



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Αξιολόγηση Επιχειρηματικών Μοντέλων σε Εγκαταστάσεις Αφαλάτωσης

Μεταπτυχιακός Φοιτητής: **Μαρία Παπαθωμά**

Επιβλέπων Καθηγητής: **Άγγελος Τσακανίκας, Καθηγητής, ΕΜΠ**

Ημερομηνία: **Ιούνιος 2025**

Περίληψη

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται σε μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση των επιχειρηματικών μοντέλων, που δύνανται να εφαρμοστούν σε μονάδες αφαλάτωσης, με ιδιαίτερη έμφαση στο ελληνικό πλαίσιο. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν κυρίως οι νησιωτικές περιοχές της χώρας, οι οποίες χαρακτηρίζονται από αυξημένες ανάγκες υδροδότησης και περιορισμένους φυσικούς πόρους.

Η έλλειψη επαρκών υδατικών πόρων αποτελεί μείζον παγκόσμιο πρόβλημα. Η διαθεσιμότητα των πόρων αυτών μειώνεται διαρκώς εφόσον επηρεάζονται από την κλιματική αλλαγή, την πληθυσμιακή αύξηση καθώς και τις τουριστικές πιέσεις, ιδίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Η αφαλάτωση αναδεικνύεται ως μια κρίσιμη τεχνολογία για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας. Η παρούσα εργασία διερευνά τις τεχνικές δυνατότητες των διαθέσιμων τεχνολογιών αφαλάτωσης αλλά και τη διοικητική και χρηματοδοτική δομή τους με σκοπό να επισημάνει την σημασία της ευρείας υιοθέτησης τέτοιων έργων με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο.

Αρχικά, εξετάζονται οι βασικές τεχνολογίες αφαλάτωσης, οι οποίες διακρίνονται σε θερμικές διεργασίες αλλαγής φάσης και σε διεργασίες μέσω ημιπερατών μεμβρανών. Στις θερμικές διεργασίες περιλαμβάνονται η Πολυβάθμια Εκτόνωση (Multi-Stage Flash - MSF), η Πολυβάθμια Εξάτμιση (Multiple Effect Distillation - MED) και η Συμπύεση Ατμών (Vapor Compression - VC). Οι τεχνολογίες αυτές χαρακτηρίζονται από υψηλή κατανάλωση θερμικής ενέργειας και αξιοποιούνται κυρίως σε περιοχές με αφθονία φθηνών ενεργειακών πόρων. Όσον αφορά τις διεργασίες με ημιπερατές μεμβράνες, όπως η Αντίστροφη Ώσμωση (Reverse Osmosis - RO) και η Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis - ED), παρουσιάζουν χαμηλότερο λειτουργικό κόστος και ενεργειακή κατανάλωση. Η επικρατέστερη τεχνολογία στο ελληνικό πλαίσιο είναι η Αντίστροφη Ώσμωση, λόγω της αποδεδειγμένης αποτελεσματικότητά της.

Παράλληλα, εξετάζονται οι δυνατότητες ενσωμάτωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ειδικότερα της ηλιακής ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των μονάδων αφαλάτωσης. Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω ηλιακών αποστακτήρων ή φωτοβολταϊκών ή ηλιακών λιμνών.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ»

Σε κάθε περίπτωση, βασικός στόχος για την επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας είναι η επίτευξη της μέγιστης απόδοσης σε συνδυασμό με τη διασφάλιση της μείωσης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του έργου.

Σε επόμενο στάδιο, η εργασία μεταβαίνει από το τεχνολογικό επίπεδο στο διοικητικό και οικονομικό, αναλύοντας εκτενώς τα διαθέσιμα επιχειρηματικά μοντέλα διαχείρισης των έργων.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις συμβάσεις Σύμπραξης Δημόσιου με Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ), στο πλαίσιο των οποίων διερευνώνται οι διάφοροι τρόποι συμμετοχής του ιδιωτικού τομέα σε όλα τα στάδια υλοποίησης του έργου, περιλαμβανομένων τη χρηματοδότηση, την κατασκευή καθώς και τη λειτουργία του. Η βέλτιστη επιλογή του κατάλληλου μοντέλου αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχή έκβαση και την αποτελεσματική υλοποίηση του έργου καθώς δύναται να συμβάλλει στη μείωση του συνολικού κόστους και του απαιτούμενου χρόνου ολοκλήρωσής του.

Στο πλαίσιο αυτό πραγματοποιείται συγκριτική ανάλυση μεταξύ του παραδοσιακού μοντέλου συμβάσεων και των συμβάσεων ΣΔΙΤ. Η αξιολόγηση τους αποσκοπεί στην ανάδειξη των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων του κάθε μοντέλου καθώς και στον προσδιορισμό του καταλληλότερου πλαισίου εφαρμογής για έργα αφαλάτωσης στο ελληνικό περιβάλλον.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αναδεικνύουν τη σημασία και τη δυναμική των συμβάσεων ΣΔΙΤ, εφόσον μπορούν να προσφέρουν αυξημένη αποδοτικότητα, ταχύτερη υλοποίηση, άμεση πρόσβαση σε ιδιωτικά κεφάλαια και πιο αποτελεσματική διαχείριση κινδύνων σε σχέση με τις παραδοσιακές συμβάσεις. Ωστόσο, για την επιτυχή εφαρμογή των δύο προσεγγίσεων, απαιτείται σαφές θεσμικό πλαίσιο, η εξασφάλιση κοινωνικής αποδοχής καθώς και η παροχή τεχνικής υποστήριξης σε όλη τη διάρκεια υλοποίησης και λειτουργίας του έργου.

Ένας ακόμη κρίσιμος παράγοντας που εξετάζεται στην παρούσα εργασία είναι η ικανότητα προσαρμογής μιας μονάδας αφαλάτωσης στους στόχους της βιώσιμης ανάπτυξης. Η ανάλυση καταδεικνύει ότι η αξιοποίηση της προηγμένης τεχνολογίας του ιδιωτικού τομέα και της διαχειριστικής εμπειρίας που διαθέτει, εναρμονίζεται αποτελεσματικά με τις αρχές της βιωσιμότητας. Αντιθέτως, οι δημόσιοι φορείς συχνά αντιμετωπίζουν περιορισμούς ως προς την τεχνική επάρκεια, τη διαχειριστική τους ικανότητα και τους διαθέσιμους οικονομικούς πόρους, γεγονός που δυσχεραίνει την επίτευξη των περιβαλλοντικών και κοινωνικών στόχων που τίθενται.

Στην περίπτωση της Ελλάδας, διαπιστώνεται ότι δεν έχει υλοποιηθεί μέχρι σήμερα μονάδα αφαλάτωσης που να αξιοποιεί τις συμβάσεις ΣΔΙΤ. Η απουσία τέτοιων έργων αποδίδεται κυρίως στο υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης και στο αυξημένο επενδυτικό ρίσκο που συνεπάγεται για τον ιδιωτικό τομέα. Η οικονομική βιωσιμότητα και η διασφάλιση εσόδων για τον ιδιώτη αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την προσέλκυση επενδύσεων. Ωστόσο, οι τεχνολογικές, διοικητικές και λειτουργικές προκλήσεις καθιστούν ενδιαφέρουσα τη διερεύνηση του μοντέλου ΣΔΙΤ ως βιώσιμη λύση.

Επίσης, καθοριστικός παράγοντας για την επιτυχία ενός έργου αφαλάτωσης αποτελεί η διαθεσιμότητα και η αποτελεσματική αξιοποίηση των χρηματοδοτικών εργαλείων. Επομένως, εξετάζονται τα υφιστάμενα



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ»

χρηματοδοτικά εργαλεία που διατίθενται από ευρωπαϊκούς και εθνικούς φορείς, καθώς και τη δυνατότητα προσέλκυσης ιδιωτικών κεφαλαίων.

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, βασικό χρηματοδοτικό εργαλείο αποτελεί το Εταιρικό Σύμφωνο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΣΠΑ), το οποίο μέσω διαθρωτικών ταμείων συμβάλλει στην ενίσχυση της επιχειρηματικότητας, της καινοτομίας καθώς και στην ανάπτυξη των απαιτούμενων υποδομών. Τα κυριότερα ταμεία είναι το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ), το Ταμείο Συνοχής (ΤΣ), και το Ταμείο Δίκαιης Μετάβασης (ΤΔΜ).

Παράλληλα, με σκοπό την ενίσχυση της καινοτομίας και της πράσινης μετάβασης αξιοποιούνται δύο ακόμη προγράμματα ευρωπαϊκών πόρων το LIFE και το HORIZON Europe.

Σε εθνικό επίπεδο διατίθενται χρηματοδοτικοί πόροι μέσω των ταμείων του Εθνικού Προγράμματος Ανάπτυξης (ΕΠΑ), του Πράσινου Ταμείου και του Ταμείου Παρακαταθηκών και Δανείων.

Παράλληλα, εξετάζεται η δυνατότητα απευθείας ιδιωτικών επενδύσεων, οι οποίες παρουσιάζουν σημαντικές προοπτικές, υπό την προϋπόθεση ότι αξιολογούνται σωστά οι στρατηγικοί, οικονομικοί και κοινωνικοί παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχία μιας επένδυσης.

Γενικότερα οι βασικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει ένας επενδυτής κατά τη συμμετοχή του σε μονάδες αφαλάτωσης εστιάζονται σε τρεις άξονες. Αρχικά, το υψηλό αρχικό κόστος της επένδυσης, είναι συχνά αποτρεπτικό για την προσέλκυση ιδιωτικών κεφαλαίων. Επιπλέον, η τεχνική και διοικητική ανεπάρκεια των τοπικών φορέων διαχείρισης, περιορίζει την ικανότητα υποστήριξης και συντήρησης των έργων σε βάθος χρόνου και τέλος η πολυπλοκότητα των διαδικασιών χρηματοδότησης καθώς και ο συνδυασμός των διαθέσιμων χρηματοδοτικών εργαλείων αποτελούν εμπόδιο για την επιτάχυνση της υλοποίησης ενός έργου αφαλάτωσης.

Προκειμένου να ενισχυθεί η θεωρητική προσέγγιση της παρούσας εργασίας, πραγματοποιείται ανάλυση δύο χαρακτηριστικών μελετών περίπτωσης μονάδων αφαλάτωσης που έχουν εγκατασταθεί στην Ελλάδα. Η πρώτη αφορά ένα καινοτόμο ερευνητικό έργο, τη μονάδα αφαλάτωσης SOL BRINE στην Τήνο, η οποία αξιοποιεί την τεχνολογία αντίστροφης ώσμωσης σε συνδυασμό με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η συγκεκριμένη μονάδα επιτυγχάνει υψηλό βαθμό ενεργειακής αυτονομίας, εναρμονισμένη πλήρως με τους περιβαλλοντικούς στόχους, ενώ παράλληλα εισάγει μια σημαντική τεχνολογική καινοτομία: τη δυνατότητα εξάλειψης της παραγόμενης άλμης με την επίτευξη της μηδενικής απόρριψης της (zero liquid discharge).

Η δεύτερη μελέτη περίπτωσης αφορά μια μονάδα αφαλάτωσης στον Δήμο Μάνδρας, η οποία υλοποιήθηκε με το παραδοσιακό μοντέλο δημόσιας σύμβασης. Για την άντληση των απαραίτητων στοιχείων για την εργασία, κρίθηκε αναγκαία η επικοινωνία με εκπρόσωπο του Δήμου, ο οποίος προσέφερε κρίσιμες πληροφορίες από την οπτική του δημόσιου φορέα σχετικά με όλες τις φάσεις υλοποίησης του έργου. Από τη συγκεκριμένη περίπτωση αναδείχθηκαν πληθώρα διοικητικών και θεσμικών δυσκολιών, τα οποία όφειλε να αντιμετωπίσει ο Δήμος, επισημαίνοντας τις παθογένειες που συχνά χαρακτηρίζουν τους δημόσιους φορείς. Επομένως, κρίθηκε αναγκαία η συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα εφόσον έχει τη δυνατότητα



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ»

αναγνώρισης των προβλημάτων – προκλήσεων έγκαιρα, γεγονός που μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στην επίσπευση των διαδικασιών και στην αποτελεσματικότερη υλοποίηση αντίστοιχων έργων.

Η εργασία ολοκληρώνεται με μια συγκριτική αποτίμηση των δύο βασικών επιχειρηματικών μοντέλων, αξιολογώντας παράγοντες που σχετίζονται με το κόστος, την αποδοτικότητά τους, το χρόνο υλοποίησής τους, την κατανομή και διαχείριση κινδύνου, την ευελιξία προσαρμογής τους, την κοινωνική αποδοχή καθώς και τον βαθμό ενσωμάτωσης των αρχών βιώσιμης ανάπτυξης.

Από τη συγκριτική αποτίμηση προκύπτει ότι, υπό προϋποθέσεις, οι ΣΔΙΤ δύνανται να αποτελέσουν την καταλληλότερη επιλογή για την υλοποίηση έργων αφαλάτωσης στην Ελλάδα. Το μοντέλο αυτό αναδεικνύεται ιδιαίτερα αποτελεσματικό σε περιπτώσεις όπου απαιτείται ταχεία και αξιόπιστη υλοποίηση, εξασφάλιση της λειτουργικής βιωσιμότητας σε μακροχρόνιο ορίζοντα και βελτιστοποίηση της σχέσης κόστους – οφέλους. Παράλληλα, η δυνατότητα μεταφοράς τεχνογνωσίας και εμπειρίας του ιδιωτικού τομέα, καθιστούν τις ΣΔΙΤ ένα ιδιαίτερα ελκυστικό εργαλείο, με σημαντικά περιθώρια εφαρμογής στο πεδίο των υδατικών πόρων.

Λέξεις κλειδιά: Μονάδα Αφαλάτωσης, Λειψυδρία, Επιχειρηματικά μοντέλα, Αξιολόγηση, Σύμπραξη Δημόσιου – Ιδιωτικού τομέα (ΣΔΙΤ), Παραδοσιακό Μοντέλο Σύμβασης.