

Φθάνοντας αισίως στο εικοστό πέμπτο τεύχος του ενημερωτικού μας δελτίου που είναι και το 1^ο για το 2017, η συντακτική ομάδα θέλει να ευχαριστήσει όλους εσάς που με το ενδιαφέρον σας στηρίζετε τη διάδοση του, καθώς και να ευχηθεί σε όλους καλή και δημιουργική χρονιά γεμάτη υγεία και ευτυχία.

Το ταξίδι μας στη γνώση προβλέπεται μακρόχρονο, αλλά συνάμα ενδιαφέρον και γεμάτο εκπλήξεις.

Στην πορεία αυτή είναι χαρά μας να έχουμε συνειδητοποιημένους αναγνώστες.

Ταυτόχρονα, για ακόμη μια φορά καλούμε όσους από εσάς έχετε κάποιο ενημερωτικό άρθρο ή ερευνητική εργασία ή απλά δοκίμιο σχετικό με το αντικείμενο μας και θέλετε να το δημοσιεύσετε στο δελτίο μας, να επικοινωνήσετε μαζί μας.

Το ενημερωτικό μας δελτίο φιλοδοξεί να γίνει ένας γόνιμος χώρος ανταλλαγής ιδεών και ζυμώσεων, στον οποίο θέλουμε όλοι να είναι κοινωνοί.

Στο παρόν τεύχος θα βρείτε:

- Τα νέα της Extraco
- Παρουσίαση του βιβλίου «Η χρήση των εκρηκτικών στα τεχνικά έργα» που κυκλοφόρησε πρόσφατα

- Αναδημοσίευση από την ιστοσελίδα: “www.oryktosploutos.net” ενός πολύ ενδιαφέροντος άρθρου σχετικά με την κατασκευή του Παρθενώνα, του γνωστού και ανυπέβλητου αυτού ιστορικού μνημείου. Συντάκτης ο Κος Πέτρος Τζεφέρης, Δρ. Μηχανικός Μεταλλείων ο οποίος και διαχειρίζεται την εν λόγω ιστοσελίδα αλλά και το blog “elladitsamas.blogspot.gr”.

- Άρθρο σχετικά με τη σεισμική έρευνα των υδρογονανθράκων. Πρόκειται για ένα εξαιρετικά επίκαιρο και διαφωτιστικό άρθρο, δεδομένης της έντονης συζήτησης που υπάρχει το τελευταίο διάστημα σχετικά με τα κοιτάσματα υδρογονανθράκων που φιλοξενούνται στο υπέδαφος της χώρας μας. Συντάκτης του άρθρου η Κα Αικατερίνη Μπιωτάκη, Μηχανικός Ορυκτών Πόρων MSc με την οποία και είχαμε τη χαρά να συνεργαστούμε το 2013 στα πλαίσια της πρακτικής της άσκησης.

Σας ευχόμαστε καλή και εποικοδομητική ανάγνωση.

Η ομάδα σύνταξης



ΤΑ ΝΕΑ ΤΗΣ EXTRACO

Τρία χρόνια λειτουργίας της μονάδας παραγωγής Matrix

Κάπως έτσι ξεκίνησε πριν τρία χρόνια...

Στις 15/11/2013 έγινε η πρώτη παραγωγή matrix όπου παρήχθησαν 17 ton.

Έκτοτε έχουν παραχθεί πάνω από 8.000 ton.

Συγχαρητήρια στους εμπνευστές και δημιουργούς της μονάδας, σε εκείνους που τη λειτουργούσαν στο παρελθόν και σε αυτούς που τη λειτουργούν τώρα, σε αυτούς που παρείχαν και παρέχουν τεχνική υποστήριξη εξασφαλίζοντας

την απρόσκοπτη λειτουργία της, σε εκείνους που μεριμνούσαν στο παρελθόν για την προμήθεια των πρώτων υλών και σε αυτούς που μεριμνούν τώρα, σε εκείνους που φρόντιζαν στο παρελθόν για την άριστη ποιότητα του προϊόντος και σε αυτούς που φροντίζουν τώρα, και σε αυτούς που προσπαθούν για την προώθηση του προϊόντος (είτε ως bulk, είτε ως EM-EX) στην αγορά.

Χρόνια μας πολλά!!!



ΤΑ ΝΕΑ ΤΗΣ EXTRACO

Συμμετοχή της EXTRACO στην ημερίδα της INTEPMΠΙΕΤΟΝ για την ασφάλεια

Η προστασία της υγιεινής και της ασφάλειας της εργασίας (ΥΑΕ), όπως και η προώθηση μίας ευρύτερης νοοτροπίας και αντίληψης, αποτελεί μία από τις βασικές μέριμνες των εταιρειών του ομίλου TITAN.

Με στόχο το «μηδέν ατύχημα» η διοίκηση και όλοι οι εργαζόμενοι του ομίλου εντείνουν τις προσπάθειες προς αυτή την κατεύθυνση.

Στο πλαίσιο αυτό ήταν ενταγμένη και η ημερίδα που πραγματοποίησε η INTEPMΠΙΕΤΟΝ Δομικά Υλικά ΑΕ, θυγατρική της TITAN ΑΕ,

στις εγκαταστάσεις εκπαίδευσης των κεντρικών γραφείων στην Αθήνα, την Τετάρτη 2 Νοεμβρίου 2016.

Την ημερίδα παρακολούθησαν οι μηχανικοί που έχουν την ευθύνη λειτουργίας των εργοταξίων της INTEPMΠΙΕΤΟΝ ανά την Ελλάδα.

Σε αυτή την εκδήλωση προσκλήθηκαν τα στελέχη της EXTRACO προκειμένου να παρουσιάσουν στους παρευρισκόμενους υλικό σχετικά με την ασφαλή χρήση των εκρηκτικών υλών στα τεχνικά έργα, αλλά και τον ποιοτικό έλεγχο.



ΤΑ ΝΕΑ ΤΗΣ EXTRACO

Επίσκεψη ομάδας γομωτών-εργοδηγών και μηχανικών της μεταλλευτικής εταιρείας ΔΕΛΦΟΙ ΔΙΣΤΟΜΟ ΑΜΕ στις εγκαταστάσεις της EXTRACO στην Τανάγρα Βοιωτίας

Το Σαββάτο 22 Οκτωβρίου 2016, ομάδα εργαζομένων της μεταλλευτικής εταιρείας ΔΕΛΦΟΙ ΔΙΣΤΟΜΟ ΑΜΕ επισκέφτηκε τις εγκαταστάσεις μας στην Τανάγρα Βοιωτίας.

Η ξενάγηση στις εγκαταστάσεις παραγωγής έδωσε την ευκαιρία στους εργαζομένους να δουν από κοντά πως παράγονται τα υλικά που χρησιμοποιούν καθημερινά, καθώς και πως διενεργούνται οι έλεγχοι ποιότητας.

Όπως συμβαίνει πάντοτε σε τέτοιου είδους εκδηλώσεις, ακολούθησε και μικρής διάρκειας παρουσίαση από τα στελέχη της EXTRACO αναφορικά με τις βασικές αρχές ασφαλούς χρήσης εκρηκτικών υλών και μέσων έναυσης, διανθισμένη με πρακτικές συμβουλές, αλλά κι άλλα ενδιαφέροντα θέματα όπως:

- Ποιοτικός έλεγχος εκρηκτικών και μέσων έναυσης
- Τεχνολογία ηλεκτρονικών πυροκροτητών
- Τεχνολογία οχημάτων επιτόπου παραγωγής

και γόμωσης χύμα γαλακτώματος

Ακολούθησε πολύ ενδιαφέρουσα συζήτηση μεταξύ των παρευρισκομένων με ανταλλαγή απόψεων αλλά και διατύπωση εποικοδομητικών παρατηρήσεων.

Μετά την ολοκλήρωση του ενημερωτικού μέρους της επίσκεψης, ακολούθησε πλούσιος μπουφές με γευστικά εδέσματα, ο οποίος χαροποίησε όλους τους παρευρισκόμενους. Παραθέτουμε μερικές χαρακτηριστικές φωτογραφίες.



ΤΑ ΝΕΑ ΤΗΣ EXTRACO

Κοπή πίτας για τη νέα χρονιά

Σε εξαιρετικό κλίμα και με τις ευχές όλων για μια δημιουργική νέα χρονιά, πραγματοποιήθηκε η κοπή της πίτας την Κυριακή 29 Ιανουαρίου, σε παραδοσιακή ταβέρνα της Ασωπίας.

Τόσο ο Πρόεδρος Κος Ιωάννης Σωτηρίου, όσο και ο Διευθύνων Σύμβουλος Κος Νικόλαος Μαντζαρέας αφού καλωσόρισαν κι ευχήθηκαν υγεία και ευτυχία σε όλους τους παρευρισκομένους, αναφέρθηκαν εν συντομία στα αποτελέσματα της εταιρείας κατά το 2016.

Παρά την άσχημη οικονομική συγκυρία η

περσινή χρονιά κρίθηκε επιτυχημένη, τόσο από άποψη κύκλου εργασιών όσο και κερδοφορίας.

Με την πολύτιμη συνεισφορά του έμπιστου δυναμικού αξιοποιήθηκαν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα σύγχρονα μέσα παραγωγής που διαθέτει η εταιρεία μετά και την ολοκλήρωση των νέων επενδύσεων, οπότε και επετεύχθη για μια ακόμη χρονιά ο στόχος.

Συνεχίζουμε δυναμικά στο ίδιο μοτίβο και το 2017.



ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΒΙΒΛΙΟΥ

Η Χρήση των Εκρηκτικών στα Τεχνικά Έργα

Όπως προκύπτει κι από τον τίτλο του, το θέμα του βιβλίου είναι η ελεγχόμενη χρήση των εκρηκτικών στα τεχνικά έργα.

Σκοπός του είναι να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για τους τεχνικούς κάθε ειδικότητας (κυρίως τους διπλωματούχους μηχανικούς) που θα κληθούν να διαχειριστούν εκρηκτικά κατά την εκτέλεση κάποιου έργου.

Αφορμή για τη συγγραφή του, αποτέλεσε το γεγονός της διαχείρισης των εκρηκτικών από τους εμπειροτέχνες «Γομωτές-Πυροδότες» ή/και τους εργοδηγούς, λόγω:

- της «ιδιαιτερότητας» των υλικών και το ιδίω-τυπο καθεστώσ που διέπει την αγορά-μεταφορά και χρήση τους
- της ελλιπούς εκπαίδευσης στο συγκεκριμένο αντικείμενο.

Η παρουσίαση των θεματικών ενότητων του βιβλίου γίνεται με τρόπο απλό και κατανοητό και δεν αφορά μόνο την αμιγώς τεχνική πτυχή. Παρουσιάζονται εκτενώς και ζητήματα που αφορούν στην πρακτική πλευρά του θέματος, όπως:

- τρόπος προμήθειας
- νομικές υποχρεώσεις
- αντιμετώπιση προβλημάτων

Το βιβλίο απαρτίζεται από δύο μεγάλες θεματικές ενότητες.

Στην πρώτη, γίνεται παράθεση υλικού από την υπάρχουσα βιβλιογραφία με προσθήκη πρακτικών συμβουλών, για διάφορα ζητήματα.

Στη δεύτερη ενότητα δίνονται συνοπτικά, τεχνικές οδηγίες ορθής χρήσης των διαφόρων υλι-

κών μέσα από παρουσίαση ισάριθμων περιπτώσεων, όπως εξόρυξη σε ορθές βαθμίδες, σε σήραγγες κ.λπ.

Συγγραφέας του βιβλίου είναι ο Διπλωματούχος Μηχανικός των Μεταλλείων Κος Λεωνίδας Καζάκος που κατέχει επίσης Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης στη Διαχείριση των τεχνικών έργων (Project management) αλλά και δεκαετή εμπειρία στη διαχείριση εκρηκτικών εμπορικής χρήσης, ως τεχνικός σύμβουλος και μελετητής.

Οι ενδιαφερόμενοι για το βιβλίο μπορούν να απευθύνονται στον συγγραφέα και εκδότη του (email: lmrkazakos@gmail.com/ ή lkazakos@teemail.gr).



ΣΗΜΕΡΑ ΟΥΔΕΙΣ ΘΑ ΜΠΟΡΟΥΣΕ ΝΑ ΧΤΙΣΕΙ ΤΟΝ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑ

Μπορεί ο Παρθενώνας, να αποτελεί ένα ανυπέρβλητο ιδεολογικό, ιστορικό και καλλιτεχνικό δημιούργημα, όμως ως αρχιτεκτονικό και τεχνολογικό πρότυπο, είναι σχετικά πρόσφατη ανακάλυψη.

Πράγματι, ελάχιστοι γνωρίζουν πχ. τον τρόπο ανύψωσης των μαρμάρων στον ιερό βράχο και ακόμη λιγότεροι πως γινόταν η μεταφορά τους από το Πεντελικό όρος.

Οι περισσότεροι αγνοούμε ότι άλλα στάδια της όλης διαδικασίας, όπως η εξόρυξη από το λατομείο της Πεντέλης και η μεταφορά, ήταν δυσκολότερα από εκείνο της ανύψωσης και ότι το δυσκολότερο επίτευγμα ήταν η τέλεια επιπέδωση και συναρμογή των σπονδύλων, των κιονόκρανων αλλά και του καθενός λίθου ξεχωριστά που χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή του ναού.

Προ ημερών απολαύσαμε μια ακόμη ομιλία του καθηγητή Μανόλη Κορρέ, στο ανανεωμένο (μετά την φωτιά) θέατρο της Ρεματιάς.

Ο αρχιτέκτονας Μανόλης Κορρές, με απλό πλην όμως μεστό και τεκμηριωμένο λόγο, επανέλαβε τεχνικά στοιχεία για την ανέγερση της Ακρόπολης, πολλά από τα οποία άλλωστε έχουν περιληφθεί στο βιβλίο του «Από την Πεντέλη στον Παρθενώνα» (εκδόσεις Μέλισσα, 1993).

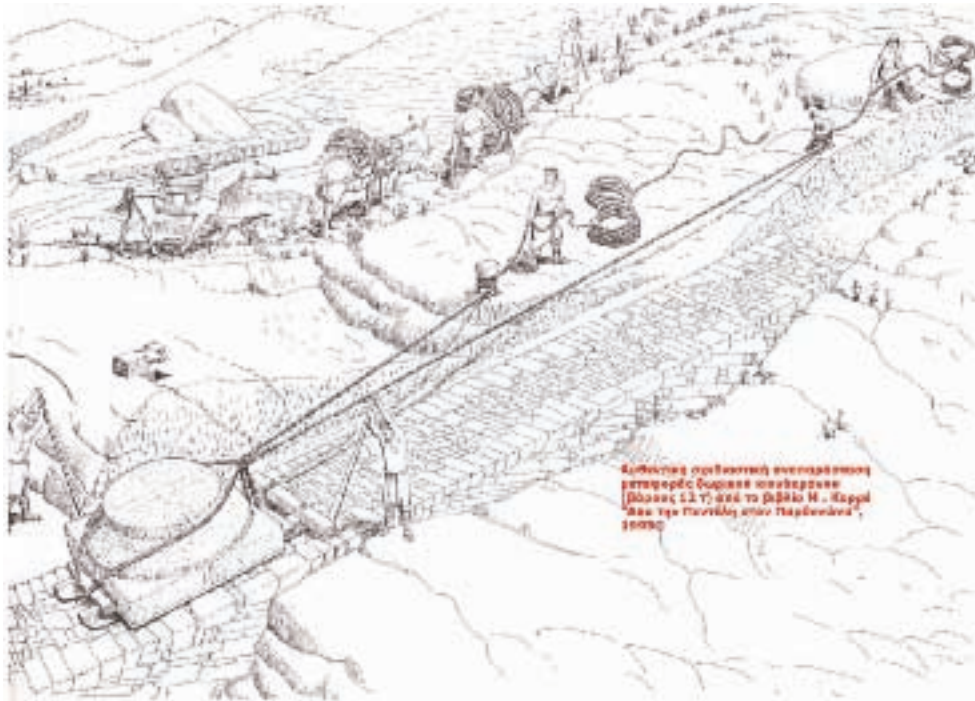
Η πιο εντυπωσιακή άποψη είναι ότι σήμερα, με την υπάρχουσα τε-

χνολογία αλλά και τη δυνατότητα ισάριθμων ή και περισσότερων εργατοτεχνιτών, δεν θα ήταν δυνατόν να χτιστεί ο Παρθενώνας στα οχτώ μόνο χρόνια που τον έχτισαν οι αρχαίοι. Μπορεί η σκέψη αυτή να μοιάζει παράδοξη, όμως είναι καλά τεκμηριωμένη και μπορεί κανείς να δει όλη την τεκμηρίωση στο βιβλίο του Μ. Κορρέ.

Ένα από τα μυστικά της κατασκευής ήταν η μεταλλουργία των λιθοξοϊκών εργαλείων και η απίστευτη επιδεξιότητα των αρχαίων λιθοξόων. Από την ποιότητα των ιχνών που άφησαν στα μάρμαρα, φαίνεται ότι τα εργαλεία τους ήταν πολύ ανώτερα από τα σημερινά. Είναι προφανές ότι εκείνη την εποχή είχαν καταλήξει σε κάποιες αξεπέραστες μεταλλουργικές συνταγές, μετά από πο-



Απόσπασμα από το βιβλίο του Μανόλη Κορρέ για την ανέγερση του Παρθενώνα, από το βιβλίο Η. Κορρέ "Από την Πεντέλη στον Παρθενώνα", 1993



λύ αυστηρή πειραματική έρευνα. Οι συνταγές αυτές χάθηκαν, όπως πολλές άλλες ειδικές γνώσεις, όταν άρχισε η παρακμή του αρχαίου κόσμου.

Ένας αρχαίος αρχιτέκτονας ήταν πολύ συχνά υπεύθυνος για τη σχεδίαση των μηχανικών μέσων και τη χειρωνακτική εκτέλεση υποδειγμάτων για τους τεχνίτες του.

Ένας καλός λατόμος είχε πολύ συχνά στη σκέψη του πολλά από τα προβλήματα του γλύπτη ή του αρχιτέκτονα κι έκανε υπολογισμούς που απαιτούσαν συνολική πνευματική καλλιέργεια.

Έπρεπε να παρατηρεί, να αξιολογεί και να διαχειρίζεται ένα πολύ δύσκολο υλικό, όπως είναι το μάρμαρο.



Έπρεπε να συλλαμβάνει πολύπλοκους συνδυασμούς γεωλογικών, γεωμετρικών, καλλιτεχνικών και μηχανικών παραγόντων.

Ένας άξιος τεχνίτης ήταν φυσικό να έχει θεωρητικά ενδιαφέροντα. Αν τα συνδύαζε και με ένα ξεχωριστό ταλέντο, τότε ήταν δυνατό να εξελιχτεί σε αρχιτέκτονα.

Μια άλλη εξίσου απαραίτητα προϋπόθεση ήταν η αποτελεσματική οργάνωση.

Οι λαμπροί συντελεστές εκείνων των έργων έπρεπε όλοι να υπόκεινται σε ένα τέλειο σύστημα οργάνωσης της προσπάθειας και της παραγωγής, το οποίο καθεαυτό ήταν έξοχο επίτευγμα πολυσύνθετης πνευματικής εργασίας.

Όπως λοιπόν γράφει ο Μ.Κορρές «Προς τι λοιπόν οι απλουστευτικοί διαχωρισμοί των συστατικών των μεγάλων έργων σε ανώτερα πνευματικά και κατώτερα «χειρωνακτικά» και «διαχειριστικά»;

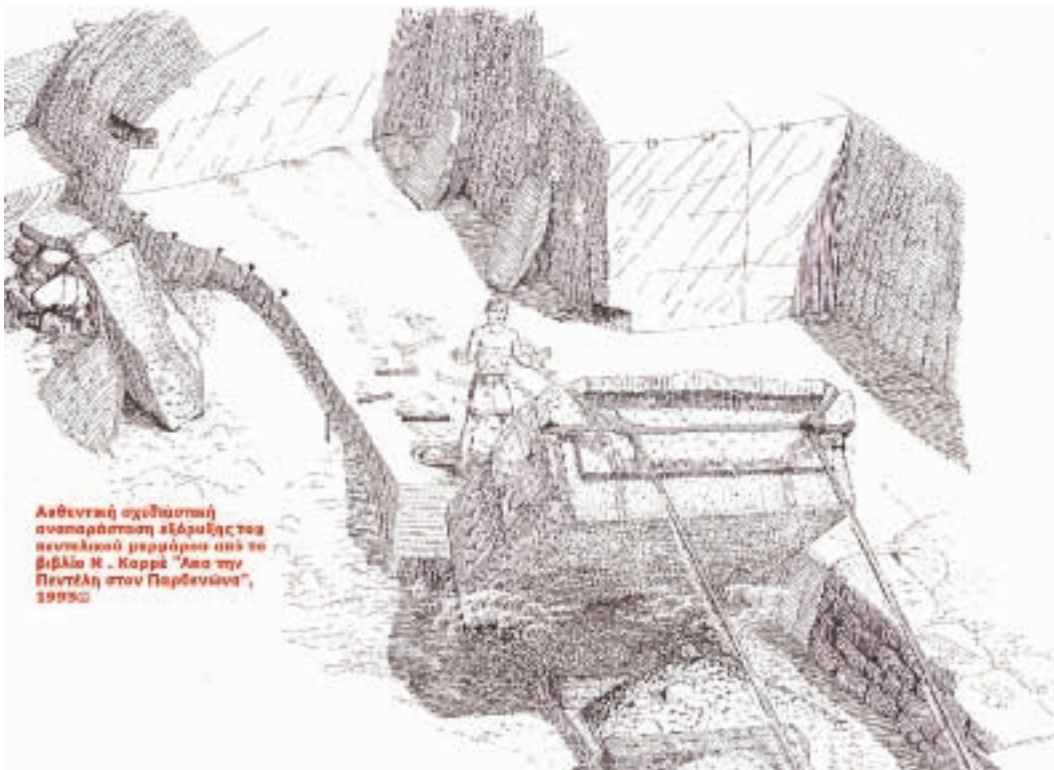
Γιατί να θεωρούνται απλά εκτελεστικά όργανα

να ακόμη κι εκείνοι που στο δικό τους μέρος χαρακτηρίζονται από όλα εκείνα που συνιστούν την προσωπικότητα ενός, έστω και μικρού, δημιουργού;»

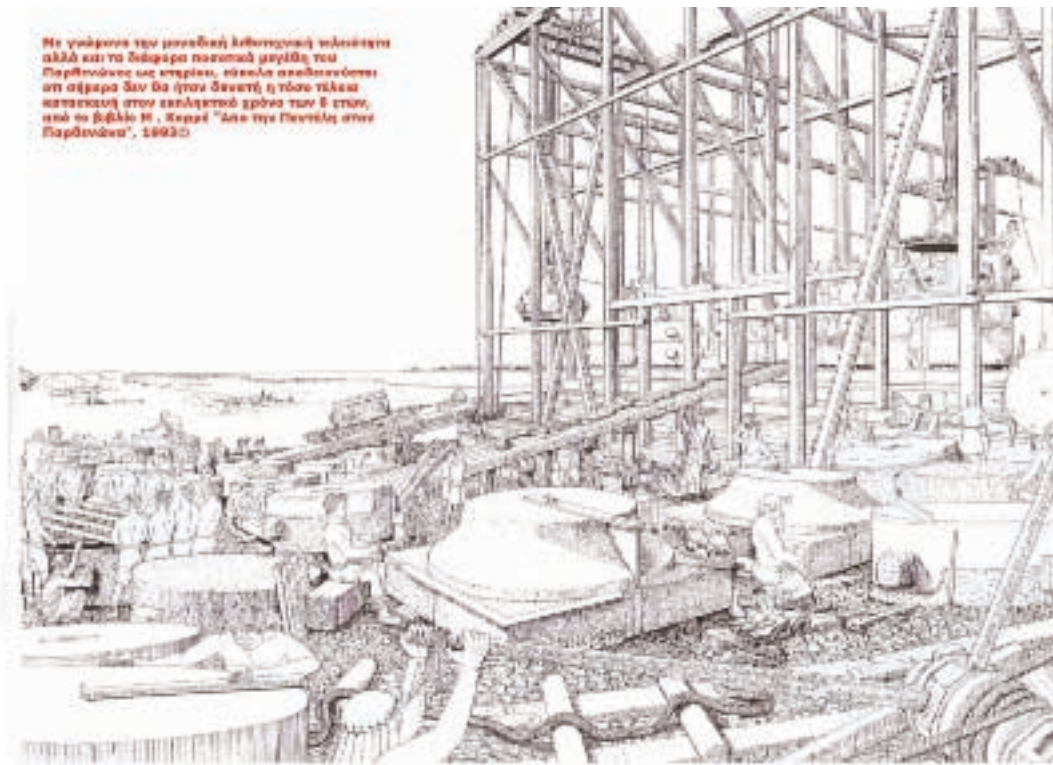
Κοντολογίς, η ακρόπολη του Περικλή, του Ικτίνου, του Καλλικράτη και του Φειδία, δεν θα ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθεί χωρίς τον απλό τεχνίτη, τον λατόμο, τον λιθοξόο, τον μαρμαροτεχνίτη.

Το σπουδαιότερο μνημείο του δυτικού πολιτισμού, δεν θα είχε συντελεστεί, όχι μόνο αν δεν υπήρχαν τα χρήματα από τα μεταλλεία του Λαυρίου, αλλά κι αν οι μέθοδοι εξόρυξης και επεξεργασίας, του πεντελικού μαρμάρου δεν είχαν φτάσει σε θαυμαστά για την εποχή επίπεδα.

Και κάτι ακόμη. Και τότε, όπως και σήμερα, μπροστά στα εντυπωσιακά αρχαία επιτεύγματα, το γνωστό τυπικό ελληνικό χαρακτηριστικό έκανε και πάλι την εμφάνιση του: ο φθόνος που προκλήθηκε από την πολυπραγμοσύνη του Περικλή,



Αθηνναία σχεδιάσμα
αναπαράσταση ελέγχου της
πεντελικού μαρμάρου από το
βιβλίο Ν. Κορρί "Από την
Πεντέλη στον Παρθενώνα",
1999



ο οποίος κατηγορήθηκε ότι ξοδεύει «τα κοινά των Ελλήνων χρήματα» σε έργα βιτρίνας που εξευτελίζουν όλη την Ελλάδα, αφού δίνονται χρήματα για να χρυσοστολίζουν την Αθήνα «ως αλαζόνα γυναίκα, με λίθους πολυτελείς και ναούς χλιοτάλαντους».

Θύμα της κατακραυγής και των λαϊκών δικαστηρίων υπήρξε και ο Φειδίας, ο οποίος φυλακίστηκε ή, σύμφωνα με άλλες μαρτυρίες, αναγκάστηκε να εγκαταλείψει την πόλη πριν προλάβει να ολοκληρώσει τη διακόσμηση του ναού.

Ας προβληματιστούν λοιπόν, όσοι σήμερα κατηγορούν «από πριν» την εξόρυξη των ορυκτών πρώτων υλών, ως μη βιώσιμη, ιδιαίτερα στον τόπο μας παρότι είναι προικισμένος σε αυτές, θεωρώντας ότι το μόνο που μπορούν να προσφέρουν είναι η ..υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Η βιώσιμη ανάπτυξη, η ανάπτυξη γενικότερα, θέλει «κότσια» και δεν είναι ένα μονομερές αποτέλεσμα ενός ανθρώπου, ενός τομέα, μιας μόνης

πολιτικής βούλησης, ενός σύγχρονου αναπτυξιακού νόμου.

Πρέπει να γίνουν πολλά πράγματα μαζί.

Έχει να κάνει με την αξιοποίηση πλουτοπαραγωγικών πηγών, με την ύπαρξη κατάλληλου ανθρώπινου δυναμικού, τη λειτουργία υποδομών, τη δημιουργία σύγχρονου θεσμικού πλαισίου, την κουλτούρα μιας κοινωνίας.

Σε αυτήν την προσπάθεια δεν πρέπει να λείψει κανείς, ούτε ο απλός λιθοξόος, ούτε ο λατόμος, ούτε ο μαρμαροτεχνίτης, ούτε φυσικά ο αρχιτέκτονας. Κι ακόμη, οι αναπτυξιακές πρωτοβουλίες δεν είναι πάντα άμεσης απόδοσης.

Μια επένδυση που ξεκινάει σήμερα μπορεί να έχει απόδοση σε κάποιους μήνες ή σε μερικά χρόνια.

Κάποτε όμως πρέπει να ξεκινήσουν

[του Πέτρου Τζεφέρη] [by Tzeferis Peter]
[αρχικό άρθρο Ιούνιος 2015]

«ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ»

1. Η μέθοδος της σεισμικής ανάκλασης

Λόγω της αυξημένης ζήτησης υδρογονανθράκων, τα τελευταία χρόνια αξιοποιούνται όλο και βαθύτερα κοιτάσματα. Δεδομένου όμως του μεγάλου βάθους των ταμιευτήρων υδρογονανθράκων, το οποίο σε ορισμένες περιπτώσεις φτάνει τα χιλιάδες μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης, η *γεωφυσική έρευνα* συνιστά απαραίτητο εργαλείο για τον εντοπισμό τους. Συγκεκριμένα, η γεωφυσική έρευνα χρησιμοποιείται ευρέως, προκειμένου να ληφθεί μία λεπτομερής εικόνα του υπεδάφους και των αποθεμάτων των υδρογονανθράκων, με το ελάχιστο δυνατό κόστος και περιβαλλοντική βλάβη.

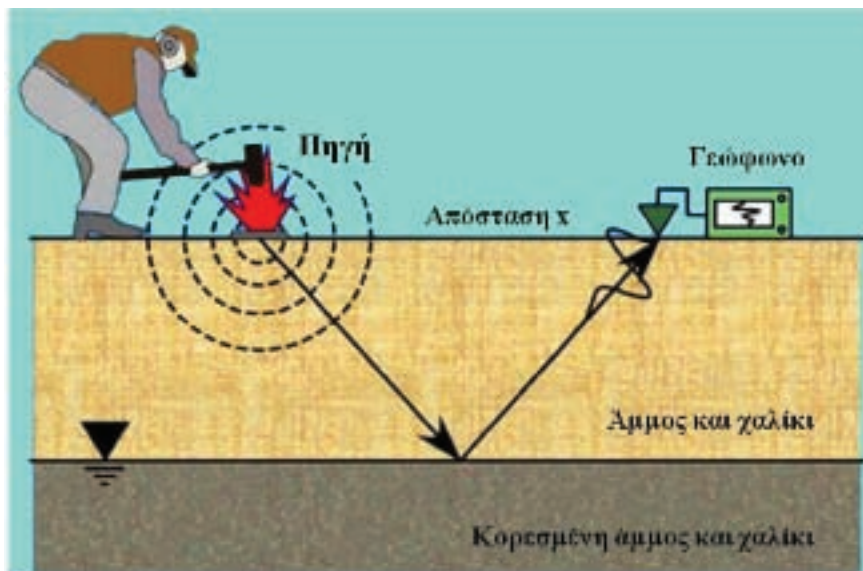
Σήμερα, το 95% της δαπάνης για τις γεωφυσικές διασκοπήσεις διατίθεται για τη μέθοδο της *σεισμικής ανάκλασης*, η οποία εστιάζει στον εντοπισμό γεωλογικού μοντέλου που να δικαιολογεί την ύπαρξη ταμιευτήρα υδρογονανθράκων. Οι *σεισμικές έρευνες* αποτελούν την πλέον δια-

δεδομένη μέθοδο εντοπισμού καθότι παρέχουν μία απλή, οικονομική και φιλική για το περιβάλλον προσέγγιση. Ειδικότερα, παρέχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιηθούν λεπτομερείς απεικονίσεις των διαφόρων τύπων πετρωμάτων και της κατανομής τους στο χώρο, οι οποίες χρησιμοποιούνται εν συνεχεία από ερευνητές για το καθορισμό της ακριβούς τοποθεσίας και μεγέθους πιθανών ταμιευτήρων. Βέβαια, πέρα από την αναζήτηση υδρογονανθράκων, η σεισμική μέθοδος χρησιμοποιείται και σε μεταγενέστερο στάδιο σε συνδυασμό με ενδογεωτρητικές μετρήσεις (VSP και διαγραφίες).

Κατά την σεισμική μέθοδο είναι απαραίτητη η ύπαρξη:

- Μίας ή περισσότερων ενεργειακών πηγών
- Ικανοποιητικού αριθμού δεκτών
- Ψηφιακού καταγραφέα

Πιο αναλυτικά, χρησιμοποιώντας τη Πηγέπομπό (βλ. Σχήμα 1), η οποία προκαλεί τεχνητή



Σχήμα 1: Απλουστευμένη απεικόνιση λήψης σεισμικής καταγραφής (ιδία επεξεργασία)

σεισμική δόνηση, παράγονται σεισμικά κύματα, τα οποία αναχωρούν προς διάφορες διευθύνσεις. Εν συνεχεία, αυτά τα κύματα προσκρούουν στις διαχωριστικές επιφάνειες γεωλογικών δομών ή σε γεωλογικούς σχηματισμούς όπου η ταχύτητα μεταβάλλεται με το βάθος και ανακλώνται, με αποτέλεσμα την αλλαγή της πορείας της σεισμικής ακτίνας. Εν συνεχεία, τα κύματα συλλέγονται από δέκτες (γεώφωνα ή υδρόφωνα) εγκατεστημένους κατά μήκος μίας προκαθορισμένης διαδρομής και καταγράφονται ψηφιακά οι χρόνοι άφιξής τους.

Συσχετίζοντας το χρόνο άφιξης των κυμάτων με την απόσταση που διανύθηκε, με τη χρήση ορισμένων θεωρητικών σχέσεων, υπολογίζεται η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων στο κάθε στρώμα, ενώ ακόμη μπορεί να προσδιοριστεί και ο αριθμός των στρωμάτων, η διάταξή τους και το βάθος τους.

2. Αρχή της μεθόδου

Η σεισμική ακτίνα αποτελείται από τα διαμήκη (P) και τα εγκάρσια (S) κύματα. Τα διαμήκη ή

κύματα πίεσης μεταδίδονται τόσο σε στερεά όσο και σε υγρά μέσα, ενώ τα εγκάρσια ή διατμητικά μεταδίδονται μόνο διαμέσου στερεών σωμάτων (βλ. Σχήμα 2). Κατά τη σεισμική διασκόπηση μελετώνται κατά κύριο λόγο τα διαμήκη κύματα.

Η ταχύτητα επηρεάζεται από δύο ιδιότητες: την ελαστικότητα και την αδράνεια (μάζας) (βλ. εξ. 1 & εξ. 2)

$$V_p = \sqrt{\frac{M}{\rho}} \quad \text{εξ. 1}$$

Όπου,

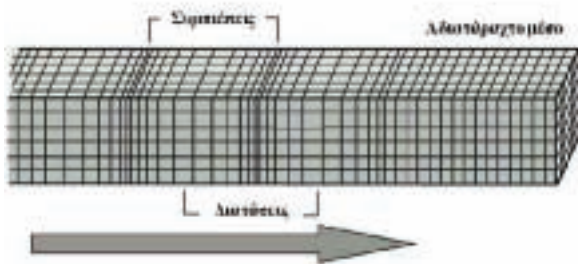
M, το μονοαξονικό μέτρο ελαστικότητας και ρ, η πυκνότητα

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad \text{εξ. 2}$$

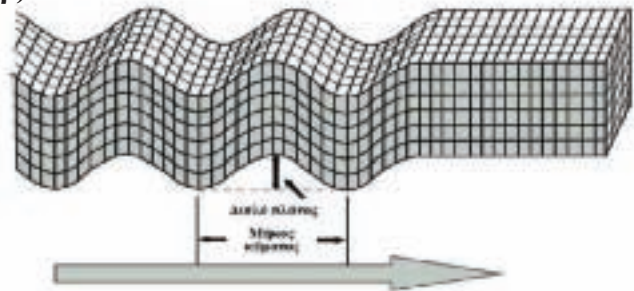
Όπου,

G, το ελαστικό μέτρο διάτμησης

(α)



(β)



Σχήμα 2: Απεικόνιση (α) διαμήκων, P και (β) εγκάρσιων, S κυμάτων (ίδια επεξεργασία)

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3(β) η ακτίνα, η οποία προσπίπτει σε μία διαχωριστική επιφάνεια ανακλάται και επιστρέφει στην επιφάνεια, ενώ ένα μικρό μέρος της διαθλάται. Η ενέργεια ενός κύματος ανακλάται ή διαθλάται σύμφωνα με το νόμο του Snell (βλ. Σχήμα 3):

$$\frac{\sin(i)}{V_1} = \text{εξ. 3}$$

Όπου

i , η γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας

r , η γωνία διάθλασης της ακτίνας

V_1 και V_2 , οι ταχύτητες των στρωμάτων

*Οι δείκτες 1 και 2 εκφράζουν τον αριθμό του στρώματος από το οποίο προέρχονται οι εκάστοτε ιδιότητες.

Διαδοχικές διεπιφάνειες και μη-γραμμικοί ανακλαστές έχουν ως αποτέλεσμα περίπλοκα σει-

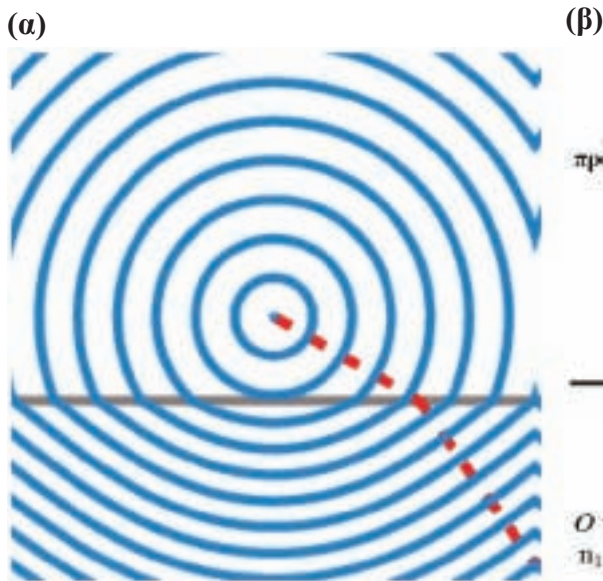
μογράμματα. Σημαντική ιδιότητα των πετρωμάτων αποτελεί η ακουστική εμπέδηση (Acoustic impedance):

$$AI = V * \rho \quad \text{εξ. 4}$$

Η ποσότητα της ενέργειας η οποία ανακλάται και μεταδίδεται περιγράφεται από τον συντελεστή ανάκλασης, R , και τον συντελεστή μετάδοσης, T . Ουσιαστικά, ο R εκφράζει τη ποσότητα της ενέργειας που ανακλάται.

$$R = \frac{AI_2 - AI_1}{AI_2 + AI_1} = \frac{V_2 \rho_2 - V_1 \rho_1}{V_2 \rho_2 + V_1 \rho_1} \quad \text{εξ. 5}$$

$$T = \frac{2AI_1}{AI_2 + AI_1} = \frac{2V_1 \rho_1}{V_2 \rho_2 + V_1 \rho_1} = 1 - R \quad \text{εξ. 6}$$



Σχήμα 3: (α) Η μετάδοση των σεισμικών κυμάτων σε μέσα διαφορετικών ταχυτήτων και (β) σχηματική απεικόνιση του νόμου του Snell με τη πρόσπτωση μίας ακτίνας στην διεπιφάνεια δύο στρωμάτων (ιδία επεξεργασία)

3. Τα είδη των σεισμικών διασκοπήσεων

Η σεισμική έρευνα μπορεί να είναι είτε **θαλάσσια** (offshore-maritime), είτε **χερσαία** (Onshore-land). Στην περίπτωση που εκτελούνται θαλάσσιες διασκοπήσεις ο δέκτης ονομάζεται *υδρόφωνο* και η Πηγή-πομπός συνηθίζεται να είναι ένα ή περισσότερα αεροβόλα (συστοιχίες αεροβόλων) (airguns). Αντίθετα, στη περίπτωση των χερσαίων διασκοπήσεων αναφερόμαστε σε *γεώφωνα* και η Πηγή-πομπός μπορεί να είναι κατάλληλος μηχανικός εξοπλισμός πρόκλησης σεισμικών δονήσεων (υδραυλικός ταλαντωτής - Vibroseis), ή εκρηκτικές ύλες.

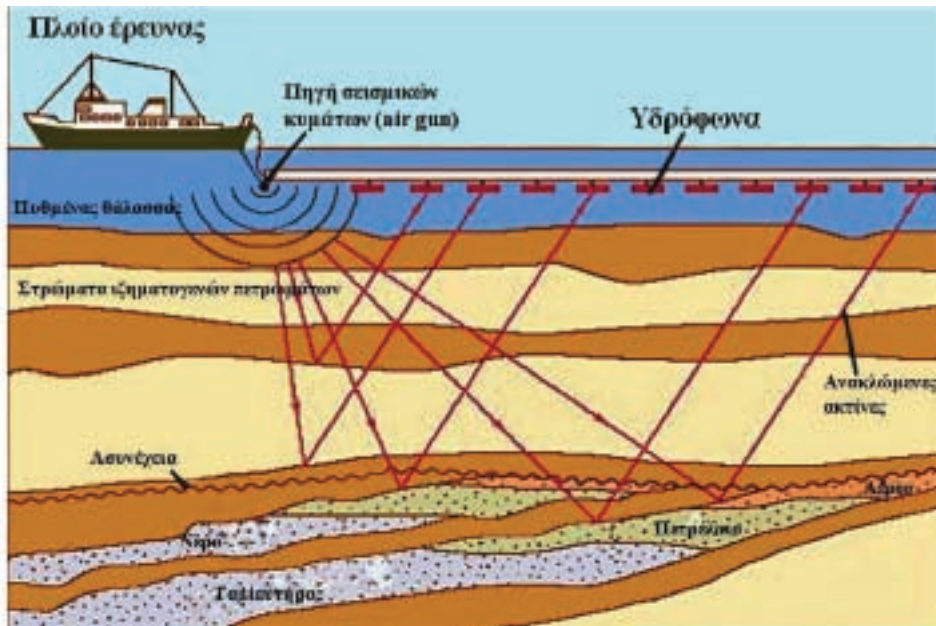
Οι θαλάσσιες και οι χερσαίες σεισμικές έρευνες βασίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας, αλλά διαφέρουν ως προς τη λειτουργία τους. Ενδεικτικά, στην ξηρά το κόστος συλλογής δεδομένων ενδέχεται να είναι έως 10 φορές μεγαλύτερο από ό,τι στη θάλασσα, ενώ γενικότερα η συλλογή δεδομένων αποτελεί το πιο δαπανηρό μέρος των

διασκοπήσεων. Συνήθως, τα δεδομένα των θαλάσσιων διασκοπήσεων είναι καλύτερης ποιότητας από τα χερσαία δεδομένα.

3.1 Θαλάσσια σεισμική έρευνα

Κατά τη θαλάσσια σεισμική έρευνα τη θέση της Πηγής παίρνουν ένα ή περισσότερα αεροβόλα (έως 30), τα οποία παρέχονται σε ποικίλα μεγέθη και ουσιαστικά αποτελούν θαλάμους πεπιεσμένου αέρα. Τα αεροβόλα ενεργοποιούνται και απελευθερώνουν απότομα πίεση υψηλής ενέργειας (παλμούς αέρα) στο νερό. Τα ηχητικά κύματα που επιστρέφουν εντοπίζονται και ηχογραφούνται από τα υδρόφωνα, τα οποία είναι διατεταγμένα κατά μήκος σειρών καλωδίων.

Τα υδρόφωνα περιέχονται σε ένα σεισμικό καλώδιο (streamer) και σύρονται πίσω από το σκάφος, ώστε να λαμβάνουν τα ανακλώμενα κύματα (βλ. Σχήμα 4).



Σχήμα 4: Σχηματική απεικόνιση θαλάσσιας σεισμικής έρευνας (ιδία επεξεργασία) στην διεπιφάνεια δύο στρωμάτων (ιδία επεξεργασία)

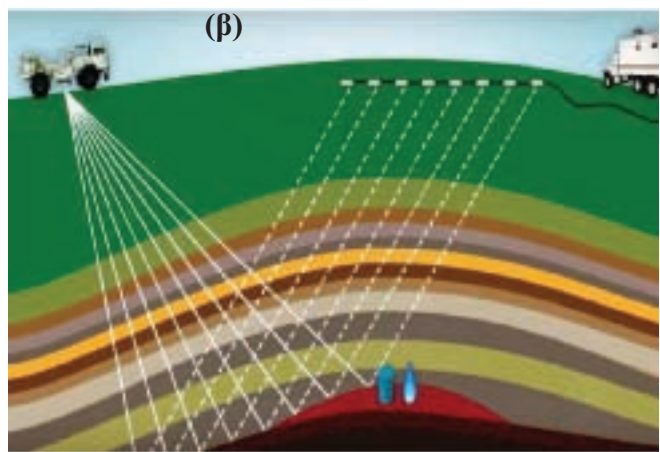
3.2 Χερσαία σεισμική έρευνα

Όπως προαναφέρθηκε, η πηγή ενέργειας στις χερσαίες διασκοπήσεις είναι είτε υδραυλικό ταλαντωτές, είτε εκρηκτικά μικρής ποσότητας, τα οποία τοποθετούνται σε ρηχές τρύπες (“shot holes”), τις οποίες διατρύουν εγκατεστημένα φορητά είτε φορητά-τρυπάνια. Ο υδραυλικός ταλαντωτής παράγει περιοδικά χτυπήματα μικρού πλάτους και συνεχώς αυξανόμενης συχνότητας (12-96Hz), τα οποία στέλνει στο έδαφος. Συνήθως, οι δέκτες είναι γεώφωνα, τα οποία μοιάζουν με μικρόφωνα τοποθετημένα στο έδαφος σε συστοιχίες με σκοπό να μετρήσουν την ταλάντωση του εδάφους. Οι χερσαίες διασκοπήσεις έχουν δυνατότητα εφαρμογής σε ευαίσθητες τοποθεσίες, χωρίς να προκαλούν επιπτώσεις στα περιβάλλοντα κτίρια ή στο περιβάλλον. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελούν διασκοπήσεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο κέντρο του Παρισιού. Παράλληλα, παρόλο που η συχνότητα που παράγεται εισχωρεί με ευκολία στον φλοιό της γης, ίσα που γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο αυτί.

Στην περίπτωση των ταλαντωτών, μία συ-

στοιχία φορητών σταματάει ανά τακτά διαστήματα και στέλνει ηχητικά κύματα στο έδαφος, δονώντας μεταλλικές πλάκες που εφάπτονται στην επιφάνεια της γης. Δεδομένου ότι οι ταλαντωτές μπορεί να χρησιμοποιηθούν και σε αστικές περιοχές είναι εξοπλισμένοι με ειδικά λάστιχα για να είναι δυνατή η εφαρμογή τους σε περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές. Οι υδραυλικό ταλαντωτές αποτελούν την πιο συχνά εφαρμοζόμενη Πηγή για τις χερσαίες διασκοπήσεις.

Οι εκρηκτικές ύλες χρησιμοποιούνται ως ενεργειακή πηγή στις περιοχές, όπου δεν γίνεται να χρησιμοποιηθούν τα οχήματα-ταλαντωτές. Σε αυτές τις περιπτώσεις, διανοίγεται μία μόνο οπή και γομώνεται με εκρηκτικά μικρής ποσότητας (small explosive charge), τα οποία έχουν σχεδιαστεί ειδικά για τον σκοπό των σεισμικών ερευνών. Οι διαδικασίες που ακολουθούνται είναι αυστηρές και συμμορφώνονται με τους τοπικούς και τους ισχύοντες κανονισμούς που πραγματεύονται την ασφαλή χρήση της εκρηκτικής ύλης. Η έναυση της γόμωσης και η παραγωγή του σεισμικού ακουστικού κύματος πραγματοποιείται από μία ράδιο-ελεγχόμενη



Σχήμα 5: (α) Υδραυλικός ταλαντωτής και (β) σχηματική απεικόνιση χερσαίας σεισμικής έρευνας [2]

μονάδα, η οποία βρίσκεται στο πλησιέστερο φορητό καταγραφή.

Οι διαστάσεις ενός τυπικού διατρήματος σεισμικής έρευνας είναι 3,05 ως ~61m βάθος και 63,5 ως 101,6mm διάμετρος. Οι εναύσεις περιορίζονται εντός της οπής, αναγκάζοντας έτσι την ενέργεια να μεταδοθεί σε βάθος στα διάφορα γεωλογικά στρώματα, με αποτέλεσμα ο μόνος ήχος που ακούγεται πάνω από το έδαφος να είναι μόνο ένας αμβλύς υπόκωφος ήχος (dull thud).

Για αυτή τη διαδικασία συνεργάζεται μία ομάδα διάτρησης, μηχανοκίνητα οχήματα, μία ομάδα έναυσης, a shot hole plugging crew, και προσωπικό καθαρισμού. Σε μη προσβάσιμες περιοχές, η ομάδα διάτρησης κινεί το φορητό διατρητικό σύστημα από σημείο σε σημείο με τη συμβολή ελικοπτέρου. Η γόμωση των διατρημάτων πραγματοποιείται σε συμμόρφωση με τους κρατικούς και ομοσπονδιακούς κανονισμούς.

Οι σεισμικές διασκοπήσεις χωρίζονται σε ποικίλες κατηγορίες, κάθε μία από τις οποίες επιδρά διαφορετικά στο περιβάλλον:

- ✓ Έρευνα αναζήτησης (Prospecting survey). Αυτή η έρευνα καλύπτει τεράστιες εκτάσεις και σκοπός της είναι να χαρτογραφήσει τη γενικότερη γεωλογία μιας περιοχής και να εντοπίσει περιοχές άξιες για περαιτέρω διερεύνηση. Σε αυτό το στάδιο ο κάνναβος των αεροβόλων είναι τεράστιος και μεγάλης έντασης.
- ✓ Μόλις βρεθεί μία υποσχόμενη γεωλογική δομή πραγματοποιείται μία διδιάστατη έρευνα. Σε αυτό το στάδιο οι αποστάσεις των γραμμών του καννάβου είναι πιο κοντινές.

- ✓ Εάν εντοπιστεί ένας πιθανός ταμιευτήρας πετρελαίου τότε πραγματοποιείται μία τριδιάστατη σεισμική έρευνα, ώστε να συσταθεί ένας λεπτομερής τριδιάστατος χάρτης των γεωλογικών δομών. Σε αυτή τη περίπτωση οι αποστάσεις των γραμμών του καννάβου είναι πολύ κοντινές, απέχοντας μόνο μερικά εκατοντάδες μέτρα.

- ✓ Εάν αποφασιστεί γεώτρηση σε μία περιοχή έρευνας πραγματοποιείται σεισμική έρευνα, η οποία στοχεύει μόνο στα μερικά πρώτα εκατοντάδες μέτρα βάρους με σκοπό να εντοπιστούν και να αποφευχθούν αποθήκες αερίου, οι οποίες σε περίπτωση που διαρυχθούν από το γεωτρύπανο μπορεί να οδηγήσουν σε επικίνδυνες εκτινάξεις (blow ups). Δεδομένου του μικρού βάρους, χρησιμοποιείται μόνο ένα αεροβόλο και το μέγεθος του καννάβου είναι πολύ μικρό

- ✓ Ο τελευταίος τύπος σεισμικής έρευνας είναι οι ενδογεωτρητικές έρευνες, οι οποίες πραγματοποιούνται κατά τη γεωτρητική διαδικασία. Αυτές οι έρευνες χρησιμοποιούνται κατά τον εντοπισμό της ακριβούς θέσης των διαφορετικών γεωλογικών στρωμάτων.

Συγκεντρωτικά, οι σεισμικές έρευνες χωρίζονται σε ποικίλες υποκατηγορίες, με τις δύο κύριες να είναι οι δι-διάστατες και οι τρι-διάστατες έρευνες. Οι τρι-διάστατες έρευνες αποτελούν την πιο χρήσιμη και επικαιρωμένη μέθοδο, καθώς

παρέχουν συνεχή κάλυψη της περιοχής έρευνας (βλ. Σχήμα 6).

4. Επεξεργασία και ερμηνεία δεδομένων

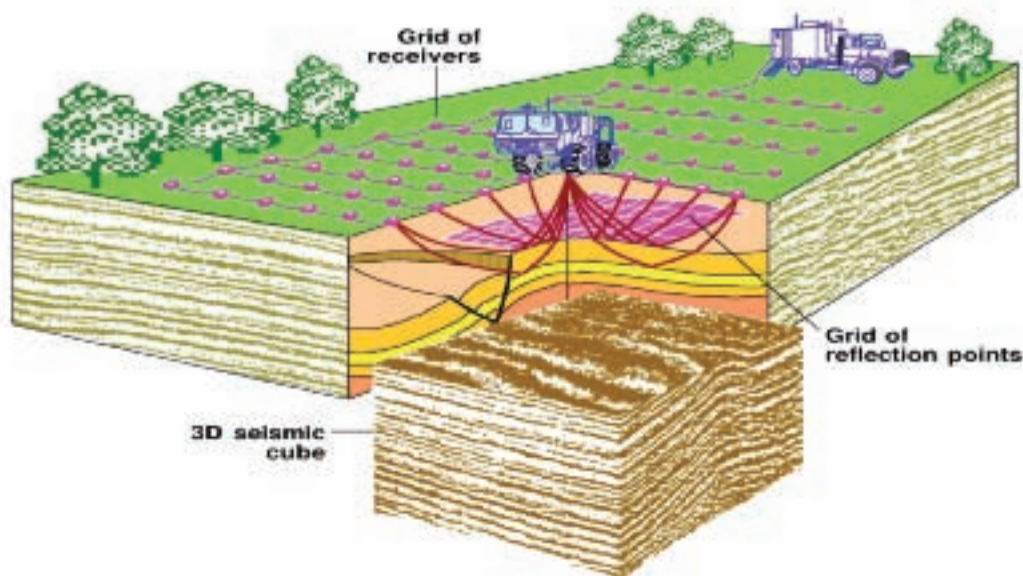
Για την επεξεργασία των μετρήσεων χρησιμοποιείται ειδικό λογισμικό επεξεργασίας σεισμικών δεδομένων ανάκλασης. Συνήθως, με το λογισμικό αυτό πραγματοποιείται η ανάγνωση και διαχείριση του μεγάλου όγκου των καταγραφών σεισμικής ανάκλασης, η επεξεργασία τους με στόχο τον προσδιορισμό των σεισμικών ταχυτήτων και της δομής του υπεδάφους, καθώς και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων στις 2 ή και 3 διαστάσεις.

Κατά τη σεισμική επεξεργασία, εφαρμόζονται διάφορες διαδικασίες στα δεδομένα προκειμένου να μειωθεί ο θόρυβος και να ενισχυθεί το σήμα (βλ. Σχήμα 7). Ειδικότερα, πραγματοποιείται αναδιάταξη των δεδομένων, στατική διόρθωση (υψομετρική διόρθωση, διόρθωση διάβρωσης), αναδιάταξη των δεδομένων σε καταγραφές κοι-

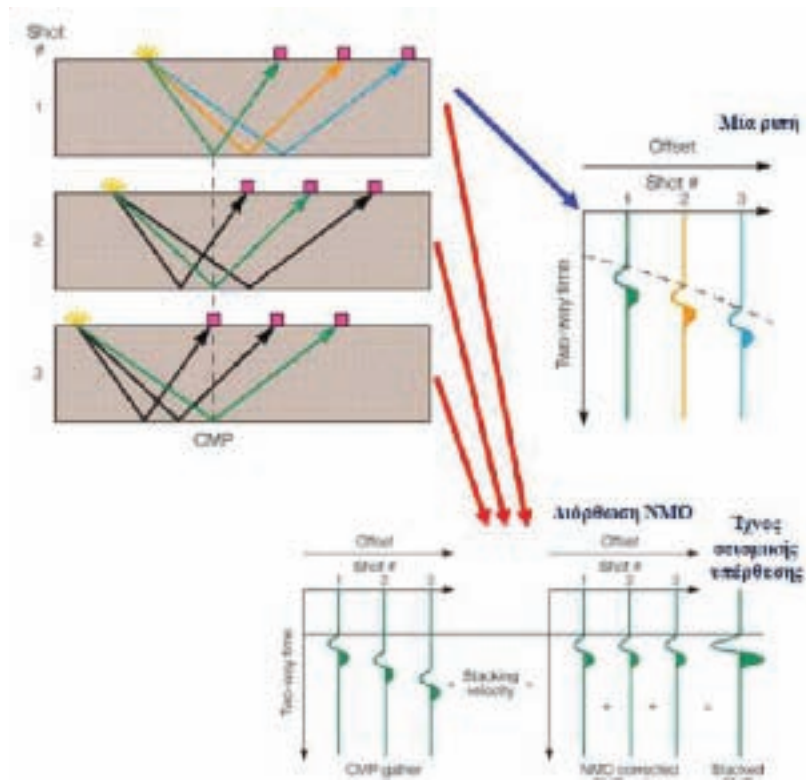
νού ενδιάμεσου σημείου (CMP), διόρθωση της κανονικής χρονικής απόκλισης (NMO), αποσυνέλιξη, σεισμική υπέρθεση (stacking), αποκοπή ανεπιθύμητων σεισμικών γεγονότων (mute), φίλτρα ενίσχυσης, ανάλυση ταχύτητας, σεισμική χωροθέτηση (migration), κλπ.

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, για τη γεωλογική ερμηνεία των σεισμικών δεδομένων είναι απαραίτητη η επεξεργασία τους με τη μέθοδο της σεισμικής χωροθέτησης (βλ. Σχήμα 8), η οποία αποτελεί ιδιαίτερα χρονοβόρα διαδικασία, αλλά όμως συντελεί στη βελτίωση της σεισμικής τομής περιοχών με ρήγματα. Για την αποτελεσματική εφαρμογή της σεισμικής χωροθέτησης απαιτείται η γνώση ενός πολύ καλού μοντέλου ταχυτήτων του υπεδάφους, το οποίο είναι δυνατό να προκύψει, κατά το στάδιο της επεξεργασίας, από την ανάλυση των ταχυτήτων.

Μετά την επεξεργασία των σεισμικών δεδομένων, ακολουθεί η ερμηνεία τους, η οποία πραγματοποιείται από έμπειρους επιστήμονες (γεωφυσικούς). Συνήθως, τα αποτελέσματα συγκρίνονται



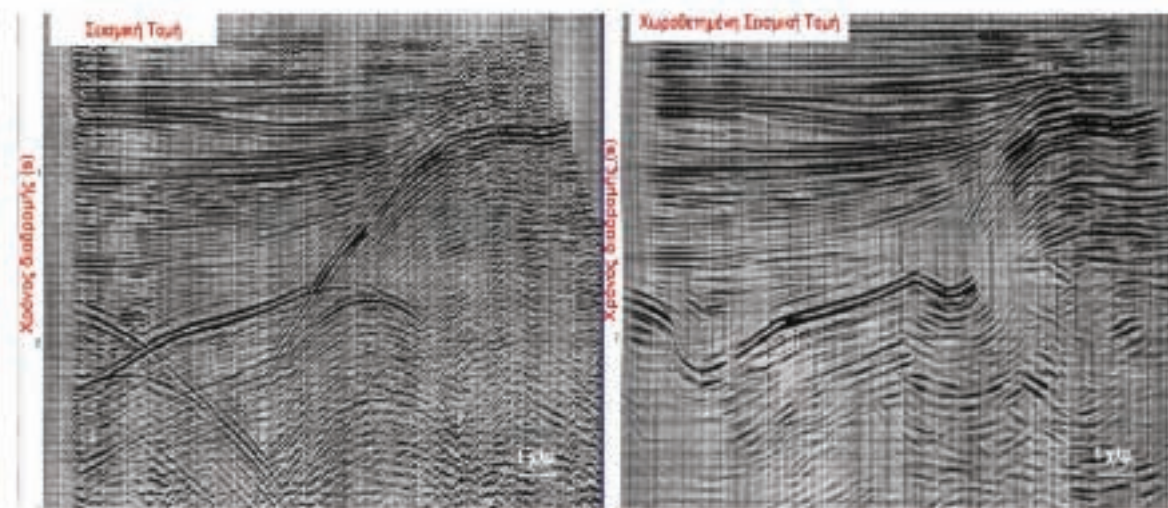
Σχήμα 6: Απεικόνιση τρι-διάστατης διασκόπησης [7]



Σχήμα 7: Διορθώσεις σεισμικών καταγραφών (Ιδία επεξεργασία)

με άλλα δεδομένα που λαμβάνονται από πυρήνες δειγμάτων πετρωμάτων και ενδογεωτρητικές διασκοπήσεις. Παράλληλα θα πρέπει να πραγματοποιείται σύγκριση αυτών και με την ισχύουσα γεωλογία της περιοχής, προκειμένου να αυξηθεί η

ακρίβεια των τελικών συμπερασμάτων. Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα της επεξεργασίας, μπορούν να προσδιοριστούν είτε τα σεισμικά δεδομένα και η δομή των γεωλογικών στρωμάτων (ορθή επίλυση) είτε να εκτιμηθεί η ταχύτητα και η πυ-



Σχήμα 8: Σεισμική τομή πριν και μετά τη χωροθέτηση [1]

κνότητα των στρωμάτων, όπως επίσης και το πορώδες τους (αντίστροφη επίλυση) (βλ. Σχήμα 9).

Τα ορθώς επεξεργασμένα σεισμικά δεδομένα, με την κατάλληλη ανάλυση μπορούν όχι μόνο να συνεισφέρουν στον εντοπισμό πιθανών πηγών υδρογονανθράκων, αλλά και να χρησιμοποιηθούν ως χρήσιμη πηγή δεδομένων για το σχεδιασμό εκμεταλλεύσεων περίπλοκων γεωλογικών δομών. Σε τέτοιες δομές δύνανται να περιέχονται μη συμβατικές πηγές πετρελαίου και φυσικού αερίου, όπως είναι οι σχιστολιθικές. Ο όρος «μη συμβατικός» αναφέρεται στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται και τους τύπους πετρώματος από το οποίο παράγονται οι υδρογονάνθρακες. Άσχετα όμως με την παραγωγική διαδικασία ή το από που προέρχονται συμβατικοί και μη συμβατικοί υδρογονάνθρακες επί της ουσίας δεν διαφέρουν.

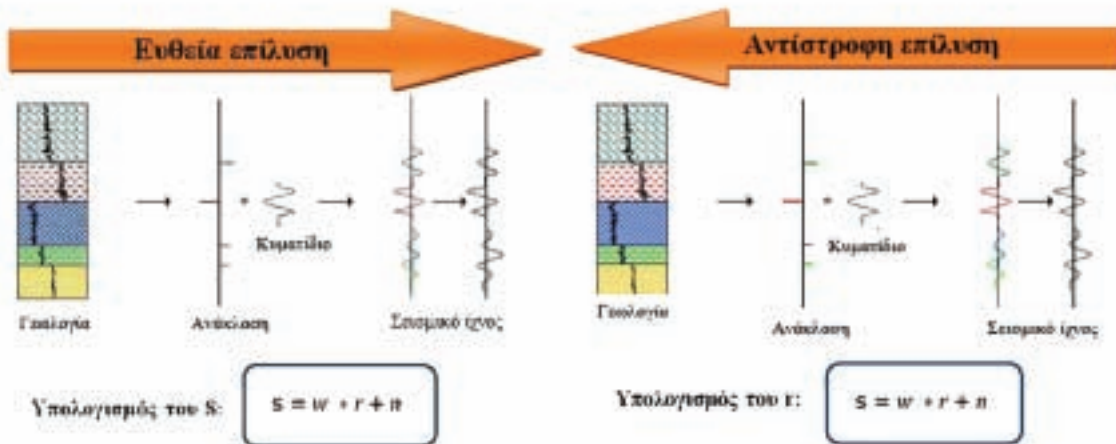
5. Περιορισμοί της μεθόδου σεισμικής διάθλασης και επίλογος

Σημαντικό στοιχείο που θα πρέπει να συναξιο-

λογείται κατά την εκπόνηση διασκοπήσεων είναι η περιβαλλοντική επίπτωση, ενώ θα πρέπει πάντα να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος και των ειδών υπό εξαφάνιση, ειδικά στην περίπτωση των θαλάσσιων διασκοπήσεων.

Παρότι θεωρητικά, με τη μέθοδο της σεισμικής διάθλασης είναι απλό να βρεθούν αφενός το πάχος των στρωμάτων και αφετέρου οι ταχύτητες, πρακτικά υφίστανται διάφορες πηγές σοβαρών λαθών κατά την εφαρμογή της μεθόδου. Ειδικότερα, η μέθοδος της σεισμικής ανάκλασης επιφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα, μόνο όταν η ταχύτητα κάθε στρώματος είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την ταχύτητα του ανώτερου στρώματος και όταν τα πάχη των στρωμάτων είναι αρκετά μεγάλα.

Τα κύρια σφάλματα κατά την εφαρμογή της μεθόδου της σεισμικής ανάκλασης εντοπίζονται κατά βάση σε φαινόμενα **τυφλής ζώνης**, όπου η μέθοδος αδυνατεί να εντοπίσει κάποιο ενδιάμεσο στρώμα. Αυτό οδηγεί συνήθως σε υπερεκτίμηση των παχών ορισμένων στρωμάτων, καθώς και σε



Σχήμα 9: (α) Ορθή ή ευθεία επίλυση όπου υπολογίζονται τα σεισμικά δεδομένα και (β) αντίστροφη επίλυση όπου υπολογίζεται η ανάκλαση (s : σεισμικά δεδομένα, w : κυματίδιο, r : ανάκλαση, n : θόρυβος) (ιδία επεξεργασία)

εσφαλμένο προσδιορισμό των ταχυτήτων των στρωμάτων.

Παρόλα αυτά, η γεωλογική έρευνα συνιστά μία από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους αύξησης των αποθεμάτων και των κοιτασμάτων υδρογονανθράκων και ως εκ τούτου γίνονται συνεχώς προσπάθειες για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητάς της, προκειμένου να επιτευχθεί σταθερή μέσο- και μακροπρόθεσμη αύξηση της παραγωγής.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Δρ. Κρητικάκη Γεώργιο για τις γνώσεις που απλόχερα προσέφερε πάνω στο αντικείμενο της σεισμικής ανάκλασης και για την συμβολή του κατά την εκπόνηση του παρόν έργου.

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

1. Βαφείδης, Α. (2012). *Η συμβολή της σεισμικής ανάκλασης στην αναζήτηση κοιτασμάτων υδρογονανθράκων*, Παρουσίαση TEE - Τμήμα Ανατολικής Κρήτης.
2. <http://www.iagc.org/geophysical-surveys.html>, *Understanding Geological & Geophysical Surveys*, International Association of Geo-

physical Contractors, τελευταία επίσκεψη στις 8/10/2016

3. Farfour, M., Yoon, W. J. and Kim, J. (2015). *Seismic attributes and acoustic impedance inversion in interpretation of complex hydrocarbon reservoirs*, *Journal of Applied Geophysics*
4. Berryman, J. G., Berge, P.A., and Bonner, B. P. (2002). *Estimating rock porosity and fluid saturation using only seismic velocities*, *GEOPHYSICS*, 67(2), 391-404. doi: 10.1190/1.1468599
5. Lüschna, E., Borrinib, D., Gebrandea, H., Lammererc, B., Millahnd, K., Neubauere, Nicolichf, F. R. (2006). *Deep crustal Vibroseis and explosive seismic profiling in the Eastern Alps*, *Tectonophysics Volume 414, Issues 1–4, Pages 9–38*, TRANSALP Conference
6. Onajite, E. (2014). *Seismic Data Analysis Techniques in Hydrocarbon Exploration*, Chapter 3 – Understanding Seismic Exploration, Pages 33–62
7. Wagner, H. (2016). *Introduction to Reflection Seismic in Hydrocarbon Exploration*, Maersk Oil and Gas, presented on 20/8/2016 at DTU

Αικατερίνη Μπιωτάκη,
Μηχανικός Ορυκτών πόρων (MSc)
Ερευνήτρια - Πολυτεχνείο Κρήτης