

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : Α. ΛΟΪΖΟΣ



ΤΙΤΛΟΣ

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΟΝΟΜΑ : ΑΝΤΡΕΑΣ ΜΑΝΩΛΗΣ

ΑΘΗΝΑ
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2001

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Α. Λοίζο, χωρίς την βοήθεια του οποίου δεν θα ήταν δυνατή η διεξαγωγή και ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής, καθώς επίσης και τους κυρίους Χ. Ευδορίδη, Γ. Χαρωνίτη και Γ. Σωτηρόπουλο για την πολύτιμη βοήθειά τους.

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ **ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ**

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2. ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

2.1 Εισαγωγή

2.2 Συστήματα Διαχείρισης Οδικής υποδομής

2.3 Πρόβλεψη Της Συμπεριφοράς Οδοστρωμάτων

2.4 Είδη Προσομοιωμάτων

3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

3.1 Εισαγωγή

3.2 PARIS

3.2.1 Γενικά

3.2.2 Πέμπτο Κεφάλαιο Εργασίας Προγράμματος PARIS

3.2.3 Περιγραφή Δεδομένων

3.2.4 Μέθοδος Ανάλυσης

3.3 HDM – 4

3.3.1 Εισαγωγή

3.3.2 Ιστορική Αναδρομή

3.3.3 Παρουσίαση - Εφαρμογές – Λειτουργία HDM – 4

3.3.4 Δομή και Πλαίσιο Εργασίας του HDM – 4

3.3.5 Προσομοιώματα Πρόβλεψης Φθοράς

3.4 ARRB

3.4.1 Γενικά

3.4.2 Προσομοιώματα

4. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΩΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ

4.1 Εισαγωγή

4.2 Προσομοίωμα PARIS

4.2.1 Έναρξη ρηγμάτωσης

4.2.2 Εξέλιξη Ρηγμάτωσης

4.3 Προσομοίωμα HDM-4

4.3.1 Έναρξη Ολόκληρης ρηγμάτωσης

4.3.2 Εξέλιξη Ολόκληρης Ρηγμάτωσης

4.3.3 Έναρξη Εγκάρσιας Θερμικής Ρηγμάτωσης

4.3.4 Εξέλιξη Εγκάρσιας Ρηγμάτωσης

4.4 Προσομοίωμα ARRB

4.4.1 Έναρξη ρηγμάτωσης

4.4.2 Προσομοίωμα Εξέλιξης Ρηγμάτωσης

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

5.1 Διαδικασία Ανάλυσης και Επεξεργασίας Στοιχείων

6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

6.1 Εισαγωγή

6.2 Απαιτούμενα Δεδομένα για κάθε προσομοίωμα

6.2.1 Προσομοίωμα Ρηγμάτωσης του HDM – 4

6.2.2 Προσομοίωμα Ρηγμάτωσης του PARIS

6.2.3 Προσομοίωμα Ρηγμάτωσης του ARRB

6.3 Δεδομένα

6.4 Ανάλυση δεδομένων / Αποτελέσματα

6.4.1 Προσομοίωμα PARIS

6.4.2 Προσομοίωμα HDM – 4

6.4.3 Προσομοίωμα ARRB

7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

7.1 Εισαγωγή

7.2 Γενικός Σχολιασμός των Προσομοιωμάτων

7.2.1 PARIS

7.2.2 HDM – 4

7.2.3 ARRB

7.3 Σχολιασμός Προσαρμογής και Βαθμονόμησης Προσομοιωμάτων

7.3.1 PARIS

7.3.2 HDM – 4

7.3.3 ARRB

7.4 Σύγκριση Προσομοιωμάτων Για την Εξέλιξη Ρηγμάτωσης

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

9. ΕΠΟΜΕΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διπλωματική αυτή εργασία ασχολείται με τη προσαρμογή προσομοιωμάτων πρόβλεψης της εξέλιξης συμπεριφοράς αστοχιών οδοστρωμάτων στα ελληνικά δεδομένα, και συγκεκριμένα με τη προσαρμογή προσομοιωμάτων που προβλέπουν την εξέλιξη της ρηγμάτωσης σε ένα οδόστρωμα. Τα προσομοιώματα αυτά κατέχουν σημαντική θέση σε ένα Σύστημα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων.

Μετά από βιβλιογραφική ανασκόπηση στην διεθνή βιβλιογραφία, επιλέχθηκαν τρία προγράμματα οδοστρωμάτων, το PARIS που αναπτύχθηκε στην Ευρώπη και αφορά τις Ευρωπαϊκές συνθήκες, το HDM-4 που είναι ένα διεθνές πρόγραμμα και το ARRB που αναπτύχθηκε στην Αυστραλία. Από αυτά απομονώθηκαν τα προσομοιώματα πρόβλεψης που αφορούν την εξέλιξη της ρηγμάτωσης. Έγινε προσπάθεια προσαρμογής και βαθμονόμησης τους ακολουθώντας μια συγκεκριμένη μεθοδολογία. Έχοντας διαθέσιμα ιστορικά πραγματικά στοιχεία συμπεριφοράς ελληνικών οδοστρωμάτων, καθώς και στοιχεία για την κατασκευή τους, επιδιώχθηκε τα τρία αυτά προσομοιώματα πρόβλεψης εξέλιξης ρηγμάτωσης να προσαρμοσθούν και να βαθμονομηθούν κατάλληλα, ούτως ώστε να προβλέπουν όσο πιο αξιόπιστα γίνεται την συμπεριφορά των συγκεκριμένων οδοστρωμάτων, όσον αφορά την εξέλιξη της ρηγμάτωσης σε αυτά.

Η επιτυχία της προσαρμογής σχολιάζεται στη διπλωματική και γίνεται σύγκριση και κριτική των τριών προσομοιωμάτων και του κατά πόσο μπορούν να εφαρμοστούν στα ελληνικά δεδομένα, καθώς και γενικός σχολιασμός του θέματος.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μεταφορές ανθρώπων και εμπορευμάτων, κατείχαν ανέκαθεν ζωτικό ρόλο στην διαβίωση του ανθρώπου και στην ανάπτυξη της ανθρώπινης δραστηριότητας. Ο τομέας των μεταφορών, στην εποχή μας, είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένος και σημαντική θέση σ' αυτόν καταλαμβάνουν οι μεταφορές δια του οδικού δικτύου. Αποτελεί λοιπόν, επιτακτική ανάγκη να εξασφαλίζεται ένα υψηλό επίπεδο εξυπηρέτησης, άνεσης και ασφάλειας από το οδικό δίκτυο, με το μικρότερο δυνατό οικονομικό κόστος.

Παρ' όλη την επιστημονική και τεχνολογική ανάπτυξη της οδοποιίας στις μέρες μας, εντούτοις τα οδοστρώματα εξακολουθούν να φθείρονται. Διάφοροι παράγοντες προκαλούν και επηρεάζουν την εμφάνιση και εξέλιξη της φθοράς στα οδοστρώματα. Παράγοντες όπως η καταπόνηση που προκαλείται από την κυκλοφορία των οχημάτων, οι καιρικές και περιβαλλοντικές συνθήκες, η ποιότητα και το είδος των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, η φυσική φθορά του χρόνου καθώς και η ποιότητα της κατασκευής. Έτσι η φθορά εμφανίζεται στα οδοστρώματα με τη μορφή ρωγμών, τροχοαυλακώσεων, λακκουβών, απόσπασσης αδρανών, ανομαλότητας. Το φαινόμενο αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις στο επίπεδο εξυπηρέτησης που προσφέρει στους χρήστες το οδικό δίκτυο και στην διάρκεια της οικονομικής του ζωής και κατά συνέπεια, σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις μια και υπάρχει ανάγκη για επιδιορθώσεις, επανεπιστρώσεις ή ακόμα και ανακατασκευές των οδοστρωμάτων.

Οι σημαντικές επιπτώσεις του φαινομένου της εμφάνισης της φθοράς, καθώς και άλλοι παράγοντες που προκύπτουν από τη χρήση του οδικού δικτύου, όπως ο συνεχώς αυξανόμενος αριθμός μεταφορών δια του οδικού δικτύου και η μεγιστοποίηση της σημασίας του στο σύγχρονο τρόπο ζωής, το οικονομικό κόστος κατασκευής και συντήρησης οδοστρωμάτων καθώς και το μη οικονομικό κόστος, οδήγησαν στην ανάγκη για σωστή και επιστημονική διαχείριση των οδών και οδικών έργων. Με τον όρο διαχείριση των οδών και οδικών έργων νοείται ένα σύνολο ενεργειών και επεμβάσεων που έχουν ως στόχο τη συντήρηση και βελτίωση των οδικών δικτύων. Κύριο εργαλείο της διαχείρισης έπρεπε να αποτελεί η ορθολογική αξιολόγηση των ενεργειών και ο προγραμματισμός των έργων γι' αυτό και αναπτύχθηκαν τα Συστήματα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων. Κατόπιν διευρυμένης έρευνας, η παγκόσμια εμπειρία όσον αφορά την κατασκευή και χρήση οδοστρωμάτων άρχισε να καταγράφεται, προγράμματα μελέτης της συμπεριφοράς οδοστρωμάτων άρχισαν να χρηματοδοτούνται σε όλο τον κόσμο και έγινε προσπάθεια προσομοίωσης της συμπεριφοράς των οδοστρωμάτων με μαθηματικά μοντέλα. Όλη αυτή η προσπάθεια οδήγησε στην δημιουργία και με την πάροδο του χρόνου στην εξέλιξη και βελτίωση των Συστημάτων Διαχείρισης Οδοστρωμάτων. Αρκετά τέτοια συστήματα

έχουν αναπτυχθεί σε διάφορες χώρες του κόσμου, των οποίων η μορφή αλλά και η δυνατότητες ποικίλουν. Η χρησιμότητα και άρα η αναγκαιότητα τους είναι αδιαμφισβήτητα σημαντική, μια και η εφαρμογή συστημάτων διαχείρισης στο σχεδιασμό, προγραμματισμό, κατασκευή και κυρίως συντήρηση και βελτίωση των δικτύων οδοστρωμάτων έχει αποφέρει σημαντική εξοικονόμηση και καλύτερη διάθεση χρημάτων και χρόνου καθώς και αύξηση του επιπέδου εξυπηρέτησης των οδικών δικτύων σε παγκόσμιο επίπεδο. Στην Ελλάδα χρήση τέτοιων Συστημάτων Διαχείρισης δεν είναι διαδεδομένη. Δεν έχουν αναπτυχθεί στην χώρα μας και δεν έχει γίνει προσπάθεια προσαρμογής των ήδη υφιστάμενων, σε ελληνικά δεδομένα, παρ' όλη την μεγάλη τους χρησιμότητα όπως προαναφέρθηκε. Έπιδωξη λοιπόν της παρούσας διπλωματικής είναι να αποτελέσει την έναρξη προς την διερεύνηση και προσαρμογή ξένων Συστημάτων Διαχείρισης Οδοστρωμάτων στην Ελλάδα, ένα έργο με τεράστιο όγκο εργασίας.

Ένα σημαντικότερο εργαλείο των Συστημάτων Διαχείρισης Οδοστρωμάτων αποτελούν τα μαθηματικά προσομοιώματα μακροπρόθεσμης συμπεριφοράς οδοστρωμάτων. Αυτά είναι μαθηματικά μοντέλα που μπορούν, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα δεδομένα να προβλέψουν την εξέλιξη της φθοράς σε ένα οδόστρωμα. Πολλά τέτοια μαθηματικά προσομοιώματα έχουν αναπτυχθεί από διάφορες χώρες ή οργανισμούς, με διαφορετικές δυνατότητες, και διαφορετική εμβέλεια εφαρμογής και χρησιμοποιούνται ευρέως στο εξωτερικό στην εφαρμογή των Συστημάτων Διαχείρισης Οδοστρωμάτων. Σκοπός της διπλωματικής είναι η επιλογή τριών προσομοιωμάτων μακροπρόθεσμης συμπεριφοράς οδοστρωμάτων από τα ήδη υπάρχοντα και χρησιμοποιούμενα στο εξωτερικό, που αφορούν την εξέλιξη ενός είδους φθοράς, της ρηγμάτωσης, η μετάφραση, προσαρμογή και βαθμονόμησή τους στα ελληνικά δεδομένα.

Προς την επίτευξη του στόχου αυτού θα γίνει μια βιβλιογραφική ανασκόπηση στην διεθνή βιβλιογραφία και δημοσιεύσεις, από την οποία θα επιλεγούν και θα παρουσιασθούν τρία μαθηματικά προσομοιώματα που προσομοιάζουν με μαθηματικούς όρους την εξέλιξη της ρηγμάτωσης σε ένα οδόστρωμα με την πάροδο του χρόνου. Θα μελετηθούν οι ιδιαιτερότητες του κάθε προσομοιώματος καθώς και τα απαραίτητα δεδομένα που απαιτούνται για την εφαρμογή του. Στη συνέχεια θα εφαρμοσθούν τα προσομοιώματα αυτά σε πραγματικά ελληνικά οδοστρώματα, για τα οποία υπάρχουν διαθέσιμα πραγματικά ιστορικά στοιχεία, βάσει των οποίων θα επιχειρηθεί κατάλληλη προσαρμογή τους έτσι ώστε να δίνουν όσο το δυνατό πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, πλησιέστερα στα πραγματικά δεδομένα. Τέλος θα γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων που θα δώσουν τα τρία προσομοιώματα και θα σχολιασθούν οι ιδιαιτερότητες και δυσκολίες που συναντήθηκαν κατά την εφαρμογή τους. Θα διαπιστωθεί το κατά πόσο είναι δυνατό μια τέτοια προσπάθεια προσαρμογής ξένων προσομοιωμάτων και γενικότερα ξένων Συστημάτων Διαχείρισης Οδοστρωμάτων να αποδώσει καρπούς στην Ελλάδα.

2. ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση των Συστημάτων Διαχείρισης Οδικής Υποδομής είναι πλέον ευρέως διαδεδομένη σε όλο το κόσμο και έχει αφήσει πίσω της ιστορία τριών δεκαετιών. Μεγάλος αριθμός βιβλίων και δημοσιεύσεων στη ξένη βιβλιογραφία έχει ως αντικείμενό της το θέμα αυτό. Τα οφέλη από την εφαρμογή τέτοιων συστημάτων στη διαχείριση των οδικών δικτύων είναι αναμφισβήτητα σημαντικά. Απαραίτητο στοιχείο για να μπορέσουν να λειτουργήσουν τα συστήματα διαχείρισης είναι η πρόβλεψη της εξέλιξης της φθοράς στα οδοστρώματα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τα μαθηματικά προσομοιώματα πρόβλεψης της εξέλιξης αστοχιών των οδοστρωμάτων. Τέτοια υπάρχουν πάρα πολλά στην ξένη βιβλιογραφία τα οποία έχουν αναπτυχθεί σε διάφορες χώρες του κόσμου και έχουν διάφορες μορφές.

2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Τα θέματα της διαχείρισης των οδικών έργων, παραμένουν για περισσότερο από μια δεκαετία σ' όλο τον κόσμο στην κορυφή του ενδιαφέροντος, τόσο από επιστημονικής, όσο και από εφαρμοσμένης πλευράς, για τους μηχανικούς και τις διάφορες διευθύνσεις και αρχές οδοποιίας. Με τον όρο διαχείριση οδών εννοείται ένα σύνολο ενεργειών προγραμματισμού και συντονισμού επεμβάσεων που αποσκοπούν στην αξιοποίηση και βελτιστοποίηση της οδικής υποδομής και επιδομής, βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα, στα πλαίσια της λειτουργίας ενός ολοκληρωμένου οδικού δικτύου.[3]

Ο προβληματισμός γύρω από τη βελτιστοποίηση προγράμματος επεμβάσεων συντήρησης και εκσυγχρονισμού του οδικού δικτύου βρισκόταν και εξακολουθεί να βρίσκεται στην πρώτη γραμμή ενδιαφέροντος για μηχανικούς και ερευνητές οδοποιίας. Η προτεραιότητα που έχει δοθεί στο θέμα αυτό πηγάζει από την ανάγκη κατάρτισης ενός συστήματος ελέγχου και προγραμματισμού, το οποίο να αξιολογεί και επεξεργάζεται δεδομένα μετρήσεων που αναφέρονται στην πραγματική κατάσταση της οδού και σε συσχέτιση με στοιχεία γεωμετρίας, φόρτου και κλιματολογικών συνθηκών, να καταλήγει στη βέλτιστη μέθοδο επέμβασης, προσδιορίζοντας συγχρόνως το είδος, την έκταση και το κόστος των εργασιών, καθώς και τη χρονική σειρά εκτέλεσής τους. Χαρακτηριστικό είναι ότι ο προβληματισμός αυτός δεν περιορίστηκε σε παλαιότερα κατασκευασμένους δρόμους που εμφανίζουν ήδη σημαντικά προβλήματα αστοχιών. Αντίθετα, ο κύριος άξονας του προβληματισμού στράφηκε και

εξακολουθεί να είναι στραμμένος γύρω από σύγχρονες οδούς, των οποίων η κατασκευή είναι και η περισσότερο δαπανηρή. Η προσφορότερη πρακτική για την αντιμετώπιση των υφιστάμενων ή μελλοντικών προβλημάτων της οδού είναι εκείνη η οποία θέτει σε λειτουργία το πρόγραμμα ελέγχου και συντήρησης την επομένη της παράδοσης του έργου σε κυκλοφορία. Τα στοιχεία της μελέτης και της κατασκευής είναι δυνατό να αποτελέσουν τα πρώτα δεδομένα ενός προγράμματος συντήρησης του οδικού έργου, το οποίο σε συνδυασμό με την εξέλιξη της κατάστασης της οδού, θα προγραμματίσει τις τυχόν επεμβάσεις που θα απαιτηθούν.[3]

Η πρώτη κίνηση προς δημιουργία ενός συστήματος που να δίνει εκτιμήσεις για οδικά έργα, έγινε το 1968 από την World Bank. Το πρώτο σύστημα αφορούσε μελέτη σχεδιασμού αυτοκινητοδρόμου και προέκυψε από συνεργασία της World Bank με το Transport and Road Research Laboratory (TRRL) και το Laboratoire Central des Ponts et Chaussees (LCPC). Στη συνέχεια η World Bank ανέθεσε στο πανεπιστήμιο MIT (Massachusetts Institute of Technology) , χρησιμοποιώντας την ήδη συγκεντρωμένη έρευνα , να παράγει ένα βελτιωμένο σύστημα.. Το αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία του συστήματος HCM (Highway Cost Model) το 1972.[9]

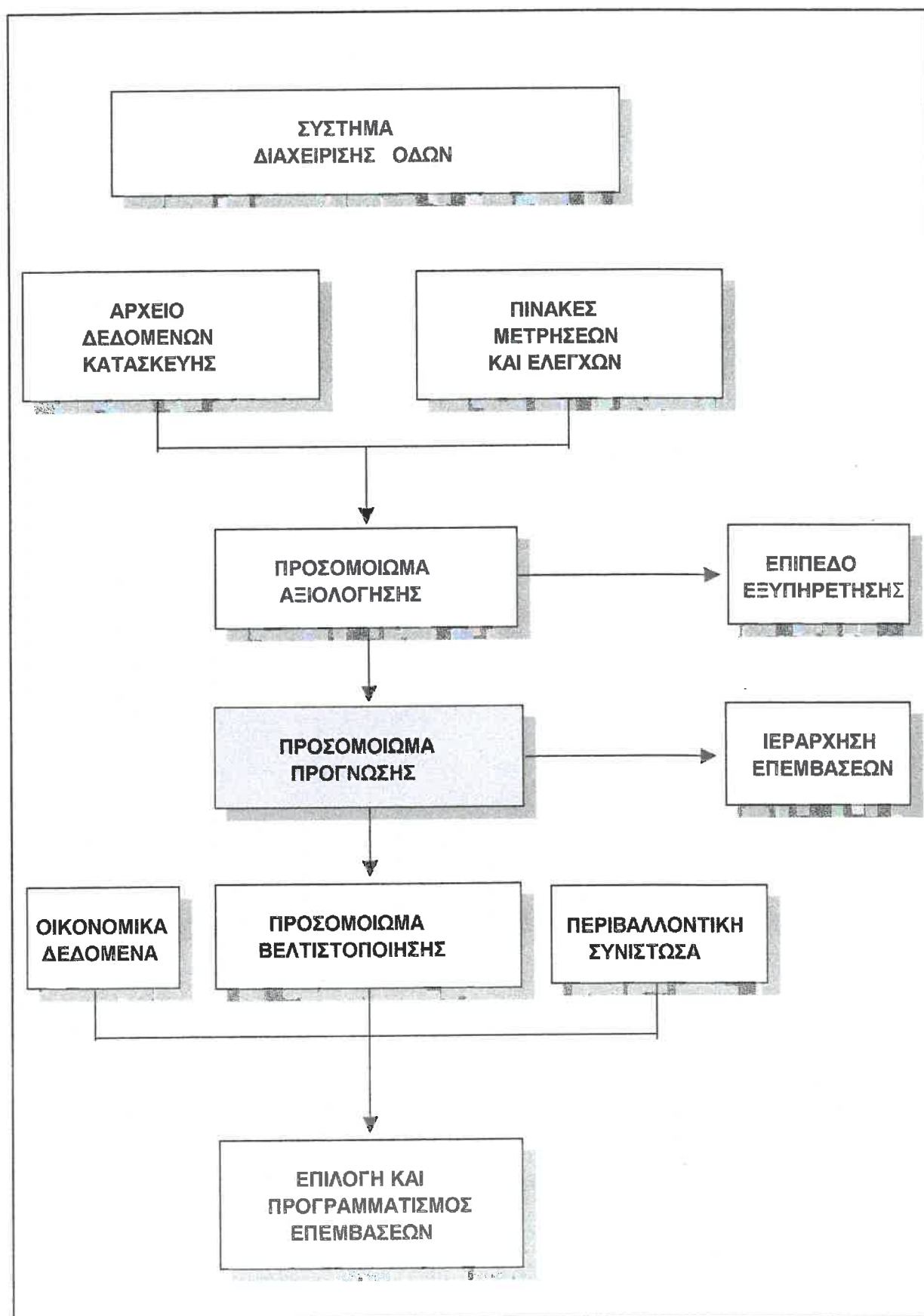
Κατόπιν το TRRL σε συνεργασία με την World Bank ανέλαβε μια περιοχή μελέτης στη Κένυα με σκοπό τη διερεύνηση της φθοράς οδοστρωμάτων και των παραγόντων που επηρεάζουν το κόστος χειρισμού οχημάτων σε μια αναπτυσσόμενη χώρα. Τα αποτελέσματα της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν από το TRRL για να δημιουργηθεί η πρώτη εκδοχή του μοντέλου Road Transport Investment Model (RTIM) για αναπτυσσόμενες χώρες. Το 1976 η World Bank χρηματοδότησε περαιτέρω έρευνα για το HCM στο MIT με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί η πρώτη εκδοχή του μοντέλου Highway Design and Maintenance Standards (HDM) το 1979. Το μοντέλο αυτό και οι κατόπιν βελτιωμένες εκδοχές του αποτέλεσε ένα σημαντικότερο εργαλείο στην εφαρμογή των Συστημάτων Διαχείρισης.[9]

Κατά τη δεκαετία του '80 και μετά αναπτύχθηκαν σε διάφορες χώρες, από ερευνητικά κέντρα οδοποιίας, συστήματα και μέθοδοι για την αντιμετώπιση των σύνθετων προβλημάτων συντήρησης και ανακατασκευής των οδών. Τα συστήματα αυτά, που σε μεγάλο ποσοστό έχουν ήδη τεθεί σε εφαρμογή, εστιάζουν στο πρόβλημα της τεχνικής επέμβασης στο οδόστρωμα, το οποίο αποτελεί την οδική επιδομή και έχει αναμφίβολα μεγάλη σημασία για τη

λειτουργικότητα του οδικού δικτύου. Η διατήρηση του οδοστρώματος σε καλή κατάσταση και η εξασφάλιση ενός ελάχιστου επιπέδου ποιότητας, τόσο από πλευράς κυκλοφοριακής άνεσης, όσο και από πλευράς οδικής ασφάλειας, είναι ο κύριος στόχος των συστημάτων αυτών που ονομάστηκαν συστήματα διαχείρισης οδικής υποδομής. Αν και η μορφή και η δομή των διαφόρων συστημάτων διαχείρισης διαφέρει από χώρα σε χώρα, ανάλογα με τις εκάστοτε προδιαγραφές, απαιτήσεις, αλλά και τεχνικές δυνατότητες, ο κεντρικός άξονας της φιλοσοφίας τους παραμένει ο ίδιος : τα κύρια συστατικά της έννοιας της διαχείρισης είναι η ορθολογική αξιολόγηση και ο προγραμματισμός.[3]

Η διάρθρωση ενός συστήματος διαχείρισης οδών παρουσιάζεται στο σχήμα 1.[3] Όπως φαίνεται και στο σχήμα, η τεχνική πλευρά των θεμάτων συντήρησης και εκσυγχρονισμού οδικών δικτύων είναι το πρωταρχικό στοιχείο των συστημάτων διαχείρισης. Από την άλλη και η οικονομική διάσταση των επεμβάσεων συντήρησης και βελτίωσης οδών είναι εξ ίσου σημαντική με την τεχνική πλευρά του ζητήματος. Η οικονομική συνιστώσα μπορεί να αναλυθεί σε δύο μέρη : Στο πρώτο μέρος περιλαμβάνονται οι δαπάνες και οι επιβαρύνσεις της δημόσιας αρχής, ενώ στο δεύτερο μέρος, η μεταβολή του κόστους των χρηστών που προκύπτει από τις τεχνικές επεμβάσεις. Επίσης μετά την ευαισθητοποίηση που αναπτύχθηκε κατά τη δεκαετία του '80 για τα θέματα του περιβάλλοντος, αναπόσπαστο μέρος των συστημάτων διαχείρισης αποτελεί και η περιβαλλοντική συνιστώσα. Στόχο έχει αφ' ενός, την οικολογική προσαρμογή των έργων και αφ' ετέρου, την προστασία του περιβάλλοντος.

Τα συστήματα διαχείρισης οδοστρωμάτων συχνά συγχύζονται με τα διάφορα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση, δηλαδή κυρίως προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών. Τα εργαλεία αυτά, τα προγράμματα δηλαδή ηλεκτρονικών υπολογιστών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από πολύ διαφορετικά συστήματα διαχείρισης, από διαφορετικές θεωρίες και μεθόδους διαχείρισης, και να δώσουν πολύ διαφορετικά αποτελέσματα, εξαρτώμενα βέβαια πάντα από τα δεδομένα που θα εισαχθούν. Τα διάφορα προγράμματα αποτελούν μέρος των συστημάτων διαχείρισης, είναι τα εργαλεία που χρησιμοποιούν για να πετύχουν την καλύτερη δυνατή διαχείριση. Σε ένα σύστημα διαχείρισης υπεισέρχεται όμως και ο ανθρώπινος παράγοντας, που είναι καθοριστικός. Η γνώμη των ειδικών, η εμπειρία, η εξοικείωση με μεθόδους διαχείρισης και με τα εκάστοτε οδικά δίκτυα, ακόμα και η διαίσθηση παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιτυχία ενός συστήματος διαχείρισης



ΣΧΗΜΑ 1 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

οδοστρωμάτων. Όσο καλύτερο είναι ένα πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή, όσο πιο ευέλικτο και ακριβές, τόσο συντείνει στην επιτυχία της εφαρμογής του συστήματος διαχείρισης. Όμως υπάρχουν μερικοί παράγοντες που δεν μπορούν να συμπεριληφθούν στο software ενός προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή, όπως π.χ η κοινωνική διάσταση μιας πολιτικής διαχείρισης. Υπάρχουν λόγοι για την προσαρμογή ενός συστήματος διαχείρισης που βρίσκονται μόνο στον ανθρώπινο εγκέφαλο και είναι δύσκολο να ενταχθούν σε ένα πρόγραμμα κομπιούτερ. Έτσι η ανθρώπινη κρίση παραμένει ο πιο καθοριστικός παράγοντας για την επιτυχία ενός συστήματος διαχείρισης οδοστρωμάτων.

Τα οφέλη από τη χρήση των Σ.Δ.Ο όπως προαναφέρθηκε είναι αναμφίβολα πάρα πολλά. Ας δούμε όμως πως καθορίστηκαν από μια μεγάλη διάσκεψη που έλαβε χώρα τον Ιούλιο του 1999, στην οποία και έλαβαν μέρος ειδικοί θεμάτων διαχείρισης οδοστρωμάτων από την Βόρειο Αμερική, την Ευρώπη, την Αφρική, την Ασία, την Αυστραλία και την Νέα Ζηλανδία[5] : Στην ερώτηση για το ποιους κατά την γνώμη τους θεωρούν τους σημαντικότερους στόχους στην εφαρμογή ενός συστήματος διαχείρισης οδικής υποδομής, απάντησαν πως ένα Σ.Δ.Ο έχει κυρίως σαν στόχο να :

- Να επεκτείνει τη φιλοσοφία περί διαχείρισης σε ένα μακροπρόθεσμο σχεδιασμό
- Να βοηθάει στην αξιοποίηση και διαχείριση πληροφοριών και δεδομένων ενός οδικού δικτύου
- Να συντείνει στην παραγωγή εργασίας με συνέπεια και ακρίβεια
- Να βοηθάει στην αποτελεσματική επικοινωνία και συνεννόηση με τους πολιτικούς και την εκάστοτε πολιτική που ακολουθείται στη χώρα για τα θέματα αυτά
- Να διασφαλίζει την αποτελεσματική χρήση των οικονομικών πόρων

Επίσης στην ερώτηση " από την εμπειρία σας στη διαχείριση οδοστρωμάτων, ποια κατά τη γνώμη σας είναι τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα (που να είναι μετρήσιμα) που έχετε αντιληφθεί κατά την εφαρμογή ενός Σ.Δ.Ο", οι απαντήσεις ήταν οι εξής :

- Εξοικονόμηση χρόνου στην εκτίμηση εναλλακτικών αναπτυξιακών σχεδίων
- Εξασφαλισμένη εγκυρότητα και ακρίβεια των περισυλλεγμένων δεδομένων
- Καλύτερη διάθεση χρημάτων

Όπως διαπιστώνεται εύκολα τα οφέλη από τη χρήση των Σ.Δ.Ο. τόσο στην κατασκευή, αλλά κυρίως στην συντήρηση και βελτίωση οδικών δικτύων είναι πολλά και σημαντικά, σε βαθμό που η χρήση τους καθίσταται απαραίτητη στη σύγχρονη οδοποιία.

2.3 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Η σημασία λοιπόν της εφαρμογής των Σ.Δ.Ο είναι όπως έχει αποδειχθεί πολύ μεγάλη, και δίνει πολλά πλεονεκτήματα στη κρατική ή ιδιωτική διεύθυνση ή υπηρεσία οδοποιίας που τα χρησιμοποιεί. Πολύ σημαντικό ρόλο στη διάρθρωση ενός συστήματος διαχείρισης, κατέχει η διαδικασία πρόβλεψης της συμπεριφοράς των οδοστρωμάτων, όσον αφορά την εξέλιξη της φθοράς σ' αυτά και άρα η κατάσταση στην οποία θα βρίσκονται στο μέλλον, το επίπεδο δηλαδή εξυπηρέτησης και ασφάλειας που θα μπορούν να προσφέρουν. Ο προγραμματισμός συντήρησης προϋποθέτει την ανάθεση περιορισμένων πάντα οικονομικών πόρων για τη συντήρηση και αποκατάσταση δρόμων που αποτελούν το οδικό δίκτυο. Εφόσον ο προγραμματισμός συντήρησης οδοστρωμάτων στηρίζεται πάνω στην αξιοπιστία των προβλέψεων για τη μελλοντική απόδοση των οδοστρωμάτων αυτών, είναι πολύ σημαντικό οι προβλέψεις αυτές να γίνονται με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια. Σε αντίθετη περίπτωση, ανακριβείς προβλέψεις θα έχουν σαν αποτέλεσμα λανθασμένες επιλογές στρατηγικών συντήρησης και αποκατάστασης, και άρα κακή αξιοποίηση των διατιθέμενων κονδυλίων. Χωρίς τα προσομοιώματα πρόβλεψης της φθοράς, δεν θα ήταν δυνατό να εφαρμοσθεί σωστή πολιτική διαχείρισης και δεν θα μπορούσαν να βοηθούν Συστήματα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων, στη μορφή και με τις δυνατότητες τουλάχιστον που έχουν σήμερα. Η φθορά λοιπόν, και η εξέλιξή της στο χρόνο παίζει ίσως τον πιο κρίσιμο και καθοριστικό ρόλο στην λήψη αποφάσεων και στην άσκηση γενικότερα πολιτικής διαχείρισης σε ένα οδικό δίκτυο.

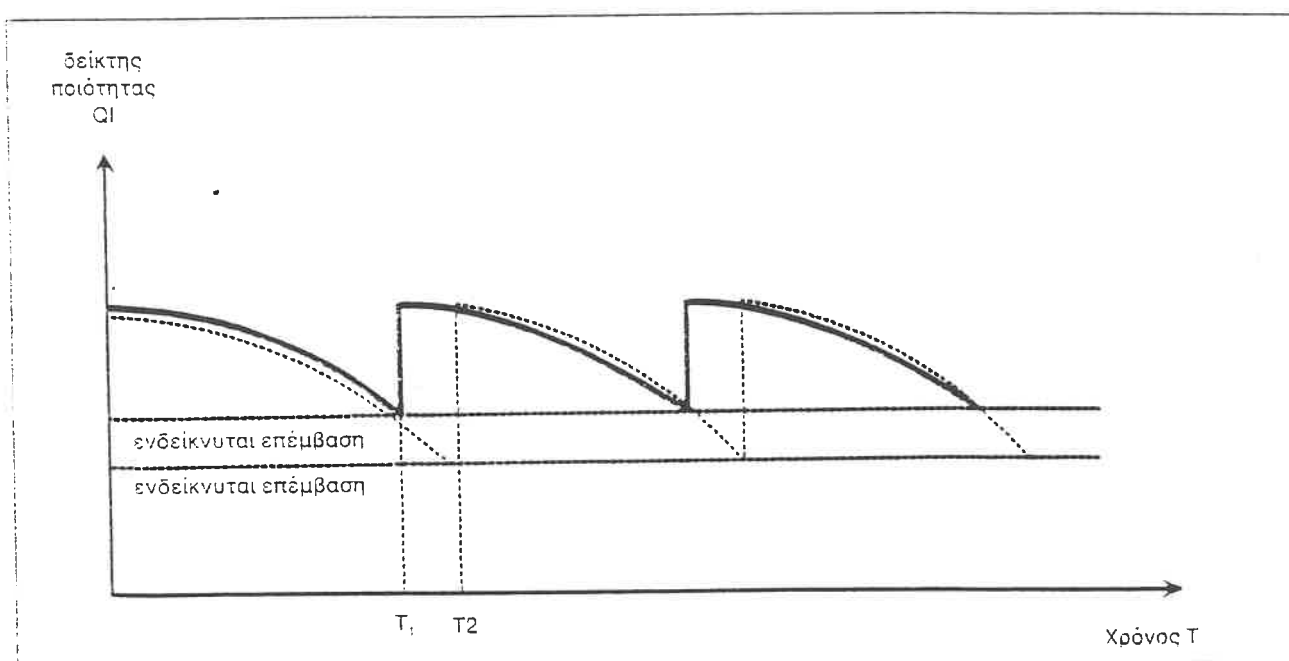
Η φθορά εμφανίζεται στα οδοστρώματα με τις εξής μορφές[1] [2] [9][10] : επιφανειακή ρηγμάτωση της ασφαλικής στρώσης, ρηγμάτωση που αρχίζει από τη διεπιφάνεια βάσης – ασφαλικής στρώσης, δημιουργία λακκουβών, απόσπαση αδρανών, τροχοαυλάκωση, έλλειψη ομαλότητας κατά μήκος του οδοστρώματος.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την δημιουργία και εξέλιξη της φθοράς σε ένα οδόστρωμα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής [1] [2] [9]:

- Χαρακτηριστικά οδοστρώματος : δομική αντοχή του οδοστρώματος, πάχος των στρώσεων, τύπος υλικών των στρώσεων
- Ιστορία οδοστρώματος : ηλικία του οδοστρώματος από την αρχική κατασκευή του, χρόνος από την τελευταία επανεπίστρωση.
- Χαρακτηριστικά της κυκλοφοριακής κίνησης : μέση ημερήσια κυκλοφοριακή κίνηση, σύνθεση της κυκλοφορίας, αθροιστική κίνηση.
- Περιβαλλοντικοί παράγοντες : μέση μηνιαία βροχόπτωση, μέση ετήσια θερμοκρασία, παγετώνες, κ.τ.λ

Η φθορά επέρχεται με το χρόνο υπό την επίδραση των πιο πάνω παραγόντων. Κατά τη φάση σχεδιασμού των έργων, οι ρυθμοί φθοράς είναι δυνατόν να προβλεφθούν και, σύμφωνα με την πρόγνωση αυτή, να επιλεγούν τα στοιχεία της οδού, αλλά και να προγραμματισθούν μελλοντικές επεμβάσεις συντήρησης και ανακατασκευής.

Σε ένα κλασσικό διάγραμμα επιπέδου εξυπηρέτησης – χρόνου (σχήμα 2), διαπιστώνεται ότι η φθορά, όχι μόνο αυξάνει με το χρόνο αλλά και επιταχύνεται, αφού η καμπύλη στρέφει τα κοίλα προς τα κάτω. Επί του διαγράμματος αυτού ορίζονται δυο παράλληλες ευθείες, οι οποίες αντιστοιχούν σε στάθμες εξυπηρέτησης που υποδηλώνουν, αντίστοιχα, καταστάσεις όπου η επέμβαση είναι επιθυμητή ή απαραίτητη. Η επιλογή της χρονικής στιγμής επέμβασης μεταξύ των δυο σημείων T1 και T2 προσδιορίζει σε ένα βαθμό και την πολιτική που ακολουθείται στο θέμα της συντήρησης των οδοστρωμάτων.



Σχήμα 2 Μεταβολή του επιπέδου εξυπηρέτησης με το χρόνο

Τα τελευταία 30 χρόνια έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για να αναπτυχθούν μοντέλα που να προβλέπουν την φθορά των οδοστρωμάτων συναρτήσει του χρόνου. Πολλά διαφορετικά προσομοιώματα αυτού του είδους έχουν αναπτυχθεί, τόσο από ερευνητές όσο και από διάφορες ιδιωτικές εταιρείες ή κρατικές διευθύνσεις οδοποιίας. Αυτά τα προσομοιώματα χρησιμοποιούνται όπως προαναφέρθηκε, για να προβλέπουν τη φθορά ενός οδοστρώματος κάτω από πολλά διαφορετικά σενάρια προγραμμάτων συντήρησης, έτσι είναι βασικά σε ένα σύστημα διαχείρισης οδικής υποδομής. Ένα προσομοίωμα πρόβλεψης θα έπρεπε να :α) να λαμβάνει υπόψη όσο πιο ολοκληρωμένα είναι δυνατό, όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξη της φθοράς και β) να παρουσιάζει με ακρίβεια τα αποτελέσματα της συντήρησης στην κατάσταση του οδοστρώματος[3]. Εντούτοις πολλά από τα προσομοιώματα που παρουσιάζονται στην διεθνή βιβλιογραφία δεν ικανοποιούν τις δυο αυτές απαιτήσεις. Αρκετά από τα μοντέλα δεν περιλαμβάνουν παρά μερικές μόνο μεταβλητές, συνήθως την ηλικία ή την κυκλοφορία. Αυτό συμβαίνει λόγω της δυσκολίας που παρουσιάζει η μέτρηση των περιβαλλοντικών παραγόντων καθώς και η έλλειψη διαφόρων άλλων δεδομένων όπως π.χ η ποιότητα της αρχικής κατασκευής. Επίσης οι πληροφορίες για την συντήρηση που έγινε σε διάφορα οδοστρώματα δεν καταγράφονταν στο παρελθόν, έτσι πολλά προσομοιώματα δεν περιλαμβάνουν τα αποτελέσματα της συντήρησης στην εξέλιξη της φθοράς.[7]

Σαν αποτέλεσμα αυτών των ατελών προσεγγίσεων, έχει αναφερθεί από πολλούς μελετητές ότι τα προσομοιώματα πρόβλεψης της εξέλιξης της φθοράς σε ένα οδόστρωμα, δεν δίνουν ακριβείς προβλέψεις για την μελλοντική κατάσταση του οδοστρώματος και παρουσιάζουν συχνά μεγάλες αποκλίσεις. Πολλές φορές οι πραγματικοί ρυθμοί φθοράς είναι ταχύτεροι από τους αντίστοιχους των σταδίων μελέτης. Αυτό εκτός από τις αδυναμίες των μοντέλων, μπορεί να οφείλεται και σε αστοχίες κατά την κατασκευή ή σε σημαντικές αλλαγές στα κυκλοφοριακά δεδομένα, κατά τη φάση λειτουργίας. Τα τελευταία μερικά χρόνια, οι μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην ανάπτυξη προσομοιωμάτων που να περιλαμβάνουν περισσότερες μεταβλητές, έτσι ώστε η συμπεριφορά των οδοστρωμάτων να προσομοιώνεται όσο το δυνατό ρεαλιστικότερα. Εντούτοις και από τα πρόσφατα προσομοιώματα, όπως διαπιστώνουν ερευνητές όπως ο B.C.Butler (Impact of Pavement Maintenance on Damage Rate) αρκετά αποτυγχάνουν στο να προσαρμοστούν σε διάφορες συνθήκες και να δώσουν ακριβείς και αξιόπιστες προβλέψεις.[7]

2.4 ΕΙΔΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΩΝ

Υπάρχουν πάρα πολλά είδη προσομοιωμάτων στη παγκόσμια βιβλιογραφία που χρησιμοποιούνται στα διάφορα Συστήματα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων. Μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τέσσερις κύριες κατηγορίες, σύμφωνα με τον τρόπο με τον οποίο προέκυψαν [6] :

- Προσομοιώματα γραμμικής παλινδρόμησης
- Προσομοιώματα εμπειρικών σχέσεων
- Προσομοιώματα που προέκυψαν από μηχανική εμπειρία
- Προσομοιώματα που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια των προγραμμάτων HDM III και HDM IV

Για την ανάπτυξη προσομοιωμάτων γραμμικής παλινδρόμησης ή εμπειρικών σχέσεων χρειάστηκε μεγάλος αριθμός δεδομένων. Αυτά είναι κυρίως τα προσομοιώματα που χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη. Το πρόγραμμα HDM III και η βελτιωμένη έκδοσή του HDM IV, είναι τα πιο σύνθετα και ολοκληρωμένα προγράμματα στο χώρο των Συστημάτων Διαχείρισης Οδοστρωμάτων. Προέκυψαν μετά από χρόνια μελέτης σε διάφορες χώρες του κόσμου και δεν περιλαμβάνουν μόνο προσομοιώματα πρόβλεψης φθοράς, αλλά αποτελούν ένα ευρύτερο εργαλείο στα συστήματα διαχείρισης, καθώς επιχειρούν να αυτοματοποιήσουν σε software το μεγαλύτερο μέρος της διαδικασίας ενός συστήματος διαχείρισης. Στην Ευρώπη παρόλο που, όπως αναφέρεται από δημοσιεύσεις, δεν κατορθώθηκε να προσαρμοσθούν ολόκληρα, πλήρως σε μεγάλα ευρωπαϊκά δίκτυα αυτοκινητοδρόμων, εντούτοις μέρη των προγραμμάτων HDM III & IV χρησιμοποιούνται.

3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΗΣ **ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ**

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από τα διάφορα προγράμματα πρόβλεψης της εξέλιξης συμπεριφοράς αστοχιών οδοστρωμάτων που υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία, έχουν επιλεγεί τρία στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, τα οποία και θα παρουσιασθούν. Το πρόγραμμα HDM IV το οποίο αποτελεί το πληρέστερο και πολυπλοκότερο πρόγραμμα όσον αφορά τα Συστήματα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων και αναπτύχθηκε σταδιακά μετά από έρευνες την τελευταία 30ετία σε χώρες όλου του κόσμου. Το πρόγραμμα PARIS το οποίο αναπτύχθηκε εξ' ολοκλήρου στην Ευρώπη και αφορά την εξέλιξη της φθοράς σε ευρωπαϊκά οδικά δίκτυα. Αναπτύχθηκε, κατόπιν συγκεντρώσεως μεγάλου αριθμού δεδομένων, με μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης. Τέλος το πρόγραμμα ARRB το οποίο αναπτύχθηκε μετά από έρευνα στην Αυστραλία και στηρίχθηκε στην εξέλιξη της φθοράς σε αυστραλέζικα οδικά δίκτυα.

3.2 PARIS

3.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το πρόγραμμα PARIS διεξήχθη κάτω από μερική χρηματοδότηση της Έρευνας Μεταφορών και Πρόγραμμα Τεχνολογικής Ανάπτυξης του Τέταρτου Πλαισίου Προγράμματος της Επιτροπής των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Άρχισε την 1η Οκτωβρίου 1996, με προγραμματισμένη διάρκεια δύο χρόνων. Σκοπός του προγράμματος ήταν να αναπτυχθούν υποδείγματα φθοράς οδοστρωμάτων για χρήση στα Συστήματα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων. Τα υποδείγματα που έχουν αναπτυχθεί έχουν εφαρμογή στις ευρωπαϊκές συνθήκες κυκλοφοριακής κίνησης, περιβάλλοντος και υλικών.

Το πρόγραμμα PARIS αποτελείται συνολικά από έξι Κεφάλαια Εργασίας τα οποία περιγράφουν την διαχείριση του προγράμματος, την ανάπτυξη των στόχων του προγράμματος, την προσαρμογή των δεδομένων των οδοστρωμάτων, την περισυλλογή και αποθήκευση των δεδομένων, την ανάλυση των δεδομένων για εξαγωγή των υποδειγμάτων φθοράς και την εγκυρότητα των υποδειγμάτων φθοράς. Η ανάλυση των δεδομένων και η εξαγωγή των υποδειγμάτων φθοράς περιγράφεται στο 5ο Κεφάλαιο Εργασίας 'Ανάλυση'. Αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιασθεί στη συνέχεια.

3.2.2 ΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ PARIS "ΑΝΑΛΥΣΗ"

Αντικείμενο του πέμπτου κεφαλαίου "ανάλυση", του προγράμματος PARIS, είναι η ανάπτυξη υποδειγμάτων που περιγράφουν την φθορά οδοστρωμάτων υπό την επήρεια της κυκλοφοριακής κίνησης και του περιβάλλοντος, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν σε Συστήματα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων.

Τα υποδείγματα αναπτύχθηκαν από την ανάλυση δεδομένων που συλλέχτηκαν από τομείς οδοστρωμάτων από δεκαπέντε ευρωπαϊκές χώρες που συμμετείχαν στο πρόγραμμα. Συλλέχτηκαν δεδομένα από συνολικά 720 τομείς οδοστρωμάτων από τις χώρες αυτές, 615 από εύκαμπτα οδοστρώματα και 105 από ημιάκαμπτα. Ιστορικά δεδομένα φθοράς καθώς και δεδομένα που συλλέχτηκαν κατά τη διάρκεια των δύο χρόνων που διήρκεσε το πρόγραμμα PARIS τοποθετήθηκαν σε μια ειδικά διαμορφωμένη βάση δεδομένων. Εκεί τα δεδομένα

προσαρμόσθηκαν κατάλληλα με αναγωγή τους σε ένα κοινό σύστημα ,επειδή είχαν συλλεχθεί σύμφωνα με τις τοπικές συνθήκες σε κάθε χώρα.

Αναπτύχθηκαν υποδείγματα για την έναρξη και εξέλιξη της ρηγμάτωσης , για την εξέλιξη της τροχοαυλάκωσης ,την εξέλιξη της κατά μήκος ομαλότητας και την εξέλιξη της απόσπασης αδρανών.

Για την έναρξη της ρηγμάτωσης αναπτύχθηκαν υποδείγματα τόσο σε εύκαμπτα όσο και σε ημιάκαμπτα οδοστρώματα. Για την εξέλιξη όμως της ρηγμάτωσης αναπτύχθηκαν υποδείγματα μόνο σε εύκαμπτα οδοστρώματα λόγω ελλείψεως δεδομένων σε ημιάκαμπτα .Για την περίπτωση της εξέλιξης της ρηγμάτωσης στα εύκαμπτα οδοστρώματα καθορίστηκε ένας δείκτης ρηγμάτωσης ο οποίος ήταν βασισμένος στη σοβαρότητα της ρηγμάτωσης .Η διακύμανση της ρηγμάτωσης βρέθηκε να είναι γραμμική σε σχέση με την ηλικία και τα ισοδύναμα τυπικά αξονικά φορτία 100 KN. Τα υποδείγματα που αναπτύχθηκαν επιτρέπουν στο μηχανικό να προβλέπει τη μελλοντική διακύμανση της ρηγμάτωσης με μια απλή μέτρηση της παρούσας κατάστασης του οδοστρώματος και με γνώση της ηλικίας και/ή της προηγούμενης κυκλοφοριακής κίνησης του. Στα ημιάκαμπτα οδοστρώματα παρ' όλο που δεν αναπτύχθηκαν παρόμοια υποδείγματα, εντούτοις παρουσιάσθηκαν γενικές τάσεις που δείχνουν την ανάπτυξη των εγκάρσιων ρωγμών σ' αυτά.

Υποδείγματα αναπτύχθηκαν για την εξέλιξη της τροχοαυλάκωσης ,επίσης για εύκαμπτα και ημιάκαμπτα οδοστρώματα, που επιτρέπουν στο μηχανικό να προβλέπει την μελλοντική εξέλιξη της τροχοαυλάκωσης. Η ανάλυση των δεδομένων στο PARIS έδειξε ότι η τροχοαυλάκωση τόσο στα εύκαμπτα όσο και στα ημιάκαμπτα οδοστρώματα είναι η ίδια γεγονός που υποδεικνύει πως οι τροχοαυλακώσεις εμφανίζονται στα ασφαλικά επιφανειακά στρώματα και δεν είναι αποτέλεσμα βαθιάς δομικής παραμόρφωσης αλλά επιφανειακής μόνο τροχοαυλάκωσης.

Για την απόδοση του κατά μήκους προφίλ των τομέων των οδοστρωμάτων χρησιμοποιήθηκε ο Διεθνής Δείκτης Ομαλότητας (IRI) (International Roughness Index). Παρόλο που τα υποδείγματα αναπτύχθηκαν για να περιγράψουν την αλλαγή στην ομαλότητα, εντούτοις η αλλαγή συναρτήσεως του χρόνου ήταν πολύ μικρή για τα ευρωπαϊκά δεδομένα. Άρα ο δείκτης IRI θεωρήθηκε μη ικανοποιητικά επαρκές μέτρο για την περιγραφή των μικρών αλλαγών που παρατηρήθηκαν.

Όσο αφορά τέλος την , την απόσπαση αδρανών μόνο ένα μικρό ποσοστό των τομέων που εξετάστηκαν υπέφεραν από αυτό το είδος φθοράς , κυρίως στη Ολλανδία , έτσι δεν μπόρεσαν να βρεθούν επεξηγηματικές μεταβλητές που να αποδίδουν τις διαφορές στις παραμέτρους των υποδειγμάτων στους διάφορους τομείς

Γενικά κατά την ανάπτυξη των υποδειγμάτων στο σχέδιο PARIS ,δόθηκε έμφαση στο να σχηματιστούν πρακτικά υποδείγματα, που να έχουν πρακτική εφαρμογή στη διαχείριση οδοστρωμάτων .Και αυτό έχει επιτευχθεί γιατί τα υποδείγματα περιέχουν λίγες μεταβλητές οι οποίες είναι εύκολο να συλλεχθούν.

3.2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στο σχέδιο PARIS για την ανάπτυξη των υποδειγμάτων ανήκουν σε δύο κατηγορίες. Δεδομένα που προέρχονται από Δοκιμή Φόρτισης Πραγματικού Χρόνου (RLT :Real-Time Loading Testing) και δεδομένα που προέρχονται από Δοκιμή Επιταχυνόμενης Φόρτισης (ALT :Accelerated Loading Testing).Όλα τα δεδομένα , πριν χρησιμοποιηθούν είχαν αναχθεί σε ένα κοινό σύστημα το οποίο είχε καθοριστεί στο τρίτο κεφάλαιο εργασίας, 'Προσαρμογή' (Normalisation), γιατί όπως προαναφέρθηκε είχαν συλλεχθεί σύμφωνα με τις τοπικές συνθήκες της κάθε χώρας.

Τα δεδομένα από την Δοκιμή Φορτισης Πραγματικού Χρόνου (RLT) συλλέχθηκαν από 15 ευρωπαϊκές χώρες(μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα). Δεδομένα από 11 χώρες χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των υποδειγμάτων και τα δεδομένα από τις υπόλοιπες 4 χώρες χρησιμοποιήθηκαν για να ελεγχθεί η εγκυρότητα των υποδειγμάτων που αναπτύχθηκαν.Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από τομείς οδοστρωμάτων που πληρούσαν τις εξής προϋποθέσεις:

- Ο τομέας έπρεπε να ανήκει σε κάποιο υπαρκτό οδόστρωμα
- Ο τομέας έπρεπε να παρουσιάζει ομοιογένεια τόσο στη δομή του όσο και στην καταπόνηση του από την κυκλοφοριακή κίνηση
- Έπρεπε να υπάρχουν ιστορικά δεδομένα για τον τομέα ή αυτά να είναι εύκολο να μετρηθούν
- Έπρεπε να υπάρχει πρόσβαση στον τομέα για συλλογή νέων δεδομένων φθοράς.

Όλα τα δεδομένα είχαν προσαρμοσθεί σε ένα τυπικό μήκος 100m και αποθηκεύτηκαν στη βάση δεδομένων σε αυτό το μήκος. Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων του σχεδίου PARIS χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από την Δοκιμή Φορτίσης Πραγματικού Χρόνου (RLT), ενώ τα δεδομένα από την Δοκιμή Επιταχυνόμενης Φόρτισης (ALT) χρησιμοποιήθηκαν κυρίως ως συμπληρωματικά ή επιβεβαιωτικά.

Τα δεδομένα από την Δοκιμή Επιταχυνόμενης Φόρτισης (ALT) προήλθαν από τομείς οδοστρωμάτων στους οποίους επιβλήθηκαν φορτία παρόμοια με αυτά της κυκλοφοριακής κίνησης. Οι δοκιμές Επ. Φόρτισης έδωσαν πολύτιμες συμπληρωματικές πληροφορίες κυρίως για την ρηγμάτωση και την τροχοαυλάκωση. Εντούτοις, διαπιστώθηκαν μειονεκτήματα σε αυτή τη μέθοδο. Κατ' αρχήν οι μακροπρόθεσμες επιρροές της γήρανσης της ασφάλτου και της κυκλοφοριακής κίνησης, πρακτικά αμελούνται σε αυτή τη μέθοδο συλλογής δεδομένων. Επιπλέον, στις περισσότερες περιπτώσεις δεν ήταν δυνατό να ελεγχθούν βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την φθορά κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, έτσι ώστε να ελεγχθούν διάφορες συνθήκες, όπως θερμοκρασία και υγρασία.

3.2.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Το σύστημα ανάλυσης λαμβάνει υπόψιν του δεδομένα από δυο πηγές δεδομένων. Την Πραγματική Καταπόνηση και την Επιστευσμένη Καταπόνηση οι οποίες έχουν περιγραφεί πιο πάνω.

Μια συστηματική προσέγγιση ακολουθείται στην ανάπτυξη των μοντέλων φθοράς. Σε πρώτη φάση αναγνωρίζονται από τη βάση δεδομένων τα διάφορα μεγέθη τα οποία περιγράφουν τα διάφορα είδη φθοράς (όπως π.χ ποσοστό ρηγμάτωσης, βάθος τροχοαυλάκωσης, ομαλότητα, ποσοστό απόσπασσης αδρανών, αθροιστική κυκλοφοριακή κίνηση). Αυτά αποτελούν τις εξαρτημένες μεταβλητές. Επίσης αναγνωρίζονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές από τις οποίες εξαρτώνται τα μεγέθη αυτά (όπως π.χ ηλικία, κυκλοφοριακή κίνηση, κλιματολογικές συνθήκες, πάχος ασφάλτικης στρώσης). Τόσο οι εξαρτημένες όσο και οι ανεξάρτητες μεταβλητές διαφέρουν ανάλογα με το αν η προσέγγιση γίνεται για ανάπτυξη υποδείγματος που αφορά έναρξη φθοράς ή εξέλιξη φθοράς.

Στη δεύτερη φάση της ανάλυσης τα δεδομένα επανεξετάζονται και εκτιμούνται ,με την εξέταση όλων των μεταβλητών ανεξάρτητα μεταξύ τους , έτσι ώστε :

- Να εκτιμηθεί η σπουδαιότητα της κάθε μεταβλητής
- Να αναγνωριστούν κενά στη συλλογή δεδομένων
- Να αναγνωριστούν ασυνήθιστες, παράλογες μετρήσεις

Στη συνέχεια για να διερευνηθεί η εξάρτηση μεταξύ των μεταβλητών , ακολουθεί ανάλυση μεταβλητών ανά ζεύγος. Σκοπός είναι να αναγνωρισθούν :

- Συσχετισμός μεταξύ μεταβλητών
- Παρατηρήσεις που είναι ασυνήθιστες και στις δύο μεταβλητές ταυτόχρονα
- Κενά στη συλλογή δεδομένων και στις δύο μεταβλητές ταυτόχρονα
- Πιθανοί λειτουργικοί τύποι που να συσχετίζουν τις μεταβλητές

Τέλος χρησιμοποιώντας μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης και άλλες στατιστικές μεθόδους, σχηματίζεται το κατάλληλο υπόδειγμα για το κάθε είδος φθοράς. Από την ανάλυση δεδομένων σχηματίσθηκαν υποδείγματα πρόβλεψης φθοράς τόσο για εύκαμπτα οδοστρώματα όσο και για άκαμπτα οδοστρώματα. Στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής ενδιαφέρουν μόνο υποδείγματα που αφορούν εύκαμπτα οδοστρώματα. Αναπτύχθηκαν προσομοιώματα για έναρξη και εξέλιξη της ρηγμάτωσης, εξέλιξη της τροχοσαλάκωσης, εξέλιξη της μείωσης της ομαλότητας και την εξέλιξη της απόσπασης αδρανών. Στο επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιασθεί αναλυτικά το προσομοίωμα έναρξης και εξέλιξης της ρηγμάτωσης, που αποτελεί το βασικό αντικείμενο της διπλωματικής.

3.3 HDM-4

3.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πρόγραμμα HDM-4 αποτελεί την εξέλιξη και βελτίωση του προγράμματος HDM-III , το οποίο χρησιμοποιείτο για πάνω από δυο δεκαετίες στη διαχείριση οδοστρωμάτων , συνδυάζοντας τεχνικές και οικονομικές εκτιμήσεις οδικών έργων , βοηθώντας έτσι στην προετοιμασία επενδυτικών προγραμμάτων δρόμων και στην ανάλυση στρατηγικής στα δίκτυα οδών. Έγινε προσπάθεια έτσι ώστε το πρόγραμμα HDM-4 να προσφέρει ένα αρμονικό σύστημα προσέγγισης της διαχείρισης οδοστρωμάτων , με προσαρμόσιμα και φιλικά προς τον χρήστη εργαλεία software , μια και το HDM-4 είναι αυτοματοποιημένο πρόγραμμα που εφαρμόζεται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Οι δυνατότητες του προγράμματος HDM-4 είναι πολύ διευρυμένες , ξεπερνώντας τις δυνατότητες άλλων προγραμμάτων που ασχολούνται με εκτιμήσεις στον ίδιο χώρο. Προσφέρει ένα αξιόπιστο και δυνατό σύστημα για την ανάλυση της διαχείρισης οδοστρωμάτων καθώς και εναλλακτικές επενδυτικές προτάσεις.

3.3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η πρώτη προσπάθεια να δημιουργηθεί ένα μοντέλο που να δίνει εκτιμήσεις και προβλέψεις για οδικά έργα έγινε, όπως προαναφέρθηκε το 1968 από την World Bank. Μετά από συνεργασία της World Bank με το Transport and Road Research Laboratory (TRRL) και το Laboratoire Central des Ponts et Chaussees (LCPC), και με τη συμβολή του πανεπιστημίου MIT (Massachusetts Institute of Technology) , προέκυψε το μοντέλο HCM (Highway Cost Model) το 1972.

Κατόπιν το TRRL σε συνεργασία με την World Bank ανέλαβε μια περιοχή μελέτης στη Κένυα με σκοπό τη διερεύνηση της φθοράς οδοστρωμάτων και των παραγόντων που επηρεάζουν το κόστος χειρισμού οχημάτων σε μια αναπτυσσόμενη χώρα. Τα αποτελέσματα της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν από το TRRL για να δημιουργηθεί η πρώτη εκδοχή του υποδείγματος Road Transport Investment Model (RTIM) για αναπτυσσόμενες χώρες. Το 1976 η World Bank χρηματοδότησε περαιτέρω έρευνα για το HCM στο MIT με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί η πρώτη εκδοχή του υποδείγματος Highway Design and Maintenance Standards (HDM) το 1979.

Περαιτέρω έρευνα είχε αναληφθεί από αριθμό χωρών για να επεκταθούν οι γεωγραφικές ικανότητες των υποδειγμάτων RTIM και HDM :

- Καραβαϊκή μελέτη (από TRRL)

Διερεύνηση των επιπτώσεων της γεωμετρίας των δρόμων , στο κόστος λειτουργίας οχημάτων (Morosiuk and Abaynaka , 1982 , Hide 1982)

- Ινδική μελέτη (από το Central Road Research Institute – CRRl)

Μελέτη ειδικών λειτουργικών προβλημάτων Ινδικών Δρόμων

- Βραζιλιάνικη Μελέτη (από UNDP)

Επέκταση της εγκυρότητας όλων των σχέσεων των υποδειγμάτων

Τα αποτελέσματα των μελετών του TRRL χρησιμοποιήθηκαν για να αναπτυχθεί το υπόδειγμα RTIM2 (Parsley and Robinson , 1982), ενώ η World Bank ανέπτυξε ένα πιο περιεκτικό υπόδειγμα που περιελάμβανε τα πορίσματα από όλες τις προηγούμενες μελέτες , το HDM-III (Watanatada et al.1987).

Οι διάφορες εκδοχές των υποδειγμάτων χρησιμοποιούνταν ευρέως σε μεγάλο αριθμό χωρών και έπαιξαν βασικό ρόλο στην αύξηση του προϋπολογισμού για τη διατήρηση και αποκατάσταση των δρόμων. Αναγνωρίστηκε εντούτοις η ανάγκη για περαιτέρω ανάπτυξη και βελτίωση των διαφόρων υποδειγμάτων έτσι ώστε να περιλαμβάνουν ευρύτερη γκάμα οδοστρωμάτων και συνθηκών και να εκμεταλλεύονται στο έπακρο τις δυνατότητες των σύγχρονων ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Έτσι χρησιμοποιώντας όλη την εμπειρία από την εφαρμογή πολλών χρόνων των τεχνικών σχέσεων που περιλαμβάνονταν στο RTIM3 και HDM-III και λαμβάνοντας υπόψη τις δραματικές αλλαγές σε διάφορους τομείς της διαχείρισης οδοστρωμάτων προέκυψε το υπόδειγμα HDM-4, με τη βοήθεια του αυστραλέζικου οργανισμού ARRB και του πανεπιστημίου του Birmingham .

3.3.3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ HDM-4

Το HDM-4 είναι ένα αρκετά πολύπλοκο πρόγραμμα και διατίθεται στην αγορά σε CD-ROM. Η παρουσίασή του γίνεται λεπτομερώς στο CD-ROM σε πέντε περιγραφικά κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί μια σύντομη περίληψη του HDM-4 , όπου περιγράφεται συνοπτικά

το σύστημα HDM-4. Το δεύτερο κεφάλαιο και τρίτο κεφάλαιο θεωρούνται ως οδηγοί για τη χρήση του software του HDM-4. Το κεφάλαιο τέσσερα περιγράφει το αναλυτικό πλαίσιο εργασίας και τις τεχνικές σχέσεις που περιλαμβάνονται στο HDM-4. Το κεφάλαιο πέντε περιλαμβάνει μεθόδους για προσαρμογή και βαθμονόμηση του HDM-4 σε διαφορετικές χώρες.

Το πρόγραμμα HDM-4 χρησιμοποιεί τρία εργαλεία ανάλυσης για να καλύψει τρεις από τις τέσσερις βασικές λειτουργίες του κύκλου διαχείρισης οδοστρωμάτων (highway management cycle) (δηλ. τον σχεδιασμό, τον προγραμματισμό, την προετοιμασία για εφαρμογή και την διαδικασία εφαρμογής). Τη στρατηγική ανάλυση (strategy analysis) που αναφέρεται στο σχεδιασμό, την ανάλυση προγραμματισμού (programme analysis) που αναφέρεται στο προγραμματισμό και την ανάλυση σχεδίου (project analysis) που αναφέρεται στη προετοιμασία για εφαρμογή.

Η στρατηγική ανάλυση χρησιμοποιείται στο μακροπρόθεσμο σχεδιασμό ενός οδικού δικτύου ως συνόλου. Δίνει εκτιμήσεις για τις δαπάνες που απαιτούνται για την ανάπτυξη και διατήρηση του δικτύου κάτω από διαφορετικά σενάρια προϋπολογισμού, για περίοδο από 5 ως 40 χρόνια. Εκτιμά το βέλτιστο καταμερισμό των διατιθέμενων κονδυλίων στα κύρια και δευτερεύοντα οδικά δίκτυα, στις διάφορες λειτουργίες (ανάπτυξη, βελτίωση, περιοδική συντήρηση, συντήρηση ρουτίνας), καθώς και τη πολιτική που πρέπει να ακολουθηθεί.

Η ανάλυση προγραμματισμού ασχολείται κυρίως με την ένταξη κατά προτεραιότητα ενός καθορισμένου μεγάλου αριθμού δρόμων, σε ένα πρόγραμμα εργασίας ενός ή και περισσότερων ετών, κάτω από καθορισμένους οικονομικούς περιορισμούς. Ο μεγάλος αυτός αριθμός δρόμων αποτελεί τομείς ενός οδικού δικτύου. Τα κριτήρια επιλογής μπορεί να διαφέρουν, και εξαρτώνται από τα επίπεδα διατήρησης, βελτίωσης ή ανάπτυξης των δρόμων που καθορίζει κάθε φορά η συγκεκριμένη χώρα ή ο οργανισμός που είναι υπεύθυνος για το οδικό δίκτυο. Πρέπει να τονισθεί ότι η κύρια διαφορά της ανάλυσης προγραμματισμού από την στρατηγική ανάλυση είναι ο τρόπος με τον οποίο αντιμετωπίζονται οι οδικές συνδέσεις και οι τομείς των οδικών δικτύων. Στην ανάλυση προγραμματισμού αντιμετωπίζονται ως μονάδες που η κάθε μια έχει μοναδικά φυσικά χαρακτηριστικά, ενώ στην στρατηγική ανάλυση οι οδικές συνδέσεις χάνουν την μοναδικότητά τους μια και κατηγοριοποιούνται και αντιμετωπίζονται ως μονάδες.

Η **ανάλυση σχεδίου** ασχολείται με μια συγκεκριμένη οδική σύνδεση ή τομέα οδικού δικτύου και δίνει εκτιμήσεις για τις διάφορες εναλλακτικές επενδυτικές επιλογές. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δώσει εκτιμήσεις για την οικονομική ή μηχανική βιωσιμότητα ενός σχεδίου οδικής σύνδεσης ή τομέα. Όσον αφορά τις απαιτήσεις σε δεδομένα υπάρχει μια σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στην ανάλυση σχεδίου και στα δύο προηγούμενα εργαλεία ανάλυσης. Στην ανάλυση σχεδίου υπάρχει απαίτηση για πιο λεπτομερή δεδομένα που προέρχονται από συγκεκριμένες μετρήσεις, ενώ στις άλλες δύο αναλύσεις τα δεδομένα μπορεί να είναι πιο γενικά. Π.χ για καθορισμό της ομαλότητας σε επίπεδο ανάλυσης σχεδίου θα χρησιμοποιηθεί ο δείκτης IRI σε μονάδες m/Km ενώ σε επίπεδο στρατηγικής ανάλυσης και ανάλυσης προγραμματισμού θα χρησιμοποιηθεί ο χαρακτηρισμός καλή, μέτρια ή φτωχή

3.3.4 ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΠΛΑΙΣΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ HDM-4

Τα τρία εργαλεία ανάλυσης που έχουν περιγραφεί λειτουργούν χρησιμοποιώντας δεδομένα που εισάγονται από το χρήστη στις εξής τέσσερις βάσεις διαχείρισης δεδομένων :

- **Δίκτυο Δρόμου**

Καθορίζονται τα φυσικά χαρακτηριστικά του τομέα του οδικού δικτύου

- **Κυκλοφοριακή Κίνηση**

Καθορίζονται τα χαρακτηριστικά της κυκλοφοριακής κίνησης που χρησιμοποιεί τον τομέα

- **Οδικές Εργασίες**

Καθορίζονται τα επίπεδα συντήρησης και βελτίωσης, μαζί με τις μονάδες κόστους τους

- **Διάταξη HDM-4**

Καθορίζονται προεπιλεγμένες τιμές για κάποια δεδομένα. Αυτές δίδονται από το HDM-4 αλλά μπορούν να τροποποιηθούν για να αντιπροσωπεύουν τις τοπικές συνθήκες και περιβάλλον.

Η τεχνική ανάλυση στο HDM-4 αναλαμβάνεται από τέσσερις κατηγορίες προσομοιωμάτων :

- **RD (Road Deterioration) Φθορά οδοστρωμάτων**

Προβλέπει τη φθορά οδοστρώματος για ασφατικούς, από σκυρόδεμα και σφραγισμένους δρόμους

- **WE (Works Effects) Επιπτώσεις Εργασιών**

Εξομοιώνει τα αποτελέσματα των οδικών εργασιών στη κατάσταση του οδοστρώματος και καθορίζει τα αντίστοιχα κόστη.

- **RUE (Road User Effects) Επιπτώσεις στους χρήστες**

Καθορίζει τα κόστη λειτουργίας των οχημάτων , οδικών ατυχημάτων και χρόνου οδήγησης.

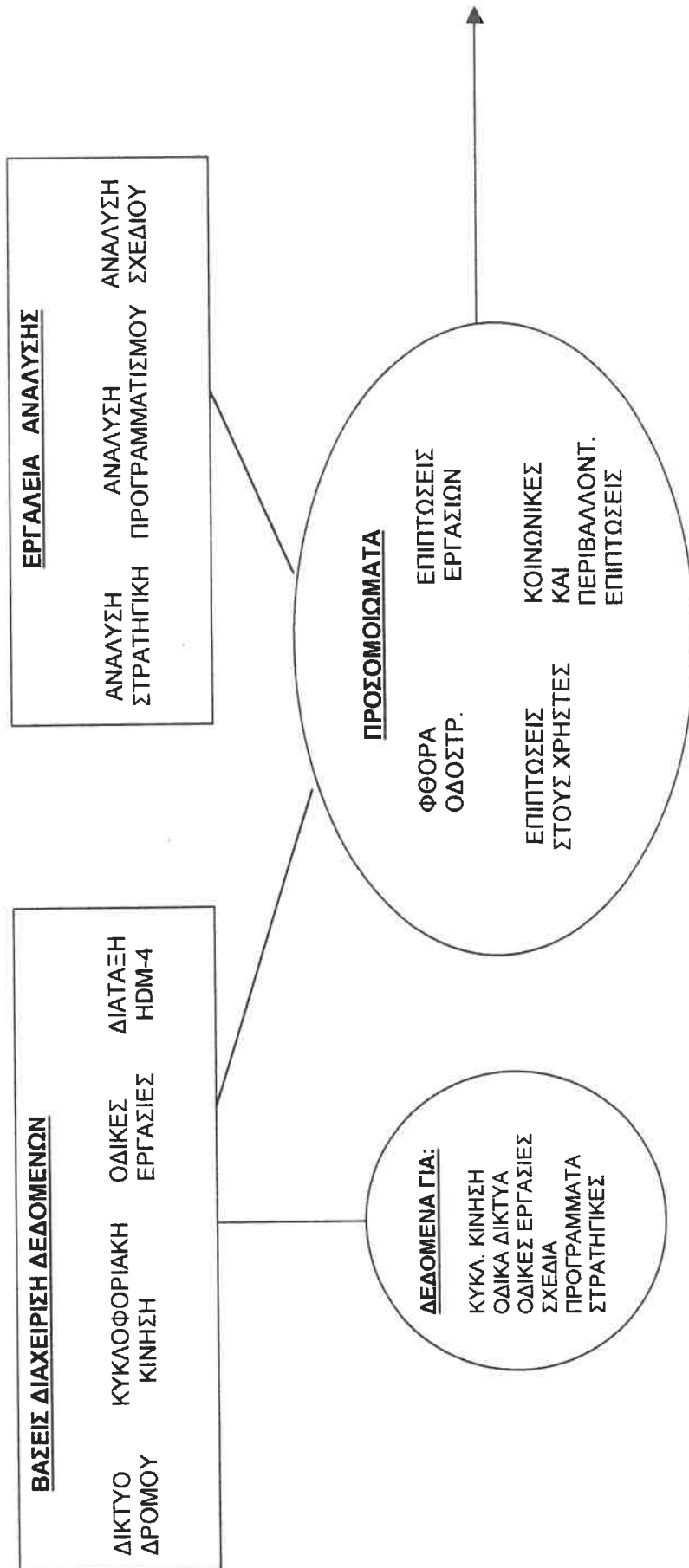
- **SEE (Social and Environment Effects) Κοινωνικές και Περιβαλλοντικές επιπτώσεις**

Καθορίζει τις επιπτώσεις της εκπομπής καυσαερίων και της κατανάλωσης ενέργειας

Τα προσομοιώματα εξομοιώνουν για κάθε τομέα οδικού δικτύου , χρόνο με το χρόνο , την κατάσταση του δρόμου και τα κονδύλια που χρησιμοποιήθηκαν για διατήρηση κάτω από κάθε στρατηγική , όπως επίσης και τις ταχύτητες οχημάτων και την κατανάλωση φυσικών πρώτων υλών από τη λειτουργία των οχημάτων. Αφού εκτιμηθούν οι φυσικές ποσότητες υλών που εμπλέκονται στη κατασκευή , οι οδικές εργασίες και η λειτουργία των οχημάτων , καθορίζεται το οικονομικό κόστος , βάσει τιμών και κόστους μονάδων που δίνονται από το χρήστη.

Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται παραστατικά στο επόμενο διάγραμμα, όπου φαίνεται η αρχιτεκτονική δομή του προγράμματος HDM-4

ΔΟΜΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΗDM-4



Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής ενδιαφέρουν τα προσομοιώματα πρόβλεψης φθοράς οδοστρωμάτων (Road Deterioration)

3.3.6 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΦΘΟΡΑΣ

Τα υποδείγματα πρόβλεψης φθοράς παρουσιάζονται στο τέταρτο περιγραφικό κεφάλαιο του HDM-4. Εκεί παρουσιάζεται το αναλυτικό πλαίσιο εργασίας του HDM-4 και όλες οι τεχνικές σχέσεις που χρησιμοποιούνται.

Παρουσιάζονται αναλυτικά αρκετά υποδείγματα που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα φθορών του οδοστρώματος, όπως ρηγμάτωση, τροχοαυλάκωση, λακκούβες, ομαλότητα, απόσπαση αδρανών από την επιφάνεια του οδοστρώματος, απώλεια ασφαλτικού υλικού από την άκρη του οδοστρώματος. Τα προσομοιώματα αυτά περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό παραμέτρων, λαμβάνουν υπόψη τους όλους τους γνωστούς παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξη της φθοράς, και ως εκ τούτου απαιτούν εισαγωγή μεγάλου αριθμού δεδομένων.

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής ενδιαφέρει το προσομοίωμα της πρόβλεψης της εξέλιξης της φθοράς μόνο. Θα απομονωθεί και θα παρουσιασθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

3.4 ARRB

3.4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το πρόγραμμα ARRB (Australian Road Research Board), ασχολείται με την πρόβλεψη της συμπεριφοράς των οδοστρωμάτων, από απόψεως εξέλιξης των διαφόρων μορφών φθοράς. Τα προσομοιώματα που προέκυψαν, είναι το αποτέλεσμα της έρευνας που διεξήγαγε η εταιρεία ARRB Transport Research Ltd, από το 1994 έως το 1998 και αφορούν οδοστρώματα στην Αυστραλία. Τα προσομοιώματα πρόβλεψης συμπεριφοράς οδοστρωμάτων που παρουσιάστηκαν ασχολούνται με :

- α) τη φθορά οδοστρωμάτων από αμμοχάλικο, σφραγισμένων με μια λεπτή ασφατική στρώση, σε επίπεδο δικτύου οδοστρωμάτων και σε επίπεδο απλού οδοστρώματος
- β) τη αποκατάσταση, σφραγισμένων οδοστρωμάτων από αμμοχάλικο και ασφατικών οδοστρωμάτων σε επίπεδο δικτύου οδοστρωμάτων

3.4.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ

Τα προσομοιώματα πρόβλεψης συμπεριφοράς οδοστρωμάτων που προέκυψαν από την έρευνα και αφορούν δίκτυα οδοστρωμάτων είναι τα εξής :

- Προσομοίωμα πρόβλεψης επιδείνωσης ομαλότητας για σφραγισμένα οδοστρώματα δικτύων από αμμοχάλικο
- Προσομοίωμα βελτίωσης ομαλότητας και δομικής αντοχής οδοστρώματος/ εδάφους για αποκατάσταση σφραγισμένων οδοστρωμάτων από αμμοχάλικο και ασφατικών οδοστρωμάτων

Τα υποδείγματα πρόβλεψης συμπεριφοράς οδοστρώματος που αφορούν απλό μεμονωμένο οδόστρωμα (συγκεκριμένα σφραγισμένο οδόστρωμα από αμμοχάλικο), είναι τα εξής :

- Προσομοίωμα μείωσης δομικής αντοχής οδοστρώματος/ εδάφους
- Προσομοίωμα έναρξης επιφανειακής ρηγμάτωσης και εξέλιξης της επιφανειακής ρηγμάτωσης
- Προσομοίωμα αρχικής συμπίκνωσης λόγω τροχοσυλάκωσης και εξέλιξης τροχοσυλάκωσης

- Προσομοίωμα εξέλιξης λακκουβών
- Προσομοίωμα εξέλιξης ομαλότητας

Όλα τα παραπάνω υποδείγματα χρησιμοποιούνται στη διαδικασία υπολογισμού του κόστους του οδοστρώματος κατά τη διάρκεια της οικονομικής του ζωής και γενικότερα στο σύστημα διαχείρισης των οδοστρωμάτων. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας ενδιαφέρουν μόνο τα προσομοιώματα που αφορούν μεμονωμένα οδοστρώματα και συγκεκριμένα το προσομοίωμα έναρξης και εξέλιξης επιφανειακής ρηγμάτωσης. Αυτό θα παρουσιασθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

4. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΩΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από τα τρία προγράμματα που έχουν παρουσιασθεί, HDM-4, PARIS και ARRB, αυτό που ενδιαφέρει σε αυτή την διπλωματική εργασία, είναι τα προσομοιώματα που χρησιμοποιούνται σε αυτά, για την πρόβλεψη της έναρξης της ρηγμάτωσης και την εξέλιξη αυτής. Αυτά λοιπόν τα προσομοιώματα θα απομονωθούν από τα προγράμματα και θα παρουσιασθούν στη συνέχεια αναλυτικά.

4.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ PARIS

Από την ανάλυση δεδομένων σχηματίσθηκαν υποδείγματα πρόβλεψης φθοράς τόσο για εύκαμπτα οδοστρώματα όσο και για άκαμπτα οδοστρώματα. Στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής θα παρουσιασθούν μόνο υποδείγματα που αφορούν εύκαμπτα οδοστρώματα.

4.2.1 Έναρξη Ρηγμάτωσης

Για το σχηματισμό του υποδείγματος της έναρξης της ρηγμάτωσης χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τομείς στους οποίους δεν έγινε καμιά επιδιόρθωση στην επιφάνειά τους γιατί η κατάσταση του οδοστρώματος πριν την επιδιόρθωση δεν ήταν γνωστή.

Η έναρξη της ρηγμάτωσης υπολογίζεται από τον πιο κάτω τύπο :

$$N_{10} = 10^{7,287 - 0,0067 \cdot (SCI300) - 2280264 \cdot (1 / SCI300 \cdot N_{10}^Y)}$$

Όπου :

N_{10} = αθροιστική κυκλοφοριακή κίνηση κατά την έναρξη της ρηγμάτωσης, σε 100 KN

Ισοδύναμα τυπικά αξονικά φορτία

SCI300 = Surface Curvature Index 300 (=d0-d300 mm), σε μm

N_{10Y} = μέση ετήσια κυκλοφοριακή κίνηση αθροιστικά σε 100 KN ισοδ. τυπ. αξ. φορτ. κατά την περίοδο της έρευνας.

Ο SCI300 είναι η διαφορά ανάμεσα στη κεντρική υποχώρηση και την υποχώρηση στα 300mm ($d_0 - d_{300}$), μετρημένη με τη μέθοδο του παραμορφωσίμετρου πίπτοντος βάρους (FWD, Falling Weight Deflectometer) με φορτίο 50 KN. Οι μετρήσεις με FWD έγιναν στην αρχή της ζωής των οδοστρωμάτων ή ανάμεσα στα τροχοπεράσματα όπου τα υλικά δεν είχαν

αλλοιωθεί από την κυκλοφοριακή κίνηση. Οι μετρήσεις υποχωρήσεων διορθώθηκαν έτσι ώστε να αντιστοιχούν σε θερμοκρασία αναφοράς 20 °C

4.2.2 Εξέλιξη Ρηγμάτωσης

Η εξέλιξη της ρηγμάτωσης έχει συσχετισθεί σε υπόδειγμα , με την ηλικία του οδοστρώματος αλλά και με τον αριθμό ισοδύναμων τυπικών αξονικών φορτίων (100 KN).

Η ρηγμάτωση εκφράζεται με το Δείκτη Ρηγμάτωσης (CI =Cracking Index) ο οποίος υπολογίζεται ως εξής :

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2* \text{Acr} + \text{LCr} + \text{TCr}$$

Όπου :

$$\text{ACr (aligator cracking)} = \text{Acr low} + 1.5 \text{ Acr moderate} + 2*\text{Acr high}$$

(αλιγατορική ρηγμάτωση)

$$\text{LCr (longitudinal cracking)} = \text{LCr low} + 1.5 \text{ LCr moderate} + 2* \text{LCr high}$$

(κατά μήκος ρηγμάτωση)

$$\text{TCr (transverse cracking)} = \text{TCr low} + 1.5 \text{ TCr moderate} + 2* \text{TCr high}$$

(εγκάρσια ρηγμάτωση)

$$\text{low , moderate , high} = \text{περιγράφουν το επίπεδο σοβαρότητας των διαφόρων ειδών ρηγμάτωσης}$$

Εφόσον οι τομείς ελέγχου στο PARIS έχουν καθοριστεί σε 100 m , η μέγιστη τιμή του Δείκτη Ρηγμάτωσης θα είναι 400. (Για περαιτέρω επεξηγήσεις για το Δείκτη Ρηγμάτωσης στο PARIS και πως προκύπτει αυτός βλέπε παράρτημα 4)

Από την ανάλυση παρατηρήθηκε πως η αύξηση της ρηγμάτωσης είναι γραμμική σε σχέση με το χρόνο ή με την αύξηση της κυκλοφορίας. Έτσι επιλέχθηκε το πιο κάτω γραμμικό υπόδειγμα για την προσομοίωση της εξέλιξης της ρηγμάτωσης :

$$Y = A + B * X$$

Όπου:

Y = Δείκτης Ρηγμάτωσης

X = Ηλικία ή Ισοδύναμα Τυπικά Αξονικά Φορτία(100 KN)

A = Παράμετρος Υποδείγματος

B = Παράμετρος Υποδείγματος (κλίση)

Από την ανάλυση μπόρεσε επίσης να εξαχθεί και μια σχέση , η οποία μπορεί να δώσει εκτιμήσεις για την τιμή της παραμέτρου B, της κλίσης δηλαδή του υποδείγματος ,αν είναι γνωστά κάποια στοιχεία όπως ο δείκτης ρηγμάτωσης και η αντίστοιχη ηλικία του οδοστρώματος ή η αθροιστική κυκλοφοριακή του κίνηση. Πιο κάτω παρουσιάζεται η σχέση που δίνει την παράμετρο B αν είναι γνωστά ο δείκτης ρηγμάτωσης του οδοστρώματος και η αντίστοιχη ηλικία στην οποία καταμετρήθηκε ο δείκτης αυτός :

Για εύκαμπτα οδοστρώματα με επιδιόρθωση της επιφάνειάς τους :

$$B = 2,32 + 1,31 * X$$

Για εύκαμπτα οδοστρώματα χωρίς επιδιόρθωση της επιφάνειάς τους :

$$B = 2,33 + 1,07 * X$$

όπου :

$$X = CI_{last} / age_{last}$$

CI_{last} = δείκτης ρηγμάτωσης στο τελευταίο έλεγχο

age_{last} = ηλικία της επιφάνειας του οδοστρώματος στο τελευταίο έλεγχο

4.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ HDM- 4

Κατ' αρχήν υπάρχουν δύο ειδών υποδείγματα για τη ρηγμάτωση. Υποδείγματα για την έναρξη της ρηγμάτωσης και υποδείγματα για την εξέλιξη της ρηγμάτωσης.

Ως έναρξη ρηγμάτωσης καθορίζεται από το HDM-4 η χρονική στιγμή όπου το 0.5% της επιφάνειας της περιοχής κατεύθυνσης έχει ρηγματωθεί.

Ως ολόκληρη ρηγμάτωση (All cracking) καθορίζεται από το HDM-4 η ρηγμάτωση αλιγομορφικής μορφής (συνδεδεμένες ρωγμές) ή ρωγμές κατά μήκος του δρόμου.

Εγκάρσια θερμική ρηγμάτωση καθορίζεται από το HDM-4 , ως οι μη συνδεδεμένες ρωγμές που εμφανίζονται εγκάρσιως του οδοστρώματος.

(Για περαιτέρω ορισμούς όσον αφορά τη ρηγμάτωση όπως αυτοί ορίζονται στο HDM – 4 βλέπε παράρτημα 1)

(Για ορισμό τύπου οδοστρώματος όπως αυτοί καθορίζονται στο HDM – 4 βλέπε παρ 2, πίνακες 2.1 και 2.2)

4.3.1 ΈΝΑΡΞΗ ΟΛΟΚΛΗΡΗΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ

Για οδοστρώματα στα οποία δεν έχει γίνει επανεπίστρωση ισχύει :

$$ICA = K_{cia} \{ CDS^2 \cdot a_0 \exp[a_1 \cdot SNP + a_2 \cdot (YE4/SNP^2)] + CRT \}$$

όπου:

- ICA χρόνος έναρξης ολόκληρης ρηγμάτωσης (χρόνια)
- CDS δείκτης κατασκευαστικών ελαττωμάτων για ασφαλικά οδοστρώματα
Εκτιμάται από την κατάσταση της επιφάνειας. (Αν είναι ξηρή-εύθραυστη, κανονική ή μαλακή αναλόγως του ποσοστού του ασφαλτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε)
Ενδεικτικές τιμές δίνονται σε πίνακα στο HDM – 4 βλέπε παρ. 3, πιν 3.1).
- YE4 Ετήσιος αριθμός ισοδύναμων τυπικών αξόνων (8.2 t) (εκατομ/λωριδα)
- CRT χρόνος καθυστέρησης ρηγμάτωσης λόγω συντήρησης (χρόνια)
Δίδεται από σχέση που υπάρχει στα υποδείγματα οδικών εργασιών για τη συντήρηση
- $$CRT = \text{MIN} [CTR_{bw} + CRM/YXK , CRT_{MAX}/YXK , 8]$$
- $$YXK = \text{MAX} (0.1 , YAX)$$

Όπου :

- CRT χρόνος καθυστέρησης ρηγμάτωσης λόγω συντήρησης (χρόνια)
- CRT_{bw} χρόνος καθυστέρησης ρηγμάτωσης πριν τη συντήρηση (χρόνια)
- CRM αλλαγή στο χρόνο καθυστέρησης ρηγμάτωσης λόγω συντήρησης (δίδεται από πίνακα βλέπε παρ 3, πιν 3.2)
- CRT_{MAX} μέγιστο όριο της τιμής του χρόνου καθυστέρησης ρηγμάτωσης (δίδεται από πίνακα βλέπε παρ 3, πιν 3.2)
- YAX ετήσιος αριθμός αξόνων όλων των τύπων (εκατομ. ανά λωρ.)
- SNP Μέσος ετήσιος προσαρμοσμένος δομικός αριθμός οδοστρώματος
- K_{cia} συντελεστής βαθμονόμησης για την έναρξη της ολόκληρης ρηγμάτωσης
Οι διάφοροι συντελεστές (a₀ , a₁ , a₂) από πίνακα αναλόγως του τύπου οδ. (βλέπε παρ 3, πιν 3.3)

4.3.2 ΕΞΕΛΙΞΗ ΟΛΟΚΛΗΡΗΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ

Η γενική μορφή του προσομοιώματος για την εξέλιξη της ρηγμάτωσης δίδεται από την σχέση :

$$dACA = K_{cpa} [CRP/CDS] Z_A [(Z_A a_0 a_1 \delta t_A + SCA^{a_1})^{1/a_1} - SCA]$$

όπου:

$dACA$ αυξητική αλλαγή στην περιοχή ολόκληρης ρηγμάτωσης κατά τη διάρκεια του χρόνου ανάλυσης (% της συνολικής περιοχής κατεύθυνσης)

ACA_a περιοχή ολόκληρης ρηγμάτωσης στην αρχή του χρόνου ανάλυσης (% της συνολικής περιοχής κατεύθυνσης)

δt_A ποσοστό του χρόνου ανάλυσης στο οποίο η εξέλιξη της ολόκληρης ρηγμάτωσης εφαρμόζεται.

ICA χρόνος έναρξης ολόκληρης ρηγμάτωσης (χρόνια)

K_{cpa} συντελεστής βαθμονόμησης για την εξέλιξη της ολόκληρης ρηγμάτωσης

CRP καθυστέρηση της εξέλιξης της ρηγμάτωσης λόγω προληπτικής θεραπείας.
Δίνεται από $CRP = 1 - 0.12C_{RT}$

Οι διάφοροι συντελεστές a_0 , a_1 δίδονται από πίνακα αναλόγως του τύπου οδοστρώματος (βλέπε παρ 3, πιν 3).

CDS δείκτης κατασκευαστικών ελαττωμάτων για ασφαλικά οδοστρώματα (βλέπε παρ 3, πιν 3.1)

$SCA = \text{MIN}(ACA_a, (100 - ACA_a))$

$Z_A =$ παράμετρος του υποδείγματος

Εάν $ACA_a \geq 1$ τότε $Z_A = -1$ αλλιώς $Z_A = 1$

Γενικώς ισχύει:

Εάν $ACA_a > 0$ τότε $\delta t_A = 1$ αλλιώς $\delta t_A = \text{MAX}\{0, \text{MIN}[(AGE_2 - ICA), 1]\}$

Όπου :

AGE_2 αναφέρεται στην ηλικία της επιφάνειας του οδοστρώματος. Καθορίζεται ως ο αριθμός ετών από το τελευταίο σφράγισμα ρωγμών ή τελευταία επίστρωση ή ανακατασκευή του οδοστρώματος ή αρχική κατασκευή. (χρόνια)

$ACA_a = \text{MAX}(ACA_a, 0.5)$

$$Y = [a_0 a_1 Z a \delta t a + SCA^{a_1}]$$

- Αν $Y < 0$

Τότε :

$$dACA = K_{cpa} [CRP/CDS] (100 - ACAa)$$

- Αν $Y > 0$

Τότε :

$$dACA = K_{cpa} [CDP/CDS] Z A (Y^{1/a_1} - SCA)$$

- Αν $ACAa \leq 50$ και $ACAa + dACA > 50$

Τότε

$$dACA = K_{cpa} [CRP/CDS] (100 - C1^{1/a_1} - ACAa)$$

όπου :

$$C1 = \text{MAX} \{ [2(50^{a_1}) - SCA^{a_1} - a_0 a_1 \delta t a], 0 \}$$

4.3.3 ΈΝΑΡΞΗ ΕΓΚΑΡΣΙΑΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ

(Η εγκάρσια ρηγμάτωση θεωρείται ότι διασχίζει όλο το πλάτος της περιοχής κατεύθυνσης.)

Για οδοστρώματα στα οποία δεν έχει γίνει επανεπίστρωση ισχύει :

$$ICT = K_{cit} \max[a_0, (CDS)(CCT)]$$

όπου:

ICT χρόνος έναρξης εγκάρσιας ρηγμάτωσης (χρόνια)

CDS δείκτης κατασκευαστικών ελαττωμάτων για ασφαλικά οδοστρώματα

Ενδεικτικές τιμές δίδονται σε σχετικό πίνακα (βλ παρ 3, πιν 3.1)

CCT συντελεστής θερμικής ρηγμάτωσης

Ενδεικτικές τιμές δίδονται σε σχετικό πίνακα (βλέπε παρ 3, πιν 3.5)

K_{cit} συντελεστής βαθμονόμησης για έναρξη ρηγμάτωσης

Οι συντελεστές a_0 , a_1 , a_2 δίδονται σε σχετικό πίνακα αναλόγως του οδοστρώματος (βλ παρ 3 πιν 3.6)

4.3.4 ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΓΚΑΡΣΙΑΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ

Για οδοστρώματα στα οποία δεν έχει γίνει επανεπίστρωση ισχύει :

$$dNCT = K_{cpt} [1/CDS] \text{MAX} \{0, \text{MIN} [(NCT_{eq} - NCTa), ([2NCT_{eq}(AGE3 - ICT - 0.5)/Teq^2)]\} \delta tT$$

και **dACT = dNCT/20**

όπου:

dACT	αυξητική αλλαγή στην περιοχή της εγκάρσιας ρηγμάτωσης κατά τη διάρκεια του χρόνου ανάλυσης(% της συνολικής περιοχής κατεύθυνσης)
dNCT	αυξητική αλλαγή σε αριθμό εγκάρσιων ρωγμών κατά τη διάρκεια του χρόνου ανάλυσης(νο/Km)
NCTeq	μέγιστος αριθμός θερμικών ρωγμών (νο/Km) Ενδεικτικές τιμές δίδονται σε πίνακα (βλ παρ 3, π 3.7)
Teq	χρόνος από έναρξη μέχρι να φτάσουν οι ρωγμές το μέγιστο αριθμό(χρόνια) Ενδεικτικές τιμές δίδονται σε πίνακα (βλ παρ 3, πιν 3.7)
NCTa	αριθμός εγκάρσιων ρωγμών στην αρχή του χρόνου ανάλυσης
AGE3	αναφέρεται στην ηλικία του οδοστρώματος από την απακατάστασή του. Καθορίζεται ως ο αριθμός ετών από την τελευταία επίστρωση ή ανακατασκευή ή αρχική κατασκευή (χρόνια)
Kcpt	συντελεστής βαθμονόμησης για εξέλιξη της εγκάρσιας ρηγμάτωσης
CDS	δείκτης κατασκευαστικών ελαττωμάτων για ασφαλικά οδοστρώματα Ενδεικτικές τιμές δίδονται σε πίνακα (βλ παρ 3, πιν 3.1)
δtT	ποσοστό του χρόνου ανάλυσης στο οποίο η εξέλιξη της εγκάρσιας ρηγμάτωσης εφαρμόζεται.
ACTa	περιοχή εγκάρσιας ρηγμάτωσης στην αρχή του χρόνου ανάλυσης (% της συνολικής περιοχής κατεύθυνσης)

4.4 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ ARRB

4.4.1 Έναρξη ρηγμάτωσης

Η έναρξη της ρηγμάτωσης υπολογίζεται από το παρακάτω τύπο :

$$Y = 4,452 / (0,0476 * T - 0,227)^2$$

Όπου :

Y = αριθμός ετών μέχρι να ξεκινήσει η ρηγμάτωση (χρόνια)

T = μέση θερμοκρασία αέρα = (T_{max} + T_{min}) / 2

T_{max} = ετήσια μέσος όρος της ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας αέρα (°C)

T_{min} = ετήσιος μέσος όρος της ημερήσιας ελάχιστης θερμοκρασίας αέρα (°C)

Στο πίνακα 5.1 στο παράρτημα 5 δίδονται τιμές για την έναρξη της ρηγμάτωσης σε χρόνια για τυπικές κλιματικές ζώνες.

4.4.2 Προσομοίωμα Εξέλιξης Ρηγμάτωσης

Η εξέλιξη της ρηγμάτωσης δίδεται από το παρακάτω τύπο :

$$CRX = K_{cr} * 100 * \{EXP[0.0005 * EY * (MMP + 135) * SNCd / SNCn] - 1\}$$

Όπου:

CRX = προβλεπόμενο αθροιστικό ποσοστό περιοχής επιφανειακής ρηγμάτωσης (0% έως 100%)

K_{cr} = συντελεστής εξέλιξης ρηγμάτωσης

MMP = μέση μηνιαία βροχόπτωση σε mm/μήνα

EY = παρερχόμενος χρόνος μετά την έναρξη της επιφανειακής ρηγμάτωσης (χρόνια)

EXP = e υπερυψωμένο σε δύναμη

SNCd = τροποποιημένος δομικός αριθμός σχεδιασμού

SNCn = τροποποιημένος δομικός αριθμός τη χρονική στιγμή t=n(χρόνια), όπου n είναι ο

χρόνος από τη κατασκευή ή τελευταία αποκατάσταση του οδοστρώματος ($t=0$)

Όπως διαπιστώνουμε, στο προσομοίωμα για την εξέλιξη της ρηγμάτωσης, απαραίτητος είναι και ο όρος SNC_n , που εκφράζει την μείωση της δομικής αντοχής του οδοστρώματος στο χρόνο, ο οποίος προκύπτει από το ανάλογο προσομοίωμα, το οποίο παρατίθεται πιο κάτω.

Υπόδειγμα μείωσης αντοχής οδοστρώματος / εδάφους

Σε γενικούς όρους η αντοχή του οδοστρώματος / εδάφους ανά πάσα στιγμή μπορεί να υπολογισθεί από

τον παρακάτω τύπο :

$$SNC_n = SNC_o - \Delta SNC$$

Όπου :

SNS_n = τροποποιημένος δομικός αριθμός τη χρονική στιγμή $t = n$ (χρόνια) όπου n είναι ο χρόνος από την κατασκευή ή τελευταία αποκατάσταση του οδοστρώματος ($t = 0$)

SNC_d = τροποποιημένος δομικός αριθμός σχεδιασμού

SNC_o = τροποποιημένος δομικός αριθμός σχεδιασμού τη χρονική στιγμή $t = 0$, προσαρμοσμένος για τις κλιματολογικές συνθήκες (CF), για την κατασκευή του οδοστρώματος (QF), και για τη ποιότητα αποστράγγισης (DQ)

$$= SNC_d * CF * QF * DQ$$

CF = συντελεστής κλιματικής ζώνης (βλ. παράρτημα 5, πιν. 5.2)

QF = συντελεστής ποιότητας κατασκευής οδοστρώματος

$$= RF_{thick} * RF_{quality} * RF_{compact}$$

RF_{thick} = περιοριστικός συντελεστής λόγω του πάχους της βάσης του οδοστρώματος (βλ. παράρτημα 5, πιν. 5.4)

$RF_{quality}$ = περιοριστικός συντελεστής λόγω ποιότητας του υλικού της βάσης (βλ. παρ. 5, πιν. 5.5)

$RF_{compact}$ = περιοριστικός συντελεστής λόγω συμπίκνωσης της βάσης του οδοστρώματος (βλ. παρ. 5, πιν. 5.6)

DQ = συντελεστής ποιότητας αποστράγγισης (βλ. παρ. 5, πιν. 5.6)

ΔSNC = μείωση του SNC

Χρησιμοποιώντας την πιο πάνω σχέση καθώς και πραγματικά δεδομένα αναπτύχθηκε η εξής σχέση η οποία δίνει τη μείωση του SNC συναρτήσει του χρόνου :

$$\text{SNCn} = \text{SNCo} * \text{LN} \{ \text{EXP} [0.8 * \text{SNCd} / \text{SNCo}] * [\text{Lt} / \text{CAPb}] + \text{EXP} (1) * [1 - \text{Lt} / \text{CAPb}] \}$$

Όπου :

CAPb = φέρουσα ικανότητα σε κυκλοφοριακή κίνηση του οδοστρώματος αθροιστικά , σε εκατομμύρια ισοδύναμους τυπικούς άξονες ανά λωρίδα (MESAs / lane) , βασιζόμενη στο **SNCb** .

$$\begin{aligned} &= 10^{(-829.1680547 + 339.773 / (\text{SNCb}) + 838.2053 * (\text{SNCb}) - 456.05329 * (\text{SNCb})^2 \\ &\quad + 146.46309 * (\text{SNCb})^3 - 27.813313 * (\text{SNCb})^4 + 2.8957594 * (\text{SNCb})^5 - \\ &\quad 0.1276391 * (\text{SNCb})^6)} / 1000000 \end{aligned}$$

SNCb = τροποποιημένος δομικός αριθμός τη χρονική στιγμή t , προσαρμοσμένος για κλιματολογικές συνθήκες (CF), ποιότητα (QF και DQ) και συντήρηση (DM και SF)

$$= \text{SNCd} * \text{CF} * \text{QF} * \text{DQ} * \text{DM} * \text{SF}$$

Lt = κυκλοφοριακή κίνηση σε εκατ. Ισοδ. Τυπ. Αξ. / λωρίδα (MESAs / lane) από τη χρονική στιγμή $t = 0$ το χρόνο t (χρόνια)

DM = συντελεστής συντήρησης αποστράγγισης (βλ. παρ. 5, πιν 5.8)

SF = συντελεστής κατάστασης επιφάνειας (βλ. παρ. 5, και πιν 5.3)

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

5.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Η μεθοδολογία που ακολουθείται σε κάθε επιστημονική έρευνα είναι βασική και καθοριστική για την αξιοπιστία και εγκυρότητα των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την έρευνα. Με τον όρο μεθοδολογία εννοείται, η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, η διαδικασία δηλαδή που ακολουθείται στην ανάλυση και επεξεργασία των στοιχείων. Σε ορισμένες έρευνες ακολουθείται απλή μελέτη γραφείου, χωρίς δηλαδή χρησιμοποίηση πραγματικών στοιχείων, σε άλλες γίνεται ανάλυση πραγματικών ιστορικών στοιχείων, σε άλλες χρησιμοποιούνται στοιχεία από πειράματα που γίνονται για τους σκοπούς της έρευνας, σε άλλες χρησιμοποιείται ανάλυση με ειδικό λογισμικό και σε άλλες γίνεται συνδυασμός των πιο πάνω μεθόδων.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία από πραγματικά οδοστρώματα, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν. Αφού μελετηθούν προσεχτικά τα προσομοιώματα πρόβλεψης εξέλιξης ρηγμάτωσης, έτσι ώστε να διαπιστωθούν τα απαραίτητα δεδομένα που απαιτούνται για να εφαρμοσθούν, θα γίνει η περισυλλογή των στοιχείων. Υπάρχει δυνατότητα για συλλογή στοιχείων που αφορούν τόσο την κατασκευή των οδοστρωμάτων και την αρχική τους κατάσταση, όσο και ιστορικά στοιχεία για την κυκλοφορία και την εξέλιξη της ρηγμάτωσης σε αυτά. Υπάρχουν επίσης στοιχεία, ή θα γίνουν παραδοχές για τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Η διαδικασία που θα ακολουθηθεί για την ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων θα είναι η εξής : Το κάθε προσομοίωμα θα εφαρμοσθεί σε ένα αριθμό οδοστρωμάτων, αφού εισαχθούν στο προσομοίωμα τα απαραίτητα κατασκευαστικά, κυκλοφοριακά και περιβαλλοντικά δεδομένα του κάθε οδοστρώματος. Θα δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις ιδιαιτερότητες και απαιτήσεις του καθενός από τα τρία προσομοιώματα, HDM-4, PARIS και ARRB. Όπου υπάρχει συντελεστής βαθμονόμησης στα προσομοιώματα, θα εισαχθεί με την προεπιλεγμένη αρχική τιμή του (Default value), όπως αυτή καθορίζεται από το προσομοίωμα. Η ανάλυση θα γίνει για όσο χρονικό διάστημα υπάρχουν διαθέσιμα πραγματικά ιστορικά στοιχεία. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα των προβλέψεων για την εξέλιξη της ρηγμάτωσης που θα προκύψουν από τα προσομοιώματα, θα συγκριθούν με τα πραγματικά ποσοστά

ρηγμάτωσης. Βασιζόμενοι στην απόκλιση των προβλεπόμενων ποσοστών ρηγμάτωσης από τα πραγματικά ιστορικά ποσοστά ρηγμάτωσης, θα γίνει προσπάθεια προσαρμογής των συντελεστών προσαρμογής και βαθμονόμησης, με δοκιμές. Θα επιχειρηθεί να βρεθούν οι καταλληλότερες τιμές για τους συντελεστές αυτούς, δοκιμάζοντας με διάφορες τιμές, έτσι ώστε τα προβλεπόμενα ποσοστά ρηγμάτωσης που θα προκύπτουν από το κάθε προσομοίωμα να πλησιάζουν όσο το δυνατό περισσότερο στα πραγματικά ποσοστά.

Στη συνέχεια όταν θεωρηθεί πως έχουν βρεθεί οι καταλληλότερες τιμές, το κάθε προσαρμοσμένο πλέον προσομοίωμα, θα εφαρμοσθεί ξανά σε αριθμό άλλων οδοστρωμάτων, για τα οποία υπάρχουν και πάλι ιστορικά και κατασκευαστικά διαθέσιμα στοιχεία. Θα διαπιστωθεί έτσι, το κατά πόσο η προσαρμογή των προσομοιωμάτων, είναι αρκετά επιτυχημένη ώστε να δίνει αξιόπιστες προβλέψεις. Θα εξαχθούν ποσοστά απόκλισης, των προβλεπόμενων ποσοστών ρηγμάτωσης από τα πραγματικά ποσοστά, ούτως ώστε να αξιολογηθεί η ακρίβεια και αξιοπιστία της προσαρμογής των προσομοιωμάτων.

6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα καθορισθούν τα απαραίτητα δεδομένα για κάθε προσομοίωμα, θα παρουσιασθούν τα διατιθέμενα δεδομένα και στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τα δεδομένα αυτά θα γίνει προσπάθεια εφαρμογής των προσομοιωμάτων. Η ανάλυση ευαισθησίας περιλαμβάνει σύγκριση των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν από τα προσομοιώματα με τα πραγματικά ιστορικά δεδομένα και στη συνέχεια, βασιζόμενοι στις αποκλίσεις, θα γίνει η κατάλληλη προσαρμογή των συντελεστών βαθμονόμησης και προσαρμογής των προσομοιωμάτων. Το κεφάλαιο αυτό είναι το σημαντικότερο γιατί αποτελεί και την ουσία της διπλωματικής αυτής εργασίας.

6.2 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ

6.2.1 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΤΟΥ HDM - 4

Για εφαρμογή του προσομοιώματος έναρξης και εξέλιξης ρηγμάτωσης του προγράμματος HDM-4 είναι απαραίτητο να συγκεντρωθούν ή να γίνουν παραδοχές για τα πιο κάτω στοιχεία :

- ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (°C)
- ΗΛΙΚΙΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ, ΑΝΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Ή ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ (ΧΡΟΝΙΑ)
- ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΡΩΣΕΩΝ (ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ , ΒΑΣΕΩΣ, ΥΠΟΒΑΣΗΣ)
- ΠΑΧΟΣ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ (mm)
- ΥΛΙΚΟ ΑΠΟ ΤΟ ΟΠΟΙΟ ΕΙΝΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΕΣ ΟΙ ΣΤΡΩΣΕΙΣ
- ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ ΟΠΩΣ :
- ΜΕΤΡΟ ΑΝΤΟΧΗΣ MR₃₀ ΣΤΟΥΣ 30 °C (MPa)
- CBRs (ΤΟ CBR ΕΠΟΧΗΣ, ΑΝ ΕΙΝΑΙ ΔΥΝΑΤΟ ΤΟ CBR ΓΙΑ ΣΤΕΓΝΗ ΚΑΙ ΓΙΑ ΥΓΡΗ ΠΕΡΙΟΔΟ)
- UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH (UCS) ΣΕ 14 ΜΕΡΕΣ (MPa)
- ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ (mm)
- ΕΤΗΣΙΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΙΕΛΕΥΣΕΩΝ ΙΣΟΔΥΝΑΜΩΝ ΤΥΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ (ΕΚΑΤΟΜ/ΓΡΑΜΜΗ) (ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΤΥΠΙΚΟΥ ΑΞΟΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ 8.2 ΤΟΝΩΝ)
- ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ Η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (ΑΝ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ

ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΒΕΛΤΙΣΤΟ, ΑΝ Η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΙΝΑΙ ΣΤΕΓΝΗ (ΕΥΘΡΑΥΣΤΗ), ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΉΜΑΛΛΑΚΗ)

- ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm/μήνα)
- ΑΝ ΕΙΝΑΙ ΔΥΝΑΤΟ (ΓΙΑΤΙ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕ ΚΑΠΟΙΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ) ΤΟ BENKELMAN BEAM REBOUND DEFLECTION ΚΑΤΩ ΑΠΟ 80 KN ΑΞΟΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ, 520 Kpa ΠΙΕΣΗ ΕΠΙΣΤΡΟΥ ΚΑΙ 30 C ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΣΦΑΛΤΟΥ ΓΙΑ ΕΠΟΧΗ (mm)
- ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΑΝΤΙ ΤΟΥ BENKELMAN BEAM REBOUND ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΤΟ central FWD deflection ΣΕ 700 Kpa

6.2.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΤΟΥ PARIS

Για εφαρμογή του προσομοιώματος έναρξης και εξέλιξης ρηγμάτωσης του προγράμματος PARIS είναι απαραίτητο να συγκεντρωθούν ή να γίνουν παραδοχές για τα πιο κάτω στοιχεία :

- ΗΛΙΚΙΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Ή ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
- ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΜΟΡΦΩΣΗ ΣΤΑ 300mm, ΜΕΤΡΗΜΕΝΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ FWD, ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΟΡΤΙΟΥ 50 KN
- ΜΕΣΟΣ ΕΤΗΣΙΟΣ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΙΕΛΕΥΣΕΩΝ ΙΣΟΔΥΝΑΜΩΝ ΑΞΟΝΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ, ΤΥΠΙΚΟΥ ΑΞΟΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ 100 KN

6.2.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΤΟΥ ARRB

Για εφαρμογή του προσομοιώματος έναρξης και εξέλιξης ρηγμάτωσης του προγράμματος ARRB είναι απαραίτητο να συγκεντρωθούν ή να γίνουν παραδοχές για τα πιο κάτω στοιχεία :

- ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (Thornthwaite moisture index)
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (C)
- ΗΛΙΚΙΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ, ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Ή ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ (ΧΡΟΝΙΑ)
- ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΡΩΣΕΩΝ (ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ , ΒΑΣΕΩΣ, ΥΠΟΒΑΣΗΣ)
- ΠΑΧΟΣ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ (mm)
- ΥΛΙΚΟ ΑΠΟ ΤΟ ΟΠΟΙΟ ΕΙΝΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΕΣ ΟΙ ΣΤΡΩΣΕΙΣ
- CBR ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

- ΕΤΗΣΙΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΙΕΛΕΥΣΕΩΝ ΙΣΟΔΥΝΑΜΩΝ ΤΥΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ (ΕΚΑΤΟΜ/ΓΡΑΜΜΗ) (ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΤΥΠΙΚΟΥ ΑΞΟΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ 8.2 ΤΟΝΩΝ)
- ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ Η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ(ΑΝ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΒΕΛΤΙΣΤΟ,ΑΝ Η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΙΝΑΙ ΣΤΕΓΝΗ(ΕΥΘΡΑΥΣΤΗ), ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΉΜΑΛΛΑΚΗ)
- ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm/μήνα)
- ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΚΑΙ ΤΟ ΚΕΝΤΡΙΚΟ FWD (ΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ)

6.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Θα παρουσιασθούν τα στοιχεία πραγματικών οδοστρωμάτων που έχουν συλλεχθεί για τους σκοπούς της διπλωματικής. Παρατίθενται στοιχεία από 9 οδοστρώματα τα οποία κατασκευάστηκαν περί τα τέλη του 1989 και βρίσκονταν υπό την παρακολούθηση του ΚΕΔΕ (Κεντρικό Εργαστήριο Δημοσίων Έργων) που υπάγεται στο ΥΠΕΧΩΔΕ και Τομέα Μεταφορών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, για σκοπούς του ευρωπαϊκού προγράμματος PARIS. Οι τομείς ελέγχου των οδοστρωμάτων, καθορίστηκαν σύμφωνα με τις απαιτήσεις του PARIS, και η καταγραφή της εξέλιξης φθοράς έγινε σύμφωνα και πάλι σύμφωνα με τη φιλοσοφία του PARIS. Οι τομείς ελέγχου είχαν μήκος 100m, και καταγράφηκε η ρηγμάτωση αλιγοτορικής μορφής, κατά μήκος του οδοστρώματος και εγκαρσίως, διαχωρίζοντας τις ρωγμές που εμφανίστηκαν μόνο στα τροχοπεράσματα από τις ρωγμές που επεκτάθηκαν ή εμφανίστηκαν πέρα από τα τροχοπεράσματα.

(Στο παράρτημα 6 δίνονται αναλυτικά όλα τα στοιχεία που υπήρχαν διαθέσιμα για τα οδοστρώματα. Τα εννέα οδοστρώματα αριθμούνται από 25001 μέχρι 25009 για τους σκοπούς του ερευνητικού προγράμματος PARIS. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής τα οδοστρώματα αριθμούνται αντίστοιχα, από 1 μέχρι 9 χάριν ευκολίας.

ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘΜΟΝ 1

19 cm	Ασφαλτική Στρώση	6500 Mpa
25 cm	Βάση Αμμοχάλικο	CBR = 50%
20cm	Υπόβαση Αμμοχάλικο	CBR=30%
Εδαφος		CBR=10%

Αποστράγγιση καλή

Ποιότητα συμπύκνωσης μέτρια

Έτος κατασκευής = 1989

Δεν έχει γίνει επανεπίστρωση ή ανακατασκευή.

Πλάτος λωρίδας = 3.8 m

Κεντρική παραμόρφωση με FWD (με εφαρμογή φορτίου 50 KN)= $D_0 = 254 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Παραμόρφωση με FWD στα 300 mm (με εφαρμογή φορτίου 50 KN) = $D_{300} = 144 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Ετήσια βροχόπτωση = 500 mm

Μηνιαία βροχόπτωση = $500/12 = 41.6 = 42 \text{ mm}$

Ετήσιος αριθμός ισοδύναμων διελεύσεων τυπικού αξονικού φορτίου 13t :

1989	846000
1990	888000
1991	933000
1992	979000
1993	1027000
1994	1079000
1995	1133000
1996	1189706
1997	1219449

Εξέλιξη ρηγμάτωσης σε m :

(sealing : σφράγισμα ρωγμής

patching : μπάλωμα ρηγματωμένου τμήματος του δρόμου)

(για επεξήγηση συμβολισμών βλέπε παρ 4):

1992= ACR M=31

1993= ACR L=2
ACR M=33

1994= ACR L=7
ACR M=41

1997= TWP M/ACR=1
 ACR M=71
 ACR H=19
 Patch = 3.5
 Seal = 10

ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘΜΟΝ 2

18cm Ασφαλτική Στρώση 6500 Mpa

24cm Βάση Αμμοχάλικο CBR = 50%

20cm Υπόβαση Αμμοχάλικο CBR=30%

Εδαφος CBR=10%

Αποστράγγιση καλή

Ποιότητα συμπίκνωσης μέτρια

Έτος κατασκευής = 1989

Δεν έχει γίνει επανεπίστρωση ή ανακατασκευή.

Πλάτος λωρίδας = 3.8 m

Κεντρική παραμόρφωση με FWD (με εφαρμογή φορτίου 50 KN)= $D_0 = 242 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Παραμόρφωση με FWD στα 300 mm (με εφαρμογή φορτίου 50 KN) = $D_{300} = 141 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Ετήσια βροχόπτωση = 480 mm

Μηνιαία βροχόπτωση = $480/12 = 40 \text{ mm}$

Ετήσιος αριθμός ισοδύναμων διελεύσεων τυπικού αξονικού φορτίου 13t :

1989	846000
1990	888000
1991	933000
1992	979000
1993	1027000
1994	1079000
1995	1133000
1996	1189706
1997	1219449

Εξέλιξη ρηγμάτωσης σε m :

(sealing : σφράγισμα ρωγμής)

patching : μπάλωμα ρηγματωμένου τμήματος του δρόμου)

(για επεξήγηση συμβολισμών βλέπε παρ 4):

1992= ACR L=7
 ACR M=15

	TNWP L=2
1993=	ACR L=10 ACR M=17 TNWP L=2
1994=	ACR L=21 ACR M=23 TNWP L=2
1997=	ACR L=19 ACR M=34 ACR H=21 TWP M/ACR=1 TNWP L=1 TNWP M=1 Seal = 8

ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘΜΟΝ 3

14cm	Ασφαλτική Στρώση	6500 Mpa
------	------------------	----------

25cm	Βάση Αμμοχάλικο	CBR = 50%
------	-----------------	-----------

24cm	Υπόβαση Αμμοχάλικο	CBR=30%
------	--------------------	---------

	Εδαφος	CBR=10%
--	--------	---------

Αποστράγγιση καλή

Ποιότητα συμπύκνωσης μέτρια

Έτος κατασκευής = 1989

Δεν έχει γίνει επανεπίστρωση ή ανακατασκευή.

Πλάτος λωρίδας = 3.8 m

Κεντρική παραμόρφωση με FWD (με εφαρμογή φορτίου 50 KN)= $Do = 318 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Παραμόρφωση με FWD στα 300 mm (με εφαρμογή φορτίου 50 KN) = $D300 = 175 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Ετήσια βροχόπτωση = 480 mm

Μηνιαία βροχόπτωση = $480/12 = 40 \text{ mm}$

Ετήσιος αριθμός ισοδύναμων διελεύσεων τυπικού αξονικού φορτίου 13t :

1989	846000
1990	888000
1991	933000
1992	979000
1993	1027000
1994	1079000
1995	1133000

1996 1189706
1997 1219449

Εξέλιξη ρηγμάτωσης σε m :

(sealing : σφράγισμα ρωγμής

patching : μπάλωμα ρηγματωμένου τμήματος του δρόμου)

(για επεξήγηση συμβολισμών βλέπε παρ 4):

1992= ACR L=2
 ACR M=17

1993= ACR L=5
 ACR M=26

1994= ACR M=28
 ACR L=9
 TNWP L=1

1997= ACR L=6
 ACR M=37
 ACR H=17
 Seal = 6

ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘΜΟΝ 4

15cm	Ασφαλτική Στρώση	6500 Mpa
------	------------------	----------

25cm	Βάση Αμμοχάλικο	CBR = 50%
------	-----------------	-----------

23cm	Υπόβαση Αμμοχάλικο	CBR=30%
------	--------------------	---------

	Εδαφος	CBR=10%
--	--------	---------

Αποστράγγιση καλή

Ποιότητα συμπίκνωσης μέτρια

Έτος κατασκευής = 1989

Δεν έχει γίνει επανεπίστρωση ή ανακατασκευή.

Πλάτος λωρίδας = 3.8 m

Κεντρική παραμόρφωση με FWD (με εφαρμογή φορτίου 50 KN)= $D_0 = 285 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Παραμόρφωση με FWD στα 300 mm (με εφαρμογή φορτίου 50 KN) = $D_{300} = 147 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Ετήσια βροχόπτωση = 490 mm

Μηνιαία βροχόπτωση = $490/12 = 40.8 = 41 \text{ mm}$

Ετήσιος αριθμός ισοδύναμων διελεύσεων τυπικού αξονικού φορτίου 13t :

1989	846000
1990	888000
1991	933000
1992	979000
1993	1027000
1994	1079000
1995	1133000
1996	1189706
1997	1219449

Εξέλιξη ρηγμάτωσης σε m :

(sealing : σφράγισμα ρωγμής

patching : μπάλωμα ρηγματωμένου τμήματος του δρόμου)

(για επεξήγηση συμβολισμών βλέπε παρ 4):

1992= ACR L=39

1993= ACR L=30
 ACR M=10

1994= ACR L=17
 ACR M=37

1997= ACR M=53
 ACR H=15
 Seal = 4

ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘΜΟΝ 5

16cm	Ασφαλτική Στρώση	6500 Mpa
------	------------------	----------

30cm	Βάση Αμμοχάλικο	CBR = 50%
------	-----------------	-----------

30cm	Υπόβαση Αμμοχάλικο	CBR=30%
------	--------------------	---------

	Εδαφος	CBR=10%
--	--------	---------

Αποστράγγιση καλή

Ποιότητα συμπίκνωσης μέτρια

Έτος κατασκευής = 1989

Δεν έχει γίνει επανεπίστρωση ή ανακατασκευή.

Πλάτος λωρίδας = 3.8 m

Κεντρική παραμόρφωση με FWD (με εφαρμογή φορτίου 50 KN)= $D_0 = 314 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Παραμόρφωση με FWD στα 300 mm (με εφαρμογή φορτίου 50 KN) = $D_{300} = 190 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Ετήσια βροχόπτωση = 450 mm

Μηνιαία βροχόπτωση = $450/12 = 37.5 = 38 \text{ mm}$

Ετήσιος αριθμός ισοδύναμων διελεύσεων τυπικού αξονικού φορτίου 13t :

1989	846000
1990	888000
1991	933000
1992	979000
1993	1027000
1994	1079000
1995	1133000
1996	1189706
1997	1219449

Εξέλιξη ρηγματώσης σε m :

(sealing : σφράγισμα ρωγμής

patching : μπάλωμα ρηγματωμένου τμήματος του δρόμου)

(για επεξήγηση συμβολισμών βλέπε παρ 4):

1992= ACR L=7
 ACR M=22
 LNWP L=3

1993= ACR L=6
 ACR M=30
 ACR H=5
 LNWP L=5

1994= ACR L=12
 ACR M=26
 ACR H=16
 LNWP L=7

1997= ACR M=35
 ACR H=21
 Patch = 6
 Seal = 4

ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘΜΟΝ 6

15cm	Ασφαλτική Στρώση	6500 Mpa
------	------------------	----------

28cm	Βάση Αμμοχάλικο	CBR = 50%
------	-----------------	-----------

25cm	Υπόβαση Αμμοχάλικο	CBR=30%
------	--------------------	---------

	Εδαφος	CBR=10%
--	--------	---------

Αποστράγγιση καλή

Ποιότητα συμπίκνωσης μέτρια

Έτος κατασκευής = 1989

Δεν έχει γίνει επανεπίστρωση ή ανακατασκευή.

Πλάτος λωρίδας = 3.5 m

Κεντρική παραμόρφωση με FWD (με εφαρμογή φορτίου 50 KN)= $D_0 = 266 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Παραμόρφωση με FWD στα 300 mm (με εφαρμογή φορτίου 50 KN) = $D_{300} = 107 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Ετήσια βροχόπτωση = 460 mm

Μηνιαία βροχόπτωση = $460/12 = 38.3 = 38 \text{ mm}$

Ετήσιος αριθμός ισοδύναμων διελεύσεων τυπικού αξονικού φορτίου 13t :

1989	846000
1990	888000
1991	933000
1992	979000
1993	1027000
1994	1079000
1995	1133000
1996	1189706
1997	1219449

Εξέλιξη ρηγμάτωσης σε m :

(sealing : σφράγισμα ρωγμής

patching : μπάλωμα ρηγματωμένου τμήματος του δρόμου)

(για επεξήγηση συμβολισμών βλέπε παρ 4):

1992=	ACR L=28
	ACR M=8
	TNWP L=1

1993= ACR L=15
 ACR M=26
 ACR H=3
 TNWP L=2
 1994= ACR L=5
 ACR M=37
 ACR H=11
 TNWP M=3

 1997= ACR L=16
 ACR M=40
 ACR H=8
 TWP M/ACR=2
 TNWP M=1
 Seal = 8

ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ ΥΠ'ΑΡΙΘΜΟΝ 7

14cm	Ασφαλτική Στρώση	6500 Mpa
------	------------------	----------

30cm	Βάση Αμμοχάλικο	CBR = 50%
------	-----------------	-----------

25cm	Υπόβαση Αμμοχάλικο	CBR=30%
------	--------------------	---------

	Εδαφος	CBR=10%
--	--------	---------

Αποστράγγιση καλή

Ποιότητα συμπίκνωσης μέτρια

Έτος κατασκευής = 1989

Δεν έχει γίνει επανεπίστρωση ή ανακατασκευή.

Πλάτος λωρίδας = 3.5 m

Κεντρική παραμόρφωση με FWD (με εφαρμογή φορτίου 50 KN)= $D_0 = 303 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Παραμόρφωση με FWD στα 300 mm (με εφαρμογή φορτίου 50 KN) = $D_{300} = 158 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Ετήσια βροχόπτωση = 450 mm

Μηνιαία βροχόπτωση = $450/12 = 37.5 = 38 \text{ mm}$

Ετήσιος αριθμός ισοδύναμων διελεύσεων τυπικού αξονικού φορτίου 13t :

1989	846000
1990	888000
1991	933000

1992	979000
1993	1027000
1994	1079000
1995	1133000
1996	1189706
1997	1219449

Εξέλιξη ρηγμάτωσης σε m :

(sealing : σφράγισμα ρωγμής

patching : μπάλωμα ρηγματωμένου τμήματος του δρόμου)

(για επεξήγηση συμβολισμών βλέπε παρ 4):

1992= ACR L=15
 ACR M=2

1993= ACR L=14
 ACR M=9

1994= ACR L=12
 ACR M=16

1997= ACR L=33
 ACR M=21
 ACR H=4
 Patch = 1
 Seal = 4

ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘΜΟΝ 8

18cm	Ασφαλτική Στρώση	6500 Mpa
------	------------------	----------

32cm	Βάση Αμμοχάλικο	CBR = 50%
------	-----------------	-----------

30cm	Υπόβαση Αμμοχάλικο	CBR=30%
------	--------------------	---------

	Εδαφος	CBR=10%
--	--------	---------

Αποστράγγιση καλή

Ποιότητα συμπύκνωσης μέτρια

Έτος κατασκευής = 1989

Δεν έχει γίνει επανεπίστρωση ή ανακατασκευή.

Πλάτος λωρίδας = 3.5 m

Κεντρική παραμόρφωση με FWD (με εφαρμογή φορτίου 50 KN)= $D_0 = 270 \cdot 10^{-3}$ mm

Παραμόρφωση με FWD στα 300 mm (με εφαρμογή φορτίου 50 KN) = $D_{300} = 103 \cdot 10^{-3}$ mm

Ετήσια βροχόπτωση = 500 mm

Μηνιαία βροχόπτωση = $500/12 = 41.6 = 42$ mm

Ετήσιος αριθμός ισοδύναμων διελεύσεων τυπικού αξονικού φορτίου 13t :

1989	846000
1990	888000
1991	933000
1992	979000
1993	1027000
1994	1079000
1995	1133000
1996	1189706
1997	1219449

Εξέλιξη ρηγμάτωσης σε m :

(sealing : σφράγισμα ρωγμής

patching : μπάλωμα ρηγματωμένου τμήματος του δρόμου)

(για επεξήγηση συμβολισμών βλέπε παρ 4):

1992=	ACR L=15 LWP L=30 TNWP L=2
1993=	ACR L=15 ACR M=3 LWP L=24 LWP M=10 TNWP L=1
1994=	ACR L=17 ACR M=5 LWP L=20 LWP M=20 TNWP L=1
1997=	ACR L=40 LWP M=2 TNWP H=1 Seal = 20

ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘΜΟΝ 9

19cm	Ασφαλτική Στρώση	6500 Mpa
------	------------------	----------

28cm	Βάση	Αμμοχάλικο CBR = 50%
------	------	----------------------

25cm	Υπόβαση	Αμμοχάλικο CBR=30%
------	---------	--------------------

	Εδαφος	CBR=10%
--	--------	---------

Αποστράγγιση καλή

Ποιότητα συμπύκνωσης μέτρια

Έτος κατασκευής = 1989

Δεν έχει γίνει επανεπίστρωση ή ανακατασκευή.

Πλάτος λωρίδας = 3.5 m

Κεντρική παραμόρφωση με FWD (με εφαρμογή φορτίου 50 KN)= $D_0 = 230 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Παραμόρφωση με FWD στα 300 mm (με εφαρμογή φορτίου 50 KN) = $D_{300} = 92 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Ετήσια βροχόπτωση = 480 mm

Μηνιαία βροχόπτωση = $480/12 = 40 \text{ mm}$

Ετήσιος αριθμός ισοδύναμων διελεύσεων τυπικού αξονικού φορτίου 13t :

1989	846000
1990	888000
1991	933000
1992	979000
1993	1027000
1994	1079000
1995	1133000
1996	1189706
1997	1219449

Εξέλιξη ρηγμάτωσης σε m :

(sealing : σφράγισμα ρωγμής

patching : μπάλωμα ρηγματωμένου τμήματος του δρόμου)

(για επεξήγηση συμβολισμών βλέπε παρ 4):

1992= ACR L=13
 LWP L=41

1993= ACR L=10
 ACR M=5
 LWP L=20
 LWP M=20

TNWPM=2

1994= ACR M=18
LWP L=2
LWP M=48
TNWP M=3

1997= ACR L=30
ACR M=4
LWP L=3
TNWP L=2
TNWP M=2
Patch = 8
Seal = 21

6.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.4.1 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ PARIS

1) ΕΝΑΡΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ.

Όπως αναφέρθηκε η σχέση που θα χρησιμοποιηθεί είναι η εξής (για περαιτέρω εξηγήσεις βλέπε κεφ 4) :

$$N_{10} = 10^{7,287-0,0067 \cdot (SCI300)-2280264 \cdot (1 / SCI300 \cdot N_{10}^Y)}$$

Όπου :

N10 = αθροιστική κυκλοφοριακή κίνηση κατά την έναρξη της ρηγμάτωσης , σε 100 KN

Ισοδύναμα τυπικά αξονικά φορτία

SCI300 = Surface Curvature Index 300 (=d0-d300 mm), σε μm

N10Y = μέση ετήσια κυκλοφοριακή κίνηση αθροιστικά σε 100 KN ισοδ. τυπ. αξ. φορτ. κατά την περίοδο της έρευνας.

d0 = κεντρική παραμόρφωση με FWD (υπό φορτίο 50 KN), σε μm

d300 = παραμόρφωση με FWD στα 300 mm (υπό φορτίο 50 KN), σε μm

Σε αυτή τη σχέση υπάρχει περιοριστική τιμή για τον όρο SCI300, η οποία υπολογίζεται από τη σχέση :

$$SCI300_{min} = (2280264 / (0,0067 \cdot N10Y))^{0,5}$$

Στο προσομοίωμα του PARIS, η κυκλοφορία εκφράζεται σε ισοδύναμες διελεύσεις τυπικού αξονικού φορτίου 10t. Άρα οι ισοδύναμες διελεύσεις τυπικού αξονικού φορτίου 13t πρέπει να μετατραπούν σε ισοδ. διελ. τυπ. αξον. φορ. 10t.

Για να βρούμε τις αντίστοιχες ισοδύναμες διελεύσεις ενός τυπικού αξονικού φορτίου από τις διελεύσεις ενός άλλου αξονικού φορτίου, πρέπει να τις πολλαπλασιάσουμε με τον κατάλληλο συντελεστή ισοδυναμίας, που υπολογίζεται από τη σχέση [10]:

$$f = (L / L_{\text{τυπ}})^4$$

όπου : $f =$ συντελεστής ισοδυναμίας

$L =$ αξονικό φορτίο

$L_{\text{τυπ}} =$ τυπικό αξονικό φορτίο

$$\longrightarrow f = (13 / 10)^4 = \underline{2,86}$$

Ετήσιες Ισοδύναμες Διελεύσεις Τυπικού
αξονικού φορτίου 13t

Αντίστοιχες Ετήσιες Ισοδύναμες Διελεύσεις
Τυπικού Αξονικού Φορτίου 10t

1989	846000		2419560
1990	888000		2539680
1991	933000		2668380
1992	979000	$\times 2,86$	2799940
1993	1027000		2937220
1994	1079000		3085940
1995	1133000		3240380
1996	1189706		3402559
1997	1219449		3487624

Οπότε σύμφωνα με τις παραπάνω σχέσεις, η εφαρμογή των δεδομένων έδωσε τα πιο κάτω αποτελέσματα για κάθε οδόστρωμα :

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	DO	D300	SCI300	SCI300min	N10Y	N10	Εναρξη ρηγμάτωσης σε έτη	
1	254	144	110	10,73	2953476	3491253	1,2	
2	242	141	101	10,73	2953476	4005492	1,4	
3	318	175	143	10,73	2953476	2106207	0,7	
4	285	147	138	10,73	2953476	2274078	0,8	
5	314	190	124	10,73	2953476	2818212	1,0	
6	266	107	159	10,73	2953476	1647571	0,6	
7	303	158	145	10,73	2953476	2042563	0,7	
8	270	103	167	10,73	2953476	1457058	0,5	
9	230	92	138	10,73	2953476	2274078	0,8	

Παρατηρούμε ότι, σύμφωνα με τη σχέση αυτή του PARIS τα οδόστρώματα αυτά θα αρχίσουν να ρηγματώνονται σε **0.5** έως **1.4** χρόνια. Πρώτο σύμφωνα με τη σχέση αυτή ρηγματώνεται το οδ. υπ' αριθμόν 8 σε 0.5 χρόνια και τελευταίο το οδ. υπ' αριθμόν 2 σε 1.4

χρόνια. Κατά μέσο όρο προβλέπεται ότι τα οδοστρώματα ρηγματώνονται σε 0.86

χρόνια. Μια πρώτη διαπίστωση είναι πως τα οδοστρώματα ρηγματώνονται πάρα πολύ γρήγορα. Τα περισσότερα από αυτά ρηγματώνονται σύμφωνα με τις προβλέψεις του PARIS κατά τη διάρκεια του πρώτου χρόνου λειτουργίας τους.

Πρέπει να συγκρίνουμε τις προβλέψεις αυτές με τα πραγματικά στοιχεία που υπάρχουν διαθέσιμα, για να διαπιστώσουμε κατά πόσο ευσταθούν οι προβλέψεις του προσομοιώματος.

Από τα στοιχεία που υπάρχουν διαθέσιμα δεν αναφέρεται η ακριβής χρονική στιγμή έναρξης της ρηγμάτωσης. Οι πρώτες καταγεγραμμένες ενδείξεις αναφέρονται στα μέσα περίπου του 1992. Η χρονική αυτή στιγμή εντούτοις δεν μπορεί να θεωρηθεί ως έναρξη της ρηγμάτωσης γιατί η ρηγμάτωση έχει προχωρήσει αρκετά σύμφωνα με τη καταγραφή. Τα οδοστρώματα κατασκευάστηκαν στο τέλος του 1989 και οι πρώτες καταγραφές έγιναν μετά πάροδο περίπου 2.5 χρόνων, στα μέσα του 1992. Από προφορικές πληροφορίες, τα πρώτα σημάδια ρηγμάτωσης έγιναν ορατά στην επιφάνεια των οδοστρωμάτων, στο τέλος του 1990 με αρχές 1991, δηλαδή ένα με ενάμιση χρόνο μετά την κατασκευή τους. Άρα οι προβλέψεις του προσομοιώματος έναρξης ρηγμάτωσης του PARIS, είναι αρκετά ρεαλιστικές. Ίσως είναι λίγο υπερβολικές, δηλαδή σε ορισμένα κυρίως οδοστρώματα η έναρξη προβλέπεται να αρχίσει πολύ γρήγορα, ιδίως στα οδοστρώματα καθώς 3, 6, 7, και 8.

Για να ελεγχθεί περισσότερο η αξιοπιστία των προβλέψεων του προσομοιώματος θα συγκριθούν οι υπολογιζόμενες ενάρξεις των ρηγματώσεων με τις καταγραφές ρηγμάτωσης του 1992. Για να υπάρξει μέτρο σύγκρισης θα υπολογιστούν οι δείκτες ρηγμάτωσης του 1992 για όλα τα οδοστρώματα, σύμφωνα με το PARIS (βλέπε παρ.4) :

ΟΔ. 1

1992= ACR Cracking Index (CI) = $2 \cdot (1,5 \cdot 31) = 93$
 M=31

ΟΔ. 2

1992= ACR L=7 Cracking Index (CI) = $2 \cdot (7 + 1,5 \cdot 15) + 2 = 61$
 ACR
 M=15
 TNWP
 L=2

ΟΔ. 3

1992= ACR L=2 Cracking Index (CI) = $2 \cdot (2 + 1,5 \cdot 17) = 55$
 ACR
 M=17

ΟΔ. 4

1992= ACR L=39 Cracking Index (CI) = $2 \cdot (39) = 78$

ΟΔ. 5

1992= ACR L=7 Cracking Index (CI) = $2 \cdot (7 + 1,5 \cdot 22) + 3 = 83$
 ACR
 M=22
 LNWP
 L=3

ΟΔ. 6

1992= ACR L=28 Cracking Index (CI) = $2 \cdot (28 + 1,5 \cdot 8) + 1 = 81$
 ACR M=8
 TNWP
 L=1

ΟΔ. 7

1992= ACR L=15 Cracking Index (CI) = $2 \cdot (15 + 1,5 \cdot 2) = 36$
 ACR M=2

ΟΔ. 8

1992= ACR L=15 Cracking Index (CI) = $2 \cdot (15 +) + 30 + 2 = 62$
 LWP L=30
 TNWP
 L=2

ΟΔ. 9

1992= ACR L=13 Cracking Index (CI) = $2 \cdot (13) + 41 = 67$
 LWP L=41

Εφόσον δεν υπάρχουν σαφείς αναφορές για την ακριβή χρονική στιγμή έναρξης της ρηγμάτωσης των οδοστρωμάτων, μια ένδειξη του πόσο νωρίς ρηγματώθηκαν αποτελεί και η εξέλιξη της ρηγμάτωσης τους ένα χρόνο περίπου μετά την υπολογιζόμενη έναρξη της ρηγμάτωσης τους, οι καταγραφές ρηγμάτωσης δηλαδή του 1992. Παρακάτω παρατίθενται τα οδοστρώματα κατά σειρά ρηγμάτωσης στο πίνακα 5.4.1 (πρώτο το πιο ρηγματωμένο το 1992) και δίπλα, στο πίνακα 5.4.2 παρατίθενται τα οδοστρώματα σύμφωνα με τη σειρά που

όπως υπολογίζεται από το PARIS άρχισαν να ρηγματώνονται. Η κυκλοφορία στα οδοστρώματα είναι η ίδια οπότε μπορούν να γίνουν κάποιες συγκρίσεις :

Πραγματικοί Δείκτες ρηγμάτωσης

το 1992

Αριθμός Οδοστρ.	Δείκτης Ρηγμάτωσης το 1992 (CI σε m)
1	93
5	83
6	81
4	78
9	67
8	62
2	61
3	55
7	36

Πιν. 5.4.1

Προβλέψεις χρόνου έναρξης

ρηγμάτωσης κατά PARIS

Αριθμός Οδοστρ.	Έναρξη Ρηγμάτωσης από κατασκευή (χρόνια)
8	0,5
6	0,6
7-3	0,7
4-9	0,8
5	1
1	1,2
2	1,4

Πιν. 5.4.2

Εφόσον οι κυκλοφοριακές συνθήκες είναι οι ίδιες σε όλα τα οδοστρώματα, όπως επίσης και οι καιρικές συνθήκες και εξάλλου σύμφωνα με το PARIS η εξέλιξη της ρηγμάτωσης είναι γραμμική σε σχέση με το χρόνο ή τη κυκλοφορία, τότε η σειρά κατάταξης στο πιν. 5.4.2 πρέπει λογικά να συμφωνεί με τη σειρά κατάταξης στο πιν.5.4.1. Σύμφωνα με τις προβλέψεις του PARIS το οδόστρωμα υπ' αριθμόν 8 ρηγματώνεται γρηγορότερα, σε 0.5 χρόνια από την ημερομηνία κατασκευής του, με το οδόστρωμα 6 να ακολουθεί σε 0.6 χρόνια και στη συνέχεια τα οδ. 7 και 3. Άρα τα οδοστρώματα αυτά θα έπρεπε κανονικά να είναι τα πιο ρηγματωμένα ένα χρόνο μετά. Θα έπρεπε να βρίσκονται δηλαδή στις πρώτες θέσεις του πιν. 5.4.1 με τους δείκτες ρηγμάτωσης του 1992. Όμως όπως παρατηρούμε από τις καταγραφές του 1992 το 8 οδ. δεν είναι το πιο ρηγματωμένο αλλά βρίσκεται περίπου στη μέση του πιν.5.4.1 Το οδ. 6 βρίσκεται στην 3η θέση του πίνακα, θέση που θεωρείται αρκετά λογική ενώ αντίθετα τα οδ. 3 και 7 βρίσκονται στις τελευταίες θέσεις, γεγονός που δεν θα έπρεπε να συμβαίνει σύμφωνα με τις προβλέψεις του PARIS. Τα οδοστρώματα 4 και 9 που ακολουθούν στον πιν.5.4.2

ρηγματώνονται σε 0.8 χρόνια, άρα στο πίνακα 4.5.1 κατέχουν λογική θέση, όπως επίσης και το οδοστρώμα 2, που ρηγματώνεται σύμφωνα με τη εκτίμηση του PARIS τελευταίο, και παρόλο που δεν κατέχει την τελευταία θέση στο πιν. 5.4.1, εντούτοις κατέχει μια από τις τελευταίες θέσεις. Αντιφατικό όμως θεωρείται το γεγονός πως τα οδοστρώματα 5 και 1, ενώ βρίσκονται στις χαμηλές θέσεις του πιν. 5.4.2 βρίσκονται στις πρώτες θέσεις του πιν. 5.4.1, είναι δηλαδή τα πιο ρηγματωμένα επιφανειακά οδοστρώματα το 1992, παρόλο που άρχισαν να ρηγματώνονται πιο αργά από τα περισσότερα από τα υπόλοιπα οδοστρώματα

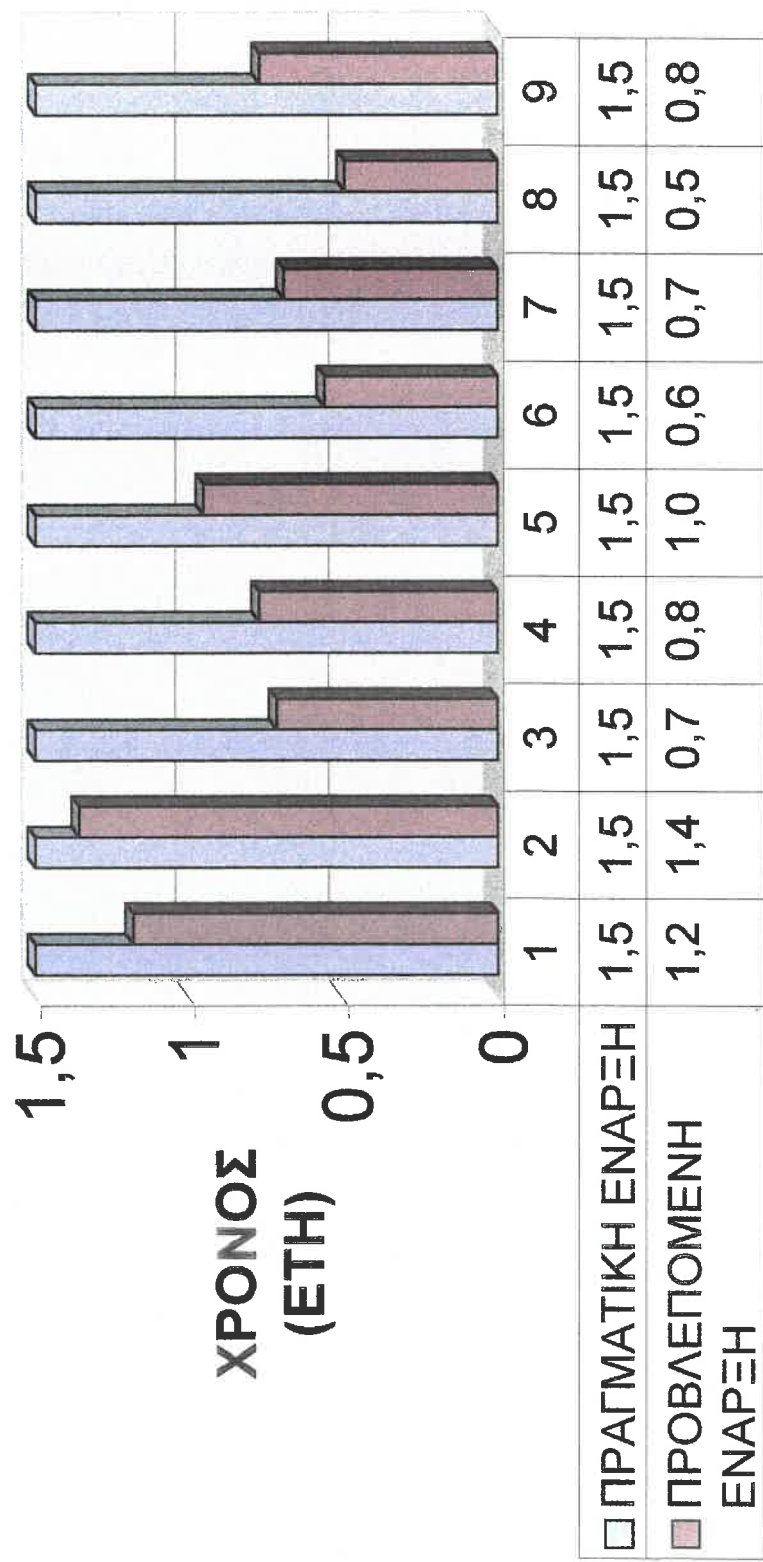
Συνοπτικά μπορεί να διαπιστωθεί πως το προσομοίωμα PARIS, όσον αφορά την έναρξη της ρηγμάτωσης, δίνει σχετικά αξιόπιστες προβλέψεις, αν και κάπως υπερβολικές, δηλαδή προβλέπει πως τα οδοστρώματα αρχίζουν να ρηγματώνονται λίγο νωρίτερα από ότι στην πραγματικότητα. Εκτιμήθηκε από το PARIS ότι κατά μέσο όρο τα οδοστρώματα 1 έως 9, θα άρχισαν να ρηγματώνονται σε 0.86 χρόνια από την ημερομηνία κατασκευής τους, ενώ στην πραγματικότητα άρχισαν να ρηγματώνονται σε ένα με ενάμιση χρόνο.

Επίσης οι προβλέψεις του έχουν κάποια απόκλιση, δεν είναι απόλυτα αξιόπιστες, γιατί ενώ προέβλεψε ότι τα οδοστρώματα θα άρχισαν να ρηγματώνονται με κάποια συγκεκριμένη χρονική σειρά, εντούτοις η καταγραφή της ρηγμάτωσης σε αυτά, ένα περίπου χρόνο μετά την έναρξη της ρηγμάτωσης, υπονοεί μια κάπως διαφορετική χρονική σειρά με την οποία τα οδοστρώματα ρηγματώθηκαν.

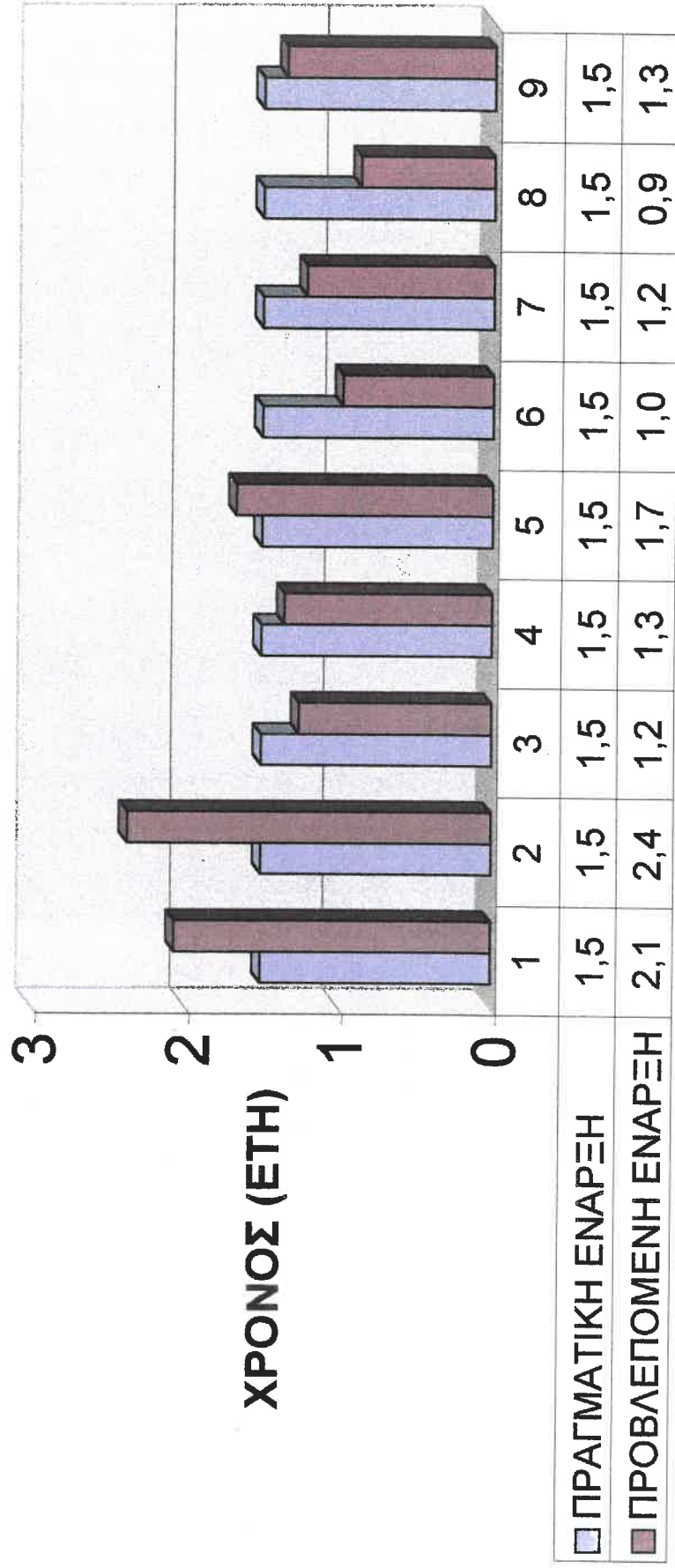
Στη σχέση έναρξης ρηγμάτωσης του PARIS δεν μπορούσε να γίνει κάποια ή βαθμονόμηση, για να δίνει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα στα ελληνικά δεδομένα, γιατί δεν υπήρχε στη σχέση κάποιος συντελεστής προσαρμογής ο οποίος θα μπορούσε να πάρει διάφορες τιμές. Από τις διαπιστώσεις όμως που έγιναν κρίνεται σωστό να πολλαπλασιάζονται τα αποτελέσματα της σχέσης που δίνει την έναρξη ρηγμάτωσης με το συντελεστή **1.75**, για να δίνονται έτσι πιο ρεαλιστικές εκτιμήσεις. Έτσι τα 0.86 χρόνια που εκτιμά η σχέση για έναρξη της ρηγμάτωσης, θα γίνουν $0.86 \times 1.75 = 1.5$ χρόνια. Αυτή η εκτίμηση είναι ρεαλιστικότερη. Άρα για τα ελληνικά δεδομένα, κρίνεται ορθότερο η σχέση να έχει την μορφή :

$$N_{10} = 1.75 \cdot 10^{7,287-0,0067 \cdot (SCI300)-2280264 \cdot (1 / SCI300 \cdot N_{10} \cdot Y)}$$

ΕΝΑΡΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ΑΡΧΙΚΗ ΣΧΕΣΗ PARIS



ΕΝΑΡΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΧΕΣΗ PARIS



ΑΡ. ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

II) ΕΞΕΛΙΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ

Όπως έχει ήδη επεξηγηθεί στο κεφάλαιο 4, το PARIS εκτιμά ότι η εξέλιξη της ρηγμάτωσης μπορεί να υπολογιστεί με μια απλή γραμμική σχέση. Η σχέση αυτή είναι η πιο κάτω :

$$Y = A + B * X$$

όπου :

Y = Δείκτης Ρηγμάτωσης

X = ηλικία ή ισοδύναμες διελεύσεις τυπικού αξονικού φορτίου 100 KN

A = παράμετρος προσομοιώματος

B = παράμετρος προσομοιώματος (κλίση)

Σκοπός της έρευνας είναι να βρεθούν οι καταλληλότερες τιμές για τις παραμέτρους A και B, στηριζόμενοι στα στοιχεία των οδοστρωμάτων που έχουμε και στη συνέχεια να ελέγξουμε κατά πόσο το προσομοίωμα που θα σχηματισθεί δίνει όντως αξιόπιστες προβλέψεις.

Αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν τα οδοστρώματα υπ' αριθμόν 1 έως 5 για να βρεθούν οι καταλληλότερες τιμές για τις παραμέτρους A και B, και στη συνέχεια το προσομοίωμα που θα σχηματισθεί να εφαρμοσθεί στα οδοστρώματα υπ' αριθμόν 6 έως 9 για να διαπιστωθεί κατά πόσο προβλέπει αξιόπιστα την εξέλιξη της ρηγμάτωσης σε αυτά.

Κατ' αρχήν το πρώτο βήμα για να μπορέσει να γίνει η ανάλυση, είναι να υπολογισθούν οι δείκτες ρηγμάτωσης όλων των ετών για κάθε οδόστρωμα, σύμφωνα με τις καταγραφές που υπήρχαν διαθέσιμες και είχαν παρουσιασθεί πιο πάνω στα στοιχεία του κάθε οδοστρώματος. Ο τρόπος υπολογισμού του δείκτη ρηγμάτωσης καθώς και η επεξήγηση του πως συμβολίζονται και καταγράφονται οι διάφορες μορφές ρηγμάτωσης σύμφωνα με το PARIS, περιγράφεται αναλυτικά στο παράρτημα 4.

Πρέπει να σημειωθεί πως, στην τελευταία καταγραφή το 1997, παρατηρούμε στα δεδομένα πως καταγράφηκαν σφραγίσματα και μπαλώματα (sealing and patching), που έγιναν κυρίως για να εμποδίζονται τα όμβρια και να μην εισέρχονται στις ρωγμές. Δεν γνωρίζουμε την ακριβή χρονική στιγμή που οι επιδιορθώσεις αυτές έγιναν (ίσως έγιναν κατά την διάρκεια της καταγραφής οπότε δεν επηρέασαν μέχρι εκείνη την στιγμή την εξέλιξη της ρηγμάτωσης ή μπορεί να έγιναν σε κάποια στιγμή πριν). Κατά την ανάλυση με το προσομοίωμα PARIS, τα δεδομένα θα αντιμετωπισθούν με δύο τρόπους. Με τον πρώτο τρόπο θα γίνει ανάλυση, θεωρώντας πως στα οδοστρώματα δεν έγινε καμιά επιδιόρθωση στην επιφάνειά τους. Η κλίση του προσομοιώματος θα υπολογισθεί με τους ανάλογους τύπους για οδοστρώματα στα οποία δεν έγινε επιδιόρθωση και στα δεδομένα του έτους 1997 τα μέτρα που αναφέρονται σε

sealing και patching θα γίνει παραδοχή πως είναι μέτρα έντονης ρηγμάτωσης αλιγατορικής μορφής (ACR H). Δηλαδή θα αγνοηθεί εντελώς η επιδιόρθωση και τα σφραγίσματα και μπαλώματα θα θεωρηθούν ως υπάρχουσες ρωγμές.

Με το δεύτερο τρόπο θα χρησιμοποιηθούν οι τύποι για οδοστρώματα στα οποία ακολουθείται πολιτική επιδιορθώσεων. Για το έτος 1997 θα χρησιμοποιηθούν προφανώς τα στοιχεία ως έχουν, δηλαδή θα χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση οι υπάρχουσες, μη σφραγισμένες ρωγμές. Θα διαπιστωθεί στο τέλος ποιος τύπος δίνει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα.

1ος τρόπος

(Θεωρώντας πως δεν έχει γίνει καμιά επιδιόρθωση στα οδοστρώματα. **Παραδοχή πως τα σφραγίσματα και μπαλώματα αντιστοιχούν σε έντονη ρηγμάτωση αλιγατορικής μορφής ACR H)**

Παρακάτω γίνεται υπολογισμός του Δείκτη Ρηγμάτωσης για όλα τα οδοστρώματα.

Οι καταγραφές της ρηγμάτωσης καθώς και οι Δείκτες Ρηγμάτωσης (Cracking Indexes) είναι εκφρασμένες σε μέτρα (m).

ΟΔ. 1

1992=	ACR M=31	Cracking Index (CI) = $2 \cdot (1,5 \cdot 31) = \underline{93}$
1993=	ACR L=2 ACR M=33	Cracking Index (CI) = $2 \cdot (2 + 1,5 \cdot 33) = \underline{103}$
1994=	ACR L=7 ACR M=41	Cracking Index (CI) = $2 \cdot (7 + 1,5 \cdot 41) = \underline{137}$
1997=	TWP M/ACR=1 ACR M=71 ACR H=19 Patch = 3.5 Seal = 10	Cracking Index (CI) = $2 \cdot (1,5 \cdot 71 + 2 \cdot (19 + 13.5)) + 1,5 \cdot 1 = \underline{344.5}$

ΟΔ. 2

1992=	ACR L=7 ACR M=15 TNWP L=2	Cracking Index (CI) = $2 \cdot (7 + 1,5 \cdot 15) + 2 = \underline{61}$
1993=	ACR L=10 ACR M=17 TNWP L=2	Cracking Index (CI) = $2 \cdot (10 + 1,5 \cdot 17) + 2 = \underline{73}$
1994=	ACR L=21 ACR M=23	Cracking Index (CI) = $2 \cdot (21 + 1,5 \cdot 23) + 2 = \underline{113}$

TNWP L=2

1997= ACR L=19
 ACR M=34
 ACR H=21
 TWP M/ACR=1
 TNWP L=1
 TNWP M=1
 Seal = 8

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \cdot (19 + 1,5 \cdot 34 + 2 \cdot (21 + 8)) + 1 + 1,5 \cdot 2$$

$$\underline{\underline{=260}}$$

OA. 3

1992= ACR L=2
 ACR M=17

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \cdot (2 + 1,5 \cdot 17) = \underline{\underline{55}}$$

1993= ACR L=5
 ACR M=26

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \cdot (5 + 1,5 \cdot 26) = \underline{\underline{88}}$$

1994= ACR M=28
 ACR L=9
 TNWP L=1

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \cdot (1,5 \cdot 28 + 2 \cdot 9) + 1 = \underline{\underline{121}}$$

1997= ACR L=6
 ACR M=37
 ACR H=17
 Seal = 6

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \cdot (6 + 1,5 \cdot 37 + 2 \cdot (17 + 6)) = \underline{\underline{215}}$$

OA. 4

1992= ACR L=39

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \cdot (39) = \underline{\underline{78}}$$

1993= ACR L=30
 ACR M=10

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \cdot (30 + 1,5 \cdot 10) = \underline{\underline{90}}$$

1994= ACR L=17
 ACR M=37

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \cdot (17 + 1,5 \cdot 37) = \underline{\underline{145}}$$

1997= ACR M=53
 ACR H=15
 Seal = 4

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \cdot (1,5 \cdot 53 + 2 \cdot (15 + 4)) = \underline{\underline{235}}$$

OA. 5

1992= ACR L=7
 ACR M=22
 LNWP L=3

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \cdot (7 + 1,5 \cdot 22) + 3 = \underline{\underline{83}}$$

1993= ACR L=6
 ACR M=30
 ACR H=5
 LNWP L=5
 Cracking Index (CI) = $2*(6+1,5 * 30+2*5)+5 = \underline{127}$

1994= ACR L=12
 ACR M=26
 ACR H=16
 LNWP L=7
 Cracking Index (CI) = $2*(12+1,5 * 26+2*16)+7 = \underline{173}$

1997= ACR M=35
 ACR H=21
 Patch = 6
 Seal = 4
 Cracking Index (CI) = $2*(1,5 * 35+2*(21+6+4)) = \underline{229}$

OA. 6

1992= ACR L=28
 ACR M=8
 TNWP L=1
 Cracking Index (CI) = $2*(28+1,5*8)+1 = \underline{81}$

1993= ACR L=15
 ACR M=26
 ACR H=3
 TNWP L=2
 Cracking Index (CI) = $2*(15+1,5 * 26+2*3)+2 = \underline{122}$

1994= ACR L=5
 ACR M=37
 ACR H=11
 TNWP M=3
 Cracking Index (CI) = $2*(5+1,5 * 37+2*11)+1,5*3 = \underline{169,5}$

1997= ACR L=16
 ACR M=40
 ACR H=8
 TWP M/ACR=2
 TNWP M=1
 Seal = 8
 Cracking Index (CI) = $2*(16+1,5 * 40+2*(8+8))+1,5*2+1,5*1 = \underline{220,5}$

OA. 7

1992= ACR L=15
 ACR M=2
 Cracking Index (CI) = $2*(15+1,5*2) = \underline{36}$

1993= ACR L=14
 ACR M=9
 Cracking Index (CI) = $2*(14+1,5 * 9) = \underline{55}$

1994= ACR L=12

ACR M=16

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \times (12 + 1,5 \times 16) = \underline{72}$$

1997= ACR L=33
ACR M=21
ACR H=4
Patch = 1
Seal = 4

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \times (33 + 1,5 \times 21 + 2 \times (4 + 1 + 4)) = \underline{165}$$

OA. 8

1992= ACR L=15
LWP L=30
TNWP L=2

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \times (15 +) + 30 + 2 = \underline{62}$$

1993= ACR L=15
ACR M=3
LWP L=24
LWP M=10
TNWP L=1

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \times (15 + 1,5 \times 3) + 24 + 1,5 \times 10 + 1 = \underline{78}$$

1994= ACR L=17
ACR M=5
LWP L=20
LWP M=20
TNWP L=1

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \times (17 + 1,5 \times 5) + 20 + 1,5 \times 20 + 1 = \underline{100}$$

1997= ACR L=40
LWP M=2
TNWP H=1
Seal = 20

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \times (40 + 2 \times 20) + 1,5 \times 2 + 2 \times 1 = \underline{165}$$

OA. 9

1992= ACR L=13
LWP L=41

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \times (13) + 41 = \underline{67}$$

1993= ACR L=10
ACR M=5
LWP L=20
LWP M=20
TNWPM=2

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \times (10 + 1,5 \times 5) + 20 + 1,5 \times 20 + 1,5 \times 2 = \underline{88}$$

1994= ACR M=18
LWP L=2
LWP M=48
TNWP M=3

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \times (1,5 \times 18) + 2 + 1,5 \times 48 + 1,5 \times 3 = \underline{132,5}$$

1997= ACR L=30
ACR M=4

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \times (30 + 1,5 \times 4 + 2 \times (8 + 21)) + 3 + 2 + 1,5 \times 2 = \underline{196}$$

LWP L=3
 TNWP L=2
 TNWP M=2
 Patch = 8
 Seal = 21

Συνοπτικά τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα :

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ		ΔΕΙΚΤΗΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ (m)			
		1992	1993	1994	1997
1		93	103	137	344,5
2		61	73	113	260
3		55	88	121	215
4		78	90	145	235
5		83	127	173	229
6		81	122	169,5	220,5
7		36	55	72	165
8		62	78	100	165
9		67	88	132,5	196

Η παράμετρος B του προσομοιώματος, η κλίση δηλαδή της γραμμικής σχέσης, για οδοστρώματα στα οποία δεν έγινε επιδιόρθωση δίνεται από την πιο κάτω σχέση :

$$B = 2,32 + 1,31 \cdot (CI_{last}/age_{last})$$

όπου:

B κλίση του μοντέλου (αύξηση του CI ανά χρόνο)
 CI_{last} δείκτης ρηγμάτωσης στον τελευταίο έλεγχο
 age_{last} ηλικία οδοστρώματος στο τελευταίο έλεγχο (χρόνια)

Άρα για τα οδοστρώματα 1 έως 5 έχουμε :

ΟΔ. 1

Για το 1992: $B = 42,93$
 Για το 1993 $B = 36,0525$
 Για το 1994 $B = 38,214$
 Για το 1997 $B = 58,73$

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο B είναι $\underline{B} = (42,93 + 36,0525 + 38,214 + 58,73)/4 = \underline{43,98}$
 Χρησιμοποιώντας τον τύπο πρόβλεψης του υποδείγματος:

Για το 1992: $CI = A + 43,98 \cdot 3 = 93$ $A = -38,94$
 Για το 1993 $CI = A + 43,98 \cdot 4 = 103$ $A = -72,92$
 Για το 1994 $CI = A + 43,98 \cdot 5 = 137$ $A = -82,9$

Για το 1997 $CI = A + 43,98 \cdot 8 = 344,5$ $A = -7,34$

Αρα η μέση τιμή για την παράμετρο A είναι: $\underline{A} = ((-38,94 - 72,92 - 82,9 - 7,34) / 4) = \underline{-50,52}$

Η τελική μορφή του προσαρμοσμένου υποδείγματος θα είναι :

$$CI = -50,52 + 43,98 \cdot X$$

και δίνει τα εξής αποτελέσματα:

<u>Έτος</u>	<u>Προβλέψεις υποδείγματος</u>	<u>Πραγματικές Τιμές</u>	<u>Απόκλιση</u>	<u>Ποσοστό Απόκλισης (Απόκλιση / Πρ. Τιμή)</u>
1992	81,42	93	-11,58	-0,125
1993	125,4	103	22,4	0,217
1994	169,38	137	32,38	0,236
1997	301,42	344,5	-43,08	-0,125

ΟΔ. 2

Για το 1992:	B =	28,96
Για το 1993	B =	26,23
Για το 1994	B =	31,926
Για το 1997	B =	44,895

Αρα η μέση τιμή για την παράμετρο B είναι $\underline{B} = (28,96 + 26,23 + 31,926 + 44,895) / 4 = \underline{33,00}$

Χρησιμοποιώντας τον τύπο πρόβλεψης του υποδείγματος:

Για το 1992:	$CI = A + 33 \cdot 3 = 61$	$A = -38$
Για το 1993	$CI = A + 33 \cdot 4 = 73$	$A = -59$
Για το 1994	$CI = A + 33 \cdot 5 = 113$	$A = -52$
Για το 1997	$CI = A + 33 \cdot 8 = 260$	$A = -4$

Αρα η μέση τιμή για την παράμετρο A είναι: $\underline{A} = ((-38 - 59 - 52 - 4) / 4) = \underline{-38,25}$

Η τελική μορφή του προσαρμοσμένου υποδείγματος θα είναι :

$$CI = -38,25 + 33,00 \cdot X$$

και δίνει τα εξής αποτελέσματα:

<u>Έτος</u>	<u>Προβλέψεις υποδείγματος</u>	<u>Πραγματικές Τιμές</u>	<u>Απόκλιση</u>	<u>Ποσοστό Απόκλισης (Απόκλιση / Πρ. Τιμή)</u>
1992	60,75	61	-0,25	-0,004
1993	93,75	73	20,75	0,284
1994	126,75	113	13,75	0,122
1997	225,75	260	-34,25	-0,132

ΟΔ. 3

Για το 1992:	B =	26,34
Για το 1993	B =	31,14
Για το 1994	B =	34,022
Για το 1997	B=	37,53

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο B είναι $\underline{B} = (26,34+31,14+34,022+37,53)/4 = \underline{32,26}$

Χρησιμοποιώντας τον τύπο πρόβλεψης του υποδείγματος:

Για το 1992:	$CI = A + 32,26 \cdot 3 = 55$	$A = -41,78$
Για το 1993	$CI = A + 32,26 \cdot 4 = 88$	$A = -41,04$
Για το 1994	$CI = A + 32,26 \cdot 5 = 121$	$A = -40,3$
Για το 1997	$CI = A + 32,26 \cdot 8 = 215$	$A = -43,08$

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο A είναι: $\underline{A} = ((-41,78-41,04-40,3-43,08)/4) = \underline{-41,55}$

Η τελική μορφή του προσαρμοσμένου υποδείγματος θα είναι :

$$CI = -41,55 + 32,26 \cdot X$$

και δίνει τα εξής αποτελέσματα:

<u>Έτος</u>	<u>Προβλέψεις υποδείγματος</u>	<u>Πραγματικές Τιμές</u>	<u>Απόκλιση</u>	<u>Ποσοστό Απόκλισης (Απόκλιση / Πρ. Τιμή)</u>
1992	55,23	55	0,23	0,004
1993	87,49	88	-0,51	-0,006
1994	119,75	121	-1,25	-0,010
1997	216,53	215	1,53	0,007

ΟΔ. 4

Για το 1992:	B =	36,38
Για το 1993	B =	31,795
Για το 1994	B =	40,31
Για το 1997	B=	40,8

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο B είναι $\underline{B} = (36,38+31,795+40,31+40,8)/4 = \underline{37,32}$

Χρησιμοποιώντας τον τύπο πρόβλεψης του υποδείγματος:

Για το 1992:	$CI = A + 37,32 \cdot 3 = 78$	$A = -33,96$
Για το 1993	$CI = A + 37,32 \cdot 4 = 90$	$A = -59,28$
Για το 1994	$CI = A + 37,32 \cdot 5 = 145$	$A = -41,6$
Για το 1997	$CI = A + 37,32 \cdot 8 = 235$	$A = -63,56$

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο A είναι: $\underline{A = ((-33,96-59,28-41,6-63,56)/4) = -49,6}$

Η τελική μορφή του προσαρμοσμένου υποδείγματος θα είναι :

$$CI = -49,6 + 37,32 * X$$

και δίνει τα εξής αποτελέσματα:

Έτος	Προβλέψεις υποδείγματος	Πραγματικές Τιμές	Απόκλιση	Ποσοστό Απόκλισης (Απόκλιση / Πρ. Τιμή)
1992	62,36	78	-15,64	-0,201
1993	99,68	90	9,68	0,108
1994	137,00	145	-8,00	-0,055
1997	248,96	235	13,96	0,059

Για το 1992:	B =	38,56
Για το 1993	B =	43,91
Για το 1994	B =	47,65
Για το 1997	B =	39,82

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο B είναι $\underline{B = (38,56+43,91+47,65+39,82)/4 = 42,48}$

Χρησιμοποιώντας τον τύπο πρόβλεψης του υποδείγματος:

Για το 1992:	$CI = A + 42,48*3=83$	$A = -44,44$
Για το 1993	$CI = A + 42,48*4=127$	$A = -42,92$
Για το 1994	$CI = A + 42,48*5=141$	$A = -71,4$
Για το 1997	$CI = A + 42,48*8=229$	$A = -110,84$

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο A είναι: $\underline{A = ((-44,44-42,92-71,4-110,84)/4) = -67,4}$

Η τελική μορφή του προσαρμοσμένου υποδείγματος θα είναι :

$$CI = -67,4 + 42,48 * X$$

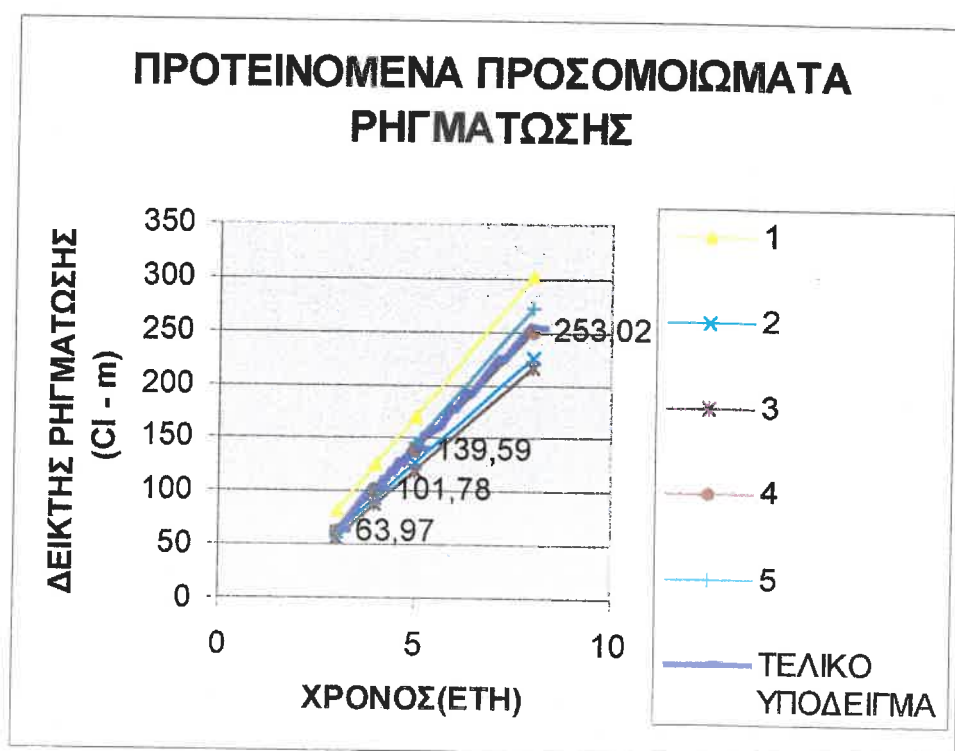
και δίνει τα εξής αποτελέσματα:

Έτος	Προβλέψεις υποδείγματος	Πραγματικές Τιμές	Απόκλιση	Ποσοστό Απόκλισης (Απόκλιση / Πρ. Τιμή)
1992	60,04	83	-22,96	-0,277
1993	102,52	127	-24,48	-0,193
1994	145,00	141	4,00	0,028
1997	272,44	229	43,44	0,190

Τα πέντε προσομοιώματα που προέκυψαν από την πιο πάνω ανάλυση για τα πέντε οδοστρώματα παρουσιάζονται πιο κάτω συγκεντρωτικά :

1:	$CI = -50,52 + 43,98 * X$
2:	$CI = -38,25 + 33,00 * X$
3:	$CI = -41,55 + 32,26 * X$
4:	$CI = -49,6 + 37,32 * X$
5:	$CI = -67,4 + 42,48 * X$

Θα παρασταθούν γραφικά στη συνέχεια και θα βρεθεί το καταλληλότερο προσομοίωμα που θα δίνει το μέσο όρο των τιμών που δίνουν τα πέντε προσομοιώματα, το οποίο θα είναι και το τελικό προσομοίωμα που θα προκύπτει από την όλη ανάλυση.



Χρόνια	Δείκτες Ρηγμάτωσης σε(m) για τα οδ.	1	2	3	4	5	ΤΕΛΙΚΟ ΥΠΟΔΕΙΓ.
3		81,42	60,75	55,23	62,36	60,04	63,97
4		125,4	93,75	87,49	99,68	102,52	101,78
5		169,38	126,75	119,75	137,00	145,00	139,59
8		301,42	225,75	216,53	248,96	272,44	253,02

Το τελικό προσομοίωμα που προκύπτει είναι το εξής :

$$CI = -49,46 + 37,81 * X$$

το οποίο δίνει προβλέψεις κοντινότερες στους πραγματικούς δείκτες ρηγμάτωσης και των πέντε οδοστρωμάτων που εξετάστηκαν.

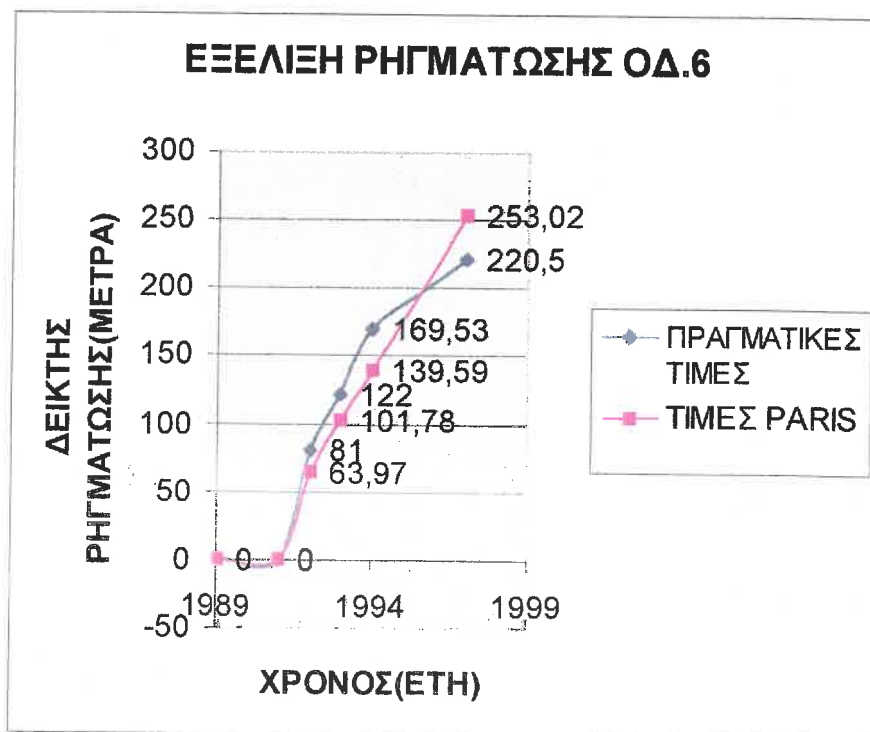
Το προσομοίωμα αυτό θα εφαρμοσθεί στη συνέχεια σε άλλα 4 οδοστρώματα (οδ. υπ' αριθμόν 6 έως 9) για να διαπιστωθεί το κατά πόσο δίνει αξιόπιστες προβλέψεις που να πλησιάζουν στους πραγματικούς δείκτες ρηγμάτωσης των οδοστρωμάτων αυτών.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ

ΟΔ. 6

Το προσομοίωμα δίνει τις εξής προβλέψεις :

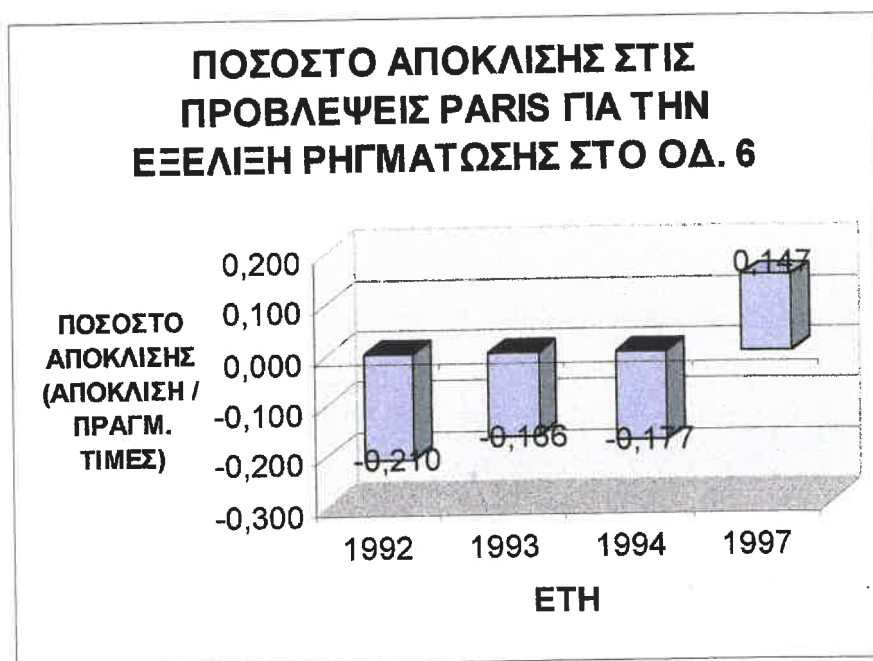
Έτος	Προβλέψεις υποδείγματος			Πραγματικός Δεικτης Ρηγμάτωσης		Απόκλιση (m)	Ποσοστό Απόκλισης (Απόκλιση / Πρ. Τιμή)	
	(m)			(m)				
1992		63,97		81		-17,03	-0,210	
1993		101,78		122		-20,22	-0,166	
1994		139,59		169,53		-29,94	-0,177	
1997		253,02		220,5		32,52	0,147	



ΕΙΚ.6.2

Η απόκλιση της κάθε πρόβλεψης διαιρείται με τον πραγματικό δείκτη ρηγμάτωσης έτσι ώστε να υπάρχει ένα μέτρο σύγκρισης για το πόσο αξιόπιστη είναι η κάθε πρόβλεψη. Έτσι προκύπτει ένας δείκτης που ονομάζεται 'ποσοστό απόκλισης', που δείχνει πόσο ρεαλιστική

είναι η κάθε πρόβλεψη. Εκφράζει το ποσοστό απόκλισης του κάθε μέτρου δείκτη ρηγμάτωσης που προβλέφθηκε, από την πραγματική τιμή του δείκτη ρηγμάτωσης που καταγράφηκε. Όσο μικρότερη προφανώς είναι η τιμή του 'ποσοστού απόκλισης', τόσο καλύτερη είναι η πρόβλεψη. Στην πιο κάτω γραφική παράσταση απεικονίζεται το ποσοστό απόκλισης.



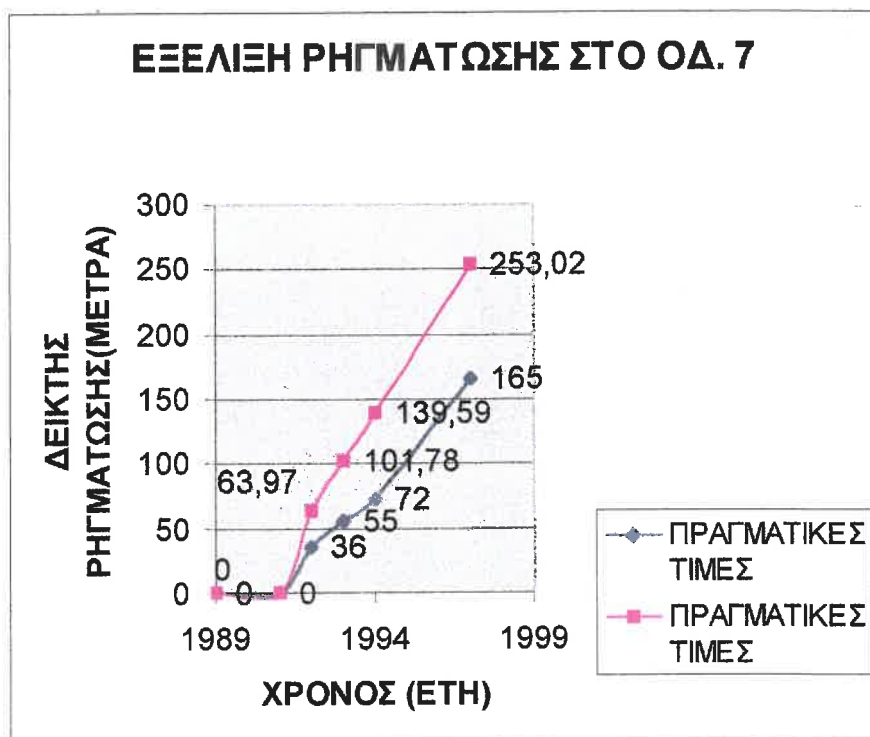
ΕΙΚ.6.3

ΟΔ. 7

Το προσομοίωμα δίνει τις εξής προβλέψεις :

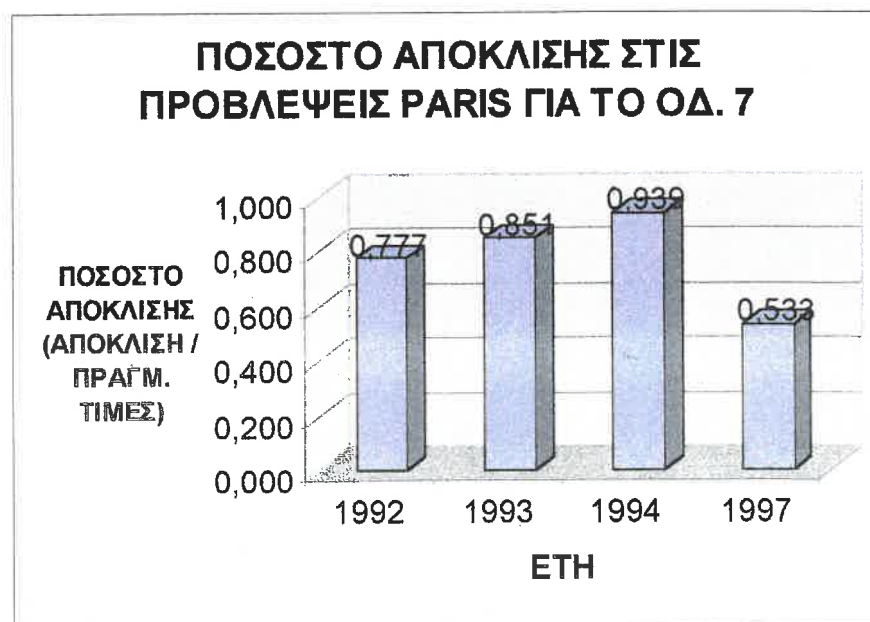
Έτος	Προβλέψεις υποδείγματος			Πραγματικές Τιμές		Απόκλιση	Ποσοστό Απόκλισης (Απόκλιση / Πρ. Τιμή)	
	(m)			(m)		(m)		
1992		63,97		36		27,97	0,777	
1993		101,78		55		46,78	0,851	
1994		139,59		72		67,59	0,939	
1997		253,02		165		88,02	0,533	

Παρατηρούμε μεγάλες αποκλίσεις στο συγκεκριμένο οδόστρωμα. Γίνονται υπερεκτιμήσεις από το προσαρμοσμένο προσομοίωμα PARIS, ενώ η πραγματική ρηγμάτωση είναι μικρότερη.



ΕΙΚ 6.4

Στη γραφική παράσταση διαπιστώνουμε την υπερεκτίμηση στις προβλέψεις PARIS



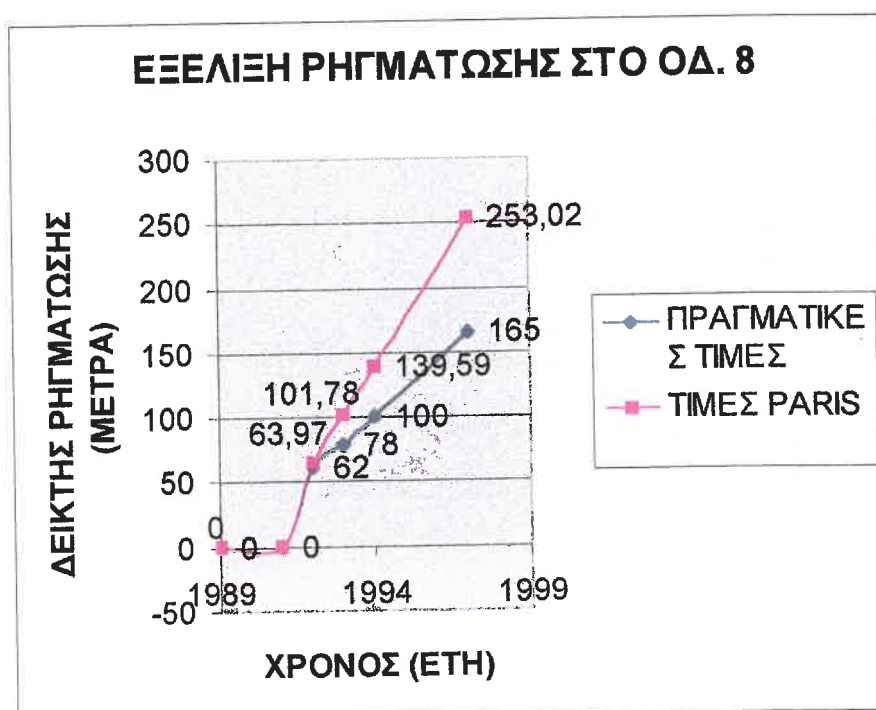
ΕΙΚ 6.5

Η υπερεκτίμηση διαπιστώνεται και σε αυτή την γραφική παράσταση.

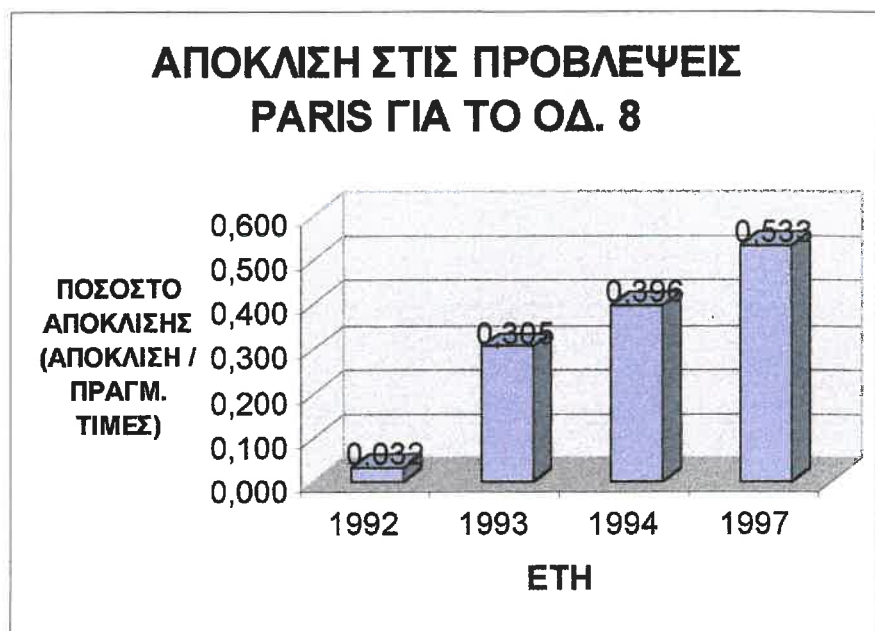
ΟΔ. 8

Το προσομοίωμα δίνει τις εξής προβλέψεις :

Έτος	Προβλέψεις υποδείγματος		Πραγματικές Τιμές	Απόκλιση	Ποσοστό Απόκλισης (Απόκλιση / Πρ. Τιμή)	
	(m)		(m)	(m)		
1992		63,97	62	1,97	0,032	
1993		101,78	78	23,78	0,305	
1994		139,59	100	39,59	0,396	
1997		253,02	165	88,02	0,533	



ΕΙΚ 6.6

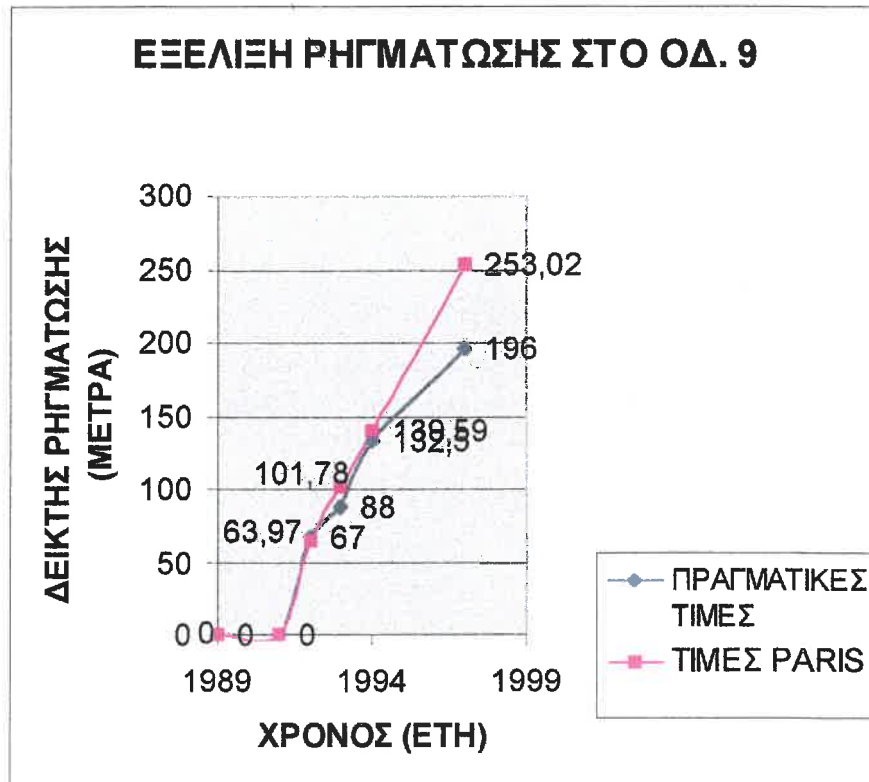


ΕΙΚ. 6.7

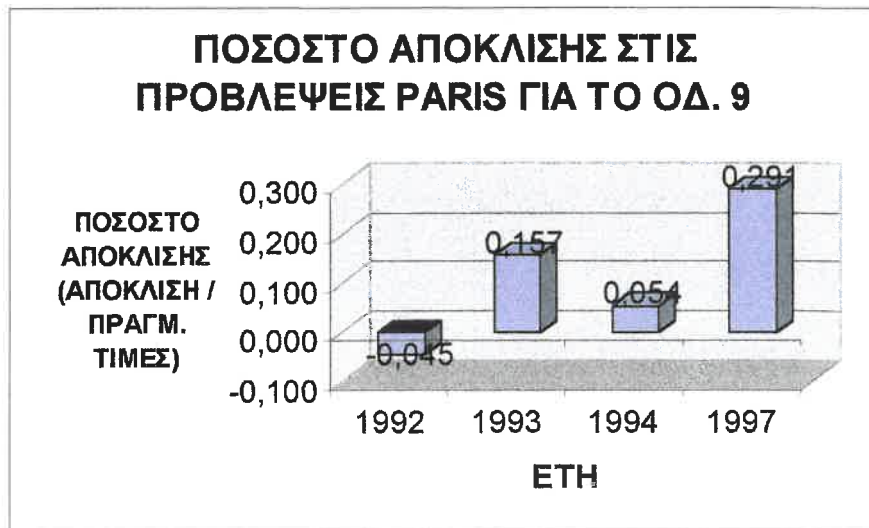
ΟΔ. 9

Το προσομοίωμα δίνει τις εξής προβλέψεις :

Έτος	Προβλέψεις υποδείγματος (m)	Πραγματικές Τιμές (m)	Απόκλιση (m)	Ποσοστό Απόκλισης (Απόκλιση / Πρ. Τιμή)
1992	63,97	67	-3,03	-0,045
1993	101,78	88	13,78	0,157
1994	139,59	132,5	7,09	0,054
1997	253,02	196	57,02	0,291



ΕΙΚ 6.8



ΕΙΚ 6.9

2ος Τρόπος

(Θεωρώντας πως στα οδοστρώματα ακολουθήθηκε πολιτική επιδιόρθωσης)

Θα ξαναγίνει ανάλυση λαμβάνοντας υπόψη πως το 1997 έγινε επιδιόρθωση. Στον υπολογισμό δηλαδή των Δεικτών Ρηγμάτωσης το 1997 θα ληφθούν υπόψη μόνο οι ασφράγιστες ρωγμές και στον υπολογισμό της κλίσης B του προσομοιώματος θα χρησιμοποιηθεί ο κατάλληλος τύπος του PARIS για οδοστρώματα στα οποία έγινε επιδιόρθωση.

Στους δείκτες ρηγμάτωσης υπάρχουν αλλαγές μόνο για το 1997 όπου είχαμε επιδιορθώσεις.

Οι δείκτες διαμορφώνονται ως εξής :

ΟΔ. 1

1997= TWP M/ACR=1
ACR M=71
ACR H=19
Cracking Index (CI) = $2 \cdot (1,5 \cdot 71 + 2 \cdot 19) + 1,5 \cdot 1 = 290,5$

ΟΔ. 2

1997= ACR L=19
ACR M=34
ACR H=21
TWP M/ACR=1
TNWP L=1
TNWP M=1
Cracking Index (CI) = $2 \cdot (19 + 1,5 \cdot 34 + 2 \cdot 21) + 1 + 1,5 \cdot 2 = 228$

ΟΔ. 3

1997= ACR L=6
ACR M=37
ACR H=17
Cracking Index (CI) = $2 \cdot (6 + 1,5 \cdot 37 + 2 \cdot 17) = 157$

ΟΔ. 4

1997= ACR M=53
ACR H=15
Cracking Index (CI) = $2 \cdot (1,5 \cdot 53 + 2 \cdot 15) = 219$

ΟΔ. 5

1997= ACR M=35
ACR H=21
Cracking Index (CI) = $2 \cdot (1,5 \cdot 35 + 2 \cdot 21) = 189$

Ο τύπος για υπολογισμό της κλίσης B του προσομοιώματος για οδοστρώματα στα οποία έγινε επιδιόρθωση είναι ο εξής :

$$B = 2,33 + 1,07 \cdot (CI_{last}/age_{last})$$

όπου:

B κλίση του μοντέλου (αύξηση του CI ανά χρόνο)
 CI_{last} ποσοστό ρηγμάτωσης στον τελευταίο έλεγχο
 age_{last} ηλικία οδοστρώματος στο τελευταίο έλεγχο (χρόνια)

Ακολουθείται η ίδια μέθοδος με τον 1ο τρόπο.

ΟΔ. 1

Για το 1992:	B =	35,5
Για το 1993	B =	29,88
Για το 1994	B =	31,648
Για το 1997	B =	41,18

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο B είναι $B = (35,5 + 29,88 + 31,648 + 41,18) / 4 = 34,552$
Χρησιμοποιώντας τον τύπο πρόβλεψης του υποδείγματος:

Για το 1992:	$CI = A + 34,55 \cdot 3 = 93$	$A = -10,65$
Για το 1993	$CI = A + 34,55 \cdot 4 = 103$	$A = -35,2$
Για το 1994	$CI = A + 34,55 \cdot 5 = 137$	$A = -35,75$
Για το 1997	$CI = A + 34,55 \cdot 8 = 290,5$	$A = -13,6$

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο A είναι: $\underline{A} = ((-10,65 - 35,2 - 35,75 - 13,6)/4) = \underline{-23,8}$

Η τελική μορφή του προσαρμοσμένου υποδείγματος θα είναι :

$$CI = -23,8 + 34,552 \cdot X$$

ΟΔ. 2

Για το 1992:	B =	24,09
Για το 1993	B =	21,86
Για το 1994	B =	26,51
Για το 1997	B =	32,825

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο B είναι $\underline{B} = (35,5 + 29,88 + 31,648 + 41,18)/4 = \underline{26,32}$
Χρησιμοποιώντας τον τύπο πρόβλεψης του υποδείγματος:

Για το 1992:	$CI = A + 26,32 \cdot 3 = 61$	$A = -17,96$
Για το 1993	$CI = A + 26,32 \cdot 4 = 73$	$A = -32,28$
Για το 1994	$CI = A + 26,32 \cdot 5 = 113$	$A = -18,6$
Για το 1997	$CI = A + 26,32 \cdot 8 = 228$	$A = -17,44$

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο A είναι: $\underline{A} = ((-17,96 - 32,28 - 18,6 - 17,44)/4) = \underline{-21,57}$

Η τελική μορφή του προσαρμοσμένου υποδείγματος θα είναι :

$$CI = -21,57 + 26,32 \cdot X$$

ΟΔ. 3

Για το 1992:	B =	21,95
Για το 1993	B =	25,87
Για το 1994	B =	28,22
Για το 1997	B =	23,33

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο B είναι $\underline{B} = (21,95 + 25,87 + 28,22 + 23,33)/4 = \underline{24,84}$

Χρησιμοποιώντας τον τύπο πρόβλεψης του υποδείγματος:

Για το 1992:	$CI = A + 24,84 \cdot 3 = 55$	$A = -19,52$
Για το 1993	$CI = A + 24,84 \cdot 4 = 88$	$A = -11,36$
Για το 1994	$CI = A + 24,84 \cdot 5 = 121$	$A = -3,2$
Για το 1997	$CI = A + 24,84 \cdot 8 = 157$	$A = -41,72$

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο A είναι: $\underline{A} = ((-19,52-11,36-3,2-41,72)/4) = \underline{-18,95}$

Η τελική μορφή του προσαρμοσμένου υποδείγματος θα είναι :

$$CI = -18,95 + 24,84 * X$$

ΟΔ. 4

Για το 1992:	B =	30,15	
Για το 1993	B =	26,41	30,385
Για το 1994	B =	33,36	
Για το 1997	B =	31,62	

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο B είναι $\underline{B} = (30,15+26,41+33,36+31,62)/4 = \underline{30,38}$

Χρησιμοποιώντας τον τύπο πρόβλεψης του υποδείγματος:

Για το 1992:	$CI = A + 30,38*3=78$	$A = -13,14$
Για το 1993	$CI = A + 30,38*4=90$	$A = -31,52$
Για το 1994	$CI = A + 30,38*5=145$	$A = -6,9$
Για το 1997	$CI = A + 30,38*8=219$	$A = -24,04$

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο A είναι: $\underline{A} = ((-13,14-31,52-6,9-24,04)/4) = \underline{-18,9}$

Η τελική μορφή του προσαρμοσμένου υποδείγματος θα είναι :

$$CI = -18,9 + 30,38 * X$$

ΟΔ. 5

Για το 1992:	B =	31,93	
Για το 1993	B =	36,3	33,7975
Για το 1994	B =	39,35	
Για το 1997	B =	27,61	

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο B είναι $\underline{B} = (31,93+36,3+39,35+27,61)/4 = \underline{33,8}$

Χρησιμοποιώντας τον τύπο πρόβλεψης του υποδείγματος:

Για το 1992:	$CI = A + 33,8*3=83$	$A = -18,4$
Για το 1993	$CI = A + 33,8*4=127$	$A = -8,2$
Για το 1994	$CI = A + 33,8*5=141$	$A = -28$
Για το 1997	$CI = A + 33,8*8=189$	$A = -81,4$

Άρα η μέση τιμή για την παράμετρο A είναι: $\underline{A} = ((-18,4-8,2-28-81,4)/4) = \underline{-34}$

Η τελική μορφή του προσαρμοσμένου υποδείγματος θα είναι :

$$CI = -34 + 33,8 * X$$

Συγκεντρωτικά τα προσομοιώματα που πήραμε από αυτήν την ανάλυση είναι :

1 :	$CI = -23,8 + 34,552 * X$
2:	$CI = -21,57 + 26,32 * X$
3:	$CI = -18,95 + 24,84 * X$
4:	$CI = -18,9 + 30,38 * X$
5:	$CI = -34 + 33,8 * X$

Όπως και με τον πρώτο τρόπο θα γίνει προσπάθεια να βρεθεί ένα προσομοίωμα που να δίνει εκτιμήσεις που να πλησιάζουν όσο γίνεται στις μέσες τιμές των προβλέψεων των πιο πάνω προσομοιωμάτων.



ΕΙΚ. 6.10

Χρόνια	Δείκτες Ρηγμάτων για :	1	2	3	4	5	ΤΕΛΙΚΟ ΥΠΟΔΕΙΓ.
3		79,86	57,39	55,57	72,24	67,4	66,5
4		114,41	83,71	80,41	102,62	101,2	96,48
5		148,96	110,03	105,25	133	135	126,46
8		252,62	188,99	179,77	224,14	236,4	216,4

Καταλληλότερη μορφή του προσομοιώματος κρίνεται πως είναι η εξής :

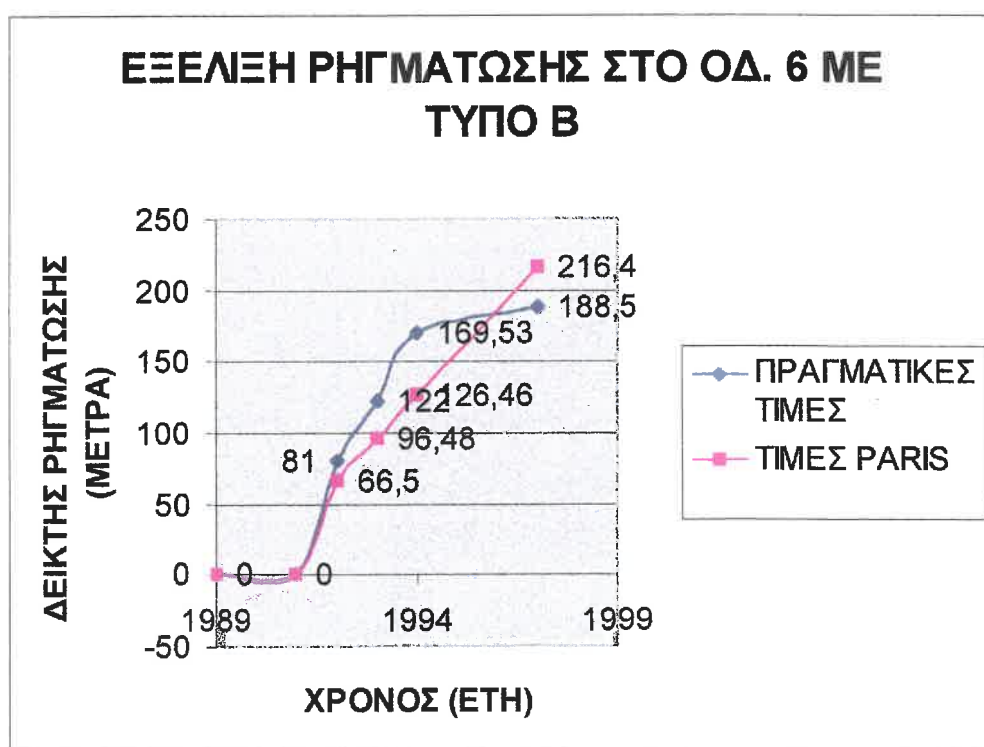
$$CI = -23,44 + 29,98 * X$$

Θα εφαρμοσθεί στη συνέχεια το προσομοίωμα αυτό στα οδοστρώματα υπ' αριθμόν 6

έως 9 :

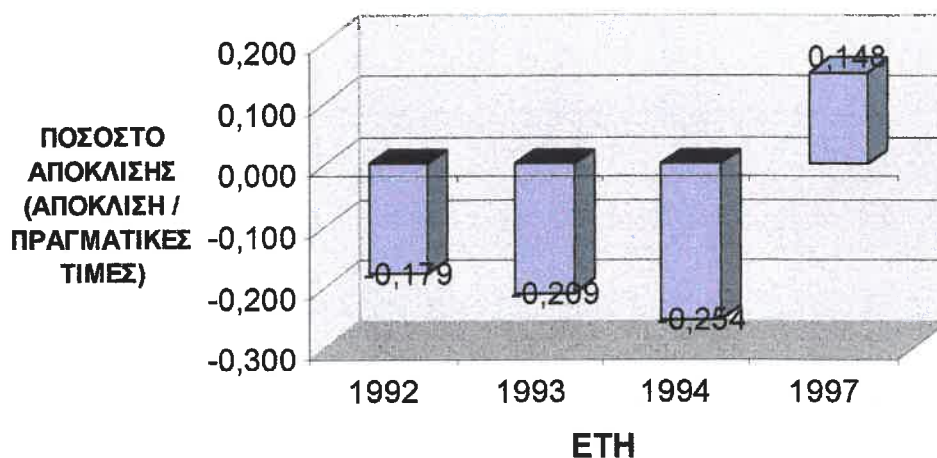
ΟΔ. 6

Έτος	Προβλέψεις υποδείγματος Δείκτης Ρηγμάτωσης (m)			Πραγματικές Τιμές Δ. Ρ. (m)	Απόκλιση (m)	Ποσοστό Απόκλισης (Απόκλιση / Πρ. Τιμή)	
1992		66,5		81	-14,5	-0,179	
1993		96,48		122	-25,52	-0,209	
1994		126,46		169,53	-43,07	-0,254	
1997		216,4		188,5	27,9	0,148	



ΕΙΚ. 6.11

ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΜΕ ΤΥΠΟ Β ΓΙΑ ΟΔ. 6

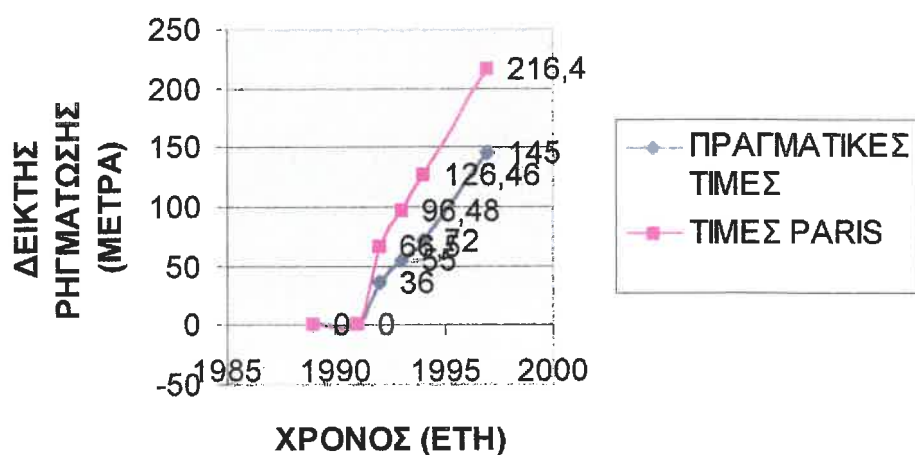


ΕΙΚ 6.12

ΟΔ. 7

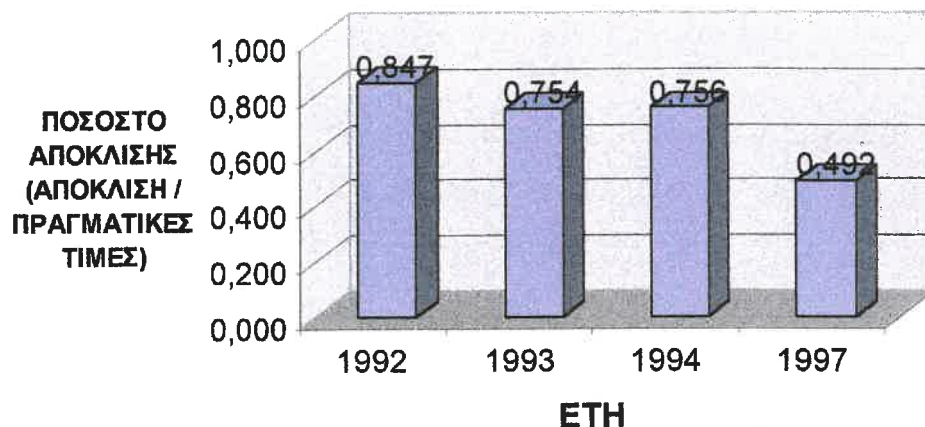
Έτος	Προβλέψεις υποδείγματος Δείκτης Ρηγματώσης (m)		Πραγματικές Τιμές Δ. Ρ. (m)	Απόκλιση (m)	Ποσοστό Απόκλισης (Απόκλιση / Πρ. Τιμή)
1992		66,5	36	30,5	0,847
1993		96,48	55	41,48	0,754
1994		126,46	72	54,46	0,756
1997		216,4	145	71,4	0,492

ΕΞΕΛΙΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΟΔ. 7 ΜΕ ΤΥΠΟ Β



ΕΙΚ 6.13

ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΜΕ ΤΥΠΟ Β ΣΤΟ ΟΔ. 7

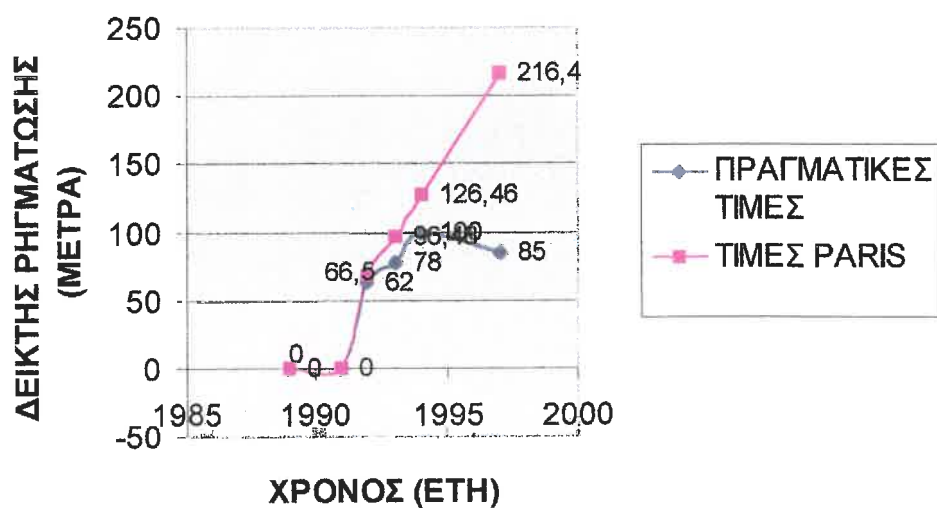


ΕΙΚ 6.14

ΟΔ. 8

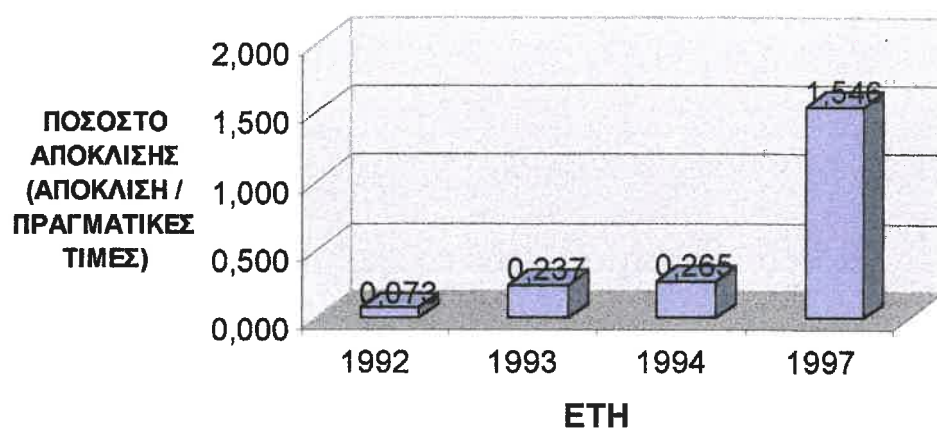
Έτος	Προβλέψεις υποδείγματος Δείκτης Ρηγμάτωσης (m)	Πραγματικές Τιμές Δ. Ρ (m)	Απόκλιση (m)	Ποσοστό Απόκλισης (Απόκλιση / Πρ. Τιμή)
1992	66,5	62	4,5	0,073
1993	96,48	78	18,48	0,237
1994	126,46	100	26,46	0,265
1997	216,4	85	131,4	1,546

ΕΞΕΛΙΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΟΔ. 8 ΜΕ ΤΥΠΟ Β



ΕΙΚ 6.15

ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΜΕ ΤΥΠΟ Β ΣΤΟ ΟΔ. 8

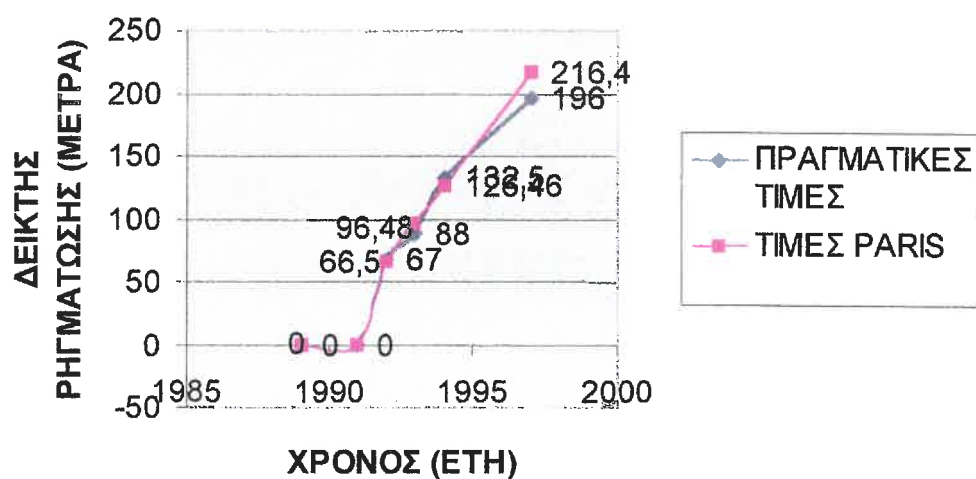


ΕΙΚ 6.16

ΟΔ. 9

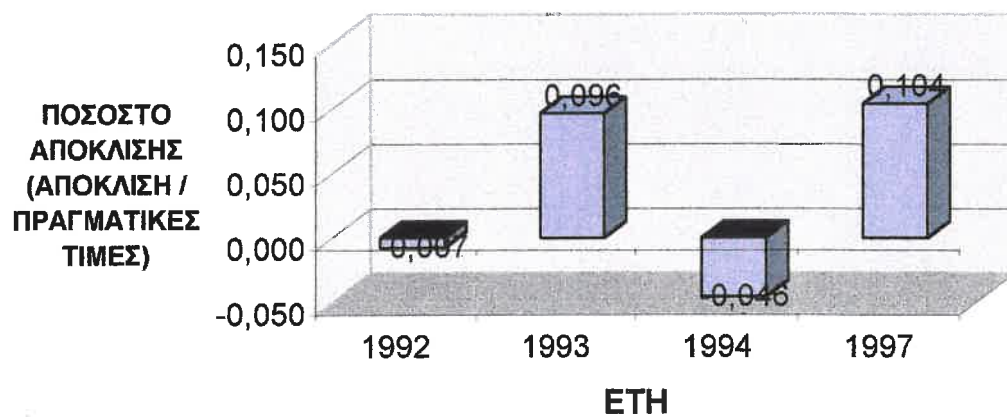
Έτος	Προβλέψεις υποδείγματος		Πραγματικές Τιμές		Απόκλιση	Ποσοστό Απόκλισης (Απόκλιση / Πρ. Τιμή)	
	Δείκτης Ρηγμάτωσης (m)		Δ. Ρ. (m)		(m)		
1992		66,5		67	-0,5	-0,007	
1993		96,48		88	8,48	0,096	
1994		126,46		132,5	-6,04	-0,046	
1997		216,4		196	20,4	0,104	

ΕΞΕΛΙΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΟΔ. 9 ΜΕ ΤΥΠΟ Β



ΕΙΚ 6.17

ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΜΕ ΤΥΠΟ Β ΓΙΑ ΟΔ. 9



ΘΑ ΣΥΓΚΡΙΘΟΥΝ ΤΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΠΟΥ ΕΔΩΞΑΝ ΤΑ ΔΥΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ

Α : ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΓΙΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΧΩΡΙΣ ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΗ

Β : ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΓΙΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΣΤΑ ΟΠΟΙΑ ΕΓΙΝΕ ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΗ

<u>251006 Έτος</u>	<u>A (CI)</u> <u>Απόκλιση</u>	<u>B (CI)</u> <u>Απόκλιση</u>
1992	-0,210	-0,179
1993	-0,166	-0,209
1994	-0,177	-0,254
1997	0,147	0,148

Μικρότερες αποκλίσεις έχουμε στις προβλέψεις του πρώτου υποδείγματος.

<u>251007 Έτος</u>	<u>A (CI)</u> <u>Απόκλιση</u>	<u>B (CI)</u> <u>Απόκλιση</u>
1992	0,777	0,847
1993	0,851	0,754
1994	0,939	0,756
1997	0,533	0,492

Γενική υπερεκτίμηση και στα δύο μοντέλα. Κάπως καλύτερη τελευταία εκτίμηση το Β μοντέλο.

<u>251008 Έτος</u>	<u>A (CI)</u> <u>Απόκλιση</u>	<u>B (CI)</u> <u>Απόκλιση</u>
1992	0,032	0,073
1993	0,305	0,237
1994	0,396	0,265
1997	0,533	1,546

Σαφώς καλύτερες προβλέψεις με το πρώτο υπόδειγμα.

<u>251009 Έτος</u>	<u>A (CI)</u> <u>Απόκλιση</u>	<u>B (CI)</u> <u>Απόκλιση</u>
1992	-0,045	-0,007
1993	0,063	0,096
1994	0,054	-0,046
1997	0,291	0,104

Ελαφρώς καλύτερες προβλέψεις με το Β υπόδειγμα.

Παρατηρούμε ότι για το υπόδειγμα Α (υπόδειγμα για οδοστρώματα χωρίς επιδιόρθωση) ο μέσος όρος για την απόκλιση προκύπτει : $5,519 / 16 = 0.345$ με τιμές που κυμαίνονται από 0.045 έως 0,939.

Για το υπόδειγμα Β (υπόδειγμα για οδοστρώματα στα οποία έγινε επιδιόρθωση στην επιφάνειά τους) ο μέσος όρος για την απόκλιση προκύπτει : $6,013 / 0,345 = 0.376$ με τιμές που κυμαίνονται από 0.007 έως 1.546 .

ΤΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ Α (ΓΙΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΧΩΡΙΣ ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΗ), ΚΡΙΝΕΤΑΙ ΠΙΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΟ

Παρακάτω θα παρασταθούν γραφικά τα πιο πάνω αποτελέσματα.

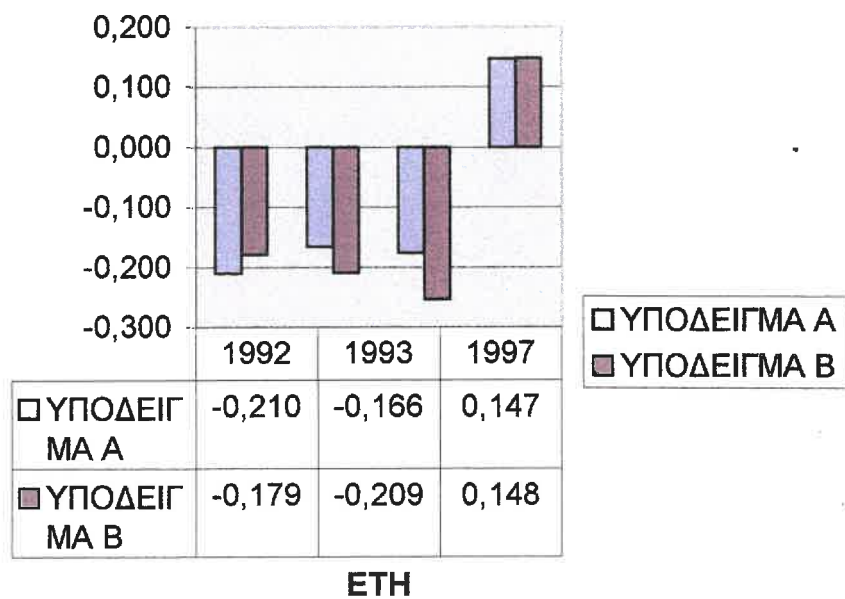
Με το υπόδειγμα Α : παριστάνεται το υπόδειγμα για οδοστρώματα χωρίς επιδιόρθωση της επιφάνειάς τους.

Με το υπόδειγμα Β : παριστάνεται το υπόδειγμα για οδοστρώματα στα οποία έγινε επιδιόρθωση της επιφάνειάς τους.

Στον άξονα Ψ η απόκλιση εκφράζεται ως ο λόγος της διαφοράς του προβλεπόμενου Δείκτη Ρηγμάτωσης με το πραγματικό Δείκτη Ρηγμάτωσης(δηλαδή της απόκλισης σε m), ως προς το πραγματικό Δείκτη Ρηγμάτωσης(σε m). Ο λόγος αυτός είναι αδιάστατος και είναι ενδεικτικός του μεγέθους της απόκλισης μια και εκφράζει το ποσοστό μονάδων απόκλισης που αναλογούν σε κάθε πραγματική μονάδα του δείκτη ρηγμάτωσης. Όσο μικρότερος είναι τόσο μικρότερη είναι η απόκλιση.

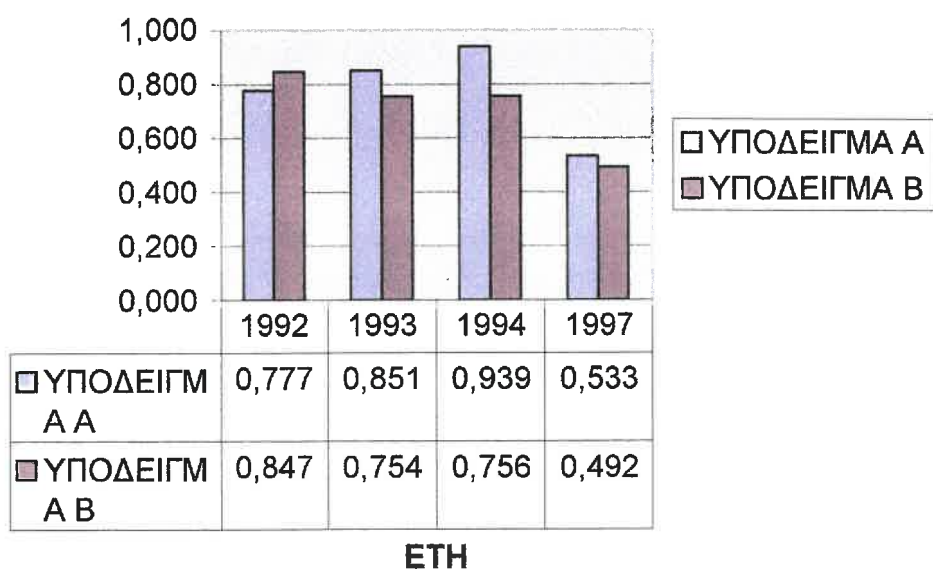
ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ 6

ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ
ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΑΠΟ
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ

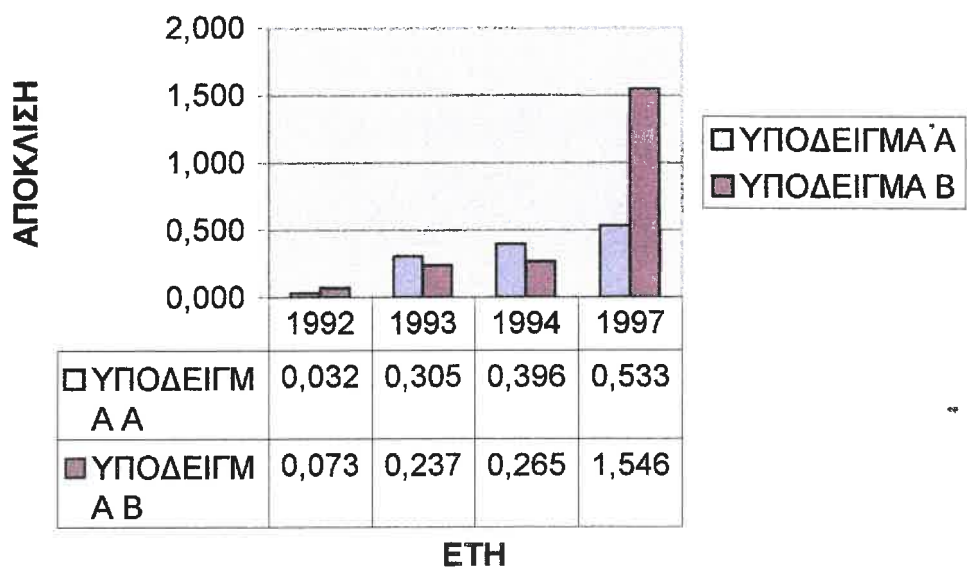


ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ 7

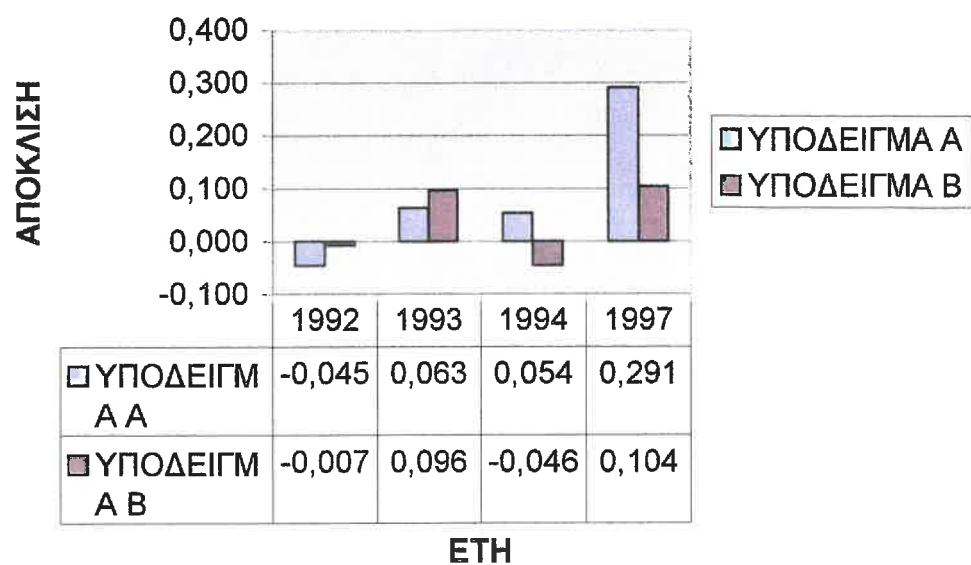
ΑΠΟΚΛΙΣΗ



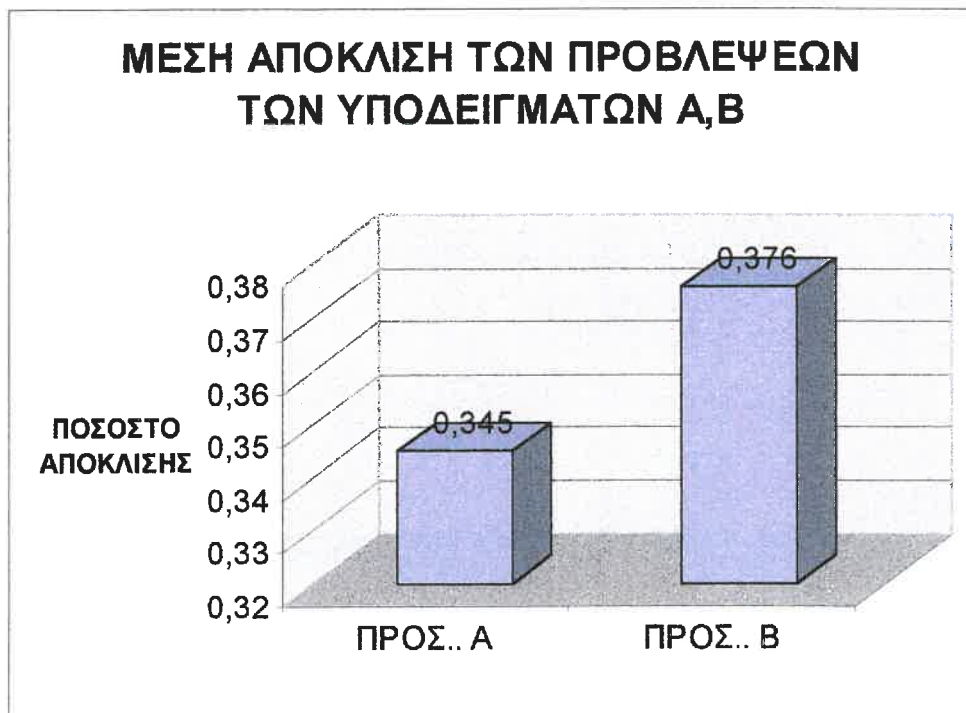
ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ 8



ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ 9



ΤΕΛΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΩΝ Α ΚΑΙ Β



ΕΙΚ 6.23

Βλέπουμε ότι παρ' όλο που έγιναν κάποιες επιδιορθώσεις στις επιφάνειες των οδοστρωμάτων, εντούτοις το προσομοίωμα για οδοστρώματα στα οποία δεν έγινε καμία επιδιόρθωση, λειτουργεί πιο αξιόπιστα. Αυτό προφανώς συμβαίνει γιατί οι δεν ακολουθήθηκε μια τακτική πολιτική επιδιορθώσεων, απλά έγιναν επιδιορθώσεις μόνο στο τελευταίο έτος. Υπάρχει και η πιθανότητα οι επιδιορθώσεις αυτές να έγιναν κατά τη διάρκεια της καταγραφής της ρηγμάτωσης στο τελευταίο έτος, ή λίγο πριν, και εφόσον στην ανάλυση με το πρώτο προσομοίωμα για οδοστρώματα χωρίς επιδιορθώσεις έγινε η παραδοχή πως τα σφραγίσματα αντιστοιχούν σε ρωγμές, προφανώς δεν επηρέασαν καθόλου τα αποτελέσματα.

Στην ανάλυση που θα ακολουθήσει με τα άλλα δυο προγράμματα, HDM- 4 και ARRB, θα θεωρηθεί πως δεν έγινε καμιά επιδιόρθωση, και τα σφραγίσματα και μπαλώματα θα ληφθούν υπόψη ως ρωγμές.

6.4.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ HDM- 4

Για να γίνει η ανάλυση με το προσομοίωμα του HDM-4, υπήρχε ένα βασικό πρόβλημα που έπρεπε να αντιμετωπισθεί. Ενώ στο PARIS η ρηγμάτωση θεωρείται με ένα ειδικό τρόπο, με τον καθορισμό του δείκτη ρηγμάτωσης, στο HDM-4 η ρηγμάτωση θεωρείται ως ποσοστό της συνολικής επιφάνειας κατεύθυνσης. Άρα με τα δεδομένα που υπήρχαν διαθέσιμα, έπρεπε να βρεθεί το ποσοστό της επιφάνειας του δρόμου που ήταν ρηγματωμένο.

Στο HDM- 4 η ρηγμάτωση μοντελοποιείται για δυο μορφές της: την ολόκληρη ρηγμάτωση και την εγκάρσια ρηγμάτωση. Αυτό έχει αναφερθεί αναλυτικά τόσο στο κεφ. 4 όσο και στο παράρτημα 1 όπου υπάρχουν οι ορισμοί. Στα στοιχεία που έχουμε για τα οδοστρώματα παρατηρούμε πως οι εγκάρσιες ρωγμές είναι ελάχιστες σε τέτοιο βαθμό που να είναι αμελητέες. Άρα η ανάλυση θα γίνει μόνο για την ολόκληρη ρηγμάτωση και η μια-δυο περιπτώσεις εμφάνισης εγκάρσιας ρωγμής θα συμπεριληφθούν στον υπολογισμό του ποσοστού ολόκληρης ρηγμάτωσης.

Για τη μετατροπή των μονάδων ρηγμάτωσης του PARIS που είναι εκφρασμένες σε μέτρα, σε ποσοστά ρηγμάτωσης έγιναν οι εξής παραδοχές :

- Κάθε μέτρο αλιγοδικής ρηγμάτωσης(κατά μήκος) επεκτείνεται σε ένα 1,5 πλάτους
- Σε κάθε κατά μήκος ρωγμή (line crack) ισχύει ένα μέτρο πλάτους
- Σε κάθε εγκάρσια ρωγμή (transverse crack) ισχύει ένα μέτρο πλάτους

Επειδή κατά το τελευταίο έτος των μετρήσεων λήφθηκαν υπόψη και οι ρωγμές που είχαν σφραγιστεί έτσι ώστε να μην εισέρχονται τα νερά, έγιναν και οι εξής παραδοχές:

- Σε κάθε μέτρο κατά μήκος sealing θεωρήθηκε 1,5 μέτρο πλάτους
- Σε κάθε μέτρο κατά μήκος patching θεωρήθηκε ολόκληρο το πλάτος της λωρίδας.

Τα πλάτη λωρίδων των οδοστρωμάτων είναι τα εξής:

251001 = 3,8 m

251002 = 3,8 m

251003 = 3,8 m

251004 = 3,8 m

251005 = 3,8 m

251006 = 3,5 m

$$251007 = 3,5 \text{ m}$$

$$251008 = 3,5 \text{ m}$$

$$251009 = 3,5 \text{ m}$$

Τα ποσοστά ρηγμάτωσης για κάθε τομέα οδοστρώματος με βάση τις πιο πάνω παραδοχές και στοιχεία είναι τα εξής :

251001 :

Συνολική επιφάνεια λωρίδας : $100 * 3,8 = 380 \text{ m}^2$

1992 : $31 * 1,5 = 46,5 \text{ m}^2$	$46,5/380 = 0,122 = 12,2\%$
1993 : $2 * 1,5 + 33 * 1,5 = 52,5 \text{ m}^2$	$52,5/380 = 0,138 = 13,8\%$
1994 : $7 * 1,5 + 41 * 1,5 = 72 \text{ m}^2$	$72/380 = 0,189 = 18,9\%$
1997 : $1 * 3,8 + 71 * 1,5 + 19 * 1,5 + 10 * 1,5 + 3,5 * 3,8 = 167,1 \text{ m}^2$	$167,1/380 = 0,440 = 44\%$

251002 :

Συνολική επιφάνεια λωρίδας : $100 * 3,8 = 380 \text{ m}^2$

1992 : $7 * 1,5 + 15 * 1,5 + 2 * 1 = 35 \text{ m}^2$	$35/380 = 0,092 = 9,2\%$
1993 : $10 * 1,5 + 17 * 1,5 + 2 * 1 = 42,5 \text{ m}^2$	$42,5/380 = 0,112 = 11,2\%$
1994 : $21 * 1,5 + 23 * 1,5 + 2 * 1 = 68 \text{ m}^2$	$68/380 = 0,179 = 17,9\%$
1997 : $19 * 1,5 + 34 * 1,5 + 21 * 1,5 + 1 * 1 + 1 * 1 + 1 * 1 + 8 * 1,5 = 126 \text{ m}^2$	$126/380 = 0,332 = 33,2\%$

251003 :

Συνολική επιφάνεια λωρίδας : $100 * 3,8 = 380 \text{ m}^2$

1992 : $2 * 1,5 + 17 * 1,5 = 28,5 \text{ m}^2$	$28,5/380 = 0,075 = 7,5\%$
1993 : $5 * 1,5 + 26 * 1,5 = 46,5 \text{ m}^2$	$46,5/380 = 0,122 = 12,2\%$
1994 : $28 * 1,5 + 9 * 1,5 + 1 * 1 = 56,5 \text{ m}^2$	$56,5/380 = 0,149 = 14,9\%$
1997 : $6 * 1,5 + 37 * 1,5 + 17 * 1,5 + 6 * 1,5 = 99 \text{ m}^2$	$99/380 = 0,26 = 26\%$

251004 :

Συνολική επιφάνεια λωρίδας : $100 * 3,8 = 380 \text{ m}^2$

1992 : $39 * 1,5 = 58,5 \text{ m}^2$	$58,5/380 = 0,154 = \mathbf{15,4\%}$
1993 : $30 * 1,5 + 10 * 1,5 = 60 \text{ m}^2$	$60/380 = 0,158 = \mathbf{15,8\%}$
1994 : $17 * 1,5 + 37 * 1,5 = 81 \text{ m}^2$	$81/380 = 0,213 = \mathbf{21,3\%}$
1997 : $53 * 1,5 + 15 * 1,5 + 4 * 1,5 = 108 \text{ m}^2$	$108/380 = 0,284 = \mathbf{28,4\%}$

251005 :

Συνολική επιφάνεια λωρίδας : $100 * 3,8 = 380 \text{ m}^2$

1992 : $7 * 1,5 + 22 * 1,5 + 3 * 1 = 46,5 \text{ m}^2$	$46,5/380 = 0,1222 = \mathbf{12,2\%}$
1993 : $6 * 1,5 + 30 * 1,5 + 5 * 1,5 + 5 * 1 = 66,5 \text{ m}^2$	$66,5/380 = 0,175 = \mathbf{17,5\%}$
1994 : $12 * 1,5 + 26 * 1,5 + 16 * 1,5 + 7 * 1 = 88 \text{ m}^2$	$88/380 = 0,232 = \mathbf{23,2\%}$
1997 : $35 * 1,5 + 21 * 1,5 + 6 * 3,8 + 4 * 1,5 = 112,8 \text{ m}^2$	$112,8/380 = 0,3 = \mathbf{30\%}$

251006 :

Συνολική επιφάνεια λωρίδας : $100 * 3,5 = 350 \text{ m}^2$

1992 : $28 * 1,5 + 8 * 1,5 + 1 * 1 = 55 \text{ m}^2$	$55/350 = 0,157 = \mathbf{15,7\%}$
1993 : $15 * 1,5 + 26 * 1,5 + 3 * 1,5 + 2 * 1 = 68 \text{ m}^2$	$68/350 = 0,194 = \mathbf{19,4\%}$
1994 : $5 * 1,5 + 37 * 1,5 + 11 * 1,5 + 3 * 1 = 82,5 \text{ m}^2$	$82,5/350 = 0,236 = \mathbf{23,6\%}$
1997 : $16 * 1,5 + 40 * 1,5 + 8 * 1,5 + 1 * 1 + 2 * 1 + 8 * 1,5 = 111 \text{ m}^2$	$111/350 = 0,317 = \mathbf{31,7\%}$

251007 :

Συνολική επιφάνεια λωρίδας : $100 * 3,5 = 350 \text{ m}^2$

1992 : $15 * 1,5 + 2 * 1,5 = 25,5 \text{ m}^2$	$25,5/350 = 0,073 = \mathbf{7,3\%}$
1993 : $14 * 1,5 + 9 * 1,5 = 34,5 \text{ m}^2$	$34,5/350 = 0,1 = \mathbf{10\%}$
1994 : $12 * 1,5 + 16 * 1,5 = 42 \text{ m}^2$	$42/350 = 0,12 = \mathbf{12\%}$
1997 : $33 * 1,5 + 21 * 1,5 + 4 * 1,5 + 1 * 3,5 + 4 * 1,5 = 96,5 \text{ m}^2$	$96,5/350 = 0,276 = \mathbf{27,6\%}$

251008 :

Συνολική επιφάνεια λωρίδας : $100 * 3,5 = 350 \text{ m}^2$

1992 : $15*1,5+30*1+2*1=54,5\text{m}^2$	$54,5/350=0,156=15,6\%$
1993 : $15*1,5+3*1,5+24*1+10*1+1*1=62\text{m}^2$	$62/350=0,177=17,7\%$
1994 : $17*1,5+5*1,5+20*1+20*1+1*1=74\text{m}^2$	$74/350=0,211=21,1\%$
1997 : $40*1,5+2*1+1*1+20*1,5=93\text{m}^2$	$93/350=0,266=26,6\%$

251009 :

Συνολική επιφάνεια λωρίδας : $100 * 3,5 = 350 \text{ m}^2$

1992 : $13*1,5+41*1=60,5\text{m}^2$	$60,5/350=0,173=17,3\%$
1993 : $10*1,5+5*1,5+20*1+20*1+2*1,5=65,5\text{m}^2$	$65,5/350=0,187=18,7\%$
1994 : $18*1,5+2*1+48*1+3*1=80\text{m}^2$	$80/350=0,228=22,8\%$
1997 : $30*1,5+4*1,5+3*1+2*1+2*1+8*3,5+21*1,5=$ $=117,5\text{m}^2$	$117,5/350=0,336=33,6\%$

Μια δεύτερη διαφοροποίηση που πρέπει να αντιμετωπισθεί στο HDM- 4 είναι η κυκλοφορία.

Στο HDM- 4 η κυκλοφορία πρέπει να είναι εκφρασμένη σε ισοδύναμες διελεύσεις τυπικού αξονικού φορτίου 8.2 τόνων, όπως καθορίζεται στο κεφάλαιο του HDM-4 περί κυκλοφορίας.

ΙΣΟΔΥΝΑΜΕΣ ΔΙΕΛΕΥΣΕΙΣ ΤΥΠΙΚΩΝ ΑΞΟΝΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Για να βρούμε τις αντίστοιχες ισοδύναμες διελεύσεις ενός τυπικού αξονικού φορτίου από τις διελεύσεις ενός άλλου αξονικού φορτίου, πρέπει να τις πολλαπλασιάσουμε με τον κατάλληλο συντελεστή ισοδυναμίας, που υπολογίζεται από τη σχέση [10] :

$$f = (L / L_{\text{τυπ}})^4$$

όπου :	f =	συντελεστής ισοδυναμίας
	L =	αξονικό φορτίο
	L _{τυπ} =	τυπικό αξονικό φορτίο

Άρα στη περίπτωση όπου θέλουμε να μετατρέψουμε τις διελεύσεις αξονικού φορτίου 13t σε ισοδύναμες διελεύσεις αξονικού φορτίου 8.2t(γιατί αυτό είναι το αξονικό φορτίο που χρησιμοποιείται στο HDM-4 και ARRB) πρέπει να τις πολλαπλασιάσουμε με το συντελεστή ισοδυναμίας :

$$f = (13 / 8.2)^4 = \underline{6.32}$$

Ετήσιες Ισοδύναμες Διελυσεις Τυπικού

αξονικού φορτίου 13t

Αντίστοιχες Ετήσιες Ισοδύναμες Διελυσεις

Τυπικού Αξονικού Φορτίου 8.2t

1989	846000	X 6,32	5346720
1990	888000		5612160
1991	933000		5896560
1992	979000		6187280
1993	1027000		6490640
1994	1079000		6819280
1995	1133000		7160560
1996	1189706		7518942
1997	1219449		7706918

Παρατηρούμε πως η κυκλοφοριακή κίνηση είναι πάρα πολύ αυξημένη. Τα οδοστρώματα που μελετούνται είναι πολύ βεβαρημένα κυκλοφοριακά.

1) ΕΝΑΡΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ

Η σχέση που εκτιμά την έναρξη της ρηγμάτωσης σε χρόνια κατά το HDM-4 είναι η πιο κάτω :

$$\underline{ICA = Kc i a \{ CDS^2 \text{ ao } \exp[a1 \text{ SNP} + a2(YE4/SNP^2)] + CRT \}}$$

Η σχέση αυτή παρουσιάστηκε αναλυτικά στο κεφ. 4 και επεξηγήθηκαν οι διάφοροι όροι της. Στη σχέση αυτή βλέπουμε πως περιλαμβάνεται και ο όρος SNP, ο προσαρμοσμένος δομικός αριθμός των οδοστρωμάτων που χαρακτηρίζει την δομική αντοχή τους. Θα επιχειρηθεί να υπολογιστεί ο δομικός αριθμός με δυο τρόπους. Πρώτα με τη σχέση των Parkman and Rolt [9] που στηρίζεται στον αριθμό και πάχος των στρώσεων του οδοστρώματος, καθώς και στο είδος του υλικού της κάθε στρώσης. Έπειτα στηριζόμενοι στη παραμόρφωση των οδοστρωμάτων μετρημένη με τη μέθοδο του Παραμορφωσίμετρου Πίπτοντος Βάρους (FWD) [11], και χρησιμοποιώντας τη σχέση που αναφέρεται στο Paterson (1987) [9].

Υπολογισμός Προσαρμοσμένου Δομικού Αριθμού

1ος Τύπος (Parkman and Rold, 1997)

Ο προσαρμοσμένος δομικός αριθμός υπολογίζεται από την πιο κάτω σχέση :

$$\text{SNP} = \text{SNBASU} + \text{SNSUBA} + \text{SNSUBG}$$

Όπου :

$$\text{SNBASU} = 0,0394 \sum a_i h_i$$

SNSUBA	$=0,0394 \cdot a_j \cdot ((b_0 \exp(-b_3 z_j) / -b_3) + (b_1 \exp(-(b_2+b_3)z_j) / (b_2+b_3)) - ((b_0 \exp(-b_3 z_j - 1)) / -b_3) - ((b_1 \exp(-(b_2+b_3)z_j - 1)) / (b_2+b_3)))$
SNSG	$= (b_0 - b_1 \exp(-b_2 z_j)) \cdot (\exp(-b_3 z_j) \cdot 3,51 \cdot \log CBR - 0,85 (\log CBR)^2 - 1,43$
CBR	δείκτης φέρουσας ικανότητας εδάφους
ai	<u>συντελεστές υλικών επιφανειακής στρώσης και βάσης (από πιν 3.9, παρ.3)</u>
a1	συντελεστής ασφαλτικής στρώσης
a2	συντελεστής βάσης
aj	συντελεστής υπόβασης
b0, b1, b2, b3	συντελεστές υποδείγματος (από πιν 3.8, παρ 3)
hi	<u>πάχη στρώσεων επιφανειακής στρώσης και βάσης (mm)</u>
h1	πάχος ασφαλτικής στρώσης(mm)
h2	πάχος βάσης(mm)
zj	πάχος στρώσεως υπόβασης

Οι προσαρμοσμένοι δομικοί αριθμοί που υπολογίστηκαν για τα οδοστρώματα υπ' αριθμόν 1 έως 9, παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί στην επόμενη σελίδα.

2ος Τύπος (Με χρήση του FWD, Paterson, 1987)

Ο δομικός αριθμός μπορεί εναλλακτικά να υπολογισθεί και από τη σχέση του Paterson(1987) με τη βοήθεια της κεντρικής παραμόρφωσης στο οδόστρωμα μετρημένης με τη μέθοδο του FWD (Falling Weight Deflectometer)

Η σχέση είναι η εξής :

$$SNP = 3.2(DO)^{-0,63} + dSNPK$$

όπου :

SNP	προσαρμοσμένος δομικός αριθμός
DO	κεντρική παραμόρφωση με τη μέθοδο του FWD κάτω από πίεση 700 KPa
dSNPK	περιορισμός στην προσαρμογή του δομικού αριθμού λόγω ρηγμάτωσης και ισούται με : $= 0.0000758 \{ \text{MIN}(63, ACXa) \cdot HSNEW \}$
ACXa	περιοχή ρηγμάτωσης στην αρχή του χρόνου ανάλυσης (% της συνολικής περιοχής κατεύθυνσης)
HSNEW	πάχος της πιο πρόσφατης επιφάνειας(mm)

Τα αποτελέσματα και της δεύτερης σχέσης φαίνονται σε πίνακα στην επόμενη σελίδα.

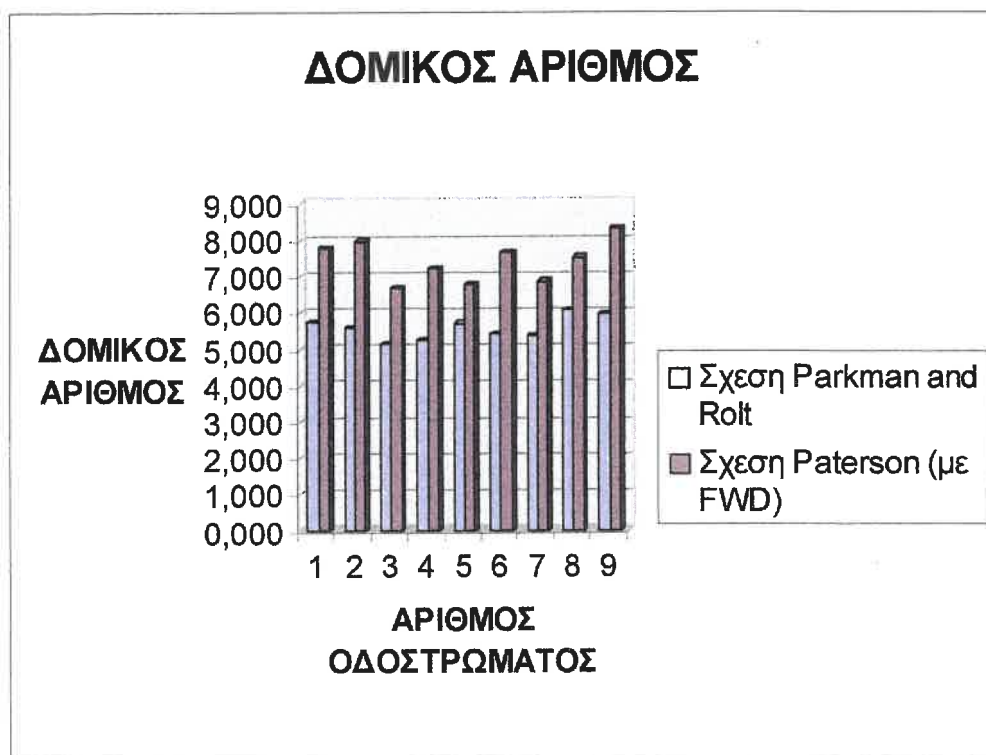
Στο πιο κάτω πίνακα παρουσιάζονται οι προσαρμοσμένοι δομικοί αριθμοί των οδ. όπως προέκυψαν από τη σχέση των Parkman and Rold,

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	a1	a2	aj	b0	b1	b2	b3	h1 (mm)	h2 (mm)	zj (mm)	CBR εδαφ (%)	SNSG	SNSUBA	SNBASU	SNP
1	0,35	0,11	0,1	1,6	0,6	0,008	0,00207	190	250	200	10	1,202	0,829	3,704	5,735
2	0,35	0,11	0,1	1,6	0,6	0,008	0,00207	180	240	200	10	1,202	0,829	3,522	5,554
3	0,35	0,11	0,1	1,6	0,6	0,008	0,00207	140	250	240	10	1,132	0,979	3,014	5,124
4	0,35	0,11	0,1	1,6	0,6	0,008	0,00207	150	250	230		1,150	0,942	3,152	5,244
5	0,35	0,11	0,1	1,6	0,6	0,008	0,00207	160	300	300	10	1,022	1,185	3,507	5,714
6	0,35	0,11	0,1	1,6	0,6	0,008	0,00207	150	280	250	10	1,113	1,014	3,282	5,410
7	0,35	0,11	0,1	1,6	0,6	0,008	0,00207	140	300	250	10	1,113	1,014	3,231	5,359
8	0,35	0,11	0,1	1,6	0,6	0,008	0,00207	180	320	300	10	1,022	1,185	3,869	6,076
9	0,35	0,11	0,1	1,6	0,6	0,008	0,00207	190	280	250	10	1,113	1,014	3,834	5,962

Στον πιο κάτω πίνακα παρουσιάζονται οι προσαρμοσμένοι δομικοί αριθμοί, έτσι όπως προέκυψαν από τη σχέση του Paterson με χρήση του FWD

ΑΡΙΘΜ. ΟΔΟΣΤΡ.	D0	HSNEW (mm)	ACAXa (%)	dSNPK	SNP
1	0,254	190	12,2	0,175704	7,763
2	0,242	180	9,2	0,132498	7,955
3	0,318	140	7,5	0,077468	6,664
4	0,285	150	15,4	0,175098	7,232
5	0,314	160	12,2	0,147962	6,787
6	0,260	150	15,7	0,178509	7,655
7	0,303	140	7,3	0,077468	6,867
8	0,270	180	15,6	0,212846	7,514
9	0,230	190	17,3	0,249155	8,326

Παρατηρούμε πως υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στους υπολογισμούς των δομικών αριθμών με την πρώτη σχέση και με τη δεύτερη. Οι δομικοί αριθμοί που υπολογίζονται με την πρώτη σχέση είναι σαφώς μικρότεροι, από τους αριθμούς που υπολογίζονται με τη δεύτερη σχέση με χρήση του FWD. Οι διαφορές αυτές φαίνονται στην πιο κάτω γραφική παράσταση.



Στην ανάλυση που θα ακολουθήσει για προσαρμογή της σχέσης έναρξης της ρηγμάτωσης του HDM- 4 θα, χρησιμοποιηθούν και οι δυο δομικοί αριθμοί που προέκυψαν για κάθε οδόστρωμα από τις δύο σχέσεις.

ι) Προσαρμογή σχέσης έναρξης ρηγμάτωσης χρησιμοποιώντας τον δομικό αριθμό από Parkman and Rold

Η σχέση έναρξης ρηγμάτωσης παρουσιάστηκε πιο πάνω, καθώς και αναλυτικά στο κεφ. 4. Ως έναρξη ρηγμάτωσης καθορίζεται στο HDM-4, η χρονική στιγμή κατά την οποία το 0.5% της επιφάνειας κατεύθυνσης έχει ρηγματωθεί. Αυτή η στιγμή γνωρίζουμε πως ήρθε περίπου ενάμιση χρόνο μετά την κατασκευή των οδοστρωμάτων, αρχές με μέσα περίπου του 1991. Άρα θα γίνουν δοκιμές, προσπαθώντας να βρεθεί η κατάλληλη εκείνη τιμή του συντελεστή βαθμονόμησης για την οποία η σχέση έναρξης ρηγμάτωσης θα δίνει χρόνο έναρξης των συγκεκριμένων οδοστρωμάτων ενάμιση χρόνο.

Χρησιμοποιώντας τη σχέση $ICA = Kcia \{CDS^2 \cdot ao \cdot exp[a1 \cdot SNP + a2(YE4/SNP^2)] + CRT\}$, παρουσιάζονται αναλυτικά οι βέλτιστες τιμές του συντελεστή βαθμονόμησης για τα πέντε πρώτα οδοστρώματα ξεχωριστά

ΑΡΙΘΜΟΣ	CDS	YEA	HSOLD	CRT	SNP	a0	a1	a2	Kcia	ICA
ΟΔΟΣΤΡ.	Δεικτης κατασκευαστικών ελαττωμάτων (από πιν. 3.1)	Ισοδ. Διелеυσ. Τυπ. Αξ. Φ. 8.2t	Παχος Προηγ. Επιφανειας	Χρ. Καθ. Ρηγμ. λογω Συντηρ.	Προσαρμ. Δομικ. Αριθμος	(από πιν. 3.3)			Συντελεστής Βαθμονομησης για εναρξ. Ρηγματ. Ολ. Ρηγμ. (χρόνια)	Χρόνος Έναρξης Ολ. Ρηγμ. (χρόνια)
		(εκατομ/λωριδ) (mm)		(χρονια)						
1	1	5,347	0	0	5,735	4,21	0,14	-17,1	2,57	1,5
2	1	5,347	0	0	5,554	4,21	0,14	-17,1	3,17	1,5
3	1	5,347	0	0	4,124	4,21	0,14	-17,1	5,67	1,5
4	1	5,347	0	0	5,244	4,21	0,14	-17,1	4,89	1,5
5	1	5,347	0	0	5,714	4,21	0,14	-17,1	2,63	1,5

Όπως παρατηρούμε οι τιμές για τη συντελεστή βαθμονόμησης ποικίλουν από οδόστρωμα σε οδόστρωμα. Θα χρησιμοποιήσουμε τη μέση τιμή των τιμών αυτών για την οριστική προσαρμογή του προσομοιώματος και με αυτή την τιμή θα εφαρμόσουμε το προσομοίωμα στα επόμενα τέσσερα οδοστρώματα για να δούμε τι αποτελέσματα παίρνουμε.

$$Kcia = (2,57+3,17+5,67+4,89+2,63) = 18,93/5 = 3,786$$

$$Kcia = 3,786$$

Στη συνέχεια η βαθμονομημένη σχέση του προσομοιώματος εφαρμόζεται στα οδοστρώματα 6 έως 9, για να ελεγχθεί η αξιοπιστία τους.

Χρησιμοποιώντας τη σχέση $ICA = 3,786 \{CDS^2 + a0 \exp[a1 \cdot SNP + a2(YE4/SNP^2)] + CRT\}$, θα βρεθούν οι χρόνοι έναρξης ρηγμάτων για τα οδοστρώματα 6-9

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	CDS	YEA	HSOLD	CRT	SNP	a0	a1	a2	Kcia	ICA
	Δεικτής κατασκευαστικών ελαττωμάτων (από πιν. 3.1)	Ισοδ. Διελυσ. Τυπ. Αξ. Φ. 8.2t (εκατομ/λωριδ) (mm)	Παχος Προην. Επιφανειας	Χρ. Καθ. Ρηγμ. λογω Συντηρ. (χρόνια)	Προσαρμ. Αριθμος		(από πιν. 3.3)		Συντελεστής Βαθμονομησης για έναρξ. Ρηγματ.	Χρόνος Έναρξης Ολ. Ρηγμ. (χρόνια)
6		1	5,347	0	0	5,41	4,21	0,14	-17,1	3,786
7		1	5,347	0	0	5,359	4,21	0,14	-17,1	3,786
8		1	5,347	0	0	6,076	4,21	0,14	-17,1	3,786
9		1	5,347	0	0	5,962	4,21	0,14	-17,1	3,786

Παρατηρούμε ότι στα οδοστρώματα 6 και 7 η πρόβλεψη είναι πάρα πολύ καλή, ενώ στα δυο τελευταία οδοστρώματα έχουμε υπερεκτίμηση

Αριθμός Οδοστρ.	Πρόβλεπόμε. Χρονος Έναρξ. Ρηγμ. (ICA προβλ. (χρόνια)	Πραγματικός Χρόνος Έναρξ. Ρηγμ. (ICA πραγμ.) (χρόνια)	Απόκλιση Πρόβλεψης (σε χρόνια)
6	1,5	1,5	0
7	1,4	1,5	-0,1
8	3,1	1,5	1,6
9	2,8	1,5	1,3

ΜΕΣΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΣΕ ΧΡΟΝΙΑ = $(0+0,1+1,6+1,3) = 0,75$ χρ. (κατ' απόλυτη τιμή)

Παρατηρείται με αυτή την προσαρμογή, μια τάση του προσομοιώματος να προβλέπει ότι το οδ. αρχίζει να ρηγματώνεται λίγο αργότερα από όη στην πραγματικότητα. Αυτό τουλάχιστον παρατηρήθηκε στα συγκεκριμένα οδοστρώματα.

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΕΝΑΡΞΗΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ΗDM-4 ΜΕ ΔΟΜΙΚΟΥΣ ΑΡΙΘΜΟΥΣ ΑΠΟ PARKMAN & ROLT

ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ
ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ (ΧΡΟΝΙΑ)



ii) Προσαρμογή σχέσης έναρξης ρηγμάτωσης χρησιμοποιώντας τον δομικό αριθμό από Paterson (FWD)

Θα γίνει ξανά προσαρμογή χρησιμοποιώντας όμως αυτή τη φορά τους δομικούς αριθμούς που προέκυψαν με χρήση του FWD. Η διαδικασία θα είναι η ίδια. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

Χρησιμοποιώντας τη σχέση $ICA = Kcia (CDS^2 \text{ ao exp}[a1 \text{ SNP} + a2(YE4/SNP^2)] + CRT)$, παρουσιάζονται οι βέλτιστες τιμές του συντελεστή βαθμονόμησης για τα πέντε πρώτα οδοστρώματα, χρησιμοποιώντας τους δομικούς αριθμούς που προέκυψαν με χρήση του FWD

ΑΡΙΘΜΟΣ	CDS	YEA	HSOLD	CRT	SNP	a0	a1	a2	Kcia	ICA
ΟΔΟΣΤΡ.	Δεικτής κατασκευαστικών ελαττωμάτων (από πιν. 3.1)	Ισοδ. Διέλευσ. Τυπ. Αξ. Φ. 8.2t (εκατομ/λωριδ) (mm)	Παχος Προηγ. Επιφανειας	Χρ. Καθ. Ρηγμ. λογω Συντηρ. (χρονια)	Προσαρμ. Δομικ. Αριθμος	(από πιν. 3.3)			Συντελεστής Βαθμονομησης για εναρξ. Ρηγματ. Ολ. Ρηγμ. (χρόνια)	Χρόνος Έναρξης Ολ. Ρηγμ. (χρόνια)
1	1	5,347	0	0	7,763	4,21	0,14	-17,1	0,55	1,5
2	1	5,347	0	0	7,955	4,21	0,14	-17,1	0,5	1,5
3	1	5,347	0	0	6,664	4,21	0,14	-17,1	1,1	1,5
4	1	5,347	0	0	7,232	4,21	0,14	-17,1	0,74	1,5
5	1	5,347	0	0	6,787	4,21	0,14	-17,1	1	1,5

Όπως παρατηρούμε οι τιμές για τη συντελεστή βαθμονόμησης ποικίλουν από οδόστρωμα σε οδόστρωμα. Θα χρησιμοποιήσουμε τη μέση τιμή των τιμών αυτών για την οριστική προσαρμογή του προσομοιώματος και με αυτή την τιμή θα εφαρμόσουμε το προσομοίωμα στα επόμενα τέσσερα οδοστρώματα για να δούμε τι αποτελέσματα παίρνουμε.

$$Kcia = (0,55+0,5+1,1+0,74+1) = 3,89/5 = 0,778$$

$$Kcia = 0,778$$

Στη συνέχεια η βαθμονομημένη σχέση του προσομοιώματος εφαρμόζεται στα οδοστρώματα 6 έως 9, για να ελεγχθεί η αξιοπιστία τους.

Χρησιμοποιώντας τη σχέση $ICA = 0,778 [CDS^2 \text{ ao exp} [a1 \text{ SNP} + a2(YE4/SNP^2)] + CRT]$, θα βρεθούν οι χρόνοι έναρξης ρηγμάτων για τα οδοστρώματα 6-9

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	CDS	YEA	HSOLD	CRT	SNP	a0	a1	a2	Kcia	ICA
	Δείκτης κατασκευαστικών ελαττωμάτων (από πιν. 3.1)	Ισοδ. Διελυσ. Τυπ. Αξ. Φ. 8.2t (εκατομ/λωριδ) (mm)	Παχος Προηγ. Επιφανειας	Χρ. Καθ. Ρηγμ. λογω Συντηρ. (χρονια)	Προσαρμ. Δομικ. Αριθμος			(από πιν. 3.3)	Συντελεστής Βαθμονομησης για έναρξ. Ρηγματ.	Χρόνος Έναρξης Ολ. Ρηγμ. (χρονια)
6	1	5,347	0	0	5,41	4,21	0,14	-17,1	0,778	2
7	1	5,347	0	0	5,359	4,21	0,14	-17,1	0,778	1,2
8	1	5,347	0	0	6,076	4,21	0,14	-17,1	0,778	1,9
9	1	5,347	0	0	5,962	4,21	0,14	-17,1	0,778	2,8

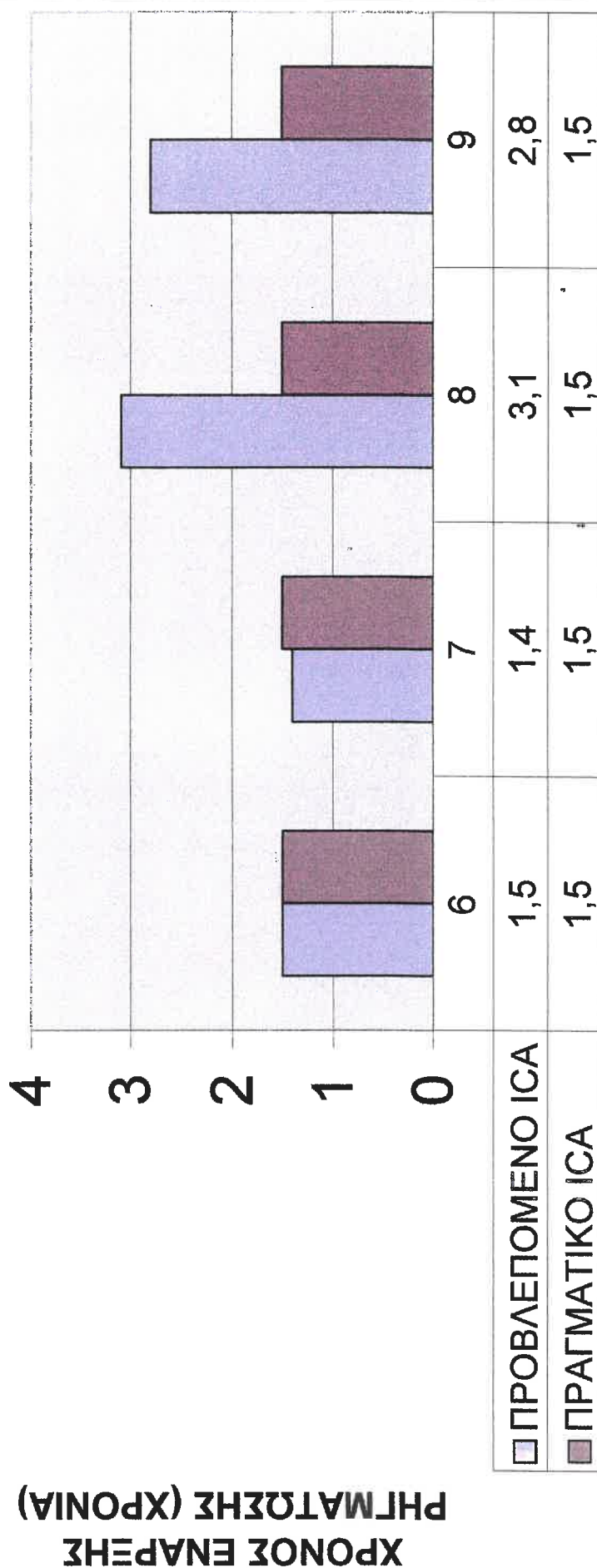
Παρατηρούμε ότι στα οδοστρώματα 7 και 8 η πρόβλεψη είναι καλή, καθώς και στο οδ. 6 μπορεί να θεωρηθεί καλή αν και λίγο υπερεκτιμημένη, ενώ στο τελευταίο οδ. έχουμε σαφώς υπερεκτίμηση

Αριθμός Οδοστρ.	Προβλεπόμε. Χρονος Έναρξ. Ρηγμ. (ICA προβλ) (χρονια)	Πραγματικός Χρόνος Έναρξ. Ρηγμ. (ICA πραγμ.) (χρονια)	Απόκλιση Πρόβλεψης (σε χρόνια)
6	2	1,5	0,5
7	1,2	1,5	-0,3
8	1,9	1,5	0,4
9	2,8	1,5	1,3

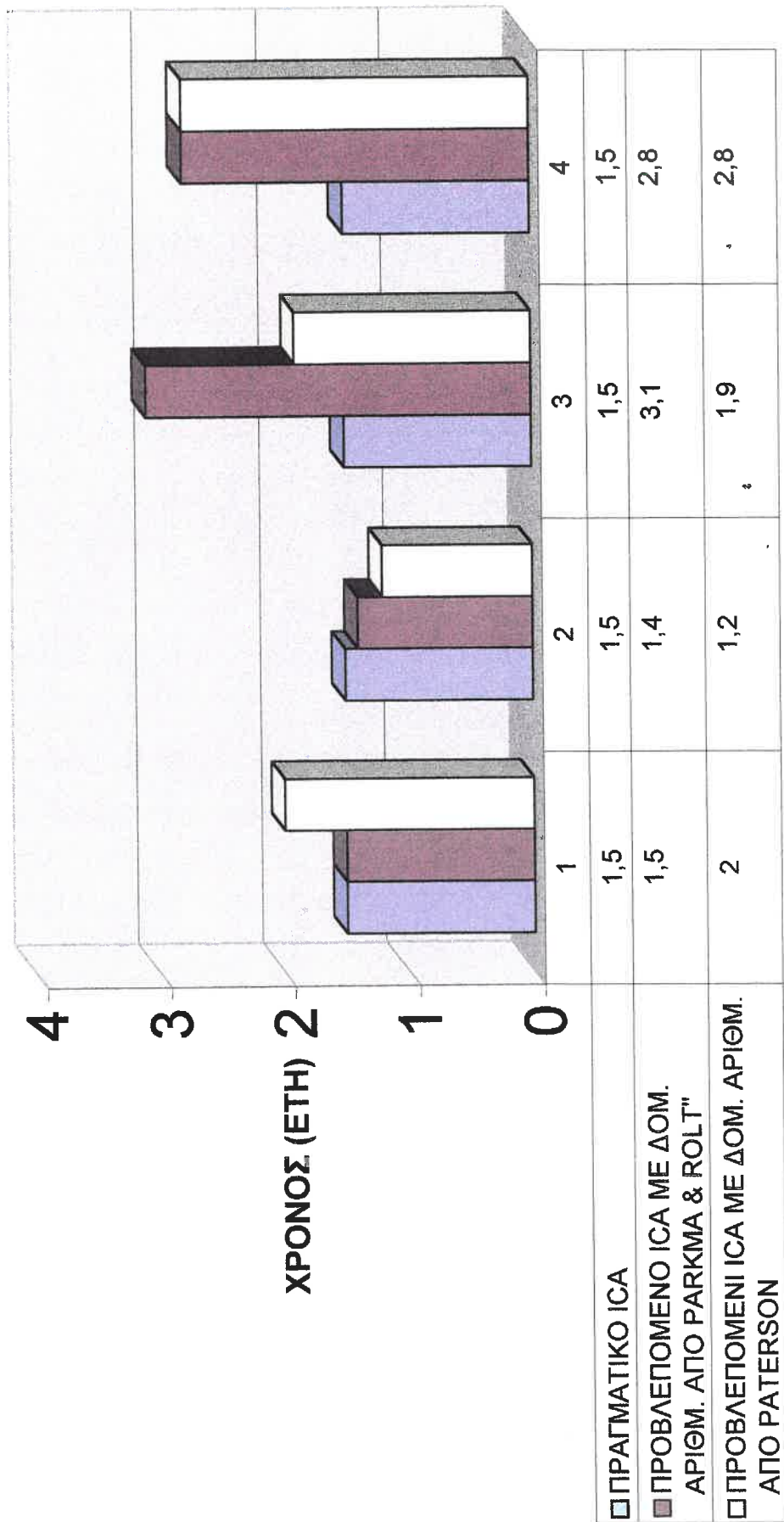
ΜΕΣΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΣΕ ΧΡΟΝΙΑ = $(0,5+0,3+0,4+1,3) = 0,625$ χρ κατ' απόλυτη τιμή)

Παρατηρείται με αυτή την προσαρμογή, μια τάση του προσομοιώματος να προβλέπει ότι το οδ. αρχίζει να ρηγματώνεται λίγο αργότερα από ότι στην πραγματικότητα. Αυτό τουλάχιστον παρατηρήθηκε στα συγκεκριμένα οδοστρώματα.

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΕΝΑΡΞΗΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ΗDM-4 ΜΕ ΔΟΜΙΚΟΥΣ ΑΡΙΘΜΟΥΣ ΑΠΟ ΡΑΡΚΜΑΝ & ROLT

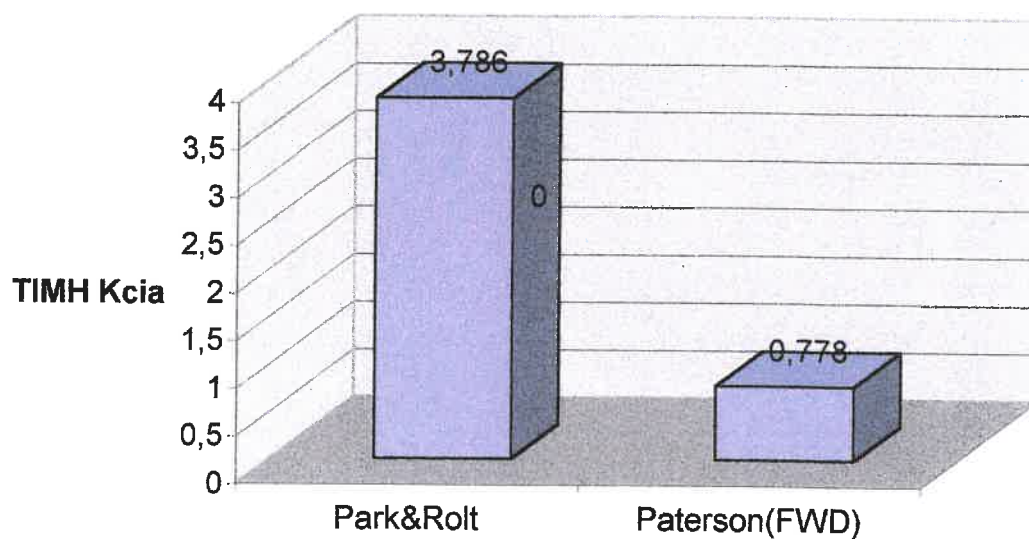


ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ ΕΝΑΡΞΗΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ΗDM-4 (ΑΝΑΛΟΓΩΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΑΡΙΘΜΩΝ)



ΑΡ. ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

ΤΙΜΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΝΑΡΞΗ
ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΑΝΑΛΟΓΩΣ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΟΥ ΘΑ
ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΓΙΑ ΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΔΟΜΙΚΟΥ
ΑΡΙΘΜΟΥ ΤΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ



II) ΕΞΕΛΙΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ

Η σχέση που υπολογίζει την εξέλιξη της ολόκληρης ρηγμάτωσης σε ένα οδόστρωμα είναι η πιο κάτω :

$$dACA = K_{cpa} [CRP/CDS] Z_A [(Z_A a_0 a_1 \delta t_A + SCA^{a_1})^{1/a_1} - SCA]$$

Η σχέση αυτή παρουσιάστηκε αναλυτικά στο κεφ. 4 και επεξηγήθηκαν οι όροι της.

Παρατηρείται ότι στην σχέση αυτή δεν υπεισέρχεται ο δομικός αριθμός, άρα δεν επηρεάζει την επιφανειακή εξέλιξη της ολόκληρης ρηγμάτωσης η δομική αντοχή του οδοστρώματος.

Στη συνέχεια θα εφαρμοσθεί η σχέση στα οδοστρώματα υπ' αριθμόν 1 έως 5 και θα γίνουν δοκιμές με διάφορες τιμές του συντελεστή βαθμονόμησης K_{cpa} , για να βρεθεί η καταλληλότερη τιμή, για την οποία το προσομοίωμα δίνει προβλέψεις όσο το δυνατό πλησιέστερα στις πραγματικές τιμές.

Για Κερα = 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑ	δΑ	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ZA	dACA	Κερα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση (%) Πραγμ. Ποσοστό (%) (15) / (14)
1	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	2,19	1	0,5	-	-	-
	1992	2,69	1	1	1,84	0,45	1	2,69	-	4,24	1	2,69	12,2	-9,51	-0,78
	1993	6,93	1	1	1,84	0,45	1	6,93	-	6,49	1	6,93	13,8	-6,87	-0,50
	1994	13,42	1	1	1,84	0,45	1	13,42	-	8,9	1	13,42	18,9	-5,48	-0,29
	1995	22,32	1	1	1,84	0,45	1	22,32	-	11,44	1	22,32	-	-	-
	1996	33,76	1	1	1,84	0,45	1	33,76	-	14,09	1	33,76	-	-	-
	1997	47,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47,85	44	3,85	0,09

Για Κσρα = 0,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	Δτα	CRP	α0 (από πιν. 3.4 για τύπο οδ. ΑΜGB)	α1	CDS (πιν 3.1)	SCA	ZA	dACA	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
1	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,53	0,7	0,5	-	-	-
	1992	2,03	1	1	1,84	0,45	1	2,03	-	2,63	0,7	2,03	12,2	-10,17	-0,83
	1993	4,66	1	1	1,84	0,45	1	4,66	-	3,78	0,7	4,66	13,8	-9,14	-0,66
	1994	8,44	1	1	1,84	0,45	1	8,44	-	4,99	0,7	8,44	18,9	-10,46	-0,55
	1995	13,43	1	1	1,84	0,45	1	13,43	-	6,25	0,7	13,43	-	-	-
	1996	19,68	1	1	1,84	0,45	1	19,68	-	7,52	0,7	19,68	-	-	-
	1997	27,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,2	44	-16,8	-0,38

Για Κρα = 0,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΙΑ	CRP	α0	α1	CDS (πιν 3.1)	SCA	ZA	αACA	Κρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
1	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,75	0,8	0,5	-	-	-
	1992	2,25	1	1	1,84	0,45	1	2,25	-	3,14	0,8	2,25	12,2	-9,95	-0,82
	1993	5,39	1	1	1,84	0,45	1	5,39	-	4,62	0,8	5,39	13,8	-8,41	-0,61
	1994	10,01	1	1	1,84	0,45	1	10,01	-	6,18	0,8	10,01	18,9	-8,89	-0,47
	1995	16,19	1	1	1,84	0,45	1	16,19	-	7,81	0,8	16,19	-	-	-
	1996	24	1	1	1,84	0,45	1	24	-	9,49	0,8	24	-	-	-
	1997	33,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33,49	44	-10,51	-0,24

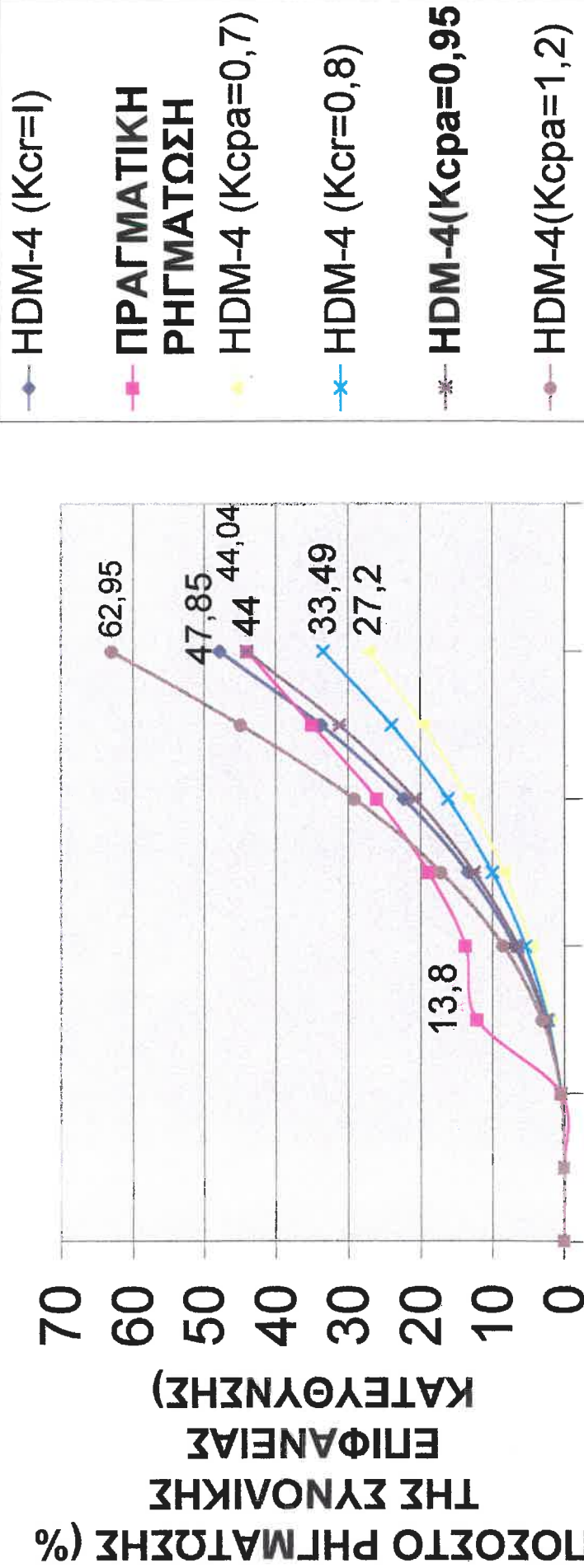
Για Κσρα = 0,95

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΙΑ	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ZA	αACA	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
1	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	1	1	1,84	0,45	1	0,5	1	2,08	0,95	0,5	-	-	-
	1992	2,58	1	1	1,84	0,45	1	2,58	-	3,95	0,95	2,58	12,2	-9,62	-0,79
	1993	6,53	1	1	1,84	0,45	1	6,53	-	6	0,95	6,53	13,8	-7,27	-0,53
	1994	12,53	1	1	1,84	0,45	1	12,53	-	8,18	0,95	12,53	18,9	-6,37	-0,34
	1995	20,71	1	1	1,84	0,45	1	20,71	-	10,47	0,95	20,71	-	-	-
	1996	31,18	1	1	1,84	0,45	1	31,18	-	12,86	0,95	31,18	-	-	-
	1997	44,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44,04	44	0,04	0,00

Για Κσρα = 1,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	δία	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ZA	αACA	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενα Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
1	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	1	1	1,84	0,45	1	0,5	1	2,62	1,2	0,5			
	1992	3,12	1	1	1,84	0,45	1	3,12		5,42	1,2	3,12	12,2	-9,08	-0,74
	1993	8,54	1	1	1,84	0,45	1	8,54		8,6	1,2	8,54	13,8	-5,26	-0,38
	1994	17,14	1	1	1,84	0,45	1	17,14		12,04	1,2	17,14	18,9	-1,76	-0,09
	1995	29,18	1	1	1,84	0,45	1	29,18		15,7	1,2	29,18			
	1996	44,88	1	1	1,84	0,45	1	44,88		18,07	1,2	44,88			
	1997	62,95										62,95	44	18,95	0,43

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ HDM-4 ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΓΙΑ ΟΔ. 1



1989 1991 1993 1995 1997 1999

ΧΡΟΝΟΣ (ΕΤΗ)

Για Κερα = 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΙΑ	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ZA	ΔΑΑ	Κερα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
2	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	2,19	1	0,5	-	-	-
	1992	2,69	1	1	1,84	0,45	1	2,69	-	4,24	1	2,69	9,2	-6,51	-0,71
	1993	6,93	1	1	1,84	0,45	1	6,93	-	6,49	1	6,93	11,2	-4,27	-0,38
	1994	13,42	1	1	1,84	0,45	1	13,42	-	8,9	1	13,42	17,9	-4,48	-0,25
	1995	22,32	1	1	1,84	0,45	1	22,32	-	11,44	1	22,32	-	-	-
	1996	33,76	1	1	1,84	0,45	1	33,76	-	14,09	1	33,76	-	-	-
	1997	47,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47,85	33,2	14,65	0,44

Για Κρεα = 0,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΤΑ	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ZA	dACA	Κρεα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση (%) Πραγμ. Ποσοστό (%) (15) / (14)
2	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,53	0,7	0,5	-	-	-
	1992	2,03	1	1	1,84	0,45	1	2,03	-	2,63	0,7	2,03	9,2	-7,17	-0,78
	1993	4,66	1	1	1,84	0,45	1	4,66	-	3,78	0,7	4,66	11,2	-6,54	-0,58
	1994	8,44	1	1	1,84	0,45	1	8,44	-	4,99	0,7	8,44	17,9	-9,46	-0,53
	1995	13,43	1	1	1,84	0,45	1	13,43	-	6,25	0,7	13,43	-	-	-
	1996	19,68	1	1	1,84	0,45	1	19,68	-	7,52	0,7	19,68	-	-	-
	1997	27,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,2	33,2	-6	-0,18

Για Κσρα = 0,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΑ	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ZA	ΔACA	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
2	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,75	0,8	0,5			
	1992	2,25	1	1	1,84	0,45	1	2,25		3,14	0,8	2,25	9,2	-6,95	-0,76
	1993	5,39	1	1	1,84	0,45	1	5,39		4,62	0,8	5,39	11,2	-5,81	-0,52
	1994	10,01	1	1	1,84	0,45	1	10,01		6,18	0,8	10,01	17,9	-7,89	-0,44
	1995	16,19	1	1	1,84	0,45	1	16,19		7,81	0,8	16,19			
	1996	24	1	1	1,84	0,45	1	24		9,49	0,8	24			
	1997	33,49										33,49	33,2	0,29	0,01

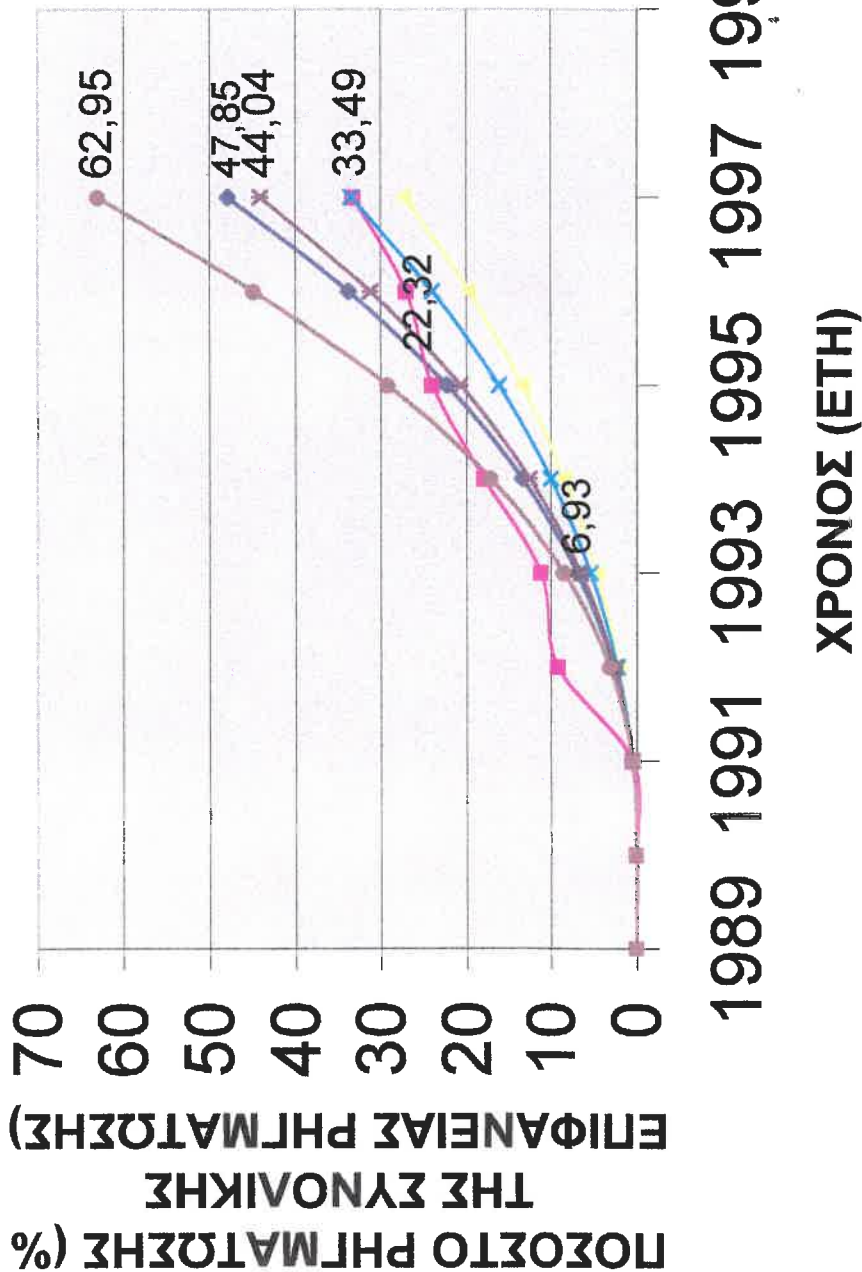
Για Κσρα = 0,95

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΙΑ	CRP	α0	α1	CDS (πιν 3.1)	SCA	ZA	ΔACA	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγματώσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγματώσης (%)	Απόκλιση (13) - (14)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
2	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	1	1	1,84	0,45	1	0,5	1	2,08	0,95	0,5			
	1992	2,58	1	1	1,84	0,45	1	2,58		3,95	0,95	2,58	9,2	-6,62	-0,72
	1993	6,53	1	1	1,84	0,45	1	6,53		6	0,95	6,53	11,2	-4,67	-0,42
	1994	12,53	1	1	1,84	0,45	1	12,53		8,18	0,95	12,53	17,9	-5,37	-0,30
	1995	20,71	1	1	1,84	0,45	1	20,71		10,47	0,95	20,71			
	1996	31,18	1	1	1,84	0,45	1	31,18		12,86	0,95	31,18			
	1997	44,04										44,04	33,2	10,84	0,33

Για Κσρα = 1,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	δία	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ZA	ΔΑΔΑ	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγματώσεως (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγματώσεως (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
2	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	1	1	1,84	0,45	1	0,5	1	2,62	1,2	0,5			
	1992	3,12	1	1	1,84	0,45	1	3,12		5,42	1,2	3,12	9,2	-6,08	-0,66
	1993	8,54	1	1	1,84	0,45	1	8,54		8,6	1,2	8,54	11,2	-2,66	-0,24
	1994	17,14	1	1	1,84	0,45	1	17,14		12,04	1,2	17,14	17,9	-0,76	-0,04
	1995	29,18	1	1	1,84	0,45	1	29,18		15,7	1,2	29,18			
	1996	44,88	1	1	1,84	0,45	1	44,88		18,07	1,2	44,88			
	1997	62,95										62,95	33,2	29,75	0,90

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ HDM-4 ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΓΙΑ ΟΔ. 2



Για Κσρα = 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΑ	CRP	α0	α1	CDS (πιν 3.1)	SCA	ZA	dACA	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση (%) Πραγμ. Ποσοστό (%) (15) / (14)
3	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	2,19	1	0,5	-	-	-
	1992	2,69	1	1	1,84	0,45	1	2,69	-	4,24	1	2,69	7,5	-4,81	-0,64
	1993	6,93	1	1	1,84	0,45	1	6,93	-	6,49	1	6,93	12,2	-5,27	-0,43
	1994	13,42	1	1	1,84	0,45	1	13,42	-	8,9	1	13,42	14,9	-1,48	-0,10
	1995	22,32	1	1	1,84	0,45	1	22,32	-	11,44	1	22,32	-	-	-
	1996	33,76	1	1	1,84	0,45	1	33,76	-	14,09	1	33,76	-	-	-
	1997	47,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47,85	26	21,85	0,84

Για Κσρα = 0,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΑ	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ZA	αACA	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης <u>Απόκλιση(%)</u> Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
3	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,53	0,7	0,5	-	-	-
	1992	2,03	1	1	1,84	0,45	1	2,03	-	2,63	0,7	2,03	7,5	-5,47	-0,73
	1993	4,66	1	1	1,84	0,45	1	4,66	-	3,78	0,7	4,66	12,2	-7,54	-0,62
	1994	8,44	1	1	1,84	0,45	1	8,44	-	4,99	0,7	8,44	14,9	-6,46	-0,43
	1995	13,43	1	1	1,84	0,45	1	13,43	-	6,25	0,7	13,43	-	-	-
	1996	19,68	1	1	1,84	0,45	1	19,68	-	7,52	0,7	19,68	-	-	-
	1997	27,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,2	26	1,2	0,05

Για Κρα = 0,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΙΑ	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ZA	αACA	Κρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
3	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,75	0,8	0,5	-	-	-
	1992	2,25	1	1	1,84	0,45	1	2,25	-	3,14	0,8	2,25	7,5	-5,25	-0,70
	1993	5,39	1	1	1,84	0,45	1	5,39	-	4,62	0,8	5,39	12,2	-6,81	-0,56
	1994	10,01	1	1	1,84	0,45	1	10,01	-	6,18	0,8	10,01	14,9	-4,89	-0,33
	1995	16,19	1	1	1,84	0,45	1	16,19	-	7,81	0,8	16,19	-	-	-
	1996	24	1	1	1,84	0,45	1	24	-	9,49	0,8	24	-	-	-
	1997	33,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33,49	26	7,49	0,29

Για Κσρα = 0,95

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΙΑ	CRP	α0 (από πιν. 3.4 για τύπο οδ. AMGB)	α1	CDS (πιν 3.1)	SCA	ZA	αACA	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
3	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	1	1	1,84	0,45	1	0,5	1	2,08	0,95	0,5			
	1992	2,58	1	1	1,84	0,45	1	2,58		3,95	0,95	2,58	7,5	-4,92	-0,66
	1993	6,53	1	1	1,84	0,45	1	6,53		6	0,95	6,53	12,2	-5,67	-0,46
	1994	12,53	1	1	1,84	0,45	1	12,53		8,18	0,95	12,53	14,9	-2,37	-0,16
	1995	20,71	1	1	1,84	0,45	1	20,71		10,47	0,95	20,71			
	1996	31,18	1	1	1,84	0,45	1	31,18		12,86	0,95	31,18			
	1997	44,04										44,04	26	18,04	0,69

Για Κσρα = 1,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΔΑ	ΔΤΑ	CRP	α0 (από πιν. 3.4 για τύπο οδ. ΑΜΓΒ)	α1 (πιν 3.1)	CDS (πιν 3.1)	SCA	ZA	αACA	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
3	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	1	1	1,84	0,45	1	0,5	1	2,62	1,2	0,5	-	-	-
	1992	3,12	1	1	1,84	0,45	1	3,12	-	5,42	1,2	3,12	7,5	-4,38	-0,58
	1993	8,54	1	1	1,84	0,45	1	8,54	-	8,6	1,2	8,54	12,2	-3,68	-0,30
	1994	17,14	1	1	1,84	0,45	1	17,14	-	12,04	1,2	17,14	14,9	2,24	0,15
	1995	29,18	1	1	1,84	0,45	1	29,18	-	15,7	1,2	29,18	-	-	-
	1996	44,88	1	1	1,84	0,45	1	44,88	-	18,07	1,2	44,88	-	-	-
	1997	62,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62,95	26	36,95	1,42

Για Κσρα = 0,65

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΑ	CRP	α0	α1	CDS (πιν 3.1)	SCA	ZA	dACA	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
3	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	1	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,42	0,65	0,5	-	-	-
	1992	1,92	1	1	1,84	0,45	1	1,92	-	2,38	0,65	1,92	7,5	-5,58	-0,74
	1993	4,3	1	1	1,84	0,45	1	4,3	-	3,39	0,65	4,3	12,2	-7,9	-0,65
	1994	7,69	1	1	1,84	0,45	1	7,69	-	4,43	0,65	7,69	14,9	-7,21	-0,48
	1995	12,12	1	1	1,84	0,45	1	12,12	-	5,5	0,65	12,12	-	-	-
	1996	17,62	1	1	1,84	0,45	1	17,62	-	6,6	0,65	17,62	-	-	-
	1997	24,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,22	26	-1,78	-0,07

Για Κσρα = 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	δτα	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ZA	dACA	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
4	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	2,19	1	0,5	-	-	-
	1992	2,69	1	1	1,84	0,45	1	2,69	-	4,24	1	2,69	15,4	-12,71	-0,83
	1993	6,93	1	1	1,84	0,45	1	6,93	-	6,49	1	6,93	15,8	-8,87	-0,56
	1994	13,42	1	1	1,84	0,45	1	13,42	-	8,9	1	13,42	21,3	-7,88	-0,37
	1995	22,32	1	1	1,84	0,45	1	22,32	-	11,44	1	22,32	-	-	-
	1996	33,76	1	1	1,84	0,45	1	33,76	-	14,09	1	33,76	-	-	-
	1997	47,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47,85	28,4	19,45	0,68

Για Κρεα = 0,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΤΑ	CRP	α0	α1	CDS (πιν 3.1)	SCA	ZA	dACA	Κρεα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση (%) Πραγμ. Ποσοστό (%) (15) / (14)
4	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,53	0,7	0,5	-	-	-
	1992	2,03	1	1	1,84	0,45	1	2,03	-	2,63	0,7	2,03	15,4	-13,37	-0,87
	1993	4,66	1	1	1,84	0,45	1	4,66	-	3,78	0,7	4,66	15,8	-11,14	-0,71
	1994	8,44	1	1	1,84	0,45	1	8,44	-	4,99	0,7	8,44	21,3	-12,86	-0,60
	1995	13,43	1	1	1,84	0,45	1	13,43	-	6,25	0,7	13,43	-	-	-
	1996	19,68	1	1	1,84	0,45	1	19,68	-	7,52	0,7	19,68	-	-	-
	1997	27,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,2	28,4	-1,2	-0,04

Για Κσρα = 0,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	δΑ	CRP	α0 (από πιν. 3.4 για τύπο οδ. AMGB)	α1	CDS (πιν 3.1)	SCA	ZA	dACA	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης <u>Απόκλιση(%)</u> Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
4	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,75	0,8	0,5	-	-	-
	1992	2,25	1	1	1,84	0,45	1	2,25	-	3,14	0,8	2,25	15,4	-13,15	-0,85
	1993	5,39	1	1	1,84	0,45	1	5,39	-	4,62	0,8	5,39	15,8	-10,41	-0,66
	1994	10,01	1	1	1,84	0,45	1	10,01	-	6,18	0,8	10,01	21,3	-11,29	-0,53
	1995	16,19	1	1	1,84	0,45	1	16,19	-	7,81	0,8	16,19	-	-	-
	1996	24	1	1	1,84	0,45	1	24	-	9,49	0,8	24	-	-	-
	1997	33,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33,49	28,4	5,09	0,18

Για Κρα = 0,95

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	δΑ	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ZA	αACA	Κρα	Συνολικο Προβλεπόμενα Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
4	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	1	1	1,84	0,45	1	0,5	1	2,08	0,95	0,5	-	-	-
	1992	2,58	1	1	1,84	0,45	1	2,58	-	3,95	0,95	2,58	15,4	-12,82	-0,83
	1993	6,53	1	1	1,84	0,45	1	6,53	-	6	0,95	6,53	15,8	-9,27	-0,59
	1994	12,53	1	1	1,84	0,45	1	12,53	-	8,18	0,95	12,53	21,3	-8,77	-0,41
	1995	20,71	1	1	1,84	0,45	1	20,71	-	10,47	0,95	20,71	-	-	-
	1996	31,18	1	1	1,84	0,45	1	31,18	-	12,86	0,95	31,18	-	-	-
	1997	44,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44,04	28,4	15,64	0,55

Για Κρα = 1,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΑ	CRP	α0	α1	CDS (πιν 3.1)	SCA	ZA	dACA	Κρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση (%) Πραγμ. Ποσοστό (%) (15) / (14)
4	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	1	1	1,84	0,45	1	0,5	1	2,62	1,2	0,5			
	1992	3,12	1	1	1,84	0,45	1	3,12		5,42	1,2	3,12	15,4	-12,28	-0,80
	1993	8,54	1	1	1,84	0,45	1	8,54		8,6	1,2	8,54	15,8	-7,28	-0,46
	1994	17,14	1	1	1,84	0,45	1	17,14		12,04	1,2	17,14	21,3	-4,16	-0,20
	1995	29,18	1	1	1,84	0,45	1	29,18		15,7	1,2	29,18			
	1996	44,88	1	1	1,84	0,45	1	44,88		18,07	1,2	44,88			
	1997	62,95										62,95	28,4	34,55	1,22

Για Κσρα = 0,75

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΑ	CRP	α0 (από πιν. 3.4 για τύπο οδ. AMGB)	α1	CDS (πιν 3.1)	SCA	ZA	αACA	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14)	Ποσοστό Απόκλισης <u>Απόκλιση(%)</u> Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
4	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	1	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,64	0,75	0,5	-	-	-
	1992	2,14	1	1	1,84	0,45	1	2,14	-	2,88	0,75	2,14	15,4	-13,26	-0,86
	1993	5,02	1	1	1,84	0,45	1	5,02	-	4,19	0,75	5,02	15,8	-10,78	-0,68
	1994	9,21	1	1	1,84	0,45	1	9,21	-	5,57	0,75	9,21	21,3	-12,09	-0,57
	1995	14,78	1	1	1,84	0,45	1	14,78	-	7	0,75	14,78	-	-	-
	1996	21,78	1	1	1,84	0,45	1	21,78	-	8,48	0,75	21,78	-	-	-
	1997	30,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,26	28,4	1,86	0,07

Για Κσρα = 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΙΑ	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ZA	dACA	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
5	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	2,19	1	0,5	-	-	-
	1992	2,69	1	1	1,84	0,45	1	2,69	-	4,24	1	2,69	12,2	-9,51	-0,78
	1993	6,93	1	1	1,84	0,45	1	6,93	-	6,49	1	6,93	17,5	-10,57	-0,60
	1994	13,42	1	1	1,84	0,45	1	13,42	-	8,9	1	13,42	23,2	-9,78	-0,42
	1995	22,32	1	1	1,84	0,45	1	22,32	-	11,44	1	22,32	-	-	-
	1996	33,76	1	1	1,84	0,45	1	33,76	-	14,09	1	33,76	-	-	-
	1997	47,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47,85	30	17,85	0,60

Για Κσρα = 0,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΙΑ	CRP	α0	α1	CDS (πιν 3.1)	SCA	ZA	ΔΑΑ	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
5	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,53	0,7	0,5	-	-	-
	1992	2,03	1	1	1,84	0,45	1	2,03	-	2,63	0,7	2,03	12,2	-10,17	-0,83
	1993	4,66	1	1	1,84	0,45	1	4,66	-	3,78	0,7	4,66	17,5	-12,84	-0,73
	1994	8,44	1	1	1,84	0,45	1	8,44	-	4,99	0,7	8,44	23,2	-14,76	-0,64
	1995	13,43	1	1	1,84	0,45	1	13,43	-	6,25	0,7	13,43	-	-	-
	1996	19,68	1	1	1,84	0,45	1	19,68	-	7,52	0,7	19,68	-	-	-
	1997	27,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,2	30	-2,8	-0,09

Για Κσρα = 0,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΙΑ	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ZA	ΔΑΑΑ	Κσρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
5	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,75	0,8	0,5	-	-	-
	1992	2,25	1	1	1,84	0,45	1	2,25	-	3,14	0,8	2,25	12,2	-9,95	-0,82
	1993	5,39	1	1	1,84	0,45	1	5,39	-	4,62	0,8	5,39	17,5	-12,11	-0,69
	1994	10,01	1	1	1,84	0,45	1	10,01	-	6,18	0,8	10,01	23,2	-13,19	-0,57
	1995	16,19	1	1	1,84	0,45	1	16,19	-	7,81	0,8	16,19	-	-	-
	1996	24	1	1	1,84	0,45	1	24	-	9,49	0,8	24	-	-	-
	1997	33,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33,49	30	3,49	0,12

Για Κcra = 0,95

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΙΑ	CRP	α0	α1	CDS (πιν 3.1)	SCA	ZA	ΔΑCΑ	Κcra	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
5	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	1	1	1,84	0,45	1	0,5	1	2,08	0,95	0,5			
	1992	2,58	1	1	1,84	0,45	1	2,58		3,95	0,95	2,58	12,2	-9,62	-0,79
	1993	6,53	1	1	1,84	0,45	1	6,53		6	0,95	6,53	17,5	-10,97	-0,63
	1994	12,53	1	1	1,84	0,45	1	12,53		8,18	0,95	12,53	23,2	-10,67	-0,46
	1995	20,71	1	1	1,84	0,45	1	20,71		10,47	0,95	20,71			
	1996	31,18	1	1	1,84	0,45	1	31,18		12,86	0,95	31,18			
	1997	44,04										44,04	30	14,04	0,47

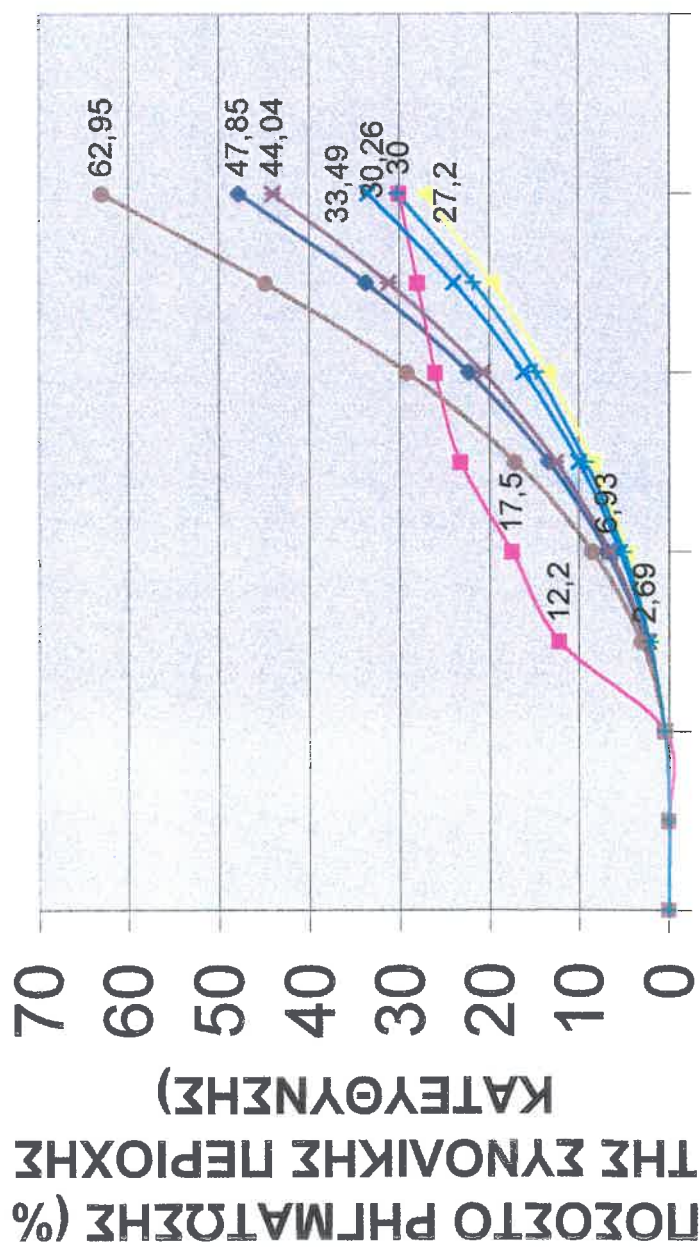
Για Κρα = 1,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	δτα	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ZA	dACA	Κρα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14)	Ποσοστό Απόκλισης <u>Απόκλιση(%)</u> Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
5	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	1	1	1,84	0,45	1	0,5	1	2,62	1,2	0,5			
	1992	3,12	1	1	1,84	0,45	1	3,12		5,42	1,2	3,12	12,2	-9,08	-0,74
	1993	8,54	1	1	1,84	0,45	1	8,54		8,6	1,2	8,54	17,5	-8,96	-0,51
	1994	17,14	1	1	1,84	0,45	1	17,14		12,04	1,2	17,14	23,2	-6,06	-0,26
	1995	29,18	1	1	1,84	0,45	1	29,18		15,7	1,2	29,18			
	1996	44,88	1	1	1,84	0,45	1	44,88		18,07	1,2	44,88			
	1997	62,95										62,95	30	32,95	1,10

Για Κcra = 0,75

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΙΑ	CRP	α0	α1	CDS (πιν 3.1)	SCA	ZA	αACA	Κcra	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
5	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	1	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,64	0,75	0,5			
	1992	2,14	1	1	1,84	0,45	1	2,14		2,88	0,75	2,14	12,2	-10,06	-0,82
	1993	5,02	1	1	1,84	0,45	1	5,02		4,19	0,75	5,02	17,5	-12,48	-0,71
	1994	9,21	1	1	1,84	0,45	1	9,21		5,57	0,75	9,21	23,2	-13,99	-0,60
	1995	14,78	1	1	1,84	0,45	1	14,78		7	0,75	14,78			
	1996	21,78	1	1	1,84	0,45	1	21,78		8,48	0,75	21,78			
	1997	30,26										30,26	30	0,26	0,01

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ ΗΔΜ-4 ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΓΙΑ ΟΔ. 5



1989 1991 1993 1995 1997 1999
ΧΡΟΝΟΣ (ΕΤΗ)

● ΗΔΜ-4 (Kcr=1)
 ■ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ
 ● ΗΔΜ-4 (Kcra=0,7)
 × ΗΔΜ-4 (Kcra=0,8)
 * ΗΔΜ-4 (Kcra=0,95)
 ● ΗΔΜ-4 (Kcra=1,2)
 + ΗΔΜ-4 (Kcra=0,75)

Στους πίνακες που παρουσιάστηκαν εκτιμήθηκε η εξέλιξη της ρηγμάτωσης στα οδοστρώματα 1 έως 5, με διάφορες τιμές για τον συντελεστή βαθμονόμησης K_{cpa} . Η προβλεπόμενη ρηγμάτωση για κάθε χρόνο συγκρίθηκε με τα πραγματικά ποσοστά ρηγμάτωσης και βρέθηκε η απόκλιση, θετική ή αρνητική από αυτά. Για να υπάρχει όμως ένα μέτρο σύγκρισης για το μέγεθος απόκλισης κάθε πρόβλεψης, διαιρέθηκαν οι αποκλίνουσες ποσοστιαίες μονάδες με τις πραγματικές ποσοστιαίες μονάδες πρόβλεψης και έτσι προέκυψε το 'Ποσοστό Απόκλισης', που χρησιμοποιήθηκε ως ένας δείκτης που δείχνει πόσο απέχει η κάθε πρόβλεψη από το πραγματικό ποσοστό ρηγμάτωσης. Προφανώς όσο μικρότερο κατ' απόλυτο τιμή είναι το ποσοστό απόκλισης, τόσο πιο αξιόπιστη είναι η πρόβλεψη, τόσο λιγότερο δηλαδή απέχει η προβλεπόμενη ρηγμάτωση από την πραγματική.

Από ότι φάνηκε στην ανάλυση στους προηγούμενους πίνακες, το HDM-4 δεν μπορεί να προσομοιώσει απόλυτα την συμπεριφορά των συγκεκριμένων οδοστρωμάτων. Συμβαίνει το εξής : Αν χρησιμοποιηθούν τιμές για το συντελεστή βαθμονόμησης μικρότερες του ένα, (κυρίως τιμές μεταξύ 0,7 και 0,8), τότε έχουμε πάρα πολύ καλή πρόβλεψη για το ποσοστό ρηγμάτωσης στο τελευταίο έτος. Όμως έχουμε μεγάλες αποκλίσεις για τα πρώτα έτη και συγκεκριμένα υποεκτιμήσεις, δηλαδή το προσομοίωμα προβλέπει ποσοστά ρηγμάτωσης για τα οδοστρώματα πολύ μικρότερα από τα πραγματικά που είχαν καταγραφεί. Αν όμως χρησιμοποιηθούν μεγαλύτεροι συντελεστές, (μεγαλύτεροι του ένα), για να μειωθούν οι αποκλίσεις των πρώτων ετών, τότε έχουμε σημαντικές αποκλίσεις (υπερεκτιμήσεις) για το τελευταίο έτος.

Γιατί είναι μάλλον σημαντικότερο να έχουμε ορθές προβλέψεις για τα τελευταία χρόνια, θα επιλεγούν οι τιμές εκείνες για το συντελεστή βαθμονόμησης που δίνουν πρόβλεψη για το 1997 πλησιέστερη στην πραγματική ρηγμάτωση, έστω και αν αποτυγχάνουν να αποδώσουν την ρεαλιστική εικόνα της εξέλιξης της ρηγμάτωσης του οδοστρώματος στα πρώτα χρόνια.

Για τους πιο πάνω λόγους επιλέγονται ως προτιμότερες τιμές για το συν/τή βαθμονόμησης οι εξής για κάθε οδόστρωμα :

ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ 1

Βέλτιστη τιμή : $K_{cpa} = 0.95$

ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ 2

Βέλτιστη τιμή : $K_{cpa} = 0.8$

ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ 3

Βέλτιστη τιμή : $K_{cra} = 0.7$

ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ 4

Βέλτιστη τιμή : $K_{cra} = 0.7$

ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ 5

Βέλτιστη τιμή : $K_{cra} = 0.75$

Η μέση τιμή των πιο πάνω είναι : $(0,95+0,8+0,7+0,7+0,75) / 5 = 3,9 / 5 = \underline{0,78}$

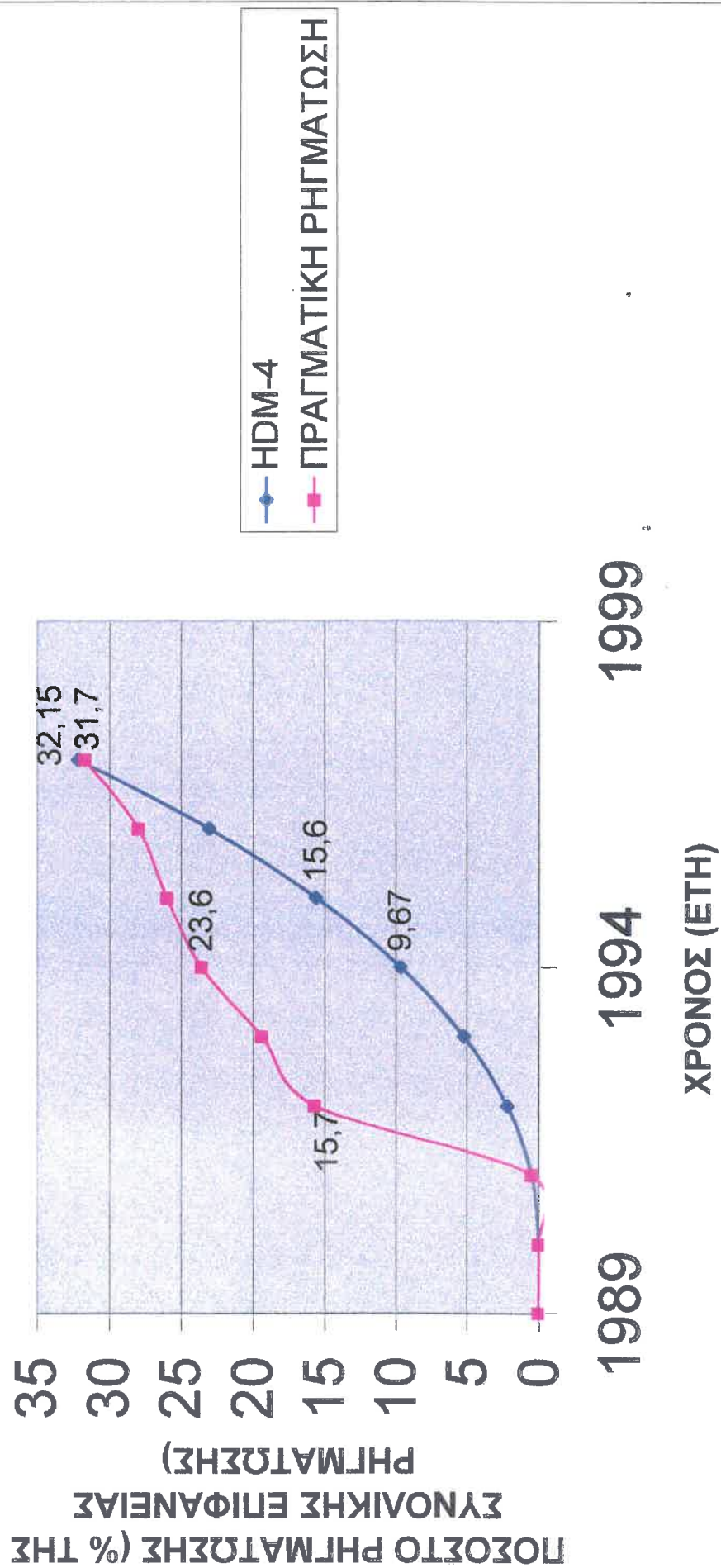
Αυτή η τιμή θα χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια για την πρόβλεψη στα οδοστρώματα υπ' αριθμόν 6 έως 9, για να διαπιστωθεί η αξιοπιστία της βαθμονόμησης. Η σχέση που θα χρησιμοποιηθεί για τις προβλέψεις διαμορφώνεται ως εξής :

$$dACA = 0,78 [CRP/CDS] ZA [(ZA \text{ ao } a1 \delta tA + SCA^{a1})^{1/a1} - SCA]$$

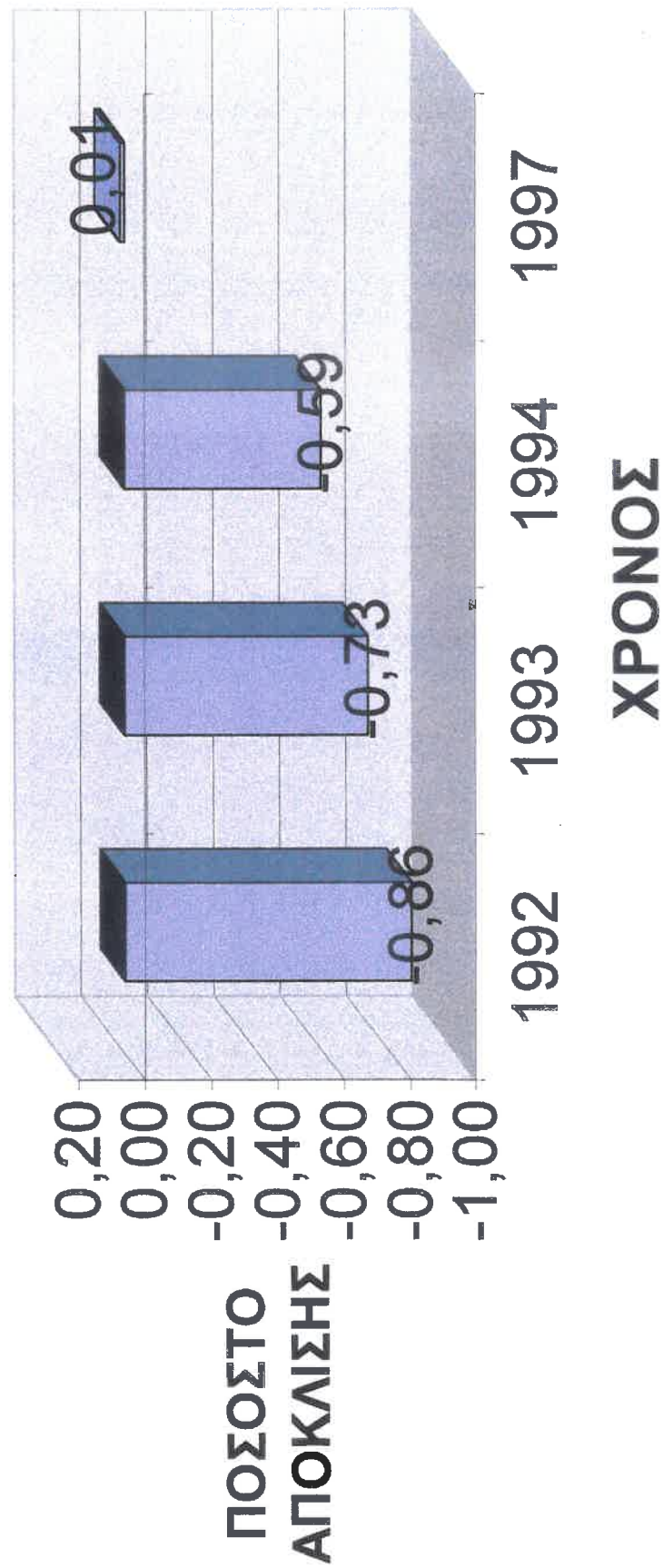
Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες. Θα σχολιασθούν στο επόμενο κεφάλαιο.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΙΑ	CRP	α0 (από πιν. 3.4 για τύπο οδ. ΑΜGB)	α1	CDS (πιν 3.1)	SCA	ZA	ΔACA	Κερα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγματώσεως (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγματώσεως (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
6	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,7	0,78	0,5	-	-	-
	1992	2,2	1	1	1,84	0,45	1	2,2	-	3,03	0,78	2,2	15,7	-13,5	-0,86
	1993	5,23	1	1	1,84	0,45	1	5,23	-	4,44	0,78	5,23	19,4	-14,17	-0,73
	1994	9,67	1	1	1,84	0,45	1	9,67	-	5,93	0,78	9,67	23,6	-13,93	-0,59
	1995	15,6	1	1	1,84	0,45	1	15,6	-	7,48	0,78	15,6	-	-	-
	1996	23,08	1	1	1,84	0,45	1	23,08	-	9,07	0,78	23,08	-	-	-
	1997	32,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,15	31,7	0,45	0,01

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΗΔΜ-4 ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΣΤΟ ΟΔ. 6

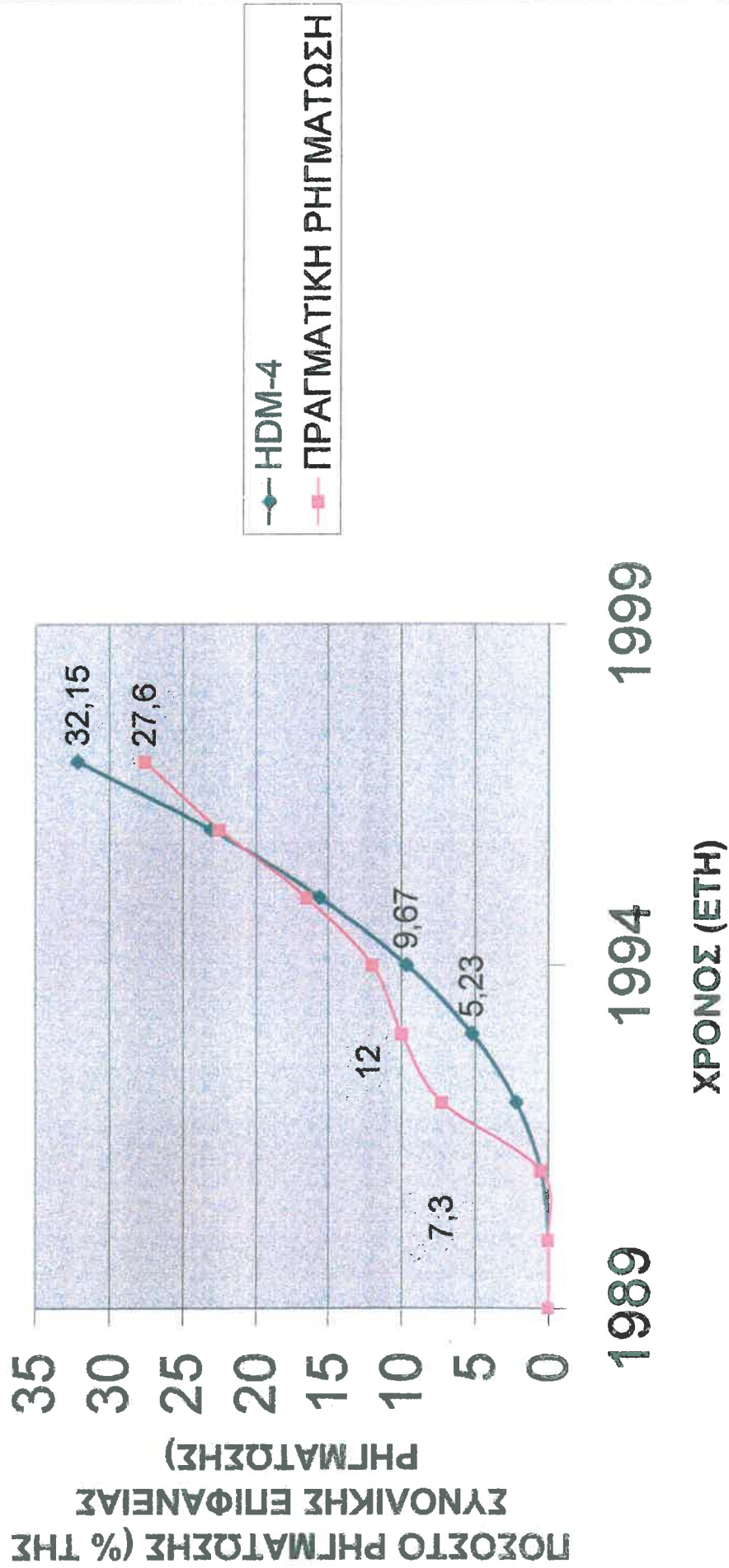


ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΑΠΟ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ΗΔΜ-4 ΣΤΟ ΟΔ. 6

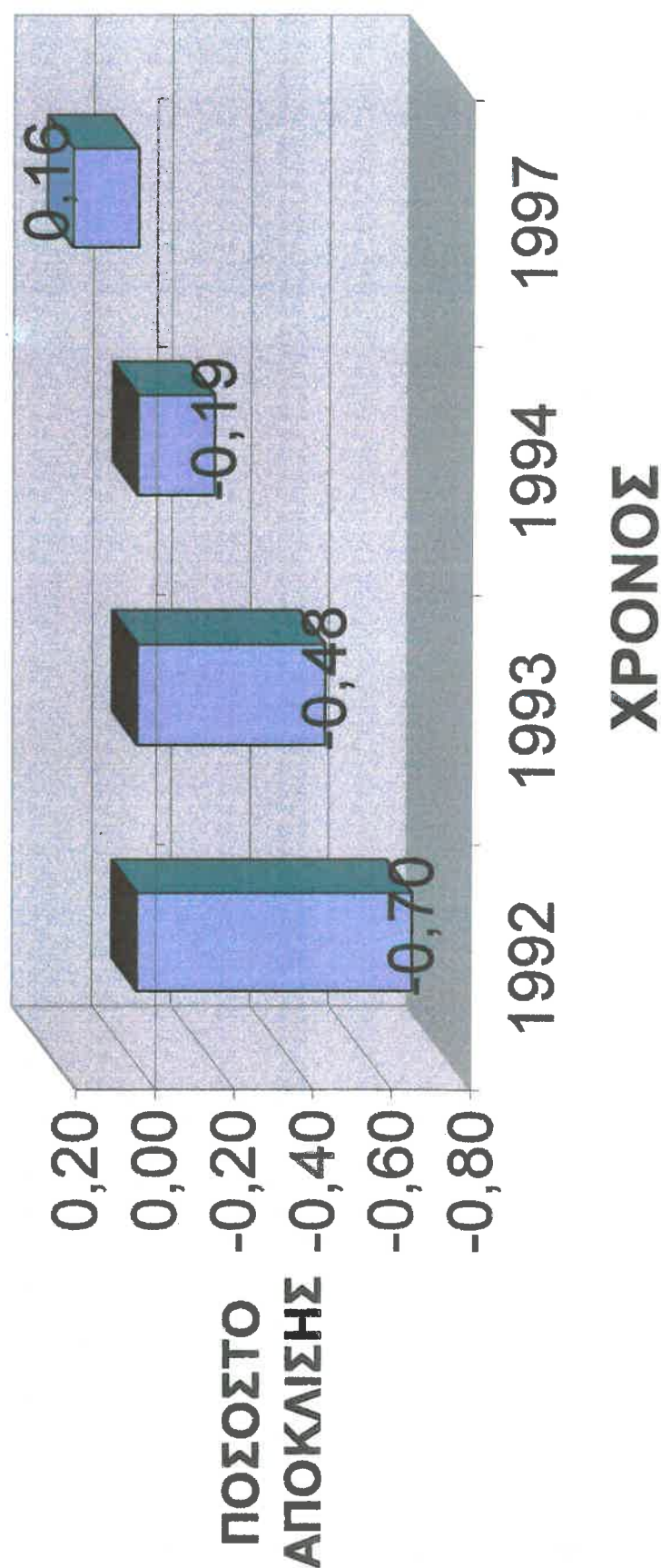


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΙΑ	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ZA	αACA	Κατα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης	Απόκλιση (13) - (14)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
7	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,7	0,78	0,5	-	-	-
	1992	2,2	1	1	1,84	0,45	1	2,2	-	3,03	0,78	2,2	7,3	-5,1	-0,70
	1993	5,23	1	1	1,84	0,45	1	5,23	-	4,44	0,78	5,23	10	-4,77	-0,48
	1994	9,67	1	1	1,84	0,45	1	9,67	-	5,93	0,78	9,67	12	-2,33	-0,19
	1995	15,6	1	1	1,84	0,45	1	15,6	-	7,48	0,78	15,6	-	-	-
	1996	23,08	1	1	1,84	0,45	1	23,08	-	9,07	0,78	23,08	-	-	-
	1997	32,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,15	27,6	4,55	0,16

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ HDM-4 ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΓΙΑ ΟΔ.7

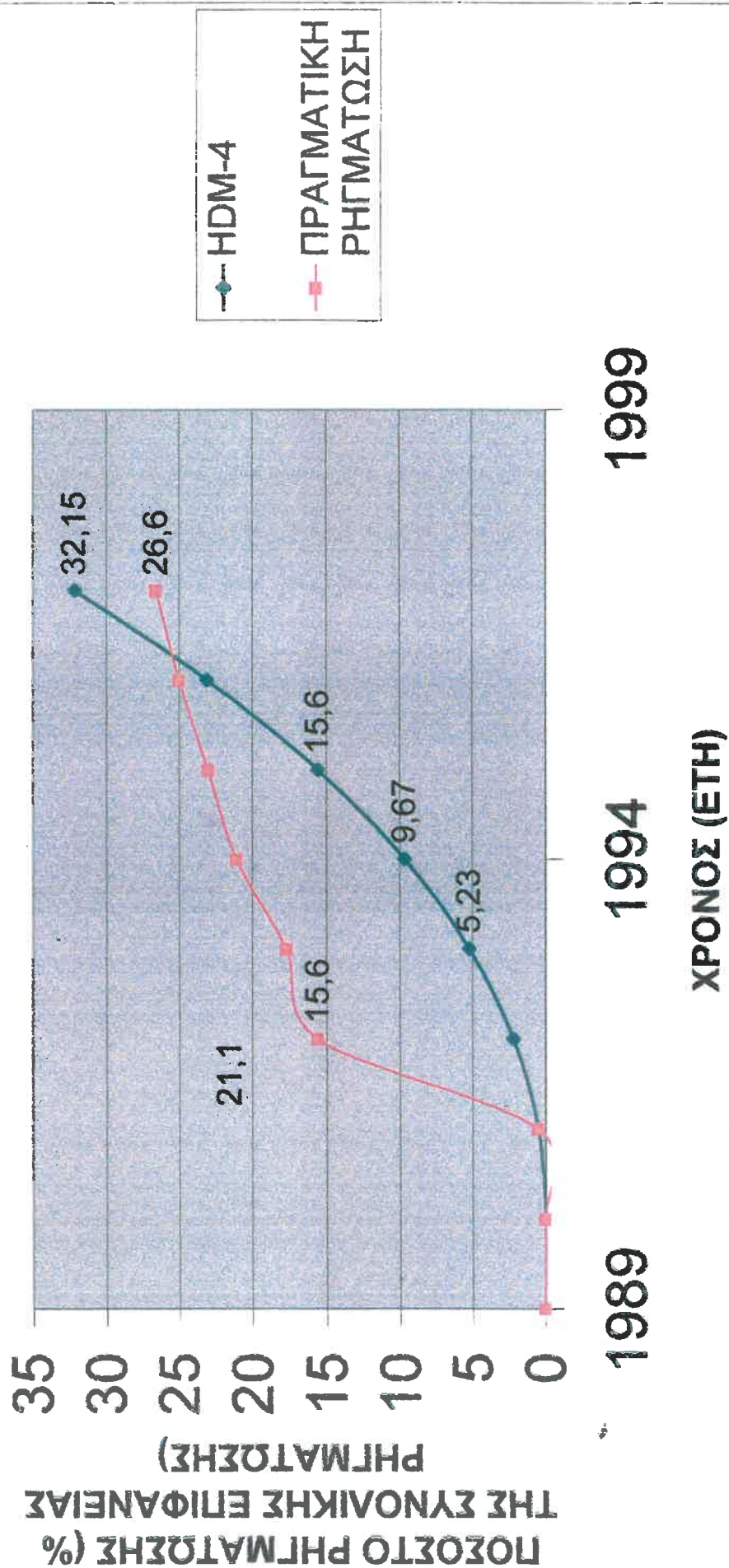


ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΑΠΟ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ΗΔΜ-4 ΣΤΟ ΟΔ. 7

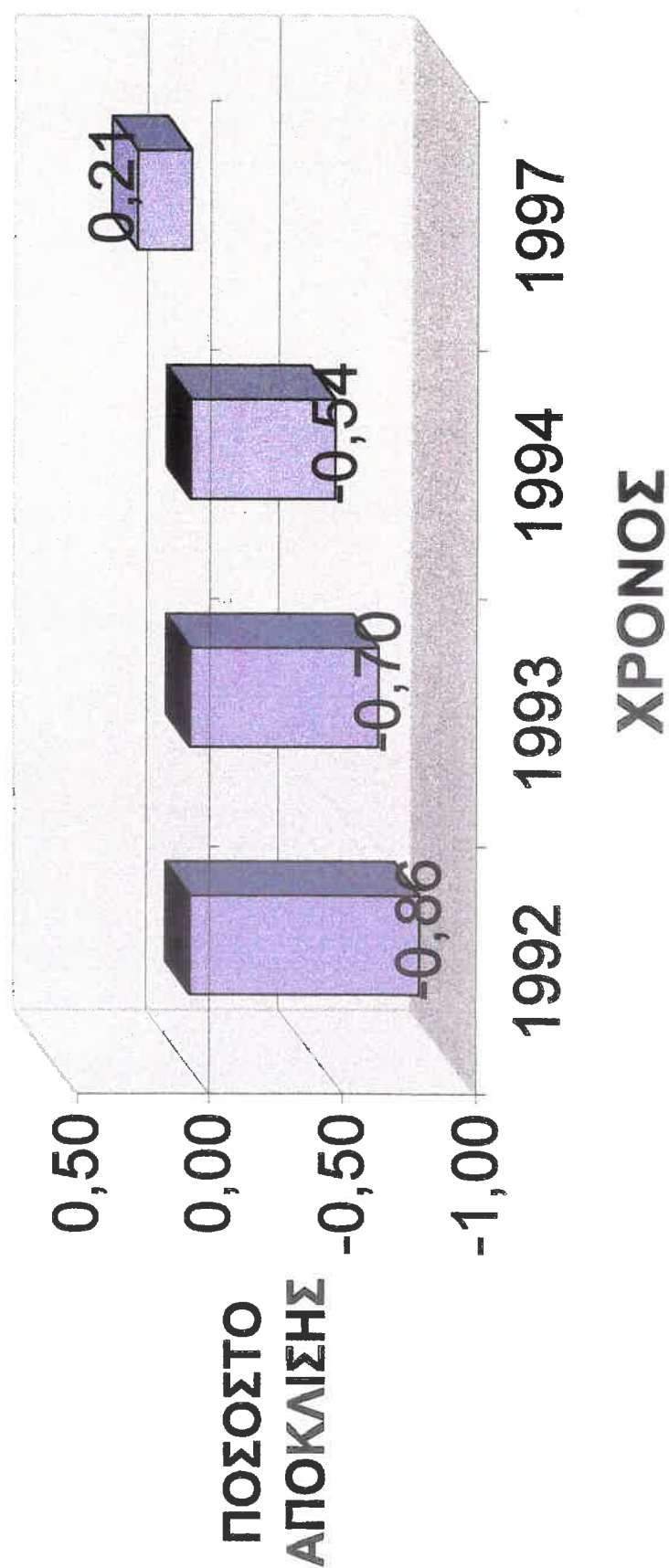


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΙΑ	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ΖΑ	ΔΑΔΑ	Κερα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης Απόκλιση(%) Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
8	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,7	0,78	0,5	-	-	-
	1992	2,2	1	1	1,84	0,45	1	2,2	-	3,03	0,78	2,2	15,6	-13,4	-0,86
	1993	5,23	1	1	1,84	0,45	1	5,23	-	4,44	0,78	5,23	17,7	-12,47	-0,70
	1994	9,67	1	1	1,84	0,45	1	9,67	-	5,93	0,78	9,67	21,1	-11,43	-0,54
	1995	15,6	1	1	1,84	0,45	1	15,6	-	7,48	0,78	15,6	-	-	-
	1996	23,08	1	1	1,84	0,45	1	23,08	-	9,07	0,78	23,08	-	-	-
	1997	32,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,15	26,6	5,55	0,21

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ HDM-4 ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΣΤΟ ΟΔ.8

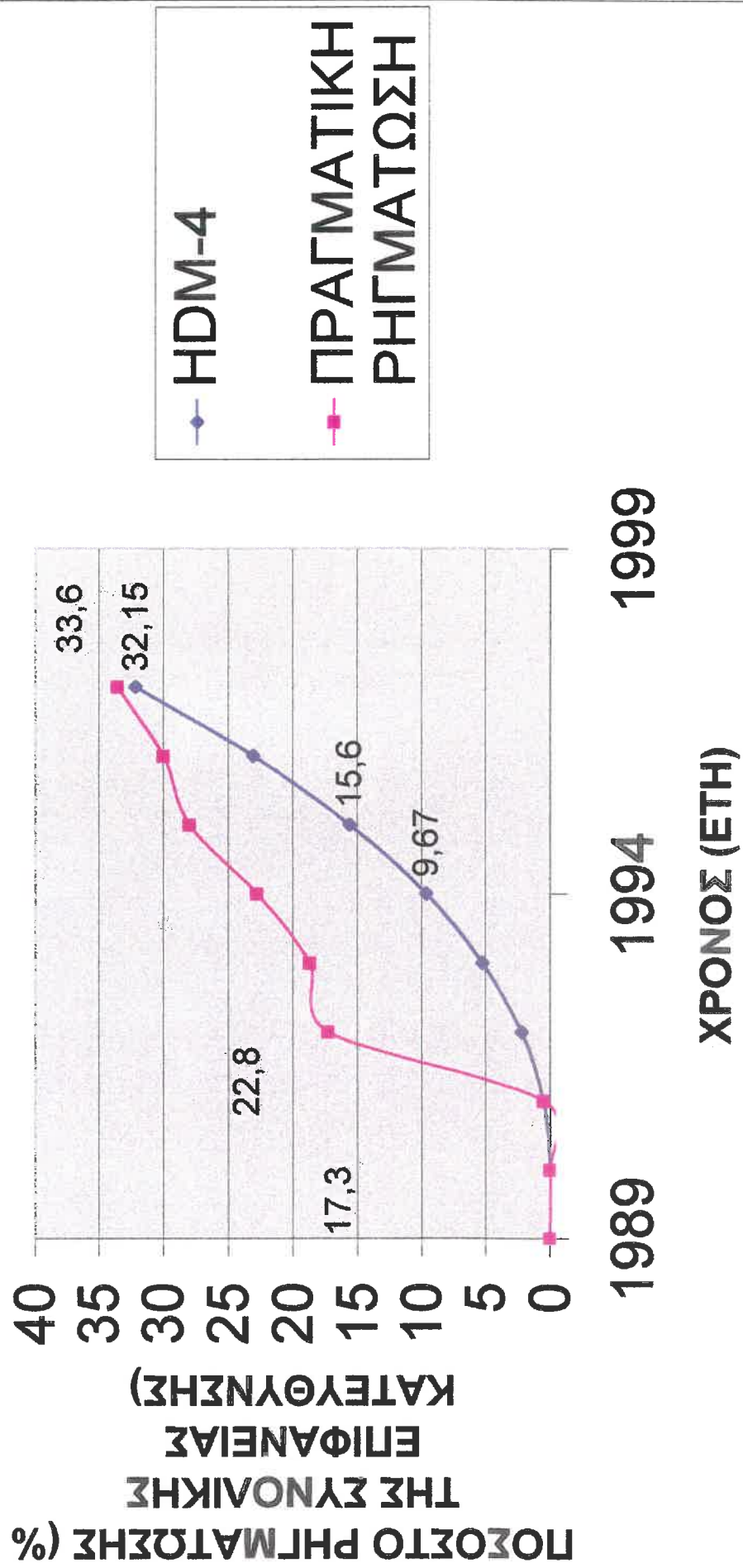


**ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΑΠΟ
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΟΣΟΣΤΑ
ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ΗΔΜ-4 ΣΤΟ ΟΔ. 8**

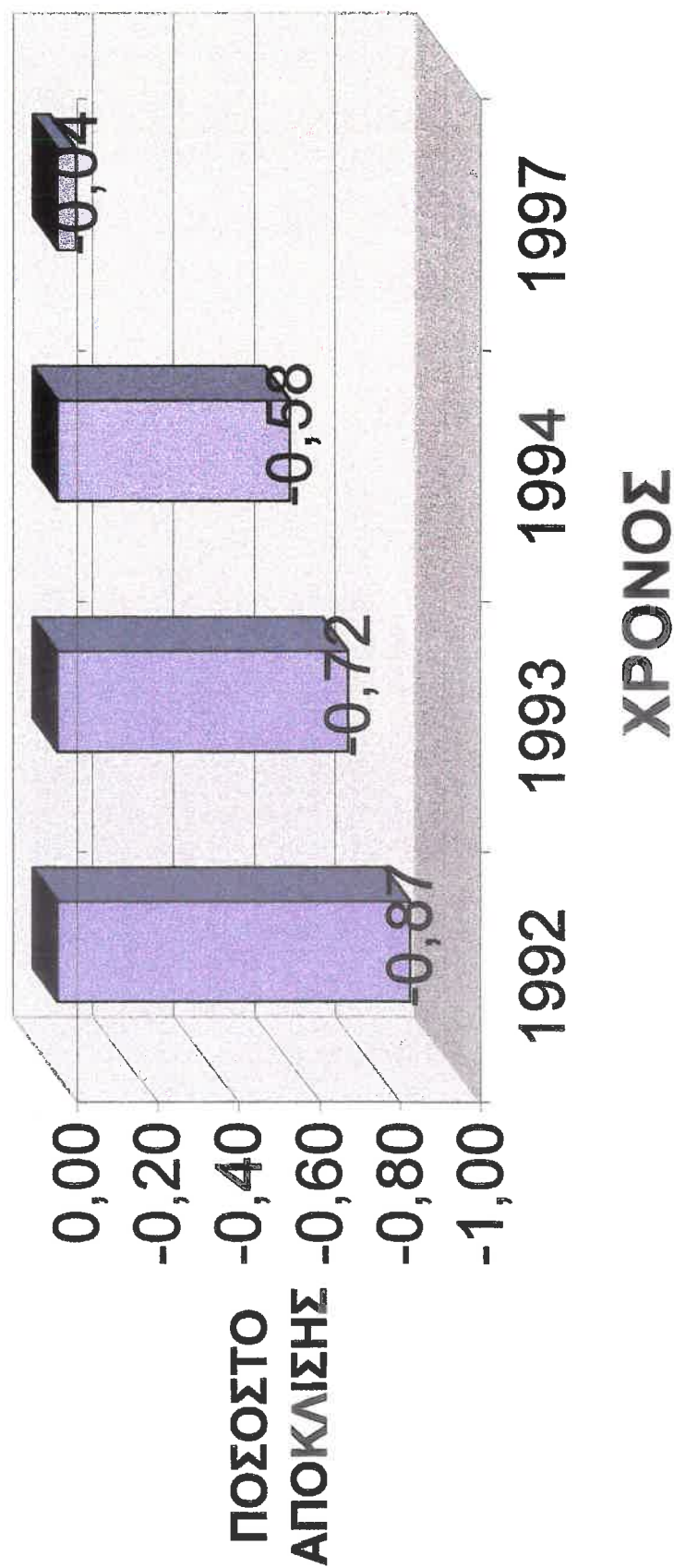


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡ.	ΕΤΟΣ	ΑΑα	ΔΙΑ	CRP	α0	α1	CDS	SCA	ZA	ΔACA	Κερα	Συνολικό Προβλεπόμενο Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Πραγματικό Ποσοστό Ρηγμάτωσης (%)	Απόκλιση (13) - (14) (%)	Ποσοστό Απόκλισης <u>Απόκλιση(%)</u> Πραγμ. Ποσοστό(%) (15) / (14)
9	1989	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1990	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1991	0,5	-	1	1,84	0,45	1	0,5	1	1,7	0,78	0,5	-	-	-
	1992	2,2	1	1	1,84	0,45	1	2,2	-	3,03	0,78	2,2	17,3	-15,1	-0,87
	1993	5,23	1	1	1,84	0,45	1	5,23	-	4,44	0,78	5,23	18,7	-13,47	-0,72
	1994	9,67	1	1	1,84	0,45	1	9,67	-	5,93	0,78	9,67	22,8	-13,13	-0,58
	1995	15,6	1	1	1,84	0,45	1	15,6	-	7,48	0,78	15,6	-	-	-
	1996	23,08	1	1	1,84	0,45	1	23,08	-	9,07	0,78	23,08	-	-	-
	1997	32,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,15	33,6	-1,45	-0,04

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ ΗΔΜ-4 ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΓΙΑ ΟΔ. 9



**ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΑΠΟ
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΟΣΟΣΤΑ
ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ΗΔΜ-4 ΣΤΟ ΟΔ. 9**



6.4.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ ARRB

Στο προσομοίωμα του ARRB για την εξέλιξη της ρηγμάτωσης, χρησιμοποιούνται όπως και στο HDM-4, ποσοστά ρηγμάτωσης (ποσοστό ρηγματωμένης επιφάνειας της περιοχής κατεύθυνσης), και η κυκλοφορία εκφράζεται σε ισοδύναμες διελεύσεις τυπικού αξονικού φορτίου 8.2t. Οι μετατροπές και οι υπολογισμοί για αυτά τα στοιχεία έγιναν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Παρουσιάζονται συγκεντρωμένα πιο κάτω :

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ(%)			
	ΕΤΟΣ 1992	ΕΤΟΣ 1993	ΕΤΟΣ 1994	ΕΤΟΣ 1997
1	12,2	13,8	18,9	44
2	9,2	11,2	17,9	33,2
3	7,5	12,2	14,9	26
4	15,4	15,8	21,3	28,4
5	12,2	17,5	23,2	30
6	15,7	19,4	23,6	31,7
7	7,3	10	12	27,6
8	15,6	17,7	21,1	26,6
9	17,3	18,7	22,8	33,6

Ετήσιες Ισοδύναμες Διελεύσεις

Τυπικού Αξονικού Φορτίου 8.2t

ΕΤΟΣ Ετ. Ισοδ. Διελεύσεις

1989	5346720
1990	5612160
1991	5896560
1992	6187280
1993	6490640
1994	6819280
1995	7160560
1996	7518942
1997	7706918

Χρησιμοποιώντας αυτά τα στοιχεία, καθώς και τα στοιχεία των οδοστρωμάτων θα γίνει η ανάλυση στη συνέχεια.

1) ΕΝΑΡΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ

Για την έναρξη της ρηγμάτωσης χρησιμοποιείται αυτή η σχέση :

$$Y = 4,452 / (0,0476 * T - 0,227)^2$$

η οποία παρουσιάστηκε αναλυτικά στο κεφ. 4.

Τα αποτελέσματα δίδονται από το πρόγραμμα ARRB σε ένα πίνακα (παράρτημα 5, Πιν. 5.1), αναλόγως με το κλίμα της χώρας και τις συνθήκες υγρασίας που επικρατούν στη χώρα. Στην Ελλάδα, όπου έχουμε υποτροπικό (sub-tropical) και ξηρό (arid) ή ημίξηρο (semi-arid) κλίμα, σύμφωνα με τον πίνακα, η έναρξη ρηγμάτωσης της επιφάνειας των οδοστρωμάτων θα έπρεπε να ξεκινάει στα πέντε με οκτώ χρόνια από την κατασκευή τους. Στα οδοστρώματα όμως που μελετήθηκαν αυτό απέχει από την πραγματικότητα, γιατί η έναρξη ρηγμάτωσης ξεκίνησε πολύ νωρίτερα, ένα με ενάμιση χρόνο περίπου από την κατασκευή τους. Άρα οι συγκεκριμένες τιμές που δίνονται από το προσομοίωμα δεν μπορούν να κριθούν ως αξιόπιστες για τα συγκεκριμένα οδοστρώματα στη χώρα μας και τις συγκεκριμένες κυκλοφοριακές συνθήκες.

II) ΕΞΕΛΙΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ

Η εξέλιξη της ρηγμάτωσης, όπως αναλυτικά παρουσιάσθηκε στο κεφ. 4, υπολογίζεται από την πιο κάτω σχέση :

$$CRX = Kcr * 100 * (EXP^{(0,0005 * EY * (MMP * 135) * SNCd / SNCn)} - 1)$$

Οι όροι της πιο πάνω σχέσης επεξηγήθηκαν αναλυτικά στο κεφ. 4.

Εφαρμόζοντας την πιο πάνω σχέση στα οδοστρώματα 1 έως 5, θα εκτιμηθούν τα ποσοστά ρηγμάτωσης από το 1989 μέχρι το 1997 και στη συνέχεια θα συγκριθούν με τα πραγματικά ποσοστά ρηγμάτωσης που καταγράφηκαν σε αυτά τα χρόνια, στα οδοστρώματα. Θα γίνει προσπάθεια να βρεθεί η κατάλληλη τιμή για τον συντελεστή βαθμονόμησης Kcr , έτσι ώστε το προσομοίωμα να δίνει τι καλύτερες δυνατές προβλέψεις για τα ελληνικά δεδομένα. Στη σχέση πρόβλεψης της εξέλιξης ρηγμάτωσης του ARRB, περιέχεται και ο προσαρμοσμένος δομικός αριθμός του οδοστρώματος. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως υπολογίστηκαν δυο δομικοί αριθμοί για το κάθε οδόστρωμα. Ένας που στηρίζεται στον αριθμό, πάχος και είδος υλικού των στρώσεων του οδοστρώματος και ένας που στηρίζεται στην κεντρική παραμόρφωση μετρημένη με τη μέθοδο του Παραμορφωσιμέτρου Πίπτοντος Βάρους (FWD). Στην ανάλυση που θα ακολουθήσει θα δοκιμαστούν και οι δυο δομικοί αριθμοί. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης δίνονται στους επόμενους πίνακες.

1η Ανάλυση με δομικούς αριθμούς από σχέση Parkman and Rolt

(Δομικοί αριθμοί που προέκυψαν από αριθμό, πάχος και είδος υλικού των στρώσεων)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΑΡ. ΟΔ.	ΕΤΟΣ	Κερ	MMP	EY	SNCd	SNCh	SNCo	CF	QF	Rfthick	Rfqual	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX
				(mm / μην)	(χρ.)			Παρ 5 Πιν 5.2	'=(10)* (11)*(12)	Παρ 5 Πιν 5.4	Παρ 5 Πιν 5.5	Παρ 5 Πιν 5.6	Παρ 5 Πιν 5.7	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5 Πιν 5.8	Παρ 5 Πιν 5.2	(Εκατομ/ λωριδα)	(%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.
	1991	0,52	42	-	5,735	4,16	5,312	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	-	5,153	1	0,94	88,28	0,5
	1992		42	1	5,735	4,16	5,312	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	14,6	5,153	1	0,94	88,28	5,65
	1993		42	2	5,735	4,16	5,312	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	20,94	5,153	1	0,94	88,28	11,9
	1994		42	3	5,735	4,16	5,312	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	27,6	5,153	1	0,94	88,28	18,87
	1997		42	6	5,735	4,16	5,312	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	49,54	5,153	1	0,94	88,28	44,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΑΡ. ΕΤΟΣ ΟΔ.	ΕΤΟΣ	Κερ	MMP	EY	SNCd	SNCn	SNCο	CF	QF	Rfthick	Rfqual	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX
			(mm / μην)	(χρ.)				Παρ 5 Πιν 5.2	=(10)* (11)*(12)	Παρ 5 Πιν 5.4	Παρ 5 Πιν 5.5	Παρ 5 Πιν 5.6	Παρ 5 Πιν 5.7	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5 Πιν 5.8	Παρ 5 Πιν 5.2	(Εκατομ/ λωριδα)	(%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.
	1991	0,6	42	-	5,735	4,16	5,312	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	-	5,153	1	0,94	88,28	0,5
	1992		42	1	5,735	4,16	5,312	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	14,6	5,153	1	0,94	88,28	6,15
	1993		42	2	5,735	4,16	5,312	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	20,94	5,153	1	0,94	88,28	13,07
1994		42	3	5,735	4,16	5,312	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	27,6	5,153	1	0,94	88,28	20,89	
1997		42	6	5,735	4,16	5,312	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	49,54	5,153	1	0,94	88,28	51,45	

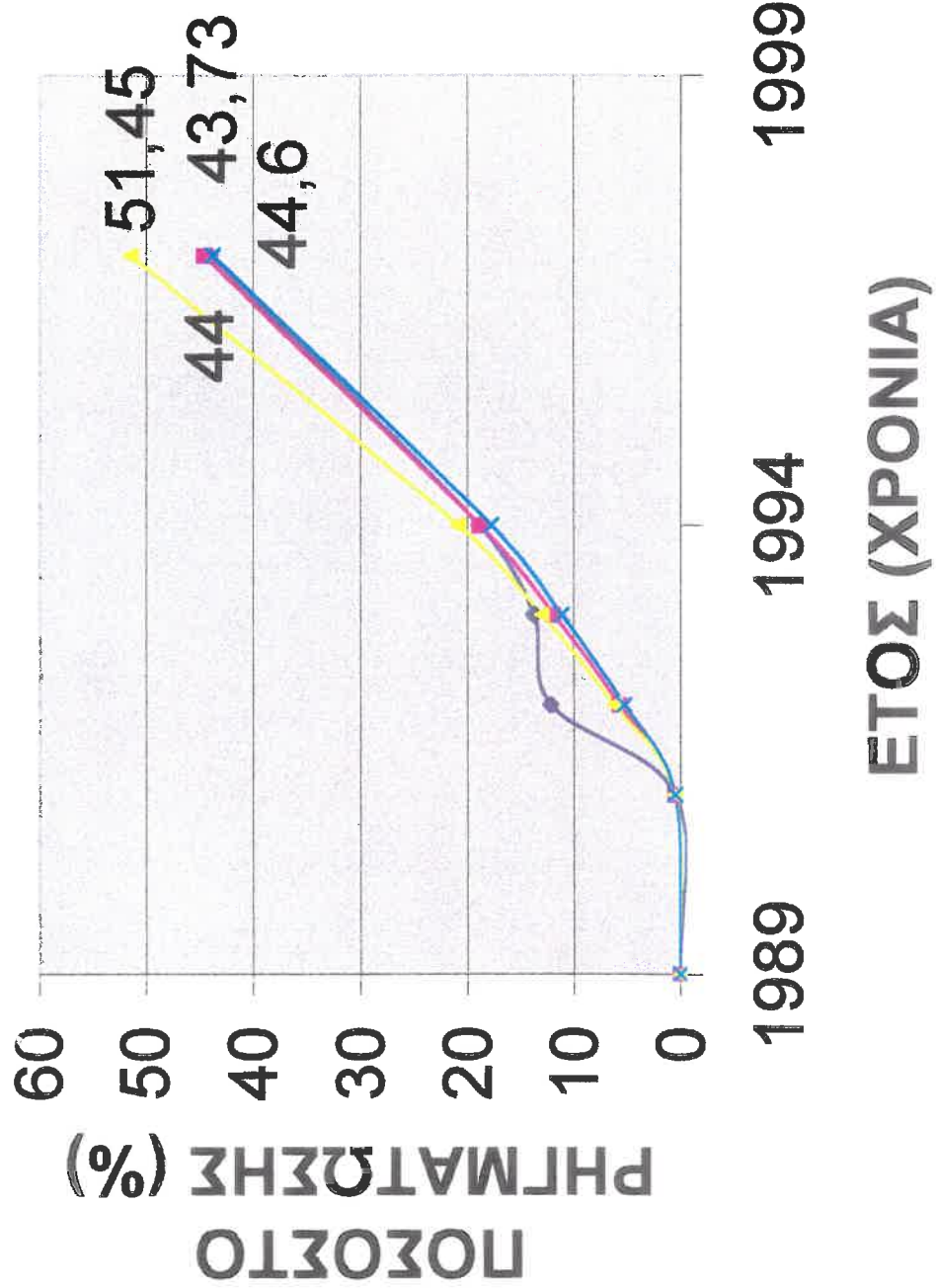
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΑΡ. ΟΔ.	ΕΤΟΣ	Κερ	MMP	EY	SNCd	SNCn	SNCο	CF	QF	Rfthick	Rfqual	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX
			(mm / μην)	(χρ.)				Παρ 5 Πιν 5.2	'=(10)* (11)*(12)	Παρ 5 Πιν 5.4	Παρ 5 Πιν 5.5	Παρ 5 Πιν 5.6	Παρ 5 Πιν 5.7	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5 Πιν 5.8	Παρ 5 Πιν 5.2	(Εκατομ/ λωριδα)	(%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.
1	1991	0,51	42	-	5,735	4,16	5,312	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	-	5,153	1	0,94	88,28	0,5
	1992		42	1	5,735	4,16	5,312	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	14,6	5,153	1	0,94	88,28	5,23
	1993		42	2	5,735	4,16	5,312	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	20,94	5,153	1	0,94	88,28	11,11
	1994		42	3	5,735	4,16	5,312	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	27,6	5,153	1	0,94	88,28	17,76
	1997		42	6	5,735	4,16	5,312	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	49,54	5,153	1	0,94	88,28	43,73

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔΣΤΡ.	Κερ	ΕΤΟΣ (χρόνια)	CRX (%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	Πραγματική Ποσ. Ρηγμ. (%)	Απόκλιση (%) (4) - (5)	Ποσοστό Απόκλισης (6) / (5)
1	0,52	1991	0,5			
		1992	5,65	12,2	-6,55	-0,54
		1993	11,9	13,8	-1,9	-0,14
		1994	18,87	18,9	-0,03	0,00
		1997	44,6	44	0,6	0,01

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔΣΤΡ.	Κερ	ΕΤΟΣ (χρόνια)	CRX (%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	Πραγματική Ποσ. Ρηγμ. (%)	Απόκλιση (%) (4) - (5)	Ποσοστό Απόκλισης (6) / (5)
1	0,6	1991	0,5			
		1992	6,15	12,2	-6,05	-0,50
		1993	13,07	13,8	-0,73	-0,05
		1994	20,89	18,9	1,99	0,11
		1997	51,45	44	7,45	0,17

1	2	3	4	5	6
ΑΡ. ΟΔΣΤΡ.	Κεγ ΕΤΟΣ (χρόνια)	CRX (%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	Πραγματικ. Ποσ. Ρηγμ. (%)	Απόκλιση (%) (4) - (5)	Ποσοστό Απόκλισης (6) / (5)
1	1991	0,51	0,5		
	1992		5,23	12,2	-6,97
	1993		11,11	13,8	-2,69
	1994		17,76	18,9	-1,14
	1997		43,73	44	-0,27
					-0,01

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ARRB ΣΤΟ ΟΔ. 1



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΑΡ.	ΕΤΟΣ	Κερ	ΜΜΡ	ΕΥ	SNCd	SNCn	SNCο	CF	QF	Rfthick	Rfqual	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX
ΟΔ.				(mm / χρ.) μην)				Παρ 5 Πιν 5.2	'=(10)* (11)*(12)	Παρ 5 Πιν 5.4	Παρ 5 Πιν 5.5	Παρ 5 Πιν 5.6	Παρ 5 Πιν 5.7	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5 Πιν 5.8	Παρ 5 Πιν 5.2	(Εκατομ/ λωριδα)	(%) Προβλεπ.
2	1991	0,39	40 -		5,554	4,77	5,144	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	-	4,836	1	0,94	129,75	0,5
	1992		40	1	5,554	4,77	5,144	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	14,6	4,836	1	0,94	129,75	3,95
	1993		40	2	5,554	4,77	5,144	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	20,94	4,836	1	0,94	129,75	8,39
	1994		40	3	5,554	4,77	5,144	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	27,6	4,836	1	0,94	129,75	13,4
	1997		40	6	5,554	4,77	5,144	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	49,54	4,836	1	0,94	129,75	32,89

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΑΡ.	ΕΤΟΣ	Κερ	ΜΜΡ	ΕΥ	SNCD	SNCn	SNCο	CF	QF	Rfthick	Rfqual	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX
ΟΔ.			(mm / μην)	(χρ.)				Παρ 5 Πιν 5.2	'=(10)* (11)*(12)	Παρ 5 Πιν 5.4	Παρ 5 Πιν 5.5	Παρ 5 Πιν 5.6	Παρ 5 Πιν 5.7	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5 Πιν 5.8	Παρ 5 Πιν 5.2	(Εκατομ/ λωριδα)	(%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγγμ.
2	1991	0,4	40	-	5,554	4,77	5,144	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	-	4,836	1	0,94	129,75	0,5
	1992		40	1	5,554	4,77	5,144	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	14,6	4,836	1	0,94	129,75	4,05
	1993		40	2	5,554	4,77	5,144	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	20,94	4,836	1	0,94	129,75	8,6
	1994		40	3	5,554	4,77	5,144	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	27,6	4,836	1	0,94	129,75	13,74
	1997		40	6	5,554	4,77	5,144	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	49,54	4,836	1	0,94	129,75	33,73

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
ΑΡ. ΟΔ.	ΕΤΟΣ	Κατ	ΜΜΡ	ΕΥ	SNCD	SNCn	SNCο	CF	QF	Rfthick	Rfqual	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX	
				(mm / μην)	(χρ.)			Παρ 5 Πιν 5.2	'=(10)* (11)*(12)	Παρ 5 Πιν 5.4	Παρ 5 Πιν 5.5	Παρ 5 Πιν 5.6	Παρ 5 Πιν 5.7	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5 Πιν 5.8	Παρ 5 Πιν 5.2	(Εκατομ/ λωριδα)	(%) Προβλεπ.	
																			Ποσ. Ρηγμ.	
	2	1991	0,5	40	-	5,554	4,77	5,144	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	-	4,836	1	0,94	129,75	0,5
		1992		40	1	5,554	4,77	5,144	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	14,6	4,836	1	0,94	129,75	5,06
	1993		40	2	5,554	4,77	5,144	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	20,94	4,836	1	0,94	129,75	10,76	
	1994		40	3	5,554	4,77	5,144	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	27,6	4,836	1	0,94	129,75	17,17	
	1997		40	6	5,554	4,77	5,144	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	49,54	4,836	1	0,94	129,75	42,17	

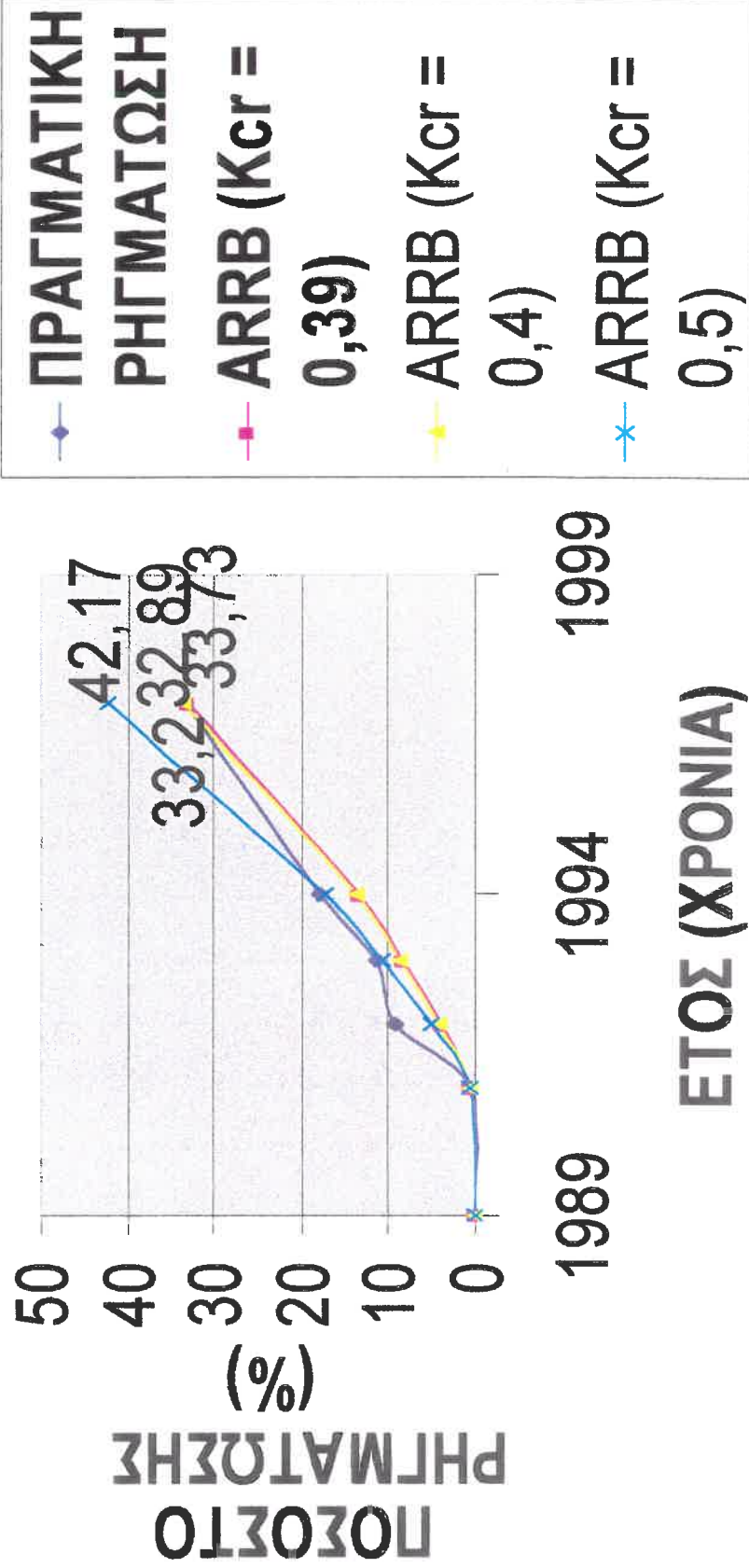
Ποσ. Ρηγμ.

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔΣΤΡ.	Κερ	ΕΤΟΣ (χρόνια)	CRX (%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	Πραγματική Ποσ. Ρηγμ. (%) (4) - (5)	Απόκλιση (%) (4) - (5)	Ποσοστό Απόκλισης (6) / (5)
2	0,39	1991	0,5			
		1992	3,95	9,2	-5,25	-0,57
		1993	8,39	11,2	-2,81	-0,25
		1994	13,4	17,9	-4,5	-0,25
		1997	32,89	33,2	-0,31	-0,01

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔΣΤΡ.	Κερ	ΕΤΟΣ (χρόνια)	CRX (%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	Πραγματική Ποσ. Ρηγμ. (%) (4) - (5)	Απόκλιση (%) (4) - (5)	Ποσοστό Απόκλισης (6) / (5)
2	0,4	1991	0,5			
		1992	4,05	9,2	-5,15	-0,56
		1993	8,6	11,2	-2,6	-0,23
		1994	13,74	17,9	-4,16	-0,23
		1997	33,73	33,2	0,53	0,02

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔΣΤΡ.	Κερ	ΕΤΟΣ (χρόνια)	CRX (%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	Πραγματική Ποσ. Ρηγμ. (%) (3) - (4) (5) / (4)	Απόκλιση	Ποσοστό Απόκλισης
2	0,5	1991	0,5			
		1992	5,06	9,2	-4,14	-0,45
		1993	10,76	11,2	-0,44	-0,04
		1994	17,17	17,9	-0,73	-0,04
		1997	42,17	33,2	8,97	0,27

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ARRB ΣΤΟ ΟΔ. 2



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΑΡ. ΕΤΟΣ	Κερ	ΜΜΡ	ΕΥ	SNCD	SNCn	SNCd	SNCn	CF	QF	Rfthick	Rfqual	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX
ΟΔ.			(mm / μην)					Παρ 5 Πιν 5.2	'=(10)* (11)*(12)	Παρ 5 Πιν 5.4	Παρ 5 Πιν 5.5	Παρ 5 Πιν 5.6	Παρ 5 Πιν 5.7	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5 Πιν 5.8	Παρ 5 Πιν 5.2	(Εκατομ/ λωριδα)	Προβλεπ.
3	1991	0,31	40 -	5,124	4,5	5,124	4,5	4,746	1,07	0,8656	0,97	0,97	1 -	-	4,461	1	0,94	103,03	0,5
	1992		40	1 5,124	4,5	5,124	4,5	4,746	1,07	0,8656	0,97	0,97	1	14,6	4,461	1	0,94	103,03	3,12
	1993		40	2 5,124	4,5	5,124	4,5	4,746	1,07	0,8656	0,97	0,97	1	20,94	4,461	1	0,94	103,03	6,6
	1994		40	3 5,124	4,5	5,124	4,5	4,746	1,07	0,8656	0,97	0,97	1	27,6	4,461	1	0,94	103,03	10,5
	1997		40	6 5,124	4,5	5,124	4,5	4,746	1,07	0,8656	0,97	0,97	1	49,54	4,461	1	0,94	103,03	25,35

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΑΡ. ΕΤΟΣ	Κερ	ΜΜΡ	ΕΥ	SNCD	SNCn	SNCD	SNCn	CF	QF	Rfthick	Rfqual	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX
ΟΔ.			(mm / μην)					Παρ 5 Πιν 5.2	'=(10)* (11)*(12)	Παρ 5 Πιν 5.4	Παρ 5 Πιν 5.5	Παρ 5 Πιν 5.6	Παρ 5 Πιν 5.7	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5 Πιν 5.8	Παρ 5 Πιν 5.2	(Εκατομ/ λωριδα)	Προβλεπ.
3	1991	0,32	40 -	5,124	4,5	5,124	4,5	4,746	1,07	0,8656	0,97	0,97	1 -	-	4,461	1	0,94	103,03	0,5
	1992		40	1 5,124	4,5	5,124	4,5	4,746	1,07	0,8656	0,97	0,97	1	14,6	4,461	1	0,94	103,03	3,22
	1993		40	2 5,124	4,5	5,124	4,5	4,746	1,07	0,8656	0,97	0,97	1	20,94	4,461	1	0,94	103,03	6,82
	1994		40	3 5,124	4,5	5,124	4,5	4,746	1,07	0,8656	0,97	0,97	1	27,6	4,461	1	0,94	103,03	10,84
	1997		40	6 5,124	4,5	5,124	4,5	4,746	1,07	0,8656	0,97	0,97	1	49,54	4,461	1	0,94	103,03	26,17

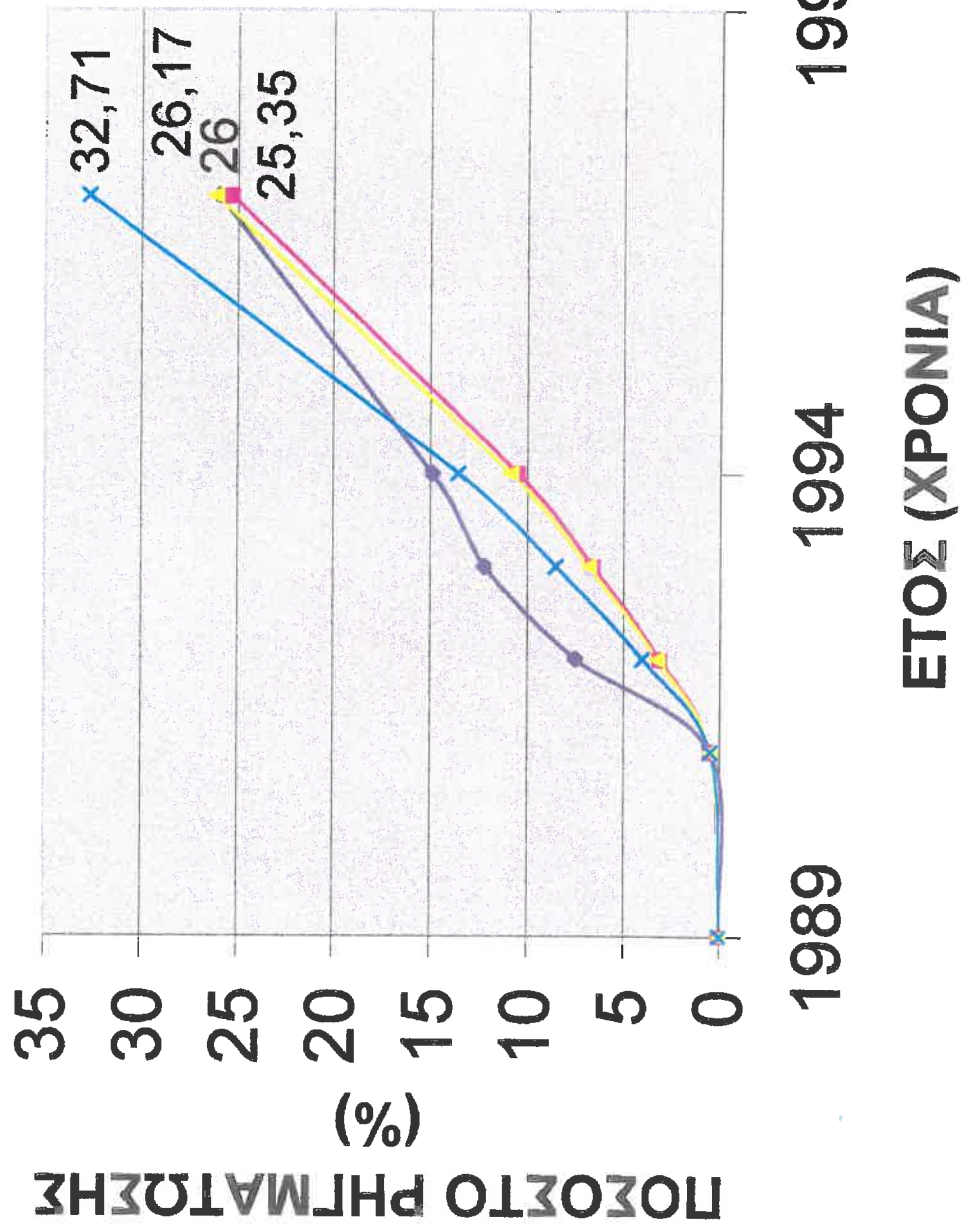
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
ΑΡ. ΕΤΟΣ ΟΔ.	ΕΤΟΣ	Κερ	MMP	EY	SNCd	SNCn	SNCο	CF	QF	Rfthick	Rfqual	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX		
				(mm /																	
				χρ.)																	
				μην)																	
3	1991	0,4	40	-	5,124	4,5	4,746	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	-	4,461	1	0,94	103,03	0,5		
	1992		40	1	5,124	4,5	4,746	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	14,6	4,461	1	0,94	103,03	4,03		
	1993		40	2	5,124	4,5	4,746	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	20,94	4,461	1	0,94	103,03	8,52		
	1994		40	3	5,124	4,5	4,746	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	27,6	4,461	1	0,94	103,03	13,55		
	1997		40	6	5,124	4,5	4,746	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	49,54	4,461	1	0,94	103,03	32,71		

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔΣΤΡ.	Κερ	ΕΤΟΣ (χρόνια)	CRX (%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	Πραγματικ Ποσ. Ρηγμ. (%) (4) - (5)	Απόκλιση (%) (6) / (5)	Ποσοστό Απόκλισης
3	0,31	1991	0,5			
		1992	3,12	7,5	-4,38	-0,58
		1993	6,6	12,2	-5,6	-0,46
		1994	10,5	14,9	-4,4	-0,30
		1997	25,35	26	-0,65	-0,02

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔΣΤΡ.	Κερ	ΕΤΟΣ (χρόνια)	CRX (%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	Πραγματικ Ποσ. Ρηγμ. (%) (3) - (4)	Απόκλιση (%) (5) / (4)	Ποσοστό Απόκλισης
3	0,32	1991	0,5			
		1992	3,22	7,5	-4,28	-0,57
		1993	6,82	12,2	-5,38	-0,44
		1994	10,84	14,9	-4,06	-0,27
		1997	26,17	26	0,17	0,01

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔΣΤΡ.	Κερ	ΕΤΟΣ (χρόνια)	CRX (%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	Πραγματικ. Ποσ. Ρηγμ. (%) (4) - (5)	Απόκλιση (%) (6) / (5)	Ποσοστό Απόκλισης
3	0,4	1991	0,5			
		1992	4,03	7,5	-3,47	-0,46
		1993	8,52	12,2	-3,68	-0,30
		1994	13,55	14,9	-1,35	-0,09
		1997	32,71	26	6,71	0,26

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ARRB ΣΤΟ ΟΔ. 3



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΑΡ.	ΕΤΟΣ	Κερ	MMP	EY	SNCd	SNCn	SNCo	CF	QF	Rfthick	Rfqual	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX
ΟΔ.			(mm / μην)	(χρ.)				Παρ 5 Πιν 5.2	'=(10)* (11)*(12)	Παρ 5 Πιν 5.4	Παρ 5 Πιν 5.5	Παρ 5 Πιν 5.6	Παρ 5 Πιν 5.7	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5 Πιν 5.8	Παρ 5 Πιν 5.2	(Εκατομ/ λωριδα)	(%) Προβλεπ.
4	1991	0,34	41	-	5,244	4,62	4,853	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	-	4,562	1	0,94	119,50	0,5
	1992		41	1	5,244	4,62	4,853	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	14,6	4,562	1	0,94	119,50	3,44
	1993		41	2	5,244	4,62	4,853	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	20,94	4,562	1	0,94	119,50	7,27
	1994		41	3	5,244	4,62	4,853	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	27,6	4,562	1	0,94	119,50	11,56
	1997		41	6	5,244	4,62	4,853	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	49,54	4,562	1	0,94	119,50	27,87

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΑΡ.	ΕΤΟΣ	Κερ	MMP	EY	SNCd	SNCn	SNCo	CF	QF	Rfthick	Rfqual	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX
ΟΔ.			(mm / μην)	(χρ.)				Παρ 5 Πιν 5.2	'=(10)* (11)*(12)	Παρ 5 Πιν 5.4	Παρ 5 Πιν 5.5	Παρ 5 Πιν 5.6	Παρ 5 Πιν 5.7	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5 Πιν 5.8	Παρ 5 Πιν 5.2	(Εκατομ/ λωριδα)	(%) Προβλεπ.
4	1991	0,35	41	-	5,244	4,62	4,853	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	-	4,562	1	0,94	119,50	0,5
	1992		41	1	5,244	4,62	4,853	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	14,6	4,562	1	0,94	119,50	3,54
	1993		41	2	5,244	4,62	4,853	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	20,94	4,562	1	0,94	119,50	7,49
	1994		41	3	5,244	4,62	4,853	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	27,6	4,562	1	0,94	119,50	11,9
	1997		41	6	5,244	4,62	4,853	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	49,54	4,562	1	0,94	119,50	28,69

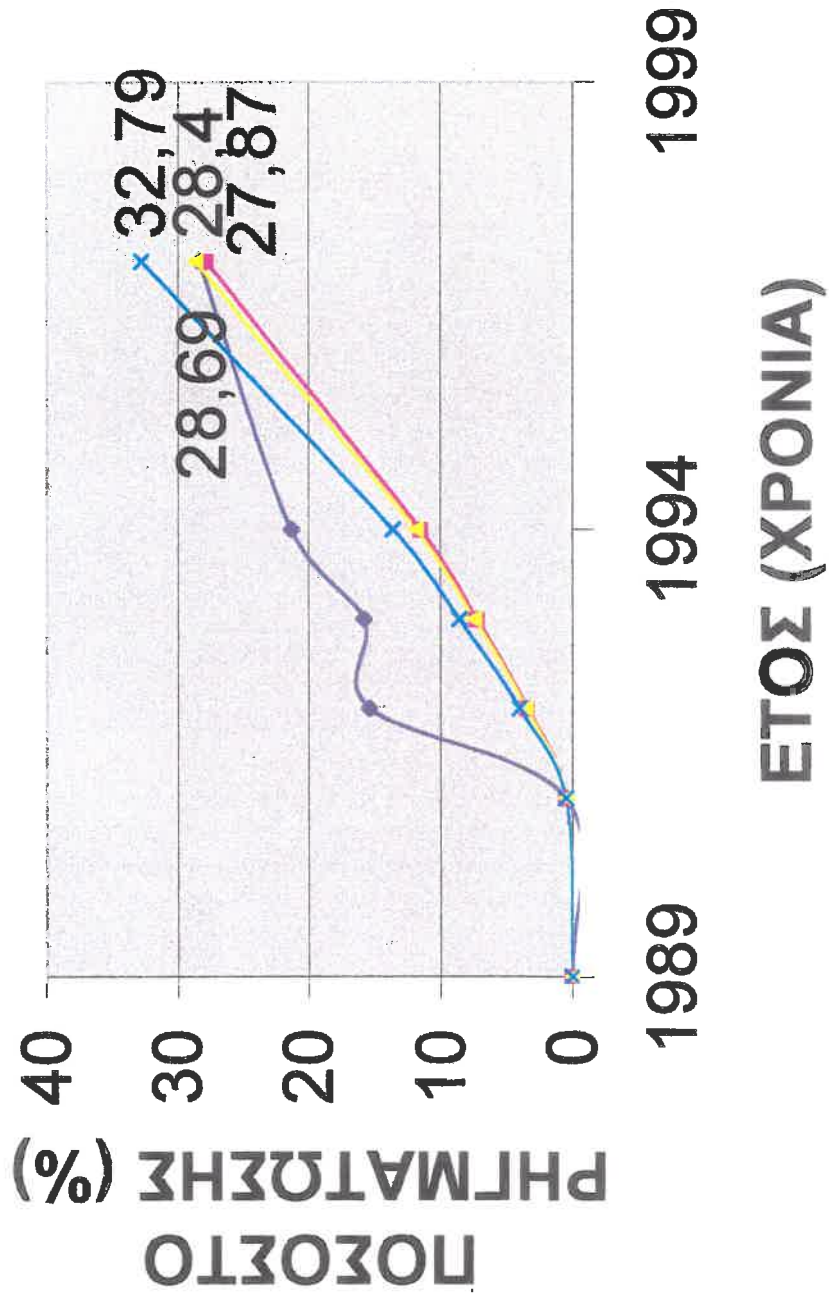
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΑΡ.	ΕΤΟΣ	Κατ	MMP	EY	SNCd	SNCn	SNCο	CF	QF	Rfthick	Rfquali	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX
ΟΔ.				(mm / χρ.) μην)				Παρ 5 Πιν 5.2	'=(10)* (11)*(12)	Παρ 5 Πιν 5.4	Παρ 5 Πιν 5.5	Παρ 5 Πιν 5.6	Παρ 5 Πιν 5.7	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5 Πιν 5.8	Παρ 5 Πιν 5.2	(Εκατομ/ λωριδα)	(%) Προβλεπ.
4	1991	0,4	41	-	5,244	4,62	4,853	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	-	4,562	1	0,94	119,50	0,5
	1992		41	1	5,244	4,62	4,853	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	14,6	4,562	1	0,94	119,50	4,04
	1993		41	2	5,244	4,62	4,853	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	20,94	4,562	1	0,94	119,50	8,56
	1994		41	3	5,244	4,62	4,853	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	27,6	4,562	1	0,94	119,50	13,6
	1997		41	6	5,244	4,62	4,853	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	49,54	4,562	1	0,94	119,50	32,79

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔΣΤΡ.	Κερ	ΕΤΟΣ (χρόνια)	CRX (%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	Πραγματική Ποσ. Ρηγμ. (%) (4) - (5)	Ποσοστό Απόκλισης (%) (6) / (5)	
4	0,34	1991	0,5			
		1992	3,44	15,4	-11,96	-0,78
		1993	7,27	15,8	-8,53	-0,54
		1994	11,56	21,3	-9,74	-0,46
		1997	27,87	28,4	-0,53	-0,02

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔΣΤΡ.	Κερ	ΕΤΟΣ (χρόνια)	CRX (%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	Πραγματική Ποσ. Ρηγμ. (%) (4) - (5)	Ποσοστό Απόκλισης (%) (6) / (5)	
4	0,35	1991	0,5			
		1992	3,54	15,4	-11,86	-0,77
		1993	7,49	15,8	-8,31	-0,53
		1994	11,9	21,3	-9,4	-0,44
		1997	28,69	28,4	0,29	0,01

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔΣΤΡ.	Κεγ	ΕΤΟΣ (χρόνια)	CRX (%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	Πραγματική Ποσ. Ρηγμ. (%) (4) - (5) (%)	Απόκλιση (6) / (5)	Ποσοστό Απόκλισης
4	0,4	1991	0,5			
		1992	4,04	15,4	-11,36	-0,74
		1993	8,56	15,8	-7,24	-0,46
		1994	13,6	21,3	-7,7	-0,36
		1997	32,79	28,4	4,39	0,15

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ARRB ΓΙΑ ΟΔ. 4



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
ΑΡ. ΟΔ.	ΕΤΟΣ	Κερ	MMP	EY	SNCd	SNCn	SNCο	CF	QF	Rfthick	Rfqual	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX	
				(mm / χρ.) μην)				Παρ 5 Πιν 5.2	'=(10)* (11)*(12)	Παρ 5 Πιν 5.4	Παρ 5 Πιν 5.5	Παρ 5 Πιν 5.6	Παρ 5 Πιν 5.7	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5 Πιν 5.8	Παρ 5 Πιν 5.2	(Εκατομ/ λωριδα)	(%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	
	5	1991	0,3	38	-	5,714	4,33	5,292	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	-	4,975	1	0,94	94,77	0,5
		1992		38	1	5,714	4,33	5,292	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	14,6	4,975	1	0,94	94,77	3,1
		1993		38	2	5,714	4,33	5,292	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	20,94	4,975	1	0,94	94,77	6,69
	1994		38	3	5,714	4,33	5,292	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	27,6	4,975	1	0,94	94,77	10,9	
	1997		38	6	5,714	4,33	5,292	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	49,54	4,975	1	0,94	94,77	29,46	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΑΡ. ΕΤΟΣ ΟΔ.	ΕΤΟΣ	Κερ	MMP	EY	SNCd	SNCn	SNCo	CF	QF	Rfthick	Rfqual	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX
				(mm / μην)				Παρ 5 Πιν 5.2	'=(10)* (11)*(12)	Παρ 5 Πιν 5.4	Παρ 5 Πιν 5.5	Παρ 5 Πιν 5.6	Παρ 5 Πιν 5.7	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5 Πιν 5.8	Παρ 5 Πιν 5.2	(Εκατομ/ λωριδα)	(%) Προβλεπ.
5	1991	0,31	38	-	5,714	4,33	5,292	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	-	4,975	1	0,94	94,77	0,5
	1992		38	1	5,714	4,33	5,292	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	14,6	4,975	1	0,94	94,77	3,2
	1993		38	2	5,714	4,33	5,292	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	20,94	4,975	1	0,94	94,77	6,92
	1994		38	3	5,714	4,33	5,292	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	27,6	4,975	1	0,94	94,77	11,27
	1997		38	6	5,714	4,33	5,292	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	49,54	4,975	1	0,94	94,77	30,44

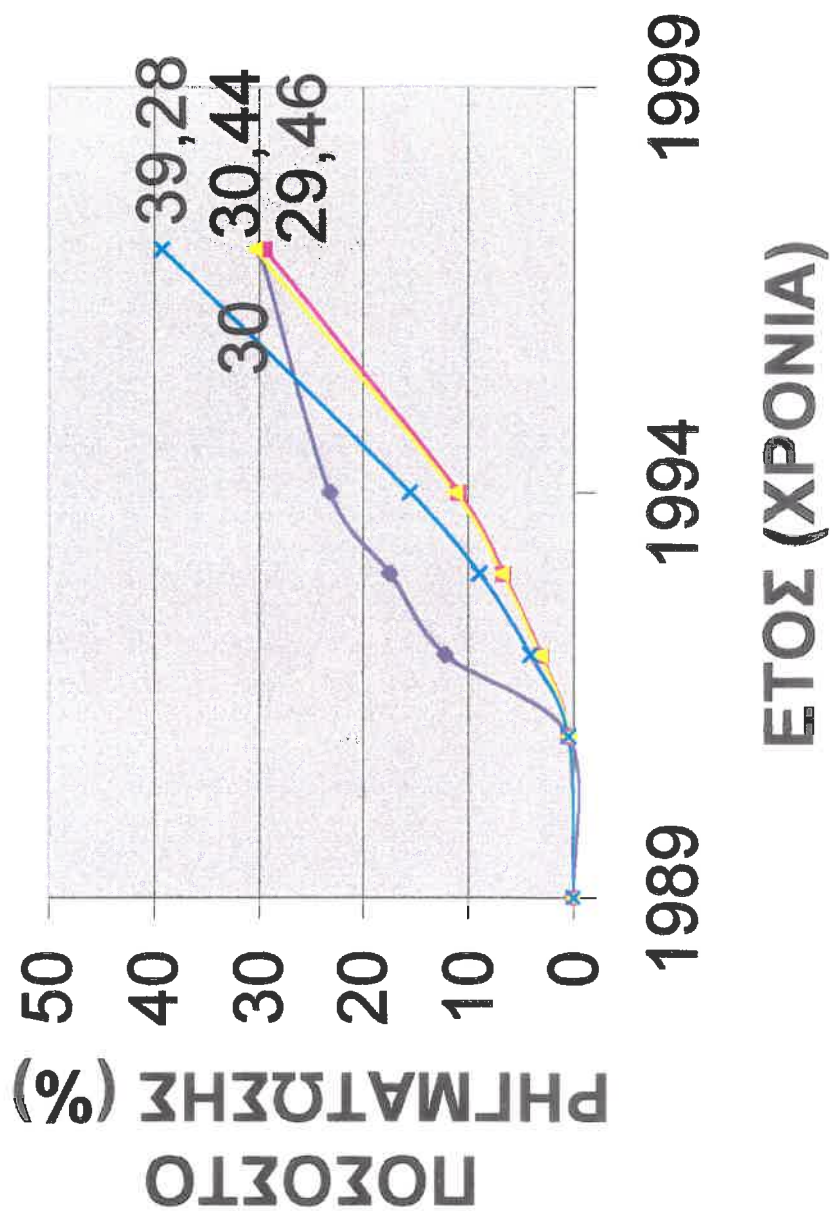
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
ΑΡ. ΟΔ.	ΕΤΟΣ	Κατ	ΜΜΡ	ΕΥ	SNCD	SNCn	SNCο	CF	QF	Rfthick	Rfqual	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX	
				(mm / μην)	(χρ.)			Παρ 5 Πιν 5.2	'=(10)* (11)*(12)	Παρ 5 Πιν 5.4	Παρ 5 Πιν 5.5	Παρ 5 Πιν 5.6	Παρ 5 Πιν 5.7	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5 Πιν 5.8	Παρ 5 Πιν 5.2	(Εκατομ/ λωριδα)	(%) Προβλεπ.	
	5	1991	0,4	38	-	5,714	4,33	5,292	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	-	4,975	1	0,94	94,77	0,5
		1992		38	1	5,714	4,33	5,292	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	14,6	4,975	1	0,94	94,77	4,13
		1993		38	2	5,714	4,33	5,292	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	20,94	4,975	1	0,94	94,77	8,92
	1994		38	3	5,714	4,33	5,292	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	27,6	4,975	1	0,94	94,77	15,55	
	1997		38	6	5,714	4,33	5,292	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	49,54	4,975	1	0,94	94,77	39,28	

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔΣΤΡ.	Κερ	ΕΤΟΣ (χρόνια)	CRX (%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	Πραγματική Ποσ. Ρηγμ. (%)	Απόκλιση (%) (4) - (5)	Ποσοστό Απόκλισης (5) / (4)
5	0,3	1991	0,5			
		1992	3,1	12,2	-9,1	-0,75
		1993	6,69	17,5	-10,81	-0,62
		1994	10,9	23,2	-12,3	-0,53
		1997	29,46	30	-0,54	-0,02

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔΣΤΡ.	Κερ	ΕΤΟΣ (χρόνια)	CRX (%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	Πραγματική Ποσ. Ρηγμ. (%)	Απόκλιση (%) (4) - (5)	Ποσοστό Απόκλισης (6) / (5)
5	0,31	1991	0,5			
		1992	3,2	12,2	-9	-0,74
		1993	6,92	17,5	-10,58	-0,60
		1994	11,27	23,2	-11,93	-0,51
		1997	30,44	30	0,44	0,01

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔΣΤΡ.	Κεγ	ΕΤΟΣ (χρόνια)	CRX (%) Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	Πραγματικ. Ποσ. Ρηγμ. (%) (4) - (5) (%)	Απόκλιση (6) / (5)	Ποσοστό Απόκλισης
5	0,4	1991	0,5			
		1992	4,13	12,2	-8,07	-0,66
		1993	8,92	17,5	-8,58	-0,49
		1994	15,55	23,2	-7,65	-0,33
		1997	39,28	30	9,28	0,31

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ARRB ΓΙΑ ΟΔ. 5



Από την ανάλυση προέκυψε ότι το προσομοίωμα ARRB αδυνατεί να δώσει σωστές προβλέψεις για την εξέλιξη της ρηγμάτωσης στα πρώτα έτη, Συγκεκριμένα υποεκτιμά το ποσοστό ρηγμάτωσης στα πρώτα χρόνια. Μπορεί όμως να δώσει σωστότερες προβλέψεις για τα τελευταία έτη. Με βάση τη σωστή πρόβλεψη για το τελευταίο έτος θα γίνει η επιλογή για την καταλληλότερη τιμή του συντελεστή. Έτσι για τα πέντε πρώτα οδοστρώματα επιλέχθηκαν οι εξής τιμές για τον συντελεστή K_{cr} ως καταλληλότερες :

Για το οδόστρωμα 1, $K_{cr} = 0.52$

Για το οδόστρωμα 2, $K_{cr} = 0.39$

Για το οδόστρωμα 3, $K_{cr} = 0.32$

Για το οδόστρωμα 4, $K_{cr} = 0.35$

Για το οδόστρωμα 5, $K_{cr} = 0.31$

Η μέση τιμή των πιο πάνω τιμών είναι $K_{cr} = (0,52+0,39+0,32+0,35+0,31) = 1,89 / 5 = 0,38$

Με αυτή την τιμή θα εφαρμοσθεί στη συνέχεια το προσομοίωμα ARRB στα οδοστρώματα 6 έως 9, για να διαπιστωθεί κατά πόσο δίνει αξιόπιστες προβλέψεις. Η προσαρμοσμένη σχέση που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι η εξής :

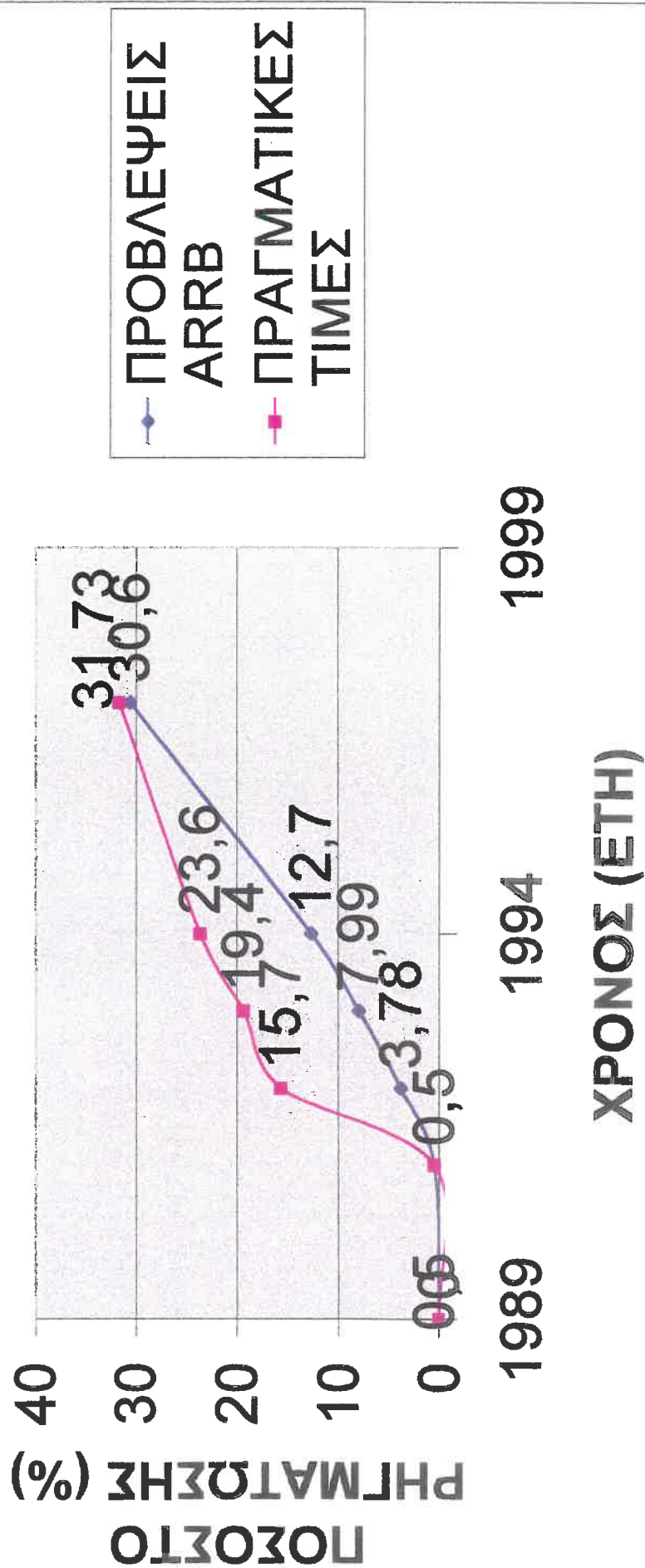
$$CRX = 0,38 * 100 * (EXP^{(0,0005 * EY * (MMP * 135) * SNCd / SNCn)} - 1)$$

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

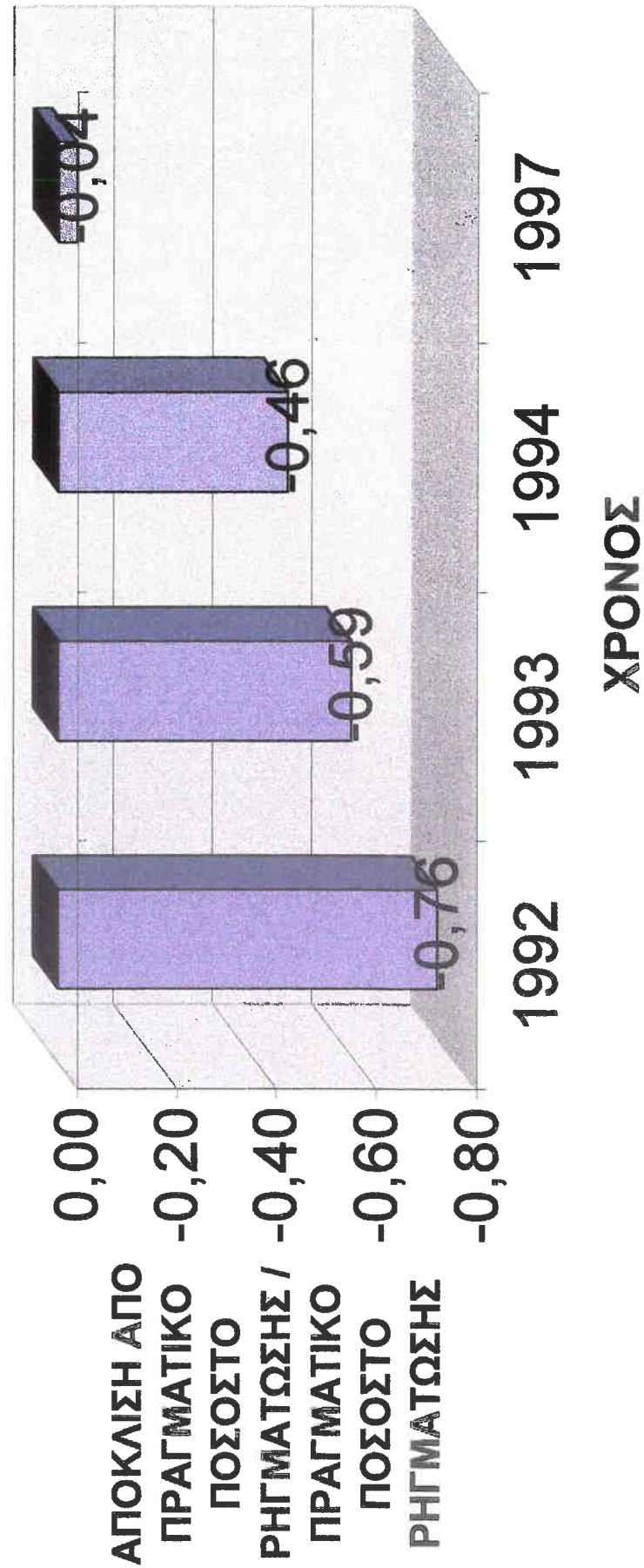
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΑΡ. ΟΔ.	ΕΤΟΣ	Κερ	MMP	EY	SNCd	SNCn	SNCο	CF	QF	Rfthick	Rfqual	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX
			(mm / μην)	(χρ.)				Παρ 5	Παρ 5	Παρ 5	Παρ 5	Παρ 5	Παρ 5	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5	Παρ 5	(Εκατομ/ λωριδα)	(%)
								Πιν 5.2	(11)*(12)	Πιν 5.4	Πιν 5.5	Πιν 5.6	Πιν 5.7			Πιν 5.8			Προβλεπ.
6	1991	0,38	38	-	5,41	4,936088	5,011	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	-	4,71	1	0,94	135,37	0,5
	1992		38	1	5,41	4,936088	5,011	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	14,6	4,71	1	0,94	135,37	3,78
	1993		38	2	5,41	4,936088	5,011	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	20,94	4,71	1	0,94	135,37	7,99
	1994		38	3	5,41	4,936088	5,011	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	27,6	4,71	1	0,94	135,37	12,7
	1997		38	6	5,41	4,936088	5,011	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	49,54	4,71	1	0,94	135,37	30,6

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔ.	Κερ	ΕΤΟΣ	CRX	Πραγμ. Ποσ. Ρ. (%)	Απόκλιση (%)	Ποσοστό Απόκλιση, (%)
		(χρόνια)	Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.	(%)	(4) - (5)	(6) / (5)
6	0,38	1991	0,5			
		1992	3,78	15,7	-11,92	-0,76
		1993	7,99	19,4	-11,41	-0,59
		1994	12,7	23,6	-10,9	-0,46
		1997	30,6	31,73	-1,13	-0,04

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ ARRΒ ΓΙΑ ΕΞΕΛΙΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΣΤΟ ΟΔ.6



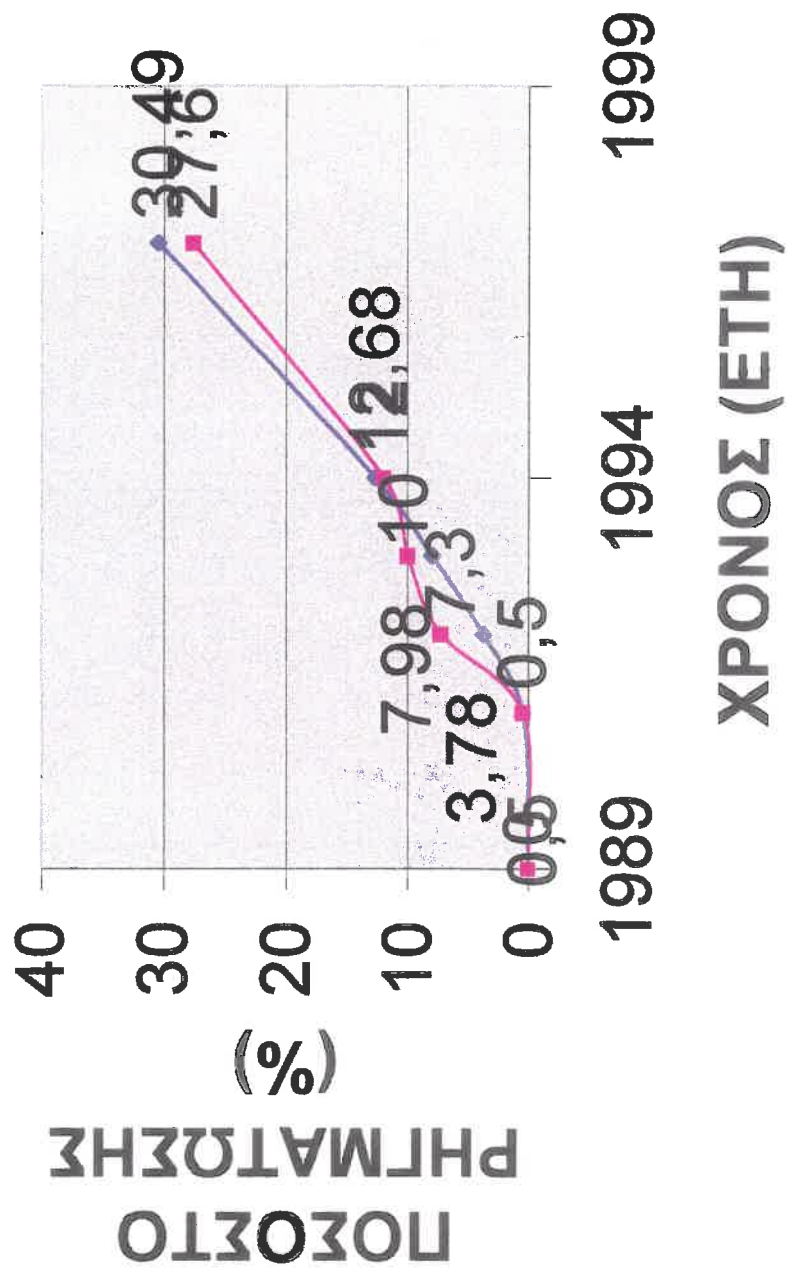
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΑΠΟ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΟΔ. 6



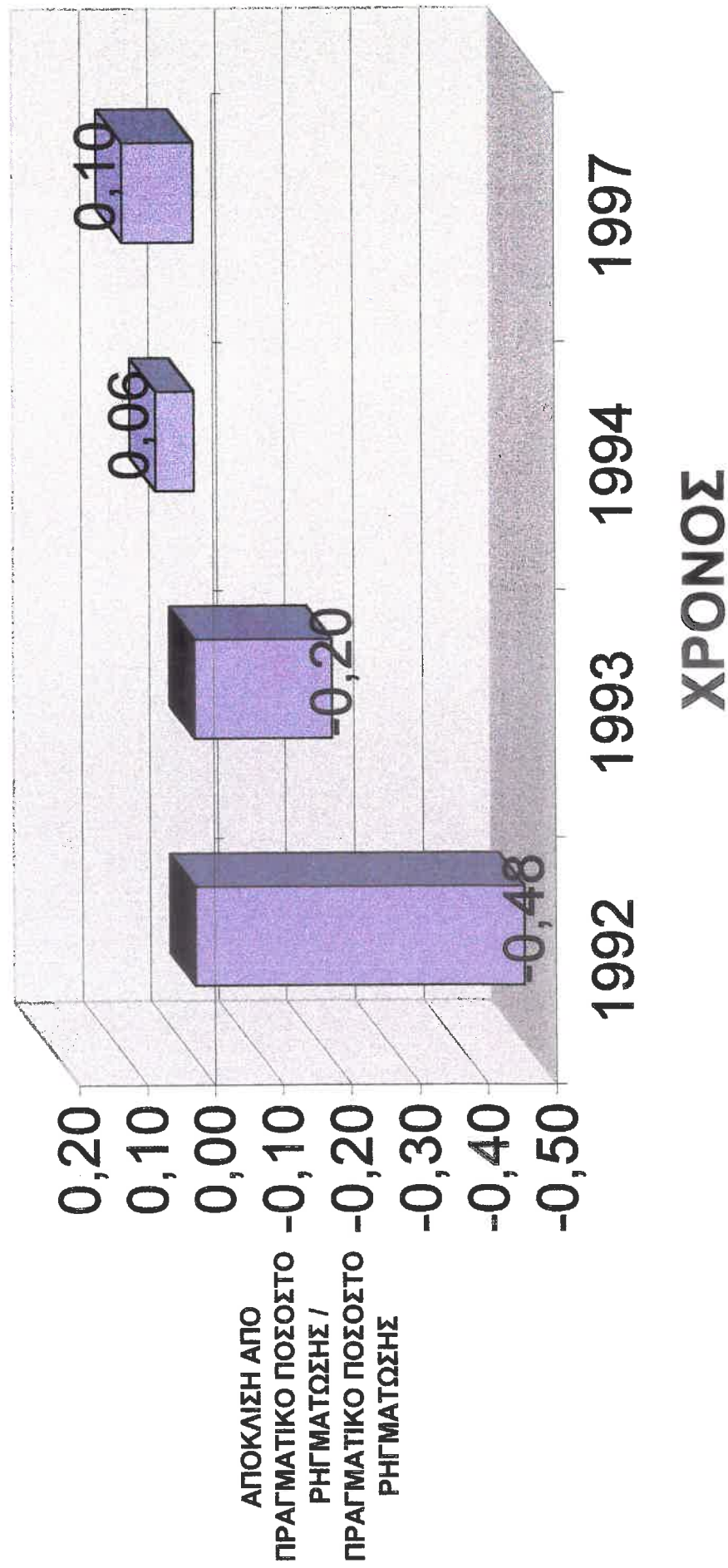
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΑΡ. ΕΤΟΣ	Κερ	Κερ	MMP	EY	SNCD	SNCDn	SNCo	CF	QF	Rfthick	Rfquali	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX
ΟΔ.			(mm / μην)	(Χρ.)				Παρ 5 Πιν 5.2	=(10)* (11)*(12)	Παρ 5 Πιν 5.4	Παρ 5 Πιν 5.5	Παρ 5 Πιν 5.6	Παρ 5 Πιν 5.7	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5 Πιν 5.8	Παρ 5 Πιν 5.2	(Εκατομ/ λωριδα)	(%) Προβλεπ.
7	1991	0,38	38	-	5,359	4,893144	4,963	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	-	4,666	1	0,94	132,41	0,5
	1992		38	1	5,359	4,893144	4,963	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	14,6	4,666	1	0,94	132,41	3,78
	1993		38	2	5,359	4,893144	4,963	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	20,94	4,666	1	0,94	132,41	7,98
	1994		38	3	5,359	4,893144	4,963	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	27,6	4,666	1	0,94	132,41	12,68
	1997		38	6	5,359	4,893144	4,963	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	49,54	4,666	1	0,94	132,41	30,49

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔ.,	Κερ	ΕΤΟΣ	CRX	Πραγμ. Ποσ. Ρ. (%)	Απόκλιση (%) (4) - (5)	Ποσοστό Απόκλιση. (6) / (5)
		(χρόνια)	(%)			
		Προβλεπ.				
		Ποσ. Ρηγμ.				
7	0,38	1991	0,5			
		1992	3,78	7,3	-3,52	-0,48
		1993	7,98	10	-2,02	-0,20
		1994	12,68	12	0,68	0,06
		1997	30,49	27,6	2,89	0,10

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ ARRB ΓΙΑ ΕΞΕΛΙΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΣΤΟ ΟΔ.7



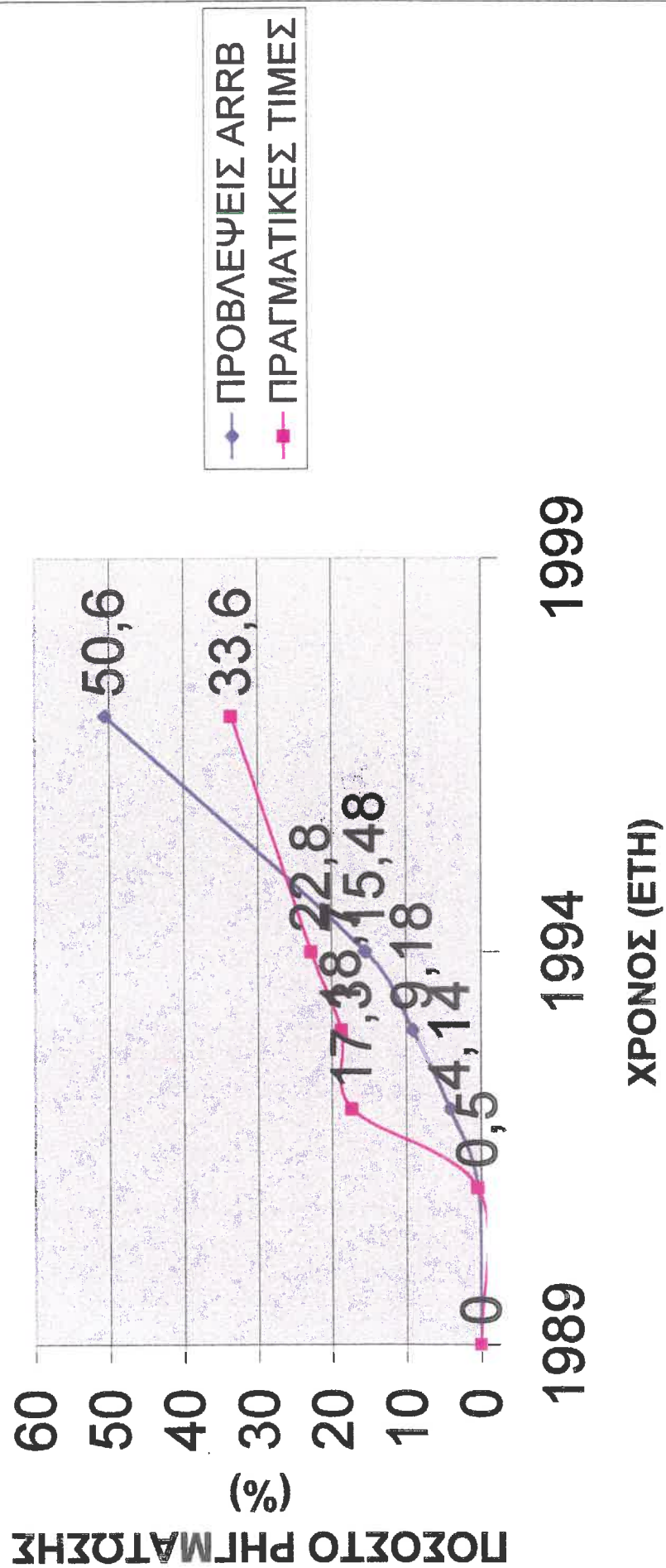
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΑΠΟ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΟΔ. 7



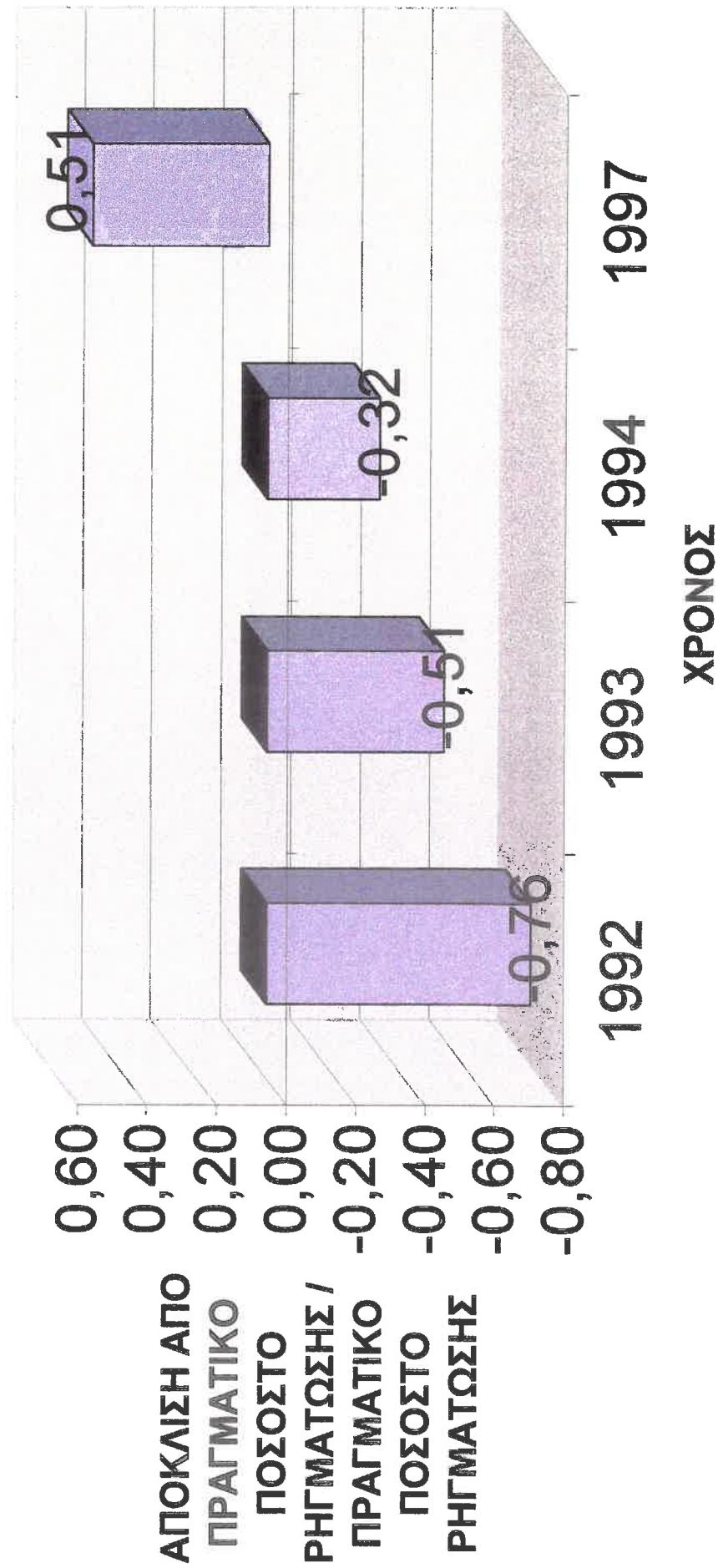
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ΑΡ. ΟΔ.	ΕΤΟΣ	Κερ	ΜΜΡ	ΕΥ	SNCD	SNCn	SNCo	CF	QF	Rfthick	Rfqual	Rfcom	DQ	Lt	SNCb	DM	SF	CAPb	CRX
			(mm / μην)	(χρ.)				Παρ 5	=(10)*	Παρ 5	Παρ 5	Παρ 5	Παρ 5	(Εκατομ/ λωριδα)		Παρ 5	Παρ 5	(Εκατομ/ λωριδα)	(%)
								Πιν 5.2	(11)*(12)	Πιν 5.4	Πιν 5.5	Πιν 5.6	Πιν 5.7			Πιν 5.8	Πιν 5.2		Προβλεπ.
9	1991	0,38	40	-	5,962	5,043714	5,522	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	-	5,19	1	0,94	22,43	0,5
	1992		40	1	5,962	5,043714	5,522	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	14,6	5,19	1	0,94	22,43	4,14
	1993		40	2	5,962	5,043714	5,522	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	20,94	5,19	1	0,94	22,43	9,18
	1994		40	3	5,962	5,043714	5,522	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	27,6	5,19	1	0,94	22,43	15,48
	1997		40	6	5,962	5,043714	5,522	1,07	0,8656	0,97	0,92	0,97	1	49,54	5,19	1	0,94	22,43	50,6

1	2	3	4	5	6	7
ΑΡ. ΟΔ.	Κερ	ΕΤΟΣ	CRX	Πραγμ Ποσ. Ρ. (%)	Απόκλιση (%)	Ποσοστό Απόκλιση.
		(χρόνια)	Προβλεπ. Ποσ. Ρηγμ.		(4) - (5)	(6) / (5)
9	0,38	1991	0,5			
		1992	4,14	17,3	-13,16	-0,76
		1993	9,18	18,7	-9,52	-0,51
		1994	15,48	22,8	-7,32	-0,32
		1997	50,6	33,6	17	0,51

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ ARRB ΓΙΑ ΕΞΕΛΙΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΣΤΟ ΟΔ. 9



ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΑΠΟ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΟΔ. 9



Από την ανάλυση, εντύπωση προκαλεί το γεγονός πως το προσομοίωμα αδυνατεί κατ' αρχήν να δώσει οποιαδήποτε πρόβλεψη για το οδόστρωμα υπ' αριθμόν 8, το οποίο έχει δομικό αριθμό 6,076. Είναι το μοναδικό από τα οδοστρώματα που έχει δομικό αριθμό μεγαλύτερο του έξι. Όσο για τα υπόλοιπα, το προσομοίωμα δίνει καλές προβλέψεις για τα τελευταία έτη των οδοστρωμάτων 6 και 7, ενώ δίνει προβλέψεις με μεγάλες υποεκτιμήσεις για τα πρώτα έτη. Για το οδόστρωμα 9, το οποίο έχει δομικό αριθμό 5,962 δηλαδή πλησιάζει το 6, το προσομοίωμα δεν δίνει επίσης καλή πρόβλεψη, ούτε για τα πρώτα έτη (υποεκτίμηση), ούτε για τα τελευταία έτη (υπερεκτίμηση). Το προσομοίωμα δεν λειτουργεί για μεγάλους δομικούς αριθμούς (μεγαλύτερους του έξι) και αυτό, όπως και άλλες παρατηρήσεις αναφέρονται πιο αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

2η Ανάλυση με δομικούς αριθμούς από σχέση Paterson

(Δομικοί αριθμοί που προέκυψαν στηριζόμενοι στην κεντρική παραμόρφωση με FWD)

Οι δομικοί αριθμοί που προέκυψαν για τα οδοστρώματα χρησιμοποιώντας αυτή τη σχέση, είναι όλοι μεγαλύτεροι του 6. Επομένως η σχέση του προσομοιώματος δεν δίνει αποτέλεσμα για κανένα οδόστρωμα για αυτές τις τιμές των δομικών αριθμών.

7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τη διάρκεια των εργασιών ανάγνωσης, μετάφρασης, κατανόησης και εφαρμογής των προσομοιωμάτων HDM-4, PARIS και ARRB, αντιμετωπίστηκαν διάφορα προβλήματα, διαπιστώθηκαν ιδιαιτερότητες, μειονεκτήματα καθώς και προτερήματα μερικών προσομοιωμάτων έναντι άλλων. Αναπτύχθηκαν κριτικές σκέψεις τόσο πάνω στα προσομοιώματα πρόβλεψης εξέλιξης ρηγμάτωσης, όσο και γενικότερα πάνω στα τρία αυτά προγράμματα. Όλα αυτά θα σχολιαστούν παρακάτω σε αυτό το κεφάλαιο.

7.2 ΓΕΝΙΚΟΣ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΩΝ

7.2.1 PARIS

Το πρόγραμμα PARIS προέκυψε από δεδομένα που προήλθαν από οδοστρώματα ευρωπαϊκών χωρών, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα. Άρα αναφέρεται στις ευρωπαϊκές συνθήκες (συνεπώς και στις ελληνικές) και αυτό αποτελεί και το μεγάλο του πλεονέκτημα κατά την εφαρμογή και προσαρμογή του στη χώρα μας.

Σημαντικό του προτέρημα αποτελεί το γεγονός ότι για να εφαρμοσθεί και να δώσει προβλέψεις απαιτεί πολύ λίγα και βασικά δεδομένα. Για όλα τα προσομοιώματα εξέλιξης φθοράς απαιτούνται σχετικά λίγα δεδομένα. Ειδικά για το προσομοίωμα πρόβλεψης της εξέλιξης ρηγμάτωσης απαιτούνται μόνο η ηλικία του οδοστρώματος και το ποσό και είδος ρηγμάτωσης σε τομείς οδοστρωμάτων 100 m. Για το προσομοίωμα πρόβλεψης έναρξης της ρηγμάτωσης απαιτούνται η κυκλοφοριακή κίνηση για την περίοδο μελέτης και μετρήσεις της παραμόρφωσης του οδοστρώματος με τη μέθοδο του παραμορφωσιμέτρου πίπτοντος βάρους (FWD). Αυτό βέβαια αποτελεί και μειονέκτημα γιατί δίνει κάπως γενικά αποτελέσματα και όχι εξειδικευμένα, δεν λαμβάνει δηλαδή υπόψη τις τυχόν ιδιαιτερότητες του κάθε οδοστρώματος.

Λόγω του ότι ακριβώς απαιτεί πολύ λίγα δεδομένα, μπορεί να εφαρμοστεί σχετικά γρήγορα και εύκολα, δίνοντας εκτιμήσεις για τα διάφορα είδη φθοράς. Ειδικά για την έναρξη της ρηγμάτωσης χρησιμοποιείται μια απλή σχέση και για την εξέλιξη της ρηγμάτωσης χρησιμοποιείται ένα απλό γραμμικό μοντέλο, του οποίου επιπλέον η κλίση είναι εύκολο να υπολογιστεί από σχέσεις που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων με γραμμική παλινδρόμηση. Δίνονται επίσης στο PARIS μέσες τιμές για την κλίση του υποδείγματος, για

κάθε χώρα ξεχωριστά, έτσι όπως αυτές προέκυψαν από τη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων, έτσι ώστε να μπορεί να υπάρξει σύγκριση των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν από μια έρευνα προσαρμογής του PARIS σε κάποια χώρα.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα του προγράμματος PARIS είναι, όπως προανέφερα, το ότι δεν λαμβάνει υπόψη τις ιδιαιτερότητες του κάθε οδοστρώματος και των συνθηκών που επικρατούν εκεί. Παρ' όλο το μεγάλο αριθμό στοιχείων που συλλέχθηκαν, από ένα σημαντικό αριθμό χωρών (11 Ευρωπαϊκές χώρες), για τη δημιουργία του PARIS, εντούτοις πολλές περιοχές, κλιματολογικές συνθήκες, συνθήκες κυκλοφορίας και κατασκευής, δεν περιλήφθηκαν και δεν μελετήθηκαν. Συνεπώς το PARIS σε αρκετές περιπτώσεις αδυνατεί να δώσει σωστές εκτιμήσεις της εξέλιξης της φθοράς σε ένα οδόστρωμα. Εξάλλου υπάρχει ανομοιογένεια όσον αφορά τις πιο πάνω συνθήκες ακόμα και στα πλαίσια μιας χώρας.

Μια άλλη ιδιαιτερότητα του PARIS, η οποία είναι μάλλον μειονεκτική, είναι ότι για το προσομοίωμα της εξέλιξης ρηγμάτωσης χρησιμοποιεί και προβλέπει ένα Δείκτη Ρηγμάτωσης (Cracking Index), που υπολογίζεται με ένα ειδικό τρόπο που καθορίζεται στο PARIS, και όχι ποσοστό ρηγμάτωσης (ποσοστό της συνολικής περιοχής κατεύθυνσης που είναι ρηγματωμένο), όπως τα υπόλοιπα υποδείγματα που μελετήθηκαν σε αυτή την διπλωματική. Αυτό καθιστά δυσκολότερη την άμεση θεώρηση και κατανόηση των προβλέψεων του PARIS, καθώς και τη σύγκριση με τα αποτελέσματα που δίνουν τα υπόλοιπα υποδείγματα.

7.2.2 HDM-4

Το HDM-4 είναι ένα ευρύ και πολυσύνθετο πρόγραμμα, που καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της διαχείρισης οδοστρωμάτων.

Περιλαμβάνει τη γνώση και εμπειρία πολλών ετών και πολλών χωρών σε ότι αφορά τη διαχείριση οδοστρωμάτων. Αναπτύχθηκε μετά από εκτεταμένη έρευνα και αποτελεί το εγκυρότερο και πιο σύνθετο πρόγραμμα στον κόσμο στη διαχείριση οδοστρωμάτων. Το μεγαλύτερό του προτέρημα είναι ακριβώς αυτό. Περιλαμβάνει και καλύπτει όλες τις πιθανές περιπτώσεις λειτουργίας και φόρτισης ενός οδοστρώματος, όλες τις πιθανές κλιματολογικές συνθήκες, όλες τις πιθανές συνθήκες κατασκευής και κυκλοφορίας. Έχει άρα θεωρητικά την δυνατότητα να προσαρμοσθεί σε όλες τις περιπτώσεις και να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα οδοστρώματα, σε όλες τις χώρες.

Στα προτερήματα του προγράμματος περιλαμβάνεται το ότι είναι αυτοματοποιημένο, λειτουργεί δηλαδή με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Αυτό καθιστά την λειτουργία του γρηγορότερη και εγκυρότερη γιατί ελαχιστοποιείται η πιθανότητα υπολογιστικού σφάλματος, αφού βέβαια γίνει η εξοικείωση με το software του προγράμματος.

Η εξοικείωση όμως με το πρόγραμμα αποτελεί και ένα μειονέκτημα του HDM-4. Η πολυπλοκότητα του προγράμματος καθιστά δύσκολη την πρώτη επαφή με τον αρχάριο χρήστη. Ιδιαίτερα η ανάγνωση των περιγραφικών κεφαλαίων τα οποία υποτίθεται πρέπει να προσφέρουν μια άμεση και μεθοδική παρουσίαση του προγράμματος, είναι μάλλον δύσκολη και χρονοβόρα. Ειδικά στο τέταρτο περιγραφικό κεφάλαιο όπου γίνεται αναλυτική περιγραφή των τεχνικών σχέσεων των προσομοιωμάτων του προγράμματος, η παρουσίαση είναι μάλλον δαιδαλώδης και όχι μεθοδική και ο αναγνώστης πρέπει να διαθέσει αρκετό χρόνο για να αποκτήσει μια πλήρη εικόνα των προσομοιωμάτων φθοράς που μελετήθηκαν, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής. Τα διάφορα προσομοιώματα φθοράς περιπλέκονται μεταξύ τους, και σε κάθε προσομοίωμα χρησιμοποιούνται όροι που βρίσκονται σε κάποια από τα υπόλοιπα προσομοιώματα στα οποία ο αναγνώστης πρέπει να ανατρέξει έτσι ώστε να αντιληφθεί το συγκεκριμένο προσομοίωμα. Δεν υπάρχουν συγκεκριμένες παραπομπές κάθε φορά που γίνεται μια αναφορά σε όρο που δεν περιγράφεται στο συγκεκριμένο προσομοίωμα, έτσι ο αναγνώστης είναι υποχρεωμένος να ανατρέχει μόνος του τα περιγραφικά κεφάλαια χάνοντας χρόνο και μελετώντας πληροφορίες που δεν του είναι απαραίτητες τουλάχιστον την συγκεκριμένη στιγμή. Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως υπάρχει ανάγκη για πιο μεθοδική παρουσίαση του προγράμματος στα περιγραφικά κεφάλαια έτσι ώστε να είναι ευκολότερη η εξοικείωση του αρχάριου χρήστη με το πρόγραμμα, καθώς και λιγότερο χρονοβόρα η λεπτομερειακή μελέτη του.

Μια άλλη μεγάλη δυσκολία που παρουσιάζει το HDM-4 κατά την εφαρμογή του είναι η μεγάλη απαίτηση του σε δεδομένα. Για να λειτουργήσει το πρόγραμμα χρειάζεται μεγάλο αριθμό δεδομένων, τα οποία στις περισσότερες περιπτώσεις δεν υπάρχουν. Έτσι αναγκαστικά γίνονται εκτιμήσεις και παραδοχές με αποτέλεσμα να υπάρχουν αποκλίσεις στις προβλέψεις του από τις πραγματικές τιμές.

7.2.3 ARRB

Το υπόδειγμα ARRB αναπτύχθηκε στην Αυστραλία και βασίστηκε σε δεδομένα που συλλέχθηκαν από οδοστρώματα στην Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία. Άρα βασίστηκε και αφορά τις εκεί συνθήκες.

Τα δεδομένα στα οποία στηρίχθηκε η ανάπτυξη των διαφόρων υποδειγμάτων πρόβλεψης φθοράς που μελετήθηκαν σε αυτή την διπλωματική εργασία, συλλέχθηκαν από οδοστρώματα κατασκευασμένα από αμμοχάλικο τα οποία απλά επισφραγίσθηκαν με μια λεπτή ασφαλική στρώση η οποία δεν συνεισφέρει ιδιαίτερα στη δομική αντοχή του οδοστρώματος. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής όμως εξετάστηκε η εφαρμογή υποδειγμάτων φθοράς σε ελληνικούς ασφαλικούς δρόμους, άρα εξ' αρχής το υπόδειγμα ARRB μειονεκτεί στην εφαρμογή του σε ελληνικές συνθήκες, μια και αναπτύχθηκε βασιζόμενο σε άλλου είδους οδοστρώματα.

Πέρα όμως από αυτό το βασικό μειονέκτημα, υπάρχουν και σημαντικά πλεονεκτήματα. Πρώτον, ο αριθμός των δεδομένων που απαιτούνται για να λειτουργήσει το προσομοίωμα δεν είναι υπερβολικά αυξημένος. Απαιτούνται σαφώς λιγότερα δεδομένα από το HDM-4, αλλά και αρκετά περισσότερα από το PARIS. Πάντως ο αριθμός των δεδομένων που απαιτούνται θεωρείται εύλογος.

Λόγω ακριβώς και του ότι απαιτείται ένας σημαντικός αριθμός - εύλογος μεν- δεδομένων, αυτό κάνει το υπόδειγμα θεωρητικά τουλάχιστον, προσαρμόσιμο σε διάφορες συνθήκες. Διαμέσου διάφορων συντελεστών το προσομοίωμα μπορεί να προσαρμοστεί και να τροποποιηθεί για διάφορες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, κατάστασης επιφάνειας, πάχους στρώσεως βάσης, ποιότητας υλικού βάσης, συμπίκνωσης και ποιότητας αποστράγγισης.

7.3 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΩΝ

7.3.1 PARIS

Μια πρώτη διαπίστωση κατά την μελέτη για εφαρμογή και προσαρμογή του PARIS στα συγκεκριμένα υπό μελέτη οδοστρώματα, ήταν ότι τα οδοστρώματα αυτά ήταν ιδιαίτερα βεβαρημένα όσον αφορούσε την κυκλοφορική φόρτιση. Ενώ τα πλείστα οδοστρώματα που μελετήθηκαν κατά τη διάρκεια δημιουργίας του PARIS φορτίζονταν με κυκλοφοριακή κίνηση που δεν ξεπερνούσε, στη χειρότερη περίπτωση, το ένα εκατομμύριο ισοδύναμες διελεύσεις τυπικού αξονικού φορτίου 100 KN το χρόνο, στα οδοστρώματα που μελετήθηκαν σε αυτή την διπλωματική εργασία, η κυκλοφοριακή κίνηση ξεπερνούσε τις δύο με τρεις εκατομμύρια διελεύσεις το χρόνο. Το προσομοίωμα για την έναρξη ρηγμάτωσης στο PARIS εκτίμησε αρχικά, πως τα οδοστρώματα θα άρχισαν να ρηγματώνονται κατά μέσο όρο σε **0,86 χρόνια** (με τιμές που κυμαίνονταν από 0,5 έως 1.4 χρόνια) ενώ αυτά άρχισαν να ρηγματώνονται κατά μέσο όρο σε 1,5 χρόνια. Αυτή η διαφορά ίσως οφείλεται στην υπεραυξημένη κυκλοφοριακή κίνηση στα οδοστρώματα σε σχέση με την κυκλοφορία των οδοστρωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για να διαμορφωθεί η σχέση στο προσομοίωμα, ή σε πιθανά λάθη κατά την μέτρηση της κεντρικής παραμόρφωσης στα οδοστρώματα με τη μέθοδο του Παραμορφωσίμετρου Πίπτοντος Βάρους (FWD) ή ακόμα και στην αδυναμία του προσομοιώματος PARIS να καλύψει όλες τις πιθανές περιπτώσεις οδοστρωμάτων και συνθηκών κυκλοφοριακής φόρτισης. Πρέπει εδώ να αναφερθεί πως η έναρξη ρηγμάτωσης των οδοστρωμάτων που μελετήθηκαν στο PARIS, ήταν 5 έως 19 χρόνια για οδοστρώματα με χαμηλή κυκλοφοριακή κίνηση, και 5 έως 11 για οδοστρώματα με αυξημένη κυκλοφοριακή κίνηση.

Επίσης παρατηρήθηκε πως ενώ το PARIS προέβλεπε πως τα εννέα οδοστρώματα θα άρχιζαν να ρηγματώνονται με μια συγκεκριμένη χρονική σειρά, πρώτο το οδόστρωμα υπ' αριθμόν 8 και τελευταίο το οδόστρωμα υπ' αριθμόν 2, εντούτοις δεν ακολουθήθηκε αυτή η χρονική σειρά στην πραγματικότητα, γεγονός που αφαιρεί κάπως από την αξιοπιστία του προσομοιώματος.

Σε γενικές γραμμές όμως, μπορεί το PARIS να μην δίνει εκτιμήσεις για την έναρξη ρηγμάτωσης με τέλεια ακρίβεια, αλλά οι εκτιμήσεις του είναι λογικές και κοντά στην πραγματικότητα. Θεωρήθηκε πως αν προστεθεί ένας συντελεστής προσαρμογής στη σχέση

υπολογισμού έναρξης ρηγμάτωσης, ίσος με **1,75** που να πολλαπλασιάζει τα αποτελέσματα, τότε θα δίνει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα για τα ελληνικά δεδομένα.

Για την πρόβλεψη της εξέλιξης της ρηγμάτωσης χρησιμοποιείται από το PARIS ένα απλό γραμμικό μοντέλο της μορφής $Y = A + B \cdot X$. Η εξέλιξη της ρηγμάτωσης μπορεί να υπολογιστεί είτε συναρτήσει της ηλικίας του οδοστρώματος, είτε συναρτήσει της αθροιστικής κυκλοφορίας. Επιλέχθηκε η ανάλυση συναρτήσει της ηλικίας για να μπορεί να υπάρξει ευκολότερα σύγκριση με τα άλλα δυο προσομοιώματα HDM-4 και ARRB, που υπολογίζουν την εξέλιξη της ρηγμάτωσης συναρτήσει της ηλικίας. Επιδίωξη της ανάλυσης ήταν να βρεθούν οι καταλληλότερες τιμές για τις παραμέτρους A και B.

Στο PARIS δίνονταν και δυο άλλες σχέσεις μέσω των οποίων μπορούσε να υπολογιστεί η παράμετρος B, η κλίση δηλαδή του μοντέλου. Η μια σχέση αφορούσε οδοστρώματα στα οποία έγιναν επιδιορθώσεις στην επιφάνειά τους και η άλλη οδοστρώματα στα οποία δεν έγινε καμία επιδιόρθωση στην επιφάνειά τους. Στα στοιχεία των οδοστρωμάτων που υπήρχαν διαθέσιμα, αναφέρονταν στο τελευταίο έτος σφραγίσματα και μπαλώματα ρωγμών, όμως δεν αναφερόταν η ακριβής στιγμή που έγιναν και εξάλλου δεν μπορούσε με σιγουριά να αποφασισθεί ποια σχέση από τις δυο θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί μια και δεν ακολουθήθηκε συστηματική πολιτική επιδιορθώσεων, απλά έγιναν κάποια σφραγίσματα ρωγμών κατά το τελευταίο έτος (ενδεχομένως και κατά τη διάρκεια της τελευταίας καταγραφής της ρηγμάτωσης οπότε δεν επηρέασαν καθόλου την εξέλιξη της ρηγμάτωσης μέχρι εκείνη τη στιγμή). Έτσι αποφασίστηκε να δοκιμασθούν και οι δυο σχέσεις και να συγκριθούν στο τέλος τα αποτελέσματα για να διαπιστωθεί ποια είναι πιο αξιόπιστη. Στην πρώτη σχέση, για οδοστρώματα χωρίς επιδιορθώσεις, τα σφραγίσματα και τα μπαλώματα λήφθηκαν υπόψη ως ρηγμάτωση έντονης αλιγατορικής μορφής κατά τον υπολογισμό των Δεικτών Ρηγμάτωσης όπως αυτοί καθορίζονται στο PARIS.

Τα πέντε πρώτα οδοστρώματα χρησιμοποιήθηκαν για να βρεθούν οι καταλληλότερες τιμές για τις παραμέτρους A και B, και με τις δυο σχέσεις. Στη συνέχεια τα προσαρμοσμένα προσομοιώματα με τις τιμές των παραμέτρων A και B, εφαρμόσθηκαν στα επόμενα τέσσερα οδοστρώματα για να διαπιστωθεί κατά πόσο εκτιμούν σωστά την εξέλιξη της ρηγμάτωσης σε αυτά.

Για οδοστρώματα χωρίς επιδιορθώσεις στην επιφάνειά τους, καλύτερες τιμές για τις παραμέτρους κρίθηκαν από την ανάλυση στα πέντε πρώτα οδοστρώματα οι εξής :

$$A = -49,46 \text{ και } B = 37,81$$

Στην αναφορά του PARIS αναφέρεται πως η μέση τιμή για την παράμετρο B (κλίση του μοντέλου) για την Ελλάδα είναι η τιμή $B = 35$. Η τιμή αυτή είναι πολύ μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες τιμές σε οποιαδήποτε άλλη ευρωπαϊκή χώρα. Στις υπόλοιπες χώρες που έλαβαν μέρος στο πρόγραμμα, σύμφωνα με το PARIS η τιμή για την κλίση B κυμαίνεται από 1· μέχρι 13. Αυτό σημαίνει πως η εξέλιξη της ρηγμάτωσης είναι πολύ πιο ραγδαία στην Ελλάδα σε σχέση με τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες όπως Μ.Βρετανία ($B=2$), Φιλανδία ($B = 2$), Δανία ($B = 1$). Αυτό ίσως συμβαίνει λόγω των διαφορετικών, δυσμενέστερων περιβαλλοντικών και κυκλοφοριακών συνθηκών, καθώς και ίσως λόγω της έλλειψης συστηματικής συντήρησης.

Όταν το προσομοίωμα με αυτές τις τιμές για τις παραμέτρους A και B, εφαρμόστηκε στα οδοστρώματα 6 έως 9, έδωσε σχετικά καλές προβλέψεις για τα οδοστρώματα 6 και 9, αλλά μεγάλες αποκλίσεις (υπερεκτιμήσεις) για τα οδοστρώματα 7 και 8. Για να υπάρχει ένα μέτρο σύγκρισης για το μέγεθος των αποκλίσεων καθορίστηκε το 'ποσοστό απόκλισης' που είναι ο λόγος της απόκλισης (διαφοράς) του προβλεπόμενου δείκτη ρηγμάτωσης από τον πραγματικό δείκτη ρηγμάτωσης δια του πραγματικού δείκτη ρηγμάτωσης. Το ποσοστό απόκλισης στο PARIS είναι περίπου ίσο για κάθε έτος, υπάρχει δηλαδή ισόποση περίπου απόκλιση για κάθε πρόβλεψη κάθε έτους, γεγονός που δεν παρατηρείται σε άλλα προσομοιώματα όπως θα δειχθεί στη συνέχεια. Τα ποσοστά απόκλισης κυμαίνονται από -0,210 μέχρι 0,939 (0,032 μέχρι 0,939 κατ' απόλυτο τιμή), με μέσο ποσοστό απόκλισης **0,345**.

Για οδοστρώματα στα οποία έγιναν επιδιορθώσεις, ως καταλληλότερες τιμές για τις παραμέτρους κρίθηκαν οι εξής :

$$A = -23,44 \text{ και } B = 29,98$$

Από την ανάλυση διαπιστώθηκαν περίπου οι ίδιες παρατηρήσεις με το πρώτο προσομοίωμα με λίγο μεγαλύτερες όμως αποκλίσεις, που κυμαίνονται μεταξύ -0,254 και 1,546 (0,007 και 1,546 κατ' απόλυτο τιμή), με μέσο ποσοστό απόκλισης **0,376**.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι η ανάλυση που έγινε θεωρώντας πως στα οδοστρώματα δεν έγινε καμία επιδιόρθωση δίνει πιο αξιόπιστη προσαρμογή του προσομοιώματος. Αυτό ίσως

συμβαίνει γιατί όπως προανέφερα δεν ακολουθήθηκε συστηματική πολιτική επιδιορθώσεων, απλά έγινε μια επιδιόρθωση στο τελευταίο έτος, η οποία επιπλέον πιθανόν να μην επηρέασε την εξέλιξη της ρηγμάτωσης αν έγινε κατά τη διάρκεια της καταγραφής της ρηγμάτωσης. Στην ανάλυση με τα επόμενα προσομοιώματα θεωρήθηκε πως δεν έγιναν επιδιορθώσεις στα οδοστρώματα και τα σφραγίσματα θεωρήθηκαν ως ρωγμές.

7.3.2 HDM – 4

Για την εφαρμογή του HDM-4 έγιναν κάποιες παραδοχές για να μετατρέψουμε τις διατιθέμενες καταγραφές της ρηγμάτωσης σε ποσοστά ρηγματωμένης επιφάνειας της συνολικής περιοχής κατεύθυνσης. Οι παραδοχές αυτές περιγράφονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 6.4.2. Επίσης η κυκλοφοριακή κίνηση μετατράπηκε προσεγγιστικά σε ισοδύναμες διελεύσεις τυπικού αξονικού φορτίου 8.2 t, γιατί έτσι καθορίζεται η κυκλοφορία στο HDM-4.

Για την έναρξη της ρηγμάτωσης έπρεπε να υπολογιστεί ο δομικός αριθμός των οδοστρωμάτων που περιγράφει την δομική αντοχή των οδοστρωμάτων. Υπήρχαν δυο τρόποι υπολογισμού των δομικών αριθμών. Ο ένας στηριζόμενος στον αριθμό και πάχος των στρώσεων καθώς και στο είδος του υλικού των στρώσεων (σχέση Parkman and Rolt), και ο άλλος στηριζόμενος στην κεντρική παραμόρφωση των οδοστρωμάτων, μετρημένη με τη μέθοδο του Παραμορφωσίμετρου Πίπτοντος Βάρους (FWD). Οι δομικοί αριθμοί που προέκυψαν εντούτοις με την πρώτη σχέση ήταν μικρότεροι από αυτούς από τη δεύτερη σχέση. Οι πρώτοι κυμαίνονταν από **5,124** έως **6,076** ενώ οι δεύτεροι από **6,664** έως **8,326**. Λόγω των μεγάλων διαφορών μεταξύ των δομικών αριθμών που προκύπτουν από τις δυο σχέσεις έγινε η ανάλυση χρησιμοποιώντας και τους δυο δομικούς αριθμούς, ξεχωριστά για κάθε οδόστρωμα.

Ο δομικός αριθμός χρησιμοποιείται από το HDM-4, μόνο για εκτίμηση του χρόνου έναρξης της ρηγμάτωσης. Χρησιμοποιώντας τους δομικούς αριθμούς από την πρώτη σχέση, και εφαρμόζοντας την σχέση για υπολογισμό του χρόνου έναρξης ρηγμάτωσης στα πέντε πρώτα οδοστρώματα βρέθηκε πως η καταλληλότερη μέση τιμή για τον συντελεστή βαθμονόμησης της έναρξης ρηγμάτωσης είναι η **Kcia = 3,786**. Το βαθμονομημένο πλέον προσομοίωμα εφαρμόστηκε στα οδοστρώματα 6 έως 9 και έδωσε προβλέψεις με απόκλιση **0,75 χρόνια** κατ' απόλυτο τιμή. Γενικά παρατηρήθηκε μια τάση να εκτιμά χρόνο έναρξης ρηγμάτωσης πιο μεγάλο από ότι στην πραγματικότητα. Δηλαδή η ρηγμάτωση στα οδοστρώματα άρχισε

νωρίτερα από ότι προέβλεψε το προσομοίωμα, ειδικά στα οδοστρώματα 8 και 9. Αλλά γενικά οι χρονικές αποκλίσεις δεν είναι πολύ μεγάλες.

Χρησιμοποιώντας τους μεγαλύτερους δομικούς αριθμούς από FWD, η μέση τιμή του συντελεστή βαθμονόμησης από τα πέντε πρώτα οδοστρώματα, προέκυψε ίση με **$K_{cia} = 0.778$** , και όταν το βαθμονομημένο προσομοίωμα εφαρμόστηκε στα οδοστρώματα 6 έως 9 έδωσε προβλέψεις με απόκλιση **0,625 χρόνια**, όπου πάλι παρατηρήθηκε η τάση να προβλέπει χρόνο έναρξης ρηγμάτωσης μεγαλύτερο από ότι στην πραγματικότητα.

Η τιμή του συντελεστή βαθμονόμησης για χρησιμοποίηση δομικών αριθμών από FWD προέκυψε πολύ μικρότερη από την προηγούμενη με τους άλλους δομικούς αριθμούς. Άρα πρέπει να προσεχθεί ποια τιμή του συντελεστή βαθμονόμησης θα χρησιμοποιείται αναλόγως με τη σχέση από την οποία υπολογίστηκαν οι δομικοί αριθμοί.

Στην εξέλιξη της ρηγμάτωσης δεν υπεισέρχεται ο δομικός αριθμός σύμφωνα με το HDM-4. Έτσι έγινε μια ανάλυση. Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία. Τα πέντε πρώτα οδοστρώματα χρησιμοποιήθηκαν για να βρεθεί η κατάλληλη μέση τιμή για τον συντελεστή βαθμονόμησης του προσομοιώματος εξέλιξης ρηγμάτωσης K_{cra} , με δοκιμές. Για όλες τις τιμές που δοκιμάστηκαν διαπιστώθηκε πως το προσομοίωμα HDM-4 αδυνατεί να περιγράψει την συμπεριφορά των συγκεκριμένων οδοστρωμάτων κάτω από αυτές τις συνθήκες κυκλοφοριακής φόρτισης και περιβάλλοντος. Για τιμές του συντελεστή μικρότερες του ένα το προσομοίωμα έδινε μικρότερα ποσοστά ρηγμάτωσης για τα πρώτα χρόνια και αξιόπιστες προβλέψεις για τα τελευταία χρόνια. Ενώ με τιμές μεγαλύτερες του ένα για τον συντελεστή, οι αποκλίσεις για τα πρώτα χρόνια ήταν μικρότερες, όμως οι αποκλίσεις για τα τελευταία χρόνια πολύ μεγαλύτερες (υπερεκτιμήσεις των ποσοστών ρηγματωμένης επιφάνειας). Αποφασίστηκε πως ήταν προτιμότερο η βαθμονόμηση να γίνει με κριτήριο την σωστότερη πρόβλεψη για τα τελευταία έτη, γιατί αυτή η πληροφορία πιθανόν να είναι πολυτιμότερη για τον σχεδιασμό επέμβασης στην επιφάνεια των οδοστρωμάτων. Έτσι, μετά από δοκιμές επιλέχθηκε η τιμή **$K_{cra} = 0.78$** ως η καταλληλότερη γιατί δίνει πιο αξιόπιστες προβλέψεις για την εξέλιξη της ρηγμάτωσης στα τελευταία έτη. Το βαθμονομημένο προσομοίωμα εφαρμόστηκε στα οδοστρώματα 6 έως 9. Το ποσοστό απόκλισης (ο λόγος της απόκλισης από το πραγματικό ποσοστό ρηγμάτωσης προς το πραγματικό ποσοστό ρηγμάτωσης), ήταν μικρό στα τελευταία έτη, ειδικά στα οδοστρώματα 6 και 9, αλλά πολύ μεγάλο στα πρώτα έτη. Τα ποσοστά

απόκλισης κυμαίνονταν μεταξύ 0,01 και -0,87. Στα οδ. 7 και 8 η πρόβλεψη για το τελευταίο έτος είχε σχετικά μεγάλο ποσοστό απόκλισης, 0,16 και 0,21, υπερεκτίμηση αντίστοιχα. Γενικά το HDM-4 δεν προσομοιώνει πετυχημένα την συμπεριφορά του οδοστρώματος, δίνει όμως καλές προβλέψεις για τα τελευταία έτη.

7.3.3 ARRB

Για το προσομοίωμα ARRB χρησιμοποιήθηκαν όπως και στο HDM-4 οι ισοδύναμες διελεύσεις τυπικού αξονικού φορτίου 8.2t και τα ποσοστά ρηγμάτωσης όπως αυτά μετατράπηκαν για τις ανάγκες ανάλυσης του HDM-4.

Για την έναρξη της ρηγμάτωσης, το προσομοίωμα δίνει μια σχέση που στηρίζεται στη μέση θερμοκρασία του περιβάλλοντος, και στη συνέχεια δίνει σε πίνακα τους αναμενόμενους χρόνους έναρξης των οδοστρωμάτων αναλόγως των κλιματικών συνθηκών και συνθηκών υγρασίας. Διαπιστώνεται πως οι προβλέψεις αυτές δεν ισχύουν για τα οδοστρώματα τα οποία μελετήθηκαν, γιατί ενώ προβλέπεται έναρξη ρηγμάτωσης 5 με 8 χρόνια για αυτά από την κατασκευή τους, αυτά στην πραγματικότητα αρχίζουν να ρηγματώνονται σε 1,5 χρόνια. Αυτό μπορεί να συμβαίνει γιατί οι σχέσεις του προσομοιώματος αναπτύχθηκαν με βάση επισφραγισμένα οδοστρώματα από αμμοχάλικο, που έχουν χαμηλούς δομικούς αριθμούς. Επιπλέον η κυκλοφορία είναι χαμηλότερη στο μεγαλύτερο ποσοστό των αυστραλέζικων δρόμων. Έτσι δεν σχεδιάστηκαν για να προβλέπουν την εξέλιξη της ρηγμάτωσης σε οδοστρώματα με ψηλούς δομικούς αριθμούς και πολύ υψηλές κυκλοφορίες. Οι ελληνικοί όμως δρόμοι είναι ως επί των πλείστων ασφαλτικά οδοστρώματα και αρκετοί από αυτούς έχουν ψηλότερους δομικούς αριθμούς και πολύ αυξημένη κυκλοφοριακή φόρτιση σε σχέση με τους αυστραλέζικους.

Με τις πιο πάνω επιφυλάξεις έγινε η ανάλυση για προσαρμογή και βαθμονόμηση της σχέσης του προσομοιώματος που αφορά την εξέλιξη της ρηγμάτωσης. Στην σχέση για πρόβλεψη της εξέλιξης ρηγμάτωσης εμπεριέχεται και ο δομικός αριθμός, άρα όπως και στο HDM-4, η ανάλυση θα έπρεπε να γίνει ξεχωριστά και για τους δυο δομικούς αριθμούς που υπολογίστηκαν για κάθε οδόστρωμα. Παρατηρήθηκε πως το προσομοίωμα δεν λειτουργεί για δομικό αριθμό μεγαλύτερο περίπου του έξι. Η σχέση για την εξέλιξη της ρηγμάτωσης δεν σχεδιάστηκε για να αναλύει τόσο μεγάλους δομικούς αριθμούς, έτσι δεν δίνει αποτελέσματα μια και υπάρχει ένας λογάριθμος στη σχέση, του οποίου το περιεχόμενο προκύπτει αρνητικό

για δομικούς αριθμούς μεγαλύτερους του έξι. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό εξηγήθηκε πιο πάνω. Έτσι το προσομοίωμα δεν λειτουργεί για όλους τους δομικούς αριθμούς που υπολογίστηκαν από το FWD, μια και είναι όλοι μεγαλύτεροι του έξι.

Για τους μικρότερους δομικούς αριθμούς από τη σχέση Parkman and Rolt η ανάλυση έγινε όπως και στο HDM-4. Τα πέντε πρώτα οδοστρώματα χρησιμοποιήθηκαν για να βρεθεί η καταλληλότερη τιμή για τον συντελεστή βαθμονόμησης του προσομοιώματος K_{cr} έτσι ώστε να δίνει αξιόπιστες προβλέψεις. Ως καταλληλότερη τιμή μετά από δοκιμές κρίθηκε η τιμή $K_{cr} = 0,38$, για την οποία όμως το προσομοίωμα, όπως και στο HDM- 4, δίνει πολύ καλές προβλέψεις για τα τελευταία έτη, όχι όμως και για τα πρώτα έτη όπου υπάρχουν μεγαλύτερες αποκλίσεις (υποεκτιμήσεις). Κατά την διαδικασία της ανάλυσης όμως έγινε μια πολύ βασική παρατήρηση. Για την πρόβλεψη της εξέλιξης της ρηγμάτωσης χρειάζεται να εκτιμηθεί η φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος σε ισοδύναμους τυπικούς άξονες αθροιστικά ανά λωρίδα. Η εκτίμηση στηρίζεται στο δομικό αριθμό του οδοστρώματος (Roberts et al. 1997) και στη συνέχεια η εκτιμώμενη φέρουσα ικανότητα χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της μείωσης του δομικού αριθμού που προκαλείται από τις κυκλοφοριακές και περιβαλλοντικές συνθήκες. Κατά την εφαρμογή του ARRB στα ελληνικά οδοστρώματα, λόγω των μεγαλύτερων δομικών αριθμών, η φέρουσα ικανότητα των οδοστρωμάτων σε ισοδύναμους τυπικούς άξονες αθροιστικά ανά λωρίδα δεν εκτιμάται σωστά, δίνονται δε παράλογες τιμές ειδικά για δομικούς αριθμούς που πλησιάζουν την τιμή έξι. Για τα οδοστρώματα 1 και 5 που δομικοί τους αριθμοί είναι μεγαλύτεροι του 5,7 η φέρουσα ικανότητα σε ισοδύναμες διελεύσεις αξόνων που εκτιμάται είναι μάλλον μικρή. Μάλιστα ενώ το οδ. 1 έχει μεγαλύτερο δομικό αριθμό (5,735) από το οδ.5 (5,714), εντούτοις εκτιμάται ότι έχει μικρότερη φέρουσα ικανότητα, πράγμα που είναι παράλογο. Για το οδ. 9 δε, που έχει δομικό αριθμό ίσο με 5,962 εκτιμάται πολύ μικρή φέρουσα ικανότητα, πολύ μικρότερη από τα οδ. 1 και 5, πράγμα που είναι εντελώς παράλογο. Για τα υπόλοιπα οδοστρώματα που έχουν μικρότερους δομικούς αριθμούς οι εκτιμήσεις για τις φέρουσες ικανότητες τους φαίνονται τουλάχιστον λογικές. Ο συγκεκριμένος όρος εντούτοις, η φέρουσα ικανότητα δηλαδή των οδοστρωμάτων σε ισοδύναμες διελεύσεις τυπικού αξονικού φορτίου 8.2 t, δεν παίζει μεγάλο ρόλο στο τελικό αποτέλεσμα πρόβλεψης του ποσοστού ρηγματωμένης επιφάνειας, έτσι η ανάλυση μπόρεσε να συνεχιστεί.

Το προσαρμοσμένο προσομοίωμα εφαρμόσθηκε στα οδοστρώματα 6 έως 9. Στο οδ. 6 έδωσε πολύ καλή πρόβλεψη για το τελευταίο έτος αλλά μεγάλη απόκλιση στα πρώτα έτη (υποεκτίμηση). Το ίδιο και για το οδ. 7, αν και με μικρότερη ακρίβεια στο τελευταίο έτος. Στο οδοστρώμα 8 δεν έδωσε πρόβλεψη γιατί ο δομικός του αριθμός ήταν μεγαλύτερος του έξη, ενώ στο οδ. 9, του οποίου ο δομικός αριθμός πλησίαζε στο 6 (5,962) οι προβλέψεις δεν ήταν ιδιαίτερα καλές για κανένα έτος.

Προκύπτει λοιπόν το συμπέρασμα πως το προσομοίωμα ARRB δεν είναι πολύ αξιόπιστο για τα ελληνικά δεδομένα, εκτός και αν πρόκειται για οδοστρώματα με μικρούς δομικούς αριθμούς, σίγουρα μικρότερους του 5,5 και με όχι ιδιαίτερα αυξημένη κυκλοφοριακή κίνηση.

7.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ.

Στη συνέχεια θα παρασταθούν γραφικά στην ίδια γραφική παράσταση τα αποτελέσματα που έδωσαν και τα τρία βαθμονομημένα προσομοιώματα για την πρόβλεψη της εξέλιξης της ρηγμάτωσης στα οδοστρώματα 6 έως 9. Θα παρασταθούν επίσης τα ποσοστά απόκλισης της κάθε πρόβλεψης του κάθε προσομοιώματος για το κάθε έτος. Με τον όρο ποσοστό απόκλισης εννοείται όπως καθορίστηκε και πριν, ο λόγος της απόκλισης από το πραγματικό ποσοστό ρηγμάτωσης προς το πραγματικό ποσοστό ρηγμάτωσης. Όσο μικρότερο είναι το ποσοστό απόκλισης τόσο προφανώς πιο αξιόπιστη είναι η πρόβλεψη μια και σημαίνει ότι απέχει λιγότερο από το πραγματικό ποσοστό ρηγμάτωσης.

Για να μπορέσουν να γίνουν οι απαραίτητες συγκρίσεις μεταξύ των προβλέψεων που έδωσαν τα τρία υποδείγματα πρέπει να είναι εκφρασμένες με τις ίδιες μονάδες μέτρησης. Το πρόβλημα παρουσιάζεται στο πρόγραμμα PARIS όπου όπως προαναφέρθηκε, οι προβλέψεις της εξέλιξης της ρηγμάτωσης γίνονται σε μονάδες μέτρησης του Δείκτη Ρηγμάτωσης (σε μέτρα), έτσι όπως αυτός καθορίζεται από το PARIS. Αρα προσεγγιστικά, χρησιμοποιώντας γραμμική αντιστοιχία, θα μετατραπούν τα αποτελέσματα που έδωσε το PARIS σε ποσοστά ρηγμάτωσης όλης της περιοχής κατεύθυνσης για να μπορέσουν να γίνουν οι κατάλληλες συγκρίσεις με τα υπόλοιπα υποδείγματα.

ΟΔ. 6

Για το 1992 ο πραγματικός δείκτης ρηγμάτωσης ήταν 81 m και το πραγματικό ποσοστό ρηγμάτωσης προέκυψε ίσο με 15,7% κατά την μετατροπή του, σύμφωνα με τις παραδοχές που υιοθετήθηκαν.

Η πρόβλεψη του PARIS για την ίδια χρονιά ήταν 63,97m. Αρα:

$$\begin{array}{lcl} 81 \text{ m} & \rightarrow & 15.7 \% \\ 63.97 \text{ m} & \rightarrow & X ? \end{array} \quad \longrightarrow \quad \underline{X = 12.4\%}$$

Κατά τον ίδιο τρόπο γίνονται και οι υπόλοιπες εκτιμήσεις.

ΕΤΟΣ	ΠΡΑΓΜ. ΤΙΜΕΣ ΔΕΙΚΤΗ ΡΗΓΜΑΤ. (m)	ΠΟΣΟΣΤΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ (%)	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΟΣ Δ.Ρ. ΑΠΟ PARIS (m)	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΑ ΠΟΣΟΣΤΑ (%)
1992	81	15,7	63,97	12,4
1993	122	19,4	101,78	16,2
1994	169,53	23,6	139,59	19,4
1997	220,5	31,7	253,02	36,4

ΟΔ. 7

ΕΤΟΣ	ΠΡΑΓΜ. ΤΙΜΕΣ ΔΕΙΚΤΗ ΡΗΓΜΑΤ.	ΠΟΣΟΣΤΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΟΣ Δ.Ρ. ΑΠΟ PARIS	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΑ ΠΟΣΟΣΤΑ
1992	36	7,3	63,97	13,0
1993	55	10	101,78	18,5
1994	72	12	139,59	23,3
1997	165	27,6	253,02	42,3

ΟΔ. 8

ΕΤΟΣ	ΠΡΑΓΜ. ΤΙΜΕΣ ΔΕΙΚΤΗ ΡΗΓΜΑΤ.	ΠΟΣΟΣΤΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΟΣ Δ.Ρ. ΑΠΟ PARIS	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΑ ΠΟΣΟΣΤΑ
1992	62	15,6	63,97	16,1
1993	78	17,7	101,78	23,1
1994	100	21,1	139,59	29,5
1997	165	26,6	253,02	40,8

ΟΔ. 9

ΕΤΟΣ	ΠΡΑΓΜ. ΤΙΜΕΣ ΔΕΙΚΤΗ ΡΗΓΜΑΤ.	ΠΟΣΟΣΤΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΟΣ Δ.Ρ. ΑΠΟ PARIS	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΑ ΠΟΣΟΣΤΑ
1992	67	17,3	63,97	16,5
1993	88	18,7	101,78	21,6
1994	132,5	22,8	139,59	24,0
1997	196	33,6	253,02	43,4

Στη συνέχεια θα βρεθούν οι αποκλίσεις καθώς και το ποσοστό απόκλισης.

251006

ΕΤΟΣ	ΠΡΑΓΜ. ΠΟΣΟΣΤΑ. ΡΗΓΜ(%).	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΑ ΠΟΣΟΣΤ. ΡΗΓΜ(%).	ΑΠΟΚΛΙΣΗ (%)	ΑΠΟΚΛ./ ΠΡΑΓΜ. ΠΟΣΟΣΤ.	ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΑΠΟΚΛ./ΠΡ. ΠΟΣ.
1992	15,7	12,4	-3,3	-0,210	-0,210
1993	19,4	16,2	-3,2	-0,166	-0,166
1994	23,6	19,4	-4,2	-0,177	-0,177
1997	31,7	36,4	4,7	0,147	0,147

251007

ΕΤΟΣ	ΠΡΑΓΜ. ΠΟΣΟΣΤΑ. ΡΗΓΜ(%).	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΑ ΠΟΣΟΣΤ. ΡΗΓΜ(%).	ΑΠΟΚΛΙΣΗ (%)	ΑΠΟΚΛ./ ΠΡΑΓΜ. ΠΟΣΟΣΤ.	ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΑΠΟΚΛ./ΠΡ. ΠΟΣ.
1992	7,3	13,0	5,7	0,777	0,777
1993	10	18,5	8,5	0,851	0,851
1994	12	23,3	11,3	0,939	0,939
1997	27,6	42,3	14,7	0,533	0,533

251008

ΕΤΟΣ	ΠΡΑΓΜ. ΠΟΣΟΣΤΑ. ΡΗΓΜ(%).	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΑ ΠΟΣΟΣΤ. ΡΗΓΜ(%).	ΑΠΟΚΛΙΣΗ (%)	ΑΠΟΚΛ./ ΠΡΑΓΜ. ΠΟΣΟΣΤ.	ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΑΠΟΚΛ./ΠΡ. ΠΟΣ.
1992	15,6	16,1	0,5	0,032	0,032
1993	17,7	23,1	5,4	0,305	0,199
1994	21,1	29,5	8,4	0,396	0,396
1997	26,6	40,8	14,2	0,533	0,533

251009

ΕΤΟΣ	ΠΡΑΓΜ. ΠΟΣΟΣΤΑ. ΡΗΓΜ(%).	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΑ ΠΟΣΟΣΤ. ΡΗΓΜ(%).	ΑΠΟΚΛΙΣΗ (%)	ΑΠΟΚΛ./ ΠΡΑΓΜ. ΠΟΣΟΣΤ.	ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΑΠΟΚΛ./ΠΡ. ΠΟΣ.
1992	17,3	16,5	-0,8	-0,045	-0,045
1993	18,7	21,6	2,9	0,157	0,157
1994	22,8	24,0	1,2	0,054	0,054
1997	33,6	43,4	9,8	0,291	0,291

ΕΛΕΓΧΟΣ : Παρατηρούμε ότι τηρούμενων των αναλογιών, όπως ήταν αναμενόμενο τα ποσοστά απόκλισης των εκτιμώμενων ποσοστών ρηγμάτωσης είναι τα ίδια με τα ποσοστά απόκλισης των δεικτών ρηγμάτωσης

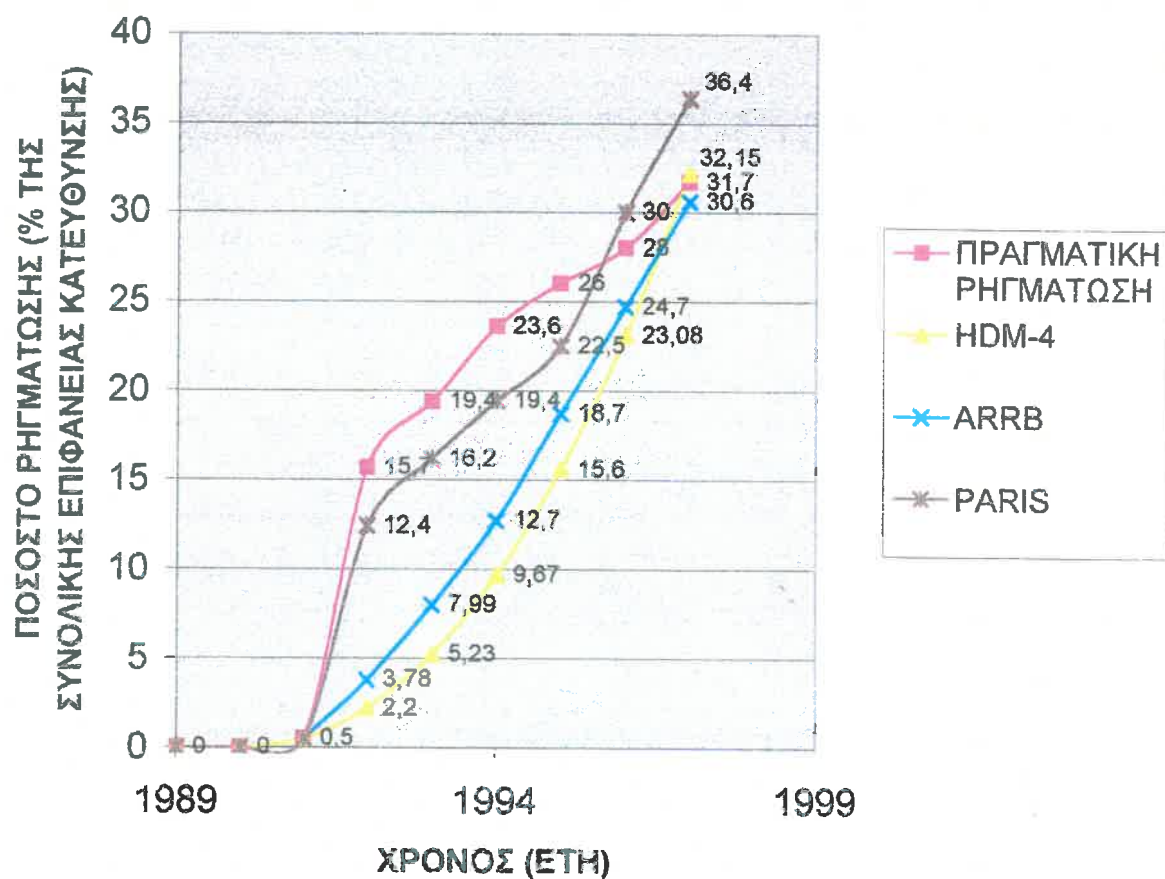
Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι προβλέψεις και των τριων υποδειγμάτων HDM-4, ARRB και PARIS σε συγκριση τόσο μεταξύ τους όσο και με τα πραγματικά ποσοστά ρηγμάτωσης.

ΤΟΜΕΑΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜΟΝ 6

* οι τιμές στα κελιά εκφράζουν ποσοστά ρηγμάτωσης, δηλαδή ποσοστό % της συνολικής επιφάνειας κατεύθυνσης που είναι ρηγματωμένη.

ΕΤΟΣ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜ.	HDM-4	ARRB	PARIS
1989		0	0	0
1990		0		
1991		0,5	0,5	0,5
1992	15,7	2,2	3,78	12,4
1993	19,4	5,23	7,99	16,2
1994	23,6	9,67	12,7	19,4
1995		15,6		
1996		23,08		
1997	31,7	32,15	30,6	36,4

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ HDM-4, ARRB ΚΑΙ PARIS ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΓΙΑ ΟΔ. 6

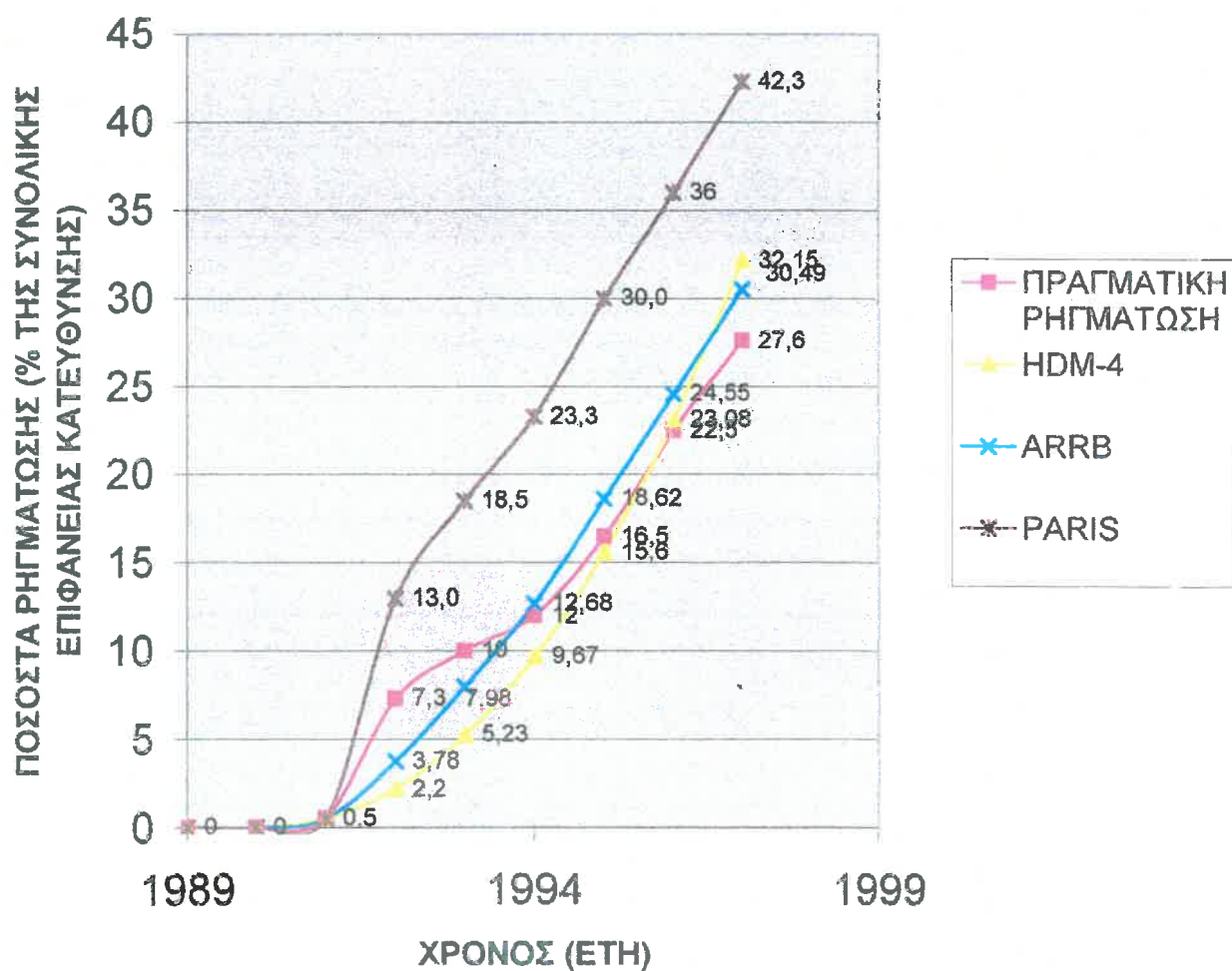


ΤΟΜΕΑΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜΟΝ 7

* οι τιμές στα κελιά εκφράζουν ποσοστά ρηγμάτωσης, δηλαδή ποσοστό % της συνολικής επιφάνειας κατεύθυνσης που είναι ρηγματωμένη.

ΕΤΟΣ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜ.	HDM-4	ARRB	PARIS
1989			0	
1990			0	
1991			0,5	0,5
1992		7,3	2,2	3,78
1993		10	5,23	7,98
1994		12	9,67	12,68
1995			15,6	
1996			23,08	
1997	27,6	32,15	30,49	42,3

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ HDM-4, ARRB ΚΑΙ PARIS ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΓΙΑ ΟΔ. 7

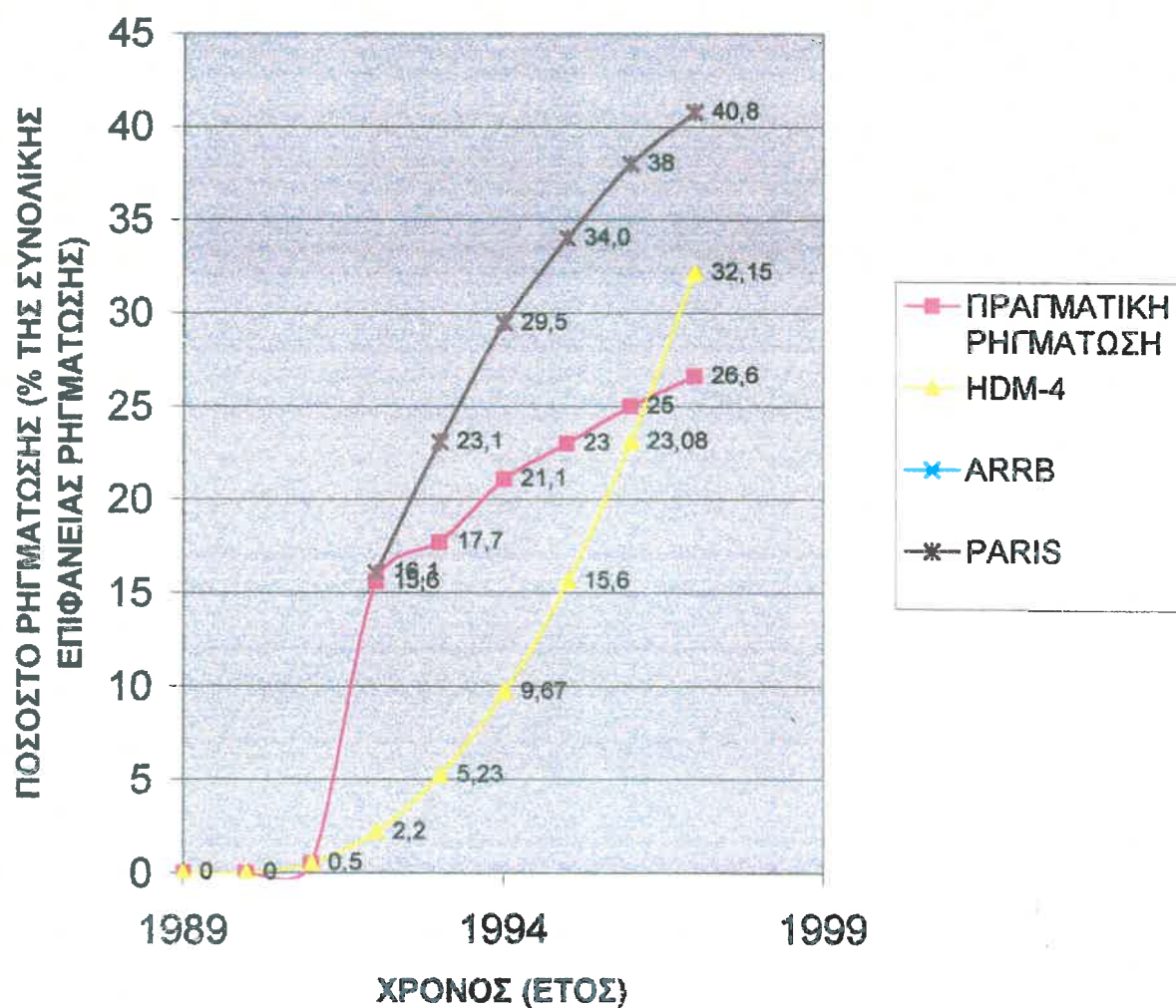


ΤΟΜΕΑΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜΟΝ 8

* οι τιμές στα κελιά εκφράζουν ποσοστά ρηγμάτωσης, δηλαδή ποσοστό % της συνολικής επιφάνειας κατεύθυνσης που είναι ρηγματωμένη.

ΕΤΟΣ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜ.	HDM-4	ARRB	PARIS
1989			0	
1990			0	
1991			0,5	-
1992	15,6	2,2	-	16,1
1993	17,7	5,23	-	23,1
1994	21,1	9,67	-	29,5
1995		15,6	-	
1996		23,08	-	
1997	26,6	32,15	-	40,8

**ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ HDM-4, ARRB ΚΑΙ PARIS
ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΓΙΑ ΟΔ. 8**



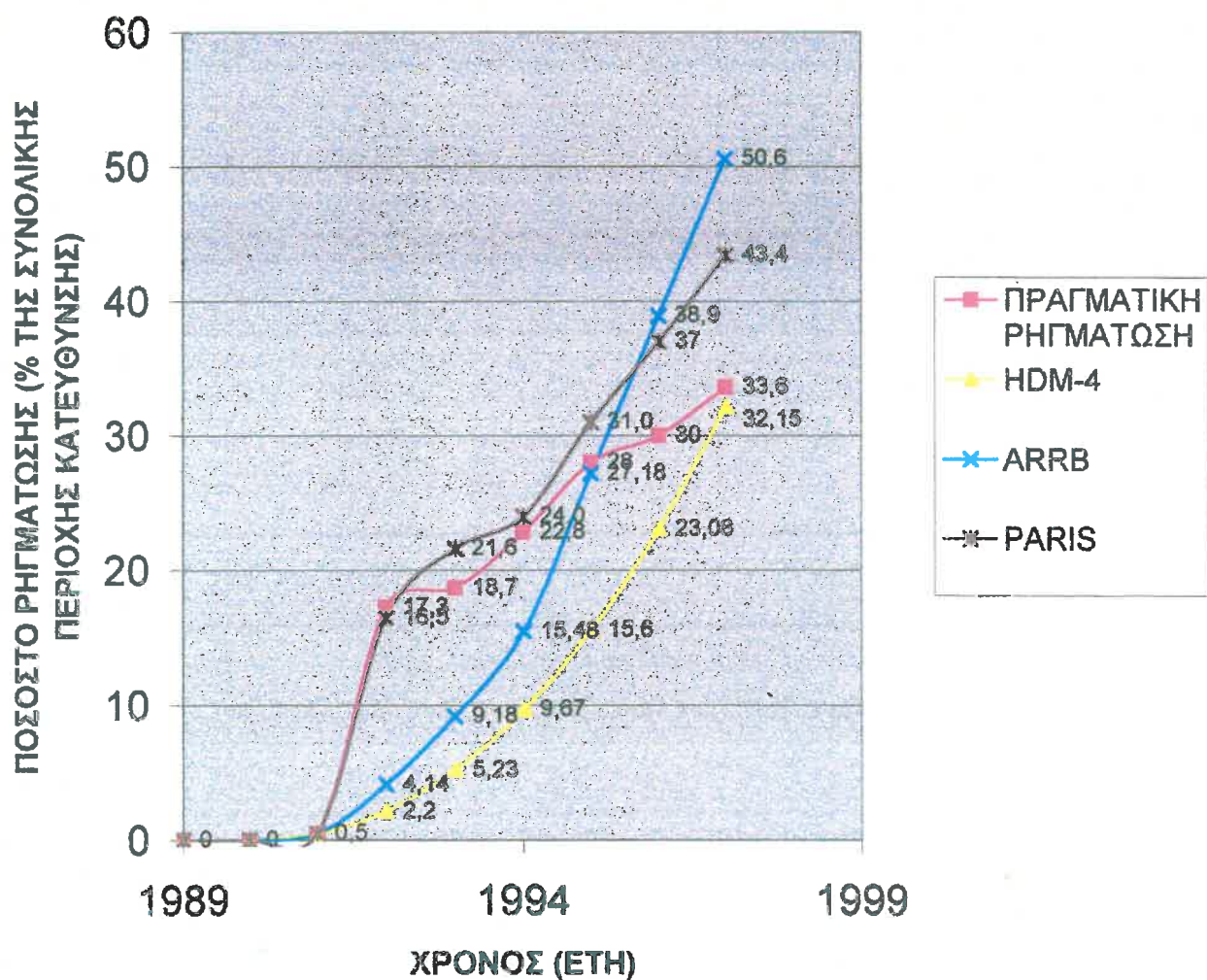
ΤΟΜΕΑΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜΟΝ 9

* οι τιμές στα κελιά εκφράζουν ποσοστά ρηγμάτωσης, δηλαδή ποσοστό % της συνολικής

επιφάνειας κατεύθυνσης που είναι ρηγματωμένη.

ΕΤΟΣ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜ.	HDM-4	ARRB	PARIS
1989		0		
1990		0		
1991		0,5	0,5	
1992	17,3	2,2	4,14	16,5
1993	18,7	5,23	9,18	21,6
1994	22,8	9,67	15,48	24,0
1995		15,6		
1996		23,08		
1997	33,6	32,15	50,6	43,4

**ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ HDM-4, ARRB ΚΑΙ PARIS ΜΕ
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΓΙΑ ΟΔ. 9**



ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΠΡΟΒΛΕΨΗ

* σε κάθε κελί, η τιμή εκφράζει το λόγο της διαφοράς του προβλεπόμενου ποσοστού ρηγμάτωσης από το εκάστοτε προσομοίωμα με το πραγματικό ποσοστό ρηγμάτωσης (απόκλιση), προς το πραγματικό ποσοστό ρηγμάτωσης.

251006

ΕΤΟΣ	HDM-4	ARRB	PARIS
1992	-0,860	-0,760	-0,210
1993	-0,730	-0,590	-0,166
1994	-0,590	-0,460	-0,177
1997	0,010	-0,040	0,147

251007

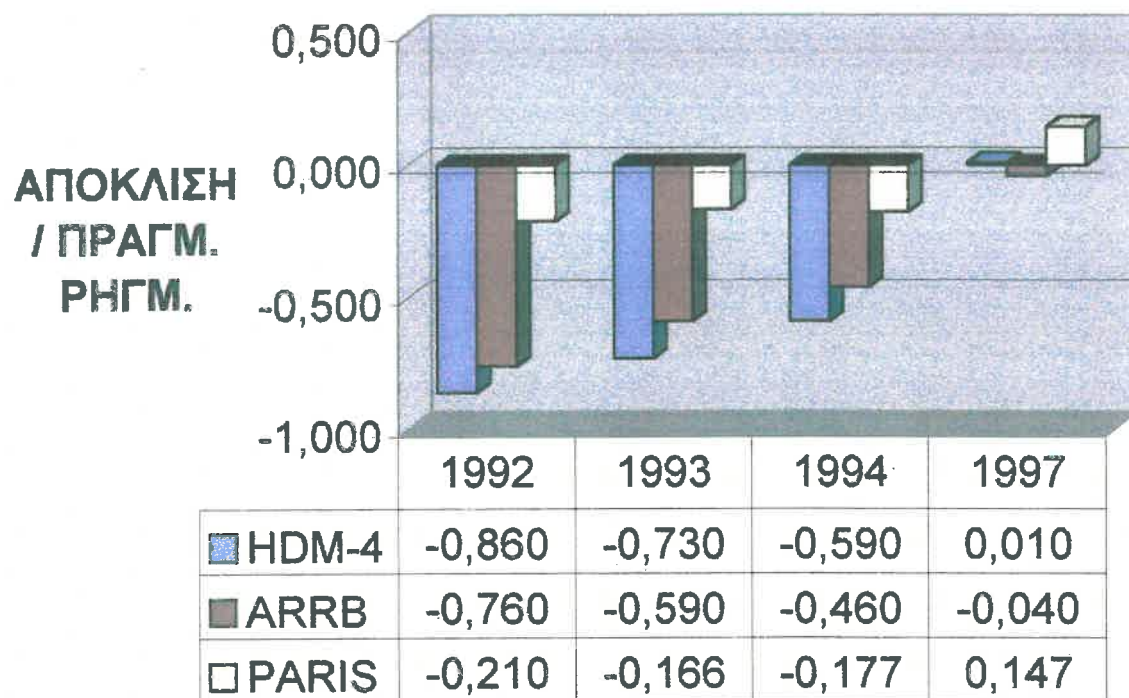
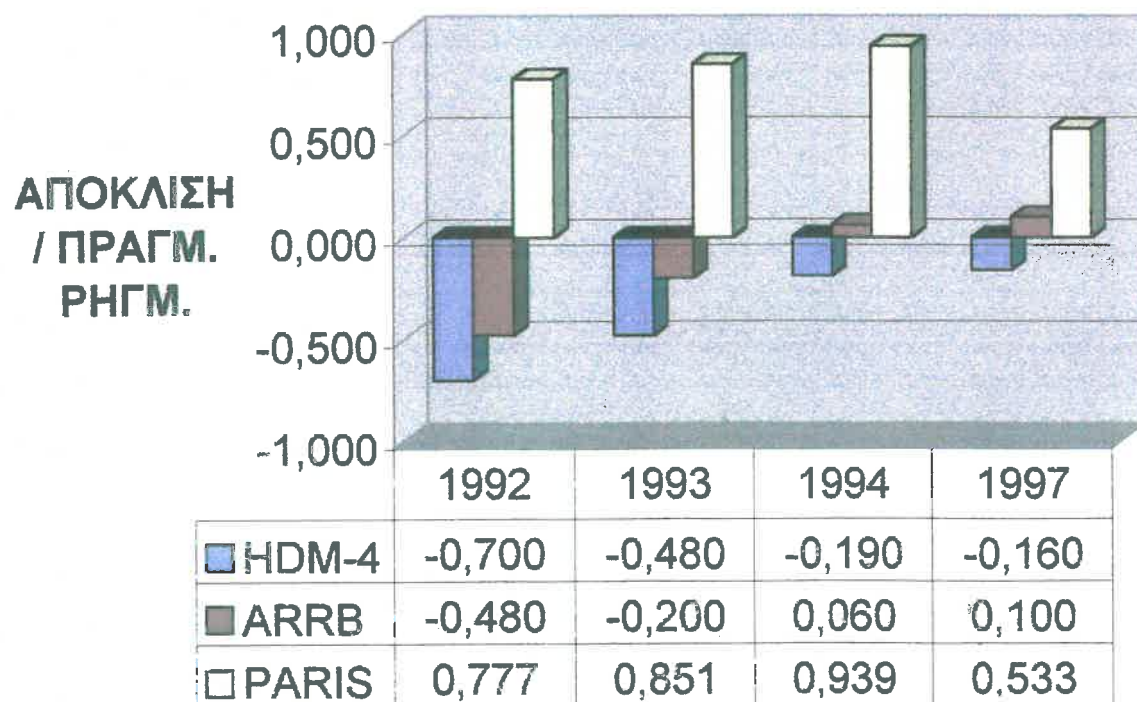
ΕΤΟΣ	HDM-4	ARRB	PARIS
1992	-0,700	-0,480	0,777
1993	-0,480	-0,200	0,851
1994	-0,190	0,060	0,939
1997	-0,160	0,100	0,533

251008

ΕΤΟΣ	HDM-4		PARIS
1992	-0,860		0,032
1993	-0,700		0,305
1994	-0,540		0,396
1997	0,210		0,533

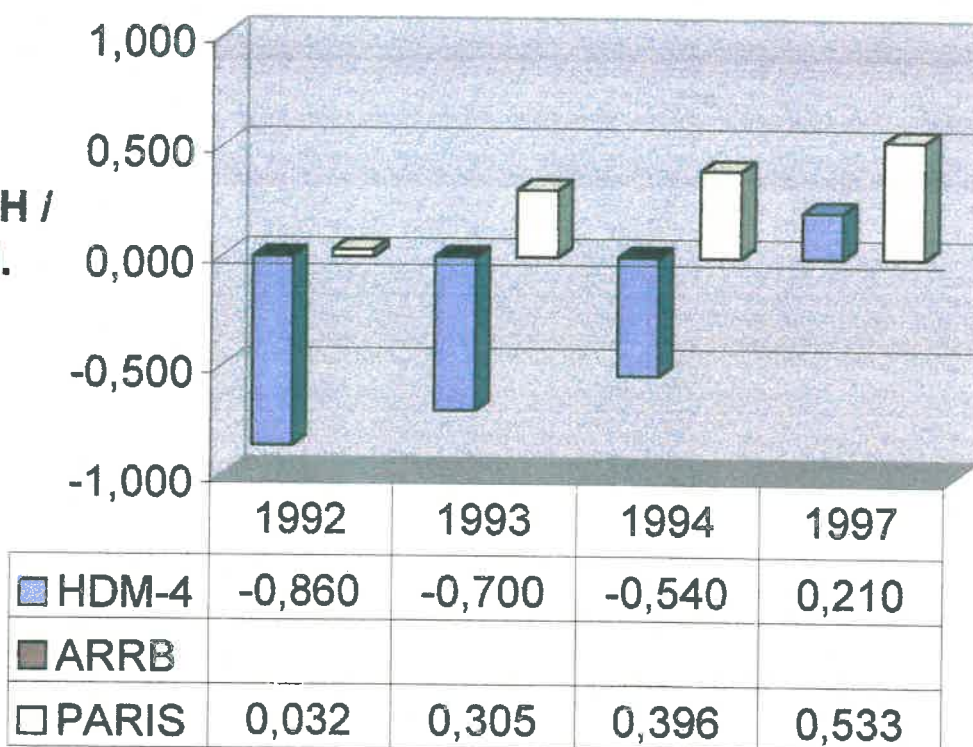
251009

ΕΤΟΣ	HDM-4	ARRB	PARIS
1992	-0,870	-0,760	-0,0452
1993	-0,720	-0,510	0,1566
1994	-0,580	-0,320	0,0535
1997	-0,040	0,510	0,2909

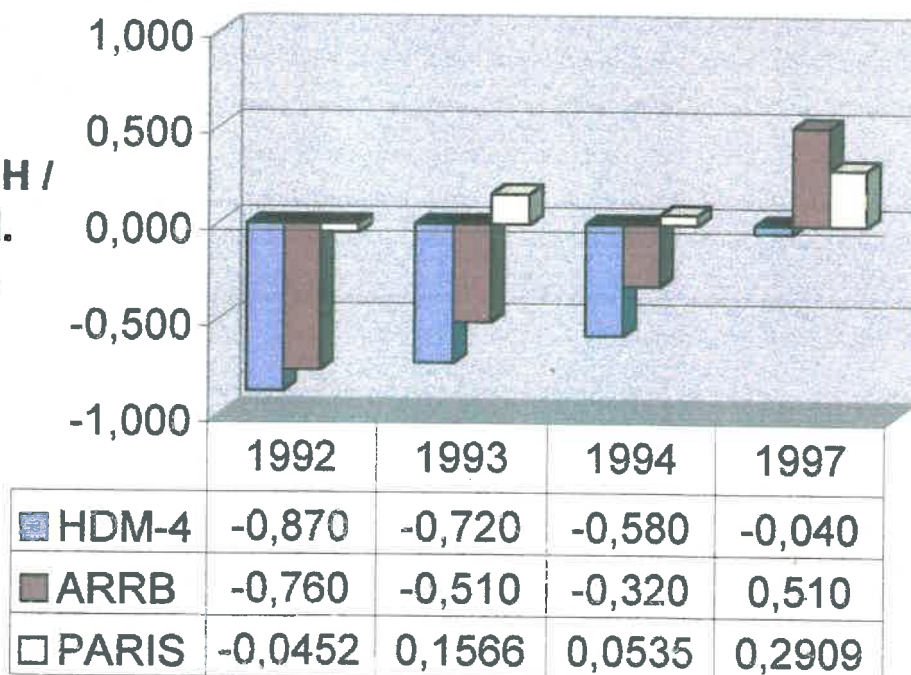
ΟΔ. 6**ΟΔ. 7**

ΟΔ. 8

ΑΠΟΚΛΙΣΗ /
ΠΡΑΓΜ.
ΡΗΓΜ.

ΟΔ. 9

ΑΠΟΚΛΙΣΗ /
ΠΡΑΓΜ.
ΡΗΓΜ.



Στα τέσσερα οδοστρώματα στα οποία εφαρμόστηκαν τα προσαρμοσμένα προσομοιώματα, παρατηρούνται διαφοροποιήσεις από οδόστρωμα σε οδόστρωμα όσον αφορά την επιτυχία πρόβλεψης των προσομοιωμάτων. Σε γενικές γραμμές το προσομοίωμα PARIS δίνει τις πιο 'ισορροπημένες' προβλέψεις. Παρ' όλο που σε μερικές ειδικά περιπτώσεις παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις από την πραγματικότητα, εντούτοις τα ποσοστά αποκλίσεων των προβλέψεων είναι περίπου ίσα μεταξύ τους. Ενώ τα προσομοιώματα PARIS και ARRB, δίνουν αν και όχι πάντα προβλέψεις με μικρότερο ποσοστό απόκλισης για το τελευταίο έτος, ενώ οι προβλέψεις τους για τα προηγούμενα έτη παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις από τα πραγματικά ποσοστά ρηγμάτων.

Πιο συγκεκριμένα στο οδ. 6 καλύτερο κρίνεται το PARIS γιατί δίνει μια εικόνα εξέλιξης της ρηγμάτωσης που είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα από ότι τα άλλα δυο. Τα ποσοστά απόκλισης των προβλέψεων του είναι μικρά και ίσα. Η καλύτερη πρόβλεψη όμως για το τελευταίο έτος ανήκει στο HDM-4, που όμως παρουσιάζει μεγάλα ποσοστά απόκλισης στα πρώτα έτη.

Στο οδ. 7 έχουμε αποτυχημένες προβλέψεις με όλα τα προσομοιώματα, με μεγάλα ποσοστά απόκλισης. Πιο μακριά από την πραγματικότητα βρίσκεται το PARIS, ενώ καλύτερες προβλέψεις στην συγκεκριμένη περίπτωση δίνει το ARRB και έπειτα το HDM-4, ειδικά για το τελευταίο έτος.

Στο οδ. 8 παρατηρείται πλήρης αποτυχία του ARRB για οποιαδήποτε πρόβλεψη. Καλύτερο, με μικρότερα ποσοστά απόκλισης είναι το PARIS, ενώ και πάλι το HDM-4 μόνο για το τελευταίο έτος δίνει την καλύτερη πρόβλεψη.

Στο οδ. 9 και πάλι το ARRB δεν δίνει αξιόπιστες προβλέψεις, ενώ το PARIS κάνει τις πιο ισορροπημένες εκτιμήσεις για όλα τα χρόνια. Το HDM-4 δίνει την καλύτερη πρόβλεψη για το τελευταίο έτος.

Αναμενόμενο ήταν το HDM-4 να δίνει καλές προβλέψεις για το τελευταίο έτος και μεγάλες αποκλίσεις για τα πρώτα έτη, μια και προσαρμόστηκε με βάση το κριτήριο να δίνει καλύτερες προβλέψεις για τα τελευταία έτη. Δεν θα μπορούσε να γίνει διαφορετικά γιατί θα έδινε τεράστιες αποκλίσεις στο τελευταίο έτος ούτως ώστε να μειώνονταν οι υποεκτιμήσεις των

πρώτων χρόνων. Όπως προαναφέρθηκε το HDM-4 αδυνατεί να προσομοιώσει ικανοποιητικά την συμπεριφορά των συγκεκριμένων ελληνικών προσομοιωμάτων.

Το ARRB όπως φάνηκε και από τις γραφικές παραστάσεις κρίνεται μάλλον μη αξιόπιστο, ιδιαίτερα σε οδοστρώματα με μεγάλους δομικούς αριθμούς.

Το PARIS τέλος φαίνεται να μπορεί να προσομοιώσει καλύτερα την συμπεριφορά των συγκεκριμένων οδοστρωμάτων, αν και αυτό δίνει κατά περιπτώσεις προβλέψεις με μεγάλες αποκλίσεις.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούν συνοπτικά οι πιο βασικές παρατηρήσεις και τα τελικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την διπλωματική αυτή εργασία :

- Διαπιστώθηκε πως είναι δυνατό να προσαρμοσθούν ικανοποιητικά, ορισμένα προσομοιώματα πρόβλεψης έναρξης και εξέλιξης φθοράς (ρηγμάτωσης) σε ελληνικά δεδομένα, (δεδομένου και των δυσκολιών συγκέντρωσης πραγματικών στοιχείων για επεξεργασία). Κάποια άλλα πάλι δεν είναι εφαρμόσιμα στα ελληνικά δεδομένα γιατί σχεδιάστηκαν και αφορούν τελείως διαφορετικές συνθήκες.
- Ο χρόνος έναρξης της ρηγμάτωσης σε ελληνικά οδοστρώματα μπορεί να εκτιμηθεί με σχετική ακρίβεια από τα προσαρμοσμένα προσομοιώματα PARIS και HDM-4 που προέκυψαν από αυτήν την μελέτη.
- Το προσομοίωμα ARRB όσο αφορά την έναρξη ρηγμάτωσης δεν μπορεί να εκτιμήσει σωστό χρόνο έναρξης της ρηγμάτωσης σε ελληνικά οδοστρώματα. Δεν υπάρχει δυνατότητα για προσαρμογή του στις συνθήκες των οδοστρωμάτων που μελετήθηκαν.
- Όσον αφορά την εξέλιξη της ρηγμάτωσης το προσομοίωμα PARIS κρίθηκε τελικά το καταλληλότερο από τα τρία προσομοιώματα. Απαιτεί τα πιο λίγα δεδομένα, μπορεί να εφαρμοσθεί εύκολα και γρήγορα και είναι πιο αξιόπιστο από τα υπόλοιπα γιατί μπορεί να προσομοιώσει περίπου ικανοποιητικά την συμπεριφορά των συγκεκριμένων οδοστρωμάτων που μελετήθηκαν. Βέβαια σε ορισμένες περιπτώσεις οι προβλέψεις του για την εξέλιξη της ρηγμάτωσης στα οδοστρώματα παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις, αλλά γενικά δίνει τις πιο ισορροπημένες εκτιμήσεις και οι αποκλίσεις για κάθε πρόβλεψη αναλογικά, είναι περίπου ίσες.
- Το προσομοίωμα HDM-4 απαιτεί μεγάλο αριθμό δεδομένων, μερικά από τα οποία είναι δύσκολο να συγκεντρωθούν. Η διαδικασία γνωριμίας με το πρόγραμμα και εφαρμογής του, παρουσιάζει δυσκολία μια και πρόκειται για αυτοματοποιημένο πρόγραμμα που εφαρμόζεται με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το προσομοίωμα εξέλιξης ρηγμάτωσης σε αντίθεση με αυτό της έναρξης, δεν κατέστη δυνατό να προσαρμοσθεί με μεγάλη επιτυχία στα ελληνικά δεδομένα. Δεν μπορούσε να προσομοιώσει την συμπεριφορά των οδοστρωμάτων, τα οποία υπό την αυξημένη κυκλοφοριακή φόρτιση ρηγματώθηκαν γρήγορα και έντονα από τα πρώτα χρόνια. Οι διάφορες βαθμονομήσεις που

δοκιμάστηκαν έδιναν ή μεγάλες υποεκτιμήσεις στα πρώτα χρόνια λειτουργίας του οδοστρώματος και ικανοποιητικές εκτιμήσεις για τα μετέπειτα χρόνια ή λιγότερο έντονες υποεκτιμήσεις στα πρώτα χρόνια και μεγάλες υπερεκτιμήσεις στα μετέπειτα χρόνια.

Επιλέχθηκε η προσαρμογή που δίνει καλύτερες προβλέψεις για τα μετέπειτα χρόνια, έτσι το HDM-4 μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστο για μια πρόβλεψη μετά από κάποια χρόνια (πάνω από 5-6) σε ένα οδόστρωμα ενώ δεν θεωρείται πως δίνει αξιόπιστες προβλέψεις για τα πρώτα χρόνια.

- Το προσομοίωμα ARRB σχεδιάστηκε και εφαρμόζεται με επιτυχία όσον αφορά την πρόβλεψη εξέλιξης ρηγμάτωσης, κυρίως σε αυστραλέζικους δρόμους από αμμοχάλικο σφραγισμένους με μια λεπτή στρώση ασφαλτομίγματος. Τα οδοστρώματα αυτά έχουν χαμηλούς δομικούς αριθμούς και χαμηλή κυκλοφοριακή κίνηση σε σχέση με τα ελληνικά οδοστρώματα. Το ARRB δεν λειτουργεί καθόλου για οδοστρώματα με δομικούς αριθμούς μεγαλύτερους του έξι και δίνει μη αξιόπιστα αποτελέσματα για οδοστρώματα με δομικούς αριθμούς κοντά στο έξι. Για οδοστρώματα με μικρότερους δομικούς αριθμούς (μικρότερους του 5,5) θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί αν και παρουσιάζει τα ίδια προβλήματα με το HDM-4, δηλαδή υποεκτιμήσεις στα πρώτα χρόνια λειτουργίας του οδοστρώματος και καλές εκτιμήσεις για τα μετέπειτα χρόνια. Επιπλέον απαιτεί επίσης αρκετά δεδομένα για να εφαρμοσθεί. Γενικά δεν κρίνεται ιδιαίτερα αξιόπιστο για χρησιμοποίησή του σε ελληνικά οδοστρώματα τουλάχιστον όσον αφορά την πρόβλεψη εξέλιξης της ρηγμάτωσης.
- Οι διάφορες αποκλίσεις που παρουσιάζονται στις προβλέψεις και των τριών προσομοιωμάτων μπορεί να οφείλονται στο ότι δεν περιλαμβάνονται σε αυτά όλες οι μεταβλητές που μπορεί να επηρεάζουν την ρηγμάτωση και στο ότι υπάρχει έλλειψη ορισμένων δεδομένων για σωστή εφαρμογή τους ή δυσκολία μέτρησης ορισμένων παραμέτρων όπως π.χ περιβαλλοντικών, γεγονός που οδηγεί στην υιοθέτηση παραδοχών. Επίσης μπορεί να οφείλεται στο ότι εκτός από τις αδυναμίες των προσομοιωμάτων, πολλές φορές υπάρχουν αστοχίες κατά την κατασκευή των οδοστρωμάτων ή αλλαγές στα κυκλοφοριακά δεδομένα.
- Οι δομικοί αριθμοί ενός οδοστρώματος που χαρακτηρίζουν την δομική του αντοχή, μπορούν να διαφέρουν σημαντικά αναλόγως της μεθόδου με την οποία θα υπολογιστούν.

Οι δομικοί αριθμοί που υπολογίστηκαν για τα οδοστρώματα στην μελέτη, στηριζόμενοι στον αριθμό και πάχος των στρώσεων του οδοστρώματος καθώς και στο είδος του υλικού των στρώσεων, ήταν μικρότεροι από τους δομικούς αριθμούς που υπολογίστηκαν βασιζόμενοι στην κεντρική παραμόρφωση των οδοστρωμάτων μετρημένη με τη μέθοδο του Παραμορφωσίμετρου Πίπτοντος Βάρους (FWD). Οι προσαρμογές και βαθμονομήσεις των προσομοιωμάτων διέφεραν αναλόγως με το δομικό αριθμό που χρησιμοποιήθηκε. Άρα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η σχέση από την οποία προέκυψε ο δομικός αριθμός για να χρησιμοποιείται το κατάλληλο προσαρμοσμένο προσομοίωμα.

- Το να προσαρμοσθεί πλήρως ένα ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων στα ελληνικά δεδομένα, είναι μια πολύπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία, με τεράστιο όγκο εργασίας, που απαιτεί συλλογική προσπάθεια από διάφορα άτομα και φορείς. Αυτό διαπιστώθηκε γιατί ενώ η παρούσα διπλωματική διερεύνησε ένα μόνο μικρό μέρος των προσομοιωμάτων πρόβλεψης εξέλιξης της συμπεριφοράς αστοχιών οδοστρωμάτων, που επιπλέον είναι μόνο μια επιμέρους διαδικασία των Συστημάτων Διαχείρισης, εντούτοις αυτό αποδείχθηκε μια χρονοβόρα διαδικασία.

9. ΕΠΟΜΕΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ

Από την έρευνα που διεξήχθη, στο χώρο της προσαρμογής στην ελληνική πραγματικότητα, υφιστάμενων προσομοιωμάτων στη διεθνή βιβλιογραφία πρόβλεψης εξέλιξης αστοχιών οδοστρωμάτων, προκύπτει σίγουρα η ανάγκη που υπάρχει, για ανάληψη περαιτέρω ερευνητικών διαδικασιών και ενεργειών, που θα συμπληρώσουν και θα ολοκληρώσουν την εργασία που έχει ξεκινήσει, από την παρούσα διπλωματική. Είναι απαραίτητη μια μεγαλύτερη και πιο καθολική προσέγγιση του θέματος και θα χρειαστεί συνεργασία από διάφορους φορείς για να επιτευχθεί ο στόχος που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι η προσαρμογή και χρήση, υφιστάμενων συστημάτων διαχείρισης οδοστρωμάτων στη διεθνή βιβλιογραφία, στα ελληνικά οδικά δίκτυα ή και ενδεχομένως η ανάπτυξη ελληνικών τέτοιων συστημάτων.

Ένα βασικό πρόβλημα που διαπιστώθηκε κατά την έρευνα, ήταν η έλλειψη στοιχείων κατασκευής και ιστορικών στοιχείων συμπεριφοράς ελληνικών οδοστρωμάτων και η δυσκολία συγκέντρωσής τους. Η πρώτη ενέργεια πρέπει να γίνει προς αυτή την κατεύθυνση, την εξεύρεση, συγκέντρωση, αξιολόγηση στην ελληνική πραγματικότητα και ταξινόμηση στοιχείων που αφορούν ελληνικά οδοστρώματα, έτσι ώστε να διευρυνθεί το δείγμα που θα χρησιμοποιηθεί στις έρευνες. Αυτό για να γίνει απαιτείται γενικευμένη προσπάθεια μεγάλης κλίμακας, για να συγκεντρωθούν όσο το δυνατό περισσότερα στοιχεία και πρέπει να υπάρξει ενδιαφέρον και χρηματοδότηση τόσο από τους κατάλληλους φορείς του κράτους, όσο και από ερευνητικά προγράμματα πανεπιστημιακών ιδρυμάτων.

Πέρα από αυτό, σκόπιμο κρίνεται να καθοριστούν πειραματικά τμήματα σε υφιστάμενα ή μελλοντικά ελληνικά οδικά δίκτυα, στα οποία να καταγράφεται η εξέλιξη των αστοχιών. Τα στοιχεία που θα καταγράφονται θα μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικές προσπάθειες για προσαρμογή ξένων προσομοιωμάτων σε ελληνικά δεδομένα ή ακόμα να χρησιμοποιηθούν για ανάπτυξη ελληνικών τέτοιων προσομοιωμάτων.

Σε αυτή την διπλωματική εργασία έγινε διερεύνηση σε ότι αφορά την εξέλιξη της ρηγμάτωσης στα ελληνικά οδοστρώματα και δοκιμάστηκαν τρία προσομοιώματα πρόβλεψης της εξέλιξης της ρηγμάτωσης, από τα δεκάδες προσομοιώματα που υπάρχουν και χρησιμοποιούνται στο εξωτερικό. Σίγουρα υπάρχει η ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση, και άλλων προσομοιωμάτων. Ειδικά αν υπάρχουν διαθέσιμα περισσότερα στοιχεία θα είναι ευκολότερο να γίνει πιο αξιόπιστη δουλειά.

Εξάλλου η εξέλιξη της ρηγμάτωσης είναι μόνο μία από τις συνιστώσες της εξέλιξης των αστοχιών στα οδοστρώματα, οπότε γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχει ακόμα αρκετή δουλειά να γίνει. Και επιπλέον η πρόβλεψη της εξέλιξης των αστοχιών των οδοστρωμάτων είναι μόνο ένα από τα στοιχεία ενός συστήματος διαχείρισης οδοστρωμάτων, οπότε το μέγεθος της εργασίας που απομένει είναι προφανές ότι είναι πολύ μεγάλο. Από την έρευνα που έγινε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής γίνεται σαφές πως τα υφιστάμενα προσομοιώματα πρόβλεψης εξέλιξης της συμπεριφοράς αστοχιών οδοστρωμάτων, και ενδεχομένως τα υφιστάμενα Συστήματα διαχείρισης Οδοστρωμάτων που χρησιμοποιούνται στο εξωτερικό, δεν μπορούν να εφαρμοσθούν ως έχουν στα ελληνικά οδικά δίκτυα, αλλά υπάρχει ιδιαίτερη ανάγκη για προσαρμογή τους στα ελληνικά δεδομένα πριν χρησιμοποιηθούν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] PARIS, "Performance Analysis of Road Infrastructure, Pavement Deterioration Models", Final Report, European Commission (DG VII), Brussels, 1999
- [2] Tim C. Martin, "State-of-the-art pavement performance modelling at a network and project level", ARRB Transport Research, Special Report 56, ARRB, 1998
- [3] Α. Μουρατιδης, "Μια πολυδιάστατη πολιτική διαχείρισης του εθνικού οδικού δικτύου", Τεχνικά χρονικά, Ειδική Έκδοση, ΤΕΕ, Μάιος – Ιούνιος 1996
- [4] Omar Smadi, Zachary Hans, Aemal Khattak, "Integrating maintenance activities into pavement management systems", Research Bulletin, Iowa State University, 2000
- [5] Judith k. Sztreke, P. Eng., "Indicators of the benefits of pavement management", Deighton Associates Ltd., Bowmanville, Canada, 1999
- [6] W. De Corte, E. De Winne, "Pavement management systems through Europe : Similarities and differences", Research Report, Ghent University, Belgium, 2000
- [7] Rohit Ramaswamy, Moshe Ben-Akiva, "Estimation of highway pavement deterioration from in-service pavement data", Transportation Research Record 1272, Washington DC, 1988
- [8] ASTM, "Standard guide for network pavement management", Annual Book of ASTM standards, Vol 04.03, ASTM, 1991
- [9] HDM – 4, "Highway Design and Maintenance Standards Model", PIARC, Users Manual, 2001
- [10] Σ. Κόλιας, Α. Λοΐζος, "Σημειώσεις Οδοστρωμάτων", ΕΜΠ, 1999
- [11] Σ. Κόλιας, Α. Λοΐζος, "Ειδικά Θέματα Οδοστρωμάτων", ΕΜΠ, 1997
- [12] Govert T.H. Sweere, Leo J.M. Dohmen, Heikki Jamsa, Harri Spoof, John F. Potter, "A collaborative European Approach to Pavement Performance Measurement and Analysis", 8th International Conference on Asphalt Pavements, Proceedings, Vol II, Seattle, 1997

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Ορισμοί της φθοράς – ρηγμάτωσης όπως αυτοί καθορίζονται στο HDM – 4

ΕΝΝΟΙΑ	ΟΡΙΣΜΟΣ
Περιοχή (ρηγμάτωσης)	Το άθροισμα τετραγωνικών περιοχών που περιλαμβάνουν την έκδηλη φθορά (ρηγμάτωση), (οι γραμμικές ρωγμές θεωρείται ότι έχουν πλάτος 0,5 m), εκφρασμένο ως ποσοστό της περιοχής κατεύθυνσης
Ολόκληρη ρηγμάτωση	Περιλαμβάνει τη πλατιά και στενή δομική Ρηγμάτωση
Στενή ρηγμάτωση	Συνδεδεμένες ή γραμμικές ρωγμές πλάτους 1-3 mm (ισοδύναμες με AASHTO κλάση 2)
Πλατιά ρηγμάτωση	Συνδεδεμένες ή γραμμικές ρωγμές πλάτους 3 mm ή μεγαλύτερου (ισοδύναμες με AASHTO κλάση 4)
Εγκάρσια θερμική ρηγμάτωση	Μη συνδεδεμένες ρωγμές που διασχίζουν εγκαρσίως το οδόστρωμα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 Κατηγοριοποίηση οδοστρωμάτων αναλόγως του υλικού των στρώσεων του, κατά το HDM-4

Surface category	Surface class	Pavement type	Surface type	Surface material	Base type	Base material
Paved	Bituminous	AMGB	AM	AC, HRA,	GB	NG, CRS, WBM, etc.
		AMAB		RAC, PA,	AB	AB, EB, etc.
		AMSB		CM, etc.	SB	CS, LS, etc.
		AMAP			AP	TNA, FDA, etc.
		AMRB			RB	JUC, RBC, CUC, etc.
		STGB	ST	SBSD, PM,	GB	NG, CRS, WBM, etc.
		STAB		DBSD, SL,	AB	AB, EB, etc.
		STSB		CAPE, etc.	SB	CS, LS, etc.
		STAP			AP	TNA, FDA, etc.
		STRB			RB	JUC, RBC, CUC, etc.
	Concrete	JPGB	JP	VC, RC,	GB	NG, CRS, WBM, etc.
		JPAB		FC, PC,	AB	AB, EB, etc.
		JPSB		etc.	SB	CS, LS, etc.
		JPAP			AP	TNA, FDA, etc.
		JPRB			RB	JUC, RBC, CUC, etc.
		JRGB	JR	VC,	GB	NG, CRS, WBM, etc.
		JRAB		FC, etc.	AB	AB, EB, etc.
		JRSB			SB	CS, LS, etc.
		JRAP			AP	TNA, FDA, etc.
		JRRB			RB	JUC, RBC, CUC, etc.
		CRGB	CR	VC,	GB	NG, CRS, WBM, etc.
		CRAB		FC, etc.	AB	AB, EB, etc.
		CRSB			SB	CS, LS, etc.
		CRAP			AP	TNA, FDA, etc.
		CRRB			RB	JUC, RBC, CUC, etc.
	Block	CBSG	CB	CB	SG	SA, NG, etc.
		BRLC	BR	BR	LC	LC
		SSGB	SS	SS	CG	LC, NG, etc.
Unpaved	Unsealed	GRUP	GR	LT, QZ, etc.		
		EAUP	EA	EA	UP	
		SAUP	SA	SA		

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2

Επεξήγηση συμβόλων για τα υλικά των στρώσεων σύμφωνα με
HDM-4

Surface type		Surface material	
AM	Asphaltic Mix	AC	Asphalt Concrete
ST	Surface Treatment	HRA	Hot Rolled Asphalt
JP	Jointed Plain	RAC	Rubberised Asphalt Concrete
JR	Jointed Reinforced	PA	Porous Asphalt
CR	Continuously Reinforced	CM	Cold Mix (Soft Bitumen Mix)
CB*	Concrete Block	SBSD	Single Bituminous Surface Dressing
BR*	Brick	PM	Penetration Macadam
SS*	Set Stone	DBSD	Double Bituminous Surface Dressing
GR	Gravel	SL	Slurry Seal
EA*	Earth	CAPE	Cape Seal
SA*	Sand	VC	Vibrated Concrete
		RC	Rolled Concrete
		FC	Fibre Concrete
		PC	Porous Concrete
		LT	Lateritic Gravel
		QZ	Quartzitic Gravel

Base type		Base material	
GB	Granular Base	NG	Natural Gravel
AB	Asphalt Base	CRS	Crushed Stone
SB	Stabilised Base	WBM	Water Bound Macadam
AP	Asphalt Pavement	EB	Emulsified Base
RB	Rigid (Concrete) Base	CS	Cement Stabilised
SG	Sand/Gravel	LS	Lime Stabilised
LC	Lean Concrete	TNA	Thin Asphalt Surfacing
CG	Concrete/Gravel	FDA	Full Depth Asphalt
UP	Unpaved – base types not applicable	JUC	Jointed Unbonded Concrete
		RBC	Reinforced Bonded Concrete
		CUC	Continuously Unbonded Concrete

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 Δείκτης κατασκευαστικών ελαττωμάτων για ασφατικά
οδοστρώματα κατά HDM-4

Surfacing condition		CDS
Dry (Brittle)	Nominally about 10% below design optimal binder content	0.5
Normal	Optimal binder content	1.0
Rich (Soft)	Nominally about 10% above design optimal binder content	1.5

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 Παράμετροι προσομοιώματος HDM-4 για συντήρηση

Pavement type	Surface material	HSOLD value	CRM	CRTMAX	RRM	RRFMAX
AMGB	All	0	1.5	3.0	1.15	2.0
	All except CM	> 0	1.5	3.0	1.15	2.0
	CM	> 0	0.75	1.5	1.15	2.0
AMAB	All		1.5	3.0	1.15	2.0
AMAP	All		1.5	3.0	1.15	2.0
AMSB	All		1.5	3.0	1.15	2.0
STGB	All	0	3.0	6.0	1.15	2.0
		> 0	1.5	3.0	1.15	2.0
STAB	All	0	1.5	3.0	1.15	2.0
STAP	All		1.5	3.0	1.15	2.0
STSB	All		1.5	3.0	1.15	2.0

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3

Προεπιλεγμένες τιμές για συντελεστές έναρξης ρηγμάτωσης για
το προσομοίωμα έναρξης ολόκληρης ρηγμάτωσης στο HDM-4

Pavement type	Surface material	HSOLD value	Equ ⁿ	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
AMGB	All	0	5.3	4.21	0.14	-17.1		
	All except CM	> 0	5.4	4.21	0.14	-17.1	30	0.025
	CM	> 0	5.5	13.2	0	-20.7	20	1.4
AMAB	All	0	5.3	4.21	0.14	-17.1		
		> 0	5.4	4.21	0.14	-17.1	30	0.025
AMAP	All	> 0	5.4	4.21	0.14	-17.1	30	0.025
AMSB	All	0	5.1	1.12	0.035	0.371	-0.418	-2.87
		> 0	5.2	1.12	0.035	0.371	-0.418	-2.87
STGB	All	0	5.3	13.2	0	-20.7		
	All except SL, CAPE	> 0	5.4	13.2	0	-20.7	20	0.22
	SL, CAPE	> 0	5.5	13.2	0	-20.7	20	1.4
STAB	All	0	5.3	13.2	0	-20.7		
	All except SL, CAPE	> 0	5.4	4.21	0.14	-17.1	20	0.12
	SL, CAPE	> 0	5.4	4.21	0.14	-17.1	30	0.025
STAP	All	> 0	5.4	4.21	0.14	-17.1	20	0.12
STSB	All	0	5.1	1.12	0.035	0.371	-0.418	-2.87
		> 0	5.2	1.12	0.035	0.371	-0.418	-2.87

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4

Προεπιλεγμένες τιμές για συντελεστές στο προσομοίωμα
Εξέλιξης ολόκληρης ρηγμάτωσης στο HDM-4

Pavement type	Surface material	HSOLD value	All cracking	
			a_0	a_1
AMGB	All	0	1.84	0.45
	All except CM	> 0	1.07	0.28
	CM	> 0	2.41	0.34
AMAB	All	0	1.84	0.45
		> 0	1.07	0.28
AMAP	All	> 0	1.07	0.28
AMSB	All	0	2.13	0.35
		> 0	2.13	0.35
STGB	All	0	1.76	0.32
		> 0	2.41	0.34
STAB	All	0	1.76	0.32
	All except SL, CAPE	> 0	2.41	0.34
	SL, CAPE	> 0	1.07	0.28
STAP	All	> 0	2.41	0.34
STSB	All	0	2.13	0.35
		> 0	2.41	0.34

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5

Προεπιλεγμένες προτεινόμενες τιμές για CCT

Model parameter	Tropical	Sub-tropical hot	Sub-tropical cool	Temperate cool	Temperate freeze
Arid	100	5	100	100	2
Semi-arid	100	8	100	100	2
Sub-humid	100	100	100	100	1
Humid	100	100	100	100	1
Per-humid	100	100	100		

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6

Προεπιλεγμένες τιμές για παραμέτρους προσομοιωμάτων
προσομοιώματα εγκάρσιας θερμικής ρηγμάτωσης

Pavement type	Initiation			Progression
	a_0	a_1	a_2	a_0
All pavement types except STGB and STSB	1.0	-1.0	0.02	0.25
STGB and STSB	100	-1.0	0.02	0.25

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7

Προεπιλεγμένες προτεινόμενες τιμές για NCTeq και Teq

Model parameter	Tropical	Sub-tropical hot	Sub-tropical cool	Temperate cool	Temperate freeze
NCTeq	0	100	0	0	20
Teq	50	7	50	50	7

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8

Συντελεστές για μοντέλο προσαρμοσμένου δομικού αριθμού

Pavement type	b_0	b_1	b_2	b_3
All pavement types	1.6	0.6	0.008	0.00207

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9

Συντελεστές στρώσεων οδοστρωμάτων

Layer	Layer type	Condition	Coefficient
Surfacing	ST	Usually 0.2	$a_i = 0.20$ to 0.40
	AM	$h_i < 30$ mm, low stability and cold mixes	$a_i = 0.20$
		$h_i > 30$ mm, $MR_{30} = 1500$ MPa	$a_i = 0.30$
		$h_i > 30$ mm, $MR_{30} = 2500$ MPa	$a_i = 0.40$
		$h_i > 30$ mm, $MR_{30} \geq 4000$ MPa	$a_i = 0.45$
Base	GB	Default	$a_i = (29.14 \text{ CBR} - 0.1977 \text{ CBR}^2 + 0.00045 \text{ CBR}^3) 10^{-4}$
		CBR > 70, cemented sub-base	$a_i = 1.6 (29.14 \text{ CBR} - 0.1977 \text{ CBR}^2 + 0.00045 \text{ CBR}^3) 10^{-4}$
		CBR < 60, max. axle load > 80kN	$a_i = 0$
	AB, AP	Dense graded with high stiffness	$a_i = 0.32$
	SB	Lime or cement	$a_i = 0.075 + 0.039 \text{ UCS} - 0.00088(\text{UCS})^2$
Sub-base		Granular	$a_j = -0.075 + 0.184(\log_{10} \text{ CBR}) - 0.0444(\log_{10} \text{ CBR})^2$
		Cemented UCS > 0.7 MPa	$a_j = 0.14$

Source: Watanatada et al. (1987)

Notes:

- 1 The table reproduces information from the source, with the exception of the granular sub-base coefficient
- 2 If the user quotes a CBR value for a stabilised (lime or cement) layer, the corresponding granular coefficient should be used
- 3 Unconfined Compressive Strength (UCS) is quoted in MPa at 14 days
- 4 MR_{30} is the resilient modulus by the indirect tensile test at 30 °C
- 5 CBR is the California Bearing Ratio

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΗΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ ΣΤΟ PARIS ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ

ΔΕΙΚΤΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ

Στο PARIS οι τομείς ελέγχου οδοστρωμάτων, έχει καθοριστεί να έχουν μήκος 100 m. Ακόμα και αν έχουν γίνει μετρήσεις σε τομείς διαφορετικού μήκους, πρέπει αυτοί να προσαρμοσθούν με γραμμική παρεμβολή σε μήκος 100 m.

Για σκοπούς ανάλυσεως θεωρείται απαραίτητο στο PARIS να διαχωρίζεται η καταγραφή της ρηγμάτωσης σε δυο κατηγορίες, αναλόγως του αιτίου που προκαλεί την εμφάνισή τους:

- Ρωγμές που εμφανίζονται στα τροχοπεράσματα και οφείλονται κυρίως στην κυκλοφορία
- Ρωγμές που δεν εμφανίζονται αποκλειστικά μόνο στα τροχοπεράσματα και οφείλονται κυρίως σε περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Στο PARIS οι ρωγμές συμβολίζονται ως εξής :

- LWP : κατά μήκος ρωγμή σε τροχοπέραςμα
- LNWP : κατά μήκος ρωγμή που δεν βρίσκεται αποκλειστικά σε τροχοπέραςμα
- TWP : εγκάρσια ρωγμή σε τροχοπέραςμα
- TNWP : εγκάρσια ρωγμή που δεν βρίσκεται αποκλειστικά σε τροχοπέραςμα
- ACR : ρηγμάτωση αλιγοτορικής μορφής (συνδεδεμένες ρωγμές)

Στο PARIS η ρηγμάτωση, αντιθέτως με τα προγράμματα HDM-4 και ARRB όπου θεωρείται σαν ποσοστό της συνολικής περιοχής κατεύθυνσης, καταγράφεται σε μέτρα (m), ίσα με το μήκος του τομέα ελέγχου στο οποίο επεκτείνεται. Για την κατά μήκος ρηγμάτωση είναι ξεκάθαρο πως ο μέγιστος αριθμός που μπορεί να φθάσει είναι 100 m. Το ίδιο ισχύει και για την αλιγοτορική ρηγμάτωση. Για τις εγκάρσιες ρωγμές έχει καθορισθεί ότι σε κάθε μια, ανεξάρτητα αν βρίσκεται σε τροχοπέραςμα ή όχι, αντιστοιχεί μήκος ίσο με ένα μέτρο (1 m). Άρα υπάρχει ένα θεωρητικό μέγιστο 100 εγκάρσιων ρωγμών σε ένα τομέα.

Σημαντικό ρόλο στην ανάλυση και άρα στον καθορισμό του δείκτη ρηγμάτωσης παίζει όχι μόνο το είδος της ρηγμάτωσης, αλλά και η σοβαρότητα αυτής, δηλαδή αν είναι έντονη (high), μέτρια (moderate), ή ελαφριά (low). Η ρωγμές σε τροχοπεράσματα καταγράφονται όπως έχει ήδη αναφερθεί ξεχωριστά από τις ρωγμές που επεκτείνονται ή βρίσκονται πέρα από τα

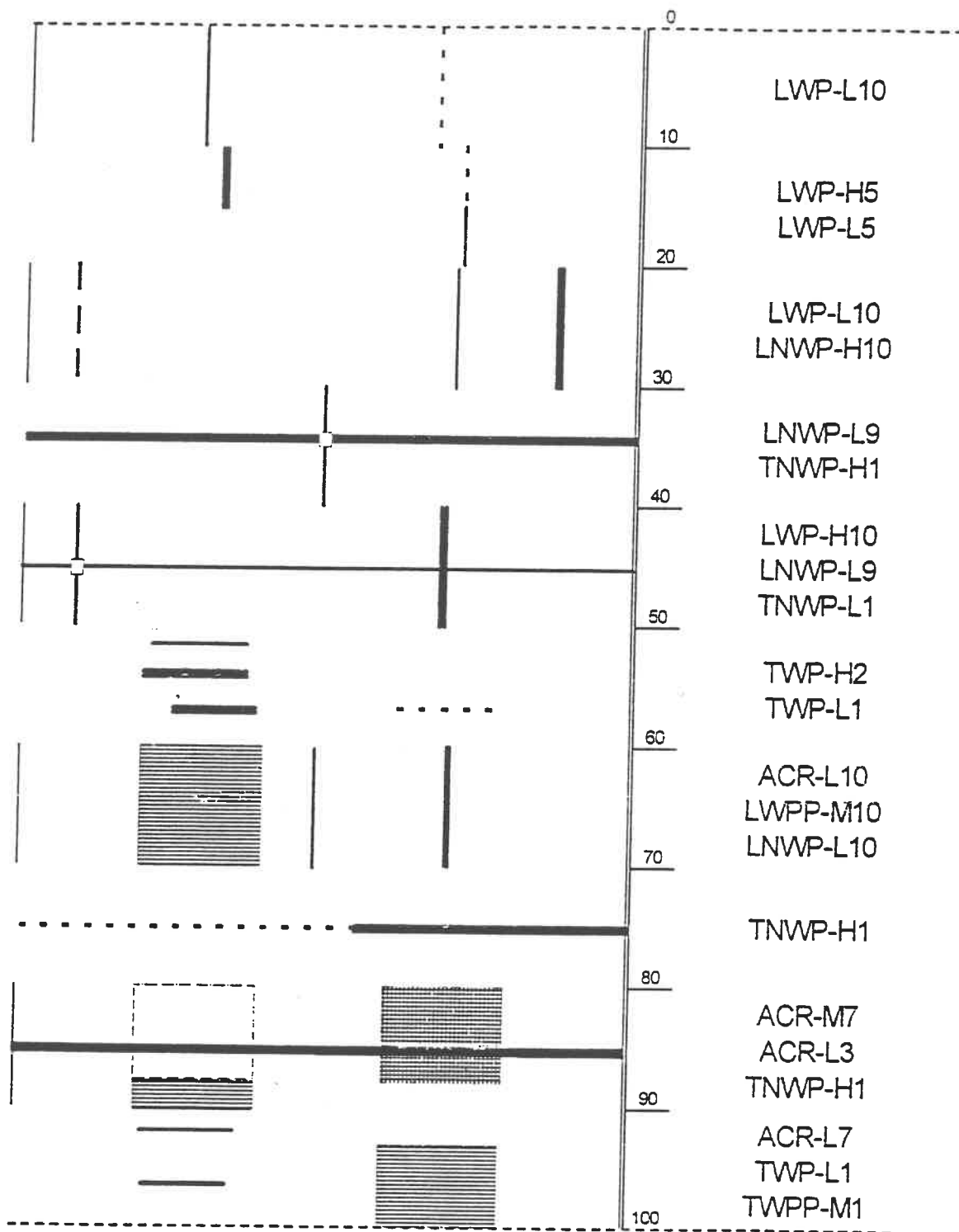
τροχοπεράσματα. Αν κατά μήκος ενός τομέα ελέγχου υπάρχουν διάφορες μορφές ρηγμάτωσης, διάφορων βαθμών, τότε σε κάθε μέτρο θα αναφέρεται η σημαντικότερη, σύμφωνα με την πιο κάτω σειρά προτεραιότητας :

1. Αλιγατορική ρηγμάτωση έντονης μορφής (ACR, H)
2. Αλιγατορική ρηγμάτωση μέτριας μορφής (ACR, M)
3. Αλιγατορική ρηγμάτωση ελαφριάς μορφής (ACR, L)
4. Εγκάρσια ρηγμάτωση έντονης μορφής (LWP,H – LNWP,H)
5. Κατά μήκος ρηγμάτωση έντονης μορφής (TWP,H – TNWP,H)
6. Εγκάρσια ρηγμάτωση μέτριας μορφής (LWP,M – LNWP,M)
7. Κατά μήκος ρηγμάτωση μέτριας μορφής (TWP,M – TNWP,M)
8. Εγκάρσια ρηγμάτωση ελαφριάς μορφής (LWP,L – LNWP,L)
9. Κατά μήκος ρηγμάτωση ελαφριάς μορφής (TWP,L – TNWP,L)

Για παράδειγμα, σε 3 μέτρα σε ένα τομέα, υπάρχει κατά μήκος ρηγμάτωση και στα δύο τροχοπεράσματα. Στο ένα τροχοπ. η ρηγμάτωση χαρακτηρίζεται ως έντονης μορφής (No 5 στη λίστα πιο πάνω) και στο άλλο ως ελαφριάς μορφής (No 9 στη λίστα πιο πάνω). Τότε η τελική καταγραφή θα είναι 3 μέτρα κατά μήκους ρηγμάτωσης έντονης μορφής σε τροχοπέραςμα (3 m of TWP,H), για αυτό το τμήμα του τομέα.

Για να μην αγνοηθούν σημαντικές πληροφορίες κατά την ανάλυση, υπάρχει μια επιπλέον απαίτηση όταν υπάρχει αλιγατορική ρηγμάτωση στο ένα τροχοπέραςμα και κατά μήκος ρηγμάτωση ή εγκάρσια ρηγμάτωση στο άλλο. Σε τέτοιες περιπτώσεις η κατά μήκος ή εγκάρσια ρηγμάτωση καταγράφεται. Στα δεδομένα αναφέρεται ως κατά μήκος ή εγκάρσια ρηγμάτωση παράλληλη με αλιγατορική ρηγμάτωση (LWP//ACR) ή (TWP//ACR)

Ένα ενδεικτικό σχήμα πιο κάτω (σχήμα 1) δίνει ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα καταγραφής της ρηγμάτωσης σύμφωνα με το PARIS.



ΣΧΗΜΑ 1

Παράδειγμα του πώς καθορίζεται η καταγραφή
της ρηγμάτωσης στο PARIS σε τομέα μήκους 100 m

Τέλος ο Δείκτης Ρηγμάτωσης (CI =Cracking Index) καθορίζεται ως εξής :

$$\text{Cracking Index (CI)} = 2 \cdot \text{ACr} + \text{LCr} + \text{TCr}$$

Όπου :

$$\text{ACr (aligator cracking)} = \text{ACr low} + 1.5 \text{ ACr moderate} + 2 \cdot \text{ACr high}$$

(αλιγατορική ρηγμάτωση)

$$\text{LCr (longitudinal cracking)} = \text{LCr low} + 1.5 \text{ LCr moderate} + 2 \cdot \text{LCr high}$$

(κατά μήκος ρηγμάτωση)

$$\text{TCr (tranverse cracking)} = \text{TCr low} + 1.5 \text{ TCr moderate} + 2 \cdot \text{TCr high}$$

(εγκάρσια ρηγμάτωση)

low , moderate , high = περιγράφουν το επίπεδο σοβαρότητας των διαφόρων ειδών ρηγμάτωσης(έντονη, μέτρια, ελαφριά)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1****ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ Υ, ΓΙΑ ΜΕΣΗ****ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ, T** **CRACK INITIATION TIMES, Y, FOR AVERAGE
SITE TEMPERATURES, T**

Climatic Zone			$T = (TMAX + TMIN)/2$ (°C)	Surface Cracking Initiation Time (Years)
Temperature Zone	Moisture Zone (1)	Thornthwaite Index, I		
Tropical	Arid	-110 to -61	29	3
Tropical	Semi-Arid	-61 to -21	25	4
Tropical	Sub-Humid	-20 to +19	24	5
Tropical	Humid	+20 to +59	25	4
Tropical	Very Humid	+60 to +100	24	5
Sub-Tropical	Arid	-110 to -61	23	5
Sub-Tropical	Semi-Arid	-61 to -21	20	8
Sub-Tropical	Sub-Humid	-20 to +19	20	8
Sub-Tropical	Humid	+20 to +59	18	11
Sub-Tropical	Very Humid	+60 to +100	17	13
Temperate	Arid	-110 to -61	20	8
Temperate	Semi-Arid	-61 to -21	16	15
Temperate	Sub-Humid	-20 to +19	14	23
Temperate	Humid	+20 to +59	13	29(2)
Temperate	Very Humid	+60 to +100	11	50(2)

Notes:

1. Temperature, T , also depends on the Moisture Zone.
2. Cracking initiation time estimates for these low values of T may need review as they exceed the range of the data used to develop the model.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2**ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ****CLIMATE ZONE FACTORS, CF**

Climatic Zone			Climate Zone Factors, CF
Temperature Zone	Moisture Zone	Thornthwaite Index, I	
All zones, from Tropical to Temperate (non-freezing)	Arid	-110 to -61	1.1
	Semi-Arid	-61 to -21	1.07
	Sub-Humid	-20 to +19	1.03
	Humid	+20 to +59	1
	Very Humid	+60 to +100	0.97

Source: Roberts *et al.* 1997**Notes:**

1. Climate Zone Factors are for the default Drainage Quality Factor (DQ = 1 see Table A.6). The effect of other drainage qualities can be obtained by multiplying the Climate Zone Factors by the appropriate Drainage Quality Factor, DQ.
2. The Climate Zone Factors are currently the same for all Temperature Zones and depend only on the Thornthwaite Index.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3**ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ****SURFACE CONDITION FACTORS, SF**

Climatic Zone			Surface Condition Factors, SF, at 100 % cracking, for different cracking intensities		
Temperature Zone	Moisture Zone	Thornthwaite Index, I	Low Intensity (1l.m/sq.m)	Medium Intensity (3l.m/sq.m)	High Intensity (5l.m/sq.m)
All zones, from Tropical to Temperate (non-freezing)	Arid	-110 to -61	0.97	0.94	0.91
	Semi-Arid	-61 to -21	0.97	0.91	0.89
	Sub-Humid	-20 to +19	0.94	0.88	0.84
	Humid	+20 to +59	0.93	0.87	0.8
	Very Humid	+60 to +100	0.93	0.86	0.8

Source: Roberts *et al.* 1997**Notes:**

1. The Surface Condition Factors are the same for all Temperature Zones, because they relate to how moisture ingress through cracks affects pavement strength, and not how cracks are formed in the first place.
2. The Surface Condition Factors shown are applicable for a pavement whose entire surface extent is covered with cracked surfacing. The Factors can be adjusted pro-rata with the % of pavement area affected by cracking.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4**ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΑΧΟΣ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ****SNC REDUCTION FACTORS, RF_{thick} , FOR REDUCTIONS IN BASE THICKNESS**

Pavement Base Thickness Relative to Design		Reduction Factors, RF_{thick}	
Thickness Quality Description	% Base Thickness Relative to Design	Linear effect on SN contribution from Base Layer	Effect on SNC of pavement
Good	≥ 100	1.00	1.00
Fair	95	0.95	0.98
Poor	90	0.90	0.97
Very poor	85	0.85	0.95

Source: Roberts *et al.* 1997Notes:

1. SN is the strength due to the pavement only, that is, the strength contribution due to the subgrade is not included.
2. SNC is the pavement/subgrade strength.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5**ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΟΥ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ****SNC REDUCTION FACTORS, $RF_{quality}$, FOR REDUCTIONS IN BASE MATERIAL QUALITY**

Pavement Base Material Quality			Reduction Factors, $RF_{quality}$		
Material Quality Description	CBR	Material Coefficient for a Base Layer with these CBRs	Relative effect on Material Coefficient of Base Layer	Linear effect on SN contribution from Base Layer	Effect on SNC of pavement
Good	$\geq 80\%$	0.13	1.00	1.00	1.00
Fair	70%	0.12	0.92	0.92	0.97
Poor	50%	0.10	0.77	0.77	0.92
Very poor	30%	0.07	0.54	0.54	0.85

Source: Roberts *et al.* 1997Notes:

1. SN is the strength due to the pavement only, that is, the strength contribution due to the subgrade is not included.
2. SNC is the pavement/subgrade strength.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6**ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ****SNC REDUCTION FACTORS, $RF_{compact}$, FOR REDUCTIONS IN BASE COMPACTION**

Pavement Base Layer Compaction			Reduction Factors		
Compaction Quality Description	Compaction Relative to Design	Effective CBR	Material Coefficient for a Base layer with these CBRs	Linear effect on SN contribution from Base layer	Effect on SNC of pavement
Good	$\geq 100\%$	say, 90%	0.13	1.00	1.00
Fair	95%	70%	0.12	0.92	0.97
Poor	90%	35%	0.08	0.62	0.87
Very poor	85%	20%	0.06	0.46	0.82

Source: Roberts *et al.* 1997**Notes:**

1. SN is the strength due to the pavement only, that is, the strength contribution due to the subgrade is not included.
2. SNC is the pavement/subgrade strength.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7**ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ****DRAINAGE QUALITY FACTORS, DQ**

Climatic Zone			Drainage Quality Factors, DQ				
Temperature Zone	Moisture Zone	Thornthwaite Index, I	Excellent	Good	Sub-Standard	Poor	Very Poor
			Water removal within 2 hours	Water removal within 1 day	Water removal within 1 week	Water removal within 1 month	No effective drainage
All Zones from Tropical to Temperate (non-freezing)	Arid	-110 to -61	1.02	1.00	0.97	0.94	0.91
	Semi-Arid	-61 to -21	1.04	1.00	0.97	0.91	0.89
	Sub-Humid	-20 to +19	1.06	1.00	0.94	0.88	0.84
	Humid	+20 to +59	1.07	1.00	0.93	0.87	0.80
	Very Humid	+60 to +100	1.03	1.00	0.93	0.86	0.80

Source: Roberts *et al.* 1997**Notes:**

1. Drainage Quality Factors, DQ, are currently the same for all Temperature Zones and depend only on the Thornthwaite Index.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8**ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ****DRAINAGE MAINTENANCE FACTORS, DM**

Drainage Maintenance Frequency	Maintenance Period (years)	Drainage Maintenance Factor, DM
High (drains always clear)	0	1.0
	10	1.0
Low (drains partially clear)	0	1.0
	10	0.85
Zero (drains never clear)	0	1.0
	10	0.8

Source: Roberts *et al.* 1997

Notes:

1. Drainage Maintenance Factors, DM, between 0 and 10 years can be estimated by linear interpolation.
2. Drainage Maintenance Factors, DM, beyond 10 years are assumed to remain constant.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6

Πηγή από την οποία συγκεντρώθηκαν τα στοιχεία των οδοστρωμάτων τόσο για την κατασκευή τους όσο και για την εξέλιξη της ρηγμάτωσης που καταγράφηκε σε αυτά από το 1989 έως το 1997

PARIS ID	T DAY	W DAY	C DAY	FREEZ.	RAIN
251001	17,5	100	35		500
251002	17,7	105	30		480
251003	18,0	100	30		480
251004	18,2	115	30		490
251005	18,5	115	25		450
251006	18,2	115	25		460
251007	18,0	125	20		450
251008	17,9	120	25		500
251009	17,8	115	20		480
251010					

PARIS_ID	PAVE	SURF	TH. BIT	TH. RIG	TH. GRA	TH. SUB	SUBGRADE
251001	2	1	190		250	200	capping layer of selected material so that the CBR is not less than 10%
251002	2	1	180		240	200	capping layer of selected material so that the CBR is not less than 10%
251003	2	1	140		250	240	capping layer of selected material so that the CBR is not less than 10%
251004	2	1	150		250	230	capping layer of selected material so that the CBR is not less than 10%
251005	2	1	160		300	300	capping layer of selected material so that the CBR is not less than 10%

251006	2	1	150	280	250	capping layer of selected material so that the CBR is not less than 10%
251007	2	1	140	300	250	capping layer of selected material so that the CBR is not less than 10%
251008	2	1	180	320	300	capping layer of selected material so that the CBR is not less than 10%
251009 251010	2	1	190	280	250	capping layer of selected material so that the CBR is not less than 10%

PARIS ID	Y CONST	Y OVERL	Y SURF
251001	1989		
251002	1989		
251003	1989		
251004	1989		
251005	1989		
251006	1989		
251007	1989		
251008	1989		
251009	1989		
251010	1985	1997	

PARIS_ID	LOCAL_ID	COUNTRY	CONTACT	PHONE	FAX	E_MAIL	CONSTR	LANES	WIDTH	IN SERV	DATE OUT
251001	A-L 1	25	A. Loizos	+ 30-1-7721341	+ 30-1-8078692	aloizos@central.ntua.gr	1	6	3.8	TRUE	
251002	A-L 2	25	A. Loizos	+ 30-1-7721341	+ 30-1-8078692	aloizos@central.ntua.gr	1	6	3.8	TRUE	
251003	A-L 3	25	A. Loizos	+ 30-1-7721341	+ 30-1-8078692	aloizos@central.ntua.gr	1	6	3.8	TRUE	
251004	A-L 4	25	A. Loizos	+ 30-1-7721341	+ 30-1-8078692	aloizos@central.ntua.gr	1	6	3.8	TRUE	
251005	A-L 5	25	A. Loizos	+ 30-1-7721341	+ 30-1-8078692	aloizos@central.ntua.gr	1	6	3.8	TRUE	
251006	A-K 1	25	A. Loizos	+ 30-1-7721341	+ 30-1-8078692	aloizos@central.ntua.gr	1	6	3.5	TRUE	
251007	A-K 2	25	A. Loizos	+ 30-1-7721341	+ 30-1-8078692	aloizos@central.ntua.gr	1	6	3.5	TRUE	
251008	A-K 3	25	A. Loizos	+ 30-1-7721341	+ 30-1-8078692	aloizos@central.ntua.gr	1	6	3.5	TRUE	
251009	A-K 4	25	A. Loizos	+ 30-1-7721341	+ 30-1-8078692	aloizos@central.ntua.gr	1	6	3.5	TRUE	
251010	M.0	25	A. Loizos	+ 30-1-7721341	+ 30-1-8078692	aloizos@central.ntua.gr	1	1	3.8	FALSE	20/2/1997

PARIS ID	DATE	RAV L	RAV M	RAV H	PATCH	SEAL	SURV
251001	15/04/92	0	0	0	0	0	1
251002	15/04/92	0	0	0	0	0	1
251003	16/04/92	0	0	0	0	0	1
251004	16/04/92	0	0	0	0	0	1
251005	20/05/92	0	0	0	0	0	1
251006	01/04/92	0	0	0	0	0	1
251007	01/04/92	0	0	0	0	0	1
251008	03/04/92	0	0	0	0	0	1
251009	03/04/92	0	0	0	0	0	1
251010							1

PARIS ID	DATE	RAV L	RAV M	RAV H	PATCH	SEAL	SURV
251001	23/05/93	0	0	0	0	0	1
251002	23/05/93	0	0	0	0	0	1
251003	24/05/93	0	0	0	0	0	1
251004	18/04/93	0	0	0	0	0	1
251005	18/04/93	0	0	0	0	0	1
251006	20/06/93	0	0	0	0	0	1
251007	20/06/93	0	0	0	0	0	1
251008	21/06/93	0	0	0	0	0	1
251009	21/06/93	0	0	0	0	0	1
251010							1

PARIS ID	DATE	RAV L	RAV M	RAV H	PATCH	SEAL	SURV
251001	15/07/94	0	0	0	0	0	1
251002	15/07/94	0	0	0	0	0	1
251003	15/07/94	0	0	0	0	0	1
251004	12/06/94	0	0	0	0	0	1
251005	12/06/94	0	0	0	0	0	1
251006	20/06/94	0	0	0	0	0	1
251007	20/06/94	0	1	0	0	0	1
251008	31/05/94	0	0	0	0	0	1
251009	31/05/94	0	0	0	0	0	1
251010							

PARIS ID	DATE	RAV L	RAV M	RAV H	PATCH	SEAL	SURV
251001	30/06/97	0	0	0	3,5	10	1
251002	30/06/97	0	0	0	0	8	1
251003	30/06/97	0	0	0	0	6	1
251004	01/07/97	0	0	0	0	4	1
251005	01/07/97	0	0	0	6	4	1
251006	30/05/97	0	0	0	0	8	1
251007	30/05/97	0	4	0	1	4	1
251008	31/03/97	0	0	0	0	20	1
251009	31/03/97	0	0	0	8	21	1
251010							