

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 11ΗΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 1988

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΜΕΡΙΚΑ

Η ΥΠΟ ΤΗ ΜΑΓΧΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΓΑΛΛΙΑΣ - ΑΓΓΛΙΑΣ
ΕΝΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΗΜΑ

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ Κ. ΛΟΥΚΑ ΜΟΥΣΟΥΛΟΥ

Κύριε Πρόεδρε,

Ένα γιγαντιαίο τεχνικό έργο που επί δύο και πλέον αιώνες έκκρεμοῦσε και συγκινοῦσε τήν παγκόσμια κοινή γνώμη εισήλθε, από τινων ήδη μηνῶν, στο δρόμο τής πραγματοποίησώς του.

Πρόκειται για τή μόνιμη σύνδεση τῶν Βρεταννικῶν Νήσων με τήν ἠπειρωτική Εὐρώπη στήν περιοχή τοῦ στενοῦ τής Μάγχης, ὅπου τὸ μικρότερο εὔρος τής θαλάσσης μεταξύ βρεταννικῶν και γαλλικῶν ἀκτῶν εἶναι 30 περίπου Km, ἐνῶ τὸ μεγαλύτερο αὐτῆς βάθος δὲν ὑπερβαίνει τὰ 60m.

Σκοπὸς τῆς σημερινῆς ὁμιλίας εἶναι νὰ παρουσιάσει τὰ κυριότερα χαρακτηριστικά τοῦ ἐντυπωσιακοῦ αὐτοῦ ἔργου που ἀποτελεῖ τεχνική πρόκληση και θὰ σημαδέψει για πάντα τὸ τέλος τοῦ παρόντος αἰῶνος.

*

Προτοῦ προχωρήσω στήν περιγραφή τῶν συστατικῶν τοῦ Ἔργου τμημάτων, θὰ ἦταν ἐνδιαφέρον νὰ δοῦμε ἐν συντομία τήν ἱστορική αὐτοῦ διαδρομή.

Τὸ θέμα τῆς ἐπικοινωνίας Ἀγγλίας-Γαλλίας ἀπασχολοῦσε τίς δύο χῶρες ἀπὸ πολὺ ἐνωρίς. Ἦδη, τὸ 1751 προκηρύσσεται διαγωνισμὸς ὑπὸ τήν αἰγίδα τῆς Ἀκαδημίας τῆς Ἀμιένης, με ἀντικείμενο τή βελτίωση τῶν μέσων διασχίσεως τῆς Μάγχης. Τὸ βραβεῖο ἀπονέμεται στο Γάλλο φυσικὸ Nicolas Desmaret,

ὁ ὁποῖος ἐπρότεινε ἓνα σχέδιο συνδέσεως διὰ σήραγγος ὑπὸ τῆ θάλασσα.

Μεταξὺ 1802 καὶ 1874 ἐξετάζονται διάφορες λύσεις καὶ οἱ πρώτες ἐργασίες ἀρχίζουν τὸ 1878 μὲ τὴν κατασκευή φρέατος προσπελάσεως πρὸς τὸ σημεῖο ἐνάριξεν τῆς σήραγγος, στὴ θέση *Sangatte*. Μετ' ὀλίγον ὅμως ἡ προσπάθεια ἐγκαταλείπεται γιὰ πολιτικούς λόγους καὶ ἄλλες δυσχέρειες.

Τὸ θέμα παραμένει σὲ ἐκκρεμότητα ἐπὶ 100 σχεδὸν χρόνια. Καὶ μόλις τὸ 1970 ἡ προσπάθεια ἐπαναλαμβάνεται καὶ προωθεῖται σὲ ἀκετὸ μῆκος ἢ ὄρουνη σήραγγος καὶ ἀπὸ τὶς δύο πλευρές. Νέα ὅμως διακοπὴ ἐπέρχεται τὸ 1974 λόγω ἐλλείψεως πολιτικῆς βουλήσεως καὶ ἀνεπαρκείας τῶν οἰκονομικῶν μέσων.

Τέλος, τὸ 1984, οἱ κυβερνήσεις Γαλλίας καὶ Ἀγγλίας ἀποφασίζουν τελειωτικὰ νὰ πραγματοποιήσουν τὴ μόνιμη σύνδεση τῶν δύο χωρῶν καὶ τὴ 2α Ἀπριλίου 1985 προκηρῦσσουν διεθνή διαγωνισμό μὲ ἀντικείμενο προτάσεις τεχνικῆς λύσεως καὶ χρηματοδοτήσεως.

Ἀποτέλεσμα τοῦ διαγωνισμοῦ ὑπῆρξε ἡ ὑποβολὴ τεσσάρων τεχνικῶν λύσεων μὲ τὰ ἐξῆς βασικά χαρακτηριστικά:

Λύση Transmanche Express: Δύο ὑπόγειες σήραγγες γιὰ ὁδικὴ καὶ σιδηροδρομικὴ κυκλοφορία ἀντιστοίχως.

Λύση Europort: Μία κρεμαστὴ γέφυρα γιὰ ὁδικὴ κυκλοφορία.

Λύση Euroroute: Μία σήραγγα ὁδικῆς κυκλοφορίας βυθισμένη μεταξὺ δύο τεχνιτῶν νησίδων, οἱ ὁποῖες συνδέονται μὲ τὴν ξηρὰ διὰ γεφυρῶν.

Λύση France - Manche/Channel Tunnel: Δύο ὑπόγειες σήραγγες μονόδρομης κυκλοφορίας πὸν θὰ ἐξασφαλίζουν τὴ διέλευση τῶν σιδηροδρομικῶν συρμῶν καὶ τὴ μεταφορὰ τῶν αὐτοκινήτων διὰ συρμοῦ πλατφορμῶν.

Μεταξὺ τῶν ὡς ἄνω λύσεων ἐπελέγη ἡ τελευταία καὶ τὴ 12η Φεβρουαρίου 1986, οἱ Κυβερνήσεις Γαλλίας καὶ Μεγάλης Βρετανίας ὑπέγραψαν σχετικὴ συμφωνία πὸν συμπληρώθηκε διὰ τῆς πράξεως παραχωρήσεως τῆς 14ης Μαρτίου τοῦ αὐτοῦ ἔτους, μὲ τὴν ὁποία παρέχεται τὸ δικαίωμα ἐκμεταλλεύσεως στὸν δμίλο «Eurotunnel» γιὰ 55 χρόνια. Τὸν δὲ Αὐγούστο 1986 ὑπογράφεται μεταξὺ τοῦ δμίλου τούτου καὶ τοῦ δμίλου «Transmanche-Link» ἡ σύμβαση μελέτης καὶ κατασκευῆς τοῦ Ἔργου διὰ τῆς ὁποίας προβλέπεται:

Περάτωση τῆς κατασκευῆς τῶν σηράγγων τὸ θέρος τοῦ 1991

Ὁλοκλήρωση τοῦ Ἔργου μέχρι τὴ 15η Νοεμβρίου τοῦ 1992.

Παράδοση γιὰ ἐμπροκὴ ἐκμετάλλευση κατόπιν ἐξαμήνου δοκιμαστικῆς λειτουργίας τὴ 15η Μαΐου 1993.

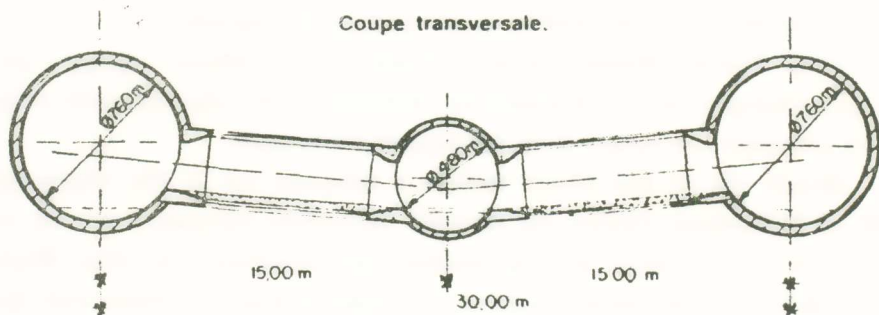
Οἱ λόγοι πὸν ὀδήγησαν στὴν ἐπιλογὴ τῆς λύσεως *France - Manche/Channel Tunnel*, πὸν χαρακτηρίζεται ἀπὸ δύο ὑπόγειες σήραγγες σιδηροδρομικῆς κυκλοφο-

ρίας με ἐνδιάμεση στοὰ ἐπισκέψεως, εἶναι πολλοὶ καὶ διάφοροι. Ὅπως ἰδιαίτερη σημασία δόθηκε στὴν ἀσφάλεια. Ἀξίζει νὰ σημειωθεῖ ὅτι ἡ ἐν λόγῳ λύση ἐξαφανίζει ἀπόλυτα ἐναντι τῶν καιρικῶν συνθηκῶν. Ἡ μονόδρομη σιδηροδρομικὴ κυκλοφορία ἐξαφανίζει τοὺς κινδύνους τῆς ὀδικῆς κυκλοφορίας καὶ τῶν μετωπικῶν συγκρούσεων, ἐνῶ περιορίζει οὐσιαστικὰ τὶς πιθανότητες ἐκτροχιασμοῦ. Περαιτέρω, ἡ λύση αὐτὴ οὐδεμίαν διαταραχὴ προκαλεῖ στὶς θαλάσσιες συγκοινωνίες τόσο κατὰ τὴ φάση τῆς κατασκευῆς ὅσο καὶ κατὰ τὴ φάση τῆς ἐκμεταλλεύσεως. Ἡ δὲ ἐνδιάμεση στοὰ ὑπηρεσίας ἐπιτρέπει εὐχερῆ ἀνὰ πάσα στιγμή προσπέλαση πρὸς κάθε σημεῖο τῶν σηράγγων κυκλοφορίας καὶ ἐπανξάνει σημαντικὰ τὴν ὅλη ἀσφάλεια.

*

Νὰ δοῦμε τώρα τὰ βασικὰ τεχνικὰ καὶ λειτουργικὰ χαρακτηριστικὰ τοῦ Ἔργου. Ὅπως ἤδη ἀναφέραμε, τοῦτο διαλαμβάνει δύο παράλληλες σήραγγες μονόδρομης σιδηροδρομικῆς κυκλοφορίας καὶ μία ἐνδιάμεση στοὰ ὑπηρεσίας. Οἱ σήραγγες ἔχουν κυκλικὴ διατομὴ διαμέτρου 7.6m καὶ ἀπέχουν μεταξύ των 30m. Στὸ μέσο τοποθετεῖται ἡ στοὰ ὑπηρεσίας κυκλικῆς ἐπίσης διατομῆς καὶ διαμέτρου 4.80m. Οἱ λεπτομέρειες φαίνονται στὴν ἐγκαρσία διατομὴ τοῦ Σχ. 1.

Στὴν κάθε μία ἀπὸ τὶς δύο σήραγγες κυκλοφορίας θὰ κινοῦνται πρὸς τὴν



Σχ. 1.

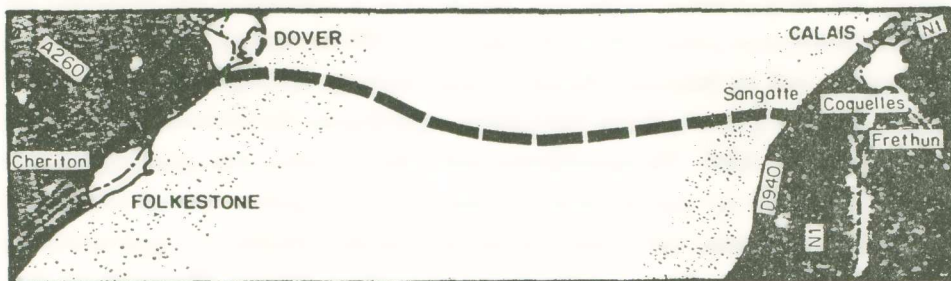
ἴδια πάντοτε κατεύθυνση σιδηροδρομικοὶ συρμοὶ ἀπὸ πλατφόρμες πρὸς τὰ μπόροῦν νὰ μεταφέρουν μέχρι 4000 ὀχήματα τὴν ὥρα. Ἔτσι, σὲ δυναμικότητα τὸ σύστημα ἰσοδυναμεῖ μετ' αὐτοκινητόδρομο δύο λωρίδων πρὸς ἐκάστη κατεύθυνση. Κατάλληλος δὲ σύνδεση μετ' τὸ γαλλικὸ καὶ ἀγγλικὸ σιδηροδρομικὸ δίκτυο θὰ ἐπιτρέψει τὴν κυκλοφορία τῶν συνήθων σιδηροδρομικῶν συρμῶν, σὲ τρόπο ὥστε ἡ διαδρομὴ Παρίσι-Λοιδίνο θὰ πραγματοποιεῖται σὲ 3 ὥρες καὶ 15'. Μελλοντικῶς δὲ προβλέπε-

ται και ή κυκλοφορία τοῦ περιφήμου *T.G.V.* (*Train Grande Vitesse*) ὅτε ὁ χρόνος αὐτός θά μειωθεῖ σημαντικά.

Λεπτομερέστερον, ἀφοῦ τὰ αὐτοκίνητα διέλθουν διὰ σταθμοῦ διοδίων ὅπως στοὺς σημερινούς αὐτοκινητοδρόμους, προχωροῦν ἐλεύθερα καὶ ἐπιβιβάζονται κατ' ἐθθεῖαν στίς πλατφόρμες τοῦ σιδηροδρομικοῦ συρμοῦ πού μποροῦν νὰ δεχθοῦν κάθε τύπο ὀχήματος ἀπὸ τὰ συνήθη ἐπιβατικά μέχρι τὰ βαρέα φορτηγά. Οἱ συρμοὶ κυκλοφοροῦν μεταξὺ δύο τερματικῶν σταθμῶν, *Coquelles* στή Γαλλία πλησίον τοῦ *Calais* καὶ *Cheriton* στή Ἀγγλία, πλησίον τοῦ *Folkestone*. Ἡ διαδρομὴ προβλέπεται νὰ κυμαίνεται μεταξὺ 30 καὶ 35λ', μὲ ταχύτητα 160 Km τὴν ὥρα. Ἡ συχνότητα ἀναχωρήσεως τῶν συρμῶν θά εἶναι 3λ' μὲ δυνατότητα μειώσεως σὲ 2λ' στίς ὥρες αἰχμῆς. Τὸ μήκος ἐκάστου συρμοῦ θά εἶναι 800m.

Ἀπὸ ἀπόψεως κατασκευῆς τὰ βασικά τμήματα τοῦ ἔργου εἶναι οἱ σήραγγες καὶ οἱ τερματικοὶ σταθμοί. Οἱ θέσεις τῶν δίδονται στὸ Σχῆμα 2. Ἡ τομὴ τοῦ Σχήματος 3γ δεικνύει τὴ θέση τῶν σηράγγων ὡς πρὸς τὴν ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης καὶ τὸν πυθμένα αὐτῆς.

Ἡ ὄρυξη τῶν σηράγγων καὶ οἱ ἄλλες σχετικὲς μὲ αὐτὲς ἐργασίες γίνονται ἀπὸ φρέατα στίς θέσεις *Sangatte* καὶ *Shakespeare Cliff*, στή γαλλικὴ καὶ ἀγγλικὴ πλευρὰ ἀντιστοίχως. Τὰ φρέατα αὐτὰ προβλέπεται νὰ χρησιμοποιηθοῦν ὡς



Σχ. 2.

φρέατα ἀερισμοῦ κατὰ τὴ φάση τῆς ἐκμεταλλεύσεως. Τὸ μήκος ἐκάστης σήραγγος εἶναι 50 km, ἐκ τῶν ὁποίων 37 km εὐρίσκονται ὑπὸ τὴ θάλασσα μεταξὺ *Shakespeare Cliff* καὶ *Sangatte*.

Οἱ σιδηροδρομικὲς σήραγγες συνδέονται μὲ τὴ στοὰ ὑπηρεσίας κάθε 375m καὶ μεταξὺ τῶν κάθε 250m. Ἡ τελευταία αὐτῆ σύνδεση πραγματοποιεῖται μὲ

δίκτυο στοών που διέρχεται υπεράνω της στοᾶς ύπηρεσίας και χρησιμεύει για μείωση τῆς αεροδυναμικῆς ἀντιστάσεως, ἡ ὁποία ἀνοπτύσσεται ἔμπροσθεν τοῦ ἐν κινήσει συρμοῦ. Σὲ ἀπόσταση περίπου 15 Km ἀπὸ κάθε εἴσοδο κατασκευάζονται εἰδικὰ ἔργα συνδέσεως τῶν σιδηροδρομικῶν γραμμῶν τῶν δύο σηράγγων, πού ἐπιτρέπουν στους συρμούς νὰ ἀλλάξουν σήραγγα γιὰ νὰ μὴ διακόπτεται ἡ ἐκμετάλλευση στὴν περίπτωσι πού παρίσταται ἀνάγκη ἀπομονώσεως τμήματος σήραγγος γιὰ συντήρηση ἢ ἐπισκευές.

Οἱ τερματικοὶ σταθμοὶ Cheriton καὶ Coquelles ἐπὶ τοῦ ἀγγλικοῦ καὶ γαλλικοῦ ἐδάφους ἀντιστοιχῶς συνδέονται μὲ τὰ σιδηροδρομικὰ δίκτυα τῶν δύο χωρῶν. Εἰς ἕκαστο δὲ τούτων οἱ σιδηροδρομικὲς γραμμὲς τῶν δύο σηράγγων ἐνώνονται μὲ κυκλοειδῆ καμπύλη πού ἐπιτρέπει συνεχὴ κυκλοφορία τῶν συρμῶν. Στους τερματικὸς σταθμοὺς εὐρίσκονται φυσικὰ τὰ κατάλληλα κρημιδώματα ἐπιβίβασεως καὶ ἀποβίβασεως τῶν ὀχημάτων καθὼς καὶ οἱ ἀπαραίτητες ἐγκαταστάσεις γιὰ τὴ διοίκηση, ἐκμετάλλευση καὶ συντήρηση, τέλος οἱ ἐγκαταστάσεις ἐλέγχου τῶν συνόρων. Ἀξίζει νὰ σημειωθεῖ, ὅτι οἱ τελευταῖες αὐτὲς προβλέπονται μὲ βᾶση τὴν ἀρχὴ τῆς ἐλευθέρου ἐξόδου, τῶν διαφορῶν διατυπώσεων, διενεργουμένων κατὰ τὴν ἀναχώρηση.

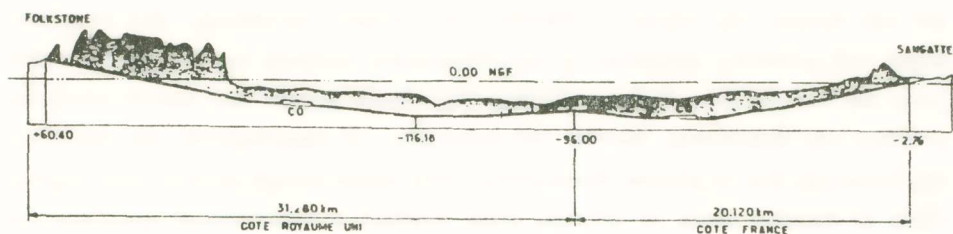
*

Ἀπ' ὅσα παραπάνω ἀναφέρθηκαν γίνεται φανερὸ ὅτι τὸ κατὰ πολὺ σημαντικότερο καὶ δυσχερέστερο τμήμα τοῦ Ἔργου εἶναι ἡ κατασκευὴ τῶν σηράγγων καὶ στοῶν. Τὸ συνολικὸ μῆκος τούτων ὑπερβαίνει τὰ 160 km, ἐκ τῶν ὁποίων τὰ 111 km εὐρίσκονται ὑπὸ τὴ θάλασσα. Πρόκειται περὶ τεχνικῆς προκλήσεως, προπαντὸς ἐὰν ληφθεῖ ὑπ' ὄψη ἡ ἀναληφθεῖσα ὑποχρέωση περαιώσεως τῆς κατασκευῆς των ἐντὸς τοῦ θέρους τοῦ 1991. Τὰ προβλήματα πού τίθενται λόγῳ τῶν χαρακτηριστικῶν τοῦ Ἔργου ἀλλὰ καὶ τοῦ ἐντυπωσιακὰ περιορισμένου χρόνου κατασκευῆς (περάτωση τῶν σηράγγων καὶ στοῶν ἐντὸς 42 μηνῶν) ἐπιβάλλουν χρησιμοποίησι ἰσχυρῶν μηχανικῶν μέσων καὶ ἐπιινόση πρωτοτύπων λύσεων. Πρωτοῦ ὅμως ἀναφερθεῖμε σ' αὐτά, ἄς δοῦμε τίς συνθηκῆς ἐδάφους πού ἐπηρεάζουν κρίσιμα τίς τεχνικὲς ἐπιλογές.

Εἶναι ἀληθές ὅτι οἱ γεωλογικὲς συνθηκῆς ἐμφανίζονται ὡς ἐξαιρετικὰ εὐνοϊκῆς σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὴν ὄρυξη τῶν ὑπογείων ἔργων. Τὸ ὑπόβαθρο τῆς Μάγχης μεταξὺ Douvres καὶ Calais, ὅπου αὐτὰ τοποθετοῦνται, ἀποτελεῖται ἀπὸ διαδοχικὰ συνεχῆ στρώματα κιμωλίας κενομανίου ἡλικίας, τὰ ὁποῖα ἐπικάθονται ἐπὶ ἀργιλικοῦ στρώματος ἀλβίου ἡλικίας. Τὸ κατώτερο στρώμα κιμωλίας (craie bleue) περιέχει 25⁰/ο ἀργίλο καὶ συνιστᾷ ἀδιαπέραστο ἀνεκτικὸ πέτρωμα ἰδεῶδες γιὰ μηχανικὴ ὄρυξη.

Ἐντὸς τοῦ στρώματος τούτου τοποθετοῦνται οἱ σήραγγες καὶ στοᾶς μὲ ἐξαιρέση ἓνα τμήμα πρὸς τὴ γαλλικὴ πλευρά, ὅπου τὰ ἐν λόγῳ ἔργα ὀρύσσονται ἐντὸς τοῦ ἀνωτέρου στρώματος κιμωλίας (*graiie grise*), τὸ ὁποῖο παρουσιάζει μικρότερη ἀδιαπερατότητα.

Ἡ ὄρυξη ἐκκινᾷ ἀπὸ ἐνδιάμεσα σημεῖα προσβολῆς σὲ ἀμφοτέρους τὶς πλευρὰς τῆς Μάγχης. Τὰ σημεῖα αὐτὰ εἶναι, ὡς ἤδη ἀναφέραμε, φρέατα πὸν εὐρίσκονται στὶς θέσεις *Sangatte* καὶ *Shakespeare Cliff* ἐπὶ τῆς γαλλικῆς καὶ ἀγγλικῆς ἀκτῆς ἀντιστοίχως. Καὶ στὶς δύο θέσεις ἡ ὄρυξη προωθεῖται ταυτοχρόνως πρὸς τὴ θάλασσα



Σχ. 3.

καὶ τὴν ξηρά. Τὸ θεωρητικὸ σημεῖο συναντήσεως ὑπὸ τὴ θάλασσα εὐρίσκεται 16km ἀπὸ τὸ *Sangatte* καὶ 21km ἀπὸ τὸ *Shakespeare Cliff* (Σχ. 3). Τὸ μέτωπο τῆς στοᾶς ἐπισκέψεως προβαδίζει τῶν μετώπων τῶν σηράγγων κατὰ 2 ἕως 3 μῆνες καὶ ἐπιτρέπει ἔτσι τὴ συλλογὴ πληροφοριῶν ἐπὶ τῆς γεωλογικῆς καταστάσεως, καὶ τὴν ἔγκαιρη ἐπομένως λήψη μέτρων γιὰ ἀντιμετώπιση ἀπροβλέπτων δυσχερειῶν.

Τὰ προβλήματα τὰ ὁποῖα τίθενται λόγῳ τῶν χαρακτηριστικῶν τοῦ ἔργου καὶ τῆς ταχύτητος μὲ τὴν ὁποία πρέπει νὰ κατασκευασθοῦν τὰ ὑπόγεια (ὀλοκλήρωση ἐντὸς 42 μηνῶν) εἶναι ὁμολογουμένως πολλὰ, μερικὰ δὲ ἀπ' αὐτὰ ἐξαιρετικῶς δύσκολα, ἀπαιτοῦντα, ἐν πολλοῖς, τὴν ἀναζήτηση πρωτοτύπων λύσεων. Ἐνδεικτικῶς ἀναφέρονται τὰ προβλήματα πὸν συνδέονται μὲ τὴν ἀνάγκη ἐξασφαλίσεως μεγάλης ταχύτητος ὀρύξεως, τὴν ταχύτατη ἐκτέλεση ἀναγνωριστικῶν γεωτρήσεων μεγάλου μήκους, τὴν ἀκριβέστατη χάραξη τῆς πορείας, τὴν ἄμεση ἀντιμετώπιση διεισδύσεω ὕδατος, τὴν ταυτόχρονη κατασκευὴ μονίμου ὕδατοστεγοῦς ἐπενδύσεως κ.λπ.

Ἡ ἐπιτακτικὴ ἀνάγκη μεγάλης ταχύτητος ὀρύξεως, σὲ συνδυασμὸ μὲ τὰ χαρακτηριστικὰ τῶν πρὸς ἐξόρυξη πετρωμάτων, ἐπέβαλε τὴν ἐπιλογή τῆς μεθόδου συνεχοῦς ὀλομετωπικῆς ἐκσκαφῆς διὰ τοῦ συστήματος *full-facer*. Τὸ σύστημα τοῦτο περιλαμβάνει τὸ βασικὸ μηχάνημα, τὸν ἐκσκαφέα, καὶ τὸ βοηθητικὸ γιὰ

τή λειτουργία του και τήν κάλυψη διαφόρων άλλων απαιτήσεων· εξοπλισμό ήλεκτροδοτήσεως, άντλήσεως, παραγωγής πεπιεσμένου αέρος, εκχύσεως σιμεντοπορφού κ.λπ. Κατάλληλες προσαρμογές στον εκσκαφέα και τα παραρτήματά του βοηθοῦν αποτελεσματικά τήν αντιμετώπιση σοβαρῶν προβλημάτων, ὅπως ἡ προσωρινή ὑποστήριξη, ἡ ἄμεση ἀπομάκρυνση τῶν προϊόντων εκσκαφῆς ἀπό τὸ μέτωπο, ἡ ταχεία τοποθέτηση τῆς μονίμου ἐπενδύσεως πὸν ἀκολουθεῖ τὸ μέτωπο εκσκαφῆς σὲ μικρὴ ἀπόσταση ὀπισθεν τοῦ εκσκαφέα.

Λεπτομερέστερον, ὁ εκσκαφέας ἀποτελεῖται ἀπὸ κυλινδρικό μεταλλικό κέλυφος πὸν ἐξασφαλίζει τήν προσωρινή ὑποστήριξη τῶν πλευρικῶν τοιχωμάτων και τῆς ὀροφῆς τῆς σήραγγος ὀπισθεν τοῦ μετώπου προσβολῆς. Στὸ ἐμπρόσθιο ἄκρον τοῦ κελύφους προβάλλει ἡ περιστρεφόμενη κοπτική κεφαλή, ἡ ὁποία πιέζεται ἐπὶ τοῦ μετώπου ὑπὸ συστήματος ὑδραυλικῶν γρίλων πὸν πατοῦν στοὺς δακτυλίους τῆς ἐπενδύσεως ὀπισθεν τοῦ εκσκαφέα. Ἡ ἀπομάκρυνση τῶν προϊόντων τῆς εκσκαφῆς ἀπὸ τὸ μέτωπο διενεργεῖται κατὰ τρόπο συνεχῆ μὲ ἀτέρμονες κοχλίες. Πρὸς τὸ ὀπίσθιο μέρος τὸ κέλυφος φέρει σταθερὴ ἢ τηλεσκοπικὴ προσθήκη πὸν εἰσχωρεῖ κάτωθεν τῆς ἐπενδύσεως. Ἡ τελευταία αὐτὴ τοποθετεῖται μὲ τὴ βοήθεια βραχίονος, ἀμέσως ὀπισθεν τοῦ κελύφους. Ὁλος ὁ βοηθητικός εξοπλισμός, ὅπως ἀντλίες, ἀνεμιστήρες, ἀεροσυμπιεστὲς κ.λπ. τοποθετοῦνται πάνω σὲ ρυμουλκούμενες πλατφόρμες. Τὸ μήκος τοῦ συστήματος φθάνει στὰ 240km.

Πρὸς τὴ γαλλικὴ πλευρά, ὅπου ὑπάρχουν ἐπισημασμένοι κίνδυνοι εἰσροῆς ὑδάτων και παρουσίας μειωμένης ἀνθεκτικότητος πετρωμάτων, ἐλήφθη πρόνοια ὥστε τὸ σύστημα νὰ μπορεῖ νὰ λειτουργεῖ εἴτε κατὰ ἀνοικτὸ εἴτε κατὰ κλειστὸ τρόπο. Στὴν πρώτη περίπτωση πὸν ἐφαρμόζεται σὲ πέτρωμα ὕγιες, τὰ προϊόντα εκσκαφῆς ἀποκομίζονται διὰ μεταφορῆως τύπου ἀτέρμονος κοχλίου, ὁ ὁποῖος εἶναι ἀνοικτὸς πρὸς τὰ ὀπίσω και ἡ ταχύτητα προχωρήσεως προβλέπεται περὶ τὰ 4.40m/h Στὴν περίπτωσι πετρωμάτων μειωμένης ἀνθεκτικότητος ἢ παρουσίας ὑδάτων, ἐφαρμόζεται ὁ τρόπος κλειστῆς λειτουργίας, κατὰ τήν ὁποία ὁ θάλαμος τοῦ εκσκαφέα καθίσταται ὑδροστεγῆς και τὰ προϊόντα εκσκαφῆς ἀποκομίζονται δι' ἀτέρμονος κοχλίου κλειστοῦ πρὸς τὰ πίσω μὲ κατάλληλη διάταξη ἀποκενώσεως. Ἡ ταχύτητα προχωρήσεως περιορίζεται ἔτσι στὰ 2 ἕως 3 m/h, ἀναλόγως τῆς ἐφαρμοζομένης πιέσεως. Ἡ ὑδατοστεγανότητα μεταξὺ τῆς ἐπενδύσεως και τῆς ἐντὸς αὐτῆς εἰσχωρούσης μεταλλικῆς προεκτάσεως τοῦ κελύφους ἐξασφαλίζεται διὰ σειρᾶς εἰδικῶν μεταλλικῶν παρεμβασμάτων ἐντὸς τῶν ὁποίων ἐκχύνεται ὑπὸ πίεσι γράσο.

Τέλος, πολὺ ἐνδιαφέρον θέμα ἀποτελεῖ φυσικὰ ἢ ἐπένδυση. Γιὰ τὸ σύνολο τῶν σηράγγων χρησιμοποιοῦνται τρεῖς τύποι ἐπενδύσεως, ἀναλόγως τῆς ποιότητος τοῦ ἐδάφους και τοῦ κινδύνου εἰσροῆς ὑδάτων. Στὰ ἀδιαπέραστα ἀνθεκτικὰ πετρώ-

ματα πού εδρίσκονται πρὸς τὴν ἀγγλικὴ πλευρὰ γίεται χρῆση προκατασκευασμένων δακτυλίων ἀπὸ σκυρόδεμα, οἱ ὁποῖοι πιέζονται ἐπὶ τοῦ τοιχώματος κατὰ τὴν τοποθέτηση τῆς ψαλίδας (*clef de route*). Στὰ πετρώματα πρὸς τὴ γαλλικὴ πλευρὰ, ὅπου παρουσιάζονται περιορισμένης ἐκτάσεως ρηγματώσεις καὶ κίνδυνος εἰσροῆς ὑδάτων, οἱ δακτύλιοι ἀντικαθίστανται ἀπὸ προκατασκευασμένα τμήματα κελύφους ὄπλισμένου σκυροδέματος. Τὰ τμήματα αὐτὰ ἐνώνονται μὲ κοχλίες, σὲ τρόπο ὥστε νὰ συμπιέζονται τὰ μεταξὺ των παρατιθέμενα ἐλαστικὰ παρεμβάσματα καὶ νὰ ἐξασφαλίζεται ἔτσι ἡ σιεγανότητα. Τέλος, οἱ δευτερεύουσες ὑπόγειες στοῆς πού συνδέουν τὶς σήραγγες ἐπενδύονται μὲ ἀνάλογα κελύφη ἐκ χυτοσιδήρου. Πρὸς τὴ γαλλικὴ δὲ πλευρὰ διενεργεῖται συστηματικὴ ἔκχυση σκυροδέματος μεταξὺ ἐπενδύσεως καὶ τῶν τοιχωμάτων.

*

Ἀνεφέρθη ἤδη ὅτι ἡ ὄρυξη τῶν σηράγγων ξεκινᾶ ἀπὸ τὰ φρεᾶτια *Shakespeare* καὶ *Sangatte* ἐπὶ τῆς ἀγγλικῆς καὶ γαλλικῆς ἀκτῆς τῆς Μάγχης ἀντιστοίχως. Ἡ ἰδέα ἀναπτύξεως μιᾶς τέτοιας κολοσσιαίας δραστηριότητος μέσω φρεάτων ἐκ πρώτης ὄψεως προβληματίζει. Εἶναι συνεπῶς ἐνδιαφέρον νὰ δοῦμε σὲ γενικὲς γραμμὲς τὶς λύσεις πού εφαρμόζονται σχετικὰ μὲ τὸ θέμα τοῦτο. Ἴδου μιὰ σύντομη περιγραφή τοῦ ἐργοταξίου τοῦ φρεάτος *Sangatte*.

Τὸ φρεᾶρ εὑρίσκεται σὲ ἀπόσταση 500m ἀπὸ τὴν ἀκτὴ τῆς Μάγχης. Ἔχει διάμετρο 55m καὶ βάθος 66m. Στὴν εἴσοδο κάθε σήραγγας κατασκευάζεται θάλαμος γιὰ τὴ συναρμολόγηση τοῦ ἐξοπλισμοῦ. Φρεᾶρ καὶ θάλαμοι ἐγκλείονται σὲ στεγανὸ περίβλημα κατασκευασμένο ἀπὸ τσιμέντο μὲ προσθήκη μπετονίτη μέχρι τὸ κατώτερο στρώμα κιμωλίας (*crâie bleue*), πού εἶναι ὅπως ἤδη ἀναφέραμε ἀδιαπέρατο. Τὰ πρῶτα 20m. τοῦ φρεάτος, ὅπου τὰ πετρώματα εἶναι σαθρὰ, ἐκσκαπτοῦνται πίσω ἀπὸ προστατευτικὸ τοίχωμα ἀπὸ σκυρόδεμα, τὸ ὁποῖο κατασκευάζεται ἀπὸ προπαρασκευασμένα χυτὰ τεμάχια. Κάτωθεν τοῦ τμήματος τούτου ἡ ἐκσκαφή καὶ ἡ ἐπένδυση ἀπὸ μπετόν συνεχίζονται ἐντὸς τῶν στρωμάτων κιμωλίας κατὰ διαδοχικοὺς δακτυλίους ὕψους 2.5m.

Τὸ τμήμα τοῦ φρεάτος κάτωθεν τοῦ ἐπιπέδου τῶν σηράγγων χρησιμοποιεῖται γιὰ ἀπόθεση τῶν προϊόντων ἐκσκαφῆς, πού μεταφέρονται ἐκεῖ ἀπὸ τὰ ὑπόγεια μέτωπα. Ἀπὸ τὸ σημεῖο αὐτὸ τὰ ἐν λόγῳ προϊόντα ἀποστέλλονται ὑδραυλικῶς στὸν καθορισμένο χῶρο ἀπορρέψεως. Μετὰ δὲ τὴν ἀποπεράτωση τοῦ τμήματος τῆς στοᾶς ἐπισκέψεως πρὸς τὸν τερματικὸ σταθμὸ, τὰ προϊόντα ἐκσκαφῆς θὰ παρακάμπτουν τὸ φρεᾶρ καὶ θὰ ἀποστέλλονται κατ' ἐὸθεϊαν πρὸς τὸ σταθμὸ τοῦτο,

ὅπου θὰ χρησιμοποιηθοῦν γιὰ διαμόρφωση τοῦ χώρου. Ἡ συνολικὴ ποσότητα ὑπολογίζεται νὰ φθάσει τὰ 3 ἐκ. m^3 .

Πέριξ τοῦ φρέατος διατάσσονται οἱ διάφορες ἐπιφανειακὲς ἐγκαταστάσεις τοῦ ἐργοταξίου, οἱ ὁποῖες καλύπτουν ἐπιφάνεια $250.000 m^2$ ἐκτὸς τῶν ἐγκαταστάσεων προκατασκευῆς τῶν τεμαχίων τῆς ἐκ σκυροδέματος ἐπενδύσεως, γιὰ τὶς ὁποῖες ἀπαιτοῦνται συνολικὰ $355.555 m^2$. Ἡ δυναμικότητα παραγωγῆς τῶν ἐγκαταστάσεων τούτων εἶναι 480 τεμάχια ἡμερησίως. Ἡ ὀλικὴ ἀπαίτηση ἀνέρχεται σὲ 40.000 δακτυλίους ἤτοι 225.000 τεμάχια ἀπὸ βέτον αἰγμέ πὸν ἀντιπροσωπεύουν $550.000 m^3$ βέτον καὶ 40.000 τόννους χάλυβα.

*

Κύριε Πρόεδρε,

Θεώρησα χρήσιμο νὰ παρουσιάσω ἀπὸ τοῦ βήματος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν τὰ κυριότερα τεχνικὰ καὶ λειτουργικὰ χαρακτηριστικὰ τοῦ γιγαντιαίου αὐτοῦ Ἔργου, τὸ κόστος τοῦ ὁποίου προβλέπεται νὰ ὑπερβεῖ τὰ 8 δισ. δολλάρια. Ἐνὸς τεχνικοῦ ἔργου ἀσυνήθους μεγέθους, συλλήφους καὶ τόλμης, πὸν προκαλεῖ δέος. Ἡ ταχύτητα ἐκτελέσεως, οἱ λύσεις πὸν ἐπιλέγονται καὶ τὰ μέσα πὸν χρησιμοποιοῦνται ἐντυπωσιάζουν καὶ δημιουργοῦν αἴσθημα θαυμασμοῦ. Πρόκειται γιὰ ἓνα Ἔργο πὸν ὅπως εἶπα στὴν ἀρχὴ τῆς ὀμιλίας μου ἀποτελεῖ τεχνικὴ πρόκληση καὶ θὰ σημαδέψει γιὰ πάντα τὸ τέλος τοῦ αἰῶνα πὸν ζοῦμε. Τὰ στοιχεῖα πὸν οἷς ἔδωσα συνελέγησαν μὲ πολλὴ προσπάθεια ἀπὸ τὸ γαλλικὸ κυρίως τεχνικὸ ἔργο. Εἶναι ἐνδεχόμενον νὰ ἔχουν παρεισφρήσει ἀνακρίβειες ἢ μερικὲς ἀσάφειες. Παρακαλῶ γιὰ τὴν ἐπιείκειά σας.

Θὰ πρέπει νὰ ὁμολογήσω πὸς δὲν εἶναι μόνον τὸ ἐξαιρετικὸ ἐνδιαφέρον καὶ ἡ σημασία τοῦ Ἔργου πὸν ἀπετέλεσαν κίνητρο τῆς ὀμιλίας αὐτῆς. Εἶναι καὶ ἡ σκοπιμότητα προβολῆς ἐνὸς μοναδικοῦ παραδείγματος γιὰ τοὺς Μηχανικοὺς μας. Ἡ Χώρα μας εὐδίσκεται, ὅπως ὄλοι γνωρίζετε, στὰ πρόθυρα κατασκευῆς σειρᾶς μεγάλων παρεμφερῶν ἔργων ὑποδομῆς. Ὑπαινισσόμεθα τὰ ἔργα ἐκτροπῆς τοῦ Ἀχελώου, τὴν ὑποθαλάσσια ἢ ἄλλου εἴδους σύνδεση τοῦ Ρίου-Ἀντιρίου, τὴν επέκταση τοῦ ὑπογείου σιδηροδρόμου τῆς πόλεως τῶν Ἀθηνῶν. Εἶναι φανερό πὸς τὸ θέμα τῆς σημερινῆς ὀμιλίας εἶναι ἐπίκαιρον καὶ μπορεῖ νὰ ἐμπνεύσει σὲ πολλὰ σημεῖα τοὺς τεχνικοὺς πὸν θὰ ἀναλάβουν τὴ μελέτη καὶ κατασκευὴ τῶν ἔργων αὐτῶν.