναι πετρέλαιο σιλικόνης (πολυδιμεθυλοσιλοξάνιο) Πυκνότητα: 0,97 g/cm ³ Γ.Χ.Κ.: Ταυτοποιούνται κυκλικές και μη κυκλικές μεθυλοσιλοξάνες και (1-μεθυλο-4 φαινυλομεθυλο)βενζόλιο (CAS 620-83-7), ή κάποιο ισομερές αυτού.	FTIR συμβατή με PDMS Τα αποτελέσματα του Γ.Χ.Κ. συνάδουν με τις ερμηνείες αυτές. Δείτε τη Σημείωση 1 κάτω από αυτόν τον Πίνακα. Το TIC υποδεικνύει μικρές μόνο ποσότητες ξυλολίων σε σύγκριση με τις σιλοξάνες. Το 1-μεθυλο-4 φαινυλομεθυλο)βενζόλιο θα μπορούσε να διασπαστεί κατά τη θέρμανση ώστε να παραγάγει, μεταξύ άλλων, ξυλόλιο. Να σημειωθεί ότι το δείγμα αυτό αποτελεί δείγμα οιονει «αναφοράς» όσον αφορά το πετρέλαιο του μετασχηματιστή.
4	Δείγμα από απανθρακωμένο υλικό στην 1 ^η ηλεκτρική ατμομηχανή της εμπορευματικής αμαξοστοιχίας (120022) (Δείγμα αριθ. 4)	Παρατηρήσεις: Το δείγμα είναι ένα μαύρου χρώματος, απανθρακωμένο πορώδες υλικό. FTIR: Εντοπίζεται παρουσία πετρελαίου σιλικόνης. Το δείγμα έχει εμποτιστεί με πετρέλαιο σιλικόνης.	FTIR συμβατή με PDMS
5	Δείγμα από υλικό που βρέθηκε στην 1 ^η ηλεκτρική ατμομηχανή της εμπορευματικής	Παρατηρήσεις: Το δείγμα περιέχει κομμάτια βαμβακερού υλικού δειγματοληψίας, σωματίδια άμμου και ένα κομμάτι μετάλλου, το οποίο έχει	



	αμαξοστοιχίας (120022) (Δείγμα αριθ. 5)	<p>υποστεί τήξη. Σε όλα τα παραπάνω έχουν εναποτεθεί προϊόντα μερικής καύσης οργανικών υλικών (μαύρο υπόλειμμα).</p> <p>FTIR: Εντοπίζεται παρουσία πετρελαίου σιλικόνης. Το δείγμα έχει εμποτιστεί με πετρέλαιο σιλικόνης.</p> <p>XRF (κομμάτι μετάλλου): Αλουμίνιο: 96,10 % β/β Ψευδάργυρος: 1,54 % β/β Χαλκός: 1,38 % β/β Σίδηρος: 0,47 % β/β Μόλυβδος: 0,12 % β/β Μαγγάνιο: 0,12 % β/β Τίταnio: 0,10 % β/β</p> <p>Γ.Χ.Κ.: Ταυτοποιείται η παρουσία μεθυλοσιλοξανών, ισομερών ξυλολίου, 2-αιθυλο-1-εξανόλης, 2,2-διμεθυλοδιφαινυλίου, 1-μεθυλο-4-(φαινυλομεθυλο)βενζολίου και 2,3-διυδρο-1, 1,3-τριμεθυλο-3-φαινυλο-1H-ινδένιου.</p>	<p>FTIR συμβατή με PDMS</p> <p>Τα αποτελέσματα του Γ.Χ.Κ. συνάδουν με τις ερμηνείες αυτές. Δείτε τη Σημείωση 1 κάτω από αυτόν τον Πίνακα.</p> <p>Το TIC υποδεικνύει ότι υπάρχουν μικρές μόνο ποσότητες ξυλολίων.</p> <p>Το 2,2-διμεθυλοδιφαινύλιο, το 1-μεθυλο-4-(φαινυλομεθυλο)βενζόλιο και το 2,3-διυδρο-1, 1,3-τριμεθυλο-3-φαινυλο-1H-ινδένιο έχουν δομές που θα μπορούσαν να διασπαστούν σε μια πυρκαγιά ώστε να σχηματιστούν ξυλόλια. Το TIC υποδεικνύει ότι αυτές είναι οι κυρίαρχες ενώσεις. Αυτές οι ενώσεις δεν έχουν κοινή χρήση εξ όσων γνωρίζω.</p>
6	Υαλοβάμβακας στην 1 ^η ηλεκτρική ατμομηχανή της εμπορευματικής αμαξοστοιχίας (120022) (Δείγμα αριθ. 6)	<p>Παρατηρήσεις: Μονωτικό υλικό.</p> <p>FTIR: Ταυτοποιείται πετρέλαιο σιλικόνης στο δείγμα υαλοβάμβακα.</p> <p>Γ.Χ.Κ.: Ταυτοποιούνται κυκλικές και μη κυκλικές μεθυλοσιλοξάνες και (1-μεθυλο-4 φαινυλομεθυλο)βενζόλιο (CAS 620-83-7), ή ισομερές αυτού, 2,3-διυδρο-1, 1,3-τριμεθυλο-3-φαινυλο-1H-ινδένιο (CAS 3910-35-8), μεθυλο-ισοβουτυλο κετόνη (CAS 108-10-1), ξυλόλιο (3 ισομερή), τριμεθυλοβενζόλιο, και οξικός 1-μεθοξυ-2-προπυλεστέρας (CAS 108-65-6).</p>	<p>FTIR συμβατή με PDMS</p> <p>Εκτός από τα αναφερόμενα, εντοπίστηκαν και 2,2'-διμεθυλοδιφαινύλιο και το 2,3'-διμεθυλο-1,1'-διφαινύλιο, δείτε τη Σημείωση 1 κάτω από αυτόν τον Πίνακα. Μαζί με το 1-μεθυλο-4-(φαινυλομεθυλο)-βενζόλιο, ήταν οι κυρίαρχες ενώσεις. Τα στοιχεία αυτά έχουν δομές που θα μπορούσαν να διασπαστούν σε μια πυρκαγιά ώστε να σχηματιστούν ξυλόλια.</p> <p>Το TIC υποδεικνύει ότι υπάρχουν μικρές μόνο ποσότητες ξυλολίων.</p>
7	Δείγμα από μεταλλικά εξαρτήματα στην 1 ^η ηλεκτρική ατμομηχανή της εμπορευματικής αμαξοστοιχίας (120022) (Δείγμα αριθ. 7)	<p>Παρατηρήσεις: Το δείγμα περιέχει τρία κύρια μεταλλικά εξαρτήματα: (Α) μια μεταλλική πλάκα με δύο οπές που διαπερνούν δύο μπουλόνια, μήκους 6,5 εκ. περίπου, (Β) έναν κυλινδρικό άξονα, μήκους 7,5 εκ. και διαμέτρου 1,5 εκ., τμήμα του οποίου έχει σπείρωμα και</p>	



		<p>είναι βιδωμένο σε αυτό ένα εξαγωνικό παξιμάδι εξωτερικής διαμέτρου 3 εκ., και (Γ) ένας κολουρος δίσκος σε σχήμα κώνου (μικρή διάμετρος: 6,5 εκ., μεγάλη διάμετρος: 7,5 εκ., ύψος: 3 εκ.), όπου γύρω από κάθε πλευρά περιστρέφεται ένας άξονας με διάμετρο 1,8 εκ. και 2,8 εκ., αντίστοιχα. Επιπλέον, το δείγμα περιέχει επίσης σωματίδια άμμου. Σε όλα τα παραπάνω έχουν εναποτεθεί προϊόντα μερικής καύσης οργανικών υλικών (μαύρο υπόλειμμα).</p> <p>FTIR (Α): Εντοπίζεται παρουσία πετρελαίου σιλικόνης. Το εξάρτημα έχει εμποτιστεί με πετρέλαιο σιλικόνης.</p> <p>FTIR (Β): Εντοπίζεται παρουσία πετρελαίου σιλικόνης. Το εξάρτημα έχει εμποτιστεί με πετρέλαιο σιλικόνης.</p> <p>FTIR (Γ): Εντοπίζεται παρουσία πετρελαίου σιλικόνης. Το εξάρτημα έχει εμποτιστεί με πετρέλαιο σιλικόνης.</p> <p>XRF (Πλάκα): Η μεταλλική πλάκα είναι κατασκευασμένη από κράμα χάλυβα με επίστρωση ψευδαργύρου. Τα δύο μπουλόνια είναι επίσης κατασκευασμένα από κράμα χάλυβα με επίστρωση ψευδαργύρου.</p> <p>XRF (Άξονας): Ο μεταλλικός άξονας είναι κατασκευασμένος από κράμα χάλυβα με επίστρωση ψευδαργύρου. Το εξαγωνικό παξιμάδι είναι επίσης κατασκευασμένο από κράμα χάλυβα με επίστρωση ψευδαργύρου.</p> <p>XRF (Δίσκος): Ο μεταλλικός δίσκος είναι κατασκευασμένος από κράμα αλουμινίου. Ο άξονας μικρής διαμέτρου είναι κατασκευασμένος από κράμα χάλυβα με επίστρωση χαλκού. Ο άξονας μεγάλης διαμέτρου είναι κατασκευασμένος από κράμα χάλυβα.</p>	<p>FTIR συμβατή με PDMS</p> <p>FTIR συμβατή με PDMS</p> <p>FTIR συμβατή με PDMS</p> <p>Δεν παρέχονται αποτελέσματα</p> <p>Δεν παρέχονται αποτελέσματα</p> <p>Δεν παρέχονται αποτελέσματα</p>
8	<p>Δείγμα από υγρό μπαταρίας (ALCAD) από το βαγόνι υπ' αριθ. 7 της επιβατικής αμαξοστοιχίας (120022) (Δείγμα αριθ. 8)</p>	<p>Παρατηρήσεις: Το δείγμα είναι ένα διαυγές, άχρωμο υγρό.</p> <p>Πυκνότητα: 1,181 gr/cm³</p> <p>Οξύτητα: pH 13,55</p> <p>Κάλιο βάσει φωτομετρίας με φλόγα: 14,4 % β/β</p> <p>Νάτριο βάσει φωτομετρίας με φλόγα: 0,17 % β/β</p> <p>Λίθιο βάσει φωτομετρίας με φλόγα: 0,62 % β/β</p> <p>Σημειώσεις: Από τις προαναφερθείσες αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν προκύπτει ότι το υγρό της μπαταρίας είναι εξαιρετικά αλκαλικό και περιέχει ως επί το πλείστον υδροξείδιο του καλίου (KOH)</p>	<p>Τα αποτελέσματα συνάδουν με αυτό το συμπέρασμα.</p>
9	<p>Χώμα από περιοχή ανθρώπινων υπολειμμάτων (έχουν μεταφερθεί από το σημείο της σύγκρουσης) (Δείγμα αριθ. 9)</p>	<p>Παρατηρήσεις: Το δείγμα αποτελείται από πέτρες, χώματα και χαλίκια.</p> <p>FTIR: Πετρέλαιο σιλικόνης προσδιορίζεται ως συστατικό του δείγματος.</p>	<p>FTIR συμβατή με PDMS</p>

10	Υλικό από το εσωτερικό του βαγονιού-καφετέρια της επιβατικής αμαξοστοιχίας (Δείγμα αριθ. 10)	<p>Παρατηρήσεις: Το δείγμα αποτελείται από απανθρακωμένα υλικά και σκόνη, υπολείμματα μόνωσης, λιωμένα και παραμορφωμένα ή όχι, κομμάτια μετάλλου, θραύσματα γυαλιού και καμένα θραύσματα χαρτιού.</p> <p>FTIR: Πετρέλαιο σιλικόνης προσδιορίζεται ως συστατικό του δείγματος.</p> <p>XRF (λιωμένο μέταλλο): Αλουμίνιο: 88,2 - 88,6 % Πυρίτιο: 8,4 - 10,3 % Μαγνήσιο: 0,50 - 0,8 % Ψευδάργυρος: 0,13 - 2,1 % Σίδηρος: 0,40 - 0,44 % Μαγγάνιο: 0,03 - 0,04 % Τιτάνιο: 0,01 - 0,07 %</p>	<p>FTIR συμβατή με PDMS</p> <p>Δεν παρέχονται αποτελέσματα</p>
11	Δείγμα από υλικό που ελήφθη από το εσωτερικό του βαγονιού υπ' αριθ. 2 της επιβατικής αμαξοστοιχίας (Δείγμα αριθ. 11)	<p>Παρατηρήσεις: Το δείγμα περιέχει κομμάτια μονωτικού υλικού υπό μορφή σκόνης και ινών. Σε ένα μέρος των παραπάνω έχουν εναποτεθεί προϊόντα μερικής καύσης οργανικών υλικών (μαύρο υπόλειμμα).</p> <p>FTIR: Εντοπίζεται παρουσία πλαστικοποιητή τύπου εστέρα. Το δείγμα δεν έχει εμποτιστεί με πετρέλαιο σιλικόνης.</p> <p>Μικροσκόπιο (ίνες): Οι ίνες αναγνωρίζονται ως ίνες γυαλιού.</p> <p>XRD (ίνες): Το δείγμα δεν έχει κρυσταλλική δομή. Είναι άμορφο.</p>	<p>Τα φάσματα υπερύθρων φαίνονται πολύ διαφορετικά από το PDMS. Η ταυτοποίηση του πλαστικοποιητή τύπου εστέρα φάνηκε να βασίζεται σε αντιστοίχιση φασμάτων βιβλιοθήκης.</p> <p>Κάτι τέτοιο συνάδει με το ότι οι ίνες είναι γυάλινες σύνθεσης.</p>
12	Δείγμα από χρώμα που ελήφθη από τον μετασχηματιστή στην ηλεκτρική ατμομηχανή της επιβατικής αμαξοστοιχίας (120023) (Δείγμα αριθ. 12)	<p>Παρατηρήσεις: Το δείγμα περιέχει χρώμα, το οποίο έχει καφέ χρώμα.</p> <p>FTIR: Εντοπίζεται παρουσία πετρελαίου σιλικόνης. Το δείγμα έχει εμποτιστεί με πετρέλαιο σιλικόνης.</p> <p>XRD: Το δείγμα περιέχει χαλαζία (SiO₂), αλβίτη (Na(AlSi₃O₈)) και μοσχοβίτη-2M1 (KAl₂(Si, Al)₄O₁₀(OH)₂).</p> <p>Οξύτητα: pH 7,85</p>	<p>FTIR συμβατή με PDMS</p> <p>Αντιστοίχιση μέσω βιβλιοθήκης</p>
13	Δείγμα από υλικό που βρέθηκε στο κάτω μέρος του μετασχηματιστή στην ηλεκτρική ατμομηχανή της επιβατικής αμαξοστοιχίας (120023) (Δείγμα αριθ. 13)	<p>Παρατηρήσεις: Το δείγμα περιέχει κομμάτια βαμβακερού υλικού δειγματοληψίας και σωματίδια άμμου. Σε όλα τα παραπάνω έχουν εναποτεθεί προϊόντα μερικής καύσης οργανικών υλικών (μαύρο υπόλειμμα).</p> <p>FTIR: Εντοπίζεται παρουσία πετρελαίου σιλικόνης. Το εξάρτημα έχει εμποτιστεί με πετρέλαιο σιλικόνης.</p>	<p>FTIR συμβατή με PDMS</p> <p>Να σημειωθεί ότι το δείγμα αυτό αποτελεί δείγμα οισονεί «αναφοράς» όσον αφορά το πετρέλαιο του μετασχηματιστή.</p>
14	Υλικό που βρέθηκε στη μηχανή της ηλεκτρικής ατμομηχανής της επιβατικής αμαξοστοιχίας (120023) (Δείγμα αριθ. 14)	<p>Παρατηρήσεις: Το δείγμα αποτελείται από σκούρο καφέ κοκκώδες υλικό, μαζί με το βαμβάκι που χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή του.</p> <p>FTIR: πετρέλαιο σιλικόνης προσδιορίζεται ως συστατικό του δείγματος του κοκκώδους υλικού.</p> <p>GCMS: Ταυτοποιούνται κυκλικές μεθυλοσιλοξάνες, μεθυλο-ισοβουτυλο</p>	<p>FTIR συμβατή με PDMS</p> <p>Τα αποτελέσματα της GCMS συνάδουν με αυτές</p>



		κετόνη (CAS 108-10-1), ξυλόλιο (3 ισομερή), μεθυλο-αιθυλο-βενζόλιο (CAS 620-14-4), τριμεθυλοβενζόλιο (CAS 526-73-8, 95-63-6), 1-μεθοξυ-2-οξικός προπυλεστέρας (CAS 84540-57-8).	τις ερμηνείες. Δείτε τη Σημείωση 1 κάτω από αυτόν τον Πίνακα. Καμία από αυτές τις ενώσεις δεν είναι κυρίαρχη στο TIC. Τα ξυλόλια και τα τριμεθυλοβενζόλια είναι συστατικά της βενζίνης (γκαζολίνης). Ωστόσο, η σχετική ποσότητα αυτών δεν συνάδει με την ποσότητα εκείνων που βρέθηκαν στη βενζίνη (είτε πρόσφατα είτε μερικώς εξατμισμένη).
15	Δείγμα από υλικό που βρέθηκε στις μεταλλικές πλάκες, πλάτους 20-30 εκ. (μεταφέρθηκε από την επιβατική αμαξοστοιχία) (Δείγμα αριθ. 15)	Παρατηρήσεις: Το δείγμα περιέχει σωματίδια άμμου και θραύσματα γυαλιού από σπασμένο γυαλί. Σε όλα τα παραπάνω έχουν εναποτεθεί προϊόντα μερικής καύσης οργανικών υλικών (μαύρο υπόλειμμα). FTIR: Εντοπίζεται παρουσία πετρελαίου σιλικόνης. Το δείγμα έχει εμποτιστεί με πετρέλαιο σιλικόνης. GCMS: Ταυτοποιείται η παρουσία κυκλικών και μη κυκλικών μεθυλοσιλοξανών και 2-αιθυλο-1-εξανόλης.	Μεταλλικές πλάκες από το 3 ^ο / 4 ^ο στην εμπορευματική αμαξοστοιχία; FTIR συμβατή με PDMS Τα αποτελέσματα της GCMS συνάδουν με αυτές τις ερμηνείες. Δείτε τη Σημείωση 1 κάτω από αυτόν τον Πίνακα. Επιπλέον, μια αιχμή στον χρόνο κατακράτησης που παρατηρείται σε άλλα TIC υποδηλώνει την παρουσία ίχνους ξυλολίου.
16	Πριονίδι που ελήφθη από την αποστραγγιστική τάφρο (στη βάση του τοίχου αντιστήριξης) (Δείγμα αριθ. 16)	Παρατηρήσεις: Το δείγμα αποτελείται από πριονίδι εμποτισμένο με υγρό. FTIR: Εντοπίζεται πετρέλαιο σιλικόνης στο υγρό που απορροφάται από το πριονίδι.	FTIR συμβατή με PDMS
17	Δείγμα από στάσιμο υγρό που ελήφθη από το βόρειο τμήμα της αποστραγγιστικής τάφρου (στη βάση του τοίχου αντιστήριξης) (Δείγμα αριθ. 17)	Παρατηρήσεις: Το δείγμα είναι υγρό και αποτελείται από δύο φάσεις. Η κατώτερη φάση, που είναι και η μεγαλύτερη, είναι σκούρα καφέ, ενώ η ανώτερη φάση είναι γαλακτώδους χρώματος. Το υγρό εκπέμπει δυσάρεστη οσμή λόγω του υδρόθειου. Ράμαν: Εντοπίζεται παρουσία πετρελαίου σιλικόνης. Η ανώτερη φάση περιέχει πετρέλαιο σιλικόνης. Ειδική Αγωγιμότητα: 1730 μS/εκ. Οξύτητα: pH 7,86	Σημ. Φασματοσκοπία Ράμαν Το φάσμα Ράμαν είναι συμβατό με PDMS
18	Στάσιμο υγρό που ελήφθη από το νότιο τμήμα της αποστραγγιστικής τάφρου (στη βάση του τοίχου αντιστήριξης) (Δείγμα αριθ. 18)	Παρατηρήσεις: Υγρό που αποτελείται από δύο φάσεις. Η ανώτερη φάση είναι ελαιώδης και γαλακτώδους χρώματος, ενώ η κατώτερη φάση είναι υδατική και καφέ χρώματος. FTIR: Το κύριο συστατικό της ανώτερης φάσης είναι το πετρέλαιο σιλικόνης, ενώ το κύριο συστατικό της κατώτερης φάσης είναι το νερό. GCMS: Ανώτερη φάση: Ταυτοποιούνται κυκλικές και μη κυκλικές μεθυλοσιλοξάνες και 1-μεθυλο-4(φαινυλο-μεθυλο)βενζόλιο, ή ισομερή αυτού (CAS 620-83-7).	FTIR συμβατή με PDMS Τα αποτελέσματα της GCMS συνάδουν με αυτές τις ερμηνείες. Δείτε τη Σημείωση 1 κάτω από αυτόν τον Πίνακα.



		<p>Κατώτερη φάση: Ταυτοποιούνται ίχνη 1-μεθυλο-4(φαινυλο-μεθυλο)βενζολίου ή ισομερών αυτού (CAS 620-83-7, 620-47-3).</p> <p>Οξύτητα: pH 7,6</p>	<p>Το 1-μεθυλο-4(φαινυλο-μεθυλο)βενζόλιο θα μπορούσε να διασπαστεί ώστε να σχηματιστούν ξυλόλια. Δεν ανιχνεύθηκαν ξυλόλια.</p>
19	<p>Δείγμα από το έδαφος προς τα βόρεια, στη βάση του τοίχου αντιστήριξης (Δείγμα αριθ. 19)</p>	<p>Παρατηρήσεις: Το δείγμα περιέχει σωματίδια άμμου και θραύσματα γυαλιού από σπασμένο γυαλί. Σε όλα τα παραπάνω έχουν εναποτεθεί προϊόντα μερικής καύσης οργανικών υλικών (μαύρο υπόλειμμα).</p> <p>FTIR: Εντοπίζεται παρουσία πετρελαίου σιλικόνης. Το δείγμα έχει εμποτιστεί με πετρέλαιο σιλικόνης.</p> <p>GCMS: Ταυτοποιείται η παρουσία κυκλικών και μη κυκλικών μεθυλοσιλοξανών, ιχνών ισομερών ξυλολίου, 2-αιθυλο-1-εξανόλης, 2,2'-διμεθυλοδιφαινυλο, 1-μεθυλ-3-(φαινυλομεθυλο)βενζολίου και 1-μεθυλο-4-(φαινυλομεθυλο)βενζολίου.</p>	<p>FTIR συμβατή με PDMS</p> <p>Τα αποτελέσματα της GCMS συνάδουν με αυτές τις ερμηνείες, εκτός από το ότι δεν έχω διαπιστώσει δεδομένα που να καταδεικνύουν την παρουσία 1-μεθυλο-3-(φαινυλομεθυλο)βενζολίου. Δείτε τη Σημείωση 1 κάτω από αυτόν τον Πίνακα.</p> <p>Το 2,2'-διμεθυλοδιφαινύλιο, το 1-μεθυλο-3-(φαινυλομεθυλο)βενζόλιο και το 1-μεθυλο-4-(φαινυλομεθυλο)βενζόλιο έχουν δομές που θα μπορούσαν να διασπαστούν σε μια πυρκαγιά για να σχηματίσουν ξυλόλια.</p> <p>Το TIC υποδεικνύει ότι υπάρχουν μικρές μόνο ποσότητες ξυλολίων.</p>
20	<p>Δείγμα από το έδαφος προς τα νότια, στη βάση του τοίχου αντιστήριξης (Δείγμα αριθ. 20)</p>	<p>Παρατηρήσεις: Το δείγμα περιέχει χώμα, το οποίο έχει καφέ χρώμα.</p> <p>FTIR: Εντοπίζεται παρουσία πετρελαίου σιλικόνης. Το δείγμα έχει εμποτιστεί με πετρέλαιο σιλικόνης.</p> <p>GCMS: Ταυτοποιείται η παρουσία κυκλικών και μη κυκλικών μεθυλοσιλοξανών, ιχνών ισομερών ξυλολίου και 1-μεθυλο-4-(φαινυλομεθυλο)βενζολίου.</p>	<p>FTIR συμβατή με PDMS</p> <p>Τα αποτελέσματα της GCMS συνάδουν με αυτές τις ερμηνείες. Δείτε τη Σημείωση 1 κάτω από αυτόν τον Πίνακα.</p> <p>Το 1-μεθυλο-4-(φαινυλομεθυλο)βενζόλιο έχει μια δομή που θα μπορούσε να διασπαστεί σε μια πυρκαγιά ώστε να σχηματιστούν ξυλόλια.</p> <p>Το TIC υποδεικνύει ότι υπάρχουν μικρές μόνο ποσότητες ξυλολίων.</p>
21	<p>Δείγμα από το έδαφος στη βάση της ανατολικής κλιτύς των σιδηροτροχιών (Δείγμα αριθ. 21)</p>	<p>Παρατηρήσεις: Το δείγμα περιέχει χώμα, το οποίο έχει καφέ χρώμα.</p> <p>FTIR: Εντοπίζεται παρουσία πετρελαίου σιλικόνης. Το δείγμα έχει εμποτιστεί με πετρέλαιο σιλικόνης.</p>	<p>FTIR συμβατή με PDMS</p>

ΕΡΜΗΝΕΙΑ

		GCMS: Ταυτοποιείται η παρουσία κυκλικών και μη κυκλικών μεθυλοσιλοξανών και ιχνών ισομερών ξυλολίου.	Τα αποτελέσματα της GCMS συνάδουν με αυτές τις ερμηνείες. Δείτε τη Σημείωση 1 κάτω από αυτόν τον Πίνακα.
22	Υλικό που βρέθηκε στον τοίχο αντιστήριξης (Δείγμα αριθ. 22)	Παρατηρήσεις & μικροσκοπική εξέταση: Το δείγμα αποτελείται από μπεζ σκόνη, όπου φαίνονται διάσπαρτα κομμάτια γυαλιού και μετάλλου, ίνες και πορτοκαλί σωματίδια από εύθρυπτο υλικό επικάλυψης. FTIR: Το δείγμα περιέχει πετρέλαιο σιλικόνης. FITR/XRD: Εντοπίζονται ανθρακικό ασβέστιο και χαλαζίας.	FTIR συμβατή με PDMS Αντιστοίχιση μέσω βιβλιοθήκης
23	Δείγμα από το υπέδαφος (βάθος: 20 εκ.) από τη δυτική κλιτύ των σιδηροτροχιών (βάση ενός καμένου δέντρου) (Δείγμα αριθ. 23)	Παρατηρήσεις: Το δείγμα αποτελείται από χώμα και πέτρες. FTIR: Το δείγμα περιέχει πετρέλαιο σιλικόνης.	FTIR συμβατή με PDMS
24	Δείγμα από το έδαφος από τη δυτική κλιτύ των σιδηροτροχιών (κοντά σε καμένο δέντρο) (Δείγμα αριθ. 24)	Παρατηρήσεις: Το δείγμα αποτελείται από χώμα και πέτρες και κομμάτια φυτικής ύλης. FTIR: Το δείγμα περιέχει πετρέλαιο σιλικόνης.	FTIR συμβατή με PDMS (όμως η χαμηλή αναλογία σήματος προς θόρυβο υποδηλώνει ότι υπάρχει σε σχετικά χαμηλές ποσότητες)
25	Δείγμα από το έδαφος (επιθεώρηση υποστρώματος) (Δείγμα αριθ. 25)	Παρατηρήσεις: Το δείγμα περιέχει χώμα, το οποίο έχει καφέ χρώμα. FTIR: Εντοπίζεται παρουσία ιχνών πετρελαίου σιλικόνης. GCMS: Εντοπίζεται παρουσία 3-μεθυλοβουτανόλης, βενζαλδεΐδης και ιχνών μεθυλοσιλοξανών.	Ο σχολιασμός της κρατικής έκθεσης καταδεικνύει ότι το δείγμα αυτό ελήφθη 50 μέτρα από το σημείο της σύγκρουσης. FTIR – συμβατή με PDMS (όμως η πολύ χαμηλή αναλογία σήματος προς θόρυβο υποδηλώνει ότι υπάρχει σε σχετικά πολύ χαμηλές ποσότητες). Τα αποτελέσματα της GCMS συνάδουν με αυτές τις ερμηνείες. Δείτε τη Σημείωση 1 κάτω από αυτόν τον Πίνακα.

Σημείωση 1: Η ταυτοποίηση των ενώσεων βασίζεται στην αντιστοίχιση των χρωματογραφημάτων με τα χρωματογραφήματα αναφοράς της βιβλιοθήκης. Η ταυτοποίηση μπορεί να επιβεβαιωθεί μόνον εάν αναλυθεί ένα γνωστό δείγμα μιας συγκεκριμένης ένωσης και παραγάγει ένα αντίστοιχο χρωματογράφημα και έχει αντίστοιχο χρόνο κατακράτησης. Ελλείψει τέτοιων επιβεβαιώσεων, τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να προέρχονται από ενώσεις με ιδιαίτερα παραπλήσια χαρακτηριστικά.

3.15 Συνοπτικά, σε όλα τα δείγματα εκτός από δύο τα αποτελέσματα ήταν ενδεικτικά της παρουσίας PDMS. Εξαιρέσεις ήταν τα δείγματα 8 (υγρό μπαταρίας) και 11 (μονωτικό υλικό).

- 3.16 Παρατέθηκαν αποτελέσματα της GCMS για 11 από τα δείγματα (υπ' αριθ. 2, 3, 5, 6, 14, 15, 18, 19, 20, 21 και 25) και σε κάθε περίπτωση ταυτοποιήθηκαν ενώσεις σιλοξανών⁴.
- 3.17 Δύο από τα δείγματα, τα υπ' αριθ. 3 και 13, είχαν περιγραφές που υποδηλώνουν ότι θα μπορούσαν να είναι αντιπροσωπευτικά του πετρελαίου του μετασχηματιστή, παρέχοντας έτσι δείγματα οιονεί αναφοράς. Πραγματικό δείγμα αναφοράς θα ήταν ένα δείγμα αχρησιμοποίητου πετρελαίου. GCMS πραγματοποιήθηκε μόνο στο δείγμα 3, το οποίο ελήφθη από την πρώτη ατμομηχανή της εμπορευματικής αμαξοστοιχίας (αριθ. αναφοράς 120-122), με το TIC να κυριαρχείται από ενώσεις σιλοξανών. Αυτό φαίνεται να επιβεβαιώνει ότι το πετρέλαιο του μετασχηματιστή ήταν πράγματι σύνθεσης PDMS.
- 3.18 Τα αποτελέσματα της GCMS εντόπισαν επίσης ποσότητες ιχνών ξυλολίων και οργανικών (μη σιλοξανικών) ενώσεων υψηλότερου μοριακού βάρους. Σε ορισμένες περιπτώσεις, για παράδειγμα στα δείγματα 5 και 6, αυτές οι ενώσεις υψηλότερου μοριακού βάρους ήταν κυρίαρχες (ήταν επίσης επικρατούσες, αλλά όχι κυρίαρχες, στο δείγμα 19). Σημειώνω ότι τα δείγματα 5 και 6 ελήφθησαν και τα δύο από την πρώτη ατμομηχανή (αριθ. αναφοράς 120-122) της εμπορευματικής αμαξοστοιχίας, κάτι το οποίο θα μπορούσε να υποδεικνύει την ύπαρξη πηγής εκεί. Βρέθηκαν επίσης στο δείγμα 3 που ελήφθη από την ίδια ατμομηχανή. Η ακριβής τοποθεσία από την οποία ελήφθη το δείγμα 19, στο οποίο επικρατούσαν οι ίδιες ενώσεις, δεν ήταν σαφής από την περιγραφή που εδίδετο. Σε αυτήν την περιγραφή περιλαμβάνεται αναφορά σε έναν «τοίχο αντιστήριξης», κάτι το οποίο θα μπορούσε να υποδηλώνει ότι βρισκόταν κοντά στο σημείο όπου κατέληξαν οι ατμομηχανές της εμπορευματικής αμαξοστοιχίας, επειδή υπήρχε ένας τοίχος αντιστήριξης που χώριζε τις σιδηροδρομικές γραμμές από έναν παρακείμενο δρόμο σε αυτήν την τοποθεσία.
- 3.19 Αν και το όργανο της GCMS έχει αντιστοιχίσει αυτές τις ενώσεις υψηλότερου μοριακού βάρους με συγκεκριμένες ενώσεις που επονομάζονται, οι ταυτοποιήσεις αυτές δεν έχουν επιβεβαιωθεί με τη διεξαγωγή δοκιμών καθαρών δειγμάτων των εν λόγω ενώσεων μέσω του οργάνου και τον προσδιορισμό τού ότι αντιστοιχεί ο χρόνος κατακράτησης. Είναι απολύτως εύλογο, επομένως, οι ενώσεις να μην είναι ενδεχομένως αυτές που κατονομάζονται συγκεκριμένα, όμως, κατά τη γνώμη μου, εάν συμβαίνει αυτό, είναι πιθανό να έχουν παρόμοια σύνθεση.
- 3.20 Σημειώνω ότι καμία από τις συγκεκριμένες ενώσεις που επονομάζονται δεν έχει κοινές χρήσεις, επομένως είναι απίθανο να υπήρχαν σε οποιοδήποτε είδους χύδην ποσότητες, δηλαδή δεν είναι πιθανό να έχουν προέλθει από τη μεταφορά εμπορευμάτων. Στην περίπτωση του δείγματος 5, ο αναλυτής παρατήρησε ότι το δείγμα περιλάμβανε «προϊόντα μερικής καύσης οργανικών υλικών». Η ζημιά από την πυρκαγιά στην πρώτη ατμομηχανή της εμπορευματικής αμαξοστοιχίας ήταν λιγότερο σοβαρή από την αντίστοιχη της ατμομηχανής της επιβατικής αμαξοστοιχίας (βλ. επόμενη ενότητα), επομένως δεν θα ήταν περιεργό να

⁴ Οι σιλοξάνες είναι οργανικές ενώσεις που περιέχουν μια λειτουργική ομάδα δύο ατόμων πυριτίου συνδεδεμένων με ένα άτομο οξυγόνου: Si-O-Si. Στο πλαίσιο των ουσιών που εξετάζονται στην παρούσα έκθεση, οι σιλοξάνες είναι πιθανό να σχετίζονται με το πετρέλαιο του μετασχηματιστή (PDMS).

υπάρχουν περισσότερα προϊόντα ατελούς καύσης σε δείγματα που ελήφθησαν από την πρώτη και γύρω από αυτήν. Το δείγμα 6 περιεγράφη ως υλικό από υαλοβάμβακα. Στις ρητίνες που χρησιμοποιούνται για τη συγκόλληση υλικών από υαλοβάμβακα περιλαμβάνονται πολυμερικές δομές που έχουν μοριακές μονάδες οι οποίες δεν είναι αισθητά ανόμοιες από τις ενώσεις υψηλότερου μοριακού βάρους που επονομάζονται. Από αυτό προκύπτει ότι οι εν λόγω ενώσεις μπορεί κάλλιστα να είναι προϊόντα ατελούς καύσης των ρητινών από υαλοβάμβακα που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή της ατμομηχανής.

- 3.21 Όπως υποδεικνύεται στις παρατηρήσεις μου στον Πίνακα 1, αυτές οι ενώσεις υψηλότερου μοριακού βάρους είχαν δομές που θα μπορούσαν να διασπαστούν ώστε να σχηματιστούν ενώσεις μικρότερου μοριακού βάρους, μεταξύ αυτών ξυλόλια. Η εναλλακτική λύση ότι τα ξυλόλια συντήχθηκαν μαζί με άλλα προϊόντα ατελούς καύσης για να σχηματίσουν αυτές τις ενώσεις υψηλότερου μοριακού βάρους δεν είναι εύλογη κατά την άποψή μου.

Επί τούτου δοκιμή πυρκαγιάς σε πετρέλαιο σιλικόνης

- 3.22 Σε βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην τεχνική βιβλιοθήκη της Burgoynes προέκυψαν περιορισμένες μόνον αναφορές σχετικά με την καύση υλικών PDMS. Αυτό δεν προκαλεί έκπληξη, εφόσον τα PDMS αναφέρεται ότι παράγουν πυρίτιο (δηλαδή χαλαζία/άμμο) ως ένα από τα προϊόντα καύσης, και αυτό θα ήταν ασύμβατο με χρήσιμες εφαρμογές καύσης, όπως σε κινητήρες ή λέβητες, όπου το πυρίτιο θα ήταν επιζήμιο για τον εξοπλισμό. Ωστόσο, οι πληροφορίες που παρατίθενται στο «Εγχειρίδιο των αντιδραστικών χημικών κινδύνων» του Bretherick και στο «Εγχειρίδιο ανάφλεξης» του Babrauskas καταδεικνύουν ότι τα PDMS είναι εύφλεκτα, συμπεριλαμβανομένων των πετρελαίων σιλικόνης.
- 3.23 Για να επιβεβαιώσω ότι όντως συμβαίνει αυτό, πραγματοποίησα επί τούτου δοκιμή χρησιμοποιώντας ένα προϊόν πετρελαίου σιλικόνης⁵ το οποίο περιγράφεται ότι έχει σύνθεση «100 % πετρέλαιο σιλικόνης πολυδιμεθυλοσιλοξανίου», με ιξώδες 50 mPa.s. Αναμένω αυτό το πετρέλαιο να είναι σχεδόν ισοδύναμο με το προϊόν «Baysilone M 50 EL» με βάση την περιγραφή και το ιξώδες.
- 3.24 Το προϊόν τοποθετήθηκε σε χειροκίνητο ψεκαστήρα φυτών κήπου και μια ομίχλη πετρελαίου ψεκάστηκε προς τη φλόγα ενός φλόγιστρου χειρός. Η δοκιμή αποκάλυψε ότι το πετρέλαιο ήταν εύφλεκτο και ότι όταν η ομίχλη ανεφλέγη, παρήγαγε μια μικρή μπάλα φλόγας. Αυτό φαίνεται στις Εικόνες 1 και 2 παρακάτω.

⁵ Το προϊόν διατίθεται στην αγορά ως «Allcosil 200/50», παραγωγής της J Allcock & Sons Ltd, Manchester, UK. Ωστόσο, η ετικέτα του προϊόντος ανέφερε ότι κατασκευάζεται από τη Mistral R&D Laboratories Ltd και περιγράφεται ως «Πετρέλαιο σιλικόνης 50 cSt/cPs», με αριθμό CAS 63148-62-9). Το ΔΔΑ ανέφερε σημείο ανάφλεξης > 150°C και χαρακτήριζε τη θερμοκρασία αυτόματης ανάφλεξης «μη διαθέσιμη».

Burgoynes
consulting scientists and engineers

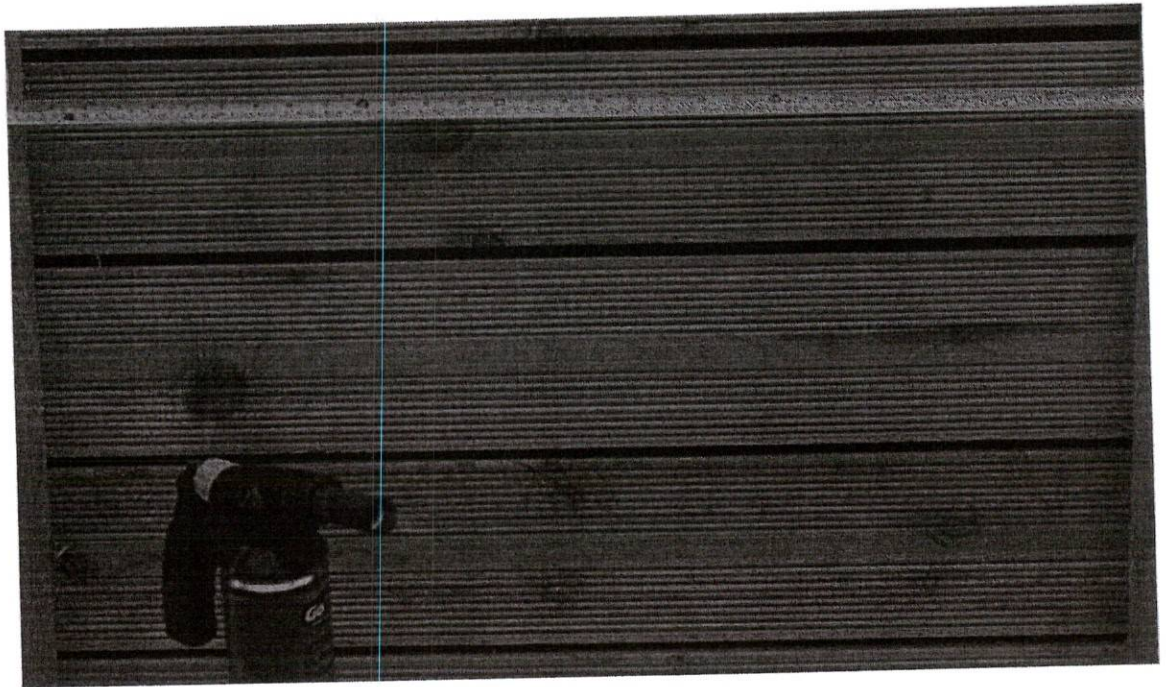
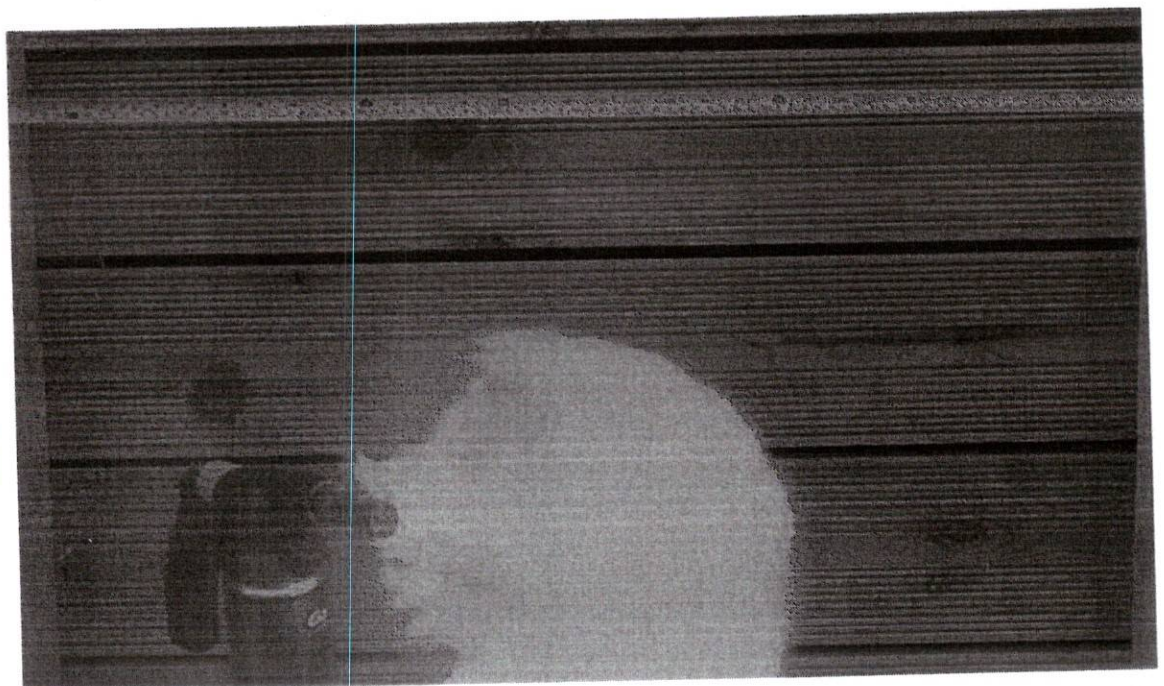


Image 1 – a blowtorch with a lit flame



ΣΤΑΣ
©

Εικόνα 2 – Το αποτέλεσμα του ψεκασμού πετρελαίου PDMS προς τη φλόγα του φλόγιστρου

4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

- 4.1 Με βάση τις περιγραφές και τις φωτογραφίες στην κρατική έκθεση, υπήρξαν σχετικά περιορισμένες άμεσες ζημιές από την πυρκαγιά στις ατμομηχανές της εμπορευματικής αμαξοστοιχίας και στις ξύλινες βάσεις επίπεδης κλίσης των βαγονιών που μετέφεραν τα μεταλλικά φύλλα. Αντίθετα, οι ατμομηχανές, το επιβατικό βαγόνι της πρώτης θέσης, η καντίνα και το πρώτο από τα επιβατικά βαγόνια της δεύτερης θέσης της επιβατικής αμαξοστοιχίας υπέστησαν σοβαρές ζημιές από την πυρκαγιά.
- 4.2 Οι εναέριας εικόνες δείχνουν ότι οι δύο αυτές περιοχές καύσης είναι διακριτές και ξεχωριστές, με τα φινιρίσματα της βαφής στα επικαλυπτόμενα ενδιάμεσα βαγόνια να μην έχουν καεί (δείτε για παράδειγμα τις φωτογραφίες 15 έως 17 της κρατικής έκθεσης).
- 4.3 Σημειώνω επίσης ότι το υλικό από τις κάμερες ασφαλείας δείχνει μόνο μία πύρινη βολίδα, η οποία εμφανίζεται κλάσματα του δευτερολέπτου μετά τις λάμπεις που δείχνουν τη στιγμή της αρχικής πρόσκρουσης και τις ηλεκτρικές λάμπεις που σχετίζονται με προσκρούσεις με τους στύλους ισχύος μέσης τάσης τόσο στην ανοδική όσο και στην καθοδική τροχιά. Αυτό υποδεικνύει ότι η πύρινη βολίδα πιθανότατα συνδέεται μόνο με τη μία από τις δύο αυτές θέσεις και δεν συνέβη τη στιγμή που οι ατμομηχανές συγκρούστηκαν.
- 4.4 Κατά τη γνώμη μου, εάν η πύρινη βολίδα συνδέεται με την εμπλοκή των ατμομηχανών της εμπορευματικής αμαξοστοιχίας ή των όποιων εμπορευμάτων μεταφέρονταν στα βαγόνια μεταφοράς των μεταλλικών φύλλων⁶, δεν εξηγείται εύκολα η πρόκληση πυρκαγιάς που αφορά το εμπρός τμήμα της επιβατικής αμαξοστοιχίας. Ομοίως, εάν η πύρινη βολίδα συνδέεται με την ατμομηχανή της επιβατικής αμαξοστοιχίας δεν εξηγείται εύκολα η πρόκληση πυρκαγιάς που αφορά το εμπρός τμήμα της εμπορευματικής αμαξοστοιχίας. Επομένως, μόνο το ένα από τα στοιχεία αυτά είναι πιθανό να αποτελεί τον λόγο πρόκλησης της πύρινης βολίδας και να εξηγήσει το γεγονός ότι οι επακόλουθες πυρκαγιές τροφοδοτήθηκαν ξεχωριστά. Με δεδομένη την πιο σοβαρή ζημιά από την πυρκαγιά στο εμπρός τμήμα της επιβατικής αμαξοστοιχίας, η πύρινη βολίδα θα μπορούσε κάλλιστα να συσχετιστεί με αυτήν την αμαξοστοιχία και όχι με την εμπορευματική αμαξοστοιχία.
- 4.5 Η κρατική έκθεση μάς πληροφορεί ότι οι μετασχηματιστές σε κάθε ατμομηχανή μετέφεραν 2.400 κιλά πετρελαίου. Αναφέρει επίσης ότι το πετρέλαιο αυτό απλώθηκε σε μεγάλη έκταση ως αποτέλεσμα της σύγκρουσης. Αυτό φαίνεται να βασίζεται σε ένα δείγμα εδάφους που

⁶ Τα βαγόνια πίσω από αυτά δεν υπέστησαν σημαντική ζημιά από την πυρκαγιά, επομένως δεν μπορεί να μετέφεραν εμπορεύματα που παρέσχαν καύσιμη ύλη.

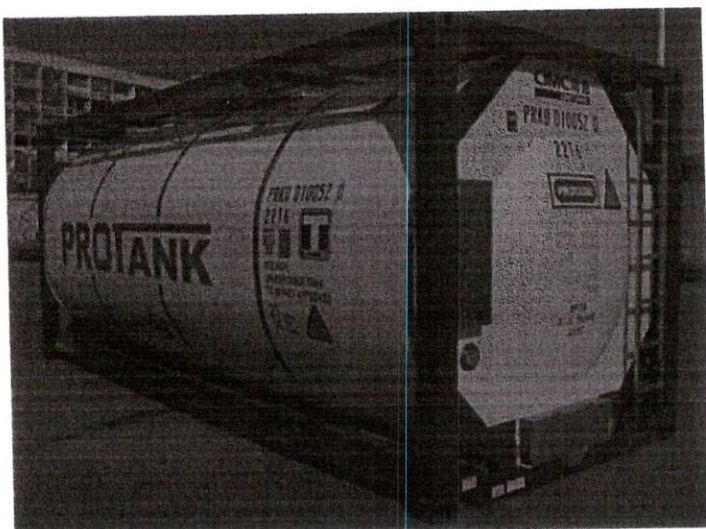
- ελήφθη περίπου 50 μέτρα από το σημείο της συντριβής (δηλαδή το δείγμα υπ' αριθ. 25), στο οποίο ανιχνεύθηκε η παρουσία PDMS. Αν και θα πρέπει να είμαστε κάπως επιφυλακτικοί ως προς την ερμηνεία των αποτελεσμάτων όσον αφορά το πόσο πολύ διασκορπίστηκε το πετρέλαιο δεδομένης της αλλοίωσης του τόπου του ατυχήματος που έλαβε χώρα πριν από τη λήψη των δειγμάτων, ο υψηλός αντίκτυπος όσον αφορά την ενέργεια σημαίνει ότι κάτι τέτοιο είναι απολύτως εύλογο, κατά τη γνώμη μου. Είναι επίσης εύλογο ότι μια τέτοια πρόσκρουση θα μπορούσε να προκαλέσει πληθώρα μικρών σταγονιδίων στον αέρα⁷.
- 4.6 Υπόθεση της κρατικής έκθεσης είναι ότι ανεφλέγη η εν λόγω διασπορά πετρελαίου PDMS του μετασχηματιστή με αποτέλεσμα να σχηματισθεί η πύρινη βολίδα και ότι το πετρέλαιο αυτό, μαζί με εύφλεκτα στοιχεία των ατμομηχανών/βαγονιών πυροδότησε τις επακόλουθες πυρκαγιές.
- 4.7 Από την άποψη αυτή, τα μικρά εύφλεκτα σταγονίδια υγρών, όταν διασκορπίζονται στον αέρα, μπορούν να αναφλεγούν και να προκαλέσουν διαστολή όγκου τύπου «πύρινης βολίδας». Αυτή η διαστολή του όγκου χαρακτηρίζεται κυρίως από δύο φαινόμενα, και συγκεκριμένα (i) την αλλαγή της κατάστασης του «καυσίμου» από υγρό σε αέριο και (ii) τη διαστολή που προκύπτει από τη θέρμανση των αερίων στη ζώνη αντίδρασης. Σε συνδυασμό αυτά τα δύο μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση του όγκου πολλών τάξεων μεγέθους, γεγονός το οποίο καταδείχθηκε στην επί τούτου δοκιμή που περιεγράφη παραπάνω. Δεδομένων των αναφερόμενων ποσοτήτων πετρελαίου στους μετασχηματιστές, δεν έχω καμία δυσκολία να αποδεχτώ ότι η πύρινη βολίδα που παρατηρείται στα πλάνα των καμερών ασφαλείας μπορεί να οφείλεται σε αυτήν την πηγή καυσίμου.
- 4.8 Συνεπάγεται εξ αυτών ότι την πύρινη βολίδα θα μπορούσε να εξηγήσει η ανάφλεξη του πετρελαίου PDMS που αποβάλλεται από τους μετασχηματιστές των ατμομηχανών υπό μορφή μικρών σταγονιδίων ή ομίχλης. Επιπλέον, θα μπορούσε να έχει συμβάλει στις επακόλουθες πυρκαγιές, μαζί με άλλα εύφλεκτα στοιχεία της δομής. Για λόγους πληρότητας, ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι πυρκαγιές αυτές θα μπορούσαν να έχουν σημειωθεί και ελλείψει του πετρελαίου του μετασχηματιστή, ανάλογα με τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή των ατμομηχανών και των βαγονιών και με το όποιο περιεχόμενο ή τα όποια αναλώσιμά τους (π.χ. λιπαντικά/γράσα).
- 4.9 Επομένως, είναι απολύτως εύλογη κατά τη γνώμη μου η υπόθεση της κρατικής έκθεσης ότι υπεύθυνο για την πύρινη βολίδα ήταν το πετρέλαιο του μετασχηματιστή, το οποίο και συνέβαλε μαζί με άλλα καύσιμα στις επακόλουθες συνεχείς πυρκαγιές.
- 4.10 Η εναλλακτική στην υπόθεση της κρατικής έκθεσης είναι ότι υπεύθυνη για την παραγωγή της πύρινης βολίδας ήταν κάποια άλλη ουσία, η οποία μπορεί και να συνέβαλε στις επακόλουθες συνεχείς πυρκαγιές.

⁷ Αυτό γίνεται φανερό από το υγρό σε στηθαίο γεμάτο με νερό: <https://www.youtube.com/watch?v=SMN-LAiQCk4>.

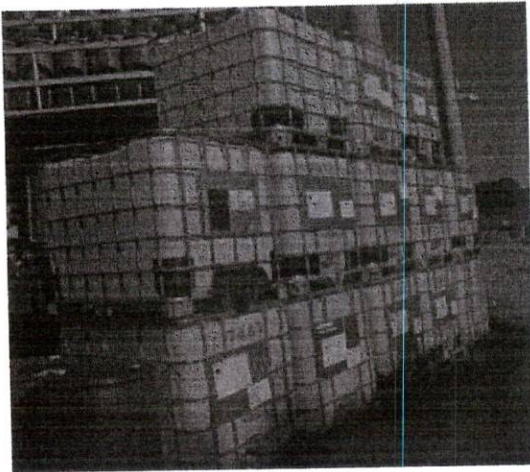
- 4.11 Θεωρητικά, μια τέτοια ουσία θα μπορούσε να ήταν κάποιο στερεό, υγρό ή αέριο. Το στερεό θα έπρεπε να έχει τη μορφή σκόνης διασκορπισμένης στον αέρα για να δημιουργήσει μια πύρινη βολίδα. Όπως έχει ήδη συζητηθεί, ένα υγρό διασκορπισμένο υπό μορφή σταγονιδίων στον αέρα μπορεί να οδηγήσει σε αυτό το φαινόμενο της πύρινης βολίδας. Τέλος, ένα αέριο που απελευθερώνεται θα μπορούσε να δημιουργήσει μια πύρινη βολίδα καθώς αναμιγνύεται με τον αέρα και καίγεται.
- 4.12 Δεν έχω υπόψη μου καμία πληροφορία που να υποδεικνύει ότι σε αυτό το ατύχημα ενεπλάκη κάποια στερεή σκόνη. Η διασπορά ενός τέτοιου υλικού πιθανότατα θα άφηνε πίσω της άκαυστα υπολείμματα, διάσπαρτα σε μια ευρεία έκταση, όμως δεν έγιναν παρατηρήσεις σχετικά με κάτι τέτοιο. Επιπλέον, οι παρατηρήσεις του αναλυτή του Γ.Χ.Κ. κατά την επιθεώρηση των δειγμάτων εδάφους δεν υποδήλωναν την παρουσία τέτοιων υλικών.
- 4.13 Ένα αέριο θα πρέπει να μεταφερθεί σε κατάλληλο δοχείο, είτε υπό μορφή συμπιεσμένου αερίου είτε ως υγροποιημένο αέριο. Δεν έχω υπόψη μου καμία αναφορά που να υποδεικνύει την παρουσία υπολειμμάτων τέτοιου είδους δοχείων, ούτε και έχω δει τέτοιου είδους υπολείμματα στις φωτογραφίες της κρατικής έκθεσης. Η απελευθέρωση και ανάφλεξη ενός συμπιεσμένου αερίου θα μπορούσε να εξηγήσει την εμφάνιση μιας πύρινης βολίδας, όμως θα είχε αναλωθεί εξ ολοκλήρου σε αυτό το γεγονός και έτσι δεν θα συνέβαλε στη συνεχή επακόλουθη καύση. Θεωρητικά, ένα ποσοστό υγρού αερίου θα μπορούσε να παραμείνει για λίγο ως δεξαμενή υγρών μετά την αρχική απελευθέρωση και ανάφλεξη ενός νέφους αερίου/ομίχλης, όμως λογικά θα αναλίσκετο γρήγορα.
- 4.14 Τέλος, όσον αφορά ένα υγρό, κατά πάσα πιθανότητα θα έπρεπε να είναι κάποια οργανική ένωση ή μείγμα ενώσεων. Αυτές οι ενώσεις ή τα μείγματα έχουν χαρακτηριστικά που συνεπάγονται ότι είναι ανιχνεύσιμα με ανάλυση GCMS. Κατά συνέπεια, εάν υπήρχαν τέτοιες ουσίες, τότε λογικά θα βρίσκονταν στοιχεία για αυτές ή τα υπολείμματά τους (δηλαδή προϊόντα ατελούς καύσης) στα αποτελέσματα της GCMS.
- 4.15 Με βάση την ανασκόπηση των αποτελεσμάτων των αναλύσεων GCMS που διεξήγαγε το Γ.Χ.Κ., όπως των δεδομένων των TIC και των φασμάτων μάζας, δεν διαπίστωσα κανένα πειστικό στοιχείο που να υποστηρίζει την υπόθεση ότι πηγή του καυσίμου για την πύρινη βολίδα ήταν άλλη υγρή ένωση ή μείγμα.
- 4.16 Για τους λόγους που συζητήθηκαν προηγουμένως, οι μη σιλοξανικές ενώσεις υψηλότερου μοριακού βάρους δεν είναι πιθανό να συνδέονται με υλικά που μεταφέρονται χύμα, μπορούν όμως κάλλιστα να αποδοθούν σε προϊόντα ατελούς καύσης των ρητινών από υαλοβάμβακα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των ατμομηχανών/βαγονιών. Ομοίως, η ανίχνευση ιχνών ποσοτήτων ξυλολίων μπορεί επίσης να αποδοθεί στην ίδια πηγή.
- 4.17 Είναι σκόπιμο, ωστόσο, να εξεταστεί και η εναλλακτική πιθανότητα τα ξυλόλια που ανιχνεύθηκαν να υποδεικνύουν μεταφορά της ουσίας αυτής χωρίς να έχει δηλωθεί. Τα ξυλόλια είναι άλλως γνωστά ως διμεθυλοβενζόλια, όπου δύο ομάδες μεθυλίου (-CH₃) συνδέονται με μια δομή δακτυλίου βενζολίου (C₆H₆). Υπάρχουν τρεις συνδυασμοί ως προς

το σημείο όπου οι δύο αυτές ομάδες μεθυλίου συνδέονται στον δακτύλιο βενζολίου σε σχέση η μία με την άλλη και, ως εκ τούτου, υπάρχουν τρεις μοριακές διατάξεις, γνωστές ως τρία «ισομερή».

- 4.18 Τα ξυλόλια είναι συστατικό της βενζίνης (γκαζολίνης), μαζί με άλλες ενώσεις, μεταξύ άλλων των ισομερών του τριμεθυλοβενζολίου (TMB). Σε ένα από τα αποτελέσματα της GCMS (για το δείγμα υπ' αριθ. 14), ανιχνεύθηκαν ξυλόλια και TMB. Ωστόσο, η σχετική ποσότητα αυτών και των ισομερών τους δεν ήταν αντίστοιχη προς τις ποσότητες που βρέθηκαν στη βενζίνη (είτε πρόσφατα είτε μερικώς εξατμισμένη). Ουσιαστικά, σε κανένα από τα άλλα δείγματα δεν υπήρχε καμία ένδειξη που να υποδηλώνει την παρουσία υπολειμμάτων βενζίνης.
- 4.19 Τα ξυλόλια δεν χρειάζεται να βρίσκονται σε κάποιο σύνθετο μείγμα όπως η βενζίνη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από μόνα τους ως προϊόν διαλύτη. Ως εκ τούτου, έχω εξετάσει την πιθανότητα να μεταφέρονταν ένας τέτοιος διαλύτης ως εμπόρευμα που δεν είχε δηλωθεί. Ένα τέτοιο προϊόν θα έπρεπε να μεταφέρεται σε κατάλληλο δοχείο ή δοχεία, όπως ενδεικτικά (από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο) μια δεξαμενή ISO Tank, ένα ενδιάμεσο δοχείο χύδην φορτίου («IBC»), τύμπανα ή μικρότερα δοχεία. Τα τύμπανα και το μικρότερο δοχείο μπορεί να είναι μεταλλικής ή πλαστικής κατασκευής. Ένα IBC είναι συνήθως πλαστικής κατασκευής, αλλά με μεταλλικό κλωβό στήριξης. Η δεξαμενή ISO Tank είναι μεταλλικής κατασκευής.



Δεξαμενή ISO tank



Μια στοίβα IBC

- 4.20 Δεν έχω υπόψη μου καμία πληροφορία που να υποδεικνύει την παρουσία δεξαμενής ISO Tank, μεταλλικών τυμπάνων/δοχείων ή υπολειμμάτων μεταλλικού κλωβού IBC στο σημείο. Κανένα τέτοιο υπόλειμμα δεν είναι ορατό στις φωτογραφίες που περιλαμβάνονται στην κρατική έκθεση. Αυτό δεν αποκλείει το ενδεχόμενο να υπήρχαν πλαστικά τύμπανα ή μικρότερα δοχεία που να περιείχαν έναν τέτοιο διαλύτη, τα οποία καταστράφηκαν στις πυρκαγιές που ακολούθησαν.
- 4.21 Εάν υποθέσουμε ότι όντως μεταφέρονταν κάποια τέτοια αδήλωτα εμπορεύματα στην εμπορευματική αμαξοστοιχία, όπου η κύρια ζημιά έγινε στις δύο ατμομηχανές και στα τρία πρώτα βαγόνια, η όποια τέτοια μεταφορά πιθανότατα θα συνδέονταν με τα βαγόνια. Ωστόσο, για τους λόγους που συζητήθηκαν στην αρχή της παρούσας ενότητας, αυτά τα βαγόνια ακινητοποιήθηκαν σε μια περιοχή ξεχωριστή από την περιοχή όπου η επιβατική αμαξοστοιχία υπέστη τις πιο σοβαρές ζημιές από την πυρκαγιά. Κατά τη γνώμη μου, η ρήξη και η ανάφλεξη δοχείων με διαλύτη ξυλολίου θα είχε οδηγήσει σε σοβαρές ζημιές από την πυρκαγιά σε εκείνα ακριβώς τα φορτηγά βαγόνια τα οποία δεν υπέστησαν σοβαρές ζημιές από την πυρκαγιά, όμως δεν θα ευθύνονταν για τη ζημιά από την πυρκαγιά όσον αφορά την επιβατική αμαξοστοιχία. Επιπλέον, δεν εξηγείται γιατί ανιχνεύθηκαν ξυλόλια σε δείγμα το οποίο ελήφθη από την επιβατική ατμομηχανή (δείγμα υπ' αριθ. 14). Μάλλον, το τελευταίο εύρημα συνάδει με την υπόθεση ότι τα ξυλόλια παρήχθησαν ως προϊόντα ατελούς καύσης των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή των ατμομηχανών/βαγονιών.

4.22 Συνοψίζοντας, δεν υπήρχαν πειστικά στοιχεία που να υποδεικνύουν ότι η πύρινη βολίδα και οι πυρκαγιές που ακολούθησαν προέκυψαν από τη μεταφορά αδήλωτων εμπορευμάτων. Ωστόσο, αυτό το ενδεχόμενο, αν και απίθανο κατά τη γνώμη μου, δεν μπορεί να αποκλειστεί εντελώς.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- 5.1 Στις 23:18 της 28^{ης} Φεβρουαρίου 2023, συγκρούστηκαν μετωπικά στην περιοχή του Ευαγγελισμού της Λάρισας στην Ελλάδα μια επιβατική αμαξοστοιχία και μια εμπορευματική αμαξοστοιχία. Τη στιγμή της σύγκρουσης δημιουργήθηκε μια μεγάλη πύρινη βολίδα και η φωτιά συνέχισε κατόπιν να καίει για κάποιο χρονικό διάστημα.
- 5.2 Η υπόθεση της κρατικής έκθεσης είναι ότι η σύγκρουση είχε ως συνέπεια τη ρήξη των μετασχηματιστών των ατμομηχανών, με αποτέλεσμα την απελευθέρωση και διασπορά πετρελαίου PDMS του μετασχηματιστή που ανεφλέγη παράγοντας την πύρινη βολίδα, καθώς και ότι το πετρέλαιο αυτό, μαζί με εύφλεκτα στοιχεία των ατμομηχανών/βαγονιών, τροφοδότησαν τις πυρκαγιές που ακολούθησαν. Κατά τη γνώμη μου, η υπόθεση αυτή είναι απολύτως εύλογη.
- 5.3 Η εναλλακτική στην υπόθεση της κρατικής έκθεσης είναι ότι υπεύθυνη για την παραγωγή της πύρινης βολίδας ήταν κάποια άλλη ουσία, η οποία μπορεί και να συνέβαλε στις επακόλουθες συνεχείς πυρκαγιές. Με βάση την ανασκόπηση της κρατικής έκθεσης, και ιδίως των αποτελεσμάτων των αναλύσεων των δειγμάτων που έλαβα από το Γ.Χ.Κ., δεν έχω διαπιστώσει κανένα πειστικό στοιχείο που να καταδεικνύει ότι η πύρινη βολίδα και οι πυρκαγιές που ακολούθησαν προέκυψαν από τη μεταφορά αδήλωτων εμπορευμάτων. Ωστόσο, αυτό το ενδεχόμενο, αν και απίθανο κατά τη γνώμη μου, δεν μπορεί να αποκλειστεί εντελώς.

[υπογραφή]

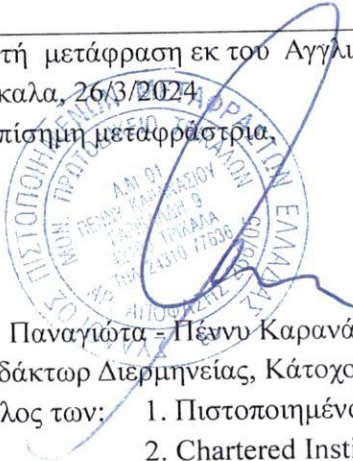
ΔΡ. PAUL A JOWETT BSc PhD MRSC
Εταίρος
paul.jowett@burgoynes.com

ΣΔΛ

Πιστή μετάφραση εκ του Αγγλικού επισυναπτόμενου εγγράφου.

Τρίκαλα, 26/3/2024

Η επίσημη μετάφραστριά.



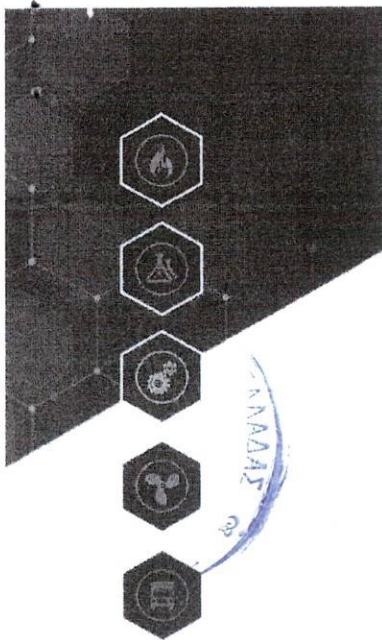
**ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΡΑΣΤΙΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ
ΕΡΜΗΝΕΙΑ
ΠΕΝΝΥ ΓΡ. ΚΑΡΑΝΑΣΙΟΥ
ΓΑΡΙΒΑΛΔΗ 9, 42131 ΤΡΙΚΑΛΑ
ΤΗΛ. & FAX. 24310 77636
ΑΦΜ: 062900370 - ΔΟΥ: ΤΡΙΚΑΛΩΝ**

Δρ. Παναγιώτα - Πέννυ Καρανάσιου

(Διδάκτωρ Διερμηνείας, Κάτοχος Μεταπτυχιακού Μάστερ στη Μετάφραση)

Μέλος των:

1. Πιστοποιημένου Συλλόγου Μεταφραστών Ελλάδας
2. Chartered Institute of Linguists
3. European Translation Studies
4. Centre for Translation and Interpreting Studies in Scotland (CTISS)



Burgoynes

consulting scientists and engineers

Dr J H Burgoyne & Partners LLP is a limited liability partnership registered in England and Wales
Registration No: OC300263

Offices in Basingstoke, Cardiff, Glasgow, Ilkley, Kenilworth, London, Manchester and Stevenage
Group Offices in Dubai, Hong Kong, Melbourne & Singapore

REPORT OF DR PAUL JOWETT CONCERNING THE FIRE INITIATION AND SPREAD ARISING FROM A TRAIN ACCIDENT NEAR EVANGELISMOS, LARISSA ON 28 FEBRUARY 2023

PREPARED FOR:

DESPOINA GKANIDOU
GEORGIOS TSAKLIDIS
VASILEIOS PAVLIDIS
NIKOLAOS PLAKIAS
DIMITRIOS PLAKIAS
SOCRATES BOZO

FILE REFERENCE: 713172/PAJ

16 FEBRUARY 2024



Carbon
Neutral
Organisation

The information contained in this report is confidential and only for the information of the intended recipient and may not be used or distributed without the prior written consent of Dr J H Burgoyne & Partners LLP

CONTENTS

1	INTRODUCTION	1
2	BACKGROUND	2
3	SAMPLING, ANALYSES AND TESTING	4
	Introduction.....	4
	Sampling by GCSL.....	4
	Analyses by GCSL	5
	Analyses techniques	5
	Results summary	7
	Ad hoc fire test on a silicone oil	14
4	DISCUSSION	16
5	CONCLUSIONS.....	21

REPORT OF DR PAUL JOWETT
CONCERNING THE FIRE INITIATION AND SPREAD ARISING FROM A
TRAIN ACCIDENT NEAR EVANGELISMOS, LARISSA
ON 28 FEBRUARY 2023

FILE REFERENCE: 713172/PAJ

16 FEBRUARY 2024

1 INTRODUCTION

- 1.1 At 23:18 hours on 28 February 2023, a passenger train and a freight train collided head-on, in the area of Evangelismos, Larissa, Greece. A large fireball erupted at the time of the collision, and a fire continued to burn for a period thereafter. The collision and fire resulted in the fatal injury of 57 people and the injury of 180 people.
- 1.2 A report dated 19 June 2023, which considered the events surrounding the collision, was produced by Dr Vasilakos, on the instructions of the state authorities (the 'State Report').
- 1.3 The State Report included discussion on the cause of the fireball and subsequent fire, with reference to some sampling and analysis of materials from the locomotives, carriages, wagons and surrounding area, which identified combustion of transformer oil as the main contributor. The State Report provided only a summary of the analyses of these materials, which were sampled and analysed by the General Chemical State Laboratory (GCSL).
- 1.4 On 22 January 2024, instructions were received from Mrs Desponia Gkanidou, Mr George Tsaklidis, Mr Vassilis Pavlidis and Mr Antonis Psaropoulos, who each lost family members in the accident, to independently review the evidence surrounding the fire initiation and spread. I was asked to consider the State Report's hypothesis relating to the transformer oil being responsible for the fireball and subsequent fire, and to consider whether the evidence supported an alternative hypothesis that a different fuel was involved, including one arising from the carriage of undeclared goods.
- 1.5 In preparing this report, I have reviewed the State Report and the sampling and analysis summaries contained therein. I have also been provided with the source analysis results on

which those summaries were derived. Finally, I have been provided with short excerpts of CCTV footage showing the moments up to and including the collision.

- 1.6 I am a forensic fire investigator with over 27 years of experience in the investigation of fires and explosions. I hold a BSc degree in Chemistry with Analytical Chemistry, and a PhD in the field of Fire Chemistry. A copy of my curriculum vitae is attached at Appendix 1.

2 BACKGROUND

- 2.1 The collision involved a passenger train (service no. '1C62') travelling the Athens to Thessaloniki route, and a freight train (service no. '63503') travelling the Thessaloniki to Piraeus route.
- 2.2 The passenger train consisted of nine units comprising a Siemens Hellas Sprinter electric locomotive (ref. no. '120-023'), followed by a first-class carriage, a cafeteria carriage, and six standard-class carriages.
- 2.3 The freight train consisted of fifteen units comprising two Siemens Hellas Sprinter electric locomotives (ref. nos. '120-022' and '120-012'), followed by 13 wagons. The first three of these wagons were reported to be loaded with metal sheets, weighing a combined total of 162 tonnes, which were secured on to the wagons with metal wire fastenings. The remainder were reported to be carrying foodstuffs and electrical goods, or were empty.
- 2.4 Based on the information in the State Report, at the time of the accident the two trains were travelling in opposite directions on the same track. The passenger train was estimated to have a speed of about 149 km/h at the time of the collision, whilst the freight train had an estimated speed of about 95 km/h. The State Report included a calculation showing that the total kinetic energy at impact was around 0.72 GJ, which when dissipated over a short duration of a crash has the potential to generate high temperatures that can provide powerful sources of ignition. The CCTV recordings that I have seen show the eruption of a large fireball concomitant with the moment of impact.
- 2.5 The State Report attributes the fireball to the release and ignition of oil from the transformers of the locomotive units. It reports that:

“The [first] electric locomotive of the freight train ended up in the road wall, resulting in the fire in its transformer burning the remaining oil and then going out, since there was no fuel other than the metal fittings of the electric locomotive.

The electric locomotive of the passenger train, along with its burning transformer, ended up on the slope of the railway line, where the wreckage of wagons 1 of the first class and the cafeteria wagon, as well as wagon 2 (first wagon of the second class) ended up on and next to it, which, due to their construction materials (fabric seats, wooden panelling on the sides and floor, seat foam, polyester curtains, etc.) started to burn, thus causing the fire.”

- 2.6 Appendix 5 of the State Report summarises the sampling and analysis work by the GCSL, and includes the information that Hellenic Train advised that the transformer oil was a polydimethylsiloxane ('PDMS') composition. PDMSs are silicone polymers that can be formulated to produce a range of products ranging from oils to elastomeric solids.
- 2.7 Included with Appendix 5 of the State Report was a technical data sheet for Bayer PDMS products and a Safety Data Sheet (SDS) produced by Siemens (the locomotive manufacturer) for the Bayer PDMS product 'Baysilone M 50 EL'.
- 2.8 The SDS describes the composition as being 'polydimethylsiloxane' and states a dynamic viscosity of 45-55 mPa.s. The SDS further reports that the flash point¹ and auto-ignition² temperatures were >300°C and >400°C, with the 'greater than' symbol indicating the actual values exceeded the limits of the test.

¹ The flash point is the minimum temperature at which a liquid gives off vapour within a test vessel in sufficient concentration to form an ignitable mixture with the air near the surface of the liquid.

² In the context of a combustible fuel mixture, the auto-ignition temperature is the lowest temperature at which the fuel will spontaneously ignite in a normal atmosphere without an external source of ignition such as a flame or spark

3 SAMPLING, ANALYSES AND TESTING

Introduction

- 3.1 In this section I will consider the sampling and analyses undertaken by the GCSL, and provide a summary of the results that include interpretations made by the GCSL analysts and by me. I also report the results of an ad hoc fire test that I carried out on a sample of silicone oil that I obtained.
- 3.2 The GCSL are understood to have attended both the scene of the accident and at the place of storage of the accident debris on 29 March 2023 to take samples. This was 29 days after the date of the accident. This time-period, in addition to the disturbance of the scene / sampled items, introduces uncertainties into interpretation of the results.

Sampling by GCSL

- 3.3 The precise details of the sampling techniques used have not been given in the GCSL sample test reports, although it can be inferred from the visual observations made for some samples that cotton swabs were used to sample some substrates. It is also clear that some samples were of solid materials (e.g. soil) and others were liquids (e.g. transformer oil).
- 3.4 A total of 25 samples were taken, of which 14 were from the locomotives/wagons/carriages of the two trains, and 11 were from the surrounding environment. It is presumed that the former were taken after the rolling stock was moved from site to the storage area, whilst the latter were taken from the site of the accident.
- 3.5 I do not have details of the process for removing the rolling stock, including whether procedures were in place to prevent cross-contamination. Likewise, I do not have details of works undertaken at the collision site in the period between the accident and the sampling visit. However, I have been advised by my instructing Principals that some earthworks and the laying of asphalt had taken place during the intervening period.

Analyses by GCSL

Analyses techniques

- 3.6 A number of analysis techniques were employed by the GCSL, not all of which were used across all samples.
- 3.7 The two principal techniques relevant for me to consider were **Fourier Transform Infrared Spectroscopy ('FTIR')** and **Gas Chromatography – Mass Spectrometry ('GCMS')**.
- 3.8 Infrared spectroscopy exploits the fact that molecules absorb frequencies that are characteristic of their structure. An FTIR instrument measures the absorption of infrared light across a range of frequencies, and produces a spectrum of absorption. This can show the presence of characteristic functional groups³ within a molecule. The spectrum can be compared/matched against that produced for a known compound, including those held in the instrument's software library. FTIR cannot distinguish between mixtures of compounds and can only be used to quantify the amount of a compound present if it is not in a complex mixture. In this case, however, the FTIR results generally have produced spectra that are consistent with the presence of polydimethylsiloxanes, with most results being indicative of this being a predominant constituent.
- 3.9 Gas chromatography ('GC') is used to separate mixtures of organic compounds based on their boiling points and other interactions with a separating column and carrier gas. The time it takes for any given compound to emerge from the separating column (known as the 'retention time') is the same for a given instrument and set of conditions. Therefore, if the retention time of a specific compound is known, a detection at that time provides an indication of the presence of that compound. A GC instrument produces a 'chromatogram', which is a graph that plots detector response (in the form of a series of peaks where detections are made) versus retention time.
- 3.10 With GCMS, the detection is carried out by a mass spectrometer ('MS'), which is an instrument that 'smashes' the molecule into fragments and measures the abundance of fragments at each mass number. The distribution of fragments produced by this technique

³ In organic chemistry, a functional group is a specific group of atoms or bonds within a compound that is responsible for the characteristic chemical reactions of that compound. The same functional group will behave in a similar fashion, by undergoing similar reactions, regardless of the compound of which it is a part.

is characteristic of the constituent parts of the compound molecule. The quantities of the fragments at each mass produces a 'mass spectrum', which can be compared against a library of thousands of mass spectra held in the instrument's software datasets, and matched to a specific compound.

3.11 Whilst GCMS can be used to produce quantitative results (i.e. it can show how much of specific compounds are present in a sample), this requires careful calibration for each compound of interest. In the absence of such calibration, it is possible to infer quantities based on the size of the peaks on the chromatogram (known as a 'total ion chromatogram' or 'TIC' in GCMS), but this provides only indicative, 'semi-quantitative' information because the detector response varies from compound to compound.

3.12 In addition to FTIR and GCMS, the GCSL sample test reports refer to analyses involving:

- Acidity – expressed as a 'pH' value; values below 7 are 'acids', values above 7 are 'alkalines', and a value of 7 is 'neutral';
- Density – expressed in mass per volume units;
- XRF – X-ray Fluorescence spectroscopy, which is used to determine the elemental composition of substances;
- XRD – X-ray Diffraction spectroscopy, which is used to determine the structure of crystalline substances;
- Flame photometry – used to measure the quantities of metal ions in a solution;
- Raman spectroscopy – a similar and complementary technique to infrared spectroscopy, which can identify structural information about molecules.

3.13 Whilst I have considered the results presented for all samples for all the above analyses techniques, it is those produced by the GCMS analyses that yield the most information relevant to the matters I have been asked to consider.

Results summary

3.14 A summary of the results presented in the GCSL Sample Test Reports, together with my comments alongside each, is presented in Table 1 below.

Table 1 – Analyses results summary

Sample no.	Description	GCSL Sample Test Report summary	My comments
1	Sample from material found on the wooden platform of the freight train (31654540022-8SSZ) (Sample No. 1)	Observations: The sample contains soil, where products of partial combustion of organic materials (black residue) have been deposited. FTIR: The presence of silicone oil is identified. The sample has been impregnated with silicone oil.	FTIR consistent with PDMS
2	Material found on the outer surface in the 2 nd Electric Locomotive of the freight train (120012) (Sample No. 2)	Observations: Dark brown-coloured, granular solid material. During the microscopic observation, brown dust (soil), fibres from an insulating material, and glass fragments and various synthetic materials, are seen. FTIR: The presence of silicone oil is identified. GCMS: Cyclic methylsiloxanes and xylene are identified.	FTIR consistent with PDMS GCMS results are consistent with these interpretations. The TIC indicates only small quantities of xylenes compared to siloxanes.
3	Transformer oil in the 2 nd Electric Locomotive of the freight train (120012) (Sample No. 3)	Observations: The sample is a clear, colourless oily liquid. It contains some black suspended particulate matter. FTIR: The liquid is silicone oil (polydimethylsiloxane) Density: 0.97 g/cm ³ GCMS: Cyclic and non-cyclic methylsiloxanes and 1-methyl-4 phenylmethyl)benzene (CAS 620-83-7), or an isomer of it, are identified.	FTIR consistent with PDMS GCMS results are consistent with these interpretations. See Note 1 below this table. The TIC indicates only small quantities of xylenes compared to siloxanes. 1-methyl-4 phenylmethyl)benzene could breakdown during heating to produce, inter alia, xylenes. Note that this sample provides a quasi-'reference' sample for the transformer oil.
4	Sample from charred material in the 1 st Electric Locomotive of the freight train (120022) (Sample No. 4)	Observations: The sample is a black-coloured, charred porous material. FTIR: The presence of silicone oil is identified. The sample has been impregnated with silicone oil.	FTIR consistent with PDMS
5	Sample from a material found in the 1 st Electric Locomotive of the freight train (120022) (Sample No. 5)	Observations: The sample contains pieces of sampling cotton material, sand particles and a piece of metal, which has undergone melting. Products of partial combustion of organic materials (black residue) have been deposited in all the above.	

		<p>FTIR: The presence of silicone oil is identified. The sample has been impregnated with silicone oil.</p> <p>XRF (piece of metal): Aluminium: 96.10% w/w Zinc: 1.54% w/w Copper: 1.38% w/w Iron: 0.47% w/w Lead: 0.12% w/w Manganese: 0.12% w/w Titanium: 0.10% w/w</p> <p>GCMS: The presence of methylsiloxanes, xylene isomers, 2-ethyl-1-hexanol, 2,2-dimethylbiphenyl, 1-methyl-4-(phenylmethyl) benzene, and 2,3-dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-1H-indene, is identified.</p>	<p>FTIR consistent with PDMS</p> <p>GCMS results are consistent with these interpretations. See Note 1 below this table.</p> <p>The TIC indicates only small quantities of xylenes are present.</p> <p>2,2-dimethylbiphenyl, 1-methyl-4-(phenylmethyl) benzene, and 2,3-dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-1H-indene have structures that could break down in a fire to form xylenes. The TIC indicates these are the dominant compounds. These compounds do not have any common use to my knowledge.</p>
6	Fibreglass in the 1 st Electric Locomotive of the freight train (120022) (Sample No. 6)	<p>Observations: Insulating material.</p> <p>FTIR: Silicone oil is identified in the fibreglass sample.</p> <p>GCMS: Cyclic and non-cyclic methylsiloxanes and 1-methyl-4 phenylmethyl) benzene (CAS 620-83-7), or an isomer of it, 2,3-dihydro-1, 1,3-trimethyl-3-phenyl-1H-indene (CAS 3910-35-8), methyl-isobutyl ketone (CAS 108-10-1), xylene (3 isomers), trimethylbenzene, 1-methoxy-2-propyl acetate (CAS 108-65-6), are identified.</p>	<p>FTIR consistent with PDMS</p> <p>In addition to those listed, 2,2'-dimethylpiperhenyl and 2,3'-dimethyl-1,1'-biphenyl were identified, see Note 1 below this table. Together with 1-methyl-4-(phenylmethyl)-benzene, they were the dominant compounds. These have structures which could break down in a fire to form xylenes.</p> <p>The TIC indicates only small quantities of xylenes are present.</p>
7	Sample from metal fittings in the 1 st Electric Locomotive of the freight train (120022) (Sample No. 7)	<p>Observations: The sample contains three main metal fittings: (A) a metal plate with two holes penetrated by two bolts, 6.5cm in length, approximately, (B) a cylindrical shaft, 7.5cm in length and 1.5cm in diameter, where a part of it is threaded and a hexagonal nut of an external diameter of 3cm is screwed to it, and (C) a truncated cone-shaped disc (small diameter: 6.5cm, large diameter: 7.5cm, height: 3cm), where a shaft revolves around each side, with a diameter of 1.8cm and 2.8cm, respectively.</p> <p>In addition, the sample also contains sand particles. Products of partial combustion of organic materials (black residue) have been deposited in all the above.</p> <p>FTIR (A): The presence of silicone oil is identified. The fitting has been impregnated with silicone oil.</p> <p>FTIR (B): The presence of silicone oil is identified. The fitting has been impregnated with silicone oil.</p>	<p>FTIR consistent with PDMS</p> <p>FTIR consistent with PDMS</p>

		<p>FTIR (C): The presence of silicone oil is identified. The fitting has been impregnated with silicone oil.</p> <p>XRF (Plate): The metal plate is made of zinc-coated alloy steel. The two bolts are also made of zinc-coated alloy steel.</p> <p>XRF (Shaft): The metal shaft is made of zinc-coated alloy steel. The hexagonal nut is also made of zinc-coated alloy steel.</p> <p>XRF (Disc): The metal disc is made of aluminium alloy. The small-diameter shaft is made of copper-coated alloy steel. The large-diameter shaft is made of alloy steel.</p>	<p>FTIR consistent with PDMS</p> <p>No results provided</p> <p>No results provided</p> <p>No results provided</p>
8	Sample from battery fluid (ALCAD) taken from wagon No. 7 of the passenger train (120022) (Sample No. 8)	<p>Observations: The sample is a clear, colourless liquid.</p> <p>Density: 1.181 gr/cm³</p> <p>Acidity: pH 13.55</p> <p>Potassium by flame photometry : 14.4% w/w</p> <p>Sodium by flame photometry : 0.17% w/w</p> <p>Lithium by flame photometry : 0.62% w/w</p> <p>Notes: It follows from the aforementioned analyses performed that the battery fluid is highly alkaline and mostly contains potassium hydroxide (KOH)</p>	The results are consistent with this conclusion.
9	Soil from area of human remains (transferred from the collision site) (Sample No. 9)	<p>Observations: The sample consists of stone, soil and gravel.</p> <p>FTIR: Silicone oil is identified as a component of the sample.</p>	FTIR consistent with PDMS
10	Material from the interior of the cafeteria wagon of the passenger train (Sample No. 10)	<p>Observations: The sample consists of charred materials and dust, insulation residue, molten and deformed, or not, pieces of metal, glass fragments and burned paper scrap.</p> <p>FTIR: Silicone oil is identified as a component of the sample.</p> <p>XRF (molten metal): Aluminium: 88.2 – 88.6% Silicon: 8.4 – 10.3% Magnesium: 0.50 – 0.8% Zinc: 0.13 – 2.1% Iron: 0.40 – 0.44% Manganese: 0.03 – 0.04% Titanium: 0.01 – 0.07%</p>	<p>FTIR consistent with PDMS</p> <p>No results provided</p>
11	Sample from material taken from the interior of wagon No. 2 of the passenger train (Sample No. 11)	<p>Observations: The sample contains pieces of insulating material in the form of dust and fibres. Products of partial combustion of organic materials (black residue) have been deposited in one part of the above.</p> <p>FTIR: The presence of an ester-type plasticizer is identified. The sample has not been impregnated with silicone oil.</p> <p>Microscope (fibres): The fibres are identified as glass fibres.</p> <p>XRD (fibres): The sample does not have a crystalline structure. It is amorphous.</p>	<p>The IR spectra looks very different to PDMS. Identification of the ester-type plasticizer appeared to be based on a library spectra match.</p> <p>This would be consistent with the fibres being of glass composition.</p>
12	Sample from soil taken from the transformer in the Electric Locomotive of the passenger train (120023) (Sample No. 12)	<p>Observations: The sample contains soil, which is brown-coloured.</p> <p>FTIR: The presence of silicone oil is identified. The sample has been impregnated with silicone oil.</p>	FTIR consistent with PDMS

		<p>XRD: The sample contains quartz (SiO_2), albite ($\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$) and muscovite-2M1 ($\text{KAl}_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$).</p> <p>Acidity: pH 7.85</p>	Library-matched
13	Sample from material found in the lower part of the transformer in the electric locomotive of the passenger train (120023) (Sample No. 13)	<p>Observations: The sample contains pieces of sampling cotton material and sand particles. Products of partial combustion of organic materials (black residue) have been deposited in all the above.</p> <p>FTIR: The presence of silicone oil is identified. The sample has been impregnated with silicone oil.</p>	<p>FTIR consistent with PDMS</p> <p>Note that this sample provides a quasi-'reference' sample for the transformer oil.</p>
14	Material found in the engine of the electric locomotive of the passenger train (120023) (Sample No. 14)	<p>Observations: The sample consists of a dark brown granular material, along with cotton used for collection thereof.</p> <p>FTIR: Silicone oil is identified as a component of the sample of granular material.</p> <p>GCMS: Cyclic methylsiloxanes, methyl-isobutyl ketone (CAS 108-10-1), xylene (3 isomers), methyl-ethylbenzene (CAS 620-14-4), trimethylbenzene (CAS 526-73-8, 95-63-6), 1-methoxy-2-propyl acetate (CAS 84540-57-8), are identified.</p>	<p>FTIR consistent with PDMS</p> <p>GCMS results are consistent with these interpretations. See Note 1 below this table. None of these compounds is predominant in the TIC.</p> <p>Xylenes and trimethyl benzenes are components of petrol (gasoline). However, the relative amount of these are <u>not</u> consistent with those found in petrol (either fresh or partially evaporated).</p>
15	Sample from material found on metal plates, 20-30mm in width (transferred from the passenger train) (Sample No. 15)	<p>Observations: The sample contains sand particles and glass fragments from broken glass. Products of partial combustion of organic materials (black residue) have been deposited in all the above.</p> <p>FTIR: The presence of silicone oil is identified. The sample has been impregnated with silicone oil.</p> <p>GCMS: The presence of cyclic and non-cyclic methylsiloxanes, and 2-ethyl-1-hexanol, is identified.</p>	<p>Metal plates from 3rd / 4th on freight train?</p> <p>FTIR consistent with PDMS</p> <p>GCMS results are consistent with these interpretations. See Note 1 below this table.</p> <p>Additionally, a peak at the retention time seen on other TICs suggests <u>trace</u> of xylene is present.</p>
16	Sawdust taken from a drainage ditch (at the base of the retaining wall) (Sample No. 16)	<p>Observations: The sample consists of sawdust impregnated with liquid.</p> <p>FTIR: Silicone oil is identified in the liquid absorbed by the sawdust.</p>	FTIR consistent with PDMS
17	Sample from stagnant liquid taken from the northern part of the drainage ditch (at the base of the retaining wall) (Sample No. 17)	<p>Observations: The sample is liquid and consists of two phases. The lower phase, which is the largest, is dark brown and the highest phase is milky-coloured. The liquid emits an unpleasant odour due to hydrogen sulfide.</p> <p>Raman: The presence of silicone oil is identified. The higher phase contains silicone oil.</p>	<p>Nb. Raman spectroscopy</p> <p>Raman spectrum is consistent with PDMS</p>

		<p>Specific Conductivity: 1730 μS/cm</p> <p>Acidity: pH 7.86</p>	
18	<p>Stagnant liquid taken from the southern part of the drainage ditch (at the base of the retaining wall) (Sample No. 18)</p>	<p>Observations: Liquid consisting of two phases. The higher phase is oily and milky-coloured, while the lower phase is aqueous and brown-coloured.</p> <p>FTIR: The main component of the higher phase is silicone oil, while the main component of the lower phase is water.</p> <p>GCMS: Higher phase: Cyclic and non-cyclic methylsiloxanes and 1-methyl-4(phenyl-methyl)benzene, or isomers of it (CAS 620-83-7), are identified.</p> <p>Lower phase: Traces of 1-methyl-4(phenyl-methyl)benzene or isomers (CAS 620-83-7, 620-47-3), are identified.</p> <p>Acidity: pH 7.6</p>	<p>FTIR consistent with PDMS</p> <p>GCMS results are consistent with these interpretations. See Note 1 below this table.</p> <p>1-methyl-4(phenyl-methyl)benzene could break down to form xylenes. No xylenes were detected</p>
19	<p>Sample from earth to the North, at the base of the retaining wall (Sample No. 19)</p>	<p>Observations: The sample contains sand particles and glass fragments from broken glass. Products of partial combustion of organic materials (black residue) have been deposited in all the above.</p> <p>FTIR: The presence of silicone oil is identified. The sample has been impregnated with silicone oil.</p> <p>GCMS: The presence of cyclic and non-cyclic methylsiloxanes, traces of xylene isomers, 2-ethyl-1-hexanol, 2,2'-bimethylbiphenyl, 1-methyl-3-(phenylmethyl) benzene, and 1-methyl-4-(phenylmethyl) benzene, is identified.</p>	<p>FTIR consistent with PDMS</p> <p>GCMS results are consistent with these interpretations, except that I have seen no data showing the presence of 1-methyl-3-(phenylmethyl) benzene. See Note 1 below this table.</p> <p>2,2'-bimethylbiphenyl, 1-methyl-3-(phenylmethyl) benzene, and 1-methyl-4-(phenylmethyl) benzene have structures which could break down in a fire to form xylenes.</p> <p>The TIC indicates only small quantities of xylenes are present.</p>
20	<p>Sample from earth to the South, at the base of the retaining wall (Sample No. 20)</p>	<p>Observations: The sample contains soil, which is brown-coloured.</p> <p>FTIR: The presence of silicone oil is identified. The sample has been impregnated with silicone oil.</p> <p>GCMS: The presence of cyclic and non-cyclic methylsiloxanes, traces of xylene isomers, and 1-methyl-4-(phenylmethyl)benzene, is identified.</p>	<p>FTIR consistent with PDMS</p> <p>GCMS results are consistent with these interpretations. See Note 1 below this table.</p> <p>1-methyl-4-(phenylmethyl)benzene has a structure that could break down in a fire to form xylenes.</p> <p>The TIC indicates only small quantities of xylenes are present.</p>

21	Sample from earth at the base of the eastern inclination of the rails (Sample No. 21)	<p>Observations: The sample contains soil, which is brown-coloured.</p> <p>FTIR: The presence of silicone oil is identified. The sample has been impregnated with silicone oil.</p> <p>GCMS: The presence of cyclic and non-cyclic methylsiloxanes and traces of xylene isomers, is identified.</p>	<p>FTIR consistent with PDMS</p> <p>GCMS results are consistent with these interpretations. See Note 1 below this table.</p>
22	Material found on the retaining wall (Sample No. 22)	<p>Observations & microscopic examination: The sample consists of a beige powder, where scattered pieces of glass and metal, fibres, orange particles from a friable coating material are seen.</p> <p>FTIR: The sample contains silicone oil.</p> <p>FITR/XRD: Calcium carbonate and quartz are identified.</p>	<p>FTIR consistent with PDMS</p> <p>Library-matched</p>
23	Sample from the subsoil (depth: 20cm) from the western inclination of the rails (base of a burned tree) (Sample No. 23)	<p>Observations: The sample consists of soil and stones.</p> <p>FTIR: The sample contains silicone oil.</p>	<p>FTIR consistent with PDMS</p>
24	Sample from the earth from the western inclination of the rails (close to a burned tree) (Sample No. 24)	<p>Observations: The sample consists of soil and stones, and pieces of plant matter.</p> <p>FTIR: The sample contains silicone oil.</p>	<p>FTIR consistent with PDMS (but a low signal to noise ratio indicates it is present in comparatively low quantities)</p>
25	Sample from earth (substrate inspection) (Sample No. 25)	<p>Observations: The sample contains soil, which is brown-coloured.</p> <p>FTIR: The presence of traces of silicone oil is identified.</p> <p>GCMS: The presence of 3-methylbutanol, benzaldehyde, and traces of methylsiloxanes, is identified.</p>	<p>The State Report commentary indicates that this sample was taken 50m from the collision site.</p> <p>FTIR – consistent with PDMS (but a very low signal to noise ratio indicates it is present in comparatively very low quantities)</p> <p>GCMS results are consistent with these interpretations. See Note 1 below this table.</p>

Note 1: Compound identification is based on matching the chromatograms against library reference chromatograms. Identification can only be confirmed if a known sample of a particular compound is analysed and produces a matching chromatogram and has a matching retention time. In the absence of such confirmations, closely related compounds could account for the results.

3.15 By way of a summary, in all but two samples, the results were indicative of the presence of PDMSs. The exceptions were samples 8 (battery fluid) and 11 (insulation material).

- 3.16 GCMS results were reported for 11 of the samples (nos. 2, 3, 5, 6, 14, 15, 18, 19, 20, 21 and 25), and in each case siloxane⁴ compounds were identified.
- 3.17 Two of the samples, sample nos. 3 and 13, had descriptions suggesting that they could be representative of the transformer oil, thereby providing quasi-reference samples; a true reference sample would be a sample of unused oil. GCMS was only carried out on sample 3, taken from the first freight train locomotive (ref. no. 120-122), with the TIC being dominated by siloxane compounds. This appears to confirm that the transformer oil was indeed of a PDMS composition.
- 3.18 The GCMS results also identified trace quantities of xylenes, and higher molecular weight organic (non-siloxane) compounds. In some cases, for example in samples 5 and 6, these higher molecular weight compounds were predominant (they were also prevalent but not dominant in sample 19). I note that samples 5 and 6 were both taken from the first locomotive (ref. no. 120-122) of the freight train, which could indicate a source there; they were also found in sample 3 taken from that locomotive. The precise location from where sample 19 was taken, in which the same compounds were prevalent, was not clear from the description given. That description includes reference to a "retaining wall", which could suggest that it was near to where the freight train locomotives came to rest, because there was a retaining wall that separated the rail lines from an adjacent road at this location.
- 3.19 Although the GCMS instrument has matched these higher molecular weight compounds to specific named compounds, these identifications have not been confirmed by running pure samples of those compounds through the instrument and determining that the retention time matches. It is entirely plausible, therefore, that the compounds may not be those specifically named, but in my opinion are likely to be of a similar composition if not.
- 3.20 I note that none of the specific named compounds have common uses, so it is unlikely that they were present in any sort of bulk quantities; i.e. they are not likely to have originated from the carriage of goods. In the case of sample 5, the analyst observed that the sample included "*products of partial combustion of organic materials*". The fire-damage to the first locomotive of the freight train was less severe than that for the locomotive of the passenger

⁴ Siloxanes are organic compounds containing a functional group of two silicon atoms bound to an oxygen atom: Si-O-Si. In the context of the matters under consideration in this report, the siloxanes are likely to be associated with the (PDMS) transformer oil.

train (see next section), so it would not be surprising for there to be more products of incomplete combustion on samples taken from and around the former. Sample 6 was described as a fibreglass material. The resins used to bond fibreglass materials include polymeric structures that have molecular units that are not markedly dissimilar to the named higher molecular weight compounds. It follows that these compounds may well be products of incomplete combustion of the fibreglass resins used in the construction of the locomotive.

3.21 As indicated in my comments within Table 1, these higher molecular weight compounds had structures that could break down to form smaller molecular weight compounds, including xylenes. The alternative that xylenes fused together with other products of incomplete combustion to form these higher molecular weight compounds is not plausible in my opinion.

Ad hoc fire test on a silicone oil

3.22 A literature search carried out by Burgoynes' technical library has revealed only limited references relating to combustion of PDMS materials. This is not surprising, since PDMSs are reported to produce silica (i.e. quartz/sand) as one of the products of combustion, and this would be incompatible with useful combustion applications, such as engines or boilers; the silica would be detrimental to the equipment. Nevertheless, information reported in Bretherick's "Handbook of Reactive Chemical Hazards" and Babrauskas' "Ignition Handbook" shows that PDMSs, including silicone oils, are combustible.

3.23 To confirm that this is the case, I have carried out an ad hoc test using a silicone oil product⁵ described as having a composition of "100% polydimethylsiloxane silicone oil", with a viscosity of 50 mPa.s. I expect this oil to be a close equivalent to the 'Baysilone M 50 EL' product based on the description and viscosity.

3.24 This was placed into a hand-operated garden plant sprayer, and a mist of oil was sprayed towards the flame of a hand-held blowtorch. This revealed that the oil was combustible, and that when the mist ignited it produced a small ball of flame. This is illustrated in Images 1 and 2 below.

⁵ The product was marketed as 'Allcosil 200/50', produced by J Allcock & Sons Ltd, Manchester, UK. However, the product label indicated that it was made by Mistral R&D Laboratories Ltd, and described as "Silicone Oil 50 cSt/cPs", with a CAS No. 63148-62-9). The SDS reported a flash point >150°C and listed the auto-ignition temperature as 'unavailable'.

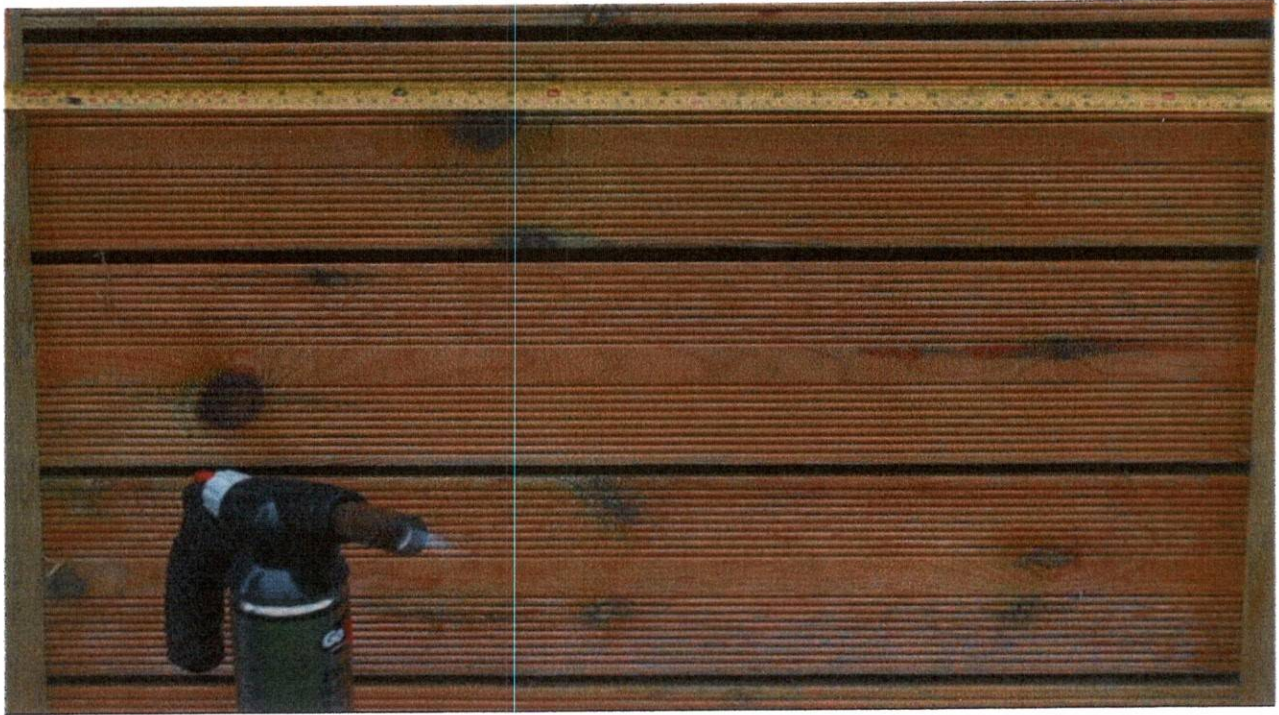


Image 1 – a blowtorch with a lit flame

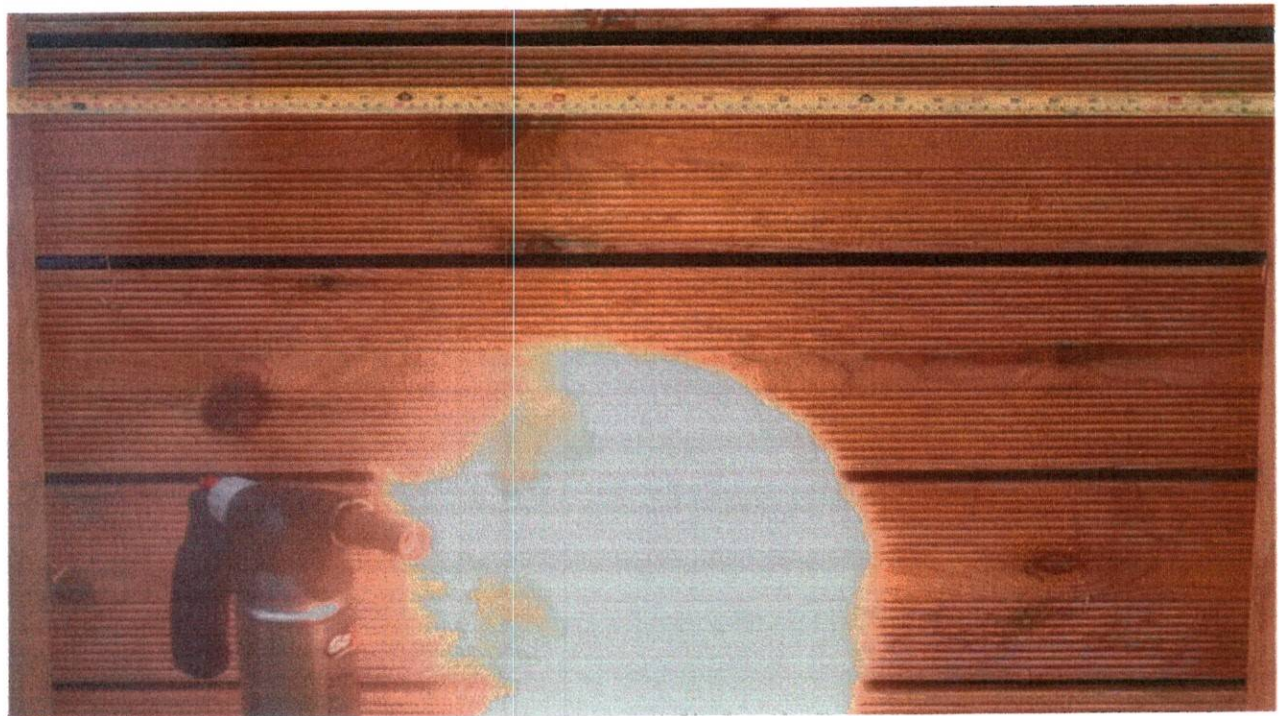


Image 2 – the effect of spraying PDMS oil towards the blowtorch flame

4 DISCUSSION

- 4.1 Based on the descriptions and photographs in the State Report, there was relatively limited direct fire damage to the locomotives of the freight train and to the timber flatbed bases of the wagons carrying the metal sheets. In contrast, the locomotives, first-class passenger, canteen and the first of the standard-class passenger carriages on the passenger train were severely damaged by fire.
- 4.2 Aerial images show that these two areas of burning are distinct and separate, with the paint finishes on overlapping intermediate wagons/carriages unburned (see for example Photographs 15 to 17 of the State Report).
- 4.3 I also note that the CCTV footage shows only a single fireball, which was fractions of a second after flashes showing the moment of initial impact and electrical flashes associated with impacts with the medium voltage power poles on both the upward and downward tracks. This indicates that the fireball was probably associated with only one of these two locations, rather than it happening at the instant that the locomotives collided.
- 4.4 In my opinion, if the fireball was associated with the involvement of the freight train locomotives, or any goods carried on the wagons carrying the metal sheets⁶, it does not readily explain a fire involving the forward part of the passenger train. Likewise, if the fireball was associated with the passenger train locomotive, it doesn't readily explain a fire involving the forward part of the freight train. It follows that only one of these was likely to have been at the origin of the fireball and that the subsequent fires were fuelled separately. Given the more severe fire damage to the forward part of the passenger train, the fireball could well be associated with that train rather than the freight train.
- 4.5 The State Report advises that the transformers on each locomotive carried 2400kg of oil. It further reports that this oil was spread over a large area as a result of the collision. This appears to be based on one sample of soil that was taken some 50m from the crash site (i.e. sample no. 25), on which the presence of PDMSs were detected. Whilst some caution should be exercised in interpreting the results with regard to how far the oil was dispersed given the scene disturbance that took place before the samples were taken, the high energy

⁶ The wagons behind these were not notably fire-damaged, so could not have been carrying goods that provided fuel for the fireball or subsequent fire(s).

impact means this is entirely plausible in my opinion. It is also plausible that such an impact could produce a multitude of small droplets in the air⁷.

4.6 The State Report's hypothesis is that such a dispersal of PDMS transformer oil was ignited to produce the fireball, and that this oil together with combustible elements of the locomotives/carriages/wagons fuelled the subsequent fires.

4.7 In this regard, small combustible liquid droplets, when dispersed in air, can ignite and produce a 'fireball' volume expansion. This volume expansion is dominated by two effects, namely (i) the change of state of the 'fuel' from a liquid to a gas, and (ii) the expansion arising from the heating of the gases in the reaction zone. In combination, these can result in an increase in volume of several orders of magnitude. Indeed, this was demonstrated in my ad hoc test described above. Given the reported quantities of oil in the transformers, I have no difficulty accepting that the fireball observed in the CCTV footage can be accounted for by this source of fuel.

4.8 It follows that the ignition of PDMS oil expelled from the locomotive transformers as small droplets or a mist, could explain the fireball. Furthermore, it could have contributed to the subsequent fires, together with other combustible elements of structure. For completeness, however, it should be noted that those fires could have occurred in the absence of involvement by the transformer oil, depending on the materials used in the construction of the locomotives, carriages and wagons, and any contents or consumables (e.g. lubricating oils/greases) therein.

4.9 It follows that in my opinion the State Report's hypothesis that the transformer oil was responsible for the fireball and contributed together with other combustibles to the subsequent sustained fires is wholly plausible.

4.10 The alternative to the State Report's hypothesis is that another substance was responsible for producing the fireball, and may have contributed to the subsequent sustained fires.

4.11 In theory, such a substance could have been a solid, liquid or gas. A solid material would need to have been in the form of a dust dispersed in air to give rise to a fireball. As already

⁷ This is illustrated by the liquid in a water-filled vehicle crash barrier: <https://www.youtube.com/watch?v=SMN-LAjQck4>

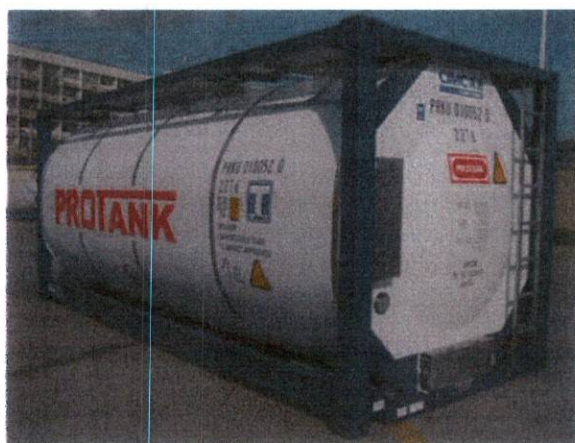
discussed, a liquid dispersed as droplets in air can lead to this fireball effect. Finally, a gas that is released could produce a fireball as it mixes with air and burns.

- 4.12 I am not aware of any information to indicate that a solid dust was involved in this accident. The dispersal of such a material would be likely to leave behind unburned residues, scattered over a wide area, and no observations in this regard were made. Additionally, the GCSL analyst's observations when inspecting the soil samples did not suggest the presence of such materials.
- 4.13 A gas would need to be transported in a suitable vessel, either in a compressed gas form, or as a liquefied gas. I am not aware of any reports to indicate the presence of the remains of any such vessels, and I have seen no such remains in the photographs in the State Report. The release and ignition of a compressed gas could explain the occurrence of a fireball, but it would be entirely consumed in that event and thus would not contribute to sustained subsequent burning. In theory a proportion of liquid gas could persist briefly as a liquid pool following the initial release and ignition of a gas/mist cloud, but I would expect this to be quickly consumed.
- 4.14 Finally, with regard to a liquid, in all probability it would need to be an organic compound or mixture of compounds. Such compounds or mixtures have characteristics that mean they will be detectable by GCMS analysis. Accordingly, if such substances were present, then I would expect to find evidence of them or their residues (i.e. products of incomplete combustion) in the GCMS results.
- 4.15 Based on my review of the GCMS analyses results produced by the GCSL, including the TICs and mass spectra data, I have found no compelling evidence to support the hypothesis that another liquid compound or mixture was the source of the fuel for the fireball.
- 4.16 For the reasons discussed earlier, the higher molecular weight non-siloxane compounds are not likely to be associated with any materials carried in bulk, but may well be attributable to products of incomplete combustion of the fibreglass resins used in the construction of the locomotives/carriages. Likewise, the detection of trace quantities of xylenes can also be attributed to the same source.
- 4.17 However, it is also appropriate to consider the alternative possibility that the xylenes detected were indicative of the undeclared carriage of this substance. Xylenes are

otherwise known as dimethylbenzenes, where two methyl ($-CH_3$) groups are attached to a benzene ring (C_6H_6) structure. There are three permutations as to where these two methyl groups attach to the benzene ring relative to each other and hence there are three molecular arrangements, known as three 'isomers'.

4.18 Xylenes are a constituent of petrol (gasoline), together with other compounds, including isomers of trimethylbenzene (TMB). In one of the GCMS results (for sample no. 14) xylenes and TMBs were detected. However, the relative amount of these and their isomers were not consistent with those found in petrol (either fresh or partially evaporated). Indeed, in none of the other samples was there any indication to suggest the presence of petrol residues.

4.19 Xylenes do not need to be in a complex mixture such as petrol; they can be used on their own as a solvent product. Therefore, I have considered the possibility that such a solvent was being carried as undeclared goods. Such a product would need to be carried in a suitable container or containers, which could include (from largest to smallest) an ISO tank container, an intermediate bulk container ('IBC'), drums or smaller containers. The drums and smaller container may be of metal or plastic construction. An IBC is typically of plastic construction, but with a metal supporting cage. An ISO tank container will be of metal construction.



An ISO tank container



A stack of IBCs

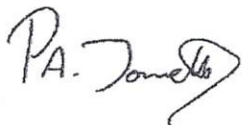
4.20 I am not aware of any information to indicate the presence of an ISO tank container, metal drums/tins, or the metal cage remains of IBCs at the scene; no such remains are visible in the photographs included in the State Report. This does not rule out the possibility of there being plastic drums or smaller containers holding such a solvent, which were destroyed in the ensuing fires.

4.21 On the assumption that any such undeclared goods were being carried by the freight train, where the principal damage was to the two locomotives and the first three wagons, any such transportation would be likely to be associated with the wagons. However, for the reasons discussed at the beginning of this section, these wagons came to rest in an area separate to the area where the most pronounced fire damage was sustained by the passenger train. In my opinion, the rupture and ignition of xylene solvent containers would have led to severe fire damage to those freight wagons, which were not severely fire-damaged, but would not account for the fire damage involving the passenger train. Furthermore, it would not explain why xylenes were detected in a sample taken from the passenger locomotive (sample no. 14). Rather, the latter finding is consistent with the hypothesis that the xylenes were produced as products of incomplete combustion of the materials used in the construction of the locomotives/carriages.

4.22 Summarising, there was no compelling evidence to show that the fireball and ensuing fires resulted from the carriage of undeclared goods. However, this possibility, whilst improbable in my opinion, cannot be entirely excluded.

5 CONCLUSIONS

- 5.1 At 23:18 hours on 28 February 2023, a passenger train and a freight train collided head-on, in the area of Evangelismos, Larissa, Greece. A large fireball erupted at the time of the collision, and a fire continued to burn for a period thereafter.
- 5.2 The State Report's hypothesis is that the collision resulted in the rupture of the locomotives' transformers, resulting in the release and dispersal of PDMS transformer oil that ignited to produce the fireball, and that this oil together with combustible elements of the locomotives/carriages/wagons fuelled the subsequent fires. In my opinion this hypothesis is wholly plausible.
- 5.3 The alternative to the State Report's hypothesis is that another substance was responsible for producing the fireball, and may have contributed to the subsequent sustained fires. Based on my review of the State Report and in particular the results of analyses of samples taken by the GCSL, I have seen no compelling evidence to show that the fireball and ensuing fires resulted from the carriage of undeclared goods. However, this possibility, whilst improbable in my opinion, cannot be entirely excluded.



DR PAUL A JOWETT BSc PhD MRSC

Partner

paul.jowett@burgoynes.com