

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
MBA

ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

του φοιτητή Γιαννούλη Ιωάννη

Επιβλέπων Καθηγητής: Γεωργακέλλος Δημήτριος

Πειραιάς, Αύγουστος 2018

Παράρτημα Β: Βεβαίωση Εκπόνησης Διπλωματικής Εργασίας



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς, στη Διοίκηση Επιχειρήσεων.: MBA» με τίτλο
..... ΔΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΞΕΝΙΚΩΝ ΕΡΧΩΝ.....

.....
έχει συγγραφεί από εμένα αποκλειστικά και στο σύνολό της. Δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού προγράμματος ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό, ούτε είναι εργασία ή τμήμα εργασίας ακαδημαϊκού ή επαγγελματικού χαρακτήρα.

Δηλώνω επίσης υπεύθυνα ότι οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας, αναφέρονται στο σύνολό τους, κάνοντας πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Υπογραφή Μεταπτυχιακού Φοιτητή/ τριας.....

Όνοματεπώνυμο..... Γιαννάκης Ιωάννης.....

Ημερομηνία..... 03/08/2018.....

Η παρούσα εργασία έγινε για εκπαιδευτικούς λόγους και ορισμένα από τα στοιχεία που περιέχει ενδέχεται να μην είναι ακριβή.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	6
Ευρετήριο Εικόνων.....	Error! Bookmark not defined.
Ευρετήριο Πινάκων	Error! Bookmark not defined.
Εισαγωγή	8
Κεφάλαιο 1 ^ο – Κατασκευή Δημοσίων Έργων.....	10
1.1 Κατηγορίες Δημοσίων Έργων	10
1.2 Στάδια κατασκευής των δημοσίων έργων.....	11
1.3 Οι φάσεις σχεδιασμού των δημοσίων έργων	13
1.4 Στατιστικά στοιχεία δημοσίων έργων περιόδου 2008-2015 17	
1.5 Κόστος έργου	19
1.6 Σχέσεις χρόνου – κόστους έργου	22
1.7 Βασικό Μοντέλο ανάλυσης κόστους – οφέλους.....	24
1.7.1 Τα βασικά στοιχεία της μεθόδου	26
1.8 Ιστορική αναδρομή της μεθόδου στην Ελλάδα	29
Κεφάλαιο 2 ^ο – Είδη και Τύποι γεφυρών	33
2.1 Κατηγοριοποίηση γεφυρών	33
2.2 Διάκριση γεφυρών ανάλογα με το υλικό κατασκευής.....	34
2.3 Διάκριση γεφυρών ανάλογα με την χρήση του φορέα.....	38
2.3.1 Οδικές γέφυρες	38
2.3.2 Σιδηροδρομικές γέφυρες.....	39
2.3.3 Πεζογέφυρες	40
2.4 Διάκριση γεφυρών ανάλογα με το είδος έδρασης	41
2.4.1 Καλωδιωτές -Κρεμαστές γέφυρες	41
2.4.2 Δοκογέφυρες.....	44

Κεφάλαιο 3 ^ο – Παρουσίαση έργου αντικατάστασης γέφυρας στην περιοχή Αφάντου Ρόδου	45
3.1 Γενικά και Τεχνικά Χαρακτηριστικά	45
3.2 Υφιστάμενη κατάσταση	46
3.4 Προτεινόμενη Λύση - Αντικατάσταση γέφυρας	51
3.5 Φάσεις κατασκευής της γέφυρας	53
3.6 Κατασκευαστικά στοιχεία της γέφυρας	54
3.7 Προϋπολογισμός Μελέτης	57
Κεφάλαιο 4 ^ο – Ανάλυση Κόστους – Οφέλους	63
4.1 Καθορισμός Στόχων	63
4.1.1 Κύκλος ζωής ενός έργου	64
4.2 Ανάλυση σκοπιμότητας	66
4.3 Εναλλακτικά Σενάρια για τη γέφυρα Αφάντου	68
4.3.1 Μέτρα άμεσης εφαρμογής	68
4.3.2 Μεσοπρόθεσμα μέτρα εφαρμογής	68
4.3.3 Αντικατάσταση της υφιστάμενης γέφυρας	69
4.4 Χρηματοοικονομική ανάλυση	70
4.4.1 Χρηματοοικονομική απόδοση επένδυσης	73
4.5 Άλλα κριτήρια αξιολόγησης	73
4.6 Μελέτη Εφαρμογής	75
4.6.1 Οικονομικά κριτήρια για την αξιολόγηση του έργου	76
4.6.2 Υπολογισμός ωφελειών από την εξοικονόμηση χρόνου	79
4.6.3 Υπολογισμός ωφελειών από τη μείωση των ατυχημάτων	82
4.6.4 Υπολογισμός περιβαλλοντικής ωφέλειας	83
4.6.5 Υπολογισμός ωφελειών από τη εξοικονόμηση καυσίμων	85
4.6.6 Συνολικά οφέλη κατά τον πρώτο χρόνο λειτουργίας	86
Συμπεράσματα	89
Βιβλιογραφία	90

Εισαγωγή

Η ιδιωτικοοικονομική αξιολόγηση μιας επένδυσης στηρίζεται στην εκτίμηση του κόστους και των ωφελειών από την ανάληψη ενός επενδυτικού προγράμματος με βάση ιδιωτικά κριτήρια, δηλαδή το ιδιωτικό χρηματικό κέρδος σε σύγκριση με το ιδιωτικό κόστος.

Η μέθοδος της Κοινωνικής Ανάλυσης Κόστους – Οφέλους, γνωστή και ως Social Cost Benefit Analysis ή απλά Cost Benefit Analysis, αποτελεί μέθοδο αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων και των επιπτώσεων μέτρων πολιτικής, σε όρους οικονομικής και κοινωνικής ευημερίας. Πρόκειται, επομένως, για μια κοινωνικο-οικονομική προσέγγιση στην αξιολόγηση των επενδύσεων, με την έννοια ότι αποτιμώνται τα οφέλη και εκτιμάται το κόστος των υπό αξιολόγηση έργων, με βάση τις γενικότερες οικονομικές και κοινωνικές διαστάσεις τους. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ευρύτατα από τους διεθνείς οργανισμούς και πολλές κυβερνήσεις για την αξιολόγηση δημοσίων έργων και πολιτικών που αποσκοπούν στην επιτάχυνση της οικονομικής ανάπτυξης και την αύξηση της κοινωνικής ευημερίας.

Η παρούσα εργασία ασχολείται με την Ανάλυση Κόστους – Οφέλους της αντικατάστασης υφιστάμενης οδικής γέφυρας, στη Ρόδο. Συγκεκριμένα, η οδική γέφυρα κατασκευάστηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1970. Βασικός στόχος του έργου είναι η οδική σύνδεση δύο τμημάτων του Δήμου Αφάντου.

Η ανάγκη κατασκευής του έργου τη δεκαετία του 1970 προέκυψε, κατά την περίοδο αυτή, κυρίως λόγω της αυξανόμενης χρήσης του αυτοκινήτου στη χώρα, αλλά και λόγω της τουριστικής ανάπτυξης του νησιού. Η οδική κίνηση στην κεντρική οδό που ένωνε το βόρειο με το νότιο τμήμα του νησιού αυξανόταν συνεχώς.

Με την πάροδο του χρόνου η γέφυρα εμφάνισε αστοχίες που την καθιστούσαν επικίνδυνη για τους χρήστες της. Για αυτό το λόγο πραγματοποιήθηκε η μελέτη αντικατάστασής της.

Η δομή της παρούσας εργασίας είναι η ακόλουθη:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα δημόσια έργα και στο τι ορίζεται ως δημόσιο έργο. Παρατίθενται στατιστικά στοιχεία της περιόδου 2008-2015 από την κατασκευή δημοσίων έργων στην Ελλάδα και παρουσιάζονται οι ορισμοί της σχέσης του κόστους κατασκευής ενός δημοσίου έργου και της σχέσης του κόστους και του

χρόνου. Τέλος γίνεται παρουσίαση του μοντέλου κόστους – οφέλους που χρησιμοποιείται στα δημόσια έργα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια μικρή παρουσίαση της ιστορίας των γεφυρών με παρουσίαση των κυριότερων ειδών γεφυρών που υπάρχουν στην Ελλάδα και στον κόσμο.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση του υπο μελέτη έργου, με τα τεχνικά του χαρακτηριστικά και την αναλυτική περιγραφή των φθορών και των προβλημάτων που έχει εμφανίσει και οδήγησαν στην επιλογή της αντικατάστασης της γέφυρας. Παράλληλα παρουσιάζεται ο αναλυτικός προϋπολογισμός της του έργου, ο οποίος είναι και ένα από τα βασικά μεγέθη που θα αναλυθούν στην ανάλυση κόστους-οφέλους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η ανάλυση του κόστους-οφέλους από την αντικατάσταση της γέφυρας. Αρχικώς παρουσιάζεται η ορολογία που διέπει την ανάλυση του κόστους-οφέλους με τον καθορισμό του στόχου του συγκεκριμένου έργου και την ανάλυση της σκοπιμότητας του έργου. Στη συνέχεια εφαρμόζονται τα μοντέλα αναγωγής σε συνδυασμό με τα δεδομένα του έργου.

Τέλος παρατίθενται τα συμπεράσματά μας από την ανάλυση κόστους-οφέλους της αντικατάστασης της γέφυρας του Δήμου Αφάντου.

Κεφάλαιο 1^ο – Κατασκευή Δημοσίων Έργων

1.1 Κατηγορίες Δημοσίων Έργων

Τα Δημόσια Έργα είναι έργα υποδομής της χώρας που καλύπτουν βασικές ανάγκες του κοινωνικού συνόλου, συμβάλλουν στην ανάπτυξη των παραγωγικών δυνατοτήτων, στην αύξηση του εθνικού προϊόντος, στην ασφάλεια της χώρας και γενικά αποσκοπούν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής του λαού. Εντάσσονται στο γενικό πλαίσιο της κοινωνικής και οικονομικής ανάπτυξης της χώρας και υλοποιούν επιλογές του δημοκρατικού προγραμματισμού. (Άρθρο 1, Ν.3669/2008)

Σαν Δημόσια Έργα θεωρούνται όλα τα έργα που εκτελούνται από φορείς του Δημόσιου Τομέα και συνδέονται με το έδαφος, το υπέδαφος ή τον υποθαλάσσιο χώρο όπως και τα πλωτά τμήματα των τεχνικών έργων. Ως έργο νοείται κάθε νέα κατασκευή, επέκταση, ανακαίνιση, επισκευή, συντήρηση καθώς και οποιαδήποτε σχετική ερευνητική εργασία απαιτεί τεχνική γνώση και επέμβαση(Άρθρο 1, Ν.3669/2008).

Έτσι λοιπόν για να χαρακτηριστεί ένα έργο δημόσιο και όχι ιδιωτικό θα πρέπει να έχει τα ακόλουθα στοιχεία:

- Να εκτελείται από φορείς του δημόσιου τομέα
- Να εξυπηρετεί το δημόσιο συμφέρον
- Να είναι τεχνικό έργο

Τα Δημόσια έργα, σύμφωνα με τα άρθρα 100 και 103 του Ν.3669/2008 διαχωρίζονται σε 2 μεγάλες κατηγορίες. Αυτές με τη σειρά τους διαχωρίζονται σε επιμέρους κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα 1 από τους Σκουρή - Τροβά και συνεργάτες (2008).

<u>ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΡΓΑ</u>	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ
<u>ΒΑΣΙΚΕΣ</u>	Οδοποιίας
	Οικοδομικά
	Υδραυλικά
	Ηλεκτρομηχανολογικά
	Λιμενικά
	Βιομηχανικά
	Ενεργειακά
<u>ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΕΣ</u>	Γεωτρήσεων
	Πρασίνου
	Ειδικών Μονώσεων
	Ανελκυστήρων
	Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού
	Πλωτών Έργων
	Αποκαλύψεων μεταλλείων
	Καθαρισμού και Επεξεργασίας νερού και υγρών, στερεών και αερίων αποβλήτων

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση Δημοσίων Έργων

1.2 Στάδια κατασκευής των δημοσίων έργων

Η εκτέλεση των δημοσίων έργων είναι απαραίτητο να έχει ορισμένα εξαρχής στάδια, με συγκεκριμένη χρονική ταξινόμηση. Ο σωστός ορισμός και τήρηση των σταδίων είναι προαπαιτούμενα για την ορθή εκτέλεση του έργου, σε σχέση με την ποιότητα και τους χρονικούς περιορισμούς. Τα ορθά στάδια, η τήρηση και η συνεχής

καταγραφή τους, δίνει τη δυνατότητα της συνεχούς παρακολούθησης, αλλά και της διαρκούς βελτίωσης. Τα στάδια, όπως έχουν διαμορφωθεί και τα γνωρίζουμε σήμερα, αποτελούν μία αναλυτικότερη και πιο εξειδικευμένη παρουσίαση του κύκλου ζωής του έργου και παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- Ο προγραμματισμός του έργου από τον <<κύριο του έργου>>, που στην περίπτωση των δημοσίων έργων είναι το Δημόσιο.
- Η ανάθεση της μελέτης σε κατάλληλο μελετητή ή ομάδα μελετητών.
- Η εκπόνηση της μελέτης (προκαταρκτική μελέτη, προμελέτη, οριστική μελέτη, μελέτη εφαρμογής).
- Η δημοπράτηση του έργου και η ανάδειξη του αναδόχου ή εργολάβου.
- Η ανάθεση της εργολαβίας στον ανάδοχο του έργου.
- Η κατασκευή του έργου.
- Η επίβλεψη της κατασκευής, η παράδοση , η παραλαβή, και η λειτουργία του έργου.

Ο σαφής και αναλυτικός ορισμός των φορέων και των προσώπων που εμπλέκονται σε ένα δημόσιο έργο αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την εκτέλεσή του. Από την αρχική κοινοποίηση του διαγωνισμού, τη χρηματοδότηση, τον τρόπο πληρωμής, μέχρι και την εκτέλεση και παράδοση, υπάρχουν μία σειρά από διαδικασίες και πρόσωπα, που θα πρέπει να συνδυαστούν με τρόπο άρτιο και λειτουργικό.

Η ίδια η φύση των δημοσίων έργων περιλαμβάνει σύμπραξη δημόσιου και ιδιωτικού τομέα στις πλείστες των περιπτώσεων. Το ογκώδες δημόσιο από τη μία θα πρέπει να έχει ορίσει συγκεκριμένα αρμόδια πρόσωπα και τμήματα , καθόλα τα στάδια του έργου, ώστε να εξασφαλισθεί η αποτελεσματική επικοινωνία, η ιχνηλασιμότητα και η διαφάνεια. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να ορίζονται ξεκάθαρα τα πρόσωπα και τμήματα του ιδιωτικού φορέα της σύμπραξης, ώστε να πληρούνται καθόλη τη διάρκεια των σταδίων τα χρονικά, ποιοτικά και οικονομικά κριτήρια.

Οι φορείς ή τα πρόσωπα που εμπλέκονται σε ένα δημόσιο έργο ορίζονται από τη σχετική νομοθεσία, είναι συνοπτικά οι εξής: (Σκουρής – Τροβά και συνεργάτες, 2008)

1. Ο εργοδότης ή κύριος του έργου (ΚτΕ), που μπορεί να είναι το Δημόσιο, νομικό πρόσωπο του δημόσιου τομέα (ΝΠΔΔ), Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) ή Οργανισμοί Κοινής Ωφέλειας, για

λογαριασμό των οποίων καταρτίζεται η σύμβαση και κατασκευάζεται το έργο.

2. Ο φορέας κατασκευής του έργου είναι η αρμόδια υπηρεσία η οποία έχει την ευθύνη παραγωγής του έργου.
3. Ο ανάδοχος ή εργολήπτης είναι το πρόσωπο ή η επιχείρηση που ανέλαβε την κατασκευή του έργου.
4. Διευθύνουσα ή επιβλέπουσα υπηρεσία είναι η τεχνική υπηρεσία του φορέα κατασκευής του έργου που έχει την αρμοδιότητα για τον έλεγχο, την παρακολούθηση και τη διοίκηση της κατασκευής του έργου.
5. Προϊστάμενη ή εποπτεύουσα αρχή είναι η υπηρεσία ή το όργανο του φορέα κατασκευής του έργου που έχει τη γενική εποπτεία της κατασκευής και αποφασίζει για τη μεταβολή των όρων της σύμβασης.
6. Τεχνικό συμβούλιο είναι το συλλογικό όργανο του φορέα κατασκευής του έργου που γνωμοδοτεί στα θέματα που ορίζει ο νόμος ή τα σχετικά προεδρικά διατάγματα.

1.3 Οι φάσεις σχεδιασμού των δημόσιων έργων

Σε κάθε δημόσιο έργο διακρίνονται φάσεις , οι οποίες είναι ορισμένες εξ αρχής και επιτελούν τόσο τον προγραμματισμό όσο και στην επίβλεψη του έργου.

. Η παράλειψη ενός σταδίου μιας μελέτης, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία και κατά συνέπεια ολοκλήρωση του έργου είτε εκπρόθεσμα, είτε κακώς ποιοτικά.

Τα βασικά στάδια στα οποία διακρίνεται μια μελέτη ενός δημοσίου αλλά και κάθε έργου, είναι τα εξής:

- Το στάδιο της προκαταρκτικής μελέτης, στο οποίο περιλαμβάνεται η διερεύνηση της αναγκαιότητας και της σκοπιμότητας του έργου. Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τη μελέτη σκοπιμότητας του έργου σε σχέση με τις λειτουργικές ανάγκες της περιοχής στην οποία θα κατασκευαστεί, ή του ευρύτερου γεωγραφικού χώρου, τη διερεύνηση της λειτουργικής, οικονομικής και πολιτικής αναγκαιότητάς του και την ανάλυση κόστους – οφέλους (cost - benefit analysis). Προσδιορίζονται οι υπάρχουσες εναλλακτικές λύσεις, οι οποίες συγκρίνονται μεταξύ τους, αξιολογούνται τα τεχνικά και οικονομικά τους στοιχεία και στη συνέχεια επιλέγεται η βέλτιστη λύση, με γνώμονα τα

παραπάνω κριτήρια. Επίσης διερευνώνται οι συνθήκες πραγματοποίησης του έργου, καθώς και τα τοπογραφικά και γεωλογικά στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα για την προώθηση της μελέτης στα επόμενα στάδιά της. Στη φάση αυτή γίνεται και η ανάλυση της χρηματοδότησης του έργου, οι πηγές και οι δυνατότητες χρηματοδότησης και μελετώνται τα ενδεχόμενα προβλήματά της. Στην περίπτωση κατά την οποία οι υπολογισμοί δείξουν ότι το έργο δεν συμφέρει οικονομικά να εκτελεστεί, η αρχική ιδέα εγκαταλείπεται ή εξετάζονται εναλλακτικές προτάσεις και λύσεις.

- Το δεύτερο στάδιο της προμελέτης, το οποίο περιλαμβάνει το γεωμετρικό σχεδιασμό του έργου. Κατά το στάδιο αυτό τελείται λεπτομερής επεξεργασία των δεδομένων του προβλήματος, με τρόπο τέτοιο ώστε να προσδιοριστεί με ξεκάθαρα κριτήρια η βέλτιστη λύση του έργου. Επιπλέον, υπολογίζονται οι βασικές γεωμετρικές διαστάσεις του έργου, τα κύρια τεχνικά του στοιχεία, καθώς και η ακριβέστερη εκτίμηση του κόστους υλοποίησής του. Ιδιαίτερα σημαντικό στάδιο αποτελεί αυτό της μελέτης των επιπτώσεων στον περιβάλλοντα, αλλά και ευρύτερο γεωγραφικά χώρο. Κατά το στάδιο αυτό συντάσσονται η τεχνική του έκθεση, τα προσχέδια και γίνεται προσεγγιστική εκτίμηση του κόστους του έργου. Με το πέρας της φάσης αυτής, ο κύριος του έργου αποκτά την αναγκαία για εκείνον πρώτη εικόνα αναφορικά με το γενικότερο χαρακτήρα του έργου, το κόστος του , αλλά και γενικότερα σχετικά με τις χρηματοδοτικές του απαιτήσεις.
- Το τρίτο στάδιο της οριστικής μελέτης, το οποίο αντιστοιχεί στον κατασκευαστικό σχεδιασμό του έργου. Κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου πραγματοποιείται η αναλυτική επεξεργασία και όλοι οι απαραίτητοι υπολογισμοί, προκειμένου να περιγραφεί με λεπτομέρεια στα τεύχη του έργου και στα σχέδια της μελέτης ο τρόπος κατασκευής. Ενδεικτικώς, και για την καλύτερη κατανόηση, αναφέρεται ότι η οριστική μελέτη ενός έργου οδοποιίας περιλαμβάνει:

- 1) την οριζοντιογραφία του έργου.
- 2) τις κατά μήκος και κατά πλάτος τομές.
- 3) τα σχέδια και τους υπολογισμούς των απαιτούμενων τεχνικών έργων.
- 4) τις οριστικές μελέτες αποχέτευσης, ηλεκτροφωτισμού, αγωγών κοινής ωφέλειας και ύδρευσης.
- 5) Την κτηματογράφηση.

- 6) Την τεχνική έκθεση.
- 7) Τη μελέτη αποκατάστασης του περιβάλλοντα χώρου.

- Το τέταρτο στάδιο της μελέτης εφαρμογής, το οποίο αναφέρουμε ότι μπορεί να περιέχεται ανάλογα με το μέγεθος και τη φύση του έργου στο τρίτο στάδιο. Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την κατασκευή του έργου. Για παράδειγμα η μελέτη εφαρμογής του έργου οδοποιίας που αναφέρθηκε παραπάνω περιλαμβάνει:

- 1) την εκτίμηση του χρόνου παράδοσης του έργου, δηλαδή τον καθορισμό του συνολικού χρόνου εκτέλεσής του και τη σύνταξη του χρονοδιαγράμματος κατασκευής του.
- 2) Τα αναλυτικά σχέδια των τεχνικών που περιλαμβάνονται στο έργο.
- 3) Την αναλυτική κτηματογράφηση του έργου, εφόσον χρειάζεται, καθώς και τα σχέδια πράξεων αναλογισμού για τις περιοχές που βρίσκονται εντός εγκεκριμένων πολεοδομικών σχεδίων.
- 4) Τα σχέδια των προσωρινών έργων που απαιτούνται, όπως για παράδειγμα η κατασκευή βοηθητικών οδών για την προσωρινή εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας, μέχρι την ολοκλήρωση των εργασιών.
- 5) Τα συμβατικά και οικονομικά τεύχη που απαιτούνται για τη δημοπράτηση, τις προδιαγραφές, την ειδική συγγραφή των υποχρεώσεων, την περιγραφή των εργασιών, το τιμολόγιο των εργασιών, την προμέτρηση και τον προϋπολογισμό του.

Μετά τη σύνταξη της μελέτης εφαρμογής ακολουθεί η δημοπράτηση του έργου, η οποία, εκτός από τα τεχνικά στοιχεία (υπολογισμοί και σχέδια), απαιτεί και τα ονομαζόμενα “τεύχη δημοπράτησης”, τα οποία αναφέρονται αναλυτικά στη συνέχεια:

- 1) Η γενική περιγραφή του έργου και η τεχνική έκθεση.
- 2) Οι τεχνικές προδιαγραφές.
- 3) Η προμέτρηση των εργασιών.
- 4) Η ανάλυση τιμών.

- 5) Το τιμολόγιο.
- 6) Ο προϋπολογισμός της μελέτης.
- 7) Η γενική συγγραφή των υποχρεώσεων.
- 8) Η ειδική συγγραφή των υποχρεώσεων.
- 9) Η διακήρυξη της δημοπρασίας.

Για την περιγραφή των εργασιών ενός έργου και τη σύνταξη του τιμολογίου, το αρμόδιο Υπουργείο έχει συντάξει συγκεκριμένα πρότυπα τιμολόγια, στα οποία περιλαμβάνεται η περιγραφή των εργασιών και η ανάλυση της τιμής τους στους επιμέρους συντελεστές κόστους. Τα τιμολόγια αυτά είναι:

- 1) Το Αναλυτικό Τιμολόγιο Οικοδομικών Εργασιών (ΑΤΟΕ).
- 2) Το Αναλυτικό Τιμολόγιο Έργων Οδοποιίας (ΑΤΕΟ).
- 3) Το Αναλυτικό Τιμολόγιο Λιμενικών Έργων (ΑΤΛΕ).
- 4) Το Αναλυτικό Τιμολόγιο Ηλεκτρομηχανολογικών Εργασιών (ΑΤΗΕ).
- 5) Το Αναλυτικό Τιμολόγιο Έργων Πρασίνου (ΑΤΕΠ).

Υπάρχουν επίσης αναλυτικά τιμολόγια, τα οποία έχουν συντάξει υπηρεσίες του Δημοσίου για ειδικής κατηγορίας έργα, όπως για παράδειγμα τα Αναλυτικά Τιμολόγια Έργων Εγγείων Βελτιώσεων (ΑΤΕΕΒ) που χρησιμοποιούνται από τις Υπηρεσίες Εγγείων Βελτιώσεων για τα αντίστοιχα έργα.

Με τη δημοπράτηση γίνεται η ανάδειξη του αναδόχου του έργου και ακολουθεί η κατασκευή του. Το στάδιο της κατασκευής αρχίζει από την υπογραφή της σύμβασης και ολοκληρώνεται με την παράδοσή του στον ΚτΕ για τη χρήση και λειτουργία του.

Στη φάση της κατασκευής, η Διευθύνουσα (ή Επιβλέπουσα) Υπηρεσία ελέγχει ανελλιπώς την ακριβή τήρηση των σχεδίων της μελέτης, υπογράφει τους λογαριασμούς για την πληρωμή του αναδόχου, ενημερώνει την Προϊστάμενη Αρχή για τα προβλήματα που ενδεχομένως θα προκύψουν στη φάση της κατασκευής του και γενικότερα, έχει τη συνολική ευθύνη για την έγκαιρη και καλότεχνη κατασκευή του. Συνοπτικά, έχει την ευθύνη για τον οικονομικό έλεγχο, την τήρηση των προδιαγραφών και τη διασφάλιση της ποιότητας του έργου.

1.4 Στατιστικά στοιχεία δημοσίων έργων περιόδου 2008-2015

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε την εξέλιξη των δημοπρατήσεων στη χώρα μας κατά τα τελευταία έτη. Την επταετία 2008-2015, συγκεκριμένα, δημοπρατήθηκαν αρκετά δημόσια έργα στην χώρα μας. Τα ακόλουθα στοιχεία μπορεί να θεωρηθούν ιδιαίτερος κρίσιμα, καθώς καλύπτουν ένα πολύ μεγάλο εύρος της περιόδου, κατά την οποία η χώρα μας βρίσκεται σε οικονομική κρίση.

Τα έργα αυτά, σύμφωνα με τον Αθιάνα (2016) αποτελούν το κύριο κομμάτι του κύκλου εργασιών των εργοληπτικών επιχειρήσεων στην Ελλάδα και τα στατιστικά στοιχεία αυτής της περιόδου, αφορούν σε έργα με προϋπολογισμό άνω των 2 εκατομμυρίων ευρώ, χωρίς Φ.Π.Α.

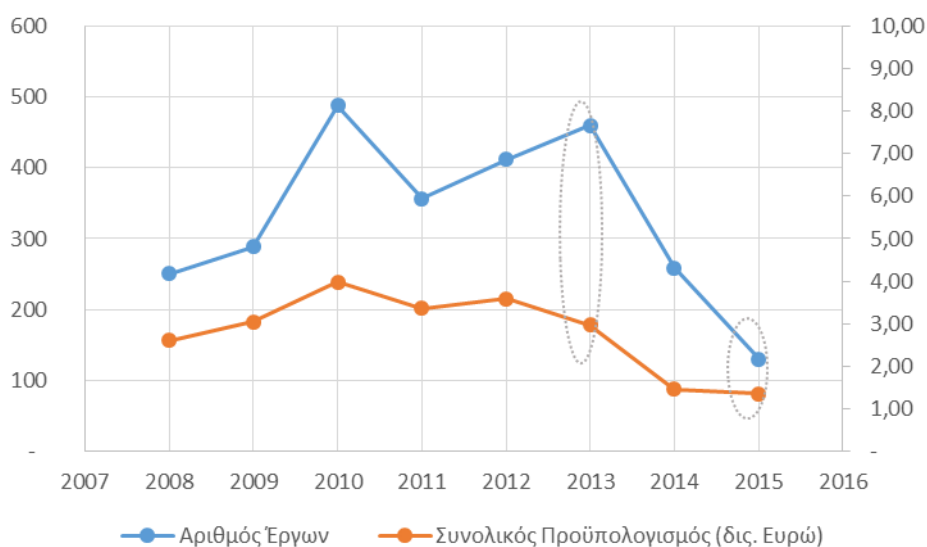
Έτος	Αριθμός Έργων	Συνολικός Προϋπολογισμός (δισ. Ευρώ)
2008	251	2,60
2009	289	3,05
2010	488	3,98
2011	357	3,36
2012	412	3,58
2013	460	2,97
2014	259	1,46
2015	130	1,35

Πίνακας 2: Αριθμός Έργων που δημοπρατήθηκαν άνω των 2 εκατ.ευρώ στην Ελλάδα

Από τον πίνακα 2 διαπιστώνεται πως την περίοδο 2010-2013 είχαμε μια σημαντική αύξηση των έργων που δημοπρατήθηκαν στην Ελλάδα με προϋπολογισμό άνω των 2 εκατομμυρίων ευρώ. Τα έργα αυτά, στις περισσότερες περιπτώσεις ήταν έργα συγχρηματοδοτούμενα από την ΕΕ και από το ΕΣΠΑ.

Το 2014 και το 2015 παρατηρούμε σημαντική μείωση των δημοπρατούμενων έργων με προϋπολογισμό άνω των 2 εκατομμυρίων ευρώ, συνέπεια της συνεχούς μείωσης του προγράμματος δημόσιων επενδύσεων, εξαιτίας της οικονομικής κρίσης.

Αυτό αποτυπώνεται και στο συνολικό προϋπολογισμό των έργων αυτών. Το 2010, ο προϋπολογισμός των έργων άγγιξε τα 4 δις.ευρώ, χρονιά που η οικονομική κρίση δεν είχε γίνει ακόμα τόσο εμφανής στην ελληνική οικονομία. Το ποσό αυτό μειώνεται σταθερά τα επόμενα χρόνια με αποκορύφωμα το 2014 και το 2015, όπου ο συνολικός προϋπολογισμός των έργων πέφτει κάτω από τα 2 δις. ευρώ.



Διάγραμμα 1: Σχέση αριθμού έργου με συνολικό προϋπολογισμό κατά την οκταετία 2008-2015

Το 2013, εν μέσω κρίσης, δε δημοπρατήθηκαν έργα πολύ υψηλού προϋπολογισμού, αλλά έγιναν προσπάθειες για διασπορά των δημοσίων έργων σε αρκετές περιοχές, για ευρύτερη τόνωση της οικονομίας. Το μεγαλύτερο έργο της οκταετίας που δημοπρατήθηκε ήταν αυτό του αυτοκινητόδρομου Πάτρα – Πύργος από τον κόμβο Μιντιλογλίου έως και τον κόμβο εισόδου Πύργου. Ο προϋπολογισμός του συγκεκριμένου έργου ανήλθε στα 443 εκ. ευρώ, το 2015. Και για τις 2 προαναφερθείσες χρονιές, διαπιστώνονται τα παραπάνω και από το διάγραμμα 1, βάσει της σχέσης αριθμού έργων και συνολικού προϋπολογισμού.

Διαπιστώνουμε πως μόνο ένα έργο καλύπτει σχεδόν το 1/3 του συνολικού προϋπολογισμού των έργων που δημοπρατήθηκαν το 2015.

Ένα άλλο συμπέρασμα που γίνεται σαφές είναι πως τα έργα οδοποιίας είναι αυτά με τον μεγαλύτερο προϋπολογισμό και είναι αυτά που σηματοδοτούν την ανάπτυξη μιας χώρας. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι τα οφέλη από τα έργα οδοποιίας, εκτός από οικονομικά είναι και κοινωνικά και αποτελούν σε μεγάλο βαθμό κριτήριο για τον προσδιορισμό του βιοτικού επιπέδου μιας χώρας. (Αθιάνας, 2016)

1.5 Κόστος έργου

Για τον υπολογισμό του κόστους ενός έργου απαιτείται η κατάτμησή του στις επιμέρους δραστηριότητες ή εργασίες, και η εκτίμηση των μέσων παραγωγής που θα χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση των δραστηριοτήτων και των υλικών.

Ο Πολύζος(2011) αναφέρει πως το κόστος κάθε δραστηριότητας είναι το σύνολο της χρηματικής αξίας των υλικών, της εργασίας προσωπικού και των μηχανημάτων, του κεφαλαίου, των υπηρεσιών και των λοιπών επιβαρύνσεων που χρησιμοποιούνται στην εκτέλεση της δραστηριότητας. Το σύνολο κόστους των δραστηριοτήτων αποτελεί το κόστος του έργου.

Ο σωστός και ακριβής υπολογισμός του κόστους κατασκευής ενός έργου αποτελεί τη βάση του οικονομικού σχεδιασμού του έργου και η ελαχιστοποίησή του τη μόνιμη επιδίωξη κάθε εργοληπτικής εταιρείας. (Χασιάκος,2003)

Στη σημερινή εποχή, κατά την οποία τα έργα εκτελούνται σε συνθήκες έντονου ανταγωνισμού και μεγάλων εκπτώσεων, η ανταγωνιστικότητα κάθε εργοληπτικής επιχείρησης και κατά συνέπεια η βιωσιμότητά της εξαρτάται κυρίως από τη δυνατότητά της να κατασκευάζει έργα χαμηλού σχετικά κόστους, με διασφαλισμένο το επίπεδο ποιότητας, που καθορίζεται από τις προδιαγραφές. Θα πρέπει, δηλαδή, κάθε κατασκευαστική επιχείρηση να αναζητεί μεθόδους βελτιστοποίησης (ελαχιστοποίησης) του κόστους εκτέλεσης των έργων ή (μεγιστοποίησης) των κερδών της. Η συνεχής βελτίωση αυτής της σχέσης κόστους ποιότητας πρέπει να αποτελεί προτεραιότητα για κάθε επιχείρηση, όχι μόνο κατασκευαστική, ώστε να μπορεί να διατηρεί τη βιωσιμότητά της στο σύγχρονο ανταγωνιστικό περιβάλλον.

Η εγκυρότητα του οικονομικού προγραμματισμού ενός έργου εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την ακρίβεια της εκτίμησης των οικονομικών μεγεθών του. Η επιτυχής εκτίμηση προϋποθέτει κατά βάση την κατανόηση, κατάτμηση και την επιτυχή καταγραφή των διάφορων συνιστωσών κόστους. Η κατηγοριοποίηση των δαπανών του έργου μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους.

Ως προς το είδος διακρίνουμε:

- τις δαπάνες διοίκησης του έργου (management costs)
- τις δαπάνες εργασίας (labour costs)
- τις δαπάνες εξοπλισμού (equipment costs)
- τις δαπάνες υλικών (material costs)
- άλλα έξοδα (other expenses)

Οι δαπάνες για τη διοίκηση του έργου αφορούν στις αποζημιώσεις για τους ανθρώπους που ασκούν τη διοίκηση του έργου (υπεύθυνος εργοταξίου, διοίκηση εργοληπτικής επιχείρησης, διοικητικό προσωπικό επιχείρησης κτλ.) και τα έξοδα που πραγματοποιούνται κατά την εκτέλεση των καθηκόντων τους.

Οι δαπάνες που αφορούν στην εργασία του προσωπικού περιλαμβάνουν την αποζημίωση για την παρεχόμενη εργασία (μισθός, ημερομίσθιο), τις κοινωνικές παροχές (για σύνταξη, ιατροφαρμακευτική περίθαλψη, εκπαίδευση, ένδυση, μετακίνηση, διαμονή και διατροφή, πριμ παραγωγικότητας κτλ.) τις εργοδοτικές εισφορές, τη συμμετοχή των εργαζομένων στα κέρδη της επιχείρησης και τις πρόσθετες αποζημιώσεις για υπερωρίες.

Οι δαπάνες εξοπλισμού αφορούν σε μηχανήματα και εγκαταστάσεις στο χώρο παραγωγής του έργου (π.χ γερανοί, φορτηγά, γεννήτριες, συγκρότημα παραγωγής αδρανών, εργαλεία μηχανουργείου) καθώς και στον εξοπλισμό στο χώρο των κεντρικών γραφείων της επιχείρησης . Τα διάφορα είδη του εξοπλισμού μπορεί να ανήκουν στη εταιρία ή να ενοικιάζονται για τις ανάγκες ενός έργου από λοιπές εταιρίες. Οι δαπάνες αυτές αφορούν στην απόσβεση (ή την ενοικίαση) του εξοπλισμού, τη λειτουργία (καύσιμα, λιπαντικά, ηλεκτρική ενέργεια), στη συντήρηση και στις επισκευές, στην ασφάλιση κτλ. Μια πρόσθετη δαπάνη σχετίζεται με τη μεταφορά του εξοπλισμού από και προς το εργοτάξιο, κυρίως δε του βαρέως εξοπλισμού.

Οι δαπάνες για τα υλικά συνίστανται από την αγορά και τη διαχείρισή τους, που περιλαμβάνει την παραγγελία, τη μεταφορά, τον έλεγχο ποιότητας, την αποθήκευση και τη διακίνησή τους. Το κόστος αυτό είναι αναγκαίο να προσαυξηθεί εξ αρχής λόγω της αναμενόμενης φθοράς ή της απώλειας μέρους του υλικού κατά την κατασκευή του έργου αλλά και της πιθανής ύπαρξης πλεονάζοντος υλικού μετά την κατασκευή.

Η κατηγορία «άλλα έξοδα» περιλαμβάνει δαπάνες για παροχή εργασίας ή υπηρεσιών από τρίτους (π.χ έναν ειδικό σχεδιαστή ή κατασκευαστή), δαπάνες για την οργάνωση του εργοταξίου (δρόμοι πρόσβασης, δάπεδα εργασίας, στήσιμο εγκαταστάσεων, ασφάλεια του χώρου, σήμανση κτλ.), καθώς και δαπάνες που

πραγματοποιούνται στα κεντρικά γραφεία της επιχείρησης (π.χ ενοίκιο, ηλεκτρική ενέργεια, τηλεπικοινωνίες, ασφάλιστρα).

Το κόστος διακρίνεται επίσης σύμφωνα με τον Χασιακό(2003) , σε άμεσο κόστος (direct cost) και έμμεσο κόστος (indirect cost). Στην κατηγορία του άμεσου κόστους εμπίπτουν όλες οι δαπάνες ενός έργου που μπορούν να αποδοθούν άμεσα σε μια συγκεκριμένη εργασία του έργου (ή στο έργο γενικότερα). Το έμμεσο κόστος, για το οποίο συχνά χρησιμοποιείται ο όρος γενικά έξοδα (overheads), περιλαμβάνει δαπάνες που δεν μπορούν να αποδοθούν άμεσα σε μια εργασία και που υπάρχουν ανεξάρτητα με το αν θα εκτελεστεί μια εργασία (έργο) ή όχι. Σε κάθε μια κατηγορία εμφανίζονται όλα τα είδη δαπανών που αναφέρθηκαν παραπάνω. Συγκεκριμένα το άμεσο κόστος περιλαμβάνει :

- Τις δαπάνες για τη διοίκηση κάθε εργασίας (έργου)
- Τις δαπάνες για την αποζημίωση του προσωπικού που απασχολείται σε κάθε εργασία (ανάλογα με το χρόνο απασχόλησης)
- Τις δαπάνες για τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται σε κάθε εργασία (ανάλογα με το χρόνο χρήσης του)
- Τις δαπάνες για τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται σε κάθε εργασία άλλα έξοδα που αφορούν συγκεκριμένη εργασία και περιλαμβάνουν παροχή εργασίας από τρίτους (υπεργολαβίες), μέτρα ασφάλειας ή βοηθητικές εργασίες που θα επιτρέψουν την εκτέλεση της εργασίας.

Το έμμεσο κόστος περιλαμβάνει σύμφωνα με τον Πολύζο (2011) :

- Τις δαπάνες για την εργασία του προσωπικού γενικών καθηκόντων σε ένα έργο ή στα γραφεία της εργοληπτικής επιχείρησης (π.χ συντηρητές, προσωπικό ασφαλείας, καθαριστές)
- Τις δαπάνες για τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται κεντρικά για τις ανάγκες διαφόρων έργων (π.χ ηλεκτρονικοί υπολογιστές)
- Τις δαπάνες για υλικά γενικής χρήσης (π.χ ανταλλακτικά εξοπλισμού, είδη γραφείου, είδη καθαρισμού)
- Τις δαπάνες για την κεντρική διοίκηση της επιχείρησης (διοικητικό συμβούλιο, τεχνική διεύθυνση, εμπορική διεύθυνση, διεύθυνση διοικητικών και οικονομικών υπηρεσιών)

- Αλλά έξοδα που αφορούν ενοίκια και λειτουργικές δαπάνες των κεντρικών γραφείων, ασφάλιση κτλ.

Το έμμεσο κόστος επιμερίζεται στα διάφορα έργα που εκτελεί η επιχείρηση ανάλογα με το μέγεθός τους και τις ανάγκες υποστήριξής τους. Συνεκτιμάται δε, με το άμεσο κόστος στη διαδικασία κοστολόγησης κάθε έργου. Σε αντίθεση με το άμεσο κόστος που μπορεί να καταγραφεί σε λεπτομερές επίπεδο κάθε εργασίας και επομένως να ελεγχθεί εύκολα, το έμμεσο κόστος συνοδεύεται από ένα ομιχλώδες υπόβαθρο ανάπτυξης.

Συμπερασματικά, το άμεσο κόστος αφορά σε δαπάνες οι οποίες μπορούν να χρεωθούν ξεχωριστά σε κάθε εργασία κι έτσι είναι εφικτή η ρεαλιστική εκτίμησή του. Αντίθετα, το έμμεσο κόστος αφορά δαπάνες που δεν μπορούν να χρεωθούν άμεσα σε κάθε εργασία, με συνέπεια να υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα στην εκτίμησή του αλλά και στον επιμερισμό του στις διάφορες εργασίες ενός έργου.

Το χαρακτηριστικό του άμεσου κόστους, ότι είναι άμεσα διακριτό και μετρήσιμο, έχει οδηγήσει στην τάση να καταχωρούνται όσο το δυνατόν περισσότερες δαπάνες υπό μορφή άμεσου κόστους, γιατί έτσι γίνεται πιο αποτελεσματικά η εκτίμηση του κόστους, ο καθορισμός του προϋπολογισμού και της χρονικής κατανομής των δαπανών, η παρακολούθηση και ο έλεγχος της προόδου του έργου. (Πολύζος,2011)

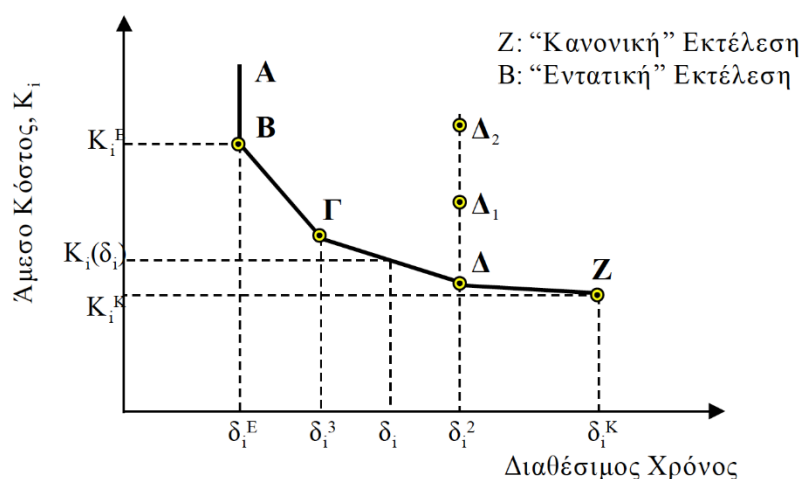
1.6 Σχέσεις χρόνου – κόστους έργου

Ένας σημαντικός παράγοντας στην ανάλυση της χρονικής επιτάχυνσης ενός έργου είναι η μορφή της καμπύλης χρόνου – κόστους των εργασιών του. Γενικά, μια εργασία μπορεί να εκτελεστεί με διαφορετικούς συνδυασμούς πόρων ή με διαφορετικό ρυθμό χρησιμοποίησης αυτών (π.χ κανονική ή υπερωριακή απασχόληση). Καθένας από τους διαφορετικούς τρόπους εκτέλεσης αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη τιμή διάρκειας και κόστους εργασίας. Οι διάφοροι συνδυασμοί σχεδιάζονται σε διάγραμμα καθορίζοντας την καμπύλη χρόνου – κόστους (time – cost curve) κάθε εργασίας.

Ο χρόνος που απαιτείται για την εκτέλεση μιας εργασίας υπό κανονικές συνθήκες αναφέρεται ως κανονική διάρκεια (normal duration) και αντιστοιχεί στο ελάχιστο κόστος εκτέλεσης. Αυτό συμβαίνει γιατί οι κανονικές συνθήκες εργασίας αντιστοιχούν στην βέλτιστη παραγωγικότητα, η οποία προκύπτει

από τη χρήση κατάλληλου συνεργείου και συνδυασμό πόρων. Αν είναι επιθυμητό μια εργασία να ολοκληρωθεί σε μικρότερο χρόνο από την κανονική διάρκεια, είναι αναμενόμενο η επίσπευση αυτή να επιφέρει αύξηση του κόστους εργασίας (λόγω της ανάγκης υπερωριακής απασχόλησης, χρήσης πρόσθετου εξοπλισμού, αλλαγής τρόπου εκτέλεσης ή συνδυασμού των παραπάνω). Η μείωση της διάρκειας δεν μπορεί να είναι απεριόριστη, αλλά για κάθε εργασία υπάρχει μια ελάχιστη τιμή, η ελάχιστη διάρκεια (crash time). Το κόστος που αντιστοιχεί στην ελάχιστη διάρκεια (crash cost) είναι αυξημένο σε σχέση με το κόστος για την κανονική διάρκεια.

Η καμπύλη χρόνου – κόστους μιας εργασίας παρουσιάζει μια ποικιλία μορφών. Η συνηθέστερη εξ αυτών είναι μια κοίλη καμπύλη, η οποία παρουσιάζει ότι όσο μειώνεται η διάρκεια, το κόστος αυξάνεται με ταχύτερο ρυθμό. Ωστόσο, για ευκολία χρησιμοποιείται σε ορισμένες περιπτώσεις γραμμική σχέση χρόνου – κόστους. Η καμπύλη χρόνου – κόστους μπορεί θεωρητικά να είναι συνεχής, από πρακτική άποψη όμως αποτελείται από διακεκριμένα ζεύγη τιμών χρόνου – κόστους. Επίσης, πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν εργασίες οι οποίες εκτελούνται κατά ένα συγκεκριμένο τρόπο και δεν μπορούν να επισπευστούν και, συνεπώς, έχουν ένα μοναδικό συνδυασμό χρόνου – κόστους.



Εικόνα 1: Καμπύλη άμεσου κόστους και χρόνου

Πηγή: http://www.logistics.tuc.gr/XEXO%20Technical-material/contents_xexo/TUC/project_management/k3.pdf

Το K_i είναι το ελάχιστο δυνατό κόστος που είναι απαραίτητο για να εκτελεστεί η δραστηριότητα i μέσα σε χρόνο δ_i . Η καμπύλη $K_i(\delta_i)$ χωρίζει την περιοχή των συνδυασμών (K_i, δ_i) σε δύο περιοχές: Πάνω από την καμπύλη είναι όλοι οι τεχνολογικά δυνατοί αλλά όχι αποδοτικοί συνδυασμοί. Κάτω από την καμπύλη είναι όλοι οι τεχνολογικά αδύνατοι συνδυασμοί. Ανωτέρω ακριβώς της καμπύλης είναι οι δυνατοί και αποδοτικοί συνδυασμοί. Κατά συνέπεια, αν $\delta_a > \delta_b$, τότε $K_a \leq K_b$, δηλαδή εάν δοθεί παραπάνω χρόνος για μία δραστηριότητα δεν μπορεί να προκύψει μεγαλύτερο κόστος εκτέλεσής της. Άρα το K_i είναι μη αυξανόμενη συνάρτηση της δ_i . Υπάρχουν δύο φυσικά ή τεχνολογικά όρια:

- Ο χρόνος εκτέλεσης δεν μπορεί να συμπιεστεί κάτω από ένα όριο, $\delta_i E$ (διάρκεια εντατικοποίησης) όσο δυναμικό και αν διατεθεί.
- Το κόστος δεν μπορεί να μειώνεται συνεχώς αν δίνεται παράταση στη διάρκεια.

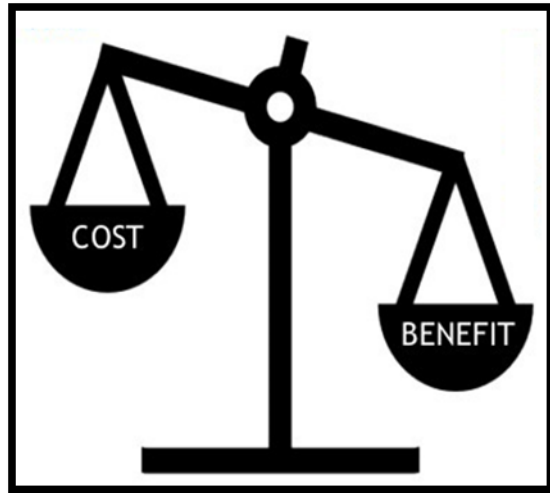
Η μέγιστη αυτή διάρκεια $\delta_i K$ ονομάζεται κανονική και αναφέρεται στην οικονομικότερη εκτέλεση.

Η καμπύλη $K_i(\delta_i)$ σχεδόν ποτέ δεν είναι συνεχής. Τα σημεία των ευθυγράμμων τμημάτων μεταξύ των τεσσάρων σημείων Β, Γ, Δ, Ζ δεν έχουν νόημα αν δεν αντανakλούν δυνατούς τρόπους εκτέλεσης της δραστηριότητας.

1.7 Βασικό Μοντέλο ανάλυσης κόστους – οφέλους

Η ιδιωτικο-οικονομική αξιολόγηση μιας επένδυσης στηρίζεται στην εκτίμηση του κόστους και των ωφελειών από την ανάληψη ενός επενδυτικού προγράμματος με βάση ιδιωτικά κριτήρια, δηλαδή το ιδιωτικό χρηματικό κέρδος σε σύγκριση με το ιδιωτικό κόστος. Αδιάφορες θεωρούνται για τον ιδιώτη οι επιπτώσεις στο σύνολο της κοινωνίας ή τυχόν εξωτερικές οικονομίες τόσο στο παρόν όσο και στο μέλλον. Η επιλογή για ανάληψη της επένδυσης γίνεται βάσει αμιγώς ιδιωτικο-οικονομικών κριτηρίων.

Αντίθετα, η μέθοδος της Κοινωνικής Ανάλυσης Κόστους – Οφέλους, γνωστή και ως Social Cost Benefit Analysis ή απλά Cost Benefit Analysis, αποτελεί μέθοδο αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων και των επιπτώσεων μέτρων πολιτικής σε όρους οικονομικής και κοινωνικής ευημερίας. Πρόκειται, επομένως, για μια κοινωνικο-οικονομική προσέγγιση στην αξιολόγηση των επενδύσεων, με την έννοια ότι αποτιμώνται τα οφέλη και εκτιμάται το συνολικό κόστος των υπό αξιολόγηση έργων με βάση τις γενικότερες οικονομικές και κοινωνικές διαστάσεις τους. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ευρύτατα από τους διεθνείς οργανισμούς και πολλές κυβερνήσεις, για την αξιολόγηση δημοσίων έργων και πολιτικών που αποσκοπούν στην επιτάχυνση της οικονομικής ανάπτυξης και την αύξηση της κοινωνικής ευημερίας



Η κύρια τεχνική αξιολόγησης επενδύσεων σε έργα υποδομών και οδοποιίας θεωρείται η Ανάλυση Κόστους-Οφέλους (ΑΚΟ) (Cost-Benefit-Analysis – CBA), μέσω της ποσοτικής σύγκρισης των επιδράσεων της επένδυσης σε όρους προκύπτουσας ωφέλειας και κόστους δαπανηθέντων πόρων (Almansa and Martínez-Paz, 2011).

Η Ανάλυση Κόστους-Οφέλους, είναι μία μέθοδος που χρησιμοποιείται κυρίως για την αξιολόγηση της οικονομικής αξίας των πολύ μεγάλων ιδιωτικών έργων, καθώς και των έργων που εκτελούνται από το δημόσιο τομέα. Η ΑΚΟ, όπως θα αναφέρεται στο εξής, εφαρμόζεται μέσω μίας έκθεσης, η οποία περιλαμβάνει τους υπολογισμούς τόσο για το κόστος το οποίο χρησιμοποιείται για να υλοποιηθεί και να λειτουργήσει το έργο, όσο και για τις διάφορες επιπτώσεις, θετικές ή αρνητικές, που αυτό θα έχει. Οι επιπτώσεις ενός έργου κατηγοριοποιούνται στις άμεσες χρηματοοικονομικές για τον επενδυτή, όπου χρησιμοποιείται η χρηματοοικονομική ανάλυση (financial analysis) για τον υπολογισμό τους, με τα κριτήρια αξιολόγησης να λαμβάνουν υπόψη τις τιμές της αγοράς, καθώς και στις άμεσες ή έμμεσες οικονομικές,

κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπου χρησιμοποιείται η οικονομική ανάλυση (economic analysis) για τον υπολογισμό τους. Τα αντίστοιχα κριτήρια αξιολόγησης για τις τελευταίες λαμβάνουν υπόψη τις λογιστικές / σκιώδεις τιμές (shadow prices) σε συνδυασμό με το εξωτερικό κόστος (externalities) που έχει η επένδυση, δηλαδή το κόστος το οποίο δεν αποτιμάται με τις υφιστάμενες μεθόδους της αγοράς .

Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε κυρίως τις δεκαετίες του 1950 και 1960 στις ΗΠΑ και στο Ηνωμένο Βασίλειο, κατά την αξιολόγηση των επενδύσεων σε αυτοκινητοδρόμους, ενώ πλήθος ανεξάρτητων κρατών, καθώς και οργανισμών, μεταξύ των οποίων και η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.), έχουν ενσωματώσει την ΑΚΟ ως κύρια μεθοδολογία για την αξιολόγηση των έργων και πολιτικών τους.

Ειδικά για έργα Οδοποιίας, η βιβλιογραφία περιλαμβάνει πολλές προσεγγίσεις μοντέλων που εντάσσονται στο πλαίσιο του μοντέλου ΑΚΟ (Engel et al, 2003). Σύμφωνα με τον Πολύζο (2001), τα Οδικά έργα ταξινομούνται ανάλογα με το χαρακτήρα των οικονομικών επιπτώσεών τους, αν δηλαδή έχουν παράγωγο (generative) ή αναδιανεμητικό (distributive) χαρακτήρα. Συγκεκριμένα, ως «παράγωγες» ορίζονται οι επιπτώσεις, οι οποίες «παράγουν» θετική μεταβολή στους οικονομικούς δείκτες όλων των περιφερειών, ενώ ως «αναδιανεμητικές» εκείνες που προκαλούν θετική ή αρνητική μεταβολή στους οικονομικούς δείκτες, δηλαδή «αναδιανέμουν» την ανάπτυξη στο χώρο και το συνολικό άθροισμα των μεταβολών είναι μηδενικό (Πολύζος, 2001).

1.7.1 Τα βασικά στοιχεία της μεθόδου

Στα τελευταία πενήντα περίπου χρόνια, ταυτόχρονα με τη μεγάλη προσπάθεια για οικονομική ανάπτυξη, έγιναν διάφορες προσπάθειες για την ανάπτυξη μεθοδολογίας αξιολόγησης αναπτυξιακών έργων χρηματοδοτούμενων με δημόσιους πόρους. Η μεθοδολογία η οποία αναπτύχθηκε είναι η προαναφερθείσα Κοινωνική Ανάλυση Κόστους – Οφέλους (Social Cost Benefit Analysis) και βασίζεται στις αρχές αξιολόγησης επενδύσεων που χρησιμοποιούνται από τον ιδιωτικό τομέα για την επιλογή

μεταξύ επενδυτικών αποφάσεων αλλά και τον κλάδο εκείνο των οικονομικών, γνωστό ως οικονομικά της ευημερίας.

Η μεθοδολογία αυτή αξιολογεί τα οφέλη και το συνολικό κόστος ενός έργου που χρηματοδοτείται με δημόσιους πόρους ή μιας δημόσιας πολιτικής με αναφορά στη συμβολή τους στην κοινωνική ευημερία. Εάν τα κοινωνικά οφέλη του έργου ή της πολιτικής υπερβαίνουν το κοινωνικό κόστος, είναι σκόπιμη η ανάληψη του έργου ή της πολιτικής από την κυβέρνηση, δηλαδή το κράτος.

Είναι όμως σκόπιμο να γίνει σαφές ότι η Ανάλυση Ωφελειών - Κόστους είναι μάλλον μία προσέγγιση ανάλυσης παρά μια συγκεκριμένη μέθοδος αφού στην πράξη εμφανίζεται σε διάφορες μορφές κατά περίπτωση, με πολλά υποδείγματα. Πρόκειται δηλαδή για ένα γενικότερο τρόπο προσέγγισης ο οποίος επιδέχεται πολλές μεθοδεύσεις και τεχνικές. Η επιλογή του καταλληλότερου υποδείγματος εξαρτάται: (α) από τη συγκεκριμένη περίπτωση, (β) από τους περιορισμούς που θέτουν τα υπάρχοντα στοιχεία, (γ) από τις προτιμήσεις του αναλυτή και (δ) από το επίπεδο ανάπτυξης της χώρας. Δεν είναι εφικτό να παρουσιαστούν στο άρθρο αυτό οι διάφορες τεχνικές και μορφές της Ανάλυσης Κόστους - Οφέλους που έχουν προταθεί ή εφαρμόζονται διεθνώς.

Αν και υπάρχουν κάποιες διαφορές μεταξύ των διαφόρων προσεγγίσεων αξιολόγησης του κόστους και των ωφελειών στην Ανάλυση Κόστους – Οφέλους, πολλά στοιχεία είναι κοινά σύμφωνα και με τον Μέργο(2003):

- Πρώτον, για τη μέτρηση των επιπτώσεων μιας δημόσιας δαπάνης χρησιμοποιείται ως βάση αναφοράς το εθνικό και το κοινωνικό συμφέρον και όχι το συμφέρον του άμεσου επενδυτή.
- Δεύτερον, για την αποτίμηση του κοινωνικού οφέλους και κόστους χρησιμοποιούνται οι σκιώδεις τιμές στις περιπτώσεις που οι αγοραίες τιμές δεν αντιπροσωπεύουν το πραγματικό κοινωνικό κόστος ή όφελος των αγαθών ή υπηρεσιών λόγω αποτυχιών της αγοράς ή στρεβλώσεων του κράτους.

- Τρίτον, για τη μέτρηση των επιπτώσεων μιας δημόσιας δαπάνης ή μιας πολιτικής χρησιμοποιούνται ποσοτικά κριτήρια αξιολόγησης στα πλαίσια μιας σύγκρισης 'Με το έργο – Χωρίς το έργο' ή 'Με την πολιτική – Χωρίς την πολιτική'.
- Τέταρτον, δεδομένου ότι οι επιπτώσεις μιας δημόσιας δαπάνης ή μιας πολιτικής, λαμβάνουν χώρα σε διαφορετικές χρονικές περιόδους είναι αναγκαία η προεξόφλησή τους στο παρόν με χρήση ενός κοινωνικού επιτοκίου, ώστε να είναι εφικτή η σύγκριση μεταξύ κόστους και ωφελειών.
- Πέμπτον, για την ανάλυση των επιπτώσεων του έργου στη διανομή του εισοδήματος και στις αποταμιεύσεις σταθμίζονται οι εισοδηματικές ροές των διαφόρων ομάδων του πληθυσμού πριν προεξοφληθούν στο παρόν.

Η απόφαση ενός επενδυτή στο ερώτημα αν πρέπει να αναλάβει ή όχι μία δαπάνη ή επένδυση είναι γνωστό ότι καθορίζεται από την παρούσα προεξοφλημένη αξία των κερδών της επένδυσης. Οι μόνες επιπτώσεις ενός έργου που ενδιαφέρουν τον ιδιώτη είναι εκείνες που επηρεάζουν την αποδοτικότητα της επένδυσης.

Αντίθετα το εθνικό ή το κοινωνικό συμφέρον από την κατασκευή ενός αναπτυξιακού έργου ή την υιοθέτηση ενός μέτρου πολιτικής, δε μεγιστοποιείται με βάση το κριτήριο των κέρδους, αφού αυτό είναι θεωρητικά αδύνατο, μιας και δεν υπάρχουν τιμές στην αγορά για τα δημόσια αγαθά και υπηρεσίες, αφού προσφέρονται συνήθως δωρεάν στο κοινωνικό σύνολο. Το εθνικό συμφέρον επηρεάζεται από ένα πολύ ευρύτερο φάσμα παραγόντων όπως είναι η επίπτωση του αναπτυξιακού έργου στη διαθεσιμότητα των αγαθών και υπηρεσιών, στην αποταμίευση, στη διανομή του εισοδήματος, στην απασχόληση, στα δημόσια οικονομικά και στο ισοζύγιο πληρωμών. Από τα παραπάνω γίνεται σαφής η διάσταση μεταξύ του ιδιωτικού οφέλους και του εθνικού συμφέροντος και η σημασία της Ανάλυσης Κόστους – Οφέλους στην αξιολόγηση δημοσίων δαπανών και μέτρων δημόσιας πολιτικής.

Η ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων ενός αναπτυξιακού έργου, μιας δημόσιας δαπάνης ή μιας πολιτικής γίνεται στα πλαίσια μιας σύγκρισης 'Με –

Χωρίς, δηλαδή της σύγκρισης του τι θα συμβεί με την αποδοχή του έργου, την ανάληψη της δαπάνης ή την υιοθέτηση της πολιτικής. Αυτό είναι ένα από τα δυσκολότερα σημεία εφαρμογής της μεθόδου στην αξιολόγηση δημοσίων δαπανών. Ενώ στον ιδιωτικό τομέα οι επιπτώσεις από τη μη ανάληψη μιας επένδυσης είναι σχετικά εύκολη, καθώς η εναλλακτική επένδυση είναι συνήθως απλή, στο δημόσιο τομέα η εναλλακτική πολιτική (χωρίς το έργο, χωρίς τη δαπάνη, χωρίς την πολιτική) είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστεί με τρόπο ώστε να είναι εφικτή η ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων. Επομένως, πολλές φορές και μόνο η σύγκριση 'Με – Χωρίς' εισάγει ένα στοιχείο υποκειμενικότητας στην ανάλυση κόστους – οφέλους λόγω της αβεβαιότητας που επικρατεί για την εξέλιξη στην οικονομία και στην κοινωνία.

Αφού αναγνωριστούν και ποσοτικοποιηθούν οι επιπτώσεις μιας δημόσιας δαπάνης, ως προς το κοινωνικό τους κόστος ή όφελος, είναι ανάγκη να αποτιμηθούν σε αξίες. Η χρήση των σκιωδών τιμών επιδιώκει να εκτιμήσει τις επιπτώσεις στην πραγματική τους οικονομική και κοινωνική αξία, η οποία μπορεί να διαφέρει από την αγοραία αξία λόγω ατελειών της αγοράς ή παρεμβάσεων του κράτους. Με τον τρόπο αυτό αξιολογείται η επίπτωση του έργου, της δαπάνης ή της πολιτικής στην οικονομική αποτελεσματικότητα.

Τέλος, η αναγωγή μελλοντικών αξιών στο παρόν απαιτεί τη χρήση ενός κοινωνικού επιτοκίου προεξόφλησης των οικονομικών ρών κόστους και οφέλους από εθνική ή κοινωνική άποψη. Το κοινωνικό επιτόκιο αποτελεί ένα δείκτη της διαχρονικής προτίμησης του κοινωνικού συνόλου ανάμεσα στην παρούσα και την μελλοντική κατανάλωση. Όσο μεγαλύτερο είναι το κοινωνικό επιτόκιο, τόσο μια κοινωνία παρουσιάζει υψηλή προτίμηση στο παρόν και αντιστρόφως. Το κρίσιμο ερώτημα είναι η επιλογή του κατάλληλου επιτοκίου προεξόφλησης.

1.8 Ιστορική αναδρομή της μεθόδου στην Ελλάδα

Η εφαρμογή της μεθόδου στην αξιολόγηση και επιλογή αναπτυξιακών έργων είναι γενικευμένη σε διεθνείς χρηματοδοτικούς οργανισμούς πολυμερούς αναπτυξιακής βοήθειας όπως η World Bank, οι διάφορες περιφερειακές αναπτυξιακές Τράπεζες (Asian Development Bank, κλπ) το

United Nations Development Programme. Όλα τα έργα τα οποία προετοιμάζονται για χρηματοδότηση από τους οργανισμούς αυτούς υπόκεινται σε αξιολόγηση που καταλήγει στην εκτίμηση της απόδοσης ή της Καθαρής Παρούσας Αξίας του έργου προς χρηματοδότηση .

Επίσης, είναι ευρεία η χρήση της μεθόδου από τους οργανισμούς διμερούς αναπτυξιακής βοήθειας όπως ο Overseas Development Administration (ODA), ο Canadian International Development Agency, ο Οργανισμός Αναπτυξιακής Βοήθειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Europe Aid) κλπ για την αξιολόγηση αναπτυξιακών έργων.

Η εφαρμογή της Ανάλυσης Κόστους – Οφέλους στην Ελλάδα είναι πολύ περιορισμένη, αν όχι ανύπαρκτη. Στη δεκαετία του 1970 έγιναν κάποιες σοβαρές προσπάθειες για εισαγωγή της μεθόδου και εφαρμογή της στην ανάλυση επενδυτικών αποφάσεων και δαπανών του δημοσίου, αλλά εξασθένησαν στη δεκαετία του 1980 και η μέθοδος σχεδόν εγκαταλείφθηκε. Σήμερα, μικρή ως ελάχιστη χρήση της μεθόδου γίνεται και οι αποφάσεις για δημόσιες δαπάνες και επενδύσεις δεν χρησιμοποιούν συστηματική ανάλυση των ωφελειών και του κόστους των παρεμβάσεων.

Τα έργα, όπως εξηγείται και προηγουμένως, είναι αναγκαίο να επιλέγονται με συγκεκριμένα συστήματα αξιολόγησης, αλλά ειδικότερα θα πρέπει να υλοποιούνται εντός ενός συνεπούς πλαισίου παρακολούθησης και εξασφάλισης της επιτυχούς ολοκλήρωσής τους, με απώτερο στόχο τη σημαντική αύξηση της *ex post* απόδοσης. Τελευταία έχει επισημανθεί η μεγάλη σημασία της ταυτόχρονης παρακολούθησης και αξιολόγησης (*on-going Monitoring and Evaluation*) και αφιερώνεται μεγάλη προσπάθεια διεθνώς για τη δημιουργία συστημάτων παρακολούθησης, τόσο του φυσικού έργου όσο και της δαπάνης.

Στη δεκαετία του 1970 έγιναν διάφορες προσπάθειες εισαγωγής της μεθόδου στην Ελληνική διοίκηση οι οποίες περιορίζονταν όμως στα έργα που είχαν διεθνή χρηματοδότηση και καλά επανδρωμένη μονάδα αξιολόγησης δημοσίων επενδύσεων το εκάστοτε Υπουργείο Συντονισμού. Επίσης, είχαν γίνει σοβαρές προσπάθειες συστηματοποίησης της αξιολόγησης των αναπτυξιακών έργων.

Επίσης, στα τέλη της δεκαετίας του 1970 έγινε μια σοβαρή προσπάθεια για εξορθολογισμό της κατανομής των δημοσίων πόρων. Η μέθοδος του Προϋπολογισμού Μηδενικής Βάσης (ΠΜΒ) εμφανίστηκε για πρώτη φορά με τη μερική εφαρμογή της κατά την κατάθεση του Προϋπολογισμού για το οικονομικό έτος 1979, με σκοπό την ορθολογικότερη κατανομή των δημοσίων δαπανών, τον καλύτερο έλεγχό τους, την αύξηση της παραγωγικότητάς τους και με απώτερο στόχο την αποδοτική και οικονομικά αποτελεσματική λειτουργία της Δημόσιας Διοίκησης

Μηδενική βάση σημαίνει πως καμία απολύτως δαπάνη δεν πρέπει να θεωρείται σαν δεδομένη, αλλά όλες ανεξαιρέτα τίθενται υπό έλεγχο από άποψη αναγκαιότητας και σκοπιμότητας. Με άλλα λόγια αυτό σημαίνει εκ των προτέρων εξέταση του έργου και του αντικειμενικού σκοπού που υπηρετείται με τη δαπάνη και των μέσων που επελέγησαν για το σκοπό αυτό. Με τη μέθοδο της μηδενικής βάσης πολλές δαπάνες που θεωρούνται αρχικά αναγκαίες ή ανελαστικές, μπορεί να αποδειχθεί ότι δεν έχουν τις ιδιότητες αυτές. Από την άλλη πλευρά βέβαια μηδενική βάση δε σημαίνει τον αυτόματο μηδενισμό του τρέχοντος επιπέδου δραστηριότητας ενός φορέα, αντίθετα, όλες οι δραστηριότητες πρέπει να αναθεωρηθούν από την αρχή για να διαπιστωθεί αν είναι σκόπιμο να καταργηθούν, ή να μειωθούν, ή να παραμείνουν στο αυτό επίπεδο, ή ακόμα και να αυξηθούν. Η τελευταία αυτή περίπτωση όμως προϋποθέτει την ορθή ανάλυση και την αξιολόγηση της σχέσης κοινωνικού οφέλους και κόστους. (Μέργος,2002)

Το πρόγραμμα του Προϋπολογισμού μηδενικής βάσης εφαρμόστηκε από τη Γραμματεία του Συμβουλίου Αξιολογήσεως Προϋπολογισμών δημοσίου τομέα, με τη βοήθεια αμερικανικού ομίλου συμβούλων οργάνωσης και διοίκησης, και εντάχθηκε στις δραστηριότητες του προγράμματος «Βελτιώσεως της οργάνωσης και διοίκησης του Δημοσίου Τομέα» του ΟΟΣΑ και είχε χαρακτηριστεί τότε επίσημα σαν «μία από τις σημαντικότερες διοικητικές μεταρρυθμίσεις του Δημοσίου Τομέα που έγιναν στην Ευρώπη» (Ρωμανάκης, 2002)

Πρέπει, επίσης να σημειωθεί το Ελληνικό παράδοξο ότι ενώ δεν είναι υποχρεωτική η οικονομική αξιολόγηση των υπό κατασκευή έργων ούτε αξιολογούνται οι δημόσιες δαπάνες ως προς τις δημοσιονομικές και τις

γενικότερες οικονομικές επιπτώσεις τους, έχει θεσμικά καθιερωθεί ως υποχρεωτική η μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η οποία διεθνώς αφορά ένα μικρό μόνο μέρος της γενικότερης αξιολόγησης. Επίσης, πρόσφατα στη χώρα μας έχει γίνει υποχρεωτική για τα έργα οδοποιίας και η γεωλογική μελέτη. Έτσι, η έλλειψη οικονομικής αξιολόγησης, ιδιαίτερα των δημοσιονομικών επιπτώσεων και των οικονομικών ωφελειών, γίνεται ακόμη περισσότερο προφανής. (Μέργος,2002)

Στην Ελλάδα, η αξιολόγηση των έργων είναι συνήθως υποτυπώδης και υποκειμενική. Είναι υποτυπώδης αφού τις περισσότερες φορές γίνεται μία απλή καταγραφή ή έστω περιγραφή των ωφελειών, με ποιοτικά στοιχεία, και υποκειμενική αφού για την μέτρηση των επιπτώσεων ενός έργου χρησιμοποιούνται όχι ποσοτικοί δείκτες, αλλά υποκειμενικές κρίσεις των αρμοδίων οργάνων τα οποία δεν επιτρέπουν σύγκριση μεταξύ έργων. Δηλαδή, οι κρίσεις των υπηρεσιών για τη σημαντικότητα των έργων λ.χ. η απασχόληση που θα προκύψει ή η ανακατανομή τον εισοδήματος, είναι υποκειμενική και γίνεται με βάση τις γνώσεις τους και την εμπειρία τους. Αλλά και όταν η αξιολόγηση ενός έργου ανατίθεται σε ιδιώτες ή σε Πανεπιστήμια, και πάλι προκύπτουν αμφιβολίες, ως προς την αξιοπιστία των στοιχείων κόστους και οφέλους, τη χρήση αξιόπιστων τεχνικών και γενικά ως προς το τελικό αποτέλεσμα της αξιολόγησης. Εξαίρεση στον παραπάνω κανόνα αποτελούν μόνο κάποιες πολύ σημαντικές περιπτώσεις επενδύσεων, στην χρηματοδότηση των οποίων συμμετέχουν ξένοι χρηματοδοτικοί οργανισμοί, στις οποίες γίνεται ορθολογικότερη αξιολόγηση με γενικά ποσοτικά κριτήρια.

Κεφάλαιο 2^ο – Είδη και Τύποι γεφυρών

2.1 Κατηγοριοποίηση γεφυρών

Με τον όρο «γέφυρα» εννοούμε κάθε τεχνικό έργο με οποιαδήποτε διάταξη ανοιγμάτων, που φέρει είτε μία οδό είτε μία σιδηροδρομική γραμμή πάνω από οποιοδήποτε εμπόδιο, με απόσταση άνω των 6 μέτρων.

Ανάλογα με την παράμετρο που λαμβάνεται υπόψη για την κατηγοριοποίηση (π.χ. υλικό κατασκευής), οι γέφυρες χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες. Οι σημαντικότεροι τύποι γεφυρών διακρίνονται ανάλογα με το υλικό κατασκευής, το είδος του φορέα, τον τρόπο έδρασης και το μήκος των ανοιγμάτων τους. Στη συνέχεια περιγράφεται η εξέλιξη των τύπων αυτών στο χρόνο. (Σιγάλας,2010)

Οι γέφυρες διακρίνονται επί μέρους:

1. Ανάλογα με την χρήση σε οδικές, σιδηροδρομικές, πεζογέφυρες και πιο σπάνια σε υδατογέφυρες.
2. Ανάλογα με το υλικό κατασκευής σε ξύλινες, λίθινες ή πέτρινες (τοξωτές ή αψιδωτές) μεταλλικές, οπλισμένου σκυροδέματος κυρίως προεντεταμένου και σύμμικτες.
3. Ανάλογα με τον τρόπο έδρασης σε κινητές, και σταθερές. Οι κινητές με τη σειρά τους διακρίνονται σε αναρτώμενες, περιστροφικές, πτυσσόμενες και πλωτές. Οι σταθερές διακρίνονται σε ορθές, λοξές σε κρεμαστές και σε γέφυρες παράλληλων δοκών γνωστές ως δοκογέφυρες.
4. Ανάλογα με το άνοιγμα που έχουν. Υπάρχουν οι γέφυρες μικρών ανοιγμάτων μέχρι 40 μέτρων, μεσαίων ανοιγμάτων που είναι οι κατηγορίες από 40 –150 μέτρων και μεγάλων ανοιγμάτων που έχουν μήκος ανοίγματος πάνω από 150 μέτρα.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι η ποικιλία των νέων υλικών και οι εξαιρετικές δυνατότητές τους, επιτρέπουν την κατασκευή γέφυρας ακόμα και με άνοιγμα μεγαλύτερο από ένα χιλιόμετρο. (Παναγόπουλος,2010)

2.2 Διάκριση γεφυρών ανάλογα με το υλικό κατασκευής

Οι γέφυρες ανάλογα με το υλικό κατασκευής διακρίνονται σε:

- Ξύλινες
- Πέτρινες
- Μεταλλικές
- Οπλισμένου σκυροδέματος
- Προεντεταμένου σκυροδέματος
- Σύμμικτες κατασκευές

Το ξύλο και η πέτρα είναι φυσικά υλικά που εναρμονίζονται άριστα με το περιβάλλον. Οι ξύλινες γέφυρες σήμερα δεν χρησιμοποιούνται παρά μόνο για

μικρά γεφυράκια σε δασώδεις περιοχές. Τα ξύλινα γεφύρια είναι εύκολες και οικονομικές κατασκευές, αλλά χρειάζονται συντήρηση και είναι εύφλεκτα.

Τα πέτρινα τοξωτά γεφύρια είναι κατασκευές που έχουν μοναδική ομορφιά και υψηλό βαθμό δυσκολίας στην κατασκευή,

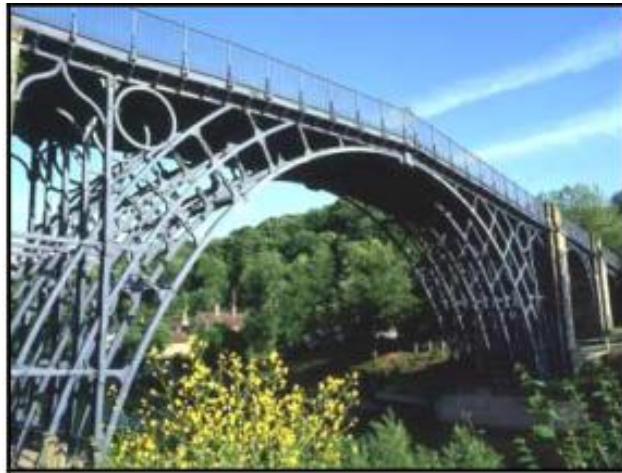
Τα πέτρινα γεφύρια , κυρίως τοξωτά, ανήκουν στην πολιτιστική κληρονομιά της Ελλάδος . Συνήθως είναι χτισμένα σε δυσπρόσιτες θέσεις. Πολλά απο αυτά είναι μονότοξα ή πολύτοξα,είναι πέτρινα και εξυπηρετούν πολύπλευρες συγκοινωνιακές ανάγκες. Τα πέτρινα τοξωτά γεφύρια βρίσκονται σε όλη την Ελλάδα και τοποθετούνται κυρίως στις ηπειρωτικές περιοχές εξαιτίας του έντονου ανάγλυφου. Σήμερα, πάρα πολλά έχουν καταρρεύσει εξαιτίας της φθοράς απο το χρόνο. (Τα Πέτρινα τοξωτά γεφύρια της Ελλάδος, 2009) ΥΕΠκΘ, Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Μακρυνίτσας, 2009



Εικόνα 2: Το γιοφύρι της Άρτας

Η βελτίωση στην επεξεργασία του χάλυβα έδωσε τη δυνατότητα της αύξησης της αντοχής σε εφελκυσμό και να κατασκευαστούν οι πρώτες μεγάλες γέφυρες απο χυτοσίδηρο. Η Ironbridge με άνοιγμα 30 μέτρων κατασκευασμένη απο τον μηχανικό Abraham Darby είναι η πρώτη γέφυρα αυτού του είδους και κατασκευάστηκε το 1779, ενώ το 1818 κατασκευάστηκε

στην Ουαλλία η γέφυρα Μεναί με κεντρικό άνοιγμα 177 μέτρα. Οι μεταλλικές γέφυρες από σίδηρο χρονολογούνται από το τέλος του 18^{ου} αιώνα. Από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα, κατασκευάζονταν γέφυρες, αρχικά με οριζόντιες ολόσωμες δοκούς και έπειτα με ένα δικτυωτό πλέγμα τριγωνικών ράβδων. Βασικό πλεονέκτημα της τελευταίας μεθόδου ήταν ότι άφηνε μικρότερη επιφάνεια εκτεθειμένη στον άνεμο. Σύντομα κατασκευάστηκαν και τοξωτές μεταλλικές γέφυρες από ασάλι (1874). Ο τρόπος κατασκευής αυτών των γεφυρών ακολουθούσε μια διαδικασία σύμφωνα με την οποία κατασκευάζονταν πρώτα οι ολόσωμες οριζόντιες δοκοί και έπειτα ένα πλέγμα τριγωνικών ράβδων, όπου είχε το πλεονέκτημα να αφήνει μικρότερη επιφάνεια εκτεθειμένη στον άνεμο.



Εικόνα 3: Η πρώτη γέφυρα από χυτοσίδηρο στην Αγγλία

Οι γέφυρες από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελούν τον πιο συχνά προτιμώμενο τύπο γεφυρών σήμερα λόγω της δυνατότητας του σκυροδέματος να προσαρμόζεται σε ποικιλία μορφών και δομικών συστημάτων. Οι κατασκευές γεφυρών από οπλισμένο σκυρόδεμα προσφέρουν ευκολία κατασκευής και ευνοϊκή σεισμική συμπεριφορά. Οι συντριπτική πλειοψηφία των γεφυρών σήμερα είναι κατασκευασμένες από

οπλισμένο σκυρόδεμα και για έναν ακόμα λόγο, που σχετίζεται το μεγάλο χρόνο ζωής που έχει το οπλισμένο σκυρόδεμα.

Οι γέφυρες προεντεταμένου σκυροδέματος αποτελούν τον συνηθέστερο τύπο γεφυρών και στηρίζονται ουσιαστικά στην εξισορρόπηση των εφελκυστικών τάσεων που προκαλούνται σε κάθε διατομή λόγω των εξωτερικών φορτίων που δημιουργούνται στον εφελκυσμό των τενόντων.

Οι τένοντες τοποθετούνται σε σωλήνα περιβολής μέσα στην μάζα σκυροδέματος, πριν ή μετά την σκυροδέτηση και εξασκούν λόγω της αγκύρωσής τους στα άκρα θλιπτικές τάσεις στο σκυρόδεμα, αποτρέποντας σε κάθε σημείο της διατομής του μέλους την ανάπτυξη εφελκυστικών τάσεων. (Κούκιου,2014)

Ο σύμμικτος σχεδιασμός γεφυρών αφορά κατά κύριο λόγο την συνεργασία μεταλλικού καταστρώματος με την πλάκα που είναι κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αυτή η μέθοδος είναι η καλύτερη όταν έχουμε να αντιμετωπίσουμε μεγάλα ανοίγματα, καθώς είναι οικονομικότερο να υποστηριχθεί η πλάκα παρά να αυξηθεί το πάχος της. Η σύνδεση του σκυροδέματος με τον χάλυβα επιτυγχάνεται με μηχανικά μέσα, κυρίως με ήλους και αγκύρια και αυτό βοηθάει στην αποφυγή της ολίσθησης της πλάκας, αλλά και στην καλύτερη συμπεριφορά της πλάκας και του χάλυβα σαν ενιαία δοκός. Μια σύμμικτη κατασκευή σε σχέση με μια μη σύμμικτη κατασκευή έχει μεγαλύτερη ακαμψία και αντοχή.

Ο σχεδιασμός σύμμικτων κατασκευών προσφέρει πολλές δυνατότητες για το συνδυασμό διαφορετικών τύπων σύμμικτων στοιχείων και προσφέρει επίσης μείωση των διαστάσεων των δοκών.

Πολλές σύμμικτες κατασκευές γεφυρών πραγματοποιήθηκαν στην ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟ, λόγω και του εξαιρετικά πολύπλοκου ανάγλυφου που έπρεπε να καλυφθεί. Μια από αυτές είναι η γέφυρα Τ8 η οποία είναι μια σύμμικτη κατασκευή μήκους 650 μέτρων. Το κατάστρωμα εδράζεται πάνω σε ελαστομεταλλικά εφέδρανα επί πλαισίων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η γέφυρα συνολικά περιλαμβάνει 6 ανοίγματα υποδιαιρούμενα με αρμούς, η διατομή των οποίων διαμορφώνεται μέσω 4 χαλυβδοδοκών, ενώ το κατάστρωμα έχει συνολικό πάχος 0,3 μέτρα. Διαδοκίδες ορθογωνικής διατομής με μήκος 12,50 μέτρα εδράζονται στις θέσεις στηρίξεων και συνδέονται με τις χαλυβδοδοκούς μέσω διατμητικών ήλων. Επιπλέον

χαλύβδινες διαδοκίδες διατάσσονται ανα 5 μέτρα περίπου για την αποτροπή του λυγισμού απο το θλιβόμενο άνω πέλμα.



Εικόνα 4: Κατασκευή Σύμμικτου καταστρώματος

2.3 Διάκριση γεφυρών ανάλογα με την χρήση του φορέα

Οι γέφυρες ανάλογα με την χρήση του φορέα διακρίνονται σε:

- Οδικές γέφυρες
- Σιδηροδρομικές γέφυρες
- Πεζογέφυρες

2.3.1 Οδικές γέφυρες

Η οδική γέφυρα Ravine Fontaine στην Γαλλία κατασκευάστηκε μεταξύ 2007 και 2009. Η γέφυρα έχει 200 μέτρα μήκος και 20,1 μέτρα πλάτος και είναι μία σύμμικτη κατασκευή αποτελούμενη από χάλυβα και οπλισμένο σκυρόδεμα. Η διαμόρφωση του χάλυβα αποτελείται από ένα ζευγάρι δοκών

με ύψος λίγο πάνω από το ένα μέτρο και έως δύο μέτρα πλάτος, κατανεμημένα σε 8 κέντρα. Οι διαμήκεις δοκοί συνδέονται μεταξύ τους και με τμήματα "T" κατανεμημένα σε κέντρα γύρω στα 4 μέτρα. Οι δοκοί, επίσης, σχηματίζουν μια επιφάνεια για την υποστήριξη των έτοιμων στοιχείων του καταστρώματος. Το τόξο, που αναπτύσσεται σε μήκος περίπου 170 μέτρων, σχηματίζεται από μια χαλύβδινη δοκό, όπου το ύψος είναι μεγαλύτερο από 5 μέτρα και το μέσο πλάτος ανέρχεται περίπου στα 2,6 μέτρων, μέχρι την κορυφογραμμή του τόξου.



Εικόνα 5: Η οδογέφυρα Ravine Fontaine στο Reunion Island της Γαλλίας

2.3.2 Σιδηροδρομικές γέφυρες

Στην Ελλάδα η πιο ιστορική και γνωστή σιδηροδρομική γέφυρα είναι η γέφυρα του Γοργοπόταμου, η οποία κατασκευάστηκε το 1905 και με την ολοκλήρωσή της εγκαινιάστηκε επίσημα το τμήμα της γραμμής Αθήνας – Λαμίας. Η γέφυρα αυτή έχει ανατιναχθεί 2 φορές κατά τη διάρκεια του Β Παγκόσμιου Πολέμου. Η γέφυρα είναι μια σύμμικτη κατασκευή από σίδηρο και ξύλο. Η γέφυρα έχει επτά ανοίγματα μήκους κάτω των 30 μέτρων. Αποτελείται από 6 πυλώνες εκ των οποίων οι 2 είναι κατασκευασμένοι από σίδηρο και οι άλλοι τέσσερις από πέτρα και τσιμέντο. Το ύψος των πυλώνων κυμαίνεται από 11 έως 32 μέτρα. (Κοκκίνου, 2007)



Εικόνα 6: Σιδηροδρομική γέφυρα Γοργοποτάμου

2.3.3 Πεζογέφυρες

Οι πεζογέφυρες είναι άλλο ένα είδος γεφυρών που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά από πεζούς. Είναι συνήθως καλωδιωτές και η κατασκευή τους, πέρα από την χρησιμότητά τους, έχει και πολύ ικανοποιητικό αισθητικό αποτέλεσμα.

Η πεζογέφυρα που βρίσκεται έξω από τον ηλεκτρικό σταθμό του Πειραιά κατασκευάστηκε με στόχο τη βελτίωση της ασφάλειας των πεζών που διασχίζουν το δρόμο, προκειμένου να βρεθούν μέσα στο λιμάνι του Πειραιά. Η γέφυρα είναι μια ελαφριά μεταλλική κατασκευή που αναρτάται από έναν πυλώνα – ιστό, ο οποίος είναι ορατός από μακριά και θυμίζει οπτικά την πεζογέφυρα «Καλατράβα» στο σταθμό του Μετρό Κατεχάκη. Το κατάστρωμα της γέφυρας αποτελείται από έναν μεταλλικό φορέα κιβωτοειδούς διατομής, ο οποίος αναρτάται με συρματόσχοινα από τον ιστό. Ο κύριος φορέας αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα και μεταλλικές δοκούς, γεγονός που καθιστά την κατασκευή σύμμικτη. Ο φορέας στηρίζεται αρθρωτά σε έναν σύνδεσμο τύπου V στην πλευρά του λιμανιού και σε ένα αντηριδωτό κλιμακαστάσιο στην πλευρά του σταθμού. Συνολικά υπάρχουν τέσσερα προεντεταμένα καλώδια σε κάθε πλευρά της γέφυρας τα οποία αγκυρώνονται

στο άνω άκρο του ιστού. Ο πυλώνας που βρίσκεται στη μεριά του λιμανιού έχει ύψος 25 μέτρα. Για την εξασφάλιση της ισορροπίας του φορέα υπάρχουν 2 επιπλέον καλώδια στο πίσω μέρος του πυλώνα κατα τη διαμήκη έννοια.



Εικόνα 7: Η καλωδιωτή πεζογέφυρα στο λιμάνι του Πειραιά.

2.4 Διάκριση γεφυρών ανάλογα με το είδος έδρασης

2.4.1 Καλωδιωτές -Κρεμαστές γέφυρες

Οι κρεμαστές γέφυρες αποτελούνται από τρία κυρίως μέρη σύμφωνα και με τον Κωνσταντινίδη (2009):

- Τους πυλώνες που στηρίζουν το βάρος της
- Το κατάστρωμα που στηρίζεται πάνω στους πυλώνες
- Τα καλώδια που σηκώνουν το βάρος του καταστρώματος και είναι αγκυρωμένα πάνω στους πυλώνες.

Υπάρχουν 2 τύποι κρεμαστών γεφυρών. Αυτές με κάθετα καλώδια και αυτές με λοξά καλώδια, ενώ το μέγεθός τους μετριέται βάσει του μήκους ανοίγματος του μεσαίου τόξου.

Η γέφυρα Millay στη Γαλλία, πάνω απο τον ποταμό Ταρν, είναι η υψηλότερη γέφυρα του κόσμου καθώς το ύψος της είναι πάνω απο 300 μέτρα ενώ σε ένα σημείο φτάνει τα 343 μέτρα. Σημειώνεται σε αυτό το σημείο ότι η εν λόγω γέφυρα είναι υψηλότερη απο τον πύργο του Άιφελ. Πρόκειται για μια σύμμικτη κατασκευή οδογέφυρας και το κατάστρωμά της ζυγίζει 36.000 τόννους. Το μήκος της φτάνει τα 2,46 χιλιόμετρα και κατασκευάστηκε μέσα σε τρία χρόνια, ενώ αντέχει σε ταχύτητες ανέμων 250 χλμ/ώρα. Οι πολύ δυνατοί άνεμοι που πνέουν στην περιοχή έχουν απαγορέψει την κυκλοφορία πεζών πάνω στη γέφυρα. Επιπλέον αναφέρεται ότι έχει απαγορευτεί η κυκλοφορία πεζών πάνω στην γέφυρα και για ψυχολογικούς λόγους, λόγω του μεγάλου ύψους της. Η κατασκευή της έγινε για συγκοινωνιακούς λόγους για την αποσυμφόρηση της κίνησης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες στη νοτιοδυτική Γαλλία και πραγματοποιήθηκε απο την εταιρία Eiffage, η οποία είναι η ίδια που κατασκεύασε τον πύργο του Άιφελ.



Εικόνα 8: Η Γέφυρα Millau που αγγίζει τα σύννεφα

Η Γέφυρα Χαρίλαος Τρικούπης (Ρίο-Αντίρριο) είναι μια καλωδιωτή γέφυρα πολλαπλών ανοιγμάτων συνολικού μήκους 2290 μέτρων.

Οι Παπανικολάου και Βλάμης(2011) στη δική τους τεχνική περιγραφή της γέφυρας σημειώνουν πως η γέφυρα αποτελείται από:

- την κύρια γέφυρα μήκους 2290 m
- από μία γέφυρα πρόσβασης σε κάθε άκρο της κύριας γέφυρας, μήκους 378 m στην πλευρά του Ρίου και 252 m στην πλευρά του Αντιρίου.

Η κύρια γέφυρα αποτελείται από πέντε ανοίγματα, τα μήκη των οποίων είναι:

305 m / 560 m / 560 m / 560 m / 305 m

Είναι πολλαπλή καλωδιωτή γέφυρα στηριζόμενη σε τέσσερα μεγάλα βάθρα, τα M1, M2, M3 και M4, τα οποία εδράζονται με τη σειρά τους στον πυθμένα της θάλασσας.

Η υποδομή της γέφυρας αποτελείται από :

- τέσσερις πλατφόρμες θεμελίωσης κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας
- τέσσερα βάθρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και κάτω από το κατάστρωμα



Εικόνα 9: Η Γέφυρα Ρίου - Αντιρίου

Η ανωδομή αποτελείται από :

- τέσσερις καλωδιωτούς ανεξάρτητους φορείς με το κατάστρωμα, τον πυλώνα και τις καλωδιώσεις
- πέντε μεταβατικά ανοίγματα

Οι γέφυρες πρόσβασης μορφώνονται με φατνώματα μήκους 42 m με προκατασκευασμένες δοκούς.

2.4.2 Δοκογέφυρες

Δύο βάθρα και μια δοκός αποτελούν την απλούστερη μορφή γέφυρας. Βάσει των σημερινών δεδομένων, με αυτήν τη μέθοδο μπορεί να επιτευχθεί μέγιστο ενιαίο άνοιγμα 250 μέτρων.

Ανάλογα όμως με τις ανάγκες, προστίθενται βάθρα και δοκοί που σχηματίζουν μια συνεχή οδογέφυρα, χωρίς να υπάρχει περιορισμός ως προς το μήκος. Ο τύπος αυτός είναι ο πιο συνήθης για το λόγο ότι η κατασκευή είναι σχετικά απλή. Είναι πολύ διαδεδομένος στο σιδηροδρομικό δίκτυο της Ελλάδας.

Η μεγαλύτερη γέφυρα αυτού του τύπου βρίσκεται στη λίμνη Ponchartrain στις ΗΠΑ, με συνολικό μήκος 38 χλμ.



Εικόνα 10: Γέφυρα στην Λίμνη Ponchartrain

Κεφάλαιο 3^ο – Παρουσίαση έργου αντικατάστασης γέφυρας στην περιοχή Αφάντου Ρόδου

3.1 Γενικά και Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Το συγκεκριμένο έργο αφορά στην κατασκευή της Νέας γέφυρας Άνω Διάβασης προς Αφάντου στην Ε.Ο Ρόδου-Λίνδου. Η γέφυρα θα κατασκευαστεί στη θέση της σημερινής παλαιάς γέφυρας η οποία παρουσιάζει πολλά προβλήματα και θα κατεδαφιστεί.

Η γέφυρα φέρει τον κλάδο του ανισόπεδου κόμβου από τον οικισμό Αφάντου προς την παραλία Αφάντου και διέρχεται πάνω από την Εθνική Οδό Ρόδου-Λίνδου σε απόσταση περίπου 20 χιλιομέτρων νότια από την πόλη της Ρόδου. Η παλαιά γέφυρα έχει ηλικία 35 χρόνων και εξυπηρετεί τον ανισόπεδο κόμβο προς Αφάντου και Παραλία Αφάντου. Στην περιοχή του έργου, ολόκληρη η Εθνική Οδός Ρόδου-Λίνδου έχει αναβαθμιστεί με διαπλατύνσεις και άλλα έργα συντήρησης. Στα πλαίσια του έργου συντήρησης και αναβάθμισης της Ε.Ο Ρόδου-Λίνδου, ανασχεδιάστηκε μερικώς και αυτός ο ανισόπεδος κόμβος που περιλαμβάνει την ανακατασκευή της γέφυρας.

Κατά την αυτοψία της γέφυρας, διαπιστώθηκε πως η γέφυρα παρουσιάζει σημαντικά και σοβαρά σημεία τρωτότητας που μειώνουν το γενικό συντελεστή ασφαλείας της κατασκευής. Τα σημαντικότερα προβλήματα που παρουσιάζει η γέφυρα είναι τα ακόλουθα:

- Βέλος κάμψης στο μέσο του ανοίγματος ίσο με 20 εκατοστά
- Η ύπαρξη πολλών εγκάρσιων ρωγμών στο κάτω μέρος της πλάκας της ανωδομής
- Πολύ μεγάλος λόγος ανοίγματος προς το στατικό ύψος του φορέα

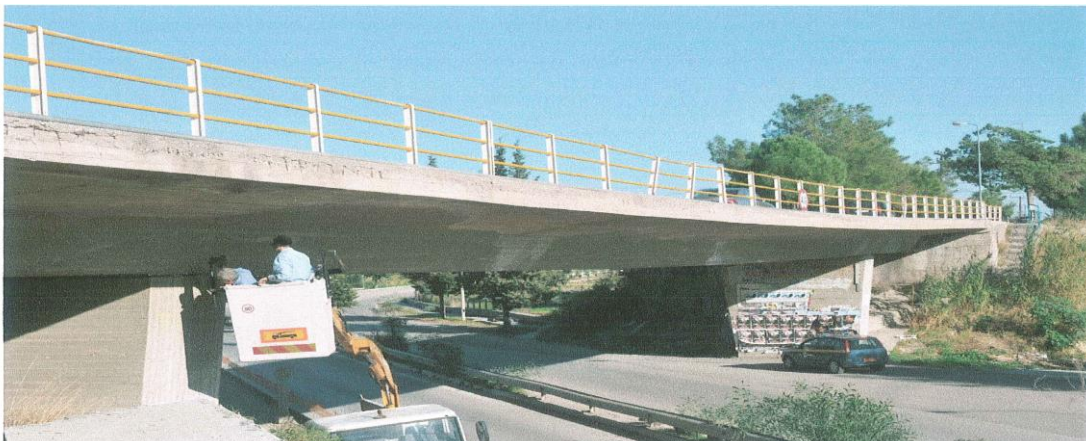
Για αυτούς τους λόγους αποφασίστηκε η κατεδάφιση της γέφυρας και η αντικατάστασή της με άλλη καινούρια που θα πληροί τα κριτήρια και τους κανόνες του σχεδιασμού.

Η καινούρια γέφυρα θα έχει μήκος 99 μέτρα, με τρία ανοίγματα, τα οποία θα έχουν μήκος 27 μέτρα, 45 μέτρα και 27 μέτρα αντίστοιχα ενώ ο βαθμός λοξότητάς της ως προς την Εθνική Οδό Ρόδου-Λίνδου προβλέπεται να είναι 75°.

3.2 Υφιστάμενη κατάσταση

Κατά την επιθεώρηση-αυτοψία που πραγματοποιήθηκε στην γέφυρα, το πρώτο πράγμα που γίνεται άμεσα αντιληπτό είναι το βέλος κάμψης στο μέσο του κύριου ανοίγματος της γέφυρας. Το βέλος κάμψης μετρήθηκε και βρέθηκε να έχει μήκος 30 εκατοστά προς την αριστερή πλευρά της γέφυρας και 20 εκατοστά προς τη δεξιά πλευρά της γέφυρας.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το εμφανές βέλος κάμψης της γέφυρας.



Εικόνα 11: Το εμφανές βέλος κάμψης στο μεσαίο άνοιγμα της γέφυρας

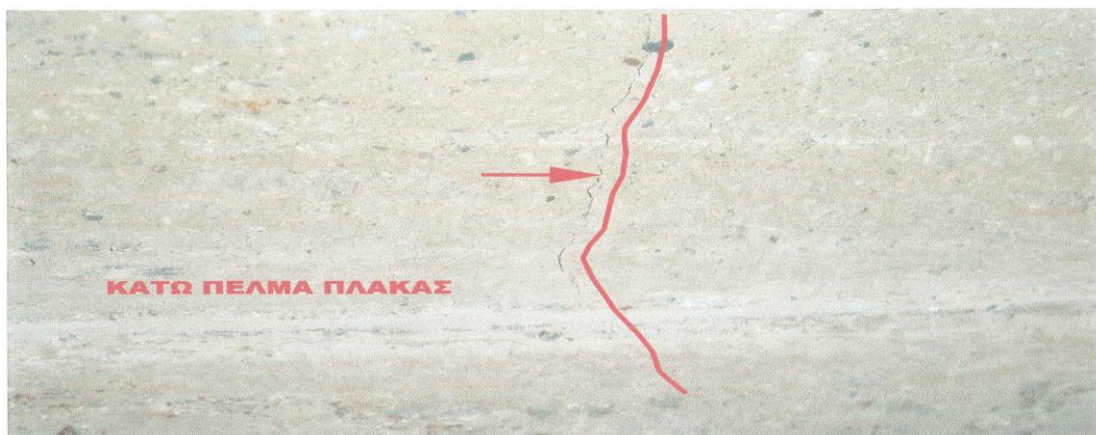
Ταυτόχρονα στα ακρόβαθρα παρουσιάζεται αρνητικό βέλος κάμψης, ανύψωση δηλαδή ίση προς 12-13 εκατοστά. Η υπερύψωση αυτή παρατηρείται και στο κιγκλίδωμα ασφαλείας πάνω στη γέφυρα ενώ στο επίπεδο της κυκλοφορίας, η υπερύψωση αυτή έχει παραληφθεί με τοπική ανύψωση της στάθμης της κυκλοφορίας η οποία εκτείνεται στα 5 μέτρα εκτός της γέφυρας.

Το ίχνος ανύψωσης παρατηρείται κατά μήκος όλου του περιγράμματος της ανωδομής που είναι σχεδόν σε επαφή με αυτό.



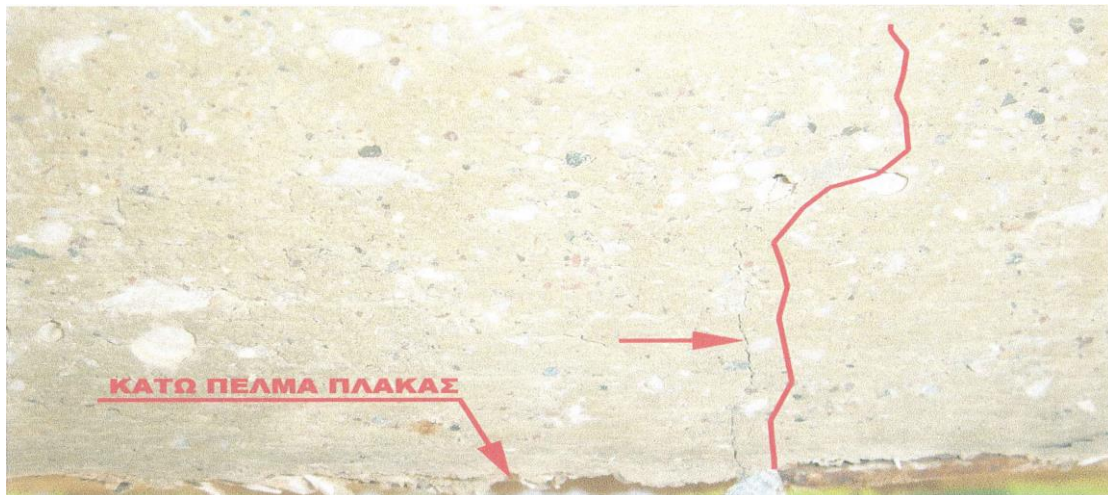
Εικόνα 12: Το βέλος κάμψης ορατό από το κυκλίδωμα της γέφυρας στο επίπεδο του καταστρώματος

Στο κάτω πέλμα του φορέα παρατηρήθηκαν εγκάρσιες τριχοειδείς ρωγμές της τάξης των 0,2-1,0 χιλιοστού στο διαμήκη άξονα της γέφυρας, οι οποίες αναπτύσσονται ανά 1,5 μέτρο. Οι περισσότερες από αυτές τις ρηγματώσεις συνεχίζουν και στα τοιχώματα του φορέα με κατακόρυφη διεύθυνση. Επιπροσθέτως, αναπτύσσονται και διαμήκειες τριχοειδείς ρωγμές με αποτέλεσμα να έχουμε την εμφάνιση ενός καννάβου από τριχοειδείς ρωγμές στην κάτω παρειά του φορέα.



Εικόνα 13: Ρωγμές στο κάτω πέλμα της πλάκας

Οριζόντιες ρωγμές αναπτύσσονται στα τοιχώματα του φορέα, ακριβώς πάνω από τα μεσόβαθρα ενώ λοξές ρωγμές παρατηρήθηκαν και στη θέση στήριξης στο μεσόβαθρο οι οποίες ξεκινούν από την κάτω παρειά του φορέα και ανέρχονται προς τα επάνω.



Εικόνα 14: Λοξές ρωγμές από την κάτω παρειά του φορέα προς τα επάνω

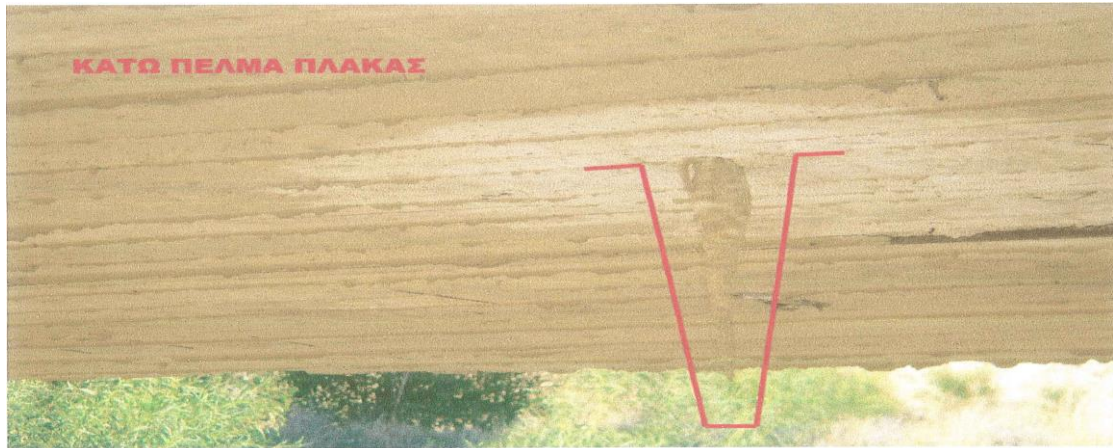
Σε αρκετά σημεία η όψη των ακρόβαθρων παρουσιάζει σημεία αποφλοίωσης του σκυροδέματος και αποκάλυψη των οπλισμών. Η ροή του νερού έχει οδηγήσει στην απόθεση αλάτων κάτω από την θέση των αρμών με ταυτόχρονη αλλαγή του χρώματος του σκυροδέματος, γεγονός που επιβεβαιώνει την ανεπάρκεια της στεγανότητας σε αυτές τις θέσεις. Η απόθεση των αλάτων στην κάτω παρειά του φορέα σε συνδυασμό με τα όμβρια ύδατα έχουν δημιουργήσει τις λεγόμενες λευκές κηλίδες στο σκυρόδεμα.

Στις θέσεις που έχει αποκαλυφτεί ο οπλισμός έχει παρατηρηθεί και οξείδωση του οπλισμού, ενώ στις κατακόρυφες γωνίες του ακροβάθρου έχουν παρατηρηθεί και ρωγμές στη στρώση της επικάλυψης. Οι ρωγμές αυτές οδηγούν στην επιτάχυνση της οξείδωσης του σκυροδέματος.



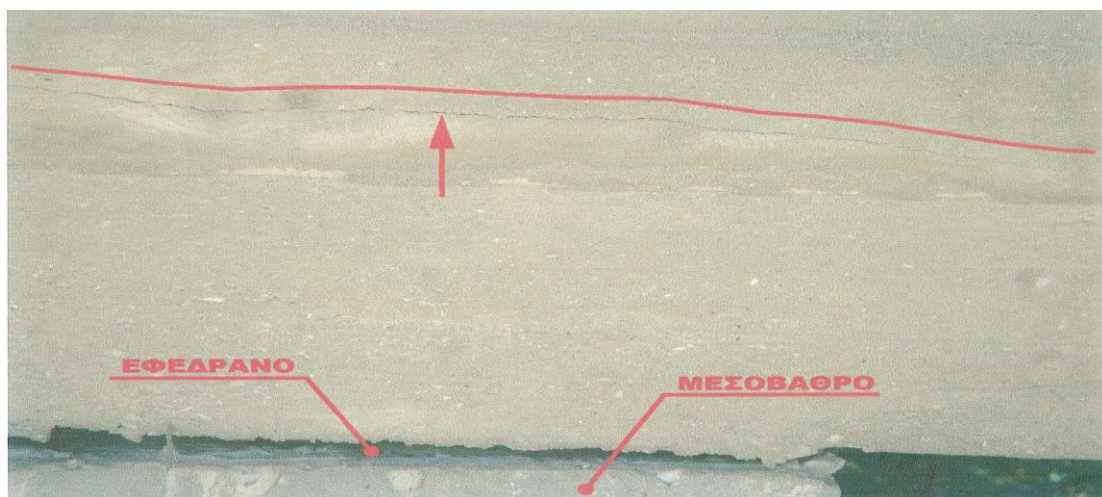
Εικόνα 15: Αλλαγή χρώματος του σκυροδέματος και οξείδωση του οπλισμού

Στο κατάστρωμα της γέφυρας δεν υπάρχουν σημεία αποχέτευσης και η κύρια αποχέτευση των ομβρίων υδάτων εκτιμάται πως γίνεται με την κατά μήκος κλίση της οδού, η οποία έχει μετρηθεί κατωφερική σε ποσοστό 1,95%. Αποτέλεσμα της μη αποστράγγισης του καταστρώματος, σε συνδυασμό με τα άλατα, έχουν δημιουργήσει, στο μέσον του πλάτους του κάτω πέλματος της πλάκας, σταλακτίτη αλάτων με μήκος 15 εκατοστών. Ο σταλακτίτης αυτός εκτιμάται ότι δημιουργήθηκε από τα νερά των ομβρίων υδάτων, τα οποία μέσω της διήθησης εγκλωβίζονται μέσα στο φορέα, εξαιτίας του βέλους κάμψης. Η συγκεκριμένη παρατήρηση είναι πολύ σημαντική, καθώς η παρουσία νερού μέσα στον φορέα οδηγεί στη διάβρωση του οπλισμού και του χάλυβα προέντασης του οπλισμού, με δυσμενείς συνέπειες στη στατική επάρκειας της γέφυρας.

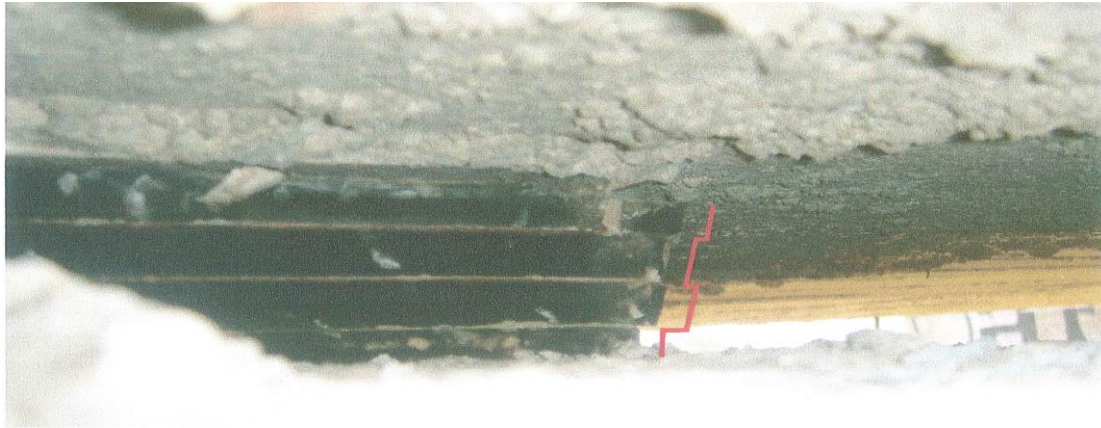


Εικόνα 16: Δημιουργία σταλακτίτη στο κάτω πέλμα της πλάκας

Τα εφέδρανα στις θέσεις των μεσόβαθρων, τα οποία φέρουν όλο το βάρος της ανωδομής είναι γηρασμένα και παραμορφωμένα. Η παραμόρφωση των εφεδράνων έχει μεταφερθεί στην εξωτερική οριογραμμή της κεφαλής του βάθρου αυτού, όπου είναι άμεσα ορατή η διαφοροποίηση του διάκενου μεταξύ της κεφαλής του βάθρου και της ακμής του κάτω πέλματος στη θέση αυτή.



Εικόνα 17: Διάκενο μεταξύ εφεδρανου και μεσόβαθρου



Εικόνα 18: Λεπτομέρεια γωνιακής παραμόρφωσης εφέδρανου

Από τις επί τόπου μετρήσεις και αυτοψίες που πραγματοποιήθηκαν προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Στα βάθρα έχουν χρησιμοποιηθεί χάλυβες κατηγορίας St I – S220 ενώ στο φορέα ανωδομής, χάλυβες StIII – S 400
- Το πάχος επικάλυψης στα βάθρα κυμαίνεται από 0-30 χιλιοστά, ανάλογα με το εάν οι οπλισμοί είναι οριζόντιοι ή κατακόρυφοι, ενώ στο φορέα της ανωδομής οι συνδετήρες και οι κατακόρυφοι οπλισμοί έχουν επικάλυψη από 0-20 χιλιοστά και οι οριζόντιοι οπλισμοί έχουν επικάλυψη από 15-35 χιλιοστά
- Η ποιότητα του σκυροδέματος είναι κατηγορίας B 200 για τα μεσόβαθρα ενώ για την ανωδομή B 225. Η ποιότητα του σκυροδέματος έχει προκύψει «καλή».
- Το βάθος της ενθράκωσης έχει προκύψει σε βάθος 15-20 χιλιοστών.

3.4 Προτεινόμενη Λύση - Αντικατάσταση γέφυρας

Η πλέον δραστική λύση για την επίλυση του προβλήματος στατικότητας της γέφυρας είναι η πλήρης αντικατάστασή της. Σε σύγκριση με άλλες λύσεις η καθολική αντικατάσταση της γέφυρας έχει μεγάλο κόστος και θα επιφέρει σημαντικές οχλήσεις στην κυκλοφορία, τόσο κατά την διάρκεια της καθαίρεσης, όσο και κατά τη διάρκεια της κατασκευής της.

Σε σύγκριση με τα μεσοπρόθεσμα μέτρα αντιμετώπισης του προβλήματος, η περαιτέρω διερεύνηση και αντικατάσταση των φθαρμένων στοιχείων της γέφυρας έχει και αυτή ένα σημαντικό κόστος και θα προκαλέσει σημαντική όχληση στην κυκλοφορία.

Για να γίνει όμως πραγματική σύγκριση του κόστους θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ενδελεχής διερεύνηση των προβλημάτων της γέφυρας και να προσδιοριστούν επακριβώς οι διορθωτικές κινήσεις, όπως είναι το κόστος επισκευής των φθορών, η αλλαγή των εφένδρανων, η αποκατάσταση των αρμών και η στεγανοποίηση και υδρομόνωση της γέφυρας, προκειμένου αυτές να κοστολογηθούν και να γίνει η σύγκριση με το κόστος κατασκευής μιας καινούριας γέφυρας.

Σε κάθε περίπτωση όμως, ακόμα και στην περίπτωση που πραγματοποιηθούν όλες οι ενδεδειγμένες κατασκευές και διορθωτικές κινήσεις, υπάρχει περίπτωση να μην επιτευχθεί η πλήρης απαλοιφή του βέλους κάμψης το οποίο, ακόμα και εάν δεν επηρεάζει την στατικότητα της κατασκευής, θα δημιουργεί αίσθημα ανασφάλειας στους χρήστες. Επιπροσθέτως, ακόμα και μετά την αποκατάσταση, η γέφυρα που θα προκύψει δεν θα πληροί τις οδηγίες και τους κανονισμούς μελετών γεφυρών.

Ένας άλλος παράγοντας που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι και η ηλικία της γέφυρας και ο χρόνος ζωής αυτής. Μια γέφυρα έχει κύκλο ζωής από 50 έως 100 χρόνια. Η συγκεκριμένη γέφυρα είναι σήμερα 40 ετών και πλησιάζει το κάτω όριο του χρόνου ζωής της.

Έτσι λοιπόν εάν συγκρίνουμε τις 2 τάξεις κόστους:

- Κόστος κατασκευής καινούριας
- Κόστος συντήρησης και επισκευής

Η δεύτερη λύση αποκτά μεγαλύτερη βαρύτητα στον παράγοντα κόστους, καθώς η γέφυρα που θα παραδοθεί θα εξακολουθεί να πλησιάζει στο τέλος του κύκλου ζωής της.

3.5 Φάσεις κατασκευής της γέφυρας

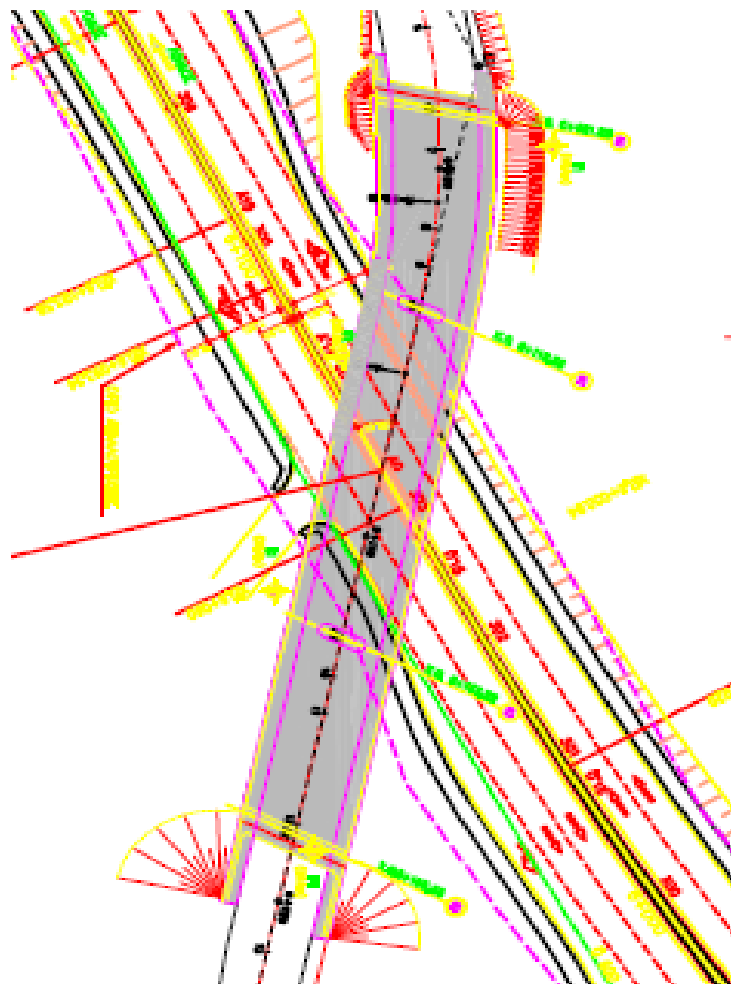
Η κατασκευή της καινούριας γέφυρας θα πραγματοποιηθεί σε διάφορες φάσεις.

- Καθαίρεση της υφιστάμενης γέφυρας: Η καθαίρεση θα αρχίσει από τον προεντεταμένο φορέα της ανωδομής και στη συνέχεια θα ακολουθήσουν τα μεσόβαθρα και τα ακρόβαθρα.
- Μετά την καθαίρεση της παλαιάς γέφυρας θα αρχίσει η κατασκευή της καινούριας γέφυρας με τις εκσκαφές για τη θεμελίωση της καινούριας. Θα ακολουθήσει η κατασκευή των πασσάλων θεμελίωσης των κεφαλοδεσμών και των τοιχωμάτων των βάθρων. Η κατασκευή θα μπορούσε να ξεκινήσει από τα ακρόβαθρα, όπου το βάθος εκσκαφής είναι μικρό και να επεκταθεί στα μεσόβαθρα όπου το βάθος εκσκαφής είναι σημαντικότερο.
- Στη συνέχεια θα κατασκευαστεί η πλάκα της ανωδομής με συμβατικούς ξυλότυπους που θα εδράζονται στο έδαφος στο οποίο θα έχει προηγηθεί η κατάλληλη διαμόρφωση, ώστε να αποτραπεί η πιθανότητα καθίζησης από την κατασκευή. Για να εξασφαλιστεί η λειτουργία της Εθνικής Οδού και της κυκλοφορίας των οχημάτων κατά τη διάρκεια της κατασκευής θα προβλεφθεί προσωρινή μεταλλική γέφυρα σκυροδέτησης σε πλάτος που να εξασφαλίζεται η διέλευση των οχημάτων και στις 2 κατευθύνσεις.
- Η επόμενη φάση είναι η κατασκευή των πτερυγότοιχων και των τοίχων αντιστήριξης, η οποία μπορεί να πραγματοποιείται παράλληλα με την κατασκευή των πέλδων θεμελίωσης.
- Η επόμενη φάση περιλαμβάνει την κατασκευή των πεζοδρομίων στη γέφυρα, των στεγανωτικών στρώσεων και της υγρομόνωσης της γέφυρας.
- Στην τελευταία φάση της κατασκευής θα πραγματοποιηθεί η οδοστρωσία της γέφυρας, οι ασφαλτικές επιστρώσεις, οι διαγραμμίσεις και η τοποθέτηση των στηθαίων ασφαλείας.

Ο φορέας της πλάκας της ανωδομής θα κατασκευαστεί από προεντεταμένο σκυρόδεμα C30/37 και οπλισμό S 500s, ενώ ο χάλυβας προέντασης θα είναι κατηγορίας 1670/1860 N/mm².

Για τα ακρόβαθρα και τους πτερυγότοιχους θα χρησιμοποιηθεί σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 και οπλισμός S 500s.

Οριζοντιογραφικά η καινούρια γέφυρα παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα 17.



Εικόνα 19: Οριζοντιογραφία της καινούριας γέφυρας

3.6 Κατασκευαστικά στοιχεία της γέφυρας

Το ολικό πλάτος του φορέα ανωδομής της γέφυρας καθορίστηκε στα 13,50 μέτρα. Τα πεζοδρόμια διαμορφώνονται με εξοχή 0,25 μέτρων από το άνω πέλμα της πλάκας του καταστρώματος και λειτουργεί κατά κύριο λόγο ως υδατοσυλλέκτης για την απομάκρυνση των ομβρίων, εμποδίζοντας τα τελευταία να προσχωρήσουν στο κάτω πέλμα της πλάκας. Το πλάτος του κάτω πέλματος της ανωδομής έχει τραπεζοειδή μορφή και διαμορφώνεται στα 6,60 μέτρα .

Τα ανοίγματα της γέφυρας είναι 3 και έχουν μήκος 27,0-45,0 και 27,0 μέτρα αντιστοίχως. Η πλέον κατάλληλη μορφή του φορέα ανωδομής της γέφυρας είναι η συνεχής προεντεταμένη δοκός τριών ανοιγμάτων με απλές εδράσεις στις κεφαλές των 2 μεσόβαθρων και έδραση μέσω των ελαστομεταλλικών εφεδράνων στα ακρόβαθρα. Με την προτεινόμενη μορφή του φορέα, επιτυγχάνεται η ομοιόμορφη κατανομή της σεισμικής έντασης, ενώ περιορίζονται και οι θερμοκρασιακές εντάσεις, καθώς και οι απώλειες προέντασης λόγω ερπυστικών φαινομένων και υπερστατικότητας.

Όπως προαναφέρθηκε προηγουμένως, η τυπική διατομή της πλάκας της ανωδομής μορφώνεται ως κιβοτοειδής με τρία ορθογωνικά κενά διαστάσεων 1,80 x 1,60 μέτρων, ενώ το συνολικό πάχος της πλάκας ανέρχεται σε 2,20 μέτρα. Συμπαγείς ζώνες μήκους 4,40 μέτρων διαμορφώνονται στα μεσόβαθρα, ενώ στα ακρόβαθρα οι συμπαγείς ζώνες έχουν μήκος 3,00 μέτρα. Η πλάκα της ανωδομής ακολουθεί κατά το δυνατόν τις επικλίσεις και τη μηκοτομική κλίση του κλάδου, ώστε να ελαχιστοποιούνται τα νεκρά φορτία από το σκυρόδεμα μόρφωσης κλίσεων και προστασίας στεγάνωσης. Η κατά μήκος κλίση προβλέπεται στο 2,48% με συνεχώς εγκάρσια μεταβλητή επίκλιση στα πρώτα 36 μέτρα. Στη συνέχεια, ο φορέας της ανωδομής παραμένει με μηδενική εγκάρσια επίκλιση ενώ η αμφικλινής επίκλιση του οδοστρώματος κυκλοφορίας υλοποιείται με μεταβλητού πάχους στρώση σκυροδέματος προστασίας στεγάνωσης πάνω από την υγρομόνωση του φορέα. Το καθαρό ελεύθερο ύψος των 5 μέτρων, που είναι απαραίτητο να ισχύει, υλοποιείται μέσω του μηκοτομικού σχεδιασμού της γέφυρας.

Τα μεσόβαθρα είναι τοιχοειδή βάθρα ορθογωνικής διατομής με κυκλικές απολήξεις και το πλάτος τους είναι μεταβλητό με μέγιστο στην κεφαλή τους έτσι ώστε να συμβάλλουν στην αισθητική διαμόρφωση της γέφυρας.

Οι διαστάσεις της διατομής των βάθρων είναι 6,00 x 1,80 στην κεφαλή τους και 4,80 x 1,80 στην βάση του M1, ενώ στη βάση του M2 είναι 4,92 x 1,80. Το καθαρό ύψος του τοιχώματος των μεσόβαθρων είναι 6,10 μέτρα στο M1 και 5,50 μέτρα στο M2.

Η θεμελίωση των μεσόβαθρων της γέφυρας γίνεται με 6 έγχυτους φρεατοπασσάλους, ενώ οι πάσσαλοι των μεσόβαθρων συνδέονται μεταξύ τους με κεφαλοδεσμό.

Το ακρόβαθρο A1 είναι στην ουσία μία κεφαλοδοκός που εξασφαλίζει την ομοιόμορφη έδραση της πλάκας της ανωδομής επι των πασσάλων θεμελίωσης και διαμορφώνεται, με αυτό τον τρόπο, προκειμένου να μειωθούν στο ελάχιστο οι εκσκαφές στην περιοχή αυτή. Το ολικό μήκος του ακρόβαθρου ανέρχεται σε 14,22 μέτρα, ενώ το ύψος του από την θέση έδρασης της πλάκας είναι 1,90 μέτρα.

Το ολικό ύψος είναι μεταβλητό λόγω της εγκάρσιας επίκλισης του φορέα και κυμαίνεται από 4,27 – 5,26 μέτρα.

Το θωράκιο φέρει τα εφέδρανα πάνω στα οποία εδράζεται η πλάκα της ανωδομής, ενώ λόγω της επίκλισης του φορέα ανωδομής τα άκρα της πλάκας διαμορφώνονται με οριζόντια προεξοχή, ώστε να εξασφαλίζεται η έδραση επι των εφεδράνων. Συνολικά προβλέπονται 2 ελαστομεταλλικά εφέδρανα διαστάσεων 80 x 80 εκατοστών και ύψους 26 εκατοστών.

Στην συνέχεια του τοιχώματος του ακρόβαθρου A1 και παράλληλα προς τον άξονα της γέφυρας κατασκευάζονται οι πτερυγότοιχοι, οι οποίοι είναι μονολιθικά συνδεδεμένοι με το τοίχωμα των ακροβάθρων μήκους 4,20 μέτρων. Καθώς το ακρόβαθρο A1 βρίσκεται σε περιοχή ορύγματος δεν απαιτούνται τοίχοι αντιστήριξης στην προέκταση των πτερυγότοιχων.

Το ακρόβαθρο A2 εξαιτίας του επιχώματος της σημερινής οδού προς την παραλία Αφάντου σχεδιάζεται ως τοιχοειδές βάθρο ολικού ύψους 8 μέτρων και πλάτους 13,50 μέτρων.

Για την έδραση της ανωδομής προβλέπονται δυο αγκυρωμένα ελαστομεταλλικά εφέδρανα, όπως ακριβώς και στο ακρόβαθρο A1. Οι πτερυγότοιχοι έχουν μήκος 2,10 μέτρα και είναι μονολιθικά συνδεδεμένοι με τα τοιχώματα του βάθρου, ενώ στη συνέχεια αυτών κατασκευάζονται παράλληλα με την οδό προς παραλία, τοίχοι αντιστήριξης συμβατικής μορφής

L μήκους 9,30 μέτρων προς τη δεξιά οριογραμμή και 8,30 μέτρων προς την αριστερή. Το ολικό ύψος των πτερυγότοιχων κυμαίνεται από 8,50-8,73 μέτρα. Η θεμελίωση του ακρόβαθρου A1 γίνεται με μια σειρά 5 έγχυτων φρεατοπασσάλων σε απόσταση 3 μέτρων μεταξύ τους και μήκους 10 μέτρων. Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της γέφυρας ήταν η απουσία αποστράγγισης και αποχέτευσης η οποία, σε συνδυασμό με τη μη στεγανότητα της γέφυρας, δημιούργησε αρκετά προβλήματα.

Για τον προσδιορισμό του τρόπου αποχέτευσης της γέφυρας και το σχεδιασμό διάταξης των σημείων αποχέτευσης του καταστρώματος πραγματοποιήθηκαν οι κατάλληλοι υδραυλικοί υπολογισμοί.

Σύμφωνα με αυτούς τους υπολογισμούς απαιτούνται 9 στόμια υδροσυλλογής, κατάλληλα για φορτία γεφυρών με επιφάνεια υδροσυλλογής 0,30 x 0,50. Τα έξι από αυτά τοποθετούνται στα δεξιά της οριογραμμής, ενώ τα 3 από αυτά τοποθετούνται στην αριστερή οριογραμμή στην περιοχή της ευθυγραμμίας της γέφυρας. Στη δεξιά οριογραμμή τοποθετούνται ανα 10-20 μέτρα, ενώ στην αριστερή οριογραμμή τοποθετούνται ανά 20 μέτρα.

Τα όμβρια που θα συλλέγονται οδηγούνται μέσω σωληνώσεων προς την αποχέτευση στην βάση του ακρόβαθρου A2.

3.7 Προϋπολογισμός Μελέτης

Ο προϋπολογισμός της καθαίρεσης της παλαιάς και προβληματικής γέφυρας και της ανέγερσης καινούριας είναι ίσως το σπουδαιότερο κομμάτι του έργου, καθώς από το κόστος της κατασκευής κρίνεται εάν τελικά θα ακολουθηθεί η λύση της δημιουργίας καινούριας γέφυρας ή θα ακολουθηθούν οι άλλες 2 «συντηρητικές» λύσεις που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενη παράγραφο.

Ο Προϋπολογισμός του έργου διαχωρίζεται σε 4 μεγάλες κατηγορίες εργασιών και δραστηριοτήτων:

- **Χωματοργικά** όπου στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται η καθαίρεση της παλαιάς γέφυρας και οι εκσκαφές των θεμελίων για τη

δημιουργία των ακρόβαθρων και των μεσόβαθρων της καινούριας γέφυρας.

- **Σκυροδέματα** όπου στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όλες οι κατασκευαστικές εργασίες δημιουργίας της καινούριας γέφυρας και είναι η κατηγορία με το περισσότερο κόστος, όπως θα δούμε παρακάτω
- **Ασφαλτικά** όπου είναι η εργασία που πραγματοποιείται αφού έχει ολοκληρωθεί η κατασκευή της γέφυρας και περιλαμβάνει την ασφαλτόστρωση του καταστρώματος
- **Σήμανση- Ασφάλεια** όπου είναι η κατηγορία στην οποία περιλαμβάνεται η κατακόρυφη και οριζόντια σήμανση της γέφυρας καθώς και τα κιγκλιδώματα της γέφυρας και είναι από τις τελευταίες εργασίες που πραγματοποιούνται στο έργο, ακριβώς πριν αυτό παραδοθεί.

Συνεπώς ο προϋπολογισμός του έργου διαμορφώνεται αναλυτικά ως εξής:

Είδος Εργασίας	Κόστος
Χωματοουργικά	50.308,75 €
Σκυροδέματα	1.316.522,50 €
Ασφαλτικά	23.267,70 €
Σήμανση – Ασφάλεια	57.400,00 €
Εργολαβικό Όφελος 18%	260.549,81 €
Απρόβλεπτα 15%	256.207,31 €
ΦΠΑ 17%	333.923,53 €
ΣΥΝΟΛΟ	2.298.179,60

Πίνακας 3: Συνολικός Προϋπολογισμός του Έργου

Από τον πίνακα 3 προκύπτει λοιπόν, πως το συνολικό κόστος του έργου αγγίζει τα 2.300.000 ευρώ. Στο ποσό αυτό όπως φαίνεται έχει υπολογιστεί και

το εργολαβικό όφελος και τα απρόβλεπτα, ενώ στο τελικό ποσό έχει υπολογιστεί και ο ΦΠΑ, όπου για το νησί της Ρόδου είναι 17%.

Αναλυτικά ο προϋπολογισμός της μελέτης ανα κατηγορία εργασίας και ανα δραστηριότητα, σύμφωνα και με τα τιμολόγια του Υπουργείου παρουσιάζεται παρακάτω.

A/A	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΔΑΠΑΝΗ
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ					
1	Καθαίρεση οριζόντιων φορέων γεφυρών	M3	555	16,30	9.046,50
2	Καθαίρεση οπλισμένων σκυροδεμάτων	M3	375	28,00	10.500,00
3	Γενικές εκσκαφές σε έδαφος γαιώδες-ημιβραχώδες	M3	3.795	4,45	16.887,75
4	Εκσκαφή θεμελίων τεχνικών έργων και τάφρων πλάτους έως 5,0m	M3	1.210	3,70	4.477,00
5	Μεταβατικά επιχώματα τεχνικών έργων και επιχώματα ζώνης αγωγών	M3	895	10,50	9.397,50
ΣΥΝΟΛΟ					50.308,75

Πίνακας 4: Προϋπολογισμός Χωματοουργικών Εργασιών

A/A	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΔΑΠΑΝΗ
	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ				
1	Καταστρώσεις και εξομαλυντικές στρώσεις από άοπλο σκυρόδεμα	M3	75	66,00	4.950,00
2	Καταστρώσεις, περιβλήματα αγωγών, εξομαλυντικές στρώσεις από σκυρόδεμα C12/15	M3	110	82,00	9.020,00
3	Σε ύψος από το έδαφος H<=7,00m	M3	1.175	158,00	185.650,00
4	Κατασκευή βάθρων, πλακών πρόσβασης, τοίχων, θωρακίων κλπ με σκυρόδεμα C20/25	M3	1.120	121,00	135.520,00
5	Διάτρηση και σκυροδέτηση έγχυτων πασσάλων	MM	335	170,00	56.950,00
6	Χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος B500C εκτός υπόγειων έργων	kg	410.600	1,05	431.130,00
7	Σκληρός χάλυβας προέντασης 170/190	kg	46.920	7,00	328.440,00
8	Χαλύβδινο δομικό πλέγμα	kg	2.320	1,05	2.436,00
9	Μόνωση με διπλή ασφαλική επάλειψη	M2	1.930	1,60	3.088,00
10	Στεγάνωση καταστρώματος γεφυρών με ειδικές μεμβράνες	M2	1.075	12,60	13.545,00
11	Διαμόρφωση επιφανειών σκυροδέματος	M2	2.335	5,80	13.543,00
12	Αντιγραφιστική επάλειψη	M2	2.335	5,30	12.375,50

13	Φίλτρα στραγγιστηρίων από διαβαθμισμένα αδρανή	M3	13	9,00	117,00
14	Γεώφασμα στραγγιστηρίων	M2	140	1,50	210,00
15	Τσιμεντοσωλήνες διάτρητοι	MM	60	18,00	1.080,00
16	Σφράγιση κατακόρυφων και κεκλιμένων αρμών	MM	90	4,00	360,00
17	Σφράγιση οριζόντιων αρμών	MM	120	3,50	420,00
18	Πλήρωση διακένου αρμών με εύκαμπτες μοριοσανίδες	M2	55	12,10	665,50
19	Στεγάνωση αρμού με ελαστική ταινία	MM	18	12,50	225,00
20	Αρμοί συστολο- διαστολής γεφυρών ολικού εύρους μετακίνης 60mm	MM	99	473,00	46.827,00
21	Σταθερά ελαστομεταλλικά επίδρανα γεφυρών	lt	1.260	36,80	46.368,00
22	Αγωγοί υπό πίεση από σωλήνες ονομαστικής διαμέτρου D200mm	MM	140	13,70	1.918,00
23	Αγωγοί υπό πίεση από σωλήνες ονομαστικής διαμέτρου D160mm	MM	15	10,50	157,50
24	Στόμια αποχέτευσης καταστρώματος γεφυρών	kg	540	6,30	3.402,00
25	Σιδηροσωλήνας γαλβανισμένος διέλευσης καλωδίων	MM	725	25,00	18.125,00
ΣΥΝΟΛΟ					1.316.522,50

Πίνακας 5: Προϋπολογισμός Εργασιών Σκυροδέματα

A/A	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΔΑΠΑΝΗ
ΣΗΜΑΝΣΗ-ΑΣΦΑΛΕΙΑ					
1	Μονόπλευρα χαλύβδινα στηθαία ασφαλείας	MM	300	125,00	37.500,00
2	Σιδηρά κιγκλιδώματα	kg	5.800	2,50	14.500,00
3	Διαγράμμιση οδοστρώματος	M2	300	18,00	5.400,00
ΣΥΝΟΛΟ					57.400,00
A/A	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΔΑΠΑΝΗ
ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ					
1	Ασφαλτική συγκολλητική επάλειψη	M3	1.030	0,42	432,60
2	Ασφαλτική ισοπεδωτική στρώση πάχους 0,05m	M3	1.030	10,10	10.403,00
3	Ασφαλτική στρώση κυκλοφορίας συμπυκνωμένου πάχους 0,04m	M3	1.030	10,80	11.124,00
4	Πρόσθετη τιμή θαλάσσιας μεταφοράς ασφάλτου	M	1.030	1,27	1.308,10
ΣΥΝΟΛΟ					23.267,70

Πίνακας 6: Προϋπολογισμός εργασιών Σήμανση-Ασφάλεια και Ασφαλτικά

Στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει η ανάλυση κόστους – οφέλους από την κατασκευή αυτού του έργου.

Κεφάλαιο 4ο – Ανάλυση Κόστους – Οφέλους

4.1 Καθορισμός Στόχων

Οι κοινωνικοοικονομικοί στόχοι των έργων υποδομής, συνδέονται γενικά με τη βελτίωση των συνθηκών μεταφοράς των εμπορευμάτων και των επιβατών τόσο στο εσωτερικό της εξεταζόμενης ζώνης, όσο και σε άλλους τόπους. (δυνατότητα πρόσβασης, καθώς επίσης και τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος και της ευημερίας του πληθυσμού που θα χρησιμοποιήσει το έργο)

Οι στόχοι που συνδέονται με τα έργα οδοποιίας και τους οποίους επιδιώκουν τα υπο μελέτη έργα μπορεί να είναι οι ακόλουθοι, σύμφωνα και με τους Florio et.al(2003) :

- Μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης με την εξάλειψη των ελλείψεων χωρητικότητας στα δίκτυα και στις απλές συνδέσεις
- Βελτίωση της επίδοσης ενός δικτύου ή ενός κόμβου με την αύξηση της ταχύτητας μετακίνησης και της μείωσης των λειτουργικών εξόδων και της συχνότητας των ατυχημάτων με τη θέσπιση νέων μέτρων ασφαλείας
- Μεταφορά της ζήτησης προς ειδικά μεταφορικά μέσα και μεταστροφή της ζήτησης, από τα πλέον ρυπογόνα μέσα σε μέσα που προκαλούν λιγότερη ζημιά στο περιβάλλον.
- Ολοκλήρωση των ανεπαρκώς συνδεόμενων μεταφορικών δικτύων

- Βελτίωση της δυνατότητας σε πρόσβαση σε μεταφερόμενες περιοχές

Ο Καρμπέρης (2013) σημειώνει πως ο αντικειμενικός στόχος του έργου θα πρέπει να αναφέρεται με σαφήνεια και να αναλύεται η ενδεχόμενη κατάτμηση του έργου σε υποέργα, καθώς και η ανάλυση του κύκλου ζωής του, με τον προσδιορισμό του απαιτούμενου χρόνου για την υλοποίηση του έργου. Επιπλέον, θα πρέπει να αναφέρονται και τα ορόσημα του έργου, τα οποία αποτελούν τα σημαντικά σημεία του έργου που συνδέονται με την ολοκλήρωση μίας φάσης ή την ολοκλήρωση συγκεκριμένων παραδοτέων του έργου και αποτελούν αντικειμενικά επαληθεύσιμα στοιχεία ελέγχου της προόδου και της εξέλιξης αυτού. Η ενδεχόμενη συνδεσιμότητα του έργου με λοιπές δράσεις θα πρέπει επίσης να αναλύεται, στην περίπτωση που το εξεταζόμενο είναι ένα κομμάτι ενός ευρύτερου έργου, προκειμένου να επεξηγηθούν οι επιπτώσεις, θετικές ή αρνητικές, οι οποίες θα υπολογιστούν στη συνέχεια.

4.1.1 Κύκλος ζωής ενός έργου

Τα χαρακτηριστικά όλων των έργων είναι ότι έχουν αρχή, διάρκεια και τέλος. Ως αρχή μπορεί να θεωρηθεί η χρονική στιγμή σύλληψης της ιδέας για την κατασκευή του, ενώ ως τέλος η παράδοσή του στο χρήστη έτοιμου προς λειτουργία ή ακόμα συμπλήρωσης της φυσικής του ζωής. Το χρονικό διάστημα από την αρχή έως το τέλος ενός έργου αναφέρεται ως κύκλος ζωής του έργου. Ο διαχωρισμός των σταδίων των κύκλων ζωής ενός έργου δεν είναι αυστηρός και ίσως ούτε γενικά αποδεκτός, αφού πολλές φορές τα μεταξύ τους όρια είναι δυσδιάκριτα.

Τα βασικά στάδια στον κύκλο ζωής ενός έργου είναι:

1. Σύλληψη της ιδέας και προσδιορισμός των στόχων
2. Σχεδιασμός
3. Ανάθεση
4. Κατασκευή
5. Λειτουργία – Συντήρηση

Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει τη σύλληψη της ιδέας, η οποία συνήθως είναι αποτέλεσμα μιας ανάγκης ή της υπάρχουσας «ζήτησης» που δεν ικανοποιείται από τη διατιθέμενη «προσφορά» και τον προσδιορισμό των στόχων του έργου. Για να ξεκινήσει η υλοποίηση της ιδέας, απαιτείται να ωριμάσει η ιδέα και να ανατεθεί η μελέτη σε ειδικό με το αντικείμενο μελετητή.

Το δεύτερο στάδιο αφορά στο σχεδιασμό του έργου και αποτελεί το σημαντικότερο στάδιο, αφού σε αυτό προσδιορίζονται και διαμορφώνονται τα χαρακτηριστικά του έργου. Η ιδέα που προτάθηκε συγκρίνεται με παρόμοιες ιδέες αναφορικά με την τεχνολογική, οικονομική, χρηματοδοτική, κοινωνική, πολιτική και περιβαλλοντική δυνατότητα πραγματοποίησης.

Για μεσαίας ή μεγάλης κλίμακας έργα είναι απαραίτητο να γίνει εκτίμηση της εφικτότητάς τους, η οποία περιλαμβάνει την τεχνική εφικτότητα, τη λειτουργική εφικτότητα, την οικονομική εφικτότητα και την εφικτότητα συμπεριφοράς προσωπικού. Στη φάση αυτή και με την ολοκλήρωση της μελέτης εφικτότητας, αποφασίζεται η συνέχιση ή όχι του έργου. Με την πρόοδο στην κατασκευή του έργου, ή ακόμα στη λειτουργία του, θα πρέπει να αξιοποιούνται πληροφορίες και να επανελέγχεται η αξιολόγηση (αξιολόγηση κατά την υλοποίηση του έργου, on going evaluation, ή αξιολόγηση μετά την κατασκευή του έργου, ex post evaluation. Μετά τη διερεύνηση της σκοπιμότητας του έργου, η μελέτη που συντάσσεται θα πρέπει να συνίσταται από τα παρακάτω:

- Σχεδιαστικό, περιγραφικό και ποσοτικό καθορισμό των επιμέρους εργασιών.
- Δημιουργία χρονοδιαγραμμάτων.
- Καταμερισμό των πόρων.
- Σύνταξη προϋπολογισμού των εργασιών.

Σε μια «κανονική» πορεία ενός έργου, ο ιδιοκτήτης του (ιδιώτης ή Δημόσιο) θα προσπαθήσει να βρει τον κατασκευαστή του. Ακολουθεί λοιπόν το τρίτο στάδιο, που αφορά στην ανάθεση (δημοπρασία ή απευθείας ανάθεση) και έναρξη κατασκευής του έργου. Περιλαμβάνει τις διαδικασίες δημοπράτησης,

την ανίχνευση της αγοράς για το απαραίτητο δυναμικό, τις παραγγελίες υλικών και την εγκατάσταση των εργολάβων.

Το τέταρτο στάδιο αφορά την υλοποίηση, την κατασκευή, την ολοκλήρωση, την παράδοση και την αποδοχή του έργου από το χρήστη του. Είναι μια διαδικασία μέσα από την οποία τα σχέδια και οι προδιαγραφές μετατρέπονται σε φυσικά συστήματα και η οποία απαιτεί το συντονισμό και την οργάνωση όλων των παραγωγικών συντελεστών για την ικανοποιητική συμπλήρωση του έργου εντός των προθεσμιών και του προϋπολογισμού κόστους. Η πρόοδος της εκτέλεσης του έργου ελέγχεται από τον ιδιοκτήτη του τακτικά και συστηματικά, και με βάση την πρόοδο μπορεί να προσδιορίζονται οι αμοιβές του αναδόχου ή εργολάβου.

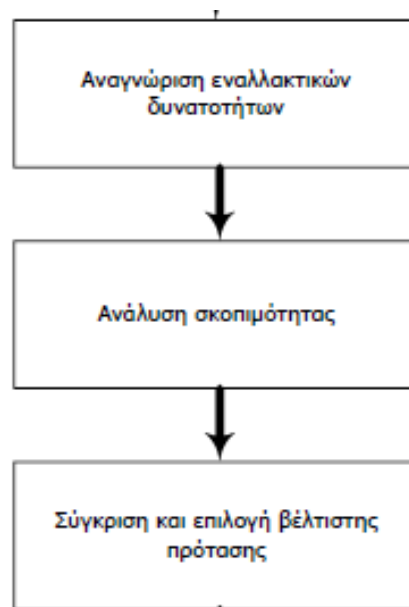
Τέλος, το πέμπτο στάδιο, είναι το τελικό στάδιο της ζωής του έργου και αφορά στη λειτουργία και τη συντήρησή του. Όσο και αν η μελέτη και η κατασκευή του είναι άρτια και ολοκληρωμένη πάντοτε προκύπτει η ανάγκη για διορθωτικές ή βελτιωτικές μεταβολές, τόσο στη φάση της κατασκευής του όσο και στη φάση λειτουργίας του. Έτσι, υπάρχει η πιθανότητα να συμπληρωθεί το έργο, επειδή προέκυψαν ανάγκες που δεν καταγράφηκαν στην περίοδο της μελέτης, ελλείψεις που διέφυγαν κατά την παράδοση του έργου, οργανωτικές, λειτουργικές και τεχνικές μεταβολές στο περιβάλλον του έργου ή μεταβολές θεσμών και νόμων.

4.2 Ανάλυση σκοπιμότητας

Η επόμενη διεργασία, αφορά στη σκοπιμότητα και την εξέταση των εναλλακτικών δυνατοτήτων του έργου. Αρχικά, απαραίτητη διαδικασία είναι η αναγνώριση και η καταγραφή όλων των εναλλακτικών δυνατοτήτων του έργου. Στη συνέχεια, αναλύεται η σκοπιμότητα του έργου, ενώ στο τέλος συγκρίνονται οι εναλλακτικές δυνατότητες και επιλέγεται η βέλτιστη πρόταση. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, κατά τη διαδικασία της σύγκρισης εναλλακτικών τρόπων υλοποίησης του έργου, δύναται να χρησιμοποιηθούν οι μέθοδοι της ανάλυσης κόστους αποτελέσματος, ή η πολυκριτηριακή ανάλυση και η ανάλυση οικονομικού αποτελέσματος.

Κατά την αναγνώριση των εναλλακτικών δυνατοτήτων, χρησιμοποιούνται οι αντικειμενικοί στόχοι του έργου, που έχουν αναλυθεί στην προηγούμενη διεργασία δηλαδή στον καθορισμό του στόχου του έργου.

Το διάγραμμα ροής της διαδικασίας της αξιολόγησης των εναλλακτικών προτάσεων παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα 20.



Εικόνα 20: Διάγραμμα ροής ανάλυσης σκοπιμότητας

Τα βασικά αυτά σενάρια, μπορούν να αναλυθούν και περαιτέρω σύμφωνα και με τον Καρμπέρη (2013), όπως παρακάτω:

- Το σενάριο «καμία επέμβαση» (πράττειν ουδέν) (do nothing scenario), όπου οι υπάρχουσες υποδομές δεν σταματούν την λειτουργία τους, αλλά δεν εκτελείται καμία επιπλέον επένδυση.
- Το σενάριο «μερική επέμβαση» (πράττειν το ελάχιστο) (do minimum scenario), το οποίο περιλαμβάνει γενικότερα την επίτευξη των αποτελεσμάτων με το χαμηλότερο δυνατό κόστος, π.χ. η μερική επέμβαση σε υπάρχουσες υποδομές και λειτουργίες, παράλληλα με τις συντηρήσεις, κτλ. Εντούτοις, η συγκεκριμένη εναλλακτική δυνατότητα δεν είναι η πάντα η ωφελιμότερη, καθώς μία προσκαιρη εξοικονόμηση πόρων, μπορεί στο μέλλον να αποδειχθεί περισσότερο δαπανηρή.

- Το σενάριο «ολική επέμβαση» (do something scenario), το οποίο περιλαμβάνει την εξέταση της κατάστασης με την υλοποίηση του έργου και βασίζεται σε διαφορετικές τεχνικές, ρυθμιστικές και διαχειριστικές λύσεις

Οι τυπικές εκθέσεις σκοπιμότητας για μεγάλα επενδυτικά έργα, αποτελούν αυτοτελείς μελέτες, οι οποίες περιλαμβάνουν την ανάλυση της ζήτησης, την ανάλυση της τεχνολογικής επάρκειας, την ανάπτυξη σχεδίου παραγωγής, την πρόβλεψη των απαιτήσεων σε ανθρώπινους πόρους, το σχέδιο διαχείρισης του έργου (τοποθεσία, χρονοδιάγραμμα υλοποίησης, ανάλυση των εργασιών και χρηματοοικονομικό σχέδιο), καθώς και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Αραβώση κ.α., 2012).

4.3 Εναλλακτικά Σενάρια για τη γέφυρα Αφάντου

4.3.1 Μέτρα άμεσης εφαρμογής

Από την αυτοψία και τους ελέγχους που πραγματοποιηθήκαν υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις ότι η γεωμετρία του φορέα ανωδομής είναι εκτός των κοινών εφαρμοζόμενων ορίων. Η διαπίστωση αυτή σε συνδυασμό με το μόνιμο βέλος κάμψης των 20 εκατοστών στο μέσο του ανοίγματος, το οποίο αυξάνεται κατά 50 χιλιοστά με την φόρτιση των 30 τόνων, και τις ρωγμές στο κάτω πέλμα της πλάκας, επιβάλλουν τον περιορισμό των κινητών φορτίων κυκλοφορίας στην μέγιστη τιμή των 30 τόνων.

Η υλοποίηση του μέτρου αυτού μπορεί να γίνει με τοποθέτηση πληροφοριακών και περιοριστικών πινακίδων στην είσοδο και στην έξοδο της γέφυρας.

4.3.2 Μεσοπρόθεσμα μέτρα εφαρμογής

Στα μεσοπρόθεσμα μέτρα εφαρμογής εντάσσονται μέτρα όπως είναι η λεπτομερέστερη καταγραφή και αποτύπωση των προβλημάτων της γέφυρας, η αποτύπωση και σήμανση όλων των ρωγμών του φορέα και η

παρακολούθηση της εξέλιξης του εύρους, του βάθους και του μήκους των ρωγμών ή ακόμα και η αύξηση του πλήθους των ρωγμών σε χρονικά διαστήματα ανα 3 μήνες.

Στη συνέχεια θα πραγματοποιηθεί αποξήλωση του σκυροδέματος στην περιοχή των αρμών με στόχο να ελεγχθούν οι αγκυρώσεις και να εκτιμηθεί το μέτρο της προέντασης των οπλισμών.

Τέλος θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί αποξήλωση των ασφαλικών και επαναπροάλειψή τους σε συνδυασμό με εργασίες τοποθέτησης στεγανωτικής και μονωτικής επίστρωσης.

4.3.3 Αντικατάσταση της υφιστάμενης γέφυρας

Η πλέον δραστική λύση για την επίλυση του προβλήματος στατικότητας της γέφυρας είναι η πλήρης αντικατάστασή της. Σε σύγκριση με τις άλλες 2 προτεινόμενες λύσεις η καθολική αντικατάσταση της γέφυρας έχει μεγάλο κόστος και θα επιφέρει σημαντικές οχλήσεις στην κυκλοφορία, τόσο κατά την διάρκεια της καθαίρεσης όσο και κατά την διάρκεια της κατασκευής της.

Σε σύγκριση με τα μεσοπρόθεσμα μέτρα αντιμετώπισης του προβλήματος, η περαιτέρω διερεύνηση και αντικατάσταση των φθαρμένων στοιχείων της γέφυρας έχει και αυτή ένα σημαντικό κόστος και θα προκαλέσει σημαντική όχληση στην κυκλοφορία.

Για να γίνει όμως πραγματική σύγκριση του κόστους θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ενδελεχής διερεύνηση των προβλημάτων της γέφυρας και να προσδιοριστούν επακριβώς οι διορθωτικές κινήσεις όπως είναι το κόστος επισκευής των φθορών, η αλλαγή των εφέδρανων, η αποκατάσταση των αρμών και η στεγανοποίηση και υδρομόνωση της γέφυρας, προκειμένου αυτές να κοστολογηθούν και να γίνει η σύγκριση με το κόστος κατασκευής μιας καινούριας γέφυρας.

Σε κάθε περίπτωση όμως και να πραγματοποιηθούν όλες οι ενδεδειγμένες κατασκευές και διορθωτικές κινήσεις, υπάρχει περίπτωση να μην επιτευχθεί η πλήρης απαλοιφή του βέλους κάμψης το οποίο ακόμα και εάν δεν επηρεάζει την στατικότητα της κατασκευής θα δημιουργεί αίσθημα ανασφάλειας στους

χρήστες. Επιπροσθέτως ακόμα και μετά την αποκατάσταση, η γέφυρα που θα προκύψει δεν θα πληροί τις οδηγίες και τους κανονισμούς μελετών γεφυρών.

Ένας άλλος παράγοντας που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι και η ηλικία της γέφυρας και ο χρόνος ζωής αυτής. Μια γέφυρα έχει κύκλο ζωής από 50 έως 100 χρόνια. Η συγκεκριμένη γέφυρα είναι σήμερα 40 ετών και πλησιάζει το κάτω όριο του χρόνου ζωής της.

Έτσι λοιπόν εάν συγκρίνουμε τα 2 κόσθη:

- Κόστος κατασκευής καινούριας
- Κόστος συντήρησης και επισκευής

Η δεύτερη λύση αποκτά μεγαλύτερη βαρύτητα στον παράγοντα κόστους καθώς η γέφυρα που θα παραδοθεί θα εξακολουθεί να πλησιάζει στο τέλος του κύκλου ζωής της.

4.4 Χρηματοοικονομική ανάλυση

Ο κύριος σκοπός της χρηματοοικονομικής ανάλυσης ενός έργου είναι η πρόβλεψη των μελλοντικών ταμειακών ροών ώστε να υπολογιστούν οι καθαροί δείκτες της αποπληρωμής της επένδυσης.

Στο συγκεκριμένο έργο της κατασκευής της γέφυρας δεν υπάρχουν ταμειακές ροές υπό την έννοια πως οι χρήστες της γέφυρας δε θα καταβάλλουν κάποιο αντίτιμο και η πρόσβαση στη γέφυρα θα είναι δωρεάν.

Τα οφέλη που θα προκύψουν από τη γέφυρα θα είναι από τη μείωση των τροχαίων ατυχημάτων εξαιτίας της καινούριας κατασκευής και της αποφυγής της κατάρρευσης της γέφυρας.

Επιπροσθέτως τα οφέλη θα έρθουν από την αποφυγή της κατάρρευσης της γέφυρας σε ένα νησί με έντονη την τουριστική κίνηση για 8 μήνες.

Παρόλα αυτά θα παρουσιαστούν οι δείκτες που χρησιμοποιούνται κατά την χρηματοοικονομική ανάλυση. Οι δείκτες αυτοί είναι η χρηματοοικονομική καθαρή παρούσα αξία (ΧΚΠΑ) (Financial Net Present Value – FNPV) και ο χρηματοοικονομικός συντελεστής εσωτερικής απόδοσης της επένδυσης (ΧΣΑ) (Financial Internal Rate of Return – FRR)

Για τον υπολογισμό αυτών των δεικτών, είναι απαραίτητο να εκτελεστούν εξαρχής ορισμένες παραδοχές:

- Οι χρηματικές ροές οι οποίες θα προκύψουν σε διαφορετικά έτη, ασχέτως αν θα ακολουθούν κάποιο επιτόκιο αναγωγής, όπως για παράδειγμα τον πληθωρισμό, θα προσαρμόζονται στην παρούσα αξία τους, με την χρήση του ίδιου προεξοφλητικού επιτοκίου.
- Λαμβάνονται υπόψιν, μόνο οι χρηματικές εισροές και εκροές της επένδυσης, οπότε οι αποσβέσεις και υποτιμήσεις παγίων στοιχείων, οι κρατήσεις, καθώς και έτερα λογιστικά εργαλεία δεν θα χρησιμοποιούνται.

Ο Αθιάνας (2016) σημειώνει πως αρχικά υπολογίζεται το απαραίτητο επενδύσιμο κεφάλαιο για την υλοποίηση του έργου, στη συνέχεια υπολογίζεται το λειτουργικό κόστος του έργου και εκτελούνται οι απαραίτητες προβλέψεις της ζήτησης, ώστε να προκύψουν τα αναμενόμενα έσοδα, υπολογίζεται η χρηματοοικονομική απόδοση της επένδυσης, εξετάζονται οι πηγές χρηματοδότησης και τα καταρτιζόμενα χρηματοδοτικά σχήματα, αξιολογείται η χρηματοοικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης και τελικά υπολογίζεται η χρηματοοικονομική απόδοση για το σύνολο των κεφαλαίων που χρησιμοποιούνται στην εξεταζόμενη επένδυση.

Η πρώτη βασική ενέργεια είναι ο καθορισμός του χρονικού ορίζοντα για τον οποίο εξετάζεται το έργο, δηλ. το μέγιστο χρονικό διάστημα για το οποίο εκτελούνται οι προβλέψεις της χρηματοοικονομικής ανάλυσης.

Η Ε.Ε. προτείνει ο χρονικός ορίζοντας για επενδυτικά έργα στους τομείς της ενέργειας, των αυτοκινητοδρόμων και των λιμένων και αεροδρομίων να είναι τα 25 έτη, για επενδύσεις που αφορούν στους τομείς της ύδρευσης, του περιβάλλοντος και των σιδηροδρομικών δικτύων να είναι τα 30 έτη, ενώ οι αντίστοιχοι χρονικοί ορίζοντες για τα βιομηχανικά έργα να είναι τα 10 έτη και για τα έργα που υλοποιούνται τους τομείς τηλεπικοινωνιών και τους λοιπούς τομείς τα 15 έτη. Εντούτοις, οι παραπάνω χρονικοί ορίζοντες δεν είναι δεσμευτικοί, πλην όμως αποτελούν μία βάση για τους εξεταστές των έργων,

καθώς συμβαδίζουν με την τεχνολογική απαξίωση των υλοποιούμενων κάθε φορά υποδομών και εγκαταστάσεων.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως στον κύκλο ζωής ενός έργου, το συγκεκριμένο έργο έχει χρόνο ζωής 50-100 χρόνια. Σήμερα, η γέφυρα έχει ηλικία 40 χρόνων και παρουσιάζει όλα αυτά τα προβλήματα. Για αυτό τον λόγο προτείνεται για την καινούρια κατασκευή να γίνει η ανάλυση κόστους-οφέλους για 40 χρόνια με δεδομένο πως η τεχνολογία έχει προοδεύσει καθώς και οι κατασκευαστικές πρακτικές επίσης. Είναι πολύ διαφορετικό να κατασκευάζεται μια γέφυρα το 1977 και πολύ διαφορετικό το 2017 από πλευράς υλικών και τεχνολογιών κατασκευής.

Το συνολικό επενδύσιμο κεφάλαιο αποτελείται από τις πάγιες επενδύσεις για την κατασκευή των απαραίτητων εγκαταστάσεων, όπως είναι η αγορά του γηπέδου, η κατασκευή των κτιριακών υποδομών, η προμήθεια του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, η προμήθεια ειδικού εξοπλισμού, κτλ. Η υπολειμματική αξία τόσο των υλοποιούμενων εγκαταστάσεων, όσο και του εξοπλισμού, περιλαμβάνεται στο συνολικό επενδύσιμο κεφάλαιο και προσμετράται στις ετήσιες χρηματοροές κατά το τελευταίο έτος του χρονικού ορίζοντα εξέτασης της επένδυσης, όπου εμφανίζεται με θετικό ή αρνητικό πρόσημο, λογιζόμενη ως εισροή για τον πελάτη ή εκροή για τον επενδυτή αντίστοιχα.

Στο συνολικό επενδύσιμο κεφάλαιο, περιλαμβάνονται επίσης και οι αρχικές δαπάνες, όπως οι αμοιβές της μελέτης σκοπιμότητας, των υπηρεσιών συμβούλων, των τεχνικών μελετών, των αδειοδοτήσεων, καθώς και διάφορα έξοδα που παρουσιάζονται κατά την φάση της κατασκευής, όπως τα έξοδα εκπαίδευσης και κατάρτισης, πιστοποιήσεις, κλπ.

Βέβαια για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας και του συγκεκριμένου έργου δεν υπάρχουν όλα αυτά τα έξοδα αλλά μόνο το κόστος κατασκευής το οποίο όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο το οποίο ανέρχεται συνολικά σε **2298179,60 €**.

Οπότε με βάση αυτό το κόστος και τα οφέλη που θα προκύψουν από την κατασκευή θα υπολογιστεί σε πόσα χρόνια θα θεωρείται ότι έχει γίνει απόσβεση της επένδυσης.

4.4.1 Χρηματοοικονομική απόδοση επένδυσης

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στη διαδικασία υπολογισμού της απόδοσης που αναμένεται να έχει η εξεταζόμενη επένδυση, χρησιμοποιείται η μέθοδος των προεξοφλημένων ροών, για τον υπολογισμό των δεικτών της ΧΚΠΑ και του ΧΣΑ, σύμφωνα με τις σχέσεις:

$$\text{ΧΚΠΑ} = \sum_{t=0}^v (\text{συντελεστής προεξόφλησης})_t \times (\text{χρηματοροές})_t \Leftrightarrow$$

$$\text{ΧΚΠΑ} = \frac{(\text{Ροές έτους } 0)}{(1+i)^0} + \frac{(\text{Ροές } 1\text{ου έτους})}{(1+i)^1} + \frac{(\text{Ροές } 2\text{ου έτους})}{(1+i)^2} + \dots + \frac{(\text{Ροές έτους } v)}{(1+i)^v}$$

Όπου: Ροές = διαφορά εισροών μείον τις αντίστοιχες εκροές που εμφανίζονται κατά το ίδιο έτος και ο δείκτης (i) ονομάζεται προεξοφλητικό επιτόκιο και χρησιμοποιείται για την αναγωγή των μελλοντικών χρηματοροών στην Παρούσα Αξία τους . Αντίστοιχα, η μαθηματική σχέση που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της τιμής του δείκτη ΧΣΑ, είναι ο παρακάτω

$$\text{ΧΚΠΑ} = \sum_{t=0}^v \frac{\text{Ροές}}{(1 + \text{ΧΣΑ})^t} = 0$$

4.5 Άλλα κριτήρια αξιολόγησης

Στα έργα υποδομής και στα έργα οδοποιίας εισέρχονται πολλές φορές και άλλοι παράγοντες αξιολόγησης της επένδυσης σε αυτά. Μια σημαντική παράμετρος και κριτήριο αξιολόγησης είναι και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις

για από την κατασκευή των έργων υποδομής, ιδιαίτερα στον τομέα των μεταφορών. Ακόμα και εάν αυτό δεν ορίζεται από την νομοθεσία, θα πρέπει να αναλύονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις διάφορες εναλλακτικές λύσεις του έργου. (Florio et.al,2003).

Μιά από τις πλέον αμφιλεγόμενες πτυχές της οικονομικής αξιολόγησης των έργων στον τομέα των μεταφορών είναι και οι επιπτώσεις στην οικονομική ανάπτυξη των περιοχών στις οποίες θα εκτελεστεί το έργο. Για παράδειγμα μια αυξημένη πρόσβαση σε μια ζώνη προαστίων ή περιφερειακή ζώνη μπορεί να φέρει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα αλλά και απώλεια της ανταγωνιστικότητας την ίδια στιγμή σε περίπτωση που η βιομηχανία είναι λιγότερη αποδοτική σε σχέση με άλλες κεντρικές περιοχές. (Florio et.al,2003)
Η ανάλυση ευαισθησίας από την άλλη έχει σαν στόχο να εξετάσει το μέγεθος της μεταβολής των δεικτών αποδοτικότητας ανάλογα με τις διάφορες εναλλακτικές λύσεις με ορισμένες βασικές μεταβλητές που επιτρέπουν τον έλεγχο της αξιοπιστίας των λαμβανομένων αποτελεσμάτων και την κατάταξη της κάθε άλλης εναλλακτικής τιμής καθώς και τον εντοπισμό των περιοχών με τους υψηλότερους κινδύνους.

4.6 Μελέτη Εφαρμογής

Ο καθορισμένος στόχος του έργου είναι η αντικατάσταση της γέφυρας που ενώνει την παραλία Αφάντου με την περιοχή Αφάντου λόγω των εκτεταμένων φθορών που αυτή παρουσιάζει. Η γέφυρα πλέον αποτελεί κίνδυνο για τα διερχόμενα οχήματα, καθώς επίσης και για τα οχήματα που περνάνε κάτω από την γέφυρα. Πιθανή κατάρρευση της γέφυρας θα προκαλέσει πλήθος τραυματισμών και πιθανών θανάτων, ενώ θα προκαλέσει μεγάλη κυκλοφοριακή αναταραχή και πρόβλημα στις μετακινήσεις στο νησί της Ρόδου. Θα πρέπει να σημειωθεί πως το νησί της Ρόδου είναι ένας από τους δημοφιλέστερους τουριστικούς προορισμούς της Ευρώπης και για αυτό το λόγο η αξία του έργου είναι πολλαπλή.

Προκειμένου να ελεγχθεί η οικονομική αποδοτικότητα του έργου θα πρέπει να αποτιμηθούν τα κόστη και τα οφέλη από το έργο σε μονάδες χρήματος. Στη φάση υλοποίησης του έργου απαιτούνται πόροι, ενώ στην φάση της παραγωγικής λειτουργίας οι επενδύσεις αποκομίζουν έσοδα. Για να θεωρηθεί το έργο οικονομικά αποδοτικό, τα οφέλη θα πρέπει να είναι μεγαλύτερα από το κόστος. Το πιο οικονομικά αποδοτικό έργο είναι αυτό για το οποίο η διαφορά είναι μεγαλύτερη ή ο λόγος κόστους ωφελειών είναι μεγαλύτερος.

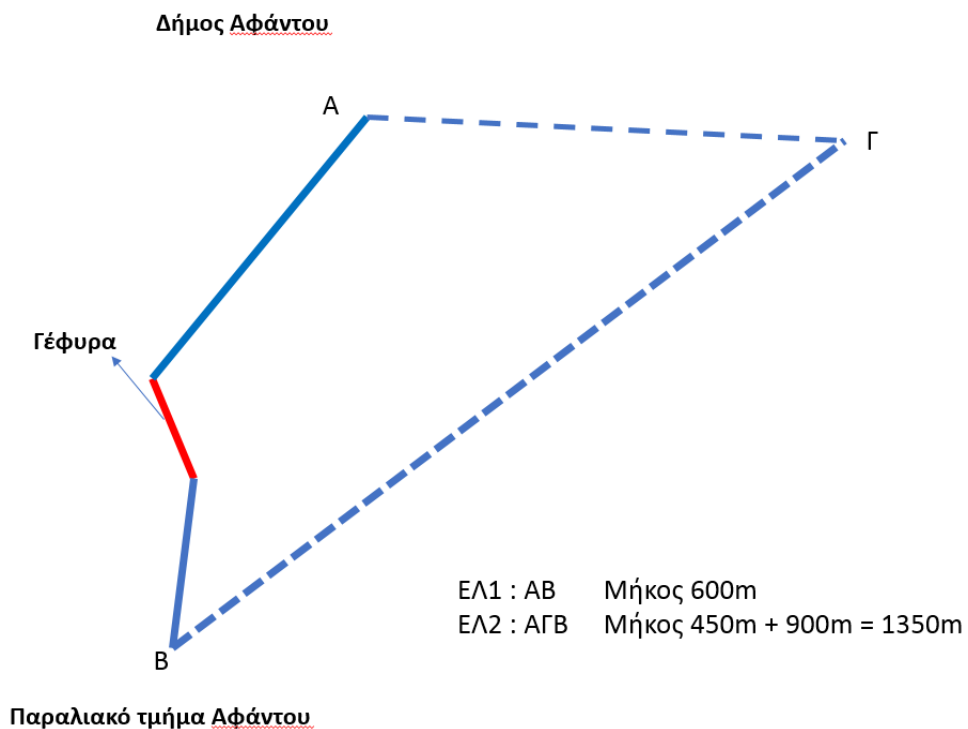
Το συνολικό κόστος και τα οφέλη κατανέμονται σε πολλαπλά χρόνια με αποτέλεσμα να θεωρείται απαραίτητη η χρονική κατανομή των διαφόρων συνιστωσών του κόστους και των ωφελειών. Το συνολικό κόστος είναι το διαχρονικό άθροισμα των δαπανών, ενώ ως συνολικά οφέλη νοείται το διαχρονικό άθροισμα των ωφελειών. Προκειμένου να μπορούν να συγκριθούν τα μεγέθη θα πρέπει να αναφέρονται στην ίδια χρονική στιγμή για αυτό ως έτος βάσης θεωρείται το πρώτο έτος λειτουργίας. Ο λόγος του οφέλους προς το κόστος αποτελεί κριτήριο αξιολόγησης και αν είναι μεγαλύτερος του 1 η επένδυση θεωρείται αποδοτική ενώ αν είναι μικρότερος του 1 τότε η επένδυση δεν είναι αποδοτική.

Οι 2 εναλλακτικές που θα εξετασθούν είναι οι ακόλουθες

1. Αντικατάσταση της υφιστάμενης γέφυρας με νέα. Η εναλλακτική αυτή, περιλαμβάνει προφανώς το κόστος κατεδάφισης. Αλλά και το κόστος

ανέγερσής της καινούριας, η μελέτη του οποίου παρουσιάστηκε αναλυτικά σε προηγούμενο κεφάλαιο και καταλήγει σε κόστος .298.180€. Από κυκλοφοριακής απόψεως, οι μετακινήσεις θα γίνονται ως έχουν αυτής της στιγμής, κατά συνέπεια για τους υπολογισμούς θα κρατήσουμε τις σημερινές αποστάσεις.

2. Κατεδάφιση της υφιστάμενης γέφυρας και χρήση εναλλακτικής διαδρομής για τη μετακίνηση προς το παραλιακό τμήμα Αφάντου. Η εναλλακτική αυτή προϋποθέτει μία παράκαμψη και σημαντική αύξηση της απόστασης, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα



4.6.1 Οικονομικά κριτήρια για την αξιολόγηση του έργου

Για την ανάλυση του κόστους επιλέχθηκαν στοιχεία που αφορούν στην κατανομή ανά κόστος μετακίνησης, στην πληρότητα των οχημάτων στην αξία του χρόνου ανά σκοπό μετακίνησης και στο κόστος ατυχημάτων, καθώς και στις προβλέψεις του κυκλοφοριακού φόρτου για το 1^ο έτος λειτουργίας.

Δεδομένου ότι οι μετακινήσεις επηρεάζονται προφανώς από την περίοδο εντός του έτους, για το λόγο αυτό λήφθηκαν υπόψιν οι μεταβολές του κυκλοφοριακού φόρτου ανάμεσα σε χειμερινή και θερινή περίοδο, αλλά και οι μεταβολές των ποσοστών σκοπού μετακίνησης.

Στον παρακάτω πίνακα θεωρούμε τις μετακινήσεις ανά είδος ανά σκοπό μετακίνησης.

Ημερήσια κυκλοφορία ανά σκοπό ανά περίοδο							
	ΗΜΕΡ ΚΥΚΛ ΑΝΑ ΠΕΡΙΟΔΟ	ΠΟΣΟΣΤΑ % ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ ΜΕΤ/ΣΗΣ			ΗΜΕΡ ΚΥΚΛ ΑΝΑ ΠΕΡΙΟΔΟ ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ		
		προς / από εργασία	στα πλαίσια της εργασίας	άλλοι σκοποί	προς / από εργασία	στα πλαίσια της εργασίας	άλλοι σκοποί
ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	702	30%	35%	35%	211	246	246
ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	1620	15%	25%	60%	243	405	972

Πίνακας 7: Κατανομή ανά σκοπό μετακίνησης ανά περίοδο

Στη συνέχεια γίνεται ο υπολογισμός της μέσης ετήσιας ημερήσιας κυκλοφορίας ανά μέσο, η οποία στο εξής θα αναφέρεται ως ΕΜΗΚ

	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (ημέρες)	Μετακινήσεις ανά σκοπό		
		προς / από εργασία	στα πλαίσια της εργασίας	άλλοι σκοποί
ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	243	51.176	59.705	59.705
ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	122	29.646	49.410	118.584
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΝΑ ΕΤΟΣ		80.822	109.115	178.289
ΕΜΗΚ ΙΧ		221	299	488

Πίνακας 8: Υπολογισμός ετήσιας μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας ΙΧ

Μέσο	ΕΜΗΚ
ΦΟΡΤΗΓΑ	76
ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ	11

Πίνακας 9: Ετήσια μέση ημερήσια κυκλοφορία λοιπών μέσων

Για τον ακριβή υπολογισμό εξοικονόμησης χρόνου είναι αναγκαίο να θεωρήσουμε μέση πληρότητα ανά μέσο ανά σκοπό μετακίνησης, όπως παρουσιάζεται παρακάτω.

ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ		
Κατηγορία οχήματος	Πληρότητα	Σκοπός μετακίνησης
I.X	1,2	Από και προς εργασία
	1,3	Στα πλαίσια της εργασίας
	1,8	Άλλοι σκοποί
Φορτηγά	1	
Λεωφορεία	18,0	

Πίνακας 10: Πληρότητα οχημάτων

Επιπλέον, παρουσιάζουμε τη μετατροπή σε ευρώ του ωριαίου χρόνου μετακίνησης ανά μέσο ανά σκοπό, καθώς και το κόστος των ενδεχόμενων συμβάντων στο δρόμο, πίνακες οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν στους μετέπειτα υπολογισμούς.

ΑΞΙΑ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ	
Σκοπός μετακίνησης	Αξία (€/hr)
I.X στα πλαίσια της εργασίας	8,0
Προς και από εργασία	5,0
Άλλοι σκοποί μετακίνησης	3,5
Φορτηγά οχήματα	14,0

Πίνακας 11: Αξία του χρόνου ανά σκοπό μετακίνησης

ΚΟΣΤΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	
Συμβάν	Κόστος
Θανατηφόρο ατύχημα	2.500.000 €
Ατύχημα με τραυματισμό	55.000 €
Ατύχημα με υλικές ζημιές μόνο	5.000 €

Πίνακας 12: Κόστος ατυχημάτων

4.6.2 Υπολογισμός ωφελειών από την εξοικονόμηση χρόνου

Για να μετατραπεί η εξοικονόμηση χρόνου διάσχισης της γέφυρας σε ευρώ θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί ο χρόνος με τη χρηματική του αξία η οποία είναι συνάρτηση του σκοπού μετακίνησης και δίνεται στον πίνακα 11. Αρχικώς , πρέπει να υπολογίσουμε τους χρόνους διάσχισης των τμημάτων των εναλλακτικών

	ΤΜΗΜΑ	ΜΗΚΟΣ (m)	Ταχύτητα μελέτης τμήματος (km/hour)	Χρόνος διάνυσης (sec)
ΕΛ1	ΑΒ	650	50	46,8
ΕΛ2	ΑΓ	450	30	54
ΕΛ2	ΓΒ	950	50	68,4

Πίνακας 13: Υπολογισμός χρόνου διάνυσης τμημάτων

Συνεπώς, οι συνολικοί χρόνοι των εναλλακτικών διαμορφώνονται ως εξής:

ΕΛ1: 46,8sec

ΕΛ2: 122,4sec

Για τα ΙΧ

Βάσει των υπολογισμών των προηγούμενων πινάκων, σχετικά με τους χρόνους μετακίνησης της κάθε εναλλακτικής, αλλά και του ετήσιου κυκλοφοριακού φόρτου, γίνεται ο υπολογισμός της ωφέλειας του κόστους μετακίνησης. Υπενθυμίζεται ότι το κόστος ανα χρονική μονάδα ώρας, ανά είδος μετακίνησης παρουσιάζεται στον πίνακα 11. Σημειώνεται ότι για τον ακριβή υπολογισμό χρησιμοποιούνται και οι συντελεστές πληρότητας οχημάτων από τον πίνακα 9

Η ωφέλεια κόστους για τα ΙΧ ορίζεται ως η διαφορά του κόστους μετακίνησης ανάμεσα στις δύο εναλλακτικές και υπολογίζεται στους παρακάτω πίνακες:

	ΕΜΗΚ			ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ		
	προς / από εργασία	στα πλαίσια της εργασίας	άλλοι σκοποί	προς / από εργασία	στα πλαίσια της εργασίας	άλλοι σκοποί
	1	2	3	$4=1*365*1,2$	$5=2*365*1,3$	$6=3*365*1,8$
ΕΛ1	221	299	488	96986	141850	320920
ΕΛ2	221	299	488	96986	141850	320920

Πίνακας 148: Υπολογισμός φόρτου ανα σκοπό μετακίνησης με ΙΧ

ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝΩΝ				
χρόνος διάνυσης τμημάτων	προς / από εργασία	στα πλαίσια της εργασίας	άλλοι σκοποί	ΣΥΝΟΛΟ
7	$8=4*7*/3600*8,0$	$9=5*8/3600*5,0$	$10=6*9/3600*3,0$	$11=8+9+10$
46,8	10087	9220	12516	31823
122,4	26380	24114	32734	83229
Συνολική ωφέλεια εξοικονόμησης χρόνου				51406

Πίνακας 9: Υπολογισμός ωφέλειας λόγω μείωσης του χρόνου μετακίνησης με ΙΧ

Αντιστοίχως υπολογίζεται και το όφελος από τη μετακίνηση των φορτηγών

	ΕΜΗΚ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΝΥΣΗΣ ΤΜΗΜΑΤΩΝ	ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤ ΦΟΡΤΗΓΩΝ ΑΝΑ ΩΡΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤ ΦΟΡΤΗΓΩΝ
	1	2=1*365	3	4	5=4*3*2/3600
ΕΛ1	76	27740	46,8	14	5049
ΕΛ2	76	27740	122,4	14	13204
Συνολική ωφέλεια εξοικονόμησης χρόνου					8156

Πίνακας 10: Υπολογισμός ωφέλειας λόγω μείωσης του χρόνου μετακίνησης με φορτηγά

Για τα λεωφορεία λαμβάνεται υπόψη ότι η πληρότητα είναι 18 επιβάτες / όχημα. Επιπλέον, θεωρούμε 2 διαφορετικούς σκοπούς μετακίνησης με την παρακάτω αναλογία καταμερισμού:

Στα πλαίσια της εργασίας : 30%

Άλλοι σκοποί : 70%

Δεδομένου ότι το κόστος μετακίνησης με λεωφορείο, όπως δίνεται και σε προηγούμενο πίνακα , ορίζεται στα 5 ευρώ ανά ώρα, οι υπολογισμοί διαμορφώνονται ως τον παρακάτω πίνακα:

	ΕΜΗΚ	Μ.Ο ΕΠΙΒΑΤΩΝ	στα πλαίσια της εργασίας (30%)	άλλοι σκοποί (70%)	χρόνος διάνυσης τμημάτων	στα πλαίσια της εργασίας	άλλοι σκοποί	ΣΥΝΟΛΟ
	1	2	3=30%*1*2*365	4=70%*1*2*365	5	6=3*5/3600	7=4*6/3600	8=6+7
ΕΛ1	11	18	21681	50589	46,8	282	658	940
ΕΛ2	11	18	21681	50589	122,4	737	1720	2457
Συνολική ωφέλεια εξοικονόμησης χρόνου = διαφορά χρόνου X 5=								7588

Πίνακας 11: Υπολογισμός ωφέλειας εξοικονόμησης χρόνου με λεωφορεία

4.6.3 Υπολογισμός ωφελειών από τη μείωση των ατυχημάτων

Για τον υπολογισμό των ωφελειών από τη μείωση των ατυχημάτων θα πρέπει να υπολογιστεί το κόστος των ατυχημάτων από τον αριθμό ατυχημάτων και το κόστος του ατυχήματος.

Με βάση ιστορικά στοιχεία καθορίζονται οι δείκτες ατυχημάτων δηλαδή τα ατυχήματα ανά οχηματοχιλιόμετρο.

Για την καλύτερη μελέτη του κόστους των ατυχημάτων, προσαυξάνονται τα συμβάντα στο τμήμα ΑΓ της ΕΛ2, καθώς διασχίζει το κέντρο των Αφάντου. Σημειώνεται ότι το σημείο αυτό είναι πολυσύχναστο με έντονη εμπορική δραστηριότητα. Κατά συνέπεια, έχουμε για τα συμβάντα ανά τμήμα:

Ε.Λ	Τμήμα	συμβάν		
		Θάνατος	τραυματισμός	υλικές ζημιές
ΕΛ1	ΑΒ	11	110	290
ΕΛ2	ΑΒ	13	150	350
ΕΛ2	ΑΒ	10	110	280

Πίνακας 128: Δείκτες ατυχημάτων (συμβάντα ανα 108 οχηματοχιλιόμετρα).

Ο συνολικός κυκλοφοριακός φόρτος για το πρώτο έτος λειτουργίας της γέφυρας θα είναι

ΕΜΗΚ (ΙΧ)	ΕΜΗΚ (Φορτ)	ΕΜΗΚ (Λεωφ)	ΣΥΝΟΛΟ
1009	76	11	1096

Βάσει του ανωτέρω, και σε συνδυασμό με το μήκος του κάθε τμήματος, μπορούμε να υπολογίσουμε να τα οχηματοχιλιόμετρα ανά έτος ανά τμήμα:

Ε.Λ	Τμήμα	ΣΥΝΟΛΟ	μήκος τμήματος	οχηματοχλμ / έτος
		1	2	$3=1*2*365$
ΕΛ1	ΑΒ	1096	0,6	240024
ΕΛ2	ΑΓ	1096	0,45	180018
ΕΛ2	ΓΒ	1096	0,95	380038

Πίνακας 13: Οχηματοχιλιόμετρα ανά έτος

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τα συμβάντα ανά διαδρομή ανά έτος:

Ε.Λ	Τμήμα	οχηματοχλμ / έτος	Συμβάν			θάνατοι / έτος	τραυματισμοί / έτος	υλικές ζημιές / έτος
			θάνατος	τραυματισμός	υλικές ζημιές			
		1	2	3	4	5=1*2/10 ⁸	6=1*3/10 ⁸	7=1*4/10 ⁸
ΕΛ1	ΑΒ	240024	11	110	290	0,026	0,264	0,696
ΕΛ2	ΑΓ	180018	13	150	350	0,023	0,270	0,630
ΕΛ2	ΓΒ	380038	10	110	280	0,038	0,418	1,064

Πίνακας 140: Συμβάντα ανά έτος

Τέλος, με τη βοήθεια του πίνακα που αναφέρει το κόστος ανά συμβάν (πίνακας 10) μπορούμε να εκτιμήσουμε το κόστος των ατυχημάτων των δύο εναλλακτικών ανά έτος. Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις η ωφέλεια προκύπτει από τη διαφορά του κόστους των δύο διαδρομών

Ε.Λ	Τμήμα	θάνατοι / έτος	τραυματισμοί / έτος	υλικές ζημιές / έτος	Κόστος συμβάντων			ΣΥΝΟΛΟ
					Θάνατος	Τραυματισμός	Υλικές ζημιές	
		1	2	3	4=1*2,5mio	5=2*55k	6=3*5k	7=4+5+6
ΕΛ1	ΑΒ	0,026	0,264	0,696	66007	14521	3480	84008
ΕΛ2	ΑΓ	0,023	0,270	0,630	58506	14851	3150	76508
ΕΛ2	ΓΒ	0,038	0,418	1,064	95010	22992	5321	123322
ΩΦΕΛΕΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ								115822

Πίνακας 21: Ωφέλεια κόστους ατυχημάτων

4.6.4 Υπολογισμός περιβαλλοντικής ωφέλειας

Σε αυτό το σημείο θα υπολογιστεί η συνολική ωφέλεια σε χρηματικό ποσό που έχουμε λόγω μικρότερης εκπομπής ρύπων. Εφόσον έχει υπολογιστεί μικρότερη κατανάλωση καυσίμου στην εναλλακτική λύση 2 οι εκπομπές CO₂ θα είναι μικρότερες και συνεπώς υπάρχει περιβαλλοντική ωφέλεια. Αυτή η ωφέλεια θα μετατραπεί σε χρηματικό ποσό. Για την βενζίνη η εκπομπή CO₂ ανέρχεται σε 8,8 kg/gallon = 2,325 kg/lit ενώ για το πετρέλαιο 10,1kg/gallon = 2,668kg/lit . Πολλαπλασιάζοντας αυτά τα στοιχεία (αντίστοιχα για τα αυτοκίνητα και τα Β.Ο) με τη συνολική κατανάλωση καυσίμου στην

εναλλακτική λύση 1 και 2 βρίσκουμε για κάθε λύση την συνολική εκπομπή CO₂.

ΔΙΑΔΡΟΜΗ	ΤΜΗΜΑ	ΜΗΚΟΣ	ΜΚΚ	ΕΜΗΚ	ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΣΕ ΡΥΠΟΥΣ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (KG)
		1	2	3	4=1*2*3	5	6=4*5
ΕΛ1	ΑΒ	600	0,075	1009	16570	2,325	38526
ΕΛ2	ΑΓ	450	0,11	1009	18227	2,325	42378
ΕΛ2	ΓΒ	950	0,075	1009	26236	2,325	60999
ΔΙΑΦΟΡΑ ΡΥΠΩΝ (kg)							64852

Πίνακας 152: Εκπομπές CO₂ για ΙΧ.

Αντίστοιχοι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν και για τα λεωφορεία και τα βαρέα οχήματα. Στους ακόλουθους πίνακες 24 και 25 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών.

ΔΙΑΔΡΟΜΗ	ΤΜΗΜΑ	ΜΗΚΟΣ	ΜΚΚ	ΕΜΗΚ	ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΣΕ ΡΥΠΟΥΣ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (KG)
		1	2	3	4=1*2*3	5	6=4*5
ΕΛ1	ΑΒ	600	0,5	11	1205	2,668	3214
ΕΛ2	ΑΓ	450	0,55	11	994	2,668	2651
ΕΛ2	ΓΒ	950	0,5	11	1907	2,668	5088
ΔΙΑΦΟΡΑ ΡΥΠΩΝ (kg)							4526

Πίνακας 16: Εκπομπές CO₂ για λεωφορεία

ΔΙΑΔΡΟΜΗ	ΤΜΗΜΑ	ΜΗΚΟΣ	ΜΚΚ	ΕΜΗΚ	ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΣΕ ΡΥΠΟΥΣ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (KG)
		1	2	3	4=1*2*3	5	6=4*5
ΕΛ1	ΑΒ	600	0,45	76	7490	2,668	19983
ΕΛ2	ΑΓ	450	0,5	76	6242	2,668	16652
ΕΛ2	ΓΒ	950	0,45	76	11859	2,668	31639
ΔΙΑΦΟΡΑ ΡΥΠΩΝ (kg)							28309

Πίνακας 173: Εκπομπές CO₂ για φορτηγά

Από τη βιβλιογραφία γνωρίζουμε ότι η εκπομπή CO₂ έχει κόστος 21,5 Ευρώ ανά τόνο. Έτσι αν πολλαπλασιαστεί η ποσότητα CO₂ με το κόστος 0,0215 €/kg θα βρεθεί η ωφέλεια από την εκπομπή CO₂. Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται τα αποτελέσματα.

Συνολική εξοικονόμηση ρύπων (kg)	Τιμή εκπομπών ρύπων σε ευρώ ανά τόνο	Συνολική ωφέλεια σε ευρώ
97686	22	2100

Πίνακας 24: Εξοικονόμηση από εκπομπή ρύπων

4.6.5 Υπολογισμός ωφελειών από τη εξοικονόμηση καυσίμων

Στη συνέχεια θα υπολογίσουμε την εξοικονόμηση που προκύπτει από την κατανάλωση καυσίμου. Για λόγους απλοποίησης των υπολογισμών θα θεωρήσουμε ότι όλα τα ΙΧ κινούνται με βενζίνη για καύσιμο, ενώ τα φορτηγά και λεωφορεία με diesel. Ορίζονται τιμές παρατηρήσεις για τα δύο καύσιμα οι παρακάτω

Βενζίνη: 1,643 ευρώ/λίτρο

Diesel: 1,417 ευρώ/ λίτρο

Παρατίθενται οι πίνακες υπολογισμού για κάθε μέσο

ΔΙΑΔΡΟΜΗ	ΤΜΗΜΑ	ΜΗΚΟΣ	ΜΚΚ	ΕΜΗΚ	ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	ΤΙΜΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΑΝΑ ΛΙΤΡΟ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO2 (KG)
		1	2	3	$4=1*2*3/1000*365$	5	$6=4*5$
ΕΛ1	ΑΒ	600	0,075	1009	16570	1,643	27225
ΕΛ2	ΑΓ	450	0,11	1009	18227	1,643	29947
ΕΛ2	ΓΒ	950	0,075	1009	26236	1,643	43106
ΩΦΕΛΕΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ							45828

Πίνακας 25: Εξοικονόμηση από καύσιμα ΙΧ

ΔΙΑΔΡΟΜΗ	ΤΜΗΜΑ	ΜΗΚΟΣ	ΜΚΚ	ΕΜΗΚ	ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	ΤΙΜΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΑΝΑ ΛΙΤΡΟ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO2 (KG)
		1	2	3	$4=1*2*3/1000*365$	5	$6=4*5$
ΕΛ1	ΑΒ	600	0,5	11	1205	1,417	1707
ΕΛ2	ΑΓ	450	0,55	11	994	1,417	1408
ΕΛ2	ΓΒ	950	0,5	11	1907	1,417	2702
ΩΦΕΛΕΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ							2404

Πίνακας 26: Εξοικονόμηση από καύσιμα Λεωφορείων

ΔΙΑΔΡΟΜΗ	ΤΜΗΜΑ	ΜΗΚΟΣ	ΜΚΚ	ΕΜΗΚ	ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	ΤΙΜΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΑΝΑ ΛΙΤΡΟ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (KG)
		1	2	3	4=1*2*3/1000*365	5	6=4*5
ΕΛ1	ΑΒ	600	0,45	76	7490	1,417	10613
ΕΛ2	ΑΓ	450	0,5	76	6242	1,417	8844
ΕΛ2	ΓΒ	950	0,45	76	11859	1,417	16804
ΩΦΕΛΕΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ							15035

Πίνακας 27: Εξοικονόμηση από καύσιμα Φορτηγών

4.6.6 Συνολικά οφέλη κατά τον πρώτο χρόνο λειτουργίας.

Τα συνολικά οφέλη είναι το άθροισμα των επιμέρους ωφελειών που υπολογίστηκαν.

ΜΕΣΟ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΧΡΟΝΟΥ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΡΥΠΩΝ	ΣΥΝΟΛΟ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΕΩΝ
ΙΧ	51.406	104.239	45.828	1.394	202.868
ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ	7.588	2.316	2.404	97	12.406
ΦΟΡΤΗΓΑ	8.156	9.266	15.035	609	33.065
ΣΥΝΟΛΟ	67.150	115.822	63.267	2.100	248.339

Πίνακας 188: Συνολικά οφέλη κατά τον πρώτο χρόνο λειτουργίας

Για την απόσβεση του έργου θα υπολογιστεί η καθαρή παρούσα αξία του στο 20ο έτος λειτουργίας του. Το επιτόκιο αναγωγής που χρησιμοποιείται είναι 8%. Επιπρόσθετα, προβλέπεται αύξηση της κυκλοφορίας 1,5% ετησίως καθώς και ποσό συντήρησης του έργου 15.000 ευρώ ετησίως.

Ετος	Κόστος			Ωφέλειες				Καθαρά οφέλη	Παρούσα αξία
	Μελέτη	Κατασκευή	Συντήρηση	Εξοικονόμηση χρόνου	Εξοικονόμηση κόστους καυσίμων	Μείωση ατυχημάτων	Περιβαλλοντικά Οφέλη		
1	- 30.000							- 30.000	- 32.400
2	-	- 2.298.180						- 2.298.180	- 2.484.626
3		-	- 15.000	67.150	63.267	115.822	2.100	233.339	- 2.251.288
4			- 15.000	68.157,03	64.216,26	117.558,90	2.131,76	237.064	- 2.014.224
5			- 15.000	69.179,38	65.179,51	119.322,29	2.163,74	240.845	- 1.773.379
6			- 15.000	70.217,07	66.157,20	121.112,12	2.196,19	244.683	- 1.528.696
7			- 15.000	71.270,33	67.149,56	122.928,80	2.229,13	248.578	- 1.280.118
8			- 15.000	72.339,38	68.156,80	124.772,74	2.262,57	252.531	- 1.027.587
9			- 15.000	73.424,47	69.179,15	126.644,33	2.296,51	256.544	- 771.042
10			- 15.000	74.525,84	70.216,84	128.543,99	2.330,96	260.618	- 510.425
11			- 15.000	75.643,73	71.270,09	130.472,15	2.365,92	264.752	- 245.673
12			- 15.000	76.778,39	72.339,15	132.429,23	2.401,41	268.948	23.275
13			- 15.000	77.930,06	73.424,23	134.415,67	2.437,43	273.207	296.483
14			- 15.000	79.099,01	74.525,60	136.431,91	2.473,99	277.531	574.013
15			- 15.000	80.285,50	75.643,48	138.478,39	2.511,10	281.918	855.932
16			- 15.000	81.489,78	76.778,13	140.555,56	2.548,77	286.372	1.142.304
17			- 15.000	82.712,13	77.929,80	142.663,90	2.587,00	290.893	1.433.197
18			- 15.000	83.952,81	79.098,75	144.803,85	2.625,81	295.481	1.728.678
19			- 15.000	85.212,10	80.285,23	146.975,91	2.665,19	300.138	2.028.817
20			- 15.000	86.490,28	81.489,51	149.180,55	2.705,17	304.866	2.333.682

Πίνακας 199: Υπολογισμός καθαρής παρούσας αξίας για ΕΛ1

Συνεπώς, υπολογίζεται ότι το έργο, δηλαδή η εκ νέου κατασκευή της γέφυρας, να αποσβένεται κατά το 11 έτος λειτουργίας του. Η συγκρινόμενη εναλλακτική που θεωρήθηκε ήταν η εναλλακτική διαδρομή, η οποία διασχίζει το κέντρο Αφάντου. Και στις 2 περιπτώσεις θα πρέπει να προχωρήσει η περιφέρεια σε κατεδάφιση της γέφυρας, για το λόγο αυτό δεν παρουσιάζεται στους

υπολογισμούς απόσβεσης, καθώς αποτελεί κοινό σημείο και των δύο εναλλακτικών.

Συμπεράσματα

Απο την εφαρμογή του μοντέλου ανάλυσης κόστους-οφέλους του έργου αντικατάστασης της γέφυρας στην περιοχή Αφάντου, αυτό που εξάγεται σαν συμπέρασμα είναι πως το οικονομικό όφελος είναι μεγαλύτερο σε σχέση με το να κατεδαφισθεί η γέφυρα και να ακολουθηθεί εναλλακτική διαδρομή.

Από την άλλη πλευρά, τα δημόσια έργα έχουν πάντα και μια κοινωνική διάσταση και δεν πρέπει να απομιμούνται μόνο με γνώμονα το κέρδος, καθώς τα έργα προσφέρονται στο κοινωνικό σύνολο για χρήση τους και πρέπει να κινούνται διαρκώς προς αυτή της κατεύθυνση, της κοινωνικής ευημερίας.

Συγκεκριμένα, θεωρούμε σκόπιμο να αναφερθεί ότι πέρα από τους υπολογισμούς των εξοικονομήσεων που προαναφέρθηκαν, η εκ νέου κατασκευή της γέφυρας περιλαμβάνει και παράγοντες ανάπτυξης της τοπικής οικονομίας. Οι παράγοντες αυτοί σχετίζονται τόσο με αυτή καθαυτή την κατασκευή του έργου, αλλά ταυτόχρονα και με την αισθητική βελτίωση που συνδέεται άμεσα με την τουριστική ανάπτυξη της περιοχής. Θεωρούμε ότι η ανάπτυξη των υποδομών σε τουριστικούς προορισμούς θα πρέπει να αποτελεί προτεραιότητα σε μία χώρα όπου η συνολική συμβολή του τουρισμού στο ΑΕΠ ανέρχεται κοντά στο 20%.

Σχετικά με τη διαδικασία αξιολόγησης, γνωστή από το παρελθόν ως Κοινωνική Ανάλυση Κόστους Οφέλους, ή απλά Ανάλυση Κόστους Οφέλους, έχει εξελιχθεί σήμερα σε ένα ολόκληρο κλάδο. Αν και στην εφαρμογή της αξιολόγησης δαπανών και πολιτικών γίνεται επιλεκτική εφαρμογή των στοιχείων της μεθόδου, η σημασία και η επίδραση της μεθόδου στην ορθή επιλογή επενδυτικών έργων και πολιτικών παγκοσμίως είναι τεράστια.

Βιβλιογραφία

- Almansa, C., Martínez-Paz, J.M., (2011): What weight should be assigned to future environmental impacts? A probabilistic cost benefit analysis using recent advances on discounting, Science of the Total Environment, 409, pp.1305–1314, Murcia
- Engel E, Fischer R, Galetovic A. (2003) : Privatizing Highways in Latin America. Is it possible to fix what went wrong?, Economia: The Journal of LACEA, 4(1), pp.129–158
- Florio M,-Finzi U,-Genco M,.(2003) Οδηγός ανάλυσης κόστους – ωφέλειας των επενδυτικών σχεδίων, Διοικητική Μονάδα Αξιολόγησης Περιφερειακής Πολιτικής, Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Βρυξέλλες
- Αθιάνας Α,.(2016) Μελέτη Προϋπολογισμών Δημοσίων Έργων 2008-2015 άνω των 2 Εκατομμυρίων Ευρώ και Επιπτώσεις από την Κατάργηση των Κατώτατων Ορίων Προϋπολογισμού, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
- Αλεξανδράκη Λ,-Πάντα Α,.(2013) Δημόσια Έργα – Εκτροπή Αχελώου, ΕΜΠ, Αθήνα
- Αραβώσης Κ., Καρμπέρης Α., Σωτήρχος Α., (2012): Τεχνικοοικονομική Αξιολόγηση Επενδύσεων, Εκδ. "Νομική Βιβλιοθήκη", Αθήνα
- Δικηγορική Εταιρεία Σκουρής Τροβά και Συνεργάτες (2008) Κύρωση της κωδικοποίησης της νομοθεσίας κατασκευής δημόσιων έργων. Νόμος 3669/08 Αθήνα
- Καρμπέρης Α,.(2013) Διερεύνηση της Μεταβολής του Προϋπολογισμού Κατασκευής Οδικού Έργου στα Διάφορα Στάδια της Μελέτης, Σχολή Τεχνικής Εκπαίδευσης Αξιωματικών Μηχανικού, ΓΕΣ, Αθήνα

- Κοκκίνου Ευαγγελία.,(2007) Καταγραφή Ταλαντώσεων Σιδηροδρομικής Γέφυρας Γοργοπόταμου με Ρομποτικό Θεοδόλιχο, Πάτρα
- Κωνσταντινίδης Γ,Κουρουμλή Ο, Παπαζιώγα Ι, Λιώλιος Α.,(2009) Επιλογή του Τύπου Γέφυρας Αυτοκινητοδρόμου σε Περιοχή Υψηλής Σεισμικότητας, 16ο Συνέδριο Σκυρόδεματος, Πάφος
- Λεπίδας Ι,-Σπινάσας Ι.,(2010)Εκπόνηση Μελέτης Νέου Τεχνικού Άνω Διάβασης Αφάντου Επι της Εθνικής Οδού Ρόδου-Λίνδου, Αθήνα
- Μέργος Γ.,(2002), Η Ανάλυση Κόστους – Οφέλους στην Αξιολόγηση Αναπτυξιακών Έργων και Πολιτικών, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιάς
- Παναγόπουλος Γ.,(2010) Ειδικές Κατασκευές από Οπλισμένο και Προεντεταμένο Σκυρόδεμα, Σέρρες
- Πολύζος Σ., (2001): Διαπεριφερειακά Οδικά Έργα και Περιφερειακές Οικονομικές Μεταβολές: Μια Μεθοδολογική Προσέγγιση, Τεχν. Χρον. Επιστ. Εκδ. ΤΕΕ, Αθήνα
- Πολύζος Σεραφείμ, (2011),Διοίκηση και διαχείριση έργων – μέθοδοι και τεχνικές, εκδόσεις Κριτική, Σέρρες
- Σιγάλας Ν., (2010) Εισαγωγή στην Γεφυροποιία, ΕΜΠ, Αθήνα
- Χασιάκος Αθανάσιος, Θεοδωρακόπουλος Δημήτριος, (2003), Χρονικός και οικονομικός προγραμματισμός έργων, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα