

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 1. Τίτλος Ομιλίας: Γη, Ύδωρ, Χρόνος και Εμείς

Γεια σας. Ξεκινήσατε να βλέπετε μια ομιλία σχετική με σπουδές πολιτικού μηχανικού κι ελπίζω να μείνετε μαζί μας για τα επόμενα 40-45 λεπτά. Όπως θα περιγράψουμε σε λιγάκι, η παρουσίαση χωρίζεται σε πέντε ανεξάρτητες ενότητες, κι έτσι μπορείτε να την παρακολουθήσετε τμηματικά.

Ο τίτλος της είναι: Γη, Ύδωρ, Χρόνος και Εμείς. Εμείς, είμαστε οι πολιτικοί μηχανικοί

Κι ο υπότιτλος δίνει παραδείγματα της σχέσης της ομιλίας με τις σπουδές στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ και με τη δουλειά του πολιτικού μηχανικού. Θα πούμε πράγματα από τη Γεωλογία Μηχανικού του 1^{ου} εξαμήνου, την Τεχνική Υδρολογία του 5^{ου} εξαμήνου και για τις χρονικές κλίμακες των έργων Πολιτικού Μηχανικού.

Σ' αυτήν την πρώτη διαφάνεια βλέπετε τα ονόματα των συντελεστών της ομιλίας, θα κάνω τις συστάσεις αφού πρώτα πω για ποιο ακροατήριο την φτιάξαμε.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 2. Ακροατήριο Ομιλίας: 1ετείς φοιτητές, τελειόφοιτοι Λυκείου

Η ομιλία είναι ένα καλωσόρισμα της Σχολής στους πρωτοετείς φοιτητές μας. Για σας, τους φοιτητές μας, είναι μια ευκαιρία να γνωρίσετε από νωρίς το πνεύμα της Σχολής. Είναι επίσης κατάλληλη και για τελειόφοιτους Λυκείου που σκέφτονται να σπουδάσουν πολιτικοί μηχανικοί. Και για τα δύο αυτά ακροατήρια, θα είναι σαν ένα «προσεχώς» για κάποια από τα μαθήματα του προγράμματος σπουδών.

Η ομιλία είναι προϊόν ομαδικής δουλειάς.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 3. Οι ομιλητές & οι ενότητες

Όλοι μας είμαστε στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Ονομάζομαι Μαρίνα Πανατζίδου, και θα σας μιλήσω στην 1^η Ενότητα για την ηλικία των έργων πολιτικού μηχανικού. Στη 2^η Ενότητα θα σας μιλήσει ο Χάρης Σαρόγλου για τις μεταβολές που συμβαίνουν στον γεωλογικό χρόνο. Στην 3^η Ενότητα θα σας μιλήσει ο Βασίλης Μαρίνος για τα έργα πολιτικού μηχανικού μέσα στον γεωλογικό χρόνο. Ο Δημήτρης Κουτσογιάννης ετοίμασε την 4^η και 5^η ενότητα, με θέμα τι μπορούμε να μάθουμε από το παρελθόν για το τι θα αντιμετωπίσουν στο μέλλον τα έργα πολιτικού μηχανικού. Σε αυτό το κομμάτι της ομιλίας συνέβαλε και η Άνυ Ηλιοπούλου, που θα μας το παρουσιάσει, μαζί με τον επίλογο. Ξεκινάμε!

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 4. Ενότητα 1: Ζωή/ηλικία έργων πολιτικού μηχανικού

Το νήμα που συνδέει τις ενότητες αυτής της παρουσίασης είναι ο χρόνος.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 5. Πόσο ζουν τα έργα πολιτικού μηχανικού;

Στην καθημερινή γλώσσα θα ρωτούσαμε πόσο ζουν τα έργα πολιτικού μηχανικού; Αν κάποιος ρωτήσει «τι εννοείς πόσο ζούν;» μπορούμε να κάνουμε πιο σαφή την ερώτηση για τα έργα πολιτικού μηχανικού:

ΡΩΤΑΜΕ: Για πόσα χρόνια είναι σχεδιασμένα να συμπεριφερθούν με έναν προκαθορισμένο επιθυμητό τρόπο;

Σημειώστε ότι όταν τα έργα μας δεν συμπεριφέρονται με τον προκαθορισμένο επιθυμητό τρόπο λέμε ότι «αστοχούν». Η αστοχία είναι ο πιο γενικός όρος. Για παράδειγμα, ένα κτήριο λέμε ότι αστόχησε όταν εμφανίσει ρωγμές πέραν του αποδεκτού, δεν χρειάζεται να καταρρεύσει για να πούμε ότι αστόχησε.

Ξαναγυρνάμε στον χρόνο που είναι το θέμα μας. Πιο συνοπτικά, χρησιμοποιώντας ορολογία πολιτικού μηχανικού, ρωτάμε ποια είναι η ωφέλιμη διάρκεια ζωής ενός έργου;

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 6. Πόσο ζει ένα κτήριο;

Ας πάρουμε ένα συγκεκριμένο έργο πολιτικού μηχανικού, ένα κτήριο. Ας πούμε ότι ένας γνωστός σας έμαθε ότι μπήκατε στη Σχολή μας και σας ρωτάει πόσο ζει ένα σπίτι. Τι θα του απαντούσατε αν σας το ρωτούσε χτες; Αν θέλετε, δώστε παραπάνω από μία απάντηση.

50 χρόνια, 100 χρόνια, 200 χρόνια, Εξαρτάται από τη συντήρηση.

Σας αφήνω λίγο να σκεφτείτε και να σημειώσετε στο μυαλό σας την απάντησή σας.

Όλες οι απαντήσεις είναι σωστές. Τα τυπικά έργα του πολιτικού μηχανικού σχεδιάζονται για διάρκεια τάξης μεγέθους 50 – 100 χρόνων.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 7. Ζωή έργων πολιτικού μηχανικού συγκρίσιμη με ανθρώπινη ζωή

Τα ευρωπαϊκά πρότυπα για τις κατασκευές που ισχύουν και στην Ελλάδα, ο Ευρωκώδικας που λέμε, καθορίζουν ως συμβατική υποχρέωση διάρκεια 50 ετών για κανονικές κατασκευές. Και διάρκεια 100 ετών για μνημειακές κατασκευές, ένα μουσείο για παράδειγμα. Η ίδια διάρκεια καθορίζεται και στο πρότυπο για την Τεχνολογία Σκυροδέματος. Αυτές οι διάρκειες αναφέρονται στον φέροντα οργανισμό του κτηρίου, στα δοκάρια, στα υποστυλώματα. Και βέβαια μια καλή συντήρηση θα αυξήσει τη ζωή του κτηρίου. Άρα, όλοι σωστά απαντήσατε.

Η Γέφυρα Ρίου-Αντιρρίου που βλέπουμε σ' αυτή τη διαφάνεια παραχωρήθηκε στην εταιρεία-κοινοπραξία που την κατασκεύασε για να την λειτουργεί για 42 χρόνια. Με σωστή συντήρηση, βλέπει μια διάρκεια ζωής τουλάχιστον 100 χρόνων. Συγκρίσιμη με την ανθρώπινη ζωή. Όπως θα δείτε σε πολλά μαθήματα, μας ενδιαφέρει πρώτα να αποκτήμε μια αίσθηση της τάξης μεγέθους πριν υπολογίσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια την τιμή μιας μεταβλητής.

Τα 50, τα 75, άντε ως τα 100 χρόνια τα θεωρούμε ίδια τάξη μεγέθους, μιλάμε για πολλές δεκαετίες.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 8. Παραδείγματα από ιστορικά κτήρια - διατηρητέα της Αθήνας

Ας βγούμε τώρα μια βόλτα στους δρόμους της πόλης που ζούμε. Αν αυτή η πόλη είναι η Αθήνα, θα δούμε διώροφα από το 1850, αρκετές πολυκατοικίες του μεσοπολέμου γύρω στα 1930, ακόμα κι ένα πολυώροφο του 1917 κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Αν είστε στην Αθήνα, ή όταν έρθετε, σας ενθαρρύνω να πάρετε τους δρόμους και να εντοπίσετε τα διατηρητέα της. Θα τα βρείτε όλα βολικά μαζεμένα εδώ σ' αυτήν την ιστοσελίδα του Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 9. Βρείτε την ηλικία ενός έργου πολιτικού μηχανικού!

Μάλιστα, προτείνω να κάνετε και μια μικρή προαιρετική εργασία. Να βρείτε την ηλικία ενός έργου πολιτικού μηχανικού. Επιλέξτε ένα έργο στην Ελλάδα που σας κινεί το ενδιαφέρον. Είτε κτήριο είτε κάτι άλλο: εδώ στα αριστερά βλέπουμε σε ζωγραφικό πίνακα τα εγκαίνια της διώρυγας της Κορίνθου.

Αναζητήστε πληροφορίες για την ηλικία του έργου σας. Αν θέλετε, μοιράζεστε την απάντησή σας με e-mail. Χαιρόμαστε πολύ να μας συστήσετε τα αγαπημένα σας έργα με τις πληροφορίες που βλέπετε σε αυτή τη διαφάνεια: α) ποιο το έργο; β) η τοποθεσία του, γ) η ηλικία του, δ) και η πηγή των πληροφοριών. Αν γράψετε, θα λάβετε τη συλλογή από τις απαντήσεις που έχουμε λάβει ως τώρα.

Καθώς πάμε προς το τέλος αυτής της πρώτης ενότητας, ας μαζέψουμε όσα είπαμε.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 10. Σε ποια χρονική κλίμακα σκέφτεται ο πολιτικός μηχανικός;

Η τυπική διάρκεια έργων πολιτικού μηχανικού είναι πολλές δεκαετίες, 50-100 χρόνια. Μας αρκεί να σκεφτόμαστε σε αυτήν την χρονική κλίμακα; Και ναι και όχι. Γιατί όχι;

Ας σκεφτούμε την ηλικία όλων των υλικών που μελετάει ο πολιτικός μηχανικός στα έργα του. Για αρκετά έργα, ο σχεδιασμός τους εμπλέκει μεγέθη και υλικά για τα οποία χρειάζεται να μελετήσουμε διεργασίες σε (πολύ) μεγαλύτερες χρονικές κλίμακες από 50-100 χρόνια. Φτάνει να σκεφτούμε ότι όλα τα σταθερά έργα πολιτικού μηχανικού είναι θεμελιωμένα στη γη και ότι η γη έχει πολύ μεγάλη ηλικία

Αρχίζουμε να βλέπουμε πια την πιθανότητα να μας αφορούν μεγαλύτερες χρονικές κλίμακες. Και για να έχουμε καλό ρώτημα, ποια είναι η ηλικία της γης;

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 11. Τα έργα πολιτικού μηχανικού θεμελιώνονται στη γη – ποια η ηλικία της;

Σκεφτείτε και σημειώστε πάλι στο μυαλό σας όλες τις απαντήσεις που σας φαίνονται σωστές, μία ή παραπάνω. Ρωτάμε: **ΠΡΟΣΟΧΗ** όχι ποια η ηλικία της γης αλλά «ποια η τάξη μεγέθους της ηλικίας της γης;»

- A. εκατομμύρια χρόνια
- B εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια
- Γ. χιλιάδες εκατομμύρια χρόνια
- Δ. εκατομμύρια εκατομμύρια χρόνια
- E. δισεκατομμύρια χρόνια

Σωστά είναι το Γ και το E που δίνουν την ίδια απάντηση. Εγώ προτιμώ να θυμάμαι τις τέσσερις χιλιάδες 600 εκατομμύρια χρόνια που με βοηθάνε να θυμάμαι **καλύτερα** τη μεγάλη ηλικία της Γης.

Επειδή λοιπόν η Γη έχει μεγάλη ηλικία, συχνά δεν καταλαβαίνουμε ότι αλλάζει στο χρονικό παράθυρο της ζωής μας.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 12. Ενότητα 2: Η γη ζει - Το γεωλογικό περιβάλλον και μεταβολές που συμβαίνουν στον γεωλογικό χρόνο

Όμως, όπως κι εμείς, η Γη ζει και αλλάζει, όπως θα μας πει ο Χάρης Σαρόγλου στη συνέχεια.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 13. Και όμως, κινείται

Λέμε «πατάμε στη στεριά», όμως αυτό το ανώτερο «στερεό» στρώμα της γης αποτελείται από διακριτές πλάκες, λιθοσφαιρικές πλάκες τις λέμε, που επιπλέουν στο ημίρρευστο εσωτερικό της.

Σε κάποιες περιοχές οι πλάκες απομακρύνονται και εκεί «γεννιούνται» πετρώματα. Σε κάποιες άλλες περιοχές οι πλάκες πλησιάζουν κι εκεί «καταστρέφονται» τα ήδη υπάρχοντα πετρώματα. Ο χρόνος στον οποίο συντελούνται αυτές οι αλλαγές είναι της τάξης κάποιων δεκάδων ή και εκατοντάδων εκατομμυρίων ετών. Δείτε στην Κινησομοίωση πώς άλλαξε η εικόνα της Γης τα τελευταία 180 εκ χρόνια.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 14. Το γεωλογικό «σήμερα»

Στο γεωλογικό σήμερα, βλέπουμε ποια είναι τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών. Είναι εκεί που εκδηλώνονται οι σεισμοί και αναπτύσσονται τα ηφαίστεια. Τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών ορίζουν τη σεισμική και ηφαιστειακή δραστηριότητα στην επιφάνεια της Γης.

Διακρίνουμε «ήρεμα» και «ενεργά» γεωλογικά περιβάλλοντα, και εννοούμε ήρεμα και ενεργά για την γεωλογική περίοδο στην οποία ζούμε. Στα ήρεμα γεωλογικά περιβάλλοντα οι αλλαγές είναι πιο αργές από ότι στα ενεργά γεωλογικά περιβάλλοντα.

Ας δούμε λοιπόν, δυο διαφορετικά γεωλογικά περιβάλλοντα, αυτό της Αγγλίας και αυτό της Ελλάδας.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 15. Δυο γεωλογικά περιβάλλοντα σε αντιπαράθεση

Η Αγγλία τώρα βρίσκεται μακριά από το σύνορο δύο λιθοσφαιρικών πλακών. Το «τώρα» είναι γεωλογικό τώρα, δηλ. τα τελευταία 50 - 60 εκ χρόνια. Έτσι έχουμε ένα «ήρεμο» γεωλογικό περιβάλλον στο οποίο δεν έχουμε σεισμούς. Αντίθετα η Ελλάδα, τα τελευταία 40 εκ χρόνια είναι πάνω στο σύνορο μεταξύ λιθοσφαιρικών πλακών, κι έτσι έχουμε ένα «ενεργό» γεωλογικό περιβάλλον.

Το γεωλογικό περιβάλλον καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται και κατασκευάζονται τα έργα του ΠΜ. Ας πάρουμε για παράδειγμα ένα κτίριο που βρίσκεται στην Αγγλία και ένα που βρίσκεται στην Ελλάδα.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 16. Ας γνωρίσουμε ένα «ενεργό» γεωλογικό περιβάλλον

Στην Ελλάδα έχουμε πολλούς σεισμούς, υψηλή σεισμική δραστηριότητα. Βλέπουμε τη γεωγραφική κατανομή επικέντρων επιφανειακών σεισμών (βάθος < 60 km) στην περιοχή της Μεσογείου (περίοδος 1901 – 1978).

Αυτό θα επηρεάσει τον τρόπο που θα σχεδιάσουμε ένα έργο ΠΜ για να μπορέσει να αντέξει περισσότερο σε ένα σεισμό.

Βλέπουμε το παράδειγμα από ένα πρόσφατο σεισμό στη Λέσβο, μεγέθους 6.3 Ρίχτερ, στον οποίο καταστράφηκε ολοσχερώς το χωριό της Βρίσσας.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 17. Και ένα λιγότερο «ενεργό» γεωλογικό περιβάλλον

Βέβαια και η Αγγλία έχει τα γεωλογικά της προβλήματα, χάνει έδαφος συνέχεια στα νότια παράλια της κι έτσι η ακτογραμμή υποχωρεί με ρυθμό μεταξύ 0.5 και 1 μ/ έτος τα τελευταία 100 χρόνια.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 18. Ποια η σχέση του βράχου με το έδαφος;

Για να προβλέψουμε τη συμπεριφορά των έργων ΠΜ χρειάζεται να μελετήσουμε τις ιδιότητες των γεωλογικών σχηματισμών, και να περιγράψουμε με ποιοτικούς και ποσοτικούς δείκτες το έδαφος και τον βράχο (ή πέτρωμα).

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 19. Δημιουργία εδάφους από βράχο: Χρονική κλίμακα

Ο βράχος μπορεί να αποσυντεθεί και κάποτε να γίνει έδαφος, αυτό συμβαίνει με τη δράση του νερού και του αέρα. Πόσο χρόνο όμως χρειάζεται για να ολοκληρωθεί αυτή η διεργασία. Χρειάζεται από εκατοντάδες μέχρι χιλιάδες χρόνια.

Βλέπουμε ότι στην επιφάνεια μπορεί να έχει μετατραπεί ο βράχος σε έδαφος και όσο πάμε σε μεγαλύτερο βάθος, π.χ. μερικών μέτρων ή δεκάδων μέτρων, να έχουμε έδαφος και βράχο μαζί και μετά να συναντάμε τον υγιή βράχο.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 20. Δημιουργία βράχου από έδαφος: Χρονική κλίμακα

Και το έδαφος μπορεί να γίνει πάλι βράχος, όταν αποτεθεί έδαφος (ίζημα) σε μια λίμνη ή θάλασσα, και συμπυκνωθεί κάτω από το βάρος επόμενων στρωμάτων και κάποτε μετατραπεί σε βράχο.

Πόσο χρόνο θα λέγατε ότι χρειάζεται για να ολοκληρωθεί η μετατροπή αυτή?

Ίσως κάποιες εκατοντάδες χιλιάδες μέχρι και εκατομμύρια χρόνια.

Βλέπουμε δηλαδή ότι η «βραχοποίηση» του εδάφους είναι πολύ πιο αργή διαδικασία από την «εδαφοποίηση» του βράχου.

Άρα στην ερώτηση τι σχέση έχει ο βράχος με το έδαφος?» θα μπορούσε να πει κανείς «Ότι η κότα με το αυγό!» αφού ο βράχος γίνεται έδαφος και το έδαφος μπορεί να γίνει βράχος.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 21. Βράχος & έδαφος στην Ελλάδα;

Ας δούμε πόσο έχουμε από το καθένα στην Ελλάδα.

Η επιφάνεια της Ελλάδας χαρακτηρίζεται περισσότερο από έδαφος ή από βράχο:

- A. Περισσότερο έδαφος
- B. Περισσότερο βράχος
- Γ. Περίπου ίσα

Σας αφήνω λίγο να σκεφτείτε και να σημειώσετε την απάντησή σας στο μυαλό σας.

Η σωστή απάντηση είναι η B, μιας και η επιφάνεια της Ελλάδας χαρακτηρίζεται περισσότερο από βράχο.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 22. Βράχος & έδαφος στην Ελλάδα

Για να δούμε λοιπόν το χάρτη της Ελλάδας στον οποίο φαίνεται ότι η εμφάνιση των βραχωδών σχηματισμών στην επιφάνεια ανέρχεται σε ποσοστό 70%. Στην τωρινή περίοδο, έχουμε πολύ παραπάνω βράχο από έδαφος. Ο χάρτης αναφέρεται στη σημερινή γεωλογική χρονική περίοδο. Η αναλογία του εδάφους και του βράχου θα αλλάξει στο χρόνο, οπότε όσοι απάντησαν κάτι άλλο είναι σωστοί για κάποια άλλη γεωλογική χρονική περίοδο.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 23. Ενότητα 3: Τα έργα ΠΜ μέσα στον Γεωλογικό χρόνο: Μια δυναμική σχέση

Αυτά τα παραδείγματα λοιπόν δείχνουν τι αλλαγές συμβαίνουν στον γεωλογικό χρόνο. Η συμπεριφορά των εδαφών και των βράχων εξαρτώνται από την ταχύτητα των αλλαγών αυτών και αυτές δεν σταματούν να συμβαίνουν και στο σήμερα.

Υπάρχουν όμως και πολύ πιο γρήγορες αλλαγές! Στη ζωή ενός τεχνικού έργου μπορεί κάτι να αλλάξει; Θα σας απαντήσει ο Βασίλης Μαρίνος.

Διαφάνεια 24. Γεωλογικές διεργασίες μόνο σε “slow motion”?

Χαίρετε και από εμένα! Ονομάζομαι Βασίλης Μαρίνος και σ’ αυτή την ενότητα θα σας παρουσιάσουμε ορισμένες περιπτώσεις έργων πολιτικού μηχανικού όπου οι γεωλογικές συνθήκες μπορούν να αλλάξουν ραγδαία κατά τη διάρκεια ζωής του έργου. Οι γεωλογικές διεργασίες διαρκούν συνήθως πολλές χιλιάδες ή εκατομμύρια χρόνια. Αυτό μπορούμε να το διαπιστώσουμε κι από το σχήμα κάτω δεξιά όπου φαίνεται ανοιγμένη η ζωή μας μέσα στον γεωλογικό χρόνο να καταλαμβάνει μόνο ένα δευτερόλεπτο, το τελευταίο δευτερόλεπτο! Υπάρχουν επομένως κάποιες γεωλογικές διεργασίες που δεν γίνονται πάντα σε «slow motion».

Εδώ λοιπόν, διαλέξαμε ένα παράδειγμα σε μια περιοχή με έντονη σεισμικότητα, ένα δεύτερο παράδειγμα σε μια περιοχή με ταχεία ιζηματογένεση με την κατασκευή ενός αυτοκινητόδρομου και τέλος ένα παράδειγμα που είναι ίσως το τραγικότερο, ενός έργου πολιτικού μηχανικού που αστόχησε από μια κατολίσθηση.

Διαφάνεια 25. Σεισμικότητα και έργα Π.Μ.: Πώς μπορούν να συνυπάρχουν τα έργα με ενεργά ρήγματα που δίνουν σεισμούς;

Το πρώτο μας παράδειγμα βρίσκεται στην Κακιά Σκάλα. Η πρόκληση είναι να κατασκευάσουμε μια σειρά από μεγάλα τεχνικά έργα σε ένα πολύ απότομο ανάγλυφο αλλά κυρίως σε μια περιοχή ενεργών σεισμικών ρηγμάτων. Ένα ανάγλυφο που είναι πολύ πρόσφατο γεωλογικά. «Πρόσφατο», με τη λογική ότι έχει διαμορφωθεί από μια σειρά ενεργών ρηγμάτων.

Όπως φαίνεται δεξιά, αυτή η Κακιά Σκάλα βρίσκεται μέσα σε κάποια σκαλοπάτια που έχουν δημιουργήσει αυτά τα ρήγματα και έχουν κόψει το βράχο. Αν και ο βράχος είναι εκατομμυρίων χρόνων, το ανάγλυφο είναι πολύ πρόσφατο εξ αιτίας της δημιουργίας αυτών των σεισμικών ρηγμάτων. Εκεί ο μύθος λέει ότι ο Θησέας κατάφερε να ρίξει, από τα απόκρημνα βράχια, τον περιβόητο ληστή Σκίρωννα. Ο Σκίρωνν βρισκόταν πάνω σ’ αυτό το πέρασμα για να το εκμεταλλευτεί, βασανίζοντας και ληστεύοντας τους ταξιδιώτες που περνούσαν από εκεί. Ο Θησέας λοιπόν κατάφερε πάνω σ’ αυτό το απότομο ανάγλυφο να τον ρίξει στο Σαρωνικό όπου τον περίμενε μια γιγαντιαία θαλάσσια χελώνα. Τέτοια ήταν η φήμη του που η περιοχή ονομαζόταν αλλιώς και Σκιρωννίδες πέτρες από το όνομά του.

Διαφάνεια 26. Έργα Π.Μ. σε περιβάλλον ενεργών ρηγμάτων

Τα έργα εδώ είναι η Νέα Εθνική οδός (αυτοκινητόδρομος), ο νέος σιδηρόδρομος υψηλών ταχυτήτων και η παλιά εθνική οδός. Πρέπει λοιπόν να «χωνέψουμε» όλα αυτά τα έργα μέσα σε αυτό το ανάγλυφο. Η πρώτη μας σκέψη είναι να μην κάνουμε σήραγγες που κοστίζουν περισσότερο, αλλά γέφυρες και ορύγματα.

Όμως αυτά θα έπρεπε να θεμελιωθούν πάνω σ’ αυτά τα ενεργά ρήγματα τα οποία έχουμε εκτιμήσει ότι θα ενεργοποιηθούν στη διάρκεια ζωής του έργου του πολιτικού μηχανικού. Αυτό το βλέπουμε και από τη διάρρηξη προσφάτων ιζημάτων όπως φαίνεται και κάτω δεξιά στην εικόνα.

Διαφάνεια 27. Χάραξη γραμμικών έργων Π.Μ.: Αποφυγή σεισμικών ρηγμάτων ή σχεδιασμός με τη μέγιστη αναμενόμενη σχετική μετακίνηση

Η γεωλογική έρευνα λοιπόν έδειξε ότι τα βάθρα της γέφυρας θα ήταν πάνω σ’ αυτά τα ρήγματα, οπότε έπρεπε να αλλάξουμε τη χάραξη, να αποφύγουμε αυτά τα σεισμικά

ρήγματα όσο μπορούμε με κάποια υπόγεια έργα, με κάποιες σήραγγες δηλαδή. Οι σήραγγες σε κάποιο σημείο βέβαια θα πρέπει να κόψουν αυτό το σεισμικό ρήγμα. Επομένως εκεί, θα έρθουμε να σχεδιάσουμε και να κατασκευάσουμε κατάλληλα το έργο μας. Περισσότερα στοιχεία θα σας δοθούν στα μεγαλύτερα έτη, στα σχετικά μαθήματα, στο πρόγραμμα σπουδών πολιτικού μηχανικού.

Διαφάνεια 28. Ταχεία ιζηματογένεση και μεταβολές της στάθμης της θάλασσας στην «σύγχρονη - γεωλογικά - εποχή»

Το δεύτερο παράδειγμα έχει να κάνει με το να προσπαθήσουμε να «διαβάσουμε»-αξιολογήσουμε το πώς μια περιοχή, από μια πρόσφατη ταχεία ιζηματογένεση, μπορεί να επηρεάσει τη φύση και τη σύσταση των εδαφών.

Εδώ επιλέγουμε ένα σημαντικό φάσμα χρόνου, πριν χιλιάδες χρόνια, το οποίο όμως δεν τοποθετείται πολύ παλιά, γεωλογικά πάντα. Βλέπουμε λοιπόν μια σύγκριση της γεωμορφολογικής απεικόνισης της Ελλάδας πριν από 18.000 και 9.000 χρόνια αντίστοιχα. Αυτό που διαπιστώνουμε εύκολα είναι ότι πριν από 18.000 χρόνια υπήρχαν κάποιες παράκτιες περιοχές πολύ χαμηλού υψομέτρου, με αυτό το μπεζ χρώμα. Στο κεντρικό Αιγαίο για παράδειγμα, θα μπορούσαμε πιθανώς να περπατήσουμε από το ένα νησάκι στο άλλο, όπως και στα άλλα παράλια της χώρας μας όπως φαίνεται πολύ ωραία στην εικόνα αριστερά.

Διαφάνεια 29. Πρόσφατη ιζηματογένεση: Οι «επεισοδικές» πρόσφατες προσχώσεις στον Μαλιακό κόλπο και η αλληλεπίδραση με τα νέα έργα του αυτοκινητοδρόμου

Ας προσπαθήσουμε τώρα να μικρύνουμε λίγο αυτό το χρονικό φάσμα και να πάμε στο στενό των Θερμοπυλών. Στενό;! Δεν είναι πια στενό όπως φαίνεται κάτω αριστερά. Αντιθέτως, είναι μια περιοχή που έχει γεμίσει με ιζήματα. Αν όμως δούμε την ακτογραμμή του 480π.Χ. όταν και έγινε η μάχη των Θερμοπυλών, βλέπουμε αυτή τη διαφορά με τη σημερινή σύγχρονη ακτογραμμή και την τότε ακτογραμμή που βρισκόταν στη ρίζα του βουνού.

Εδώ λοιπόν καταλαβαίνουμε ότι μέσα σ' αυτά τα δυόμισι χιλιάδες χρόνια, αυτή η περιοχή γέμισε με έδαφος το οποίο έδαφος προέρχεται από τον Σπερχειό ποταμό, ο οποίος φέρνει με επεισοδικό χαρακτήρα, με πλημμυρικά επεισόδια δηλαδή, ακατάστατες παροχές από αργίλους, ιλύες, αμμοχάλικα και οργανικά υλικά τα οποία είναι εξαιρετικά συμπιεστά υλικά.

Διαφάνεια 30. Πρόσφατη ιζηματογένεση και φύση εδαφών

Ο Μαλιακός κόλπος εδώ, γεμίζει γρήγορα με ιζήματα κι έτσι αλλάζει συνεχώς τη γραμμή της θάλασσας. Γιατί όμως είναι πλούσια η παροχή ιζημάτων σ' αυτή την περιοχή; Γιατί έχουμε πολύ μαλακά πετρώματα στα δυτικά που φέρνει ο Σπερχειός ποταμός.

Εδώ επίσης βλέπετε μια πολύ ωραία εικόνα του πόσο ακατάστατα και τι ετερογένεια μπορεί να παρουσιαστεί μέσα σ' αυτά τα ιζήματα, όπως φαίνεται στο σχήμα με τις γεωτρήσεις. Ετερογένεια που παρατηρείται τόσο σε οριζόντιο, όσο και σε κατακόρυφο επίπεδο.

Διαφάνεια 31. Η προβληματική συμπεριφορά των πρόσφατων μαλακών και χαλαρών ιζημάτων και τα απαιτούμενα μέτρα βελτίωσης ποιότητας για τα έργα

Ο μεγαλύτερος όμως αυτοκινητόδρομος περνάει μέσα από αυτά τα ιζήματα κι επομένως εκεί πρέπει να θεμελιώσουμε ένα επίχωμα πάνω σε αυτά. Πώς γίνεται όμως να μη «βουλιάξει» αφού δεν έχει προλάβει το υλικό να συμπυκνωθεί κι όταν έχουμε τέτοια οργανικά υλικά που είναι εξαιρετικά συμπιεστά;

Αν υπολογίσουμε τις μετακινήσεις χωρίς μέτρα βελτίωσης εδάφους είναι περί το ένα μέτρο, άρα μιλάμε για ένα έργο το οποίο δεν θα ήταν καθόλου ασφαλές κι επιτυχημένο. Αν όμως εφαρμόσουμε μέτρα βελτίωσης εδάφους, με την τοποθέτηση χαλικοπασσάλων, βλέπουμε δεξιά ότι μπορεί να έχουμε εντυπωσιακή μείωση των μετακινήσεων. Οπότε, το έργο μας μπορεί να είναι ασφαλές, κάτι που μπορείτε να το διαπιστώσετε και εσείς οι ίδιοι όταν περάσετε από την περιοχή.

Διαφάνεια 32. Ιζηματογένεση και ανθρώπινες δραστηριότητες

Ένα άλλο παράδειγμα σχετικά με το πώς μπορεί μέσα σε 10 χρόνια να αλλάξει αυτή η προσφορά ιζηματογένεσης μέσα από μια ανθρώπινη δραστηριότητα είναι αυτό εδώ. Αν συγκρίνουμε το 2009 και το 2019 ως προς την εικόνα που έχει το δέλτα του Αξιού βόρεια της χώρας, θα παρατηρήσουμε μεγαλύτερη προσφορά σε ιζήματα στη δεξιά εικόνα. Ένα μεγάλο μέρος λοιπόν αυτού του υλικού χρησιμοποιήθηκε στην οικοδομική χρήση μέχρι το 2008-2009, όταν και ξεκίνησε η οικονομική κρίση στην Ελλάδα. Έπαιρναν λοιπόν, άλλοτε παράνομα κι άλλοτε νόμιμα, αυτά τα υλικά και ο ποταμός δεν μπορούσε να αποθέσει τα υλικά του. Βλέπουμε λοιπόν μια εντελώς διαφορετική εικόνα στο δέλτα ακριβώς επειδή η οικονομική κρίση επηρέασε τα ορυχεία. Είναι μια εξαιρετικά διακριτή διαφορά και μάλιστα σε ένα μικρό χρονικά φάσμα, μόλις 10 ετών.

Διαφάνεια 33. Κατολισθήσεις: οι «εκπλήξεις» που μπορεί να κρύβει η γεωλογία. Η τραγικότερη και μεγαλύτερη αστοχία έργου Πολιτικού Μηχανικού ενώ η ίδια η κατασκευή δεν αστόχησε!

Πάμε τώρα στο τελευταίο παράδειγμα που έχουμε ίσως την τραγικότερη και μεγαλύτερη αστοχία έργου πολιτικού μηχανικού, ενώ η ίδια του η κατασκευή δεν αστόχησε. Είμαστε στο φράγμα Vajont, στη βόρεια Ιταλία. Πρόκειται για ένα τοξωτό φράγμα 262 μέτρων, το μεγαλύτερο στον κόσμο τότε.

Στις 9 Οκτωβρίου του 1963 το έργο αστόχησε από γεωλογικά αίτια καθώς μια γιγαντιαία κατολίσθηση στο πρανές του ταμιευτήρα, όγκου 270 εκ. κυβικών, με μια εξαιρετικά μεγάλη ταχύτητα 108 χλμ/ώρα, πολύ βίαια, έπεσε μέσα στον ταμιευτήρα του φράγματος. Δημιουργήθηκε έτσι ένα τσουνάμι 200 μέτρων ύψους πάνω από τη στέψη του φράγματος το οποίο έπνιξε όλα τα χωριά στα κατάνη και προκάλεσε περίπου 2000 θανάτους.

Διαφάνεια 34. Κατολίσθηση κλίμακας βουνού: Το έναυσμα, το έργο του Π.Μ.

Πάμε να δούμε τώρα κάποια γεωμετρικά χαρακτηριστικά σχετικά με την κατολίσθηση. Στην επάνω φωτογραφία βλέπετε την εικόνα πριν την αστοχία με το μήκος της κατολίσθησης να είναι περίπου στα 1.100 m, ενώ με τη διακεκομμένη βλέπετε το αποτύπωμα από όπου ξεκόλλησε αυτή η μάζα. Ακριβώς από κάτω βλέπετε πια αυτήν την επίπεδη επιφάνεια στην οποία έγινε πάνω η ολίσθηση, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο το υλικό έχει «μπαζώσει», έχει φράξει πια το ποτάμι. Τονίζω για ακόμη μία φορά ότι η ταχύτητα κατά την ολίσθηση ήταν εξαιρετικά γρήγορη κι έγινε πολύ βίαια.

Διαφάνεια 35. Οι γεωλογικές «εκπλήξεις»: Μια παλαιά κατολίσθηση και μια ασθενής ζώνη

Πάμε να δούμε αρχικά γιατί φτιάχτηκε εκεί το φράγμα. Έχουμε έναν εξαιρετικής αντοχής ασβεστόλιθο, κατάλληλο για τοξωτά φράγματα, όπως θα δούμε στο μάθημα της Τεχνικής Γεωλογίας του προγράμματος σπουδών σας. Όμως όλο το βουνό εδώ γλίστρησε πάνω σε μία ενδιάστρωση, σε μια μαλακή ζώνη αργιλικής σύστασης που είναι εξαιρετικά χαμηλότερης αντοχής από τον ασβεστόλιθο. Αν και η κατολίσθηση λοιπόν έγινε σε ένα από τα πιο σταθερά πετρώματα, στον ασβεστόλιθο, αυτή η

διεπιφάνεια, με τη συγκεκριμένη γεωμετρία, οφείλεται επί της ουσίας σε μεγάλο βαθμό για την αστοχία αυτού του υλικού.

Διαφάνεια 36. Τα αίτια μιας κατολίσθησης: Συνήθως το υπόγειο νερό

Ένας άλλος λόγος είναι ότι εκεί, στην περιοχή υπήρχε μία παλιά κατολίσθηση, η οποία είχε συμβεί πολύ πριν ο άνθρωπος αρχίσει να σκέφτεται ότι θα πάει να κατασκευάσει ένα τέτοιο έργο. Όμως θα μπορούσε να «διαβάσει» ότι σε αυτή την περιοχή, πιθανώς σε αυτό το «πεζούλι» που βλέπουμε κάτω στην αριστερή φωτογραφία, είναι μια παλιά κατολίσθηση. Η παρουσία της αργιλικής επιφάνειας επίσης μέσα στον ασβεστόλιθο, όπως είπαμε, η οποία βουτάει ομόρροπα με το πρανές κι έχει μια δυσμενή γεωμετρία, επίσης βοήθησε.

Κι ένα δεύτερο παρά πολύ σημαντικό είναι το ίδιο μας το έργο. Όταν κατασκευάσαμε εμείς αυτό το πολύ ψηλό φράγμα, το νερό εδώ μέσα «φούσκωσε» στο βουνό και αυτή η ανάπτυξη τεράστιων υδατικών πιέσεων μέσα στο βράχο οδήγησε και βοήθησε πάρα πολύ στο να εκδηλωθεί αυτή η αστοχία. Δεξιά, εδώ βλέπετε όλο αυτό το υλικό πώς ξεκόλλησε μετά την αστοχία και έφραξε όλο τον ταμιευτήρα.

Διαφάνεια 37. Οι δραματικές συνέπειες της κατολίσθησης και μια μεγάλη απορία

Το τοξωτό φράγμα, το ίδιο το έργο του Πολιτικού Μηχανικού, άντεξε τις μεγάλες πιέσεις αλλά δεν καταστράφηκε! Μάλιστα, άντεξε πολύ μεγαλύτερες πιέσεις από αυτές που είχε σχεδιαστεί. Ο όγκος του νερού που εκτινάχθηκε (περίπου 30εκ. κυβικά) προκάλεσε περίπου 2000 θανάτους και κατέστρεψε ολοσχερώς 5 χωριά. Ένα από αυτά και το χωριό Longarone, κάτω δεξιά, ακριβώς κατάντη του φράγματος, που φαίνεται κι εδώ λίγο στη σημερινή επάνω εικόνα.

Η απορία λοιπόν είναι η εξής: Γιατί δεν ερμηνεύτηκε σωστά από τις μετακινήσεις η ταχύτητα εξέλιξης της κατολίσθησης, ώστε να δοθεί εντολή εκκένωσης της περιοχής; Υπερεκτιμήθηκαν οι δυνατότητες του τεχνητού ελέγχου, η αυξομείωση δηλαδή της στάθμης του ταμιευτήρα για να μπορέσουμε να το ελέγξουμε και εκτιμήθηκε ότι η κατολίσθηση θα εξελιχθεί πιο αργά, πιο ήπια, ελεγχόμενα και σιγά σιγά να βουλιάζει η μάζα. Σε κάθε περίπτωση, υπήρχαν πολλές διαφορετικές απόψεις που δυστυχώς δε βοήθησαν στην έγκαιρη λήψη αποφάσεων.

Από το Vajont λοιπόν κρατάμε ότι ήταν πολύ πιο εύκολη η πρόβλεψη αν θα αστοχήσει το έργο (σαφώς και το διέκριναν από την αρχή της κατασκευής) από το πότε θα αστοχήσει (τον μηχανισμό αστοχίας) ή πόσο γρήγορα θα εξελιχθεί η αστοχία, κάτι που δεν ήταν τόσο εύκολο να προβλεφθεί.

Διαφάνεια 38. Αστοχία φράγματος Vajont: Ένα σπουδαίο μάθημα στην ύπαιθρο για τους φοιτητές της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

Εδώ στη φωτογραφία βλέπετε τους φοιτητές μας στους οποίους γίνεται μια πολύ αναλυτική παρουσίαση του μηχανισμού αστοχίας και όλων των αιτιών της κατολίσθησης. Πρόκειται για ένα σπουδαίο μάθημα στην ύπαιθρο για τους φοιτητές της σχολής Πολιτικών Μηχανικών στο πλαίσιο του μαθήματος της Τεχνικής Γεωλογίας, μέσα από μια μεγάλη εκδρομή στην Ιταλία, Γαλλία κι Ελβετία όπου βλέπουμε αντίστοιχα περιστατικά αστοχίας έργων Πολιτικού Μηχανικού λόγω λανθασμένης εκτίμησης του γεωλογικού μοντέλου.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 39. Ενότητα 4: Μελετάμε το παρελθόν, σε χρονική κλίμακα διαφορετική για κάθε πρόβλημα, για να προβλέψουμε το μέλλον

Στη συνέχεια, για τον αέρα και το νερό και τον χρόνο ετοίμασε υλικό ο Δημήτρης Κουτσογιάννης σε συνεργασία με την Άνυ Ηλιοπούλου που θα το παρουσιάσει.

Και τώρα μπορεί να σκέφτεστε: Ενδιαφέρον αυτό το ταξίδι στην ιστορία της γης, αλλά γιατί επιμένουμε τόσο στο παρελθόν εφόσον ως μηχανικοί σχεδιάζουμε για το μέλλον;

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 40. Γιατί μας ενδιαφέρει το παρελθόν ενώ σχεδιάζουμε για το μέλλον;

Είναι γνωστή ιδέα ότι όποιος αγνοεί το παρελθόν είναι καταδικασμένος να το επαναλάβει, θα προσθέταμε «μαζί και με τα λάθη του». Και αυτό ακριβώς είναι που θέλουμε να αποφύγουμε με τις αστοχίες παλιών έργων. Δεν είναι όμως μόνο η αποφυγή ιστορικών αστοχιών που μας ενδιαφέρει. Εξίσου σημαντική είναι και η επιδίωξη της μεγαλύτερης δυνατής επιτυχίας ενός έργου. Και όσο μεγαλύτερα παράθυρα παρατήρησης στο παρελθόν έχει ο Πολιτικός Μηχανικός τόσο καλύτερες θα είναι οι προβλέψεις του για το μέλλον και οι εκτιμήσεις για τα μεγέθη σχεδιασμού..

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 41. Μερικά απαραίτητα μεγέθη για τον σχεδιασμό διαφορετικών έργων πολιτικού μηχανικού

Ας δούμε για παράδειγμα μερικά τυπικά μεγέθη σχεδιασμού που μας ενδιαφέρουν.

Όταν σχεδιάζετε μια γέφυρα είναι απαραίτητο να γνωρίζετε τη μέγιστη πλημμυρική παροχή που είναι πιθανό να περάσει στη διατομή ποταμού από κάτω, ώστε να μην καταστραφεί η γέφυρα στη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής της. Αντίστοιχα, για έναν ουρανοξύστη χρειάζεται το μέγιστο φορτίο ανέμου, για ένα φράγμα το μέγιστο σεισμικό φορτίο, και για ένα σιδηρόδρομο το μέγιστο φορτίο από θερμική διαστολή.

Πώς μπορούμε να τα προβλέψουμε αυτά τα μεγέθη;

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 42. Με ποια μέθοδο θα προβλέψουμε αυτά τα μεγέθη;

Εδώ υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις ανά κλάδο.

Η πλέον δόκιμη όμως και εμπειριστατωμένη μέθοδος που χρησιμοποιούμε και εμείς οι μηχανικοί είναι η ιστορική. Δηλαδή το να μελετάμε το παρελθόν χρησιμοποιώντας μετρήσεις, και να παράγουμε πλήθος άλλων πιθανών μελλοντικών «φορτίσεων» με βάση τη θεωρία πιθανοτήτων.

Εδώ πρέπει να τονίσουμε βέβαια ότι το ρίσκο δεν εξαλείφεται ποτέ όσο προχωρημένη και αν είναι η γνώση και η τεχνολογία μας. Όμως αυτό που μπορούμε και θέλουμε να κάνουμε είναι να το περιορίσουμε σε αποδεκτό επίπεδο.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 43. Ενότητα 5: Διαφορετικές εικόνες για Θερμοκρασία - στάθμη θάλασσας & Βροχόπτωση σε διαφορετικές χρονικές κλίμακες

Ας δούμε τώρα πώς εξελίσσονται στο χρόνο μερικές διεργασίες που μας ενδιαφέρουν πολύ. Δηλαδή η θερμοκρασία και η βροχόπτωση όπως είπαμε και πριν, καθώς επίσης και η στάθμη της θάλασσας που φυσικά θέλουμε να γνωρίζουμε την εξέλιξή της για την εκτίμηση της ασφάλειας των παραθαλάσσιων κατασκευών μας.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 44. Με τι ρυθμό γίνεται η «υπερθέρμανση του πλανήτη»;

Πριν ξεκινήσουμε αυτό το ταξίδι στο χρόνο, ας κάνουμε ένα πείραμα για να ελέγξουμε τα «αντανακλαστικά» μας ως προς την κατανόηση της αλλαγής της γης. Είναι γνωστό ότι η θερμοκρασία του πλανήτη αυξάνεται τις τελευταίες δεκαετίες. Αναρωτηθείτε τώρα με τι ρυθμό συμβαίνει αυτή η αύξηση:

- 0.1-0.2 °C/δεκαετία
- 1-2 °C/δεκαετία
- 10-20 °C/δεκαετία

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 45. Τελευταία 70 χρόνια: μέση θερμοκρασία της Γης

Τη σωστή απάντηση την ξέρουμε χάρη στα πολύ λεπτομερή δεδομένα μετρήσεων θερμοκρασίας που έχουμε τα τελευταία 70 χρόνια για όλο τον πλανήτη.

Στο αριστερό διάγραμμα βλέπετε τη θερμοκρασία όπως κυμαίνεται σε μηνιαία κλίμακα στην επιφάνεια της γης όπου και εκτιμούμε ότι αυξάνεται με ρυθμό 0.19 °C/δεκαετία.

Ενώ στο δεξιό διάγραμμα βλέπετε τη θερμοκρασία στην κατώτερη τροπόσφαιρα όπου και εκτιμούμε ότι αυξάνεται με ρυθμό 0.13 °C/δεκαετία.

Άρα η σωστή απάντηση και για τις δυο περιπτώσεις είναι η πρώτη.

Τι σημαίνει όμως αυτός ο ρυθμός αύξησης πρακτικά; Δεν μας λέει κάτι έτσι αυθαίρετα αλλά μάλλον χρειαζόμαστε ένα μέτρο σύγκρισης για να τον κατανοήσουμε. Για να πάμε λοιπόν ακόμα πιο πίσω στο παρελθόν... Και πως θα δούμε το παρελθόν αφού δεν έχουμε μετρήσεις πιο πριν;

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 46. Τελευταία 500 εκατομμύρια χρόνια: Πιθανή εξέλιξη της μέσης θερμοκρασίας της Γης

Έχουμε ανακατασκευές της θερμοκρασίας χάρη στην επιστήμη της παλαιοκλιματολογίας που έχει προχωρήσει σε πιθανές εκτιμήσεις της θερμοκρασίας μέχρι και 500 εκατομμύρια χρόνια πριν, όπως αυτές που βλέπετε.

Εδώ παρατηρούμε εντυπωσιακές μεταβολές τόσο αύξησης όσο και μείωσης της μέσης θερμοκρασίας της γης η οποία έχει κυμανθεί από 10 έως και 40 βαθμούς!

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 47. Τελευταία 20 χιλιάδες χρόνια: Θερμοκρασία Γροιλανδίας

Ας εστιάσουμε όμως σε πιο πρόσφατα χρόνια και συγκεκριμένα ας δούμε τι έγινε τα τελευταία 20 χιλιάδες χρόνια στη Γροιλανδία. Βλέπετε ότι η θερμοκρασία πριν 20 χιλιάδες χρόνια ήταν -50, πέρασε μερικές χιλιετίες ραγδαίας αύξησης και έφτασε κοντά στους -30, όπου και παραμένει σχετικά σταθερή τα τελευταία 10 χιλιάδες χρόνια. Αυτή είναι και η περίοδος που αναπτύχθηκε ο ανθρώπινος πολιτισμός.

Από αυτή τη χρονοσειρά εκτιμούμε ανώτατο ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας 0.85 °C/δεκαετία, και μείωσης -0.43 °C/δεκαετία, πολύ μεγαλύτερους λοιπόν ρυθμούς αλλαγής από τα τελευταία χρόνια.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 48. Τελευταία 20 χιλιάδες χρόνια (τελευταία τήξη παγετώνων): Συνεξέλιξη θερμοκρασίας και στάθμης θάλασσας

Η θερμοκρασία της Γροιλανδίας συσχετίζεται άμεσα με την μεταβολή της παγκόσμιας στάθμης της θάλασσας, η οποία όπως βλέπετε την ίδια περίοδο, δηλαδή τα τελευταία

20 χιλιάδες χρόνια επίσης αυξήθηκε, σχεδόν 130 μέτρα. Τις τελευταίες χιλιετίες έχει πολύ μικρότερες διακυμάνσεις της τάξεως των μερικών μέτρων.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 49. Τελευταία 10 χιλιάδες χρόνια: Θερμοκρασία Γροιλανδίας

Ζούμε λοιπόν σε μια θερμή γενικά περίοδο στην ιστορία της γης. Για να εστιάσουμε όμως λίγο περισσότερο στα τελευταία 10 χιλιάδες χρόνια της Γροιλανδίας. Προκύπτει άραγε η ίδια εικόνα θερμοκρασιακής αλλαγής με αυτή που είδαμε προηγουμένως;

Έχει ενδιαφέρον λοιπόν ότι σε αυτή την κλίμακα για περισσότερο από 7000 χιλιάδες χρόνια η κυρίαρχη θερμοκρασιακή τάση είναι η ψύξη! Βέβαια σημειώνονται ανά τα χρόνια τοπικά θερμοκρασιακά μέγιστα όπου η τάση αναστρέφεται, όπως για παράδειγμα συνέβη τα μινωικά χρόνια, το μεσαίωνα αλλά και το πιο πρόσφατο 1940.

Ανάλογα λοιπόν το παράθυρο παρατήρησης που επιλέγουμε, ή αλλιώς χρονική κλίμακα όπως λέμε, μπορεί να δούμε και διαφορετική εικόνα της αλλαγής, πιθανόν και τελείως αντίθετη από αυτή που περιμένουμε.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 50. Τελευταία 70 χρόνια: Μέση ημερήσια βροχόπτωση

Εκτός όμως από τη θερμοκρασία και τη στάθμη της θάλασσας, μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα και η βροχόπτωση.

Εδώ βλέπουμε τη μέση ημερήσια βροχόπτωση 70 χρόνια πίσω, όσο μας επιτρέπει να πάμε η διαθεσιμότητα συνεχών μετρήσεων στο χώρο που έχουμε από επίγειους σταθμούς και δορυφόρους σ' όλη τη γη και ξεχωριστά στη στεριά και στη θάλασσα. Παρατηρούμε συνεχείς διακυμάνσεις της βροχόπτωσης και στις τρεις περιπτώσεις, χωρίς όμως να εντοπίζεται κάποια τάση συστηματικής αλλαγής.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 51. Τελευταία 150 χρόνια, δεδομένα σημειακής βροχόπτωσης: παγκόσμια ρεκόρ

Μπορούμε μάλιστα να πάμε ακόμα πιο πίσω στο χρόνο αν χρησιμοποιήσουμε δεδομένα από τοπικές καταγραφές μέγιστων βροχοπτώσεων ανά τον κόσμο μας οι οποίες φτάνουν έως περίπου 150 χρόνια πριν.

Στο χάρτη βλέπετε τη χωροχρονική κατανομή των ρεκορ βροχοπτώσεων που έχουν σημειωθεί από το 2^ο μισό του 19^{ου} αιώνα μέχρι πρόσφατα.

Παρατηρούμε ότι τα περισσότερα ρεκόρ συγκεντρώνονται την περίοδο 1960 με 1980, ενώ τα τελευταία χρόνια η συχνότητα εμφάνισής τους έχει μειωθεί αρκετά.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 52. Τα έργα Π.Μ. ως προστασία ενάντια στις διαχρονικές προκλήσεις της Φύσης

Είδαμε λοιπόν μέχρι τώρα πλήθος αλλαγών στις φυσικές διεργασίες να συμβαίνουν σε διάφορες χρονικές κλίμακες, άλλες πολύ μεγαλύτερες της ανθρώπινης ζωής και άλλες όμως όχι. Πώς αντιμετωπίζει ο πολιτικός μηχανικός τον κίνδυνο από τις αλλαγές που συμβαίνουν στη διάρκεια της ζωής του και ιδίως από αυτές που είναι ιδιαίτερα απειλητικές όπως οι ακραίες βροχοπτώσεις που είδαμε προηγουμένως;

Εδώ βλέπετε εικόνες από εμβληματικά αντιπλημμυρικά έργα που πραγματοποιήθηκαν τις τελευταίες δεκαετίες στο Σπερχειό ποταμό, που είδαμε πριν, και πέτυχαν την αντιπλημμυρική προστασία τόσο των κοντινών οικιστικών και αγροτικών περιοχών όσο και της σιδηροδρομικής γραμμής που διέρχεται από την κοιλάδα.

Η αντιμετώπιση επομένως των ακραίων φυσικών φαινομένων είναι πρόκληση για το μηχανικό, ο οποίος μελετώντας τα ιστορικά δεδομένα, έχει τη δυνατότητα να σχεδιάζει και να υλοποιεί έργα προστασίας με ιδιαίτερη επιτυχία.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 53. Επίλογος

Τι θα θέλαμε να κρατήσετε από τα ταξίδια που κάνατε σήμερα στον χρόνο.

Όταν πάμε αρκετά πίσω στον χρόνο α) αντιλαμβανόμαστε καλύτερα τα φαινόμενα που επηρεάζουν τα έργα ΠΜ, β) κάνουμε πιο αξιόπιστες προβλέψεις για τα απαραίτητα μεγέθη για τον σχεδιασμό των έργων αλλά και γ) εκτιμάμε καλύτερα τη συμβολή του ΠΜ στη βελτίωση της ανθρώπινης ζωής

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 54. Η γη αλλάζει, τα πάντα ρει...

Η γη αλλάζει και η αλλαγή αυτή είναι παντοτινή, αλλά δεν είναι πάντα επικίνδυνη, μπορεί να είναι και θετική. Για αυτό δεν πρέπει να προκαλεί τρόμο, αφού ακόμα και όταν είναι όντως επιζήμια, ο ΠΜ έχει τα μέσα για να μειώσει είτε τον κίνδυνο καθαυτό είτε τις επιπτώσεις του.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 55. Επινίκιο των μηχανικών: μείωση επιπτώσεων του κινδύνου

Και πού το στηρίζουμε αυτό;

Επιστρατεύοντας φυσικά ξανά τα δεδομένα και βλέποντας ότι οι μηχανικοί με τα έργα τους κατόρθωσαν να μειώσουν τις επιπτώσεις των φυσικών κινδύνων. Βλέπτετε εδώ πως τα θύματα από ξηρασία και πλημμύρα μειώθηκαν δραματικά από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα χάρη στην επιτυχία έργων μηχανικού όπως αυτά που συζητήσαμε προηγουμένως.

Και αυτή είναι η παράδοση που εσείς, έχοντας επιλέξει αυτές τις σπουδές, συνεχίζετε και καλείστε να εξελίξετε.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 56. Ευχαριστίες σε συναδέλφους

Πριν κλείσουμε, ευχαριστούμε τους συναδέλφους που μοιράστηκαν μαζί μας τις γνώσεις τους και το υλικό τους και μας βοήθησαν να κάνουμε την ομιλία πιο πλούσια.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΕΣ 57-60. Πηγές υλικού και βιβλιογραφία

Αν θέλετε να ανατρέξετε στις πηγές μας, σ' αυτές τις τέσσερις διαφάνειες έχετε τις πλήρεις αναφορές.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ 61. Κλείσιμο

Σας ευχαριστούμε για το ενδιαφέρον σας για τις Σπουδές Πολιτικού Μηχανικού στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αν έχετε κάποια ερώτηση σχετική με το περιεχόμενο της ομιλίας, θα χαρούμε να σας απαντήσουμε.