

Εφαρμογές GPR σε Έργα Συγκοινωνιακής Υποδομής
An overview of GPR application in Transportation Infrastructure

Athens, 28th September

Andreas Loizos

Professor of NTUA

Director, Department of Transportation Planning and Engineering



GROUND PENETRATING RADAR IN ARCHAEOLOGY

ROMAN VILLA



MEGALOPOLIS THEATRE



MARATHION



TOMB OF ACHARNON



LAZHENKI PALACE



KASTELLORIZO ISLAND



POSEIDON TEMPLE



POSEIDON TEMPLE



AMPHIARION



ANTIKYTHERA



TEMPLE OF ARTEMIS



WAVEL CATHEDRAL



BARCELONA

27 AND 28 SEPTEMBER 2016 IN ATHENS

SUPPORTED FROM

COST TU1208 ACTION OF THE EUROPEAN UNION
GEOSERVICE
HELLENIC MINISTRY OF CULTURE
CITY OF ATHENS

Δομή παρουσίασης

- Αρχές λειτουργίας συστήματος GPR
- COST Action TU1208
- Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής
- Μελλοντικές προκλήσεις



Πολιτισμός



Αρχές λειτουργίας συστήματος Ground Penetrating Radar – GPR

- Το γεωραντάρ ή αλλιώς το Ground Penetrating Radar (GPR) αποτελεί μία γεωφυσική μέθοδο.
- Βασίζεται στην ηλεκτρομαγνητική θεωρία και αποτελεί μία μη καταστρεπτική μέθοδο με μεγάλο εύρος εφαρμογών.

Ταχύτητα διάδοσης

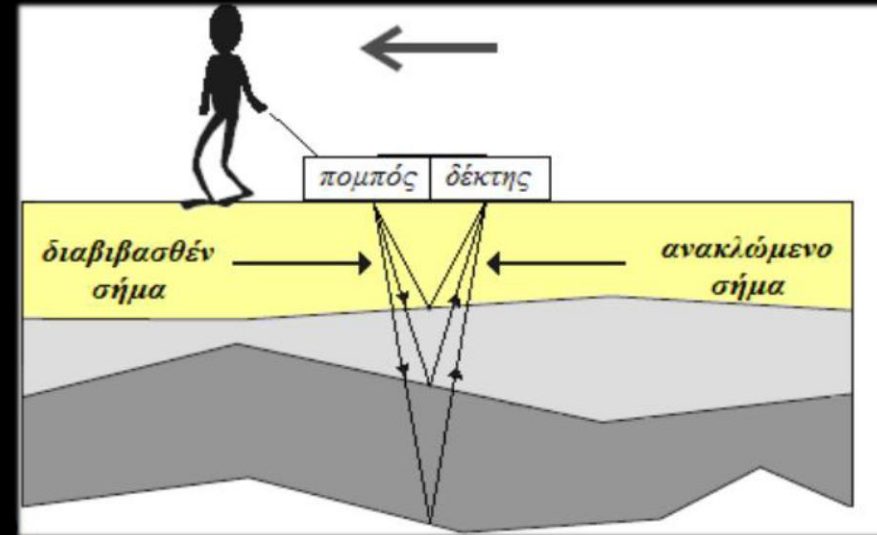
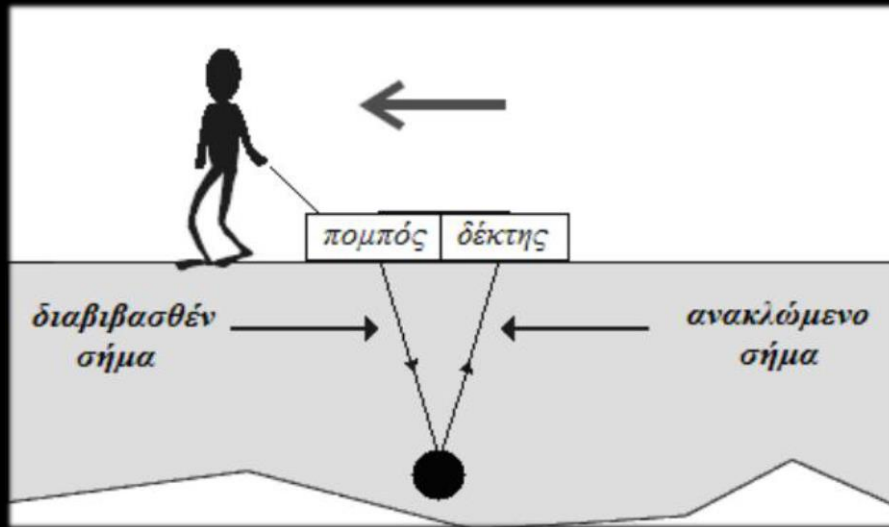
$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

ταχύτητα φωτός στο κενό

διηλεκτρική σταθερά μέσου

Αρχές λειτουργίας συστήματος Ground Penetrating Radar – GPR

Στηρίζεται στην ανάκλαση υψηλής συχνότητας ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων τα οποία εκπέμπονται και διαβιβάζονται (διαβιβασθέν σήμα) ενώ στην συνέχεια ανακλώνται (ανακλώμενο σήμα) σε ασυνέχειες μέσω (διαφορετική διηλεκτρική σταθερά /αγωγιμότητα).



COST Action TU1208: Civil Engineering Applications of Ground Penetrating Radar



Website: <http://gpradar.eu/index.html>

Working Groups:

WG 1: Novel GPR implementation

WG 2: GPR surveying of pavements, bridges, tunnels and buildings; underground utility and void sensing

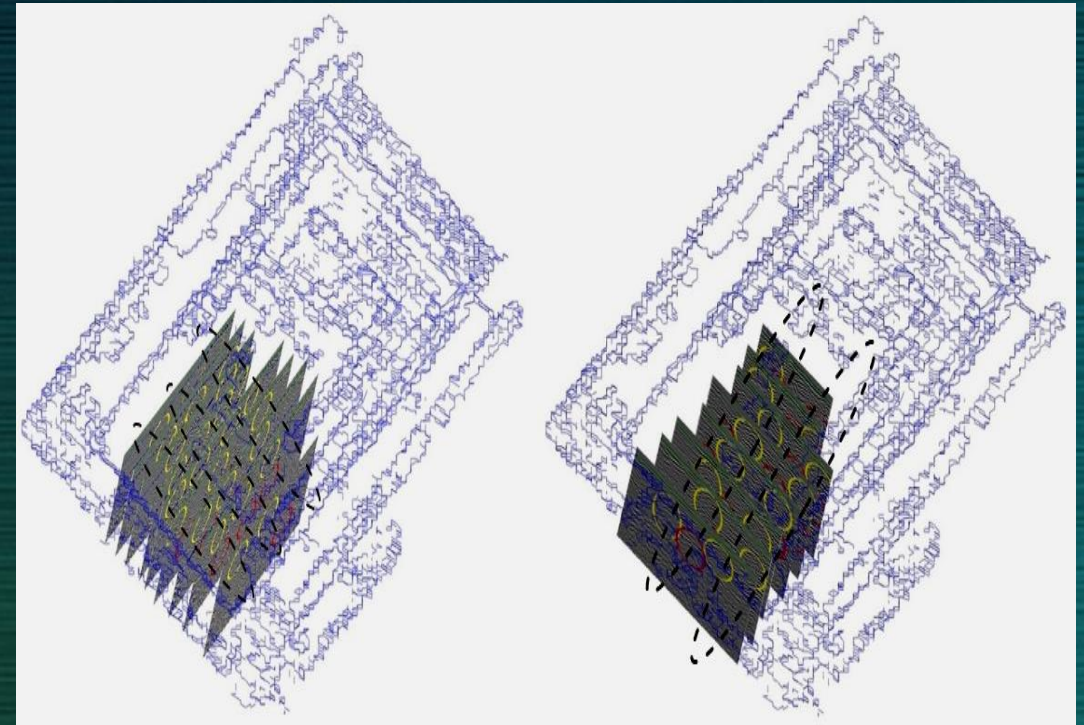
WG 3: Electromagnetics (EM) methods for near-field scattering problems by buried structures; data processing techniques

WG 4: Different applications of GPR and other NDT technologies in Civil Engineering

Εφαρμογές στην αρχαιολογία



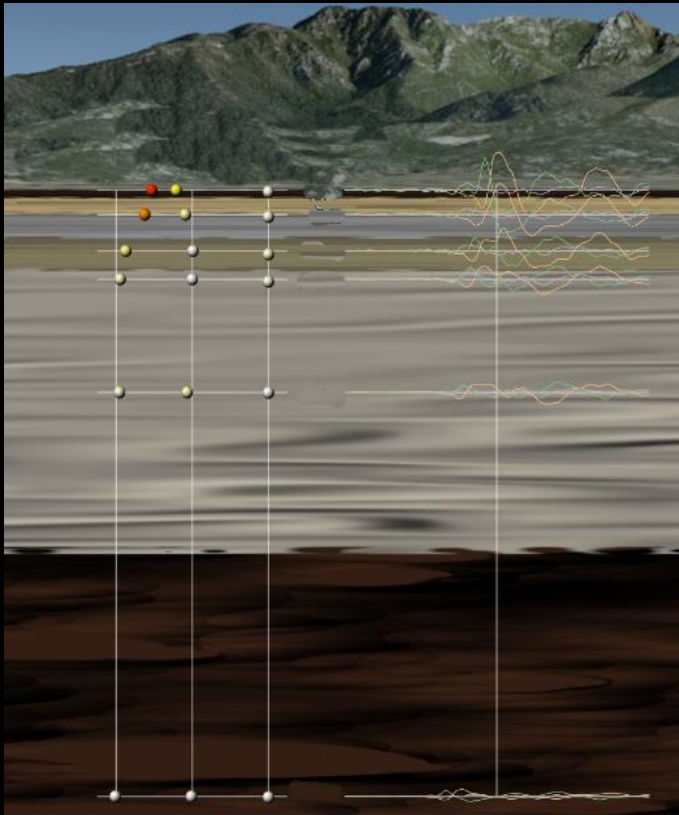
Αποτελέσματα GPR από έρευνα



Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Διαφοροποίηση συχνοτήτων:

Στην περίπτωση χρήσης του συστήματος GPR σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής, τα βάρη και οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται διαφέρουν από τα αντίστοιχα που λαμβάνονται σε άλλες εφαρμογές.



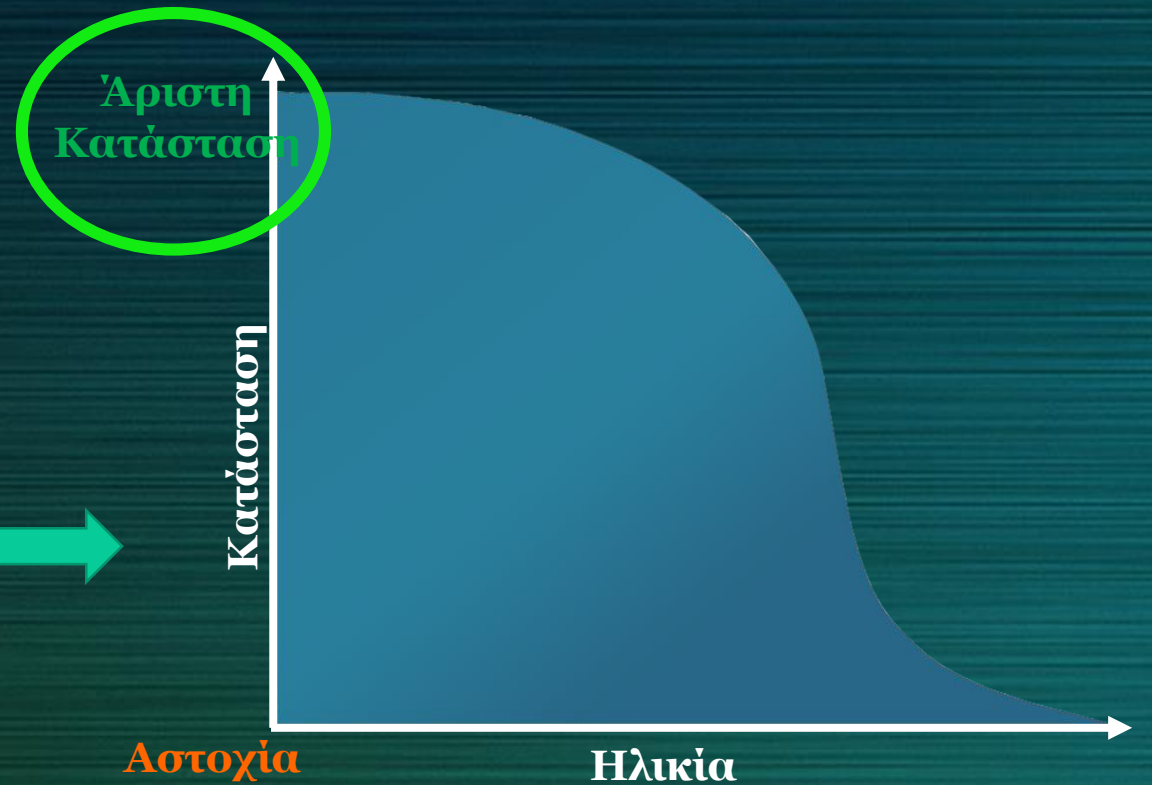
Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Αξιοποίηση GPR στα οδοστρώματα



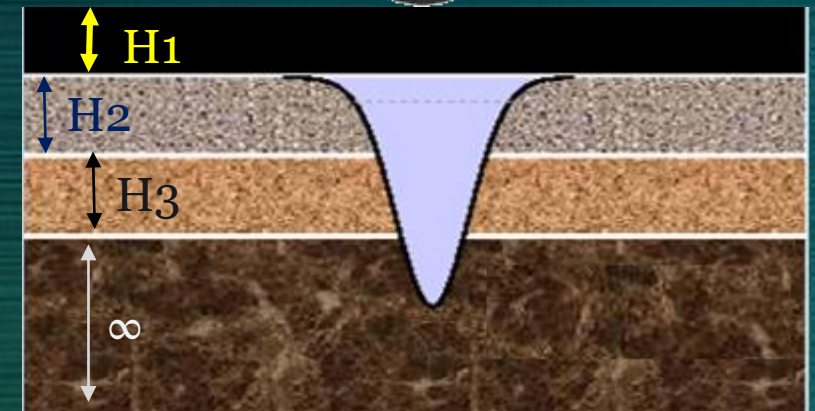
Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Ποιοτικός έλεγχος νέου οδοστρώματος



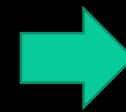
Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Ο προσδιορισμός του πάχους των στρώσεων αποτελεί παράμετρο κλειδί για την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας των οδοστρωμάτων.



Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Παραδοσιακά ο προσδιορισμός του πάχους των υφιστάμενων στρώσεων γίνεται με την διαδικασία της **πυρηνοληψίας** που αποτελεί ωστόσο, **μία χρονοβόρα, καταστρεπτική και κοστοβόρα μέθοδο.**



Στο πλαίσιο δηλαδή του ποιοτικού ελέγχου και της παρακολούθησης της κατάστασης του οδοστρώματος απαιτείται **πλήθος πυρήνων (λήψη επαρκούς στατιστικού δείγματος !)**.



Στην περίπτωση ενός οδικού τμήματος που βρίσκεται εν λειτουργία απαιτούνται αυστηρά μέτρα **κυκλοφοριακών ρυθμίσεων.**



Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Ποιοτικός έλεγχος και ενίσχυση υφιστάμενου οδοστρώματος



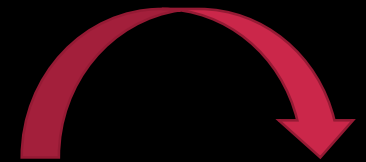
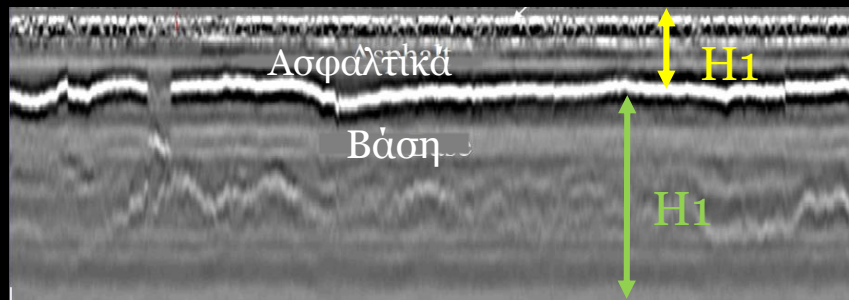
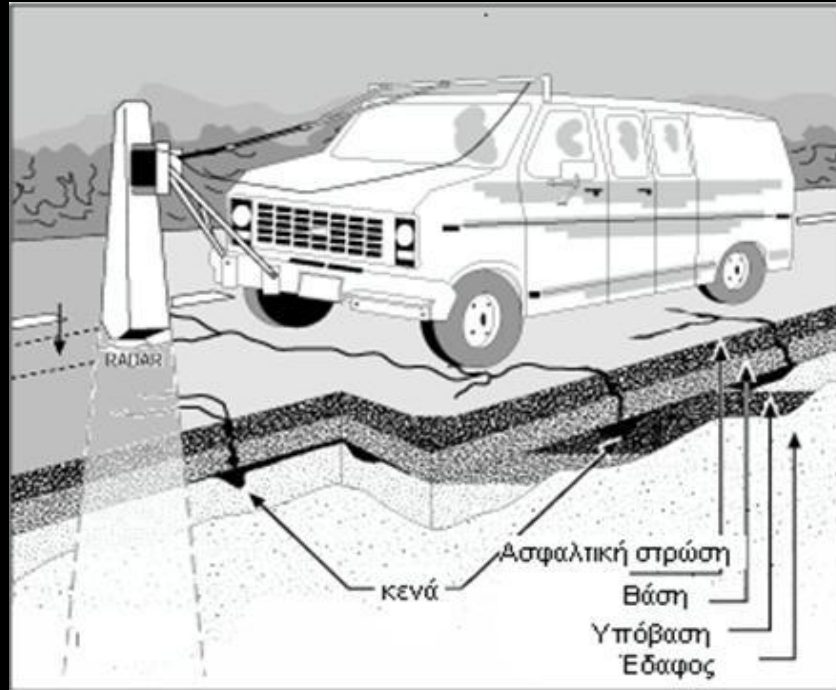
Ολυμπία οδός:

- Έλεγχος και ενίσχυση υφιστάμενων
- Ποιοτικός έλεγχος σε νέα τμήματα

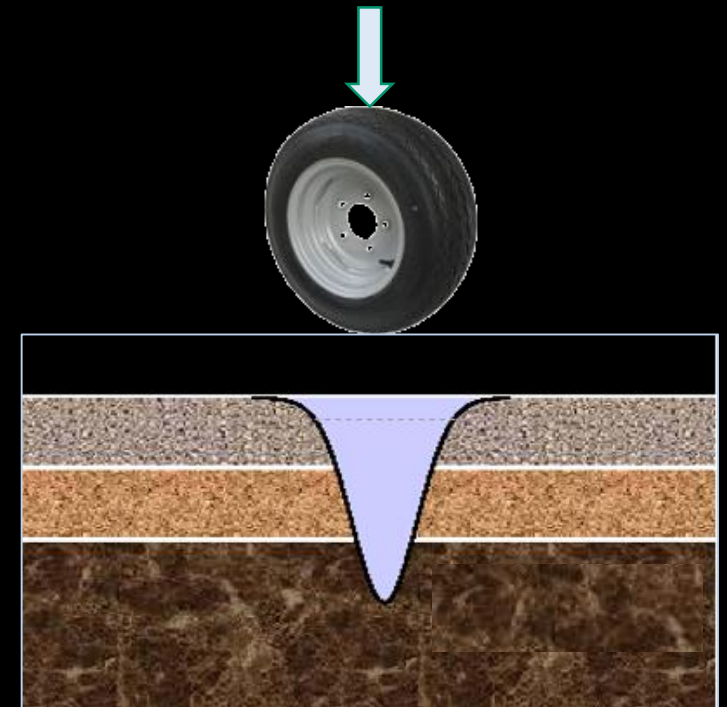
Ανάγκη προσδιορισμού πάχους στρώσεων και στις δύο περιπτώσεις τμημάτων

Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Ο προσδιορισμός του πάχους των στρώσεων με τη χρήση του GPR.



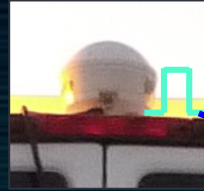
Πάχη Στρώσεων
Παράμετροι
Εισόδου



Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής



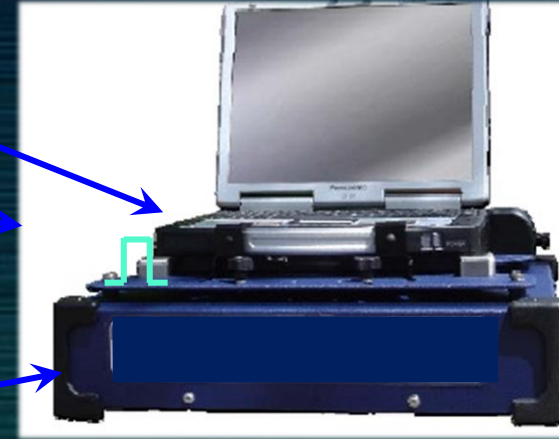
Κεραία



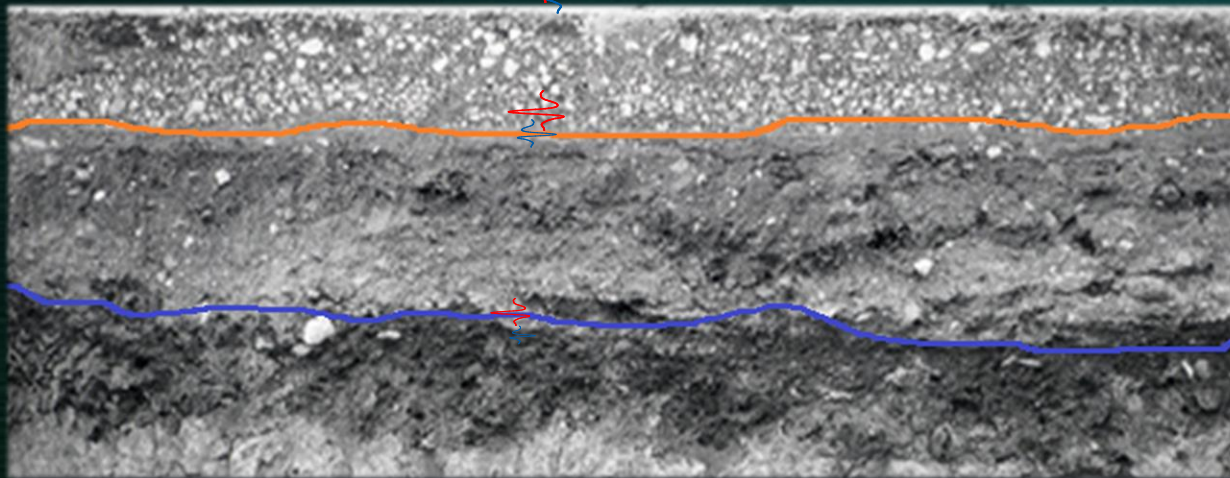
GPS



Αποκωδικοποιητής



Μονάδα συλλογής δεδομένων

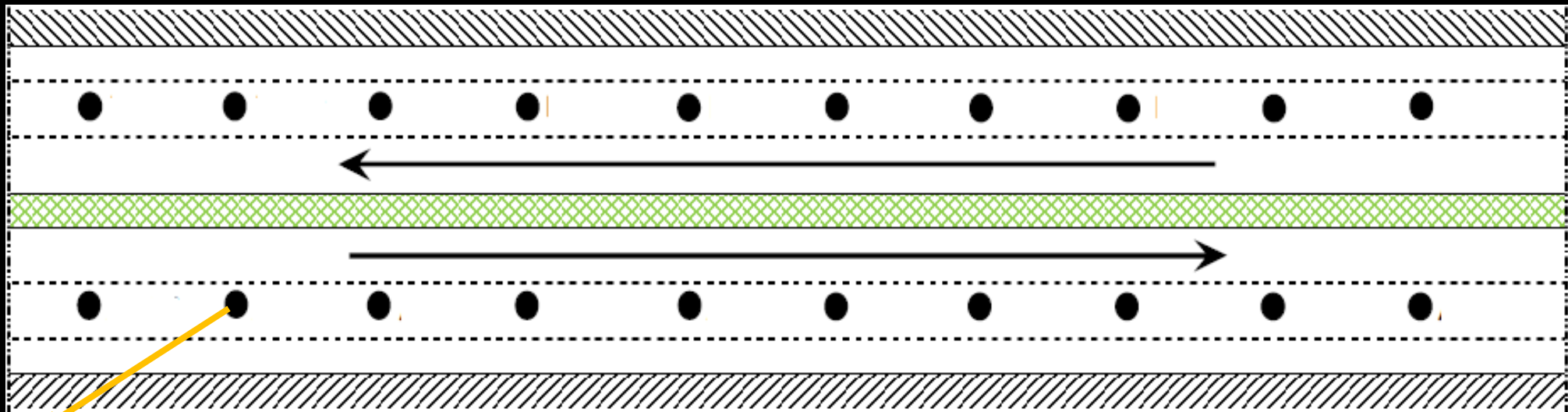


Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Δειγματοληπτική πυρηνοληψία / Βαθμονόμηση GPR



GPR γρήγορη και αποτελεσματική καταγραφή πάχους στρώσεων

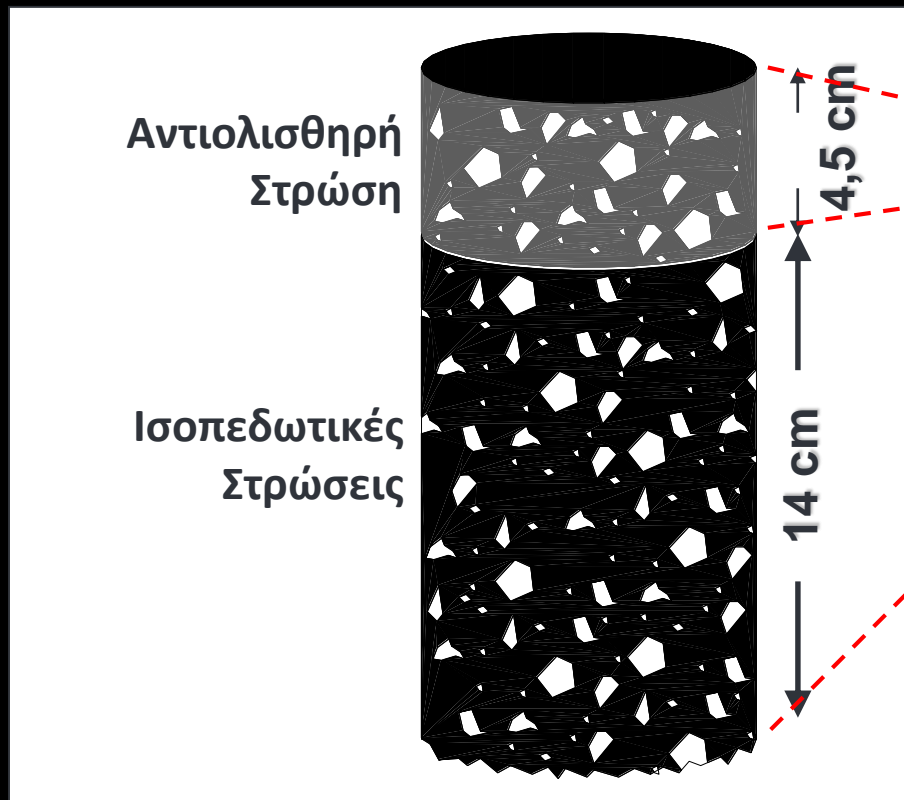


Θέσεις πυρηνοληψίας ανά 4km

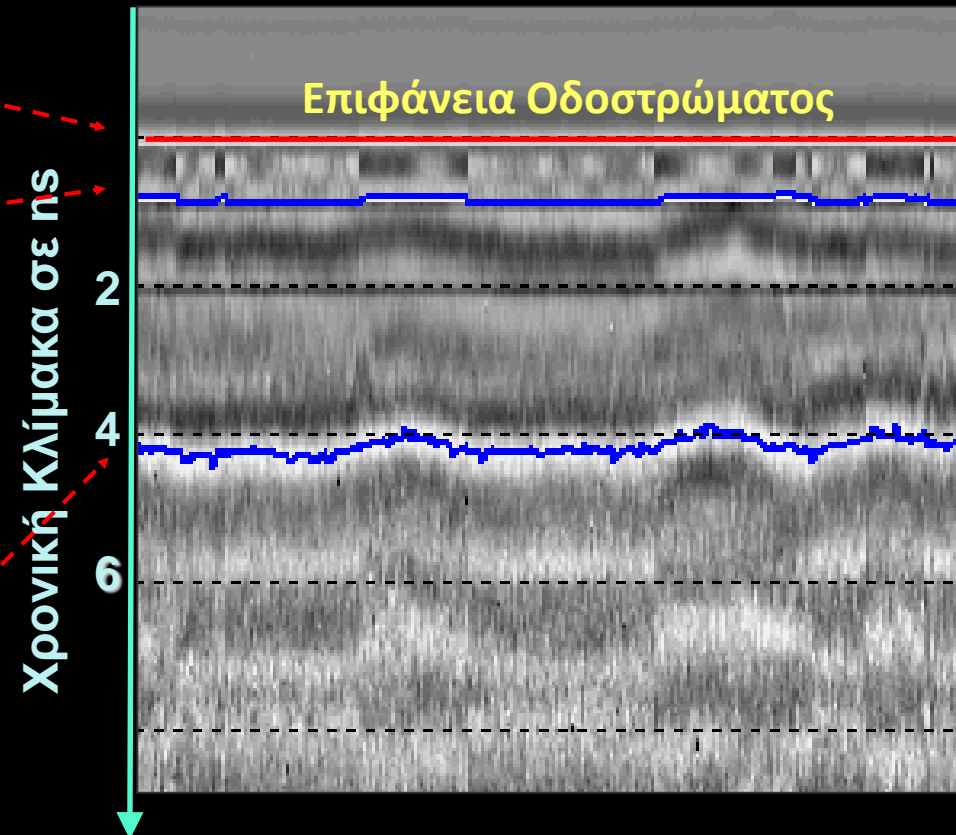
Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Δειγματοληπτική πυρηνοληψία / Βαθμονόμηση GPR

Πραγματικές διαστάσεις πυρήνα



Διαστάσεις πυρήνα από το ραντάρ σε ns



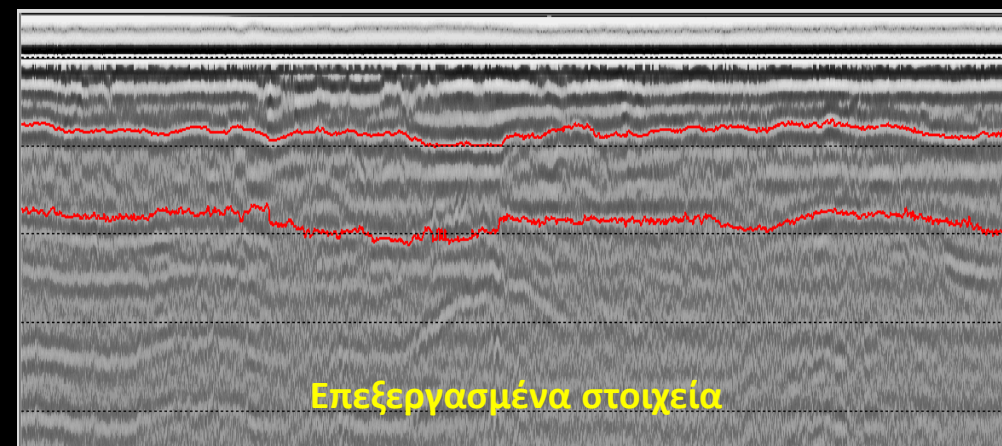
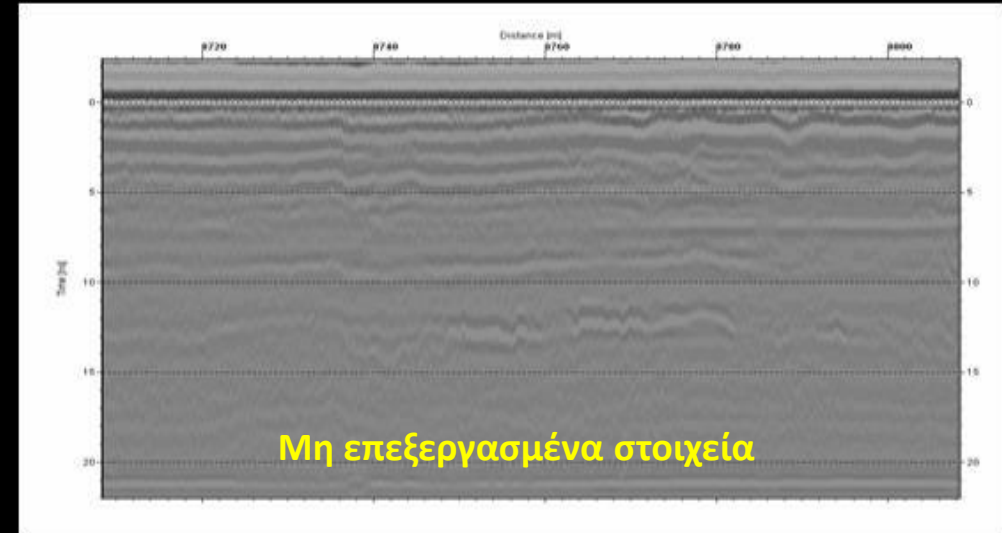
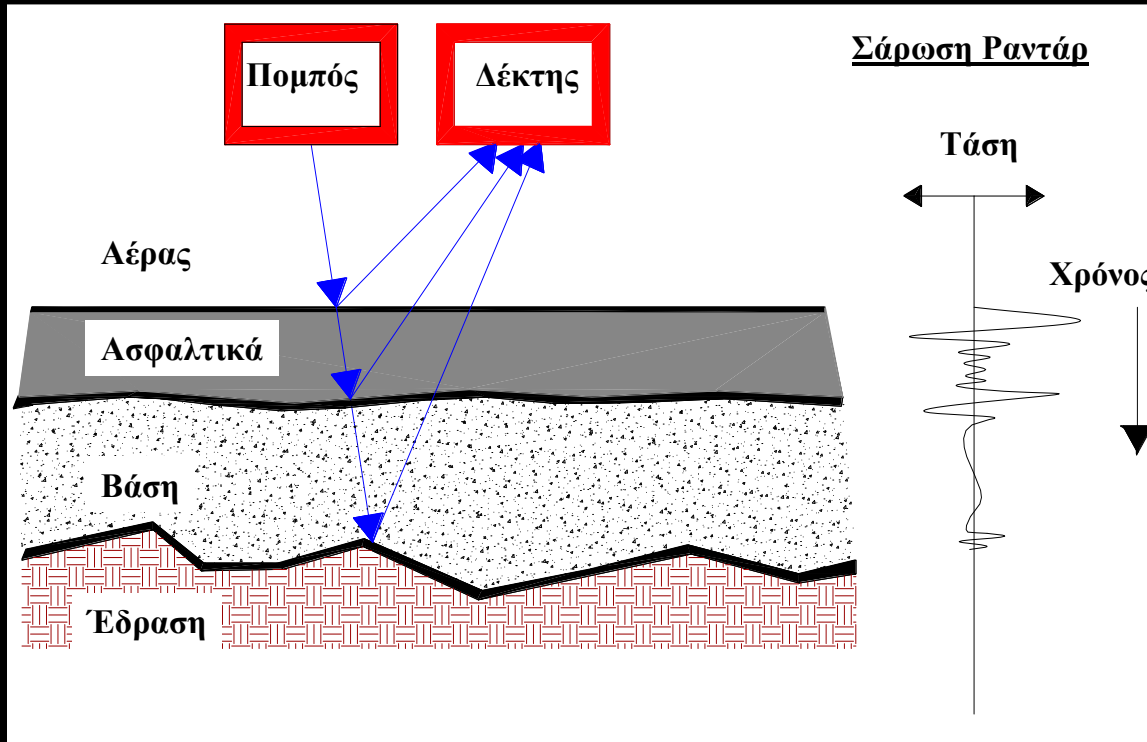
Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Ενδεικτικές διηλεκτρικές σταθερές υλικών που μελετώνται σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Υλικό	Διηλεκτρική σταθερά
Αέρας	1
Νερό	81
Ασφαλτόμιγμα	3-10
Άσφαλτος	3
Ασβεστόλιθος	5-9
Γρανίτης	4-6
Ακόρεστη άμμος	3-5
Κορεσμένη άμμος	20-30
Ιλύς	5-30
Άργιλος	5-40

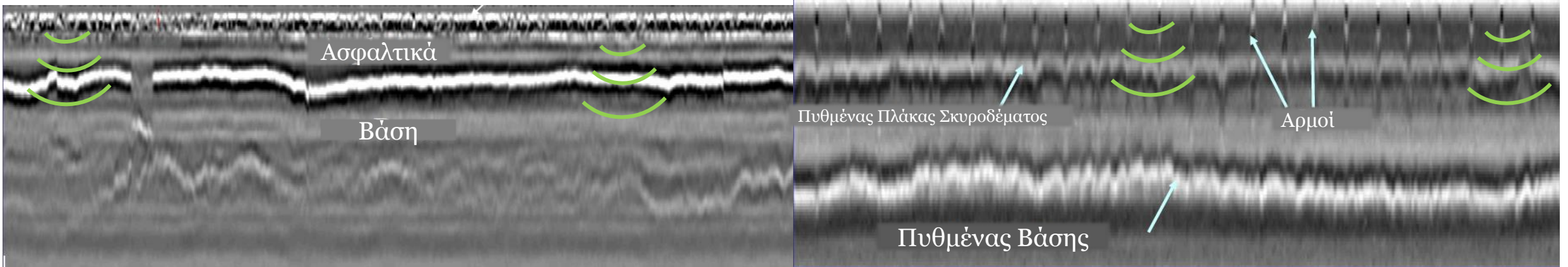
Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Απεικόνιση στοιχείων



Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Απεικόνιση στοιχείων έπειτα από την επεξεργασία



Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Συστήματα που χρησιμοποιούνται:

Σύστημα με ανυψωμένες κεραιές – Air-coupled
(απόσταση περίπου 0,5 m από την επιφάνεια του εδάφους)



Σύστημα με κεραιές εφαπτόμενες στην επιφάνεια του εδάφους - Ground - coupled



Σύστημα τρισδιάστατης καταγραφής (3d)



Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Συχνότητες που χρησιμοποιούνται:



2GHz



1.5GHz



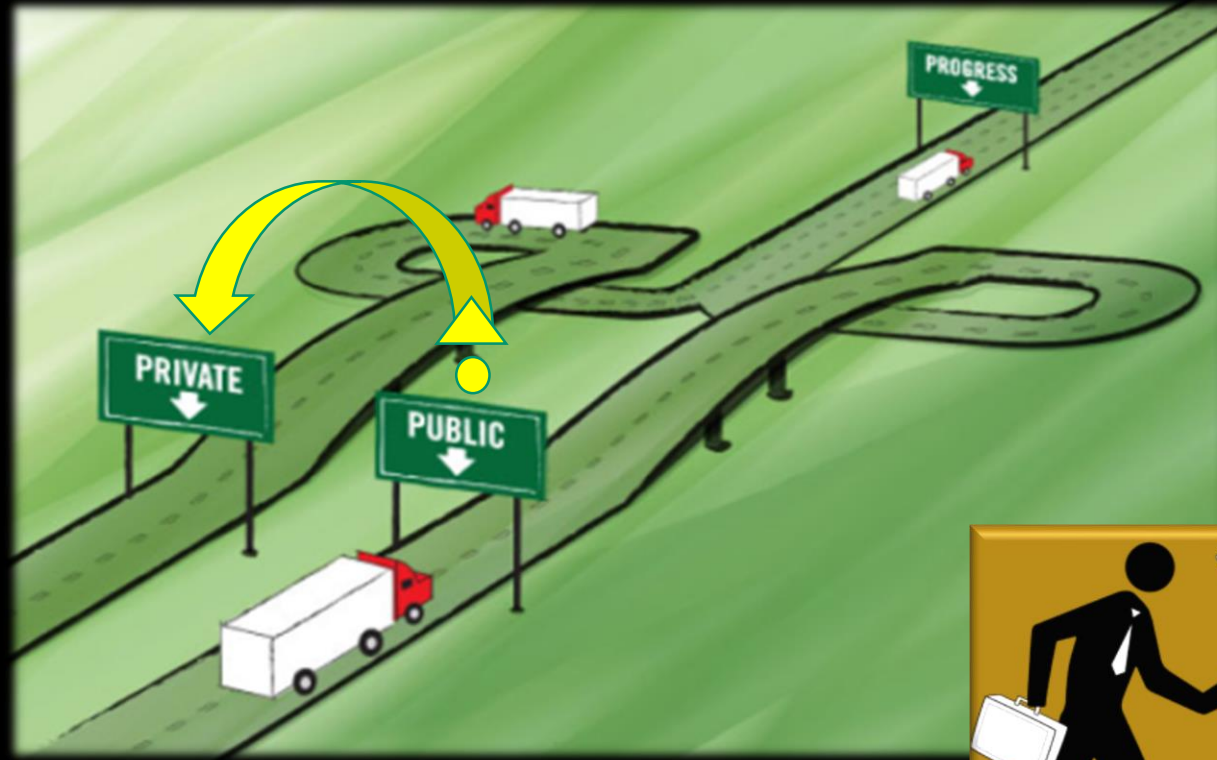
1GHz



500 MHz

Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Σύστημα παραχώρησης – Public Private Partnership (PPP)



Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής



Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής



Ασφαλτικές στρώσεις

Βάση - Υπόβαση

Στρώση έδρασης



Άριστη Κατάσταση
Άριστη Κατάσταση

Κατάσταση
Κατάσταση

Αστοχία
Αστοχία

Ηλικία
Ηλικία

Κόστος
Επέμβασης

1 χρ. μονάδα

Κόστος
Επέμβασης

4-5 χρ. μονάδες

Ποσοστό

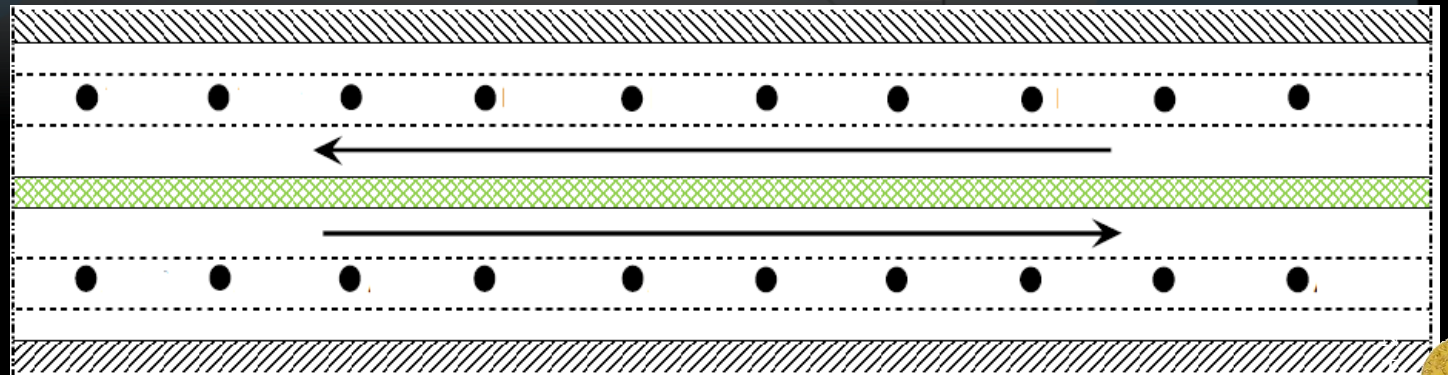
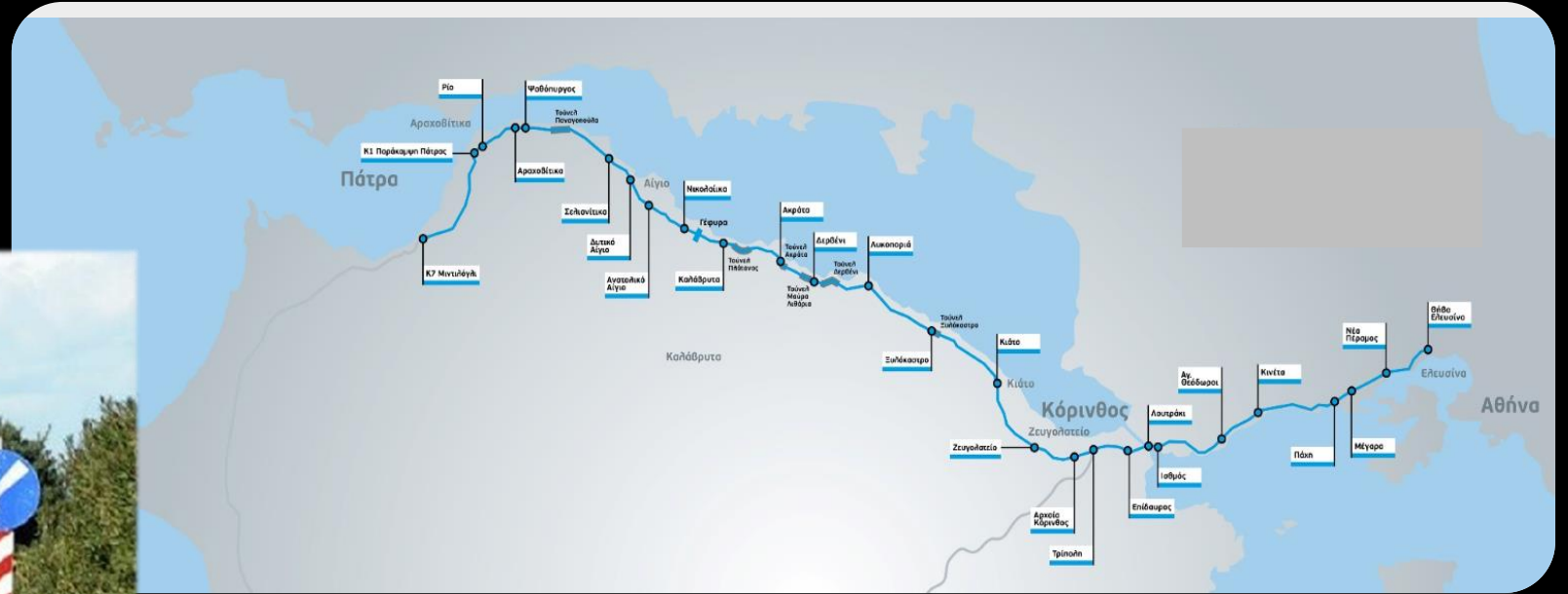
% πτώση

Ποσοστό



Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Παρακολούθηση και ενίσχυση υφιστάμενου οδοστρώματος



Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Εύκαμπτα οδοστρώματα:

- Ανίχνευση παραμορφώσεων σε υποκείμενες στρώσεις
- Ανίχνευση υγρασίας υποκείμενες στρώσεις
- Ανίχνευση μεταβολής στη δομή του οδοστρώματος (στρώσεις)
- Εκτίμηση πάχους στρώσεων (παράμετρος εισόδου για εκτίμηση δυσκαμψίας)
- Έλεγχος πυκνότητας ασφαλτομίγματος

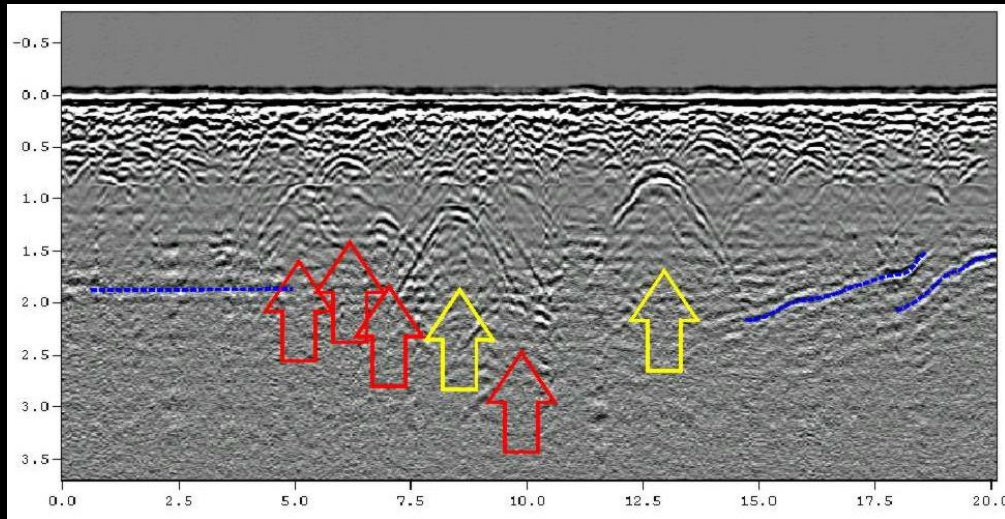
Δύσκαμπτα οδοστρώματα και καταστρώματα γεφυρών:

- Μέτρηση πάχους πλάκας σκυροδέματος
- Ανίχνευση κενών κάτω από τα βλήτρα (έλλειψη συνάφειας)
- Ανίχνευση οπλισμού

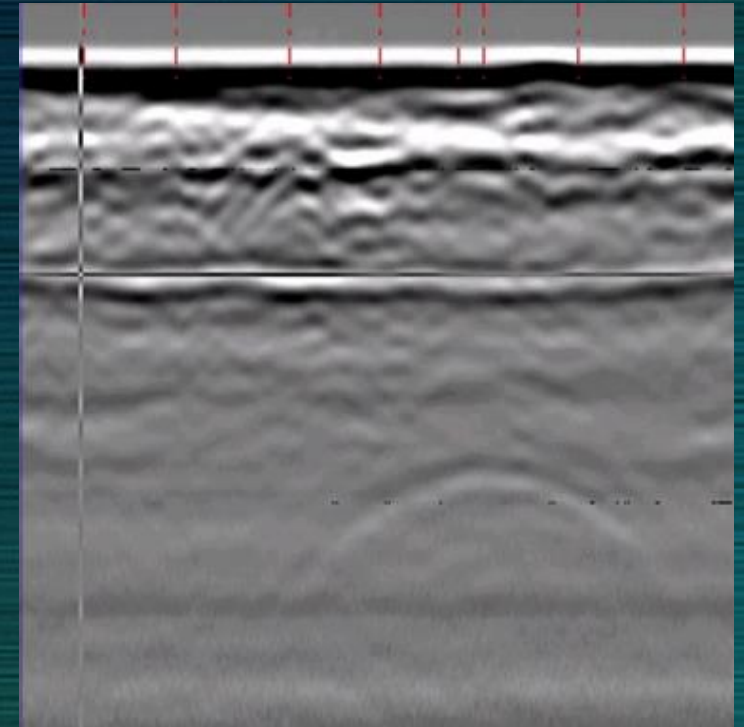


Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Εντοπισμός ρηγματώσεων



Ανίχνευση υγρασίας



Παρακολούθηση καταστρώματος γέφυρας

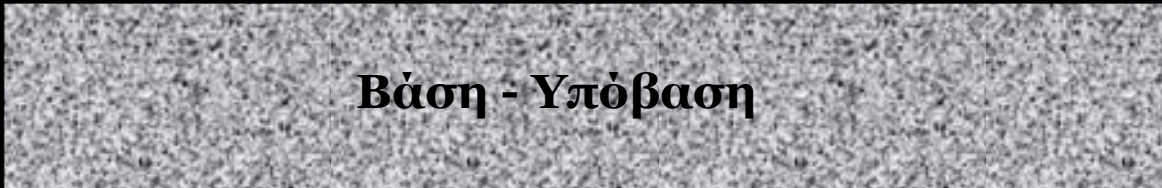


Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Οδοστρώματα Αεροδρομίων



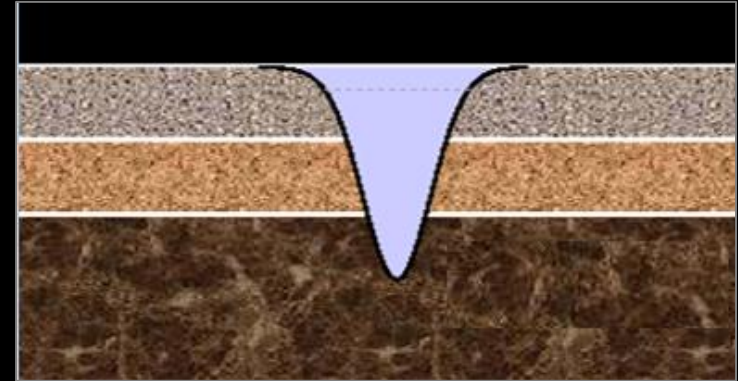
Ασφαλτικές στρώσεις



Βάση - Υπόβαση



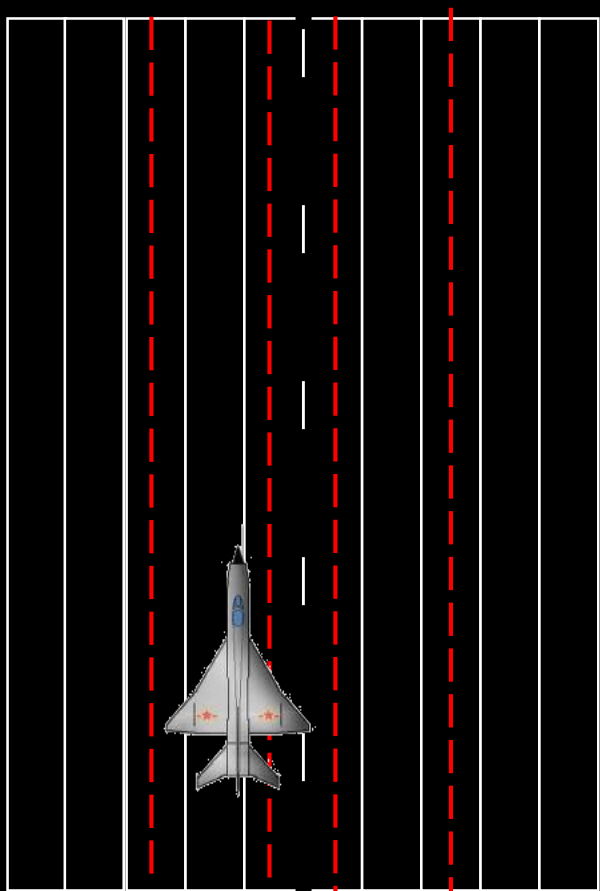
Στρώση έδρασης



Κρίσιμος ο έλεγχος επάρκειας για την αποφυγή αστοχίας στις στρώσεις

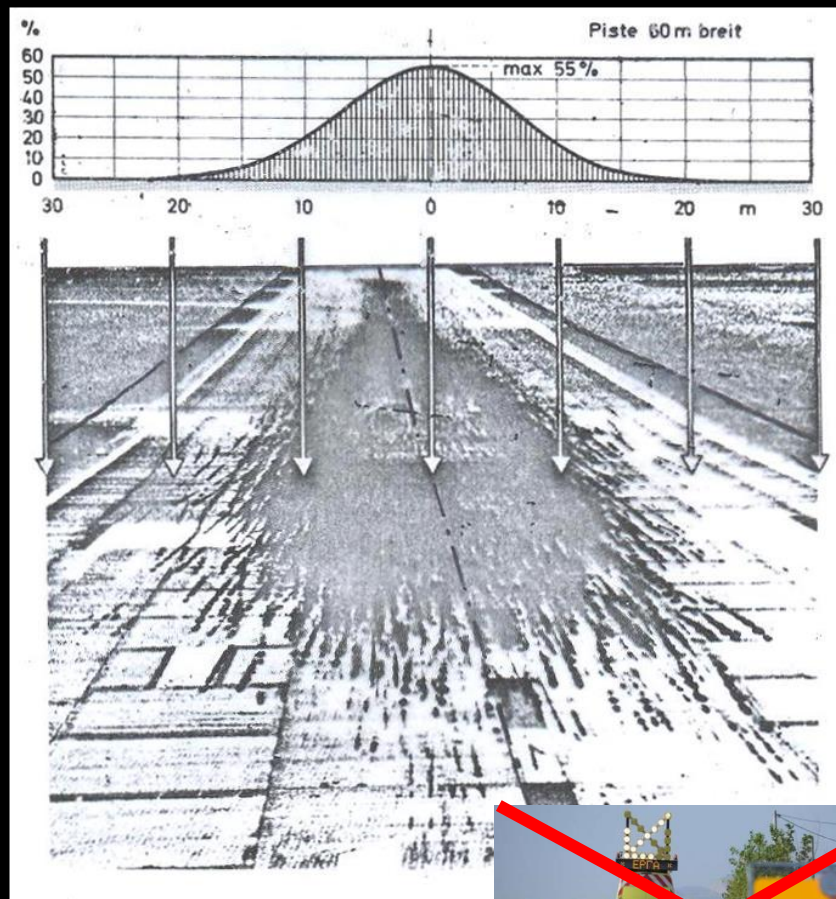
Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Διεθνές Αεροδρόμιο Ελευθέριος Βενιζέλος: Σάρωση διαδρόμου ώστε να γίνει γρήγορος και ασφαλής προσδιορισμός των παχών



άξονας διαδρόμου

Ίχνος καταγραφής



Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής



Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Πλήθος στοιχείων
σε μικρό χρονικό
διάστημα



Γρήγορη αξιολόγηση
στοιχείων για έγκαιρη
λήψη αποφάσεων

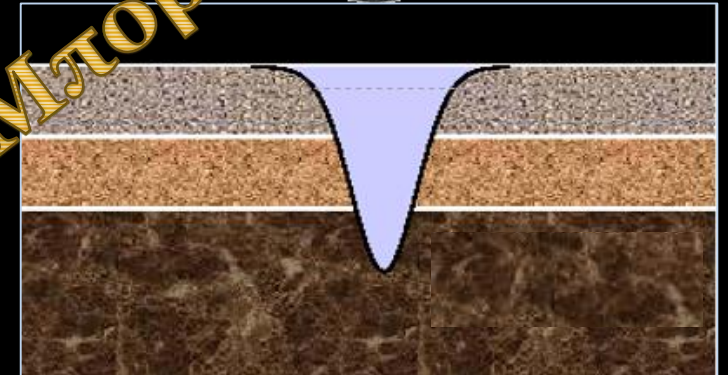
Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Αξιολόγηση υφιστάμενης κατάστασης



Αναβάθμιση

Μπορεί να αντέξει;



Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Σιδηροδρομική Υποδομή



Αξιοποίηση συστήματος GPR

Παρακολούθηση
υποδομής

Συντήρηση
υποδομής

Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Σιδηροδρομική Υποδομή

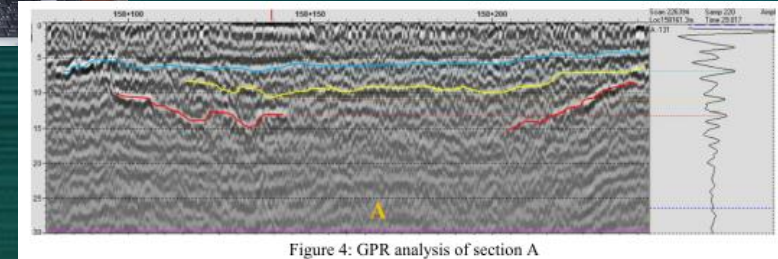
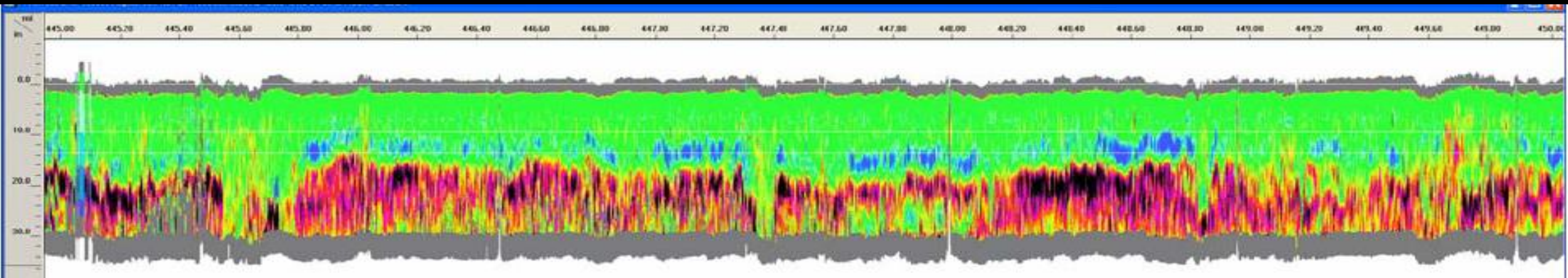


Figure 4: GPR analysis of section A

Εργαστήριο Οδοποιίας ΕΜΠ
Laboratory of Pavement Engineering of NTUA

Simona Fontul
*National Laboratory for Civil Engineering
(LNEC), Portugal*

Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής



Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής

Έλεγχος ποιότητας έρματος (καθαρότητα έρματος)

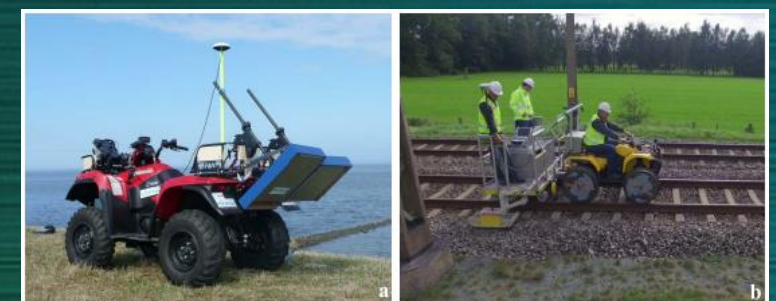
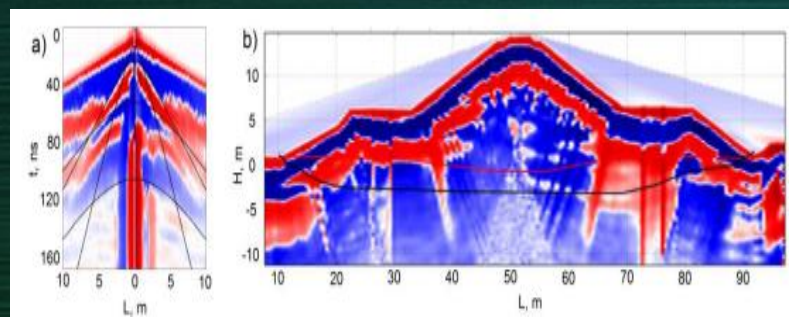
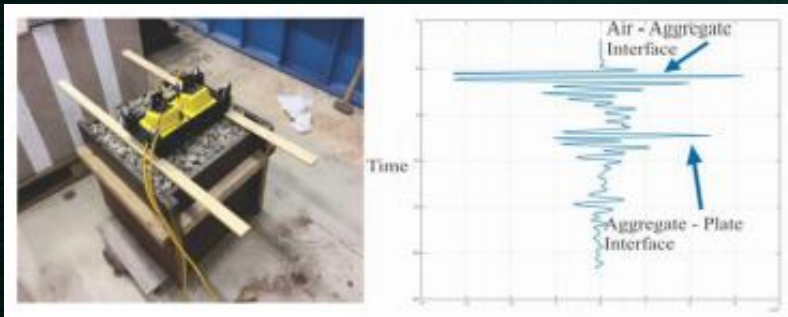
Έλεγχος καθιζήσεων των υποκείμενων στρώσεων



Εφαρμογές σε έργα συγκοινωνιακής υποδομής



- **Development of Smart Braided Structures for Sensing of Geotechnical Structures**
- **Soil Formation Lithological Profiling Using Ground Penetrating Radar**
- **Rapid and Non-destructive Measurement of Moisture in Road Constructions Using Passive Microwave Radiometry and GPR – Full Scale Test**
- **A Condition Assessment Approach for Highway Filter Drains using GPR**
- **Characterization of the Physical and Mechanical Properties of Railway Substructures in service by coupling Panda® & Geoendoscope**
- **Railways Track Characterization Using Ground Penetrating Radar**
- **The impact of Unfrozen Water Content on Ultrasonic Wave Velocity in Frozen Soils**



Μελλοντικές προκλήσεις

Εξοπλισμός

- Ευκολία στην μετακίνηση
- Εφαρμογής συστοιχίας από κεραίες
- Βελτίωση εύρους συχνοτήτων και κατ' επέκταση δυνατότητα ανίχνευσης σε μεγαλύτερο βάθος

Λογισμικό επεξεργασίας

- Περισσότερο αυτοματοποιημένο
- Φιλικότερο προς τον χρήστη
- Δυνατότητα τρισδιάστατης απεικόνισης

Εφαρμογές

- Μεγαλύτερη ικανότητα ανίχνευσης
- Διεύρυνση πεδίου εφαρμογών





COST Action TU1208

Fourth General Meeting



COST Action TU1208

*Civil Engineering Applications
of
Ground Penetrating Radar*



19 - 20 October 2015

Athens, Greece



NTUA



Organized by



National Technical University of Athens
School of Civil Engineering
Lab. of Pavement Engineering
<http://pavnet.civil.ntua.gr>

COST Action TU1208



COST Action TU1208



Παρουσίαση από τον Καθηγητή Imad Al-Qadi (University of Illinois at Urbana-Champaign) με θέμα: Εφαρμογές GPR στα Οδοστρώματα: Επιτεύγματα και Προκλήσεις



Πολιτισμός



27 June 2017
Pre - Conference Workshops

28-30 June 2017
Athens



BCRRA2017

Tenth International Conference on the Bearing Capacity of
Roads, Railways and Airfields



National
Technical
University of
Athens



ILLINOIS

TUDelft
Delft University of Technology

GPR applications will be strong presence in the International Conference - BCRRA

More information available on: <http://pavnet.civil.ntua.gr/>, <http://www.bcrra2017.com/>



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



Pavement Engineering Laboratory



National Technical University of Athens

Andreas Loizos

Professor of NTUA

Vice Dean, School of Civil Engineering

<http://www.transport.ntua.gr>

aloizos@central.ntua.gr

