

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Διαχείριση της συντήρησης οδοστρωμάτων

Υπεύθυνος διδασκαλίας: Αθανάσιος Χασιακός
Επιμέλεια παρουσίασης: Παναγιώτης Φαρμάκης



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ & ΣΤΟΧΟΙ

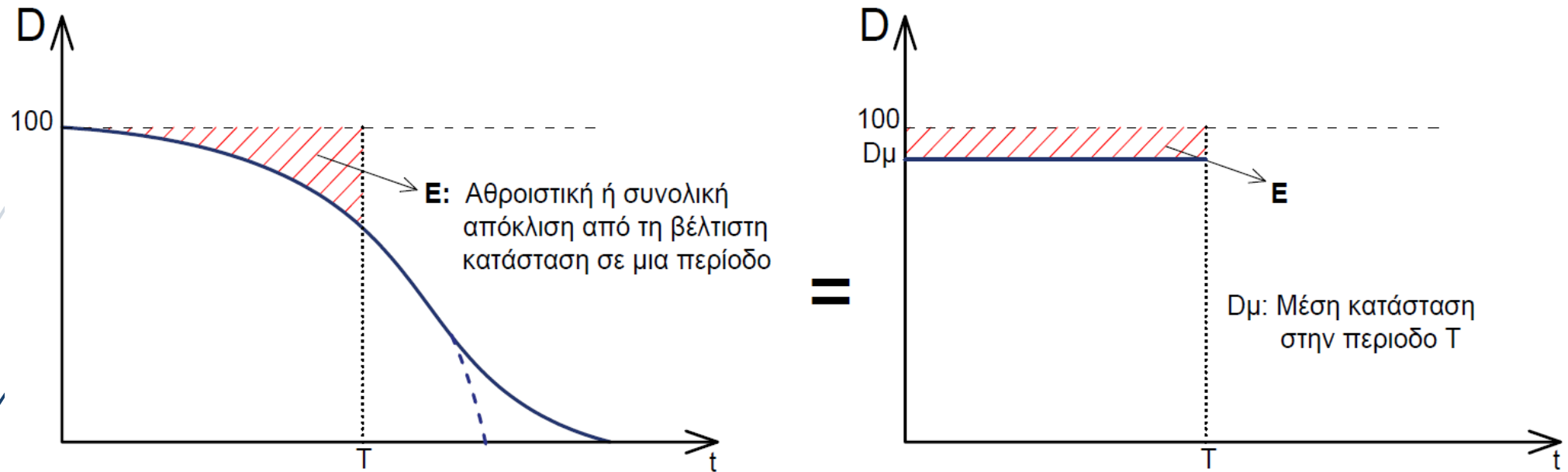
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Παρουσίαση της μεθοδολογίας που ακολουθείται για την επιλογή παρεμβάσεων συντήρησης αποσκοπώντας στη βέλτιστη κατανομή των διαθέσιμων πόρων για τη συντήρηση των οδοστρωμάτων.

ΣΤΟΧΟΣ

Η κατανόηση των παραμέτρων του προβλήματος που αποσκοπεί στην ανάπτυξη εργαλείων υποστήριξης αποφάσεων για την επιλογή της βέλτιστης, μεταξύ των πιθανών εφικτών εναλλακτικών λύσεων, συντήρησης των οδοστρωμάτων.

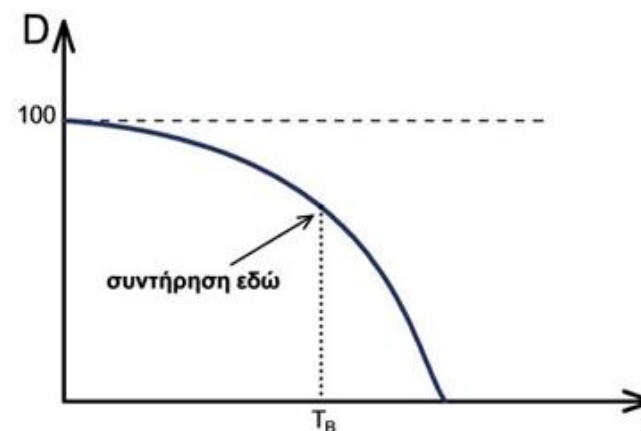
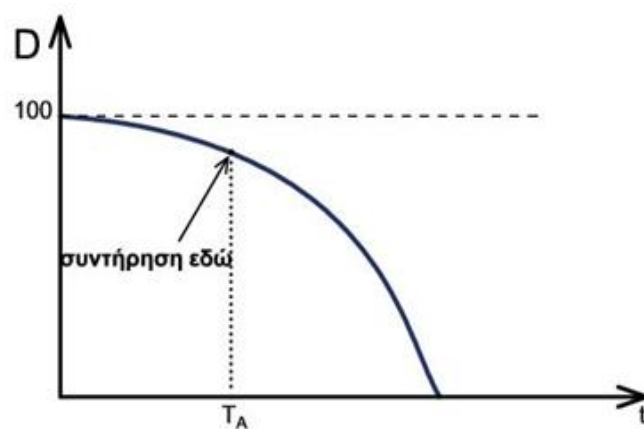
Επιδείνωση της κατάστασης οδοστρώματος



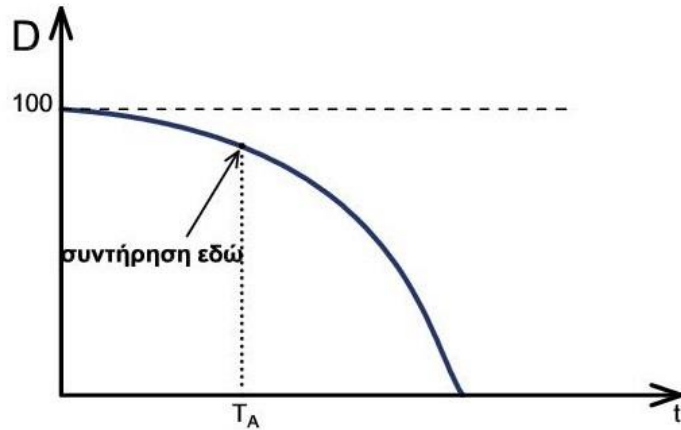
Το εμβαδό E στο διάγραμμα αντιπροσωπεύει 'απώλεια κατάστασης' στην περίοδο T και, συνήθως, μετράται ανά έτος. Εναλλακτικά, μπορούμε να θεωρήσουμε τη μέση κατάσταση $D_{\mu} = (100 - E/T)$ ή τη μέση απόκλιση από την ιδανική κατάσταση (E/T).

Αποφάσεις συντήρησης οδοστρωμάτων

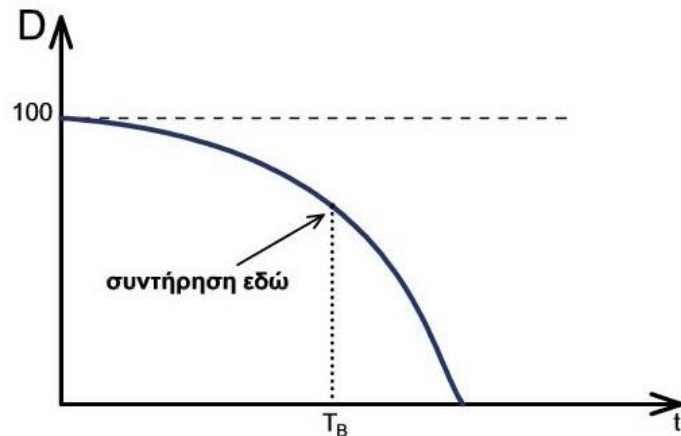
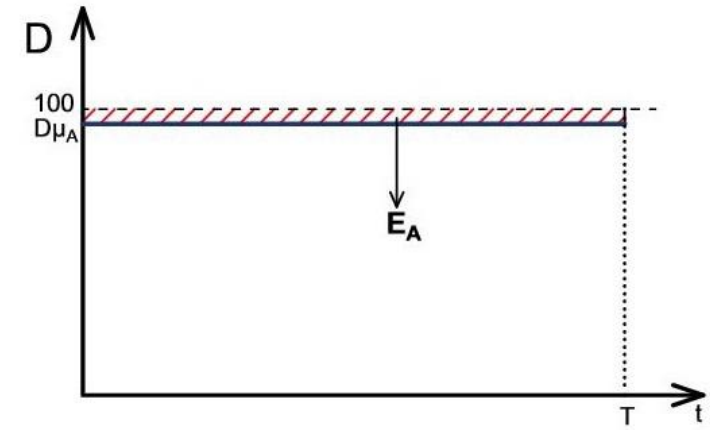
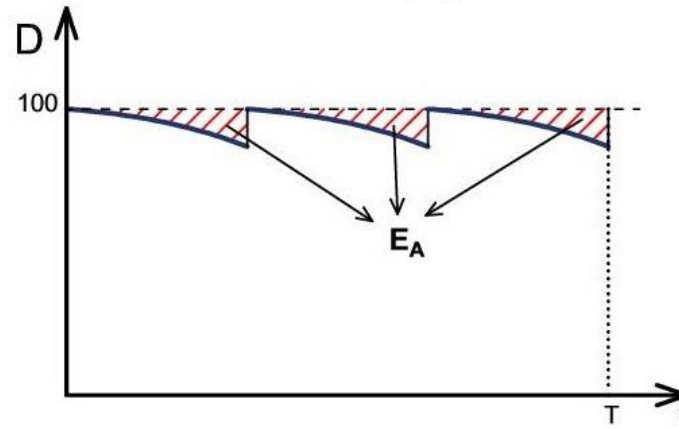
Δεν μπορούμε να αποφύγουμε την επιδείνωση της κατάστασης μπορούμε όμως να την ελέγξουμε, να αποφασίσουμε δηλαδή τη στρατηγική συντήρησης (πότε και τι είδους συντήρηση θα κάνουμε, υπό τον περιορισμό διαθεσιμότητας των πόρων).



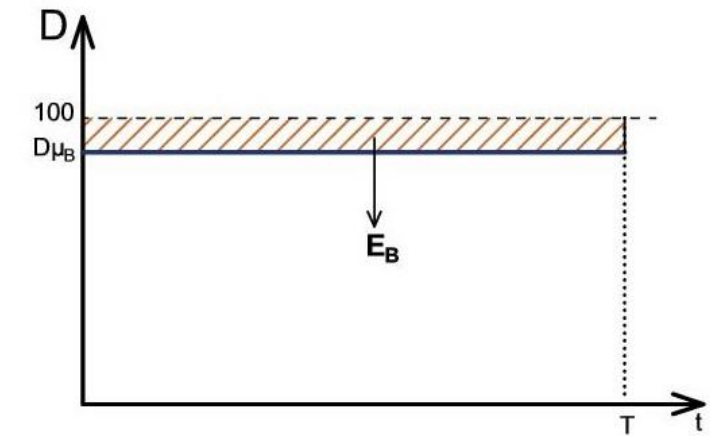
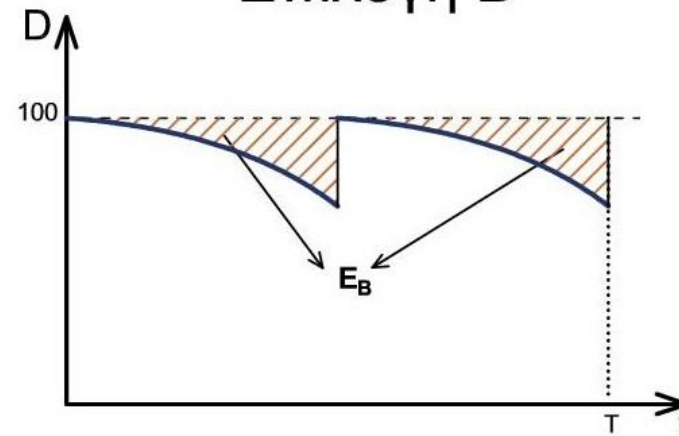
Εναλλακτικές στρατηγικές συντήρησης οδοστρώματος



Επιλογή A



Επιλογή B



Κριτήρια επιλογής στρατηγικής συντήρησης οδοστρώματος

Για κάθε συντήρηση απαιτείται να γνωρίζουμε:

- το κόστος της,
- την αποτελεσματικότητα της.

Το κόστος αποτελείται από:

- ❖ σταθερό κόστος (κάθε φορά που πραγματοποιείται συντήρηση, π.χ., μεταφορά συνεργείου)
- ❖ μεταβλητό κόστος (ανάλογα με τον τύπο της συντήρησης)

Επιλογή A: $C_{fA} + C_{vA}$ οδηγεί σε μέση κατάσταση οδοστρώματος $D_{\mu A}$

Επιλογή B: $C_{fB} + C_{vA}$ οδηγεί σε μέση κατάσταση οδοστρώματος $D_{\mu B}$

Η αποτελεσματικότητα συντήρησης μετρείται με δύο εναλλακτικούς τρόπους:

- ❖ πόσο βελτιώνει το δείκτη κατάστασης,
- ❖ σε πόσο χρόνο επανέρχεται το οδόστρωμα στην κατάσταση πριν τη συντήρηση.

Αξιολόγηση στρατηγικών συντήρησης οδοστρώματος

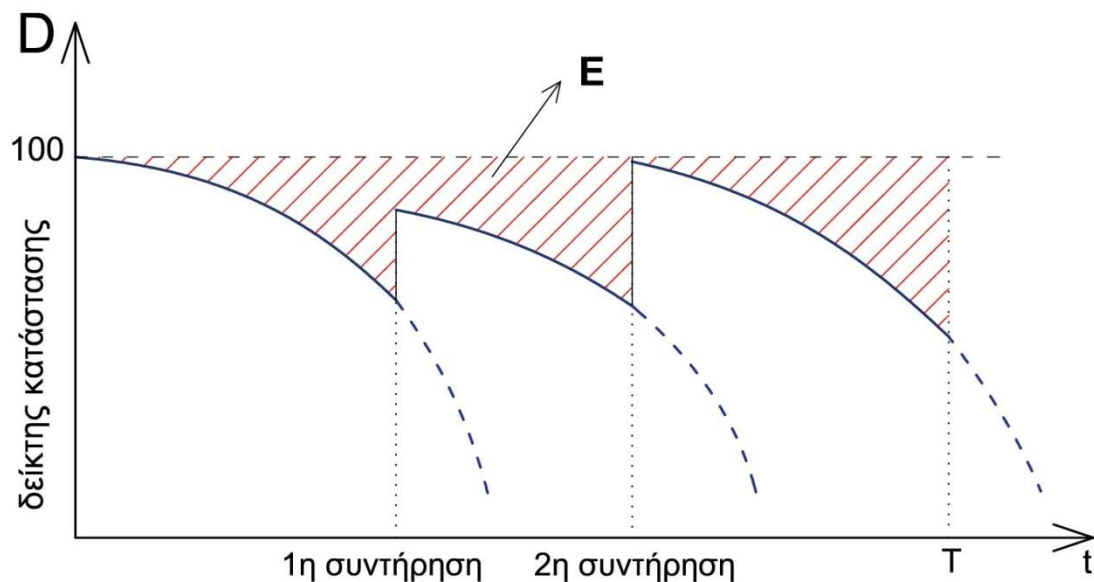
- Συγκριτικά, η επιλογή A έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα καθώς οδηγεί σε καλύτερη μέση κατάσταση οδοστρώματος έχοντας παράλληλα και μεγαλύτερο κόστος από τη B μιας και απαιτούνται περισσότερες συντηρήσεις.

- Εάν η αξιολόγηση γίνεται με ένα και μοναδικό κριτήριο αυτό θα μπορούσε να είναι ο λόγος:

$$\max \frac{\text{αποτελεσματικότητα}}{\text{κόστος}}$$

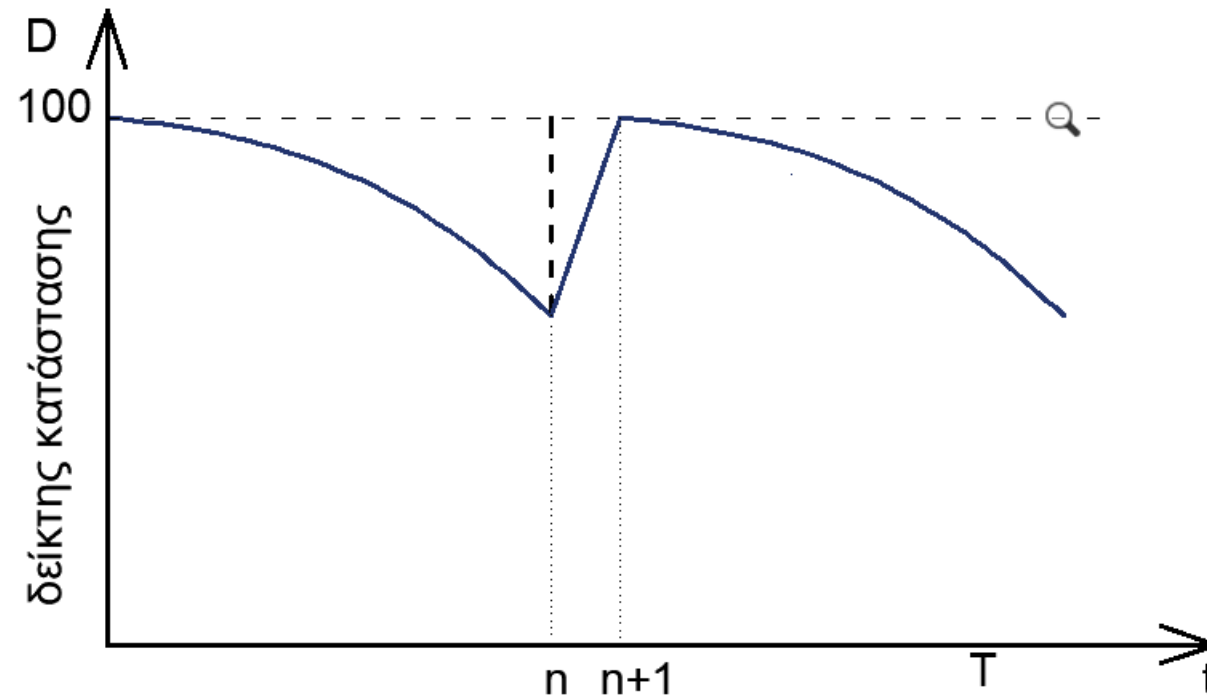
- Στην πράξη υπάρχει η ανάγκη συντήρησης πολλών τμημάτων με περιορισμένους χρηματικούς πόρους, γι' αυτό αναζητούνται γενικά λύσεις χαμηλού κόστους (και κατά το δυνατόν μεγαλύτερης αποτελεσματικότητας) ώστε να συντηρούνται εκ περιτροπής όλα τα τμήματα του δικτύου στο χρονικό ορίζοντα επιδείνωσης τους.

Βελτιστοποίηση κατανομής πόρων για συντήρηση οδοστρωμάτων



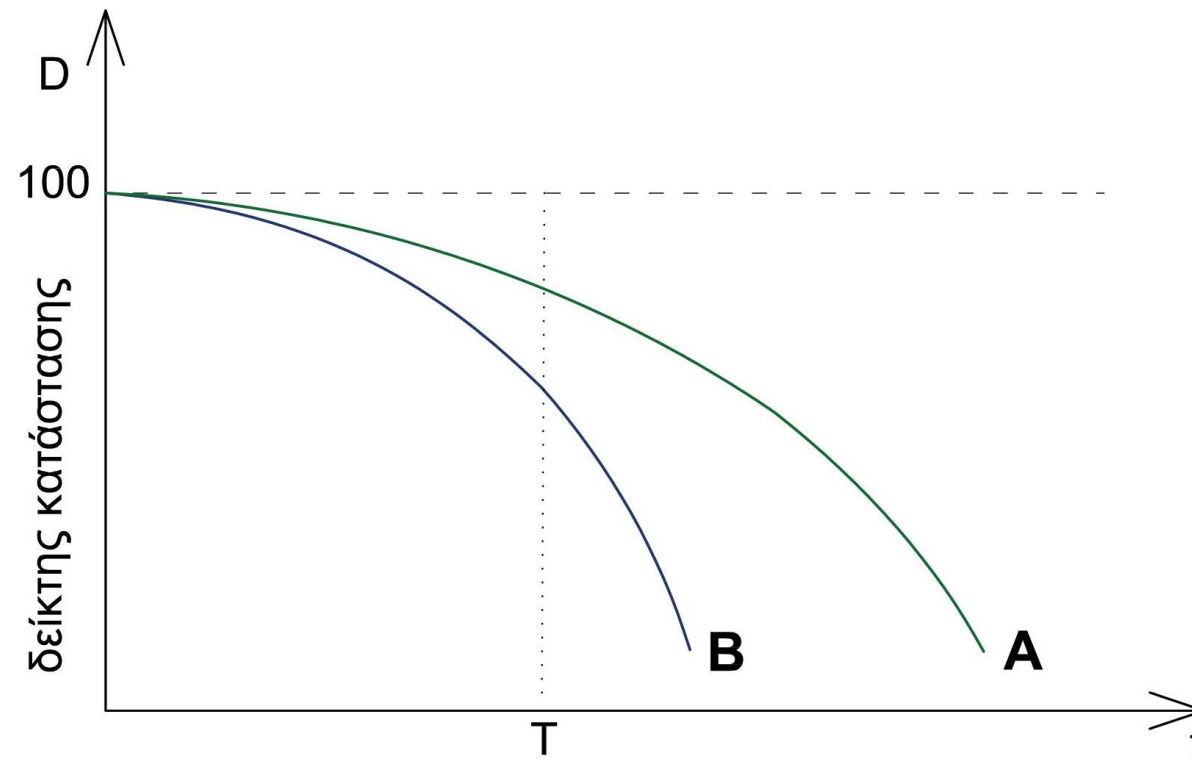
- Καθώς το οδόστρωμα γηράσκει, μετά από κάθε συντήρηση, η κατάσταση του επιδεινώνεται πιο γρήγορα από πριν, για τις ανάγκες όμως της μοντελοποίησης μπορούμε να δεχθούμε κάποια 'επαναληψιμότητα' του ρυθμού επιδείνωσης.
- Το εμβαδό E στο διάγραμμα αντιπροσωπεύει 'απώλεια κατάστασης' στην περίοδο T, η μέση κατάσταση είναι $D_{\mu} = (100 - E/T)$ και η μέση απόκλιση από την ιδανική κατάσταση είναι (E/T) .
- Εξετάζονται διάφορα εναλλακτικά σενάρια και επιλέγεται αυτό με το $\min(E)$ ή $\min(E/T)$ ή $\max D_{\mu}$ (υπό τον περιορισμό διαθεσιμότητας των πόρων).

Μοντελοποίηση παρέμβασης συντήρησης οδοστρωμάτων



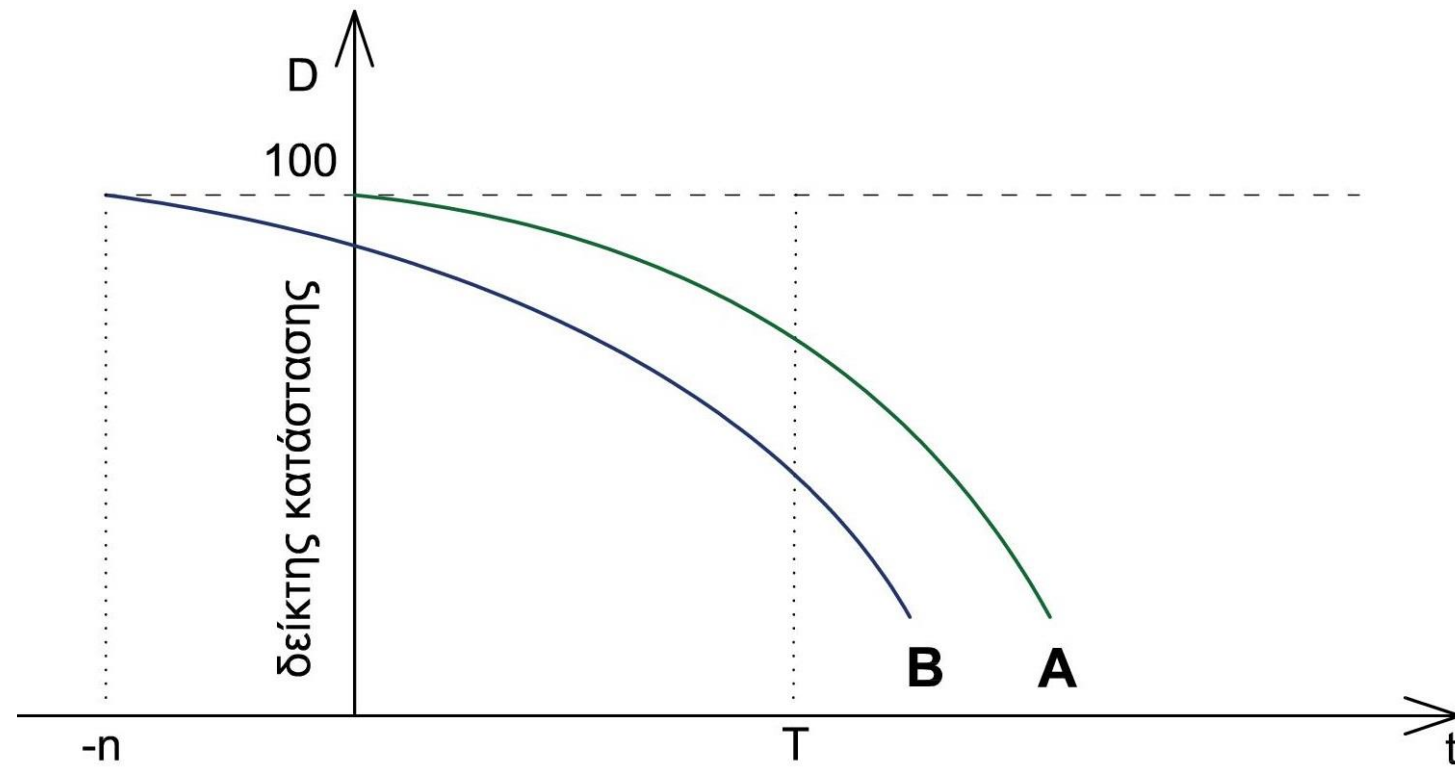
- Αν και η βελτίωση της κατάστασης του οδοστρώματος μετά από συντήρηση λαμβάνει χώρα 'ακαριαία', για υπολογιστική ευκολία (αποφυγή εμφάνισης δύο τιμών κατάστασης, πριν και μετά τη συντήρηση, στο ίδιο χρονικό σημείο), μπορούμε να κάνουμε την παραδοχή, χωρίς μεγάλο σφάλμα (στο πλαίσιο των γενικότερων αβεβαιοτήτων της ανάλυσης), ότι το αποτέλεσμα μιας παρέμβασης συντήρησης εμφανίζεται την επόμενη χρονική περίοδο από αυτήν που υλοποιείται.

‘Κανόνες’ ιεράρχησης προτεραιοτήτων συντήρησης (περίπτωση α)



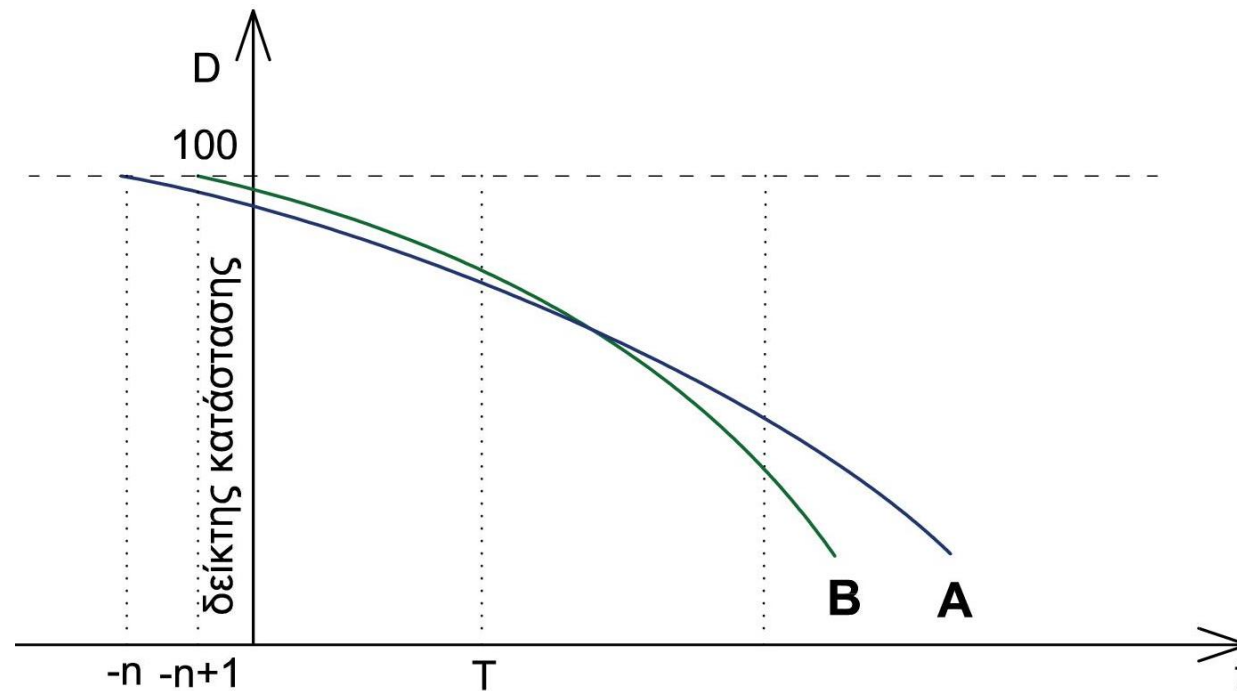
Θα συντηρηθεί κατά προτεραιότητα το τμήμα B καθώς η κατάσταση του επιδεινώνεται πιο γρήγορα από το τμήμα A (μας ενδιαφέρει να προλάβουμε μεγάλες απώλειες κατάστασης).

‘Κανόνες’ ιεράρχησης προτεραιοτήτων συντήρησης (περίπτωση β)



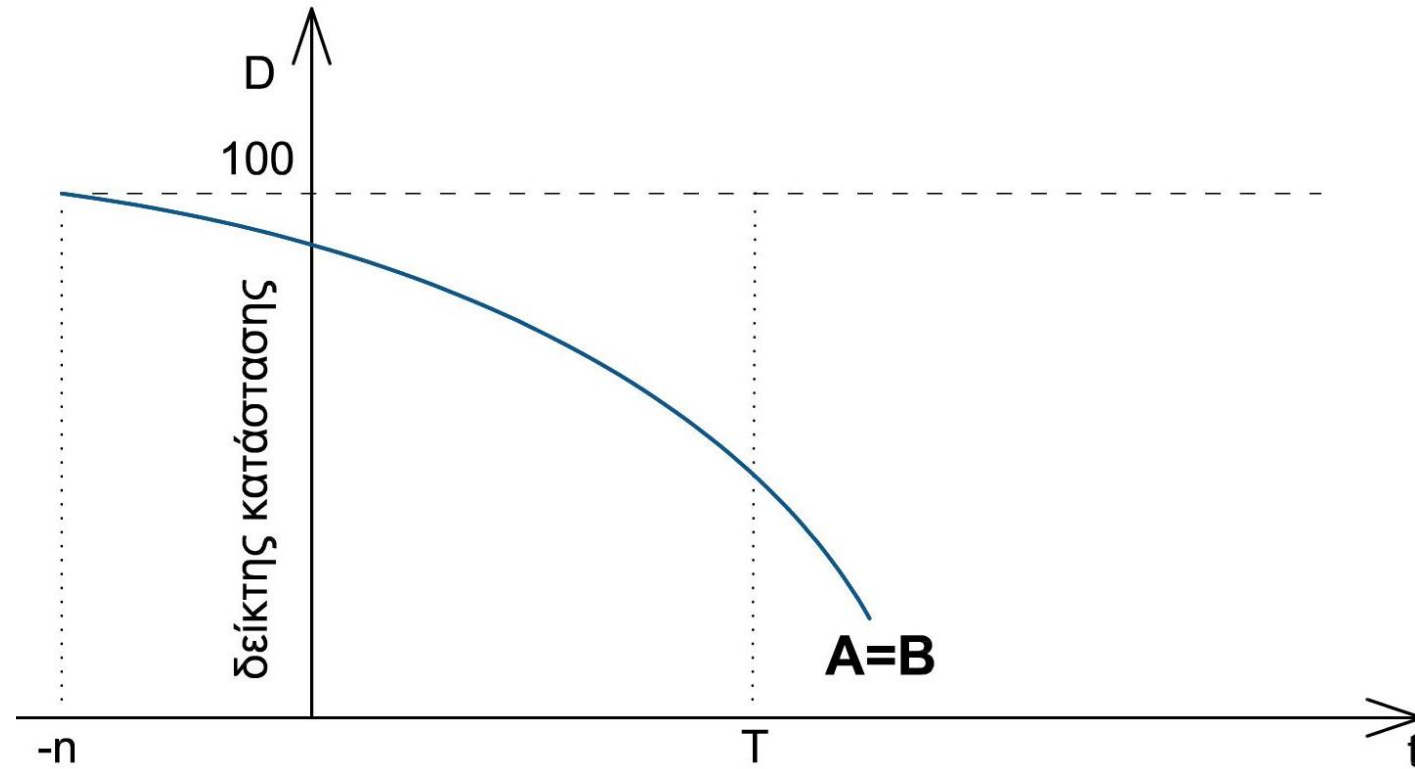
Τα τμήματα A & B φθείρονται πανομοιότυπα με τη διαφορά ότι το B έχει κατασκευαστεί νωρίτερα από το A. Προτεραιότητα θα δοθεί στο B το οποίο σήμερα έχει τη χαμηλότερη κατάσταση.

‘Κανόνες’ ιεράρχησης προτεραιοτήτων συντήρησης (περίπτωση γ)



Παρά το γεγονός ότι το τμήμα B έχει κατασκευασθεί σε μεταγενέστερο χρόνο και βρίσκεται σε καλύτερη κατάσταση από το τμήμα A την χρονική στιγμή T (π.χ., σήμερα), εντούτοις προτεραιότητα μάλλον θα πρέπει να δοθεί στη συντήρηση του τμήματος B καθώς η κατάστασή του προβλέπεται να επιδεινωθεί πιο γρήγορα από αυτήν του A στο (άμεσο) μέλλον.

‘Κανόνες’ ιεράρχησης προτεραιοτήτων συντήρησης (περίπτωση δ)



Η κατάσταση των τμημάτων A & B επιδεινώνεται με τον ίδιο τρόπο ωστόσο οι κυκλοφοριακοί φόρτοι είναι διαφορετικοί ($Q_A > Q_B$). Επιλέγεται ιεραρχικά η συντήρηση του τμήματος A γιατί οι επιπτώσεις από την (κακή) κατάσταση αφορούν περισσότερους χρήστες.

Κριτήρια για βέλτιστη συντήρηση οδοστρωμάτων

- Σε περίπτωση που εξετάζουμε ένα τμήμα, κριτήριο μπορεί να είναι η μέση κατάσταση (MK). Για περισσότερα (n) τμήματα (το σύνηθες), μπορούμε να θεωρήσουμε τη μέση κατάσταση όλων των τμημάτων:

$$\max \frac{MK_1 + MK_2 + \dots + MK_n}{n}$$

- Για τμήματα με διαφορετικούς κυκλοφοριακούς φόρτους, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη σταθμισμένη μέση κατάσταση:

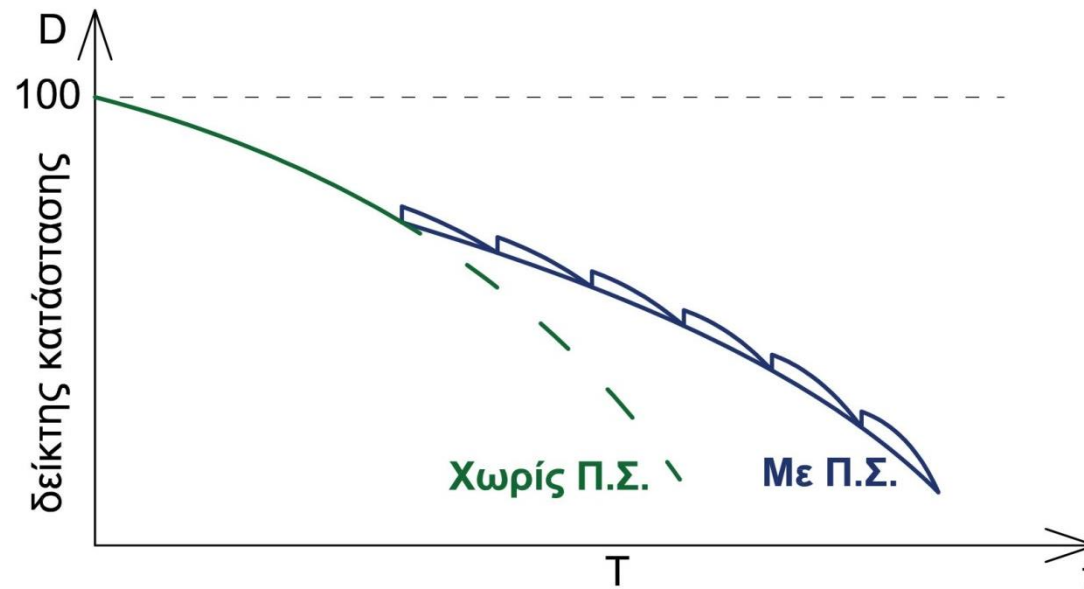
$$\max \frac{Q_1 MK_1 + Q_2 MK_2 + \dots + Q_n MK_n}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}$$

- Για τμήματα με διαφορετική σπουδαιότητα ('αξία'), μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε 'κατάλληλους' συντελεστές βαρύτητας:

$$\max \frac{q_1 MK_1 + q_2 MK_2 + \dots + q_n MK_n}{q_1 + q_2 + \dots + q_n}$$

Προληπτική συντήρηση

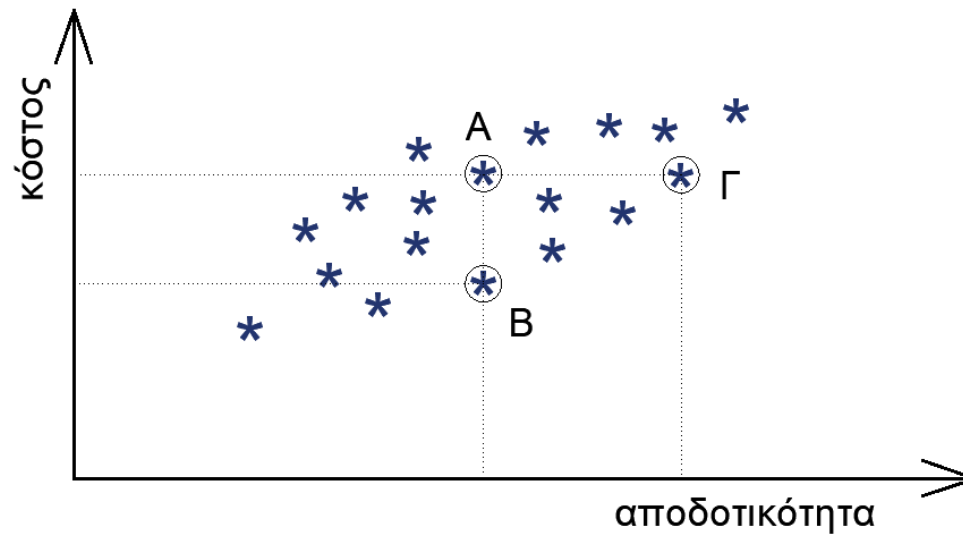
- **Προληπτική συντήρηση:** το σύνολο των βελτιωτικών παρεμβάσεων μικρού κόστους (και αποτελεσματικότητας) που εκτελούνται πριν την εμφάνιση των φθορών με στόχο την επιβράδυνση της εμφάνισης ή εξέλιξης τους, αυξάνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος (μέχρι την επόμενη κανονική συντήρηση).



- Η προληπτική συντήρηση, αν και έχει κόστος, ωστόσο περιορίζει το κόστος της κανονικής συντήρησης καθώς αυτή πλέον απαιτείται σε πιο αραιά χρονικά διαστήματα.

Επιλογή βέλτιστης λύσης

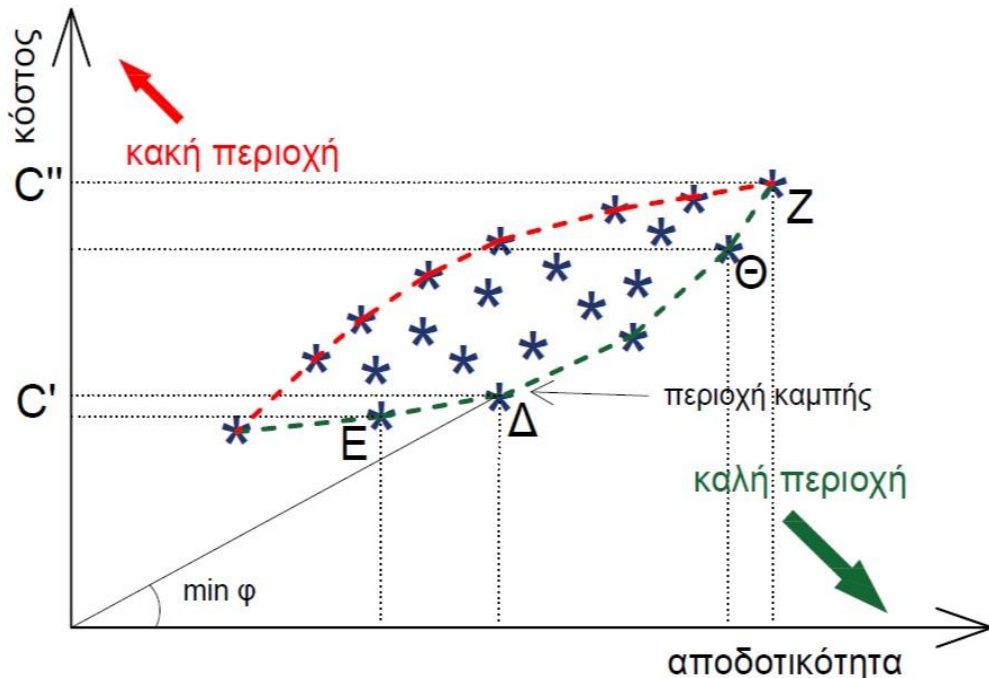
- Η αξιολόγηση διαφόρων σεναρίων επεμβάσεων συντήρησης για μια περίοδο ανάλυσης (n έτη) καταλήγουν σε λύσεις διαφορετικού κόστους και αποδοτικότητας.
- Η γραφική παράσταση των λύσεων δημιουργεί νέφος σημείων με γενική τάση όσο αυξάνει το κόστος (τα χρήματα που δίνονται για συντήρηση) να αυξάνει η αποδοτικότητα (& αντίστροφα).



- Σύγκριση σημείων/ εναλλακτικών λύσεων
 - A – B : η λύση B είναι (εμφανώς) καλύτερη της A καθώς έχει μικρότερο κόστος για ίδια αποδοτικότητα,
 - A – Γ : η λύση Γ είναι (εμφανώς) καλύτερη της A καθώς έχει μεγαλύτερη αποδοτικότητα για ίδιο κόστος,
 - B – Γ : κάθε λύση υπερτερεί ως προς έναν παράγοντα και η σύγκριση δεν είναι προφανής.

Καμπύλη Pareto

- **Καμπύλη Pareto:** Η περιβάλλουσα του νέφους των σημείων προς τη 'θετική κατεύθυνση'. Τα σημεία προς τα κάτω & δεξιά είναι καλύτερα των εσωτερικών αλλά μεταξύ τους δεν είναι άμεσα συγκρίσιμα. Κινούμενοι επί της καμπύλης από αριστερά προς τα δεξιά, αυξάνει η αποδοτικότητα με ταυτόχρονη αύξηση του κόστους.
- **Περιοχή καμπής της καμπύλης:** το σημείο (Δ) πέραν του οποίου το κόστος αυξάνει ραγδαία για μικρή αύξηση της αποδοτικότητας (point of diminishing returns). Στο σημείο αυτό ελαχιστοποιείται ο λόγος κόστους προς αποδοτικότητα (min κλίση της εφαπτομένης)



Περιπτώσεις:

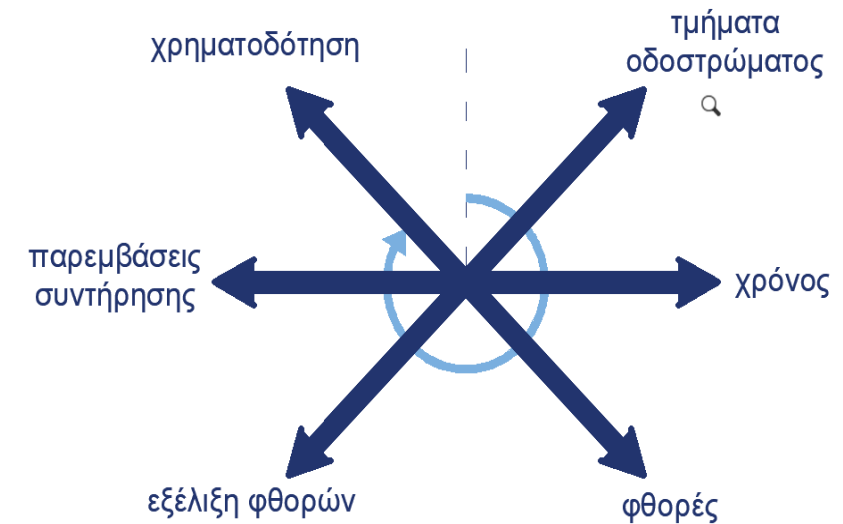
1. Απεριόριστος προϋπολογισμός → Επιλογή λύσης στην περιοχή καμπής
2. Προϋπολογισμός C' → Επιλογή λύσης E
3. Προϋπολογισμός C'' → Επιλογή λύσης στην περιοχή καμπής (βέλτιστη αξιοποίηση των πόρων)
4. Προϋπολογισμός C'' & επιθυμία για το δυνατόν καλύτερη κατάσταση → Επιλογή μεταξύ των λύσεων Θ, Z (γνωρίζοντας ότι οι πόροι δεν αξιοποιούνται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο).

Συστήματα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων (ΣΔΟ)

➤ **Συστήματα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων - Σ.Δ.Ο. (Pavement Management Systems - PMS):** εργαλεία που υποστηρίζουν αποφάσεις (support decisions) - όχι λαμβάνουν αποφάσεις (making decisions) - σχετικές με την ιεράρχηση των τμημάτων οδοστρωμάτων & τη βέλτιστη στρατηγική συντήρησής τους. Οι τελικές αποφάσεις αποτελούν αρμοδιότητα και ευθύνη του διαχειριστή συντήρησης.

➤ **Απαραίτητα υποσυστήματα Σ.Δ.Ο.**

- Σύστημα αυτόματης διάγνωσης 'ασθενειών' (φθορών)
- Σύστημα αξιολόγησής της σοβαρότητας & της έκτασης των φθορών
- Σύστημα πρόβλεψης της εξέλιξης της κατάστασης στο χρόνο
- Σύστημα περιγραφής & αξιολόγησής των παρεμβάσεων συντήρησης
- Σύστημα βελτιστοποίησης (λογισμικό)
- Κατανομή χρηματοδότησης



Υλοποίηση και εφαρμογή Σ.Δ.Ο.

- 1. Σχεδιασμός Σ.Δ.Ο.:** περιλαμβάνει τα όλα τα στοιχεία που απαιτούνται ώστε να καταστεί λειτουργικό (π.χ. μηχανισμός αξιολόγησης των φθορών, κριτήρια επιλογής παρεμβάσεων συντήρησης, τεχνική βελτιστοποίησης)
- 2. Ανάπτυξη Σ.Δ.Ο:** Υλοποίηση των διαφόρων τμημάτων του Σ.Δ.Ο. (π.χ. μετρητικά συστήματα, λογισμικά – μοντέλα πρόβλεψης και βελτιστοποίησης)
- 3. Πιλοτική εφαρμογή Σ.Δ.Ο.:** Συλλογή δεδομένων σε μικρή κλίμακα & εφαρμογή των υπολογιστικών εργαλείων που αναπτύχθηκαν. Συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων με προηγούμενα Σ.Δ.Ο. ή με βάση τη λογική & την εμπειρία ή με όλα μαζί.
- 4. Συνεχής (πολυετής) αναθεώρηση – βελτίωση Σ.Δ.Ο.:** με αλλαγές στα υποσυστήματα και προσθήκες - βελτιώσεις όπου κρίνεται απαραίτητο (π.χ. προσθήκη παραμέτρων, χρήση εναλλακτικών μεθόδων βελτιστοποίησης κλπ).

Η υλοποίηση ενός Σ.Δ.Ο. πραγματοποιείται τόσο σε επίπεδο οδικού δικτύου (network level) όσο & σε επίπεδο (ομοειδών) τμημάτων οδού (project level).



Τέλος παρουσίασης