

Ανάλυση ρίσκου ευστάθειας θαλάμων & στύλων σε υπόγεια εκμετάλλευση μαρμάρου μέσω αξιολόγησης δεδομένων γεωτεχνικών οργάνων παρακολούθησης

Ημερίδα | Παρασκευή 24 Μαΐου 2024 | Μεγάλο Αμφιθέατρο Κοίλων

Christos Gravalos, L. Lamprinidis & I. Kapageridis

Πίνακας περιεχομένων

01 Λατομεία μαρμάρου

Σύντομα στατιστικά στοιχεία για τη βιομηχανία μαρμάρου

03 Γεωτεχνικός εξοπλισμός

Ασύρματοι αισθητήρες
Ενσύρματοι αισθητήρες
Συμβολόμετρο γεωραντάρ

02 Μελέτη περίπτωσης

Μέθοδος εξόρυξης
Ορόσημα υπόγειου λατομείου

04 Γεωτεχνικά δεδομένα

Συλλογή δεδομένων
Ανάλυση επισκόπησης
Στατιστικά μοντέλα

01 Λατομεία μαρμάρου

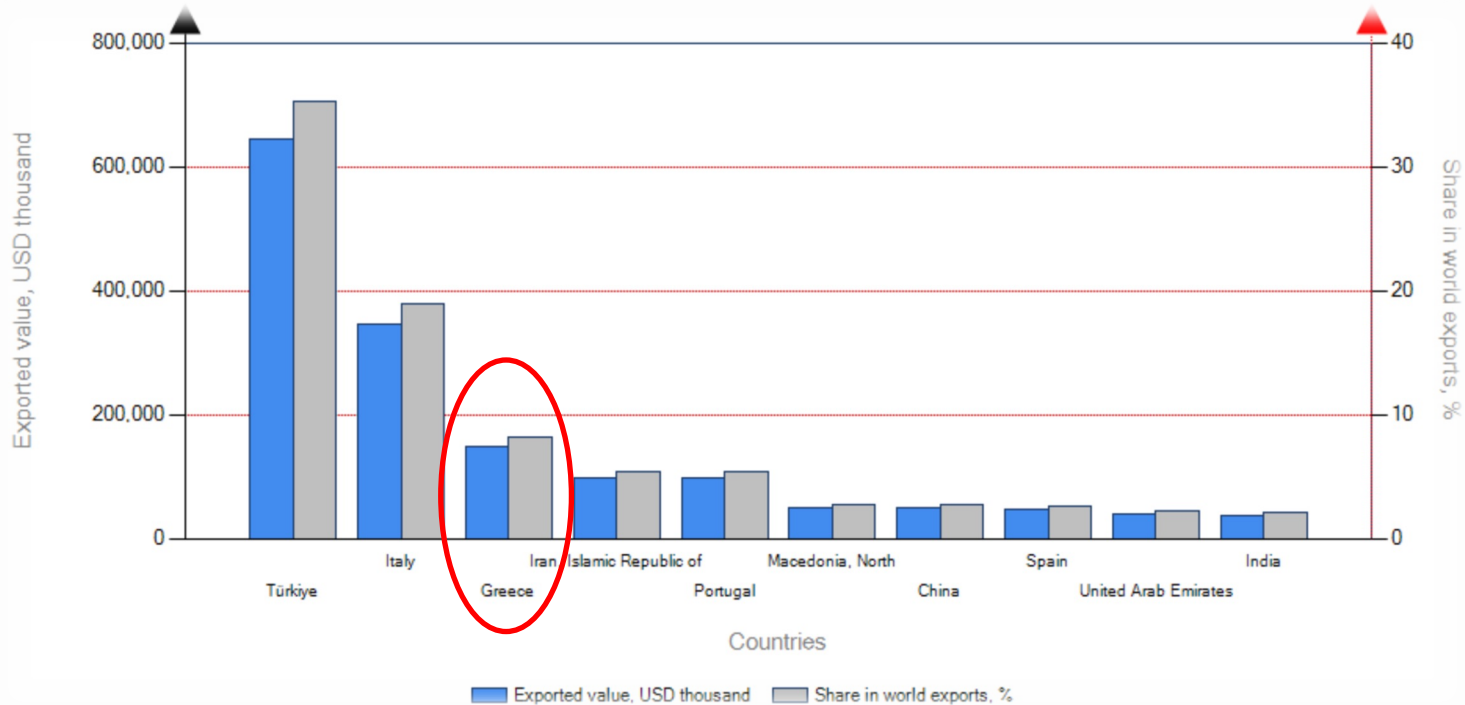
Βόρεια Ελλάδα
Λευκά μάρμαρα



Εξόρυξη μαρμάρου
αναπτύσσεται σταθερά
τα τελευταία δέκα χρόνια στην Ελλάδα



01 Λατομεία μαρμάρου



Η Ελλάδα στις 3 πρώτες χώρες σε αξία εξαγωγών ακατέργαστου μαρμάρου

260

Συνολικός αριθμός αδειοδοτημένων λατομείων μαρμάρου στην Ελλάδα

189

90% της δραστηριότητας στη Βόρεια Ελλάδα _ Μακεδονία & Θράκη



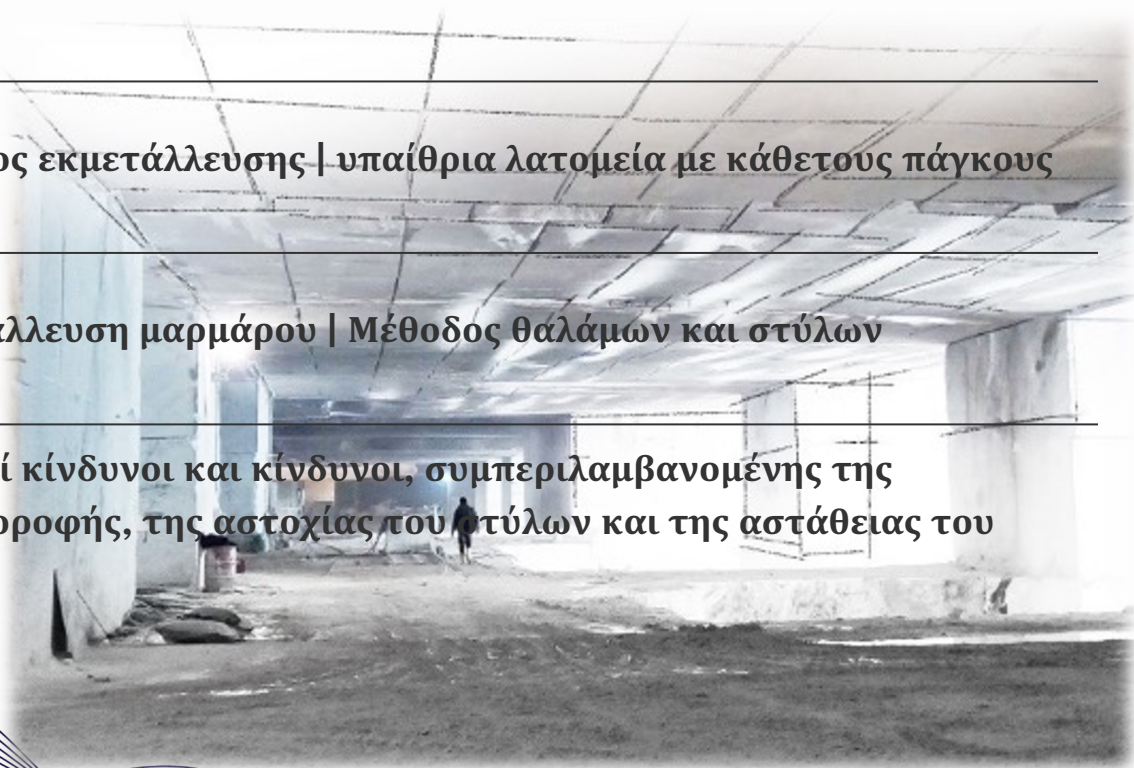
500.000 m³

Παραγωγή όγκων μαρμάρου για το
Υ2022

βιώσιμη ανάπτυξη

Η βιομηχανία μαρμάρου εξελίσσεται χρησιμοποιώντας σύγχρονες υπόγειες εκσκαφές

1	Κλασική μέθοδος εκμετάλλευσης υπαίθρια λατομεία με κάθετους πάγκους
2	Υπόγεια εκμετάλλευση μαρμάρου Μέθοδος θαλάμων και στύλων
3	Αρκετοί πιθανοί κίνδυνοι και κίνδυνοι, συμπεριλαμβανομένης της αστάθειας της οροφής, της αστοχίας του στύλων και της αστάθειας του πρανούς



02 Μελέτη περίπτωσης

Μεγάλη εκσκαφή σε υπόγεια απόθεση δολομίτη
Τοποθεσία: Βόρεια Ελλάδα | Μέθοδος: θαλάμων & στύλων | Έναρξη: Μάιος του 2013



02 Μελέτη περίπτωσης - ορόσημα

1ο επίπεδο εκσκαφής

Μάιος 2013

3ο επίπεδο εκσκαφής

Σεπ 2019

Μάιος 2018

2ο επίπεδο εκσκαφής

υψηλό ποσοστό εκσκαφής σε
πολλαπλά υπόγεια επίπεδα



1ο επίπεδο εκσκαφής

Δοκιμάζοντας διαφορετικές
διαστάσεις σήραγγας

Διαστάσεις στύλου
9,00m x 9,00m

Απόσταση μεταξύ στύλων
17,00μ

Τυπικές διαστάσεις διάνοιξης:
Ύψος - 6,00m
Πλάτος - 12,00m



2ο επίπεδο εκσκαφής

Αριθμός υπόγειων βαθμίδων
που έχουν εξορυχθεί
παράλληλα
2,00

Συνολικό ύψος βαθμίδων
12,00μ

Στάδιο εκσκαφής
σε βάθος
9,50m ανά βάρδια

Μέση ημερήσια παραγωγή
600,00 τόνοι



3ο επίπεδο εκσκαφής

Υψηλός ρυθμός παραγωγής

Αριθμός υπόγειων βαθμίδων
που έχουν διανοιχθεί
3,00

Ετήσια παραγωγή ανά
μηχάνημα
20.000,00 τόνοι

Πλήρως λειτουργικά
αλυσσοπρίονα
10,00



Εφαρμογή σε πραγματικές συνθήκες

Πώς εντοπίζεται και παρακολουθείται ο γεωτεχνικός κίνδυνος και παρέχονται συστάσεις για τη βελτίωση της διαχείρισης κινδύνων και της γεωτεχνικής ασφάλειας στα υπόγεια λατομεία μαρμάρου;

Εγκατάσταση γεωτεχνικών αισθητήρων

Αναζήτηση νέας τεχνολογίας και εξειδικευμένου εξοπλισμού παρακολούθησης

Συλλογή δεδομένων

Αυτόματος συγχρονισμός καταγραφικού δεδομένων σε ειδική βάση δεδομένων

Αντιμετωπίζοντας υψηλό ρυθμό εκσκαφής

Ανάλυση δεδομένων

Υπολογισμός του συντελεστή ασφαλείας για κάθε στύλο.

Διαχείριση κινδύνων

Αντιστοίχιση γεωτεχνικών «γεγονότων» με επέκταση εξόρυξης



Πίνακας περιεχομένων

01 Λατομεία μαρμάρου

Σύντομα στατιστικά στοιχεία για τη βιομηχανία μαρμάρου

03 Γεωτεχνικός εξοπλισμός

Ασύρματοι αισθητήρες
Ενσύρματοι αισθητήρες
Συμβολόμετρο γεωραντάρ

02 Μελέτη περίπτωσης

Μέθοδος εξόρυξης
Ορόσημα υπόγειου λατομείου

04 Γεωτεχνικά δεδομένα

Συλλογή δεδομένων
Ανάλυση επισκόπησης
Στατιστικά μοντέλα

03 Γεωτεχνικός εξοπλισμός



Ασύρματοι γεωτεχνικοί αισθητήρες

- Αισθητήρες οπτικής μετατόπισης
- Τριαξονικοί αισθητήρες κλίσης
- Μετρητές ρωγμών



03 Γεωτεχνικός εξοπλισμός



Ενσύρματοι γεωτεχνικοί αισθητήρες

- Επιμηκυνσιόμετρα
- Διαξονικοί μετρητές τάσης
- Δυναμοκυψέλες



03 Γεωτεχνικός εξοπλισμός

Γεωραντάρ: τεχνολογία arcsar

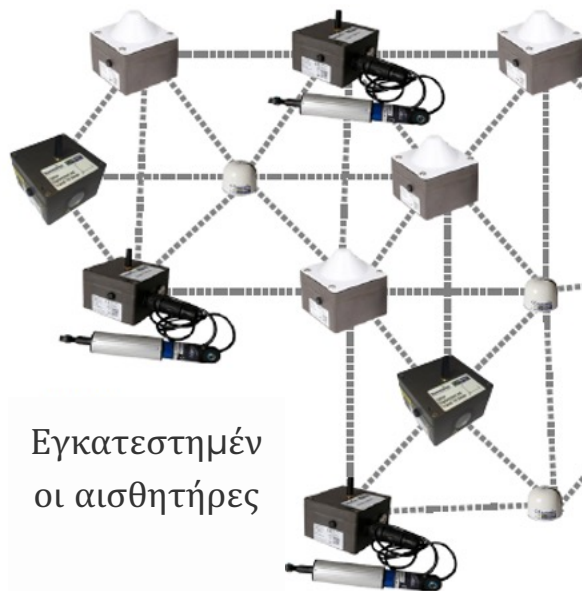
Για υπαίθρια

Για υπόγεια



04 Γεωτεχνικά δεδομένα

Ενσωμάτωση δεδομένων με χρήση αυτόματου καταγραφικού



Εγκατεστημέν
οι αισθητήρες

Καταγραφικό
δεδομένων
4G

Διακομιστής
web



Internet

Ανάλυση δεδομένων σε
πραγματικό χρόνο



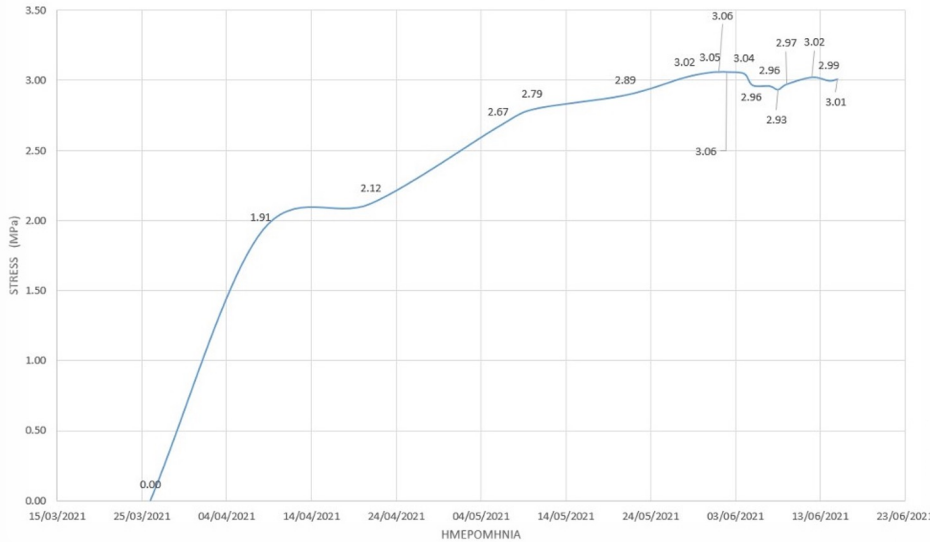
Παρακολούθηση σε
πραγματικό χρόνο

Γραφήματα

04 Ανάλυση γεωτεχνικών δεδομένων

STRESSMETER T2 (P 4.1 B19)

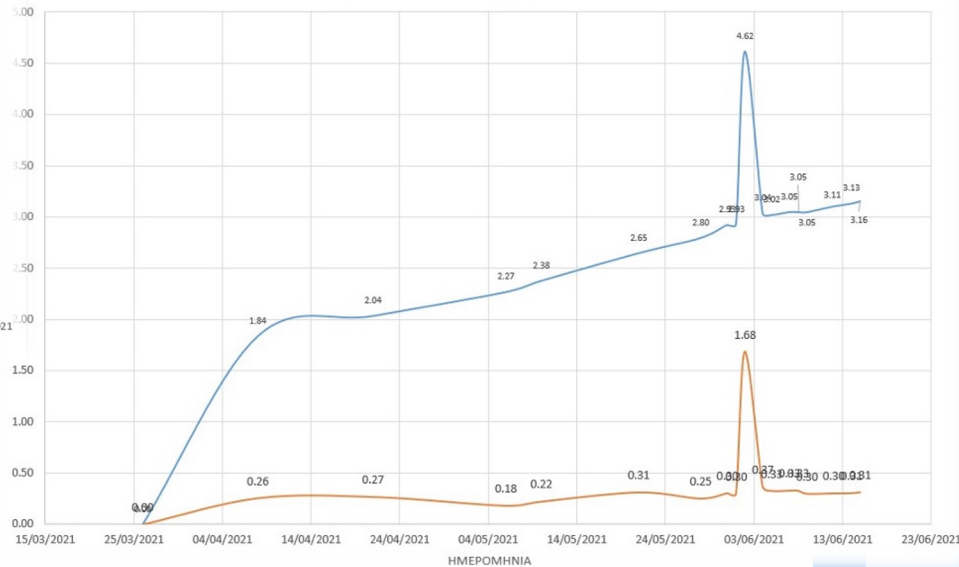
— ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΤΑΣΗ (P)



Ανάλυση χρονοσειρών για την ανίχνευση μοτίβων

STRESSMETER T3 (P 3,6b B18)

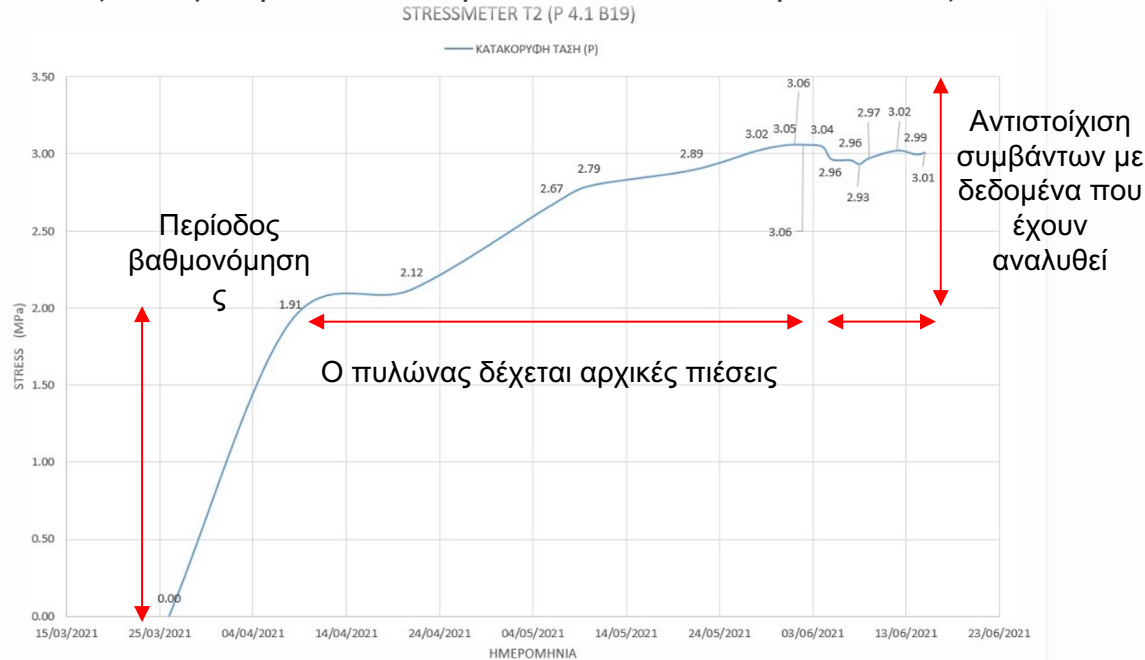
— ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΤΑΣΗ (P) — ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΤΑΣΗ (q)



04 Ανάλυση γεωτεχνικών δεδομένων

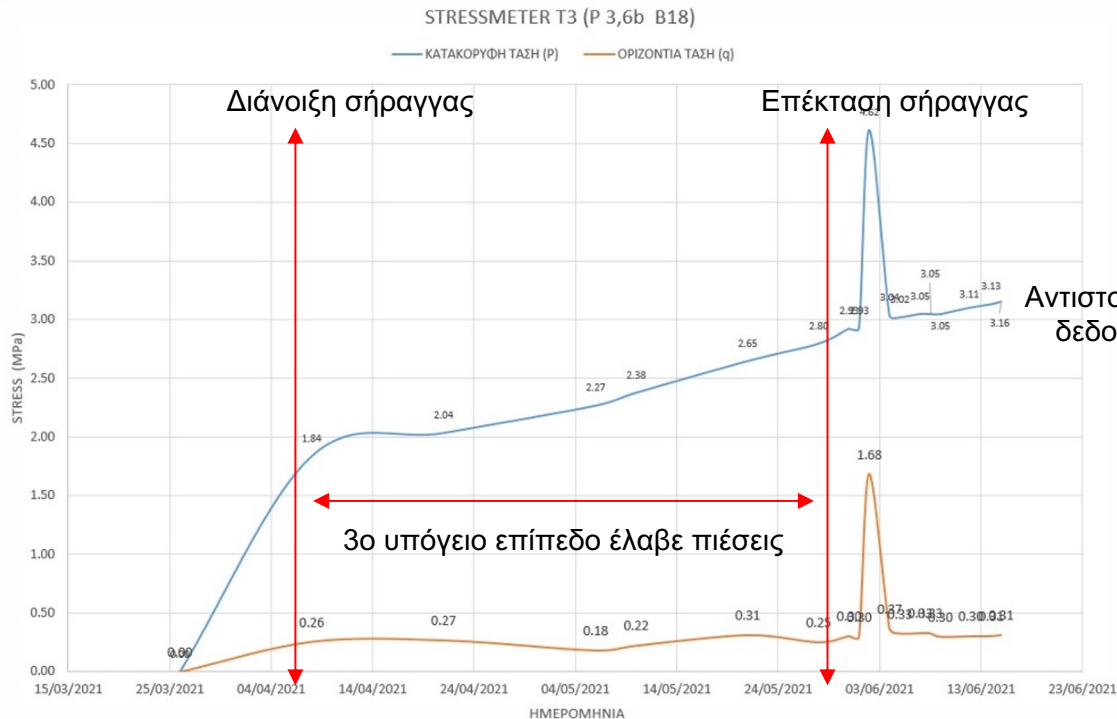
Ανάλυση Στατιστικών Εργαλείων και Τεχνικών Χρονοσειρών

Αναλύστε τα δεδομένα που συλλέγονται με την πάροδο του χρόνου για να προβλέψετε μελλοντικές συνθήκες και να εντοπίσετε μη φυσιολογική συμπεριφορά, όπως ξαφνικές αλλαγές πίεσης ή άλλους κρίσιμους δείκτες που μπορεί να υποδηλώνουν αστάθεια ή κινδύνους.



04 Ανάλυση γεωτεχνικών δεδομένων

Συσχέτιση δεδομένων μεταξύ διαφορετικών πιέσεων



Αντιστοίχιση συμβάντων με αναλυμένα δεδομένα πιθανό ξεφλούδισμα και πτώση κομματιών

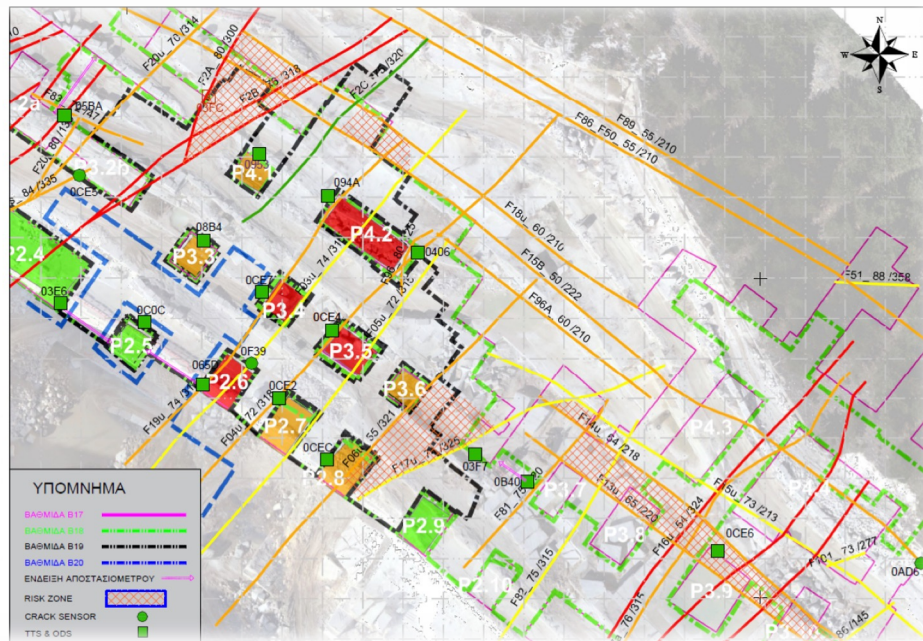
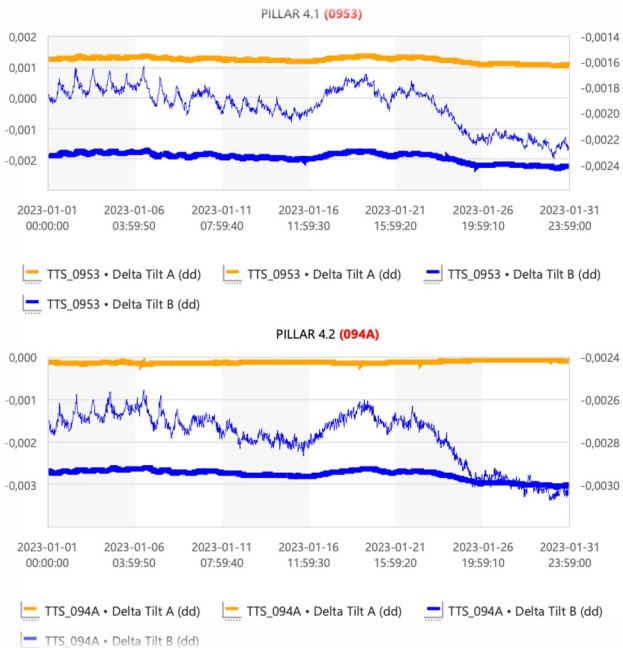
04 Ανάλυση γεωτεχνικών δεδομένων

Ροή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο: παρακολούθηση δεδομένων που παράγονται συνεχώς από αισθητήρες που επεξεργάζονται, αποθηκεύουν και αναλύουν τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για γρήγορη ανταπόκριση σε πιθανούς κινδύνους



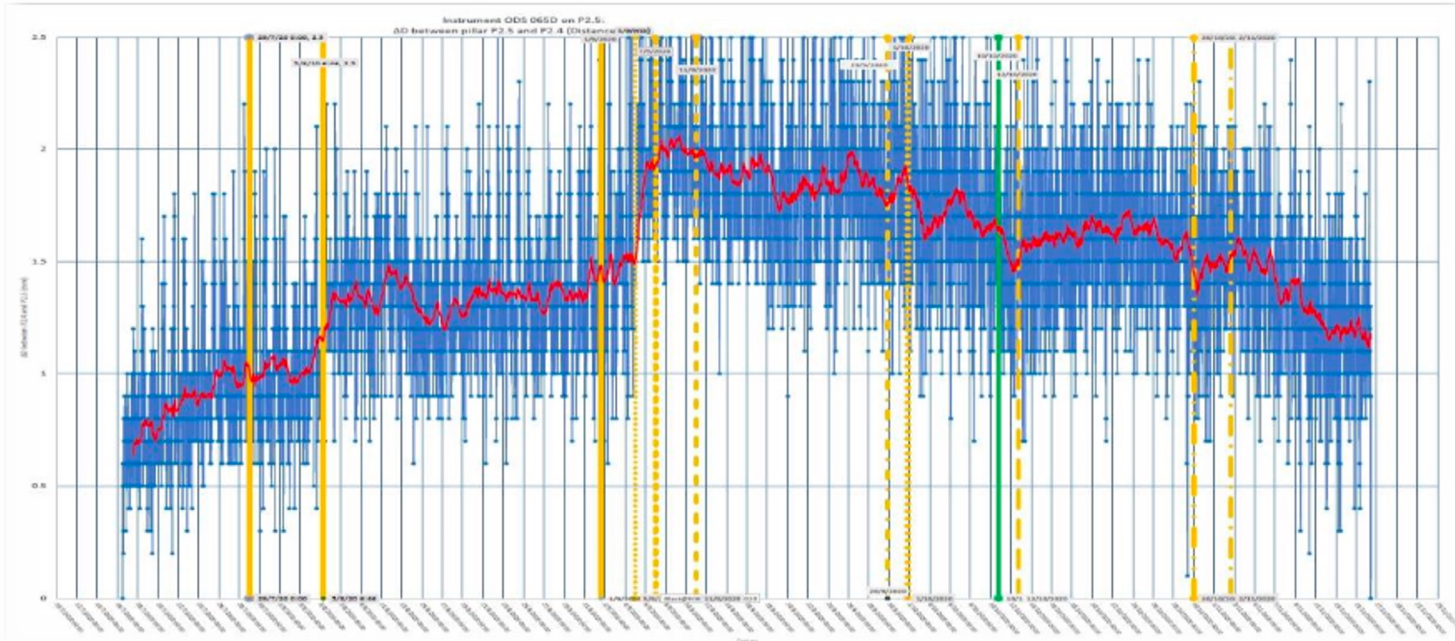
04 Ανάλυση γεωτεχνικών δεδομένων

Επισκόπηση της κατανομής των δεδομένων, προσδιορισμός των μέσων τιμών, της μεταβλητότητας και των τάσεων



04 Ανάλυση γεωτεχνικών δεδομένων

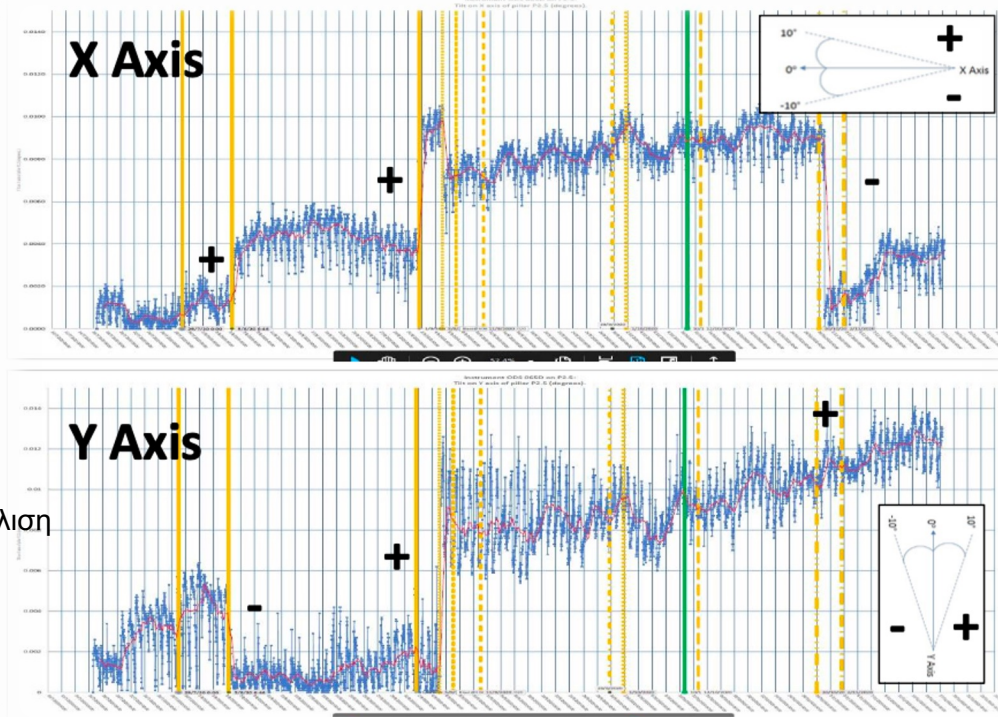
Μοντέλα πρόβλεψης για τη μελλοντική συμπεριφορά των λατομείων υπό παρόμοιες γεωτεχνικές συνθήκες



Μπλε: πραγματικά δεδομένα με τυπική απόκλιση
Κόκκινο: υπολογιζόμενη μέση τιμή

04 Ανάλυση γεωτεχνικών δεδομένων

Μηχανική μάθηση: Χρησιμοποιήστε ιστορικά δεδομένα για να προβλέψετε πιθανές αποτυχίες. Τα μοντέλα μπορούν να εντοπίσουν μοτίβα που προηγούνται ορισμένων αποτυχιών, βοηθώντας στην προληπτική διαχείριση και τη διαχείριση κινδύνου.



Μπλε: πραγματικά δεδομένα με τυπική απόκλιση
Κόκκινο: υπολογιζόμενη μέση τιμή

Αποτελέσματα

Η **στατιστική ανάλυση** των γεωτεχνικών δεδομένων έχει βαθιές επιπτώσεις στις λατομικές δραστηριότητες

Η **ανάλυση δεδομένων** σε πραγματικό χρόνο μπορεί να ενεργοποιήσει αυτοματοποιημένες ειδοποιήσεις σε περίπτωση εντοπισμένων ανωμαλιών, επιτρέποντας την άμεση ανταπόκριση για τον μετριασμό των κινδύνων

Η **μακροπρόθεσμη ανάλυση δεδομένων** βοηθά στο σχεδιασμό της επέκτασης του λατομείου, βελτιστοποιώντας τη διαδικασία εξόρυξης διασφαλίζοντας παράλληλα τη σταθερότητα και την ασφάλεια

Τα στατιστικά μοντέλα και τα μοντέλα μηχανικής μάθησης που αναπτύσσονται από ιστορικά δεδομένα μπορούν να χρησιμεύσουν ως σημεία αναφοράς για τη σύγκριση των τρεχουσών συνθηκών λατομείου, επιτρέποντας τον εντοπισμό αποκλίσεων που ενδέχεται να υποδηλώνουν αναδυόμενους κινδύνους.

Συμπεράσματα

Κύριος στόχος

Κατανόηση τον τρόπο με τον οποίο συμπεριφέρονται οι θάλαμοι και οι στύλοι σε σχέση με την πρόοδο της εκσκαφής.

Ενοποίηση δεδομένων

βελτιώνει τη λειτουργική αποδοτικότητα μέσω της λήψης αποφάσεων βάσει δεδομένων

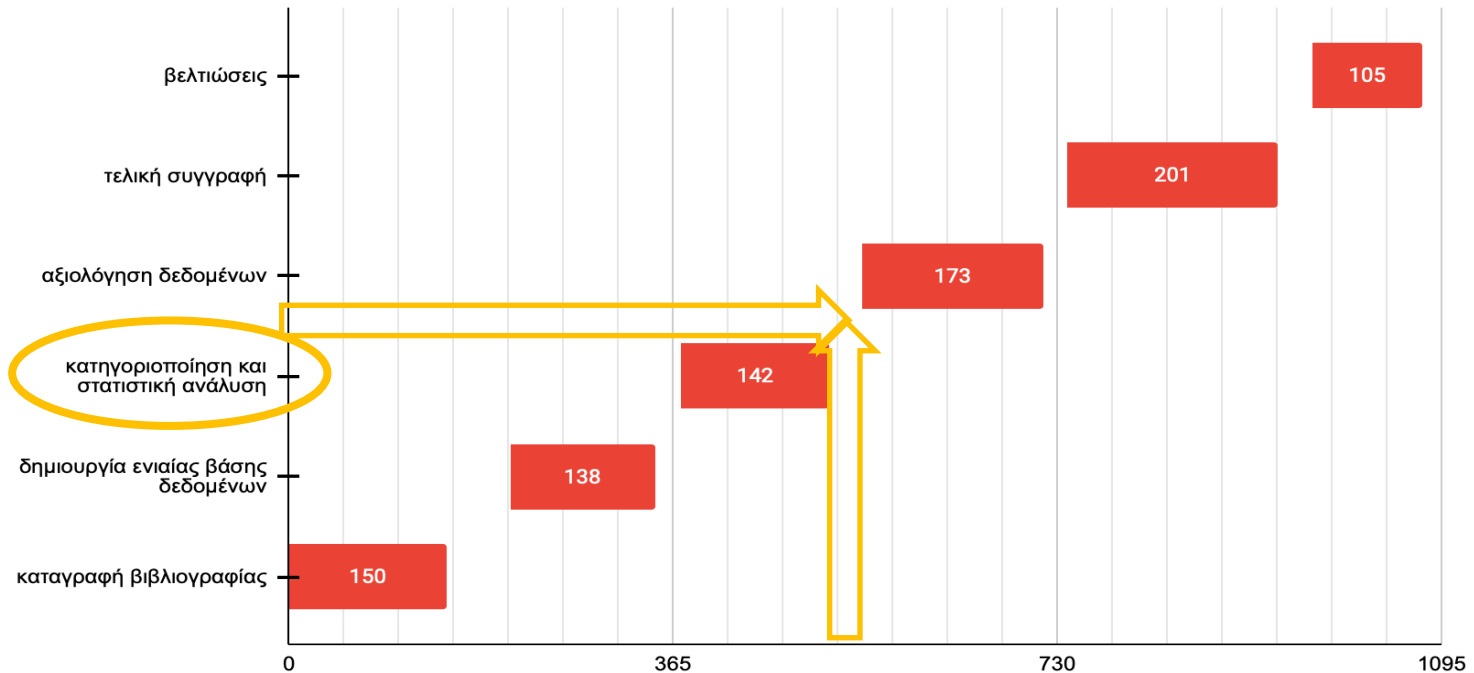
Ανάλυση δεδομένων

Τεχνολογίες παρακολούθησης και στατιστικές μεθοδολογίες
Πλαίσιο για την εκτίμηση και τον μετριασμό των κινδύνων



ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΟΔΟΥ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Ημέρα έναρξης ■ Διάρκεια (ημέρες)



Συμμετοχή σε συνέδρια

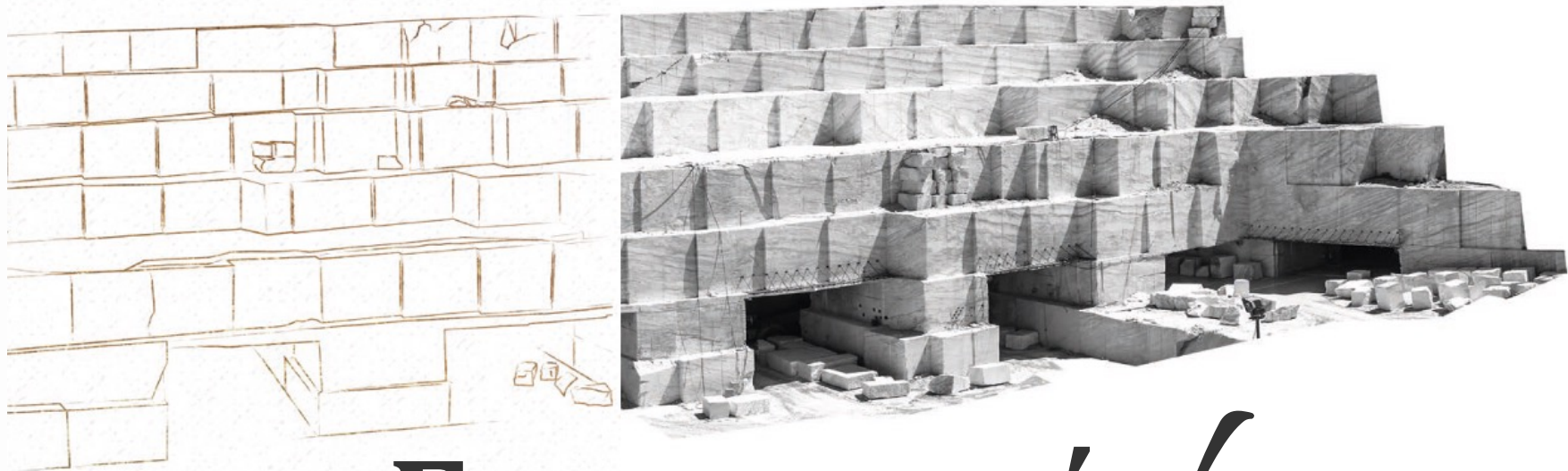
- **2nd International Conference on Raw Materials and Circular Economy**
28 Aug – 2 Sep 2023
Athens, Greece

RawMat2023 Proceedings Volume hosted in Materials Proceedings journal (<https://www.mdpi.com/journal/materproc>)

- **2nd International Statistics Conference**
16-19 May 2024
Kozani, Greece

<https://esi2024.mech.uowm.gr/en/>





Ευχαριστώ!

Έχετε απορίες;