

# Αξιολόγηση Υλικών Οδοστρωσίας και Στρώσεων Έδρασης σε Υφιστάμενα Οδοστρώματα Αεροδρομίων

## Evaluation of Existing Airport Pavement Aggregate and Subgrade Layers

ΧΑΡΩΝΙΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ,  
ΖΑΧΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ,  
ΤΣΑΪΜΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ,  
ΦΙΚΙΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ,  
ΜΠΑΡΔΑΝΗΣ ΜΙΧΑΗΛ,  
ΠΑΠΑΚΑΤΣΙΚΑΣ, Χ.  
FULLERTON, W.

Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Επ. Συμ. ΕΔΑΦΟΣ Α.Ε.  
Πολιτικός Μηχανικός, ΕΔΑΦΟΣ Α.Ε.  
Πολιτικός Μηχανικός, ΕΔΑΦΟΣ Α.Ε.  
Πολιτικός Μηχανικός Msc, ΕΔΑΦΟΣ Α.Ε.  
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, ΕΔΑΦΟΣ Α.Ε.  
Πολιτικός Μηχανικός, INTPAKAT A.E.  
Chief Technical Officer, FRAPORT GREEECE

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ:** Η αξιολόγηση της επιτόπου κατάστασης και η εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών των στρώσεων οδοστρωσίας (βάση-υπόβαση) και έδρασης μπορεί να είναι πολύ σημαντική ή ακόμη και κρίσιμη για τη βελτιστοποίηση των μελετών αποκατάστασης υφιστάμενων οδοστρωμάτων. Η παρούσα εργασία εστιάζει στη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τη διερεύνηση των στρώσεων από αμμοχάλικα και ασύνδετα υλικά στο αεροδρόμιο της Κω, το οποίο αποτελεί χαρακτηριστική περίπτωση υφιστάμενου παλαιού οδοστρώματος με εκτεταμένες επιφανειακές φθορές και τοπικές αστοχίες.

**ABSTRACT:** Assessment of the present condition and the mechanical parameters of the aggregate and subgrade layers may be highly important or even critical for the optimization of the existing pavement rehabilitation design. The present paper focuses on the procedure used for the investigation of aggregate and unbound layers at Kos airport, which is a typical example of existing old pavement that suffers from extensive surface distress and local failures.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με δεδομένη την ανάγκη ελαχιστοποίηση του ενδεχομένου πρόκλησης απρόβλεπτων αστοχιών ή και μεγάλης έκτασης βλαβών που επιφέρουν μείωση της ασφάλειας και αύξηση του κόστους διαχείρισης ενός αεροδρομίου, η τεχνική αξιολόγηση των χαρακτηριστικών και της φέρουσας ικανότητας των επιμέρους στρώσεων ενός υφιστάμενου οδοστρώματος είναι πολύ σημαντική στη λήψη αποφάσεων που αφορούν το σχεδιασμό εργασιών ενίσχυσης ή και αποκατάστασης τους. Ιδιαίτερα για τις στρώσεις της έδρασης και της βάσης-υπόβασης των υφιστάμενων οδοστρωμάτων των διαδρόμων, η ορθολογική εκτίμηση της κατάστασης και της δυνατότητας διατήρησης ή της ανάγκης αντικατάστασης/αποκατάστασης τους, κρίνεται απαραίτητη λόγω των επιπτώσεών της στο κόστος της κατασκευής και της λειτουργίας, καθόσον για την εκτέλεση τους ενδέχεται να απαιτηθεί περιορισμός ή ακόμη και διακοπή της χρήσης του διαδρόμου για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η παρούσα διερεύνηση αφορά στην εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας των στρώσεων από ασύνδετα και εδαφικά υλικά σε «κρίσιμο» υποτομήμα του διαδρόμου του αεροδρομίου «Ιπποκράτης» της Κω (KGS). Η αρχική κατασκευή ολοκληρώθηκε το 1964 με μήκος διαδρόμου 1200m το οποίο αργότερα (1973) επεκτάθηκε προς το νότο μέχρι το σημερινό μήκος των 2400m (Σχήμα 1). Ως προς τη γενική μορφολογία της περιοχής, τα πρώτα 1000m από το βόρειο άκρο του διαδρόμου βρίσκονται σε όρυγμα (Υποτομήματα Δ1-Δ2-Δ3), ενώ το υπόλοιπο μήκος του βρίσκεται σε επίχωμα (Υποτομήματα Δ4-Δ5). Περίπου το 1990, ο Διάδρομος ενισχύθηκε με ασφαλτική επίστρωση. Μεταγενέστερα, το υποτομήμα του Διαδρόμου (Δ2) α-

νακατασκευάστηκε δύο φορές με την τελευταία εκσκαφή και αντικατάσταση στρώσεων να φτάνει σε βάθος 2.60m από την επιφάνεια (2004-2005). Τα μεγαλύτερα αεροσκάφη που (προβλέπεται να) εξυπηρετεί το αεροδρόμιο είναι τα A320, A321 και σπανιότερα τα B787 και B757.



Σχήμα 1. Γενική απεικόνιση και υποτμήματα διαδρόμου αεροδρομίου Κω  
Figure 1. Plan view and pavement sub-sections of Kos airport runway.

## 2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

### 2.1 Οπτική επισκόπηση και Καταγραφή Επιφανειακών Κατάστασης Οδοστρώματος

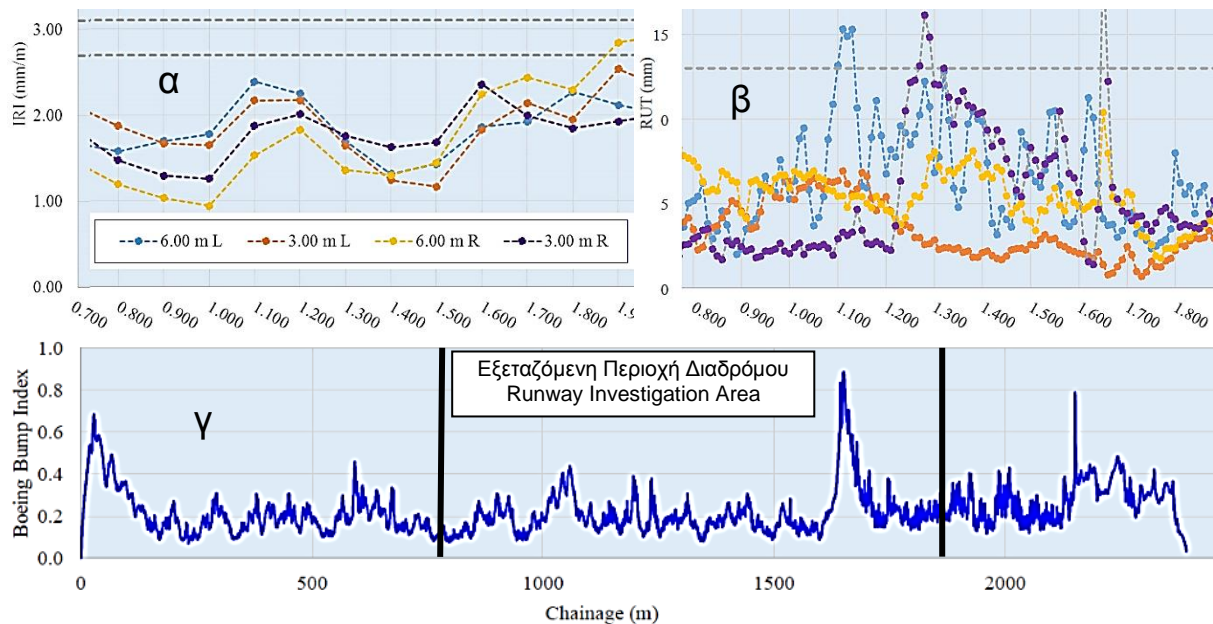
Στα οδοστρώματα του παραπάνω αεροδρομίου πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη έρευνα ώστε να αξιολογηθεί η κατάστασή τους. Οι εργασίες υπαίθρου περιλάμβαναν την οπτική επισκόπηση του οδοστρώματος, την καταγραφή του είδους και της έκτασης των επιφανειακών φθορών, τη λήψη πυρήνων ασφαλτομίγματος και δειγμάτων από το υλικό της βάσης, δοκιμές DCP, καταγραφές ελαστικών υποχωρήσεων με Παραμορφωσιμόμετρο Πίπτοντος Βάρους (FWD) και επιπεδότητα επιφάνειας με προφιλόμετρο τύπου Laser. Από τις εργασίες πεδίου και ειδικότερα την αυτοψία και καταγραφή στοιχείων επιφανειακής κατάστασης εντοπίστηκαν εκτεταμένες ρωγμές στο οδόστρωμα, ιδιαίτερα στις περιοχές του διαδρόμου που εξυπηρετούν το μεγαλύτερο πλήθος των κινήσεων αεροσκαφών (Φωτογραφία 1). Παρόλα αυτά, με εξαίρεση τοπικές, μεμονωμένες και ειδικές περιπτώσεις (π.χ. τμήματα αρμών διάστρωσης, συναρμογές τοπικών επισκευών, σημεία αναμονής αεροσκαφών) δεν διαπιστώθηκαν οπτικά αντιληπτές παραμορφώσεις της επιφάνειας του οδοστρώματος.

Από περαιτέρω διερεύνηση των επιφανειακών ρωγμών με λήψη πυρήνων διαπιστώθηκε ότι προέρχονταν είτε με ανάδυση από ρηγματωμένη υποκείμενη στρώση (reflective cracks) είτε με έναρξη από την επιφάνεια προς τον πυθμένα των ασφαλτικών στρώσεων (top-down cracks). Το συνολικό πάχος των ασφαλτικών στρώσεων ήταν περίπου 22cm από τα οποία τα κατώτερα 10cm αποτελούσαν την παλαιότερη κατασκευή η οποία επιστρώθηκε σε μεταγενέστερες χρονικές περιόδους. Επίσης διαπιστώθηκε διαχωρισμός (μη συγκόλληση) παλαιότερων και νεότερων στρώσεων ενώ σε αρκετές περιπτώσεις εντοπίστηκε ασφαλτούφασμα στη διεπιφάνεια τους.



Φωτογραφία 1. Τυπική όψη επιφάνειας και ενδεικτικός πυρήνας από το εξεταζόμενο τμήμα.  
Picture 1. Typical view of cracked surface and indicative core from the examined sub-section.

Από τις μετρήσεις επιπέδοτητας (ομαλότητας και τροχοαυλάκωσης) διαπιστώθηκε ότι το οδόστρωμα σε όλη την έκταση του διαδρόμου, συμπεριλαμβανομένου του τμήματος όπου παρατηρήθηκαν μεγάλης έκτασης και σοβαρότητας ρηγματώσεις, ήταν σε καλή κατάσταση χωρίς να παρουσιάζονται έντονα βυθίσματα ή υποχωρήσεις της επιφάνειάς του. Στη σχήμα 2β παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου επιπέδοτητας στην εγκάρσια διεύθυνση (τροχοαυλάκωση – rut depth) όπου η υποχώρηση που καταγράφηκε ήταν μικρότερη των 13mm (ASTM 2012) για έκταση μεγαλύτερη από το 98% του διαδρόμου. Αντίστοιχα στα Σχήματα 2α και 2γ απεικονίζονται τα αποτελέσματα της κατά μήκος επιπέδοτητας σύμφωνα με τους δείκτες IRI (International Roughness Index) και BBI Boeing (Boeing Bump Index) από τους οποίους φαίνεται ότι γενικά η ποιότητα κύλισης είναι αποδεκτή - ικανοποιητική σύμφωνα και με τη διεθνή εμπειρία (Transport Canada 1993, ASTM 2015, FAA 2009).



Σχήμα 2. Δείκτης Ομαλότητας IRI (α) και Βάθος τροχοαυλάκωσης (β) κατά μήκος του εξεταζόμενου τμήματος. Δείκτης (BBI) κατά μήκος του διαδρόμου (γ).

Figure 2. IRI (α) and Rut Depth (β) along the examined section. BBI along the Runway (γ).

Τα παραπάνω στοιχεία καταγραφών επιβεβαιώνουν τη διαπίστωση της οπτικής επισκόπησης και συνοψίζονται συνολικά στο δείκτη PCI (Pavement Condition Index) ο οποίος στο εξεταζόμενο τμήμα του διαδρόμου κυμαίνεται μεταξύ 47 και 70, υποδηλώνοντας την ανάγκη διερεύνησης άμεσων επεμβάσεων αποκατάστασης ή ανακατασκευής. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο δείκτης PCI είναι συνολικός, και εμπεριέχει τόσο την επιπέδοτητα (η οποία στην εξεταζόμενη περίπτωση είναι πολύ καλή) όσο και τις επιφανειακές φθορές γίνεται αντιληπτό ότι η υποβάθμιση του πρακτικά οφείλεται στην εκτεταμένη και υψηλής σοβαρότητας ρηγματώση του οδοστρώματος. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει την ύπαρξη δομικής αστοχίας και υπογραμμίζει την ανάγκη προσδιορισμού της κατάστασης των υλικών των επιμέρους στρώσεων και ειδικότερα αυτών που βρίσκονται κάτω από τις ασφαλτικές στρώσεις του οδοστρώματος.

## 2.2 Διερεύνηση Στρωματογραφίας και Χαρακτηριστικών Στρώσεων Βάσης, Υπόβασης και Έδρασης Οδοστρώματος

Για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των υλικών κάτω από τις ασφαλτικές στρώσεις χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τις δοκιμές με Δυναμικό Πενετρόμετρο Κώνου (Dynamic Cone Penetrometer – DCP). Συνολικά για τη διερεύνηση διατέθηκαν στοιχεία σε περισσότερες από 30 θέσεις δοκιμών (AECOM 2016, ΕΔΑΦΟΣ 2017 & 2018) στο 30% των οποίων καταγράφηκε αποτυχία διείδυσης. Με δεδομένη τη συστηματική προσπάθεια ελαχιστοποίησης των περιπτώσεων αποτυχίας λόγω τοπικών / τυχαίων συμπτώσεων (όπως για

παράδειγμα η περίπτωση αδυναμίας διάτρησης μεμονωμένων κόκκων μεγάλου μεγέθους και υψηλής αντοχής) εκτιμάται ότι οι αρνήσεις (αδυναμία διείσδυσης) που καταγράφηκαν υποδηλώνουν πολύ υψηλή αντίσταση του υλικού στη συγκεκριμένη θέση.

Στο σχήμα 3 παρουσιάζονται αναλυτικά αποτελέσματα των δοκιμών στο οδοστρώμα του διαδρόμου για τις περιπτώσεις που επιτεύχθηκε διείσδυση όπου παρατηρείται υψηλή αντίσταση σε διείσδυση για τα πρώτα 20cm με 40cm κάτω από την επιφάνεια των ασφαλτικών στρώσεων. Από τη λήψη και σχετικών δειγμάτων διαπιστώθηκε ότι πρόκειται για θραυστό αμμοχάλικο κατηγορίας GC έως GW κατά USCS (Unified Soil Classification System – ASTM 1985) με χαρακτηριστικά αντίστοιχα υλικών ανώτερων στρώσεων οδοστρωσίας (βάσεις), το οποίο σε κάποιες θέσεις (π.χ. ED2.5 και ED2.9 - Φωτογραφία 2) ήταν σχεδόν σταθεροποιημένο. Σύμφωνα με τη διεθνή εμπειρία και βιβλιογραφία ο δείκτης CBR υλικών αυτού του τύπου μπορεί να προσεγγίζει ή και να υπερβαίνει τιμές της τάξεως του 100% (Titi et al. 2017).

| Βάθος/<br>Depth<br>(cm) | Δ3-Δ4 / Κεντρική Ζώνη            |       |       |       |       |               |      |      |        | Δ3-Δ4 / Άκρο |        | Δ1   | Δ5   |       |
|-------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------|------|------|--------|--------------|--------|------|------|-------|
|                         | ED2.1                            | ED2.2 | ED2.3 | ED2.4 | ED2.8 | ED2.10        | ED13 | K6   | K7     | ED2.12       | ED2.13 | K1   | K9   | ED9   |
| 0-20                    | Ασφαλτικές Στρώσεις / HMA Layers |       |       |       |       |               |      |      |        |              |        |      |      |       |
| 20-40                   | 174.3                            | 192.8 | 95.2  | 97.8  | 149.0 | 203.4         |      |      |        | 175.9        |        |      |      | 120.2 |
| 40-60                   | 58.0                             | 66.7  |       | 34.9  |       |               | 61.9 | >100 | >100.0 | 47.0         | 37.7   | >100 | >100 | 53.0  |
| 60-80                   |                                  |       | 44.5  |       |       | 31.3          |      | 45.0 | 30.0   |              | 14.7   |      | 52   | 148.0 |
| 80-100                  | 13.8                             |       |       | 16.5  | 57.6  |               | 27.2 |      |        | 36.1         | 7.4    | 70.0 |      | 55.1  |
| 100-120                 | 23.4                             | 36.4  |       |       |       | 198.3<br>A.Δ. |      | 24.0 | 55.0   |              | 29.4   |      |      |       |
| 120-140                 | 15.2                             | 78.6  |       | 24.1  |       |               | 6.3  |      | 70.0   | 16.5         | 5.7    |      |      | 24.9  |
| 140-160                 | 7.1                              |       | 7.3   |       |       |               |      |      |        |              |        |      |      | 6.8   |
| 160-180                 | 13.5                             | 22.9  |       |       |       |               | 4.9  |      |        | 16.6         |        |      |      | 17.8  |
| 180-200                 | 49.4                             | 55.7  | 13.5  |       |       |               |      |      |        |              |        |      |      |       |
| 200-220                 |                                  |       |       |       |       |               | 7.5  |      |        |              |        |      |      | 40.6  |
| 220-240                 |                                  |       |       |       |       |               |      |      |        |              |        |      |      |       |
| 240-260                 |                                  |       | 23.4  |       |       |               | 14.7 |      |        |              |        |      |      |       |
| 260-280                 |                                  |       |       |       |       |               | 29.0 |      |        |              |        |      |      | 28.0  |

■ CBR<10%      A.Δ.: Αδυναμία Διείσδυσης

Σχήμα 3. Διακύμανση Δείκτη CBR ως προς το βάθος από την επιφάνεια του οδοστρώματος στα Υπομήματα Δ3 – Δ4.

Figure 3. CBR Variation versus depth from pavement surface on Sub-sections Δ3 – Δ4.

Από περίπου τα 40cm μέχρι ένα βάθος 60cm από την επιφάνεια του οδοστρώματος, τα στοιχεία έδειξαν υλικό με χαμηλότερη, αλλά επίσης αξιόλογη αντίσταση σε διείσδυση, το οποίο μπορεί να αντιστοιχεί σε κατώτερες στρώσεις υλικών οδοστρωσίας (βάσης / υπόβασης). Ακολούθως, μέχρι το βάθος των 100cm στις περισσότερες δοκιμές διαπιστώθηκε μια σταδιακή μείωση δείκτη CBR με τυπικό ελάχιστο άνω του 10% και σε αρκετές περιπτώσεις της τάξης του 15%-20% με μία μόνο εξαίρεση που αφορά δοκιμή κοντά στο άκρο (έρεισμα) του Διαδρόμου όπου σε βάθος 80-100cm από την επιφάνεια ο μέσος δείκτης CBR του υλικού υπολογίστηκε στο 7.4%. Γενικά όμως, σύμφωνα με την εγχώρια και διεθνή εμπειρία, οι τιμές του δείκτη CBR που καταγράφηκαν στο βάθος 60-100cm αντιστοιχούν σε τυπικές τιμές στρώσεων έδρασης ασφαλτικών οδοστρωμάτων.

Στο Σχήμα 3 εντοπίζονται τρεις περιπτώσεις σε βάθος μεγαλύτερο των 100cm όπου ο δείκτης CBR που υπολογίστηκε ήταν της τάξεως του 7%-10% και δύο περιπτώσεις όπου σε βάθος 130cm-160m από την επιφάνεια καταγράφηκε η ελάχιστη τιμή του (5%-6%).



Φωτογραφία 2. Δείγματα από ασύνδετο και με ενδείξεις σταθεροποίησης αμμοχάλικο base που λήφθηκαν από τις εξεταζόμενες θέσεις δοκιμών.

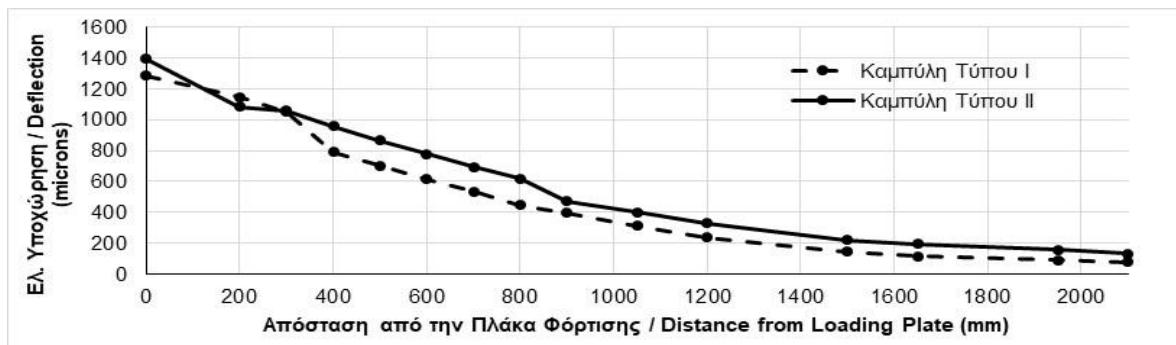
Picture 2. Samples of unbound and with stabilisation indications aggregate extracted from the investigated test positions.

### 2.3 Καταγραφή και Επεξεργασία Ελαστικών Υποχωρήσεων

Οι μετρήσεις FWD πραγματοποιήθηκαν με παραμορφωσιμόμετρο βαρέως τύπου (Heavy Weight Deflectometer) και φορτίο 100kN (Τάση ~1.415MPa) σε αποστάσεις 3m, 6m και 20m εκατέρωθεν του άξονα κατά μήκος του διαδρόμου, σύμφωνα με τις οδηγίες που προτείνονται από την FAA (FAA 2011).

Κατά τον προκαταρκτικό έλεγχο των δεδομένων που καταγράφηκαν διαπιστώθηκε ότι ένα μεγάλο μέρος τους δεν πληρούσε τις προδιαγραφές ποιότητας / καταλληλότητας που προτείνονται διεθνώς (Molenaar 2006, FAA 2011). Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται χαρακτηριστικά παραδείγματα μη αποδεκτών καμπυλών ελαστικών υποχωρήσεων που καταγράφηκαν.

Με κριτήριο την η ελαστική υποχώρηση που καταγράφηκε κάτω από την πλάκα φόρτισης, η οποία σύμφωνα με τη διεθνή πρακτική αποτελεί ένδειξη της συνολικής απόκρισης του οδοστρώματος (Molenaar 2006, FAA 2011), πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός επιμέρους περιοχών με ομοιόμορφη απόκριση μέσω κατάλληλης στατιστική επεξεργασίας των δεδομένων (μέθοδος του συγκεντρωτικού αθροίσματος – Cumulative Summary – CumSum, Washington et. al. 2003).

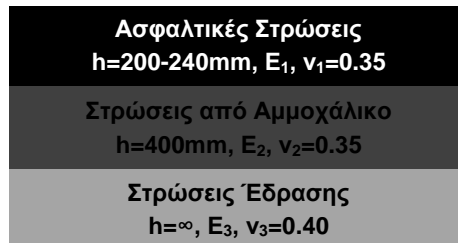


Σχήμα 4: Παραδείγματα καμπυλών ελαστικών υποχωρήσεων σε τμήματα με υψηλό βαθμό ρηγματώσης: Καμπύλη Τύπου I και Καμπύλη Τύπου II (FAA AC 150/5370-11B).

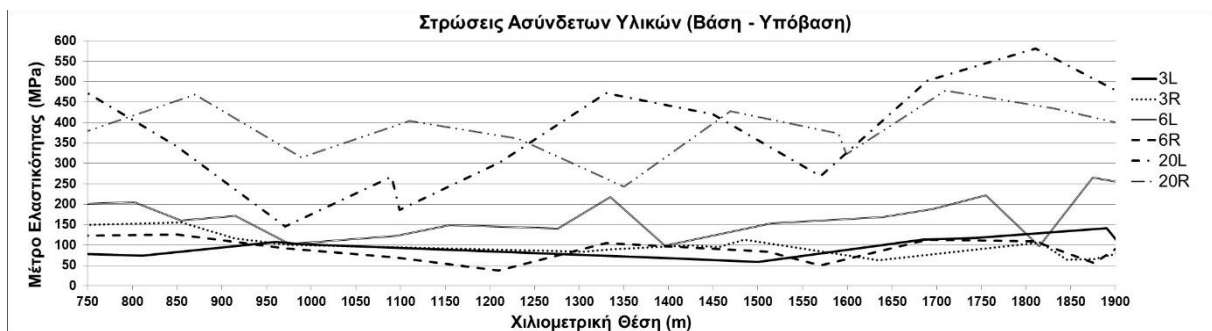
Figure 4: Example of deflection curves on sections with a high level of cracking: Type I curve and Type II curve (FAA AC 150/5370-11B).

Τα πάχη των επιμέρους στρώσεων και οι καταγραφές των ελαστικών υποχωρήσεων που προέκυψαν από τις μετρήσεις με το FWD, χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση των μέτρων ελαστικότητας των στρώσεων του οδοστρώματος με τη διαδικασία ανάστροφου υπολογισμού (FAA 2011, SHRP1993). Χρησιμοποιήθηκε προσομοίωμα τριών ελαστικών επάλληλων

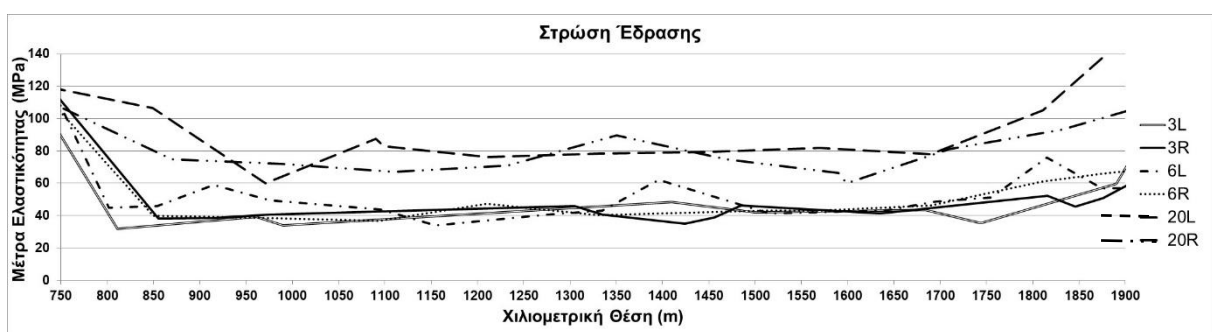
στρώσεων (Σχήμα 5) των οποίων τα (ενοποιημένα) επιμέρους πάχη λήφθηκαν από τα αντίστοιχα των πυρήνων και τα αποτελέσματα των δοκιμών DCP (με εξαίρεση τη στρώση έδρασης η οποία προσομοιώθηκε με άπειρο πάχος). Για το λόγο poisson χρησιμοποιήθηκαν τυπικές τιμές της βιβλιογραφίας (NCHRP 2004) με βάση τις παρατηρήσεις των υλικών κατά τις επιτόπου και εργαστηριακές μετρήσεις και δοκιμές. Για τους υπολογισμούς του ανάστροφου υπολογισμού χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό BACKFAA (FAA 2011) και τα αποτελέσματα του ανάστροφου υπολογισμού για τα εξεταζόμενα τμήματα Δ3 και Δ4 του απεικονίζονται στα διαγράμματα των Σχημάτων 6 και 7.



Σχήμα 5. Προσομοίωση διατομής οδοστρώματος για τον ανάστροφο υπολογισμό  
Figure 5. Runway cross-section model used in the backanalysis.



Σχήμα 6. Μέτρα ελαστικότητας των ασύνδετων στρώσεων από θραυστό αμμοχάλικο κατά μήκος των τμημάτων Δ3 και Δ4.  
Figure 6. Moduli of unbound crushed aggregate layers along sub-sections Δ3 and Δ4.



Σχήμα 7. Μέτρα ελαστικότητας της Στρώσης Έδρασης των τμημάτων Δ3 και Δ4.  
Figure 7. Moduli of subgrade layer along sub-sections Δ3 and Δ4.

Στα παραπάνω διαγράμματα των Σχημάτων 6 και 7 διαπιστώνεται ότι στην κεντρική ζώνη των εξεταζόμενων τμημάτων (έως 6m εκατέρωθεν του άξονα) όπου το σύνολο της επιφάνειας καλύπτεται από εγκάρσιες, διαμήκεις και αλιγοτορικές ρηγματώσεις, οι υπολογιζόμενες τιμές του μέτρου ελαστικότητας τόσο για τις στρώσεις από αμμοχάλικα/υλικά οδοστρωσίας, όσο και για τις στρώσεις της έδρασης του οδοστρώματος είναι αρκετά χαμηλότερες σε σχέση με αυτές που προέκυψαν από τις δοκιμές στις πιο απομακρυσμένες και λιγότερο ρηγμα-

τωμένες περιοχές του Διαδρόμου (20m εκατέρωθεν του άξονα). Η διαφοροποίηση αυτή δεν παρατηρήθηκε στα υπόλοιπα τμήματα του διαδρόμου όπου οι τιμές των μέτρων ελαστικότητας της κεντρικής ζώνης ήταν αντίστοιχες με αυτές των πιο απομακρυσμένων περιοχών και τυπικά κυμαίνονταν μεταξύ 150MPa και 350MPa για βάθος 200mm-400mm και μεταξύ 60MPa και 180MPa για μεγαλύτερα βάθη.

### 3. ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Οι τιμές των μέτρων ελαστικότητας που προέκυψαν από την ανάλυση των καταγραφών του HWD στην κεντρική ζώνη (πλάτος 6m εκατέρωθεν του άξονα του διαδρόμου) υποδηλώνουν πολύ κακή έως ανεπαρκή μηχανική συμπεριφορά και φέρουσα ικανότητα των υλικών που βρίσκονται κάτω από τις ασφαλτικές στρώσεις, και δημιουργούν προβληματισμό για την καταλληλότητα και τη δυνατότητα διατήρησής τους. Παράλληλα όμως, η σημαντική διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων από τις διαπιστώσεις των επιτόπου δοκιμών DCP και της εργαστηριακής διερεύνησης των δειγμάτων που λήφθηκαν δημιουργεί προβληματισμό για την ακρίβεια και αξιοπιστία τους. Η τελευταία υπογραμμίζεται και από την πολύ ικανοποιητική επιπεδότητα κατά μήκος και πλάτος του εξεταζόμενου οδοστρώματος που υποδηλώνει ότι διαθέτει επαρκή αντίσταση σε παραμένουσες παραμορφώσεις.

Όμως, στην κεντρική ζώνη των υποτμημάτων Δ3 και Δ4 που εξετάζονται, η έκταση και η σοβαρότητα των ρηγματώσεων αντιστοιχεί σε αστοχία του υλικού των ασφαλτικών στρώσεων η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη καταπόνηση των υποκείμενων στρώσεων. Με βάση τις τιμές που προέκυψαν από την ανάλυση των καταγραφών του HWD για τα μηχανικά χαρακτηριστικά των στρώσεων της οδοστρωσίας και της έδρασης, και το φόρτο κυκλοφορίας αεροσκαφών που εξυπηρετεί η εξεταζόμενη ζώνη, το οδόστρωμα θα έπρεπε να εμφανίζει παραμορφώσεις στην μεγαλύτερη έκταση της επιφάνειας που καταπονείται – κάτι που όμως δεν ισχύει.

Αντίθετα, τα αποτελέσματα για τη φέρουσα ικανότητα των υπόψη στρώσεων με τη δοκιμή του DCP, συμφωνούν με την επιτόπου κατάσταση καθόσον αντιστοιχούν σε υψηλή έως πολύ υψηλή φέρουσα ικανότητα, ειδικά για τα υλικά της βάσης- υπόβασης οδοστρωσίας και τις ανώτερες στρώσεις της έδρασης του οδοστρώματος. Το δείγμα δοκιμών που διατέθηκε (15 θέσεις στην κεντρική ζώνη, πάνω από 30 συνολικά) είναι σε κάθε περίπτωση επαρκές και δεν τίθεται θέμα στατιστικής αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, τα οποία εξάλλου επιβεβαιώνονται από την εργαστηριακή εξέταση των αντίστοιχων δειγμάτων, όπου αυτά ήταν διαθέσιμα.

Σημειώνεται ότι η διαφοροποίηση των εκτιμήσεων μεταξύ των αποτελεσμάτων που προέρχονται από το HWD και το DCP εντοπίζεται μόνο στη συγκεκριμένη ζώνη, καθόσον στις υπόλοιπες περιοχές του διαδρόμου τα αποτελέσματα είναι ποιοτικά όμοια, και αντιστοιχούν σε υλικά καλής ποιότητας ως προς τις μηχανικές ιδιότητες και τη φέρουσα ικανότητα. Με δεδομένο ότι σύμφωνα και με τη διεθνή εμπειρία οι καταγραφές και κατ' επέκταση η ανάλυση των δοκιμών HWD μπορεί να επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την ύπαρξη ασυνεχειών- ρηγματώσεων και το μεγάλο ποσοστό μη αποδεκτών αποτελεσμάτων καταγραφής που διαπιστώθηκαν στη διερεύνηση της εξεταζόμενης περίπτωσης, εκτιμάται ότι η ρηγματώση του οδοστρώματος είχε δυσμενή επίπτωση στις δοκιμές και καταγραφές της συσκευής HDW.

Τέλος επισημαίνεται δεν πρέπει να θεωρείται γενικά αμελητέα η ύπαρξη στρώσεων με σχετικά χαμηλότερο δείκτη CBR στην εδαφική ζώνη έδρασης του οδοστρώματος, έστω και αν εντοπίζονται σε περιορισμένη έκταση και σε σχετικά μεγάλο βάθος. Για την εξεταζόμενη περίπτωση και κυκλοφορία αεροσκαφών η ύπαρξη τους δεν επιφέρει καμία δυσμενή επίπτωση καθόσον βρίσκονται σε βάθος όπου οι τάσεις λόγω φορτίου έχουν σχεδόν μηδενιστεί, σε άλλες όμως συνθήκες ενδέχεται να επηρεάζουν τη φέρουσα ικανότητα της στρώσης έδρασης και κατ' επέκταση του οδοστρώματος.

### 4. ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση των δεδομένων καταγραφής με τη συσκευή FWD/HWD σε περιπτώσεις οδοστρωμάτων που εμφανίζουν επιφανειακές φθορές και αστοχίες μεγάλης έκτασης και σοβαρό-

τητας, ενδέχεται να δώσει αποτελέσματα μη αξιόπιστα για τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών της οδοστρωσίας (βάση – υπόβαση) και των στρώσεων έδρασης. Στις περιπτώσεις αυτές τα όποια αποτελέσματα είναι σκόπιμο να εξετάζονται ενδελεχώς και σε συνδυασμό με στοιχεία από άλλες δοκιμές.

Στις περιπτώσεις που επιτυγχάνεται διείσδυση, η δοκιμή DCP μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην επιτόπου αξιολόγηση και τον προσδιορισμό της στρωματογραφίας και των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών οδοστρωσίας (βάση, υπόβαση) και έδρασης των οδοστρωμάτων αεροδρομίων σε συνδυασμός της με μη καταστρεπτικές δοκιμές όπως αυτή του HWD.

Τα δεδομένα επιπεδότητας (ομαλότητα και τροχαυλάκωση) επιφάνειας θα πρέπει να εξετάζονται και να συνεκτιμώνται και στη διερεύνηση της δομικής κατάστασης και της επιτελεστικότητας υφισταμένων οδοστρωμάτων, καθόσον μπορούν να δώσουν πληροφορίες για την αξιολόγηση των υλικών των επιμέρους στρώσεων και να συνδυαστούν με δοκιμές προσδιορισμού των μηχανικών χαρακτηριστικών τους.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

- AECOM S.A. (2016), “Kos Airport Pavement Evaluation”, Report No 60507458.
- American Society for Testing and Materials (1985). “Classification of Soils for Engineering Purposes: Annual Book of ASTM Standards”, D 2487-83, 04.08, pp. 395–408.
- American Society for Testing and Materials (2012), “Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys”, ASTM D5340-12.
- American Society for Testing and Materials (2015), “Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements”, ASTM E1926 – 08.
- EDAFOS S.A (2017), “Re-evaluation of Kos Airport Pavement Condition”, Report No B-KGS-A-D-DRG-OX03-MXX-00.
- EDAFOS S.A. (2017), “Factual Report of Site Investigations on Kos Airside Pavements”, Report No. B-KGS-A-D-DRG-OX06-MXX-00.
- FAA (2011), “Advisory Circular - Use of Nondestructive Testing in the Evaluation of Airport Pavements”. Federal Aviation Administration, AC 150/5370-11b, Washington D.C.
- FAA (2009). “Guidelines and Procedures for Measuring Airfield Pavement Roughness”, Federal Aviation Administration, AC 150/5380-9, Washington D.C.
- Molenaar, A.A.A. (2006), “Structural Evaluation and Strengthening of Flexible Pavements Using Deflection Measurements and Visual Condition Surveys”, Lecture Notes, CT 4860, Structural Design of Pavements-Part VI, T.U. Delft.
- NCHRP (2004), “Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures”. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.
- SHRP (1993), “SHRP’s Layer Moduli Backcalculation Procedure”. Strategic Highway Research Program SHRP-P-655, National Research Council Washington, D.C.
- Titi, H. H., Dawkar, M., Sooman, M. and Tabatabai, H. (2017), “Long Term Performance of Gravel Base Course Layers in Asphalt Pavements”, Elsevier, Case Studies in Construction Materials, Vol. 9, e00208.
- Transport Canada (1993), “Airport Pavement Evaluation - Surface Roughness, Airports and Construction”, Airport Facilities Branch, Surface Structure Division, Ottawa, Ontario, Canada.
- Zakikhani, M., Gidley, T. P., and Tingle, S. J. (2017). “Development of an Engineering Soil Database”, Engineering Research and Development Center, US Army Corps of Engineers.
- Washington, S. P., Karlaftis, M. G., and Mannering, L.F. (2003), “Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis”, Chapman & Hall / CRC Press, Washington D.C.