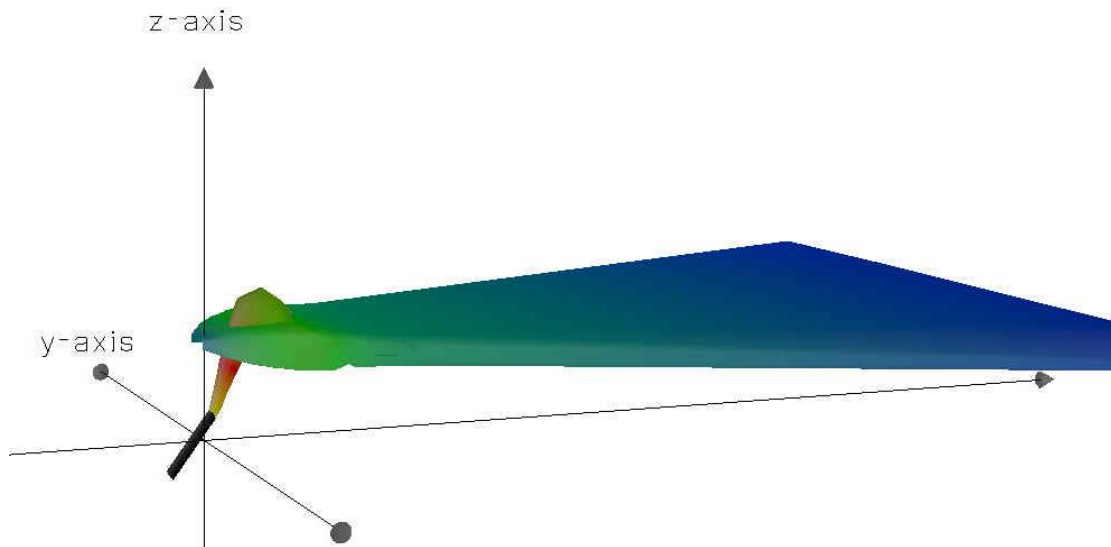


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ & ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ & ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΛΟΥΜΙΟΥ ΣΤΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ



ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ:
ΜΑΚΡΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ
ΠΟΛΙΤΗΣ ΑΡΧΟΝΤΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΚΡΕΣΤΕΝΙΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
Καθηγητής Α.Π.Θ.

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2005

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

➤ ΠΡΟΛΟΓΟΣ

1^ο Κεφάλαιο: ΘΕΡΜΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

- 1.1 Εισαγωγή
- 1.2 Γενικά περί Θερμικής Ρύπανσης
- 1.3 Σημασία της θερμοκρασίας ως αβιοτικού παράγοντα του θαλάσσιου περιβάλλοντος
- 1.4 Περιοχές που επηρεάζονται από τη θερμική ρύπανση
- 1.5 Επιπτώσεις θερμικής ρύπανσης
- 1.6 Προτεινόμενες λύσεις
- 1.7 Συμπεράσματα

2^ο Κεφάλαιο: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΛΟΥΜΙΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ‘VISUAL PLUMES’

- 2.1 Θεωρητικές αναφορές πάνω στη διάθεση υγρών αποβλήτων στη θάλασσα, στη δημιουργία και διασπορά πλουμίου
 - Γενικά περί διάθεσης υγρών αποβλήτων στη θάλασσα
 - 2.1.1 Διάχυση και διασπορά για βάθη < 20 m
 - 2.1.2 Διάχυση και διασπορά για βάθη > 20 m
 - 2.1.3 Περαιτέρω διάχυση και διασπορά
- 2.2 Παρουσίαση - περιγραφή - ανάλυση λειτουργιών λογισμικού υδραυλικών επιλύσεων Visual Plumes for Windows
 - 2.2.1 Εισαγωγή
 - 2.2.2 Γενική ανασκόπηση της διεπιφάνειας εργασίας (interface)
 - 2.2.3 Μοντέλα που υποστηρίζονται από την πλατφόρμα του Visual Plumes
 - 2.2.4 Αναλυτική παρουσίαση των επιφανειών εργασίας

3^ο Κεφάλαιο: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ-ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΡΓΟΥ

- 3.1 Παρουσίαση κατασκευαστικών δεδομένων αγωγού και μελέτης έργου
- 3.2 Φυσικά χαρακτηριστικά θαλάσσιου περιβάλλοντος

- 3.3 Προτεινόμενοι μήνες για μελέτη-έλεγχο στο λογισμικό Visual Plumes
- 3.4 Σχέση αλατότητας - θερμοκρασίας - πυκνότητας
- 3.5 Στοιχεία ρευμάτων θαλάσσιου περιβάλλοντος
- 3.6 Λογική 'δοκιμών' τοποθέτησης αγωγού
- 3.7 Προτάσεις-λύσεις τοποθέτησης αγωγού

4^ο Κεφάλαιο: ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΛΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΤΟ VISUAL PLUMES

- 4.1 Τιμές δεδομένων εισαγωγής στο Visual Plumes
- 4.2 Διαμόρφωση και περιεχόμενο διαγραμμάτων
- 4.3 1^η Λύση: Κατασκευαστικά δεδομένα προμελέτης
- 4.4 2^η Λύση: Περίπτωση χρήσης διαχυτήρα
- 4.5 3^η Λύση: Περίπτωση χρήσης αγωγού ανάμιξης
- 4.6 4^η Λύση: Περίπτωση χρήσης πολλαπλών αγωγών
- 4.7 5^η Λύση: Περίπτωση αλλαγής κλίσης ανύψωσης του άκρου αγωγού εκροής

➤ ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

➤ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

➤ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της εξεταζόμενης διπλωματικής εργασίας είναι κατά πρώτον η διερεύνηση των επιπτώσεων της θερμικής ρύπανσης που παρατηρείται σε θαλάσσιους αποδέκτες λόγω αποβολής θερμών λυμάτων κυρίως από παράκτιες εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και κατά δεύτερον και κυριότερο η μελέτη της διάχυσης, διασποράς αλλά και γενικότερης συμπεριφοράς θερμικού πλουμίου στο θαλάσσιο περιβάλλον με γνώμονα βέβαια την αποφυγή των προαναφερθέντων περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Στο 1^ο Κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση του φαινομένου της Θερμικής Ρύπανσης το οποίο ταυτίζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας των φυσικών υδάτων, ως αποτέλεσμα της εκροής σε αυτά θερμών αποβλήτων από βιομηχανίες και εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, οι οποίες αντλούν νερό από φυσικούς αποδέκτες, το χρησιμοποιούν ως ψυκτικό μέσο και στη συνέχεια το επιστρέφουν στο φυσικό αποδέκτη σε υψηλότερες θερμοκρασίες από τις θερμοκρασίες άντλησης. Εξετάζονται συνακόλουθα οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στη χώρα μας και παγκοσμίως καθώς και οι απαιτούμενες λύσεις που προτείνονται από την επιστημονική κοινότητα διεθνώς με γνώμονα πάντα τη λήψη αυστηρών μέτρων στα πλαίσια της οδηγίας 2000/60 (23/10/2000) για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα πολιτικής των υδάτων. Σε αυτήν την κατεύθυνση γίνεται αναφορά στην έκταση του φαινομένου γενικά (διεθνή χαρακτηριστικά παραδείγματα, τύποι συστημάτων ψύξης κ.τ.λ.), ανάλυση της σημασίας της θερμοκρασίας ως αβιοτικού παράγοντα του θαλάσσιου περιβάλλοντος, αλλά και της εξάρτησης του μεγέθους του φαινομένου από τη γεωγραφική θέση και τις ωκεανογραφικές συνθήκες στα πλαίσια των οποίων εκδηλώνεται. Στη συνέχεια γίνεται εκτενής ανάλυση των επιπτώσεων της θερμικής ρύπανσης στο θαλάσσιο περιβάλλον, οι οποίες χωρίζονται σε φυσικές, χημικές και βιολογικές. Καθώς δε οι τελευταίες αποτελούν τον πιο χαρακτηριστικό δείκτη υγείας των οικοσυστημάτων παρουσιάζονται αναλυτικά οι επιπτώσεις στους θαλάσσιους οργανισμούς όπως τα ψάρια, τα φύκη, το ζωοβένθος, οι μικροοργανισμοί, τα οστρακόδερμα, τα άλγη και άλλα υδρόβια είδη. Τέλος προτείνονται αναλυτικά διάφοροι τρόποι και συστήματα επίλυσης του προβλήματος θερμικής ρύπανσης με χρήση πύργων ψύξης (έρευνες, λειτουργία, απόδοση), του «ανοιχτού ή άμεσου συστήματος» (μίας διέλευσης και επιστροφής), του «κλειστού ή έμμεσου συστήματος» [με κλειστό βρόχο αναδιανομής (recirculating system)], υβριδικές λύσεις και η χρήση "υποβαθμισμένων" πηγών νερού ως μέσου ψύξης.

Στο 2^ο Κεφάλαιο γίνεται θεωρητική ανάλυση της διάχυσης και διασποράς θερμικού πλουμίου καθώς και παρουσίαση του λογικού

‘VISUAL PLUMES for Windows’. Αναλυτικότερα γίνεται παρουσίαση του θεωρητικού υπόβαθρου πάνω στη διάθεση υγρών αποβλήτων σε θαλάσσιους αποδέκτες μέσω υποβρυχίων αγωγών και αναφορά πάνω στη δημιουργία τυρβώδους ανωστικής φλέβας και τυρβώδους πλουμίου από μοντέλα διαχυτήρων ή απλών αγωγών διάθεσης λυμάτων. Στη συνέχεια γίνεται θεωρητική αναφορά του φαινομένου της διάχυσης και διασποράς στο κοντινό (near-field) και στο μακρινό πεδίο (far-field), αλλά και της αναγκαιότητας χρήσης μαθηματικών ομοιωμάτων παράκτιας κυκλοφορίας και μεταφοράς ρυπαντών όπως το χρησιμοποιούμενο, στην παρούσα διπλωματική εργασία, VISUAL PLUMES, το οποίο επιλέγεται από μια πληθώρα τέτοιων πακέτων λογισμικού υδροδυναμικών επιλύσεων για επιφανειακούς κυρίως αποδέκτες, προτεινόμενα από το CEAM (Center for Exposure Assessment Modeling) της EPA (Environmental Protection Agency). Το Visual Plumes (VP) είναι μια πρότυπη εφαρμογή διαχείρισης υδάτινων ζωνών μίξης για περιβάλλον Windows που σχεδιάστηκε για να αντικαταστήσει το πρόγραμμα PLUMES που βασίζεται σε περιβάλλον DOS (Baumgartner, Frick και Roberts, 1994). Πρόκειται για ένα μαθηματικό ομοίωμα παράκτιας κυκλοφορίας και μεταφοράς ρυπαντών σε υδατοσυλλέκτες, το οποίο προβλέπει τη συμπεριφορά (διασπορά, διάλυση, ανάδυση, κατάδυση κ.α.) υδάτινων μαζών εν είδη φλέβας και πλουμίου με ανωστική αρχική τάση μέσα σε αυτούς, στηριγμένο στον αλγόριθμο του Brooks για να προβλέψει την αξονοσυμμετρική (εστιακή) διάλυση σε μακρινό πεδίο και το εύρος του πεδίου απόθεσης αποβλήτων. Γίνεται γενική ανασκόπηση της διεπιφάνειας εργασίας (interface), παρουσιάζονται τα υπολογιστικά μοντέλα που υποστηρίζονται από την πλατφόρμα του Visual Plumes (DKHW, NRFIELD/FRFIELD, UM3, PDSW, και DOS PLUMES), τα οποία είναι μοντέλα τύπου Lagrange ή τύπου Euler που βασίζονται στην υπόθεση της προβολής της τυρβώδους συμπαράσυρσης σε διδιάστατο πεδίο (projected-area-entrainment) από τους Rawn, Bowerman και Brooks (1960), Winiarski και Frick (1976) και Frick (1984). Τέλος γίνεται αναλυτική παρουσίαση των επιφανειών εργασίας για την κατάστρωση προβλημάτων (δηλ. του Διαχυτήρα, του Περιβάλλοντος χώρου, των Ειδικών Settings, της Απόδοσης Κειμένου, και της Απόδοσης Γραφικών).

Στο 3^ο Κεφάλαιο γίνεται περιγραφή και ανάλυση συγκεκριμένου προβλήματος (case study) και παρουσίαση του υπό μελέτη έργου. Πρόκειται συγκεκριμένα για την εγκατάσταση φυσικού αερίου που προβλέπεται να κατασκευαστεί στην περιοχή ‘Χασάπικα’ Θεσσαλονίκης. Ο αγωγός εκροής, που θα χρησιμοποιηθεί για την αποβολή των θερμών υδάτων στον Θερμαϊκό Κόλπο, βρίσκεται στην ίδια θέση με αυτόν της παλιότερης εγκατάστασης επεξεργασίας πετρελαίου ESSO-PAPAS, ΕΛ.ΠΕ. Παρουσιάζονται τα κατασκευαστικά δεδομένα αγωγού και

μελέτης έργου [π.χ. $\Delta T=5^{\circ}\text{C}$ ($T_{\text{πλουμίου}} = T_{\text{θάλασσας}} + 5^{\circ}\text{C}$) και $\Delta S=30\%$ $S_{\text{θάλασσας}}$ ($S_{\text{πλουμίου}} = 1,30 \cdot S_{\text{θάλασσας}}$), όπου ΔT η διαφορά θερμοκρασίας και ΔS η διαφορά αλατότητας του αποβαλλόμενου νερού από αυτές του υδατοσυλλέκτη]. Γίνεται μελέτη κατασκευής αγωγού με απλό στόμιο εκροής, αλλά και με χρήση διαχυτήρα πολλαπλών ανυψωτήρων. Παρατίθενται τα φυσικά χαρακτηριστικά του θαλάσσιου περιβάλλοντος, προτείνονται οι μήνες για μελέτη-έλεγχο, αναλύεται η πολυπλοκότητα της σχέσης αλατότητας - θερμοκρασίας - πυκνότητας, εκτιμώνται οι παραδοχές αναφορικά με τα στοιχεία ρευμάτων του θαλάσσιου περιβάλλοντος και παρατίθεται η λογική 'δοκιμών' τοποθέτησης του αγωγού, ενώ ταυτόχρονα προβλέπονται διάφορες πρωτότυπες προτάσεις-λύσεις όσο αφορά στο σύστημα διάθεσης των θερμών αποβλήτων με σκοπό τη βέλτιστη διάχυση και διασπορά θερμικού πλουμίου, όπως η κατασκευή αγωγού ανάμιξης είτε διάταξης πολλαπλών αγωγών μικρότερης διατομής με συνολική παροχή την προβλεπόμενη από την προμελέτη είτε τέλος η μείωση κλίσης του ανυψωμένου άκρου του αγωγού.

Στο 4^ο Κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση των προτεινόμενων λύσεων μέσω κατάλληλων υπολογισμών στο λογισμικό VISUAL PLUMES. Προβάλλονται τα δεδομένα εισαγωγής στο πρόγραμμα και γίνεται επεξήγηση της διαμόρφωσης και του περιεχομένου των διαγραμμάτων με σκοπό την εκτίμηση αυτών ως προς τη συμπεριφορά των θερμών λυμάτων στον Κόλπο του Θερμαϊκού. Εξετάζονται οι εξής 5 κατασκευαστικές λύσεις:

- 1^η Λύση: Κατασκευαστικά δεδομένα προμελέτης
- 2^η Λύση: Περίπτωση χρήσης διαχυτήρα
- 3^η Λύση: Περίπτωση χρήσης αγωγού ανάμιξης
- 4^η Λύση: Περίπτωση χρήσης πολλαπλών αγωγών
- 5^η Λύση: Περίπτωση αλλαγής κλίσης ανύψωσης του άκρου αγωγού εκροής

Για κάθε μία πρόταση εξετάζονται οι μήνες Ιούνιος, Σεπτέμβριος, Φεβρουάριος και για βάθη εκροής 2m, 5m, 10m.

Εν κατακλείδι παρατίθεται μια σειρά συμπερασμάτων όσο αφορά στην απομείωση της θερμοκρασιακής διαφοράς πλουμίου-περιβάλλοντος ($\Delta T < 1-1,5^{\circ}\text{C}$) και της απόστασης στην οποία λαμβάνει χώρα αυτή, στην τελική πρόταση κατασκευαστικής λύσης, στον εποχιακό χαρακτήρα της πιθανής εμφάνισης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, στην αναγκαιότητα διενέργειας Μ.Π.Ε. με παρακολούθηση της βιοποικιλότητας της περιοχής σε βάθος χρόνου και συνολικά στην συμπεριφορά του χρησιμοποιούμενου λογισμικού και την ασφάλεια των συμπερασμάτων.

Τέλος γίνεται παράθεση εκτενούς βιβλιογραφίας και δύο παραρτημάτων (Α: χάρτης περιοχής υπό μελέτη και Β: πίνακες ωκεανογραφικών μετρήσεων από τον σταθμό TP01).