

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

Μέλος της International Tunnelling Association (ITA)



Το Δελτίο των Σηράγγων

Σεπτέμβριος 2026



www.eesye.gr

@eesye.gr@gmail.com



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

Διοικητικό Συμβούλιο της ΕΕΣΥΕ

Τα πρόσωπα πίσω από την εκπροσώπηση και τη δράση



Ανδρέας Μπενάρδος

Πρόεδρος ΔΣ
Καθηγητής ΕΜΠ
Μηχ. Μεταλλείων–Μεταλλουργός



Μαριλία Μπαλάση

Αντιπρόεδρος ΔΣ
Όμιλον Κάπα Μελετητική Α.Ε.
Πολιτικός Μηχανικός, MSc



Δημήτριος Αλιφραγκής

Γενικός Γραμματέας
Ελληνικό Μετρό Α.Ε.
Πολιτικός Μηχανικός



Χρυσόθεμις Παρασκευοπούλου

Ταμίας
Επίκουρη Καθηγήτρια ΕΜΠ
Μηχ. Μεταλλείων–Μεταλλουργός



Παύλος Νομικός

Μέλος
Καθηγητής ΕΜΠ
Μηχ. Μεταλλείων–Μεταλλουργός
Πολιτικός Μηχανικός



Νικόλαος Ρούσος

Μέλος - Πρώην Πρόεδρος
RnR Engineers PC
Μηχ. Μεταλλείων–Μεταλλουργός, MSc



Βασίλειος Μαρίνος

Εκδότης
Πρόεδρος ΙΑΕΓ
Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ
Τεχνικός Γεωλόγος, PhD, MSc, DIC

Στο ΔΣ επίσης συμμετέχει ως προσκεκλημένος ο
Πρόεδρος της Ομάδας Νέων της ΕΕΣΥΕ.



Δημήτριος Γεωργίου

Πρόεδρος Ομάδας Νέων
Μηχ. Μεταλλείων–Μεταλλουργός
PhD, MSc, ATENEIA



Μέτωπο Στομίου (Editorial)

Εκεί όπου ξεκινά η χάραξη των υπόγειων διαδρομών

Το Δελτίο των Σηράγγων

Σεπτέμβριος 2026 (2^ο τεύχος 2026)



Η πορεία ενός υπόγειου έργου δεν καθορίζεται μόνο από την εκκίνησή του. Με την πρόοδο της διάνοιξης, νέα δεδομένα έρχονται στο φως, η εμπειρία συσσωρεύεται και η γνώση εξελίσσεται, μια πορεία που θέλουμε να ακολουθεί και το ανανεωμένο Δελτίο Σηράγγων. Μετά την επανεκκίνησή του τον Μάρτιο του 2026, το δεύτερο τεύχος αποτελεί το επόμενο βήμα αυτής της προσπάθειας, παρακολουθώντας τη δραστηριότητα και τις εξελίξεις στον χώρο των σηράγγων και των υπόγειων έργων.

Η ύλη του παρόντος τεύχους αποτυπώνει τη δραστηριότητα της Ε.Ε.Σ.Υ.Ε. στην Ελλάδα και διεθνώς και παρουσιάζει, με συνοπτικό τρόπο, σημαντικά έργα που βρίσκονται σε εξέλιξη, τεχνικές εφαρμογές και σύγχρονες επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις. Η σύγχρονη αυτή εικόνα συμπληρώνεται από την εμπειρία και την τεχνική παρακαταθήκη προηγούμενων δεκαετιών, μέσα από μια συνοπτική παρουσίαση των υπόγειων έργων της ΔΕΗ και τη βιωματική ματιά του διακεκριμένου Τεχνικού Γεωλόγου Νίκου Καζίλη, με πολυετή παρουσία στη μελέτη και κατασκευή σηράγγων και μεγάλων υπόγειων έργων.

Στο τεύχος φιλοξενείται ένα αφιέρωμα στον αείμνηστο Καθηγητή του ΕΜΠ Παύλο Μαρίνο, πατέρα και μέντορά μου και μία από τις ηγετικές μορφές της Τεχνικής Γεωλογίας διεθνώς, με σημαντική συμβολή στην εξέλιξη της επιστήμης και της εφαρμογής της σε μεγάλα τεχνικά και υπόγεια έργα.

Η γνώση και η εμπειρία συναντούν τη νέα γενιά μέσα από την εκπαίδευση, την έρευνα και τις δυνατότητες που προσφέρουν οι νέες τεχνολογίες. Η δραστηριότητα της Ομάδας Νέων Μελών, η επαφή των νέων μηχανικών με τα έργα και η αξιοποίηση σύγχρονων ψηφιακών εργαλείων αποτελούν διαφορετικές όψεις αυτής της εξέλιξης και της μεταφοράς της τεχνικής γνώσης στις επόμενες γενιές.

Το Δελτίο Σηράγγων φιλοδοξεί να παραμένει ένας ανοιχτός διάυλος επικοινωνίας για την ελληνική κοινότητα των σηράγγων και των υπόγειων έργων. Η ενεργή συμμετοχή των μελών της Ε.Ε.Σ.Υ.Ε. και της ευρύτερης τεχνικής και επιστημονικής κοινότητας είναι αυτή που δίνει ουσιαστικό περιεχόμενο στην έκδοση, μέσα από έργα, εμπειρίες, επιστημονικές εξελίξεις και νέες ιδέες που αξίζει να μοιραζόμαστε.



Καλή ανάγνωση!

Ο υπεύθυνος εκδότης
Βασίλης Π. Μαρίνος
Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ

Μια Φωτογραφία – Μια Ιστορία

Κάθε εικόνα αφηγείται ένα υπόγειο αφήγημα



Το τελευταίο κομμάτι του παζλ του Αυτοκινητοδρόμου Κεντρικής Ελλάδας (Ε65) Ο άξονας που συνδέει την Κεντρική Ελλάδα

Με την παράδοση του τελευταίου τμήματος του Αυτοκινητοδρόμου Κεντρικής Ελλάδας (Ε65), ολοκληρώνεται ένας από τους σημαντικότερους σύγχρονους οδικούς άξονες της χώρας. Το βόρειο τμήμα, μήκους περίπου 46 km, συνδέει πλέον απευθείας τον αυτοκινητόδρομο Α.Θ.Ε. με την Εγνατία Οδό, ολοκληρώνοντας έναν αυτοκινητόδρομο συνολικού μήκους 182 km, ο οποίος αποτελεί τον βασικό κατακόρυφο άξονα της ηπειρωτικής Ελλάδας. Η κατασκευή του περιλάμβανε σήραγγες, μεγάλες γέφυρες και σύνθετα τεχνικά έργα σε ιδιαίτερα απαιτητικό ορεινό ανάγλυφο, επιβεβαιώνοντας το υψηλό επίπεδο τεχνογνωσίας που έχει αναπτυχθεί στην υλοποίηση μεγάλων έργων υποδομής στη χώρα.





Τομή του Δελτίου Σηράγγων

1	Διαδρομές της ΕΕΣΥΕ.....	1
2	Η ΕΕΣΥΕ στον Παγκόσμιο Χάρτη.....	5
3	Οι υπόγειες δράσεις της Ομάδας Νέων Μελών ΕΕΣΥΕ	14
4	Υπόγεια Έργα υπό κατασκευή στην Ελλάδα	18
5	Υπόγεια Ορόσημα του Κόσμου.....	26
6	Υπόγεια Παρακαταθήκη: Τα Έργα της ΔΕΗ – Σύντομο Ιστορικό	35
7	Τα υπόγεια έργα της ΔΕΗ με την ματιά ενός βετεράνου Τεχνικού Γεωλόγου του Νίκου Καζίλη, που πέρασε και από την ΔΕΗ	37
8	Τεχνογνωσία σε Βάθος.....	51
9	ΔΠΜΣ ΕΜΠ «Σχεδιασμός & Κατασκευή Υπόγειων Έργων». Η υπόγεια εκπαίδευση από μέσα	54
10	Ψηφιακά Εργαλεία και Καινοτομία στα Υπόγεια Έργα	57
11	Τιμητική Αναφορά στον Παύλο Γ. Μαρίνο, Ομότιμο Καθηγητή ΕΜΠ, πρώην Πρόεδρο και Επίτιμο Πρόεδρο της ΙΑΕΓ, πρώην Πρόεδρος ΕΕΣΥΕ.....	60
12	Σηραγγικά Παράδοξα	80
13	Επιστημονικά Συνέδρια – Ημερίδες.....	81
14	Βιβλία – Νέες Εκδόσεις.....	84
15	Γίνε Μέλος της ΕΕΣΥΕ	86
16	Πρόσκληση Συμμετοχής στο Επόμενο Τεύχος.....	87



1 Διαδρομές της ΕΕΣΥΕ

Νέα, Δράσεις & Εκδηλώσεις

Δράση 1. Έκδοση Ψηφιακής Κάρτας Μέλους της ΕΕΣΥΕ

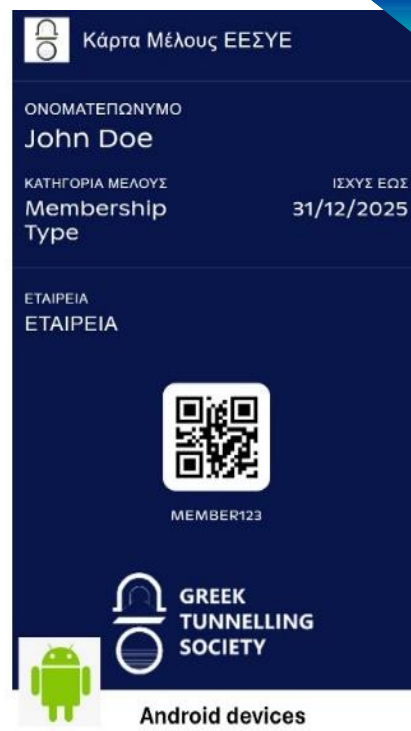


Η Ελληνική Επιτροπή Σηράγγων και Υπογείων Έργων προχώρησε τον Απρίλιο του 2026 σε ένα ακόμη βήμα

ψηφιακού εκσυγχρονισμού, με την έκδοση της νέας προσωποποιημένης ψηφιακής κάρτας μέλους. Η ψηφιακή κάρτα σχεδιάστηκε με στόχο την ευκολότερη και άμεση πρόσβαση των μελών στα στοιχεία της ιδιότητάς τους και μπορεί να αποθηκεύεται σε κινητές συσκευές και ψηφιακά πορτοφόλια (*mobile wallets*), ώστε να είναι διαθέσιμη ανά πάσα στιγμή.

Η πρωτοβουλία εντάσσεται στη συνολικότερη προσπάθεια της ΕΕΣΥΕ για τον ψηφιακό μετασχηματισμό των υπηρεσιών της και τη βελτίωση της εξυπηρέτησης και της αλληλεπίδρασης με τα μέλη της, μέσα από την αξιοποίηση σύγχρονων και πρακτικών ψηφιακών εργαλείων.

Για την ανάπτυξη και ολοκλήρωση της ψηφιακής κάρτας, η ΕΕΣΥΕ ευχαριστεί ιδιαίτερα τον Ιάσωνα Δράκο, Γραμματέα της Ομάδας Νέων, για την επιμέλεια και τη συμβολή του στην υλοποίηση της πρωτοβουλίας.



Εικόνα 1. Η νέα προσωποποιημένη ψηφιακή κάρτα μέλους της ΕΕΣΥΕ για συσκευές iOS και Android

Δράση 2. Συμμετοχή στην Ημερίδα «Τρέχουσες Πρακτικές και Νέες Τεχνολογίες στη Βραχομηχανική»



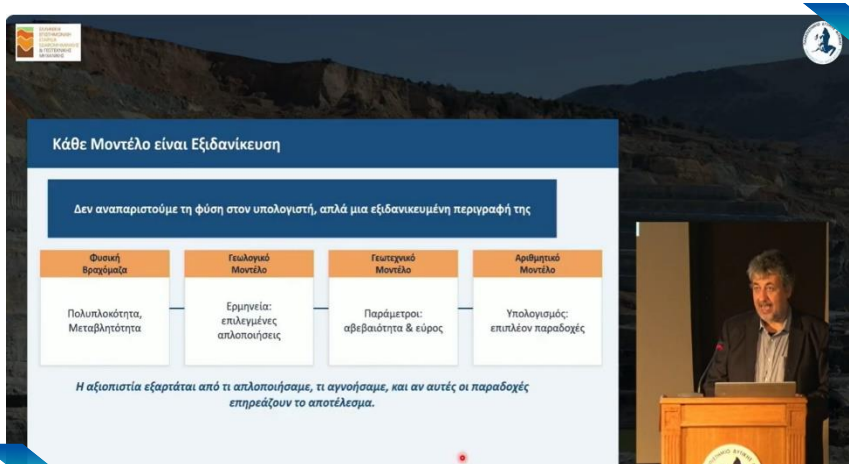
Στις 22 Μαΐου 2026 πραγματοποιήθηκε στο Συνεδριακό Κέντρο «Π. Λύτρας» του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής η Ημερίδα «Τρέχουσες Πρακτικές και Νέες Τεχνολογίες στη Βραχομηχανική», που διοργανώθηκε από την Ελληνική Επιστημονική Εταιρεία Εδαφομηχανικής και Γεωτεχνικής Μηχανικής (ΕΕΕΕΓΜ), σε συνδιοργάνωση με το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Η ημερίδα συγκέντρωσε 235 συνέδρους και περιέλαβε 7 ειδικές ομιλίες και 9 παρουσιάσεις επιστημονικών εργασιών, ενώ συνοδεύτηκε από έντυπο Τόμο Πρακτικών.



Στην έναρξη της ημερίδας απήλθον χαιρετισμό ο Χαράλαμπος Μυγδάλης, Ειδικός Γραμματέας Υδραυλικών Έργων και Κτιρίων του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών, ο Καθ. Γεώργιος Βαρελίδης, Πρόεδρος του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, ο Γιώργος Ντούλης, Πρόεδρος του Συνδέσμου Ελληνικών Εταιρειών – Γραφείων Μελετών (ΣΕΓΜ) και ο Δρ Μιχάλης Μπαρδάνης, Πρόεδρος της ΕΕΕΕΓΜ.

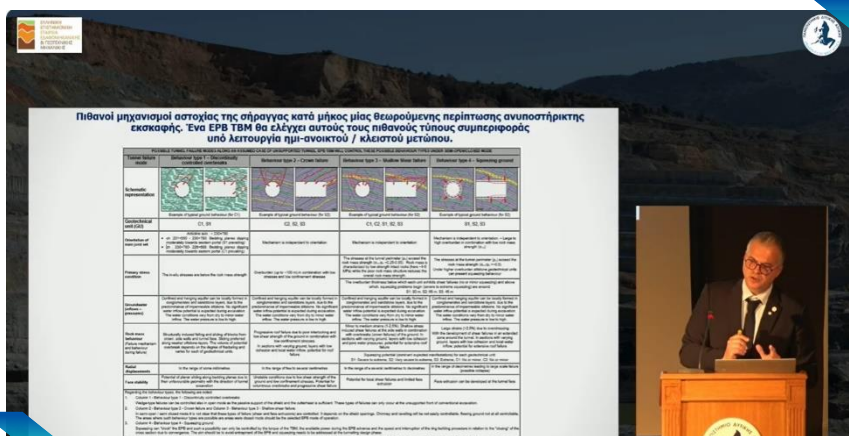
Το επιστημονικό πρόγραμμα κάλυψε ένα ευρύ φάσμα σύγχρονων θεμάτων Βραχομηχανικής, από τις αριθμητικές προσομοιώσεις και τον χαρακτηρισμό και τη συμπεριφορά της βραχομάζας έως τις βραχοκαταπτώσεις και τις εφαρμογές σε τεχνικά και υπόγεια έργα. Για την κοινότητα των σιηράγγων και των υπόγειων έργων ιδιαίτερο ενδιαφέρον είχαν οι ομιλίες και εργασίες που αφορούσαν άμεσα την αριθμητική ανάλυση, τον χαρακτηρισμό και τη συμπεριφορά της βραχομάζας, καθώς και τον σχεδιασμό, τη διάνομιξη και την υποστήριξη υπόγειων έργων.

Ο Καθ. Παύλος Νομικός, Καθηγητής της Σχολής Μεταλλειολόγων–Μεταλλουργών Μηχανικών του ΕΜΠ, Διευθυντής του Εργαστηρίου Τεχνολογίας Διάνομιξης Σιηράγγων και του ΔΠΜΣ «Σχεδιασμός και Κατασκευή Υπόγειων Έργων» και μέλος του Δ.Σ. της ΕΕΣΥΕ, παρουσίασε την ειδική ομιλία «Αριθμητική προσομοίωση στη βραχομηχανική: μέθοδοι, όρια αξιοπιστίας και εφαρμογές στον σχεδιασμό». Η ομιλία ανέπτυξε τις σύγχρονες αριθμητικές μεθόδους συνεχούς και ασυνεχούς μέσου, τις προϋποθέσεις για την αξιοπιστία των προσομοιώσεων και την αλληλεπίδραση εκσκαφής–μέτρων υποστήριξης, με εφαρμογές στον σχεδιασμό και τον έλεγχο ευστάθειας υπόγειων και επιφανειακών έργων.



Εικόνα 2. Ο Καθ. Παύλος Νομικός κατά την ομιλία του στην Ημερίδα

Ο Αν. Καθ. Βασίλης Μαρίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ, Πρόεδρος της International Association for Engineering Geology and the Environment (IAEG) και μέλος του Δ.Σ. της ΕΕΣΥΕ, παρουσίασε την ειδική ομιλία «Ενσωμάτωση των Συστημάτων Ταξινόμησης και της Συμπεριφοράς Βραχομαζών στη Γεωτεχνική Θεώρηση Σχεδιασμού και Κατασκευής Τεχνικών Έργων». Η ομιλία επικεντρώθηκε στη μετάβαση από το τεχνικογεωλογικό μοντέλο στο μοντέλο βραχομάζας και στη σύνδεση της γεωλογικής πληροφορίας, της ταξινόμησης και της πραγματικής συμπεριφοράς της βραχομάζας με τον γεωτεχνικό σχεδιασμό. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στο Geological Strength Index (GSI) και στη σύνδεσή του με το κριτήριο Hoek–Brown, καθώς και στη σημασία της συνεχούς ανατροφοδότησης του σχεδιασμού από την παρατηρούμενη συμπεριφορά κατά την κατασκευή.



Εικόνα 3. Ο Αν. Καθ. Βασίλης Μαρίνος στο βήμα της Ημερίδας.



Ο Ιωάννης Φίκιρης, Πολιτικός Μηχανικός MSc και Αντιπρόεδρος της ΙΤΑ-AITES, παρουσίασε την ομιλία «Βραχομηχανική στην Πράξη – Αρχές Μελετητικής Προσέγγισης Διάνοιξης και Άμεσης Υποστήριξης Σηράγγων και Υπογείων Έργων & Εφαρμογές σε Τεχνικά Έργα». Η ομιλία επικεντρώθηκε στη σύνδεση των μελετητικών θεωρήσεων με την κατασκευαστική πρακτική, στις τεχνικές συμβατικής διάνοιξης και στα μέτρα άμεσης υποστήριξης, με έμφαση στην προσαρμογή του σχεδιασμού στην πραγματική συμπεριφορά της βραχώμαζας κατά την κατασκευή.



Εικόνα 4. Ο Ιωάννης Φίκιρης στο πλαίσιο της παρουσίασής του στην Ημερίδα.

Η Dr Muriel Gasc-Barbier, Vice President for Europe της International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering (ISRM) και Πρόεδρος της French Society for Rock Mechanics, παρουσίασε την ειδική ομιλία «Influence of natural thermal cycles on rock slopes: observations, concepts and laboratory analyses». Η ομιλία επικεντρώθηκε στην επίδραση των φυσικών θερμικών κύκλων στη μηχανική συμπεριφορά των βραχωδών μαζών, μέσα από παρατηρήσεις πεδίου και εργαστηριακές αναλύσεις, εντασσόμενη στο ευρύτερο ερευνητικό της αντικείμενο για τη συμπεριφορά κερματισμένων βραχομαζών, με εφαρμογές και σε σήραγγες.

Ο Καθ. Ανδρέας Μπενάρδος, Πρόεδρος της ΕΕΣΥΕ, συμμετείχε στο Προεδρείο της συνεδρίας «Εφαρμογές σε Τεχνικά Έργα – Υπόγεια Έργα και Ειδικά Θέματα» και παρουσίασε, μαζί με τον Ι. Βλαχογιάννη, την εργασία «Νέες Προσεγγίσεις στον Σχεδιασμό Υπογείων Έργων με τη Μέθοδο Θαλάμων και Στύλων: Γεφυρώνοντας Εμπειρικές και Υπολογιστικές Μεθόδους».



Εικόνα 5. Το Προεδρείο της συνεδρίας ο Δρ Μιχάλης Μπαρδάνης, Πρόεδρος της ΕΕΕΕΓΜ, ο Δρ Γιώργος Μπελόκας, Επ. Καθ. Π.Α.Δ.Α. και Γενικός Γραμματέας της ΕΕΕΕΓΜ και ο Καθ. Ανδρέας Μπενάρδος, Πρόεδρος της ΕΕΣΥΕ.

Η ημερίδα είναι διαθέσιμη ολόκληρη μαγνητοσκοπημένη στο YouTube:

[Ημερίδα ΕΕΕΕΓΜ 2026 «Τρέχουσες Πρακτικές και Νέες Τεχνολογίες στη Βραχομηχανική»](#)



Εικόνα 6. Ο Καθ. Ανδρέας Μπενάρδος, ο Αν. Καθ. Βασίλης Μαρίνος και ο Ιωάννης Φίκιρης κατά το κλείσιμο της Ημερίδας «Τρέχουσες Πρακτικές και Νέες Τεχνολογίες στη Βραχομηχανική»

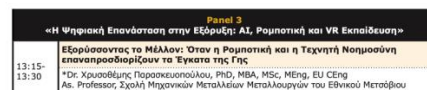


Δράση 3. Συμμετοχή της ΕΕΣΥΕ στην 7^η Διεθνή Έκθεση ΛΑΤΟΜΕΙΟ 2026



Με ιδιαίτερη επιτυχία και δυναμική εκπροσώπηση της Ελληνικής Επιτροπής Σηράγγων και Υπόγειων Έργων (ΕΕΣΥΕ) ολοκληρώθηκαν οι εργασίες της 7^{ης} Διεθνούς Έκθεσης ΛΑΤΟΜΕΙΟ 2026 στο Λιτόχωρο Πιερίας. Στο πλαίσιο του συνεδριακού προγράμματος, η Ταμίας του Διοικητικού Συμβουλίου της ΕΕΣΥΕ και Επ. Καθηγήτρια της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών του ΕΜΠ, Δρ. Χρυσόθεμις Παρασκευοπούλου, συμμετείχε με κεντρική εισήγηση στο Panel 3, το οποίο είχε ως θέμα «Ψηφιακή Επανάσταση στην Εξόρυξη: AI, Ρομποτική και VR Εκπαίδευση». Μέσα από την ομιλία της με τίτλο «Εξορύσσοντας το Μέλλον: Όταν η Ρομποτική και η Τεχνητή Νοημοσύνη επαναπροσδιορίζουν τα Έγκατα της Γης», η Ταμίας της ΕΕΣΥΕ ανέδειξε τη ραγδαία μετάβαση των υπόγειων και επιφανειακών έργων από την απλή εκμηχάνιση στη νέα εποχή του «Εξυπνου Λατομείου» (Smart Quarry) και του Industry 5.0.

Κατά την παρουσίασή της, εστίασε σε πρακτικές εφαρμογές τεχνολογιών αιχμής, όπως τα Αυτόνομα Συστήματα Μεταφοράς (AHS), τα Ψηφιακά Δίδυμα (Digital Twins) και η Προληπτική Συντήρηση μέσω AI, εξηγώντας πώς η καινοτομία συνεργάζεται πλέον με τον άνθρωπο για να μεγιστοποιήσει την παραγωγικότητα, να μειώσει τα κόστη και να διασφαλίσει τα υψηλότερα πρότυπα ασφάλειας στα εργοτάξια. Η παρουσία της Δρ. Παρασκευοπούλου επιβεβαιώνει την ενεργή δράση και τον πρωταγωνιστικό ρόλο των μελών του Δ.Σ. της ΕΕΣΥΕ στην προώθηση της καινοτομίας και της ψηφιακής μετάβασης στον κλάδο.



Εικόνα 7. Η Χρυσόθεμις Παρασκευοπούλου παρουσιάζει με το θέμα: «Ψηφιακή Επανάσταση στην Εξόρυξη: AI, Ρομποτική και VR Εκπαίδευση». Μέσα από την ομιλία της με τίτλο «Εξορύσσοντας το Μέλλον: Όταν η Ρομποτική και η Τεχνητή Νοημοσύνη επαναπροσδιορίζουν τα Έγκατα της Γης» στο ΛΑΤΟΜΕΙΟ 2026.



2 Η ΕΕΣΥΕ στον Παγκόσμιο Χάρτη

Διεθνής Δράση & Συνεργασίες

Διεθνής Δράση 1. Η ΕΕΣΥΕ στο World Tunnel Congress 2026 στο Montréal (Καναδάς)



Η Ελληνική Επιτροπή Σηράγγων και Υπογείων Έργων συμμετείχε ενεργά στο World Tunnel Congress 2026, που πραγματοποιήθηκε στο Montréal (Καναδάς) (15–21 Μαΐου 2026), επιβεβαιώνοντας για ακόμη μία χρονιά τη σταθερή παρουσία της στη διεθνή κοινότητα των σηράγγων και των υπόγειων έργων. Το συνέδριο αποτέλεσε σημείο συνάντησης της παγκόσμιας τεχνικής κοινότητας, προσφέροντας πεδίο για ανταλλαγή γνώσης, παρουσίαση νέων ιδεών και ενίσχυση της διεθνούς συνεργασίας.

Η συμμετοχή της ΕΕΣΥΕ ήταν ουσιαστική και πολυεπίπεδη. Μέλη της έδωσαν το παρόν σε τεχνικές συνεδρίες, ομάδες εργασίας, συναντήσεις επιτροπών και δράσεις που αφορούν τόσο τις επιστημονικές εξελίξεις όσο και τη συνολική πορεία του κλάδου. Με αυτόν τον τρόπο, η ελληνική παρουσία στο WTC 2026 δεν είχε μόνο χαρακτήρα εκπροσώπησης, αλλά και ενεργής συμβολής στις συζητήσεις που διαμορφώνουν το μέλλον των υπόγειων έργων.

Ξεχωριστή μνεία αξίζει στον Ιωάννη Φίκιρη, με αφορμή την ολοκλήρωση της θητείας του ως Vice Chair του Executive Council της ΙΤΑ-ΑΙΤΕΣ. Η παρουσία και η προσφορά του κατά τα προηγούμενα χρόνια υπήρξαν σημαντικές τόσο για τη διεθνή κοινότητα των σηράγγων όσο και για την ενίσχυση της ελληνικής παρουσίας στους θεσμούς της ΙΤΑ. Η ολοκλήρωση της θητείας του στο πλαίσιο του WTC 2026 έδωσε στη φετινή διοργάνωση και μια ιδιαίτερη συμβολική διάσταση, αποτελώντας αφορμή για την αναγνώριση της διαδρομής και του έργου του.



Εικόνα 8. Ο Ιωάννης Φίκιρης κατά την αποχαιρετιστήρια ομιλία του στη Γενική Συνέλευση της ΙΤΑ στο WTC 2026, Montréal (Καναδάς).

Ιδιαίτερα σημαντική ήταν η συμμετοχή του Καθ. Ανδρέα Μπενάρδου (Πρόεδρος ΕΕΣΥΕ) και της Επ. Καθ. Χρυσόθεμης Παρασκευοπούλου (Ταμίας ΕΕΣΥΕ) στις δραστηριότητες της Working Group 20, η οποία επικεντρώνεται στον αστικό υπόγειο χώρο και στις δυνατότητες που προσφέρουν οι υπόγειες υποδομές για την αντιμετώπιση σύγχρονων αστικών προκλήσεων. Η παρουσία σε τέτοιες ομάδες έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς εκεί ανταλλάσσονται εμπειρίες από διαφορετικά τεχνικά και θεσμικά περιβάλλοντα και διαμορφώνονται κοινές κατευθύνσεις για ζητήματα που απασχολούν διεθνώς τον κλάδο.



Παράλληλα, η Χρυσόθεμις Παρασκευοπούλου συμμετείχε ενεργά και στο τεχνικό πρόγραμμα του συνεδρίου, παρουσιάζοντας εργασία με αντικείμενο την αυτοματοποιημένη αποτίμηση βλαβών σε λιθοκτιστες επενδεδυμένες σήραγγες με χρήση μηχανικής μάθησης σε δεδομένα LiDAR, με τίτλο «Automated Damage Assessment of Masonry Lined Tunnels Using Machine Learning on LiDAR Data: The Case of Brockville Tunnel». Η παρουσίαση αυτή ανέδειξε μια κατεύθυνση που αποκτά ολοένα μεγαλύτερη βαρύτητα στον χώρο των υπόγειων έργων: τη σύνδεση της κλασικής τεχνικής γνώσης με σύγχρονα ψηφιακά εργαλεία, τα οποία μπορούν να υποστηρίξουν πιο αξιόπιστα την επιθεώρηση, την αξιολόγηση και τη διαχείριση των υποδομών.

Η συμμετοχή της δεν περιορίστηκε στην παρουσίαση της εργασίας της. Κατά τη διάρκεια του συνεδρίου είχε επίσης ενεργό ρόλο στο πάνελ YPTD του ITACUS, στις συνεδριάσεις των Steering Boards των ITACET και ITACUS, καθώς και σε δράσεις του Women in Tunnelling. Η πολυεπίπεδη αυτή παρουσία δείχνει ότι η διεθνής δραστηριότητα της ελληνικής πλευράς εκτείνεται πέρα από το στενά τεχνικό αντικείμενο και συνδέεται με ζητήματα εκπαίδευσης, συνεργασίας, δικτύωσης και ουσιαστικής συμμετοχής διαφορετικών ομάδων στη διεθνή τεχνική κοινότητα.



Εικόνα 9. Ο Ιωάννης Φίκιρης, Vice President της ITA-AITES, ο Καθ. Ανδρέας Μπενάρδος, Πρόεδρος της ΕΕΣΥΕ και η Επ. Καθ. Χρυσόθεμις Παρασκευοπούλου, Ταμίας της ΕΕΣΥΕ, στο WTC 2026, Montréal (Καναδάς).



Εικόνα 10. Μέλη του ΔΣ του ITACET, με τη συμμετοχή της Επ. Καθ. Χρυσόθεμις Παρασκευοπούλου, στο WTC 2026, Montréal (Καναδάς)

Ένα από τα θέματα που ξεχώρισαν στη φετινή διοργάνωση ήταν η τεχνητή νοημοσύνη και η επίδραση που αναμένεται να έχει στον κλάδο τα επόμενα χρόνια. Στο πλαίσιο αυτό, ο Ιωάννης Φίκιρης, ως Vice Chair του Executive Council της ITA, συνέβαλε στην έναρξη του πρώτου ITA Think Tank για την τεχνητή νοημοσύνη, ενώ ο Ανδρέας Μπενάρδος συμμετείχε στο σχετικό βίντεο των ειδικών εκφέροντας τη θέση του για τον τρόπο με τον οποίο εφαρμογές AI ενδέχεται να επηρεάσουν τη βιομηχανία των σήραγγων στο άμεσο μέλλον.

Η συζήτηση αυτή είχε ιδιαίτερη αξία, καθώς η τεχνητή νοημοσύνη δεν αντιμετωπίζεται πλέον ως μια αόριστη μελλοντική προοπτική, αλλά ως ένα εργαλείο με συγκεκριμένες εφαρμογές σε κρίσιμα



Εικόνα 11. Ο Ανδρέας Μπενάρδος κατά τη συμμετοχή του στο AI Session του WTC 2026, Montréal (Καναδάς).



πεδία, όπως η επεξεργασία δεδομένων πεδίου, η παρακολούθηση της συμπεριφοράς των έργων, η εκτίμηση κινδύνων και η υποστήριξη της λήψης αποφάσεων. Η ελληνική εκπροσώπηση στη συζήτηση αυτή επιβεβαιώνει τη διάθεση της ΕΕΣΥΕ να παρακολουθεί στενά τις εξελίξεις και να έχει ουσιαστικό λόγο σε θέματα που θα απασχολήσουν όλο και περισσότερο τον κλάδο.

Θετική και ενθαρρυντική ήταν και η παρουσία νέων επαγγελματιών από την Ελλάδα. Η Ντόρις Σκεντέρας δραστηριοποιήθηκε στις πρωτοβουλίες των Young Professionals και, ως υποψήφια για το Board του ITAym, έφτασε στον τελικό γύρο των εκλογών. Η εξέλιξη αυτή αναδεικνύει τη δυναμική της νεότερης γενιάς Ελλήνων μηχανικών, η οποία συμμετέχει με ολοένα μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση στις διεθνείς διεργασίες και διεκδικεί ενεργό ρόλο στους θεσμούς του κλάδου.

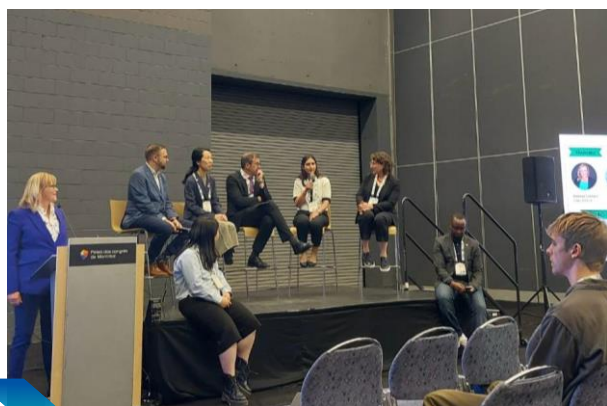
Πέρα από τις επίσημες εργασίες, το WTC 2026 αποτέλεσε και μια ουσιαστική ευκαιρία συνάντησης με συναδέλφους και συνεργάτες από όλο τον κόσμο, αλλά και επανασύνδεσης των Ελλήνων μηχανικών που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα και στο εξωτερικό. Αυτές οι επαφές έχουν πάντοτε ιδιαίτερη σημασία, καθώς μέσα από αυτές ενισχύονται οι δεσμοί της κοινότητας, δημιουργούνται νέες δυνατότητες συνεργασίας και καλλιεργείται μια αίσθηση συνέχειας και κοινής πορείας μέσα στο διεθνές περιβάλλον.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί η παρουσία εθελοντών από την Ελλάδα, οι οποίοι υποστήριξαν την οργάνωση του συνεδρίου και συνέβαλαν στην ομαλή διεξαγωγή του.

Συνολικά, η συμμετοχή της ΕΕΣΥΕ στο World Tunnel Congress 2026 ανέδειξε μια παρουσία με συνέπεια, βάθος και ουσιαστικό διεθνή προσανατολισμό. Μέσα από τη συμμετοχή των μελών της σε ομάδες εργασίας, επιστημονικές παρουσιάσεις, θεσμικές διαδικασίες και δράσεις δικτύωσης, επιβεβαιώθηκε ότι η ελληνική κοινότητα σιράγγων παραμένει ενεργό και δημιουργικό μέρος του διεθνούς γίγνεσθαι. Το Montréal (Καναδάς) αποτέλεσε έναν ακόμη σημαντικό σταθμό αυτής της πορείας, αφήνοντας μια αίσθηση συνέχειας και προοπτικής για την επόμενη διεθνή συνάντηση στην Antwerp (Βέλγιο).



Εικόνα 12. Μέλη του WG20 στο WTC 2026, Montréal (Καναδάς)



Εικόνα 13. Στιγμιότυπα από το WTC 2026, Montréal (Καναδάς). Αριστερά, η Χρυσόθεμις Παρασκευοπούλου στη στρογγυλή τράπεζα του ITACUS Session και δεξιά, κατά την παρουσίαση της εργασίας «Automated Damage Assessment of Masonry Lined Tunnels Using Machine Learning on LiDAR Data: The Case of Brockville Tunnel»



Διεθνής Δράση 2. GTS-IRTA Technical Forum: Next-Gen Risk Management in Tunnelling

Η Ελληνική Επιτροπή Σηράγγων και Υπογείων Έργων (ΕΕΣΥΕ – GTS) και η Iranian Tunneling Association (IRTA), με την υποστήριξη της SYSTRA Italy, εγκαινίασαν το GTS-IRTA Technical Forum, μια νέα πρωτοβουλία διεθνούς συνεργασίας που δημιουργεί ένα σταθερό πλαίσιο τεχνικού διαλόγου και ανταλλαγής γνώσης μεταξύ των δύο επιστημονικών κοινοτήτων.

Το forum τελεί υπό τον συντονισμό της κας. Hanan Samadi, Προέδρου του IRTAym και της κας. Ντόρις Σκεντέρας, Αντιπροέδρου της Ομάδας Νέων της ΕΕΣΥΕ, οι οποίες θα καθοδηγήσουν τις επόμενες δράσεις, τις τεχνικές ανταλλαγές και τις πρωτοβουλίες που απευθύνονται στους νέους μηχανικούς. Η συνεργασία αυτή δεν περιορίζεται σε μία μεμονωμένη εκδήλωση, αλλά διαμορφώνεται ως μια σειρά δράσεων που στοχεύουν στην ανταλλαγή γνώσης, στην προώθηση της καινοτομίας, στην ενίσχυση της ψηφιοποίησης και της αυτοματοποίησης, καθώς και στη στενότερη διασύνδεση νέων επαγγελματιών του κλάδου σε διεθνές επίπεδο.

Η πρώτη εκδήλωση της συνεργασίας πραγματοποιήθηκε διαδικτυακά στις 9 Ιουλίου 2026, με θέμα «Next-Gen Risk Management in Tunnelling». Στο webinar συμμετείχαν ο Καθ. Ανδρέας Μπενάρδος, Πρόεδρος της ΕΕΣΥΕ, ο Δρ. Mohammad Khosrotash, Πρόεδρος της IRTA, ο Καθ. Jamal Rostami, Director του Earth Mechanics Institute (EMI) του Colorado School of Mines, καθώς και οι Ντόρις Σκεντέρας και Hanan Samadi. Τον συντονισμό της συζήτησης είχε ο Δρ. Andrea Danzi, Επικεφαλής του Τμήματος Πληροφορικής και Έρευνας & Ανάπτυξης της εταιρείας SYSTRA Italy.

Η νέα αυτή πρωτοβουλία αποτελεί ένα ουσιαστικό βήμα διεθνούς συνεργασίας, με έμφαση στη διαχείριση κινδύνου, στις σύγχρονες τεχνικές προσεγγίσεις και στη δημιουργία ενός σταθερού πλαισίου ανταλλαγής εμπειριών και τεχνογνωσίας στον χώρο των σηράγγων και του υπόγειου χώρου.

GTS - IRTA Technical Forum
Next-Gen Risk Management in Tunnelling

Thursday 9 July 2026 14:30 - 16:00 PM (CET)

Meet the Speakers

Andreas Bendardos, GTS President
Mohammad Khosrotash, IRTA President
Jamal Rostami, Director EMI, CSM
Doris Skenderas, GTSym Vice Chair
Hanan Samadi, IRTAym Chair

Webinar information:
This webinar explores the next generation of risk management, where real-time data, predictive modeling, and advanced geotechnical engineering converge. Join industry leaders as we break down proactive mitigation strategies, innovative risk allocation models, and the digital tools transforming modern tunneling projects.

Moderator:
Andrea Danzi, Head of IT and R&D Department, Systra, Italy

Join us and stay ahead of the curve!

Supported by Systra, Italy

Webinar link

Εικόνα 14. GTS-IRTA Technical Forum «Next-Gen Risk Management in Tunnelling», 9 Ιουλίου 2026.

Why Tunnels Are Uniquely Vulnerable

01 Geological Uncertainty
The subsurface properties and conditions can never be fully characterized due to the variability, complexity and inherent randomness of the ground medium.

02 Non-linear Complexity
Complexity increases more than proportionally with size. Larger scale projects entail greater risk-probability conditions, both in number and in scale.

03 Bespoke Technology
Tunneling is geologically unique requiring tailor made approaches in both the excavation and support. Replicable recipes or designs – which reduce risk – are rarely possible.

04 Optimism Bias
Political pressure incentivizes underestimating costs. It typically gets >20% of budget yet drives >40% of cost risk.

RISK FACTORS

Geology
Excavation Type
Locality (Urban vs. Rural)
Country
Living Type
End-Use
Contract Type
Depth

Lower Cost Contributor Higher Cost Contributor
Final cost contributors in tunneling projects (Stiff & Reed 2012)

TBM Jamming due to Squeezing

Boring diameter: 4,525 mm
New cutters: 4,495 mm
Worn-out cutters: 65 mm
Over cut over cutter head shield: 35 mm
Front shield diameter: 4,460 mm
Tail shield diameter: 4,380 mm
Max over cut measured at the tail shield: 145 mm

Εικόνα 15. Παρουσιάσεις στο GTS-IRTA Technical Forum «Next-Gen Risk Management in Tunnelling», 9 Ιουλίου 2026. Αριστερά, ο Καθ. Ανδρέας Μπενάρδος και δεξιά, ο Καθ. Jamal Rostami.



Διεθνής Δράση 3. 4th ITA-CET PhD Students Conference, Bochum (Γερμανία)



Η έρευνα, η συνεργασία και η καινοτομία βρέθηκαν στο επίκεντρο του 4th ITA-CET PhD Students Conference, που πραγματοποιήθηκε στο Ruhr University Bochum, Bochum (Γερμανία), στις 1–2 Ιουλίου 2026. Το συνέδριο συγκέντρωσε πανεπιστήμια από όλο τον κόσμο, προσφέροντας στους υποψήφιους διδάκτορες τη δυνατότητα να παρουσιάσουν την έρευνά τους και να ανταλλάξουν ιδέες για το μέλλον των υπόγειων υποδομών.

Η Ελληνική Επιτροπή Σηράγγων και Υπογείων Έργων (ΕΕΣΥΕ) και το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ) εκπροσωπήθηκαν από τη Χρυσόθεμις Παρασκευοπούλου, ITACET University Network Activity Group Leader και τη Ντόρις Σκεντέρας, η οποία παρουσίασε μέρος της ερευνητικής της εργασίας με τίτλο «Understanding Domino Effects in Underground Projects: Integrating Technical and Non-Technical Risks Across the Project Life Cycle».

Το συνέδριο ανέδειξε τη σημασία της έρευνας, των νέων ιδεών και της διεπιστημονικής συνεργασίας για την εξέλιξη του κλάδου των σηράγγων και των υπόγειων έργων, ενώ το πρόγραμμα περιλάμβανε, εκτός από τις επιστημονικές παρουσιάσεις, επίσκεψη στα εργαστήρια του Ruhr University Bochum και κοινωνικές εκδηλώσεις.

Η επόμενη, 5η διοργάνωση του ITA-CET PhD Students Conference θα πραγματοποιηθεί στην Αθήνα το 2028, δίνοντας στην ελληνική κοινότητα των σηράγγων την ευκαιρία να υποδεχθεί νέους ερευνητές και μέλη της διεθνούς κοινότητας των υπόγειων έργων από όλο τον κόσμο.



Εικόνα 16. Συμμετέχοντες στο 4th ITA-CET PhD Students Conference, Ruhr University Bochum (Γερμανία) (αριστερά). Η Ντόρις Σκεντέρας κατά την παρουσίαση της ερευνητικής της εργασίας «Understanding Domino Effects in Underground Projects: Integrating Technical and Non-Technical Risks Across the Project Life Cycle» (δεξιά).

Διεθνής Δράση 4. Changing Cities VII – Spatial, Design, Landscape, Heritage and Socio-Economic Dimensions – Spetses (Ελλάδα)



Με επιτυχία εκπροσωπήθηκε η Διεθνής Ένωση Σηράγγων και Υπογείου Χώρου (ITA – International Tunnelling and Underground Space Association / ITACUS) στο διεθνές συνέδριο «Changing Cities VII», το οποίο πραγματοποιήθηκε στις Spetses (Ελλάδα), από τις 15 έως τις 19 Ιουνίου 2026. Στο πλαίσιο του συνεδρίου παρουσιάστηκε η επιστημονική εργασία των Χρυσόθεμις Παρασκευοπούλου (Επ. Καθ. ΕΜΠ), Antonia Cornaro και Ασημίνας Παρασκευοπούλου με τίτλο «Underground space – the creation of self-reliant cities. From 2D surface sprawl to 3D volumetric planning». Η εργασία ανέδειξε τη σημασία του υπογείου χώρου στη δημιουργία αυτοδύναμων πόλεων, αναλύοντας τη μετάβαση από τη δισδιάστατη επιφανειακή εξάπλωση στον τρισδιάστατο ογκομετρικό σχεδιασμό.



Εικόνα 17. Η Χρυσόθεμις Παρασκευοπούλου στο Changing Cities VII, κατά την παρουσίαση της εργασίας «Underground space – the creation of self-reliant cities. From 2D surface sprawl to 3D volumetric planning»

Διεθνής Δράση 5. Συμμετοχή της ΕΕΣΥΕ στην Ετήσια Γενική Συνέλευση της EFEE στο Manchester (Ηνωμένο Βασίλειο)



Στις 9 Μαΐου 2026 έλαβε χώρα στο Manchester (Η.Β.) η Ετήσια Τακτική Γενική Συνέλευση (Annual General Meeting) και η συνεδρίαση του Συμβουλίου (Council Meeting) της Ευρωπαϊκής Ομοσπονδίας Μηχανικών Ανατινάξεων (European Federation of Explosives Engineers – EFEE), στην οποία η ΕΕΣΥΕ είναι μέλος και εθνικός εκπρόσωπος της Ελλάδας. Εκ μέρους της ΕΕΣΥΕ συμμετείχε ο Θ. Μιχαλακόπουλος, Καθηγητής ΕΜΠ και Διευθυντής του Εργαστηρίου Εξόρυξης Πετρωμάτων. Η ημερήσια διάταξη αφορούσε κυρίως διοικητικού χαρακτήρα θέματα (έγκριση πρακτικών, απολογισμός πεπραγμένων, οικονομικός απολογισμός, απαλλαγή Διοικητικού Συμβουλίου, εκλογή νέου Διοικητικού Συμβουλίου, έγκριση προϋπολογισμού κ.λπ.). Επίσης, ορίστηκαν οι επόμενες συνεδριάσεις των οργάνων ως εξής:

- Επιτροπές, Συμβούλιο και Διοικητικό Συμβούλιο: 17–19 Σεπτεμβρίου 2026, Βάρνα, Βουλγαρία.
- Ετήσια Τακτική Γενική Συνέλευση: 22 Μαΐου 2027, Τορίνο, Ιταλία.



Εικόνα 18. Ετήσια Τακτική Γενική Συνέλευση της EFEE στο Manchester (Ηνωμένο Βασίλειο), με τον Καθ. Θ. Μιχαλακόπουλο ως εκπρόσωπο της ΕΕΣΥΕ.



Διεθνής Δράση 6. Η ΕΕΣΥΕ εντάσσεται στην Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία Μηχανικών Εκρηκτικών (EFEE)



Η Ελληνική Επιτροπή Σηράγγων και Υπογείων Έργων (ΕΕΣΥΕ) συμμετείχε με ιδιαίτερη επιτυχία στην Ετήσια Συνεδρίαση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ομοσπονδίας Μηχανικών Εκρηκτικών (European Federation of Explosives Engineers – EFEE), η οποία πραγματοποιήθηκε στην Αθήνα τον Νοέμβριο 2025. Η σημαντική αυτή διήμερη συνάντηση αποτέλεσε ορόσημο για την ΕΕΣΥΕ, ενισχύοντας τη διεθνή συνεργασία και την ευθυγράμμιση κοινών τεχνικών και επιστημονικών στόχων.

Την ΕΕΣΥΕ εκπροσώπησαν ο Καθηγητής Ανδρέας Μπενάρδος, Πρόεδρος της ΕΕΣΥΕ και η Επίκουρη Καθηγήτρια Χρυσοθέμις Παρασκευοπούλου, Ταμίας της ΕΕΣΥΕ. Στη συνεδρίαση συμμετείχε επίσης ο Καθηγητής Θεόδωρος Μιχαλακόπουλος, εκπροσωπώντας το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο στον τομέα της μηχανικής εκρηκτικών. Την ΕΕΣΥΕ συνόδευσαν ακόμη εκπρόσωποι της ELTEK (Hellenic Explosives Technologies), μιας ιδιαίτερα δυναμικής ελληνικής εταιρείας στον τομέα παραγωγής εκρηκτικών, αναδεικνύοντας τον ισχυρό δεσμό μεταξύ ακαδημαϊκής κοινότητας, επιστημονικών φορέων και βιομηχανίας.

Ως άμεσο αποτέλεσμα της συνεδρίασης, η ΕΕΣΥΕ εντάχθηκε ως μέλος και επίσημος εθνικός εκπρόσωπος της Ελλάδας στην EFEE. Ο θεσμικός αυτός ρόλος καθιστά την ΕΕΣΥΕ το κεντρικό σημείο αναφοράς για τη χώρα στον ευρωπαϊκό διάλογο που αφορά τη σηραγγοποιία, τη μεταλλευτική και τη μηχανική εκρηκτικών.

Η συμμετοχή αυτή δημιουργεί ένα ισχυρό πλαίσιο συνεργασίας μεταξύ των κοινοτήτων της σηραγγοποιίας, της μεταλλευτικής και της μηχανικής εκρηκτικών, με κοινούς στόχους την ασφαλή και βιώσιμη κατασκευή υπόγειων, μεταλλευτικών και τεχνικών έργων, την καινοτομία στις τεχνικές ανατίναξης και εκσκαφής, την ανταλλαγή γνώσης και την προώθηση βέλτιστων πρακτικών σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Η ένταξη στην EFEE προσφέρει στα μέλη της ΕΕΣΥΕ άμεση πρόσβαση σε ένα εκτεταμένο ευρωπαϊκό δίκτυο ειδικών, ερευνητικών πρωτοβουλιών, τεχνικών οδηγιών και ευκαιριών επαγγελματικής ανάπτυξης, ενώ ταυτόχρονα ενισχύει θεσμικά τη φωνή της Ελλάδας σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Την εκπροσώπηση της ΕΕΣΥΕ στην EFEE αναλαμβάνουν η Επίκουρη Καθηγήτρια Χρυσοθέμις Παρασκευοπούλου και ο Καθηγητής Θεόδωρος Μιχαλακόπουλος, συμβάλλοντας ενεργά στο έργο της Ομοσπονδίας και διασφαλίζοντας την ισχυρή και συνεχή ελληνική παρουσία στις μελλοντικές της δράσεις.

Η συνεργασία αυτή σηματοδοτεί ένα σημαντικό βήμα προόδου για την ΕΕΣΥΕ, επιβεβαιώνοντας τον θεσμικό της ρόλο, τη δέσμευσή της στη διεθνή συνεργασία και την προώθηση της σηραγγοποιίας, της μεταλλευτικής και των υπόγειων έργων στην Ευρώπη.



Εικόνα 19. Το δείπνο των συμμετεχόντων στην Ετήσια Συνεδρίαση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ομοσπονδίας Μηχανικών Εκρηκτικών (European Federation of Explosives Engineers – EFEE) στο κέντρο της Αθήνας.



Διεθνής Δράση 7. Διεθνείς επιστημονικές δραστηριότητες και keynote lectures σχετικά με σήραγγες και υπόγεια έργα του Αν. Καθ. ΕΜΠ Βασίλη Μαρίνου (IAEG President)

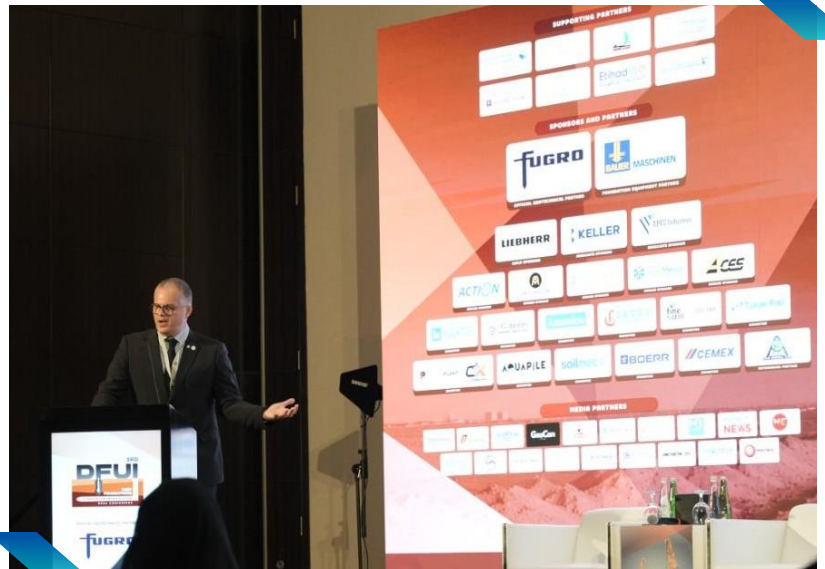


Η διεθνής παρουσία της ελληνικής επιστημονικής κοινότητας στον τομέα της σήραγγοποιίας, της Βραχομηχανικής και της Τεχνικής Γεωλογίας συνεχίστηκε μέσα από τις επιστημονικές δραστηριότητες του Αναπληρωτή Καθηγητή του ΕΜΠ Βασίλη Μαρίνου, μέλους του Διοικητικού Συμβουλίου της ΕΕΣΥΕ και Προέδρου της International Association for Engineering Geology and the Environment (IAEG). Από τον Μάρτιο του 2026 συμμετείχε, μεταξύ άλλων, ως Invited Keynote Lecturer σε διεθνείς επιστημονικές διοργανώσεις και πανεπιστήμια με διαλέξεις σε θέματα Τεχνικής Γεωλογίας, Βραχομηχανικής, σήραγγοποιίας και υπόγειων έργων.

3rd Deep Foundations & Underground Infrastructure MENA Conference – Dubai (Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα), 23–24 Ιουνίου 2026

Η διοργάνωση συγκεντρώνει στη Μέση Ανατολή φορείς υποδομών, μελετητές, κατασκευαστές και ειδικούς της γεωτεχνικής μηχανικής, με επίκεντρο τις βαθιές θεμελιώσεις και τις υπόγειες υποδομές. Ως Invited Keynote Lecturer, παρουσίασε τη διάλεξη «From Rock Mass Classification to Tunnel Performance: Best Practice in Engineering Geological Characterization, Ground Behaviour and Geotechnical Design», με έμφαση στη σύνδεση του τεχνικογεωλογικού χαρακτηρισμού και της συμπεριφοράς της βραχόμαζας με τον γεωτεχνικό σχεδιασμό, τη διάνοιξη και την υποστήριξη σηράγγων.

Συμμετείχε επίσης στο επιστημονικό panel «Building the Cities Beneath Our Cities: The Future of Geotechnical Urbanism in MENA», μαζί με τον Dr Marwan Alzaylaie, Senior Manager – Geotechnical Engineering, Dubai Development Authority και τον Keith Ryan, General Manager, BAUER Spezialtiefbau GmbH, με συντονιστή τον Ηλία Κ. Μιχάλη, Conference Chair του DFUI 2026 και Senior Geotechnical and Tunnel Consultant της INFRA Design & Consulting Engineers / SALFO & Associates. Η συζήτηση επικεντρώθηκε στην αξιοποίηση του υπόγειου χώρου, στον σχεδιασμό υπόγειων υποδομών και στην ενσωμάτωσή τους στον αστικό ιστό, καθώς και στον ρόλο της γεωτεχνικής μηχανικής στην ανάπτυξη των σύγχρονων πόλεων.



Εικόνα 20. Ο Αν. Καθ. Βασίλης Μαρίνος ως Invited Keynote Lecturer στο 3rd Deep Foundations & Underground Infrastructure MENA Conference, Dubai (Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα), Ιούνιος 2026.



Εικόνα 21. Ο Αν. Καθ. Βασίλης Μαρίνος, Πρόεδρος της IAEG και ο Ηλίας Κ. Μιχάλης, Conference Chair του DFUI 2026, στο επιστημονικό panel «Building the Cities Beneath Our Cities: The Future of Geotechnical Urbanism in MENA», Dubai (Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα)



Bergdagarna 2026 – Bergmekanikdagen & KTH Royal Institute of Technology – Stockholm (Σουηδία), Μάρτιος 2026

Το Bergdagarna αποτελεί την κεντρική ετήσια συνάντηση της σουηδικής κοινότητας της Βραχομηχανικής, συγκεντρώνοντας επιστήμονες, μελετητές, κατασκευαστές και εκπροσώπους του κλάδου των σιράγγων και των υπόγειων έργων. Στο Bergmekanikdagen, ως Invited Keynote Lecturer, παρουσίασε τη διάλεξη «Linking Rock Mass Characterization to Ground Behaviour in Civil and Mining Engineering Practice», με έμφαση στη σύνδεση του τεχνικογεωλογικού χαρακτηρισμού και της συμπεριφοράς της βραχώμαζας με τον σχεδιασμό και την κατασκευή σιράγγων και υπόγειων έργων. Η παρουσία στη Σουηδία περιέλαβε επίσης προσκεκλημένη διάλεξη στο KTH Royal Institute of Technology, με τίτλο «Advancements in Tunnelling: the Role of Engineering Geology in Rock Engineering Design and Construction over the Last 30 Years», με αντικείμενο την εξέλιξη της σιραγγοποιίας κατά τις τελευταίες τρεις δεκαετίες και τον ρόλο της Τεχνικής Γεωλογίας στον σχεδιασμό και την κατασκευή σιράγγων και υπόγειων έργων.



Εικόνα 22. Ο Αν. Καθ. Βασίλης Μαρίνος, Πρόεδρος της IAEG, κατά τη διάλεξή του στο Bergdagarna 2026, Stockholm (Σουηδία)



3 Οι υπόγειες δράσεις της Ομάδας Νέων Μελών ΕΕΣΥΕ

Δράσεις, ιδέες και παρουσία της νέας γενιάς στον κλάδο

Η Ομάδα Νέων της ΕΕΣΥΕ συνέχισε και το 2026 την ενεργή της πορεία, επιβεβαιώνοντας τον σταθερό ρόλο της ως ένας ζωντανός πυρήνας συμμετοχής, επιμόρφωσης και δικτύωσης για τους νέους μηχανικούς και επιστήμονες του χώρου των σιράγγων και των υπόγειων έργων. Από τους πρώτους μήνες της χρονιάς, οι πρωτοβουλίες της κινήθηκαν σε διαφορετικά αλλά αλληλοσυμπληρούμενα πεδία, όπως η επαφή με το εργοτάξιο και τους νέους μηχανικούς του κλάδου, η τεχνική επιμόρφωση, η διεθνής εκπροσώπηση και η συμβολή σε έντυπες διεθνείς δράσεις του κλάδου.

Τεχνική επίσκεψη στο εργοτάξιο του υπό κατασκευή νέου Καζίνο Αμαρουσίου

Στις 6 Μαρτίου 2026 πραγματοποιήθηκε, υπό την αιγίδα της ΕΕΣΥΕ, τεχνική επίσκεψη στο εργοτάξιο του υπό κατασκευή νέου Καζίνο Αμαρουσίου. Η επίσκεψη έδωσε στους συμμετέχοντες την ευκαιρία να έρθουν σε άμεση επαφή με ένα έργο μεγάλης κλίμακας που κατασκευάζεται σε σύνθετο αστικό περιβάλλον και να παρακολουθήσουν από κοντά ζητήματα που αφορούν τις εκσκαφές, τις αντιστηρίξεις, τις θεμελιώσεις και την ενόργανη παρακολούθηση του έργου.

Η επίσκεψη πλαισιώθηκε από ουσιαστική τεχνική ενημέρωση και συζήτηση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον είχε η παρουσίαση του μελετητή του έργου, κ. Χάρη Λαμαρή, ο οποίος ανέπτυξε τις τεχνικές προσεγγίσεις που εφαρμόζονται και εξήγησε βασικές πτυχές της γεωτεχνικής μελέτης και των επιλεγμένων τεχνικών λύσεων.



Εικόνα 23. Τεχνική επίσκεψη στο εργοτάξιο του υπό κατασκευή νέου Καζίνο Αμαρουσίου.



Διαδικτυακό Σεμινάριο (Webinar) με προσκεκλημένο ομιλητή τον Dr. Wout Broere με θέμα "Smart Monitoring for Tunnels"

Στις 11 Μαΐου 2026, η Ομάδα Νέων της ΕΕΣΥΕ διοργάνωσε διαδικτυακό σεμινάριο (webinar) με τίτλο «Smart Monitoring for Tunnels». Η ενόργανη παρακολούθηση των υπόγειων έργων αποτελεί αναπόσπαστο εργαλείο του σύγχρονου σχεδιασμού, της κατασκευής και της λειτουργίας των σιράγγων, ενώ η συνεχής εξέλιξη των τεχνολογιών αισθητήρων και της διαχείρισης δεδομένων δημιουργεί νέες δυνατότητες για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς των υπόγειων κατασκευών και την υποστήριξη της λήψης τεχνικών αποφάσεων.

Προσκεκλημένος εισηγητής του webinar ήταν ο Dr. Wout Broere, Καθηγητής Τεχνολογίας Υπόγειων Έργων στο Delft University of Technology (TU Delft) και εκλεγμένο Fellow της International Society for Trenchless Technologies (ISTT). Κατά τη διάρκεια της διάλεξης παρουσιάστηκαν οι βασικές αρχές και οι σύγχρονες εξελίξεις στην ενόργανη παρακολούθηση σιράγγων, με ιδιαίτερη έμφαση στη διαμόρφωση της στρατηγικής παρακολούθησης και στον καθορισμό των στόχων της πριν από την επιλογή και εγκατάσταση των αισθητήρων, ώστε τα δεδομένα που συλλέγονται να ανταποκρίνονται στις πραγματικές ανάγκες του έργου και να υποστηρίξουν αποτελεσματικά τη λήψη τεχνικών αποφάσεων.



SPEAKER

DR. WOUT BROERE

Prof. of Underground Space Technology at Delft University of Technology

Fellow of the International Society of Trenchless Technologies (ISTT)

WEBINAR

SMART MONITORING FOR TUNNELS

Monday 11 May @ 18:00 EEST

ONLINE

#gtsym_webinars

Εικόνα 24. Ανακοίνωση Webinar με προσκεκλημένο ομιλητή τον Dr. Wout Broere Johnny Poulsen

Διεθνής παρουσία στο 5th J-YMA Symposium στη Βιέννη

Σημαντικό σταθμό στη φετινή πορεία της Ομάδας Νέων αποτέλεσε η συμμετοχή της στο 5th J-YMA Symposium, που πραγματοποιήθηκε στη Βιέννη στις 21 Μαΐου 2026. Η συμμετοχή του Προέδρου της Ομάδας Νέων, Δημήτρη Γεωργίου, ως προσκεκλημένου ομιλητή αποτέλεσε μια ουσιαστική εκπροσώπηση της ελληνικής κοινότητας σιράγγων σε ένα διεθνές φόρουμ νέων επαγγελματιών του κλάδου. Η παρουσία αυτή ανέδειξε την εξωστρέφεια της Ομάδας και τη δυναμική συμμετοχή της σε διεθνείς διοργανώσεις που προάγουν την ανταλλαγή γνώσεων και εμπειριών μεταξύ νέων μηχανικών από διαφορετικές χώρες.

Η εισήγηση με τίτλο «Recent Tunnelling Developments in Greece» επικεντρώθηκε στις σημαντικότερες εξελίξεις στα υπόγεια έργα της χώρας, παρουσιάζοντας έργα όπως η Γραμμή 4 του Μετρό Αθήνας, ο Βόρειος Οδικός Άξονας Κρήτης (BOAK), καθώς και το Μετρό Θεσσαλονίκης και η επέκτασή του προς Καλαμαριά, μεταξύ άλλων. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον προκάλεσε η αναφορά στον σταθμό «Βενιζέλου» του Μετρό Θεσσαλονίκης, ο οποίος αποτελεί ένα ζωντανό μουσείο εντός του σταθμού, αναδεικνύοντας με μοναδικό τρόπο τη συνύπαρξη ενός σύγχρονου υπόγειου συγκοινωνιακού έργου με σημαντικά βυζαντινά αρχαιολογικά ευρήματα.

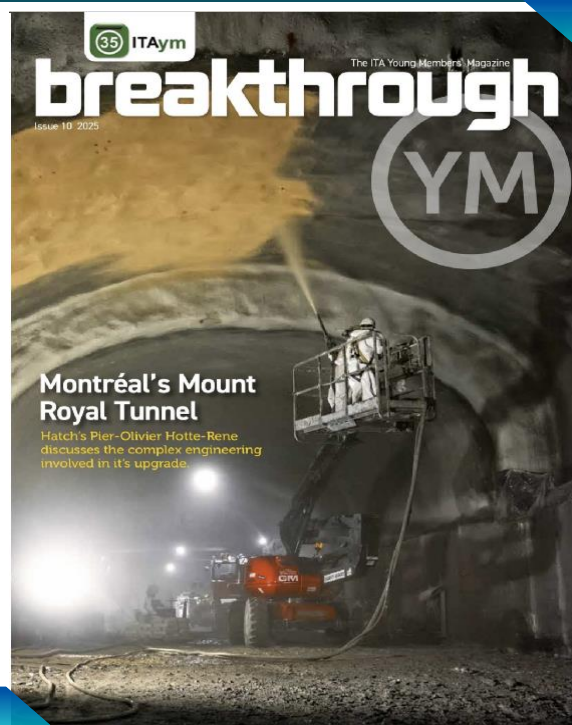


Εικόνα 25. Ο Πρόεδρος της Ομάδας Νέων της ΕΕΣΥΕ, Δημήτρης Γεωργίου, κατά την παρουσίαση της εισήγησής του στο 5th J-YMA Symposium, που πραγματοποιήθηκε στη Βιέννη στις 21 Μαΐου 2026. Δεξιά, το διαπιστευτήριο και το πρόγραμμα της διοργάνωσης

Συμβολή στο περιοδικό Breakthrough του ITAym

Μία ακόμη σημαντική δράση της Ομάδας Νέων κατά το 2026 ήταν η συμβολή της στη φετινή έκδοση του περιοδικού Breakthrough του ITAym, το οποίο διανεμήθηκε στο πλαίσιο του World Tunnel Congress 2026. Η έκδοση, με θεματική «Bridging the Gap», επικεντρώθηκε στις προκλήσεις και τις μεταβάσεις που διαμορφώνουν το μέλλον του κλάδου των υπόγειων έργων, με ιδιαίτερη έμφαση στον ρόλο και τις προοπτικές των νέων επαγγελματιών.

Στο πλαίσιο αυτό, η Ομάδα Νέων της ΕΕΣΥΕ συνέβαλε στην έκδοση με άρθρο που παρουσίασε τις δράσεις, τις πρωτοβουλίες και τη δραστηριότητά της, προβάλλοντας τη συμμετοχή της ελληνικής κοινότητας νέων μηχανικών στο διεθνές δίκτυο του ITAym και ενισχύοντας την εξωστρέφεια της ΕΕΣΥΕ.



Εικόνα 26. Το εξώφυλλο του περιοδικού Breakthrough του ITAym, το οποίο διανεμήθηκε στο πλαίσιο του World Tunnel Congress 2026 και περιλαμβάνει τη συμβολή της Ομάδας Νέων της ΕΕΣΥΕ.



Greece

A Dynamic Year of Activities and Collaboration

The year 2025 marks a strong new beginning for the Greek Tunnelling Society - Young Members Group (GTSym), as the newly elected board launched its activities in April with an ambitious agenda of events, visits, and partnerships.

Our program began with two technical visits, one in June and one in September, offering more than 40 members the opportunity to gain firsthand experience in major tunnelling works for the Athens Metro Line 4 extension. The first visit took place at GNA Station, while the second focused on the Veikou Shaft, both key construction sites that represent the next generation of underground infrastructure in the Greek capital.

October proved to be a milestone month as the GTS celebrated its 30th anniversary.



GTSym actively supported the celebrations by conducting a series of interviews with the society's founding members and past presidents. The inspiring conversations culminated in a short video documentary showcasing the evolution of GTS and its contribution to the Greek tunnelling industry over the

decades. Another highlight of the month was the EUTFym Meeting, where GTSym had the chance to connect with young tunnellers from other European member nations. The event fostered collaboration, idea exchange and networking, all in a friendly atmosphere that combined technical visits and workshops

with social events.

November marked the launch of GTSym's first collaborative webinar, organised in partnership with Dolenco Tunnel Systems. The session focused on water management techniques, marking the beginning of a webinar series extending into 2026.

As the year concluded, GTSym celebrated St. Barbara's Day, the traditional festivity of tunnellers, which was combined with the 10th anniversary celebrations of GTSym's founding.

With more than 25 new young members joining in 2025, GTSym continues to grow, offering a supportive and engaging environment for young professionals to develop their skills, share knowledge, and contribute to the future of tunnelling in Greece and beyond.

Εικόνα 27. Άρθρο της Ομάδας Νέων της ΕΕΣΥΕ στο περιοδικό Breakthrough του ΙΤΑγμ, με παρουσίαση των δράσεων και πρωτοβουλιών της κατά το 2025



4 Υπόγεια Έργα υπό κατασκευή στην Ελλάδα

Η τρέχουσα πορεία των υπόγειων έργων

Έργο 1. Γραμμή 4 Μετρό Αθήνας – Τμήμα Α «Άλσος Βεΐκου – Γουδής»

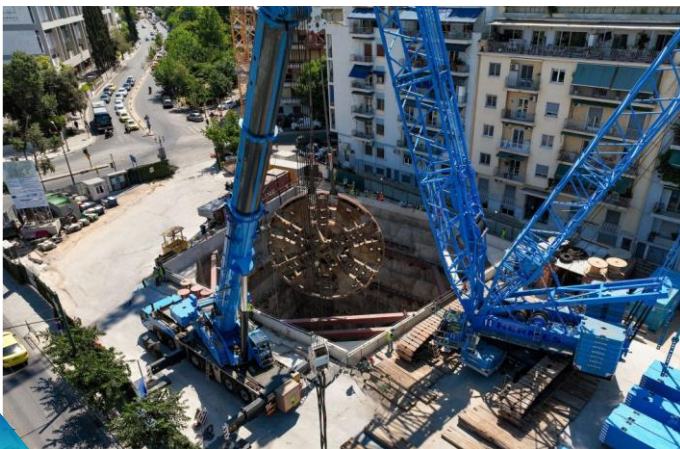


Υπό εξέλιξη βρίσκονται οι εργασίες κατασκευής της νέας Γραμμής 4 του Μετρό της Αθήνας, στο τμήμα «Άλσος Βεΐκου – Γουδής». Η σύμβαση Μελέτη-Κατασκευή, η οποία υπογράφηκε το 2021 με εκτιμώμενο προϋπολογισμό περίπου 1,5 δισ. €, αφορά μια πλήρως αυτοματοποιημένη γραμμή Μετρό μήκους περίπου 12,8 km, με 15 υπόγειους σταθμούς, η οποία κατασκευάζεται εντός του πυκνοδομημένου αστικού ιστού της Αθήνας. Πρόκειται για το μεγαλύτερο υπόγειο έργο υποδομής που υλοποιείται σήμερα στη χώρα.

Οι κύριες σήραγγες της γραμμής διανοίγονται με τη χρήση EPB TBM («Αθηνά» και «Νίκη»), ενώ παράλληλα πραγματοποιούνται συμβατικές εκσκαφές στους σταθμούς, στα φρέατα και στις ειδικές υπόγειες κατασκευές. Το TBM2 «Αθηνά» ολοκλήρωσε στις 12 Φεβρουαρίου 2026 τη διάνοιξη τμήματος σήραγγας μήκους περίπου 5,1 km μεταξύ των φρεάτων Κατεχάκη και Ευαγγελισμός, όπου πραγματοποιήθηκε breakthrough, ενώ το TBM1 «Νίκη» βρίσκεται στο μεσοδιάστημα Κυψέλη-Δικαστήρια, έχοντας διανύσει περίπου 3,15 km από το φρέαρ εκκίνησης στο Άλσος Βεΐκου. Η συνολική πρόοδος εκσκαφής των κύριων σηράγγων της γραμμής προσεγγίζει πλέον το 65% του συνολικού μήκους, ενώ παράλληλα συνεχίζονται οι εργασίες εκσκαφής, αντιστήριξης και κατασκευής των μόνιμων κατασκευών στους σταθμούς και στα φρέατα της γραμμής, με διαφορετικό βαθμό προόδου ανά εργοταξιακό χώρο.

Κύριος Έργου: Ελληνικό Μετρό Α.Ε.

Ανάδοχος Κατασκευής: Κ/Ε ΑΒΑΞ Α.Ε. – GHELLA S.p.A. – ALSTOM Transport S.A.



Εικόνα 28. Απομάκρυνση της κοπτικής κεφαλής του TBM «Αθηνά» από το φρέαρ Ευαγγελισμού (αριστερά) και εργασίες κατασκευής στον σταθμό Κολωνάκι (δεξιά) (πηγή: Ελληνικό Μετρό Α.Ε., Πρόοδος εργασιών της Γραμμής 4 του Μετρό Αθήνας, καλοκαίρι 2026)



Έργο 2. Μετρό Θεσσαλονίκης – Επέκταση προς Καλαμαριά

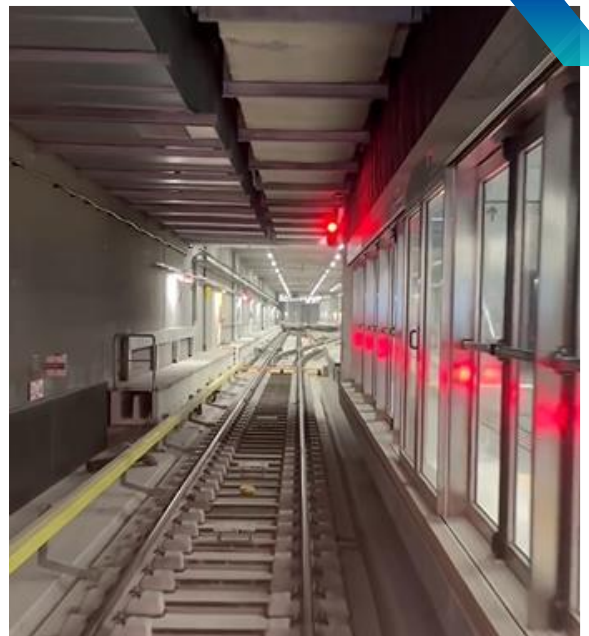


Η επέκταση του Μετρό Θεσσαλονίκης προς την Καλαμαριά ολοκληρώθηκε και τέθηκε σε λειτουργία στις 27 Αυγούστου 2026, λιγότερο από δύο χρόνια μετά την έναρξη λειτουργίας της κύριας γραμμής. Το νέο τμήμα, μήκους περίπου 4,8 km, εκτείνεται από την περιοχή του σταθμού 25ης Μαρτίου έως τη Μίκρα και περιλαμβάνει πέντε νέους υπόγειους σταθμούς: Νομαρχία, Καλαμαριά, Αρετσού, Νέα Κρήνη και Μίκρα.

Οι δίδυμες σήραγγες έχουν διανοιχθεί με EPB TBM, ενώ οι σταθμοί κατασκευάστηκαν με τη μέθοδο ανοικτής εκσκαφής και επανεπίχωσης. Κατά το τελευταίο χρονικό διάστημα, οι εργασίες επικεντρώθηκαν στην ολοκλήρωση των σταθμών, στην εγκατάσταση και ολοκλήρωση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων και στη διενέργεια των απαιτούμενων δοκιμών για τη θέση της επέκτασης σε λειτουργία. Με την ολοκλήρωση των εργασιών αυτών, το νέο τμήμα εντάχθηκε στο δίκτυο του Μετρό Θεσσαλονίκης, επεκτείνοντάς το προς την Καλαμαριά και τη Μίκρα.

Κύριος Έργου: Ελληνικό Μετρό Α.Ε.

Ανάδοχος: ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε.



Εικόνα 29. Σταθμός Καλαμαριά και σήραγγα κατά την έναρξη λειτουργίας της γραμμής, 27/08/2026



Έργο 3. Βόρειος Οδικός Άξονας Κρήτης (ΒΟΑΚ)



Σε πλήρη ανάπτυξη βρίσκονται πλέον οι εργασίες κατασκευής σε επιμέρους τμήματα του Βόρειου Οδικού Άξονα Κρήτης (ΒΟΑΚ – Εθνική Οδός 90), ενός από τα σημαντικότερα έργα οδικών υποδομών που υλοποιούνται σήμερα στην Ελλάδα. Το έργο αφορά την αναβάθμιση του κύριου βόρειου οδικού άξονα της Κρήτης σε μήκος περίπου 200 km, με την κατασκευαστική δραστηριότητα να εξελίσσεται σε διαφορετικά τμήματα κατά μήκος της χάραξης.

Ιδιαίτερα σημαντικό μέρος του τεχνικού αντικειμένου του ΒΟΑΚ αποτελούν τα υπόγεια έργα, με περίπου 15 δίδυμες σήραγγες συνολικού μήκους της τάξης των 13–14 km. Οι σήραγγες αυτές κατανέμονται σε διαφορετικά τμήματα της χάραξης και επιτρέπουν την προσαρμογή του νέου αυτοκινητοδρόμου στο έντονο ανάγλυφο της βόρειας Κρήτης, αποτελώντας βασικά τεχνικά έργα για τη βελτίωση της λειτουργικότητας και της ασφάλειας της διαδρομής.

Σημαντική πρόοδος καταγράφεται στο τμήμα Χερσόνησος–Νεάπολη (ΣΔΙΤ), μήκους περίπου 22,5 km, όπου η συνολική κατασκευαστική πρόοδος, η οποία είχε φθάσει περίπου στο 30–35%. Το τμήμα περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τις σήραγγες Σ1, Σ2 και Σ3, στις οποίες βρίσκονται σε εξέλιξη εργασίες εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης. Η δίδυμη σήραγγα Σ2 στην περιοχή Σεληναρίου έχει μήκος ~ 2 km και διανοίγεται σε ιδιαίτερα απαιτητικό γεωλογικό περιβάλλον, ενώ τον Αύγουστο του 2026 έλαβε χώρα το breakthrough, με το οποίο ολοκληρώθηκε η Α' φάση διάνοιξης από δύο αντίθετα μέτωπα. Στο τμήμα Νεάπολη–Άγιος Νικόλαος, συνολικού μήκους περίπου 14,5 km, οι εργασίες βρίσκονται σε προχωρημένο στάδιο, με τα πρώτα 10,2 km, περίπου το 70% του συνολικού μήκους του τμήματος, να βρίσκονται στην τελική φάση κατασκευής και την παράδοσή τους στην κυκλοφορία να προγραμματίζεται για τον τέλος Σεπτέμβριο του 2026. Στα υπόλοιπα τμήματα του άξονα βρίσκονται σε εξέλιξη εργασίες προετοιμασίας, απαλλοτριώσεων και ανάπτυξης των ργοταξιακών και τεχνικών υποδομών, με σταδιακή ενεργοποίηση νέων κατασκευαστικών μετώπων.

Τμήμα Χερσόνησος – Νεάπολη (ΣΔΙΤ)

Κύριος του έργου: Ελληνικό Δημόσιο (Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών)

Ανάδοχος κατασκευής: Κ/Ξ ΤΕΡΝΑ Α.Ε. – ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε. – ΙΝΤΡΑΚΑΤ Α.Ε.

Τμήμα Νεάπολη – Άγιος Νικόλαος

Κύριος του έργου: Ελληνικό Δημόσιο (Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών)

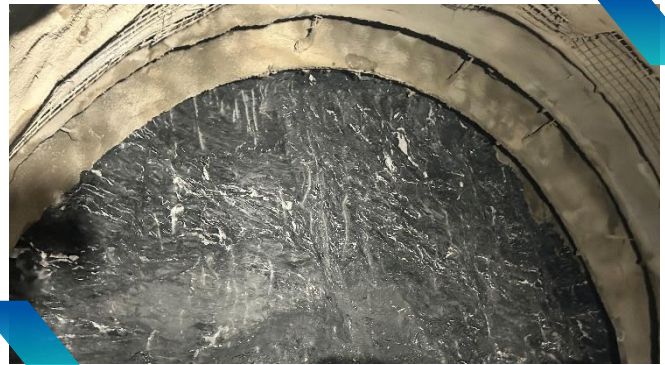
Ανάδοχος κατασκευής: ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε.

Τμήμα Χανιά – Ηράκλειο (Παραχώρηση)

Κύριος του έργου: Ελληνικό Δημόσιο

Παραχωρησιούχος: ΓΕΚ ΤΕΡΝΑ Α.Ε.

Ανάδοχος κατασκευής: ΤΕΡΝΑ Α.Ε.



Εικόνα 30. Μέτωπο εκσκαφής της σήραγγας Σ3 εντός της σειράς φυλλιτών-χαλαζιτών (Πηγή: ΑΚΤΩΡ social media)



Εικόνα 31. Breakthrough της Α' φάσης διάνοιξης της δίδυμης σήραγγας Σ2 στην περιοχή Σεληναρίου, Αύγουστος 2026 (Πηγή: ΑΚΤΩΡ social media)



Έργο 4. Έργο Αντλησιοταμίευσης Αμφιλοχίας – Υπόγεια Έργα



Σε προχωρημένη κατασκευαστική φάση βρίσκεται πλέον το έργο αντλησιοταμίευσης Αμφιλοχίας, στην περιοχή της λίμνης Καστρακίου, με τις εργασίες να εξελίσσονται παράλληλα στα υπόγεια έργα, στους ταμιευτήρες και στις επιφανειακές εγκαταστάσεις. Πρόκειται για ένα από τα μεγαλύτερα έργα αποθήκευσης ενέργειας που υλοποιούνται στη ΝΑ Ευρώπη και σημαντική υποδομή για την ενίσχυση της ευελιξίας και της αξιοπιστίας του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος.

Το έργο περιλαμβάνει εκτεταμένο σύστημα υδραυλικών σιράγγων συνολικού μήκους περίπου 3,7 km, καθώς και σειρά κατακόρυφων φρεάτων μεγάλου βάθους, συνολικού μήκους περίπου 500 m. Στο συγκρότημα του Αγίου Γεωργίου, η κύρια σήραγγα προσαγωγής έχει μήκος περίπου 2 km και διάμετρο 7,8 m, ενώ το κατακόρυφο φρέαρ προσαγωγής έχει ύψος 162 m. Στο συγκρότημα του Πύργου, η κύρια σήραγγα προσαγωγής έχει μήκος περίπου 0,9 km και διάμετρο 5 m, ενώ το αντίστοιχο κατακόρυφο φρέαρ έχει ύψος περίπου 230 m. Οι υπόγειες εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν επίσης μεγάλους θαλάμους για τη στέγαση των υδροηλεκτρικών μονάδων. Το έργο περιλαμβάνει δύο άνω ταμιευτήρες, στις θέσεις Άγιος Γεώργιος και Πύργος, με κοινό κάτω ταμιευτήρα την υφιστάμενη λίμνη Καστρακίου, ενώ η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος ανέρχεται σε 680 MW σε παραγωγή.

Οι εκσκαφές των δύο κύριων σιράγγων προσαγωγής έχουν ολοκληρωθεί, όπως και οι εργασίες διάνοιξης των αντίστοιχων φρεάτων. Στο συγκρότημα του Πύργου έχει ολοκληρωθεί και η τελική επένδυση της σήραγγας, ενώ στον Άγιο Γεώργιο βρίσκονται σε εξέλιξη οι εργασίες τελικής επένδυσης. Παράλληλα, προχωρούν οι εργασίες στον υπόγειο σταθμό παραγωγής και στις λοιπές υπόγειες κατασκευές. Η συνολική πρόοδος του έργου εκτιμάται περίπου στο 50–70%, ενώ η ολοκλήρωση και θέση σε λειτουργία του συστήματος προβλέπεται εντός του 2027.

Κύριος του έργου: ΤΕΡΝΑ Ενεργειακή Α.Ε.

Ανάδοχος κατασκευής: ΤΕΡΝΑ Α.Ε.



Εικόνα 32. Σήραγγα προσαγωγής και σύνδεση με κατακόρυφο φρέαρ πίεσης του έργου αντλησιοταμίευσης Αμφιλοχίας (Εκδρομή «Παύλος Μαρίνος», 12/2025)

Έργο 5. Οδικές Σήραγγες Οδικής Σύνδεσης Νέου Αεροδρομίου Καστελίου Κρήτης



Σε προχωρημένο στάδιο βρίσκονται πλέον οι εργασίες κατασκευής των οδικών σιράγγων που αποτελούν μέρος της νέας οδικής σύνδεσης του υπό κατασκευή Διεθνούς Αεροδρομίου Ηρακλείου στο Καστέλι με τον Βόρειο Οδικό Άξονα Κρήτης (ΒΟΑΚ).

Το έργο περιλαμβάνει δίδυμη οδική σήραγγα μήκους περίπου 3 km στη θέση Πετριανός Λάκκος, η οποία διανοίγεται με συμβατικές μεθόδους εκσκαφής, καθώς και σειρά σημαντικών τεχνικών έργων κατά μήκος της νέας χάραξης. Τον Ιούλιο του 2026 έλαβε χώρα το breakthrough ακόμη μίας συνδετήριας στοάς της σήραγγας, με την ολοκλήρωση της εκσκαφής από δύο αντίθετες κατευθύνσεις και τη συνάντηση των δύο μετώπων.



Εικόνα 33. Breakthrough συνδετήριας στοάς, Ιούλιος 2026 (Πηγή: ΤΕΡΝΑ social media).



Η οδική σύνδεση του νέου αεροδρομίου με το κύριο οδικό δίκτυο της Κρήτης αποτελεί βασική υποδομή για τη λειτουργία του νέου διεθνούς αεροδρομίου, το οποίο αναμένεται να αντικαταστήσει το υφιστάμενο αεροδρόμιο «Νίκος Καζαντζάκης» στο Ηράκλειο και να αναβαθμίσει σημαντικά τις μεταφορικές υποδομές του νησιού.

Οι εργασίες εκσκαφής και υποστήριξης έχουν προχωρήσει σημαντικά στα κύρια μέτωπα διάνοιξης, παράλληλα με την εξέλιξη των επιφανειακών έργων της νέας οδικής αρτηρίας. Η συνολική πρόοδος του έργου εκτιμάται σήμερα περίπου στο 60–75% της κατασκευής, με τις υπόγειες εργασίες να βρίσκονται πλέον σε προχωρημένο στάδιο υλοποίησης.

Κύριος του έργου: *Ελληνικό Δημόσιο (Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών)*

Ανάδοχος κατασκευής: *ΤΕΡΝΑ Α.Ε.*

Έργο 6. Υπογειοποίηση Λεωφόρου Ποσειδώνος – Ελληνικό



Στην περιοχή του Ελληνικού συνεχίζεται η κατασκευή της υπογειοποίησης τμήματος της Λεωφόρου Ποσειδώνος, στο πλαίσιο της μεγάλης αστικής ανάπλασης του πρώην αεροδρομίου της Αθήνας, με τις κύριες εργασίες του υπόγειου τμήματος να πλησιάζουν πλέον στην ολοκλήρωσή τους.

Το έργο περιλαμβάνει την κατασκευή υπόγειου οδικού τμήματος μήκους περίπου 1,15 km, με τρεις λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση. Η κατασκευή πραγματοποιείται με τη μέθοδο ανοικτής εκσκαφής και επανεπίχωσης και αποτελεί βασικό συγκοινωνιακό έργο για την αναδιοργάνωση της κυκλοφορίας στο παραλιακό μέτωπο της Αθήνας, καθώς με την ολοκλήρωση της σήραγγας η κυκλοφορία της λεωφόρου θα μεταφερθεί σε υπόγειο επίπεδο, επιτρέποντας την ενοποίηση του Μητροπολιτικού Πάρκου του Ελληνικού με το παράκτιο μέτωπο.

Οι εργασίες κατασκευής της υπογειοποίησης έχουν προχωρήσει σημαντικά, με τις εργασίες εκσκαφής και σκυροδέτησης να έχουν φθάσει σε ποσοστό ολοκλήρωσης περίπου 96%. Παράλληλα, συνεχίζονται οι λοιπές κατασκευαστικές και ηλεκτρομηχανολογικές εργασίες. Η συνολική πρόοδος του έργου εκτιμάται σήμερα περίπου στο 85–90% της κατασκευής.

Κύριος του έργου: *Lamda Development S.A.*

Ανάδοχος κατασκευής: *ΑΒΑΞ Α.Ε.*



Εικόνα 34. Υπογειοποίηση Λεωφόρου Ποσειδώνος – Ελληνικό (Πηγή: LAMDA Development S.A., 2026)

Έργο 7. Υπόγειο Τμήμα Εθνικής Σιδηροδρομικής Γραμμής – Αθήνα



Σε εξέλιξη βρίσκονται οι εργασίες κατασκευής του υπόγειου τμήματος της εθνικής σιδηροδρομικής γραμμής στην Αθήνα, το οποίο ξεκινά από τον Κεντρικό Σιδηροδρομικό Σταθμό Αθηνών (Σταθμός Λαρίσης) και αποτελεί σημαντικό έργο αναβάθμισης της σιδηροδρομικής υποδομής στην πρωτεύουσα.

Το έργο αφορά την κατασκευή τετραπλής σιδηροδρομικής γραμμής συνολικού μήκους ~ 2,4 km, από τα οποία περίπου 1,9 km αναπτύσσονται πλήρως σε υπόγεια διάταξη. Η νέα γραμμή κατασκευάζεται σε μεγάλο βαθμό εντός της ζώνης κατάληψης της υφιστάμενης επιφανειακής σιδηροδρομικής γραμμής, ενώ δύο από



τις τέσσερις γραμμές προορίζονται κυρίως για την εξυπηρέτηση του προαστιακού σιδηροδρόμου και οι υπόλοιπες για υπεραστικά και διαπεριφερειακά δρομολόγια. Η κατασκευή του υπόγειου τεχνικού πραγματοποιείται σταδιακά σε δύο κύριες φάσεις, με ανάπτυξη του δυτικού και στη συνέχεια του ανατολικού σιδηροδρομικού διαδρόμου.

Οι εργασίες εκτελούνται σε ιδιαίτερα περιορισμένο αστικό περιβάλλον, με την υφιστάμενη σιδηροδρομική γραμμή να παραμένει σε λειτουργία κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Για την ασφαλή εκτέλεση των εργασιών εφαρμόζεται εκτεταμένο σύστημα γεωτεχνικής και δομικής παρακολούθησης, καθώς το έργο περιλαμβάνει κατασκευή σε μικρή απόσταση από υφιστάμενα κτίρια και τεχνικά έργα, ενώ σε ορισμένα σημεία η νέα υπόγεια γραμμή διέρχεται κοντά από λειτουργούσα σήραγγα Μετρό και άλλες υπόγειες υποδομές. Η πρόοδος του έργου παραμένει βραδύτερη από τον αρχικό προγραμματισμό, με τις κύριες υπόγειες κατασκευές να συνεχίζονται σταδιακά και παράλληλα να διατηρείται η λειτουργία της υφιστάμενης σιδηροδρομικής γραμμής.

Κύριος του έργου: ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε.

Ανάδοχος κατασκευής: ΙΝΤΡΑΚΑΤ Α.Ε.

Έργο 8. Σήραγγα Κλεισούρας – Οδικός Άξονας Καστοριάς – Πτολεμαΐδας, Βόρεια Ελλάδα



Συνεχίζονται οι εργασίες κατασκευής της σήραγγας Κλεισούρας, η οποία αποτελεί βασικό τεχνικό έργο του οδικού άξονα που συνδέει την Καστοριά με την Πτολεμαΐδα στη Δυτική Μακεδονία. Το έργο αποσκοπεί στη βελτίωση της οδικής σύνδεσης μεταξύ των δύο περιοχών και στην αναβάθμιση της οδικής ασφάλειας στη διέλευση από την ορεινή περιοχή της Κλεισούρας.

Το έργο περιλαμβάνει την κατασκευή κύριας οδικής σήραγγας μήκους περίπου 1.365 m, καθώς και παράλληλης σήραγγας διαφυγής μήκους περίπου 1.380 m, οι οποίες διανοίγονται με συμβατικές μεθόδους εκσκαφής. Η παράλληλη σήραγγα λειτουργεί ως σήραγγα ασφαλείας και συνδέεται με την κύρια σήραγγα μέσω εγκάρσιων διαβάσεων, σύμφωνα με τα σύγχρονα πρότυπα ασφαλείας για οδικές σήραγγες.

Οι εργασίες εκσκαφής και υποστήριξης συνεχίζονται στα κύρια μέτωπα διάνοιξης, παράλληλα με τις λοιπές κατασκευαστικές εργασίες του έργου. Η πρόοδος της εκσκαφής έχει υπερβεί περίπου το 60–70% του συνολικού μήκους των σήραγγων, με τις κατασκευαστικές εργασίες να συνεχίζονται στα κύρια μέτωπα διάνοιξης. Σύμφωνα με τον επικαιροποιημένο προγραμματισμό, η ολοκλήρωση του έργου τοποθετείται έως τα τέλη του 2027.

Κύριος του έργου: Εγνατία Οδός Α.Ε.

Ανάδοχος κατασκευής: ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε.



Εικόνα 35. Στόμια κύριας σήραγγας και παράλληλης σήραγγας διαφυγής Κλεισούρας (Πηγή: ERTnews)



Έργο 9. Οδικός Άξονας Μπράλος – Άμφισσα, Στερεά Ελλάδα



Σε πλήρη εξέλιξη βρίσκονται πλέον οι εργασίες κατασκευής του νέου οδικού άξονα Μπράλος – Άμφισσα, ενός σημαντικού έργου οδικής υποδομής στη Στερεά Ελλάδα που αποσκοπεί στη βελτίωση της σύνδεσης της κεντρικής Ελλάδας με την περιοχή της

Φωκίδας και το λιμάνι της Ιτέας.

Το έργο αφορά την κατασκευή νέου οδικού τμήματος συνολικού μήκους περίπου 25 km, το οποίο περιλαμβάνει δύο δίδυμες οδικές σήραγγες μήκους περίπου 2,2 km και 2,5 km, καθώς και σειρά γεφυρών και άλλων σημαντικών τεχνικών έργων κατά μήκος της χάραξης. Οι δύο σήραγγες διαμορφώνονται με διαχωρισμένους κλάδους μονής κατεύθυνσης και δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση και διανοίγονται με συμβατικές μεθόδους εκσκαφής. Αποτελούν βασικά τεχνικά έργα του άξονα, καθώς επιτρέπουν τη διέλευση της χάραξης από την ορεινή περιοχή της Οίτης και βελτιώνουν σημαντικά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διαδρομής.

Οι εργασίες εκσκαφής και υποστήριξης προχωρούν στα κύρια μέτωπα διάνοιξης των σηράγγων, ενώ παράλληλα εξελίσσονται τα επιφανειακά τεχνικά έργα του οδικού άξονα. Σύμφωνα με το επικαιροποιημένο χρονοδιάγραμμα, η ολοκλήρωση των εργασιών του έργου τοποθετείται στα τέλη του 2028.

Κύριος του έργου: Ελληνικό Δημόσιο (Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών)

Ανάδοχος κατασκευής: ΑΒΑΞ Α.Ε.



Εικόνα 36. Εργασίες εκσκαφής στο μέτωπο της σήραγγας (Εκδρομή «Παύλος Μαρίνος», 12/2025)

Έργο 10. Μεταλλεία της Ελληνικός Χρυσός (Ολυμπιάδα, Χαλκιδική)



Στο μεταλλείο Ολυμπιάδας, το οποίο ανήκει στο συγκρότημα των Μεταλλείων Κασσάνδρας στη ΒΑ Χαλκιδική, συνεχίζονται οι υπόγειες μεταλλευτικές εργασίες, σε ένα από τα σημαντικότερα σύγχρονα υπόγεια μεταλλευτικά έργα στην Ελλάδα. Η εκμετάλλευση των πολυμεταλλικών θειούχων κοιτασμάτων βασίζεται αποκλειστικά σε ένα εκτεταμένο υπόγειο δίκτυο στοών, ραμπών πρόσβασης και θαλάμων εξόρυξης, το οποίο αναπτύσσεται σε πολλαπλά επίπεδα και σε σημαντικά βάθη κάτω από την επιφάνεια.

Η πρόσβαση στο κοίτασμα εξασφαλίζεται μέσω κεκλιμένων ραμπών και κατακόρυφων φρεάτων, με το υπόγειο δίκτυο να περιλαμβάνει κύριες στοές μεταφοράς, στοές εξαερισμού και βοηθητικές στοές εξυπηρέτησης. Ανάλογα με τις γεωτεχνικές συνθήκες της βραχώμαζας, για την υποστήριξη των υπόγειων εκσκαφών εφαρμόζονται αγκυρώσεις, εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και μεταλλικά πλαίσια.

Σύγχρονες υπόγειες μέθοδοι εξόρυξης εφαρμόζονται για τη μεταλλευτική εκμετάλλευση, ενώ το μέταλλευμα μεταφέρεται



Εικόνα 37. Υπόγειες μεταλλευτικές εγκαταστάσεις Ολυμπιάδας (Εκδρομή «Παύλος Μαρίνος», 12/2025)



μέσω υπόγειων συστημάτων προς τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας στην επιφάνεια. Για την ασφαλή λειτουργία του υπόγειου έργου και τον έλεγχο των γεωτεχνικών συνθηκών λειτουργούν παράλληλα εκτεταμένα συστήματα υπόγειου αερισμού, αποστράγγισης και γεωτεχνικής παρακολούθησης.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα μεγάλης κλίμακας υπόγειας μεταλλευτικής ανάπτυξης στον ελλαδικό χώρο αποτελεί το υπόγειο μεταλλευτικό έργο της Ολυμπιάδας, με εκτεταμένο δίκτυο στοών και σημαντικές τεχνικές εφαρμογές στον σχεδιασμό και την υποστήριξη των υπόγειων εκσκαφών.

Κύριος του έργου: *Ελληνικός Χρυσός Α.Ε.*

Ανάδοχος κατασκευής: *Ελληνικός Χρυσός Α.Ε.*

Έργο 11. Ορυχείο Λιγνίτη Προσηλίου (Σέρβια Κοζάνης)



Υπόγεια εκμετάλλευση λιγνιτικού κοιτάσματος πραγματοποιείται στην περιοχή του Προσηλίου, κοντά στα Σέρβια Κοζάνης, μέσω ενός αναπτυγμένου συστήματος στοών πρόσβασης και εγκαρσιών στοών σύνδεσης. Οι στοές αναπτύσσονται κατά μήκος του λιγνιτικού στρώματος και εξυπηρετούν τόσο τις εργασίες εξόρυξης όσο και τη μεταφορά του υλικού.

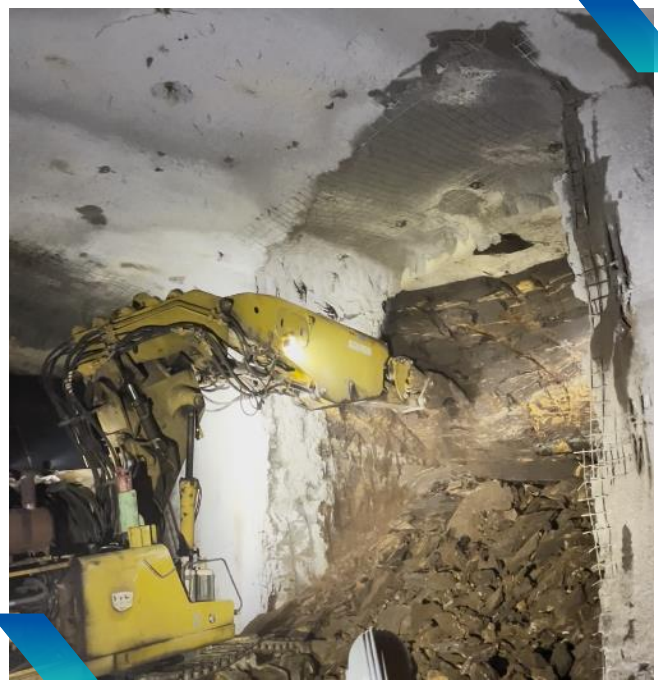
Εικόνα 38. Μεταλλευτικές εργασίες στο ορυχείο Λιγνίτη Προσηλίου (Εκδρομή «Παύλος Μαρίνος», 12/2025).

Το υπόγειο δίκτυο διαμορφώνεται από κύριες στοές μεταφοράς και βοηθητικές στοές εξυπηρέτησης, μέσω των οποίων εξασφαλίζεται η πρόσβαση στο λιγνιτικό στρώμα και αναπτύσσονται τα επιμέρους μέτωπα εκμετάλλευσης. Για την ασφαλή λειτουργία του μεταλλείου, οι υπόγειες εκσκαφές συνοδεύονται από τα απαιτούμενα έργα υποστήριξης, καθώς και από συστήματα αερισμού και αποστράγγισης.

Μέσω της ανάπτυξης του υπόγειου δικτύου στοών καθίσταται δυνατή η εκμετάλλευση του λιγνιτικού κοιτάσματος σε σημαντικό μήκος. Το εξορυσσόμενο υλικό μεταφέρεται με υπόγεια συστήματα μεταφοράς προς τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας στην επιφάνεια. Το έργο συνιστά χαρακτηριστικό παράδειγμα υπόγειας εκμετάλλευσης λιγνιτικών κοιτασμάτων στον ελληνικό χώρο.

Κύριος του έργου: *Μ.Ε.Τ.Ε. Α.Ε.*

Ανάδοχος κατασκευής: *Μ.Ε.Τ.Ε. Α.Ε.*



Εικόνα 38. Μεταλλευτικές εργασίες στο ορυχείο Λιγνίτη Προσηλίου (Εκδρομή «Παύλος Μαρίνος», 12/2025)



5 Υπόγεια Ορόσημα του Κόσμου

Σημεία αναφοράς της υπόγειας μηχανικής διεθνώς

Σήραγγες εκτοξευόμενου σκυροδέματος μεγάλου ανοίγματος στο Old Oak Common του HS2: Σχεδιασμός, κατασκευή και παρακολούθηση σε ένα απαιτητικό αστικό περιβάλλον



Ιωάννης Βαζαίος, Ph.D., CEng MICE
Ove Arup & Partners –
Associate Tunnelling Engineer

Ο Ιωάννης Βαζαίος είναι Συνεργάτης στην Arup, με εξειδίκευση στη γεωτεχνική μηχανική, τη βραχομηχανική και τον σχεδιασμό υπόγειων έργων. Διαθέτει διεθνή εμπειρία στον σχεδιασμό και την υλοποίηση σήραγγων, φρεάτων και μεγάλων υποδομών μεταφορών, υδάτινων και ενεργειακών έργων, έχοντας αναλάβει ηγετικούς και τεχνικούς ρόλους σε σημαντικά έργα στο Ηνωμένο Βασίλειο, τη Μέση Ανατολή και άλλες περιοχές του κόσμου. Παράλληλα, συμμετέχει ενεργά στην έρευνα και την τεχνική κοινότητα μέσω δημοσιεύσεων και παρουσιάσεων σε διεθνή συνέδρια, συμβάλλοντας στην εξέλιξη των πρακτικών σχεδιασμού και κατασκευής υπόγειων έργων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το συγκρότημα υπόγειων έργων στο Old Oak Common του έργου HS2 στο δυτικό Λονδίνο αποτελεί ένα χαρακτηριστικό διεθνές παράδειγμα εφαρμογής σήραγγων εκτοξευόμενου σκυροδέματος μεγάλου ανοίγματος σε σύνθετο αστικό περιβάλλον. Στο έργο συνυπήρξαν περίπλοκες απαιτήσεις λειτουργίας, φάσης κατασκευής, σημαντικές αλληλεπιδράσεις με γειτονικές υποδομές και η ιδιαιτέρως σύνθετη τεχνικο-γεωτεχνική συμπεριφορά της αργίλου του Λονδίνου. Το παρόν άρθρο συνθέτει την εμπειρία από τις Δυτικές και Ανατολικές σήραγγες του ΟΟC, με έμφαση στη μεθοδολογία σχεδιασμού, στη σταδιακή εκσκαφή, στη συμπεριφορά του εδάφους μεταξύ δίδυμων σήραγγων σε πολύ μικρή απόσταση, καθώς και στον ρόλο της παρακολούθησης στην επιβεβαίωση του σχεδιασμού. Παρουσιάζονται η γεωλογική/γεωτεχνική βάση του σχεδιασμού, η ανάπτυξη

προηγμένων αριθμητικών αναλύσεων σε 2D και 3D, η επιλογή διατομών και ακολουθιών εκσκαφής και τα βασικά διδάγματα που προέκυψαν για μελλοντικά υπόγεια έργα αντίστοιχης πολυπλοκότητας. Η περίπτωση του ΟΟC αναδεικνύει ότι η επιτυχής υλοποίηση σήραγγων μεγάλου ανοίγματος σε αστικό περιβάλλον δεν εξαρτάται μόνο από τη στατική επάρκεια της επένδυσης, αλλά και από την ολιστική ενσωμάτωση σχεδιασμού, μεθόδου κατασκευής, παρακολούθησης και συνεργασίας με τον εργολάβο ήδη από τα πρώτα στάδια του έργου.

Λέξεις-κλειδιά: HS2, Old Oak Common, εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, Άργιλος του Λονδίνου, δίδυμες σήραγγες, αριθμητική ανάλυση, γεωτεχνική παρακολούθηση.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το High Speed 2 (HS2) αποτελεί το σημαντικότερο σιδηροδρομικό έργο υψηλών ταχυτήτων του Ηνωμένου Βασιλείου και μία από τις μεγαλύτερες

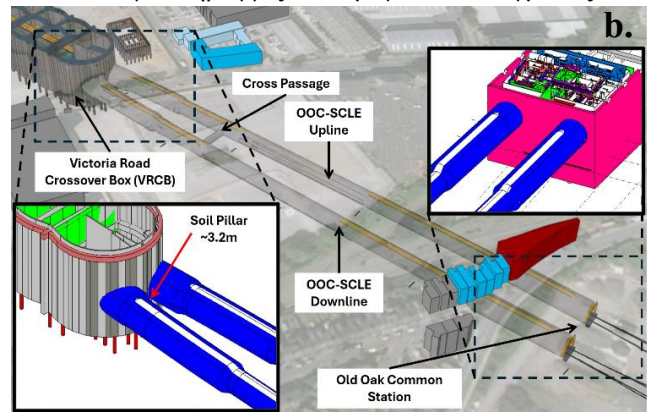
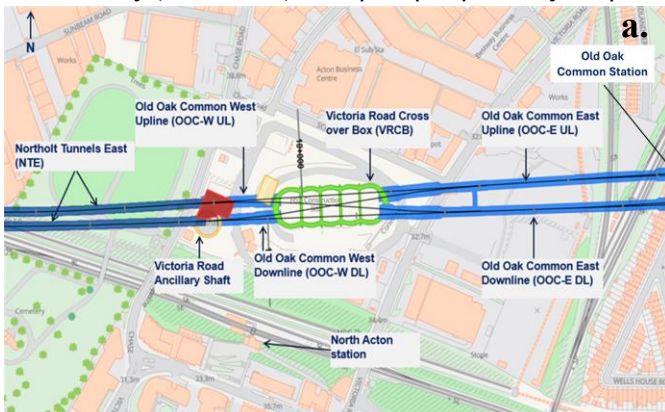




υποδομές υπό κατασκευή στην Ευρώπη. Στην περιοχή του δυτικού Λονδίνου, το Old Oak Common (OOC) συγκεντρώνει ένα σύμπλεγμα υπόγειων έργων που λειτουργούν τόσο ως κρίσιμος κόμβος του τελικού συστήματος όσο και ως κατασκευαστικό βήμα-κλειδί για την προώθηση των κυρίων σήραγγων. Οι σήραγγες εκτοξευόμενου σκυροδέματος (Sprayed Concrete Lining-SCL) του OOC αποτέλεσαν από τις πρώτες μεγάλες οριζόντιες εκσκαφές του έργου και ανέδειξαν το πλήρες εύρος των προκλήσεων που συνοδεύουν τη διάνοιξη μεγάλων διατομών σε πυκνά δομημένο περιβάλλον: περιορισμένη επικάλυψη, αλληλεπίδραση με υπάρχουσες υποδομές, μεταβαλλόμενες διατομές κατά μήκος του άξονα και αυξημένες απαιτήσεις ελέγχου παραμορφώσεων.

Το παρόν άρθρο βασίζεται σε δύο τεχνικές δημοσιεύσεις που αφορούν αφενός τις Δυτικές Σήραγγες OOC (OOC-West) και αφετέρου τις Ανατολικές (OOC-East). Η πρώτη παρουσιάζει την

εμπειρία από τις δυτικές σήραγγες, οι οποίες εξυπηρέτησαν καθοριστικά τη σύνδεση του βοηθητικού φρέατος Victoria Road Ancillary Shaft (VRAS) με το φρέαρ αλλαγής τροχιάς Victoria Road Crossover Box (VRCB) και υποστήριξαν την εκκίνηση των TBM για τις σήραγγες δυτικά προς το Northolt. Η δεύτερη εστιάζει στις ανατολικές σήραγγες, όπου δύο δίδυμες σήραγγες μεγάλου ανοίγματος διανοίχθηκαν σε εξαιρετικά μικρή μεταξύ τους απόσταση, με πυλώνα εδάφους μόλις περίπου 3,2 m στη σύνδεση με το VRCB (Εικόνα 39). Από ελληνική οπτική, η εμπειρία του OOC είναι ιδιαίτερα χρήσιμη διότι συνδυάζει γεωτεχνική αβεβαιότητα, αυστηρές λειτουργικές απαιτήσεις και έντονη ανάγκη συνεργασίας μεταξύ μελέτης και κατασκευής. Το έργο αποτελεί επομένως ένα σύγχρονο «υπόγειο ορόσημο», όχι μόνο λόγω κλίμακας, αλλά κυρίως λόγω της ωρίμανσης που επέβαλε στις πρακτικές σχεδιασμού και διαχείρισης κινδύνων για σήραγγες SCL μεγάλου ανοίγματος.



Εικόνα 39. α. Ευρύτερη διάταξη των υπόγειων έργων του Old Oak Common και θέση των ανατολικών σήραγγων και β. Λεπτομέρεια από τη σύνδεση μεταξύ κουντιού και σήραγγας (προσαρμογή από Malhan et al., 2026)

2. ΡΟΛΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ OOC WEST ΚΑΙ OOC EAST

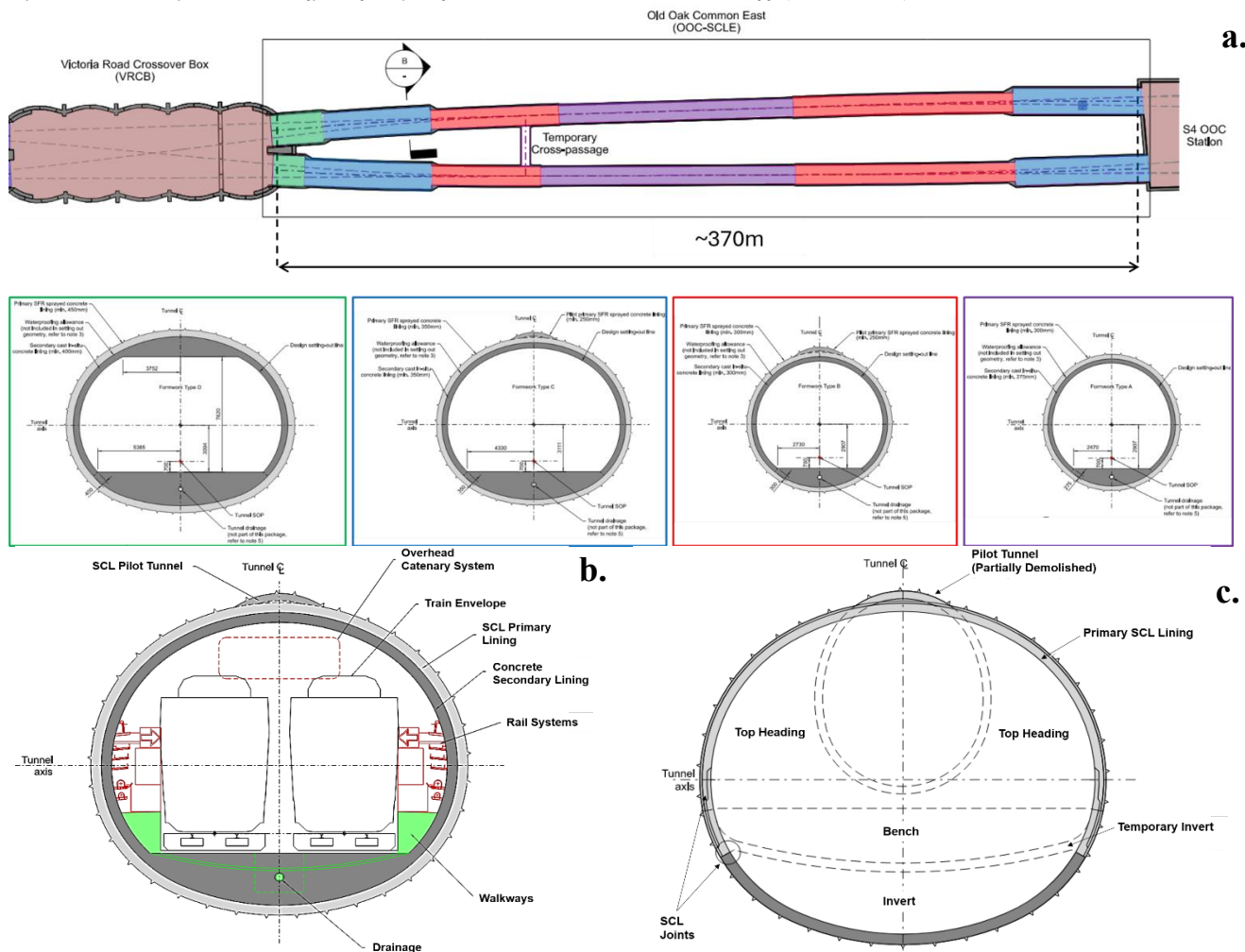
Οι Δυτικές Σήραγγες αποτελούνται από κλάδο ανόδου και καθόδου μήκους περίπου 90 m και 70 m αντίστοιχα, με επικάλυψη της τάξης των 15 m. Οι διατομές τους μεταβάλλονται σημαντικά κατά μήκος του έργου, με εύρος περίπου $10,9 \times 10,1$ m έως $12,6 \times 11,1$ m, ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες της φάσης κατασκευής αλλά και της μελλοντικής λειτουργίας του σιδηροδρομικού συστήματος. Πέραν της μόνιμης λειτουργίας τους, οι δυτικές σήραγγες φιλοξένησαν κρίσιμες κατασκευαστικές λειτουργίες για την

προώθηση των TBM, γεγονός που αύξησε περαιτέρω τη σημασία τους στην κρίσιμη διαδρομή του έργου. Οι Ανατολικές Σήραγγες έχουν συνολικό μήκος περίπου 370 m και επίσης σχετικά μικρή επικάλυψη, περί τα 15 m. Η γεωμετρία τους είναι ακόμη πιο απαιτητική, με μεταβαλλόμενες διατομές από περίπου $9,0 \times 9,0$ m έως $14,9 \times 12,1$ m. Στην περιοχή σύνδεσης με το VRCB αναπτύσσεται η πλέον κρίσιμη διαμόρφωση: δύο σήραγγες μεγάλου ανοίγματος σε εξαιρετικά μικρή μεταξύ τους απόσταση, με θεωρητικό πυλώνα εδάφους γύρω στα 3,2 m, ο οποίος μειώνεται περαιτέρω όταν ληφθούν υπόψη κατασκευαστικές ανοχές.



Η έντονη μεταβλητότητα των διατομών, οι συνδέσεις με φρέατα και κουτιά, καθώς και οι λειτουργικές απαιτήσεις για ομαλή μετάβαση των γραμμών οδήγησαν σε λύσεις που δεν θα μπορούσαν να αντιμετωπισθούν με τυποποιημένη λογική. Αντίθετα,

απαιτήθηκε παραμετρικός σχεδιασμός, σταδιακή βελτιστοποίηση των ακολουθιών εκσκαφής και συνεχής σύνδεση της στατικής λογικής με τις πραγματικές μεθόδους και τους περιορισμούς της κατασκευής (Εικόνα 40).



Εικόνα 40. α. Μεταβλητότητα διατομών και “double-shell” φιλοσοφία υποστήριξης στις OOC East Tunnels, β. Στοιχεία σχεδιασμού και γ. Λεπτομέρειες κελύφους (προσαρμογή από Malhan et al., 2026)

3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ: Η ΑΡΓΙΛΟΣ ΤΟΥ ΛΟΝΔΙΝΟΥ ΩΣ «ΣΥΜΜΑΧΟΣ» ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΗ

Και οι δύο ομάδες σηράγγων διανοίχθηκαν εντός της Αργίλου του Λονδίνου (London Clay), ενός σχηματισμού του Ηωκαίνου που ανήκει στο Σύμπλεγμα του Τάμεση (Thames Group). Πρόκειται για αργιλικό σχηματισμό με υψηλό βαθμό υπερστερεοποίησης λόγω ιστορικής αποφόρτισης από διάβρωση, με χαρακτηριστική δυσκαμψία, ρηγματώση/σχιστότητα και τοπικές εμφανίσεις

αργιολίθου. Η Άργιλος του Λονδίνου έχει μακρά ιστορία επιτυχούς εφαρμογής σε υπόγεια έργα στην ευρύτερη περιοχή του Λονδίνου, ωστόσο η συμπεριφορά της δεν είναι απλή: η μη γραμμικότητα σε μικρές παραμορφώσεις, η ανισοτροπία και η εξάρτηση από την πρόσφατη ιστορία τάσεων επηρεάζουν καθοριστικά την απόκριση γύρω από την εκσκαφή.

Η γεωτεχνική βάση του σχεδιασμού στο OOC στηρίχθηκε σε προηγμένη εργαστηριακή και αναλυτική προσέγγιση, με χρήση του καταστατικού μοντέλου BRICK/SA_BRICK για την



αναπαράσταση της μη γραμμικής και ανισότροπης συμπεριφοράς του εδάφους. Η επιλογή αυτή ήταν ουσιώδης, διότι το ζητούμενο δεν ήταν μόνο η εκτίμηση της τελικής αντοχής, αλλά κυρίως η πιο ρεαλιστική αποτύπωση της απομείωσης δυσκαμψίας και της εξέλιξης των μετακινήσεων σε διαφορετικά στάδια εκσκαφής.

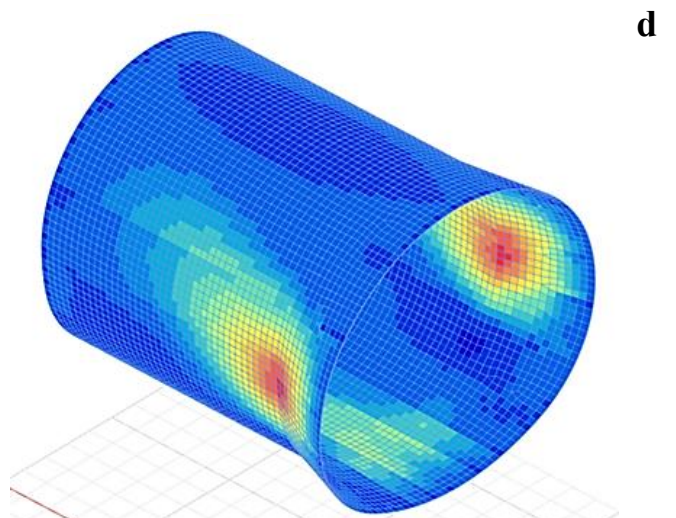
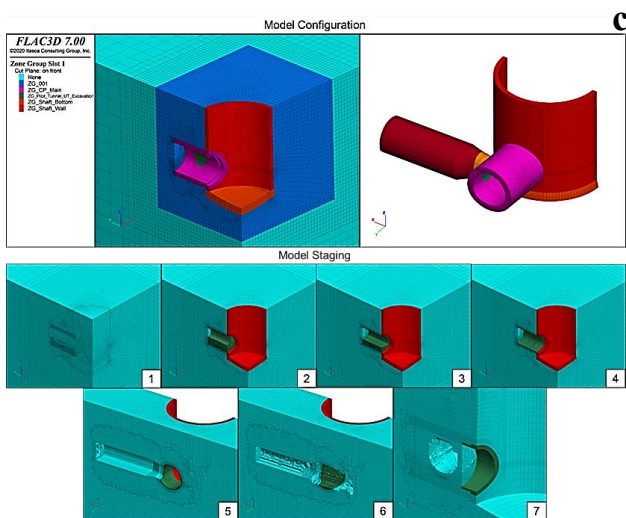
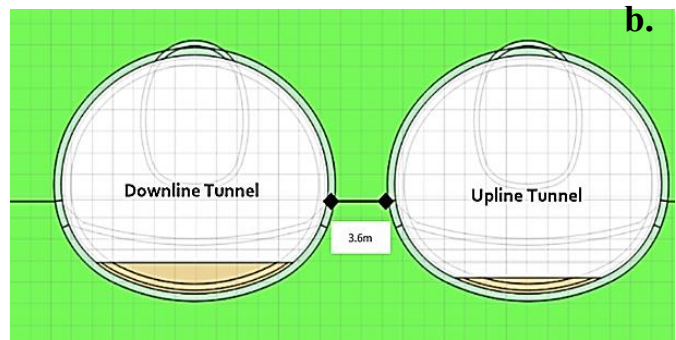
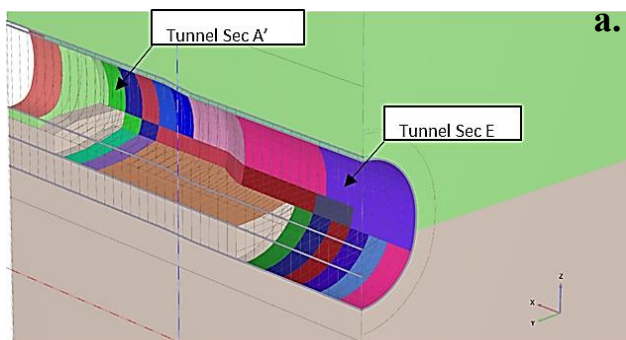
Στις Ανατολικές Σήραγγες η ύπαρξη του λεπτού πυλώνα εδάφους μεταξύ των δίδυμων ανοιγμάτων ανέδειξε ακόμη περισσότερο τη γεωτεχνική διάσταση του προβλήματος. Εδώ η αξιολόγηση δεν περιορίστηκε σε μία κλασική ανάλυση επένδυσης, αλλά επεκτάθηκε στην αλληλεπίδραση εδάφους-κατασκευής, στην ανακατανομή τάσεων εντός του πυλώνα και στον κίνδυνο αυξημένων παραμορφώσεων ή και μερικής αστοχίας αν η ακολουθία εκσκαφής δεν ήταν κατάλληλη.

4. ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Κοινή βάση των δύο έργων αποτέλεσε η διαμόρφωση υποστήριξης διπλού κελύφους (Double Shell). Το

σύστημα περιλαμβάνει: (α) πρωτεύουσα επένδυση εκτοξευόμενου σκυροδέματος για άμεση υποστήριξη κατά τη διάνοιξη, μετά από εκσκαφή πιλότου και διαδοχικές διευρύνσεις, (β) μεμβράνη υδατοστεγάνωσης και (γ) δευτερεύουσα χυτή επένδυση σκυροδέματος ως μέρος των μόνιμων έργων. Η λύση SCL επιλέχθηκε λόγω της ευελιξίας της σε πολύπλοκες γεωμετρίες, μεταβαλλόμενες διατομές και περιορισμένο αστικό χώρο, στοιχεία που κυριαρχούσαν στο OOC.

Ο σχεδιασμός της πρωτεύουσας επένδυσης αναπτύχθηκε με εκτεταμένες αναλύσεις 2D και 3D. Στις Δυτικές Σήραγγες χρησιμοποιήθηκαν αναλύσεις σε Plaxis 2D/3D για τον έλεγχο της επένδυσης και των μεταβάσεων διατομής, ενώ σε περισσότερο σύνθετες θέσεις αξιοποιήθηκε το FLAC3D για λεπτομερέστερες αναλύσεις αλληλεπίδρασης εδάφους-κατασκευής. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στη σταθερότητα του πυλώνα μεταξύ των δύο κλάδων και στην ανάγκη τοποθέτησης κλισιόμετρων για επαλήθευση της συμπεριφοράς του (Εικόνα 41).



Εικόνα 41. Παραδείγματα προηγμένων αριθμητικών προσομοιώσεων για τις σήραγγες OOC West και τον έλεγχο κρίσιμων περιοχών σχεδιασμού α. Plaxis 3D, β. LS'DYNA, γ. FLAC3D και δ. Oasys GSA (προσαρμογή από Vazaios et al., 2025)



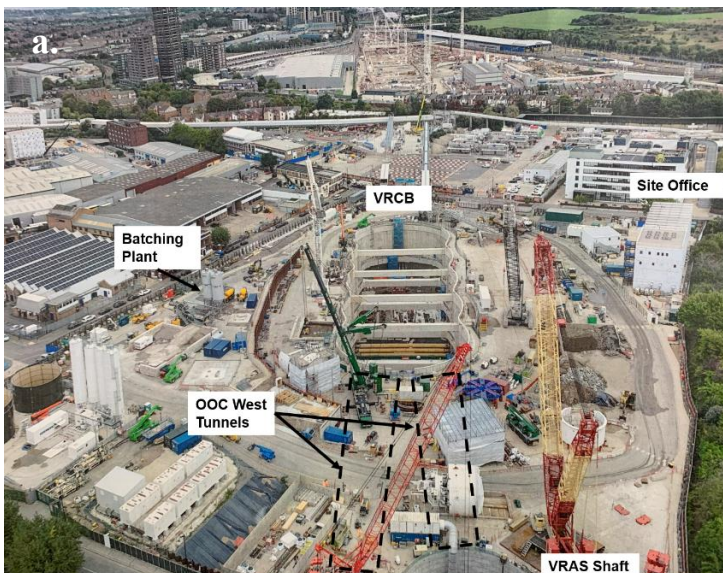
Στις Ανατολικές Σήραγγες, το ζήτημα του πυλώνα εδάφους εξετάστηκε με ακόμη υψηλότερο επίπεδο λεπτομέρειας μέσω τρισδιάστατης ανάλυσης στο LS-DYNA. Η αριθμητική προσομοίωση αναπαρήγαγε ρητά τα στάδια εκσκαφής του πιλότου, άνω άνοιγμα, κάτω άνοιγμα με προσωρινό ανάστροφο τόξο και τελική διεύρυνση, καθώς και τη σύνδεση με το VRCB. Από τις αναλύσεις προέκυψε ότι η ακολουθία εκσκαφής είναι καταλυτική για τη διατήρηση της ευστάθειας του πυλώνα, οδηγώντας σε μείωση των βημάτων προχώρησης στις πιο κρίσιμες φάσεις.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η φιλοσοφία του μόνιμου έργου στις Δυτικές Σήραγγες. Αντί μίας υπερσυντηρητικής παραδοχής πλήρους ανάληψης φορτίων από τη δευτερεύουσα επένδυση, υιοθετήθηκε μια προσέγγιση με αξιολόγηση της μακροχρόνιας συνεισφοράς της πρωτεύουσας επένδυσης και βελτιστοποίηση της δευτερεύουσας. Αυτό επέτρεψε τη χρήση ινοπλισμένου σκυροδέματος ως τυπικής λύσης, με συμβατικό οπλισμό μόνο τοπικά όπου αναμενόταν αυξημένα εφελκυστικά φορτία λόγω μεταβάσεων ή διαφοροποιημένων μετακινήσεων.

5. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ

Η κατασκευή των Δυτικών Σηράγγων ξεκίνησε στα τέλη του 2022 μέσω κατακόρυφης πρόσβασης από φρέαρ VRAS βάθους περίπου 25m. Η οργάνωση του εργοταξίου, η διακίνηση προσωπικού, εξοπλισμού και εκσκαφών, καθώς και η παροχή εκτοξευόμενου σκυροδέματος στο μέτωπο έπρεπε να λειτουργήσουν με ακρίβεια, λόγω των ταυτόχρονων δραστηριοτήτων στο VRCB, στο VRAS και στις γειτονικές υποδομές. Η ακολουθία εκσκαφής περιλάμβανε αρχικά τον πιλότο, στη συνέχεια διεύρυνση με κλείσιμο προσωρινού δακτυλίου μέσω ανάστροφου τόξου και την τελική διεύρυνση για τη διαμόρφωση της πλήρους διατομής.

Κατά τη διεύρυνση των διατομών δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στη σύνδεση μεταξύ σταδίων, στην απόξεση και προετοιμασία των αρμών, καθώς και στη διασφάλιση μονολιθικής συμπεριφοράς της πρωτεύουσας επένδυσης. Πρόκειται για ένα σημείο που συχνά υποτιμάται στη θεωρία, αλλά στο ΟΟC αναγνωρίστηκε ως κρίσιμος παράγοντας επίτευξης της πραγματικής λειτουργίας του SCL δακτυλίου (Εικόνα 42, Εικόνα 43).



Εικόνα 42. Εργοταξιακή οργάνωση, στάδια εκσκαφής και ποιότητα αρμών/διεπιφανειών στις Δυτικές Σήραγγες α. Όψη του εργοταξίου από ψηλά, β. Το εσωτερικό του φρέατος VRAS κατά τη διάρκεια κατασκευής των σηράγγων (προσαρμογή από Vazaios et al., 2025)

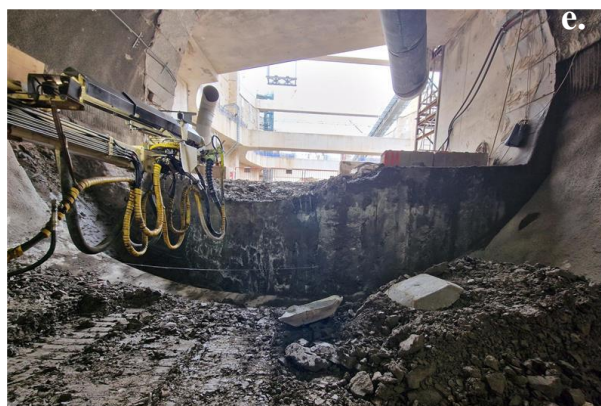
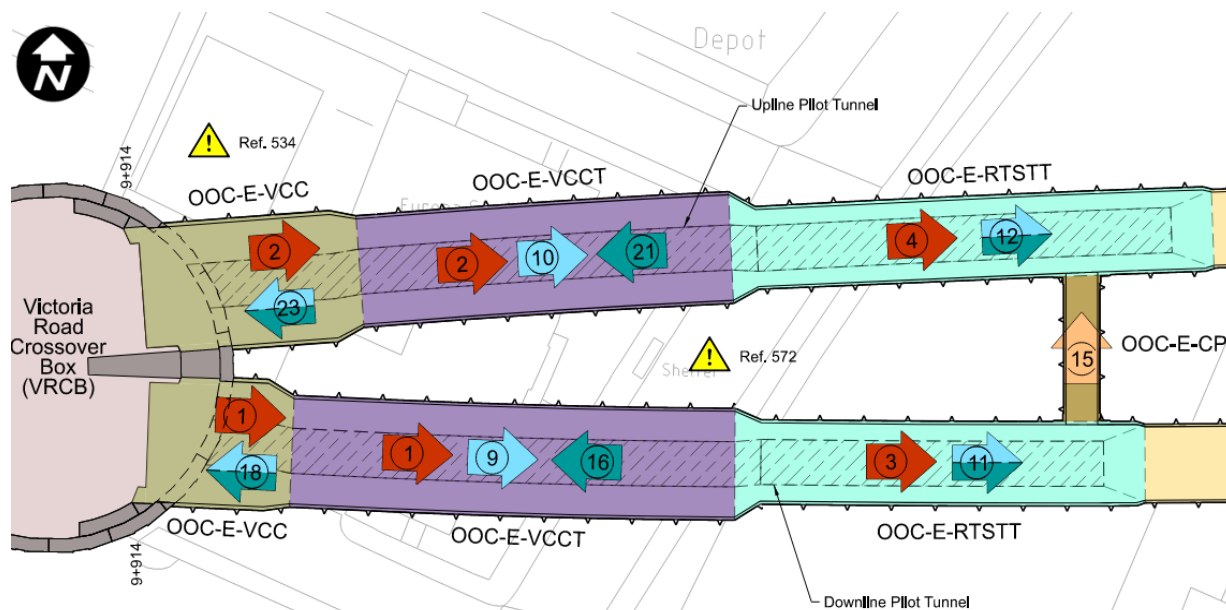


Εικόνα 43. Εργοταξιακή οργάνωση, στάδια εκσκαφής και ποιότητα αρμών/διεπιφανειών στις Ανατολικές Σήραγγες c. Εκσκαφή πιλότου, d. Άνω φάση και e. Κάτω φάση διεύρυνσης f. Προετοιμασία αρμού μεταξύ φάσεων και g. Εγκατάσταση ανάστροφου τόξου (προσαρμογή από Vazaios et al., 2025)

Στις Ανατολικές Σήραγγες η κατασκευαστική λογική ήταν ακόμη πιο σύνθετη. Οι πιλότοι προχώρησαν κανονικά προς τον σταθμό OOC, όμως οι διευρύνσεις προς την περιοχή σύνδεσης με το VRCB εκτελέστηκαν με αντίθετη κατεύθυνση, δηλαδή «επιστρέφοντας» από το εσωτερικό της σήραγγας προς το κουτί. Η επιλογή αυτή υπαγορεύθηκε από τους χωρικούς περιορισμούς εντός του VRCB και από την ανάγκη διατήρησης της λειτουργικότητας του εργοταξίου (Εικόνα 44). Παράλληλα, για την αποφυγή αλληλεπίδρασης μεταξύ των δύο κλάδων, τα μέτωπα της ανόδου και καθόδου διατηρήθηκαν σε

απόσταση περίπου 20 m καθ' όλη τη διάρκεια των εργασιών.

Το παράδειγμα αυτό αναδεικνύει ότι στις σήραγγες SCL μεγάλου ανοίγματος η μέθοδος κατασκευής δεν είναι μια «υστερόβουλη» επιλογή μετά τη μελέτη· είναι μέρος της ίδιας της μελέτης. Η τελική αλληλουχία εκσκαφής στο OOC δεν προέκυψε μόνο από παραγωγικά κριτήρια, αλλά και από ρητή γεωτεχνική τεκμηρίωση σχετικά με την εξέλιξη τάσεων, παραμορφώσεων και απαιτήσεων άμεσης υποστήριξης.



Εικόνα 44. Αλληλουχία εκσκαφής των OOC East Tunnels και ενδεικτικές φωτογραφίες σταδίων κατασκευής: Πάνω: Κατασκευαστική ακολουθία, Κάτω: α,β: Διάνοιξη πιλότου, γ: Πρώτη φάση διεύρυνσης στη σύνδεση, δ,ε: Ολική διεύρυνση και προετοιμασία αρμών. (προσαρμογή από Malhan et al., 2026)

6. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ, ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΑ ΟΡΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Η εγκατάσταση ολοκληρωμένου συστήματος οργανομέτρησης και παρακολούθησης υπήρξε θεμελιώδης για την ασφαλή εκτέλεση των έργων.

Στις Ανατολικές Σήραγγες, όπου το κύριο γεωτεχνικό ερώτημα αφορούσε τον στενό πυλώνα μεταξύ των δύο εκσκαφών, αναπτύχθηκε ειδική στρατηγική ορίων μετρήσεων με βάση τόσο την αντοχή της πρωτεύουσας επένδυσης όσο και την προβλεπόμενη απόκριση του εδάφους από τις αριθμητικές



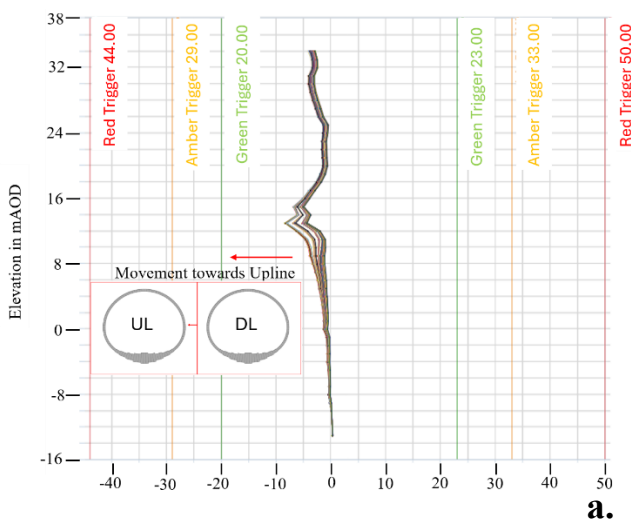
αναλύσεις. Το κλισιόμετρο που τοποθετήθηκε στον πυλώνα παρείχε ημερήσιες μετρήσεις μετακινήσεων, ενώ πρίσματα στο εσωτερικό των σήραγγων κατέγραφαν τη συμπεριφορά των διατομών κατά την εκσκαφή (Εικόνα 45).

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό ότι τα όρια δεν ορίστηκαν εμπειρικά ή αυθαίρετα. Αντίθετα, συσχετίστηκαν με τη σωρευτική αύξηση μετακινήσεων ανά στάδιο εκσκαφής, ώστε να απομονώνεται η επίδραση των ίδιων των σήραγγων από προϋπάρχουσες μετακινήσεις που είχαν ήδη συμβεί λόγω άλλων εργασιών και την αντοχή της διατομής από σκυρόδεμα. Η ερμηνεία των δεδομένων έδειξε σαφή μετατόπιση της κίνησης προς τη σήραγγα που εκσκαπτόταν κάθε φορά, επιβεβαιώνοντας την κατανόηση του μηχανισμού αλληλεπίδρασης. Τα μετρηθέντα μεγέθη παρέμειναν εντός των προβλεπόμενων ορίων, γεγονός που επιβεβαίωσε ότι ο πυλώνας λειτούργησε επαρκώς και ότι οι επιλογές ακολουθίας ήταν ορθές.

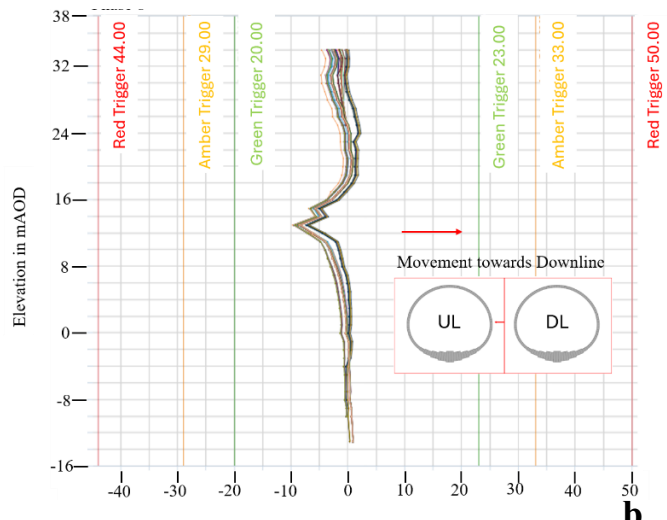
Παράλληλα, είχαν αναπτυχθεί πρόσθετα μέτρα αντιμετώπισης για ενδεχόμενη υπέρβαση ορίων,

ενδεικτικά μείωση βήματος εκσκαφής, μερική εκσκαφή, καρφιά μετώπου, δοκοί προϋποστήριξης και –εφόσον απαιτείτο– αύξηση πάχους του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Η ύπαρξη εκ των προτέρων συμφωνημένων μέτρων με σαφή κριτήρια ενεργοποίησης είναι από τα σημαντικότερα διδάγματα του έργου και συνδέει τη γεωτεχνική παρακολούθηση με πραγματική διαχείριση κινδύνου σε πραγματικό χρόνο.

Στις Δυτικές Σήραγγες η παρακολούθηση/οργανομέτρηση λειτούργησε επίσης ως βασικός μηχανισμός επαλήθευσης, τόσο για την προστασία γειτονικών υποδομών όσο και για την επιβεβαίωση της συμπεριφοράς του SCL δακτυλίου σε διαφορετικές διατομές και στάδια. Η στενή εμπλοκή του Αντιπροσώπου του Μελετητή μέσα στην ομάδα του Εργολάβου επέτρεψε ουσιαστικά μια διαδικασία μεθόδου παρατήρησης (observational method) στην πράξη, με γρήγορη ερμηνεία των δεδομένων και άμεση τεχνική υποστήριξη προς όφελος της κατασκευής.



a.



b.

Εικόνα 45. Ενδεικτικά αποτελέσματα inclinometer για την παρακολούθηση του πυλώνα εδάφους μεταξύ των ανατολικών δίδυμων σήραγγων α κατά τη διάνοιξη της Ανόδου και b. της Καθόδου (προσαρμογή από Malhan et al., 2026)

7. ΒΑΣΙΚΑ ΔΙΔΑΓΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΥΠΟΓΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Η εμπειρία του ΟΟC επιβεβαιώνει ότι η επιτυχία σε μεγάλες σήραγγες SCL εξαρτάται από την πρώιμη και ουσιαστική ενσωμάτωση της κατασκευής στη μελέτη. Η αλληλεπίδραση με τον ανάδοχο δεν λειτούργησε συμβουλευτικά, αλλά διαμορφωτικά:

βήματα προχώρησης, μέθοδος πρόσβασης, λογιστική εργοταξίου και χρονισμός εργασιών τροφοδότησαν άμεσα τις τεχνικές αποφάσεις.

Η ρεαλιστική προσομοίωση του εδάφους είναι κρίσιμη όταν οι παραμορφώσεις και οι αλληλεπιδράσεις καθορίζουν τον σχεδιασμό. Σχηματισμοί όπως η Άργιλος του Λονδίνου δεν



μπορούν να προσεγγίζονται ικανοποιητικά μόνο με απλοποιημένα ελαστοπλαστικά μοντέλα, ιδιαίτερα όταν η συμπεριφορά σε μικρές παραμορφώσεις επηρεάζει τόσο την ασφάλεια όσο και την ανοχή μετακινήσεων.

Επιπρόσθετα, στις περιπτώσεις δίδυμων σιράγγων σε πολύ μικρή απόσταση, ο «πυλώνας εδάφους» πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ξεχωριστό αντικείμενο σχεδιασμού και όχι ως απλό γεωμετρικό υπόλειμμα. Το OOC East έδειξε ότι η ευστάθειά του μπορεί να εξασφαλιστεί ακόμη και σε πολύ απαιτητικές συνθήκες, αρκεί να εξεταστούν σωστά η ακολουθία, τα μήκη βημάτων, η προϋποστήριξη και το καθεστώς παρακολούθησης/οργανομετρήσεων.

Ειδικά για το τελευταίο, η παρακολούθηση αποκτά πραγματική αξία όταν συνδέεται με όρια/σχέδια δράσης και με επαρκή ικανότητα της ομάδας του έργου να λαμβάνει γρήγορες αποφάσεις. Η οργανομέτρηση δεν είναι αυτοσκοπός, είναι μέρος της μεθόδου παράδοσης του έργου.

Τέλος, το OOC αναδεικνύει ότι τα μεγάλα υπόγεια έργα σε πόλεις απαιτούν ταυτόχρονα τεχνική ακρίβεια και οργανωτική ωριμότητα. Η επιτυχία δεν προκύπτει μόνο από την ορθότητα των υπολογισμών, αλλά και από την ικανότητα όλων των εμπλεκόμενων να λειτουργούν ως ενιαίο τεχνικό σύστημα.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι σήραγγες OOC West και OOC East του έργου HS2 συνιστούν ένα ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικό διεθνές παράδειγμα του πώς η σύγχρονη υπόγεια μηχανική μπορεί να αντιμετωπίσει απαιτητικές γεωμετρίες, έντονες αλληλεπιδράσεις και αυστηρούς περιορισμούς αστικού περιβάλλοντος με τη χρήση της μεθόδου SCL. Η επιτυχής υλοποίησή τους βασίστηκε σε τέσσερις πυλώνες: ρεαλιστική γεωτεχνική κατανόηση του εδάφους, προηγμένη αριθμητική ανάλυση, σχεδιαστικό συντονισμό με τη μέθοδο κατασκευής και αυστηρή παρακολούθηση με σαφή σχεδιαστικά όρια.

Ιδίως η περίπτωση των Ανατολικών Σιράγγων, με δύο διατομές πλάτους περίπου 14,9 m και πολύ στενό ενδιάμεσο πυλώνα, δείχνει ότι ακόμη και εξαιρετικά

δυσμενείς διαμορφώσεις μπορούν να υλοποιηθούν με ασφάλεια όταν η κατασκευαστική ακολουθία προκύπτει από τεκμηριωμένη ανάλυση και υποστηρίζεται από συνεχή και ενδεδειγμένη παρακολούθηση. Αντίστοιχα, οι Δυτικές Σήραγγες ανέδειξαν την αξία της βελτιστοποίησης των μόνιμων έργων και της έγκαιρης παράδοσης κρίσιμων υποδομών που επηρεάζουν ολόκληρη την αλυσίδα κατασκευής του έργου.

Για την ελληνική τεχνική κοινότητα, το OOC προσφέρει πολύτιμα μαθήματα για μελλοντικά έργα σε αστικά περιβάλλοντα, σταθμούς, υπόγειες διατάξεις, σήραγγες μεταβαλλόμενης διατομής και υπόγειες συνδέσεις με σύνθετες αλληλεπιδράσεις. Συνολικά, πρόκειται για ένα έργο-ορόσημο που δείχνει πώς η υπόγεια μηχανική εξελίσσεται όταν μελέτη, παρακολούθηση και κατασκευή λειτουργούν ως ένα ενιαίο σύστημα λήψης αποφάσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Vazaios, I., Mangione, M., Jensen, J., Lager, H. & Mello, F. (2025). Wide-span sprayed concrete lining tunnels within an active urban environment: The case of the HS2 mined tunnels.
- Malhan, L., Uddin, S., Vazaios, I., Mangione, M., Lager, H. & Mello, F. (2026). Design and construction of closely spaced wide-span SCL twin tunnels in heavily consolidated clay: The case of the HS2 Old Oak Common mined tunnels.
- King, C. (1981). The stratigraphy of the London Clay and associated deposits. Tertiary Research Special Paper.
- Hight, D.W., McMillan, F., Powell, J.J.M., Jardine, R.J. & Allenou, C.P. (2003). Some characteristics of London Clay.
- Gasparre, A., Nishimura, S., Minh, A., Coop, M.R. & Jardine, R.J. (2007). The stiffness of natural London Clay. *Géotechnique* 57(1), 33–47.
- Jovičić, V., Jurečić, N. & Vilhar, G. (2023). Modelling the Structure and Anisotropy of London Clay Using the SA_BRICK Model. *Applied Sciences* 13(2), 880.





6 Υπόγεια Παρακαταθήκη: Τα Έργα της ΔΕΗ – Σύντομο Ιστορικό

Μια σύντομη αναδρομή στη διαδρομή της ΔΕΗ στα υπόγεια έργα

**Κωνσταντίνος Αναστασόπουλος, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ
Μηχανικός Κατασκευής ΚΕΨΕ Νέστου (ΔΕΗ Α.Ε./ΔΑΥΕ 1980 – 2011, ΚΕΨΕ Νέστου 1986 – 1993)**

Τομέαρχης Γεωτεχνικών και Γεωλογικών Μελετών (ΔΕΗ Α.Ε./ ΔΑΥΕ, 2002 – 2011)

**Νίκος Καζίλης, Πτυχιούχος Γεωλόγος ΕΚΠΑ, M.Sc., DIC, MBA,
Συνταξιούχος-Ενεργός Σύμβουλος**

Η ΔΕΗ Α.Ε. υπήρξε πρωτοπόρος στην υλοποίηση υπογείων έργων στην Ελλάδα στα πλαίσια της ανάπτυξης της υδροηλεκτρικής παραγωγής. Γενικά, τα υδροηλεκτρικά έργα περιλαμβάνουν, κατά περίπτωση, υπόγειες κατασκευές, όπως σήραγγες (υδραυλικές, οδικές, προσπέλασης-κατασκευής, αποστραγγίσεων και τσιμεντενέσεων), θαλάμους (σταθμών παραγωγής, μετασχηματιστών, βαλβίδων, ανάπαλσης κλπ) και φρέατα (ανάπαλσης, θυροφραγμάτων, καλωδίων κλπ), που αποτελούν λειτουργικά αναπόσπαστα τμήματα του συστήματος υδροηλεκτρικής παραγωγής.

Στο παρόν γίνεται μία συνοπτική αναφορά στα υπόγεια έργα που εκτελέστηκαν από τη ΔΕΗ Α.Ε. και παρουσιάζονται γενικές εμπειρίες που αποκτήθηκαν σε ορισμένα από αυτά τα οποία μπορούν να χαρακτηριστούν ως εμβληματικά. Η περίοδος που καλύπτεται είναι πρακτικά από το 1955 έως το 1995 (διαχωριζόμενη σε δύο περιόδους, (1955-1972 και 1972-1995, αντίστοιχα). Το 1995 προσδιορίζεται ως ορόσημο-σταθμός, καθώς έκτοτε η προσέγγιση του σχεδιασμού και της κατασκευής των υπόγειων έργων έχει αλλάξει σημαντικά, λόγω της διαθεσιμότητας νέας γνώσης και νέων μελετητικών εργαλείων όπως επίσης και της εισαγωγής νέων μεθόδων και εξοπλισμού κατασκευής. Επιπρόσθετα σημειώνεται ότι μετά το 1995 η κατασκευή μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων από τη ΔΕΗ Α.Ε. επιβραδύνθηκε σημαντικά (περιορίστηκε στην κατασκευή των έργων Ιλαρίωνα και Μετσοβίτικου), ενώ υλοποιήθηκε πληθώρα υπογείων έργων από

άλλους φορείς (ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ, ΕΓΝΑΤΙΑ Α.Ε., ΕΡΓΟΣΕ, Υπ. Δημ. Έργων κλπ), με συνέπεια η σχετική τεχνογνωσία να έχει πλέον μεταφερθεί και αναπτυχθεί ευρύτερα στον Ελληνικό χώρο.

Κατά την περίοδο 1955-1972, τα πρώτα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα (Άγρας-Εδεσσαίος, Λούρος, Ταυρωπός, Λάδωνας, Κρεμαστά, Καστράκι και Πολύφυτο) σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν από ξένες εταιρείες. Έλληνες μηχανικοί και γεωλόγοι συμμετείχαν στην επίβλεψη της κατασκευής τους, αποκτώντας σημαντική εμπειρία. Ωστόσο, λόγω των πολλών ετών που έχουν περάσει από τότε, οι πληροφορίες σχετικά με την μελέτη και κατασκευή των έργων αυτών είναι περιορισμένες.

Κατά την περίοδο 1972 – 1995, ο σχεδιασμός καθώς και η επίβλεψη μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων (Πουρνάρι, Σφηκιά, Ασώματα, Πηγαί Αώου, Στράτος, Μεσοχώρα, Θησαυρός, Πλατανόβρυση και σήραγγα εκτροπής Ιλαρίωνα) που περιλαμβάνουν σημαντικές υπόγειες κατασκευές, ακολούθησε τη σύσταση το 1972 από τον Καθηγητή Σ. Νικολάου του ΚΜΥ ως Γραφείο για τη μελέτη και την επίβλεψη του Φράγματος Πουρναρίου. Το γραφείο αυτό, εντός της δομής της ΔΕΗ Α.Ε., στελεχώθηκε από προσωπικό της ΔΕΗ Α.Ε. καθώς και από έμπειρους μηχανικούς και γεωλόγους από τη διεθνή αγορά, με εμπειρία στο χώρο των φραγμάτων και των Υδροηλεκτρικών Έργων γενικότερα. Το ΚΜΥ στη συνέχεια ενσωματώθηκε στη Διεύθυνση Ανάπτυξης Υδροηλεκτρικών Έργων (ΔΑΥΕ) της ΔΕΗ Α.Ε. και η νέα διεύθυνση εκπόνησε τη μελέτη και υλοποίησε





την επίβλεψη των υπόλοιπων προαναφερθέντων έργων.

Για ορισμένα από τα έργα (περιπτώσεις του φράγματος με ανάντη πλακά σκυροδέματος (CFRD) Μεσοχώρας και του φράγματος από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα (RCC) Πλατανόβρυσης - τα υπόλοιπα ήταν χωμάτινα/λιθόρριπτα) κρίθηκε απαραίτητη και η προσφυγή και σε ξένους εμπειρογνώμονες (Barry Cooke και Bayardo Materon στη Μεσοχώρα και Malcolm Dunstan και Ernest Schrader στην Πλατανόβρυση), λόγω της ανεπαρκούς γνώσης κατά την εποχή εκείνη τόσο για θέματα μελέτης και προδιαγραφών όσο και (κυρίως) μεθόδων κατασκευής για τους συγκεκριμένους τύπους φραγμάτων. Παράλληλα, η ΔΑΥΕ είχε συστήσει σώμα Συμβούλων / Εμπειρογνομόνων (Board of Consultants), διεθνούς φήμης, το οποίο απαρτιζόταν κατά βάση από τους Victor Milligan, Evert Hoek, Winfried Riemer, Gerhard Sauer και Παύλο Μαρίνο και το οποίο, με εναλλασσόμενες συνθέσεις, εκτελούσε ετήσιες (και ενδιάμεσες, εφόσον απαιτείτο) επισκέψεις στα υπό κατασκευή έργα, συμβάλλοντας έτσι τόσο στη μετάγχιση γνώσης και εμπειρίας όσο και στην αντιμετώπιση σημαντικών θεμάτων και προβλημάτων που κατά καιρούς προέκυπταν κατά τη διάρκεια της υλοποίησης των έργων.

Τονίζεται ιδιαίτερα ότι η ΔΕΗ Α.Ε. ως κύριος των Υδροηλεκτρικών Έργων της είχε την πλήρη ευθύνη τόσο για τη μελέτη όσο και την επίβλεψη της κατασκευής τους. Ειδικότερα και αναφορικά με την επίβλεψη της κατασκευής, είχαν συσταθεί επιτόπου

των έργων οργανικά κλιμάκια (Κ.ΕΨ.Ε.) της ΔΕΗ Α.Ε. Τα Κ.ΕΨ.Ε. ήταν στελεχωμένα με πολυάριθμο τεχνικό προσωπικό όλων των τεχνικών ειδικοτήτων (μηχανικοί, γεωλόγοι, εργοδηγοί, σχεδιαστές κλπ) και είχαν την ευθύνη της καθημερινής καθοδήγησης, επίβλεψης και εποπτείας των εργασιών, εκδίδοντας όπου αυτό ήταν αναγκαίο και σε συνεργασία με τη Διεύθυνση Μελετών της ΔΑΥΕ οδηγίες για την αντιμετώπιση όποιων προβλημάτων προέκυπταν κατά την κατασκευή. Η μεθόδευση αυτή οδηγούσε σε ταχύτερη επίλυση των θεμάτων που ανέκυπταν κατά την κατασκευή, αποφεύγοντας κατά το δυνατόν μεγάλες καθυστερήσεις και συνεπώς αντίστοιχες οικονομικές απαιτήσεις των αναδόχων κατασκευής. Η αποκτηθείσα εμπειρία της ΔΕΗ Α.Ε. στα υπόγεια έργα από το 1995 και μετά μεταλαμπαδεύτηκε σε ιδιωτικούς εγχώριους μελετητικούς και κατασκευαστικούς φορείς μέσω των τεχνικών της ΔΕΗ Α.Ε. (είτε μετά την συνταξιοδότησή τους, είτε με αποσπάσεις και μετακινήσεις τους σε άλλους Δημόσιους φορείς - π.χ. ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ ΑΕ, ΕΡΓΟΣΕ ΑΕ, ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ ΑΕ, Υπουργεία κλπ). Επιπλέον, η ενσωμάτωση επιπρόσθετης σύγχρονης γνώσης και νέων εργαλείων και τεχνολογιών, οδήγησε στην επιτυχή υλοποίηση πολύ σημαντικών υπογείων έργων, κυρίως οδικών και σιδηροδρομικών (σηράγγων, υπογείων σταθμών μετρό κλπ), με αποτέλεσμα η πατρίδα μας σήμερα να ευρίσκεται σε πολύ ψηλό επίπεδο διεθνώς, τόσο στην εκπόνηση εξειδικευμένων μελετών όσο και στην αποτελεσματική υλοποίηση πολύπλοκων και σύνθετων υπογείων έργων.



7 Τα υπόγεια έργα της ΔΕΗ με την ματιά ενός βετεράνου Τεχνικού Γεωλόγου του Νίκου Καζίλη, που πέρασε και από την ΔΕΗ

Η ματιά των ανθρώπων μέσα στα υπόγεια έργα

Νίκος Καζίλης

Πτυχιούχος Γεωλόγος ΕΚΠΑ, M.Sc., DIC, MBA

Συνταξιούχος-Ενεργός Σύμβουλος

*Τεχνικός Γεωλόγος – Γεωτεχνικός Εμπειρογνώμονας και Σύμβουλος, με πολυετή εμπειρία στη διοίκηση έργων, μελετών και συμβάσεων μεγάλων έργων υποδομής στην Ελλάδα και διεθνώς. Η επαγγελματική του δραστηριότητα επικεντρώνεται στην τεχνική γεωλογία και τη γεωτεχνική μηχανική, με ιδιαίτερη εμπειρία σε **σήραγγες και υπόγεια έργα, μετρό, φράγματα και υδροηλεκτρικά έργα, αυτοκινητοδρόμους και σιδηροδρομικά έργα**, έχοντας αναλάβει θέσεις ευθύνης ως Project Director, Team Leader και Project Manager σε σημαντικά έργα διεθνώς. Μεταξύ των σημαντικότερων θέσεων που κατείχε κατά την επαγγελματική του πορεία, διετέλεσε **Senior Engineering Geologist στη ΔΕΗ (1984–1997)**, **Manager of Tunnels Discipline στην Εγνατία Οδό Α.Ε. (1997–2004)** και **Διευθυντής του ελληνικού κλάδου της Geodata Engineering S.p.A. (2005–2021)**, με αρμοδιότητες στη διοίκηση και τον συντονισμό μελετών και έργων σιδηράγων, μετρό και υδροηλεκτρικών έργων. Από το 2022 δραστηριοποιείται ως ανεξάρτητος εμπειρογνώμονας και σύμβουλος.*

*Έχει επίσης σημαντική θεσμική παρουσία στον χώρο των σιδηράγων και υπόγειων έργων, έχοντας διατελέσει **Αντιπρόεδρος της Ελληνικής Επιτροπής Σιδηράγων και Υπογείων Έργων (2003–2006)** και μέλος της **Εκτελεστικής Επιτροπής της International Tunnelling and Underground Space Association – ITA (2013–2016)**.*

Η πρώτη μου «ενεργός» (με την έννοια, αρχικά της πρακτικής φοιτητικής εργασίας και κυρίως αργότερα με την επαγγελματική ενασχόληση) εμπειρία με τα υπόγεια έργα, ήλθε το καλοκαίρι του 1973. Δευτεροετής φοιτητής του Γεωλογικού Τμήματος του ΕΚΠΑ, είχα τολμήσει (και βέβαια στάθηκα τυχερός που βρήκα την ευκαιρία) να δουλέψω σαν βοηθός γεωλόγου στο συγκρότημα του Μαντέμ Λάκκου των Μεταλλείων Κασσάνδρας της Χαλκιδικής. Θυμάμαι (σαν να ήταν χτες), την πρώτη κιόλας ημέρα της υπηρεσίας μου εκεί: ενώ ο Αρχι-γεωλόγος του Μαντέμ Λάκκου, Κώστας Γρίβας, μου έκανε εισαγωγική εισήγηση για το μεταλλευτικό έργο, τα υπόγεία του, τα μέσα ατομικής προστασίας στον χώρο των υπογείων έργων και το αντικείμενο της εργασίας μου, χτύπησε ξαφνικά το τηλέφωνο που τον καλούσε να μεταβεί αμέσως στην στοά 335, διότι υπήρχε πρόβλημα με την αντλία και είχε πλημμυρίσει η στοά. Η «εισήγηση»

σταμάτησε απότομα, μου ζητήθηκε να φορέσω αμέσως τα μέτρα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) και ένα ζευγάρι ψηλές μπότες μέχρι τον μηρό (για πρώτη φορά στην ζωή μου) και να συνοδέψω τον αρχι-γεωλόγο μέχρι την στοά 335. Έτσι, άρχισε το ταξίδι της (αρχικά φοιτητικής τότε, αλλά και της μετέπειτα επαγγελματικής) ζωής μου στον θαυμαστό χώρο των υπογείων έργων. Κατεβαίναμε και κατεβαίναμε λοιπόν, περνώντας μέσα από γενικά περιορισμένου μεγέθους, στενάχωρες, στοές, φιρέδες με σκαλοπάτια, φρέατα κλπ. Όλη η διαδρομή προς την βαθιά καρδιά του μεταλλείου ήταν για μένα πρωτόγνωρη (πρώτη φορά για την αφεντιά μου, γαρ) και κάπως φοβισμένα σιωπηλή, με περιστασιακούς θορύβους μόνο που προερχόταν από τους κτύπους του κράνους μου, σε διάφορα σημεία της ξύλινης υποστήριξης (κυρίως ξύλινα πλαίσια με «πασαβάδια») των υπογείων έργων, αλλά και των εμφανίσεων της βραχομάζας στις κατά



περίπτωση υποσκαφές. Κατάλαβα αμέσως την μεγάλη χρησιμότητα και την ασφάλεια που παρέχει το κράνος στο κρανίο, μέσα στα υπόγεια έργα. Για πρώτη φορά αντίκρυζα, τις εντυπωσιακές εμφανίσεις της πολύ ενδιαφέρουσας ακάλυπτης βραχομάζας εκ των έσω (στα σπλάχνα του μεταλλείου – πολύ διαφορετική από αυτές της επιφάνειας του εδάφους), όπως αυτή είχε αποκαλυφθεί στις υπόγειες εκσκαφές. Μαγεύτηκα από το μεγαλείο του να βλέπεις την ακάλυπτη (δεν χρησιμοποιούσαν τότε το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα) βραχομάζα εκ των έσω – η πρώτη ευχάριστη έκπληξη για έναν φοιτητή γεωλογίας. Μετά από την μακρινή (για μένα τότε, πρώτη διαδρομή) προς τα σπλάχνα της γης, φτάσαμε επί τέλους στην στοά 335. Ήταν πλημμυρισμένη και το γεγονός δικαιολόγησε πλήρως τις ψηλές, μέχρι τον μηρό και γενικά δύσχρηστες στο περπάτημα, πλαστικές μπότες. Ο αρχι-γεωλόγος Γρίβας ασχολήθηκε με τις λεπτομέρειες της αντλίας (πολύ περίεργο για μένα τότε καθότι οι αντλίες δεν ήταν στο διδακτικό μας πρόγραμμα) και σε είκοσι περίπου λεπτά, η βλάβη της αντλίας αποκαταστάθηκε. Μείναμε περίπου μια ώρα μέσα στην στοά 335, μέχρι να «ξεनेρίσει» και να διασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία εκείνου του τμήματος του μεταλλείου. Όμως, μόλις η στοά ξενέρισε, άρχισε ο πολύβουος οργασμός της παραγωγής, με εκκωφαντικό θόρυβο (που αρχικά με φόβισε πολύ, αλλά αργότερα το είχα συνηθίσει) από τα «τιγκάκια» δηλαδή τους μικρούς φορτωτές, να φορτώνουν, να κουβαλούν το μετάλλευμα και να το αποθέτουν στα στόμια των παρακατακόρυφων πολλές φορές «αόρατων» φρεάτων για την μεταφορά του με βαρύτητα στα χαμηλότερα σημεία του μεταλλείου και στην συνέχεια για την μαζική μεταφορά του προς την επιφάνεια του εδάφους, μέσω ενός μεγάλου βιομηχανικού ασανσέρ που μόλις τότε είχε κατασκευασθεί. Από εκείνη την πρώτη μου σχετικά κουραστική, αλλά ευχάριστη ημέρα, κράτησα δύο σημεία : (α) το μεγαλείο, να βλέπεις, να αγγίζεις, την βραχομάζα εκ των έσω (των υπογείων), να μετράς τα στοιχεία των ασυνεχειών και των ρηγμάτων της, όπως αυτά αποκαλύπτονται μετά την υπόγεια εκσκαφή χωρίς διαβρώσεις, να προσπαθείς να χαρτογραφήσεις με ακρίβεια τις επαφές μεταξύ των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών σε σχέση με το υπόγειο άνοιγμα, να προσπαθείς με ασκήσεις ευκλείδειας γεωμετρίας και στερεομετρίας, να προβλέψεις τι και πως αναμένεται να συναντηθεί στον διπλανό υπόγειο

θάλαμο (αμέσως μετά τον στύλο-βραχοκολώνα) και γενικά να προσπαθείς σε άμεσο χρόνο να συνθέσεις την αποκαλυπτόμενη βραχομάζα με τους υπόγειους χώρους του μεταλλείου, την συνέχεια ή την ασυνέχειά της κλπ και (β) το στενάχωρο και κατ' αρχήν κλειστοφοβικό του μεταλλευτικού υπόγειου έργου (τουλάχιστο όπως ήταν τότε ο Μαντέμ Λάκκος). Η αρχή της επαγγελματικής πορείας μου στην ζωή είχε συντελεστεί: τα υπόγεια έργα θα ήταν ο στόχος μου στην μελλοντική επαγγελματική μου ζωή με το αγκάθι βέβαια του περιορισμένου και στενάχωρου (για μένα τότε) του μεταλλευτικού υπόγειου έργου.

Στην γενικότερη προσπάθειά μου να έλθω σε επαφή με «μεγαλύτερου μεγέθους» υπόγεια έργα, βρέθηκα να παρακολουθώ μεταπτυχιακές σπουδές (επιπέδου Μάστερ) Τεχνικής Γεωλογίας και Βραχομηχανικής στο Imperial College του Πανεπιστημίου του Λονδίνου, το ακαδημαϊκό έτος 1975-1976. Στα πλαίσια των σπουδών εκείνων και ειδικότερα σε μια εκπαιδευτική εκδρομή, είχα επισκεφθεί στην διάρκεια της κατασκευής, τους περίπλοκους υπόγειους θαλάμους (σταθμό παραγωγής, μετασχηματιστών, βαλβίδων, ανάπαλσης κλπ) του αντλησιοταμιευτικού υδροηλεκτρικού έργου Dinorwig στην Βόρεια Ουαλία του Ηνωμένου Βασιλείου. Τεράστιου μεγέθους υπόγεια έργα πολιτικού μηχανικού : σήραγγες (προσπέλασης, κατασκευαστικές, υδραυλικές, καλωδίων, busbar κλπ) υπόγειοι θάλαμοι τεράστιου μεγέθους (σταθμού παραγωγής, μετασχηματιστών), φρέατα (πίεσης, ανάπαλσης κλπ) με την βραχομάζα να αποκαλύπτεται παντού σε όλα τα μέτωπα (βέβαια για λίγο καθότι καλυπτόταν αμέσως από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα κλπ). Εκστασίαστηκα. Ήμουν ο τελευταίος μεταπτυχιακός φοιτητής της ομάδας που βγήκε από τα υπόγεια του Σταθμού και εκείνο, με φωνές του Καθηγητή, που ήταν ο αρχηγός της εκπαιδευτικής αποστολής. Η επίσκεψη εκείνη, χαράχτηκε πολύ έντονα στην ψυχή μου και συνετέλεσε αποτελεσματικά στην δημιουργία του επαγγελματικού μου οράματος, σκιαγράφοντας γενικά τον χώρο της επιθυμητής μελλοντικής μου επαγγελματικής ενασχόλησης. Και να που τον Ιούλιο του 1984 (μετά από κάποια χρόνια ενασχόλησης σε εκπόνηση γεωλογικών και γεωτεχνικών μελετών και κυρίως προγραμματισμού, επίβλεψης και αξιολόγησης γεωερευνητικών εργασιών στις θέσεις έργων, σε γραφεία υδραυλικών και γεωτεχνικών μελετών φραγμάτων και υπογείων





έργων), με λίγη τύχη και την καταλυτική βοήθεια γνωριμιών (πρωτίστως από προηγούμενες εργασίες στον χώρο των μελετών και όχι ανεπίτρεπτα ευνοιοκρατικά), βρέθηκε στην ΔΕΗ/ΔΑΥΕ (Διεύθυνση Ανάπτυξης Υδροηλεκτρικών Έργων). Το όραμά μου παίρνει «σάρκα και οστά». Τους λίγους πρώτους μήνες ήμουν στο Κλιμάκιο Επίβλεψης Έργων (ΚΕΨΕ) Αλιάκμονα, όπου ασχολήθηκα με εκπόνηση γεωλογικών και γεωτεχνικών μελετών και σχεδιασμό, επίβλεψη και αξιολόγηση γεωερευνητικών εργασιών, σε αρκετές θέσεις φραγμάτων και ταμιευτήρων Υ.Η.Ε. κατά μήκος του ποταμού Αλιάκμονα (Παλιάλωνα, Ελάφι, Αγάπη, Βενέτικο, Μετόχι, Καλόχι κλπ). Το 1985 μετατέθηκα στο Κλιμάκιο Επίβλεψης Έργων (ΚΕΨΕ) Θεσσαλίας για το έργο πολλαπλής σκοπιμότητας (με κύρια παράμετρο την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας) της Εκτροπής του Αχελώου στην Θεσσαλία. Το έργο περιελάμβανε τα Υ.Η.Ε., Μεσοχώρας, Συκιάς, Πύλης και Μουζακίου, μετά των συνοδών τους υπογείων έργων, όπως επίσης και τις μεταξύ τους υπόγειες διασυνδέσεις με πολύ σημαντικά υπόγεια έργα, το οποίο δυστυχώς δεν ολοκληρώθηκε. Από τα παραπάνω αναφερθέντα έργα, το ΥΗΕ Μεσοχώρας (σχεδόν ολοκληρώθηκε) και κάποιες κατασκευές υπογείων έργων (κυρίως τις σήραγγες Εκτροπής στους ποταμούς, Αχελώο και Κουμπουργιανίτη για το φράγμα Συκιάς, Πορταϊκό για το φράγμα της Πύλης και Πάμισο ή Μπλιούρη για το φράγμα στο Μουζάκι). Το όραμά μου ολοκληρώθηκε, καθότι βρέθηκε πλέον στην προ πολλού προσδοκώμενη θέση, στον χώρο υλοποίησης υδροηλεκτρικών έργων, με τα πολλά, σύνθετα και πολύπλοκα υπόγεια έργα.



Εικόνα 46. Πρόγραμμα των έργων της Εκτροπής Αχελώου στην Θεσσαλία (περιελάμβανε, το Φράγμα και ταμιευτήρα Μεσοχώρας, το Φράγμα και ταμιευτήρα Συκιάς στον Αχελώο, το φράγμα και ταμιευτήρα Πύλης στον ποταμό Πορταϊκό και το φράγμα και ταμιευτήρα Μουζακίου στον ποταμό Πάμισο).



Εικόνα 47. Πρόγραμμα των έργων Αχελώου (περιελάμβανε, το Φράγμα και ταμιευτήρα Μεσοχώρας, το Φράγμα και ταμιευτήρα Συκιάς).

Αρχικά ασχολήθηκα με την εκπόνηση, γεωλογικών και γεωτεχνικών μελετών, την σύνταξη συμβατικών τευχών για την εκτέλεση γεωερευνητικών εργασιών στις θέσεις των έργων (φράγμα και ταμιευτήρας Μεσοχώρας, Φράγμα και ταμιευτήρας Συκιάς, Φράγμα και ταμιευτήρας Πύλης, Φράγμα και ταμιευτήρας Μουζακίου, την μεγάλη σήραγγα της εκτροπής προς την Θεσσαλία, στις συνδετήριες σήραγγες μεταξύ των ταμιευτήρων Πύλης και Μουζακίου κλπ). Αμέσως μετά άρχισε η υλοποίηση με την κατασκευή των υπογείων έργων, αρχικά με την σήραγγα εκτροπής Μεσοχώρας υπογείου ανοίγματος 11,0 μ, στην θέση φράγματος στον ποταμό Αχελώο και στην συνέχεια με τις δύο σήραγγες εκτροπής (Κουμπουργιανίτικου και Αχελώου), υπογείου ανοίγματος 10 και 11 μ. αντίστοιχα. Οι μελέτες (με τα σχέδια για κατασκευή) και τα συμβατικά τεύχη των υπόψη έργων είχαν ετοιμασθεί από τον Κλάδο Μελετών της ΔΑΥΕ στην Αθήνα και είχαν σταλεί το ΚΕΨΕ για εφαρμογή από τους Αναδόχους κατασκευής.



Εικόνα 48. Γενική Διάταξη του Φράγματος Μεσοχώρας με την σήραγγα εκτροπής στο άνω μέρος του σχεδίου.



Το πρώτο στοιχείο που μου έκανε μεγάλη εντύπωση, ήταν ότι οι μελέτες των υπογείων έργων από γεωτεχνική άποψη τότε ήταν πολύ πρωτόλειες, βασιζόμενες καθαρά σε εμπειρικές θεωρήσεις. Η οργάνωση της παραγωγής των μελετών της ΔΑΥΕ, παρόλο το πρωτοποριακό της πνεύμα, ειδικά στα υδραυλικά και Η/Μ θέματα, δεν είχε προχωρήσει επαρκώς στην εφαρμογή νέων θεωρητικών μεθοδολογιών και τεχνολογιών μελετών γεωτεχνικής μηχανικής στα υπόγεια έργα. Στην συνέχεια, κατάλαβα, ότι ίσως αυτό τελικά να μην ήταν και τόσο απαραίτητο, μιας και οι επιλεχθείσες στενές θέσεις των φραγμάτων και συνεπώς και των συνοδών τους υπογείων έργων, ήταν πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους (χωρίς σημαντική επιρροή από επί τόπου τάσεις) και τα υπόγεια έργα γενικά μέσα σε συμπαγή σκληρά πετρώματα με συνήθως ευνοϊκές έως πολύ ευνοϊκές τεχνικογεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες, όπου βασικά επικρατούσαν κυρίως οι βαρυτικές μορφές αστοχιών βραχομάζας. Ήταν η χαρά του Τεχνικού Γεωλόγου, να χαρτογραφεί γεωλογικά, να μετρά και να καταγράφει τα τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά των βραχομαζών (ακεραίου πετρώματος και ασυνεχειών), να αξιολογεί τον αντίκτυπο των συνθηκών στην προσωρινή υποστήριξη και να προβαίνει δημιουργικά σε τροποποιήσεις, της ανάλογα με τις επί τόπου ειδικές απαιτήσεις της βραχομάζας.



Εικόνα 49. Μέτωπο εισόδου της σήραγγας εκτροπής Μεσοχώρας στην πρώτη άνω φάση εκσκαφής (κλείδας τη σήραγγας – top heading) και τον βασικό δρόμο προσπέλασης προς το έργο να βρίσκεται σε μια (ανώτερη) παγκίνα των ανοικτών εκσκαφών.



Εικόνα 50. Υπόγεια εκσκαφή κάτω Β' φάσης (bench) στην σήραγγα εκτροπής Νο. 1 του φράγματος Συκιάς (στο δεξιό αντέρρισμα του Αχελώου).



Εικόνα 51. Υπόγεια εκσκαφή της οδικής σήραγγας Πλακαριών στην Οδό Τρικάλων – Μεσοχώρας (στην διάρκεια χειμερινών μηνών-αποστράγγιση σε στερεά μορφή).



Εικόνα 52. Άρτι σκυροδετημένο τεχνικό εισόδου σήραγγας εκτροπής φράγματος Μουζακίου στον ποταμό Πάμισο.



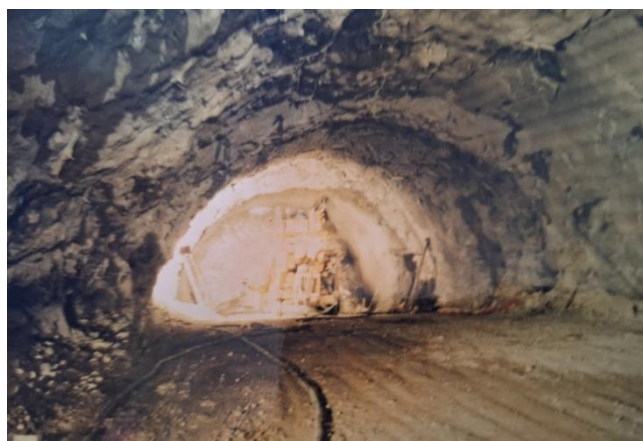
Εικόνα 53. Σκυροδέτηση τεχνικού εισόδου σήραγγας εκτροπής φράγματος Πύλης στον ποταμό Πορταϊκό.



Εικόνα 56. Έξοδος των δύο σηράγγων του αγωγού πτώσης (penstock) (μετά την διακλάδωση) στον σταθμό παραγωγής Μεσοχώρας (στην Γλύστρα).



Εικόνα 54. Σκυροδέτηση τελικής επένδυσης σήραγγας εκτροπής φράγματος Πύλης στον ποταμό Πορταϊκό.



Εικόνα 57. Υπόγεια εκσκαφή Α' φάσης (Άνω ημιδιατομής - Top Heading) στην οδική σήραγγα Σκάλας Σκορλίγκα της Εθνικής Οδού Αρτας-Τρικάλων.- διατρήσεις οπών για τοποθέτηση εκρηκτικών.



Εικόνα 55. Τεχνικό εισόδου της σήραγγας εκτροπής του φράγματος Μεσοχώρας στον ποταμό Αχελώο (στο βάθος) στην διάρκεια εργασιών στεγάνωσης του Προφράγματος με κουρτίνα τσιμεντενέσεων εδαφικού τύπου.



Εικόνα 58. Τοποθέτηση σιδηροπλισμού για σκυροδέτηση δαπέδου μεταβατικής ζώνης της σήραγγας προσαγωγής προς την υδροληψία του φράγματος Μεσοχώρας.



Εικόνα 59. Κατασκευασμένο (έργο πολιτικού μηχανικού-πύργος) το τεχνικό Υδροληψίας του φράγματος Μεσοχώρας.



Εικόνα 60. Κατασκευασμένο πριν από χρόνια, το φράγμα Μεσοχώρας, με τον ταμιευτήρα Μεσοχώρας, δυστυχώς ακόμηάδειο.....

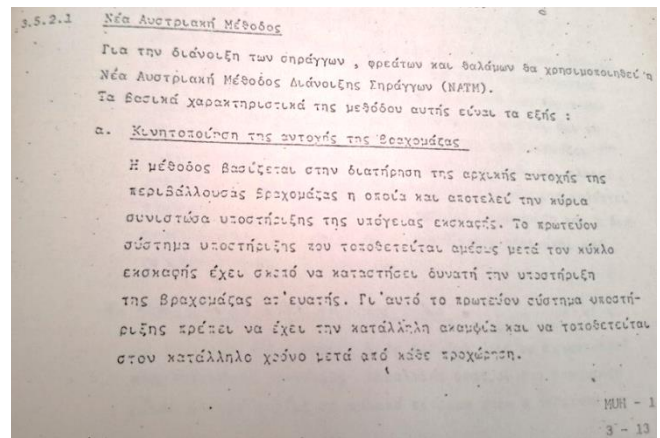
Σημειώνεται ιδιαίτερος ότι στις Τεχνικές Προδιαγραφές των συμβάσεων κατασκευής των υπογείων έργων, προβλεπόταν η κατάταξη του πετρώματος σε συμβατικές κατηγορίες, με εφαρμογή διαφορετικών διαδικασιών υπόγειας εκσκαφής και μέτρων προσωρινής υποστήριξης ανά κατηγορία, εξειδικευμένων, τόσο ποιοτικά, όσο και ποσοτικά (εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε στρώσεις μεταβλητού πάχους, αγκύρια διαφορετικών τύπων και μηκών, σε διαφορετικούς καννάβους, χαλίδυνα πλαίσια διαφορετικών τύπων, αποστραγγιστικές οπές διαφορετικών καννάβων κλπ) προβλέποντας ταυτόχρονα προσωρινής υποστήριξης και συγκεκριμένο χρονισμό εφαρμογής τους ανάλογα με την συμβατική κατηγορία πετρώματος. Το παραπάνω αναφερθέν συμβατικό πλαίσιο, με βοήθησε πάρα πολύ στο να εντυπώσω στις σχέσεις όλων των παραπάνω με την εξασφάλιση της απαιτούμενης προσωρινής (πριν την εφαρμογή της τελικής επένδυσης) ευστάθειας εντός του υπογείου έργου και να δημιουργήσω την δική μου προσωπική εμπειρία στο θέμα. Κατάλαβα τότε, πόσο σημαντική είναι η γεωμετρία του υπογείου έργου σε σχέση με τα τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά της βραχομάζας και πόσο αυτή θα μπορούσε να βελτιστοποιηθεί την γεωμετρία του υπογείου έργου πριν ακόμη αρχίσει η υπόγεια εκσκαφή (δηλαδή στην φάση της μελέτης).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1		
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΒΡΑΧΟΥ	ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
I	- Ελαφρά ως μέτρια ρηγματωμένο ή ελαφρά ετερογενές πέτρωμα - Αυτοχή πετρώματος μεγαλύτερη από τις ερατομετρικές τάσεις. - Ασήμαντη παραμόρφωση, ασήμαντες πλευρικές πιέσεις - Χαμηλή επιρροή του υπόγειου νερού. - Υγιή στρώματα ασβεστολιθίου και κερατόλιθου με λεπτές ενστροφές αργιλικών σχιστολιθίων.	- Στρατηγική στρώση εκτοξ. σκυροδέματος μέσου πάχους 3 εκ. στο ημικύκλιο του θόλου εκσκαφής. Στρατηγικά αγκύρια βράχου για τοπική προστασία ή σε πυκνότητα ενός αγκυρίου ανά τρία τετραγωνικά μέτρα σύμφωνα με τις επί τόπου συνθήκες και κατόπιν εγκρίσεως. Εύκαμπτο μεταλλικό ελγύμα στο ημικύκλιο του θόλου όπου απαιτηθεί μη ενσωματούμενο στο εκτοξ. σκυρόδεμα. - Προχώρηση μικρότερη των 4,0 μέτρων. - Εφαρμογή του εκτοξ. σκυροδέματος μέσα σε 12 ώρες μετά την ανατίναξη. - Τοποθέτηση και τάμυνση των αγκυρών μέσα σε 12 ώρες μετά την ανατίναξη ή μέχρι που το μέτωπο της σήραγγας θα βρίσκεται σε απόσταση 8 μ. από την υπόψη περιοχή.
II	- Μέτρια ρηγματωμένο πέτρωμα όπως της κατηγορίας I με πιθανή εμφάνιση παχύτερων ενστροφών αργιλικών σχιστολιθίων και λεπτοελαστικών ραδιοαριτικών σχηματισμών κατά τόπους. - Αυτοχή πετρώματος μεγαλύτερη από τις ερατομετρικές τάσεις. - Ασήμαντη επιρροή του υπόγειου νερού. - Χαμηλή παραμόρφωση, χαμηλές πλευρικές πιέσεις.	- Συστηματική αγκύρωση σε κλίμακα 1,50 X 1,50 μ. - Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μέσου πάχους 5 εκ. - Δομικό ελγύμα στο ημικύκλιο του θόλου εκσκαφής όπου απαιτηθεί ενσωματούμενο στο εκτοξ. σκυρόδεμα με μία προδότη στρώση 5 εκ. - Προχώρηση μικρότερη των 3,0 μ. - Εφαρμογή του εκτοξ. σκυροδέματος μέσα σε 8 ώρες μετά την ανατίναξη ή μέχρι που το μέτωπο της σήραγγας θα βρίσκεται σε απόσταση 6,0 μ. από την υπόψη περιοχή. - Τοποθέτηση και τάμυνση των αγκυρών μέσα σε 18 ώρες μετά την ανατίναξη ή μέχρι που το μέτωπο της σήραγγας θα βρίσκεται σε απόσταση 6,0 μ. από την υπόψη περιοχή.

Εικόνα 61. Απόσπασμα (δείγμα) από το συμβατικό τεύχος των Τεχνικών Προδιαγραφών της διάνοιξης της σήραγγας εκτροπής Μουζακίου (κατηγορία βραχομάζας-συνθήκες βράχου – μέτρα υποστήριξης).



Θυμάμαι ότι στα πρώτα υπόγεια έργα του Προγράμματος Αχελώου, δηλαδή, την Σήραγγα Εκτροπής Μεσοχώρας και τις Σήραγγες Εκτροπής Κουμπουριανίτη και Αχελώου στην Συκιά, στα συμβατικά τεύχη υλοποίησης των παραπάνω αναφερθεισών σιράγγων (που ήταν τύπου, Μόνον Κατασκευής, με Προμέτρηση εργασιών και υλικών και Τιμολογίου με επί μέρους τιμές μονάδος εργασιών και υλικών), είχαν εισαχθεί για πρώτη φορά σε έργα της ΔΕΗ/ΔΑΥΕ, συμβατικές προβλέψεις για υλοποίηση της Νέας Αυστριακής Μεθόδου Διάνοιξης Σιράγγων (NATM) (μνεία για την ενεργοποίηση της αντοχής και του αυτοφερόμενου της βραχομάζας μέσω της εφαρμογής των μέτρων υποστήριξης). Μεγάλη εμπειρία αποδείχθηκε η εφαρμογή της στην πράξη: με καθημερινές «διαμάχες» και σοβαρό παιχνίδι «γάτας-ποντικιού» μεταξύ της ομάδας επίβλεψης από την μια πλευρά του ΚΕΥΕ Θεσσαλίας και του Αναδόχου κατασκευής από την άλλη, αναφορικά με την κατάταξη του πετρώματος σε συμβατική κατηγορία, σε κάθε νέο μέτωπο μετά την ανατίναξη, εκπόνηση γεωλογικής χαρτογράφησης του μετώπου και απαγωγή των προϊόντων εκσκαφής. Ωστόσο, στα συμβατικά τεύχη, υπήρχε η ευφυής πρόβλεψη για επιπλέον επιμετρούμενη εφαρμογή επιπρόσθετων μεμονωμένων μέτρων υποστήριξης πέραν, των προβλεπομένων για την συμβατική κατηγορία πετρώματος με βάση την γεωλογική χαρτογράφηση, την αξιολόγηση των ασυνεχειών της αποκαλυπτόμενης βραχομάζας και των οργάνων παρακολούθησης. Η συμβατική αυτή πρόβλεψη, περιόριζε σημαντικά την ένταση μεταξύ των δύο συμβαλλομένων μερών (επίβλεψης και κατασκευής). Πρέπει να σημειωθεί, όμως, ότι όταν το πάχος των υπερκειμένων αυξήθηκε σημαντικά (προς το εσωτερικό των ορεινών όγκων, όπως π.χ. στην σήραγγα προσαγωγής Μεσοχώρας με επικαλύψεις οροφής έως και 1000μ και οι εγκλωβισμένες γεωλογικά τάσεις του ορεινού όγκου της Πίνδου έδειξαν τα «δόντια» τους – δημιούργησαν σημαντικά προβλήματα (υπέρβαση της αντοχής της βραχομάζας λόγω της ανακατανομής των τάσεων στην περίμετρο της υπόγειας εκσκαφής με συνέπεια την ανύψωση του δαπέδου της σήραγγας στους ενδόσιμους γεωλογικούς σχηματισμούς του Φλύσχη του Τριαδικού, διαφάνηκαν τα κενά στην γεωτεχνική μελέτη του υπογείου έργου.



Εικόνα 62. Απόσπασμα (δείγμα) από το συμβατικό τεύχος των Τεχνικών Προδιαγραφών της διάνοιξης της σήραγγας εκτροπής Μουζακίου (με σαφή αναφορά στην Νέα Αυστριακή Μέθοδο Διάνοιξης Σιράγγων).

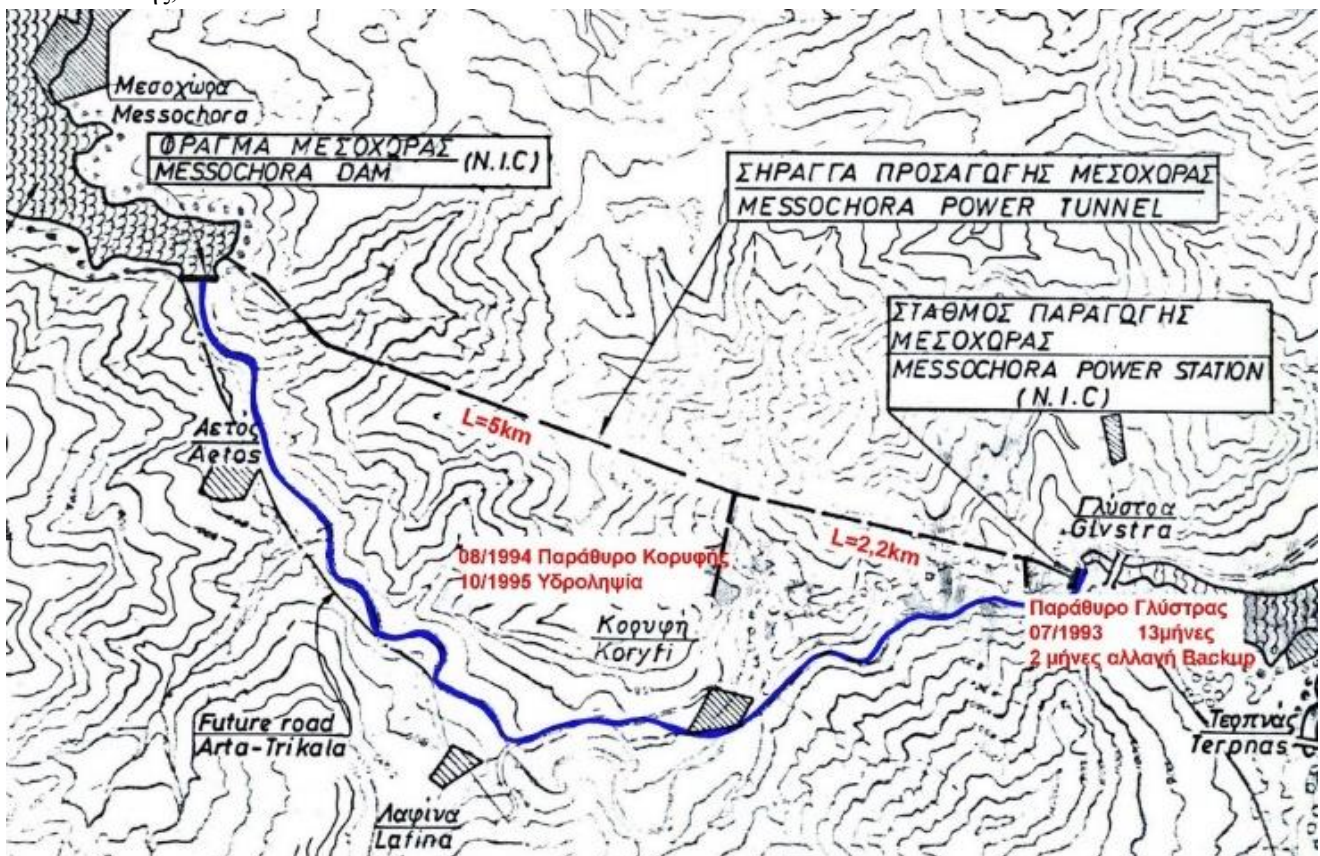
Τα υπόγεια έργα που υλοποιήθηκαν σχεδόν καθολικά με την μέθοδο «διατήσεων-ανατινάξεων» στο έργο του Αχελώου, ήταν:

- (α) η Σήραγγα Εκτροπής στο δεξιό αντέρεισμα στην θέση του φράγματος Μεσοχώρας,
- (β) η Σήραγγα Εκτροπής του ποταμού Κουμπουριανίτη, στο δεξιό αντέρεισμα στη θέση φράγματος Συκιάς,
- (γ) η Σήραγγα Εκτροπής του ποταμού Αχελώου, στο δεξιό αντέρεισμα στη θέση φράγματος Συκιάς,
- (δ) η Σήραγγα Εκτροπής του ποταμού Πορταϊκού, στο δεξιό αντέρεισμα στη θέση φράγματος Πύλης,
- (ε) η Σήραγγα Εκτροπής του ποταμού Πάμισου, στο δεξιό αντέρεισμα στη θέση φράγματος Μουζακίου,
- (στ) η οδική σήραγγα Πλακαριών στον δρόμο Τρικάλων – Μεσοχώρας,
- (ζ) οι πέντε οδικές σήραγγες στον δρόμο προσπέλασης προς το Υ.Η.Ε Συκιάς από τη Θεσσαλία,
- (η) οι Σήραγγες Τσιμεντενέσεων και αποστραγγίσεων του Φράγματος Μεσοχώρας μετά των προσπελάσεων τους,
- (θ) η σήραγγα Προσπέλασης προς τον υπόγειο θάλαμο και ο ίδιος ο υπόγειος θάλαμος «καμπάνα» του Μικρού Υδροηλεκτρικού έργου στην περιοχή του θόλου της σήραγγας εκτροπής Μεσοχώρας,
- (ι) η οδική σήραγγα προσπέλασης προς το μέτωπο εξόδου της σήραγγας εκτροπής Νο. 1 στο αριστερό αντέρεισμα του Αχελώου ποταμού,

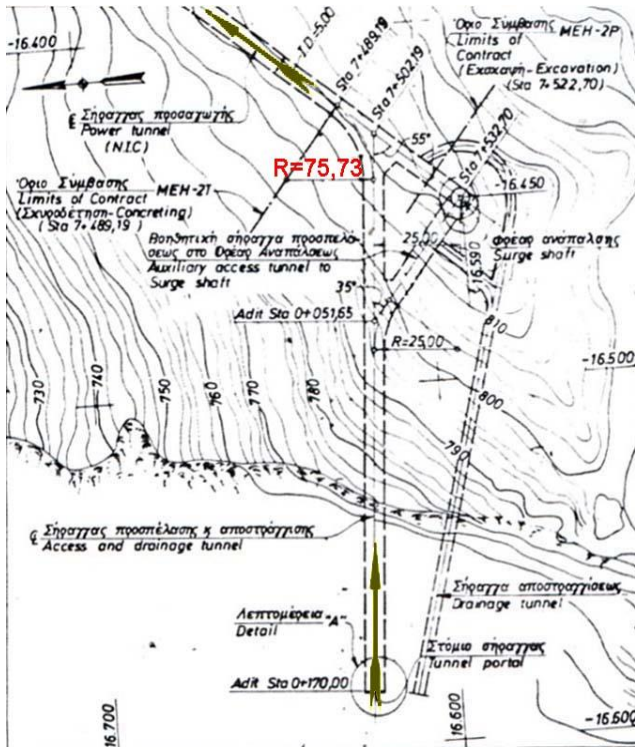


- (ια) Το φρέαρ θυροφραγμάτων της Υδροληψίας της Μεσοχώρας που υλοποιήθηκε με την μέθοδο Alimak,
- (ιβ) το φρέαρ ανάπαλσης της προσαγωγής Μεσοχώρας που υλοποιήθηκε με την μέθοδο raise-boring,
- (ιγ) η Σήραγγα προσπέλασης ενδιάμεσου μετώπου (παράθυρο) της μεγάλης σήραγγας εκτροπής του Αχελώου με μέτωπο εισόδου στην Αγορασιά Αργιθέας,
- (ιδ) η Βοηθητική Σήραγγα προσπέλασης και αποστράγγισης του φρέατος ανάπαλσης (Παράθυρο Γλύστρας),
- (ιε) η Σήραγγα προσπέλασης – ενδιάμεσο μέτωπο προς την σήραγγα προσαγωγής (Παράθυρο Κορυφής),
- (ιστ) η Σήραγγα αποστράγγισης του θαλάμου ανάπαλσης,

- (ιζ) η οδική σήραγγα Σκάλας Σκορλίγκα της οδού Άρτας-Τρικάλων,
- (ιη) ο αγωγός και οι σήραγγες πτώσης προς τον σταθμό παραγωγής Μεσοχώρας και τέλος
- (ιθ) η Σήραγγα Προσαγωγής Μεσοχώρας (μήκους 7,4 χλμ) κυκλικής διατομής διαμέτρου διάνοιξης 6,7μ (και εσωτερικής διαμέτρου της σκυροδετημένης τελικής επένδυσης 5.3μ, που διανοίχθηκε με την μέθοδο TBM. Στην υπόψη σήραγγα (για πρώτη φορά στα έργα της ΔΕΗ, χρησιμοποιήθηκε ανασκευασμένη βραχομηχανή TBM ανοικτού τύπου με ψευδοασπίδα μετώπου για την «αποφυγή καταστροφής των βάσεων των κοπτήρων της κεφαλής από τις εν δυνάμει καταπτώσεις λόγω του «λεπτοστρωματώδους» χαρακτήρα των γεωλογικών σχηματισμών της Πίνδου.



Εικόνα 63. Γενική διάταξη της προσαγωγής Μεσοχώρας, με, υδροληψία στον ταμιευτήρα, φρέαρ θυροφραγμάτων δίπλα στην υδροληψία, σήραγγα προσαγωγής μήκους 7.4 χλμ διαμέτρου διάνοιξης 6,7μ, σήραγγα ενδιάμεσου μετώπου (Παράθυρο Κορυφής), σήραγγα προσπέλασης Γλύστρας, κατακορύφου Φρέατος ανάπαλσης, κεκλιμένου αγωγού πτώσης, διακλάδωση και δύο σήραγγες πτώσης μεγάλης πίεσης προς τον σταθμό παραγωγής.



Εικόνα 64. Λεπτομερέστερη γενική διάταξη (οριζοντιογραφία) του τελικού τμήματος της προσαγωγής Μεσοχώρας, μετά του κατακορύφου φρέατος ανάπαλσης και των συναφών υπογείων έργων προσπελάσεων και αγωγού πτώσης.



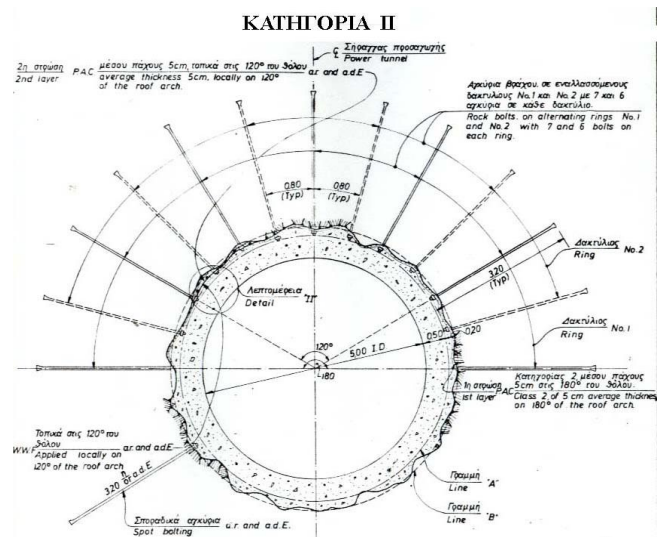
Εικόνα 66. Γενική εικόνα του μπροστινού τμήματος της βραχομηχανής TBM που χρησιμοποιήθηκε στην διάνοιξη της σήραγγας προσαγωγής με την χαρακτηριστική κυρία δοκό και την ψευδο-ασπίδα στην και αμέσως μετά την κοπτική κεφαλή.



Εικόνα 67. Γενική εικόνα του πίσω τμήματος της βραχομηχανής TBM που χρησιμοποιήθηκε στην διάνοιξη της σήραγγας προσαγωγής με την χαρακτηριστική κυρία δοκό και τα πλευρικά πέδιλα στήριξης στις παρειές της εκσκαφής της σήραγγας.



Εικόνα 65. Εικόνα της κοπτικής κεφαλής με την ψευδοασπίδα της βραχομηχανής TBM της σήραγγας προσαγωγής Μεσοχώρας με την διάταξη των κοπήρων-δίσκων.



Εικόνα 68. Σήραγγα προσαγωγής Μεσοχώρας-Συμβατικές προβλέψεις εκσκαφής-υποστήριξης (κατηγορία πετρώματος II).



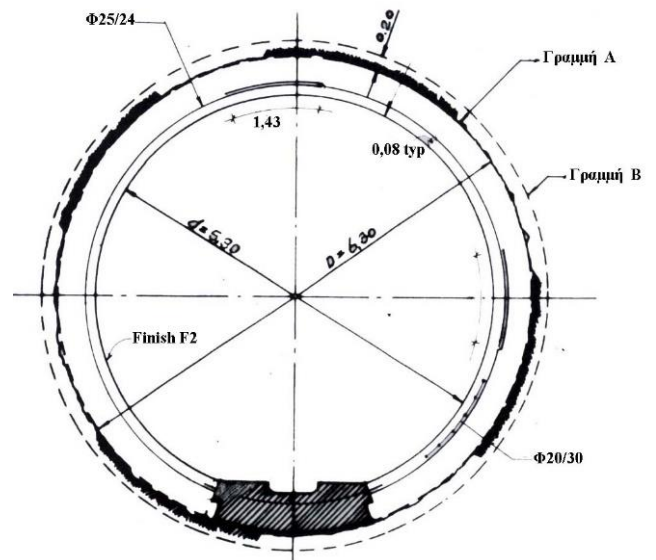
Εικόνα 69. Τοποθέτηση προκατασκευασμένων στοιχείων δαπέδου από οπλισμένο σκυρόδεμα (κάτω από το TBM) στο δάπεδο της σήραγγας προσαγωγής.



Εικόνα 72. Σιδηρότυπος σκυροδέτησης της τελικής επένδυσης της σήραγγας προσαγωγής Μεσοχώρας.



Εικόνα 70. Χώρος εργασίας για την τοποθέτηση των μέτρων άμεσης υποστήριξης πίσω από το TBM στη σήραγγα προσαγωγής Μεσοχώρας.



Εικόνα 73. Τελική επένδυση από οπλισμένο σκυρόδεμα της σήραγγας προσαγωγής.



Εικόνα 71. Εικόνα πολύ καλής ποιότητας βραχομάζα (Κατηγορίας Ι) μπροστά από την κοπτική κεφαλή του TBM στη σήραγγα προσαγωγής Μεσοχώρας.



Εικόνα 74. Τελετή «ξετροπήματος» της σήραγγας προσαγωγής Μεσοχώρας στην περιοχή υδροληψίας (έξοδος του TBM).



Ειδικά για την σήραγγα προσαγωγής Μεσοχώρας θα πρέπει να σημειωθούν (σαν εμπειρίες και μαθήματα) τα εξής:

- (α) Λόγω του ότι η υλοποίησή της έγινε λίγο αργότερα από τις πολλές προαναφερθείσες σήραγγες και είχε ήδη αποκτηθεί σημαντική εμπειρία διάνοιξης στους γεωλογικούς σχηματισμούς της Πίνδου, τέτοια, ώστε, λόγω της πολύ δύσκολης προσπέλασης στην περιοχή (μεταξύ φράγματος και σταθμού παραγωγής Μεσοχώρας), να μην εκτελεστούν έρευνες πεδίου. Συγκεκριμένα, εκτελέστηκε μόνο μία ερευνητική-δειγματοληπτική γεώτρηση (και αυτή στην περιοχή του φρέατος θυροφραγμάτων της εισόδου της σήραγγας-υδροληψίας) καθώς και επιφανειακές γεωλογικές χαρτογραφήσεις. Παρόλα αυτά, η ταύτιση των προβλέψεων με τους τελικά συναντηθέντες γεωλογικούς σχηματισμούς ήταν εντυπωσιακή, στοιχείο που δείχνει πόσο σημαντική είναι η επί τόπου εμπειρία και πόσο χρήσιμη μπορεί να αποβεί για γειτονικά έργα. Μόνο στον ενδόξιμο σχηματισμό του Τριαδικού φλύσχη εμφανίστηκαν αστοχίες τασικού τύπου (με ανύψωση του δαπέδου της σήραγγας τοπικά κατά την διάρκεια της κατασκευής (και όχι βέβαια απρόσμενα) με σημαντικό αντίκτυπο, τόσο στην πρόοδο των εργασιών, όσο και στις απαιτήσεις του Αναδόχου κατασκευής.
- (β) Θα πρέπει να είναι πολύ προσεκτική η χρήση γενικών γεωλογικών όρων στα συμβατικά τεύχη, αλλά κυρίως στις μελέτες, όπως η επιπόλαια αναφορά στην περιγραφή «λεπτοστρωματωδών» ασβεστολίθων, κερατολίθων, ιλυολίθων κλπ, καθότι ο γενικός αυτός όρος, αν δεν αξιολογηθεί σωστά τεχνικογεωλογικά, παραπέμπει σε πολύ σπασμένη-κερματισμένη βραχομάζα. Στην ουσία, οι «φαινομενικά μόνον» λεπτές στρώσεις των γεωλογικών σχηματισμών της Πίνδου, τεχνικογεωλογικά έχουν εντελώς διαφορετική συμπεριφορά καθότι είναι γενικά συγκολλημένες και η βραχομάζα στην ουσία συμπεριφέρεται σαν βραχώδης και συμπαγής. Το υπόψη θέμα είναι σημαντικό, τόσο στην μέθοδο «διατηρημάτων-εκρηκτικών», όσο και κυρίως στην διάνοιξη με TBM. Ειδικά στην περίπτωση του TBM, η διατάραξη της περιβάλλουσας βραχομάζας κατά την διάνοιξη, είναι τόσο πολύ περιορισμένη,

συγκριτικά με αυτήν στην συμβατική μέθοδο που οι απαιτήσεις σε προσωρινή υποστήριξη είναι πάρα πολύ μικρή, πολλές φορές εντελώς αμελητέα. Θυμάμαι, μια ιστορία που θεωρώ υποχρέωση να την παραθέσω σαν μάθημα. Στην διάνοιξη της σήραγγας προσαγωγής της Μεσοχώρας με TBM, η αφεντιά μου ήταν ο υπεύθυνος για την εφαρμογή της προβλεπόμενης συμβατικής κατηγορίας εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης. Εκεί λοιπόν, λόγω της πολύ καλής κατάστασης της αποκαλυπτόμενης βραχομάζας γύρω από την σήραγγα (θυμάμαι τμήμα σήραγγας σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς της Πίνδου, μήκους περίπου 100μ χωρίς εφαρμογή κανενός μέτρου προσωρινής υποστήριξης – με την σήραγγα να μοιάζει σαν «σκυροδετημένη») και με αμελητέες έως μηδενικές μετακινήσεις βάσει της οργανομετρικής παρακολούθησης (κυρίως στους ασβεστολίθους), γινόταν στην πράξη, εφαρμογή μέτρων που αντιστοιχούσαν σε ποιοτικά καλύτερη κατηγορία (ελαφρότερη) από την συμβατικά προβλεπόμενη για τον συγκεκριμένο γεωλογικό σχηματισμό, με τοποθέτηση μειωμένων (γενικά της τάξης του 30-40%) μέτρων προσωρινής υποστήριξης σε σχέση με τα προβλεπόμενα στα συμβατικά Τεύχη. Το γραφείο Μελετών της ΔΑΥΕ στην Αθήνα ανησύχησε με τα πολύ περιορισμένα εφαρμοζόμενα μέτρα προσωρινής υποστήριξης και μου ζητούσαν συνεχώς να αιτιολογήσω τεχνικά «τον λόγο». Αναγκάζομουν να συντάσσω απανωτές τεχνικογεωλογικές-γεωτεχνικές εκθέσεις για να δικαιολογήσω την τεχνική μου θέση βασιζόμενος στις αποκαλυπτόμενες γεωλογικές συνθήκες και στις μετρήσεις της οργανομετρικής παρακολούθησης, αλλά η ανησυχία «από μακριά» συνεχιζόταν. Μέχρι που μια ημέρα, επισκέφθηκαν επίσημα το έργο οι εμπειρογνώμονες της ΔΕΗ/ΔΑΥΕ, Dr Evert Hoek και Dr Gerhard Zauer. Σε μια στιγμή, ο Δρ Hoek (με τον οποίον είχα έναν κοινό γνωστό στον Καναδά και έτσι είχαμε αναπτύξει αμοιβαία οικειότητα) μου ψιθυρίζει χαμηλόφωνα... «Νίκο, εφαρμόζεις πολλά μέτρα προσωρινής υποστήριξης που πρακτικά δεν χρειάζονται, κρίνω ότι πρέπει να τα μειώσεις». Του απάντησα, «ναι το γνωρίζω, αλλά





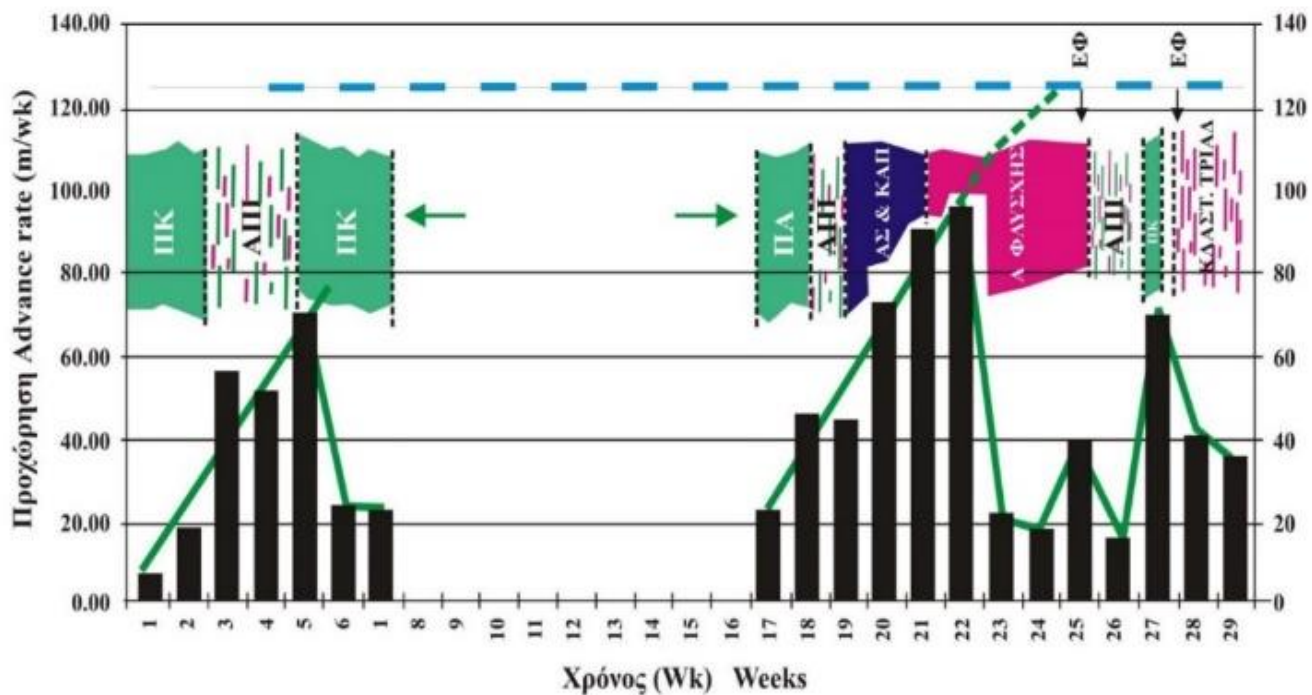
σε παρακαλώ θα μπορούσες να το γράψεις στην έκθεσή σου και να το αναφέρεις ρητά στις συζητήσεις αργότερα στην ομήγουρη των μηχανικών?». Έμεινε άναυδος όταν του εξήγησα την περίπτωση. Ακολούθησε την προτροπή μου και τότε τέλειωσαν τα βάσανά μου στην «συνεχή γκρίνια» από την Διεύθυνση Μελετών της ΔΑΥΕ.

- (γ) Τα συμβατικά τεύχη της κατασκευής της σήραγγας είχαν προετοιμασθεί με βάση την μέθοδο διάνοιξης με «διατρήματα-εκρηκτικά». Ωστόσο, υπήρχε πρόβλεψη μόνο με μία φράση δύο γραμμών (σε συμβατικό κείμενο περίπου 1500 σελίδων), η οποία ανέφερε ότι «ο Προσφέρων θα μπορεί να χρησιμοποιήσει για την διάνοιξη και μηχανήματα ολομέτωπης κοπής TBM». Αποδείχθηκε ότι δεν ήταν και η καλύτερη περίπτωση συνοπτικής αναφοράς συμβατικών τευχών, καθότι σε σύμβαση υλοποίησης «μόνον κατασκευής» με Προμέτρηση εργασιών και Υλικών και Τιμολογίου με αντίστοιχες Τιμές Μονάδος, η ετοιμασία των συμβατικών τευχών θα πρέπει να είναι απόλυτα ευθυγραμμισμένη με την αντίστοιχη μελέτη του υπογείου έργου με την μέθοδο διάνοιξης με TBM. Ο Ανάδοχος κατασκευής της σήραγγας με TBM έκανε την δική του νέα μελέτη ευθυγραμμισμένη στο συγκεκριμένο TBM, η οποία και εφαρμόστηκε επί τόπου με πολλές διαφορές (επί το έλαττον) από τις προβλέψεις των αρχικών συμβατικών τευχών. Στα θετικά της περίπτωσης, αναφέρεται ότι η σύμβαση κατασκευής της σήραγγας προσαγωγής της Μεσοχώρας αποδείχθηκε σχεδόν η μοναδική που έκλεισε με τελική δαπάνη κατασκευής μικρότερη από του συμβατικού προϋπολογισμού.
- (δ) Άλλο «μάθημα» που διδάχθηκα από το έργο είναι ότι για την επιλογή του μηχανήματος TBM στα υπόγεια έργα είναι πολύ σημαντική η αξιολόγηση όλων των τεχνικογεωλογικών λεπτομερειών που αν δεν εξετασθούν διεξοδικά και συνολικά για όλα τα θέματα που επηρεάζουν την μηχανή, μπορεί να προκληθούν δυσάρεστες εκπλήξεις με πολύ σοβαρές συμβατικές εμπλοκές. Αναφέρθηκε παραπάνω η κακή χρήση καθαρών γεωλογικών όρων (όπως «λεποστρωματώδεις») για τον χαρακτηρισμό πετρώματος. Λόγω λοιπόν του αναφερθέντος συμβατικά ως «λεποστρω-

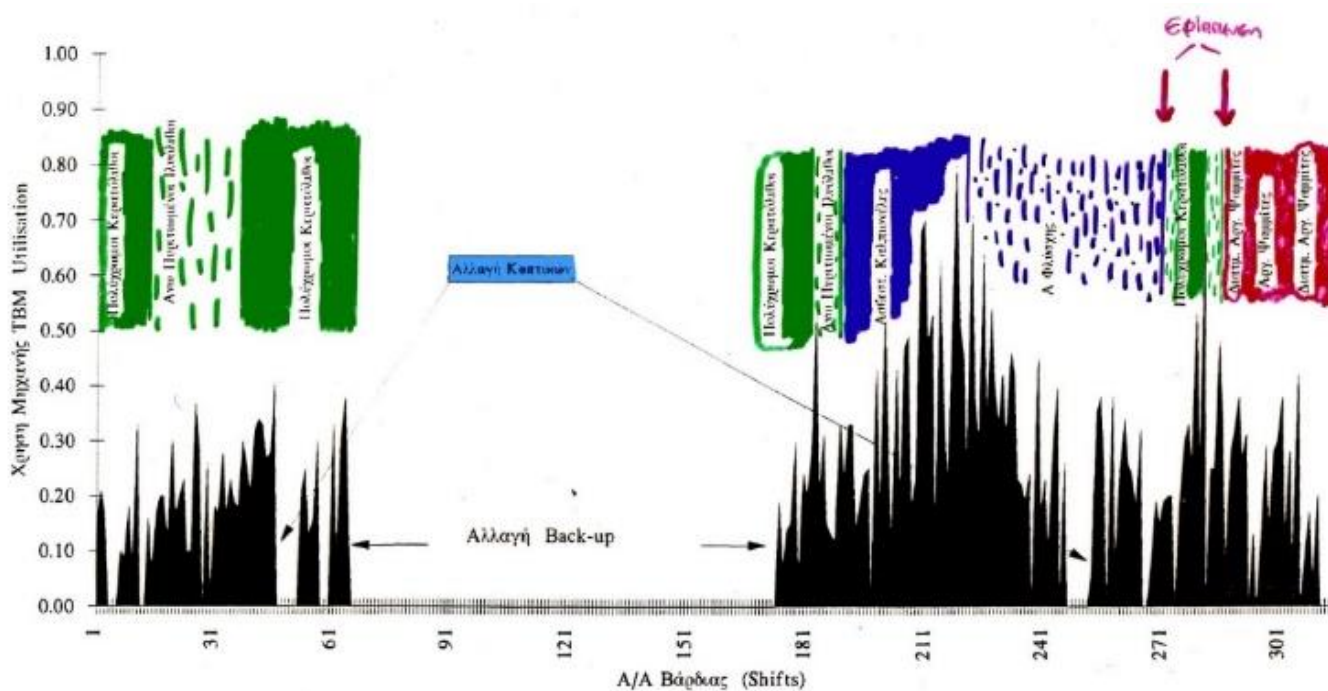
ματώδους» χαρακτήρα των γεωλογικών σχηματισμών της Πίνδου, που τεχνικογεωλογικά δεν υφίσταται, ο μηχανολόγος σχεδιαστής του μηχανήματος TBM της Μεσοχώρας, εφοδίασε την κοπτική κεφαλή του TBM με ψευδοασπίδα για να προφυλάξει τις βάσεις των κοπτήρων από καταστροφές λόγω βραχωδών καταπτώσεων. Αποτέλεσμα αυτού ήταν οι κοπτήρες να εξέχουν πολύ λίγο έξω από την ψευδοασπίδα για την κοπή των πετρωμάτων. Ωστόσο, στην περιοχή των σχηματισμών του Α' Φλύσχη της Πίνδου (εναλλαγές ιλυολίθων και αργιολίθων) υπήρξε παραγωγή ιλυοαργιλικής σκόνης από την κοπή, που σε συνδυασμό με την αυξημένη θερμοκρασία που αναπτυσσόταν κατά την κοπή και το νερό των ψυκτών, η αργιλική σκόνη μετατρεπόταν σε κεραμικό και ένας μεγάλος αριθμός κοπτήρων μπλοκάριζε με αποτέλεσμα να μειώνεται πολύ η ημερήσια προχώρηση και επίσης να μειώνεται παράλληλα και η χρήση της μηχανής (φαίνονται σε διαγράμματα, παρακάτω). Με αгаστή συνεργασία μεταξύ της ομάδας Επίβλεψης του ΚΕΨΕ και του Αναδόχου κατασκευής, στην πρώτη δυνατή ευκαιρία (στο παράθυρο Κορυφής) αφαιρέθηκε η ψευδοασπίδα και η ημερήσια προχώρηση, όπως και η χρήση μηχανής, αυξήθηκαν σημαντικά.



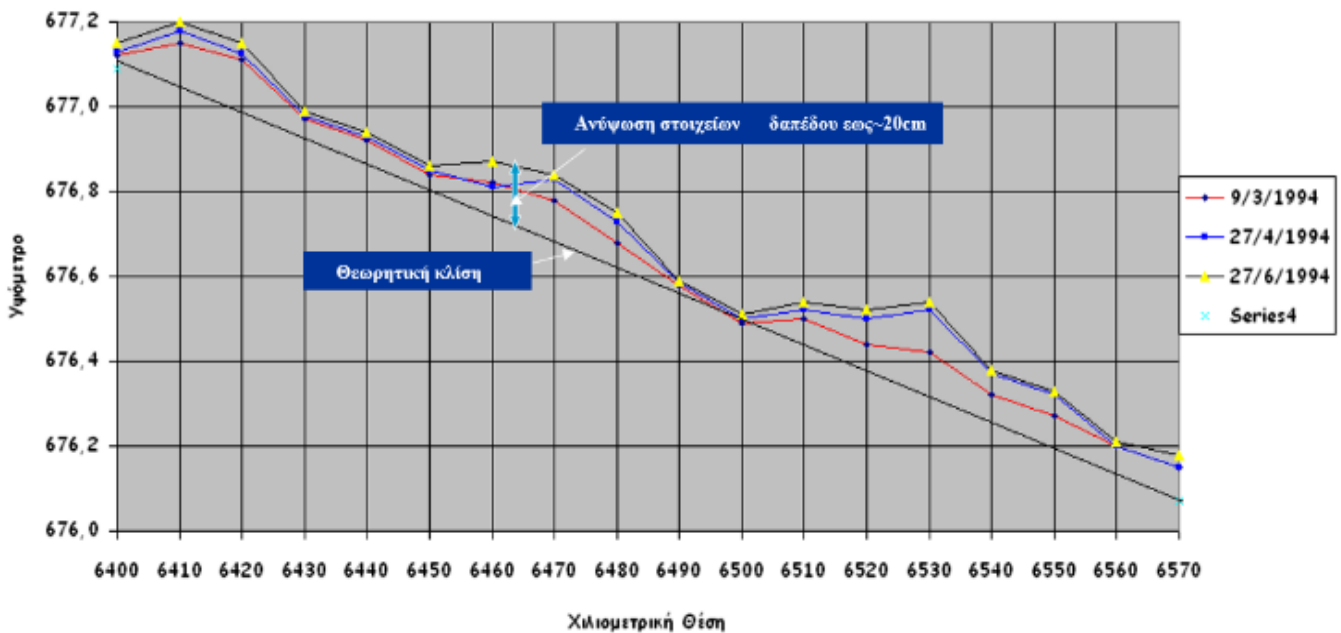
Εικόνα 75. Ανύψωση του (μη αγκυρωμένου) προκατασκευασμένου στοιχείου δαπέδου της σήραγγας Προσαγωγής Μεσοχώρας στους ενδόσιμους σχηματισμούς του Τριαδικού Φλύσχη, λόγω εγκλωβισμένων γεωλογικών τάσεων στην καρδιά του ορεινού όγκου της Πίνδου.



Εικόνα 76. Ρυθμός προχώρησης της υπόγειας διάνοιξης της σήραγγας προσαγωγής Μεσοχώρας με TBM στους διαφορετικούς γεωλογικούς σχηματισμούς της Πίνδου.



Εικόνα 77. Χρήση μηχανής TBM (machine utilisation) στους διαφορετικούς γεωλογικούς σχηματισμούς (της ζώνης Πίνδου) της σήραγγας Προσαγωγής Μεσοχώρας.



Εικόνα 78. Θέσεις ανύψωση του (μη αγκυρωμένου) προκατασκευασμένου στοιχείου δαπέδου της σήραγγας στους ενδόσιμους σχηματισμούς του Τριαδικού Φλύσχη, λόγω εγκλωβισμένων γεωλογικών τάσεων στην καρδιά του ορεινού όγκου της Πίνδου.

Εν κατακλείδι, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η εμπειρία και τα μαθήματα από τα υπόγεια έργα της ΔΕΗ στο έργο της Εκτροπής του Αχελώου και ειδικότερα αυτά του τεχνικογεωλογικού χαρακτήρα, οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η ενδελεχής και σε βάθος τεχνικογεωλογική αξιολόγηση των γεωλογικών σχηματισμών σαν το πρώτο αναπόσπαστο και ουσιαστικό μέρος της γεωτεχνικής μελέτης (γεωτεχνικής μηχανικής) των έργων, μπορεί:

- να συντελέσει αποτελεσματικά στην υλοποίηση υπογείων έργων σημαντικού μεγέθους, προσδιορίζοντας σε ικανοποιητικό βαθμό τις αναμενόμενες ιδιότητες, τα χαρακτηριστικά και τις εν γένει τεχνικές συμπεριφορές των βραχομαζών,
- να βοηθήσει μέχρι ακόμη και να καθοδηγήσει στις επιλογές αξόνων και γενικών διατάξεων υπογείων έργων στα πρώτα στάδια των μελετών, αλλά και στην εφαρμογή άμεσων εφικτών τροποποιήσεων ακόμη και κατά την κατασκευή σε συνεργασία με τις άλλες ειδικότητες των μηχανικών που εμπλέκονται στα έργα,
- να βοηθήσει μέχρι ακόμη και να καθοδηγήσει τις θέσεις εγκατάστασης των οργάνων της

οργανομετρικής παρακολούθησης και να συμμετέχει στην ουσιαστική αξιολόγησή τους,

- να υποδείξει τις κατάλληλες επιλογές, τρόπον, μεθόδου και χρήσης εξοπλισμού συμβατικών υπόγειων εκσκαφών, στις επιλογές του βέλτιστου μηχανολογικού εξοπλισμού (TBM) σε συνεργασία με τους μηχανολόγους μηχανικούς,
- να διευκολύνει την σύνταξη Τεχνικών Προδιαγραφών εργασιών και Υλικών, έτσι που αυτές να είναι ευθυγραμμισμένες με τις αναμενόμενες τεχνικές συμπεριφορές των αναμενόμενων να συναντηθούν βραχομαζών κλπ.
- Τα παραπάνω συνοπτικά αναφερθέντα μαθήματα (και πολλά άλλα που δεν μπόρεσαν να χωρέσουν στο παρόν κείμενο) και οι αντίστοιχες εμπειρίες που χτίστηκαν από τα πρωτοπόρα υπόγεια έργα της ΔΕΗ, μεταλαμπαδεύτηκαν και εφαρμόστηκαν αργότερα αποτελεσματικά σε άλλους φορείς Δημοσίου (και όχι μόνον) συμφέροντος που είχαν να υλοποιήσουν και τελικά υλοποίησαν αποτελεσματικά, σημαντικά υπόγεια έργα.



8 Τεχνογνωσία σε Βάθος

Εξειδικευμένες λύσεις και εφαρμογές στα υπόγεια έργα

Αποκατάσταση της Σήραγγας Dujmonača, Σιδηροδρομική Γραμμή M604, Κροατία

**Κυριάκος Πέτρου, Μηχανολόγος Μηχανικός MSc,
Διευθυντής Τμήματος Τεχνικής Υποστήριξης, PENETRON HELLAS A.B.E.E.**

Εφαρμογή: **PENETRON ADMIX**

Αναθέτων Φορέας: **HŽ Infrastruktura d.o.o.**

Η αποκατάσταση της επένδυσης της σήραγγας είχε ως βασικό στόχο τη βελτίωση της στεγανοποίησης και της αποστράγγισης, ώστε να περιοριστεί η διείσδυση νερού και να ενισχυθεί η μακροχρόνια προστασία της κατασκευής. Η αρχική μελέτη βασιζόταν σε σύστημα συλλογής και διοχέτευσης των εισροών προς το δίκτυο αποστράγγισης της σήραγγας με διαστρωμάτωση εκτοξευόμενου σκυροδέματος, αποστραγγιστικής μεμβράνης με γεωύφασμα, ψεκαζόμενη στεγανωτική στρώση και τελικής προστατευτικής στρώσης σκυροδέματος. Κατά την εξέλιξη του έργου, οι διαθέσιμες επιλογές έπρεπε να επανεκτιμηθούν με γνώμονα τις πραγματικές συνθήκες εφαρμογής, τη διαθεσιμότητα υλικών, το χρονοδιάγραμμα και το συνολικό κόστος. Οι τεχνικές προκλήσεις ανέδειξαν την ανάγκη για μία πιο ολοκληρωμένη και αποδοτική λύση, ικανή να υποστηρίξει τις απαιτήσεις ανθεκτικότητας, προστασίας, στεγανοποίησης και βιωσιμότητας της σήραγγας, χωρίς να επιβαρύνει δυσανάλογα την κατασκευαστική διαδικασία.

Σε συνέχεια της επανεκτίμησης των τεχνικών και κατασκευαστικών απαιτήσεων, εξετάστηκαν διαφορετικές προσεγγίσεις για τη βελτιστοποίηση του συστήματος στεγανοποίησης και προστασίας της σήραγγας. Οι διαθέσιμες λύσεις αξιολογήθηκαν με βάση την τεχνική τους απόδοση, την ευκολία εφαρμογής, την επίδρασή τους στο χρονοδιάγραμμα και το συνολικό οικονομικό κόστος του έργου. Η αξιολόγηση ανέδειξε την ανάγκη για μια κατασκευαστικά βελτιστοποιημένη και τεχνικά

αποδοτική λύση, ικανή να μειώσει τις πρόσθετες εργασίες, το κόστος και τον χρόνο κατασκευής.

Τον Μάιο του 2023, η PENETRON HELLAS A.B.E.E. παρείχε τεχνική υποστήριξη, σε συνεργασία με τους μελετητές του έργου και στο πλαίσιο της αξιολόγησης των διαθέσιμων λύσεων, για την εφαρμογή οπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος με την προσθήκη του PENETRON ADMIX, πρόσμικτου ανάπτυξης κρυστάλλων 3^{ης} γενιάς για τη στεγανοποίηση και την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος. Σύμφωνα με την τεχνική προσέγγιση του έργου, η πρόσθετη στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος σχεδιάστηκε ώστε να λειτουργεί συνεργατικά με τον οπλισμό και να συμβάλλει στη βελτιωμένη κατανομή των φορτίων. Παράλληλα, το πρόσμικτο ανάπτυξης κρυστάλλων αξιοποιεί τη μάζα του σκυροδέματος ως ενεργό φορέα στεγανοποίησης: τα ενεργά χημικά συστατικά του αντιδρούν παρουσία υγρασίας με τα παραπροϊόντα ενυδάτωσης του τσιμέντου και σχηματίζουν αδιάλυτους κρυσταλλικούς σχηματισμούς μέσα στους πόρους, τα τριχοειδή και τις μικρορωγμές του σκυροδέματος, συμβάλλοντας στη σφράγιση τριχοειδών ρωγμών και πόρων έως 0,5 mm. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η διαπερατότητα του σκυροδέματος, ενισχύεται η προστασία της σήραγγας και περιορίζεται η ανάγκη για πρόσθετες, επιμέρους στρώσεις στεγανοποίησης. Αντίστοιχη εφαρμογή της τεχνολογίας ανάπτυξης κρυστάλλων έχει πραγματοποιηθεί σε σύμμεικτες σιδηροδρομικές σήραγγες στη Βουλγαρία, όπου η λειτουργία ηλεκτρικών συρμών επέβαλε ιδιαίτερα



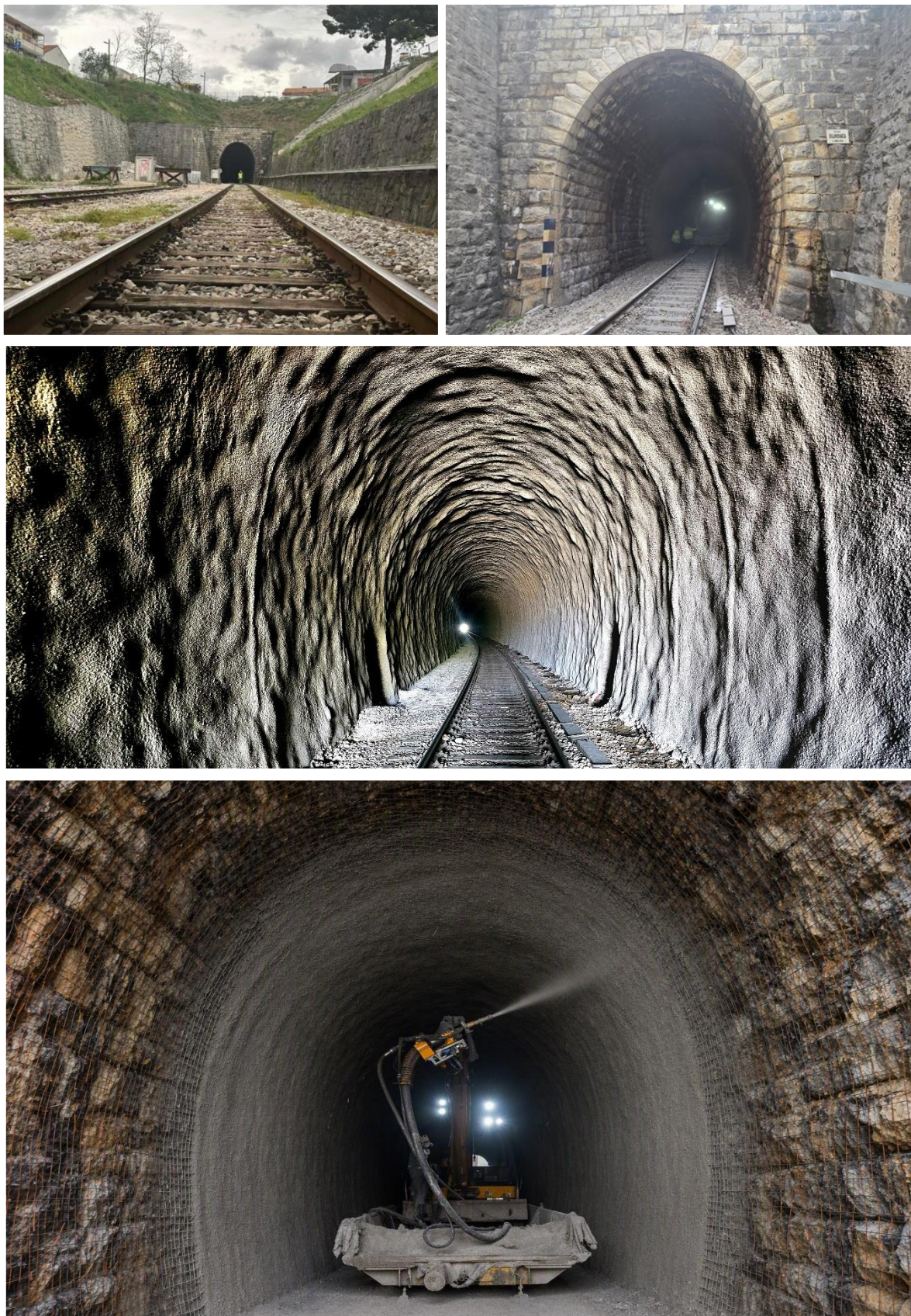
υψηλές απαιτήσεις στεγανοποίησης και προστασίας της κατασκευής.

Στο πλαίσιο αυτής της βελτιστοποίησης, το πρόσμικτο ανάπτυξης κρυστάλλων ενσωματώθηκε στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε δοσολογία 0,8% κατά βάρος τσιμέντου. Παράλληλα, διατηρήθηκαν οι προβλεπόμενες στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 10 cm και 7 cm, χωρίς να απαιτηθεί ξεχωριστή κατασκευαστική διαδικασία για την εφαρμογή του στεγανωτικού συστήματος. Το πρόσμικτο ανάπτυξης κρυστάλλων είναι πρόσμικτο κατά EN 934-2, Table 9 (Water Resisting Admixtures), ενώ κατά ACI 212.3R-16 κατατάσσεται στα Permeability Reducing Admixtures under Hydrostatic conditions (PRAH). Η κρυσταλλική του δράση μειώνει τη διαπερατότητα του σκυροδέματος υπό υδροστατικές συνθήκες, ενισχύοντας παράλληλα την ανθεκτικότητα έναντι χλωριόντων, θεικών, ενανθράκωσης, κύκλων ψύξης-απόψυξης και διάβρωσης του οπλισμού, καθώς και την ικανότητα αυτοϊασης μικρορωγμών έως 0,5 mm. Το σημαντικότερο όφελος της λύσης αποτυπώθηκε στο χρονοδιάγραμμα του έργου. Η ενσωμάτωση του πρόσμικτου ανάπτυξης κρυστάλλων στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και ο επανασχεδιασμός της σύνθεσης σκυροδέματος και της μελέτης επέτρεψε την εκτέλεση παχύτερων και λιγότερων στρώσεων, άλλα ίδιου συνολικού πάχους, όπως διάταξη 6 + 4 cm αντί της αρχικής διαμόρφωσης 3 + 3 + 4 cm, μειώνοντας τις διαδοχικές φάσεις εφαρμογής, τους χρόνους αναμονής και τις απαιτήσεις επαναπροσέγγισης των ίδιων επιφανειών. Με τον τρόπο αυτό επιτεύχθηκε μείωση περίπου 60 ημερών στις αρχικά προβλεπόμενες εργασίες στεγανοποίησης, ενώ διευκολύνθηκε η ολοκλήρωση των εργασιών αποκατάστασης μέσα στον περιορισμένο ημερήσιο διαθέσιμο χρόνο εργασίας των 6 ωρών και 30 λεπτών πραγματικού χρόνου. Η μείωση των επιμέρους εργασιών και η συμπύκνωση των φάσεων εφαρμογής συνέβαλαν στη μείωση του συνολικού χρόνου κατασκευής και της αντίστοιχης οικονομικής επιβάρυνσης.

Η αξιολόγηση και επαλήθευση της προτεινόμενης λύσης πραγματοποιήθηκε μέσω πιλοτικής εφαρμογής στη Σήραγγα Rudopolje κατά το διάστημα από τον Μάρτιο έως τον Ιούλιο του 2024. Η αξιολόγηση της υδατοστεγανότητας πραγματοποιήθηκε με δοκιμές βάθους διείσδυσης νερού υπό πίεση, σύμφωνα με το EN 12390-8. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα δοκιμών που εκδόθηκαν από το Ινστιτούτο ASCON τον Ιούλιο του 2024, καταγράφηκε μείωση του βάθους διείσδυσης νερού έως 83%, στο πλαίσιο της συγκεκριμένης πιλοτικής εφαρμογής. Η επίδοση αυτή οδήγησε στην επίτευξη της κατηγορίας VDP3, η οποία στο πλαίσιο της έκθεσης δοκιμών συνδέεται με πολύ περιορισμένη διείσδυση νερού υπό πίεση. Η συγκεκριμένη τιμή αποτελεί κρίσιμο δείκτη υδατοστεγανότητας, καθώς αποτυπώνει την ικανότητα του σκυροδέματος να περιορίζει τη μεταφορά νερού μέσα από το πορώδες και τις μικροασυνέχειές του. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν τη σημαντική βελτίωση της υδατοστεγανότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος με την προσθήκη του πρόσμικτου ανάπτυξης κρυστάλλων.

Οι συνθέσεις υγρού και ξηρού εκτοξευόμενου σκυροδέματος αναπτύχθηκαν από την εταιρεία ALAS και προσαρμόστηκαν κατάλληλα ώστε να ενσωματώσουν το πρόσμικτο ανάπτυξης κρυστάλλων.

Συνολικά, η εφαρμογή της προτεινόμενης λύσης συνέβαλε στη βελτίωση της υδατοστεγανότητας, της ανθεκτικότητας και της προστασίας της σήραγγας, αποτελώντας παράλληλα ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αξιοποίησης πρόσμικτων σκυροδέματος με ανάπτυξη κρυστάλλων σε απαιτητικές σιδηροδρομικές υποδομές. Η χρήση του PENETRON ADMIX αποτέλεσε τεχνικά και κατασκευαστικά αποδοτική εναλλακτική λύση έναντι συμβατικών συστημάτων στεγανοποίησης, υποστηρίζοντας τη μείωση του χρόνου κατασκευής και της αντίστοιχης οικονομικής επιβάρυνσης. Παράλληλα εντάχθηκε στη συνολική τεχνική προσέγγιση ενίσχυσης και προστασίας της κατασκευής συμβάλλοντας στην αειφορία του έργου.



Εικόνα 79. Αντιπροσωπευτικές φωτογραφίες της Σήραγγας Dujmonača της Σιδηροδρομικής Γραμμής M604 (Κροατία), πριν και κατά τη διάρκεια των εργασιών αποκατάστασης. (Πηγή: PENETRON HELLAS A.B.E.E.)



9 ΔΠΜΣ ΕΜΠ «Σχεδιασμός & Κατασκευή Υπόγειων Έργων». Η υπόγεια εκπαίδευση από μέσα

Εκπαιδεύοντας την επόμενη γενιά Μηχανικών Υπόγειων Έργων

Βασίλης Μαρίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τομέας Γεωτεχνικής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ

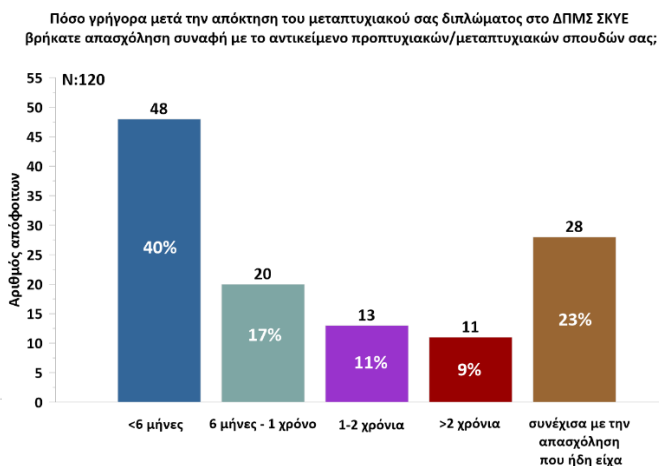
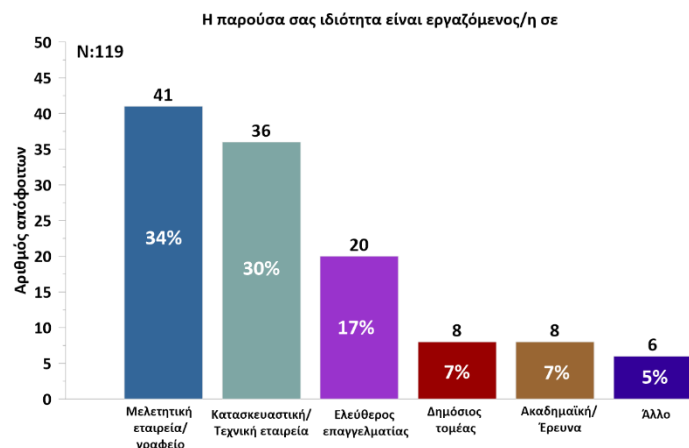
Οι Σχολές Μεταλλειολόγων – Μεταλλουργών Μηχανικών, Πολιτικών Μηχανικών και Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών – Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου συνεργάζονται από το ακαδημαϊκό έτος 2018–2019 για τη λειτουργία του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ) «Σχεδιασμός και Κατασκευή Υπογείων Έργων» (ΣΚΥΕ).

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΟΥ ΔΠΜΣ ΣΚΥΕ

Παροχή εξειδικευμένων γνώσεων υψηλού επιπέδου σχετικά με θέματα σχεδιασμού, χωροθέτησης, κατασκευής & λειτουργίας πάσης φύσεως υπογείων έργων (όπως σήραγγες, επιφανειακές εκσκαφές σε

στόμια σιηράγγων, υπόγειους θαλάμους, φρέατα, ορυχεία & υπόγεια μεταλλευτικά έργα, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, υπόγεια ερευνητικά εργαστήρια κ.λπ.).

Στην 25ετή λειτουργία του, το ΔΠΜΣ έχει εκπαιδεύσει το σύνολο σχεδόν του προσωπικού που ασχολείται με τον σχεδιασμό & την κατασκευή υπογείων έργων και στελεχώνει μελετητικές και τεχνικές εταιρείες και δημόσιους φορείς της Ελλάδας και του εξωτερικού. Οι απόφοιτοί μας έχουν πολύ υψηλή δυνατότητα άμεσης εύρεσης εργασίας, λόγω των εξειδικευμένων γνώσεων και ικανοτήτων τους, αλλά και της μεγάλης ζήτησης από τον επαγγελματικό κλάδο σε σημαντικό εύρος αντικειμένων.



Εικόνα 80. Επαγγελματική απορρόφηση των αποφοίτων του ΔΠΜΣ ΣΚΥΕ: τομέας απασχόλησης (αριστερά) και χρόνος εύρεσης συναφούς εργασίας (δεξιά)

ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΔΠΜΣ ΣΚΥΕ

- Παροχή των απαραίτητων γνώσεων ώστε να «γεφυρωθεί» το κενό που υπάρχει μεταξύ των διαφόρων ειδικοτήτων Μηχανικών και άλλων επιστημόνων για την αποτελεσματικότερη κατανόηση και την αφομοίωση της σύγχρονης

μελετητικής προσέγγισης και της τεχνολογίας κατασκευής των υπογείων έργων.

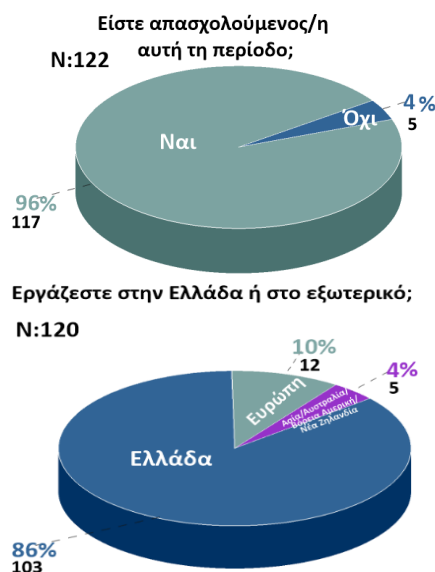
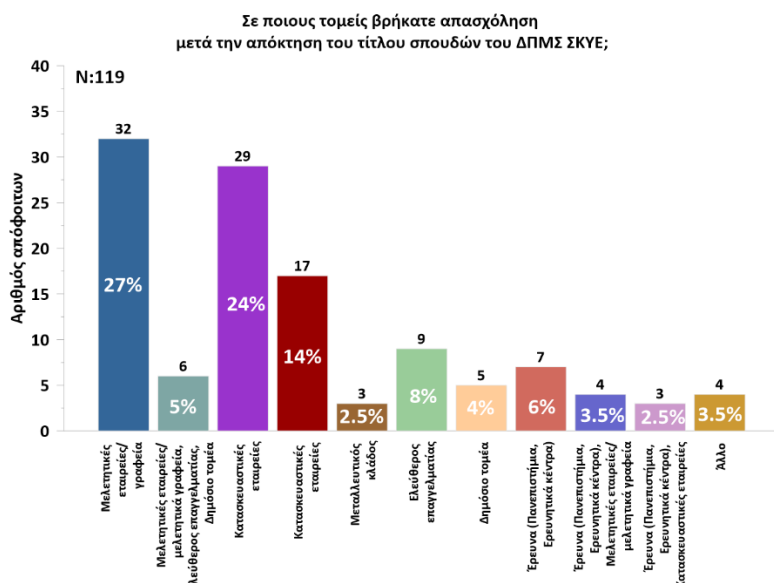
- Στήριξη της συμμετοχής της χώρας στις διεθνείς εξελίξεις στην εκμετάλλευση και αξιοποίηση του υπόγειου χώρου και ενίσχυση των μηχανισμών μεταφοράς τεχνολογίας.





- Υποστήριξη μιας νέας γενιάς καταρτισμένων επιστημόνων, που θα στελεχώσει ιδιωτικές εταιρείες του κλάδου, δημόσιους φορείς, καθώς και

ερευνητικούς οργανισμούς, προάγοντας τη χρήση των υπόγειων κατασκευών και υποδομών, την επιστήμη και την καινοτομία.



Εικόνα 81. Επαγγελματική πορεία των αποφοίτων του ΔΠΜΣ ΣΚΥΕ: τομείς απασχόλησης, ποσοστό απασχόλησης και γεωγραφική κατανομή στην Ελλάδα και το εξωτερικό

ΔΠΜΣ ΣΚΥΕ - ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ 2026–2027

Η μεγάλη ζήτηση για συμμετοχή στο ΔΠΜΣ ΣΚΥΕ συνεχίζεται και για το ακαδημαϊκό έτος 2026–2027. Μετά την αξιολόγηση των υποψηφιοτήτων από την Επιτροπή Προγράμματος Σπουδών, επιλέχθηκαν 20 νέοι μεταπτυχιακοί φοιτητές, οι οποίοι έρχονται να προστεθούν σε μια μακρά σειρά αποφοίτων που σήμερα στελεχώνουν το μελετητικό, κατασκευαστικό και ερευνητικό χώρο των υπόγειων έργων.

Η φετινή εικόνα αποκτά ιδιαίτερη σημασία σε μια περίοδο έντονης δραστηριότητας στον χώρο των υπόγειων υποδομών, όπου η ανάγκη για μηχανικούς με εξειδικευμένη γνώση και ουσιαστική κατανόηση του σχεδιασμού και της κατασκευής τους γίνεται ολοένα μεγαλύτερη.



ΤΟ ΔΠΜΣ ΣΚΥΕ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΙΣ

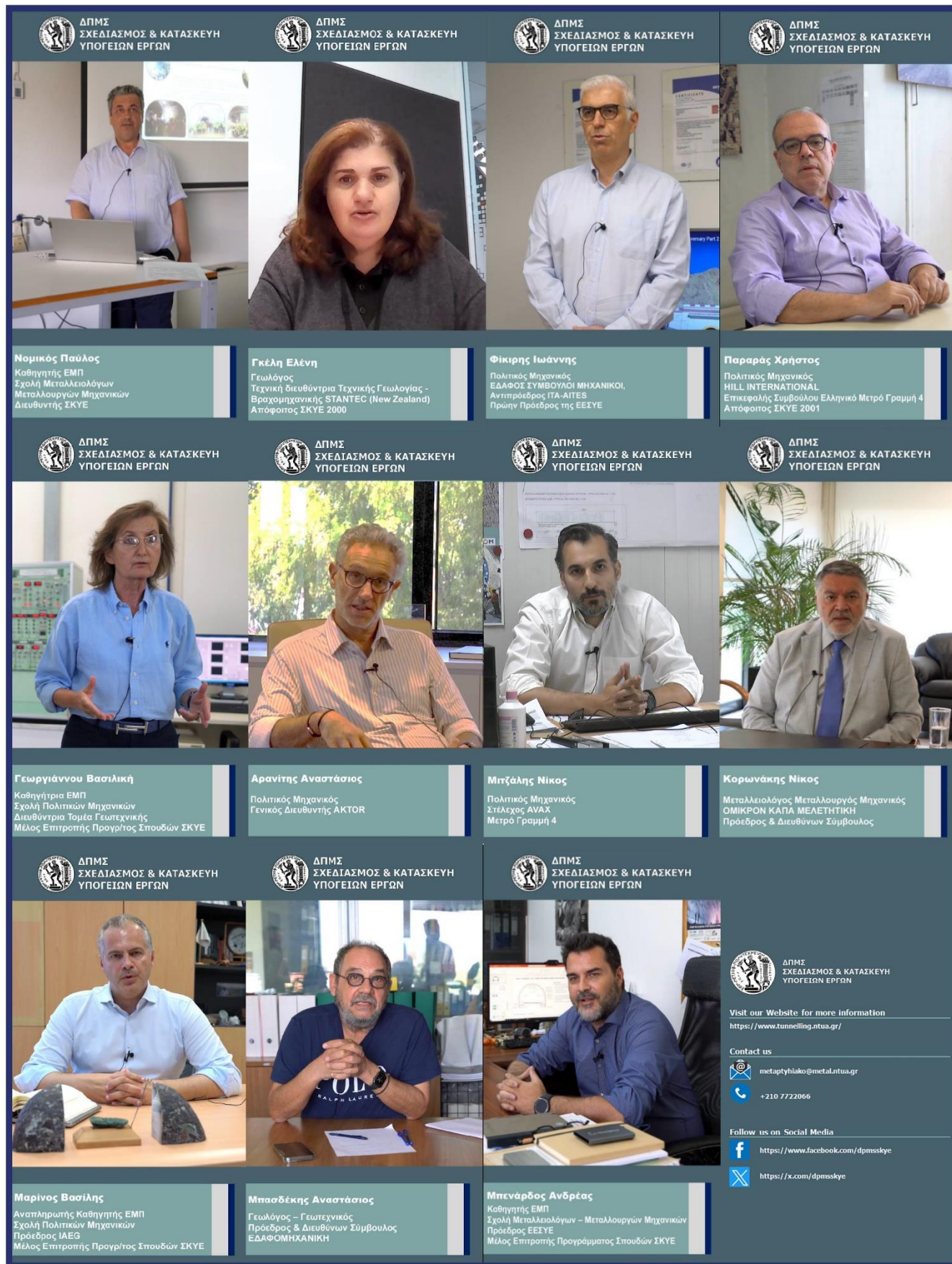
Μέσα από μια νέα σειρά σύντομων συνεντεύξεων, μηχανικοί από κατασκευαστικές και μελετητικές εταιρείες, διδάσκοντες με πολυετή εμπειρία και απόφοιτοι του ΔΠΜΣ μιλούν για τη συμβολή του Προγράμματος στην επαγγελματική εξέλιξη, τις γνώσεις και τις δεξιότητες που χρειάζεται σήμερα ο Μηχανικός Σηράγγων, αλλά και την υψηλή ζήτηση εξειδικευμένων μηχανικών τόσο στον μελετητικό όσο και στον κατασκευαστικό χώρο.

Στο παρόν δελτίο παρουσιάζονται, με αλφαβητική σειρά, οι τρεις συνεντεύξεις της σειράς. Η σειρά θα συνεχιστεί στα επόμενα τεύχη του Δελτίου, δίνοντας σταδιακά τον λόγο σε περισσότερους διδάσκοντες, επαγγελματίες του κλάδου και αποφοίτους του ΔΠΜΣ.

Τα reels των συνεντεύξεων είναι διαθέσιμα στην ιστοσελίδα του ΔΠΜΣ ΣΚΥΕ.

[Reels συνεντεύξεων ΔΠΜΣ ΣΚΥΕ](https://www.tunnelling.ntua.gr)

<https://www.tunnelling.ntua.gr>



Εικόνα 82. Στιγμιότυπα από τις συνεντεύξεις του ΔΠΜΣ ΣΚΥΕ. Τα reels είναι διαθέσιμα εδώ: «Reels συνεντεύξεων ΔΠΜΣ ΣΚΥΕ» (Reels συνεντεύξεων ΔΠΜΣ ΣΚΥΕ).



10 Ψηφιακά Εργαλεία και Καινοτομία στα Υπόγεια Έργα

Λογισμικά, αισθητήρες & ΑΙ στην υπηρεσία του υπόγειου χώρου

SPOT. Ρομποτικά βήματα στον υπόγειο χώρο

Τετράποδα ρομπότ στην επιθεώρηση & παρακολούθηση υπόγειων έργων

Σύνοψη από τον Βασίλη Μαρίνο, Αναπληρωτή Καθηγητή, Τομέας Γεωτεχνικής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ

1. Η ρομποτική στον υπόγειο χώρο

Η ανάπτυξη της ρομποτικής και των αυτόνομων συστημάτων δημιουργεί νέες δυνατότητες για την επιθεώρηση και παρακολούθηση σήραγγων και άλλων υπόγειων κατασκευών, καθώς και για τη συστηματική συλλογή και καταγραφή δεδομένων από το υπόγειο περιβάλλον. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα τετράποδα ρομπότ (quadruped robots), τα οποία, χάρη στην ιδιαίτερη μορφή κίνησής τους, μπορούν να κινούνται σε ανώμαλες επιφάνειες, να υπερβαίνουν εμπόδια και να προσαρμόζονται καλύτερα από συμβατικές τροχοφόρες πλατφόρμες στη σύνθετη γεωμετρία και στις μεταβαλλόμενες συνθήκες ενός υπόγειου περιβάλλοντος.



Εικόνα 83. Τετράποδη ρομποτική πλατφόρμα κατά τη διερεύνηση δυσπρόσιτης περιοχής στο υπόγειο μεταλλείο Kiruna, Σουηδία ([Boston Dynamics](#)).

Η δυνατότητα αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε σήραγγες υπό κατασκευή, υπόγειους θαλάμους, μεταλλευτικά έργα και υφιστάμενες υπόγειες υποδομές, όπου μπορεί να συνυπάρχουν

περιορισμένος φωτισμός, νερά, λάσπη, ανώμαλο δάπεδο, εμπόδια και περιοχές με δύσκολη ή δυνητικά επικίνδυνη πρόσβαση. Το ρομπότ λειτουργεί ουσιαστικά ως κινητή πλατφόρμα αισθητήρων, μεταφέροντας τον κατάλληλο εξοπλισμό στο εσωτερικό του έργου και επιτρέποντας τη συλλογή δεδομένων χωρίς να απαιτείται συνεχής φυσική παρουσία του ανθρώπου στο σημείο της επιθεώρησης.

2. Από την αποτύπωση στην παρακολούθηση

Ανάλογα με τον εξοπλισμό που φέρουν, οι σύγχρονες τετράποδες ρομποτικές πλατφόρμες μπορούν να συνδυάζουν κάμερες υψηλής ανάλυσης, θερμικές κάμερες, σαρωτές LiDAR, αδρανειακές μονάδες μέτρησης IMU (Inertial Measurement Unit), που συνήθως περιλαμβάνουν επιταχυνσιόμετρα και γυροσκόπια, καθώς και αισθητήρες περιβαλλοντικών παραμέτρων. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να υποστηρίξουν οπτική και θερμική επιθεώρηση, τρισδιάστατη αποτύπωση, καταγραφή της κατάστασης της επένδυσης μιας σήραγγας ή ενός μετώπου εκσκαφής, καθώς και έλεγχο των συνθηκών σε χώρους όπου η ανθρώπινη παρουσία είναι δύσκολη ή πρέπει να περιοριστεί.

Ιδιαίτερη τεχνική πρόκληση στα υπόγεια έργα αποτελεί η πλοήγηση σε περιβάλλον όπου δεν είναι διαθέσιμος ο δορυφορικός εντοπισμός (GNSS). Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τεχνικές Simultaneous Localization and Mapping (SLAM), μέσω των οποίων το ρομπότ μπορεί να εκτιμά τη θέση και την κίνησή του ενώ ταυτόχρονα δημιουργεί χάρτη του περιβάλλοντος. Ο συνδυασμός LiDAR,



οπτικών συστημάτων και IMU μπορεί έτσι να υποστηρίξει τόσο την πλοήγηση όσο και την τρισδιάστατη αποτύπωση του υπόγειου χώρου.

Οι σαρώσεις LiDAR αποδίδονται ως τρισδιάστατα νέφη σημείων (3D point clouds), παρέχοντας λεπτομερές ψηφιακό αποτύπωμα της γεωμετρίας της κατασκευής. Η επανάληψη των αποτυπώσεων στον χρόνο επιτρέπει, υπό κατάλληλες συνθήκες ακρίβειας και επεξεργασίας, τη σύγκρισή τους και την παρακολούθηση γεωμετρικών και δομικών μεταβολών, όπως μεταβολές της διατομής, συγκλίσεις της επένδυσης και σχετικές μετακινήσεις. Οι ρομποτικές αποτυπώσεις μπορούν έτσι να λειτουργούν συμπληρωματικά προς την ενόργανη παρακολούθηση, παρέχοντας εκτεταμένη χωρική πληροφορία για τη συμπεριφορά της υπόγειας κατασκευής.

3. Από την έρευνα στην πράξη

Η χρήση τετράποδων ρομπότ στα υπόγεια έργα έχει ήδη περάσει από το επίπεδο της ερευνητικής ανάπτυξης σε εφαρμογές υπό πραγματικές συνθήκες. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν εφαρμογές σε υπόγεια μεταλλευτικά έργα και σήραγγες μετρό, καθώς αναδεικνύουν δύο διαφορετικές πτυχές της τεχνολογίας: αφενός τη δυνατότητα ανάληψης εργασιών σε ένα απαιτητικό και δυνητικά επικίνδυνο περιβάλλον κατά την κατασκευή και αφετέρου τη δυνατότητα αυτοματοποιημένης επιθεώρησης και παρακολούθησης υφιστάμενων σήραγγων.

Μία από τις πρώιμες και καλά τεκμηριωμένες εφαρμογές σε πραγματικό υπόγειο μεταλλευτικό έργο καταγράφεται στη Χιλή, όπου από τον Νοέμβριο του 2021 δοκιμάζεται τετράποδη ρομποτική πλατφόρμα με στόχο τη μείωση της έκθεσης του προσωπικού σε επικίνδυνες συνθήκες και τη βελτίωση του ελέγχου των εργασιών. Η εφαρμογή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω του εύρους των εργασιών που ανατίθενται στην ίδια πλατφόρμα: σαρώσεις υψηλής ακρίβειας για τον γεωμετρικό έλεγχο των διατομών, έλεγχο του πάχους του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, θερμική παρακολούθηση για την εκτίμηση της πήξης και της ανάπτυξης της πρώιμης μηχανικής αντοχής του, καθώς και φωτογραφική καταγραφή του μετώπου για τη σύνταξη γεωλογικής - τεχνικογεωλογικής αναγνώρισης - χαρτογράφησης. Το ρομπότ

χρησιμοποιείται επίσης για διερευνητική πρόσβαση μετά από ανατίναξη, πριν από την είσοδο του προσωπικού, με σκοπό τον εντοπισμό πιθανών εκρηκτικών που δεν έχουν πυροδοτηθεί (Crespo & Rodríguez, 2023).



Εικόνα 84. Τετράποδη ρομποτική πλατφόρμα εξοπλισμένη με σαρωτή 3D LiDAR σε υπόγειο μεταλλευτικό έργο στο *Chuquicamata* της Χιλή. Η εφαρμογή περιλαμβάνει 3D αποτύπωση, έλεγχο διατομών και εκτοξευόμενου σκυροδέματος και χαρτογράφηση μετώπου εκσκαφής (ACCIONA)

Μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα πρόσφατη εφαρμογή σε σήραγγες μετρό παρουσιάζεται από τους Feng et al. (2026), όπου τετράποδη ρομποτική πλατφόρμα εξοπλισμένη με laser scanner χρησιμοποιείται για την αυτοματοποιημένη συλλογή τρισδιάστατων δεδομένων και τον υπολογισμό των συγκλίσεων και παραμορφώσεων της επένδυσης. Η εφαρμογή παρήγαγε περισσότερα από 574 εκατομμύρια σημεία τρισδιάστατης αποτύπωσης, ενώ η ακρίβεια των υπολογιζόμενων παραμορφώσεων αξιολογήθηκε έναντι μετρήσεων με total station, παρουσιάζοντας μέσο σφάλμα μόλις 0,60 mm. Η συγκεκριμένη επίδοση είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς καταδεικνύει ότι, για τη συγκεκριμένη εφαρμογή και μεθοδολογία, η ρομποτική αποτύπωση μπορεί να επιτύχει ακρίβεια συγκρίσιμη με συμβατικές γεωδαιτικές μετρήσεις, παρέχοντας ταυτόχρονα πυκνή και εκτεταμένη χωρική πληροφορία κατά μήκος της σήραγγας.

4. Δυνατότητες και τεχνικές προκλήσεις

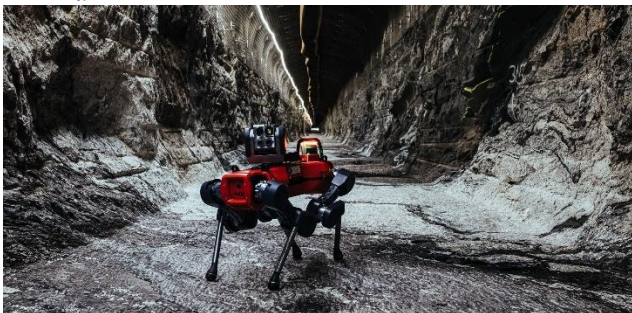
Οι εφαρμογές αυτές αναδεικνύουν τη δυνατότητα των τετράποδων ρομπότ να λειτουργούν ως ευέλικτες κινητές πλατφόρμες συλλογής δεδομένων, συνδυάζοντας διαφορετικούς αισθητήρες και προσαρμόζοντας τον εξοπλισμό τους στις απαιτήσεις κάθε αποστολής. Η αξία τους βρίσκεται κυρίως στη δυνατότητα πρόσβασης σε απαιτητικά υπόγεια



περιβάλλοντα και στην εκτέλεση επαναλαμβανόμενων αποστολών με συνεπή τρόπο, χωρίς όμως να υποκαθιστούν τα εξειδικευμένα συστήματα μέτρησης και παρακολούθησης.

Η λειτουργία τους σε υπόγεια έργα εξακολουθεί να συνοδεύεται από σημαντικές τεχνικές και επιχειρησιακές προκλήσεις. Η αυτονομία της μπαταρίας, η διατήρηση αξιοπιστίας επικοινωνίας σε εκτεταμένα υπόγεια δίκτυα, η πλοήγηση και ο εντοπισμός σε περιβάλλον χωρίς GNSS και η κίνηση σε ιδιαίτερα ανώμαλο, ολισθηρό ή ασταθές έδαφος μπορούν να περιορίζουν την επιχειρησιακή τους ικανότητα. Σκόνη, νερό, υγρασία και περιορισμένος φωτισμός μπορούν επίσης να επηρεάζουν την απόδοση των αισθητήρων, ενώ η αξιοπιστία των μετρήσεων εξαρτάται από την κατάλληλη βαθμονόμηση, την ακρίβεια εντοπισμού και την ορθή επεξεργασία και συσχέτιση των δεδομένων.

Ένας ακόμη ουσιαστικός περιορισμός αφορά την ερμηνεία των δεδομένων. Η αυτοματοποιημένη αναγνώριση μιας ρωγμής, μιας μεταβολής της γεωμετρίας ή μιας άλλης ανωμαλίας δεν συνεπάγεται αυτομάτως και αξιολόγηση της τεχνικής της σημασίας. Η διερεύνηση των αιτίων, η εκτίμηση της εξέλιξης και η αξιολόγηση των επιπτώσεων στην ασφάλεια και στη συμπεριφορά του έργου παραμένουν αντικείμενο της τεχνικής κρίσης του μηχανικού, γεωλόγου και του αρμόδιου ειδικού επιστήμονα.



Εικόνα 85. Τετράποδη ρομποτική πλατφόρμα κατά τη δοκιμή αυτόνομης πλοήγησης στις υπόγειες εγκαταστάσεις ONKALO®, Oikiluoto, Φινλανδία, σε βάθος άνω των 400 m (Posiva – ONKALO®).

5. Το επόμενο βήμα: Ρομποτική, Building Information Modelling (BIM) και Τεχνητή Νοημοσύνη (AI)

Η επόμενη εξέλιξη βρίσκεται στη διασύνδεση των ρομποτικών πλατφορμών με AI, computer vision,

BIM και digital twins, με στόχο τη μετάβαση από τη μεμονωμένη ρομποτική επιθεώρηση σε ολοκληρωμένα συστήματα ψηφιακής παρακολούθησης. Ο συνδυασμός BIM και 3D LiDAR-SLAM μπορεί να υποστηρίξει την πλοήγηση και τον εντοπισμό του ρομπότ, ενώ αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να συμβάλλουν στην αναγνώριση μεταβολών και στην αυτοματοποιημένη σύγκριση διαδοχικών αποτυπώσεων. Το ρομπότ δεν αντικαθιστά τον μηχανικό στο υπόγειο έργο· διευρύνει τις δυνατότητες ασφαλούς πρόσβασης, συστηματικής παρακολούθησης και συλλογής δεδομένων, ενώ η τεχνική αξιολόγηση και η λήψη αποφάσεων παραμένουν ευθύνη του ειδικού.

Ενδεικτική βιβλιογραφία

- Chen, Z., Song, C., Wang, B., Tao, X., Zhang, X., Lin, F. & Cheng, J.C.P. (2025). *Automated reality capture for indoor inspection using BIM and a multi-sensor quadruped robot*. Automation in Construction, 170, 105930. DOI: 10.1016/j.autcon.2024.105930.
- Crespo, C. & Rodríguez, F. (2023). *Integration of robotics in underground mining construction works*. In: Anagnostou, G., Benardos, A. & Marinos, V. (Eds.), Expanding Underground – Knowledge and Passion to Make a Positive Impact on the World, Proceedings of the World Tunnel Congress 2023, Taylor & Francis. DOI: 10.1201/9781003348030-290.
- Feng, Y., Feng, S.-J., Zhang, X.-L., Kong, Q.-Z. & Zhao, Y. (2026). *Automatic deformation detection of metro tunnels via point cloud segmentation and geometric analysis*. Automation in Construction, 181, 106657. DOI: 10.1016/j.autcon.2025.106657.

Διαδικτυακές πηγές

- [Boston Dynamics](#). Spot, industrial inspection and underground mining applications
- [Posiva – ONKALO®](#). Quadruped robot testing in deep underground facilities
- [ACCIONA](#). Quadruped robot applications in underground mining works
- [ITA-AITES](#). International Tunnelling and Underground Space Association (ITA-AITES)



11 Τιμητική Αναφορά στον Παύλο Γ. Μαρίνο, Ομότιμο Καθηγητή ΕΜΠ, πρώην Πρόεδρο και Επίτιμο Πρόεδρο της ΙΑΕΓ, πρώην Πρόεδρος ΕΕΣΥΕ

Η αναγνώριση όσων χάραξαν ανεκτίμητες υπόγειες διαδρομές

Βασίλης Μαρίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τομέας Γεωτεχνικής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ



Παύλο Γ. Μαρίνος
Ομότιμος Καθηγητή ΕΜΠ
Πρώην Πρόεδρος & Επίτιμος Πρόεδρος
της ΙΑΕΓ
Πρώην Πρόεδρος ΕΕΣΥΕ
1944 – 2021

1. Εισαγωγή. Τα κυριότερα επιτεύγματα του Παύλου Γ. Μαρίνου, όπως ο ίδιος τα είχε καταγράψει

Ο Παύλος Γ. Μαρίνος υπήρξε μία από τις ηγετικές και πλέον εμβληματικές μορφές της Τεχνικής Γεωλογίας διεθνώς. Πανεπιστημιακός δάσκαλος και ερευνητής με ισχυρή διεθνή παρουσία, αλλά συγχρόνως τεχνικός εμπειρογνώμων με εξαιρετικά εκτεταμένη εμπειρία από μεγάλα έργα στην Ελλάδα και στο εξωτερικό, συνέβαλε ουσιαστικά στην εξέλιξη της επιστήμης και στην προώθηση της σύγχρονης Τεχνικής Γεωλογίας σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Το επιστημονικό του έργο εκτεινόταν από τον χαρακτηρισμό των βραχομαζών και τη συμπεριφορά ασθενών και σύνθετων γεωλογικών σχηματισμών έως την Υδρογεωλογία, με σταθερό προσανατολισμό στην εφαρμογή της γεωλογικής γνώσης στον σχεδιασμό και την κατασκευή των τεχνικών έργων. Η διεθνής επιστημονική κοινότητα τον αναγνώρισε όχι μόνο για το εύρος και την πρωτοτυπία της έρευνάς του, αλλά και για την ιδιαίτερη ικανότητά του να συνδέει την επιστημονική παρατήρηση και ερμηνεία με την αντιμετώπιση πραγματικών και σύνθετων γεωλογικών και γεωτεχνικών προβλημάτων στα τεχνικά έργα. Στην αποτίμηση της πορείας του, την οποία ο ίδιος είχε συντάξει στο πλαίσιο της υποψηφιότητάς του στην Ακαδημία Αθηνών, επέλεξε να καταγράψει ως «Κυριότερα επιτεύγματα» τους σταθμούς που θεωρούσε ότι εξέφραζαν πληρέστερα την



Εικόνα 86. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος επί το έργον στο χιονισμένο πεδίο.

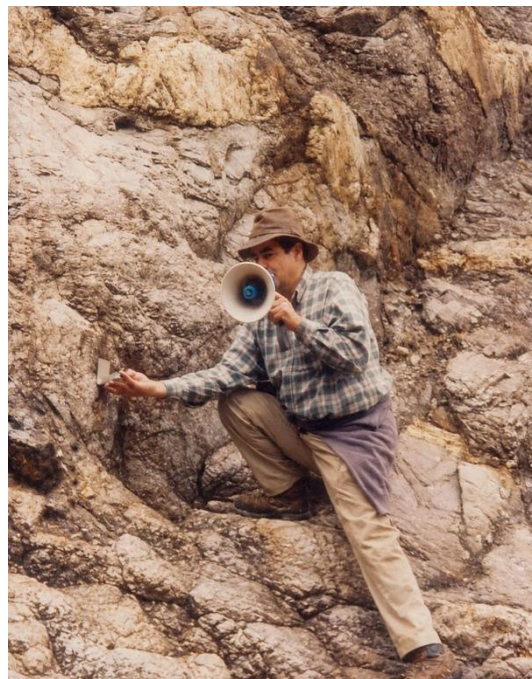


επιστημονική και ακαδημαϊκή του διαδρομή. Μεταξύ αυτών, ιδιαίτερη θέση κατείχε η αναγνώριση και βράβευσή του με διεθνή βραβεία και μετάλλια υψηλού κύρους για την προσφορά του στον χώρο της Εφαρμοσμένης Γεωλογίας. Ανάμεσά τους, το Hans Cloos Medal της IAEG, η Rudolph Glossop Lecture της Γεωλογικής Εταιρείας του Λονδίνου, με περιορισμένο αριθμό τιμωμένων εκτός του Ηνωμένου Βασιλείου, καθώς και η Richard H. Jahns Distinguished Lecture της Γεωλογικής Εταιρείας της Αμερικής, με τον Παύλο Μαρίνο να είναι ο πρώτος επιστήμονας εκτός Αμερικής που τιμήθηκε με τη συγκεκριμένη διάκριση από την ίδρυσή της, το 1978.

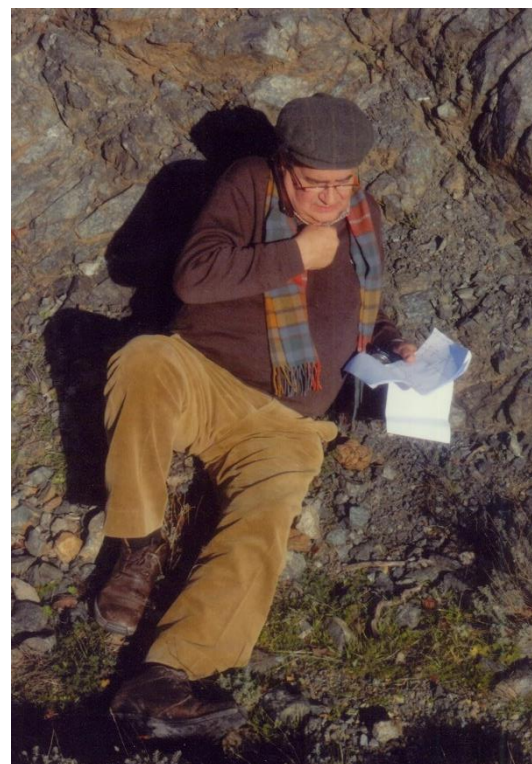
Μεταξύ των διεθνών τιμητικών διακρίσεών του συγκαταλέγεται η αναγόρευσή του σε Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques της Γαλλικής Δημοκρατίας, μία διάκριση με ιδιαίτερο συμβολισμό για έναν επιστήμονα του οποίου η ακαδημαϊκή διαδρομή είχε ξεκινήσει στη Γαλλία και ο οποίος διατήρησε σε όλη τη σταδιοδρομία του στενούς δεσμούς με τη γαλλική πανεπιστημιακή και επιστημονική κοινότητα. Αντιστοίχως, η αναγόρευσή του σε Επίτιμο Διδάκτορα του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου αποτέλεσε σημαντική αναγνώριση της μακράς ακαδημαϊκής σχέσης του με το Πανεπιστήμιο στο οποίο είχε διαμορφώσει ένα από τα πρώτα και σημαντικότερα κεφάλαια της πανεπιστημιακής του πορείας.

Η πανεπιστημιακή διδασκαλία υπήρξε κεντρικός άξονας της ζωής και του έργου του. Ο ίδιος περιλάμβανε μεταξύ των σημαντικότερων επιτευγμάτων του το γεγονός ότι εισήγαγε και πρώτος διαμόρφωσε το μάθημα της Τεχνικής Γεωλογίας για Γεωλόγους στο Πανεπιστήμιο Αθηνών και για Πολιτικούς Μηχανικούς στο Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης και στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Η συμβολή αυτή υπερέβαινε τη διδασκαλία ενός πανεπιστημιακού μαθήματος: εξέφραζε την αντίληψή του για την Τεχνική Γεωλογία ως επιστήμη που οφείλει να συνδέει τη γεωλογική γνώση, την παρατήρηση στο πεδίο και την κατανόηση της συμπεριφοράς του γεωλογικού μέσου με τις ανάγκες του μηχανικού και του τεχνικού σχεδιασμού.

Η διεθνής ακαδημαϊκή και θεσμική του παρουσία ήταν αντίστοιχης εμβέλειας. Ως εκλεγμένος Πρόεδρος της International Association for Engineering Geology (IAEG) κατά την περίοδο 1994–1998 συνέβαλε, όπως ο ίδιος σημείωνε, στην επιστημονική φυσιογνωμία της Ένωσης και στην ανάπτυξη των διεθνών δραστηριοτήτων της. Προσκλήθηκε ειδικά για διαλέξεις και πανεπιστημιακά μαθήματα σε πλήθος διακεκριμένων πανεπιστημίων και επιστημονικών ιδρυμάτων σε όλο τον κόσμο, στις ΗΠΑ, στον Καναδά, στην Ευρώπη, στη Νοτιοανατολική Ασία, στην Αυστραλία, στη Νέα Ζηλανδία κ.ά. Επιστέγασμα της διεθνούς ακαδημαϊκής του παρουσίας αποτέλεσε η πρόσκλησή του ως Επισκέπτη Καθηγητή στην École des Mines de Paris και στο Université de Grenoble, στο Πανεπιστήμιο όπου είχε πραγματοποιήσει τις μεταπτυχιακές και διδακτορικές του σπουδές, επιστρέφοντας πλέον σε αυτό με την ιδιότητα του Καθηγητή.



Εικόνα 87. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος διδάσκοντας τους φοιτητές στο πεδίο, σε βραχώδες πρανές στην περιοχή του φράγματος Malpasset, Γαλλία.



Εικόνα 88. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος στο πεδίο, ανάμεσα στις σκέψεις, τις παρατηρήσεις και τις σημειώσεις του.



Η ακαδημαϊκή και ερευνητική του δραστηριότητα συνδεόταν άμεσα και διαρκώς με τη μελέτη και την κατασκευή μεγάλων τεχνικών έργων. Ως εμπειρογνώμων συμμετείχε σε σημαντικά έργα στην Ελλάδα και στο εξωτερικό, μεταξύ των οποίων τα Μετρό Αθηνών και Θεσσαλονίκης και οι επεκτάσεις τους, η Εγνατία Οδός, το Φράγμα Ευήνου και τα φράγματα της ΔΕΗ. Στο εξωτερικό προσκλήθηκε από την Παγκόσμια Τράπεζα σε ειδικές και ιδιαίτερα απαιτητικές περιπτώσεις μεγάλων τεχνικών έργων, μεταξύ των οποίων το Φράγμα Rogun, το υψηλότερο στον κόσμο και το Φράγμα Μοσούλης, όπου το κρίσιμο ζήτημα αφορούσε τον κίνδυνο κατάρρευσης.

Σε ερευνητικό επίπεδο, σημαντικό επίτευγμα αποτέλεσαν οι εργασίες του για τον ποσοτικό χαρακτηρισμό των βραχομαζών των γεωλογικών σχηματισμών, ένα ανοικτό τότε επιστημονικό θέμα, καθώς και για τη δυνατότητα προσδιορισμού των μηχανικών ιδιοτήτων τους, απαραίτητων για τον σχεδιασμό των τεχνικών έργων. Στο πλαίσιο αυτής της ερευνητικής κατεύθυνσης εξελίχθηκε ο Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής (Geological Strength Index – GSI), ο οποίος εφαρμόζεται σε μεγάλο φάσμα γεωλογικών σχηματισμών και συμβάλλει στον προσδιορισμό των παραμέτρων που απαιτούνται για την εφαρμογή κριτηρίων θραύσης των βραχομαζών. Ο δείκτης απέκτησε διεθνή αναγνώριση και ευρεία εφαρμογή στον σχεδιασμό των τεχνικών έργων, ενώ οι σχετικές επιστημονικές εργασίες έχουν συγκεντρώσει μεγάλο αριθμό αναφορών στη διεθνή βιβλιογραφία. Σημαντικό και διαχρονικό πεδίο της επιστημονικής του δραστηριότητας υπήρξε επίσης η Υδρογεωλογία και, κυρίως, η καρστική Υδρογεωλογία, η οποία αποτέλεσε βασικό υπόβαθρο της επιστημονικής του συγκρότησης και της μετέπειτα προσέγγισής του στην Τεχνική Γεωλογία. Η έρευνά του επικεντρώθηκε επίσης στη γεωτεχνική και υδρογεωλογική συμπεριφορά γεωλογικών σχηματισμών διαφορετικής πετρογραφικής σύστασης και γεωλογικής δομής, με έμφαση στον φλύσχη, στους οφιόλιθους και στους καρστικούς σχηματισμούς. Σημαντική διάσταση του επιστημονικού του έργου αποτέλεσε και η εκτεταμένη συγγραφική και εκδοτική του δραστηριότητα, καθώς και η συμμετοχή του στις εκδοτικές επιτροπές σημαντικών διεθνών περιοδικών του κλάδου, έχοντας και την ευθύνη της διεύθυνσης ενός από αυτά.

Έρευνα, πανεπιστημιακή διδασκαλία, διεθνής επιστημονική δραστηριότητα και εμπειρία από μεγάλα τεχνικά έργα δεν αποτέλεσαν ανεξάρτητες πλευρές της σταδιοδρομίας του, αλλά συνέθεσαν μια ενιαία επιστημονική διαδρομή, με ουσιαστική συμβολή στην εξέλιξη και στη διεθνή παρουσία της Τεχνικής Γεωλογίας.

2. Σπουδές

Ο Παύλος Γ. Μαρίνος γεννήθηκε το 1944 στην Αθήνα και μεγάλωσε στο Κουκάκι, στους πρόποδες του Φιλοπάππου. Φοίτησε στη Βαρβάκειο Πρότυπο Σχολή κατά την περίοδο 1956–1961 και στη συνέχεια εισήχθη στη Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων και Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, όπου σπούδασε από το 1961 έως το 1966 ως υπότροφος και έλαβε το δίπλωμά του το 1966.

Αμέσως μετά την αποφοίτησή του συνέχισε τις σπουδές του στη Γαλλία, στο *Université de Grenoble, Faculté des Sciences, Géologie*, με υποτροφία της Γαλλικής Κυβέρνησης. Εκεί παρακολούθησε μεταπτυχιακές σπουδές στην Εφαρμοσμένη Γεωλογία (*Géologie appliquée – DEA*), αποφοιτώντας πρώτος και το 1969 έλαβε το διδακτορικό του από το ίδιο Πανεπιστήμιο. Η διδακτορική του διατριβή έλαβε την ανώτατη διάκριση «*Très honorable avec les félicitations du jury*», ενώ προτάθηκε από το Πανεπιστήμιο για το βραβείο Henri Milon της *Société Hydrotechnique de France* για το 1970.



Εικόνα 89. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος σε μέτωπο εκσκαφής σήραγγας του Μετρό της Αθήνας.



Εικόνα 90. Παρουσίαση της διδακτορικής διατριβής του Παύλου Γ. Μαρίνου στο Université de Grenoble, 1969



3. Ακαδημαϊκή εξέλιξη

Η ακαδημαϊκή πορεία του Παύλου Γ. Μαρίνου ξεκίνησε το 1974, ως Επιμελητή στο Τμήμα Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών και Ειδικού Επιστήμονα στη Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων του ΕΜΠ, θέσεις στις οποίες παρέμεινε έως το 1977.

Το 1977 εξελέγη Έκτακτος Καθηγητής Τεχνικής Γεωλογίας στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης (ΔΠΘ) και το 1980 Τακτικός Καθηγητής, θέση την οποία κατείχε έως το 1987. Η δεκαετία της Ξάνθης αποτέλεσε το πρώτο μεγάλο κεφάλαιο της ακαδημαϊκής του σταδιοδρομίας. Στο ΔΠΘ διαμόρφωσε τη διδασκαλία της Γεωλογίας Μηχανικού και της Τεχνικής Γεωλογίας με σαφή προσανατολισμό στις ανάγκες του Πολιτικού Μηχανικού, δίνοντας ιδιαίτερη βαρύτητα στην άμεση σύνδεση της γεωλογικής γνώσης με το τεχνικό έργο και στην εκπαίδευση στο πεδίο, μέσα από συστηματικές ασκήσεις υπαίθρου.

Η σχέση του με το Πανεπιστήμιο και την Ξάνθη διατηρήθηκε ισχυρή και μετά την ολοκλήρωση της θητείας του. Η αναγόμευσή του, το 2013, σε Επίτιμο Διδάκτορα του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης αποτέλεσε για τον ίδιο ιδιαίτερη τιμή και πηγή μεγάλης χαράς και υπερηφάνειας, καθώς αναγνώριζε την ακαδημαϊκή παρακαταθήκη που είχε αφήσει στο Πανεπιστήμιο όπου πραγματοποίησε το πρώτο μεγάλο βήμα της πανεπιστημιακής του πορείας.

Το 1987 εξελέγη Αναπληρωτής Καθηγητής Τεχνικής Γεωλογίας στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και το 1992 Καθηγητής Τεχνικής Γεωλογίας, θέση την οποία κατείχε έως το 2011. Μετά τη συνταξιοδότησή του αναγορεύθηκε Ομότιμος Καθηγητής Τεχνικής Γεωλογίας του ΕΜΠ. Η παρουσία του στο ΕΜΠ επί περισσότερες από τρεις δεκαετίες συνδέθηκε με την εδραίωση και περαιτέρω ανάπτυξη της Τεχνικής Γεωλογίας στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών. Διετέλεσε επί σειρά ετών Διευθυντής του Τομέα Γεωτεχνικής και συνέβαλε ουσιαστικά στη διαμόρφωση της εκπαιδευτικής και ερευνητικής του φυσιογνωμίας. Στον Τομέα Γεωτεχνικής αναμόρφωσε τα μαθήματα της Γεωλογίας Μηχανικού και της Τεχνικής Γεωλογίας, προσανατολίζοντας τη διδασκαλία τους στις ανάγκες του Πολιτικού Μηχανικού και στην κατανόηση της συμπεριφοράς του γεωλογικού μέσου κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή των τεχνικών έργων.



Εικόνα 91. Διδασκαλία στο πεδίο με φοιτητές του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης, κατά την περίοδο 1977-1987.



Εικόνα 92. Στον Τομέα Γεωτεχνικής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ, με πολύτιμους συναδέλφους και φίλους, στα νέα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, κατά την περίοδο 2003-2011.

4. Ο Μέντορας ως Καθηγητής

Η φράση που χαρακτήριζε την αντίληψη του Παύλου Γ. Μαρίνου για τον ρόλο του πανεπιστημιακού δασκάλου ήταν: «Πάντα προτεραιότητα οι φοιτητές του». Με διαρκή φροντίδα για την ποιότητα της εκπαίδευσης, ανανέωνε και εμπλούτιζε συστηματικά το περιεχόμενο των μαθημάτων του, ενσωματώνοντας νέες επιστημονικές γνώσεις και μεταφέροντας στο μάθημα και στις ασκήσεις εμπειρίες από πραγματικά έργα. Η εκπαίδευση στο πεδίο, στο «φυσικό εργαστήριο» και σε πραγματικές κλίμακες, αποτελούσε βασικό στοιχείο της διδασκαλίας του. Κεντρική θέση είχε η κατανόηση και ερμηνεία της συμπεριφοράς του γεωλογικού μέσου πριν από την ποσοτική του περιγραφή και την αξιοποίησή της στον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός τεχνικού έργου. Όπως χαρακτηριστικά έλεγε στους φοιτητές του, «ακούμε την ανάσα του πετρώματος» και, πριν «βάλουμε κάτω αριθμούς και εξισώσεις», «φανταζόμαστε και αφουγκραζόμαστε πώς αυτό θα συμπεριφερθεί στα πλαίσια της κατασκευής ενός τεχνικού έργου».



Υπήρξε έμπνευση για χιλιάδες φοιτητές, τους οποίους επιδίωκε σταθερά να φέρνει σε άμεση επαφή με τα πραγματικά έργα. Χαρακτηριστική έκφραση αυτής της εκπαιδευτικής φιλοσοφίας υπήρξε η ετήσια 11ήμερη Εκπαιδευτική Εκδρομή Τεχνικής Γεωλογίας για τους προπτυχιακούς φοιτητές του μαθήματος Τεχνικής Γεωλογίας της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ, την οποία οργάνωνε επί περισσότερα από είκοσι χρόνια. Το πρόγραμμα της εκδρομής στην Ελλάδα, την Ιταλία, τη Γαλλία και την Ελβετία περιλάμβανε μεγάλα τεχνικά έργα και θέσεις ιδιαίτερου τεχνικογεωλογικού ενδιαφέροντος στην ευρύτερη περιοχή των Άλπεων, με έμφαση σε κλασικά περιστατικά αστοχιών, μεταξύ άλλων την καταστροφική αστοχία του φράγματος Malpasset το 1959 και την καταστροφική κατολίσθηση του Vajont το 1963, δύο εμβληματικές περιπτώσεις στη διεθνή ιστορία της Τεχνικής Γεωλογίας και της Γεωτεχνικής Μηχανικής. Για τον ίδιο, όμως, η εκπαιδευτική αξία αυτών των ταξιδιών ξεπερνούσε το αμιγώς τεχνικό και επιστημονικό αντικείμενο. Όπως έλεγε: «Ταξιδεύοντας... οι αποκτηθείσες παραστάσεις είναι το μυστικό για το άνοιγμα των πνευματικών οριζώντων» και «Ταξιδεύοντας... συλλαμβάνουμε την πραγματική κλίμακα του τεχνικού έργου... αισθανόμαστε το “άρωμα” κάθε χώρας». Έτσι, η επιστημονική εκπαίδευση συνδυαζόταν με την ιστορία και τον πολιτισμό των τόπων που επισκέπτονταν. Οι εκδρομές αυτές έμειναν για τους φοιτητές, τους συνεργάτες και τους φίλους που τον συνόδευσαν ως «εμπειρίες ζωής».



Εικόνα 93. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος οδηγώντας τους φοιτητές του προς το κατεστραμμένο φράγμα Malpasset, Γαλλία



Εικόνα 94. Η 11ήμερη Εκπαιδευτική Εκδρομή Τεχνικής Γεωλογίας του ΕΜΠ, με τον Παύλο Γ. Μαρίνο και τους φοιτητές του σε μεγάλα τεχνικά έργα και κλασικές περιπτώσεις αστοχιών στην Ελλάδα, την Ιταλία, τη Γαλλία και την Ελβετία.



Η ίδια εκπαιδευτική προσέγγιση χαρακτήρισε και το Διεπιστημονικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του ΕΜΠ «Σχεδιασμός και Κατασκευή Σηράγγων και Υπογείων Έργων», του οποίου υπήρξε ιδρυτικό μέλος και Διευθυντής. Η ετήσια επτάμερη εκπαιδευτική άσκηση στην Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα έφερνε τους μεταπτυχιακούς φοιτητές σε άμεση επαφή με υπόγεια έργα υπό κατασκευή και σε λειτουργία. Για δύο συνεχόμενα έτη, το 2005 και το 2006, οργανώθηκε εκπαιδευτική εκδρομή και στο εξωτερικό, στις υπό κατασκευή σήραγγες βάσης των Άλπεων και σε άλλα μεγάλα τεχνικά έργα, με έμφαση στα γεωλογικά και γεωτεχνικά θέματά τους. Τα βράδια, το πρόγραμμα συνεχιζόταν με παρουσιάσεις των φοιτητών για τα έργα που είχαν επισκεφθεί και, γύρω από το ίδιο τραπέζι, με συζητήσεις και αφηγήσεις του Παύλου Μαρίνου από έργα και ταξίδια, καλλιεργώντας μια ιδιαίτερα άμεση σχέση με τους φοιτητές του. Η εκπαιδευτική του παρακαταθήκη στο ΔΠΜΣ διατηρείται και μετά την απώλειά του: η ετήσια εκπαιδευτική εκδρομή φέρει προς τιμήν του το όνομα «ΠΑΥΛΟΣ ΜΑΡΙΝΟΣ», ενώ θεσπίστηκε και το Βραβείο «Παύλος Μαρίνος» για τον πρώτο απόφοιτο του Προγράμματος, με την Ελληνική Επιτροπή Σηράγγων και Υπογείων Έργων να συμβάλλει στην οικονομική ενίσχυση του βραβείου.

Η αγάπη και το μεράκι που επένδυε στους φοιτητές του τού επιστρέφονταν στο έπακρο, φθάνοντας να γίνουν βιβλία, ποιήματα και τραγούδια εμπνευσμένα από τον ίδιο, τη διδασκαλία του και τις κοινές τους εμπειρίες. Χαρακτηριστική είναι η ποιητική έκδοση του Κωνσταντίνου Ι. Ζερβαντωνάκη «Ποιήματα – Φράγματα και Σήραγγες: Ταξιδεύοντας με τον Παύλο» (Αθήνα, 2000–2002), στην οποία περιλαμβάνεται και το Μέρος Β΄ «Σήραγγες – Ταξιδεύοντας με τον Παύλο», ενώ η αγάπη των φοιτητών του εκφράστηκε και μέσα από πολλά ποιήματα, αφιερώσεις και τραγούδια. Στους στίχους τους αποτυπώνεται με αμεσότητα η μορφή του δασκάλου και μέντορα στο πεδίο και στα τεχνικά έργα: «...Ο Παύλος σε δημιουργικό παροξυσμό. Και εγώ σε παραλήρημα ν' ακολουθώ...», «...Αντίλαλος η φωνή του Παύλου, ηχώ που αντικρούει τα διακλασμένα αντερείσματα...», «...Αγγίζετε το βράχο. Ψηλαφίστε τον. Μιλήστε του. Την γλώσσα της Πέτρας...» και «...Μέσα στην σήραγγα, βαθιά στην καρδιά του βουνού, άφοβα, πρώτος μπήκε ο Παύλος...». Μέσα από αυτές τις αφιερώσεις αναδεικνύεται ο στενός δεσμός που ανέπτυξε με τους φοιτητές του, η αγάπη και η εκτίμηση που ενέπνεε και ο ρόλος του ως δασκάλου και μέντορα, που για πολλούς συνεχιζόταν πολύ πέρα από τα όρια της πανεπιστημιακής διδασκαλίας.



Εικόνα 95. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος με τους μεταπτυχιακούς φοιτητές του ΔΠΜΣ «Σχεδιασμός και Κατασκευή Σηράγγων και Υπογείων Έργων», κατά την ετήσια εκπαιδευτική άσκηση σε μεγάλα τεχνικά και υπόγεια έργα της Κεντρικής και Βόρειας Ελλάδας, η οποία σήμερα φέρει προς τιμήν του το όνομα «ΠΑΥΛΟΣ ΜΑΡΙΝΟΣ».

5. Το ερευνητικό έργο

Γεωεπιστήμονας παγκοσμίου φήμης με πλούσιο ερευνητικό έργο, ο Παύλος Γ. Μαρίνος συμμετείχε σε 18 ερευνητικά προγράμματα. Το ερευνητικό του έργο χαρακτηρίστηκε από το μεγάλο εύρος των επιστημονικών αντικειμένων που πραγματεύθηκε και τη στενή σύνδεσή τους με σύνθετα προβλήματα των τεχνικών έργων. Κεντρική θέση κατείχε ο ποσοτικός χαρακτηρισμός της βραχύμαζας για την εξαγωγή των μηχανικών ιδιοτήτων της. Σχετικώς εξελίχθηκε ο δείκτης GSI για την επίλυση του κριτηρίου θραύσης Hoek & Brown. Ο δείκτης έχει σήμερα διεθνή αναγνώριση και εφαρμογή στον σχεδιασμό τεχνικών έργων σε βραχώδεις σχηματισμούς και ιδιαιτέρως σε



σύνθετες γεωλογικές καταστάσεις. Σημαντικό πεδίο της έρευνάς του αποτέλεσε επίσης η συμπεριφορά πετρωμάτων και γεωλογικών δομών σε μεγάλο εύρος σχηματισμών και καταστάσεων, με ειδική έμφαση σε μεγάλα τεχνικά έργα, όπως φράγματα, σήραγγες και υπόγεια έργα, καθώς και η ευστάθεια πρανών, οι κατολισθήσεις και θέματα Περιβαλλοντικής Γεωλογίας. Σημαντική θέση στην ερευνητική του δραστηριότητα κατείχε και η Υδρογεωλογία, με ιδιαίτερη έμφαση στην Καρστική Υδρογεωλογία, ερευνητικό αντικείμενο που ανάγεται ήδη στις διδακτορικές του εργασίες και τον συνόδευσε σε όλη την επιστημονική του διαδρομή.

Εντυπωσιακό τόσο σε έκταση όσο και σε θεματικό εύρος είναι το δημοσιευμένο έργο που άφησε. Περιλαμβάνει 41 δημοσιεύσεις σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά, 24 σε ελληνικά περιοδικά, 242 δημοσιεύσεις σε συνέδρια και άλλες εκδόσεις και 8 κεφάλαια σε βιβλία. Υπήρξε επίσης εκδότης επτά βιβλίων και πρακτικών συνεδρίων, μέλος Editorial Boards ή Associate Editor σε 14 επιστημονικά περιοδικά και Reviewer σε 9, ενώ από το 2010 έως το 2021 διετέλεσε Co-Editor-in-Chief του *Geotechnical and Geological Engineering* (Springer). Ο αριθμός των δημοσιεύσεων, η ποικιλία των επιστημονικών αντικειμένων και η παρουσία του σε διεθνή περιοδικά και συνέδρια αποτυπώνουν το μέγεθος μιας πολυσχιδούς επιστημονικής διαδρομής και την ευρεία διεθνή αναγνώριση του έργου του.

6. Διεθνής Αναγνώριση και Επιστημονικές Διακρίσεις

Η διεθνής αναγνώριση του Παύλου Γ. Μαρίνου υπήρξε ιδιαίτερα σημαντική και αποτυπώνεται σε ένα εντυπωσιακό σύνολο επιστημονικών διακρίσεων, βραβείων και μεταλλίων, με κορυφαίους επιστημονικούς φορείς από διαφορετικές χώρες να τιμούν το έργο και την προσφορά του στις Γεωεπιστήμες. Το 2021 ανακηρύχθηκε Επίτιμος Πρόεδρος της International Association for Engineering Geology and the Environment (IAEG), ενώ το 2013 τιμήθηκε ως Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques της Γαλλικής Δημοκρατίας, αναγορεύθηκε Επίτιμος Διδάκτωρ του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης και έλαβε τιμητική πλακέτα από την Ελληνική Επιτροπή Υδρογεωλογίας. Το 2010 του απονεμήθηκε το Richard Jahns Award της Geological Society of America και της Association of Engineering Geologists. Το 2008 ανακηρύχθηκε Επίτιμο Μέλος του Συλλόγου Ελλήνων Γεωλόγων, ενώ το 2006–2007 η Association of Engineering Geologists των ΗΠΑ του απένειμε την Presidential Citation για «Council and leadership within the international community of engineering geologists» και το 2006 η Ελληνική Επιτροπή Τεχνικής Γεωλογίας τον τίμησε με ειδική διάκριση και μετάλλιο.

Το 2003 η International Society for Rock Mechanics (ISRM) τον συμπεριέλαβε μεταξύ των 17 επιστημόνων που επέλεξε με βάση το έργο και τη συμβολή τους στη διαμόρφωση του οργανισμού και ως πρότυπα για τα νεότερα μέλη του. Την ίδια χρονιά του απονεμήθηκε το André Dumont Medal της Geological Society of Belgium για τη διεθνή του προσφορά στην Εφαρμοσμένη Γεωλογία και ανακηρύχθηκε Επίτιμο Μέλος της International Association of Hydrogeologists. Το 2002 τιμήθηκε με το Glossop Medal της Geological Society of London, το οποίο είχε έως τότε απονεμηθεί σε λίγους επιστήμονες εκτός Ηνωμένου Βασιλείου και το 2000 με το Hans Cloos Medal της IAEG, την ανώτατη διάκριση στον χώρο της Τεχνικής Γεωλογίας, που απονέμεται σε επιστήμονα διεθνούς αναγνώρισης με μείζονα συμβολή στην ανάπτυξη του επιστημονικού πεδίου. Το 1997 είχε προηγηθεί το Golden Hammer Award της Chamber of Geological Engineering της Τουρκίας.



Εικόνα 96. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος κατά την τελετή απονομής του τίτλου Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques από τη Γαλλική Δημοκρατία, 2013.



Σημαντικό μέρος της διεθνούς αναγνώρισής του αποτέλεσε η επιλογή του για προσκεκλημένες διακεκριμένες επιστημονικές διαλέξεις υψηλού κύρους. Ως Richard Jahns Distinguished Lecturer το 2010 ήταν ο πρώτος μη Αμερικανός επιστήμονας που επελέγη από τη δημιουργία του θεσμού το 1988 και έδωσε 111 διαλέξεις σε Πανεπιστήμια και Επιστημονικές Εταιρείες Γεωλογίας και Πολιτικών Μηχανικών στις ΗΠΑ. Ως Cross Canada Lecturer το 2005 επελέγη για έναν θεσμό υψηλού κύρους της Canadian Geotechnical Society, που χρονολογείται από το 1965, ενώ από το 1995 έως το 2005 μόνον ένας ακόμη Ευρωπαίος επιστήμονας είχε λάβει την ίδια διάκριση. Το 2002 έδωσε την 6th Glossop Lecture and Medal της Geological Society of London, τη «ναυαρχίδα» και σημαντικότερη διεθνώς από τις διαλέξεις υψηλού κύρους στην Τεχνική Γεωλογία, με θέμα “Ongoing challenges in Engineering Geology for tunnelling in difficult ground”, καθώς και τη 19th Manuel Rocha Lecture, θεσμό διεθνούς κύρους της Πορτογαλικής Επιστημονικής Εταιρείας Βραχομηχανικής που οργανώνεται ετησίως από το 1984, με θέμα “From the geological to the rock mass model”. Το 2006 έδωσε την Annual Special Lecture of the Spanish Society of Rock Mechanics, την ετήσια επίσημη διάλεξη της Ισπανικής Εταιρείας Βραχομηχανικής και το 2014 την ετήσια κεντρική ομιλία «Γ. Μαρίνος–Ι. Παπασταματίου» της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, με θέμα «Γεωλογικές Αβεβαιότητες στο Σχεδιασμό και Κατασκευή Μεγάλων Τεχνικών Έργων».

Η μετάδοση και η μεταλαμπάδευση της επιστημονικής γνώσης υπήρξαν σταθερές σε ολόκληρη την ακαδημαϊκή του διαδρομή και ο Παύλος Μαρίνος αξιοποίησε και τις δυνατότητες που προσέφερε η τεχνολογία για να απευθυνθεί, μέσα από διαδικτυακές διαλέξεις, σε ένα παγκόσμιο ακροατήριο. Το 2015 επελέγη ως ο πρώτος ομιλητής της σειράς video lectures της IAEG, με τη διάλεξη [“Rock Mass Classification. An Engineering Geological Assessment. Application and Limitation”](#) έχοντας επιλεγεί ως «εκ των πλέον γνωστών παγκοσμίως εκπροσώπων της Τεχνικής Γεωλογίας».

Εξαιρετικά εκτεταμένη υπήρξε συνολικά η παρουσία του σε επιστημονικές διαλέξεις και συνέδρια: 48 κεντρικές ή κύριες ομιλίες (Keynote, Plenary, Invited), 54 προσκεκλημένες ομιλίες και μαθήματα σε Πανεπιστήμια, Ερευνητικά Ινστιτούτα και Επιστημονικές Ενώσεις και 212 συμμετοχές σε συνέδρια. Οι αριθμοί αυτοί χαρακτηρίζουν μια επιστημονική παρουσία με εξαιρετικό εύρος, διάρκεια και διεθνή εμβέλεια και τη σταθερή προσήλωσή του στη μετάδοση και τη μεταλαμπάδευση της γνώσης. Στις διαλέξεις του συνδύαζε την έρευνα και την πανεπιστημιακή διδασκαλία με την εμπειρία από πραγματικά τεχνικά έργα, μεταφέροντας πολύτιμη γνώση και εμπειρία σε διαδοχικές γενιές γεωεπιστημόνων και μηχανικών.



Εικόνα 97. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος κατά την απονομή του Glossop Medal της Geological Society of London, 2002, συγκαταλεγόμενος στους λίγους, έως τότε, βραβευθέντες εκτός Ηνωμένου Βασιλείου.



Εικόνα 98. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος στην πρώτη video lecture της IAEG, “Rock Mass Classification, an Engineering Geological Assessment. Application and Limitation”.



Εικόνα 99. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος με συμμετέχοντες σε επιστημονική διάλεξη του στη Μιανμάρ (Βιρμανία)

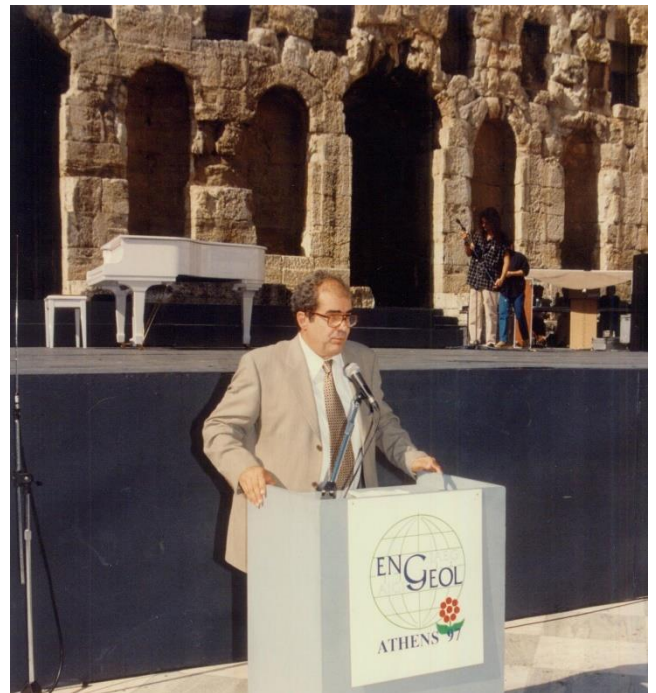


Εικόνα 100. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος με συμμετέχοντες σε επιστημονική διάλεξη του στην Κίνα.

7. Η μεγάλη συμβολή του ως Πρόεδρος της Διεθνούς Ένωσης Τεχνικής Γεωλογίας και Περιβάλλοντος (IAEG)

Η εκλογή του Παύλου Γ. Μαρίνου στην Προεδρία της International Association for Engineering Geology and the Environment (IAEG) για την περίοδο 1994–1998 αποτέλεσε έναν από τους σημαντικότερους σταθμούς της επιστημονικής και προσωπικής του διαδρομής. Η σχέση του με την Ένωση είχε αρχίσει πολλά χρόνια νωρίτερα, με την πρώτη συμμετοχή του στο 3ο Συνεδριό της στη Μαδρίτη (1978), ενώ από το 1984 συμμετείχε σε όλες τις διεθνείς και επίσημες δραστηριότητές της. Από το 1990 έως το 1994 διετέλεσε Αντιπρόεδρος για την Ευρώπη και το 1994, στο Συνέδριο της Λισαβόνας, εξελέγη Πρόεδρος της IAEG για την επόμενη τετραετία. Η τετραετής Προεδρία του συνδέθηκε με θεμελιώδεις αλλαγές στη λειτουργία και την επιστημονική κατεύθυνση της IAEG, καθώς και με σημαντική διεύρυνση της διεθνούς παρουσίας και δραστηριότητάς της.

Με τη συστηματική δραστηριοποίησή του για τη διεύρυνση της διεθνούς παρουσίας της IAEG, κατά την Προεδρία του εντάχθηκαν στην Ένωση δέκα νέες εθνικές ομάδες (Γεωργία, Εσθονία, Ιράν, Λιθουανία, Μαλαισία, Μογγολία, Νεπάλ, Πακιστάν, Σενεγάλη και Σιγκαπούρη), ενισχύοντας σημαντικά τη γεωγραφική εκπροσώπησή της, η οποία αριθμούσε περίπου 6.900 μέλη παγκοσμίως, ενώ οι συστηματικές επαφές και επισκέψεις του στις ΗΠΑ οδήγησαν στην ένταξη της Association of Engineering Geologists (AEG) ως εθνικής ομάδας της IAEG στις Ηνωμένες Πολιτείες. Ύστερα από συστηματική προεργασία κατά τη διάρκεια της Προεδρίας του, το 1997 υιοθετήθηκε η νέα ονομασία της Ένωσης, International Association for Engineering Geology and the Environment, σηματοδοτώντας τη διεύρυνση του επιστημονικού της αντικειμένου προς περιβαλλοντικά θέματα, με παράλληλη διατήρηση του προσανατολισμού της στον τεχνικογεωλογικό και γεωτεχνικό σχεδιασμό και στην κατασκευή των τεχνικών έργων. Στην ίδια περίοδο εντάσσεται και η συστηματική εργασία για τη θεσμική οργάνωση και λειτουργία της IAEG, η οποία οδήγησε το 1997 στην έγκριση, για πρώτη φορά, του Εσωτερικού



Εικόνα 101. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος, Πρόεδρος της IAEG, κατά την Εναρκτήρια Τελετή του International Symposium "Engineering Geology and the Environment", Αθήνα, 1997.



Κανονισμού (Bylaws) της Ένωσης. Καθοριστική υπήρξε επίσης η συμβολή του στη νέα περίοδο του Bulletin of Engineering Geology and the Environment: έπειτα από εκτενείς συζητήσεις και διαπραγματεύσεις με τον εκδότη, από το 1998 το περιοδικό άρχισε να εκδίδεται από τον διεθνή εκδοτικό οίκο Springer, Heidelberg και από εξαμηνιαίο έγινε τριμηνιαίο, με στόχο την αναβάθμιση της επιστημονικής του ποιότητας και την ενίσχυση της διεθνούς προβολής και εμβέλειάς του. Με καθοριστική συμβολή του οργανώθηκε επίσης στην Αθήνα (1997) το International Symposium της IAEG “Engineering Geology and the Environment”, μία από τις σημαντικότερες διεθνείς διοργανώσεις στον ευρύτερο χώρο των Γεωεπιστημών που είχαν πραγματοποιηθεί έως τότε στην Ελλάδα.



Εικόνα 102. Συνεδρίαση της Εκτελεστικής Επιτροπής της IAEG, υπό την Προεδρία του Παύλου Γ. Μαρίνου, κατά το International Symposium “Engineering Geology and the Environment”, Αθήνα, 1997, κατά την οποία αποφασίστηκε η αλλαγή της ονομασίας της Ένωσης σε International Association for Engineering Geology and the Environment.



Εικόνα 103. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος, Πρόεδρος της IAEG, και ο John Peck, Πρόεδρος της AEG, μετά την υπογραφή της συμφωνίας μεταξύ των δύο Ενώσεων, Seattle, ΗΠΑ, 1998.

Ο Παύλος Μαρίνος ανέπτυξε και ενίσχυσε τις σχέσεις της IAEG με τις συγγενείς διεθνείς επιστημονικές ενώσεις ISRM, ISSMGE, ITA και IAH προωθώντας κοινές επιστημονικές δραστηριότητες και ευρύτερη συνεργασία, από την οποία τέθηκαν οι βάσεις για τη μετέπειτα σύσταση της Federation of International Geo-engineering Societies (FedIGS). Κατά τη διάρκεια της θητείας του ταξίδεψε εκτεταμένα, επισκεπτόμενος μεγάλο αριθμό χωρών, μεταξύ αυτών και χώρες στις οποίες δεν υπήρχε έως τότε δραστηριότητα της IAEG, αναζητώντας επιστήμονες που θα μπορούσαν να συμβάλουν στην ανάπτυξη νέων εθνικών ομάδων. Η ίδια η Ένωση τον χαρακτήρισε “a great Ambassador of IAEG in the world”, αναγνωρίζοντας τη συμβολή του στην ανάπτυξη και την παγκόσμια εξάπλωσή της.

Η μακρόχρονη και καθοριστική συμβολή του στην πορεία της IAEG αναγνωρίστηκε με την ανακήρυξή του ως Επίτιμου Προέδρου τον Οκτώβριο του 2021, κατά το 3ο European Regional Conference στην Αθήνα, για την εξαιρετική και μακροχρόνια προσφορά του στην ανάπτυξη και την ευημερία της Ένωσης. Μετά την απόωλή του, η IAEG καθιέρωσε προς τιμήν του το Paul Marinos Distinguished World Tour Lecture, έναν διεθνή θεσμό που φέρει το όνομά του και τιμά τη συμβολή του στην Τεχνική Γεωλογία. Ο εκάστοτε Paul Marinos Distinguished World Tour Lecturer επιλέγεται για διετή θητεία και πραγματοποιεί σειρά επιστημονικών διαλέξεων παγκοσμίως, συνεχίζοντας την παράδοση διάδοσης και μεταλαμπάδευσης της επιστημονικής γνώσης που χαρακτήρισε ολόκληρη την πορεία του Παύλου Μαρίνου.

8. Επαγγελματική Πορεία – Εμπειρογνώμων μεγάλων τεχνικών έργων

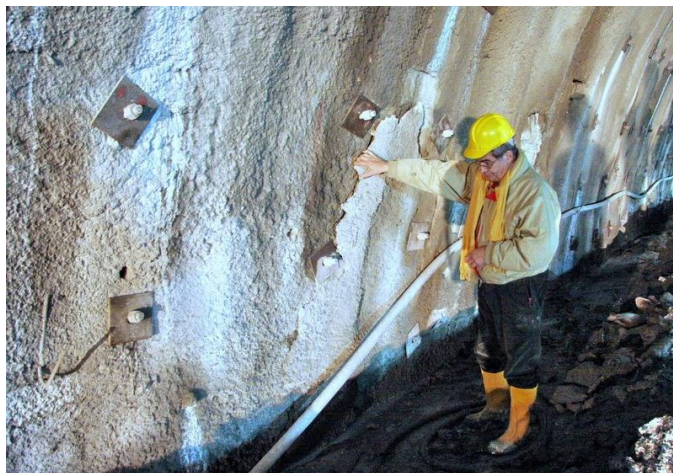
Η επαγγελματική πορεία του Παύλου Γ. Μαρίνου ταυτίστηκε επί περισσότερες από τέσσερις δεκαετίες με μεγάλα και απαιτητικά τεχνικά έργα στην Ελλάδα και σε ολόκληρο τον κόσμο. Αεικίνητος και ασταμάτητος, με μια εντυπωσιακή δυνατότητα να ανταποκρίνεται ταυτόχρονα σε πολλαπλές επιστημονικές και τεχνικές υποχρεώσεις, μπορούσε μέσα σε λίγα εικοσιτετράωρα να βρίσκεται στις δύο άκρες του κόσμου, από ένα μεγάλο εργοτάξιο σε μια Επιτροπή Εμπειρογνομόνων και από εκεί σε ένα άλλο έργο χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά. Η συνεχής επαφή του με το



πεδίο και με πραγματικά προβλήματα σχεδιασμού και κατασκευής αποτέλεσε βασικό χαρακτηριστικό ολόκληρης της διαδρομής του και τροφοδοτούσε διαρκώς τόσο την επιστημονική όσο και την ακαδημαϊκή του δραστηριότητα. Στην Ελλάδα συμμετείχε ως Σύμβουλος σε σχεδόν όλα τα μεγάλα τεχνικά έργα που μελετήθηκαν και κατασκευάστηκαν στη χώρα. Η παρουσία του στα σημαντικότερα έργα υποδομής συνέβαλε καθοριστικά στην καθιέρωση της Τεχνικής Γεωλογίας στον Γεωτεχνικό κόσμο και στην αναγνώριση του ουσιαστικού ρόλου της γεωλογικής ερμηνείας στη μελέτη, στον σχεδιασμό και στην κατασκευή τους. Ενδεικτικοί μόνο σταθμοί υπήρξαν το Μετρό της Αθήνας και το Μετρό Θεσσαλονίκης και οι επεκτάσεις τους, η σήραγγα Καλλιδρόμου, η σήραγγα εκτροπής Αχελώου και η σήραγγα εκτροπής Ευήνου–Μόρνου· η Εγνατία Οδός (συνολικού μήκους 680 km και με 76 σήραγγες), ο αυτοκινητόδρομος Μορέας και τα έργα Σιδηροδρόμου υψηλών ταχυτήτων· τα μεγάλα έργα ύδρευσης του Μόρνου και του Ευήνου, σειρά φραγμάτων και υδροηλεκτρικών έργων της ΔΕΗ, μεταξύ των οποίων του Ιλαρίωνα και της Μεσοχώρας, καθώς και σημαντικά δημόσια έργα φραγμάτων, όπως της Συκιάς, του Σμοκόβου, του Γαδουρά και του Αποσελέμη· και οι μεγάλες κατολισθήσεις της Μαλακάσας και της Τσακώνας, καθώς και προβλήματα ευστάθειας πρανών σε μεγάλα έργα οδοποιίας.

Στον διεθνή χώρο ανέπτυξε αντίστοιχα εκτεταμένη δραστηριότητα ως Σύμβουλος, ανεξάρτητος αξιολογητής και μέλος Συμβουλευτικών Επιτροπών και Επιτροπών Εμπειρογνομόνων σε μεγάλα τεχνικά έργα, ενώ σημαντικό μέρος της δραστηριότητάς του συνδέθηκε με τη World Bank, η οποία τον καλούσε ως εμπειρογνώμονα σε έργα στα οποία συμμετείχε για την αντιμετώπιση κρίσιμων ζητημάτων κατά τη μελέτη, την κατασκευή ή τη λειτουργία τους. Η επαγγελματική του παρουσία εκτάθηκε σε περισσότερες από 40 χώρες, με κύριο αντικείμενο μεγάλα φράγματα, υδροηλεκτρικά έργα, σήραγγες και υπόγεια έργα. Ενδεικτικοί σταθμοί αυτής της διεθνούς πορείας υπήρξαν τα μεγάλα φράγματα Rogun στο Tajikistan, Dasu στο Pakistan, Ituango στην Colombia, Karun 4 στο Iran, Ermenek στην Turkey και Nam Theun στο Laos, καθώς και σημαντικά υδροηλεκτρικά έργα στην Ινδία και στο Nepal. Στον χώρο

των σιδηρόδρομων και των υπόγειων έργων, μεταξύ των σημαντικότερων συμμετοχών του ήταν η βασική σήραγγα Lyon–Torino, η διάβαση του Στενού του Γιβραλτάρ, η σήραγγα Hallandsås στη Sweden και το Μετρό του Porto. Η συμμετοχή του σε έργα τόσο διαφορετικής κλίμακας και γεωγραφίας, συχνά μέσα από διεθνείς Επιτροπές Εμπειρογνομόνων, αποτέλεσε ένα από τα χαρακτηριστικότερα στοιχεία της επαγγελματικής του διαδρομής.



Εικόνα 104. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος κατά την κατασκευή της επέκτασης της Γραμμής 3 του Μετρό της Αθήνας προς Αιγάλεω, 2005.



Εικόνα 105. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος σε σήραγγα διανοιγμένη σε βραχομάζα υπό συνθήκες permafrost (μόνιμου παγετού, με θερμοκρασία της βραχομάζας $\leq 0^{\circ}\text{C}$ για τουλάχιστον δύο συνεχόμενα έτη), Αλάσκα.



9. Επιστημονική Συμβολή στην Τεχνική Γεωλογία και ο ρόλος της στον σχεδιασμό τεχνικών έργων: από το γεωλογικό προσομοίωμα στον χαρακτηρισμό των βραχομαζών και το Geological Strength Index (GSI)

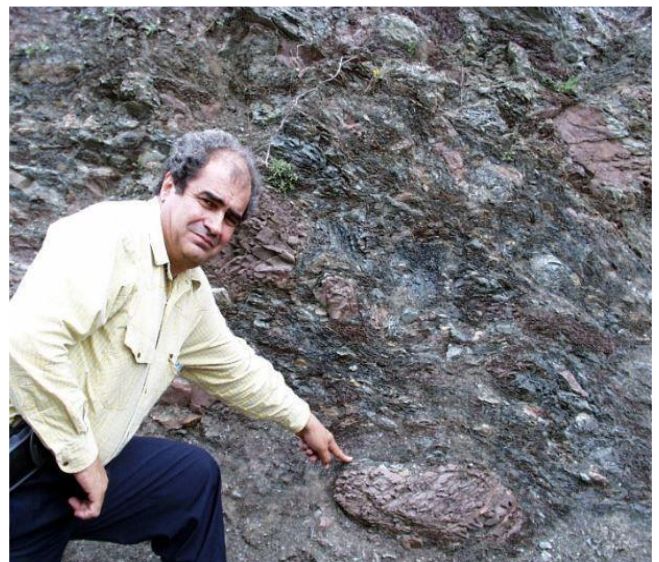
Η επιστημονική συμβολή του Παύλου Γ. Μαρίνου στην Τεχνική Γεωλογία επικεντρώθηκε στη συστηματική αξιολόγηση της γεωλογικής πληροφορίας ως προς τη σημασία της για τη συμπεριφορά του γεωλογικού μέσου και τον σχεδιασμό των τεχνικών έργων. Η διαμόρφωση ενός αξιόπιστου γεωλογικού προσομοιώματος, μέσα από τη σύνθεση της λιθολογίας, της γεωλογικής δομής, του τεκτονισμού, της αποσάθρωσης και των υδρογεωλογικών συνθηκών, αποτέλεσε βασικό στοιχείο της προσέγγισής του, ώστε η γεωλογική περιγραφή να εξελίσσεται σε τεχνικογεωλογική αξιολόγηση της αναμενόμενης συμπεριφοράς του γεωλογικού μέσου κατά την κατασκευή του έργου.

Ένας από τους βασικούς άξονες της επιστημονικής του έρευνας υπήρξε ο ποσοτικός χαρακτηρισμός της βραχώμαζας και ο προσδιορισμός των μηχανικών ιδιοτήτων της, με έμφαση σε ασθενείς, έντονα τεκτονισμένες και ετερογενείς βραχομάζες, όπου η γεωλογική δομή και η μεταβλητότητα των λιθολογικών συστατικών καθορίζουν τη μηχανική τους συμπεριφορά. Ο φλύσχος και οι οφιόλιθοι αποτέλεσαν χαρακτηριστικά πεδία αυτής της έρευνας. Η εφαρμογή της στα υπόγεια έργα υπήρξε άμεση, καθώς στις σήραγγες η τεχνικογεωλογική αξιολόγηση της δομής και της ποιότητας της βραχώμαζας αποτελεί βασική προϋπόθεση για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς της κατά την εκσκαφή και τον σχεδιασμό των μέτρων υποστήριξης.

Σημαντική διεθνής συμβολή του Παύλου Μαρίνου στον χαρακτηρισμό των βραχομαζών αποτέλεσε η εξέλιξη και η διεύρυνση της εφαρμογής του *Geological Strength Index (GSI)*, μέσα από τη μακρόχρονη επιστημονική συνεργασία του με τον Evert Hoek. Η θεμελιώδης εργασία Marinos & Hoek (2000), “*GSI: A Geologically Friendly Tool for Rock Mass Strength Estimation*”, ανέδειξε τη γεωλογική βάση του δείκτη και τον ρόλο της δομής και της κατάστασης των ασυνεχειών στον χαρακτηρισμό της βραχώμαζας. Μέσω του GSI κατέστη δυνατή η συστηματική σύνδεση της γεωλογικής πληροφορίας με τις παραμέτρους του κριτηρίου Hoek–Brown, επιτρέποντας την εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών της βραχώμαζας ακόμη και σε περιπτώσεις περιορισμένων γεωτεχνικών δεδομένων, ιδίως σε ασθενείς και ετερογενείς σχηματισμούς. Η επέκταση του διαγράμματος GSI προς εξαιρετικά πτωχής ποιότητας βραχομάζες με φυλλώδη/διατμημένη δομή προέκυψε από την εμπειρία σχεδιασμού και κατασκευής στα έργα του



Εικόνα 106. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος στο πεδίο, ταξινομώντας τη βραχώμαζα σε μέτωπο εκσκαφής σήραγγας της Εγνατίας Οδού.



Εικόνα 107. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος στο πεδίο, κατά τη μελέτη και τον χαρακτηρισμό οφιολιθικών βραχομαζών.



Μετρό της Αθήνας, ενώ τα διαγράμματα GSI για ετερογενείς βραχομάζες, όπως ο φλύσχης, οι οφιόλιθοι και οι μολάσσες, αξιοποίησαν την εμπειρία από τη διάνοιξη πλήθους σιδηροδρόμων, κυρίως της Εγνατίας Οδού, αλλά και του Μετρό και των έργων σιδηροδρόμου υψηλών ταχυτήτων.

Η συμβολή αυτή υπερέβη την ανάπτυξη και εφαρμογή ενός συστήματος χαρακτηρισμού της βραχομάζας. Στο επιστημονικό έργο του Παύλου Μαρίνου, το γεωλογικό προσομοίωμα, η τεχνικογεωλογική αξιολόγηση και η παρατήρηση της πραγματικής συμπεριφοράς κατά την κατασκευή αποτελούσαν διαδοχικά και αλληλένδετα στάδια για την κατανόηση της μηχανικής συμπεριφοράς του γεωλογικού μέσου. Στις σιδηροδρόμους και στα υπόγεια έργα, η προσέγγιση αυτή συνέβαλε ουσιαστικά στη σύνδεση της Τεχνικής Γεωλογίας με τη Βραχομηχανική και τον γεωτεχνικό σχεδιασμό, αναδεικνύοντας τον καθοριστικό ρόλο της γεωλογικής ερμηνείας στον σχεδιασμό και στην κατασκευή των έργων.

10. Παύλος Μαρίνος – Evert Hoek: Μια μακρά επιστημονική συνεργασία και φιλία

Η επιστημονική και επαγγελματική συνεργασία του Παύλου Μαρίνου με τον Evert Hoek αποτέλεσε έναν από τους πλέον ουσιαστικούς άξονες εξέλιξης της Τεχνικής Γεωλογίας και της Βραχομηχανικής, ιδίως σε ό,τι αφορά την κατανόηση και περιγραφή της μηχανικής συμπεριφοράς της βραχομάζας σε σύνθετα γεωλογικά περιβάλλοντα. Η μακρά αυτή επιστημονική συνεργασία συνοδεύτηκε από μια εξίσου μακρόχρονη και στενή προσωπική φιλία.

Η πρώτη γνωριμία του Παύλου Μαρίνου με το έργο του Evert Hoek ανάγεται στο 1974, μέσα από το βιβλίο *Rock Slope Engineering* των Evert Hoek και John Bray, το οποίο τον εντυπωσίασε για τη σαφήνεια, την οργάνωση και την επικέντρωσή του στην ουσία των προβλημάτων. Η προσωπική τους συνεργασία ξεκίνησε το 1997, όταν συμμετείχαν μαζί στην Επιτροπή Εμπειρογνομόνων της Εγνατίας Οδού και εξελίχθηκε σε μια στενή επιστημονική συνεργασία και φιλία που διήρκεσε για περισσότερες από δύο δεκαετίες.

Για περισσότερα από δώδεκα χρόνια εργάστηκαν επανειλημμένα μαζί σε μεγάλα και απαιτητικά έργα, φράγματα, σιδηροδρόμους, υδροηλεκτρικά και υπόγεια έργα, με χαρακτηριστικές στην Ελλάδα τις συνεργασίες τους στην Εγνατία Οδό, στο Μετρό της Αθήνας και Θεσσαλονίκης. Ο Παύλος Μαρίνος θεωρούσε την περίοδο αυτή μία από τις σημαντικότερες της ζωής του και αναγνώριζε ότι η συνεργασία με τον Evert Hoek διεύρυνε τη γεωτεχνική γνώση και κατανόησή του, η οποία, σε συνδυασμό με τη γεωλογική του κρίση, συνέβαλε στη διεθνή του πορεία ως εμπειρογνώμονα. Αντίστοιχα, ο Evert Hoek αναζητούσε σταθερά τη γεωλογική κρίση του Παύλου Μαρίνου και απέδιδε θεμελιώδη σημασία στην κατανόηση του γεωλογικού υποβάθρου για την αξιολόγηση και επίλυση των προβλημάτων των τεχνικών έργων. Ο Παύλος Μαρίνος τον χαρακτήριζε ως έναν μηχανικό που υπερασπιζόταν τη σημασία της Γεωλογίας περισσότερο ακόμη και από πολλούς γεωλόγους του επαγγέλματος.

Τον Μάιο του 2018, ο Παύλος Μαρίνος κατέγραψε σε κείμενό του αφιερωμένο στον Evert Hoek αναμνήσεις από τη μακρά επιστημονική και επαγγελματική συνεργασία και τη φιλία τους. Από το κείμενο αυτό παρατίθενται ενδεικτικά τα ακόλουθα αποσπάσματα:

Αναμνήσεις Paul Marinos από τον φίλο και συνεργάτη Evert Hoek

“...For me, the period working with Evert, repeatedly for more 12 years for major and challenging projects, dams, tunnels, hydropower and underground construction, was one of the most important periods of my life; and a key



Εικόνα 108. «Μετρό Θεσσαλονίκης, 2005. Η Επιτροπή Εμπειρογνομόνων για τον διαγωνισμό του έργου: Victor Milligan, Evert Hoek, Παύλος Γ. Μαρίνος και Lars Babendererde, με την ομάδα μηχανικών και γεωλόγων του Μετρό»



period. Although having already achieved a strong scientific and wide professional level, having also been the president of the International Association of Engineering Geology, the collaboration with Evert, and thanks to him, enhanced my knowledge and geotechnical understanding which together with my geological judgment launched me in the sphere of a worldwide expertship. Geological judgment: Evert was always seeking my view on that. “Paul.....?”. Evert had an absolute belief on the necessity of understanding the geological background in the assessment of the engineering problem and its solution. Evert Hoek, an engineer, was an advocate of geology, more than many geologists in the profession....”

“...I remember also when, after a hard day of a site visit, meetings and local travel, the client in some counties, and Greece was one of them, was inviting us by courtesy to dinner, usually in taverns, with many people invited to join and enjoy. Usually these were long dinners and we were already exhausted. I remember how Evert and I were exchanging quick looks, trying to find an excuse to escape and go earlier to bed. The case of the metro do Porto was fine. The invitations were for lunches....”

“...One of the strong principles of our consulting was to deliver our Expert report by the end of the visit of the Panel and present it to the client in a special meeting. A practice applied by Evert since he was an Expert. This was very much appreciated by the client and certainly by us, as we had not to pull a tail back home. Thus 1 or 2 days were devoted by the end of the visit for report writing. The members of the panel, many times just the two of us, were writing their section and then exchanged the texts to finalise the report. It is interesting to see the evolution since the 90's of this exchange of texts: initially by handing

copy of the text prepared, then by exchanging diskettes, later using memory USB sticks and today of course through e-mail. Who was doing the final editing of the report to be submitted? Rhetoric question, no answer needed....”

“...Relative to this, I remember a case where we were staying for the last day of a consulting mission, in a hotel in the suburbs of Thessaloniki and we had to finalise our report to be presented and submitted the following day to the client, Egnatia Odos S.A. Then a storm provoked a black out in the area that lasted the whole night. The hotel had not any auxiliary generator. Although we exhausted the batteries of our laptops there were still a good part remaining to be written. It would be nothing more normal to postpone the submission and send our report from home. No, the report had to be submitted the following morning. And the solution was found: go to the parking place of the hotel and spend the night inside my car working with the help of the car's battery!”



Εικόνα 109. «Παύλος Γ. Μαρίνος και Evert Hoek παραλαμβάνοντας τις μελέτες σιράγγων προς αξιολόγηση στο πλαίσιο αποστολής της Επιτροπής Εμπειρογνομόνων της Εγνατίας Οδού — ένας «συνήθης» τρόπος υποδοχής της Επιτροπής, 2004 ή 2005»

11. Τα ταξίδια - Ανταποκρίσεις

Τα ταξίδια υπήρξαν μία από τις μεγάλες αγάπες του Παύλου Γ. Μαρίνου. Άνθρωπος κοσμοπολίτης, αεικίνητος και ασταμάτητος, ταξίδεψε σε ολόκληρο τον κόσμο στο πλαίσιο των εκατοντάδων διακεκριμένων επιστημονικών διαλέξεων και τεχνικών επισκέψεων ως εμπειρογνώμων. Για εκείνον, όμως, κάθε ταξίδι ήταν πολύ περισσότερο από μια επιστημονική ή επαγγελματική υποχρέωση. Ήταν ένας τρόπος να γνωρίζει τον κόσμο, να αποκτά νέες παραστάσεις και να αναζητά αυτό που ο ίδιος αποκαλούσε το «άρωμα» κάθε χώρας και κάθε τόπου. Στα περισσότερα ταξίδια είχε δίπλα του τη σύζυγό του, η οποία τον συνόδευε περίπου στο 80% αυτών. Οι δύο χάρτες που διατηρούσε στο γραφείο του, με σημειωμένες από τον ίδιο τις θέσεις των ταξιδιών του σε ολόκληρο τον κόσμο και στην Ευρώπη,



αποτυπώνουν με έναν μοναδικό τρόπο αυτή τη μεγάλη αγάπη και το εντυπωσιακό εύρος μιας ζωής γεμάτης διαδρομές.



Εικόνα 110. Πίνακας στο γραφείο του Παύλου Μαρίνου, στον οποίο ο ίδιος σημειώνει τις θέσεις των ταξιδιών του στο πλαίσιο τεχνικών επισκέψεων και επιστημονικών διαλέξεων ανά τον κόσμο.



Εικόνα 111. Πίνακας στο γραφείο του Παύλου Μαρίνου με σημειωμένα από τον ίδιο τα ταξίδια του στην Ευρώπη.

Κατά τα τελευταία περίπου δεκαπέντε χρόνια, κατά τη διάρκεια των ταξιδιών, στο πλαίσιο των εκατοντάδων διακεκριμένων επιστημονικών διαλέξεων και τεχνικών επισκέψεων ως εμπειρογνώμονας ανά τον κόσμο, συνήθιζε να στέλνει διά ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, στην οικογένεια και στο σύνολο των φίλων και στενών συναδέλφων του, ανταποκρίσεις με τη μορφή χρονογραφημάτων. Στις ανταποκρίσεις αυτές το τεχνικό αντικείμενο του ταξιδιού συνοπλήρχε με τις εντυπώσεις του από τους τόπους που επισκεπτόταν, τους ανθρώπους που συναντούσε, μικρές εικόνες της καθημερινότητας με το χαρακτηριστικό του χιούμορ.

Ενδεικτικά αποσπάσματα από την ανταπόκριση στη Σρι Λάνκα (Νότια Ασία), που έγραψε τον Απρίλιο του 2019, λόγω της παρουσίας του εκεί ως μέλους Επιτροπής Εμπειρογνομόνων για σήραγγα παραγωγής υδροηλεκτρικού έργου:

Σρι Λάνκα, Απρίλιος 2019

Σρι Λάνκα = Ευλογημένο Νησί, η Κεϋλάνη μέχρι το 1972, η Ταπροβανή των αρχαίων δικών μας γεωγράφων. Ο Στράβων την αναφέρει. Το όνομα Ταπροβανή αναφέρθηκε πάντως για πρώτη φορά από τον Έλληνα γεωγράφο Μεγασθένη περί το 290.

Οι μουσουλμάνοι είναι μειονότητα στα βόρεια του νησιού (9,7%). Οι χριστιανοί (7,4%) κυρίως στην περιοχή της οικονομικής πρωτεύουσας του νησιού, Κολόμπο (διοικητική πρωτεύουσα το Κότε). Οι κάτοικοι του νησιού στο θρήσκευμα είναι κυρίως βουδιστές (70,2%). Οι ινδουιστές στον βορρά 12,6%. Η επίσημη γλώσσα είναι η σιναλεζική ενώ ομιλούνται επίσης η ταμίλ (ινδουιστές) και η αγγλική. Συχνά πινακίδες και στις 3 γλώσσες (όχι πάντως μπουτζουρωμένες όπως συμβαίνει στην χώρα των απογόνων του Σωκράτη και Αριστοτέλη).

Στις αρχές του 1500, έφτασαν οι πρώτοι Πορτογάλοι και ίδρυσαν αποικία. Οι Πορτογάλοι φέρθηκαν σκληρά στους ιθαγενείς. Έτσι, όταν εμφανίστηκαν στις ακτές του νησιού οι Ολλανδοί, οι ιθαγενείς έκαναν συμμαχία μαζί τους. Τέλος οι Ολλανδοί επικράτησαν. Ο καυγός για τα μπαχαρικά και ιδιαίτερα το πιπέρι. Αργότερα, μετά τον πόλεμο μεταξύ Αγγλίας και Ολλανδίας, η Κεϋλάνη πέρασε στην αγγλική κυριαρχία. Το 1802 αναγνωρίστηκε επίσημα η βρετανική κυριαρχία και το νησί έγινε «αποικία του στέμματος». Η Σρι Λάνκα έγινε ανεξάρτητο κράτος το 1948, παρέμεινε και παραμένει όμως μέλος της Βρετανικής Κοινοπολιτείας (Κοινοπολιτεία των Εθνών σήμερα).

Είναι Λαϊκή Σοσιαλιστική Δημοκρατία με έκταση 65.610 km² και πληθυσμό 21.670.000 (2018). Αποτελεί την πρώτη χώρα που εξέλεξε γυναίκα πρωθυπουργό το 1960, την Σιρίμαβο Μπανταράναϊκε! Αυτή άλλαξε το όνομα της χώρας και



θέσπισε νέο Σύνταγμα. Το Διεθνές Αεροδρόμιο της Σρι Λάνκα φέρει το όνομά της. Το ποσοστό αναλφαβητισμού μεταξύ των κατοίκων είναι λιγότερο από 8%. Η Σρι Λάνκα έχει το ψηλότερο ποσοστό εγγράμματων ανάμεσα στις χώρες της μεσημβρινής Ασίας (2015). Το κατά κεφαλήν ΑΕΠ (2017) είναι 13.000\$ (Ελλάδα 27.800, Κατάρ 125.000, Κεντροαφρικανική Δημοκρατία 680 \$). Το προσδόκιμο ζωής στο σύνολο του πληθυσμού, σύμφωνα με εκτιμήσεις του 2016 του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας ήταν 75,3 χρόνια (72,1 χρόνια οι άνδρες και 78,5 οι γυναίκες).

Μακράν το πιο δημοφιλές άθλημα είναι το κρίκετ. Αναζητείστε τους Άγγλους.

Στις 26 Δεκεμβρίου 2004, ένας σεισμός 9 Richter σχίζει τον βυθό ΒΔ της Σουμάτρα. Το τσουνάμι φθάνει μετά 2 ώρες, χωρίς να έχει δοθεί συναγερμός και σαρώνει την Ανατολική Σρι Λάνκα, κοντράρει στον νότο της Ινδίας για να σαρώσει μετά και την δυτική ακτή του νησιού. Ο απολογισμός 30.000 άνθρωποι και καταστροφές υποδομών Λέγεται ότι δεν βρέθηκαν καθόλου πτώματα ζώων, μικρών ή μεγάλων! (υπερβολή ή πράγματι η δη διαίσθηση;) Σήμερα η κατάσταση έχει επανέλθει στο κανονικό. Μέτρα προειδοποίησης έχουν προβλεφθεί και ο νόμος δεν επιτρέπει κατασκευές πιο κοντά από 200μ από την ακτή (κάτι που δεν είδα να τηρείται πάντα-κυρίως από ξενοδοχειακές μονάδες).

Το νησί υποδιαιρείται σε τρεις φυσικές περιοχές: Το βόρειο τμήμα είναι πεδινό. Στο κεντρικό τμήμα απλώνονται μικρές πεδιάδες, ενώ στο νότιο τμήμα δεσπόζουν ορεινοί όγκοι. Εδώ και το έργο για το οποίο ήρθα. Επειδή βρίσκεται κοντά στον Ισημερινό (μεταξύ 5ου και 10ου παράλληλου βόρεια) η Σρι Λάνκα έχει κλίμα θερμό με σταθερή θερμοκρασία όλο το έτος, 270 στα χαμηλά και υγρό. Μουσώνες στα δυτικά, μουσώνες και στα ανατολικά του νησιού.»

Οι Άγγλοι της Κεϋλάνης φέρναν το τσάι τους από την Κίνα, μέχρι τα μέσα του 1800 όταν ο Σκωτσέζος James Taylor αλλά κυρίως ο γιος ενός Ιρλανδού μπακάλη φθάνει για να κάνει την τύχη του στην Κεϋλάνη. Ο Θωμάς Lipton έκανε το νησί, το νησί με τον «πράσινο χρυσό» και με παγκόσμια φήμη. Ναι ο κύριος εξευγενίσθη, Sir Thomas, από την βασίλισσα Victoria. Το φυτό είναι ένα δενδρύλλιο που φοβάται το κρύο και την ξηρασία. Παράγει μετά 5 χρόνια και πρέπει να περιορίζεται σε ύψος 1,5 μ. Η συγκομιδή γίνεται όλο τον χρόνο, κάθε 8-15 μέρες, μαζεύοντας τα φύλλα που ξεπερνούν το ορισμένο ύψος.»

Είμαι εδώ, μέλος επιτροπής εμπειρογνομόνων για θέμα μιας σήραγγας προσαγωγής προς υδροηλεκτρικό σταθμό, μήκους 15,3 km. Η σήραγγα σε κρυσταλλικά πετρώματα μικρής περατότητας αλλά που συνάντησε ζώνες ρηγμάτων με υψηλή εισροή υδάτων, σε πίεση και παροχή. Υπερκείμενα 300 ως 400m. Επιπροσθέτως η υδροφόρος ζώνη συναντούσε σε μια περιοχή κοιλάδας τον φρεάτιο ορίζοντα με αποτέλεσμα να τον στραγγίζει μέσα στη σήραγγα και πρόκληση καταστροφών στους εκεί οικισμούς με την ταπείνωση της στάθμης του. Ο κατασκευαστής Περσική εταιρία με τις τσιμεντενέσεις από Ελβετική.



Εικόνα 112. Σρι Λάνκα, Απρίλιος 2019. Εισροές και τσιμεντενέσεις πίσω από την ασπίδα του TBM, η Επιτροπή Εμπειρογνομόνων μόλις έχει καταλήξει στις προτάσεις της, μαζεύοντας φύλλα τσαγιού με τον John.



12. Επιλεγμένες Επιστημονικές Δημοσιεύσεις

Η επιστημονική συμβολή του Παύλου Γ. Μαρίνου αποτυπώνεται σε ένα εκτεταμένο και ιδιαίτερα επιδραστικό συγγραφικό έργο. Οι ακόλουθες εργασίες αποτελούν βασικές αναφορές στη διεθνή βιβλιογραφία της Τεχνικής Γεωλογίας (Engineering Geology), της Βραχομηχανικής (Rock Mechanics) και του σχεδιασμού σιράγγων και υπόγειων έργων.

Επιλεγμένες δημοσιεύσεις του Παύλου Γ. Μαρίνου (θεμελιώδεις)

- Marinos, P. & Hoek, E. (2000). GSI: A geologically friendly tool for rock mass strength estimation. In: Proceedings of GeoEng2000, Melbourne, Australia.
- Hoek, E. & Marinos, P. (2000). Predicting tunnel squeezing problems in weak heterogeneous rock masses. In: Proceedings of GeoEng2000, Melbourne, Australia.
- Marinos, P. & Hoek, E. (2001). Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as flysch. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 60(2), 85–92.
- Hoek, E., Marinos, P. & Marinos, V. (2005). Characterization and engineering properties of tectonically undisturbed but lithologically varied sedimentary rock masses. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 42(2), 277–285.
- Marinos, P., Hoek, E. & Marinos, V. (2006). Variability of the engineering properties of rock masses quantified by the Geological Strength Index: the case of ophiolites with special emphasis on tunnelling. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 65, 129–142.
- Hoek, E. & Marinos, P. (2007). A brief history of the development of the Hoek–Brown failure criterion. Soils and Rocks, 30(2), 85–92.

13. Η απώλεια και οι διεθνείς τιμητικές αναφορές

Ο Παύλος Γ. Μαρίνος απεβίωσε στις 10 Οκτωβρίου 2021 στην Αθήνα, αφήνοντας πίσω του ένα ιδιαίτερα ισχυρό επιστημονικό, ακαδημαϊκό και επαγγελματικό αποτύπωμα στην Τεχνική Γεωλογία και τη Βραχομηχανική, στην Ελλάδα και διεθνώς. Η απώλειά του προκάλεσε βαθιά συγκίνηση στην ελληνική και διεθνή επιστημονική κοινότητα και συνοδεύτηκε από πολυάριθμες ανακοινώσεις, νεκρολογίες και αφιερώματα επιστημονικών ενώσεων, οργανισμών και επιστημονικών μέσων.

Σε διεθνές επίπεδο, η απώλειά του συνοδεύτηκε από σειρά τιμητικών αναφορών από σημαντικούς επιστημονικούς φορείς και μέσα του κλάδου. Μεταξύ αυτών, αναφορές δημοσιεύθηκαν από την International Association for Engineering Geology and the Environment (IAEG), την International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE), τη British Geotechnical Association, το Engineering Group of the Geological Society of London και τη New Zealand Geotechnical Society (NZGS), καθώς και από το διεθνές επιστημονικό δίκτυο Geoengineer και τα επιστημονικά περιοδικά Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Geotechnical and Geological Engineering και Engineering Geology. Η IAEG, με την οποία η επιστημονική του διαδρομή υπήρξε στενά συνδεδεμένη επί πολλές δεκαετίες, τον αποκάλεσε χαρακτηριστικά “**a great Ambassador of IAEG in the world**”, αναγνωρίζοντας τη συμβολή του στην ανάπτυξη και τη διεθνή παρουσία της Ένωσης και την ικανότητά του να δημιουργεί επιστημονικούς δεσμούς και συνεργασίες σε ολόκληρο τον κόσμο. Η British Geotechnical Association και το Engineering Group of the Geological Society of London τον χαρακτήρισαν “**a leading figure in engineering geology and rock mechanics**”, αναδεικνύοντας τη συμβολή του στον χαρακτηρισμό των βραχομαζών, στη συμπεριφορά των ασθενών πετρωμάτων και στον σχεδιασμό και την κατασκευή τεχνικών έργων.



**INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR
ENGINEERING GEOLOGY
AND THE ENVIRONMENT**



**We are very sad to
announce that the Honorary
President of IAEG, Prof. Paul
Marinos, passed away last
Sunday morning.**

A legendary point made from a
student after field trip in Italy, France
and Switzerland

**May the earth be light to you, rest in peace Prof. Paul
Marinos**

We are very sad to announce that the Former President of IAEG, Prof. Paul Marinos, passed away last Sunday morning. He was very happy after being awarded the title of the Honorary President of IAEG on October 8th. His son Vassilis said that he considered it the greatest gift. He was hoping for it so much. Vassilis believes he resisted and gave himself a few extra days of his life to receive this award and to see the success of the 3rd European Conference of IAEG. Then, he left.

May the earth be light to you, rest in peace Paolo. We will remember you by many excellent lectures you have held on many tours around the world, by various consultancy activities regarding important construction works which addressed very challenging engineering geology problems, and as a teacher who, through high-level courses and superb field trips, educated thousands of students.

Finally, we recall your visits to a large number of National Groups of IAEG, during which you tried to identify key people and encourage them to promote collaborations in countries where there was no IAEG activity.

For your personal way of weaving relationships in every part of the globe, we can affirm that you have been a great Ambassador of IAEG in the world, effectively contributing to its growth and spread even in the most remote countries.

Obituary: Paul Marinos

© 25 OCTOBER, 2021 | BY GROUND ENGINEERING

**It is with great sadness that the British Geotechnical Association and the
Engineering Group of the Geological Society share the news of the passing of
Paul (Pavlos) Marinos on Sunday 10 October 2021.**



Paul Marinos was a fellow of the Geological Society of London and delivered the 6th Glossop Lecture in 2002 on "Ongoing challenges in engineering geology for tunnelling in difficult ground".

Marinos was a leading figure in engineering geology and rock mechanics. He made great contributions to the field of rock mass characterisation, weak rock properties and behaviour – particularly in karstic terrain – with strong emphasis on applications to engineering design and construction.

BGA
THE BRITISH
GEOTECHNICAL
ASSOCIATION

**British Geotechnical Association
&
Engineering Group of the Geological Society**

It is with great sadness that the British Geotechnical Association and the Engineering Group of the Geological Society share the news of the passing of Paul (Pavlos) Marinos on Sunday 10 October 2021.

Obituary: Paul Marinos



Paul Marinos was a fellow of the Geological Society of London and delivered the 6th Glossop Lecture in 2002 on "Ongoing challenges in engineering geology for tunnelling in difficult ground".

SPRINGER NATURE Link

Find a journal | Publish with us | Track your research | Search | Saved results

Home > Geotechnical and Geological Engineering > Article

Obituary of Professor Paul (Pavlos) Marinos

Obituary | Published: 03 November 2021
Volume 39, pages 5427–5428 (2021) | Cite this article

[Download PDF](#) | [Save article](#)

Geotechnical and Geological Engineering

Aims and scope > | [Submit manuscript](#) >

David G. Toll | 1198 Accesses | Explore all metrics >

It is with great sadness that we announce the passing of our dear friend and colleague, Professor Paul (Pavlos) Marinos on Sunday 10th October 2021. Paul was an Editor in Chief of *Geotechnical and Geological Engineering* since 2010. He was active in his editorial role until the end of his life.

Sections
[Author information](#)
[Additional information](#)
[Rights and permissions](#)
[About this article](#)

NZGS GEOMECHANICS NEWS

Obituary – Prof. Paul Marinos (1944-2021)

NZGS PUBLISHED 16/12/2021



Prof. Paul Marinos passed away in Athens on 9 October 2021, after being awarded the title of the Honorary President of the International Association of Engineering Geology and the Environment (IAEG) at the 3rd European Conference of the IAEG on October 8th.

Prof Marinos was a leading figure in Engineering Geology and Rock Mechanics. He was Emeritus Professor of Engineering Geology at the National Technical University of Athens, past President of the IAEG, and an independent consulting engineer providing expert opinion on major infrastructure projects in Greece and around the world.

Following the legacy of his father, who was also an Engineering Geologist and a Professor, Paul Marinos received a Mining Engineering degree from the School of Mines of the

Published 16/12/2021
Collection NZGS Geomechanics News
Compilation NZ Geomechanics News Issue 102 - December 2021
Issue 102
Type Society News
ISSN 01116851

gen engineer

In Memoriam: Distinguished Professor Paul G. Marinos (1944-2021)

In Memoriam Announcements | Engineering Geology | Rock Engineering | Rock Mass Characterization | In Rock | Underground Structures | Tunneling | Landslides | Dam Engineering

A Field Trip for Civil Engineering Students to Demonstrate the Importance of Engineering Geology

Nov 13, 2009 | Engineering Geology



Every, and each year since 1992, a major field trip is conducted in the Alps by Professor Paul G. Marinos of the National Technical University of Athens. The field trip is presented to the students of the School of Civil Engineering with the scope to improve awareness and demonstrate the importance of Engineering Geology. This field trip constitute an important addition to the course of engineering geology, offering to the students the real scale of geological features and events together with the real scale of engineering structures. As failures are always excellent in terms of lessons learned, the main characteristic of the trip is the visit of important and dramatic failures, well known world wide. The cause of most of them was particular geological conditions or geological details that were not recognized or neglected or their role in stability underestimated. Dams are among the civil engineering structures with the greater interaction with the ground and environment. Particular attention is given to the Malpasset arch dam failure in 1959 in South France and the Vajont world's most disastrous failure at an engineered dam in northern Italy in 1963. The students are organized in working groups and spend in these 2 sites a full day. 230 students participate under the guidance of Prof. Paul Marinos and Assoc. Prof. George Tsiambaos and the valuable assistance of Sofoklis Maronikakis and Dr. Vassilis Marinos. The students when back home they compose a report and give a presentation.

Εικόνα 113. Διεθνείς τιμητικές αναφορές και αφιερώματα στη μνήμη του Καθηγητή Παύλου Γ. Μαρίνου από επιστημονικούς οργανισμούς.

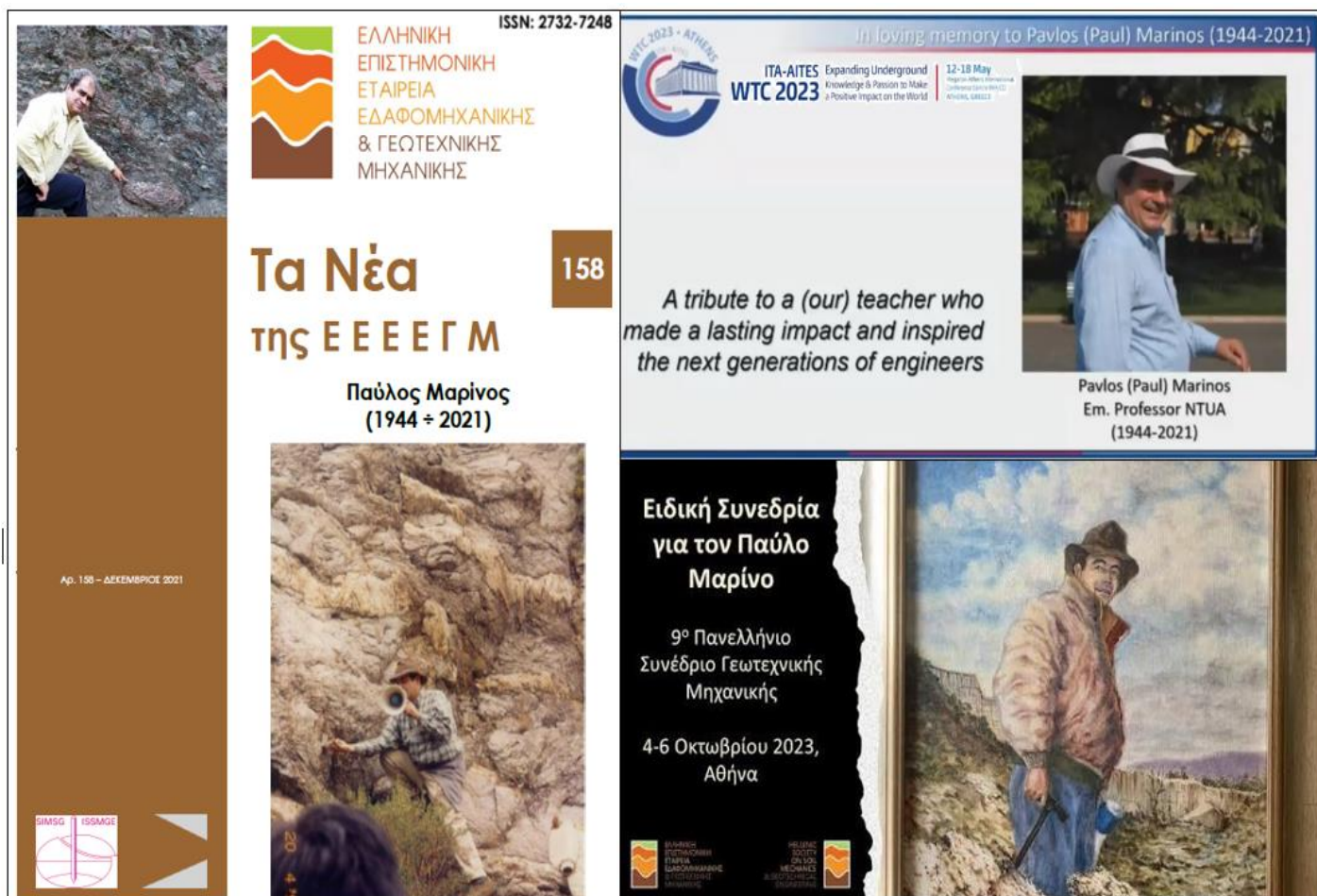
Αντιστοίχως, στην Ελλάδα, πολυάριθμοι επιστημονικοί και επαγγελματικοί φορείς τίμησαν τη μνήμη και το έργο του, μεταξύ των οποίων η Ελληνική Επιστημονική Εταιρεία Εδαφομηχανικής και Γεωτεχνικής Μηχανικής (ΕΕΕΕΓΜ), η Ελληνική Επιτροπή Σηράγγων και Υπογείων Έργων (ΕΕΣΥΕ), η Ελληνική Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων, η Ελληνική Γεωλογική Εταιρεία, ο Ελληνικός Πολυτεχνικός Σύλλογος, ο Σύνδεσμος Ελληνικών Εταιρειών-Γραφείων Μελετών (ΣΕΓΜ) και η ΠΕΤΟΜ-ΤΕΕ – ΕΣΤΑΜΕΔΕ. Η ΕΕΣΥΕ, της οποίας υπήρξε εξέχον μέλος και πρώην Πρόεδρος, σημείωσε χαρακτηριστικά ότι η πορεία του είχε «καθοριστική και ευεργετική επίδραση





στον κλάδο των σιράγγων» και ότι η δουλειά του αποτέλεσε, σε παγκόσμιο επίπεδο, «μια από τις πρώτες και σημαντικότερες “γέφυρες” ανάμεσα στην αβεβαιότητα της φύσης και τη μηχανική των τεχνικών έργων». Το τεύχος 158 των «Νέων της ΕΕΕΕΓΜ», τον Δεκέμβριο του 2021, αφιερώθηκε εξ ολοκλήρου στον Παύλο Μαρίνο, συγκεντρώνοντας αναφορές ελληνικών και διεθνών επιστημονικών φορέων στη μνήμη και το έργο του.

Μεταγενέστερες τιμητικές εκδηλώσεις αφιερωμένες στη μνήμη και το έργο του πραγματοποιήθηκαν και στο πλαίσιο σημαντικών επιστημονικών συνεδρίων. Στις 15 Μαΐου 2023, κατά την Εναρκτήρια Τελετή του World Tunnel Congress 2023 (WTC 2023) της ITA-AITES, στην Αθήνα, πραγματοποιήθηκε ειδική βράβευση στη μνήμη του Παύλου Μαρίνου. Στο ίδιο Συνέδριο παρουσιάστηκε από τον Βασίλη Μαρίνο η αφιερωματική εργασία “Innovative assessment methodologies to introduce rock mass behaviour into tunnelling – The legacy of Professor Paul Marinos in the Athens Metro”, με αντικείμενο την επιστημονική παρακαταθήκη του Παύλου Μαρίνου στις σιράγγες και ειδικότερα τη συμβολή του στην ανάπτυξη μεθοδολογιών για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς των βραχομαζών στο Μετρό της Αθήνας. Στις 4–6 Οκτωβρίου 2023, στο πλαίσιο του 9ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Γεωτεχνικής Μηχανικής στην Αθήνα, διοργανώθηκε ειδική τιμητική συνεδρία με τίτλο “Session in Honour of Paul Marinos” (βίντεο: [Παρακολούθηση της τιμητικής συνεδρίας](#)), αφιερωμένη στην επιστημονική, ακαδημαϊκή και επαγγελματική διαδρομή και τη συνολική προσφορά του.



Εικόνα 114. Αφιερωματικό τεύχος 158 των «Νέων της ΕΕΕΕΓΜ» (αριστερά), ειδική βράβευση στη μνήμη του Παύλου Γ. Μαρίνου στο World Tunnel Congress 2023 (επάνω δεξιά) και ειδική συνεδρία προς τιμήν του στο 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής Μηχανικής (κάτω δεξιά)



14. Παρακαταθήκη - Επίλογος

Από τα φοιτητικά του χρόνια, ο Παύλος Γ. Μαρίνος ξεκίνησε μια διαδρομή που έμελλε να τον οδηγήσει πολύ μακριά: από τα πρώτα βήματα στη Γεωλογία, στην Τεχνική Γεωλογία και στα μεγάλα τεχνικά έργα, από την πανεπιστημιακή διδασκαλία και την έρευνα στη διεθνή επιστημονική κοινότητα και από την Ελλάδα σε εργοτάξια, πανεπιστήμια και Επιτροπές Εμπειρογνομόνων σε ολόκληρο τον κόσμο. Ήταν ένα ταξίδι χιλιάδων χιλιομέτρων, αλλά κυρίως ένα ταξίδι μεγάλων επιστημονικών και ανθρώπινων αλμάτων.

Υπηρέτησε την επιστήμη του με ήθος, ειλικρίνεια, αξιοπρέπεια και βαθιά αγάπη. Με την ίδια αφοσίωση υπηρέτησε το Πανεπιστήμιο, τους φοιτητές του, την επιστημονική κοινότητα και τα έργα στα οποία κλήθηκε να συμβάλει. Η παρακαταθήκη του βρίσκεται ασφαλώς στο εκτεταμένο επιστημονικό του έργο, στις μεθόδους και στις προσεγγίσεις που συνέβαλε να διαμορφωθούν, στα μεγάλα έργα που φέρουν τη συμβολή του και στη διεθνή παρουσία της ελληνικής Τεχνικής Γεωλογίας. Βρίσκεται όμως εξίσου στους ανθρώπους που δίδαξε, καθοδήγησε και ενέπνευσε και στον τρόπο με τον οποίο τους έμαθε να παρατηρούν, να σκέφτονται και να αντιμετωπίζουν τη Γεωλογία ως αναπόσπαστο μέρος του τεχνικού έργου.

Πέρα από το εύρος και τη σημασία της επιστημονικής του προσφοράς, ο Παύλος Γ. Μαρίνος υπήρξε ένα ξεχωριστό πρότυπο επιστήμονα, δασκάλου και ανθρώπου. Και ίσως αυτή να είναι η σημαντικότερη παρακαταθήκη του: ότι πίσω από τη διεθνή αναγνώριση, τις διακρίσεις, τις εκατοντάδες επιστημονικές εργασίες, τα μεγάλα έργα και τα αμέτρητα ταξίδια, παρέμεινε ένας άνθρωπος που υπηρέτησε με συνέπεια όσα αγάπησε και άφησε το αποτύπωμά του όχι μόνο στην επιστήμη και στα έργα, αλλά κυρίως στους ανθρώπους που είχαν την τύχη να συμπορευτούν μαζί του, ως φοιτητές, συνεργάτες, συνάδελφοι και φίλοι, σε διαφορετικές στιγμές αυτής της μεγάλης διαδρομής. Και μαζί με αυτή την παρακαταθήκη, μένει στη μνήμη το χαρακτηριστικό, φωτεινό χαμόγελό του, που συνόδευσε ολόκληρη αυτή τη μεγάλη διαδρομή.



Εικόνα 115. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος με το χαρακτηριστικό, φωτεινό χαμόγελό του.



Εικόνα 116. Ο Παύλος Γ. Μαρίνος στο γεωλογικό πεδίο και στα υπόγεια έργα, δύο σταθερές σε ολόκληρη την επιστημονική και επαγγελματική του διαδρομή.

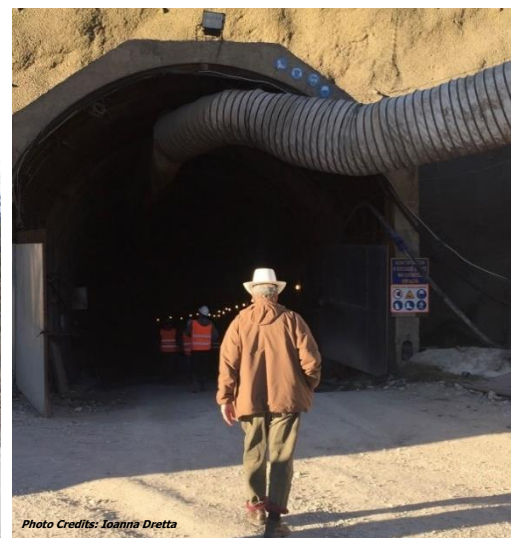


Photo Credits: Ioanna Dretta



12 Σηραγγικά Παράδοξα

Παράξενα, εντυπωσιακά και απρόοπτα από τα υπόγεια έργα

Η σήραγγα που διανοίχθηκε μέσα σε... έναν τεχνητό παγετώνα

Όταν οι μηχανικοί πάγωσαν μια ζώνη ρήγματος για να περάσει το TBM

Η κατασκευή της σιδηροδρομικής σήραγγας Hallandsås, στη νότια Σουηδία, αποτελεί μία από τις πιο εντυπωσιακές εφαρμογές γεωτεχνικής μηχανικής σε υπόγεια έργα. Η μεγαλύτερη πρόκληση του έργου ήταν η διέλευση της ζώνης ρήγματος Mölleback (Mölleback Fault Zone), μιας έντονα τεκτονισμένης και υδροφόρας ζώνης, όπου οι μεγάλες εισροές υπόγειων υδάτων και η εξαιρετικά δυσμενής ποιότητα της βραχώμαζας δεν επέτρεπαν την ασφαλή πρόοδο της εκσκαφής.

Την περίοδο 2008–2010, εφαρμόστηκε στη δυσμενέστερη περιοχή της ζώνης ρήγματος η μέθοδος τεχνητής ψύξης του εδάφους (Artificial Ground Freezing – AGF). Μέσω δικτύου γεωτρήσεων, στις οποίες κυκλοφορούσε ψυκτικό μέσο, δημιουργήθηκε ένας τεχνητά παγωμένος όγκος εδάφους, ο οποίος περιόρισε τις εισροές υπόγειου νερού και βελτίωσε προσωρινά τις γεωτεχνικές ιδιότητες του σχηματισμού, επιτρέποντας την ασφαλή διέλευση του μηχανήματος ολομέτωπης κοπής (Tunnel Boring Machine – TBM).

Η εφαρμογή της μεθόδου στο Hallandsås αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες εφαρμογές τεχνητής ψύξης του εδάφους που έχουν πραγματοποιηθεί διεθνώς σε έργο σήραγγων. Το έργο απέδειξε ότι, σε εξαιρετικά δυσμενείς γεωλογικές συνθήκες, η ασφαλής διάνοιξη μπορεί να απαιτήσει όχι μόνο την προσαρμογή της μεθόδου κατασκευής, αλλά και την προσωρινή μεταβολή των ιδιοτήτων του ίδιου του γεωλογικού σχηματισμού.

Αναφορές:

- Sturk, R. & Stille, B. (2008). *Advanced Ground Freezing at the Hallandsås Project, Sweden. Geomechanik und Tunnelbau*, 1(5), 512–517.
- Sturk, R., Dudouit, F., Aurell, O. & Eriksson, S. (2011). *Summary of the First TBM Drive at the Hallandsås Project. Proceedings of the Rapid Excavation and Tunneling Conference (RETC)*.
- Swedish Transport Administration – Hallandsås Tunnel Project (<https://www.vinci-construction-projets.com/en/realisations/hallandsas-railway-tunnels/>)



Εικόνα 117. Εσωτερικό της τεχνητά παγωμένης ζώνης κατά την εφαρμογή της μεθόδου AGF στη σήραγγα Hallandsås, Σουηδία. (<https://www.skanska.com/se/en/construction-infrastructure/our-projects/hallandsas>)



Εικόνα 118. Μέτωπο εκσκαφής στη ζώνη ρήγματος Mölleback μετά την εφαρμογή της μεθόδου (AGF). Διακρίνεται πλήρως αποσαθρωμένος γνεύσιος και τεμάχια υγιούς πετρώματος εντός της παγωμένης βραχώμαζας (Sturk, R et al, 2011)



13 Επιστημονικά Συνέδρια – Ημερίδες

Ημερολόγιο δράσεων και προσκλήσεις συμμετοχής

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται επιλεγμένα διεθνή επιστημονικά συνέδρια που θα πραγματοποιηθούν κατά το διάστημα 2026–2027 στους τομείς των υπόγειων έργων, της τεχνικής γεωλογίας και της γεωτεχνικής μηχανικής. Οι διοργανώσεις αυτές συγκεντρώνουν επιστήμονες, μελετητές, κατασκευαστές και φορείς από όλο τον κόσμο, αποτελώντας σημαντικά φόρουμ ανταλλαγής γνώσης, εμπειριών και καινοτόμων τεχνολογικών εφαρμογών που συμβάλλουν στην εξέλιξη του σχεδιασμού, της κατασκευής και της διαχείρισης των υπόγειων υποδομών.

01

TC301 International Symposium 2026
Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites
 16–18 September 2026 📍 Athens, Greece
 Διοργάνωση: International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE) – Technical Committee 301
<https://tc301-athens.com>

INTERNATIONAL SYMPOSIUM
**PRESERVATION OF
 MONUMENTS
 & HISTORIC SITES**

02

AFTES International Congress 2026
 12 – 14 October 2026 📍 Lille, France
 Διοργάνωση: French Tunnelling and Underground Space Association (AFTES)
<https://aftes2026.com>

XVIIIth International Congress
AFTES 2026 LILLE Grand Palais
 12–14 October
 NEW CHALLENGES,
 UNDERGROUND SOLUTIONS

03

XV IAEG World Congress 2026
Engineering Geology in a Rapidly Changing World
 2–6 November 2026 📍 Delft, The Netherlands
 Διοργάνωση International Association for Engineering Geology and the Environment (IAEG)
<https://www.iaeg2026.org>

IAEG
 XV 2026 DELFT

04

World Tunnel Congress 2027
Underground Solutions for a Changing World
 23–29 April 2027 📍 Antwerp, Belgium
 Διοργάνωση: International Tunnelling and Underground Space Association (ITA-AITES) & Belgian Tunnelling Association
<https://wtc2027.com/>

ITA
 AITES
WTC 2027 ANTWERP
 23-29 APRIL 2027



INTERNATIONAL SYMPOSIUM PRESERVATION OF MONUMENTS & HISTORIC SITES

Η Αθήνα φιλοξενεί το κορυφαίο διεθνές συνέδριο για τη γεωτεχνική μηχανική και την προστασία των μνημείων

Από τις 16 έως τις 18 Σεπτεμβρίου 2026, η Αθήνα θα φιλοξενήσει το 4ο Διεθνές Συμπόσιο Γεωτεχνικής Μηχανικής για τη Προστασία Μνημείων και Ιστορικών Χώρων (4th International Symposium on Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites – TC301), μία από τις σημαντικότερες διεθνείς επιστημονικές διοργανώσεις στον τομέα της γεωτεχνικής μηχανικής και της προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Το Συνέδριο διοργανώνεται υπό την αιγίδα της Ελληνικής Επιστημονικής Εταιρείας Εδαφομηχανικής και Γεωτεχνικής Μηχανικής και της Τεχνικής Επιτροπής TC301 της International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ενώ το τιμούν με την υποστήριξή τους το Υπουργείο Πολιτισμού και ο Δήμος Αθηναίων. Η διεξαγωγή του στην Ελλάδα αναδεικνύει τον πρωταγωνιστικό ρόλο της χώρας μας στη διεθνή συζήτηση για τη διατήρηση και προστασία των μνημείων.

Στο επιστημονικό πρόγραμμα συμμετέχουν κορυφαίοι επιστήμονες διεθνούς κύρους, μεταξύ των οποίων οι Ch. Zerefos (Ελλάδα), E. Ovando-Shelley (Μεξικό), G. Gottardi (Ιταλία), A. Puzrin (Ελβετία), G. Arun (Τουρκία), I. Towhata (Ιαπωνία), N. Makris (ΗΠΑ), A. Ledesma (Ισπανία) και K. Van Balen (Βέλγιο), ενώ ιδιαίτερη θέση στο πρόγραμμα κατέχει η ειδική προσκεκλημένη διάλεξη του Καθηγητή Μανώλη Κορρέ, αφιερωμένη στην αποκατάσταση και διατήρηση των μνημείων της Ακρόπολης.

Το πρόγραμμα περιλαμβάνει θεματικές ενότητες που καλύπτουν ολόκληρο το φάσμα της γεωτεχνικής μηχανικής για τα μνημεία, όπως:

- γεωτεχνικές επεμβάσεις σε ιστορικές κατασκευές,
- θεμελιώσεις και εδαφικές αλληλεπιδράσεις,
- κατολισθήσεις και γεωκίνδυνοι σε αρχαιολογικούς χώρους,
- σεισμική προστασία ιστορικών μνημείων,
- εφαρμογές προηγμένων μεθόδων παρακολούθησης και διερεύνησης.

Παράλληλα, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται σε σύγχρονα διεπιστημονικά θέματα, όπως:

- οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ανθεκτικότητα και διατήρηση των μνημείων,
- η αξιοποίηση ψηφιακών τεχνολογιών, ψηφιακών διδύμων, αισθητήρων και τεχνητής νοημοσύνης για την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς,
- η διαχείριση φυσικών κινδύνων και η ανθεκτικότητα ιστορικών χώρων.

Για τον λόγο αυτό, το Συνέδριο απευθύνεται στο ευρύτερο τεχνικό και επιστημονικό κοινό, συμπεριλαμβανομένων πολιτικών μηχανικών, αρχιτεκτόνων, αρχαιολόγων, συντηρητών έργων τέχνης, γεωλόγων και στελεχών φορέων που δραστηριοποιούνται στη διαχείριση και προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς.



Ειδική θεματική ημέρα – 18 Σεπτεμβρίου 2026

Η τρίτη ημέρα του Συνεδρίου θα πραγματοποιηθεί στο Μουσείο Ακρόπολης και θα είναι αφιερωμένη στα μνημεία του ελλαδικού χώρου και στις σύγχρονες προκλήσεις προστασίας και διατήρησής τους απέναντι στους φυσικούς και κλιματικούς κινδύνους. Η ημέρα θα ξεκινήσει με οργανωμένη τεχνική επίσκεψη στον Ιερό Βράχο της Ακρόπολης.

Για τη διευκόλυνση των Ελλήνων μηχανικών και των επαγγελματιών που ενδιαφέρονται ειδικότερα για τη συγκεκριμένη θεματολογία, παρέχεται **δυνατότητα συμμετοχής αποκλειστικά στην ειδική συνεδρία της 18ης Σεπτεμβρίου, με ειδικό μειωμένο κόστος εγγραφής**. Η συνεδρία θα διεξαχθεί στην αγγλική γλώσσα, χωρίς υπηρεσία ταυτόχρονης μετάφρασης.

Χώροι διεξαγωγής

16–17 Σεπτεμβρίου 2026, Ωδείο Αθηνών

18 Σεπτεμβρίου 2026, Μουσείο Ακρόπολης

Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το πρόγραμμα, τις εγγραφές και τις δυνατότητες συμμετοχής είναι διαθέσιμες στην ιστοσελίδα του Συνεδρίου:

www.tc301-athens.com



UNDER THE AUSPICES OF



HELLENIC
SOCIETY FOR
SOIL
MECHANICS
& GEOTECHNICAL
ENGINEERING



CITY OF
ATHENS



HELLENIC REPUBLIC
Ministry of Culture



14 Βιβλία – Νέες Εκδόσεις

Σελίδες που ανοίγουν νέες σήραγγες σκέψης

Connecting Communities Through Underground Infrastructure – Proceedings of the World Tunnel Congress 2026

Editors: Erik Eberhardt, Jonathan D. Aubertin, Jean Habimana, Monika Mitew-Czajewska & Mike A. Mooney

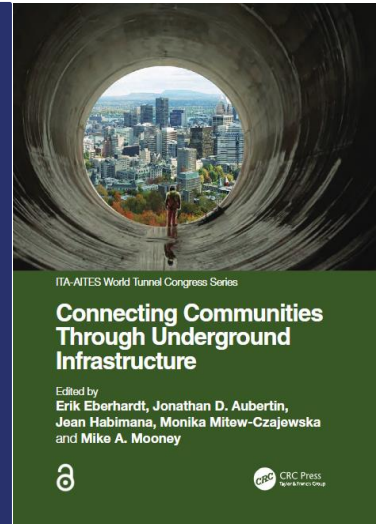
ITA-AITES – World Tunnel Congress 2026, Montréal, Canada

Published: 22 June 2026

eBook ISBN: 978-1-042-00106-4

DOI: 10.1201/9781042001064/ Open Access – CC BY-NC-ND

Connecting Communities Through Underground Infrastructure brings together the contributions presented at the ITA World Tunnel Congress 2026, held in Montréal, Canada, on 15–21 May 2026. The proceedings address the full lifecycle of tunnelling and underground infrastructure, from strategic planning and ground intelligence to engineering design, construction, digital innovation, operation and asset management. Bringing together expertise from industry and academia worldwide, the volume provides a comprehensive reference to current practice and emerging developments in tunnelling and underground engineering.



Small Diameter Tunnelling with Pipe Jacking and Segmental Lining

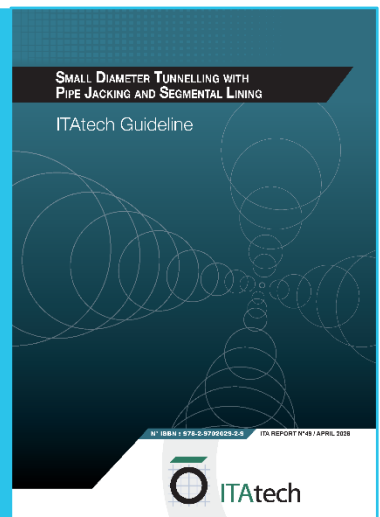
ITAtch Guideline

ITA REPORT N°49 / APRIL 2026

Published: April 2026

ISBN: 978-2-9702029-2-9

This ITAtch Guideline provides comprehensive guidance for the planning, design and construction of small-diameter mechanised tunnels using Pipe Jacking and Segmental Lining techniques. It reviews the applicability of different excavation methods, including EPB, Slurry and Open-Mode TBMs, and discusses the influence of ground conditions, tunnel diameter, safety, ergonomics and operational constraints on method selection. The guideline also addresses health and safety requirements, risk management, confined-space working and current European standards, providing a practical reference for owners, designers, contractors and equipment manufacturers involved in trenchless underground infrastructure projects.



Considerations for the Assessment of the Thrust Force for Open-Mode Shielded TBMs in Weak Rock

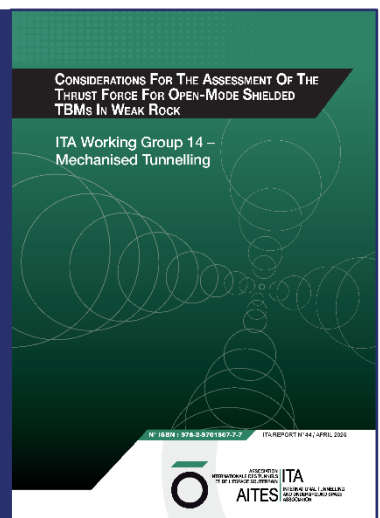
ITA Working Group 14 – Mechanised Tunnelling

ITA REPORT N°44 / APRIL 2026

Published: April 2026

ISBN: 978-2-9701807-7-7

This ITA Working Group 14 report provides practical guidance for the assessment of the thrust force required by Open-Mode Shielded TBMs operating in weak and highly deformable rock masses. It examines the main components of TBM thrust, including boring force, shield friction, lining friction and backup pulling force, and discusses the influence of ground behaviour, squeezing conditions, TBM geometry and operational parameters on thrust demand. The report also reviews analytical and numerical approaches for estimating shield loads and thrust requirements, offering practical recommendations for the design and operation of mechanised tunnelling projects in challenging weak rock conditions.





Interaction Modeling in Mechanized Tunneling

Editors: **Günther Meschke, Rolf Breitenbücher, Steffen Freitag, Markus König, Markus Thewes**

Published: March 18, 2023

(463 Pages, 59 B/W Illustrations, 287 Colour Illustrations)

ISBN: 9783031240652

Springer Nature

This open access book presents the research outcomes of the Collaborative Research Centre SFB 837, the world's largest research programme dedicated to mechanized tunnelling. It provides a comprehensive overview of the interaction between Tunnel Boring Machines (TBMs), the ground and tunnel support systems, covering advance exploration, excavation processes, cutting tool wear, face support, soil conditioning, segmental linings and digital tunnel design. The volume also introduces real-time simulation, digital twins and advanced monitoring techniques, demonstrating how numerical modelling and data-driven approaches can improve the safety, efficiency and reliability of mechanized tunnelling in complex geological environments.

Günther Meschke · Rolf Breitenbücher ·
Steffen Freitag · Markus König ·
Markus Thewes *Editors*

Interaction Modeling in Mechanized Tunneling

OPEN ACCESS

Springer

Intelligent Construction in Tunnels

Authors: **Limao Zhang, Yue Pan, Penghui Lin, Mirosław J. Skibniewski**

Published: August 2025

(384 Pages, 5 B/W Illustrations, 197 Colour Illustrations)

ISBN: 978-981-96-8784-8

Springer Nature

This book presents the latest developments in intelligent tunnel construction, integrating artificial intelligence, Building Information Modelling (BIM), Digital Twins, Internet of Things (IoT), computer vision and deep learning into tunnel engineering. It covers intelligent geological forecasting, tunnel face reliability assessment, Tunnel Boring Machine (TBM) operation, excavation control, segment assembly, construction monitoring and safety risk assessment. Combining advanced digital technologies with practical engineering applications, the book provides a comprehensive reference for the planning, construction and management of modern underground infrastructure.

Lecture Notes in Civil Engineering

Limao Zhang
Yue Pan
Penghui Lin
Mirosław J. Skibniewski

Intelligent Construction in Tunnels

Springer

Underground Spaces for Climate Resilience and Sustainability

Editor: **Mahak Agrawal**

Published: February 19, 2025

(245 Pages, 10 B/W Illustrations, 141 Colour Illustrations)

ISBN: 9789819605460 (Hardcover)

Springer Nature

This book explores the growing role of underground space in enhancing climate resilience and sustainable urban development. It presents international case studies and innovative approaches for the planning, design and management of underground infrastructure, highlighting applications such as metro systems, energy storage, underground logistics, geothermal energy and multifunctional underground spaces. The volume promotes an integrated and interdisciplinary approach to subsurface planning, demonstrating how underground resources can contribute to resilient, sustainable and liveable cities in response to climate change and rapid urbanisation.

Advances in 21st Century Human Settlements

Mahak Agrawal *Editor*

Underground Spaces for Climate Resilience and Sustainability

Springer





15 Γίνε Μέλος της ΕΕΣΥΕ

Για όσους θέλουν να είναι ενεργό μέρος του κλάδου των υπόγειων έργων

Η Ελληνική Επιτροπή Σηράγγων και Υπογείων Έργων προσκαλεί νέους και έμπειρους μηχανικούς και άλλες ειδικότητες, μελετητές, ερευνητές και φοιτητές να γίνουν ενεργά μέλη της.

Με την εγγραφή σου συμμετέχεις σε μια τεχνική κοινότητα που προάγει τη γνώση, διασυνδέει επαγγελματίες του χώρου και εκπροσωπεί την Ελλάδα στη Διεθνή Σήραγγα (ΙΤΑ).

Σύνδεσμος Εγγραφής:

 www.eesye.gr/members/new_registrations/

Πληροφορίες:

 www.eesye.gr

 eesye.gr@gmail.com



Εικόνα 119. Σήραγγα προσαγωγής (Headrace Tunnel), Uma Oya Project, Sri Lanka (Πηγή: ITA-AITES, Tunnelling the World 2021 – video). (<https://about.ita-aites.org/ita-news/ita-news/2033/tunnelling-the-world-2021-video/>)



16 Πρόσκληση Συμμετοχής στο Επόμενο Τεύχος

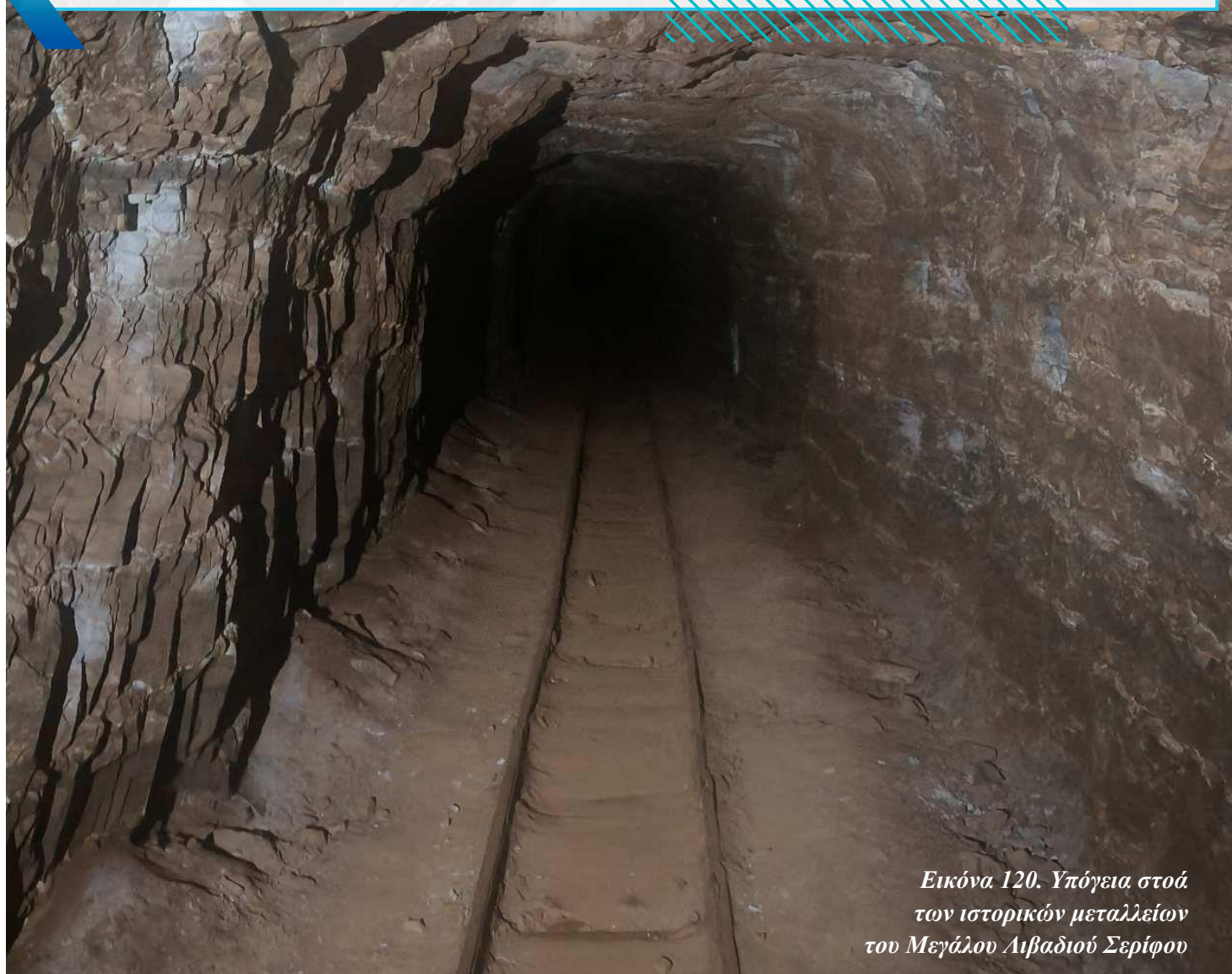
Το Δελτίο είναι ανοιχτό σε εσένα

Η Συντακτική Ομάδα προσκαλεί όλα τα μέλη της ΕΕΣΥΕ να συμμετάσχουν ενεργά στο επόμενο τεύχος του Δελτίου.

Μπορείτε να υποβάλετε άρθρα, τεχνικά σχόλια, σύντομες εμπειρίες από έργα, φωτογραφίες με λεζάντα, ή οτιδήποτε θεωρείτε ότι συμβάλλει στην ανάδειξη του υπόγειου τεχνικού κόσμου. Το Δελτίο επιδιώκει να εκφράζει τη φωνή των μελών της Ένωσης και να αποτελεί ζωντανό χώρο ανταλλαγής εμπειριών, τεχνικής γνώσης και σκέψης.

Αν έχεις κάτι να μοιραστείς, περιμένουμε να το διαβάσουμε!

Υποβολές: eesye.gr@gmail.com



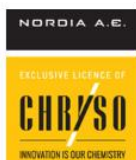
Εικόνα 120. Υπόγεια στοά των ιστορικών μεταλλείων του Μεγάλου Λιβαδιού Σερίφου



Εταίροι – Χορηγοί της ΕΕΣΥΕ

Με την πολύτιμη υποστήριξή τους
συνεχίζουμε τη χάραξη των υπόγειων διαδρομών

ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΧΟΡΗΓΟΙ



ΕΤΑΙΡΟΙ - ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΕΣ



Προβληθείτε εδώ από την ΕΕΣΥΕ:

Οι προϋποθέσεις εγγραφής στην ΕΕΣΥΕ, εταιρειών ή οργανισμών του Δημοσίου καθώς και ιδιωτικών εταιρειών προβλέπονται στο άρθρο 3 του καταστατικού της ΕΕΣΥΕ (<https://www.eesyve.gr/katastatiko/>)

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ



www.eesy.gr



eesye.gr@gmail.com



210 3222050



Ιπποκράτους 196, 11471, Αθήνα

