

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΛΥΣΙΜΑΧΕΙΑΣ ΣΤΗ ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ
ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ – ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ:

Δρ. ΔΙΟΝΥΣΙΑ – ΠΗΝΕΛΟΠΗ ΚΟΝΤΟΝΗ
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός
Αναπλ. Καθηγήτρια Τ.Ε.Ι.

Δρ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ Θ. ΦΟΥΡΝΙΩΤΗΣ
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός
Επιστημονικός Συνεργάτης Τ.Ε.Ι.

ΠΑΤΡΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

<u>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ</u>	1
<u>ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΑ</u>	8
<u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</u>	9
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΝΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</u>	
1.1. ΑΝΕΜΟΓΕΝΗ ΡΕΥΜΑΤΑ	10
1.1.1. ΣΥΖΕΥΞΗ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΑΣ	10
1.1.2. ΓΕΝΕΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ – ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΕΚΜΑΝ	11
1.1.2.1. Η ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΚΜΑΝ	11
1.1.3. ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΚΑΙ ΙΣΗΜΕΡΙΝΗ ΑΝΑΔΥΣΗ	12
1.2. ΓΕΩΣΤΡΟΦΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ	13
1.2.1. ΘΕΡΜΟ-ΑΛΑΤΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ	14
1.2.2. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ	14
1.3. ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΚΑΙ ΑΔΡΑΝΕΙΑΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ	16
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙ ΛΙΜΝΩΝ</u>	17
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	17
2.2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΙΜΝΩΝ	18
2.3. ΓΕΝΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ - ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ	18
2.3.1. Η ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	18
2.4. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΙΜΝΩΝ	20
2.5. Η ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΑ (ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ) – ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΛΙΜΝΩΝ	22
2.6. ΟΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΤΟ ΛΙΜΝΑΙΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ	23
2.6.1. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	24
2.6.1.1. ΟΣΜΗ	24
2.6.1.2. ΦΩΣ	24
2.7. ΑΝΑΜΙΞΗ ΣΕ ΛΙΜΝΕΣ - ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ – ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	26
2.8. ΕΙΣΡΟΕΣ - ΕΚΡΟΕΣ ΣΕ ΛΙΜΝΕΣ	28
2.8.1. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΟΡΙΑΚΗ ΣΤΟΙΒΑΔΑ – ΔΡΑΣΗ ΑΝΕΜΟΥ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΙ ΑΝΕΜΟΙ	28
2.8.2. ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	31
2.8.3. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ – ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΟΜΗ ΛΙΜΝΩΝ	32
2.8.4. ΕΙΣΡΟΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΠΟΤΑΜΟΥ Ή ΧΕΙΜΑΡΡΟΥ ΣΕ ΛΙΜΝΕΣ	36
2.9. ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΑΝΑΜΙΞΗ ΣΤΟ ΕΠΙΛΙΜΝΙΟ	37
2.9.1. ΔΙΕΙΣΔΥΤΙΚΗ ΜΕΤΑΘΕΣΗ	37
2.9.2. ΑΝΕΜΟΙ	39
2.10. ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΑΝΑΜΙΞΗ ΣΕ ΛΙΜΝΕΣ	40
2.11. ΕΙΣΡΟΕΣ ΣΕ ΛΙΜΝΕΣ	40
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΙΣΡΟΗ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΣΕ ΛΙΜΝΕΣ</u>	42
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	42
3.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ	44
3.2.1. ΑΜΕΣΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	44

3.2.2. ΛΕΚΑΝΕΣ ΧΑΛΙΚΙΩΝ	44
3.2.3.ΜΕΤΩΠΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ	45
3.2.4. ΕΚΣΚΑΦΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ	45
3.2.5. ΕΚΚΕΝΩΣΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ	47
3.3. ΡΕΥΜΑΤΑ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ	48
3.3.1. ΟΡΙΣΜΟΣ	48
3.3.2. ΣΗΜΕΙΟ ΒΥΘΙΣΗΣ	49
3.3.3. ΡΟΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ	50
3.3.4 ΠΑΡΕΙΣΔΥΣΗ	51
3.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	51
3.4.1 ΤΥΡΒΩΔΗΣ ΑΙΩΡΗΣΗ	51
3.4.2 ΤΥΡΒΩΔΗ ΡΕΥΜΑΤΑ	53
3.4.3 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	54
3.5 ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΕΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΙΣΡΟΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ	55
3.5.1 ΑΝΑΝΤΗ ΠΟΤΑΜΟΣ	55
3.5.2 ΚΑΤΑΝΤΗ ΠΟΤΑΜΟΣ	56
3.5.3 ΔΙΑΘΕΣΗ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	57
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΙΜΝΗ ΛΥΣΙΜΑΧΕΙΑ</u>	59
4.1. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΕΜΒΑΔΟΥ ΛΟΓΩ ΤΗΣ ΠΡΟΣΧΩΣΗΣ ΑΠΟ ΦΕΡΤΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΔΟ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ	60
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ – ΚΩΔΙΚΑΣ ΜΙΚΕ 3FM (HD)</u>	63
5.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	64
5.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	66
5.3 ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ	66
5.4. Ο ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΜΙΚΕ 3 FM (HD) - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΚΩΔΙΚΑ ΜΙΚΕ 3 FM (HD)	67
5.5. Η ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΤΩΝ ΕΙΣΩΣΕΩΝ	67
5.5.1. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΕΙΣΩΣΕΙΣ ΣΕ ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	67
5.5.1.1. ΕΙΣΩΣΕΙΣ ΡΗΧΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ (SHALLOW WATER EQUATIONS)	67
5.5.1.2. ΕΙΣΩΣΕΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	70
5.5.1.3. ΕΙΣΩΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΡΥΠΟΥ	71
5.5.1.4. ΟΙ ΕΙΣΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΕ ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΕΣ ΚΑΙ ΣΙΓΜΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	71
5.5.2. Η ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΤΥΡΒΗΣ	73
5.5.2.1. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΤΥΡΒΩΔΟΥΣ ΙΕΩΔΟΥΣ	73
5.5.2.2. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΤΥΡΒΗΣ ΣΤΗΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	74
5.5.2.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΤΥΡΒΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	75
5.6 Η ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΩΝ ΕΙΣΩΣΕΩΝ	76

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΛΙΜΝΗ ΛΥΣΙΜΑΧΕΙΑ</u>	78
<u>ΓΕΝΙΚΑ</u>	78
6.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ – ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	78
6.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	82
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ</u>	84
7.1 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ	84
7.2. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	84
7.3. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΛΥΣΙΜΑΧΕΙΑΣ	84
7.3.1. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ	84
7.3.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΚΩΔΙΚΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΗΣ ΡΟΗΣ	87
7.3.3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ.	88
7.3.3.1. ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ	88
7.3.3.2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ	92
7.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	96
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	97
<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</u>	99

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 1.1: Προσομοίωση των ανεμογενών ρευμάτων σύμφωνα με τον Ekman. (Θεοδώρου, 2000) 12
- Εικόνα 1.2: Άντληση από μεταφορά Ekman στην περιοχή του ισημερινού (Διαδίκτυο, 2013). (http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge768e/E_OCEAN_ALBANAKIS/PDF/KEF_6_PEYM_ATA.pdf) 13
- Εικόνα 1.3: Σε πολικές περιοχές όπου μετά τον σχηματισμό του πάγου δημιουργείται ψυχρό και αλμυρό νερό το νερό αυτό έχει μεγάλη πυκνότητα βυθίζεται και εκτοπίζει το λιγότερο πυκνό νερό το οποίο ανεβαίνει στην επιφάνεια (Διαδίκτυο, 2013). (http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge768e/E_OCEAN_ALBANAKIS/PDF/KEF_6_PEYM_ATA.pdf) 13
- Εικόνα 1.4: Γεωστροφικά ρεύματα και δυναμική τοπογραφία από τον δορυφόρο Topex Poseidon (Διαδίκτυο, 2013). (http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge768e/E_OCEAN_ALBANAKIS/PDF/KEF_6_PEYM_ATA.pdf) 14
- Εικόνα 1.5: Δυναμική τοπογραφία της επιφάνειας των ωκεανών, όπως προκύπτει από τον δορυφόρο Topex Poseidon (Διαδίκτυο, 2013). (http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge768e/E_OCEAN_ALBANAKIS/PDF/KEF_6_PEYM_ATA.pdf) 15
- Εικόνα 2.1: Στην ευφωτική ζώνη μπορούν να αναπτυχθούν όλα τα είδη που φωτοσυνθέτουν, όπως η υδρόβια βλάστηση στην παράλια ζώνη και το φυτοπλαγκτόν στην πελαγική αλλά και την παράλια (Διαδίκτυο, 2013). (<http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/parameters.htm>) 17
- Εικόνα 2.2: Η Εξέλιξη των λιμνών (Διαδίκτυο, 2013). (http://www.kee.gr/perivallontiki/teacher4_2.html) 18
- Εικόνα 2.3: Όρια λεκάνης απορροής της λίμνης Τριχωνίδας (Διαδίκτυο, 2013). (<http://www.life-trichonis.gr/drasi2.htm>) 19
- Εικόνα 2.4: Στο διάγραμμα φαίνεται η αύξηση της ποσότητας των θρεπτικών με την αύξηση της έκτασης της λεκάνης απορροής σε σχέση με την έκταση της λίμνης (Διαδίκτυο, 2013). (http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/lake_ecosystem.htm) 19
- Εικόνα 2.5: Οι επιφανειακές απορροές των αστικών περιοχών είναι πολύ μεγαλύτερες σε όγκο από τις αντίστοιχες των δασικών και εμφανίζονται σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα μετά την έναρξη της βροχοπτώσης, σε αντίθεση με τις δασικές εκτάσεις όπου η απορροή συμβαίνει με βραδύτερους ρυθμούς (Διαδίκτυο, 2013). (http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/lake_ecosystem.htm) 20
- Εικόνα 2.6: Τυπική κατανομή θερμικής στρωμάτωσης (Διαδίκτυο, 2013). (http://www.kee.gr/perivallontiki/teacher4_2.html) 23

<i>Εικόνα 2.7: Το βάθος μέχρι το οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί η φωτοσύνθεση (ευφωτική ζώνη) σε μια διαυγή λίμνη μπορεί να φθάσει τα 20 μέτρα, ενώ σε θολή (εύτροφη) λίμνη συνήθως δεν ξεπερνά τα 4-5 μέτρα (Διαδίκτυο, 2013). (http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/light.htm)</i>	25
<i>Εικόνα 2.8: Επίδραση της τραχύτητας πάνω στην κατανομή των ταχυτήτων του ανέμου (Γκανούλης, 1984)</i>	29
<i>Εικόνα 2.9: Μεταβολή της κατανομής των ταχυτήτων του ανέμου με τις συνθήκες ευστάθειας της ατμόσφαιρας (Γκανούλης, 1984).</i>	30
<i>Εικόνα 2.10: Η θερμοκρασία επηρεάζει τους υδρόβιους πληθυσμούς (Διαδίκτυο, 2013). (http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/temperature.htm)</i>	33
<i>Εικόνα 2.11: Θερμική στρωμάτωση και αναστροφή (Διαδίκτυο, 2013). (http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/temperature.htm)</i>	34
<i>Εικόνα 2.12: Φάσεις της θερμικής στρωμάτωσης του νερού μιας διμικτικής λίμνης, από αρχές καλοκαιριού μέχρι αρχές φθινοπώρου και οι αναστροφές, φθινοπωρινή και εαρινή (Διαδίκτυο, 2013). (http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/temperature.htm)</i>	35
<i>Εικόνα 2.13: Η είσοδος δυναμικής ενέργειας με το ρεύμα (Δημητρίου, 1992)</i>	36
<i>Εικόνα 2.14 : Δομή θερμοκλινούς σε λίμνες (Δημητρίου, 1992)</i>	38
<i>Εικόνα 2.15: Περιοχές ανάμιξης (Δημητρίου, 1992)</i>	41
<i>Εικόνα 3.1: Τοπικό ρεύμα πυκνότητας σε ταμιευτήρα με (1) ροή προσέγγισης, (2) δέλτα, (3) σημείο βύθισης, (4) επιπλέοντα σωματίδια, (5) ρεύμα πυκνότητας, (6) διαυγές νερό, (7) απόθεση φερτών υλικών, (8) έξοδος και (9) φράγμα (Διαδίκτυο, 2013). (http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)</i>	43
<i>Εικόνα 3.2 : Λεκάνη χαλικιών στην αλλαγή κλίσης ανάντη του ταμιευτήρα (Διαδίκτυο, 2013). (http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)</i>	45
<i>Εικόνα 3.3: Φράγμα αποθήκευσης χαλικιών για την αντιμετώπιση εισροής φερτών υλικών σε ταμιευτήρες. (1) εισερχόμενος ποταμός, (2) ταμιευτήρας, (3) είσοδος έκπλυσης, (4) δευτερεύον φράγμα, (5) δίοδος έκπλυσης, (6) κύριο φράγμα, (7) έξοδος έκπλυσης (Διαδίκτυο, 2013). (http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)</i>	45
<i>Εικόνα 3.4: Απομάκρυνση φερτών υλικών με εκσκαφέα συνδεδεμένο με σιφωνοειδή σωλήνα με (1) κεφαλή αγωγού, (2) πλατφόρμα εκσκαφέα, (3) σωλήνας σύνδεσης, (4) πλωτήρες για την ανάρτηση του αγωγού, (5) αγωγός εξόδου από τον πυθμένα, (6) νερά εκροής (Διαδίκτυο, 2013). (http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)</i>	46

- Εικόνα 3.5: Μόνιμος σταθμός εκβάθυνσης με εκσκαφέα σύρσης στη ζώνη εισόδου του ταμιευτήρα (1) εισερχόμενος ποταμός, (2) δέλτα, (3) πύργος εκβάθυνσης, (4) ζώνη απόθεσης φερτών υλικών, (5) καλώδιο σταθεροποίησης, (6) στερέωση για καλώδιο, (7) κύριο καλώδιο (Διαδίκτυο, 2013).
(http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf) 47*
- Εικόνα 3.6: Επίδραση της (α) εισροής φερτών υλικών σε ταμιευτήρα και (β) έκπλυσης του ταμιευτήρα σε ποταμό υδάτων εκροής, (1) αρχική κοίτη ποταμού, (2) ζώνη εισροής φερτών υλικών, (3) μειωμένη ζώνη μετά την έκπλυση, (4) υποβάθμιση (πτώση), (5) τάση πρόσχωσης στα ύδατα εκροής (αναστροφή) (Διαδίκτυο, 2013).
(http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf) 48*
- Εικόνα 3.7: Ροή πυκνότητας σε διαστρωματωμένο σε ταμιευτήρα (α) ζώνες ροής, (β) με διακεκομμένη γραμμή σημαίνεται η διεπιφάνεια (Διαδίκτυο, 2013).
(http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf) 49*
- Εικόνα 3.8 : Κατανομή συγκέντρωσης φερτών υλικών στον ταμιευτήρα Verwoerd (N.A.) για διάφορες εισροές και εκροές ταμιευτήρα. (α) έως (κ) αναφέρονται σε διάφορες διατάξεις εισροής και εκροής από τον ταμιευτήρα το 1974 (ICOLD, 1988). 52*
- Εικόνα 3.9: Χώροχρονικές μεταβολές συγκεντρώσεων φερτών υλικών στον ταμιευτήρα Sautet (Γαλλία) (ICOLD, 1988). 53*
- Εικόνα 3.10: Σχηματισμός δέλτα σε ταμιευτήρα λόγω εισροής φερτών υλικών (1) χονδρόκοκκα φερτά υλικά, (2) αρχική κλίση της κοίτης, (3) λεπτόκοκκα φερτά υλικά, (4) άνω κλίση, (5) σημείο πλότος P, (6) εμπρόσθια κλίση, (7) κάτω κλίση, (8) μέγιστη στάθμη του ταμιευτήρα, (9) κανονική στάθμη του ταμιευτήρα, (10) έξοδος από τον πυθμένα (Διαδίκτυο, 2013).
(http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf) 55*
- Εικόνα 3.11 : (α) Λίμνη Ksob στην Αλγερία,
(β) λίμνη Mead στον ποταμό Κολοράντο (ΗΠΑ) με το μέτωπο βύθισης στην αριστερή πλευρά και
(γ) δέλτα της λίμνης Havasu στην είσοδο του ποταμού Bill Williams (ICOLD, 1988) (Διαδίκτυο, 2013).
(http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf) 56*
- Εικόνα 3.12 : Φράγμα Gebidem (Ελβετία) με (α) ανάντη άκρο της ελεύθερης επιφάνειας έκπλυσης (απομάκρυνσης) (VAW 5213), (β) κώνος εισόδου στο φράγμα (VAW 3686) (Διαδίκτυο, 2013).
(http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf) 57*
- Εικόνα 4.1: Απεικόνιση χειμάρρου Ερμίτσα κατά την κάθοδο του προς την λίμνη Λυσιμαχεία βορειοανατολικά αυτής (Διαδίκτυο, 2013 google earth). 60*
- Εικόνα 4.2: Απεικόνιση καναλιού σύνδεσης των λιμνών Λυσιμαχείας-Τριχωνίδας (Διαδίκτυο, 2013 google earth). 61*
- Εικόνα 4.3: Απόσπασμα φωτογραφίας από το Google earth (Διαδίκτυο, 2013 google earth έτος 2002). 61*

<i>Εικόνα 4.4: Απόσπασμα φωτογραφίας από το Google earth Διαδίκτυο, 2013 google earth έτος 2012).</i>	62
<i>Εικόνα 5.1: Δομή τρισδιάστατου υπολογιστικού πλέγματος που εφαρμόζεται στον κώδικα (DHI, 2007).</i>	76
<i>Εικόνα 6.1: Διανομή πινακίδων σε σύστημα HATT (Διαδίκτυο, 2013). (http://www.geoapikonisis.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=160&Itemid=115&lang=el)</i>	79
<i>Εικόνα 7.1: Αρχική διαμόρφωση υπολογιστικού πλέγματος με βάση την πραγματική γεωμετρία (ακτογραμμή) της λίμνης.</i>	86
<i>Εικόνα 7.2: Διαμόρφωση υπολογιστικού πλέγματος με βάση την θεωρητική γεωμετρία (ακτογραμμή) της λίμνης, στην οποία θεωρούμε ότι έχει αφαιρεθεί (αποσυρθεί) το τμήμα των προσχώσεων.</i>	86
<i>Εικόνα 7.3: Διαμόρφωση Πεδίου ανεμογενούς ροής λίγα μέτρα κατω από την ελεύθερη επιφάνεια.</i>	88
<i>Εικόνα 7.4: Πεδίο ρευμάτων μέχρι το βάθος των 9μέτρων.</i>	89
<i>Εικόνα 7.5: Η θέση όπου ελήφθη η κατά μήκος τομή.</i>	90
<i>Εικόνα 7.6: Πεδίο ρευμάτων κοντά στον πυθμένα της λίμνης.</i>	91
<i>Εικόνα 7.7: Διαμόρφωση Πεδίου ανεμογενούς ροής λίγα μέτρα κατω από την ελεύθερη επιφάνεια για την θεωρητική γεωμετρία.</i>	92
<i>Εικόνα 7.8: Πεδίο ρευμάτων μέχρι το βάθος των 9 μέτρων για την θεωρητική γεωμετρία .</i>	93
<i>Εικόνα 7.9: Η θέση όπου ελήφθη η κατά μήκος τομή.</i>	94
<i>Εικόνα 7.10 Πεδίο ρευμάτων κοντά στον πυθμένα της λίμνης για την θεωρητική γεωμετρία.</i>	95

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

<i>Πίνακας 1: Ποιοτικά χαρακτηριστικά λιμνών. (http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/lake_ecosystem.htm)</i>	21
<i>Πίνακας 2: Συσχετιση οσμων σε λιμναια συστηματα (http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/smell.htm)</i>	24
<i>Πίνακας 3: Εμπειρικές σταθερές στο μοντέλο $k - \varepsilon$ (από Rodi, 1984).</i>	75
<i>Πίνακας 4 : Χαρακτηριστικά του συστήματος HATT</i>	79

ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΑ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία εκπονήθηκε από τους φοιτητές Σταυρόπουλο Σπυρίδωνα και Σταυρόπουλο Αλέξανδρο του Τμήματος Πολιτικών Έργων Υποδομής του Τ.Ε.Ι. Πάτρας υπό την επίβλεψη της Αναπλ. Καθηγήτριας του Τμήματος Δρ. Διονυσίας – Πηνελόπης Κοντονή και του Επιστημονικού Συνεργάτη Δρ. Νικολάου Φουρνιώτη .

Καταρχάς θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας σε όλους όσους βοήθησαν και συνέβαλλαν στην πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας. Θερμά ευχαριστούμε την επιβλέπουσα καθηγήτρια μας Δρ. Διονυσία – Πηνελόπη Κοντονή καθώς και τον επιβλέποντα καθηγητή μας Δρ. Νικολάου Φουρνιώτη. Η καλή διάθεση τους, το ευχάριστο κλίμα που είχαν δημιουργήσει, ο χρόνος που μας αφιέρωσαν και οι εύστοχες παρατηρήσεις τους αποτέλεσαν κύριους παράγοντες για την ολοκλήρωση της Πτυχιακής Εργασίας μας. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Πολιτικό Μηχανικό κ. Μάριο Μαντζούκη για την παραχώρηση στοιχείων από ψηφιακούς χάρτες τα οποία αξιοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, αποκλειστικά για εκπαιδευτικό σκοπό. Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους γονείς μας για την ενθάρρυνση και την συνεχή υποστήριξη τους.

Η χρήση του λογισμικού «MIKE 3 Flow Model FM - Hydrodynamic Module» έγινε στο Εργαστήριο Υδραυλικής Μηχανικής, του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, του Πανεπιστημίου Πατρών, ύστερα από την ευγενική παραχώρηση του Διευθυντή του Εργαστηρίου Καθηγητή κ. Αλέξανδρου Δημητρακόπουλου, τον οποίο ευχαριστούμε θερμά.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετάται αριθμητικά η τρισδιάστατη ροή που προκαλείται από την δράση του άνεμου στην λίμνη Λυσιμαχεία κατά τη χειμερινή περίοδο, οπότε η λίμνη θεωρείται σχεδόν ομογενής. Για τις αριθμητικές προσομοιώσεις εφαρμόζεται ο τρισδιάστατος αριθμητικός κώδικας πεπερασμένων όγκων MIKE 3 FM (HD), του υδραυλικού ινστιτούτου της Δανίας (D.H.I.).

Σκοπό αποτελεί ο υπολογισμός των επιφανειακών και υποεπιφανειακών ανεμογενών ρευμάτων για τους επικρατούντες ανέμους που πνέουν στην περιοχή. Εξετάζονται δύο περιπτώσεις ως προς την διαμόρφωση της γεωμετρίας της λίμνης. Στην πρώτη περίπτωση θεωρείται η υπάρχουσα κατάσταση οπού η αμμονησίδα που έχει δημιουργηθεί από μεταφορά φερτών υλών από τον παρακείμενο χείμαρρο και έχει περιορίσει το εμβαδόν την λίμνης. Στην δεύτερη περίπτωση μελετάται η κυκλοφορία της λίμνης οπού θεωρητικά έχει αφαιρεθεί (αποσυρθεί) το τμήμα των προσχώσεων από φερτά υλικά και έχει αυξηθεί το εμβαδόν της επιφάνειας της λίμνης. Με βάση τις προσομοιώσεις αποδεικνύεται ότι στο μέσο βάθος της λίμνης στην παρούσα κατάσταση δημιουργούνται δεξιόστροφοι και αριστερόστροφοι στρόβιλοι στο βορειοδυτικό και νότιο τμήμα της λίμνης, αντίστοιχα. Το ίδιο παρατηρείται και στην περίπτωση του μέσου βάθους της λίμνης για το θεωρητικό μοντέλο αυτής χωρίς τις προσχώσεις (αμμονησίδα). Τέλος στην ελεύθερη επιφάνεια του πεδίου ανάλυσης παρατηρούμε δεξιόστροφους και αριστερόστροφους στρόβιλους σε όλα τα σημεία εκτός από αυτά που βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα της λίμνης. Τα αριθμητικά αποτελέσματα που προέκυψαν μπορούν να αξιοποιηθούν για μελλοντική χρήση στην μελέτη προβλημάτων περιβαλλοντικής υδραυλικής (π.χ. διασπορά ρύπων στην λίμνη) καθώς και σε προβλήματα στερεομεταφοράς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΝΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η συμβολή των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και γενικότερα του θαλάσσιου περιβάλλοντος, στην εξέλιξη, εξάπλωση, ανάπτυξη αλλά και στο 'εύζειν' της ανθρωπότητας υπήρξε σημαντική και πολλές φορές καθοριστική. Η λειτουργία αυτών των οικοσυστημάτων, από το πιο απλό, όπως π.χ. μια λίμνη ή ένα ποτάμι, μέχρι τους ωκεανούς, είναι τόσο πολύπλοκη αλλά βασίζεται σε κάποια γενικά χαρακτηριστικά και αιτίες που ποικίλουν, ανάλογα με το οικοσύστημα, μόνο στην κλίμακα. Το θαλασσινό νερό βρίσκεται σε συνεχή οριζόντια και κατακόρυφη κίνηση. Η κίνηση αυτή μπορεί να είναι συνεχής, ασυνεχής, περιοδική, μη περιοδική και έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλης ή μικρής κλίμακας θαλάσσιων ρευμάτων.

Τα θαλάσσια ρεύματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το αίτιο που είναι υπεύθυνο για το σχηματισμό τους. Οι κατηγορίες των θαλάσσιων ρευμάτων είναι:

- 1) Τα ανεμογενή ρεύματα από τον άνεμο.
- 2) Τα ρεύματα πυκνότητας που προκαλούνται από τις διαφορές πυκνότητας στο θαλασσινό νερό.

Τα ρεύματα που παρατηρούνται στα μεγάλα υδάτινα σώματα είναι αποτέλεσμα της συνισταμένης κίνησης του θαλασσινού νερού που προκύπτει από την επίδραση σ' αυτό του συνόλου των προαναφερθέντων αιτιών. Θεωρείται ότι στα σώματα αυτά διαμορφώνονται δύο στρώματα: το επιφανειακό στρώμα και το βαθύ στρώμα. Τα κύρια ρεύματα που παρατηρούνται στο επιφανειακό στρώμα εξαρτώνται επί το πλείστον από τον άνεμο, ενώ στο βαθύ στρώμα εξαρτώνται από τις διαφορές πυκνότητας στο χώρο, οι οποίες εξαρτώνται με τη σειρά τους από τη θερμοκρασία και την αλατότητα και επομένως η κυκλοφορία αυτή ονομάζεται "θερμό-αλατική κυκλοφορία".

1.1 ΑΝΕΜΟΓΕΝΗ ΡΕΥΜΑΤΑ

1.1.1 ΣΥΖΕΥΞΗ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Όταν πνέει άνεμος στην επιφάνεια της λίμνης ή της θάλασσας, μεταφέρεται ενέργεια από τον άνεμο στα επιφανειακά υδάτινα (θαλάσσια) στρώματα. Μέρος της ενέργειας αυτής καταναλώνεται στη δημιουργία επιφανειακών κυμάτων βαρύτητας και ένα άλλο μέρος της ενέργειας προκαλεί τα ρεύματα. Οι διεργασίες μέσω των οποίων γίνεται η κατανομή της ενέργειας στα κύματα και στα ρεύματα είναι πολύπλοκες. Ωστόσο, είναι εμπειρικά γνωστό ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του ανέμου W , τόσο ισχυρότερη θα είναι η εφαιπτομενική δύναμη τ , που ασκείται απ' αυτόν στην επιφάνεια της θάλασσας και τόσο ταχύτερο θα είναι το επιφανειακό ρεύμα:

$$\tau = c \cdot W^2 \quad (1.1)$$

όπου η παράμετρος c εξαρτάται από τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες και η τιμή της είναι τόσο μεγαλύτερη όσο ισχυρότερες είναι οι τοπικές κινήσεις που προκαλούν την διαταραχή. Επίσης, έχει διαπιστωθεί ότι η ταχύτητα του επιφανειακού ρεύματος είναι περίπου ίση με το 3% της ταχύτητας του ανέμου. Η επίδραση του ανέμου στην επιφάνεια μεταδίδεται μέσα στην υδάτινη στήλη λόγω εσωτερικής τριβής. Στο υδάτινο (θαλάσσιο) περιβάλλον, η εσωτερική τριβή δεν οφείλεται σε μοριακές αλλά σε τυρβώδεις διεργασίες, δηλαδή σε ανταλλαγές διάφορου μεγέθους όγκων νερού. Όμως, το βάθος μέχρι το οποίο λαμβάνει χώρα η τυρβώδης ανάμειξη, και κατά συνέπεια το μέγεθος της εσωτερικής τριβής, εξαρτάται από το βαθμό στρωμάτωσης της υδάτινης στήλης.

Το γεγονός ότι η μεταφορά της ενέργειας από τον άνεμο στην υδάτινη στήλη γίνεται με στροβιλοειδής και όχι με μοριακές διεργασίες έχει μεγάλη σημασία για τα ανεμογενή

ρεύματα. Για παράδειγμα, η επίδραση ανέμου ταχύτητας 10 ms^{-1} θα έφτανε με μοριακές διεργασίες το πολύ δύο μέτρα βάθος, ακόμη και αν ο άνεμος έπνεε σταθερά για δύο ημέρες. Η περιγραφή των ανεμογενών και όχι μόνο αυτών ρευμάτων θα ήταν απλούστερη, εάν η γη δεν κινούνταν. Όμως, η γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της.

Τα ανεμογενή ρεύματα προκαλούνται όταν άνεμος και λίμνη (θάλασσα) βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας. Διότι, όταν πνέει άνεμος επάνω από μια υδάτινη (θαλάσσια) επιφάνεια, το επιφανειακό ρεύμα αρχικά κινείται με επιτάχυνση, μέχρι να αποκτήσει τη μέγιστη ταχύτητα που αντιστοιχεί στον άνεμο. Όταν αυτό επιτευχθεί η επιτάχυνση παύει και η δυνάμεις που ασκούνται βρίσκονται σε ισορροπία.

1.1.2 ΓΕΝΕΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ – ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΕΚΜΑΝ

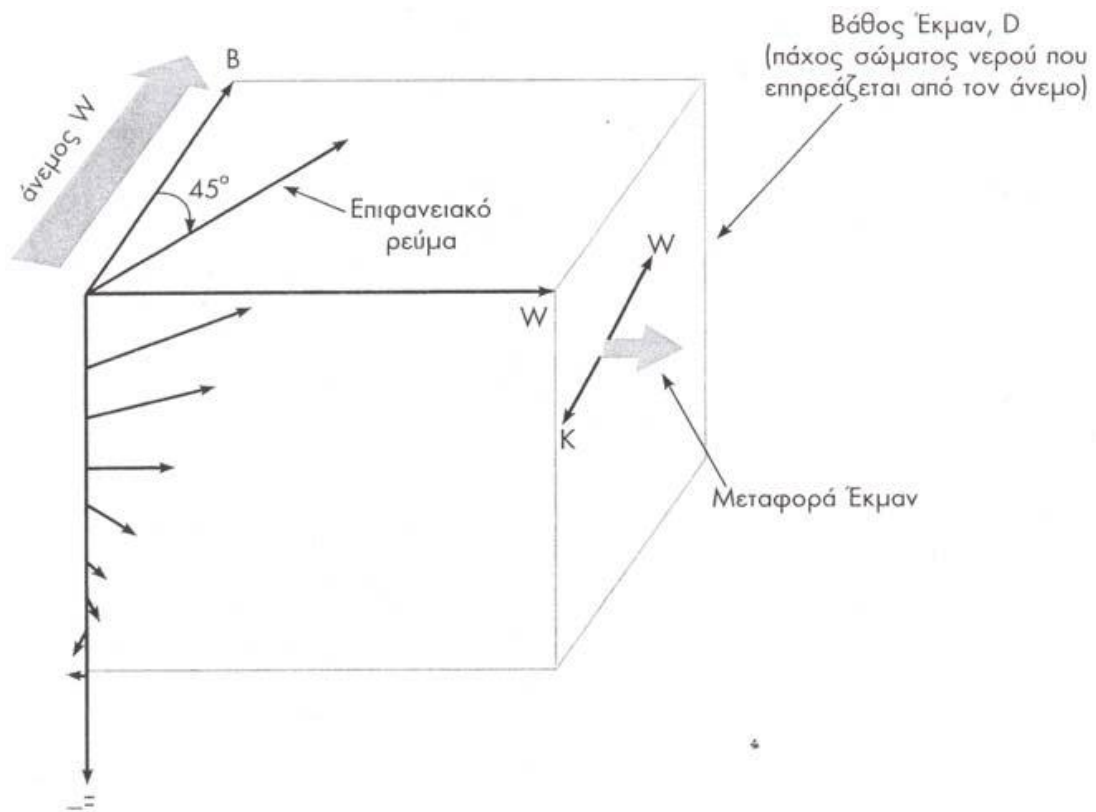
Ο Ekman το 1905 δημοσίευσε τα αποτελέσματα της μαθηματικής προσομοίωσης σχετικά με τη δημιουργία των ανεμογενών ρευμάτων. Αφορμή για την έρευνα του υπήρξαν οι παρατηρήσεις του Νορβηγού εξερευνητή Νάνσεν, ο οποίος κατά την διάρκεια μια αποστολής στον Αρκτικό Ωκεανό το 1896 παρατήρησε ότι τα παγόβουνα δεν κινούνταν στην διεύθυνση του ανέμου που έπνεε αλλά σε διεύθυνση που σχημάτιζε δεξιόστροφη γωνία $20-40^\circ$.

1.1.2.1 Η ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΚΜΑΝ

Ο Ekman υπέθεσε ότι σταθερός άνεμος πνέει πάνω από ωκεανό άπειρου βάθους, άπειρου πλάτους και σταθερής πυκνότητας. Επίσης, υπέθεσε ότι η επιφάνεια του ωκεανού παραμένει οριζόντια, έτσι ώστε η πίεση σε όλα τα βάθη να είναι σταθερή. Εξετάζοντας την ισορροπία των δυνάμεων -τριβής και Coriolis στον άπειρο αριθμό στρωμάτων που αποτελούν τη υδάτινη στήλη, το ομοίωμα του Ekman έδειξε ότι στο βόρειο (νότιο) ημισφαίριο η Coriolis δύναμη τείνει να εκτρέψει το επιφανειακό νερό δεξιόστροφα (αριστερόστροφα), ενώ η δύναμη του ανέμου προσπαθεί να το επαναφέρει στη ίδια με εκείνον διεύθυνση. Όταν τελικά επιτευχθεί η ισορροπία μεταξύ των δύο αυτών δυνάμεων, η διεύθυνση ροής του επιφανειακού ρεύματος σχηματίζει γωνία 45° δεξιόστροφα (αριστερόστροφα) με τη διεύθυνση από την οποία πνέει ο άνεμος. Κάτω από την επιφάνεια στρώμα νερού τίθεται σε κίνηση παρασυρόμενο από το υπερκείμενο στρώμα. Επίσης, λόγω της επίδρασης από την δύναμη Coriolis, κάθε στρώμα τείνει να κινηθεί πιο δεξιά (αριστερά), της διεύθυνσης στην οποία σύρεται από το υπερκείμενο στρώμα. Τέλος η ταχύτητα του ρεύματος είναι σήμερα γνωστή ως σπειροειδές του Ekman (εικ. 1.1).

1.1.2.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΚΜΑΝ

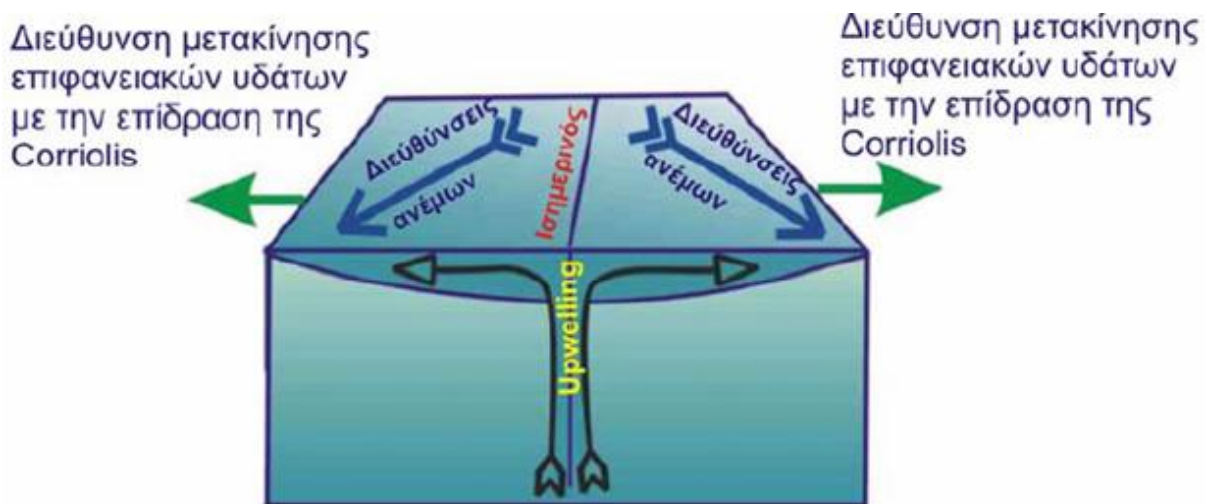
Το σημαντικότερο όμως αποτέλεσμα της μαθηματικής προσομοίωσης του Ekman είναι ότι η μέση κίνηση του στρώματος που επηρεάζει ο άνεμος γίνεται κάθετα ως προς την διεύθυνση του ανέμου προς τα δεξιά στο βόρειο ημισφαίριο και προς τα αριστερά στο νότιο ημισφαίριο. Το τελευταίο συμπέρασμα γίνεται κατανοητό εάν εξετάσουμε την ισορροπία των δυνάμεων που ασκούνται στο στρώμα επιρροής του ανέμου. Σε κατάσταση ισορροπίας του ανέμου (W) και η Coriolis (C) αντισταθμίζουν η μία την άλλη. Κατά συνέπεια, το μέσο ρεύμα κινείται κάθετα ως προς την διεύθυνση του ανέμου, δεξιόστροφα στο βόρειο ή αριστερόστροφα στο νότιο ημισφαίριο αντιστοίχως. Ο συνολικός όγκος νερού ανά δευτερόλεπτο (m^3s^{-1}) του στρώματος που επηρεάζει ο άνεμος μεταφέρεται σε διεύθυνση κάθετη προς την διεύθυνση του ανέμου και ονομάζεται μεταφορά Ekman.



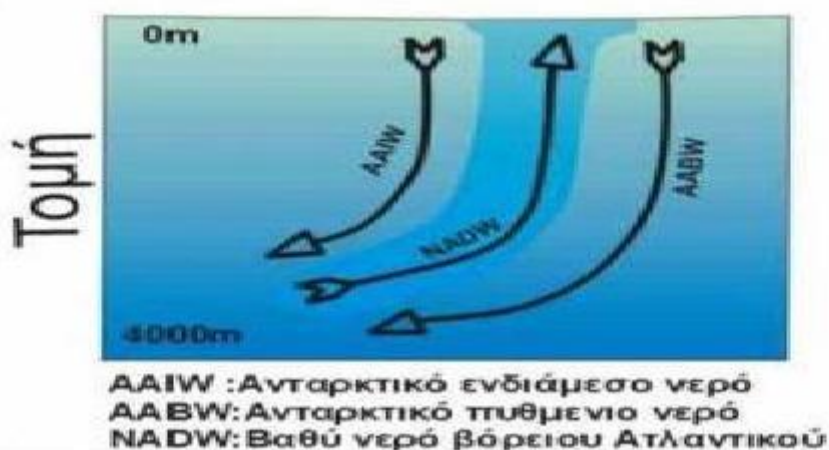
Εικόνα 1.1: Προσομοίωση των ανεμογενών ρευμάτων σύμφωνα με τον Ekman. (Θεοδώρου, 2000)

1.1.3 ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΚΑΙ ΙΣΗΜΕΡΙΝΗ ΑΝΑΔΥΣΗ

Η μεταφορά του Ekman προκαλεί συχνά την ανάδυση των παράκτιων νερών. Στο βόρειο ημισφαίριο εάν η ακτή βρίσκεται στα αριστερά της διεύθυνσης από την οποία πνέει ο άνεμος, προκαλείται μεταφορά προς την ανοικτή θάλασσα επιφανειακού νερού και αντικατάσταση του τελευταίου με ανάδυση στην επιφάνεια ψυχρότερου νερού, προερχόμενου από βαθύτερα στρώματα. Το χρώμα του νερού που αναβλύζει είναι συνήθως πράσινο, γιατί είναι πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά και επομένως συντηρεί μεγαλύτερους φυτοπλακτονικούς πληθυσμούς. Αν, αντιθέτως η ακτή βρίσκεται στα δεξιά της διεύθυνσης από την οποία πνέει ο άνεμος, τότε προκαλείται μεταφορά νερού προς την ακτή και βύθισή του εκεί. Ανάδυση παρατηρείται και στον ισημερινό όπου η ανατολική συνιστώσα των Αλγών προκαλεί μεταφορά νερών προς βορά στο νότιο ημισφαίριο και προς νότο στο νότιο ημισφαίριο. Τα παραπάνω απεικονίζονται στο (εικ.1.2 & 1.3).



Εικόνα 1.2: Αντληση από μεταφορά Ekman στην περιοχή του ισημερινού (Διαδίκτυο 2013).
(http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge768e/E_OCEAN_ALBANAKIS/PDF/KEF_6_PΕΥΜΑΤΑ.pdf)



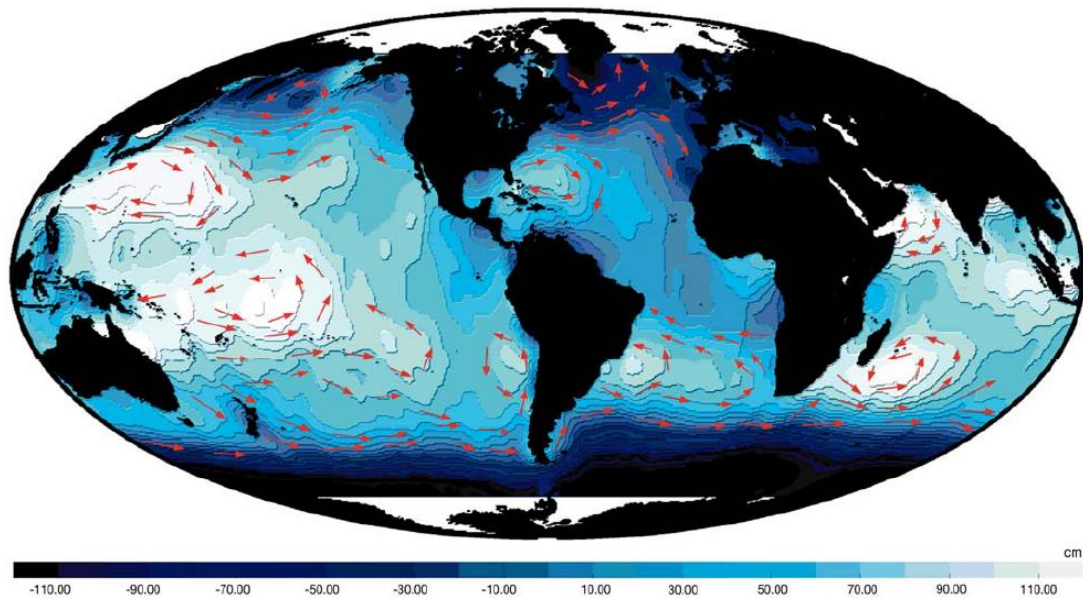
Εικόνα 1.3: Σε πολικές περιοχές όπου μετά τον σχηματισμό του πάγου δημιουργείται ψυχρό και αλμυρό νερό το νερό αυτό έχει μεγάλη πυκνότητα βυθίζεται και εκτοπίζει το λιγότερο πυκνό νερό το οποίο ανεβαίνει στην επιφάνεια (Διαδίκτυο 2013).

(http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge768e/E_OCEAN_ALBANAKIS/PDF/KEF_6_PΕΥΜΑΤΑ.pdf)

1.2 ΓΕΩΣΤΡΟΦΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

Τα γεωστροφικά ρεύματα είναι ρεύματα που αναπτύσσονται από οριζόντιες διαφορές πίεσης με ταυτόχρονη επίδραση της δύναμης Coriolis (Εικ. 1.4). Ο άνεμος, η μεταφορά Ekman, η εξάτμιση και άλλοι παράγοντες προξενούν αποκλίσεις στην πραγματική στάθμη της λίμνης (θάλασας) από την στάθμη ισορροπίας που είναι η επιφάνεια του γεωειδούς. Πρέπει να σημειωθεί ότι για διδακτικούς λόγους η στάθμη της ισορροπίας θα θεωρηθεί σαν επίπεδη επιφάνεια. Στην πράξη δεν υπάρχει επίπεδο με την γεωμετρική έννοια, γιατί οι διαστάσεις των λεκανών είναι τέτοιες που η καμπυλότητα της γης αλλά και η πραγματική επιφάνεια του γεωειδούς είναι σημαντικές. Στον παρατηρητή όμως που εξετάζει τις οριζόντιες διαφορές πίεσης η επιφάνεια του γεωειδούς 'φαίνεται' σαν επίπεδο. Αντί λοιπόν να μιλάμε για οριζόντια επίπεδα πιο σωστό είναι να αναφερόμαστε σε γεωδυναμικές

επιφάνειες. Μια γεωδυναμική επιφάνεια είναι μια επιφάνεια πάνω στην οποία η ύλη δεν παρουσιάζει διαφορά δυναμικής ενέργειας.



*Εικόνα 1.4: Γεωστροφικά ρεύματα και δυναμική τοπογραφία από τον δορυφόρο Torrex Poseidon (Διαδίκτυο 2013).
(http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge768e/E_OCEAN_ALBANAKIS/PDF/KEF_6_PEYMATA.pdf)*

1.2.1 ΘΕΡΜΟ-ΑΛΑΤΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ

Η θερμο-αλατική κυκλοφορία στους ωκεανούς είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης διακυμάνσεων της πυκνότητας στο θαλάσσιο χώρο. Η ύπαρξη διαφορών στις πυκνότητες στην υδάτινη στήλη οδηγεί τις μάζες του θαλασσινού νερού να βυθίζονται ή να αναδύονται μέχρι να βρεθούν σε ισορροπία με τις περιβάλλουσες θαλάσσιες μάζες, καθώς επίσης και να κινούνται οριζόντια στο χώρο ισορροπίας τους ανάλογα με την επικρατούσα πιεσοβαθμίδα.

Η Coriolis εκτροπή νερών προκαλεί τη συσσώρευση επιφανειακών νερών και συνεπώς τη δημιουργία κλίσης εγκάρσια προς τη διεύθυνση του ρεύματος. Η κλίση της θαλάσσιας επιφάνειας ισοδυναμεί με δύναμη της οριζόντιας βαθμίδας πίεσης. Η ροή που προκύπτει από την εξισορρόπηση της δύναμης της οριζόντιας βαθμίδας πίεσης και της Coriolis επίδρασης ονομάζεται γεωστροφικό ρεύμα και ρέει σε διεύθυνση κάθετη προς την κλίση της ισοβαρικής επιφάνειας. Η φορά της ροής είναι τέτοια, ώστε, στο βόρειο (νότιο) ημισφαίριο, δεξιά (αριστερά) της ροής, να βρίσκονται οι υψηλές πιέσεις. Γεωστροφικά ρεύματα δημιουργούνται εκτός από την ανεμογενή συσσώρευση νερών σε μια παράκτια περιοχή (βαροτροπικές συνθήκες) και από εγκάρσιες μεταβολές της πυκνότητας προερχόμενες από θερμοαλατικές μεταβολές (βαροκλινείς συνθήκες) είτε, τέλος, από συνδυασμό των παραπάνω.

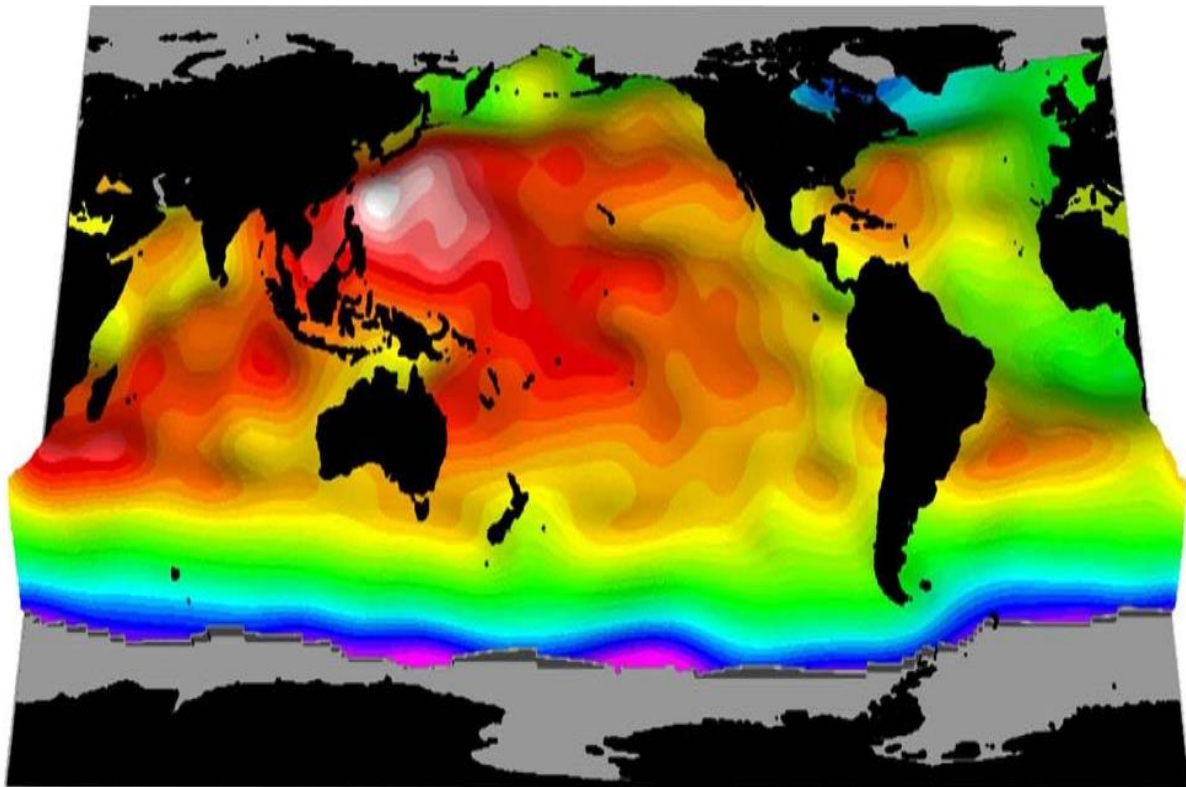
1.2.2 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ

Ας υποθέσουμε ότι σταθερός άνεμος πνέει για αρκετό χρονικό διάστημα επάνω από μια υδάτινη (θαλάσσια) επιφάνεια, έτσι ώστε στο εσωτερικό της τελευταίας να επικρατήσει γεωστροφική ισορροπία. Εάν, στη συνέχεια, η ταχύτητα του ανέμου αυξηθεί και σταθεροποιηθεί σε κάποια νέα τιμή, η προστιθέμενη ενέργεια θα προκαλέσει αύξηση της

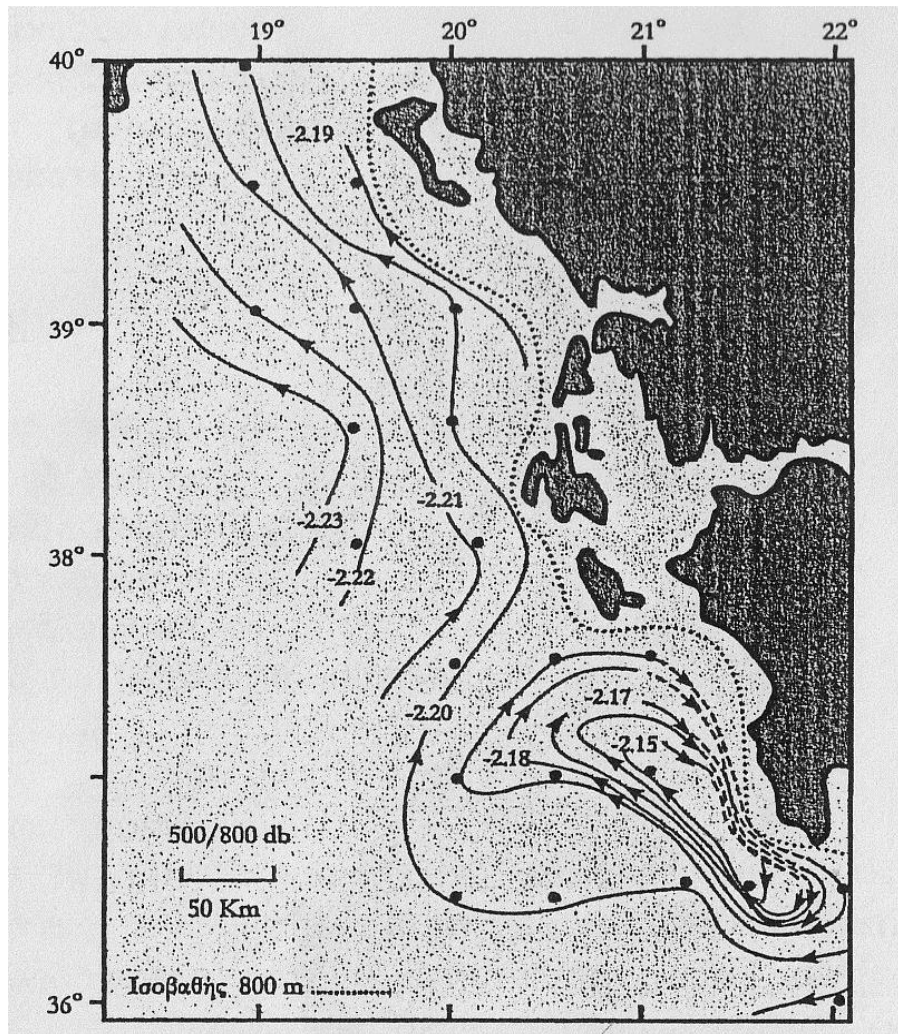
ταχύτητας του ρεύματος και κατά συνέπεια αύξηση της κλίσης των ισοβαρικών και ισόπυκνων επιφανειών. Οι τελευταίες θα γίνουν περισσότερο απότομες, δηλαδή θα αποκλίνουν ακόμη πιο πολύ από την οριζόντια θέση της ελάχιστης ενέργειας. Συνεπώς, θα αυξηθεί τόσο η δυναμική όσο και η κινητική ενέργεια του υδάτινου (θαλάσσιου) μέσου. Λόγω της σχέσης μεταξύ της κλίσης μιας ισοβαρικής επιφάνειας και της δυναμικής της ενέργειας, οι αποκλίσεις των ισοβαρικών επιφανειών από την οριζόντια διεύθυνση αναφέρονται ως δυναμικά ύψη και μετρώνται σε μονάδες δυναμικής ενέργειας και όχι γεωμετρικής απόστασης (εικ. 1.5).

Οι διακυμάνσεις του δυναμικού ύψους σε μια ισοβαρική επιφάνεια, σχετικά με κάποια πίεση στην οποία υποθέτουμε ότι η αντίστοιχη ισοβαρική επιφάνεια είναι οριζόντια, αναφέρονται ως δυναμική τοπογραφία (εικ. 1.6). Μπορούμε να υπολογίσουμε τη δυναμική τοπογραφία μιας οποιασδήποτε ισοβαρικής επιφάνειας σχετικά με οποιαδήποτε άλλη.

Το γεωστροφικό ρεύμα ρέει σε διεύθυνση κάθετη προς την κλίση της ισοβαρικής επιφάνειας και επομένως ρέει κατά μήκος και παράλληλα με τις καμπύλες δυναμικού ύψους. Η φορά της ροής είναι τέτοια, ώστε στο βόρειο ημισφαίριο, δεξιά της ροής, να βρίσκονται οι υψηλές πιέσεις, δηλαδή η ισοβαρική επιφάνεια κλίνει προς τα επάνω και στα δεξιά της ροής. Όσο μεγαλύτερη ταχύτητα έχει το γεωστροφικό ρεύμα, τόσο πιο απότομη θα είναι η κλίση της ισοβαρικής επιφάνειας και συνεπώς τόσο πιο πυκνά διατεταγμένες θα είναι οι καμπύλες δυναμικού ύψους.



*Εικόνα 1.5: Δυναμική τοπογραφία της επιφάνειας των ωκεανών, όπως προκύπτει από τον δορυφόρο Topex Poseidon (Διαδίκτυο 2013).
(http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge768e/E_OCEAN_ALBANAKIS/PDF/_KEF_6_PEYMATA.pdf)*



Εικόνα 1.6: Δυναμική τοπογραφία στα 500db ως προς τα 800db στο ανατολικό Ιόνιο πέλαγος. (Θεοδώρου, 2000)

1.3 ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΚΑΙ ΑΔΡΑΝΕΙΑΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

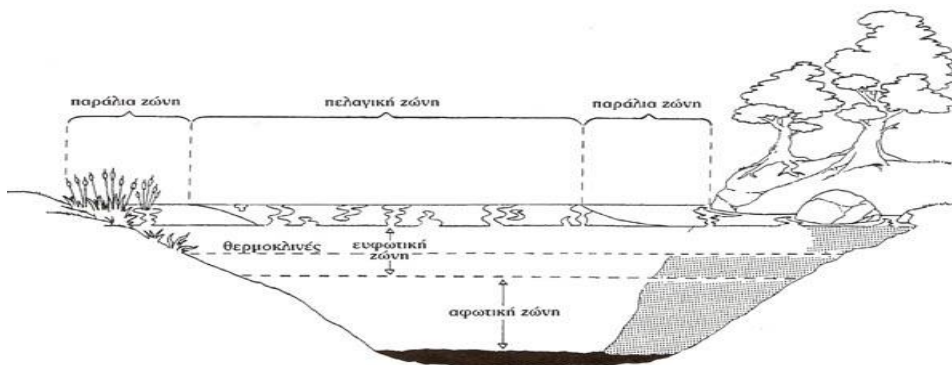
Η δύναμη Coriolis και η φυγόκεντρος δεν είναι πραγματικές δυνάμεις, αλλά οφείλονται στην περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονα της. «Η Coriolis δύναμη» φαίνεται σε παρατήρηση που περιστρέφεται μαζί με τη Γή να εκτρέπει ένα κινούμενο ρευστό προς τα δεξιά (Βόρειο ημισφαίριο). Παρομοίως, η «φυγόκεντρος δύναμη» είναι φανταστική. Όταν, για παράδειγμα, βρισκόμαστε σε όχημα, που ακολουθεί καμπυλόγραμμη πορεία, καμιά δύναμη δεν μας ωθεί προς τα έξω. Απλώς, το σώμα μας αντιδρά αδρανειακά. Η υποθετική αυτή δύναμη, που φαίνεται να εκτρέπει ένα κινούμενο σώμα, το οποίο στην πραγματικότητα προσπαθεί να διατηρήσει την κινητική του κατάσταση, ονομάζεται αδρανειακή δύναμη. Τα ρεύματα που δημιουργούνται στον ταμιευτήρα που υπό την επίδραση αδρανειακών δυνάμεων διαγράφουν χαρακτηριστικές ελικοειδής τροχιές ονομάζονται αδρανειακά ρεύματα. Ουσιαστικά, όμως, όλα τα ρεύματα περιέχουν αδρανειακές συνιστώσες σε ποικίλλοντα βαθμό. Τόσο η αδρανειακή όσο και η Coriolis επίδραση επηρεάζουν και οι δύο τις κινήσεις των ρευστών. Για λόγους ευκολίας αναφερόμαστε, συνήθως, απλώς στην επίδραση Coriolis, αλλά πρέπει να γίνει κατανοητό ότι και οι δύο επιδράσεις είναι κατά κανόνα παρούσες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙ ΛΙΜΝΩΝ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ως λίμνη ορίζεται η μικρή ή μεγάλη υδάτινη μάζα με γλυκό, υφάλμυρο ή και αλμυρό νερό, που βρίσκεται συνήθως σε μία κλειστή γεωλογική λεκάνη στην επιφάνεια της γης, χωρίς να έχει άμεση επικοινωνία με τη θάλασσα. Είναι όγκοι στάσιμου ή ελαφρά κινουμένου νερού που καταλαμβάνουν μια ενδοηπειρωτική λεκάνη. Οι λίμνες σχηματίζονται σε στεγανές κοιλάτητες του εδάφους (που δεν επιτρέπουν την εισροή του νερού στο υπέδαφος), όπου προκειμένου για την διατήρησή τους η ποσότητα του νερού που συγκρατείται είναι μεγαλύτερη από αυτή που εξατμίζεται. Τα νερά τους ανανεώνονται με αργούς ρυθμούς με αποτέλεσμα τη συσσώρευση και τη διάρκεια των φαινομένων ρύπανσης. Τα φαινόμενα ρύπανσης είναι συνήθη στις λίμνες, προέρχονται κυρίως από ομοιόμορφα κατανομημένες πηγές γύρω από την ακτογραμμή της λίμνης ή και από σημειακές πηγές κυρίως κατά την εισροή ποταμών και χειμάρρων που τροφοδοτούν τον όγκο υδάτων του λιμναίου συστήματος. Η ελεύθερη επιφάνεια των λιμνών δεν παρουσιάζει μια μέση σταθερή στάθμη, γιατί εξαρτάται από την έκταση και τη χωρητικότητα της λίμνης, από τις παροχές των ποταμών και των πηγών και κυρίως από τις κλιματικές συνθήκες. Η λίμνη βέβαια δεν είναι μόνο μια συλλογή νερού, αλλά ένα οικοσύστημα, μια κοινότητα με αλληλεπιδράσεις μεταξύ ζώων, φυτών, μικροοργανισμών και του φυσικού και χημικού περιβάλλοντος στο οποίο ζουν. Η ποικιλία και η ετερογένεια αποτελούν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των λιμναίων οικοσυστημάτων. Τα επιφανειακά στάσιμα νερά μπορούν να χωριστούν σε τρεις κύριες κατηγορίες ανάλογα με το βάθος τους: τις λίμνες, τα υγροτοπικά οικοσυστήματα ρηχών υδατοσυλλογών και τα έλη.

- Η λίμνη είναι μια βαθιά κοιλάτητα στην επιφάνεια της Γης με γλυκό ή υφάλμυρο νερό. Χαρακτηριστικό της είναι η θερμική στρωμάτωση των νερών που είναι τουλάχιστον εποχική. Η βλάστηση καταλαμβάνει μόνο μια παράλια λωρίδα μικρού βάθους.
- Η ρηχή υδατοσυλλογή (αβαθής λίμνη) είναι συγκρίσιμη με την παράλια ζώνη μιας λίμνης και μπορεί να εποικισθεί τελείως από τη βλάστηση. Το νερό δεν παρουσιάζει σταθερή θερμική στρωμάτωση.
- Το έλος έχει γενικά βάθος μικρότερο από ένα μέτρο. Η θερμοκρασία του νερού εξαρτάται άμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία και η θερμική στρωμάτωση ποικίλλει καθημερινά. Γενικά, η θερμοκρασία του νερού είναι χαμηλότερη στο βυθό στη διάρκεια της ημέρας ενώ κατά τη νύχτα είναι χαμηλότερη στην επιφάνεια.

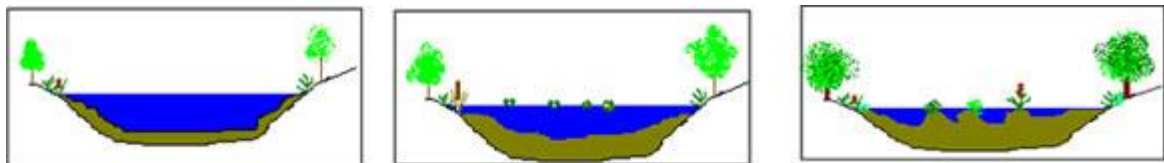


Εικόνα 2.1: Στην ευφωτική ζώνη μπορούν να αναπτυχθούν όλα τα είδη που φωτοσυνθέτουν, όπως η υδρόβια βλάστηση στην παράλια ζώνη και το φυτοπλαγκτόν στην πελαγική αλλά και την παράλια (Διαδίκτυο 2013). (<http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/parameters.htm>)

2.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΙΜΝΩΝ

Στην Ελλάδα αναφέρονται 230 ως φυσικές λίμνες και 30 τεχνητές. Λίμνες τεκτονικής προέλευσης οι οποίες οφείλουν την δημιουργία τους σε μετακινήσεις και διαρρήξεις του στερεού φλοιού της γης. Τα αίτια τους δηλαδή είναι τεκτονικά. Οι λίμνες κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τα φαινόμενα που προκάλεσαν τη δημιουργία τους (εικ.2.2), ως εξής:

- *Τεκτονικές*, οι οποίες δημιουργήθηκαν από μετακινήσεις και διαρρήξεις του στερεού φλοιού της γης.
- *Ηφαιστειακές*, οι οποίες καταλαμβάνουν κρατήρες σβησμένων ηφαιστειών ή δημιουργήθηκαν μετά τη φραγή ενός ποταμού από λάβα.
- *Καρστικές*, οι οποίες δημιουργήθηκαν από τη διάβρωση ασβεστολιθικών ή δολομιτικών πετρωμάτων από υπόγεια ή επιφανειακά νερά, π.χ. λίμνες Πρεσπών, Καστοριάς και Ιωαννίνων
- *Παγετωνικές*, οι οποίες δημιουργήθηκαν από τη διέλευση των παγετώνων κατά μήκος μιας κοιλάδας ποταμού, η οποία διευρύνεται και υποσκάπτεται, ενώ το κατώτερο τμήμα της φράσσεται από τα φερτά υλικά που συγκεντρώνονται εκεί μετά το λιώσιμο των πάγων.
- *Λίμνες Κατολισθήσεων*, οι οποίες δημιουργήθηκαν από κατολισθήσεις που έφραξαν τη ροή ποταμών, όπως, για παράδειγμα, η λίμνη Τσιβλού στην Ακράτα της Πελοποννήσου.
- *Παράκτιες*, οι οποίες δημιουργήθηκαν από την επίδραση των παλιρροϊκών και κυματικών δυνάμεων της θάλασσας που παρασύρουν άμμο και την εναποθέτουν στην εκβολή ενός ποταμού. Ο καθολικός αποκλεισμός της θάλασσας σχηματίζει μια παράκτια λίμνη, όπως ήταν αυτή της Αγουλινίτσας στη Πελοπόννησο. Συνήθως, όμως, δεν υπάρχει ολοκληρωτικός αποκλεισμός της θάλασσας, οπότε έχουμε το σχηματισμό λιμνοθάλασσας, όπως αυτή του Μεσολογγίου.



Εικόνα 2.2: Η Εξέλιξη των λιμνών (Διαδίκτυο 2013).

(http://www.kee.gr/perivallontiki/teacher4_2.html)

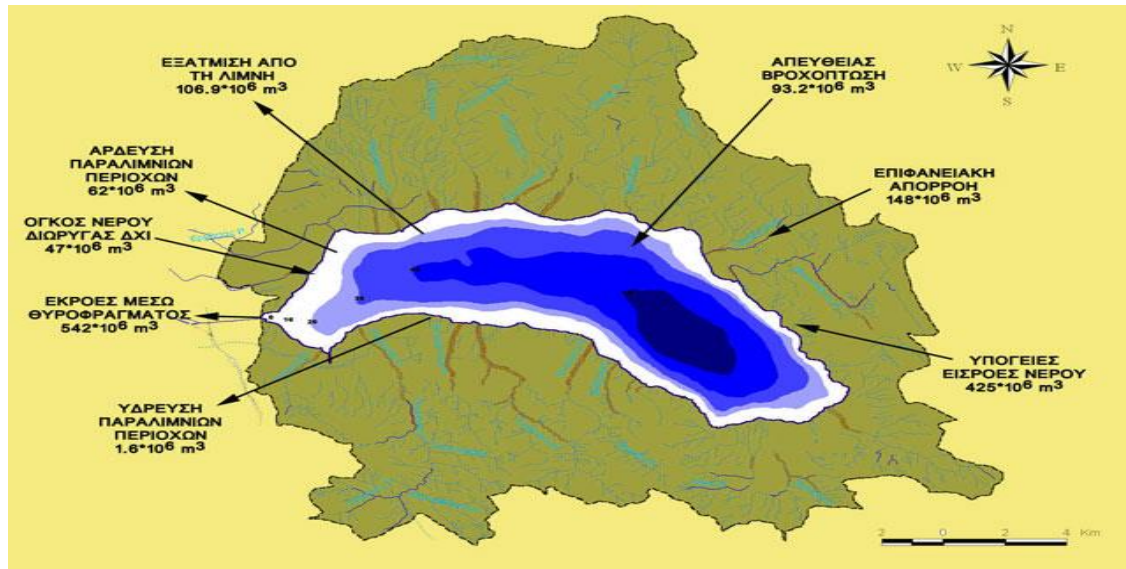
2.3 ΓΕΝΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ - ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ

Στην παρούσα ενότητα ορίζονται και επεξηγούνται οι βασικοί οροί που χρησιμοποιούνται για την κατανόηση των λιμνών. Βασικές συνιστώσες του λιμναίου οικοσυστήματος είναι: (α) η λεκάνη απορροής, (β) η γεωμορφολογία (μορφομετρία), (γ) η κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων, και (δ) η κατανομή των βιολογικών παραμέτρων.

2.3.1 Η ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ονομάζεται η χερσαία έκταση που περιβάλλει τη λίμνη και από την οποία συγκεντρώνεται όλη η επιφανειακή απορροή που τροφοδοτεί τη λίμνη (εικ. 2.3). Οριοθετείται συνήθως από την κορυφογραμμή (υδροκρίτη) της περιβάλλουσας ορεινής έκτασης και περιέχει τα εδάφη που η κλίση τους επιτρέπει το νερό των κατακρημνισμάτων να

διοχετεύεται στη λίμνη μέσω ποταμών, χειμάρρων ή ρεμάτων. Η λίμνη αποτελεί αντανάκλαση της λεκάνης απορροής.



Εικόνα 2.3: Όρια λεκάνης απορροής της λίμνης Τριχωνίδας (Διαδίκτυο 2013). (<http://www.life-trichonis.gr/drasi2.htm>)

Η γεωλογική της σύσταση, το μέγεθός της, η κλίση του εδάφους της, το κλίμα και η χρήση της επηρεάζουν το είδος και την ποσότητα των χημικών στοιχείων που αιωρούνται ή είναι διαλυμένα στο νερό αλλά και που υπάρχουν στο ίζημα της λίμνης. Για παράδειγμα, οι γρανιτικές λεκάνες σε περιοχές του Καναδά, της Σκανδιναβίας και της Σκωτίας, είναι άγονες, κάτι το οποίο γνωρίζουν καλά οι αγρότες των περιοχών αυτών και έχει άμεση επίδραση και στις γειτονικές λίμνες. Αντίθετα, λίμνες αρκετά νότια, σε περιοχές με παγετώδεις προσχώσεις και ιζηματογενή πετρώματα, είναι παραγωγικές σε άλγη και σε ψάρια. Εξάλλου το μέγεθος της λεκάνης απορροής σε συσχέτιση με την επιφάνεια της λίμνης είναι σημαντικός παράγοντας με αποτέλεσμα οι μεγάλες λεκάνες απορροής να συνδέονται με αυξημένες ποσότητες φερτών υλών σε αντίθεση με τις μικρές (εικ. 2.4).



Εικόνα 2.4: Στο διάγραμμα φαίνεται η αύξηση της ποσότητας των θρεπτικών με την αύξηση της έκτασης της λεκάνης απορροής σε σχέση με την έκταση της λίμνης (Διαδίκτυο 2013). (http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/lake_ecosystem.htm)

Οι υδρογεωλογικές και μετεωρολογικές παράμετροι της λεκάνης απορροής είναι πολύ σημαντικές για κάθε υδάτινο οικοσύστημα, άρα και για κάθε λίμνη. Έτσι λεκάνες απορροής με πετρώματα σχιστολιθικά, ψαμμιτικά, κροκαλοπαγή που θεωρούνται αδιαπέραστοι σχηματισμοί, έχουν μεγάλο συντελεστή επιφανειακής απορροής (>35% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων) και μικρή κατείδυση (3-7% της ατμοσφαιρικής κατακρήμνισης). Αντίθετα τα ανθρακικά πετρώματα με διαρρήξεις και "κάρστ" παρουσιάζουν μικρή επιφανειακή απορροή (0-7%), ενώ η κατείδυσή τους είναι μεγάλη (>50% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων). Προσχώσεις, τεταρτογενείς και σχηματισμοί νεότερης ηλικίας έχουν ποικίλο συντελεστή επιφανειακής απορροής. Η χρήση της γης έχει επίσης σημαντική επίδραση στην ποιότητα και στην ποσότητα του νερού που εισέρχεται στις λίμνες. Έτσι όπως φαίνεται στη εικόνα 4 το υδάτινο φορτίο που εκφορτίζεται σε μια λίμνη διαφέρει σημαντικά ανάλογα με τη χρήση της γης. Σε αστικές περιοχές η μεγάλη συμμετοχή των αδιάβροχων επιφανειών, π.χ. δρόμοι, σπίατα στη διαμόρφωση του εδάφους, έχει σαν συνέπεια την ελάχιστη απορρόφηση του νερού μιας καταιγίδας και τη δημιουργία αυξημένης επιφανειακής απορροής, που με τη σειρά της δημιουργεί σημαντική διάβρωση στις όχθες των ρεμάτων και μεταφορά μεγάλων τμημάτων εδάφους (εικ. 2.5). Οι επιφανειακές απορροές των αστικών περιοχών είναι πολύ μεγαλύτερες σε όγκο από τις αντίστοιχες των δασικών και εμφανίζονται σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα μετά την έναρξη της βροχόπτωσης, σε αντίθεση με τις δασικές που εμφανίζουν ομαλή εξέλιξη.



Εικόνα 2.5: Οι επιφανειακές απορροές των αστικών περιοχών είναι πολύ μεγαλύτερες σε όγκο από τις αντίστοιχες των δασικών και εμφανίζονται σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα μετά την έναρξη της βροχόπτωσης, σε αντίθεση με τις δασικές εκτάσεις όπου η απορροή συμβαίνει με βραδύτερους ρυθμούς (Διαδίκτυο 2013).

(http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/lake_ecosystem.htm)

2.4 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΙΜΝΩΝ

Η ροή του νερού πάνω από δρόμους, στέγες και πάρκινγκ, συγκεντρώνει ρυπαντές, θρεπτικά συστατικά σε διαλυμένη και σωματιδιακή μορφή. Το περιεχόμενο σε φώσφορο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για μια λίμνη, γιατί ως γνωστό είναι αυτό που ελέγχει την βιομάζα των αλγών και την συνολικότερη παραγωγικότητα της λίμνης. Συγκεκριμένα τα ετήσια φορτία σε φώσφορο από 10 εκτάρια (100 στρέμματα) διαφορετικών εκτάσεων γης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

(Διαδίκτυο 2013), (http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/lake_ecosystem.htm).

Πίνακας 1: Ποιοτικά χαρακτηριστικά λιμνών.

(Διαδίκτυο 2013), (http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/lake_ecosystem.htm)

Δασική έκταση	4,5 Kgr φωσφόρου
Αγροτική / καλλιεργήσιμη έκταση	30 Kgr φωσφόρου
Αστική έκταση	50 Kgr φωσφόρου

Συμπερασματικά, ο ρυθμός και ο όγκος των εισροών σε μια λίμνη επηρεάζει και την ποιότητα του νερού της. Το κλίμα επίσης επηρεάζει την ιζηματογένεση και τη μεταφορά των θρεπτικών στοιχείων. Στα εύκρατα κλίματα οι βροχοπτώσεις διατηρούν μια κανονική περίπου κατανομή στη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους και οι καταρρακτώδεις βροχές είναι σπάνιες. Αυτό έχει σαν συνέπεια να δημιουργείται μια διαρκής φυτική κάλυψη σε δάση και ανοικτές εκτάσεις, οπότε η φυσική διάβρωση του εδάφους είναι περιορισμένη. Αντίθετα, σε ημιάνυδρα κλίματα παρατηρούνται λίγες και έντονες καταιγίδες που σε συνδυασμό με την εποχιακή φυτοκάλυψη, έχουν σαν αποτέλεσμα τη διάβρωση του εδάφους να είναι εκτεταμένη και οι φερτές ύλες να μεταφέρονται ευκολότερα από τη λεκάνη στη λίμνη.

Παράμετροι λοιπόν όπως:

- ο όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στη συνολική λεκάνη της λίμνης
- ο όγκος των επιφανειακών απορροών της λεκάνης και των υπόγειων εισροών
- ο όγκος του νερού που εξατμίζεται από την επιφάνεια της λίμνης
- ο όγκος του νερού που απάγεται από τη λίμνη (περίπτωση υδροληψίας για ύδρευση – άρδευση)

- η σχετική υγρασία του εδάφους και η εξατμισοδιαπνοή της λεκάνης απορροής είναι καθοριστικοί για το υδρολογικό καθεστώς της λίμνης, όπως καθοριστικός παράγοντας είναι και ο υδραυλικός χρόνος παραμονής του νερού της λίμνης, που συνδέεται άμεσα με τον χρόνο ανανέωσης των υδάτων.

Υδραυλικός χρόνος παραμονής, είναι ο χρόνος που απαιτείται για να ξαναγεμίσει μια άδεια λίμνη, μέσω της φυσικής ροής των νερών που την τροφοδοτεί. Αποτελεί μια σημαντική παράμετρο για τη μελέτη της ρύπανσης αλλά και για υπολογισμούς που αφορούν τη δυναμική των θρεπτικών στοιχείων. Σχετίζεται άμεσα με την παροχή των εισροών της λίμνης και τη μορφολογία της λεκάνης της και υπολογίζεται με την διαίρεση του όγκου της με την παροχή των εισροών και εκροών, δηλαδή: $V_{\text{λίμνης}}/Q_{\text{εισρ-εκρ}}$ [$\text{m}^3/\text{m}^3/\text{sec}$]

Σε λίμνες με μεγάλη έκταση και βάθος όπως η Ταχόη στην Καλιφόρνια (έκταση 499Km² και μέσο βάθος 313m) ο υδραυλικός χρόνος παραμονής είναι 700 χρόνια περίπου, οπότε τα εισερχόμενα θρεπτικά παραμένουν σχεδόν μόνιμα στη λίμνη, ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις των λιμνών οι χρόνοι παραμονής κυμαίνονται από 1-10 χρόνια.

Τα θρεπτικά συστατικά, όπως ο φώσφορος ή ο σίδηρος, μεταφέρονται σαν άλατα ενσωματωμένα σε τμήματα εδάφους, οπότε μετακινούνται πιο εύκολα σε ημιάνυδρα κλίματα. Αντίθετα το άζωτο, το πυρίτιο ή το θείο είναι συνήθως παρόντα σε χημικές ενώσεις διαλυτές στο νερό, οπότε μεταφέρονται εξίσου εύκολα σε καθαρά ή λασπώδη νερά. Η κύρια πηγή του αζώτου σε όλες τις λεκάνες απορροής είναι οι βροχές, ενώ για το φώσφορο είναι η διάβρωση του εδάφους. Επόμενο λοιπόν είναι ότι οι λίμνες σε ημιάνυδρα κλίματα τείνουν να έχουν αυξημένες συγκεντρώσεις φωσφορικών και χαμηλές συγκεντρώσεις νιτρικών, ενώ σε λίμνες των εύκρατων κλιμάτων συμβαίνει το αντίθετο.

Η επίδραση της λεκάνης απορροής στη λίμνη γίνεται εμφανής αν εκτιμηθεί η παράμετρος που εκφράζεται με το πηλίκιο: έκταση της λεκάνης απορροής / έκταση της λίμνης (εικ. 4). Λογικό είναι να αναμένει κανείς ότι όσο η τιμή του κλάσματος αυτού μεγαλώνει, τόσο μειώνεται η ποιότητα του νερού. Αυτό γιατί όσο αυξάνεται η έκταση λεκάνης απορροής σε σχέση με την έκταση της λίμνης, επιπλέον πηγές και όγκοι φερτών υλών καταλήγουν στη

λίμνη. Βέβαια αυξάνεται και η πιθανότητα να συγκρατηθούν και να απορροφηθούν από το έδαφος τα ανόργανα στοιχεία πριν καταλήξουν στη λίμνη.

Αντίθετα όταν η λεκάνη απορροής είναι μικρή, οι λίμνες τροφοδοτούνται κυρίως από τον υπόγειο υδροφόρα και προφανώς είναι πιο φτωχές σε θρεπτικά συστατικά, έχουν καλύτερη ποιότητα νερού, είναι όμως πιο ευαίσθητες στην οξίνιση των νερών τους από την όξινη βροχή, λόγω της μειωμένης ρυθμιστικής τους ικανότητας. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της Crater Lake του Όρεγκον που είναι μια από τις πλέον ολιγοτροφικές λίμνες του κόσμου, αφού η λεκάνη απορροής της περιλαμβάνει μόνο τον κρατήρα του ηφαιστείου. Το κλίμα ευθύνεται επίσης και για το μέγεθος της επίδρασης της όξινης βροχής στη λίμνη. Έτσι οι λίμνες που βρίσκονται σε κρύα κλίματα είναι πιθανό να έχουν πιο όξινα νερά χαμηλό pH, επειδή το λιωμένο χιόνι έχει χαμηλότερο pH σε σχέση με το νερό που εξουδετερώνει την οξύτητά του ρέοντας διαμέσου των εδαφών.

Η μορφολογία της λεκάνης απορροής επηρεάζει την ποιότητα του νερού και με άλλο τρόπο. Έτσι λίμνες που στερούνται φυσικών υπερχειλίσεων καταλήγουν να γίνουν αλμυρές λόγω της εξάτμισης του νερού. Τέτοιες λίμνες συναντούμε βόρεια των Ιμαλαίων, στην ανατολική Αυστραλία, στον κεντρικό Καναδά, στη Νεβάδα, και στις δυτικές ερήμους της Β. Αμερικής. Σημαντικότερη βέβαια όλων των προαναφερθέντων, είναι η επίδραση του ανθρώπου, ο οποίος συνήθως χρησιμοποιεί εκτάσεις της λεκάνης απορροής με τέτοιο τρόπο ώστε τελικά να ρυπαίνει, είτε με αποθέσεις τοξικών χημικών είτε με τα λύματα κατοικημένων παρόχθιων περιοχών είτε ακόμη με τα χημικά (αγροτοχημικά) των καλλιεργειών τα οποία καταλήγουν στις παρακείμενες λίμνες, δημιουργώντας τα γνωστά προβλήματα του ευτροφισμού και της ρύπανσης, που βαθμιαία υποβαθμίζουν την ποιότητα των υδάτων στα λιμναία οικοσυστήματα.

2.5 Η ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΑ (ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ) – ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΛΙΜΝΩΝ

Η έκταση της λίμνης, ο όγκος της, το μέσο και μέγιστο βάθος της, το μήκος της ακτής (όχθης) της, αποτελούν σημαντικά στοιχεία του λιμναίου οικοσυστήματος. Πολλά λιμνολογικά φαινόμενα, όπως η κατανομή των βιοκοινωνιών και η παραγωγικότητα σχετίζονται άμεσα με τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά της υδρολογικής λεκάνης. Ακόμη και το σχήμα μιας λίμνης μπορεί να καθορίσει την παραγωγικότητά της. Για παράδειγμα, οι ρηχές λίμνες με αναλογικά μεγαλύτερο ποσοστό νερού σε επαφή με το ίζημα, είναι πιο παραγωγικές από τις λίμνες που είναι βαθιές και που έχουν απότομες ακτές.

Τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά μιας λίμνης μπορούν να περιγραφούν και να υπολογιστούν από ένα λεπτομερή βυθομετρικό χάρτη. Εξαρτώνται από το σχήμα της και την γεωλογική της προέλευση και είναι οι παράμετροι που αναφέρονται πιο κάτω:

1. Η έκταση (A), είναι το εμβαδόν της επιφάνειας μιας λίμνης
2. Το μέγιστο βάθος (Z_{max}) και το μέσο βάθος (Z) της λίμνης
3. Το μήκος (L) και το πλάτος της (B)
4. Ο όγκος (V) των υδάτων της
5. Το μήκος της ακτογραμμής και η ανάπτυξη της ακτογραμμής

Η εκτίμηση των πιο πάνω παραμέτρων θεωρείται απαραίτητη για την μελέτη κάθε λιμναίου οικοσυστήματος.

- Το μέγιστο βάθος μετρείται με ειδικά όργανα, τα βυθόμετρα και βέβαια μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου εξαιτίας της εναπόθεσης ιζημάτων ή της διάβρωσης καθώς και της εξάτμισης ή απόληψης ύδατος από τον υδάτινο όγκο της λίμνης.
- Σαν μέγιστο μήκος (L) μιας λίμνης ορίζεται η απόσταση των δυο πιο απομακρυσμένων σημείων της, ενώ μέγιστο πλάτος είναι η απόσταση των πιο απομακρυσμένων σημείων της ακτής (χωρίς να παρεμβάλλεται στεριά), που είναι

όμως κάθετη προς τον άξονα του μέγιστου μήκους. Αντίστοιχα μέσο πλάτος (B) είναι ο λόγος της επιφάνειας (A) της λίμνης προς το μέγιστο μήκος της, δηλαδή: $B = A/L$.

- Ο όγκος (V) του νερού μιας λίμνης μπορεί να υπολογιστεί με τη χρήση των ισοβαθών καμπυλών, αθροίζοντας τον όγκο που περιέχεται μεταξύ των διαφόρων επιφανειών (στρωμάτων) όλων των ισοβαθών. Δηλαδή:

$$\text{Όγκος λίμνης} = \Sigma \text{ όγκων στρωμάτων}$$

$$\text{όπου όγκος στρωμάτος} = h/3 \cdot (a_1 + a_2 + \sqrt{a_1 \cdot a_2})$$

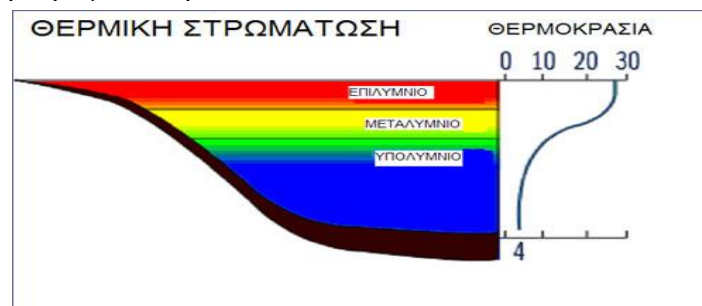
και h =ύψος στρώματος
 a_1 =έκταση επιφανειακού στρώματος
 a_2 =έκταση στρώματος πυθμένα

Το μήκος, η επιφάνεια και ο όγκος μιας λίμνης υπολογίζονται με τους υδρογραφικούς χάρτες. Το μέσο βάθος (Z) μιας λίμνης υπολογίζεται από τον λόγο του όγκου του νερού προς την επιφάνεια του, δηλαδή:

$$\bar{Z} = \frac{\text{όγκος νερού (V) σε m}^3}{\text{επιφάνεια (A) σε m}^2}$$

2.6 ΟΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΤΟ ΛΙΜΝΑΙΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ

Ποσότητα φωτός (ζώνωση): Στις βαθιές λίμνες, η ζώνη που διαπερνάται από το φως λέγεται ευφωτική ενώ η έλλειψη φωτός χαρακτηρίζει την αφωτική ζώνη (εικ.2.6). Οι φυσικές παράμετροι περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία και τη φωτεινότητα. Στις βαθιές λίμνες ο βυθός παραμένει σκοτεινός και ψυχρός, όπως και στη θάλασσα. Η επιφανειακή ζώνη της λίμνης που φτάνει το φως λέγεται ευφωτική, ενώ η ζώνη στην οποία δε φτάνει το φως λέγεται αφωτική. Η παρουσία ή η απουσία του φωτός επηρεάζει και τη θερμοκρασία του νερού, με αποτέλεσμα το νερό στην επιφάνεια να είναι πιο θερμό και ελαφρύτερο, ενώ σε μεγαλύτερα βάθη πιο ψυχρό και βαρύτερο (θερμική στρωμάτωση λίμνης). Το τμήμα αυτό που χαρακτηρίζεται από την απουσία του φωτός και από ψυχρό και πυκνό νερό ονομάζεται υπολίμνιο, ενώ το επιφανειακό τμήμα ονομάζεται επιλίμνιο. Μεταξύ των δύο αυτών στρωμάτων δημιουργείται ένα περιορισμένο στρώμα, όπου αναμειγνύεται το θερμό νερό του επιλίμνιου με το ψυχρότερο του υπολίμνιου, που ονομάζεται μεταλίμνιο. Η θερμική στρωμάτωση είναι πιο έντονη το καλοκαίρι και εξαφανίζεται το φθινόπωρο με την πτώση της θερμοκρασίας και την ένταση των ανέμων που αναδέουν τα νερά της λίμνης. Οι διαφοροποιήσεις αυτές παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της ισορροπίας των λιμναίων οικοσυστημάτων. Στις ρηχές λίμνες το φως φτάνει ως το βυθό, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει αυτή η στρωμάτωση.



Εικόνα 2.6: Τυπική κατανομή θερμικής στρωμάτωσης (Διαδίκτυο 2013).

(http://www.kee.gr/perivallontiki/teacher4_2.html)

2.6.1 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

2.6.1.1 ΟΣΜΗ

Η οσμή όπως και το χρώμα είναι ένα οργανοληπτικό χαρακτηριστικό και γι' αυτό υποκειμενικό, που μπορεί ωστόσο να αποτελέσει κριτήριο για την ταξινόμηση των νερών σε κατηγορίες χρήσεων (πόση, αναψυχή, διαβίωση ψαριών κ.λπ.). Η οσμή των νερών στη λίμνη μπορεί να οφείλεται σε φυσικά ή ανθρωπογενή αίτια. Σε μία ευτροφική λίμνη, όταν επικρατούν αναερόβιες συνθήκες, τα προϊόντα της διάσπασης της οργανικής ύλης είναι το υδρόθειο, η αμμωνία, το μεθάνιο, αέρια δύσοσμα, τοξικά και εκρηκτικά. Επίσης η χημική κατεργασία λυμάτων και αποβλήτων με χλώριο δίνει στο νερό χαρακτηριστική οσμή χλωρίου ή χλωροφαινόλης. Βέβαια η ένταση των οσμών δεν εξαρτάται πάντα από τη συγκέντρωση των ουσιών που την προκαλούν. Αν και το όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της οσμής είναι η ανθρώπινη μύτη, υπάρχουν συγκεκριμένες τεχνικές με τις οποίες προσδιορίζεται ποιοτικά και ποσοτικά. Η ποιοτική κατάταξη γίνεται με βάση κατηγορίες αντιπροσωπευτικών ουσιών με χαρακτηριστική οσμή (πίν. 2) π.χ. τα βιομηχανικά απόβλητα, το χλώριο, τα απόβλητα διυλιστηρίων, το υδρόθειο, η αμμωνία αντιστοιχίζονται στην κατηγορία της οσμής φαρμάκων. φυτά σε αποσύνθεση στην κατηγορία της οσμής μούχλας κ.λπ. Ποσοτικά η οσμή προσδιορίζεται με τη μέθοδο των διαδοχικών αραιώσεων. Το δείγμα αραιώνεται σταδιακά και κρατάμε αυτό στο οποίο η οσμή είναι ελάχιστα αντιληπτή. Στο δείγμα αυτό η αραιώση χαρακτηρίζεται ως "κατώφλι οσμής" (πίν. 2) .

Πίνακας 2: Συσχέτιση οσμών σε λιμναία συστήματα
(Διαδίκτυο 2013), (<http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/smell.htm>)

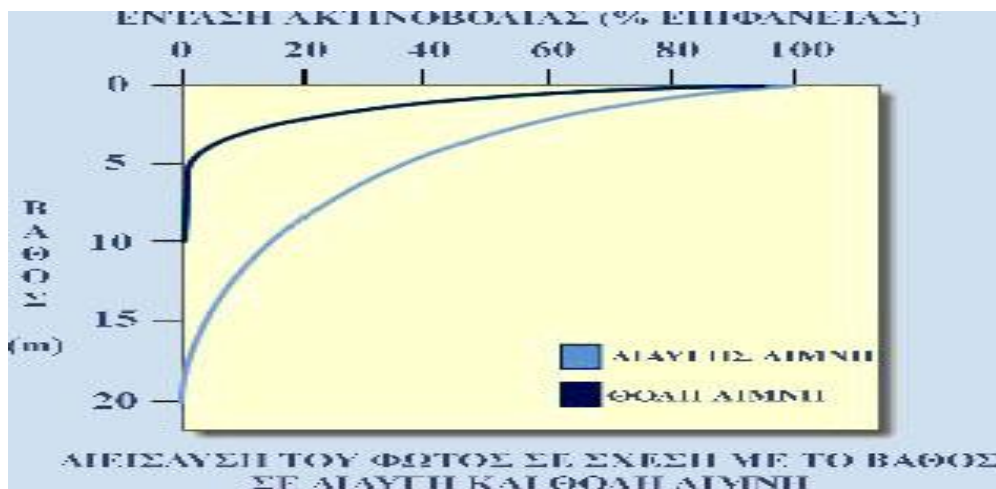
ΕΙΔΟΣ ΟΣΜΗΣ	ΟΣΜΗ ΟΜΟΙΑ ΜΕ
Οσμή αρώματος	Καμφορά, γαρύφαλλα, λεβάντα, λεμόνι
Οσμή φαρμάκων	Βιομηχανικά απόβλητα, χλώριο, υδρόθειο, αμμωνία, απόβλητα διυλιστηρίων
Οσμή μούχλας	Φυτά σε αποσύνθεση
Οσμή χώματος	Λάσπη, βρεγμένο χώμο

2.6.1.2 ΦΩΣ

Για τα λιμναία και γενικότερα τα υδάτινα οικοσυστήματα, η ηλιακή ακτινοβολία είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας αφού αποτελεί την κύρια πηγή θερμότητας για το νερό και καθορίζει τις μετεωρολογικές συνθήκες στη λεκάνη απορροής της λίμνης και τον κυματισμό του νερού. Παράλληλα, η ηλιακή ακτινοβολία συνδέεται με την πρωτογενή και τη δευτερογενή παραγωγή οργανικής ύλης μέσω της φωτοσύνθεσης, που μετατρέπει τη φωτεινή ενέργεια του ήλιου σε χημική. Η φωτοσύνθεση παράγει βιομάζα (οργανική ύλη) είτε μέσα στο υδάτινο οικοσύστημα (αυτόχθονη) είτε στη λεκάνη απορροής (αλλόχθονη) η οποία μεταφέρεται στο λιμναίο οικοσύστημα είτε ως διαλυμένη είτε ως σωματιδιακή οργανική ύλη εξασφαλίζοντας έτσι τροφή σε ένα μεγάλο αριθμό των οργανισμών της λίμνης. Η ένταση του φωτός που δέχεται στιγμιαία κάθε φυτοπλακτονικός οργανισμός εξαρτάται από τη θέση του μέσα στην υδάτινη στήλη και την κατανομή του φωτός στο νερό. Όσο πιο βαθιά μπορεί να διεισδύσει το φως στο νερό τόσο πιο βαθιά μπορούν να αναπτυχθούν φωτοσυνθετικές δραστηριότητες. Οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί μιας λίμνης περιλαμβάνουν το φυτοπλακτόν, που αιωρείται στο νερό, το περίφυτον που προσκολλάται σε επιφάνειες και τα αγγειώδη υδρόβια φυτά, τα μακρόφυτα. Οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί που αναφέραμε συνθέτουν με τη βοήθεια των φωτονίων, μορίων νερού και διοξειδίου του άνθρακα

υδατάνθρακες ($6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} > \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$) μετατρέποντας τη φωτεινή ενέργεια σε χημική, η οποία μέσω τροφικών πλεγμάτων μεταφέρεται στους ανώτερους καταναλωτές. Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια μιας λίμνης εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος της περιοχής, την εποχή και την ώρα της ημέρας αλλά και τις ατμοσφαιρικές και μετεωρολογικές συνθήκες.

Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που εισχωρεί στη λίμνη ελαττώνεται με την αύξηση του βάθους της (εικ. 2.7). Το ίδιο το νερό, οι διαλυμένες σε αυτό ουσίες και τα αιωρούμενα σωματίδια διαθλούν και απορροφούν το φως και μειώνουν τη διαπερατότητά του. Επίσης, καθώς διαδίδεται η ηλιακή ακτινοβολία στο νερό, η έντασή της μειώνεται, εξαιτίας της μετατροπής της σε θερμότητα. Σε βάθος ενός μέτρου το 53% της συνολικής φωτεινής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα (Rutner, 1963). Αναφέρεται ότι μέσα στο νερό η φωτεινή ενέργεια που χρειάζεται για τη φωτοσύνθεση θα πρέπει ν' αντιστοιχεί στο 1% του φωτός που προσπίπτει στην επιφάνεια του νερού



Εικόνα 2.7: Το βάθος μέχρι το οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί η φωτοσύνθεση (ευφωτική ζώνη) σε μια διαυγή λίμνη μπορεί να φθάσει τα 20 μέτρα, ενώ σε θολή (εύτροφη) λίμνη συνήθως δεν ξεπερνά τα 4-5 μέτρα (Διαδίκτυο 2013). (<http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/light.htm>)

Υπάρχουν βέβαια και περιπτώσεις όπου η φωτοσύνθεση είναι δυνατή και όταν η ένταση του φωτός είναι κάτω από το 1% αυτής που προσπίπτει στην επιφάνεια του νερού. Η στήλη του νερού μέσα στην οποία η φωτεινή ενέργεια είναι τέτοια ώστε να είναι δυνατή η φωτοσύνθεση καλείται ευφωτική ή φωτική ζώνη. Όλη η παράλια ζώνη και το ανώτερο τμήμα της πελαγικής ζώνης μιας λίμνης ανήκουν στην ευφωτική ζώνη. Κατά τη διάρκεια της ημέρας η ευφωτική ζώνη αποτελεί ένα μέσο παραγωγής οξυγόνου, ενώ τη νύχτα η φωτοσύνθεση σταματά και λόγω της αναπνοής των ζωικών και φυτικών οργανισμών το διαλυμένο οξυγόνο μειώνεται. Η αφωτική ζώνη εκτείνεται κάτω από την ευφωτική έως το βυθό και αποτελεί περιοχή όπου δεν παράγεται οξυγόνο. Το όριο μεταξύ φωτικής και αφωτικής ζώνης μεταβάλλεται καθημερινά και εποχιακά, ανάλογα με την μεταβολή της ηλιακής έντασης και της διαφάνειας του νερού. Τελικά, αφού η φωτοσύνθεση σε μια λίμνη εξαρτάται από το φως, οτιδήποτε περιορίζει την διεισδυτικότητά του θα επηρεάζει σημαντικά τις βιολογικές και χημικές διαδικασίες που συντελούνται στο νερό. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες στη λεκάνη απορροής της λίμνης προκαλούν σημαντικές αλλαγές στη διαφάνεια του νερού. Ενδείξεις για την κατάσταση που επικρατεί στη λίμνη μπορούμε να έχουμε μετρώντας τη θολερότητα ή τη διαφάνεια του νερού.

2.7 ΑΝΑΜΙΞΗ ΣΕ ΛΙΜΝΕΣ - ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ – ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά των λιμνών είναι μετεωρολογικοί, καθώς και οι διαφορές εισροές – εκροές νερού. Από άποψη θερμοκρασιών, σε πολλούς ταμιευτήρες παρουσιάζεται γενικά ένας ετήσιος κύκλος. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα το νερό πλησίον της επιφάνειας ψύχεται συνεχώς, γίνεται βαρύτερο και κάποτε βυθίζεται. Η ανάμιξη που ακολουθεί επαυξάνεται λόγω της ταυτόχρονης δράσης των ανέμων, και έτσι ουσιαστικά το νερό γίνεται ομογενές από άποψη πυκνοτήτων. Κατά τη διάρκεια της άνοιξης και στις αρχές του θέρους λαμβάνει χώρα εισροή νερού μέσα στον ταμιευτήρα, το οποίο λόγω των διαφόρων προσμίξεων (κυρίως αλάτι από την καλοκαιρινή εξάτμιση) είναι σχετικά βαρύτερο και κατευθύνεται προς τον πυθμένα, διαλυόμενο συνεχώς στην προς τα κατάντη πορεία του. Το θέρους και μέρος του φθινοπώρου η ηλιακή θερμότητα δημιουργεί στρωματοποίηση πυκνοτήτων και το χειμώνα ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

Η δράση των ανέμων και των διαφόρων εισροών είναι απόρρυθμιστικοί παράγοντες της ευστάθειας των διαφόρων στρώσεων (που δημιουργούνται λόγω μεταβολών πυκνότητας), έτσι δε γίνεται σημαντική κατακόρυφη ανάμιξη. Η ηλιακή θερμότητα δημιουργεί τη στρωματοποίηση της πυκνότητας, ενώ ο άνεμος αναμιγνύει συνήθως σημαντικά την άνω στρώση, δηλαδή το επιλίμνιο. Κάτω από το επιλίμνιο υπάρχει μια σημαντική μεταβολή θερμοκρασιών, που χωρίζει τα βαθύτερα νερά από την επιφανειακή στρώση. Η στρώση αυτής της μεταβολής λέγεται θερμοκλινής ή θερμοκλινη. Τα βαθειά νερά προστατεύονται από τον άνεμο μέσω της σταθερής θερμοκλινής και σχηματίζουν το λεγόμενο υπολίμνιο. Γενικά, οι λίμνες και οι ταμιευτήρες παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στην συμπεριφορά τους από περιοχή σε περιοχή και από εποχή σε εποχή.

Στις λίμνες και στους ταμιευτήρες εμφανίζονται συνήθως σημαντικές διαφορές θερμοκρασιών καθ' ύψος, με ψυχρότερες μάζες πλησίον του πυθμένα και θερμότερες πλησίον της επιφάνειας. Οι (νοητές) γραμμές ίσων θερμοκρασιών (ισοθερμοκρασιακές γραμμές) είναι συνήθως οριζόντιες, αν και πολλές φορές λαμβάνουν χώρα περιοδικές ταλαντώσεις αυτών (seiches), όπως π.χ. σε περιόδους ισχυρών ανέμων ή μεταβολών ατμοσφαιρικής πίεσης ή και εισροών νερού, οπότε και οι γραμμές ίσων πυκνοτήτων ταλαντεύονται επίσης σημαντικά γύρω από ένα μέσο επίπεδο.

Ως εισαγωγή στη μελέτη των κινήσεων που προκαλούν ανάμιξη και διάλυση, θα εξεταστεί εδώ – κατ' αρχάς – η δομή των ταλαντώσεων που οφείλονται σε εξωτερικές διαταραχές. Η πυκνότητα του νερού, ρ_s , μπορεί να χωριστεί σε τρία μέρη,

$$\rho_s = \rho_m + \rho_e(z) + \rho''(x, z, t) \quad (2.1)$$

όπου ρ_m είναι η (σταθερή) πυκνότητα του νερού που αντιστοιχεί στη μέση θερμοκρασία, είναι η διαφορά πυκνότητας (ως προς τη ρ_m) που προστίθεται π.χ. όταν μεταβληθεί η θερμοκρασία ως προς τη μέση και δεν υπάρχει κίνηση (οπότε γενικά, η δομή πυκνοτήτων είναι οριζόντια), ενώ $\rho''(x, z, t)$ είναι η διαφορά πυκνοτήτων (πέραν της μιας ή των δυο άλλων) που προστίθεται όταν υπάρχουν κινήσεις. Η ρ_m συνδυάζεται με τη ρ_e ή τη ρ_s και τις δυο μαζί, ενώ για σταθερή πυκνότητα $\rho_s = \rho_m$. Η αρχή των συντεταγμένων (x,y) βρίσκεται στον πυθμένα της λίμνης, z είναι η κατακόρυφη και θετική προς τα άνω και t είναι ο χρόνος. Ένα μέτρο της συνεχούς κλίσης πυκνότητας δίνεται από τη γνωστή παράμετρο:

$$\varepsilon' = -(1/\rho_m) \cdot (d\rho_e/dz) \quad (2.2)$$

$$\varepsilon' = -(1/\rho_m) \cdot (d\rho_s/dz) \quad (2.3)$$

Αφού $(d\rho_e/dz) = (d\rho_s/dz)$ και $(d\rho_m/dz) = 0$

Σε ένα ομογενές υγρό είναι $\varepsilon' = 0$, ενώ χωρίς τη συνεκτικότητα κάθε κίνηση μέσα σ' αυτό είναι αστρόβιλη, η δε βαρύτητα ασκεί απλώς μια υδροστατική πίεση. Πράγματι:

α) σε κινήσεις ομογενούς υγρού, που δεν προκαλούν επιφανειακά κύματα, το μόνο αποτέλεσμα των καθολικών δυνάμεων βαρύτητας είναι η δημιουργία υδροστατικής πίεσης ίσης με:

$$\rho_m \cdot g \cdot (H - z) \quad (2.4)$$

όπου, H το συνολικό βάθος του ταμιευτήρα. Έτσι, αν η είναι p η πίεση που δημιουργείται λόγω των κινήσεων, η οποία οφείλεται σε όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση αυτή (δυνάμεις αδράνειας, βαρύτητας, συνεκτικότητας), τότε είναι δυνατόν η ανάλυση (εξίσωση κίνησης) να γίνεται με τη διαφορά (υδροδυναμική πίεση)

$$P = p - \rho_m \cdot g \cdot (H - z) \quad (2.5)$$

δηλαδή να μην λαμβάνεται υπόψη η δύναμη της βαρύτητας (κλειστά συστήματα – αβαρή ρευστά στοιχεία). Η απλοποίηση όμως αυτή μπορεί να γίνει δεκτή μόνο εφόσον η κίνηση λαμβάνει χώρα μέσα στην υγρή μάζα του ταμιευτήρα, κι όχι στην ελεύθερη επιφάνεια αυτού, τούτο δε οφείλεται στο ότι στην επιφάνεια οι πιέσεις πρέπει να είναι ίσες προς την ατμοσφαιρική πίεση (οριακή συνθήκη).

β) η επιρροή της ελεύθερης επιφάνειας σε ομογενή αποδέκτη μπορεί να ληφθεί υπόψη στην ανάλυση αν εξεταστεί η ισορροπία πιέσεων η οποία πρέπει να υπάρχει στην ελεύθερη επιφάνεια. Αν μια μάζα από το ρευστό κινηθεί με οριζόντια ταχύτητα V , προσκρούσει στο στερεό όριο του ταμιευτήρα και κατόπιν ακινητοποιηθεί, τότε η πίεση ανακοπής που αναπτύσσεται εκεί (Bernoulli) είναι:

$$\Delta p = (1/2) \cdot \rho_m \cdot V^2 - \rho_m \cdot V^2 \quad (2.6)$$

Αυτή η αύξηση της πίεσης πρέπει να εξισορροπηθεί από την τοπική ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας, δηλαδή από αύξηση της υδροστατικής πίεσης. Η μέγιστη όμως δυνατή αύξηση της υδροστατικής πίεση είναι της τάξης του $\rho_m \cdot g \cdot H$. Η τετραγωνική ρίζα του λόγου $\rho_m \cdot V^2 / \rho_m \cdot g \cdot H$, είναι ο γνωστός αριθμός Froude των ομογενών υγρών,

$$F = V / \sqrt{g \cdot H} \quad (2.7)$$

Που είναι ακριβώς ένα μέτρο της επιρροής της ελεύθερης επιφάνειας. Αν ο F είναι σημαντικός, τότε οι ανυψώσεις στην ελεύθερη επιφάνεια θα είναι σημαντικές σε σχέση με το βάθος, γενικά δε επιφανειακές ανυψώσεις σημαίνουν δημιουργία επιφανειακών κυμάτων.

Είναι γνωστό, από τους αγωγούς με ελεύθερη επιφάνεια, ότι τα επιφανειακά κύματα μεγάλου μήκους κινούνται με ταχύτητα:

$$c_w = \sqrt{g \cdot H} \quad (2.8)$$

Έτσι ο αριθμός Froude είναι:

$$F = V / c_w \quad (2.9)$$

Αν η μάζα του ρευστού κινηθεί με ταχύτητα μικρότερη της c_w ($F < 1$), τότε στην ελεύθερη επιφάνεια δημιουργείται κυματισμός με ύψος πίεσης που είναι μικρότερο του $\rho_m \cdot g \cdot H$ και

έτσι, η ελεύθερη επιφάνεια δεν διαταράσσεται σημαντικά και παραμένει περίπου ακίνητη και οριζόντια. Αν όμως είναι $F > 1$, τότε το δημιουργούμενο επιφανειακό κύμα είναι ισχυρό, παρατηρούνται δε σημαντικές επιφανειακές μετατοπίσεις (παρόλο βέβαια που η όλη προηγούμενη ανάλυση είναι μάλλον πρωτογενής για λόγους απλότητας). (Δημητρίου, 1992).

2.8 ΕΙΣΡΟΕΣ - ΕΚΡΟΕΣ ΣΕ ΛΙΜΝΕΣ

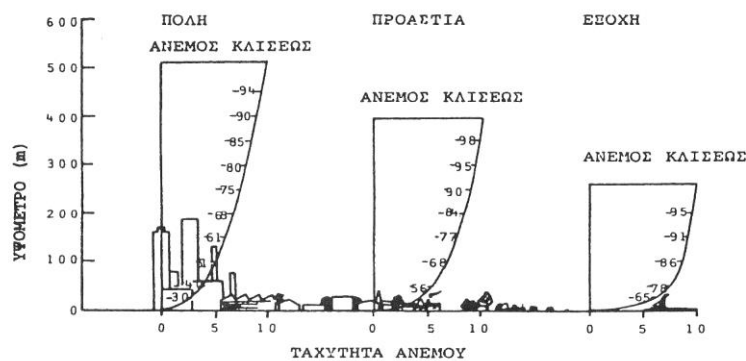
Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν διάφορες εξωτερικές πηγές ενέργειας – ως προς τις λίμνες, που μπορούν να τους επηρεάσουν είτε με διέλευση μέσω της ελεύθερης επιφάνειας είτε με εισρέοντα ρεύματα, ή ακόμα και με εκρέουσες παροχές.

2.8.1 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΟΡΙΑΚΗ ΣΤΟΙΒΑΔΑ – ΔΡΑΣΗ ΑΝΕΜΟΥ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΙ ΑΝΕΜΟΙ

Το χαμηλότερο τμήμα της ατμόσφαιρας είναι εκείνο που ενδιαφέρει περισσότερο τα προβλήματα ρυπάνσεως, αφού μέσα σ' αυτό διαχέονται οι μεγαλύτερες ποσότητες ρυπαντών. Στη κατώτερη οριακή στοιβάδα της ατμόσφαιρας, ας πούμε στα πρώτα 15 μέτρα περίπου, η περιστροφή του ανέμου από τις δυνάμεις Coriolis είναι αμελητέα. Η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου πάνω στη κατακόρυφη διεύθυνση μπορεί να υπολογιστεί με πολύ απλά μοντέλα. Όταν επικρατούν συνθήκες ουδέτερης ισορροπίας, ο λογαριθμικός νόμος της θεωρίας του Prandtl προσεγγίζει ικανοποιητικά αυτή την κατανομή. Σύμφωνα με το νόμο αυτό έχουμε:

$$\bar{u}_z = \frac{1}{K} \sqrt{\frac{\tau_o}{\rho}} \ln \frac{z}{z_o} \quad (2.10)$$

όπου \bar{U}_z είναι η μέση ταχύτητα του ανέμου στο υψόμετρο z , K είναι η σταθερά του von Karman περιλαμβάνεται από τους μετεωρολόγους ίση με 0,4 και τ_o η διατμητική τάση του ανέμου. Η πυκνότητα και η διατμητική τάση μεταβάλλονται λίγο στις πρώτες δεκάδες μέτρα της οριακής στοιβάδας. Η τ_o παίρνει τιμές μεταξύ 1 και 10 dyn/cm² πάνω από την θάλασσα. Η ποσότητα z_o ονομάζεται μήκος τραχύτητας και παίρνει συνήθως τιμές που κυμαίνονται ανάμεσα στο 1/10 και το 1/30 του μεγέθους των στοιχείων της τραχύτητας. Έτσι το z_o κυμαίνεται από 0,1 cm στην περίπτωση κοντής βλαστήσεως (χόρτα κλπ.) μέχρι 100 cm για δάσος με δέντρα ύψους περίπου 10 m. Η εικόνα 2.8 δείχνει με ποιο τρόπο επιδρά η τραχύτητα κοντά σε μια κατοικημένη περιοχή πάνω στην κατανομή του ανέμου. Η τιμή του τ_o δεν είναι συνήθως γνωστή αλλά υπολογίζεται από τις επιτόπιες παρατηρήσεις. Επίσης το μήκος z_o μπορεί να υπολογιστεί από πειραματικά δεδομένα, για τα οποία χρειάζονται τουλάχιστον δυο παρατηρήσεις σε διαφορετικά υψόμετρα. (Γκανούλης, 1984)



Εικόνα 2.8: Επίδραση της τραχύτητας πάνω στην κατανομή των ταχυτήτων του ανέμου (Γκανούλης, 1984)

Συμφώνα με τον αλγοριθμικό νόμο ο άνεμος μηδενίζεται στο υψόμετρο $z = z_0$ η σε απόσταση πάρα πολύ μικρή από την επιφάνεια της γης. Αν όμως το έδαφος καλύπτεται από διάφορα φυτά, είναι δυνατόν ο μηδενισμός αυτός να γίνεται σε μια απόσταση πιο μεγάλη από την επιφάνεια της γης. Ο λογαριθμικός νόμος μπορεί κατά συνέπεια να γενικευθεί και να πάρει την μορφή:

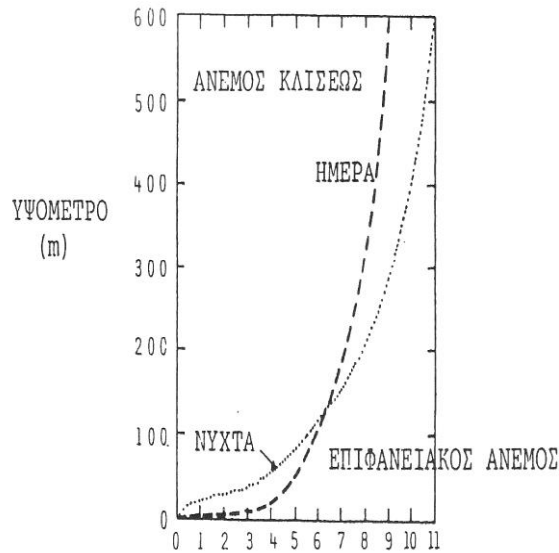
$$\overline{u_z} = \frac{1}{K} \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} \ln \left(\frac{z-d}{z_0} \right) \quad (2.11)$$

όπου το d είναι της τάξεως μεγέθους του ύψους που έχουν τα φυτά.

Όπως είπαμε και προηγουμένως ο λογαριθμικός νόμος ισχύει για μια αδιαβατική ατμόσφαιρα, όπως συμβαίνει στα κατωτέρα 900m κατά την διάρκεια της νύκτας. Στη διάρκεια όμως της ημέρας με αρκετή ηλιοφάνεια δημιουργείται τυρβώδης θερμική ανάμιξη της ατμόσφαιρας με συνέπεια η κατανομή του ανέμου να είναι "πλατύτερη" απ' ότι την νύκτα, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.9. Κατά συνέπεια η πρακτική χρήση του λογαριθμικού νόμου είναι πολύ περιορισμένη. Συνήθως χρησιμοποιείται μια εμπειρική κατανομή που έχει την μορφή:

$$\frac{\overline{u_z}}{\overline{u_0}} = \left(\frac{z}{z_0} \right)^n \quad (2.12)$$

όπου το n μεταβάλλεται από 0,12 - 0,50 ανάλογα με τις συνθήκες ατμοσφαιρικής ευστάθειας. Όσο μεγαλύτερη είναι η ευστάθεια τόσο μεγαλύτερο είναι και το n . Η κατανομή των ταχυτήτων σε τυρβώδη ροή πάνω από επίπεδη πλάκα αντιστοιχεί σε τιμή του εκθέτη ίση με $1/7$ ή $n = 0,14$. Η τιμή αυτή αποδεικνύεται ότι είναι μια καλή προσέγγιση για αδιαβατική ατμόσφαιρα πάνω από λεία επιφάνεια. (Γκανούλης, 1984)



Εικόνα 2.9: Μεταβολή της κατανομής των ταχυτήτων του ανέμου με τις συνθήκες ευστάθειας της ατμόσφαιρας (Γκανούλης, 1984)

Ο άνεμος εξασκεί διατμητικές δυνάμεις στην ελεύθερη επιφάνεια μιας λίμνης και τείνει να μετακινήσει μια επιφανειακή στρώση αυτής (επιφανειακό ρεύμα). Η διατμητική τάση εξαρτάται από την ισχύ ανέμου, την ευστάθεια της στρώσης του αέρα που βρίσκεται σε επαφή με την υδάτινη επιφάνεια, τις γρήγορες μεταβολές της ταχύτητας του ανέμου, το βαθμό ανάπτυξης επιφανειακών κυματισμών (επιφανειακή ταχύτητα) και την απόσβεση της ενέργειας αυτών στις ακτές της λίμνης. Η εφαπτομενική διατμητική τάση που είναι αποτέλεσμα της διάχυσης ποσότητας κίνησης εγκάρσια προς την ελεύθερη επιφάνεια του νερού γράφεται συνήθως με τη μορφή,

$$\tau_s = C_D \cdot \rho_a \cdot V^2 \quad (2.13)$$

όπου C_D είναι αδιάστατος συντελεστής αντίστασης (διάτμησης) που περιέχει τις επιρροές από όλους τους παράγοντες, ρ_a είναι η πυκνότητα του αέρα και V η ταχύτητα του ανέμου σε κάποιο σταθερό ύψος άνω της ελεύθερης επιφάνειας, συνήθως στα 10m ($\rho_a = V\alpha/g$).

Η τιμή του συντελεστή C_D έχει μετρηθεί για διάφορες ατμοσφαιρικές συνθήκες και διάφορες περιπτώσεις λιμνών. Έτσι, π.χ. βρέθηκε ότι στην τιμή του C_D δεν παίζει ρόλο το μέγεθος της λίμνης, μικρές δε λίμνες έχουν το ίδιο C_D όπως και ο ωκεανός. Τυπικές τιμές του C_D είναι $C_D = 10^{-3}$ για ανέμους ταχύτητας ως και 5m/sec, ενώ για μεγαλύτερες τιμές ταχύτητας και μέχρι 15m/sec το C_D αυξάνει γραμμικά. Για λίμνες βάθους μικρότερου των 2,5m η τιμή του C_D παραμένει σταθερή, $C_D = 10^{-3}$. Σημαντικός επίσης παράγοντας είναι η ευστάθεια της στρώσης του αέρα που βρίσκεται σε επαφή με την υδάτινη επιφάνεια. Θερμοί άνεμοι πάνω από ψυχρή μάζα νερού είναι ευσταθείς και δίνουν μικρότερο C_D από τις προηγούμενες τιμές ως και 40%, ενώ για ασταθείς ροές αέρα το C_D μπορεί να αυξηθεί ως και 40%. Για πρακτικούς υπολογισμούς είναι δυνατόν να λαμβάνεται ως μέση τιμή, $C_D = 1,3 \times 10^{-3}$. Ο άνεμος κοντά στην ελεύθερη επιφάνεια προκαλεί κίνηση του νερού σε επιφανειακή ταχύτητα, έστω, u_w . Έτσι, σε συνδυασμό με τις (προηγούμενες) διατμητικές τάσεις, η κίνηση του ανέμου παράγει έργο (ανά μονάδα χρόνου),

$$W_\varepsilon = \tau_s \cdot \overline{u_w} \quad W_\varepsilon = \tau_s \cdot \overline{u_w} \quad (2.14)$$

που αποτελεί εισροή δια της ελεύθερης επιφάνειας. Η ταχύτητα \bar{U}_w δεν έχει μετρηθεί πειραματικά, θα πρέπει όμως να είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με την ταχύτητα τριβής:

$$\bar{u}_w \approx u_* = \sqrt{\tau_s / \rho_m} \quad (2.15)$$

Σε βαθύς αποδέκτες το επιφανειακό ρεύμα αντισταθμίζεται από αντίθετη ροή σε χαμηλότερα επίπεδα, σε αβαθείς όμως αποδέκτες παρεμβαίνει και η τριβή του πυθμένα, $\tau(b)$. Ο ισχυρός άνεμος προκαλεί κατά την έννοια της κίνησης του (χ) τοπική κλίση στην υγρή επιφάνεια, το μέγεθος της οποίας είναι:

$$dz/dx = (\tau_s + \tau_b) / \rho_m \cdot g \cdot H \quad (2.16)$$

όπου, H το τοπικό βάθος του ταμιευτήρα. Η κλίση αυτή είναι μια απλή ερμηνεία της γένεσης των επιφανειακών κυμάτων λόγω ανέμου.

2.8.2 ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

Από και προς (εκροή ή απώλεια-εισροή ή αύξηση) τον ταμιευτήρα μεταφέρεται δια της ελεύθερης επιφάνειας αυτού θερμότητα, δηλαδή ενέργεια, κατά τρεις τρόπους: με αγωγή σε σχέση με τον εν επαφή αέρα, με εξάτμιση, καθώς και με ακτινοβολία. Στα παρακάτω η εκροή θεωρείται θετική και η εισροή αρνητική.

1) Η θερμική μεταφορά (ενέργεια ανά μονάδα χρόνου και επιφάνειας) που οφείλεται στην αγωγή θερμότητας από ή προς το εν επαφή αέρα, μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$H_s = C_s \cdot \rho_a \cdot c_{pa} \cdot V \cdot (\theta_0 - \theta) \quad (2.17)$$

όπου C_s αδιάστατος συντελεστής που εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες ως και ο συντελεστής αντίστασης τριβών ανέμου, c_{pa} ειδική θερμότητα του αέρα, θ_0 η θερμοκρασία του νερού στην επιφάνεια, θ η θερμοκρασία του αέρα σε ύψος 10m, V η ταχύτητα του ανέμου και ρ_a η πυκνότητα του αέρα.

2) Η θερμική εκροή που οφείλεται σε εξάτμιση (ενέργεια ανά μονάδα χρόνου-επιφάνειας) είναι:

$$H_L = C_L \cdot \rho_a \cdot L_w \cdot V \cdot (Y_0 - Y) \quad (2.18)$$

όπου C_L αδιάστατος συντελεστής ανάλογος με τον C_s , L_w η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης, $Y(0)$ η ειδική συγκέντρωση υγρασίας κορεσμού στη θερμοκρασία θ_0 και $Y (< Y_0)$ η ειδική συγκέντρωση υγρασίας σε ύψος 10m (τα Y_0, Y είναι αδιάστατα). Μέση τιμή για τα C_s, C_L στα πρακτικά προβλήματα είναι, $C_s = C_L = 1,45 \times 10^{-3}$. Κατά την εξάτμιση το νερό του ταμιευτήρα ψύχεται.

3) Ως προς την ακτινοβολία (ενέργεια ανά μονάδα χρόνου-επιφάνειας):

3.1) Από τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας (εισρέουσα ακτινοβολία μακρών κυμάτων) αυτή δίνεται από τη σχέση:

$$H_1 = -5,18 \cdot 10^{-13} \cdot (1 + 0,17 \cdot C_N^2) \cdot (273 + \theta)^6 \quad (2.19)$$

όπου C_N το ποσοστό του υπεράνω ατμοσφαιρικού χώρου που είναι καλυμμένο με νέφη (για ανέφελο ουρανό $C_N=0$ και για πλήρως νεφελώδη ουρανό $C_N=1$).

3.2) Η επανερχόμενη προς την ατμόσφαιρα ακτινοβολία από την επιφάνεια του νερού (εκροή) δίνεται από τη σχέση:

$$H_2 = 5,23 \cdot 10^{-8} \cdot (273 = \theta_0)^4 \quad (2.20)$$

3.3) Η απ' ευθείας ηλιακή ακτινοβολία (βραχέων κυμάτων) H_{sw} , που προσπίπτει στην επιφάνεια της λίμνης ($H_{sw} < 0$, εισροή), μπορεί να εκτιμηθεί είτε από την έξω της ατμόσφαιρας ακτινοβολία και τις επικρατούσες εκεί συνθήκες, είτε να μετρηθεί η παροχή της απ' ευθείας με ειδικές συσκευές, τα ραδιόμετρα. Η απ' ευθείας ακτινοβολία διεισδύει σε σημαντικό βάθος μέσα στον ταμιευτήρα, ενώ οι προηγούμενες μεταφορές θερμότητας, H_s, H_l απορροφώνται από το πλησίον της επιφάνειας υδάτινο στρώμα (βάθους = 1m). Αν είναι H_z η ηλιακή ακτινοβολία που παραμένει σε ύψος z μέσα στο νερό (διανομή ακτινοβολίας) και η είναι ο συντελεστής απόσβεσης, τότε είναι:

$$H_z / H_{sw} = e^{-\eta \cdot (H-z)} \quad (2.21)$$

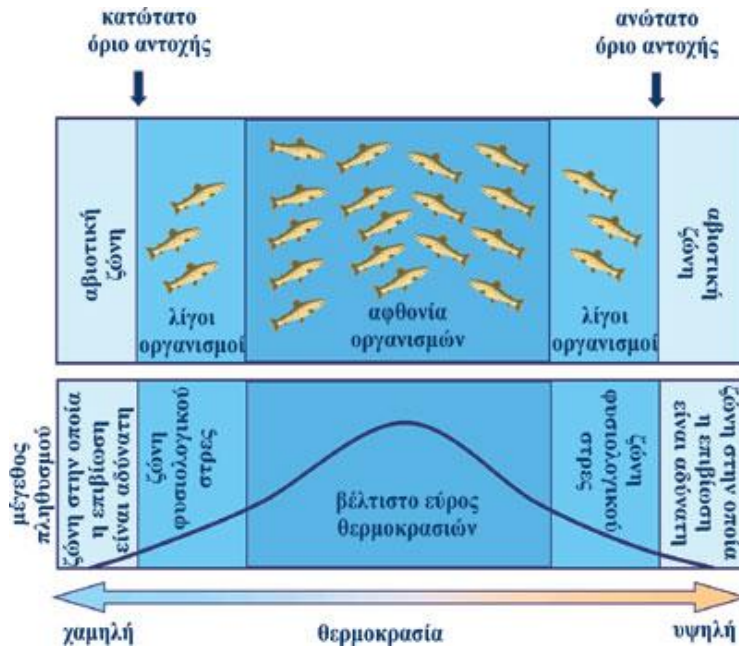
όπου ο η (διαστάσεις $[L]^{-1}$) εξαρτάται από τη βιολογική ανάπτυξη στο νερό της λίμνης, με τιμές που μεταβάλλονται από $0,2m^{-1}$ για θολές – ευτροφισμένες λίμνες.

Ο προσδιορισμός της ακριβούς τιμής του η δεν είναι τόσο απαραίτητος για την ανάμιξη στις λίμνες, διότι η ανάδευση που γίνεται από τους ανέμους επιφέρει συνήθως και ανάμιξη της ηλιακής θερμότητας σε βάθος μεγαλύτερο από το βάθος διείσδυσης. Βέβαια, όταν η λίμνη θερμαίνεται, η ακριβής τιμή του η παίζει σημαντικό ρόλο στην ευστάθεια των ανώτερων στρώσεων και έτσι αυτή επηρεάζει έμμεσα το βάθος της θερμοκλιής.

Το αλγεβρικό άθροισμα όλων των προηγούμενων μεταφορών θερμότητας δίνει την καθαρή εισροή ή εκροή θερμότητας διάμεσου της ελεύθερης επιφάνειας, είναι δε δυνατόν να υπολογιστεί η μεταβολή της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο, π.χ. τις ώρες της ημέρας.

2.8.3 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ – ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΟΜΗ ΛΙΜΝΩΝ

Η θερμοκρασία είναι καθοριστικός παράγοντας στη λειτουργία του οικοσυστήματος της λίμνης επειδή επηρεάζει τη διαλυτότητα του οξυγόνου και άλλων συστατικών, το μεταβολισμό των υδρόβιων οργανισμών αλλά και τη διαδικασία διάσπασης των οργανικών ουσιών που υπάρχουν. Οι τιμές των βέλτιστων θερμοκρασιών για τους υδρόβιους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς ποικίλουν (εικ. 2.10).



Εικόνα 2.10: Η θερμοκρασία επηρεάζει τους υδρόβιους πληθυσμούς (Διαδίκτυο 2013).
<http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/temperature.htm>

Οι υδρόβιοι πληθυσμοί μπορούν να διακριθούν γενικά σε θερμοανθεκτικούς με αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και σε ψυχροανθεκτικούς με αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες. Όσον αφορά το εύρος των θερμοκρασιών μέσα στο οποίο είναι δυνατή η επιβίωση των υδρόβιων πληθυσμών, οι διάφοροι οργανισμοί μπορούν να διακριθούν σε ευρύθερμους, με ανθεκτικότητα σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και σε στενόθερμους, με ανθεκτικότητα σε μικρές μόνο μεταβολές της θερμοκρασίας. Όσο η θερμοκρασία του νερού πλησιάζει τη βέλτιστη τιμή για κάποιους υδρόβιους οργανισμούς, τόσο οι οργανισμοί αυτοί γίνονται περισσότερο δραστήριοι, καταναλώνουν περισσότερη τροφή και χρησιμοποιούν περισσότερο οξυγόνο. Συνεπώς, η θερμοκρασία του νερού όχι μόνο διαμορφώνει τη σύνθεση των βιοκοινοτήτων, αλλά επιδρά και στη συμπεριφορά τους και στο μέγεθος κατ' επέκταση των πληθυσμών τους. Ανάλογα με τη γεωγραφική τους θέση, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και το βάθος τους οι λίμνες διακρίνονται σε:

Τροπικές: θερμοκρασία των επιφανειακών νερών μεγαλύτερη από 4°C

Εύκρατες: θερμοκρασία των επιφανειακών νερών και κάτω από 4°C

Πολικές: θερμοκρασία των επιφανειακών νερών μικρότερη από 4°C όλη τη διάρκεια του έτους (στον πυθμένα όμως η θερμοκρασία σταθεροποιείται στους 4°C)

Στα εύκρατα γεωγραφικά πλάτη και σε βαθιές λίμνες, καθώς ο ήλιος θερμαίνει τη λίμνη, δημιουργεί ένα θερμό και λιγότερο πυκνό επιφανειακό στρώμα με σχετικά ομοιόμορφη θερμοκρασία και δική του κυκλοφορία, το επιλίμνιο. Πρόκειται για το επιφανειακό νερό (και αυτό που βρίσκεται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια) που δέχεται άμεσα τις επιδράσεις από τις μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα (εποχιακές διακυμάνσεις της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας) και τον άνεμο και περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου. Το νερό στο επιλίμνιο είναι συνήθως θερμότερο από αυτό των υποκείμενων στρωμάτων. Κατά τη χειμερινή ωστόσο περίοδο και όταν η θερμοκρασία της

ατμόσφαιρας πλησιάζει το μηδέν, το επιλίμνιο μπορεί να είναι ψυχρότερο από τα υποκείμενα στρώματα, των οποίων η θερμοκρασία παραμένει σταθερή 4 °C.

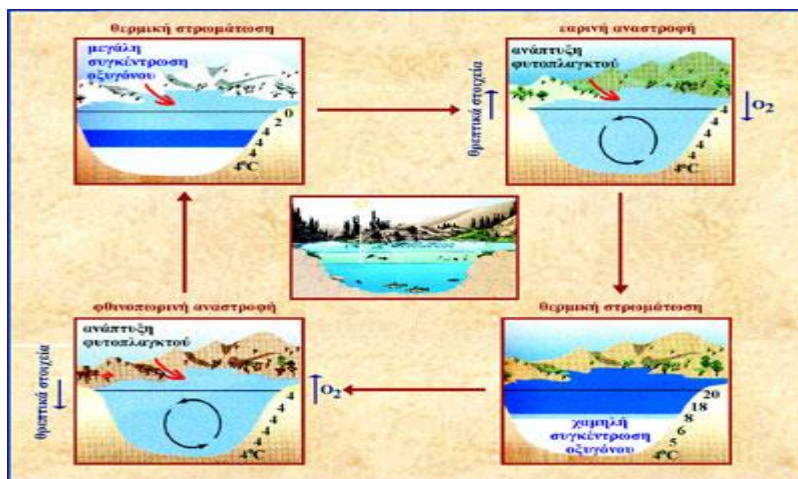
Το επιλίμνιο βρίσκεται πάνω σε ένα πυκνότερο, ψυχρότερο και "αδιατάραχτο" στρώμα, το υπολίμνιο. Πρόκειται για το κατώτερο, βαρύτερο και ψυχρότερο στο μεγαλύτερο διάστημα του έτους στρώμα της λίμνης που χαρακτηρίζεται συνήθως από χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου. Λόγω ανώμαλης διαστολής και μεγάλης θερμοχωρητικότητας του νερού, κατά τους ψυχρούς μήνες του έτους (θερμοκρασία ατμόσφαιρας κοντά ή υπό του μηδενός), η θερμοκρασία στο υπολίμνιο παραμένει σταθερή (4 °C) και υψηλότερη από αυτή του επιλίμνιου. Στην ανώτερη περιοχή του υπολίμνιου, εκεί όπου διαχωρίζεται το επιλίμνιο από το υπολίμνιο και μέσα σε μια υδάτινη περιοχή ελάττωσης της θερμοκρασίας με το βάθος (μεταλίμνιο), υπάρχει ένα στρώμα έντονης ασυνέχειας, το θερμοκλινές. Πρόκειται για το λεπτό στρώμα νερού που χαρακτηρίζεται από σημαντική ελάττωση της θερμοκρασίας όσο αυξάνεται το βάθος. Αν και ο όρος θερμοκλινές συχνά χρησιμοποιείται ως συνώνυμο του μεταλίμνιου, στην πραγματικότητα αντιστοιχεί στην επιφάνεια με το μεγαλύτερο ρυθμό μείωσης της θερμοκρασίας σε σχέση με το βάθος. Συνεπώς το θερμοκλινές είναι το σημείο της μεγαλύτερης μείωσης της θερμοκρασίας μέσα στο μεταλίμνιο και εκφράζεται μαθηματικά με τον παρακάτω τύπο:

$$\theta'' = d^2 \theta / d z^2 = 0 \quad (2.22)$$

όπου θ = θερμοκρασία και z = βάθος

Η αλλαγή της πυκνότητας του νερού στο μεταλίμνιο λειτουργεί σαν ένας φυσικός φραγμός που εμποδίζει την ανάμιξη του νερού των ανώτερων και των βαθύτερων στρωμάτων για αρκετούς μήνες κι εμποδίζει τη μεταφορά του διαλυμένου οξυγόνου και των θρεπτικών συστατικών από το επιλίμνιο στο υπολίμνιο.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα η θερμική στρωμάτωση δεν είναι έντονη, γιατί η ελάττωση της θερμοκρασίας στο επιλίμνιο επηρεάζει ελάχιστα το υπολίμνιο και γενικά θεωρείται ότι η θερμοκρασία παραμένει σχεδόν σταθερή (εικ. 2.11).



Εικόνα 2.11: Θερμική στρωμάτωση και αναστροφή (Διαδίκτυο 2013).
(<http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/temperature.htm>)

Το καλοκαίρι όμως τα νερά θερμαίνονται και σαν ελαφρύτερα παραμένουν στην επιφάνεια, οπότε δεν γίνεται ανάμιξη των επιφανειακών με τα βαθύτερα στρώματα, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται σαφώς το φαινόμενο της θερμικής στρωμάτωσης.

Το φθινόπωρο, λόγω της μειωμένης ηλιακής ακτινοβολίας και της αυξημένης νυκτερινής απώλειας θερμότητας, η θερμοκρασία του επιλίμνιου ελαττώνεται πλησιάζοντας τη θερμοκρασία του υπολίμνιου, οπότε είναι δυνατή η πλήρης ανάμιξη των νερών της λίμνης με τη βοήθεια του ανέμου. Συμβαίνει δηλαδή η φθινοπωρινή αναστροφή.

Την άνοιξη, εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας, τα παγωμένα επιφανειακά νερά θερμαίνονται και εξισώνονται θερμοκρασιακά με τα νερά του υπολίμνιου, οπότε είναι πάλι δυνατή η ανάμιξη των νερών. Συμβαίνει δηλαδή η εαρινή αναστροφή.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στα υδάτινα οικοσυστήματα ένα μεγάλο μέρος της απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας μετατρέπεται σε θερμότητα αυξάνοντας τη θερμοκρασία του νερού. Ωστόσο συνεισφορά θερμότητας στο νερό, σε μικρότερα όμως μεγέθη, μπορεί να γίνει και από τον αέρα, το ίζημα και τις γειτονικές χερσαίες εκτάσεις. Το βάθος μέχρι το οποίο γίνεται η ανάμιξη του νερού εξαρτάται εν μέρει από την έκθεση της λίμνης στον άνεμο (πιο συγκεκριμένα από την απόσταση από την οποία φυσάει ο άνεμος στη λίμνη χωρίς σημαντική αλλαγή στη διεύθυνσή του), αλλά κυρίως από το μέγεθος της λίμνης.

Η ανάμιξη των νερών έχει σαν συνέπεια την κυκλοφορία των θρεπτικών στοιχείων που υπάρχουν στον πυθμένα της λίμνης (άλατα φωσφόρου, αζώτου και οργανικές ενώσεις) σε όλη τη μάζα του νερού, ενισχύοντας έτσι τον ευτροφισμό της λίμνης, αλλάζοντας το χρώμα της και επηρεάζοντας την οξυγόνωση των νερών του πυθμένα.

Επειδή όλες οι λίμνες αναμειγνύονται ως ένα βαθμό, ένα χρήσιμο εργαλείο για την κατάταξη ή κατηγοριοποίησή τους βασίζεται στο πόσο πλήρης είναι η ανάμιξη των νερών σε κατακόρυφο άξονα κατά τη διάρκεια των χαμηλότερων θερμοκρασιών και της μεγαλύτερης θολερότητας. Έτσι:

1) οι λίμνες που παγώνουν κατά τη διάρκεια του χειμώνα ονομάζονται διμικτικές, αφού αναμειγνύονται πλήρως δυο φορές το χρόνο - το φθινόπωρο πριν παγώσει η επιφάνεια και την άνοιξη αφού λιώσουν οι πάγοι. Οι περισσότερες εύκρατες λίμνες είναι διμικτικές (εικ. 2.12)



Εικόνα 2.12: Φάσεις της θερμικής στρωμάτωσης του νερού μιας διμικτικής λίμνης, από αρχές καλοκαιριού μέχρι αρχές φθινοπώρου και οι αναστροφές, φθινοπωρινή και εαρινή (Διαδίκτυο 2013). (<http://kpekastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/temperature.htm>)

2) οι λίμνες που ποτέ δεν καλύπτονται πλήρως από πάγο και κατά τη διάρκεια του χειμώνα και της άνοιξης αναμειγνύονται συνεχώς από τον αέρα, ονομάζονται μονομικτικές.
3) εάν η λίμνη είναι ρηχή και εκτεθειμένη σε ανέμους, η θερμική στρωμάτωση μπορεί να διαρκεί μία ή δυο εβδομάδες, στη συνέχεια να αναμειγνύεται πλήρως εξαιτίας καταγίδων και

το φαινόμενο αυτό να επαναλαμβάνεται τακτικά. Αυτός ο τύπος των λιμνών είναι μάλλον κοινός και ονομάζονται πολυμικτικές. (Η λίμνη της Καστοριάς, λόγω της παρουσίας απότομων διαβαθμίσεων στη στήλη του νερού, χωρίς όμως το σχηματισμό καθορισμένου υπολίμνιου - πιθανότατα λόγω του μικρού βάθους - μπορεί να χαρακτηριστεί ως πολυμικτική.)

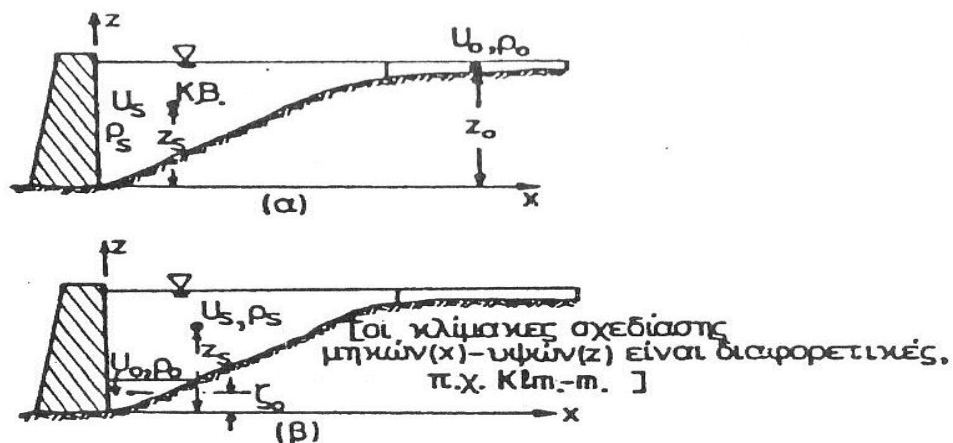
4) αν κατά τη διάρκεια του κύκλου της ετήσιας ανάμιξης, η λίμνη αναμιγνύεται από την επιφάνεια ως τον πυθμένα, η λίμνη ονομάζεται ολομικτική, ενώ όταν είναι τόσο βαθιά ώστε δεν υπάρχει αρκετή ενέργεια για να διαταραχθεί η στρωμάτωση και να επέλθει πλήρης ανάμιξη, η λίμνη ονομάζεται μερομικτική. (Μερικές από τις βαθύτερες λίμνες είναι μερομικτικές, όπως η Τανγκανίκα στην Αφρική με μόνιμο θερμοκλινές στα 400 περίπου μέτρα). Οι λίμνες με μόνιμη κάλυψη πάγου στις πολικές περιοχές ονομάζονται αμικτικές.

2.8.4 ΕΙΣΡΟΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΠΟΤΑΜΟΥ Ή ΧΕΙΜΑΡΡΟΥ ΣΕ ΛΙΜΝΕΣ

Όταν ένα ρεύμα νερού (ποταμός ή χείμαρρος) εισέρχεται μέσα σε μία λίμνη, συνήθως είναι ψυχρότερο από το νερό της λίμνης, διότι η τελευταία έχει θερμανθεί από τον ήλιο, ή μεταφέρει αιωρούμενα φερτά υλικά και έτσι έχει γενικά μεγαλύτερη πυκνότητα. Κατ' αυτό τον τρόπο εκτός της εισόδου νέας μάζας στην λίμνη, το ρεύμα εισάγει κινητική και δυναμική ενέργεια. Η κινητική ενέργεια ανά μονάδα όγκου (παροχή ενέργειας) του ρεύματος, που περνά από κάθε διατομή (ταχύτητα μεταβολής ενέργειας, δηλαδή ισχύς) είναι:

$$Q_E = \int (1/2) \cdot \rho_0 \cdot \bar{u}^3 \cdot dE_\pi = \int (1/2) \cdot \rho_0 \cdot \bar{u}^2 \cdot dQ \quad (2.23)$$

όπου E_π είναι η εγκάρσια διατομή του ρεύματος (σε κάποια ανάντη απόσταση – ώστε να μην επηρεάζεται από τον ταμιευτήρα), ρ_0 είναι η πυκνότητα του νερού στο ρεύμα, \bar{u}_0 είναι η



τοπική ταχύτητα αυτού και $dQ = \bar{u} \cdot dE_\pi$ στοιχειώδης παροχή όγκου.

Εικόνα 2.13: Η είσοδος δυναμικής ενέργειας με το ρεύμα (Δημητρίου, 1992)

Η είσοδος δυναμικής ενέργειας με το ρεύμα παρουσιάζεται, σε απλοποιημένη εικόνα, το (εικ. 2.13), όπου ο ποταμός υποτίθεται ότι έχει αρκετό μήκος, ώστε να περιέχει π.χ. όγκο νερού ίσο με μιας ημέρας εισροή στον ταμιευτήρα. Έστω επίσης ότι το νερό του ταμιευτήρα έχει σταθερή πυκνότητα ρ_s ($=\rho_m < \rho_0$). Η ενέργεια, που οφείλεται στις διαφορές πυκνότητας, η οποία απελευθερώνεται ώστε να διατεθεί για την ανάμιξη, μπορεί να εκτιμηθεί με

υπολογισμό της μείωσης της μέσης δυναμικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της ροής του ποταμού στον πυθμένα. Στη ροή αυτή θεωρείται ότι δε γίνεται ανάμιξη, αλλά απλή αντικατάσταση των υδάτινων μαζών του ταμιευτήρα, π.χ. μέσω υπερχειλιστή.

2.9 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΑΝΑΜΙΞΗ ΣΤΟ ΕΠΙΛΙΜΝΙΟ

Οι περισσότεροι από τους ταμιευτήρες και οι λίμνες έχουν μια περίοδο στρωματοποίησης, είναι δε πολύ συνηθισμένο φαινόμενο το νερό μιας λίμνης να είναι στρωματοποιημένο θερμοκρασιακά για το μεγαλύτερο μέρος του έτους. Με τέτοιες συνθήκες οι μέσες ισοθερμοκρασιακές επιφάνειες είναι οριζόντιες και η δομή τους διαταράσσεται μόνο από επιφανειακούς ανέμους και εισροές ρευμάτων. Οι διαταραχές αυτές προκαλούν εσωτερικές ταλαντώσεις οι οποίες για ασθενείς ανέμους δεν προκαλούν ανάμιξη, είναι δε δυνατόν να ληφθούν χρονικά μέσες τιμές θερμοκρασιών οι οποίες να αντιστοιχούν σε ευσταθή κατακόρυφη δομή των θερμοκρασιών, ανεξάρτητη από ταλαντώσεις. Με τέτοιες συνθήκες η ανάμιξη περιορίζεται σε επιφανειακή μεταφορά λόγω κατακόρυφων διεισδυτικών κινήσεων στο επιλίμνιο. Σε ορισμένες άλλες περιπτώσεις πάλι, οι ασθενείς άνεμοι προκαλούν ανάμιξη λόγω ανάδευσης της επιλίμνιας στρώσης από το σχηματισμό κυμάτων. Εξάλλου ισχυροί άνεμοι αυξάνουν σημαντικά την ανάμιξη σε όλο τον ταμιευτήρα ή την λίμνη. Η αυξημένη επιφανειακή διατμητική τάση κινητοποιεί το επιλίμνιο και σχηματίζει στρώσεις διάτμησης στη ζώνη του θερμοκλινούς, που καταλήγουν σε παραγωγή τυρβώδους κινητικής ενέργειας. Έτσι, οι ισχυροί άνεμοι οδηγούν σε σοβαρή ανάμιξη στο επιλίμνιο και τα προκαλούμενα εσωτερικά κύματα εντείνουν την κατακόρυφη ανάμιξη στο υπολίμνιο.

2.9.1 ΔΙΕΙΣΔΥΤΙΚΗ ΜΕΤΑΘΕΣΗ

Ένας ταμιευτήρας ή μια λίμνη προστατευμένος από επιφανειακούς ανέμους χαρακτηρίζονται συνήθως από μια σταθερή θερμοκρασιακή δομή. Η λίμνη έχει ένα ευσταθώς στρωματοποιημένο υπολίμνιο, μια απότομη θερμοκλίνη και ένα επιλίμνιο το οποίο υφίσταται εικοσιτετράωρες διακυμάνσεις θερμοκρασίας λόγω της ημερήσιας θέρμανσης και της νυκτερινής ψύξης. Το βάθος διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτάται από τη διαύγεια του νερού, αλλά αν δεν υπάρχει άνεμος, τότε η θερμοκρασία ανέρχεται και παρουσιάζεται στρωματοποίηση στις επιφανειακές στρώσεις κατά τη διάρκεια της ηλιακής ακτινοβολίας. Με την έλευση της νύκτας αρχίζουν να κυριαρχούν οι θερμικές απώλειες λόγω ακτινοβολίας στη θερμική ανταλλαγή που γίνεται στην επιφάνεια, έτσι δε η επιφανειακή στρώση ψύχεται, δηλαδή γίνεται βαρύτερη και ως συνέπεια κάθε κατακόρυφη ελεύθερη μεταθετική κίνηση που δημιουργείται συμβάλλει στην ανάμιξη στο επιλίμνιο. Πολλές φορές αυτές οι κατακόρυφες μεταθετικές κινήσεις φθάνουν μέχρι και το θερμοκλινές όπου αρχίζουν να το «διαβρώνουν», δηλαδή να μεταβάλλουν, τη σταθερή δομή του.

Για τη μελέτη της ανάμιξης εξετάζονται δύο περιπτώσεις:

α) Έστω ότι αρχικά η λίμνη, λαμβανόμενη ως σύνολο, έχει σταθερή πυκνότητα ρ_s (ανεξάρτητη του z), έστω δε ότι η επιφάνεια αυτής ψύχεται (θερμική απώλεια) με ταχύτητα H'' (σε μονάδες ισχύος ανά m^2). Έτσι σχηματίζεται μια λεπτή ψυχρή επιφανειακή στρώση, η οποία στη συνέχεια γίνεται ασταθής (από άποψη άνωσης) και κατέρχεται διεισδύουσα στο σώμα της λίμνης, ενώ η πυκνότητα της λίμνης μεταβάλλεται συνολικά, δηλαδή με τον ίδιο ρυθμό σε κάθε σημείο της (η $d\rho_s/dt$ είναι ανεξάρτητη του z). Η καθοδική διαδικασία του επιφανειακού νερού ονομάζεται διεισδυτική μετάθεση. Η επιφανειακή πτώση της θερμοκρασίας που είναι συνέπεια της ψύξης, αυτορυθμίζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε τα δημιουργούμενα καθοδικά ρεύματα να είναι σε θέση να μεταφέρουν το ψύχος με την ταχύτητα H'' από την επιφάνεια στα βαθύτερα νερά. Συνήθως αυτή η διαφορά θερμοκρασίας είναι μικρότερη των 0,2 (βαθμοί κελσίου).

Έτσι ο ημερήσιος κύκλος σε ένα ταμιευτήρα μπορεί να θεωρείται συμβατικά ως μια μηχανή θερμότητας. Θα ήταν δυνατόν να οριστεί ως «ωφέλιμο έργο», ή «ωφέλιμο αποτέλεσμα» η μεταφορά οξυγόνου ή άλλων στοιχείων ή άλλων στοιχείων (τα οποία αλλιώς θα παραμένουν ανεκμετάλλευτα στις άνω στρώσεις) σε μεγαλύτερα βάθη, όπου τα χρειάζονται οι υδρόβιοι οργανισμοί. Ο ήλιος εισάγει θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ ο νυκτερινός ουρανός χρησιμοποιείται ως δεξαμενή ψύξης. Το περίεργο είναι οι μηχανές δράσεις παράγονται κυρίως στη διάρκεια της ψύξης παρά στη φάση της θέρμανσης. Σε μεγάλο βαθμό, το ωφέλιμο έργο δεν εξάγεται προς κατανάλωση εκτός της μηχανής, αλλά καταναλίσκεται εσωτερικά. (Δημητρίου, 1992)

Η διαδικασία μετατροπής (θερμική διαστολή ή συστολή, ακολουθούμενη από την μηχανική αποδιοργάνωση της ασταθούς – από άποψη βαρύτητας – δομής) είναι εξωτερική και όχι πολύ αποτελεσματική.

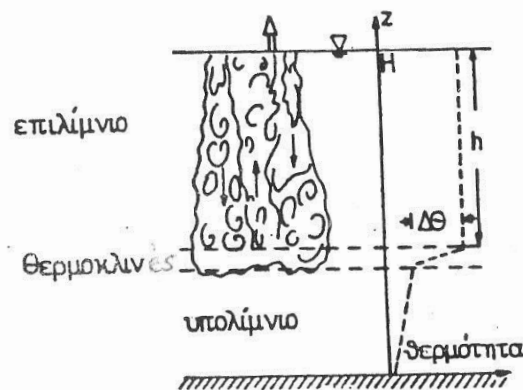
Η ταχύτητα της καθόδου, την οποία συνεπάγεται μια τέτοια διαδικασία ψύξης, μπορεί να υπολογιστεί κατ' εκτίμηση με χρησιμοποίηση μιας πολύ απλής εικόνας. Αν θεωρηθεί μια μικρή ποσότητα ψυχρού επιφανειακού νερού που κατέρχεται υπό την επιρροή της βαρύτητας, τότε, με αγνόηση της συνεκτικότητας και της διάχυσης, η κλίμακα της καθοδικής ταχύτητας W_f σε βάθος h , είναι τάξης του,

$$(g \cdot h)^{\frac{1}{2}} = \left\{ \left(\frac{\Delta \rho}{\rho_s} \right) \cdot g \cdot h \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (2.24)$$

ή

$$w_f \approx \left(\frac{\Delta \rho}{\rho_s} \right) \cdot g \cdot h \quad (2.25)$$

β) στη μέχρι τώρα ανάλυση οι υπολογισμοί αναφέρονται σε σταθερή αρχική πυκνότητα νερού στον ταμιευτήρα, ρ_s . Ανάλογη ανάλυση μπορεί να εφαρμοστεί σε μια πιο ρεαλιστική περίπτωση αντιμετώπισης μιας λίμνης, με υπολίμνιο, απότομη θερμοκλινή – με αρχική διαφορά θερμοκρασίας $\Delta\theta$, και αρχικά καλά αναμιγμένο επιλίμνιο ($\rho_s = \rho_m$) βάθους h , (εικ. 2.14).



Εικόνα 2.14 : Δομή θερμοκλινοῦς σε λίμνες (Δημητρίου, 1992)

Όταν αρχίσει η ψύξη, αρχίζει και η καθοδική ροή μέσα στο επιλίμνιο, ροή που έχει τυρβώδη χαρακτηριστικά (ελεύθερη μεταθετική ροή).

Το εμπρόσθιο μέτωπο της διεισδύουσας ροής μπορεί να οριστεί συμβατικά ως το εμπρόσθιο μέρος πλήθους απλών θερμικών φλεβών (plumes) οι οποίες γεννώνται στην επιφάνεια. Μόλις οι απλές φλέβες φθάσουν στο θερμοκλινές συναντούν αντίσταση λόγω της εκεί ευσταθούς στρωματοποίησης. Κάθε παραπέρα κάθοδος μπορεί να γίνει μόνον αν υπάρχει ανάμιξη με συμπαράσυρση, δηλαδή με είσοδο ψυχρότερου νερού στις κατερχόμενες μάζες του επιλίμνιου, πράγμα που, με μια απλοποιημένη προσεγγιστική εικόνα, είναι ισοδύναμο με ανύψωση του συμπαρασυρόμενου ρευστού κατά απόσταση $h/2$ (εικ.2.14). αν η συμπαράσυρση γίνεται με ταχύτητα (είσοδου) dh/dt , τότε η ταχύτητα του απαιτούμενου έργου ανά μονάδα επιφάνειας, είναι:

$$\begin{aligned} (\text{βάρους συμπαρασυρόμενου ρευστού}) \cdot (\text{διαδρομή}) \cdot (dh/dt) = \\ = (-a^* \cdot g \cdot \Delta\theta \cdot \rho_m) \cdot (h/2) \cdot (dh/dt) \end{aligned} \quad (2.26)$$

σε μονάδες ισχύος ανά μονάδα επιφάνειας. Έτσι, είναι δυνατόν πλέον να χρησιμοποιηθεί ένα μέρος της τυρβώδους κινητικής ενέργειας (που βρίσκεται στις μεταθετικές κινήσεις) για να αυξήσει το βάθος της στρώσης του επιλίμνιου. Εν το θερμοκλινές φθάσει μέχρι τον πυθμένα, τότε η ενέργεια θα αποσβέσει (εσωτερικά) πλήρως. Η ποσότητα dh/dt παριστά επίσης τη ταχύτητα καθόδου του κάτω άκρου του επιλίμνιου. (Δημητρίου, 1992)

2.9.2 ANEMOI

Οι άνεμοι πάνω από το επιλίμνιο μπορούν να χωριστούν γενικά σε δυο κατηγορίες, α) τους ισχυρούς και β) τους ασθενείς ανέμους. Οι πρώτοι προκαλούν γενικότερη κυκλοφορία στη λίμνη και η ανάμιξη είναι μεγαλύτερης κλίμακας. Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται η ανάμιξη στο επιλίμνιο λόγω ασθενών ανέμων.

Οι άνεμοι που φυσούν πάνω από την ελεύθερη επιφάνεια μιας λίμνης, εξασκούν διατμητικές τάσεις στην υδάτινη επιφάνεια και έτσι σχηματίζονται κύματα, τα οποία στη συνέχεια θραύονται και μεταβιβάζουν ενέργεια στο νερό. Η κίνηση των κυμάτων, παράγει τύρβη καθώς και η μέση κίνηση διάτμησης της άνω στρώσης ιδίως μετά τη θραύση των κυμάτων. Η τύρβη καθώς και η μέση κίνηση διάτμησης της άνω στρώσης εξασκούν μεταξύ τους επιδράσεις παράγεται δε παραπέρα τυρβώδης κινητική ενέργεια. Μερικές φορές αυτή η αλληλοεπίδραση παράγει μια δευτερεύουσα κίνηση, καθώς και ένα ρεύμα προς την κατεύθυνση κίνησης του ανέμου. Οι δευτερεύουσες κινήσεις ονομάζονται κυψέλες Langmuir και έχουν ειδικό χαρακτηριστικό σχήμα. Η καθαρή τυρβώδης κινητική ενέργεια που παράγεται στην άνω στρώση μεταβιβάζεται στις κάτω στρώσεις του επιλίμνιου, με τη διαδικασία της τυρβώδους διάχυσης ή με τις μεταθετικές κινήσεις των κυψελών Langmuir.

Η ολική εισροή έργου από τον άνεμο δίνεται από την ήδη αναφερθείσα σχέση:

$$W_\varepsilon = \tau_s \cdot \overline{u_w} \quad (2.27)$$

όπου $\overline{u_w} \propto u_*$, δηλαδή ανάλογη της ταχύτητας τριβής ($u_* = \sqrt{\tau_s / \rho_m}$)

Επειδή οι διατμητικές τάσεις τ_s πλησίον της επιφανείας είναι της τάξης $\rho_m \cdot u_*^2$, είναι $W_\varepsilon \propto u_*^3$. Εκτός της ανάμιξης στην άνω στρώση, ο άνεμος προκαλεί και επιτάχυνση του νερού, έτσι ώστε εγκαθίσταται μια κίνηση του επιλίμνιου με τοπικές ταχύτητες $U_{(z)}$

Σε πολλές περιπτώσεις λιμνών και το υπολίμνιο έχει επίσης μια, έστω ασθενή, κλίση πυκνοτήτων, έτσι δε θα πρέπει να αναμένεται ότι κι εκεί θα υπάρχει μια ελαφριά ανάμιξη, αν και αυτή είναι πολύ μικρή – ίσως και μοριακής κλίμακας.

Από διάφορες μελέτες στο υπολίμνιο προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- (1) Ο συντελεστής κατακόρυφης διάχυσης μεταβάλλεται μεταξύ μοριακών τιμών και τιμών ως και $10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$.
- (2) Η κατακόρυφη διάχυση θερμότητας και άλλων δεικτών είναι περίπου η ίδια.
- (3) Η κατακόρυφη διάχυση είναι ισχυρότερη όταν υπάρχουν άνεμοι και εισροές ρευμάτων ή εκροές.
- (4) Ο συντελεστής διάχυσης είναι συνάρτηση του N:

$$E_z = a \cdot (N^{-2})^n \quad (2.28)$$

Όπου $0,2 < n < 0,2$ και a ο συντελεστής αναλογίας. Αν θεωρηθεί ότι σε έναν ταμιευτήρα δρα ο άνεμος, τότε το συνολικό έργο εισροής αυτού είναι, $W_\varepsilon * E_{\pi\varepsilon}$, όπου $W_\varepsilon = \tau_s * \bar{u}_w$ και $E_{\pi\varepsilon}$ η άνω επιφάνεια του νερού στον ταμιευτήρα. Αν επίσης υπάρχει εισροή που απελευθερώνει δυναμική ενέργεια $P = P_i - P_f$ ή και εκροή που μεταβάλλει τη δυναμική ενέργεια, με ταχύτητα dP/dt , στον ταμιευτήρα (όγκου U), τότε μπορεί να αποδειχθεί με τη θεωρία της τυρβώδους ροής, ότι είναι $n=1$ και

$$E_z \sim \left(\frac{W_\varepsilon \cdot \bar{E}_{\pi\varepsilon} + dP_{ολ} / dt}{U} \right) \cdot N^{-2} \quad (2.29)$$

όπου $P_{ολ}$ το άθροισμα των δυναμικών ενεργειών εισροών-εκροών. Ο συντελεστής αναλογίας αυτής της σχέσης, που είναι καθαρός αριθμός, πρέπει να βρεθεί πειραματικά. (Δημητρίου, 1992)

2.10 ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΑΝΑΜΙΞΗ ΣΕ ΛΙΜΝΕΣ

Όπως παρουσιάστηκε στα προηγούμενα, γενικά σε κάθε λίμνη, υπάρχει στη μέση περίπου της δομής της, το θερμοκλινές. Υπεράνω αυτής, στο επιλίμνιο- το οποίο είναι καλώς αναμιγμένη στρώση, δρουν οι τάσεις λόγω ανέμου και δημιουργούνται οριζόντιες κινήσεις. Κάτω από τη θερμοκλινή λαμβάνει συνήθως χώρα ροή ρευμάτων πυκνότητας μεγάλης οριζόντιας έκτασης. Για τις διαδικασίες οριζόντιας ανάμιξης τόσο στο επιλίμνιο όσο και στο υπολίμνιο δεν υπάρχει ουσιαστικά γενικευμένη μελέτη των φαινομένων, παρά μόνο μεμονωμένες μετρήσεις.

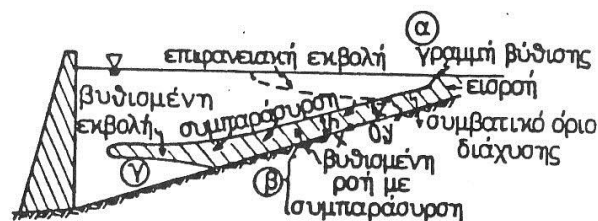
2.11 ΕΙΣΡΟΕΣ ΣΕ ΛΙΜΝΕΣ

Ένας ποταμός που εισέρχεται σε μια λίμνη έχει συνήθως διαφορετική πυκνότητα (λόγω διαλυμένων ουσιών ή αιωρούμενων υλικών), η θερμοκρασία (και επομένως πάλι διαφορετική πυκνότητα) νερού από το επιφανειακό νερό της λίμνης. Έτσι κατά την είσοδο του, ο ποταμός ωθεί το ακίνητο νερό της λίμνης προς τα εμπρός, μέχρις ότου οι δυνάμεις άνωσης – που οφείλονται στις διαφορές πυκνότητας- αποκτήσουν τέτοιο μέγεθος ώστε να διακοπεί η κίνηση.

Αν το νερό που εισρέει είναι ελαφρύτερο από το νερό της λίμνης, τότε η ροή θα πραγματοποιηθεί στην επιφάνεια της τελευταίας (επιφανειακή φλέβα ή εκβολή). Αν αντίθετα το νερό του ποταμού είναι βαρύτερο ή ψυχρότερο (και επομένως βαρύτερο), τότε τούτο θα

βυθιστεί και η ροή θα λάβει χώρα σε σημαντικό μέρος της, κατά μήκος του πυθμένα (βυθισμένη εκβολή, η ρεύμα πυκνότητας ή βαρύτητας, ή υπορροή).

Για την τελευταία περίπτωση (εικ. 2.15) παρουσιάζονται, σχηματικά, οι τρεις επιμέρους περιοχές ανάμιξης. Στην πρώτη περιοχή, (α), ο ποταμός προχωρεί μέχρι τη θέση που ονομάζεται γραμμή βύθισης και κατόπιν βυθίζεται. Η ανάμιξη σχετίζεται με τη θέση αυτής της γραμμής βύθισης. Στη δεύτερη περιοχή, (β), η τραχύτητα του πυθμένα οδηγεί (υπό κατάλληλες συνθήκες) και πάλι σε ανάμιξη που πραγματοποιείται με συμπαράσυρση, και γίνεται κατά μήκος της διεπιφάνειας επαφής του νερού του ταμιευτήρα και του νερού της εισροής. Η Τρίτη περιοχή, (γ), σχηματίζεται όταν η πυκνότητα του εισρέοντος νερού του ταμιευτήρα, οπότε η εισροή εγκαταλείπει τον πυθμένα και κινείται οριζόντια (βυθισμένη εκβολή). Παρεμφερείς περιοχές μπορούν να εμφανιστούν και στην περίπτωση της επιφανειακής ροής (επιφανειακή εκβολή), αν και – αναλόγως των συνθηκών – η μία ή και περισσότερες περιοχές μπορεί να μην είναι τόσο διακεκριμένες. Παρακάτω θα γίνει αναφορά στα κυριότερα στοιχεία της εκβολής βαρύτερου υγρού και στην ανάμιξη του με το νερό του ταμιευτήρα. (Δημητρίου, 1992)



Εικόνα 2.15: Περιοχές ανάμιξης (Δημητρίου, 1992)

Έστω ότι ο ταμιευτήρας ή η λίμνη περιέχει νερό σταθερής πυκνότητας, $\rho_s (= \rho_m)$, έστω δε επίσης ότι η πυκνότητα του εισρέοντος νερού είναι $\rho_o (> \rho_m)$. Πράγματι αυτών υποτίθεται ότι η εισροή είναι μόνιμη και ότι πραγματοποιείται κατά μήκος πυθμένα ταμιευτήρα σταθερής κλίσης, επίσης δε ότι η ροή γίνεται ως σε δισδιάστατο αγωγό μέσα στον ταμιευτήρα, και ότι είναι επίσης ταχύτητας V_μ και μέσης πυκνότητας ρ σε κάθε εγκάρσια βυθισμένη διατομή εμβαδού E_π (τα μεγέθη V_μ , ρ είναι μέσα χρονικά και χωρικά).

Λόγω της συμπαράσυρσης, δηλαδή της ανάμιξης με το περιβάλλον νερό, η παροχή όγκου Q σε κάθε τοπική διατομή E_π αυξάνεται, δηλαδή μεταβάλλεται κατά x , είναι δε δυνατόν να υποτεθεί ότι η αύξηση αυτή είναι ανάλογη της μέσης ταχύτητας σε κάθε θέση, V_μ , με έναν συντελεστή αναλογίας (καθαρό αριθμό) a , ο οποίος καλείται συντελεστής συμπαράσυρσης. Έτσι η ολοκληρωτική εξίσωση συνέχειας (παροχή όγκου) του μίγματος, που προκύπτει από ολοκλήρωση της αντίστοιχης διαφορικής, είναι:

$$dQ/dx = d(V_\mu \cdot E_\pi)/dx = a \cdot V_\mu \cdot B \quad (2.30)$$

όπου B είναι το τοπικό πλάτος της ροής, $Q = V_\mu \cdot E_\pi$ η τοπική παροχή όγκου,

και $a \cdot V_\mu$ η ταχύτητα συμπαράσυρσης (εισόδου).

Αν θεωρηθεί ως δέκτης το νερό του ποταμού, τότε η συγκέντρωση μάζας αυτού σε κάθε διατομή είναι:

$$\rho \cdot (\rho - \rho_s) / (\rho_o - \rho_s) = \rho_o \cdot \Delta\rho / \Delta\rho_o \quad (2.31)$$

Όπου :

$$\Delta\rho_o = \rho_o - \rho_s \text{ και } \Delta\rho = \rho - \rho_s.$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΙΣΡΟΗ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΣΕ ΛΙΜΝΕΣ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εισροή φερτών υλών σε ένα ταμιευτήρα ή μια λίμνη μειώνει την αποθηκευτική ικανότητα και γενικότερα τον όγκο υδάτων Σύμφωνα με την ICOLD (1988), η μέση απώλεια της χωρητικότητας φθάνει το 1% ετησίως, όλων των ταμιευτήρων στον κόσμο. Αυτή η απώλεια είναι σημαντική και η εισροή φερτών υλικών στους ταμιευτήρες είναι ένα από τα κύρια προβλήματα που πρόκειται να αντιμετωπιστούν μέσα στον 21^ο αιώνα. Έτσι η εισροή φερτών υλικών στους ταμιευτήρες σχετίζεται με τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Σύμφωνα με τον Graf (1983) η πρόγνωση της μορφής της απόθεσης στους ταμιευτήρες βρίσκεται τώρα στο αρχικό στάδιο και μεγάλη προσπάθεια πρέπει να γίνει στο μέλλον.

Βασικά, υπάρχουν δύο τεχνικές για τη μείωση της εισροής φερτών υλικών σε λίμνες οι οποίες θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και στην περίπτωση λιμνών όπου εισρέουν χειμαρροί ή υδάτινα ρεύματα και είναι οι εξής:

1. Συγκράτηση των φερτών υλικών στην λεκάνη απορροής και
2. Απομάκρυνση των φερτών υλικών από τον ταμιευτήρα ή την λίμνη.

Η συγκράτηση των φερτών υλικών στην λεκάνη απορροής ασχολείται με την αιτία του προβλήματος. Σε μεγάλης έκτασης λεκάνη, αυτό είναι σχεδόν αδύνατο λόγω οικονομικών λόγων. Σε μικρής ή μέτριας έκτασης λεκάνη, η διαδικασία διάβρωσης μπορεί να μειωθεί με δύο μεθόδους:

- τη διατήρηση του εδάφους και
- τα μέτρα στο υδατικό δίκτυο.

Οι τεχνικές που περιλαμβάνουν τη διατήρηση του εδάφους είναι μακροχρόνιες και δαπανηρές. Γίνονται αποτελεσματικές μόνο μετά από δεκαετίες. Η διατήρηση του εδάφους μπορεί να εφαρμοστεί μόνο εάν υποστηρίζεται από την ανάπτυξη καλλιεργειών. Σε μη καλλιεργούμενες εκτάσεις τέτοιες δραστηριότητες πρακτικά αμελούνται.

Οι τεχνικές που περιλαμβάνουν μέτρα στο υδατικό δίκτυο βασίζονται στην πλήρη απομάκρυνση των συγκεντρώσεων των φερτών υλικών. Σύμφωνα με αυτές, κατολισθήσεις κατά μήκος των ποταμών προλαμβάνονται από ποτάμια έργα και η διάβρωση του ποταμού τόσο σε βάθος όσο και σε πλάτος εμποδίζεται από φράγματα ελέγχου. Οι λεκάνες κατακράτησης των φερτών υλικών μπορούν να τοποθετηθούν σε συγκεκριμένες θέσεις, αλλά αυτές πρέπει να καθαρίζονται σε τακτά διαστήματα.

Όλα τα προηγούμενα μέτρα εφαρμόζονται σε φερτά υλικά που αφορούν φορτίο κοίτης. Το φορτίο σε αιώρηση δεν μπορεί να συγκρατηθεί σε μία λεκάνη απορροής και αυτό φτάνει στον ταμιευτήρα ή στην λίμνη σε κάθε περίπτωση.

Η εισροή σε μία λίμνη περιλαμβάνει, εκτός από νερό, τόσο φορτίο σε αιώρηση όσο και φορτίο κοίτης. Η ποσότητα του φορτίου σε αιώρηση είναι συχνά πολύ μεγαλύτερη από την ποσότητα του φορτίου κοίτης. Στην εκβολή του ποταμού μέσα στην λίμνη, το φορτίο κοίτης καθιζάνει και συνεισφέρει στην ανάπτυξη του δέλτα. Τα σωματίδια του φορτίου σε αιώρηση καθιζάνουν κοντά στο δέλτα και τα λεπτότερα σωματίδια προσλαμβάνονται μέσα στον ταμιευτήρα όπου καθιζάνουν κυρίως στις ζώνες των στάσιμων (λιμναζόντων) υδάτων. Τα εξαιρετικά λεπτόκοκκα φερτά υλικά παραμένουν αιωρούμενα και απομακρύνονται από τον ταμιευτήρα ή την λίμνη με το νερό.

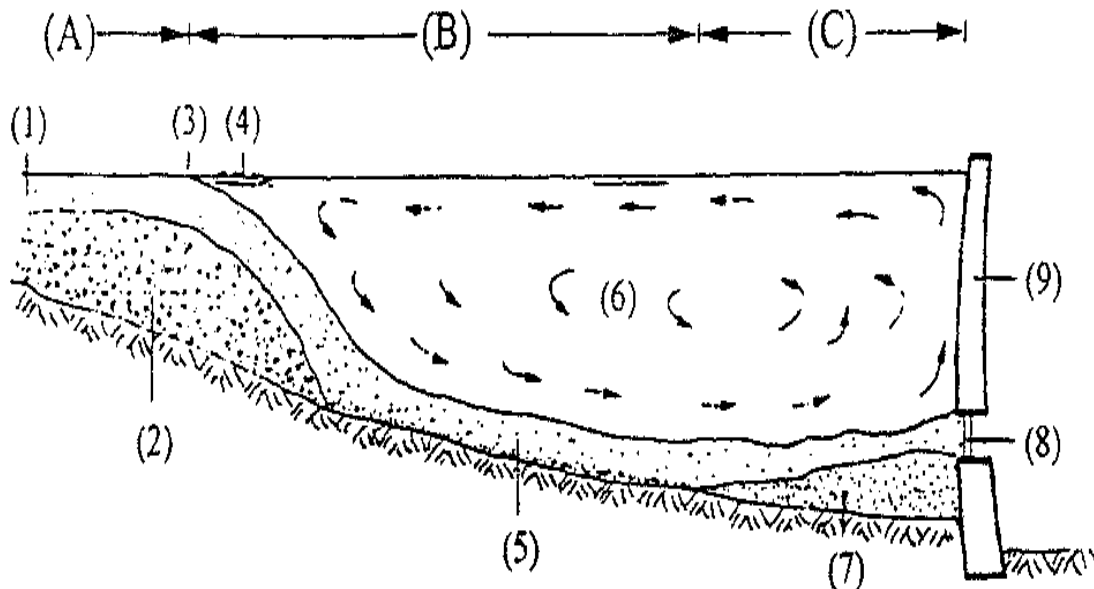
Το ερώτημα που σχετίζεται με την περιεκτικότητα των διαφόρων μεγεθών των φερτών υλικών εξαρτάται από τον ταμιευτήρα. Ένα τυπικό μέτρο είναι ο λόγος μεταξύ του αποθηκευτικού όγκου και της ετήσιας μεταφοράς των φερτών υλικών. Όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος τόσο καλύτερη είναι η δυναμική ικανότητα του ταμιευτήρα για να κατακρατήσει όλα τα φερτά υλικά. Για μικρό λόγο, ο ταμιευτήρας υποβαθμίζεται σε

αποθηκευτική λεκάνη για χάλικες όπως αναφέρθηκε προηγουμένως κάτω από αντιδιαβρωτικά μέτρα.

Η εισροή σε ταμιευτήρα ή λίμνη από τον ποταμό ή τον χειμάρρο αντίστοιχα, είναι ένα μίγμα νερού και φερτών υλικών. Λόγω διαφοράς στην πυκνότητα, αναπτύσσονται τα ονομαζόμενα ρεύματα τοκνότητας (density currents) από την ανάμιξη νερού και λεπτόκοκκων φερτών υλικών. Τα ρεύματα πυκνότητας είναι εν γένει ροές δύο φάσεων με μικρές διαφορές στην πυκνότητα, όπως κρύο και ζεστό νερό, νερό και λάσπη αλλά όχι ροές αέρα-νερού, όπου ο λόγος των πυκνοτήτων είναι σχεδόν 1000. Επίσης, τα δύο υγρά θα πρέπει να είναι αναμίξιμα και η διαφορά της πυκνότητας να είναι συνάρτηση των διαφορών στη θερμοκρασία, της περιεκτικότητας σε άλατα ή σε φερτά υλικά και ανεξάρτητη από την πίεση και την ελαστικότητα των δύο υγρών που αναμιγνύονται.

Η επιφορτισμένη με φερτά υλικά ροή έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από την πυκνότητα του νερού του ταμιευτήρα ή της λίμνης και κινείται κατά μήκος του πυθμένα προς το φράγμα. Η εικόνα 3.1 δείχνει μία τυπική διαμόρφωση της ροής με Α την εισροή του ποταμού, Β το καθαρό νερό του ταμιευτήρα ή της λίμνης και C τη ζώνη ανακύκλωσης. Το ρεύμα πυκνότητας φαίνεται να κινείται κατά μήκος του μεγίστου βάθους προς την έξοδο του φράγματος. Στα ανάντη το χονδρόκοκκο υλικό εναποτίθεται ως ένα δέλτα και από το σημείο βύθισης, το ρεύμα καταδύεται κατά μήκος του πυθμένα του ταμιευτήρα για να φτάσει στη ζώνη εξόδου. Ανάντη από τη στέψη εξόδου, αναπτύσσεται απόθεση λεπτόκοκκου υλικού στην ανάντη κατεύθυνση. Λόγω της τοπικής εισροής φερτών υλικών, το ρεύμα πυκνότητας διαλύεται κατά μήκος της πορείας του. Στο δέλτα, όπου η ταχύτητα του ρεύματος πυκνότητας είναι ήδη μειωμένη, εναποτίθενται μεγαλύτερα σωματίδια από, αυτά των 0,05 mm. Τα λεπτότερα σωματίδια ιλύος με διάμετρο μικρότερη από 0,01 mm μεταφέρονται στην έξοδο, ενώ τα ενδιάμεσα μεγέθη εναποτίθεται στη ζώνη Β.

(Διαδίκτυο 2013), (http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)



Εικόνα 3.1: Τοπικό ρεύμα πυκνότητας σε ταμιευτήρα με (1) ροή προσέγγισης, (2) δέλτα, (3) σημείο βύθισης, (4) επιπλέοντα σωματίδια, (5) ρεύμα πυκνότητας, (6) διαυγές νερό, (7) απόθεση φερτών υλικών, (8) έξοδος και (9) φράγμα (Διαδίκτυο 2013).

(http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)

3.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

3.2.1 ΑΜΕΣΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η απομάκρυνση των φερτών υλικών από έναν ταμιευτήρα ή μια λίμνη όπου εισρέει χειμάρρος ή υδατόρρευμα αφορά ερωτήματα όπως: (1) ποια φερτά υλικά λαμβάνονται υπόψη; και (2) πως θα πρέπει αυτά να απομακρυνθούν; Οι απαντήσεις μπορούν να δοθούν ως εξής:

- Το δέλτα του ποταμού αναπτύσσεται στο ανώτατο στρώμα του ταμιευτήρα ή της λίμνης. Συνεπώς ο ωφέλιμος όγκος του υδάτινου σώματος προοδευτικά μειώνεται.
- Τα ρεύματα πυκνότητας γεμίζουν τα κατώτερα στρώματα του ταμιευτήρα και έτσι χρησιμοποιούν τον νεκρό όγκο του ταμιευτήρα.
- Εάν το άκρο του δέλτα φτάσει την έξοδο του πυθμένα (εφόσον πρόκειται για ταμιευτήρα), ή εάν το ρεύμα πυκνότητας ανυψωθεί πάνω από τη στάθμη εισροής του, τότε μειώνεται η λειτουργικότητα της εξόδου στον πυθμένα. Εάν αυτή η διαδικασία συνεχιστεί τότε η κατασκευή εισόδου θα καλυφτεί επίσης από φερτά υλικά και θα γίνει άχρηστη.

Τα μέτρα απομάκρυνσης φερτών υλικών από ταμιευτήρα ή λίμνη αφορούν είτε τη διατήρηση του ωφέλιμου όγκου, είτε τη λειτουργικότητα της εξόδου από τον πυθμένα, ή ακόμη και τα δύο. Στην εικόνα 3.2 φαίνεται λεκάνη χαλικιών στην αλλαγή της κλίσης ανάντη από τον ταμιευτήρα, με διακεκομμένη γραμμή συμβολίζεται η πιθανή διάβρωση ποταμού κατάντη του ταμιευτήρα λόγω του ελλείμματος φερτών υλικών.

(Διαδίκτυο 2013), (http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα άμεσα μέτρα εφαρμογής σε ταμιευτήρα. Τα μέτρα αυτά θα μπορούσαν να εφαρμοστούν με κατάλληλη προσαρμογή όπου απαιτείται, για την αντιμετώπιση αντίστοιχων προβλημάτων μεταφοράς φερτών υλών σε λίμνες, όπου μειώνεται ο ωφέλιμος όγκος ύδατος λόγω στερεομεταφοράς από παρακεέμενους χειμάρρους και υδατορρέυματα. Οι διάφορες τεχνικές που έχουν κυρίως προταθεί, είναι:

- λεκάνη χαλικιών
- μετωπική λεκάνη με ή χωρίς διόδους φερτών υλικών
- εκσκαφή (εκβάθυνση) του ταμιευτήρα και
- απομακρύνσεις φερτών υλικών.

3.2.2 ΛΕΚΑΝΕΣ ΧΑΛΙΚΙΩΝ

Η λεκάνη χαλικιών βρίσκεται αμέσως ανάντη από τον ταμιευτήρα και μπορεί να σχεδιαστεί ως ζώνη αποθήκευσης. Κανονικά πρέπει να καθαρίζεται ετησίως ή μετά από κάθε μεγάλη πλημμύρα. Αυτή έχει ως αποτέλεσμα ένα έλλειμμα χαλικιών στο κατάντη ευθύγραμμο τμήμα του ποταμού, που μπορεί ωστόσο να οδηγήσει σε υποβάθμιση της κοίτης του ποταμού. Στη συνέχεια, η διαδικασία διάβρωσης μπορεί να μειώσει το αποτέλεσμα της λεκάνης χαλικιών (εικ. 3.2). Επομένως μία λεκάνη χαλικιών είναι αποτελεσματική μόνο εάν:

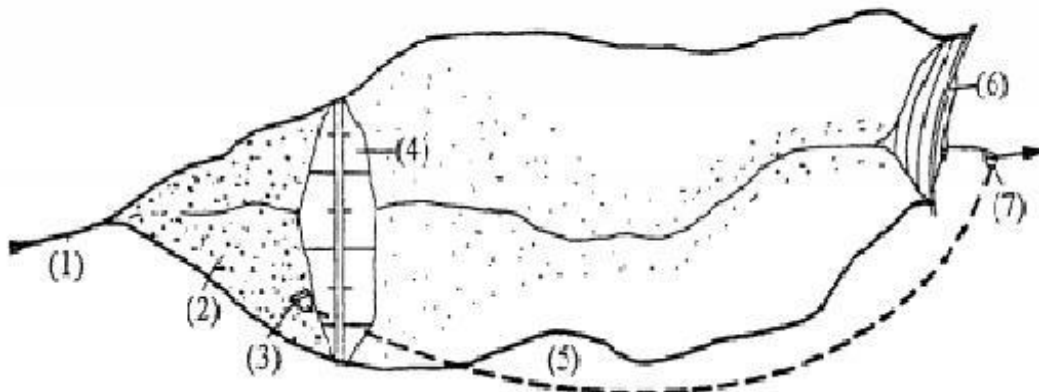
- ο ποταμός στην είσοδο του στον ταμιευτήρα είναι ανθεκτικός σε μεγάλης κλίμακας διάβρωση
- η διάβρωση μειώνεται από κατάλληλη προστασία
- η λεκάνη χαλικιών είναι τοποθετημένη ακριβώς ανάντη από τον ταμιευτήρα.



Εικόνα 3.2 : Λεκάνη χαλικιών στην αλλαγή κλίσης ανάντη του ταμιευτήρα (Διαδίκτυο 2013).
(http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)

3.2.3 ΜΕΤΩΠΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ

Για να μειωθεί η εισροή φερτών υλικών μέσα σε έναν ταμιευτήρα ή μια λίμνη, μπορεί να αναγερθεί ένα δευτερεύον φράγμα στη ζώνη εισόδου του ταμιευτήρα που συγκρατεί το φορτίο της κοίτης. Συνήθως αυτό το δευτερεύον φράγμα είναι πλήρως βυθισμένο κάτω από τη μέγιστη στάθμη του ταμιευτήρα και τα χαλίκια όπως και η άμμος μπορούν να καθιζάνουν αποτελεσματικά. Το μέρος της ιλύος μεταφέρεται μέσα στον ταμιευτήρα και αποτίθεται (εικ. 3.3). Για να εμποδιστεί η εισροή φερτών υλικών στο φράγμα κατακράτησης των χαλικιών, πρέπει να καθαρίζεται περιοδικά είτε απομακρύνοντας την άμμο και τα χαλίκια ή εκπλένοντας το μέσα στον ποταμό πέρα από το κύριο φράγμα. Η δίοδος βρίσκεται σε λειτουργία μόνο κατά τη διάρκεια πλημμύρων και οι εφελκυστικές του δυνάμεις πρέπει να είναι τόσο μεγάλες ώστε να το εμποδίζουν..

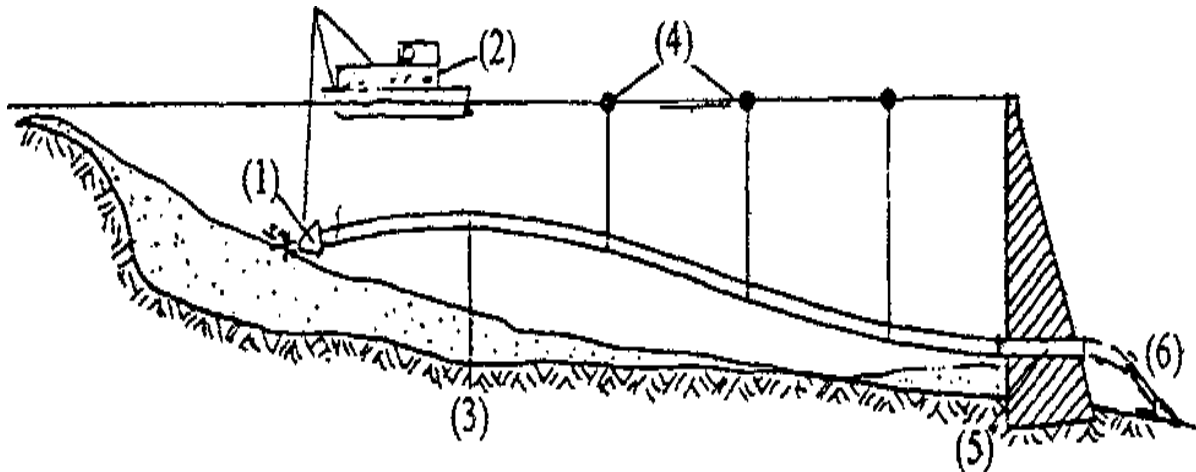


Εικόνα 3.3: Φράγμα αποθήκευσης χαλικιών για την αντιμετώπιση εισροής φερτών υλικών σε ταμιευτήρες. (1) εισερχόμενος ποταμός, (2) ταμιευτήρας, (3) είσοδος έκπλυσης, (4) δευτερεύον φράγμα, (5) δίοδος έκπλυσης, (6) κύριο φράγμα, (7) έξοδος έκπλυσης (Διαδίκτυο 2013). (http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)

3.2.4 ΕΚΣΚΑΦΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

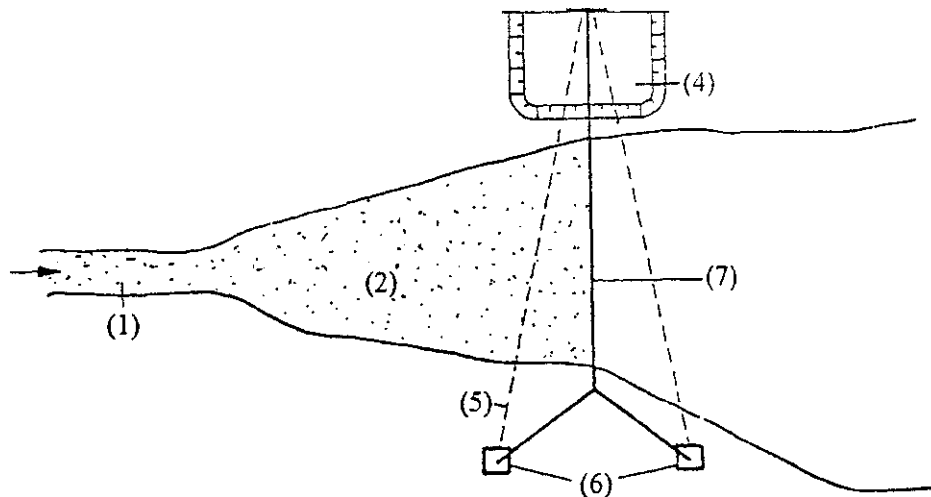
Ανάλογα με το τοπικό βάθος, την ποιότητα των φερτών υλικών και τα συστήματα μεταφοράς, τα φερτά υλικά μπορούν να απομακρυνθούν είτε από τις όχθες ή από πλοίο. Επειδή η συνοχή των φερτών υλικών που έχουν καθιζάνει είναι μεγάλη, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι απλές συσκευές αναρρόφησης. Επομένως, η κεφαλή μιας τέτοιας συσκευής πρέπει να επεκτείνεται με ακροφύσια εκτόξευσης νερού ή με περιστρεφόμενη κεφαλή για τη χαλάρωση του υλικού για ευκολότερη εκσκαφή.

Ειδική λύση προτάθηκε για μικρές λίμνες στην Ιταλία (Roveri 1981). Σε αυτή τη τεχνική μία βυθοκόρος προσαρμοσμένη πάνω σε πλωτή εξέδρα συνδέεται με αγωγό που αποφορτίζει από το στόμιο εξόδου του φράγματος. Η υδρομεταφορά (hydrotransport) πραγματοποιείται μόνο από τον σίφωνα και η επίδραση της συμβατικής εξόδου των φερτών υλικών επεκτείνεται μέσα στον ταμιευτήρα. Έτσι η βυθοκόρος δεν έχει αντλίες επειδή το υδραυλικό φορτίο μεταξύ της στάθμης του ταμιευτήρα και της εξόδου είναι επαρκές για την υδρομεταφορά (εικ. 3.4).



Εικόνα 3.4: Απομάκρυνση φερτών υλικών με εκσκαφέα συνδεδεμένο με σιφωνοειδή σωλήνα με (1) κεφαλή αγωγού, (2) πλατφόρμα εκσκαφέα, (3) σωλήνας σύνδεσης, (4) πλωτήρες για την ανάρτηση του αγωγού, (5) αγωγός εξόδου από τον πυθμένα, (6) νερά εκροής (Διαδίκτυο 2013). (http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)

Εάν η ζώνη εισόδου του ταμιευτήρα ή της λίμνης είναι σχετικά στενή και το δέλτα από χάλικες είναι καλά ορισμένο, τότε το σύστημα εκσκαφής μπορεί να είναι αποτελεσματικό με την προϋπόθεση ότι η στάθμη του ταμιευτήρα ή της λίμνης είναι σχεδόν σταθερή (εικ. 3.5). Το σύστημα απομάκρυνσης είναι είτε κινητό ή λειτουργεί από τις όχθες. Ένα τέτοιο σύστημα εκσκαφής έχει αποδειχτεί αποτελεσματικό και απλό. Το υλικό που απομακρύνεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πλήρωση φράγματος ή για παρασκευή σκυροδέματος. Ωστόσο, όταν περιέχει πολύ οργανικό υλικό ή άμμο και λάσπη, πρέπει να συσσωρευτεί κοντά στην τοποθεσία απομάκρυνσης. Περισσότερες λεπτομέρειες παρουσιάζονται από τους Breusers et al (1982). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι εκσκαμμένες λάσπες δύσκολα εναποτίθενται λόγω της έλλειψης νερού και ποιότητας. Επομένως, το υλικό συχνά επιστρέφει στο νερό διαφυγής από το φράγμα.



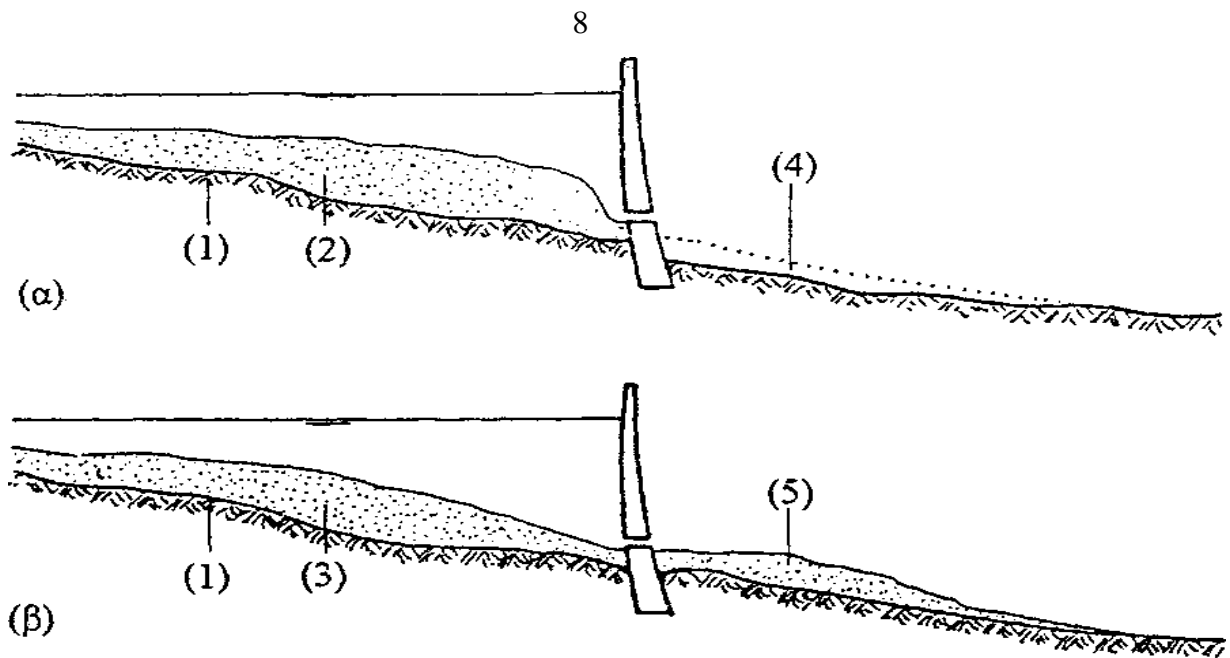
Εικόνα 3.5: Μόνιμος σταθμός εκβάθυνσης με εκσκαφέα σύρσης στη ζώνη εισόδου του ταμιευτήρα (1) εισερχόμενος ποταμός, (2) δέλτα, (3) πύργος εκβάθυνσης, (4) ζώνη απόθεσης φερτών υλικών, (5) καλώδιο σταθεροποίησης, (6) στερέωση για καλώδιο, (7) κύριο καλώδιο (Διαδίκτυο 2013). (http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)

3.2.5 ΕΚΚΕΝΩΣΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

Η μέθοδος εφαρμόζεται για την περίπτωση που έχουμε εισροή φερτών υλών σε ταμιευτήρα. Η επίδραση του καθαρισμού της εξόδου είναι τοπική και αντιμετωπίζει την εισροή φερτών υλικών σε ταμιευτήρες μόνο για μικρές λεκάνες. Η εκκένωση ολόκληρου του ταμιευτήρα είναι μία τυπική διαδικασία που περιλαμβάνει την έκπλυση των φερτών υλικών μέσα στα ύδατα εκροής. Η διαδικασία μπορεί να συγκριθεί με την υπερβολική διάβρωση ενός ποταμού που έχει αμμώδη ή ιλυώδη κοίτη. Η εικόνα 3.6 δείχνει την προσωρινή ανάπτυξη της έκπλυσης και την προκύπτουσα διάβρωση του ταμιευτήρα έως τον αδιάβρωτο πυθμένα. Η διάβρωση αρχίζει στον κώνο κοντά στην έξοδο και αναπτύσσεται ανάντη κατά μήκος του μεγίστου βάθους. Η διαδικασία της διάβρωσης τελειώνει όταν οι εφελκυστικές δυνάμεις γίνονται μικρότερες από τις αντιδρώσες δυνάμεις και όταν έχει αναπτυχθεί μία ισορροπία στην τοπογραφία του πυθμένα. Παρατηρήστε τη διάβρωση που μοιάζει με φαράγγι κατά μήκος του μεγίστου βάθους και τη σχετικά μικρή διάβρωση κατά μήκος των όχθων του ταμιευτήρα κυρίως λόγω των κλίσεων των όχθων.

Η έκπλυση ενός ταμιευτήρα όπως περιγράφηκε προηγουμένως είναι περισσότερο αποτελεσματική από ότι η λειτουργία της εξόδου στον πυθμένα κάτω από σχεδόν γεμάτο ταμιευτήρα. Ωστόσο, το φράγμα τίθεται εκτός λειτουργίας και μεγάλες ποσότητες νερού χάνονται. Η ικανότητα λειτουργίας της εξόδου στον πυθμένα έχει επιπτώσεις στην επιτυχία της έκπλυσης. Για πολύ μικρή έξοδο, η έκπλυση είναι μόνο τοπική, ενώ τεχνητές πλημμύρες από τα ύδατα εκροής δημιουργούνται κάτω από πολύ μεγάλες παροχές έκπλυσης. Ένα βέλτιστο πρόγραμμα έκπλυσης πρέπει να προσδιορίζεται για κάθε ταμιευτήρα με μέγιστη επίδραση στον ταμιευτήρα και ελάχιστη επίπτωση στα ύδατα εκροής. Σύμφωνα με αυτό, η ικανότητα μεταφοράς του κατάντη ποταμού θα πρέπει να είναι τόσο μεγάλη ώστε οι αποθέσεις να είναι μικρές (εικ. 3.6). Τα περιβαλλοντικά θέματα που αφορούν την αλιεία και την υδρόβια χλωρίδα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για να υπάρχει οικολογική ισορροπία. Τα παραπάνω, είναι μερικές από τις μεθόδους (συνήθειες) που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν εκτός των ταμιευτήρων και σε υδάτινα σώματα, π.χ. λίμνες όπου μεταφέρονται φερτά υλικά από χειμάρρους, υδατορρέματα και παρακείμενους ποταμούς.

(Διαδίκτυο 2013), (http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)



Εικόνα 3.6: Επίδραση της (α) εισροής φερτών υλικών σε ταμιευτήρα και (β) έκπλυσης του ταμιευτήρα σε ποταμό υδάτων εκροής, (1) αρχική κοίτη ποταμού, (2) ζώνη εισροής φερτών υλικών, (3) μειωμένη ζώνη μετά την έκπλυση, (4) υποβάθμιση (πτώση), (5) τάση πρόσχωσης στα ύδατα εκροής (αναστροφή) (Διαδίκτυο 2013).

(http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)

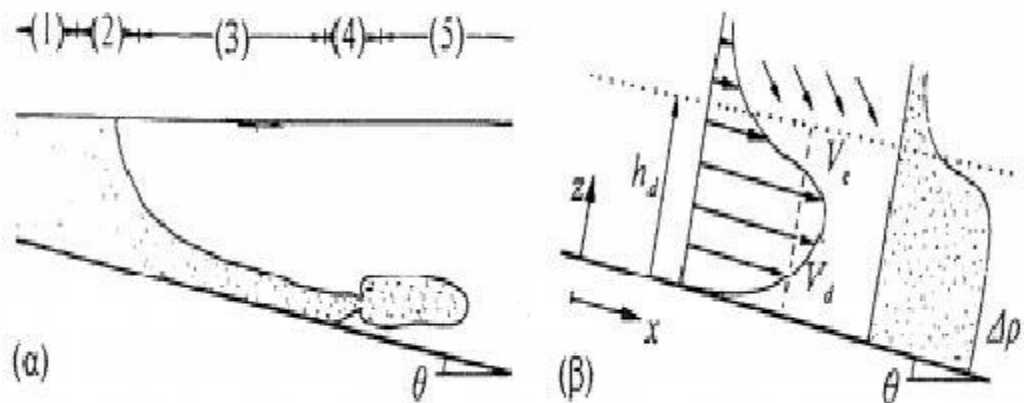
3.3 ΡΕΥΜΑΤΑ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

3.3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Ρεύμα πυκνότητας είναι ένα στρώμα υγρού που ρέει σε ένα περιβάλλον υγρό διαφορετικής πυκνότητας. Η διαφορά πυκνότητας μπορεί να προκύψει από διαφορές στη θερμοκρασία, συγκέντρωση διαλυμένων στερεών, αλατότητα ή λόγω των διαφορετικών αναμειγνυόμενων υγρών. Ανάλογα με το λόγο πυκνότητας της εισροής και της ροής του ταμιευτήρα ή της λίμνης όπου εισρέει το ρεύμα μπορεί να σχηματιστεί ένα ανοδικό, ή βυθισμένο ρεύμα πυκνότητας. Η δεύτερη περίπτωση εξετάζεται στη συνέχεια.

(Διαδίκτυο 2013), (http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)

Τα ρεύματα πυκνότητας έχουν κοινά χαρακτηριστικά με τις ροές των ανοιχτών αγωγών αλλά διαφέρουν ουσιαστικά επειδή η άνωση του περιβάλλοντος υγρού μειώνει τη δύναμη της βαρύτητας. Η εικόνα 3.7 δείχνει τις τυπικές ζώνες που περιλαμβάνονται σε ένα ρεύμα πυκνότητας. Η εισερχόμενη ροή (1) της πυκνότητας ρ_b μπορεί να αναλυθεί με συμβατική (κλασική) υδραυλική. Στο σημείο βύθισης (2) υπάρχει ισορροπία μεταξύ της διαφοράς πυκνότητας και της άνωσης. Πέρα από το σημείο βύθισης αναπτύσσεται ροή δύο στρωμάτων (3) που σχετίζεται με την ανάμιξη εγκάρσια της διεπιφανείας (εικ. 3.7). Εάν ο ταμιευτήρας είναι διαστρωματωμένος το ρεύμα πυκνότητας μπορεί να φτάσει ένα βάθος όπου δεν επηρεάζεται από την άνωση. Έτσι, συμβαίνει αποκόλληση (4) από τον επικλινή πυθμένα για να σχηματιστεί μία παρείσδυση (5).



Εικόνα 3.7: Ροή πυκνότητας σε διαστρωματωμένο σε ταμιευτήρα (α) ζώνες ροής, (β) με διακεκομμένη γραμμή σημαίνεται η διεπιφάνεια (Διαδίκτυο 2013).
(http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)

Η ροή ενός ρεύματος πυκνότητας εξαρτάται κυρίως από τη μειωμένη βαρύτητα $g' = \{\Delta\rho/\rho_0\} g$ όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας, ρ_0 η πυκνότητα εισερχόμενου ρεύματος και $\Delta\rho$ η διαφορά πυκνότητας μεταξύ της εισροής και του περιβάλλοντος υγρού. Επίσης, με την προϋπόθεση ότι ο αριθμός Reynolds $R = uh/\nu$ με u και h την ταχύτητα κατά τη διεύθυνση του υδατορεύματος και το βάθος της ροής αντίστοιχα και ν την κινηματική συνεκτικότητα είναι μεγαλύτερος από, έστω, 2×10^3 , το ρεύμα είναι τυρβώδες με ανάμιξη κατά μήκος της διεπιφάνειας. Η σταθερότητα της διεπιφάνειας εξαρτάται από τον αριθμό Richardson (Alavian et al, 1992).

$$Ri = \frac{g' h \cos\theta}{u^2} \quad (3.1)$$

όπου θ είναι η κλίση του κεκλιμένου επιπέδου, και ο Ri εκφράζει την ισορροπία μεταξύ της ενεργού βαρύτητας κάθετα στη διεπιφάνεια και της διατμητικής δύναμης κάθετα στη διεπιφάνεια. Μειώνοντας τον Ri αυξάνεται η ποσότητα της μείξης. Έτσι η άνωση μπορεί είτε να επιταχύνει και να αποσταθεροποιήσει ένα ρεύμα πυκνότητας ή να εξασθενίσει και να σταθεροποιήσει ένα ρεύμα πυκνότητας.

3.3.2 ΣΗΜΕΙΟ ΒΥΘΙΣΗΣ

Αν $F_p = Vd(gh_p)^{1/2}$ είναι ο αριθμός Froude που βασίζεται στην ανάντη ταχύτητα V_0 και το βάθος h_p στο σημείο βύθισης, Q_0 η παροχή εισροής και b το πλάτος εισροής, τότε για $0,1 < F_p < 0,7$ σε όρους μονοδιάστασης υδραυλικής ισχύει η σχέση

$$h_p = \left(\frac{Q_0^2}{g' b^2} \right)^{1/3} F_p^{-2/3} \quad (3.2)$$

Για τρισδιάστατη γεωμετρία εισροής, δηλ. κεκλιμένος πυθμένας και εκτεινόμενες πλευρές, τα χαρακτηριστικά βύθισης είναι πιο πολύπλοκα, περιλαμβάνοντας κινούμενες και μη κινούμενες ροές. Επίσης, μερικές γενικευμένες σχέσεις δίνονται από τους Graf (1983) και Alavian et al (1992).

3.3.3 ΡΟΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

Η ομοιόμορφη ροή ενός ρεύματος πυκνότητας (ζώνη στην εικόνα 30α) εξαρτάται από την τοπογραφία του πυθμένα και τα χαρακτηριστικά διαστρωμάτωσης. Επίσης είναι σημαντικός ο αριθμός Richardson του ρεύματος πυκνότητας $Ri = g'h_d \cos\theta / V_d^2$ με το δείκτη d να αναφέρεται

στο ρεύμα πυκνότητας.

Τυπικές κατανομές ταχύτητας και πυκνότητας ενός επίπεδου ρεύματος πυκνότητας φαίνονται στην εικόνα 30β. Η διεπιφάνεια ορίζεται σε θέση όπου ο λόγος (η κλίση) της πυκνότητας είναι μέγιστος. Αν η σταθερά εκκίνησης είναι $E = V_e/V_d$ όπου V_e η ταχύτητα εκκίνησης,

$Cd = \tau_d / (P_d V_d^2)$ ο συντελεστής σύρσης του πυθμένα και D_1 και D_2 οι συντελεστές διόρθωσης λόγω κατανομής της πυκνότητας, η αλλαγή της κατατομής του ρεύματος πυκνότητας μπορεί να γραφτεί

$$\frac{h_d}{3Ri} \frac{dRi}{dx} = \frac{\left(1 + \frac{RiD_1}{2}\right) E - RiD_2 \tan\theta + Cd}{1 - RiD_1} \quad (3.3)$$

Για ομοιόμορφη κατανομή της πυκνότητας είναι $D_1 = D_2 = 1$. Τυπικά, από πειράματα με τυρβώδη

ρεύματα πυκνότητας, $D_1 = 0,6$ έως $1,0$ και $D_2 = 0,95$ έως $1,1$. Η (3) μπορεί να θεωρηθεί ως μία γενικευμένη εξίσωση του ανάστροφα κινούμενου νερού για την άγνωστη μεταβλητή $h_d(x)$.

Για ροή ισορροπίας (δείκτης u), ο αριθμός Richardson παραμένει σταθερός και είναι

$$Ri_u = \frac{E_u + Cd}{D_2 \tan\theta - \frac{D_1 E_u}{2}} \quad (3.4)$$

Επίσης $dh_u/dx = E_u$. Για την οριακή συνθήκη $h_d(x = x_0) = h_0$ κοντά στο σημείο βύθισης, έχουμε

$$E_u = \frac{h_u - h_0}{x - x_0} \quad (3.5)$$

Η ομοιόμορφη ταχύτητα είναι ίση με

$$V_u = \left(\frac{V_d h_d g' \cos\theta}{Ri_u} \right)^{1/3} \quad (3.6)$$

Ο όρος $V_d h_d g'$ αναφέρεται ως ροή άνωσης, η οποία μπορεί να παραμείνει σταθερή. Η σταθερά εκκίνησης σχετίζεται με τον αριθμό Richardson

$$E/E_0 = Ri^{-\gamma} \quad (3.7)$$

Σύμφωνα με τους Alavian et al. (1992) οι σταθερές είναι $E_0 = 1,5 \times 10^{-3}$, $\gamma = 1$ για $Ri > 2 \times 10^{-1}$ και $E_0 = 2,8 \times 10^{-3}$, $\gamma = 1,2$ για τυρβώδη ρεύματα. Το προηγούμενο σύστημα εξισώσεων ισχύει για ροή σε τριγωνικό αγωγό και σε πλευρικά απεριόριστη επιφάνεια. Μία εναλλακτική προσέγγιση δίνεται από τους Graf (1983) και Graf & Altinakar (1993). Επίσης εξέτασαν την

άκρη, ή το μέτωπο του ρεύματος. Μπορεί να σημειωθεί μεγάλη ομοιότητα μεταξύ των ρευμάτων πυκνότητας και των κυμάτων που δημιουργούνται από την παρεμβολή των φραγμάτων στον ρου του υδατορεύματος.

3.3.4 ΠΑΡΕΙΣΔΥΣΗ

Εάν η πυκνότητα ενός ρεύματος και του διαστρωματωμένου περιβάλλοντος υγρού γίνουν ίσες, το ρεύμα πυκνότητας αφήνει τον πυθμένα και διαδίδεται οριζόντια μέσα στον ταμιευτήρα (εικ. 3.7.α). Ανάλογα με τον αδιάστατο αριθμό

$$I = F_i G^{1/3} \quad (3.8)$$

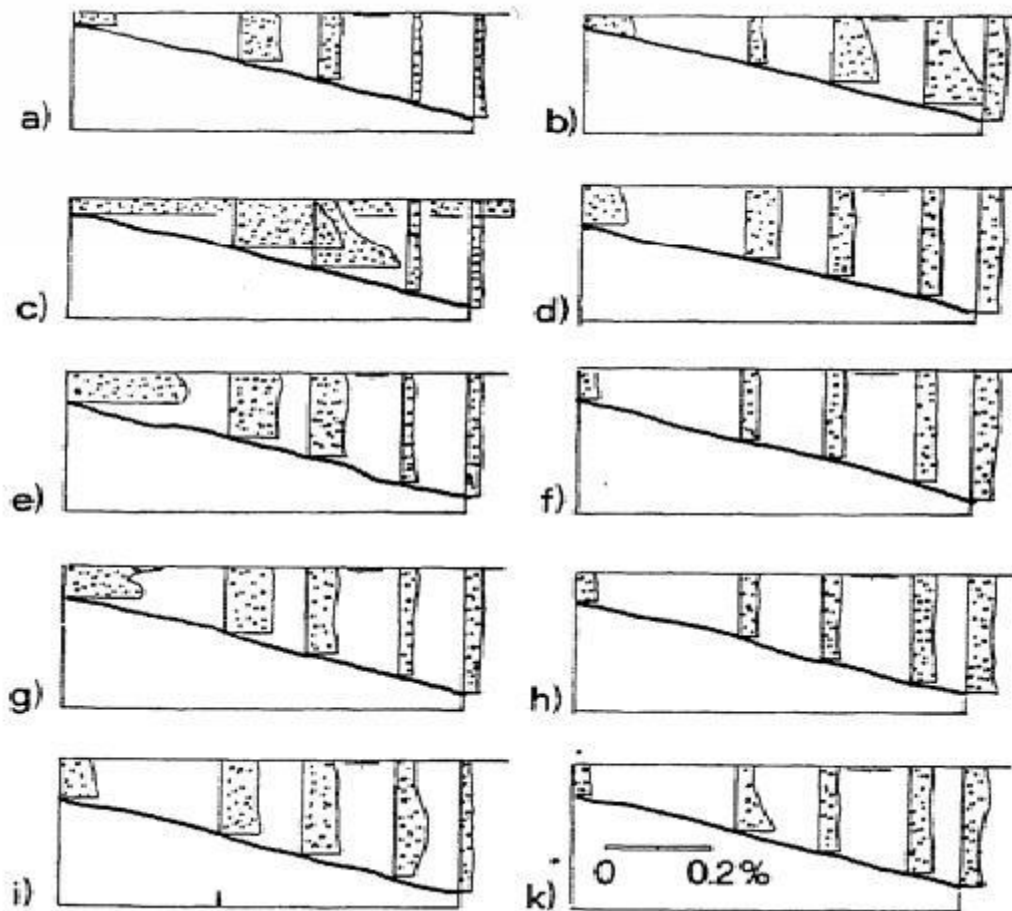
όπου F_i είναι ο πυκνομετρικός αριθμός Froude στο σημείο παρείσδυσης και G ο αριθμός Grashof που περιλαμβάνει τη συχνότητα της άνωσης, το μήκος του ταμιευτήρα και τη μέση κατακόρυφη συνεκτικότητα στροβιλισμού, μπορούν να οριστούν τρία διαφορετικά καθεστάτα ροής (Alavian et al, 1992):

- (1) $I \geq 1$ τότε οι δυνάμεις αδράνειας και άνωσης βρίσκονται σε ισορροπία, η ταχύτητα διάχυσης είναι $c_i = 0,194 * (g' h_i)^{1/2}$ και το πάχος εισροής $h_i = 3(q_i^2 / g' i)^{1/3}$
- (2) $P^{-5/6} \leq I \leq 1$ με P ο αριθμός Prandtl, τότε επικρατούν οι δυνάμεις της συνεκτικότητας και της άνωσης
- (3) $I \leq P^{-5/6}$ τότε επικρατούν η συνεκτικότητα και η διάχυση.

3.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

3.4.1 ΤΥΡΒΩΔΗΣ ΑΙΩΡΗΣΗ

Για δεδομένο ταμιευτήρα υπάρχει μία ορισμένη σχέση μεταξύ της μέσης συγκέντρωσης των φερτών υλικών και της μέσης ισχύος του υδατορεύματος, που ορίζεται από το γινόμενο της ταχύτητας και της κλίσης ανάντη από τη θεωρούμενη διατομή. Καθώς η ικανότητα των φερτών υλικών μειώνεται μέσα στη ζώνη ανάστροφης ροής του νερού του ταμιευτήρα, το φορτίο των φερτών υλικών μειώνεται γρήγορα με την απόσταση και το υλικό με κολλοειδή αιώρηση φτάνει στο φράγμα (ICOLD, 1988), η εικόνα 3.8 δείχνει ότι η κατακόρυφη κατανομή της συγκέντρωσης των φερτών υλικών εγκάρσια του ταμιευτήρα Verwoerd (Αφρική) είναι σχεδόν ομοιόμορφη ενώ για άλλους ταμιευτήρες ένα τυπικό ρεύμα -πυκνότητας μπορεί να παρατηρηθεί. Η εικόνα 32 δείχνει παρατηρήσεις στον ταμιευτήρα Sautet (Γαλλία).



Εικόνα 3.8 : Κατανομή συγκέντρωσης φερτών υλικών στον ταμιευτήρα Verwoerd (N.A.) για διάφορες εισροές και εκροές ταμιευτήρα. (a) έως (k) αναφέρονται σε διάφορες διατάξεις εισροής και εκροής από τον ταμιευτήρα το 1974 (ICOLD, 1988).

Τα λεπτόκοκκα σωματίδια στους ταμιευτήρες κατανέμονται κυρίως λόγω της τυρβώδους αιώρησης. Η μεταβολή της συγκέντρωσης C στη κατακόρυφη διεύθυνση z κάτω από συνθήκες ισορροπίας εξαρτάται από τη τυρβώδη διάχυση και μπορεί να εκφραστεί ως εξής (Rouse, 1937)

$$\frac{C}{C_a} = \left(\frac{D-z}{z} \frac{z_a}{D-z_a} \right)^{m} \quad (3.9)$$

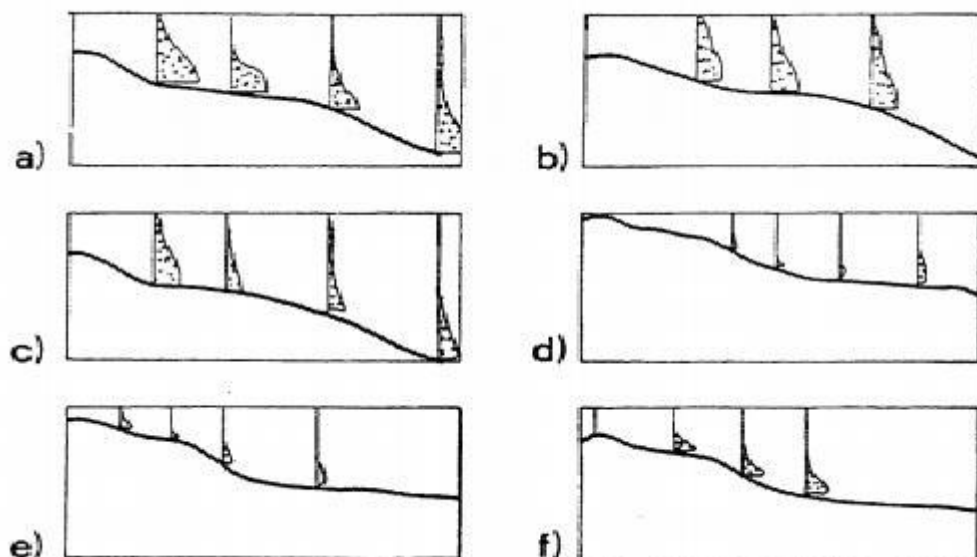
όπου C_a η συγκέντρωση στη θέση αναφοράς ($z = z_a$) πάνω από την κοίτη και ο δείκτης m είναι ίσος με

$$m = \frac{2,10V_s}{(gDS_e)^{0,50}} \quad (3.10)$$

Εδώ V_s είναι η ταχύτητα καθίζησης των σωματιδίων, D το βάθος της ροής και S_e η κλίση της

ενέργειας. Αν $V = (g D S_e)^{1/2}$ η ταχύτητα σύρσης, τότε m μπορεί να θεωρηθεί ο λόγος των δύο

ταχυτήτων. Για $m \rightarrow 0$ η μεταβολή στη συγκέντρωση των φερτών υλικών είναι πρακτικά αμελητέα και μπορεί να προκύψει μία κατάσταση όπως παρουσιάζεται στην εικ.3.9. Μία οριακή τιμή για



Εικόνα 3.9: Χώροχρονικές μεταβολές συγκεντρώσεων φερτών υλικών στον ταμιευτήρα Sautet (Γαλλία) (ICOLD, 1988).

τον αριθμό $N = V_s (g D S_e)^{1/2}$ είναι 8,3. Για $N > 8,3$ σταματά η κίνηση των φερτών υλικών μέσω της τυρβώδους αιώρησης. Τότε οι συγκεντρώσεις των φερτών υλικών κατά μήκος της κοίτης είναι πολύ μεγαλύτερες από ότι κοντά στην επιφάνεια.

3.4.2 ΤΥΡΒΩΔΗ ΡΕΥΜΑΤΑ

Ένα τυρβώδες ρεύμα αναπτύσσεται όταν ένα στρώμα υγρού φορτωμένο με φερτά υλικά κινείται μέσα σε ένα περιβάλλον υγρό με λίγο μικρότερη πυκνότητα. Τα δύο στρώματα διαχωρίζονται με μία απότομη ασυνέχεια. Τα τυρβώδη ρεύματα τυπικά συμβαίνουν όταν μεγάλες ποσότητες φερτών υλικών μεταφέρονται μέσα σε έναν ταμιευτήρα, όπως κατά τη διάρκεια συνθηκών πλημμύρας όπου τα ρεύματα είναι ικανά να διεισδύσουν βαθιά μέσα στον ταμιευτήρα.

Η δρώσα δύναμη των τυρβωδών ρευμάτων είναι η διαφορά πυκνότητας $\Delta\rho$ που σχετίζεται με τη συγκέντρωση των φερτών υλικών επί την κλίση της κοίτης S_0 και τη δύναμη αντίστασης που είναι η πυκνότητα ρ επί την κλίση της γραμμής ενέργειας S_f . Ο αριθμός της πυκνότητας

$$D = \frac{\Delta\rho S_0}{\rho S_f}$$

(3.11)

είναι ο δείκτης της σχετικής σημαντικότητας των δύο επιπτώσεων. Επομένως, τα τυρβώδη ρεύματα επαυξάνονται, με την προϋπόθεση ότι:

- οι διαφορές της πυκνότητας είναι μεγάλες

- το βάθος της ροής είναι μεγάλο
- η κλίση της κοίτης είναι μεγάλη
- η ταχύτητα είναι μικρή.

Οι ευνοϊκότερες συνθήκες για τα τυρβώδη ρεύματα είναι επομένως οι (βαριά φορτωμένες) έντονες πλημμύρες που εισέρχονται σε ένα βαθύ ταμιευτήρα με απότομη κλίση της κοίτης. Τα υδραυλικά κριτήρια είναι (ICOLD, 1988)

$$(3.12) \quad F_d < 1, \quad \frac{S_0 C^2 D^5}{Q^2} > 10^4$$

(3.13)

Η (3.12) περιλαμβάνει τον πυκνομετρικό αριθμό Froude $F_d = V/(g'D)^{1/2}$ όπου $g'=(\Delta\rho/\rho)g$ η μειωμένη επιτάχυνση της βαρύτητας. Ανάλογα, το τυρβώδες ρεύμα (ρεύμα θολότητας) θα παραμείνει υποκρίσιμο. Η (3.13) δίνει μία συνθήκη για έναν αδιάστατο αριθμό που αντιστοιχεί στο D στην (3.11), για σταθερό λόγο πυκνότητας $\Delta\rho/\rho$ και την προϋπόθεση ότι εφαρμόζεται η συνάρτηση τριβής του Chezy όπου C ο συντελεστής τριβής.

Η πραγματική γνώση για τα τυρβώδη ρεύματα στους ταμιευτήρες είναι ανεπαρκής για την πρόγνωση των κινήσεων των φερτών υλικών ή ακόμη της ροής των φερτών υλικών μέσω της εξόδου στον πυθμένα. Για πολλούς ταμιευτήρες που έχουν σχεδιαστεί για αποθήκευση φερτών υλικών, έστω 100 ετών, τα τυρβώδη ρεύματα δεν είναι τόσο σημαντικά επειδή τα φερτά υλικά κυρίως κινούνται κατά μήκος της προϋπάρχουσας κλίσης, δηλ. πραγματοποιείται η μετακίνηση υλικού από μία ανάντη σε μία κατάντη θέση μέσα στον ταμιευτήρα.

3.4.3 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

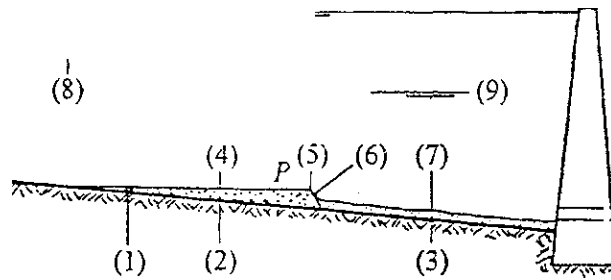
Τα φερτά υλικά μπορούν να απομακρυνθούν από έναν ταμιευτήρα εάν είναι επαρκής η ικανότητα μεταφοράς, 'όταν δεν υπάρχουν ρεύματα πυκνότητας, οι τυπικές συγκεντρώσεις κατά τη διάρκεια της απομάκρυνσης είναι της ίδιας τάξης με εκείνες που απαντώνται κατά τη διάρκεια των πλημμύρων στους ποταμούς. Η χωρητικότητα της μεταφοράς εξαρτάται από τον αριθμό Reynolds των κόκκων $R_g = (gDS_f)^{1/2} d_0/\nu$ όπου d_{50} το μεσαίο μέγεθος σωματιδίου και ν η κινηματική συνεκτικότητα. Για $R_g < 13$ υπάρχει στρωτό οριακό στρώμα μέσα στον ταμιευτήρα και συμβαίνει μεταφορά φερτών υλικών εάν (ICOLD, 1988)

$$N < 0,63 R_g, \text{ για } R_g < 13 \quad (3.14)$$

Για τυρβώδες οριακό στρώμα, που εν γένει αναπτύσσεται, η συνθήκη της έναρξης μεταφοράς των φερτών υλικών είναι

$$N < 8,3 \text{ για } R_g \geq 13 \quad (3.15)$$

Αυτές οι εξισώσεις ισχύουν για μη στερεοποιημένα σωματίδια με $N = V_s / (gDS_e)^{1/2}$ όπως ορίστηκε προηγουμένως. Ταχύτητες μεγαλύτερες από 1 ms^{-1} απαιτούνται για να επανακινηθούν τα σωματίδια μετά την απόθεση, ενώ η απόθεση συμβαίνει εάν η ταχύτητα είναι μικρότερη από $0,5 \text{ ms}^{-1}$.



Εικόνα 3.10: Σχηματισμός δέλτα σε ταμιευτήρα λόγω εισροής φερτών υλικών (1) χονδρόκοκκα φερτά υλικά, (2) αρχική κλίση της κοίτης, (3) λεπτόκοκκα φερτά υλικά, (4) άνω κλίση, (5) σημείο πιλότος P, (6) εμπρόσθια κλίση, (7) κάτω κλίση, (8) μέγιστη στάθμη του ταμιευτήρα, (9) κανονική στάθμη του ταμιευτήρα, (10) έξοδος από τον πυθμένα (Διαδίκτυο 2013).
(http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)

3.5 ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΕΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΙΣΡΟΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ

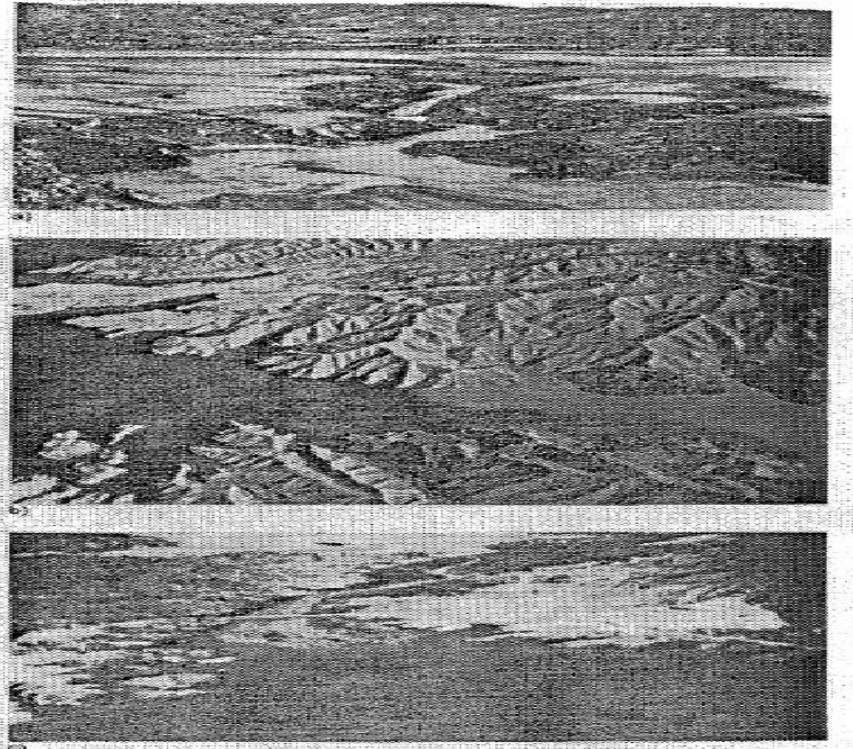
3.5.1 ΑΝΑΝΤΗ ΠΟΤΑΜΟΣ

Λόγω της ανάστροφης ροής του ταμιευτήρα μέσα στον ποταμό, το δέλτα του ταμιευτήρα μεγαλώνει και αναπτύσσεται η πρόσχωση του ποταμού. Έτσι η πρόγνωση της ανάπτυξης του δέλτα είναι σημαντική για τα μέτρα προστασίας έναντι της εισροής φερτών υλικών. Το Bureau of Reclamation (Strand & Pemberton 1982) πρότεινε μία ημιεμπειρική μέθοδο που περιλαμβάνει την αρχική κλίση του πυθμένα και την κλίση της άνω κοίτης. Το σημείο τομής P μεταξύ των κλίσεων της άνω και εμπρόσθιας κοίτης ορίζεται ως η μεσαία στάθμη λειτουργίας του ταμιευτήρα (εικ. 3.10).

Αποτέλεσμα του σχηματισμού του δέλτα μπορεί να είναι η ανάπτυξη γρασιδιού και θάμνων. Αυτή η αναμενόμενη πυκνή ανάπτυξη της βλάστησης έχει παρεμποδιστική επίδραση στις πλημμύρες και θα πρέπει να περιλαμβάνεται στην εκτίμηση της τραχύτητας για την πρόβλεψη της ανάστροφης ροής. Η εικόνα 34 δείχνει την εισροή φερτών υλικών στον ταμιευτήρα της λίμνης Ksob (Αλγερία), της λίμνης Mead (ΗΠΑ) και του ποταμού Bill Williams καθώς εισέρχεται στη Λίμνη Havasu, Αριζόνα (ΗΠΑ). Το ανοιχτό χρώμα αντιπροσωπεύει την παρείσδυση του δέλτα μέσα στον ταμιευτήρα με τη εμφανή φρεατοφυτική βλάστηση. (Strand & Pemberton 1982)

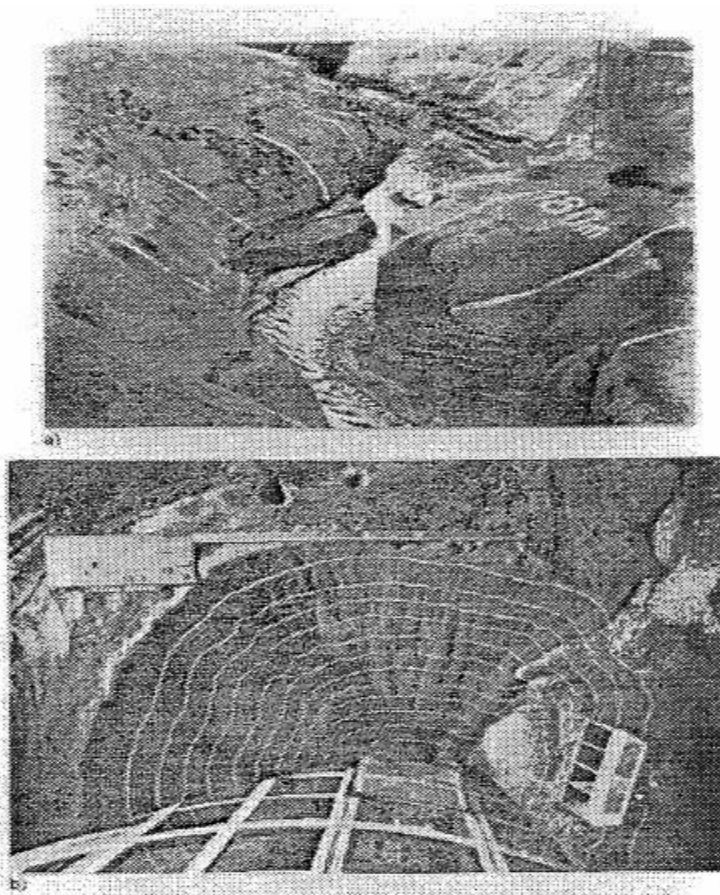
3.5.2 ΚΑΤΑΝΤΗ ΠΟΤΑΜΟΣ

Η απελευθέρωση διαυγούς νερού με μία ικανότητα να μεταφέρει ένα φορτίο φερτών υλικών αλλάζει τη σταθερότητα του ποταμού κατάντη μέσω της διάβρωσης. Η διαδικασία της διάβρωσης κινείται προοδευτικά προς τα κατάντη μέχρι να επιτευχθεί μία νέα κατάσταση ισορροπίας. Η διάβρωση έχει ανεπιθύμητες επιπτώσεις (ICOLD 1988):



*Εικόνα 3.11 : (a) Λίμνη Ksob στην Αλγερία,
(b) λίμνη Mead στον ποταμό Κολοράντο (ΗΠΑ) με το μέτωπο βύθισης στην αριστερή πλευρά και
(c) δέλτα της λίμνης Havasu στην είσοδο του ποταμού Bill Williams (ICOLD, 1988).
(Διαδίκτυο 2013) (http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)*

- κατασκευές μέσα στο υδατόρευμα όπως γέφυρες, ή οχετοί, υπόκεινται σε διάβρωση
- πολύτιμες αγροτικές, βιομηχανικές και οικιστικές ιδιοκτησίες μπορούν να απειληθούν με τη διεύρυνση της κοίτης του υδατορεύματος
- να εκτραχυνθεί το υλικό του πυθμένα και να αλλάξει τη βλάστηση κατά μήκος των όχθων του υδατορεύματος με επιπτώσεις στην πανίδα
- διάβρωση παραποτάμων λόγω της πτώσης του υδραυλικού φορτίου.



Εικόνα 3.12 : Φράγμα Gebidem (Ελβετία) με (α) ανάντη άκρο της ελεύθερης επιφάνειας έκπλυσης (απομάκρυνσης) (VAW 5213), (b) κώνος εισόδου στο φράγμα (VAW 3686) (Διαδίκτυο 2013).

(http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf)

Το U.S. Bureau of Reclamation συνιστά δύο μεθόδους για την αντιμετώπιση της διαδικασίας της διάβρωσης. Η Μέθοδος Θωράκισης (Armouring Method) περιλαμβάνει την εφαρμογή μεγάλου και χονδρόκοκκου υλικού που δεν μεταφέρεται από την κανονική παροχή του ποταμού. Κάτω από τη διαδικασία της θωράκισης το λεπτόκοκκο υλικό ταξινομείται (ξεχωρίζεται) και η διάβρωση κατά την κατακόρυφη διεύθυνση επιβραδύνεται μέχρι να είναι αρκετά βαθιά η θωράκιση. Το βάθος της θωράκισης είναι μικρότερο από περίπου το τριπλάσιο της διαμέτρου των κόκκων θωράκισης ή από 0,15 m.

Η Μέθοδος Σταθερής Όασης (Stable Slope Method) περιλαμβάνει την κλίση του υδατορεύματος για την οποία το υλικό της κοίτης δεν μεταφέρεται πλέον. Η προκύπτουσα κλίση μπορεί να εκτιμηθεί από τον τύπο των Meyer-Peter & Muller (MPM) ή το διάγραμμα του Shield για καμία κίνηση (Simons & Sentuck 1992, Julien 1995). Ο σχεδιασμός της παροχής μπορεί να γίνει στη ροή γεμάτων όχθων ή για την παροχή αιχμής της πλημμύρας της 2ετίας.

3.5.3 ΔΙΑΘΕΣΗ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα φερτά υλικά που έχουν εκσκαφτεί μπορούν να απελευθερωθούν στον ποταμό κατάντη από το φράγμα, ή μπορούν να παροχετευτούν στην πλησιέστερη έκταση διάθεσης. Η παροχέτευση στον ποταμό μπορεί να προκαλέσει μεγάλες τυρβώδεις ροές που είναι

καταστροφικές για την οικολογία και την αναψυχή. Η διάθεση στη ξηρά μπορεί να δημιουργήσει σωρούς μπαζών και στράγγιση από το μπαζωμένο υλικό που μπορεί να επηρεάσει το επιφανειακό και το υπόγειο νερό.

Μερικοί κανονισμοί της ποιότητας νερού απαγορεύουν την επιστροφή του εκσκαμμένου υλικού στον ποταμό ιδιαίτερα εκτός των περιόδων των πλημμύρων. Στις ΗΠΑ έχουν αναπτυχθεί διατάξεις της ολικής περιεκτικότητας του νερού και της ανάμιξης των φερτών υλικών (ICOLD, 1988). Η ιδέα βρίσκεται στην κατασκευή μίας φραγμένης λίμνης στην οποία το νερό εξατμίζεται και όπου τα στερεά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υλικό πλήρωσης. Μία κοινή πρακτική είναι η ανάπτυξη βλάστησης για να εμποδιστεί η απώλεια νερού μέσω της εξατμισοδιαπνοής. Αλλά είναι μερικές φορές δύσκολο να βρεθεί μία κατάλληλη θέση για μία τέτοια λίμνη (τοπογραφία, αποδοχή). Το τελικό επιχείρημα μπορεί τότε να οδηγήσει σε:

- αύξηση του νεκρού όγκου του ταμιευτήρα με την κατασκευή νέας εξόδου στον πυθμένα και ακόμα η κατασκευή νέας εισόδου σε υψηλότερη στάθμη.
- απόσπαση μιας κοιλότητας από τον ταμιευτήρα μέσω βοηθητικού φράγματος για να δημιουργηθεί μία έκταση διάθεσης.

Φυσικά, και οι δύο λύσεις έχουν ως αποτέλεσμα την απώλεια ωφέλιμου όγκου του ταμιευτήρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΙΜΝΗ ΛΥΣΙΜΑΧΕΙΑ

Η λίμνη Λυσιμαχεία είναι μια λίμνη γλυκού νερού, στον νομό Αιτωλοακαρνανίας, 5 km νοτιώς της πόλεως του Αγρινίου. Περιβάλλεται από τα όρη Παναιτωλικό και Αράκυνθο, καταλαμβάνοντας το μεταξύ αυτών σχηματιζόμενο βύθισμα. Η έκταση της λεκάνης απορροής της ανέρχεται σε 246 km². Η επιφάνειά της ανέρχεται σε 10,27 km², είναι σχετικά αβαθής λίμνη με μέγιστο βάθος τα 9 m και η περίμετρος της είναι περίπου 22 km . Τροφοδοτείται από το ρέμα Ερμίτσα και από τα νερά της υδρολογικής της λεκάνης, δέχεται επίσης και τα πλεονάζοντα νερά της λίμνης Τριγωνίδας, με την οποία επικοινωνεί μέσω της τάφρου Αλάμπη, μήκους 2,8 km. Επίσης, συνδέεται με τον Αχελώο μέσω της τάφρου Δημίκου. Ο σχηματισμός της λίμνης οφείλεται σε τεκτονικά αίτια, περί το τέλος του Πλειστοκαίνου και αποτελεί κατάλοιπο μιας μεγαλύτερης τοπικής λίμνης. Είναι εύτροφη, δέχεται τα αστικά επεξεργασμένα λύματα του Αγρινίου και των γύρω οικισμών, ρυπαίνεται από τις γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες της περιοχής. Σημαντικές παραλίμνιες εκτάσεις της έχουν αποδοθεί στην γεωργία. Όσον αφορά την πανίδα της περιοχής, η παραλίμνια περιοχή είναι πνιγμένη στα καλάμια κι ανάμεσα τους βρίσκουν καταφύγιο το χειμώνα, Φαλαρίδες, Βουταλίδες και Πρασινοκέφαλες Πάπιες, ενώ φωλιάζουν πορφυροτσικνάδες, νανομουγκάνες και στα γύρω δέντρα ο νυχτοκόρακας. Στα νερά της υπάρχουν ενδημικά ψάρια και η σπάνια πια στη χώρα μας Βίδρα. Παλαιότερα οι λίμνες ήταν ενωμένες και αποτελούσαν πλούσιο βιότοπο. Σύμφωνα με περιγραφές περιηγητών του 19ου και του 20ου αιώνα οι γύρω από τις λίμνες περιοχές ήταν σχεδόν αδιαπέραστα δάση. Έχουν θετικό ισοζύγιο νερού λόγω της υψηλής εισροής νερού από τα ρέματα και τα υπόγεια καρστικά ύδατα. Αποτελούνταν από φράξους, ιτιές, πλατάνια, σκλήθρα, λεύκες, λυγαριές και προσέφεραν καταφύγιο σε πολλά σπάνια είδη ζώων και πουλιών. Στην περιοχή της Λυσιμαχείας υπήρχε το μεγαλύτερο παραλίμνιο δάσος της Ελλάδας, το οποίο εκριζώθηκε και η γη αποδόθηκε στην καλλιέργεια. Το "έργο" αυτό άρχισε το 1915 και τελείωσε πριν από τη γερμανική κατοχή. Σήμερα στις όχθες της υπάρχουν πανέμορφα δάση από πλατάνια, λεύκες, ιτιές και πικροδάφνες. Πέρα από την φυσική της ομορφιά η περιοχή διαθέτει και μεγάλη βιοποικιλία, καθώς έχουν παρατηρηθεί περισσότερα από 200 είδη πουλιών, από τα οποία τα 50 θεωρούνται σπάνια. Γύρω από τη λίμνη υπάρχουν μικροί παραλίμνιοι οικισμοί. Ένας από αυτούς είναι και το χωριό Μυρτιά, γνωστό για τα λουτρά και τους πορτοκαλεώνες του.

Η Λυσιμαχεία έχει σχετικά μεγάλη λεκάνη απορροής και δέχεται τα νερά από το ρέμα της Ερμίτσας, καθώς επίσης και από την Τριγωνίδα (που εισρέει μέσω της τάφρου του Αλάμπη). Η Λυσιμαχεία παρουσιάζει έντονες εποχικές διακυμάνσεις της στάθμης του νερού, που οφείλονται στον υψηλό βαθμό εξάτμισης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και στην αποστράγγιση προς τον Αχελώο. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα η λίμνη συχνά υπερχειλίζει. Και οι δύο λίμνες είναι θερμές, μονομικτικές, με θερμοκρασία κυμαινόμενη από 15,5° έως 25,4 °C.

Σήμερα παρά τις ανθρώπινες δραστηριότητες οι λίμνες διατηρούν μεγάλο μέρος της πανίδας και χλωρίδας τους αλλά και της φυσικής τους ομορφιάς. Η περιοχή είναι επίσης σημαντικός τόπος ανάπαυσης των αποδημητικών υδρόβιων και παρυδάτιων πουλιών, ενώ η αξία της ως τόπου αναπαραγωγής δεν έχει προς το παρόν επιβεβαιωθεί. Επιπλέον, οι λίμνες εξασφαλίζουν την παροχή νερού και την άρδευση των γύρω περιοχών και περιβάλλονται από αγρούς στους οποίους καλλιεργούνται καπνά, εσπεριδοειδή και ελαιόδέντρα. Στην παρόχθια ζώνη της λίμνης κυριαρχούν πόες, ενώ θάμνοι και δένδρα εμφανίζονται μόνο σποραδικά. Είναι ιδανικές για ψάρεμα και αναψυχή, ενώ ακόμη παρουσιάζουν επιστημονικό και εκπαιδευτικό ενδιαφέρον.

(Διαδίκτυο 2013), (http://lgym-triandr.thess.sch.gr/activ_gr/files/LIMNH/trixonis.htm)

4.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΕΜΒΑΔΟΥ ΛΟΓΩ ΤΗΣ ΠΡΟΣΧΩΣΗΣ ΑΠΟ ΦΕΡΤΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΔΟ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Στην παράγραφο αυτή έχει υπολογισθεί τον εμβαδό της προς μελέτη λίμνης με βάση την μέθοδο των ορθογώνιων συντεταγμένων. Αναλυτικά με όλα τα στοιχεία που έχουν ληφθεί (συντεταγμένες ΕΓΣΑ'87) και παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες το εμβαδόν ισούται με: $10,267 \text{ km}^2$. Σε σχέση με παλαιότερες μελέτες για την εύρεση του εμβαδού της λίμνης, το εμβαδόν στην παρούσα κατάστασή της έχει μειωθεί εμφανώς. Συγκεκριμένα έχει μειωθεί περίπου κατά $2,9 \text{ km}^2$. Αυτό το φαινόμενο που παρατηρείται με την πάροδο του χρόνου οφείλεται στους εξής παράγοντες:

1) Εισροή φερτών υλικών στην λίμνη μέσω γειτονικών χειμάρρων που επικοινωνούν με την λίμνη και κατά βάση από τον χειμάρρο Ερμίτσα (βλέπε εικ. 4.1)



Εικόνα 4.1: Απεικόνιση χειμάρρου Ερμίτσα κατά την κάθοδο του προς την λίμνη Λυσιμαχία βορειοανατολικά αυτής.(google earth)

2) Εισροή φερτών υλικών στην λίμνη μέσω του καναλιού που συνδέει αυτή με την λίμνη Τριγωνίδα καθώς και ενός μεγάλου όγκου υδάτινων πόρων κατά την διάρκεια ισχυρών κατακρημνισμάτων. (βλέπε εικ. 4.2)



Εικόνα 4.2: Απεικόνιση καναλιού σύνδεσης των λιμνών Λυσιμαχείας-Τριχονίδας.(google earth)

3) Μεταβολές του υδάτινου όγκου καθώς και της ακτογραμμής της λίμνης παρατηρούνται σε διάφορες χρονικές περιόδους, ανάλογα με την πάροδο μιας δεκαετίας και ανάλογα με τους μήνες που πάρθηκαν οι πληροφορίες. Αυτές οι αλλαγές απεικονίζονται στις παρακάτω εικόνες. Όλα τα προαναφερθέντα έχουν σαν συνάρτηση την μεταβολή του εμβαδού της λίμνης. Συγκεκριμένα παρατηρείται ότι με την εισροή φερτών υλικών από τον χειμάρρο Ερμηίτσα έχουμε συσσώρευση υλικών στην έξοδο του χειμάρρου στην λίμνη με αποτέλεσμα να αυξάνεται το μέγεθος της αμμόγλωσσας της λίμνης και κατά συνέπεια και μείωση του εμβαδού της.



Εικόνα 4.3: Απόσπασμα φωτογραφίας από το Google earth (google earth 2002)



Εικόνα 4.4: Απόσπασμα φωτογραφίας από το Google earth (google earth 2012)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ – ΚΩΔΙΚΑΣ ΜΙΚΕ 3FM (HD)

Η ορθολογική διαχείριση των περιβαλλοντικών συστημάτων απαιτεί πρόβλεψη πιθανών μελλοντικών προβληματικών καταστάσεων, πράγμα που είναι δύσκολο, αν όχι αδύνατο. Οι πολύπλοκες επιδράσεις μεταξύ φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων προσδίδουν στην πρόγνωση μεγάλο βαθμό δυσκολίας. Γι' αυτούς λοιπόν του λόγους δημιουργήθηκαν μοντέλα που βοηθούν στην πρόβλεψη μελλοντικών φαινομένων. Οι συνήθεις τύποι μοντέλων προσομοίωσης που χρησιμοποιούνται στην υδροδυναμική, είναι:

- Αναλυτικά μαθηματικά μοντέλα: Προσομοιώνουν κυρίως στη μία διάσταση χρησιμοποιώντας ορισμένες εξισώσεις με απλές λύσεις και δίνουν μια καλή αίσθηση του φυσικού προβλήματος.
- Φυσικά μοντέλα: Έχουν υψηλό κόστος κατασκευής γιατί κατασκευάζονται στο εργαστήριο αλλά μερικές φορές τα αποτελέσματά τους είναι πολύ καλά. Το μειονέκτημά τους είναι ότι δημιουργούνται σε κλίμακα μικρότερη της φυσικής, με ότι αυτό συνεπάγεται (προβλήματα στην αναπαράσταση της τύρβης, επίδραση της κλίμακας της στη ροή κτλ.).
- Αριθμητικά μοντέλα: Το σύστημα περιγράφεται με πιο πολύπλοκες εξισώσεις οι οποίες όμως δεν έχουν απλές λύσεις. Ένας κίνδυνος που εμπεριέχεται στη χρήση αριθμητικών μοντέλων είναι η εισαγωγή ψευδών λύσεων, κυρίως λόγω κακής ή ελλιπούς ρύθμισής τους. Μπορεί να επιλύονται στις δύο ή τρεις διαστάσεις.
- Στοχαστικά μοντέλα: Στα μοντέλα αυτά περιλαμβάνονται όσα χρησιμοποιούν στατιστικές μεθόδους επεξεργασίας των αποτελεσμάτων τους.

Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιείται αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης. Πρόκειται για μοντέλο στο οποίο ένα φαινόμενο μπορεί να περιγραφεί με εξισώσεις των οποίων όμως οι λύσεις δεν είναι απλές αλλά απαιτείται χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Για την επίλυση των εξισώσεων εφαρμόζονται αριθμητικές προσεγγίσεις με τη μέθοδο α) των πεπερασμένων διαφορών και β) των πεπερασμένων στοιχείων (I. Ζαχαρίας, 2002). Ο κώδικας που εφαρμόζεται στην παρούσα εργασία βασίζεται στη μέθοδο των πεπερασμένων όγκων και θα περιγραφεί με μεγαλύτερη λεπτομέρεια παρακάτω.

Η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών απαιτεί την κατασκευή σταθερού και συνήθως ορθογώνιου κανάβου που πρέπει να καλύπτει όλο το πεδίο ροής (C. S. Yu et al, 1989, G. Quiros et al, 1992, S. Cais et al, 2001, A.J. Elliott et al, 2003, G. Lacroix et al, 2004, K. Edelvang et al, 2005, D.A. Brooks, 2005, B. Zanuttigh, 2006) . Οι υπό μελέτη εξισώσεις υπολογίζονται στις κορυφές του κανάβου και αφού πρώτα γίνει μετατροπή των διαφορικών εξισώσεων σε μερικές παραγώγους, οι οποίες περιγράφουν τη ροή σε αλγεβρικές σχέσεις πεπερασμένων διαφορών. Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων όπως και η προηγούμενη μέθοδος ανήκει στην κατηγορία των λεγόμενων μεθόδων πεδίου. Απαιτεί τη δημιουργία κανάβου, όχι υποχρεωτικά ορθογώνιου, ώστε να γίνει ο διαχωρισμός του υπολογιστικού πεδίου σε ένα σύνολο διακεκριμένων υποχώρων, τα πεπερασμένα στοιχεία (R.D. Pingree et al, 1979, W.G. Gray, 1989, O. Filippova et al, 1998).

Σύμφωνα με τον Oren (1984) η αριθμητική προσομοίωση είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που αφορά τη δημιουργία μοντέλων φυσικών συστημάτων, που προσομοιώνονται στον υπολογιστή. Αριθμητικό μοντέλο ή ομοίωμα είναι η ανάπτυξη εξισώσεων και περιορισμών, καθώς και ο υπολογιστικός κώδικας που δίνει τις αριθμητικές λύσεις τους.

Τα αριθμητικά μοντέλα α) δίνουν τη δυνατότητα πολλαπλών πειραματισμών μεταβάλλοντας τα δεδομένα εισαγωγής και παρατηρώντας πως συμπεριφέρεται το σύστημα κάτω από διαφορετικές συνθήκες, β) έχουν τη δυνατότητα να προσομοιώνουν σε σχετικά

μικρό χρόνο (π.χ. μερικές δεκάδες ώρες) τα φαινόμενα που θα εξελίσσονταν σε πολύ μεγαλύτερες χρονικές κλίμακες (real time) και γ) το φυσικό σύστημα δεν επηρεάζεται από τις διάφορες δοκιμές. (Ζαχαρίας, 1993).

5.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Για τη δημιουργία ενός αριθμητικού μοντέλου θα πρέπει να μελετηθούν τα εξής στάδια (Ζαχαρίας, 1993).

1) Καθορισμός του προβλήματος και του σκοπού της προσομοίωσης

Η δημιουργία ενός μοντέλου εξαρτάται από την περιοχή μελέτης και τις ιδιαιτερότητες αυτής (Morse, 1977). Ο κύριος σκοπός των προσομοιώσεων είναι η κατανόηση και η πρόβλεψη των χωρικών και χρονικών αλλαγών που υφίσταται το φυσικό σύστημα. Για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητη η καλή γνώση της φύσης και των χαρακτηριστικών του συστήματος.

2) Καθορισμός συστήματος

Η δημιουργία ενός μοντέλου καθιστά αναγκαίο τον καθορισμό των οριακών συνθηκών του συστήματος. Πρέπει αρχικά, να οριστούν οι γεωγραφικοί περιορισμοί του συστήματος. Αυτό απαιτεί την κατανόηση της δυναμικής του συστήματος. Κάθε σημείο της μορφολογίας της περιοχής μπορεί να επηρεάζει ένα σχετικά μεγάλο φάσμα παραμέτρων όπως τα κύματα, την παλίρροια, τα ρεύματα, τον άνεμο κλπ.

3) Νοητική σύλληψη και δημιουργία του μοντέλου

Κατά τη δημιουργία ενός μοντέλου πρέπει να ληφθούν υπόψη κυρίως οι παράμετροι που είναι σημαντικές για την περιγραφή του φυσικού συστήματος (Nioul, 1975). Για παράδειγμα, η προσομοίωση της παράκτιας κυκλοφορίας προϋποθέτει τη γνώση των γενεσιουργών αιτιών (παλίρροια, επίδραση του ανέμου στην επιφάνεια, οριζόντιες και κατακόρυφες διαφορές πυκνότητας κ.α.). Οι παράμετροι περιγραφής του συστήματος που συμπεριλαμβάνονται σε αυτό εξαρτώνται από το βαθμό σημαντικότητάς τους και από την κρίση του ερευνητή (Shannon, 1975). Η προσέγγιση στην πραγματικότητα επιτυγχάνεται με μοντέλο βασισμένο μόνο σε ακριβή δεδομένα και προσεκτικές παραδοχές (Naylor & Finger, 1967).

4) Συλλογή δεδομένων και επεξεργασία

Είναι σημαντική η απόκτηση επαρκών και αξιόπιστων στοιχείων για την περιγραφή του φυσικού συστήματος. Τα δεδομένα αυτά πρέπει να καλύπτουν ένα σχετικά μακρύ χρονικό διάστημα ώστε να περιγράψουν όλες τις φυσικές διεργασίες που πιθανόν να συμβαίνουν στο σύστημα καθώς επίσης θα χρησιμοποιηθούν στη φάση επιβεβαίωσης του μοντέλου.

5) Δημιουργία του κώδικα

Όταν το φυσικό σύστημα περιγράφεται με εξισώσεις οι οποίες συμπληρώνονται από κατάλληλες οριακές συνθήκες, τότε γράφεται ο κώδικας του μοντέλου που θα προσομοιώσει το φυσικό σύστημα. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα υπολογιστικό πρόγραμμα στο οποίο ενσωματώνονται όλες οι παραπάνω παράμετροι. Ο κώδικας αυτός είναι το εργαλείο της

πρόγνωσης. Ο προγραμματισμός του κώδικα γίνεται με τη βοήθεια της FORTRAN, της PASCAL, της C++ ή άλλη γλώσσα προγραμματισμού.

6) Επαλήθευση του κώδικα

Με την πολυπλοκότητα του κώδικα των αριθμητικών μοντέλων είναι πολύ δύσκολο να δημιουργηθεί ένα μοντέλο χωρίς να αποφευχθούν λάθη. Συνεπώς, είναι αναγκαία η επαλήθευση του αριθμητικού κώδικα. Η συνήθης διαδικασία είναι η προσομοίωση ενός συγκεκριμένου και απλού φυσικού προβλήματος στο οποίο γνωρίζουμε ήδη τα αποτελέσματα της προσομοίωσης και η σύγκριση των αποτελεσμάτων. Δηλαδή, μπορούμε καταρχάς να προσομοιώσουμε ένα πρόβλημα για το οποίο διατίθενται είτε αναλυτικές λύσεις ή πειραματικά δεδομένα που θα αξιοποιηθούν για την πιστοποίηση του κώδικα.

7) Επιβεβαίωση του μοντέλου

Η επιβεβαίωση ενός μοντέλου είναι προβληματική, γιατί εμπεριέχει πρακτικές, θεωρητικές, στατιστικές και φιλοσοφικές δυσκολίες (Naylor, 1966). Το πρόβλημα οφείλεται στο ότι όλα τα μοντέλα εμπεριέχουν απλοποιήσεις και παραδοχές που δε συμβαίνουν στο φυσικό σύστημα. Γενικά, όλα τα μοντέλα προσεγγίζουν σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό τη φύση (Shannon, 1975), επομένως, δεν είναι εφικτή η καθιέρωση μιας συγκεκριμένης διαδικασίας επιβεβαίωσής τους.

Ένα μοντέλο επιβεβαιώνεται όταν αποδεχτεί ότι περιγράφει με ακρίβεια τη συμπεριφορά του φυσικού συστήματος. Αν αυτό δε συμβαίνει, τότε απαιτείται τροποποίηση του κώδικα και της φιλοσοφίας του μοντέλου ώστε αυτά να προσεγγίζουν τα *πραγματικά* δεδομένα της περιοχής εφαρμογής.

8) Σχεδιασμός δοκιμών

Πολυάριθμες δοκιμές μπορούν να απαιτηθούν σε ένα αριθμητικό μοντέλο προκειμένου να αποκτηθεί πληροφόρηση σχετικά με μελλοντικές χωρο-χρονικές μεταβολές του φυσικού συστήματος.

Οι προσομοιώσεις είναι ο λιγότερο δαπανηρός τρόπος για την απόκτηση πληροφόρησης σχετικά με προβλέψεις μελλοντικών καταστάσεων, προϋποθέτουν όμως αποφάσεις τακτικής. Οι τελευταίες αφορούν τις συνθήκες έναρξης, των αριθμό των κομβικών σημείων, το χρονικό βήμα και τον υπολογιστικό χρόνο της προσομοίωσης. Από την προσομοίωση θα προκύψουν πολλά αρχεία που θα επεξεργαστούν στατιστικά για να οδηγήσουν σε γενικά συμπεράσματα.

9) Αποτελέσματα και ερμηνεία

Στο τελευταίο στάδιο αναλύονται και ερμηνεύονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την προσομοίωση. Η ερμηνεία προϋποθέτει μετατροπή κλίμακας από εκείνη του υπολογιστή στη φυσική κλίμακα. Για τον σκοπό αυτό θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι υποθέσεις, οι περιορισμοί και οι παραδοχές που έγιναν στα προηγούμενα στάδια, κατά την ακριβώς αντίθετη διαδικασία.

Αν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης χρησιμοποιηθούν για την πρόγνωση μελλοντικών καταστάσεων, τότε απαιτείται η χρήση της στατιστικής. Αν όμως τα αποτελέσματα χρησιμοποιηθούν για την επιβεβαίωση κάποιων υποθέσεων, οι στατιστικές δοκιμές δε χρειάζονται.

5.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Η υδροδυναμική κυκλοφορία στις παράκτιες περιοχές οφείλεται, όπως έχει αναφερθεί, σε διάφορα γενεσιουργά αίτια μεταξύ των οποίων τα κυριότερα είναι η παλίρροια, ο άνεμος και οι διαφορές πυκνότητας του θαλασσινού νερού. Συνήθως ο διαχωρισμός των μαθηματικών ομοιωμάτων γίνεται με βάση το γενεσιουργό αίτιο κίνησης. Ωστόσο, η διάκριση αυτή έχει περισσότερο μαθηματική σκοπιμότητα και λιγότερο φυσική σημασία, δεδομένου ότι τα αίτια μπορούν να συνυπάρχουν στο τελικό αποτέλεσμα με διαφορετικές αναλογίες.

5.3 ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Όπως αναφέρθηκε και πιο πριν, η λειτουργία ενός φυσικού συστήματος βασίζεται σε πολύπλοκες φυσικοχημικές και βιολογικές διεργασίες. Για την ερμηνεία και την κατανόηση αυτών των φαινομένων αναπτύχθηκαν διάφοροι μαθηματικοί αλγόριθμοι. Τις τελευταίες δεκαετίες τα μοντέλα προσομοίωσης ερμηνεύουν, επαληθεύουν και κάνουν πρόγνωση για διάφορα φυσικά φαινόμενα όπως την υδροδυναμική κυκλοφορία των υδάτινων συστημάτων, τη διάχυση ρύπων και τη ρύπανση αυτών (S. Artina et al, 2006), τη μεταβολή της αλατότητας, της πυκνότητας, την επίδραση του ανέμου και της παλίρροιας. Εκτός από την μελέτη της υδροδυναμική κυκλοφορία των συστημάτων, υπάρχουν μοντέλα για την πρόγνωση του καιρού, για τη μελέτη της βιομάζας στις παράκτιες περιοχές καθώς και την παρακολούθηση του φυτοπλαγκτόν στην ανοιχτή θάλασσα (G.S. Tucker, et al, 1993, K. Edelvang, 2005) αλλά και για τη μελέτη διαφόρων οργανισμών όπως του *orhothrix fragillis* (A. Lefebvre et al, 2002).

Όπως είναι λογικό, τα μοντέλα προσομοίωσης, για να φτάσουν στη σημερινή τους μορφή, ξεκίνησαν να δημιουργούνται από απλούς αλγορίθμους, αρχικά στη μια διάσταση. Έτσι στα πρώτα μοντέλα οι προσομοιώσεις γίνονταν στη μια διάσταση, συνήθως στη διάσταση x (S. Cai et al, 2001) διότι η επίλυση των αλγορίθμων είναι διαδικασία σαφώς πιο εύκολη. Στις προσομοιώσεις στη μια διάσταση οι απλουστεύσεις και οι παραδοχές είναι αρκετές και κατά συνέπεια το αποτέλεσμα που προκύπτει τελικά απέχει αρκετά από την πραγματικότητα. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν τρισδιάστατα μοντέλα τα οποία προσομοιώνουν καλύτερα τη λειτουργία του υπό μελέτη φαινομένου. Ειδικότερα, τα δισδιάστατα υδροδυναμικά μοντέλα προσομοίωσης ακολουθούν τα ίδια βήματα μέχρι το τελικό στάδιο προσομοίωσης λαμβάνοντας τις ίδιες παραδοχές (R.D. Pingree et al, 1979, A. Baptista et al, 1989, C.S. Yu et al, 1989, N. Praagman et al, 1989, I.S. Robinson, 1980, G. Quiros et al, 1992). Πολλά υδροδυναμικά αριθμητικά πρότυπα που αναπτύσσονται τα πρόσφατα έτη, είναι βασισμένα στη θεωρία του δισδιάστατου ρηχού ύδατος που υποθέτει την ομοιογένεια του ύδατος στην κατεύθυνση βάθους και την υδροδυναμική διανομή της πίεσης ύδατος. Η θεωρία προέρχεται από το γεγονός ότι η οριζόντια συνισταμένη της τρέχουσας ταχύτητας υπερισχύει. Αλλά, η κάθετη συνιστώσα είναι επίσης σημαντική επειδή η κάθετη κυκλοφορία έχει μια σημαντική επίδραση στα φαινόμενα μεταφορών όπως αλατότητα, θερμοκρασία, μολυσματικός παράγοντας, κ.λπ. Συνεπώς, είναι απαραίτητο να λάβει κανείς υπόψη το κάθετο τμήμα ταχύτητας στην ανάλυση της τρέχουσας ροής. Έτσι, δημιουργήθηκαν τα τριών διαστάσεων μοντέλα προσομοίωσης τα οποία είναι και τα πληρέστερα αλλά και τα πιο δύσκολά στην επίλυσή τους (M. Kawahara et al, 1983, N.J Shankar et al, 1996, Grundlehner, 1997, G. Lacroix et al, 2004, Q. Mao et al, 2004, Brethot et al, 2005, Brooks, 2005, S. Artina et al, 2006).

Όπως έχει αναφερθεί υπάρχουν τέσσερα είδη μοντέλων προσομοίωσης όπως τα στοχαστικά (Brethot et al, 2005), αλλά τα περισσότερα υδροδυναμικά μοντέλα ανήκουν στην κατηγορία των αριθμητικών. Αξίζει να αναφερθεί ότι δεν απαιτείται την επίλυση όλων των

φυσικών προβλημάτων η εφαρμογή σύγχρονων αριθμητικών ομοιομάτων (μοντέλων) που περιγράφουν τρισδιάστατη ροή (3D). Η χρονική εξέλιξη για παραδειγμα της θερμικής στρωμάτωσης σε μία λίμνη ή ταμειυτήρα μπορεί να περιγραφεί από μονοδιάστατο μοντέλο, αφού απαιτούνται υπολογισμοί-προσομοιώσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα (επίπεδο μηκών).

Αντίθετα, η προσομοίωση της οριζόντιας και κατακόρυφης διασποράς ρύπων σε μία λίμνη, που προκαλείται για παράδειγμα από μία σημειακή πηγή ρύπανσης απαιτεί τις περισσότερες φορές την τρισδιάστατη μελέτη της ροής.

Η χρήση του κατάλληλου μοντέλου (1D, 2D και 3D) είναι καθοριστικής σημασίας για την ορθή προσομοίωση, για την ρεαλιστική προσέγγιση του φυσικού προβλήματος και εξοικονόμηση υπολογιστικού χρόνου κατά τις αριθμητικές προσομοιώσεις.

5.4 Ο ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ MIKE 3 FM (HD) - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΚΩΔΙΚΑ MIKE 3 FM (HD)

Ο κώδικας MIKE 3 Flexible Mesh (Hydrodynamic Module) βασίζεται στη χρησιμοποίηση ενός ευπροσάρμοστου (flexible), μη δομημένου υπολογιστικού πλέγματος στην οριζόντια διεύθυνση και καρτεσιανού στην κατακόρυφη, με σκοπό την ακριβέστερη αριθμητική προσομοίωση ροών με γεωμετρικές ωκεανογραφικής κλίμακας, σε παράκτια περιβάλλοντα ή δέλτα ποταμών.

Ο κώδικας αναπτύχθηκε για την προσομοίωση τρισδιάστατων ροών με ελεύθερη επιφάνεια και βρίσκει, μέχρι σήμερα, εφαρμογή στην μελέτη της υδροδυναμικής κυκλοφορίας λιμνών, ποταμών, κόλπων και ταμειυτήρων, επιτρέποντας την προσομοίωση της υδροδυναμικής συμπεριφοράς τους λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη την επιρροή εξωτερικών δράσεων-δυνάμεων, καθώς και την κατακόρυφη στρωματοποίηση.

Στο παρόν κεφάλαιο περιλαμβάνουμε για λόγους πληρότητας μόνον, τις γενικές μορφές των εξισώσεων πάνω στις οποίες βασίζεται ο κώδικας. Το υλικό αυτό, μαζί με περισσότερες λεπτομέρειες, υπάρχει στα εγχειρίδια του κώδικα MIKE 3 FM (DHI, 2007).

5.5 Η ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΤΩΝ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ

Ο κώδικας βασίζεται στην αριθμητική επίλυση των τρισδιάστατων εξισώσεων RANS, και στις υποθέσεις Boussinesq και υδροστατικής κατανομής της πίεσης. Το μοντέλο αποτελείται από τις εξισώσεις της συνέχειας, ορμής, θερμοκρασίας, αλατότητας και πυκνότητας, ενώ για το “κλείσιμο” της τύρβης χρησιμοποιούνται κάποια από τα γνωστά μοντέλα. Για το τρισδιάστατο μοντέλο η διαχείριση της ελεύθερης επιφάνειας πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας τον σ -μετασχηματισμό (σ -coordinate transformation approach). Ο κώδικας MIKE 3 Flow Model FM, έχει αναπτυχθεί από την “DHI-Water & Environment” (DHI, 2007). Για λόγους οικονομίας παρουσιάζονται μόνον οι υδροδυναμικές εξισώσεις, τα μοντέλα “κλεισίματος” της τύρβης και στοιχεία της αριθμητικής μεθόδου που είναι διαθέσιμα. Ειδικότερες λεπτομέρειες μπορούν να αναζητηθούν στο εγχειρίδιο επιστημονικής τεκμηρίωσης του κώδικα (Scientific Documentation, DHI 2007).

5.5.1 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΣΕ ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

5.5.1.1 ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΡΗΧΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ (SHALLOW WATER EQUATIONS)

Το αριθμητικό μοντέλο βασίζεται στην επίλυση των τρισδιάστατων εξισώσεων Reynolds Averaged Navier Stokes (RANS) που έχουν προέλθει από την διαδικασία

εφαρμογής του μέσου όρου στις εξισώσεις Navier-Stokes (N-S), για ασυμπίεστο ρευστό, περιγράφοντας πλέον τις μέσες τιμές των ποσοτήτων που μας ενδιαφέρουν. Οι τρισδιάστατες εξισώσεις έχουν απλοποιηθεί με βάση την προσέγγιση Boussinesq (Boussinesq Approximation), θεωρώντας υδροστατική κατανομή της πίεσης στην κατακόρυφη διεύθυνση- z και απλοποιώντας την εξίσωση της ορμής. Επιπλέον, για την προσομοίωση των τάσεων Reynolds, που προέρχονται από την διαδικασία εφαρμογής του μέσου όρου στις εξισώσεις N-S, εφαρμόζεται η υπόθεση του Boussinesq (Boussinesq Assumption) σύμφωνα με την οποία ο υπολογισμός των τυρβωδών τάσεων βασίζεται στον υπολογισμό ενός όρου, του τυρβώδους ιξώδους.

Η εξίσωση συνέχειας γράφεται ως εξής:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S \quad (5.1)$$

και οι εξισώσεις ορμής διαμορφώνονται στην x και y , αντίστοιχα, διεύθυνση ως εξής:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial nu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = & fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_\alpha}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) \\ & + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + u_s S \end{aligned} \quad (5.2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial z} = & - fu - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_\alpha}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) \\ & + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S \end{aligned} \quad (5.3)$$

όπου t είναι ο χρόνος, x , y και z είναι οι καρτεσιανές συντεταγμένες, η είναι η άνοδος της επιφάνειας του ύδατος (surface elevation) από την αδιατάρακτη επιφάνεια, d είναι το βάθος της στάθμης της αδιατάρακτης επιφάνειας του ύδατος (still water depth), $h = \eta + d$ είναι το συνολικό βάθος του ύδατος (total water depth), u , v και w είναι οι συνιστώσες της ταχύτητας στην κατεύθυνση x , y και z αντίστοιχα, $f = 2\Omega \sin \phi$ είναι η παράμετρος Coriolis (Ω είναι η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής και ϕ το γεωγραφικό πλάτος). Επίσης, g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας, ρ είναι η πυκνότητα του νερού, S_{xx} , S_{xy} , και S_{yy} είναι οι συνιστώσες των τάσεων ακτινοβολίας (radiation stress tensor), v_t είναι το κατακόρυφο τυρβώδες ιξώδες, p_α είναι η ατμοσφαιρική πίεση, ρ_0 είναι η πυκνότητα αναφοράς. S είναι το μέγεθος της εκροής λόγω σημειακών πηγών και (u_s, v_s) είναι η ταχύτητα με την οποία το νερό του υδάτινου σώματος που εξετάζουμε εκρέει στο περιβάλλον νερό. Οι όροι της οριζόντιας τάσης (horizontal stress terms) περιγράφονται χρησιμοποιώντας μια σχέση βαθμίδας-τάσεως, η οποία απλοποιείται στις παρακάτω εκφράσεις:

$$F_u = \frac{\partial}{\partial x} \left(2A \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(A \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) \quad (5.4)$$

$$F_v = \frac{\partial}{\partial x} \left(A \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(2A \frac{\partial v}{\partial y} \right) \quad (5.5)$$

όπου A είναι το οριζόντιο τυρβώδες ιξώδες.

- Η συνοριακή συνθήκη επιφάνειας και πυθμένα για τις u , v και w είναι

•

Για $z = \eta$:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} + v \frac{\partial \eta}{\partial y} - w = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \frac{1}{\rho_0 v_t} (\tau_{sx}, \tau_{sy}) \quad (5.6)$$

Για $z = -d$:

$$u \frac{\partial d}{\partial x} + v \frac{\partial d}{\partial y} + w = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \frac{1}{\rho_0 v_t} (\tau_{bx}, \tau_{by}) \quad (5.7)$$

όπου (τ_{sx}, τ_{sy}) και (τ_{bx}, τ_{by}) είναι οι x και y συνιστώσες της τάσης του ανέμου στην επιφάνεια και τον πυθμένα.

Το συνολικό βάθος του νερού, h , μπορεί να ληφθεί από την κινηματική συνοριακή συνθήκη στην επιφάνεια, αφού το πεδίο της ταχύτητας είναι γνωστό από τις εξισώσεις της ορμής και της συνέχειας. Παρ' όλα αυτά, λαμβάνουμε μια περισσότερο αξιόπιστη και ισχυρή εξίσωση από την κατακόρυφη ολοκλήρωση της εξίσωσης τοπικής συνέχειας:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h \bar{v}}{\partial y} = hS + P - E \quad (5.8)$$

όπου \bar{P} και \bar{E} είναι τα επίπεδα (οι τιμές) της κατακρήμνισης και της εξάτμισης αντίστοιχα και \bar{u} και \bar{v} είναι οι μέσες κατά το βάθος ταχύτητες (depth averaged velocities):

$$h \bar{u} = \int_{-d}^{\eta} u dz \quad h \bar{v} = \int_{-d}^{\eta} v dz \quad (5.9)$$

Οι εξισώσεις (5.2), (5.3) μαζί με την ολοκληρωμένη εξίσωση της συνέχειας (5.8) είναι δυνατόν να αποτελέσουν τη βάση για την ανάλυση (με αριθμητικές μεθόδους) της παράκτιας υδροδυναμικής κυκλοφορίας.

Το ρευστό που μελετάμε θεωρείται ότι είναι ασυμπιεστο. Η πυκνότητα ρ δεν εξαρτάται από την πίεση, αλλά μόνο από τη θερμοκρασία, T και την αλατότητα, s μέσω της καταστατικής εξίσωσης:

$$\rho = \rho(T, s) \quad (5.10)$$

Η παραπάνω εξίσωση είναι η γενική έκφραση της πυκνότητας σε συνάρτηση με την θερμοκρασία, T , και την αλατότητα s , που δίνεται με λεπτομέρεια με βάση την καταστατική εξίσωση της UNESCO (UNESCO, 1981).

5.5.1.2 ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Οι εκφράσεις της θερμοκρασίας, T και της αλατότητας, s ακολουθούν τις γενικές εξισώσεις μεταφοράς και διάχυσης:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial uT}{\partial x} + \frac{\partial vT}{\partial y} + \frac{\partial wT}{\partial z} = F_T + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_v \frac{\partial T}{\partial z} \right) + H + T_s S \quad (5.11)$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} + \frac{\partial us}{\partial x} + \frac{\partial vs}{\partial y} + \frac{\partial ws}{\partial z} = F_s + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_v \frac{\partial s}{\partial z} \right) + s_s S \quad (5.12)$$

όπου D_v είναι ο συντελεστής της κατακόρυφης τυρβώδους διάχυσης (eddy diffusion coefficient), \overline{H} είναι ένας όρος πηγής λόγω της ανταλλαγής θερμότητας με την ατμόσφαιρα, T_s και s_s είναι η θερμοκρασία και η αλατότητα της πηγής, αντίστοιχα, και F είναι οι οριζόντιοι όροι διάχυσης, που ορίζονται ως εξής:

$$(F_T, F_s) = \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_h \frac{\partial}{\partial y} \right) \right] (T, s) \quad (5.13)$$

όπου D_h είναι ο συντελεστής οριζόντιας διάχυσης. Οι συντελεστές διάχυσης μπορούν να συσχετιστούν με τα τυρβώδη ιξώδη:

$$D_h = \frac{A}{\sigma_T} \text{ και } D_v = \frac{\nu_t}{\sigma_T} \quad (5.14)$$

όπου σ_T είναι ο αριθμός Prandtl. Σε πολλές εφαρμογές μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας σταθερός αριθμός Prandtl (πχ. Rodi, 1984).

Οι συνοριακές συνθήκες στην επιφάνεια και στον πυθμένα για τη θερμοκρασία

Για $z = \eta$:

$$D_h \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{Q_n}{\rho_0 c_p} + T T_e E \quad p \text{ P} - \quad (5.15)$$

Για $z = -d$:

$$\frac{\partial T}{\partial z} = 0 \quad (5.16)$$

όπου Q_n είναι η καθαρή επιφανειακή ροή θερμότητας και $c_p = 4217 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ \text{K)}$ είναι η ειδική θερμότητα του νερού.

Οι συνοριακές συνθήκες αλατότητας στην επιφάνεια και τον πυθμένα είναι

Για $z = \eta$:

$$\frac{\partial s}{\partial z} = 0 \quad (5.17)$$

Για $z = -d$:

$$\frac{\partial s}{\partial z} = 0 \quad (5.18)$$

Όταν η ανταλλαγή θερμότητας από την ατμόσφαιρα συμπεριλαμβάνεται, η εξάτμιση ορίζεται ως εξής:

$$\bar{E} = \left(\frac{q_v}{\rho_0 l_v}, 0 \right) \text{ για } (q_v > 0, q_v \leq 0) \quad (5.19)$$

όπου q_v είναι η λανθάνουσα ροή της θερμότητας και $l_v = 2.5 \cdot 10^6$ είναι η λανθάνουσα θερμότητα της εξάτμισης του νερού.

5.5.1.3 ΕΞΙΣΩΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΡΥΠΟΥ

Η εξίσωση διατήρησης για την ποσότητα του ρύπου δίνεται από την παρακάτω έκφραση:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial wC}{\partial z} = F_c + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_v \frac{\partial C}{\partial z} \right) - k_p C + C_s S \quad (5.20)$$

όπου C είναι η συγκέντρωση της ποσότητας του ρύπου, k_p είναι ο γραμμικός ρυθμός της αποδόμησής της, C_s είναι η συγκέντρωση της ποσότητας του ρύπου στην πηγή και D_v είναι ο συντελεστής της κατακόρυφης διάχυσης. F_c είναι ο όρος της οριζόντιας διάχυσης που προσδιορίζεται ως εξής:

$$F_c = \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_h \frac{\partial}{\partial y} \right) \right] C \quad (5.21)$$

όπου D_h είναι ο συντελεστής οριζόντιας διάχυσης.

5.5.1.4 ΟΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΕ ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΕΣ ΚΑΙ ΣΙΓΜΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

Οι παραπάνω εξισώσεις μετασχηματίζονται με τη βοήθεια ενός κατακόρυφου σ -μετασχηματισμού ως εξής:

$$\sigma = \frac{z - z_b}{h}, \quad x' = x, \quad y' = y \quad (5.22)$$

όπου το σ λαμβάνει τιμές μεταξύ του μηδενός (στον πυθμένα) και της μονάδας (στην ελεύθερη επιφάνεια). Ο μετασχηματισμός των συντεταγμένων υποδηλώνει σχέσεις όπως:

$$\frac{\partial}{\partial z} = \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial \sigma} \quad (5.23)$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \right) = \left(\frac{\partial}{\partial x'} - \frac{1}{h} \left(-\frac{\partial d}{\partial x} + \sigma \frac{\partial h}{\partial x} \right) \frac{\partial}{\partial \sigma}, \frac{\partial}{\partial y'} - \frac{1}{h} \left(-\frac{\partial d}{\partial y} + \sigma \frac{\partial h}{\partial y} \right) \frac{\partial}{\partial \sigma} \right) \quad (5.24)$$

Σε αυτό το νέο σύστημα συντεταγμένων οι εξισώσεις που διέπουν το μοντέλο δίνονται ως:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x'} + \frac{\partial hv}{\partial y'} + \frac{\partial \omega h}{\partial \sigma} = h S \quad (5.25)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu^2}{\partial x'} + \frac{\partial hvu}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega u}{\partial \sigma} &= fvh - gh \frac{\partial \eta}{\partial x'} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_\alpha}{\partial x'} - \frac{hg}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial p}{\partial x} dz - \\ &- \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + hF_u + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_v}{h} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + hu_s S \end{aligned} \quad (5.26)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial huv}{\partial x'} + \frac{\partial hv^2}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega v}{\partial \sigma} &= -fuh - gh \frac{\partial \eta}{\partial y'} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_\alpha}{\partial y'} - \frac{hg}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial p}{\partial y} dz - \\ &\frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + hF_v + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_v}{h} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + hv_s S \end{aligned} \quad (5.27)$$

$$\frac{\partial hT}{\partial t} + \frac{\partial huT}{\partial x'} + \frac{\partial hvT}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega T}{\partial \sigma} = hF_T + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{D_v}{h} \frac{\partial T}{\partial \sigma} \right) + hH + hT_s S \quad (5.28)$$

$$\frac{\partial hs}{\partial t} + \frac{\partial hus}{\partial x'} + \frac{\partial hvs}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega s}{\partial \sigma} = hF_s + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{D_v}{h} \frac{\partial s}{\partial \sigma} \right) + hs_s S \quad (5.29)$$

$$\frac{\partial hk}{\partial t} + \frac{\partial huk}{\partial x'} + \frac{\partial hvk}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega k}{\partial \sigma} = hF_k + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial \sigma} \right) + h(P + B - \varepsilon) \quad (5.30)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial hu\varepsilon}{\partial x'} + \frac{\partial hv\varepsilon}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega\varepsilon}{\partial \sigma} &= hF_\varepsilon + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial \sigma} \right) + \\ &+ h \frac{\varepsilon}{k} (c_{1\varepsilon} P + c_{3\varepsilon} B - c_{2\varepsilon} \varepsilon) \end{aligned} \quad (5.31)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial hC}{\partial t} + \frac{\partial huC}{\partial x'} + \frac{\partial hvC}{\partial y'} + \frac{\partial h\omega C}{\partial \sigma} &= hF_C + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{D_v}{h} \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right) - \\ &- hk_p C + hC_s \end{aligned} \quad (5.32)$$

Η τροποποιημένη κατακόρυφη ταχύτητα ορίζεται ως:

$$\omega = \frac{1}{h} \left[w + u \frac{\partial d}{\partial x'} + v \frac{\partial d}{\partial y'} - \sigma \left(\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x'} + v \frac{\partial h}{\partial y'} \right) \right] \quad (5.33)$$

Η τροποποιημένη κατακόρυφη ταχύτητα είναι η ταχύτητα κατά μήκος ενός επιπέδου σταθερού σ . Οι όροι οριζόντιας διάχυσης ορίζονται ως εξής:

$$hF_u \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(2hA \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hA \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) \quad (5.34)$$

$$hF_v \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(hA \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(2hA \frac{\partial v}{\partial y} \right) \quad (5.35)$$

$$h(F_T, F_s, F_k, F_\varepsilon, F_c) \approx \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(hD_h \frac{\partial}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hD_h \frac{\partial}{\partial y} \right) \right] (T, s, k, \varepsilon, C) \quad (5.36)$$

Η συνοριακή συνθήκη στην ελεύθερη επιφάνεια και στον πυθμένα δίνονται ως ακολούθως:

Για $\sigma = 1$:

$$\omega = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = \frac{h}{\rho_0 v_t} (\tau_{sx}, \tau_{sy}) \quad (5.37)$$

Για $\sigma = 0$:

$$\omega = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = \frac{h}{\rho_0 v_t} (\tau_{bx}, \tau_{by}) \quad (5.38)$$

Η εξίσωση για τον προσδιορισμό του βάθους του ύδατος δεν μεταβάλλεται από το μετασχηματισμό συντεταγμένων. Είναι, λοιπόν, ταυτόσημη με την εξίσωση (4.8).

5.5.2 Η ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΤΥΡΒΗΣ

5.5.2.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΤΥΡΒΩΔΟΥΣ ΙΞΩΔΟΥΣ

Επανερχόμενοι στις εξισώσεις RANS, για περιστρεφόμενο σύστημα και υπό το πρίσμα του σ -μετασχηματισμού (εξ. 5.25 και 5.26, 5.27), υπενθυμίζουμε ότι το κύριο πρόβλημα προσομοίωσης ροών κατά την ανάλυση ενός σημείου (one point modelling) αποτελούν οι τάσεις Reynolds. Το παλαιότερο μοντέλο προσομοίωσης των τάσεων αυτών, εξακολουθεί και σήμερα να αποτελεί τον συνηθέστερο πρακτικό τρόπο αρχικής αντιμετώπισης του προβλήματος της τύρβης. Το μοντέλο αυτό βασίζεται στην υπόθεση ότι κατ' αναλογία προς τις διατμητικές τάσεις λόγω ιξώδους στην στρωτή ροή, οι τυρβώδεις τάσεις (τάσεις Reynolds) είναι ανάλογες των βαθμίδων της μέσης ταχύτητας. Η ιδέα (υπόθεση) αυτή αποδίδεται στον Boussinesq (Boussinesq assumption, π.χ. Rodi, 1980) και μαθηματικά εκφράζεται ως:

$$-\overline{\rho u_i u_j} = \rho v_t \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij} \quad (5.39)$$

όπου v_t είναι το τυρβώδες κινηματικό ιξώδες το οποίο, σε αντίθεση με το ν , δεν αποτελεί μια ιδιότητα του ρευστού αλλά εξαρτάται από την κατάσταση της τύρβης, δηλαδή το v_t μπορεί να διαφέρει σημαντικά από σημείο εις σημείο του ροϊκού πεδίου και από ροϊκό πεδίο σε ροϊκό πεδίο. Με k συμβολίζεται η τυρβώδης κινητική ενέργεια ανά μονάδα μάζας. Η εξ. (5.39), λόγω της συμπεριφοράς του v_t , δεν αποτελεί αυτή καθ' αυτή μια καταστατική σχέση για το

πρόβλημα “κλεισίματος” της τύρβης αλλά παρέχει το πλαίσιο προς αυτή την κατεύθυνση. Το πρόβλημα τώρα εστιάζεται στον καθορισμό της κατανομής του v_t .

5.5.2.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΤΥΡΒΗΣ ΣΤΗΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ

Στην οριζόντια διεύθυνση χρησιμοποιούνται, συνήθως, λιγότερο εξελιγμένα μοντέλα τύρβης Έτσι, αρκετές είναι οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν μοντέλα μηδενικής εξίσωσης θεωρώντας μια σταθερή τιμή του τυρβώδους ιξώδους για την οριζόντια διεύθυνση που συνήθως έχει προσδιοριστεί από κάποιου είδους διαδικασία προσαρμογής, είτε κατευθείαν από πειράματα εξαπλώσεως χρωστικών ιχνηθετών, από διαθέσιμες εμπειρικές πληροφορίες ή από διαδικασία διαδοχικών δοκιμών, ώστε να υπάρξει συμφωνία μεταξύ υπολογισμών και μετρήσεων. Εναλλακτικά, ο Smagorinsky (1963) πρότεινε να εκφράσει τις υποπλεγματικές τάσεις (sub-grid scale stresses) μέσω ενός οιονεί (ενεργού) ιξώδους που σχετίζεται με χαρακτηριστική κλίμακα μηκών. Το τυρβώδες ιξώδες κλίμακας υπο-πλέγματος δίνεται από τη σχέση:

$$A_h = C_s l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}} \quad (5.40)$$

όπου C_s είναι μια σταθερά, το l είναι ένα χαρακτηριστικό μήκος και ο τανυστής του ρυθμού παραμόρφωσης δίνεται από τη σχέση:

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (i, j = 1, 2) \quad (5.41)$$

Η παραπάνω έκφραση (5.40) μπορεί να γραφεί σε καρτεσιανή μορφή, εμπεριέχοντας τις διαστάσεις του υπολογιστικού πλέγματος στην οριζόντια διεύθυνση, x , y , και για εφαρμογή στις εξισώσεις RANS, ως εξής:

$$A_h = C_s \Delta x \Delta y \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + 0.5 \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (5.42)$$

Η εμπειρική σταθερά Smagorinsky, C_s , θα πρέπει να επιλέγεται στο διάστημα από 0,25 έως 1,0 (DHI, 2007). Το μοντέλο Smagorinsky συνδέει άμεσα την κατανομή του τυρβώδους ιξώδους με την κλίμακα του πλέγματος Δx , Δy στην οριζόντια διεύθυνση. Ουσιαστικά το μοντέλο παραμετροποιεί την μικρής κλίμακα διαδικασία διάχυσης που δεν μπορεί να επιλυθεί από το αδρό πλέγμα, που εφαρμόζεται στα βαθύτερα, ενώ για την περίπτωση λεπτού πλέγματος, που συνήθως διαμορφώνεται στα ρηχά, υπολογίζεται σημαντικά μικρότερη τιμή A_h , αφού πλέον η διαδικασία της διάχυσης μπορεί να επιλυθεί.

Το μοντέλο μιας εξίσωσης Smagorinsky λαμβάνει ιδιαίτερη αξία στην περίπτωση που χρησιμοποιείται οριζόντιο διαβαθμισμένο πλέγμα. Όπως φαίνεται από την εξ. (5.42) η οριζόντια κατανομή του τυρβώδους ιξώδους υπολογίζεται σε όρους τοπικής οριζόντιας διάτμησης (local horizontal shear) και μεγέθους πλέγματος (grid size). Στις περιοχές, λοιπόν, λεπτού πλέγματος οι όροι οριζόντιας διάτμησης είναι σημαντικοί σε σχέση με τους όρους διαστάσεων του πλέγματος. Αντίθετα, στα βαθύτερα όπου συνήθως χρησιμοποιείται αδρότερο υπολογιστικό πλέγμα οι όροι διάτμησης παραμένουν μικροί με αποτέλεσμα οι τιμές που υπολογίζονται για το τυρβώδες ιξώδες να διατηρούνται σε λογικά επίπεδα και να μην λαμβάνουν πολύ μεγάλες τιμές που μπορούν να οδηγήσουν σε μη φυσικά αποτελέσματα κατά την αριθμητική προσομοίωση (Hall and Davies, 2005).

5.5.2.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΤΥΡΒΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ

Στην κατακόρυφη διεύθυνση για την προσομοίωση της τύρβης επιλέγεται το μοντέλο δύο εξισώσεων k-ε που, όπως και το μοντέλο Smagorinsky, χρησιμοποιεί και αυτό την ιδέα του τυρβώδους ιξώδους. Ωστόσο, στο μοντέλο αυτό το ιξώδες εξάγεται από τις τυρβώδεις παραμέτρους k και ε, με χρήση της σχέσεως $\nu_t = C_\mu k^2/\varepsilon$, όπου k είναι η τυρβώδης κινητική ενέργεια ανά μονάδα μάζας (TKE), ε είναι η ανάλωση της TKE και C_μ είναι μια εμπειρική σταθερά (π.χ. Rodi, 1984).

Η τυρβώδης κινητική ενέργεια, k, και η ανάλωσή της ε, λαμβάνονται από τις ακόλουθες εξισώσεις μεταφοράς:

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \frac{\partial uk}{\partial x} + \frac{\partial vk}{\partial y} + \frac{\partial wk}{\partial z} = F_k + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial z} \right) + P + B - \varepsilon \quad (5.43)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial u\varepsilon}{\partial x} + \frac{\partial v\varepsilon}{\partial y} + \frac{\partial w\varepsilon}{\partial z} = F_\varepsilon + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) + \frac{\varepsilon}{k} (c_{1\varepsilon} P + c_{3\varepsilon} B - c_{2\varepsilon} \varepsilon) \quad (5.44)$$

όπου οι όροι P και B δίνονται ως εξής:

$$P = \frac{\tau_{xz}}{\rho_0} \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\tau_{yz}}{\rho_0} \frac{\partial v}{\partial z} \approx \nu_t \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right] \quad (5.45)$$

$$B = - \frac{\nu_t}{\sigma_t} N^2 \quad (5.46)$$

με τη συχνότητα Brunt – Väisälä, N, να ορίζεται ως εξής:

$$N^2 = - \frac{g}{\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial z} \quad (5.47)$$

όπου σ_t είναι ο τυρβώδης αριθμός Prandtl και σ_k , σ_ε , $c_{1\varepsilon}$, $c_{2\varepsilon}$ και $c_{3\varepsilon}$ είναι εμπειρικές σταθερές. Με F εκφράζονται οι όροι οριζόντιας διάχυσης, που προσδιορίζονται ως εξής:

$$(F_k, F_\varepsilon) = \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_h \frac{\partial}{\partial y} \right) \right] (k, \varepsilon) \quad (5.48)$$

Οι συντελεστές οριζόντιας διάχυσης δίνονται ως εξής:

$$D_h = A/\sigma_k \text{ και } D_h = A/\sigma_\varepsilon, \text{ αντίστοιχα.}$$

Αρκετοί καλά μετρημένοι εμπειρικοί συντελεστές εισάγονται στο μοντέλο k-ε. Οι εμπειρικές σταθερές δίδονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3: Εμπειρικές σταθερές στο μοντέλο k – ε (από Rodi, 1984).

C_μ	$C_{1\varepsilon}$	$C_{2\varepsilon}$	$C_{3\varepsilon}$	σ_t	σ_k	σ_ε
0.09	1.44	1.92	0	0.9	1.0	1.3

Στην επιφάνεια οι συνοριακές συνθήκες για την τυρβώδη κινητική ενέργεια και το ποσοστό ανάλωσής της (dissipation) εξαρτώνται από τη διάτμηση του ανέμου, U_{∞} .

Για $z = \eta$:

$$k = \frac{1}{\sqrt{c_{\mu}}} U_{\infty}^2 \quad (5.49)$$

$$\varepsilon = \frac{U_{\infty}^3}{\kappa \Delta z_b} \quad \text{για } U_{\infty} > 0$$

$$\frac{\partial k}{\partial z} = 0 \quad \varepsilon = \frac{(k \sqrt{c_{\mu}})^{3/2}}{\alpha \kappa h} \quad \text{για } U_{\infty} = 0 \quad (5.50)$$

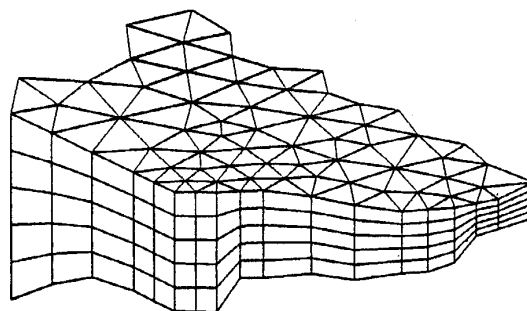
όπου $\kappa = 0.4$ είναι η σταθερά του von Karman, $\alpha = 0.07$, που είναι και εμπειρική σταθερά και Δz_s είναι η απόσταση από την ελεύθερη επιφάνεια. Στον πυθμένα οι συνοριακές συνθήκες έχουν ως εξής:

$$\text{Για } z = -d: \quad k = \frac{1}{\sqrt{c_{\mu}}} U_{\infty}^2 \quad \text{και} \quad \varepsilon = \frac{U_{\infty}^3}{\kappa \Delta z_b} \quad (5.51)$$

όπου Δz_b είναι η απόσταση από τον πυθμένα.

5.6 Η ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΩΝ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ

Η διακριτοποίηση των τρισδιάστατων εξισώσεων εκτελείται χρησιμοποιώντας την μέθοδο των πεπερασμένων όγκων βασισμένη στο κέντρο του υπολογιστικού κελιού. Η χωρική διακριτοποίηση πραγματοποιείται στο οριζόντιο επίπεδο xy , χρησιμοποιώντας μη-δομημένο υπολογιστικό πλέγμα (unstructured mesh) και στο κατακόρυφο z δομημένο. Το μη-δομημένο πλέγμα αποτελείται, συνήθως, από τριγωνικά ή τετράπλευρα στοιχεία-κελιά, ενώ το δομημένο από ορθογωνικά. Έτσι, στο τρισδιάστατο μοντέλο οι υπολογιστικοί όγκοι, στα κέντρα των οποίων υπολογίζονται οι μεταβλητές, λαμβάνουν σχήμα πρίσματος ή ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου, αντίστοιχα, με βάση το οριζόντιο μη-δομημένο πλέγμα που έχει χρησιμοποιηθεί. Στην εικόνα 5.1 δίδεται μια γενική άποψη της διαμόρφωσης του τρισδιάστατου υπολογιστικού πλέγματος που χρησιμοποιείται από τον κώδικα.



Εικόνα 5.1: Δομή τρισδιάστατου υπολογιστικού πλέγματος που εφαρμόζεται στον κώδικα (DHI, 2007).

Στο τρισδιάστατο υπολογιστικό πλέγμα το οποίο δημιουργείται το βάθος του νερού καθορίζεται στο κέντρο των κελιών του οριζόντιου πλέγματος. Η τετμημένη της οριζόντιας ταχύτητας στο κέντρο των τρισδιάστατων κελιών, ενώ η κατακόρυφη ταχύτητα στις οριζόντιες όψεις (faces) των στοιχείων-κελιών.

Η ολοκληρωτική μορφή του συστήματος των τρισδιάστατων εξισώσεων ροής, σε καρτεσιανές συντεταγμένες, μπορεί να γραφεί στην παρακάτω μορφή:

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{F}(\mathbf{U}) = \mathbf{S}(\mathbf{U}) \quad (5.52)$$

όπου \mathbf{U} το διάνυσμα των διατηρητικών μεταβλητών, $\mathbf{F} = \mathbf{F}^I - \mathbf{F}^V$ η συνάρτηση του διανύσματος της ροής (flux vector function) και \mathbf{S} είναι το διάνυσμα των όρων πηγής.

Ολοκληρώνοντας την εξ. (8.1) επί του i όγκου ελέγχου και χρησιμοποιώντας το θεώρημα Gauss έχουμε:

$$\int_{A_i} \frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} d\Omega - \int_{A_i} \mathbf{S}(\mathbf{U}) d\Omega = - \int_{\Gamma_i} (\mathbf{F} \cdot \mathbf{n}) ds \quad (5.53)$$

όπου A_i η επιφάνεια (area) του υπολογιστικού κελιού, Ω η μεταβλητή ολοκλήρωσης καθορισμένη στην επιφάνεια A_i , Γ_i η περίμετρος του υπολογιστικού κελιού, ds η μεταβλητή ολοκλήρωσης κατά μήκος της περιμέτρου του και \mathbf{n} το μοναδιαίο κάθετο διάνυσμα στην επιφάνεια του υπολογιστικού κελιού, με διεύθυνση προς τα έξω.

Οι οριζόντιες μεταγωγές ροής (horizontal convective fluxes) υπολογίζονται χρησιμοποιώντας τον προσεγγιστικό λύτη Riemann, ο οποίος προτάθηκε από τον Roe (1981), ενώ σχήμα πρώτης τάξης χρησιμοποιείται για την χωρική διακριτοποίηση.

Όσον αφορά τη χρονική ολοκλήρωση, ο τρισδιάστατος κώδικας ως προς τον χρόνο είναι semi-implicit, χρησιμοποιώντας μια διαδικασία κατά την οποία οι οριζόντιοι όροι διαχειρίζονται explicitly (ρητά) ενώ οι κατακόρυφοι implicitly (άρρητα). Ειδικότερα, η χρονική ολοκλήρωση των εξισώσεων του ρηκού στρώματος, καθώς και των εξισώσεων μεταγωγής-διάχυσης, εκτελείται χρησιμοποιώντας είτε σχήματα χαμηλής τάξης (low order method) είτε ανωτέρας (higher order method). Στην περίπτωση που επιλέγεται μέθοδος χαμηλής τάξης οι οριζόντιοι όροι διαχειρίζονται εφαρμόζοντας ρητό σχήμα Euler πρώτης τάξης (first order explicit Euler method), ενώ οι κατακόρυφοι όροι άρρητο σχήμα δευτέρας τάξης εφαρμόζοντας τον τραπεζοειδή κανόνα (second order implicit trapezoidal rule). Στην επιλογή μεθόδου ανωτέρας τάξης οι οριζόντιοι όροι ολοκληρώνονται εφαρμόζοντας μέθοδο δευτέρας τάξης Runge Kutta (second order Runge Kutta method), ενώ οι κατακόρυφοι χρησιμοποιώντας σχήμα δευτέρας τάξης (second order implicit trapezoidal rule).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΛΙΜΝΗ ΛΥΣΙΜΑΧΕΙΑ

ΓΕΝΙΚΑ

Στο κεφαλαίο αυτό περιγράφονται αναλυτικά οι διαδικασίες εύρεσης και επεξεργασίας των απαραίτητων δεδομένων για την διαμόρφωση του πεδίου ανάλυσης προκειμένου να μελετηθεί η υδροδυναμική της λίμνης Λυσιμαχείας. Η διαδικασία εύρεσης και επεξεργασίας δεδομένων γίνεται αρχικά για την ακτογραμμή της λίμνης (όχθη) χρησιμοποιώντας στοιχεία καρτεσιανών συντεταγμένων (X,Y) από ψηφιακούς χάρτες και θεωρώντας για την ακτογραμμή (όχθη λίμνης) $Z=0$. Στην συνέχεια με βάση τους ψηφιακούς χάρτες Γ.Υ.Σ. λαμβάνουμε συντεταγμένες (X,Y,Z) για κάθε ισοβαθή της λίμνης διαμορφώνοντας την βαθυμετρία. Έτσι, κατασκευάζονται δυο αρχεία (X,Y) και (X,Y,Z) που εκφράζουν αντίστοιχα, την όχθη (ακτογραμμή) και την βαθυμετρία της λίμνης, τα οποία στην συνέχεια χρησιμοποιούνται από τον κώδικα πεπερασμένων όγκων MIKE 3 FM (HD) για την διαμόρφωση του υπολογιστικού πεδίου.

Για να μπορέσουμε να αναλύσουμε τα δεδομένα (γεωγραφικές συντεταγμένες) της λίμνης αναζητήσαμε τα επίσημα γεωγραφικά στοιχεία από τις αρμόδιες υπηρεσίες. Τα στοιχεία λοιπόν που αναζητήσαμε και επιλέξαμε είναι χάρτες της ΓΥΣ (Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού) κλίμακας 1:50000 καθώς και ορθοφωτοχάρτες και τέλος δορυφορικό εντοπισμό μέσω του google earth.

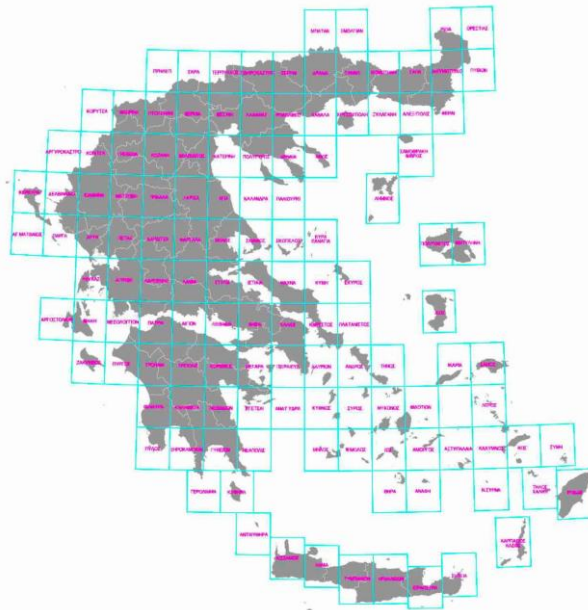
6.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ - ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Για να γίνει δυνατή η ανάλυση των προσδοκώμενων στοιχείων και η επίτευξη των στόχων της παρούσας διπλωματικής εργασίας προχωρήσαμε στην επεξεργασία και εφαρμογή των τεχνικών στοιχείων. Χρησιμοποιήσαμε τον χάρτη της Ελλάδος που παρουσιάζει την διανομή πινακίδων, οι οποίοι χωρίζονται σε ορθογώνια κουτιά σταθερών αποστάσεων. Η διανομή των πινακίδων προβάλλεται σε ισαπέχουσα Αζιμουθιακή Προβολή HATT. Η αρχή των αξόνων (OX) τετμημένων και (OY) τεταγμένων του προβολικού επίπεδου, είναι το σημείο επαφής με το κέντρο της περιοχής που πρόκειται να χαρτογραφηθεί. Δηλαδή το επίπεδο προβολής είναι εφαπτόμενο στο κέντρο της περιοχής. Η Ελλάδα απεικονίζεται σε 132 τέτοια συστήματα, που το κάθε ένα, αναπαριστά ένα σφαιρικό τραπέζιο διαστάσεων 30' x 30' κατά την έννοια του γεωγραφικού μήκους και πλάτους. Αυτό είναι μειονέκτημα διότι έχουμε 132 συστήματα συντεταγμένων (στη U.T.M. έχουμε για την Ελλάδα δύο) από την άλλη όμως εξυπηρετεί, από την άποψη των παραμορφώσεων των μηκών. Ο τοπογραφικός χάρτης υλοποιείται με την απεικόνιση των τριγωνομετρικών σημείων της περιοχής πάνω στο προβολικό επίπεδο. Από τα τριγωνομετρικά, ο τοπογραφικός χάρτης πυκνώνεται και με άλλα σημεία από τα οποία με μετρήσεις, γωνιών και αποστάσεων που έγιναν στο έδαφος, θα απεικονιστούν με τις κατακόρυφες προβολές τους τα εκλεγόμενα σημεία του εδάφους. Τα τριγωνομετρικά σημεία απεικονίζονται έτσι ώστε πάνω στο χάρτη να διατηρείται η απόσταση τους από το κέντρο της περιοχής (ισαπέχουσα) και το γεωγραφικό αζιμούθιο της γραμμής που τα ενώνει με το κέντρο (αζιμουθιακή). Η προβολή αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι οι παραμορφώσεις των γωνιών, των αζιμουθίων καθώς και των εμβαδών διατηρούνται μικρές (αμελητέες) μέσα στο ίδιο Φύλλο Χάρτη (Φ.Χ.) και αυξάνονται ανάλογα με την απόσταση από το Κέντρο.Φ.Χ., ενώ ταυτόχρονα η παραμόρφωση των μηκών του εδάφους πάνω στο χάρτη είναι παρά πολύ μικρή της τάξεως 1:200.000. Δηλαδή στα 1.000 μ. η παραμόρφωση είναι 5 mm. Επίσης οι αποστάσεις που αναφέρονται στο κέντρο και προς οποιοδήποτε σημείο του ίδιου Φ.Χ. δεν παραμορφώνονται (γι' αυτό και η προβολή ονομάζεται ισαπέχουσα). Για τυχαίες αποστάσεις και στα άκρα ενός φύλλου HATT (όπου η απόσταση από το κέντρο του

είναι περίπου 34χλμ) η παραμόρφωση των αποστάσεων είναι της τάξης του 1,000005, με άλλα λόγια δεν απαιτείται ο υπολογισμός της παραμόρφωσης για αποστάσεις που δεν ξεπερνούν το 1 χλμ. Οι συν/νες (X, Ψ) είναι πενταψήφιες. Το (X) μπορεί να παίρνει τιμές περίπου από -22.000 μ. μέχρι +22.000 μ. και το (Ψ) από -28.000 μ. μέχρι +28.000 μ. Από το 1978 η ΓΥΣ έχει περάσει στους χάρτες 1:50.000 ή 1:5000 γενικής χρήσεως τον τετραγωνισμό HATT οπότε όταν διαθέτουμε ένα τέτοιο χάρτη μπορούμε να διαβάσουμε συντεταγμένες HATT. Τα βασικά στοιχεία του συστήματος φαίνονται στο πίνακα 4 καθώς και η μορφή του στην εικόνα 6.1.

Πίνακας 4 : Χαρακτηριστικά του συστήματος HATT	
Όνομα προβολικού συστήματος	Ισαπέχουσα Αζιμουθιακή προβολή του HATT
Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (Datum)	Ελληνικό, με αφετηρία το Αστεροσκοπείο Αθηνών ($\lambda=23^{\circ}42'58''.815$)
Ελλειψοειδές αναφοράς	Bessel
Μεγάλος ημιάξονας ελλειψοειδούς a	6377397.155m
Επιπλάτυνση ελλειψοειδούς (1/f)	1/299.1528128
Διαστάσεις φύλλων χάρτη	30' x 30'
Αριθμός φύλλων χάρτη	189

(Διαδίκτυο 2013), (http://www.fireservice.gr/pyr_ext/cms_files/dynamic/c43202/attach/3/10_el_GR.pdf)



Εικόνα 6.1: Διανομή πινακίδων σε σύστημα HATT (Διαδίκτυο 2013)

(http://www.geoapikonisis.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=160&Itemid=115&lang=el)

Εμείς για την εργασία μας χρησιμοποιήσαμε χάρτες 1:5000 από την Γ.Υ.Σ. και τους προσαρμόσαμε στο σύστημα τους, HATT που είχε ως αποτέλεσμα ο χάρτης να μετατραπεί σε συνεταγμένες ΕΓΣΑ 87' μετά από τον μετασχηματισμό. Μετέπειτα εντοπίσαμε και προσδιορίσαμε την λίμνη στους χάρτες της Γ.Υ.Σ. και με την βοήθεια του Autocad κάναμε ψηφιοποίηση της λίμνης. Εξάγαμε τις συνεταγμένες της όχθης της λίμνης καθώς και την βαθυμετρία της. Έτσι συντάξαμε τοπογραφικό διάγραμμα της λίμνης σε κλίμακα 1:20000 εξαρτημένο στο εθνικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ 87' και υπολογίσαμε το εμβαδόν της με την μέθοδο των ορθογώνιων συνεταγμένων. Το τοπογραφικό διάγραμμα και ο υπολογισμός του εμβαδού απεικονίζονται στο παράρτημα της παρούσας εργασίας καθώς και οι χάρτες

που χρησιμοποιήθηκαν και είναι οι εξής: 268_266, 268_269, 268_272, 272_266, 272_269, 272_272 με βάση τα επίσημα στοιχεία της Γ.Υ.Σ. Στο παράρτημα επίσης απεικονίζονται οι συντεταγμένες σε πίνακες που εξάγαμε:

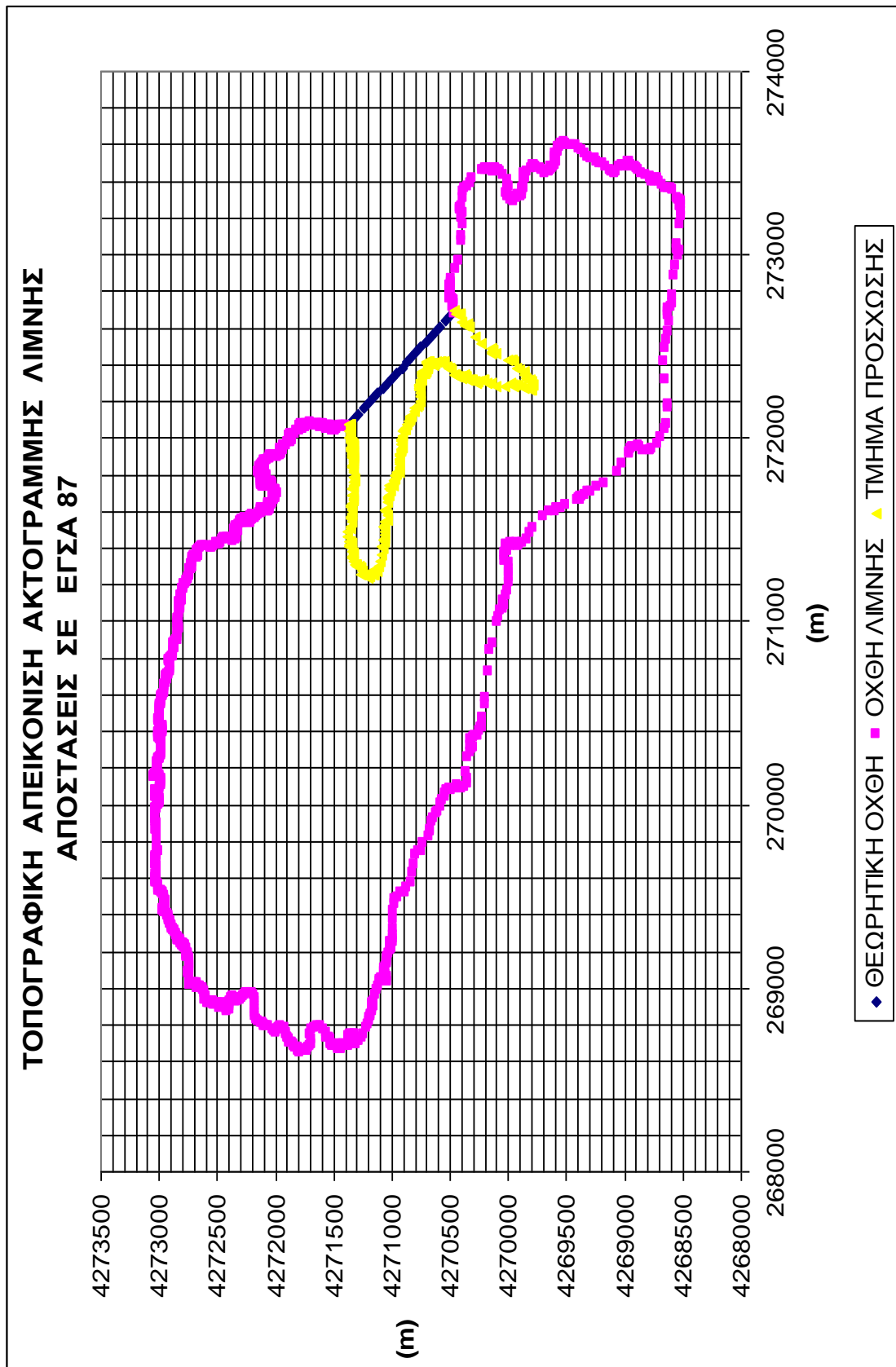
Πίνακας 1: Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λυσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87' & Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λυσιμαχείας με την θεωρητική απόσυρση της αμμονησίδας σε ΕΣΓΑ 87'.

Πίνακας 2: Συντεταγμένες ισοβαθών της λίμνης Λυσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

Πίνακας 3: Συντεταγμένες τυχαίων σημείων εντός της λίμνης Λυσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

Πίνακας 4: Στοιχεία εμβαδό μέτρησης με την μέθοδο ορθογωνίων συντεταγμένων.

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ (ΟΧΘΗΣ) ΛΙΜΝΗΣ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ – ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ.



6.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

1) Το GPS (Global Positioning System), Παγκόσμιο Σύστημα Γεωδαισίας είναι ένα παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης, το οποίο βασίζεται σε ένα "πλέγμα" εικοσιτεσσάρων δορυφόρων της Γης, στους οποίους υπάρχουν ειδικές συσκευές, οι οποίες ονομάζονται "δέκτες GPS". Οι δέκτες αυτοί παρέχουν ακριβείς πληροφορίες για τη θέση ενός σημείου, το υψόμετρό του, την ταχύτητα και την κατεύθυνση της κίνησης του. Επίσης, σε συνδυασμό με ειδικό λογισμικό χαρτογράφησης μπορούν να απεικονίσουν γραφικά τις πληροφορίες αυτές.

2) Οι συντεταγμένες που αξιοποιούνται στην παρούσα εργασία έχουν ληφθεί από το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 ή ΕΓΣΑ'87. Αυτό είναι ένα γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα από το 1990. Σύστημα αναφοράς στη Γεωδαισία καλούμε εκείνο το πλαίσιο παραμέτρων και συστημάτων συντεταγμένων που συνδέεται με μία συγκεκριμένη περιοχή ή με ένα συγκεκριμένο χώρο ή και με ολόκληρη τη γη και ως προς το οποίο καθορίζονται οι θέσεις σημείων και αντικειμένων της φυσικής γήινης επιφάνειας ή/και μελετάται η κίνηση και δυναμική συμπεριφορά τους με τον χρόνο. Το ΕΓΣΑ'87 προδιαγράφει ένα τοπικό, μη γεωκεντρικό datum το οποίο είναι συνδεδεμένο με τις γεωγραφικές συντεταγμένες του γεωδαιτικού σταθμού του Διονύσου ΒΔ των Αθηνών (Dionysos Satellite Observatory ή DSO, 38.0784, 23.932939). Το κεντρικό βάθρο στη θέση αυτή έχει εξ'ορισμού συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ'87 $38^{\circ} 4' 33.8000''$ N - $23^{\circ} 55' 51.0000''$ E, N = +7 m.

Παρόλο που το ΕΓΣΑ'87 χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές GRS80, δηλαδή το ίδιο με το γεωδαιτικό σύστημα WGS84 που χρησιμοποιεί το GPS, η αρχή των αξόνων έχει μετατοπισθεί σχετικά με το κέντρο της Γης κατά GRS80 ώστε η επιφάνεια του ελλειψοειδούς να προσαρμόζεται καλύτερα στο γεωειδές στην περιοχή της Ελλάδος. Η προδιαγραφείσα μετατόπιση σε σχέση με ο WGS84 (δηλαδή η ιαφορά GS84 - ΕΓΣΑ'87) είναι: $\Delta x = -199.87$ m, $\Delta y = 74.79$ m, $\Delta z = 246.62$ m. Το datum του ΕΓΣΑ'87 υλοποιείται με ένα τριγωνομετρικό δίκτυο Α' τάξεως το οποίο αποτελείται από περίπου 30 σταθμούς τριγωνισμού διεσπαρμένους στον ελληνικό χώρο και οι οποίοι συντηρούνται από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού. Η αβεβαιότητα στον προσδιορισμό των γεωδαιτικών συντεταγμένων το 198 υπολογίζεται σε 0.1 ppm (1×10^{-7}). Υπάρχουν σημαντικές τεκτονικές μετατοπίσεις, οι οποίες μετακινούν διάφορα τμήματα του ελληνικού χώρου προς διάφορες διευθύνσεις, και οι οποίες οδηγούν σε ασυμβατότητες γεωδαιτικών μετρήσεων που ελήφθησαν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

(*Διαδίκτυο 2013*).

(http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%B7%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%B4%CE%B1%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CE%A3%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1_%CE%91%CE%BD%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%AC%CF%82_1987)

3) Η ΓΥΣ παράγει, διαχειρίζεται και διανέμει γεωγραφικά δεδομένα, που είναι μοναδικά στην Ελλάδα. Οι εργασίες της ΓΥΣ εκτελούνται κάθε έτος, βάσει ετήσιου προγράμματος εγκεκριμένου από το Γενικό Επιτελείο Στρατού (ΓΕΣ).

Το έργο της ΓΥΣ καλύπτει ολόκληρη την Ελληνική Επικράτεια, επεκτείνεται και σε όμορα κράτη και διακρίνεται σε εργασίες :

- Γεωδαιτικές - Γεωφυσικές εργασίες
- Αεροφωτογραφήσεις
- Χαρτογραφικές εργασίες

- Εργασίες Συνόρων
- Παραγωγή ψηφιακών Γεωγραφικών Δεδομένων
- Υποστήριξη Ενόπλων Δυνάμεων και εξυπηρέτηση Δημοσίων Φορέων και

του πολίτη

Η ΓΥΣ εισάγει σύγχρονες μεθόδους και συστήματα Η/Υ ώστε να βελτιώσει τα προϊόντα της και τις δυνατότητές της για καλύτερη υποστήριξη των Ενόπλων Δυνάμεων και άλλων Δημοσίων Φορέων όπως:

- Σύγχρονο γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών.
- Σύστημα τηλεπισκόπισης για εκμετάλλευση εικόνων δορυφόρου.
- Σύγχρονα συστήματα αναλυτικής και ψηφιακής φωτογραμμετρίας.
- Παραγωγή του χάρτη με ηλεκτρονικό τρόπο.
- Σύγχρονο εξοπλισμό εκτυπώσεων.

4) Google Earth ονομάζεται το πρόγραμμα γραφικής απεικόνισης της γης το οποίο είναι διαθέσιμο στο Διαδίκτυο . Κατασκευάστηκε από την εταιρεία Keyhole Inc . με το όνομα Earth Viewer. Το πρόγραμμα συνθέτει εικόνες και πληροφορίες από δορυφορικές φωτογραφίες, αεροφωτογραφίες, στοιχείων GIS και από πολλές πηγές σε επάλληλα στρώματα (που τα ονομάζει «επίπεδα» - στα αγγλικά levels), με σημαντική ευκολία χρήσης. Τα επίπεδα αυτά έχουν αφενός πληροφορίες που εισήγαγε η Google όπως πληροφορίες χάρτη με ονομασίες δρόμων ("Δρόμοι"), πληροφορίες για τον καιρό αλλά και πολλές άλλες πληροφορίες που προσθέτουν οι χρήστες του συστήματος όπως τρισδιάστατα κτίρια για αρκετές περιοχές / πόλεις του κόσμου με εργαλεία όπως τον Δημιουργό Κτιρίων, φωτογραφίες, τοπικές πληροφορίες. Η ανάλυση και η ηλικία των εικόνων ποικίλλουν. Οι φωτογραφίες είναι συνήθως από το 2004 ή και νωρίτερα με την ανάλυση να κυμαίνεται από 15 μέτρα για μεγάλο μέρος των ΗΠΑ, το ένα μέτρο (για πολλές ευρωπαϊκές χώρες) μέχρι και 15 – 30 εκατοστά για πόλεις όπως το Βερολίνο ή η Ζυρίχη. Στην παρούσα εργασία αξιοποιήθηκαν φωτογραφίες από το Google Earth στις οποίες φαίνεται η ακτογραμμή της λίμνης Λυσιμαχείας και οι μεταβολές της, κυρίως στην περιοχή που παρατηρείται μεταφορά φερτών υλών από τον χείμαρρο Ερμίτσα.

ΚΕΦΑΛΙΟ 7 : ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

7.1 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Στην επίλυση του προβλήματος θεωρήσαμε τις παρακάτω παραδοχές :

1. Εξετάζουμε την λίμνη κατά την περίοδο του χειμώνα που είναι καλώς αναμεμειγμένη, δηλαδή η κυκλοφορία είναι βαρότροπη και η πυκνότητα του νερού παραμένει σταθερή (ρ =σταθερό).
2. Θεωρούμε ότι δρα άνεμος με σταθερή ταχύτητα $U = 1,5 \text{ m/s}$ και διεύθυνσης ΝΔ (νοτιοδυτικής) σε όλη την διάρκεια της προσομοίωσης η τιμή αυτή του ανέμου είναι τυπική για την περιοχή με βάση ανεμολογικά στοιχεία της περιοχής της μελέτης..

7.2 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Αρχικά με την βοήθεια των χαρτών που προμηθευτήκαμε από την γεωγραφική υπηρεσία στρατού για την λίμνη Λυσιμαχεία εντοπίσαμε τις συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ 87' της ακτογραμμής της λίμνης καθώς και την βαθυμετρία της. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται αναλυτικά : 1) Οι συντεταγμένες X,Y της ακτογραμμής της λίμνης σε σύστημα ΕΓΣΑ 87'.

2) Οι συντεταγμένες X,Y,Z των ισοβαθών εντός της λίμνης σε σύστημα ΕΓΣΑ 87'.

3) Οι συντεταγμένες X,Y,Z τυχαίων σημείων όντος της λίμνης σε σύστημα ΕΓΣΑ 87'.

4) Σκαρίφημα ακτογραμμής της λίμνης με την τμήμα προσχώσεων και του τεχνικού έργου.

5)Υπολογισμός εμβαδού λίμνης με την μέθοδο ορθογώνιων συντεταγμένων καθώς και λόγοι της μεταβολής του εμβαδού κατά την πάροδο των χρόνων.

Οι πίνακες δίδονται στο Παράρτημα.

7.3 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΛΥΣΙΜΑΧΕΙΑΣ

Οι αριθμητικές προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν με τον τρισδιάστατο αριθμητικό κώδικα πεπερασμένων όγκων MIKE 3 FM (HD) (DHI, 2007a' b). Θεωρούμε κατά τις προσομοιώσεις ρεαλιστικό χρόνο προσομοίωσης 5 ωρών, με σταθερή δράση του ανέμου τόσο ως προς τη διεύθυνση όσο και ως προς τη φορά. Οι προσομοιώσεις για πραγματικό χρονικό διάστημα 5 ωρών απαιτούν υπολογιστικό χρόνο προσομοίωσης περίπου 15 min, σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

7.3.1 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ

Για τις αριθμητικές προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκε κατά την οριζόντια διεύθυνση μη δομημένο υπολογιστικό πλέγμα με τριγωνικά κελιά διαστάσεων από $\Delta x = 200 \text{ m}$ μέχρι $\Delta x = 50 \text{ m}$ με αντίστοιχα εμβαδά επιφάνειας υπολογιστικών κελιών $20\,000 \text{ m}^2$ και 1250 m^2 . Το πλέγμα ήταν βαθμιαίως μεταβαλλόμενο με πιο μικρά υπολογιστικά κελιά στην ακτή, όπου το βάθος είναι μικρό, και μεγαλύτερα στα βαθύτερα της λίμνης. Με τον τρόπο αυτό διατηρούνταν μια ανεκτή αναλογία ύψους προς πλάτος υπολογιστικού κελιού. Για τον

υπολογισμό των διαστάσεων των τριγωνικών κελιών θεωρήθηκε γεωμετρία ισόπλευρου τριγώνου και υπολογίστηκαν το μέγιστο και ελάχιστο εμβαδό, A_{\max} , A_{\min} , αντίστοιχα.

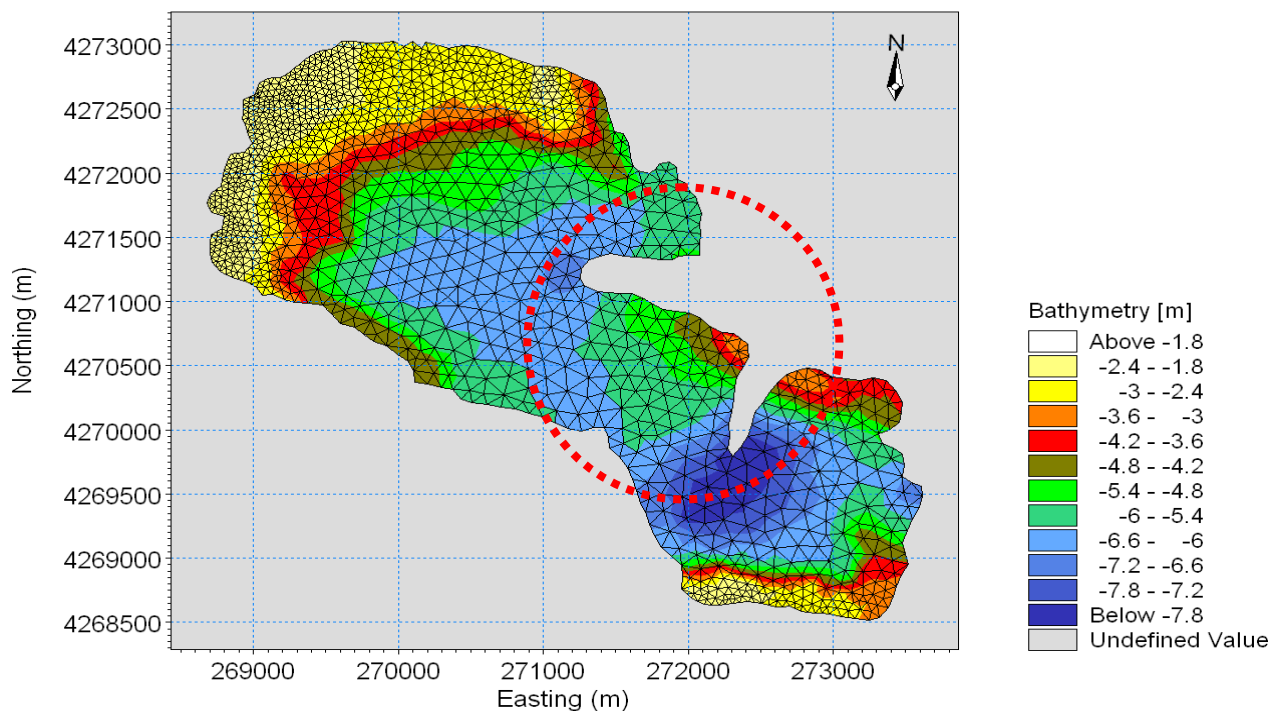
$$A_{\max} = \frac{1}{2}(\Delta x_{\max})^2 = \frac{1}{2}(200m)^2 = 20000m^2$$

$$A_{\min} = \frac{1}{2}(\Delta x_{\min})^2 = \frac{1}{2}(50m)^2 = 1250m^2$$

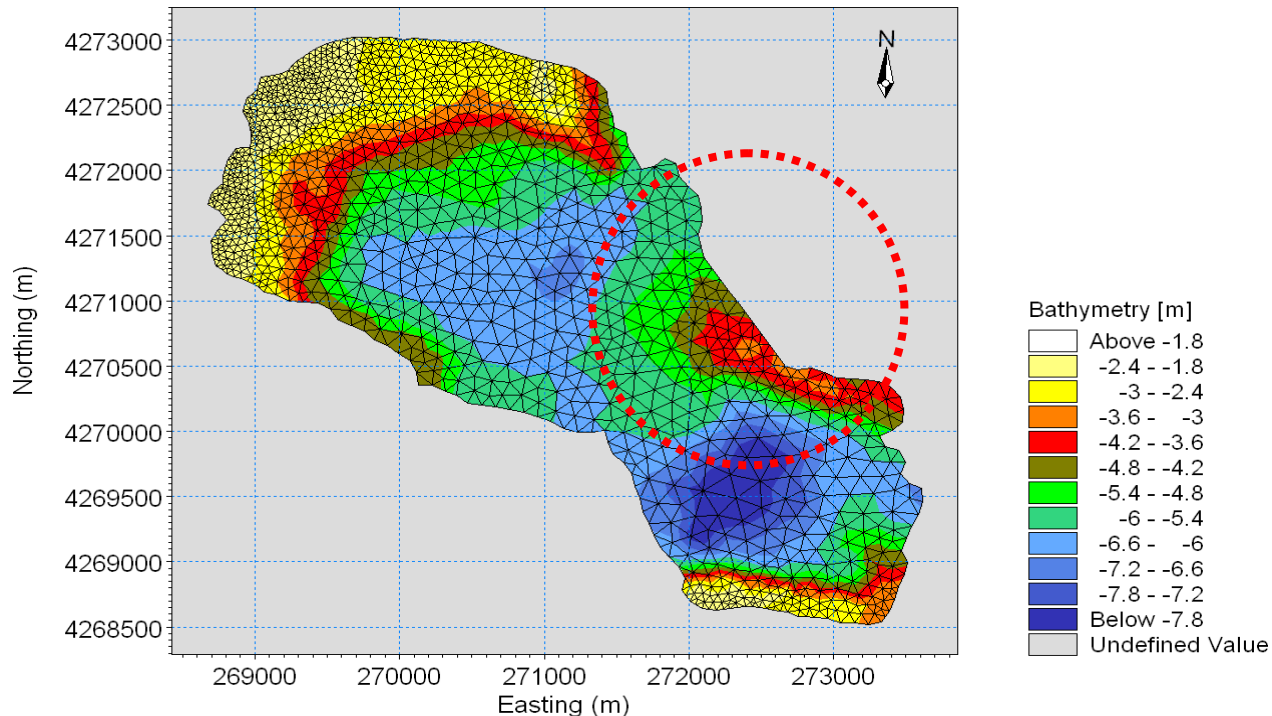
Στην κατακόρυφη διεύθυνση επιλεγήκαν 10 στρώματα (layers) για τη διακριτοποίηση του πεδίου επίλυσης. Έτσι, διαμορφώθηκαν στοιχεία - πρίσματα στα οποία επιλύονται οι εξισώσεις ορμής και συνέχειας.

Η διαμόρφωση του υπολογιστικού πλέγματος είναι τέτοια ώστε στα ρηχά της λίμνης να διαμορφώνονται υπολογιστικά κελιά μικρού εμβαδού (μεγίστου 1250 m^2), έτσι ώστε να εξασφαλίζεται μια ανεκτή αναλογία ύψους προς πλάτος υπολογιστικού κελιού. Αντίθετα, στα βαθύτερα της λίμνης τα υπολογιστικά κελιά λαμβάνουν το μεγαλύτερο δυνατό εμβαδό (μεγίστου 20000 m^2) διατηρώντας ανεκτή την αναλογία πλάτους προς ύψος. Στα ενδιάμεσα βάθη (από τα μικρότερα καθώς μεταβαίνουμε προς τα μεγαλύτερα βάθη) θεωρούμε γραμμική μεταβολή του εμβαδού των υπολογιστικών κελιών σε σχέση με την αύξηση του βάθους της λίμνης.

Στα δύο σχήματα που παρουσιάζονται παρακάτω διακρίνεται το βαθμιαίως μεταβαλλόμενο υπολογιστικό πλέγμα από τα ρηχά (πλησίον της ακτογραμμής) προς τα βαθύτερα της λίμνης (κεντρικό τμήμα). Με κόκκινο διακεκομμένο κύκλο δεικνύεται η περιοχή όπου στο θεωρητικό μοντέλο έχει αφαιρεθεί θεωρώντας ότι δεν υπάρχουν προσχώσεις που περιορίζουν την κεντρική διατομή (άνοιγμα) της λίμνης. Η χρωματική παλέτα έχει επιλεγεί ίδια και στα δύο σχήματα παρουσιάζοντας την βαθυμετρία της λίμνης.



Εικόνα 7.1: Αρχική διαμόρφωση υπολογιστικού πλέγματος με βάση την πραγματική γεωμετρία (ακτογραμμή) της λίμνης.



Εικόνα 7.2: Διαμόρφωση υπολογιστικού πλέγματος με βάση την θεωρητική γεωμετρία (ακτογραμμή) της λίμνης, στην οποία θεωρούμε ότι έχει αφαιρεθεί (αποσυρθεί) το τμήμα των προσχώσεων.

7.3.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΚΩΔΙΚΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΗΣ ΡΟΗΣ

Για την επίλυση των εξισώσεων απαιτείται ο υπολογισμός της δύναμης *Coriolis* που οφείλεται στην περιστροφή της γης. Επιλύεται με σταθερή *Coriolis* δεδομένου ότι το "άνοιγμα" της λίμνης (μήκος και πλάτος) είναι μικρό (μικρές διαστάσεις) και δεν αναμένονται σημαντικές μεταβολές στον υπολογισμό της δύναμης *Coriolis*. Συγκεκριμένα, ο υπολογισμός της δύναμης από τον κώδικα έγινε για γεωγραφικό πλάτος $\varphi = 38^{\circ}55'62''85$ μοίρες. Με βάση το γεωγραφικό πλάτος και μήκος του κέντρου της λίμνης εκτιμήθηκε η ζώνη του προβολικού συστήματος ως εξής:

Υπολογίσαμε από τους ψηφιακούς χάρτες τις συντεταγμένες ενός χαρακτηριστικού σημείου στο κέντρο περίπου της κάτοψης της λίμνης Λυσιμαχείας. Το σημείο αυτό στο προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ 87 δίνεται από τις συντεταγμένες περίπου $(x, y) = (272000, 4270500)$. Οι συντεταγμένες αυτές μεταφράστηκαν με βάση το *Google Earth* σε γεωγραφικό πλάτος και μήκος $(\varphi, \lambda) = (38^{\circ}55'62''85, 21^{\circ}38'34''93)$. Στην συνέχεια με βάση την παρακάτω εξίσωση υπολογίστηκε η ζώνη του προβολικού συστήματος *UTM* στην οποία ανήκει η λίμνη, στοιχείο το οποίο είναι απαραίτητο για την κατασκευή του υπολογιστικού πλέγματος αλλά και την επίλυση της ροής από τον κώδικα.

$$UTM_{zone} = \text{Integer part} \left(\frac{180 + \lambda}{6} + 1 \right) = 34$$

όπου λ το γεωγραφικό μήκος στο κέντρο της λίμνης.

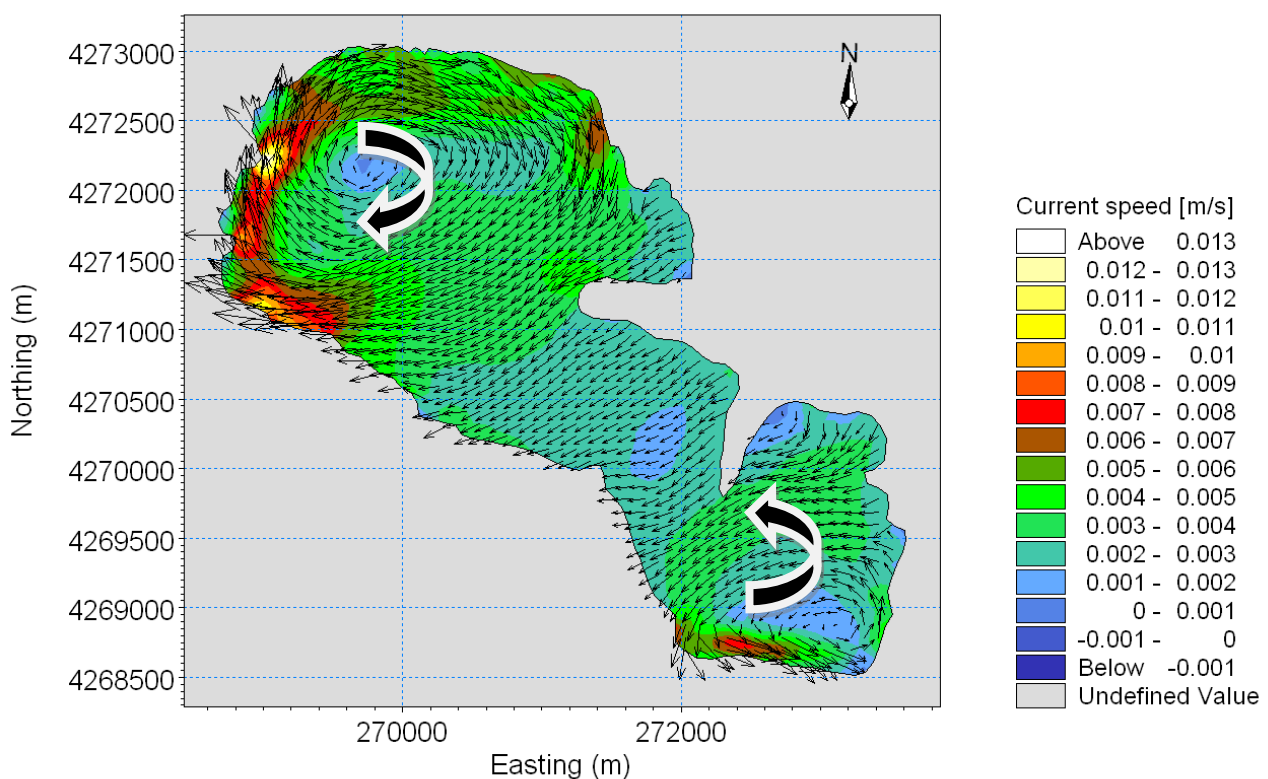
Προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν για δύο περιπτώσεις, όσον αφορά την ακτογραμμή της λίμνης (πραγματική και θεωρητική) και για άνεμο ταχύτητας $U = 1,5$ m/s και διεύθυνσης ΝΔ (νοτιοδυτικής), που είναι η επικρατούσα στην περιοχή. Αξίζει να αναφερθεί ότι η ταχύτητα του ανέμου είναι πολύ μικρή (σχετικά ασθενής άνεμος) και επομένως αναμένεται η ανεμογενής ροής να έχει μικρή επίδραση στην υδροδυναμική κυκλοφορία των υδάτων της λίμνης.

Παρακάτω δίδονται τα αριθμητικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τις αριθμητικές προσομοιώσεις της ανεμογενούς κυκλοφορίας στην λίμνη Λυσιμαχεία. Αποτελέσματα παρουσιάζονται τόσο για την περίπτωση της γεωμετρίας της λίμνης, όπως αυτή είναι σήμερα, καθώς και για την θεωρητική περίπτωση όπου νοητά έχει αποσυρθεί το τμήμα των προσχώσεων από φερτά υλικά που έχουν διαμορφώσει μια νησίδα από την όχθη όπου εισρέει ο χείμαρρος Ερμίτσας μέχρι το εσωτερικό της λίμνης, περιορίζοντας το εμβαδόν της.

7.3.3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ.

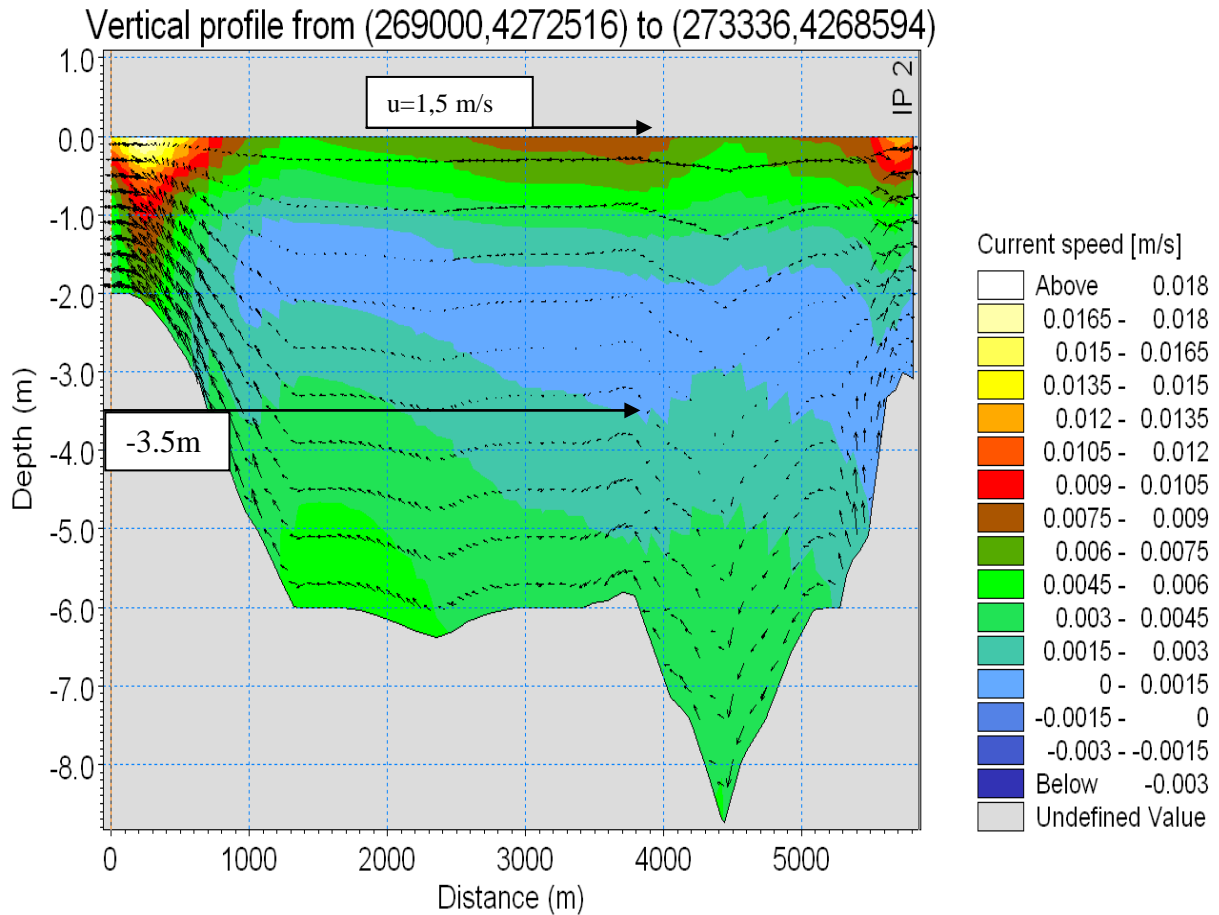
7.3.3.1. ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ

Στην εικόνα 7.3 παρουσιάζεται η διαμόρφωση του πεδίου ροής δηλαδή των ρευμάτων που προκαλούνται από την δράση του ανέμου λίγα μέτρα από την ελεύθερη επιφάνεια. Κύριο χαρακτηριστικό της ροής είναι η παρουσία ενός δεξιόστροφου στροβίλου (αντικυκλωνικού) στο βόρειο τμήμα της λίμνης με ταχύτητες ρευμάτων από 0,01m/sec έως περίπου 0 m/sec στο κέντρο του στροβίλου. Στο νοτιότερο τμήμα της λίμνης παρουσιάζεται αριστερόστροφος στροβίλος (κυκλωνικός). Η παρατήρηση του πεδίου ροής γίνεται λίγο κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια, γιατί στην ελεύθερη επιφάνεια η ομοιόμορφη δράση του ανέμου, προκαλεί ροή μόνο κατά την διεύθυνση δράσης του, "σαρώνοντας" ομοιόμορφα την ελεύθερη επιφάνεια ροής.



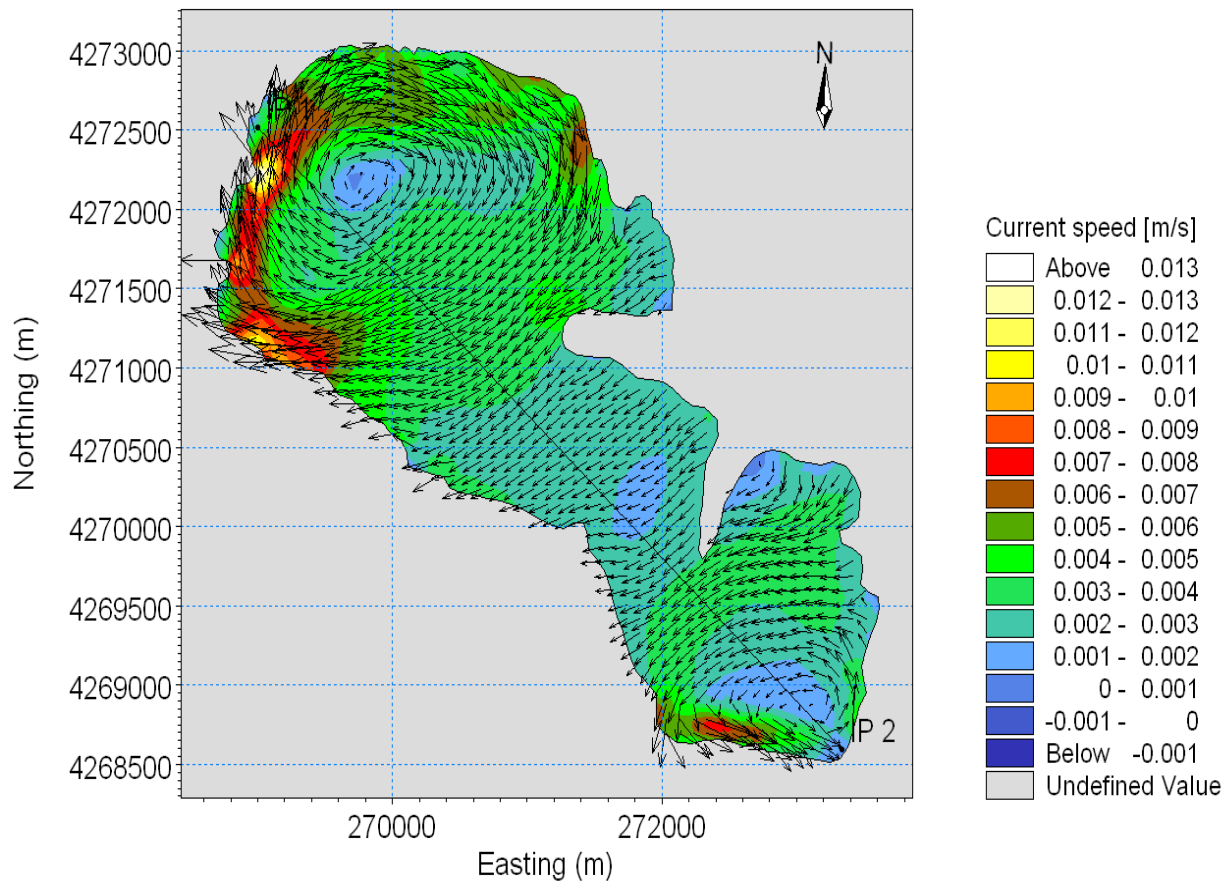
Εικόνα 7.3: Διαμόρφωση Πεδίου ανεμογενούς ροής λίγα μέτρα κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια.

Στην εικόνα 7.4 βλέπουμε το πεδίο ρευμάτων που αναπτύσσεται κατά το βάθος της λίμνης μέχρι το μέγιστο βάθος των -9m. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι στην ελεύθερη επιφάνεια, τα ρεύματα κινούνται κατά την διεύθυνση δράσης του ανέμου. Στα μεγάλα βάθη, τα ρεύματα έχουν αντίθετη κατεύθυνση, ενώ στο κέντρο της λίμνης τα ρεύματα σχεδόν μηδενίζονται αφού αναστρέφεται το πεδίο της ταχύτητας.



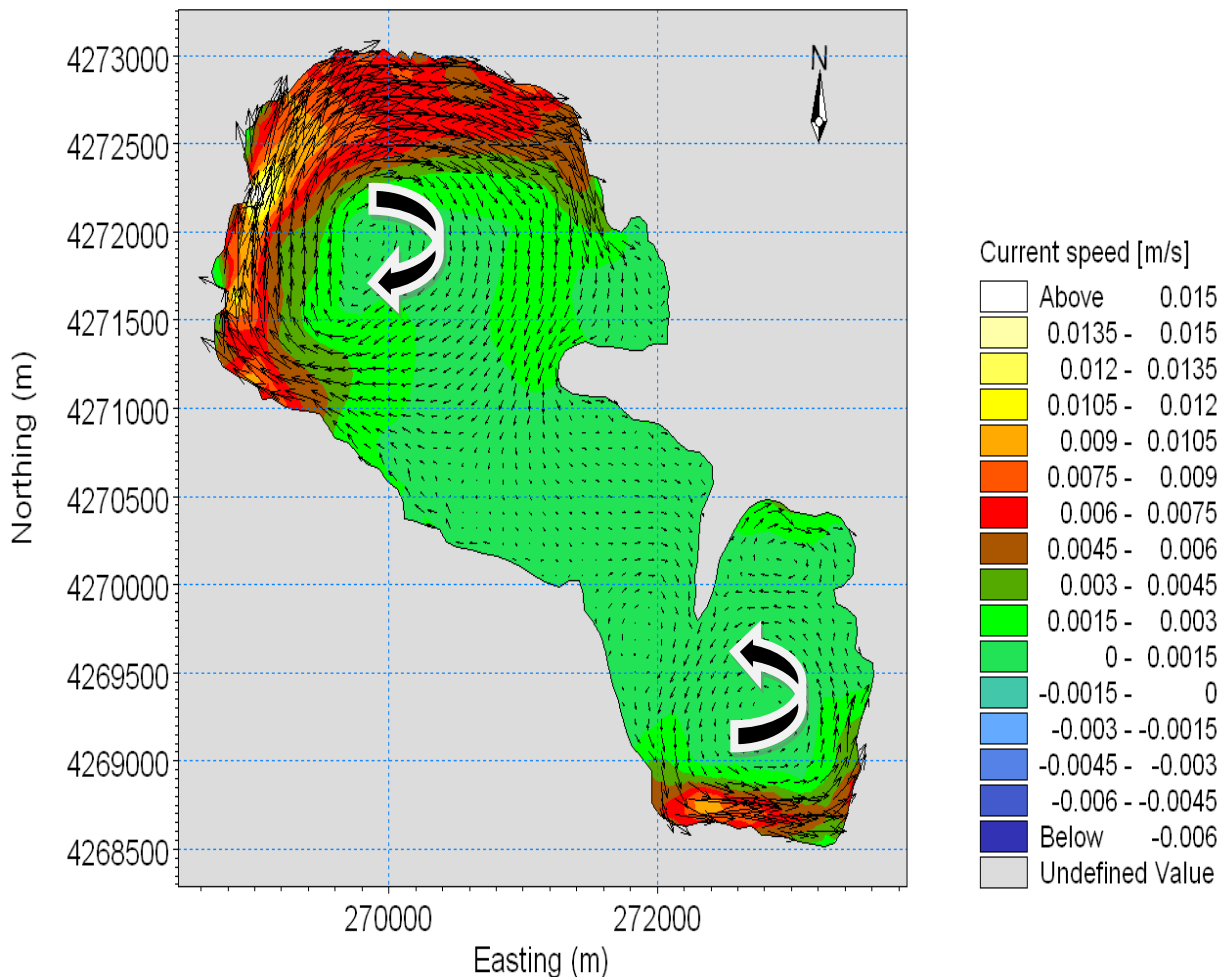
Εικόνα 7.4: Πεδίο ρευμάτων μέχρι το βάθος των 9μέτρων.

Στην εικόνα 7.5 δίνεται η κάτοψη της λίμνης όπου εκτός του πεδίου των ρευμάτων φαίνεται η θέση που ελήφθη η τομή IP1 – IP2 που τα αποτελέσματα δίδονται στην εικόνα 7.4.



Εικόνα 7.5: Η θέση όπου ελήφθη η κατά μήκος τομή.

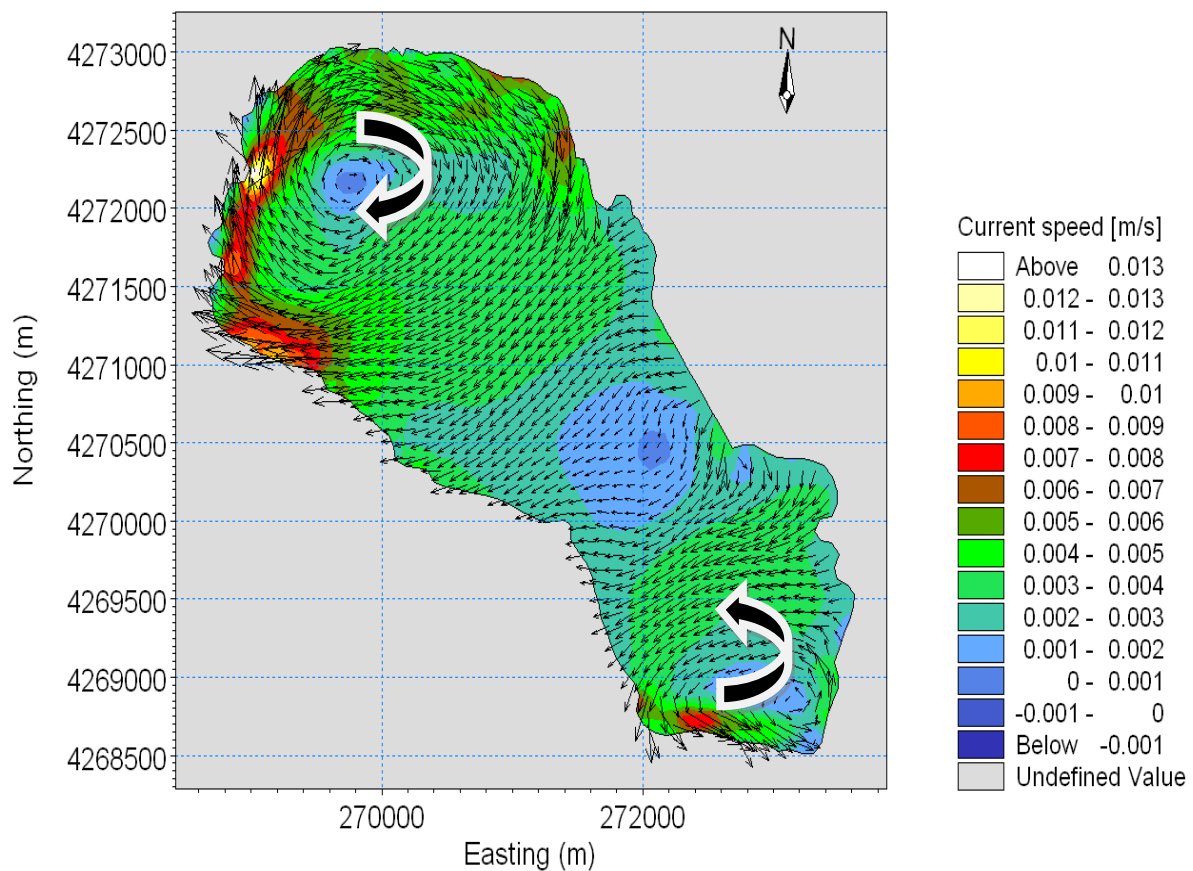
Στην εικόνα 7.6 παρουσιάζεται το πεδίο ρευμάτων κοντά στον πυθμένα της λίμνης (σε μεγάλο βάθος) με κύριο χαρακτηριστικό την διατήρηση της δομής της ροής, δηλαδή δεξιόστροφος στρόβιλος στα βόρεια και αριστερόστροφος στα νότια. Ωστόσο έχουν μειωθεί σημαντικά οι τιμές της ταχύτητας των ρευμάτων καθώς κινούμαστε προς το πυθμένα, όπως αναμένεται, λόγω της μικρής επίδρασης που έχει ο άνεμος στα βαθύτερα της υδάτινης στήλης της λίμνης. Με βάση τις προσομοιώσεις, οι ταχύτητες των ρευμάτων πλησίον του πυθμένα δεν υπερβαίνουν τα 0,003 m/sec εκτός από περιοχές κοντά στις όχθες της λίμνης όπου η δράση του ανέμου είναι σημαντική.



Εικόνα 7.6: Πεδίο ρευμάτων κοντά στον πυθμένα της λίμνης.

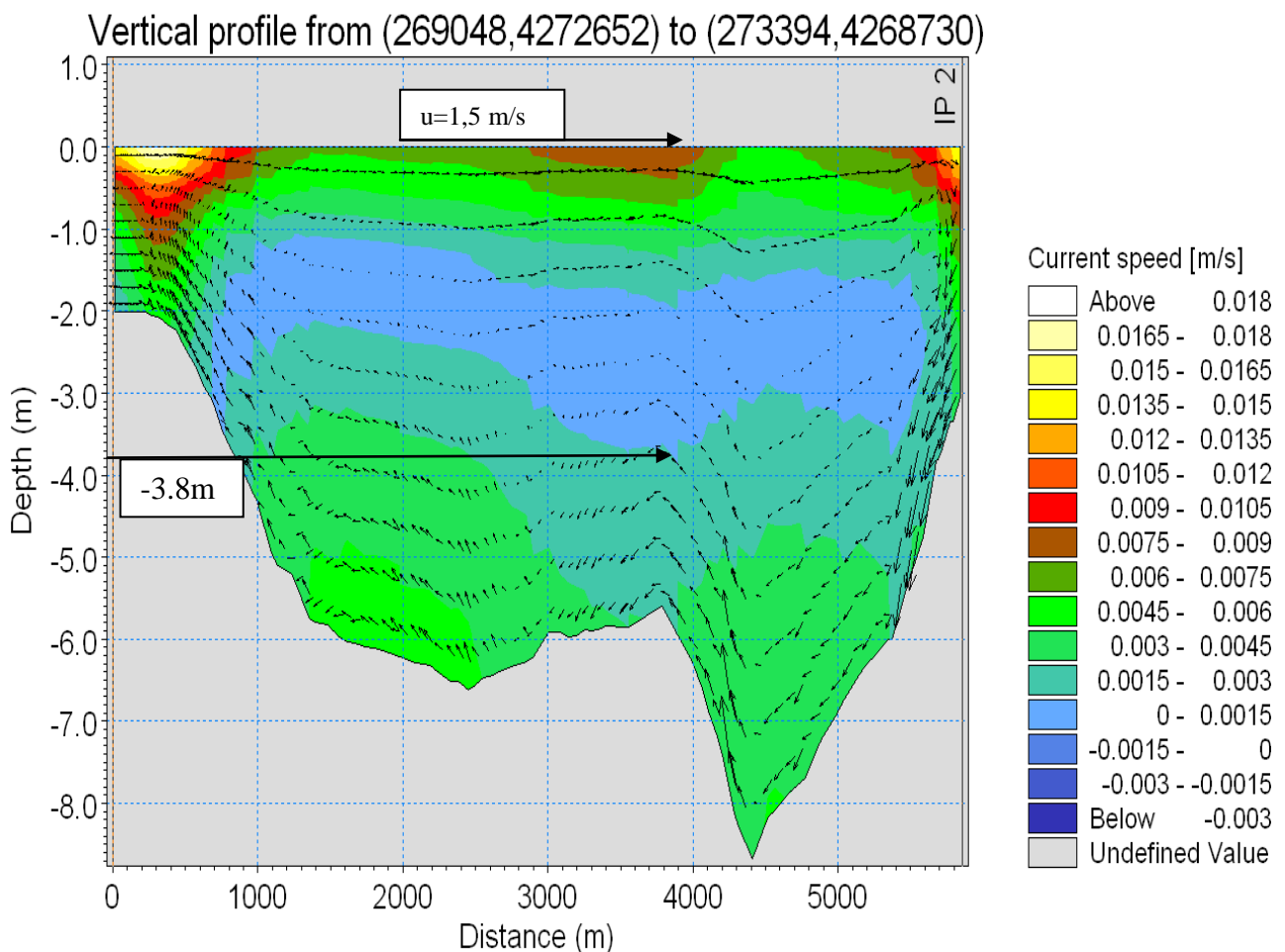
7.3.3.2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ

Στην εικόνα 7.7 θεωρούμε ότι τεχνητά (θεωρητικά) για την περίπτωση της θεωρητικής γεωμετρίας έχει απομακρυνθεί το τμήμα των προσχώσεων το οποίο έχει προκληθεί από την μεταφορά φερτών υλικών προς την λίμνη. Η δομή του πεδίου ροής δεν έχει μεταβληθεί στο βόρειο και νότιο τμήμα όπως και στην ρεαλιστική (υφιστάμενη) περίπτωση με αντίστοιχες τιμές ρευμάτων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η γεωμετρία της λίμνης είναι τέτοια, που η δράση του ανέμου συγκεκριμένης διεύθυνσης ευνοεί το σχηματισμό αυτών των στροβίλων, επιδρώντας κυρίως στο βόρειο και νότιο τμήμα της λίμνης.

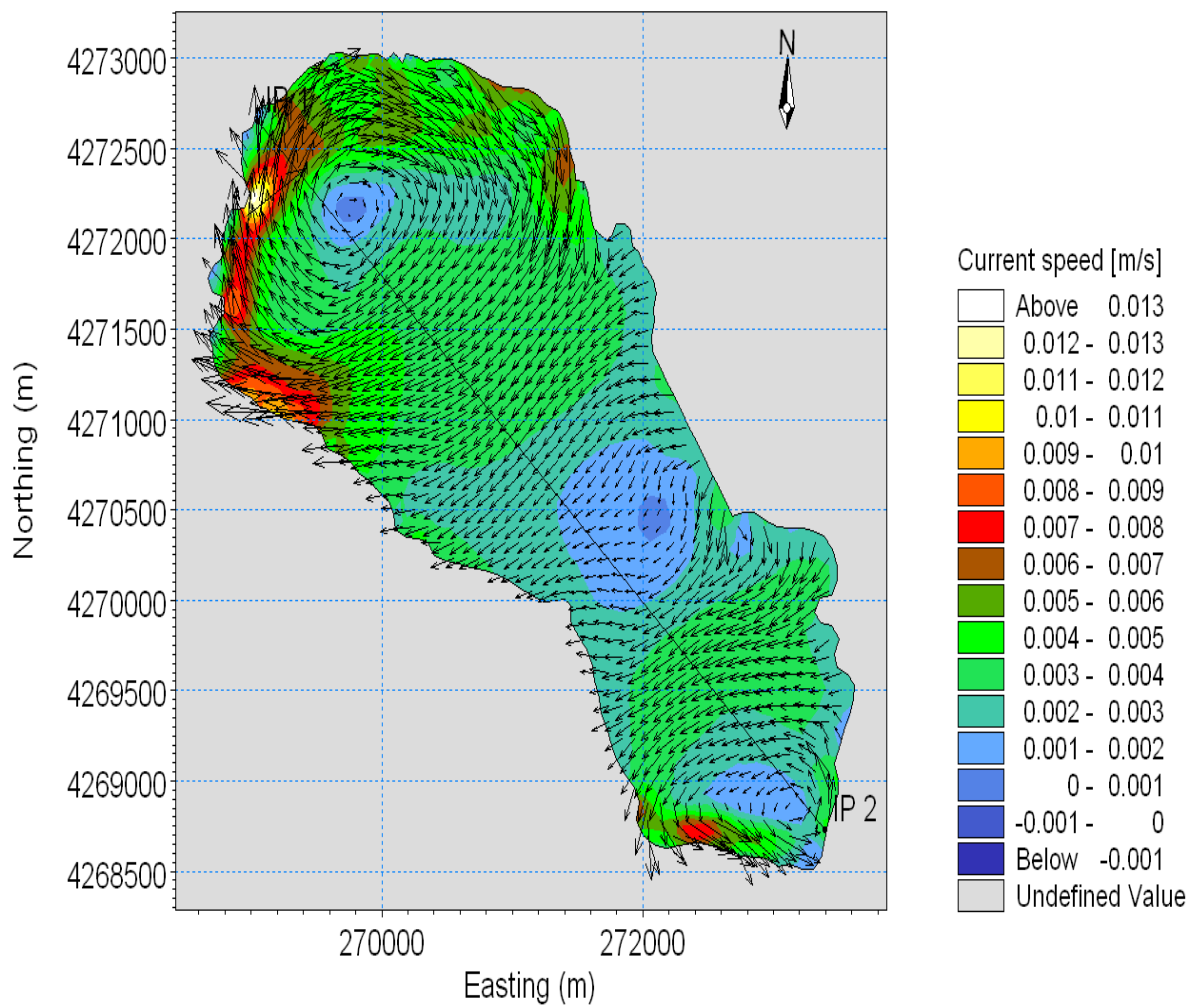


Εικόνα 7.7: Διαμόρφωση Πεδίου ανεμογενούς ροής λίγα μέτρα κατω από την ελεύθερη επιφάνεια για την θεωρητική γεωμετρία.

Στην εικόνα 7.8 βλέπουμε το πεδίο ρευμάτων που αναπτύσσεται κατά το βάθος της λίμνης μέχρι το μέγιστο βάθος των -9m. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι στην ελεύθερη επιφάνεια, τα ρεύματα κινούνται κατά την διεύθυνση δράσης του ανέμου. Στα μεγάλα βάθη, τα ρεύματα έχουν αντίθετη κατεύθυνση, ενώ στο κέντρο της λίμνης τα ρεύματα σχεδόν μηδενίζονται αφού αναστρέφεται το πεδίο της ταχύτητας. Οι ταχύτητες των ρευμάτων μηδενίζονται περίπου σ' ένα μέσο βάθος -2,5m από την ελεύθερη επιφάνεια της λίμνης όπως και στην περίπτωση της κατά μήκους τομής IP1 – IP2 για την ρεαλιστική γεωμετρία. Το βάθος αυτό αναμένεται να αυξηθεί για ισχυρότερους ανέμους.

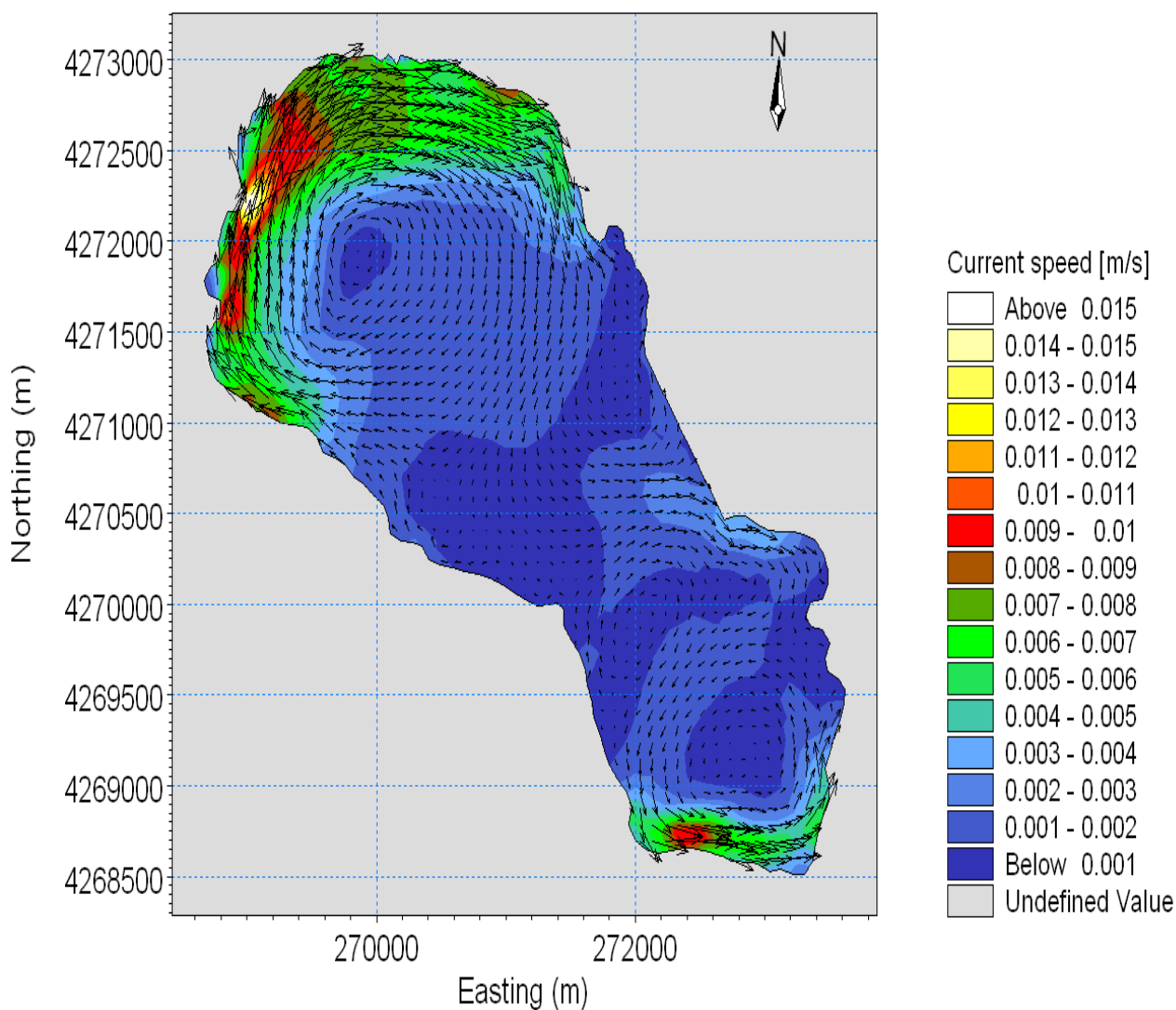


Εικόνα 7.8: Πεδίο ρευμάτων μέχρι το βάθος των 9 μέτρων για την θεωρητική γεωμετρία .



Εικόνα 7.9: Η θέση όπου ελήφθη η κατά μήκος τομή.

Στην εικόνα 7.10 παρουσιάζεται η θέση κοντά στον πυθμένα της λίμνης όπου οι ταχύτητες των ρευμάτων μειώνονται σημαντικά μέχρι σχεδόν μηδενισμού τους κοντά στον πυθμένα.



Εικόνα 7.10: Πεδίο ρευμάτων κοντά στον πυθμένα της λίμνης για την θεωρητική γεωμετρία.

7.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Υπολογίστηκε το τρισδιάστατο πεδίο επιφανειακών και υποεπιφανειακών ρευμάτων που προκαλούνται από την δράση του ανέμου στην λίμνη Λυσιμαχεία, για τυπική ταχύτητα ανέμου 1,5m/sec που πνέει στην περιοχή μελέτης.
2. Εκτιμήθηκαν οι θέσεις όπου εμφανίζονται τα ισχυρότερα ανεμογενή ρεύματα με ταχύτητες 0,012m/sec, με αποτέλεσμα οι θέσεις αυτές να μπορούν να προταθούν στο μέλλον ως πιθανά σημεία απόρριψης σημειακών πηγών ρύπανσης, από παρόχθιους οικισμούς έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή αραίωση των ρύπων.
3. Στην περίπτωση των επιφανειακών ρευμάτων στην υπάρχουσα κατάσταση της λίμνης δημιουργούνται στρόβιλοι δεξιόστροφοι και αριστερόστροφοι στο βόρειο και νότιο τμήμα της αντίστοιχα, με αποτέλεσμα στα σημεία αυτά να έχουμε πλήρη ανάμιξη των υδάτων.
4. Στην περίπτωση των επιφανειακών ρευμάτων κατά το νέο μοντέλο προσομοίωσης όπου δεν λαμβάνονται υπόψη οι προσχώσεις και παρατηρούνται σχεδόν τα ίδια αποτελέσματα με την μόνη διαφορά ότι στο κεντρικό σημείο της λίμνης οι ταχύτητες είναι κατά ελάχιστα μεγαλύτερες σε μέτρο και ίδιες σε διεύθυνση.
5. Μετά από μελέτη των υποεπιφανειακών στρωμάτων της λίμνης και για τα δύο μοντέλα, παρατηρήσαμε ότι η λίμνη συμπεριφέρεται ακριβώς το ίδιο. Οι στρόβιλοι, οι ταχύτητες και οι διευθύνσεις αυτών δεν παρουσιάζουν καμία σημαντική διαφορά.
6. Στην κατά μήκος τομή με ρεαλιστική γεωμετρία παρατηρούμε ίδια διεύθυνση των ρευμάτων και κατεύθυνση αυτών προς την επιφάνεια της λίμνης στο βόρειο και νότιο τμήμα της. Στο κεντρικό τμήμα της λίμνης το μέτρο αυτών κυμαίνεται σε ελάχιστες τιμές και τέλος στο βαθύτερο σημείο της λίμνης κοντά στον πυθμένα παρατηρείται αλλαγή της διεύθυνσης των ρευμάτων
7. Στην κατά μήκος τομή με την θεωρητική γεωμετρία, όπου νοητά έχουν αφαιρεθεί τα τμήματα των προσχώσεων οι διαφορές που παρατηρούμε σε σχέση με τα αποτελέσματα που προέκυψαν για την ρεαλιστική γεωμετρία είναι ότι στο νότιο τμήμα της λίμνης η διεύθυνση των ρευμάτων έχει κατεύθυνση προς τον πυθμένα της και ότι στο κεντρικό τμήμα της λίμνης το σημείο που μηδενίζονται οι τιμές της ταχύτητας παρατηρείται σε μεγαλύτερο βάθος περίπου κατά μισό μέτρο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

1. Γκανούλης, Ι.Γ., 1984. 'Υδραυλική περιβάλλοντος', Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σ. 221.
2. Δημητρίου, Ι., 1990. 'Περιβαλλοντική Υδραυλική', Τεύχος 1 – Εισαγωγή, σ. 363.
3. Θεοδώρου, Α.Ι., 2000. 'Ωκεανογραφία - Εισαγωγή στο Θαλάσσιο Περιβάλλον', εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, σ. 712.
4. Κοντονή, Δ.-Π. Ν., 1995-1999. 'Υπολογισμός Κατασκευών με Η/Υ', Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής . Τ.Ε.Ι. Πάτρας, Πάτρα.
5. Κοντονή, Δ.-Π., Ν., 1985-2013. Επιστημονικά – Εκπαιδευτικά Προγράμματα Η/Υ ειδικότητας Πολιτικού Μηχανικού, Πάτρα.
6. Κοντονή, Δ.-Π. Ν., 1998-2013. 'Πολιτικός Μηχανικός & Η/Υ', 'Εισαγωγή στους Η/Υ', 'Εισαγωγή στο διαδίκτυο (internet) και στις υπηρεσίες του' (Διδακτικές σημειώσεις), 'Ασκήσεις Προγραμματισμού Ι & ΙΙ' (φύλλα έργου), Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής, Τ.Ε.Ι. Πάτρας, Πάτρα.
7. Φουρνιώτης, Ν.Θ., 2009. 'Τρισδιάστατη αριθμητική προσομοίωση της υδροδυναμικής κυκλοφορίας του Πατραϊκού κόλπου, με έμφαση στον υπολογισμό ρευμάτων στην παράκτια ζώνη του λιμένα Πατρών', Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, σ. 323.
8. Χορς, Γ.Μ., 1999. 'Υδροδυναμική Κόλπων και Ταμειυτήρων', Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Ξενόγλωσση

9. Baines, D.W. and Knapp, D.J., 1965. "Wind-Driven Water Currents", Journal of the Hydraulic Division ASCE.
10. Bye, J.A.T., 1965. "Wind-Driven Water Circulation in Unstratified Lakes", Limnology and Oceanography.
11. DHI Software, 2007. "MIKE 21 & MIKE 3 FLOW MODEL FM Hydronamic and Transport Module", Scientific Documentation.
12. DHI Software, 2007. "MIKE 3 FLOW MODEL FM 2007 Hydronamic and Module-User Guide".
13. Fourniotis, N.Th. and Horsch, G.M., 2010. "Three-dimensional numerical simulation of wind-induced barotropic circulation in the Gulf of Patras", Ocean Engineering 37(4), pp. 355-364.
14. Ligget, J.A. and Hadjitheodorou, C., 1969. "Circulation in Shallow Homogenous Lakes", Journal of the Hydraulic Division ASCE, HY2.
15. Tsuruya, H., Nakano, S., Kato, H., 1985. "Experimental study of wind driven current in wind-wave tank-effect of return flow on wind driven flow", The Ocean Surface.

Λιαδίκτυο

- 16.http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9B%CE%AF%CE%BC%CE%BD%CE%B7_%CE%9B%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%87%CE%AF%CE%B1
- 18.http://www.kee.gr/perivallontiki/teacher4_2.html
- 17.http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge768e/E_OCEAN_ALBANAKIS/PDF/_KEF_6_PE_YMATA.pdf
- 18.<http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/42/papadimitrakis/LakesReservoirs.pdf>

19. http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/27/panagoulia/sentiment_reservoirs.pdf
20. http://en.wikipedia.org/wiki/Ekman_spiral
21. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9B%CE%B5%CE%BA%CE%AC%CE%BD%CE%B7%CE%B1%CF%80%CE%BF%CF%81%CF%81%CE%BF%CE%AE%CF%82>
22. <http://www.dhisoftware.com/Products/CoastAndSea/MIKE3/Hydrodynamics.aspx>
23. <http://www.life-trichonis.gr/drasi2.htm>
24. <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/temperature.htm>
25. http://www.fireservice.gr/pyr_ext_cms_files/dynamic/c43202/attach/3/10_el_GR.pdf
26. <https://www.zotero.org/carhogg/items/RQGCXHP7>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λυσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

Πίνακας 2: Συντεταγμένες ισοβαθών γραμμών εντός της λίμνης Λυσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'

Πίνακας 3: Συντεταγμένες τυχαίων σημείων εντός της λίμνης Λυσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'

Πίνακας 4: Στοιχεία εμβαδού μέτρησης με την μέθοδο ορθογωνίων συντεταγμένων.

ΣΧΕΔΙΟ

Πινάκας 1: Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λυσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y	A/A	X	Y
1	269014,40	4272622,47	56	269182,25	4272739,89
2	269020,14	4272632,38	57	269184,44	4272744,63
3	269024,56	4272640,60	58	269185,80	4272749,92
4	269025,81	4272646,16	59	269188,66	4272754,45
5	269024,67	4272651,81	60	269191,05	4272755,70
6	269022,91	4272655,33	61	269194,25	4272755,77
7	269019,26	4272662,25	62	269196,45	4272754,36
8	269019,03	4272664,43	63	269198,97	4272750,03
9	269020,16	4272665,77	64	269201,44	4272748,91
10	269024,50	4272666,99	65	269206,93	4272750,36
11	269031,31	4272668,33	66	269218,55	4272757,44
12	269036,61	4272671,01	67	269228,55	4272764,65
13	269040,43	4272675,13	68	269235,17	4272769,37
14	269043,06	4272680,60	69	269242,57	4272773,97
15	269044,27	4272686,14	70	269246,95	4272776,69
16	269044,38	4272692,01	71	269248,31	4272778,71
17	269043,45	4272697,14	72	269248,06	4272781,50
18	269041,79	4272701,88	73	269246,28	4272785,57
19	269039,21	4272707,57	74	269245,20	4272789,61
20	269037,48	4272711,28	75	269246,63	4272790,60
21	269035,66	4272715,50	76	269251,24	4272790,84
22	269034,14	4272719,62	77	269255,93	4272791,35
23	269032,93	4272724,13	78	269256,74	4272792,82
24	269032,93	4272729,47	79	269255,42	4272796,42
25	269034,00	4272731,16	80	269254,47	4272798,69
26	269035,92	4272732,11	81	269254,24	4272800,80
27	269041,55	4272732,69	82	269255,42	4272802,43
28	269047,12	4272733,31	83	269259,41	4272804,08
29	269052,30	4272735,73	84	269262,95	4272805,10
30	269056,79	4272738,60	85	269265,00	4272805,86
31	269061,39	4272739,69	86	269268,82	4272808,65
32	269069,93	4272738,33	87	269272,11	4272812,91
33	269078,43	4272737,23	88	269275,12	4272816,30
34	269085,83	4272738,27	89	269277,84	4272818,83
35	269091,72	4272739,79	90	269280,24	4272821,43
36	269100,52	4272741,67	91	269281,86	4272826,07
37	269106,45	4272741,28	92	269281,14	4272829,93
38	269110,70	4272739,00	93	269280,70	4272832,23
39	269114,37	4272734,79	94	269280,74	4272834,09
40	269118,70	4272730,76	95	269281,99	4272836,36
41	269121,19	4272730,66	96	269287,34	4272839,33
42	269123,72	4272731,80	97	269293,04	4272840,71
43	269127,83	4272734,68	98	269297,69	4272841,65
44	269131,31	4272736,93	99	269302,77	4272843,76
45	269133,69	4272737,51	100	269310,35	4272849,85
46	269135,62	4272736,38	101	269320,07	4272857,41
47	269138,05	4272732,56	102	269327,93	4272864,23
48	269140,70	4272729,87	103	269333,09	4272872,55
49	269145,64	4272729,61	104	269336,28	4272878,05
50	269151,27	4272730,27	105	269340,24	4272882,18
51	269156,72	4272730,57	106	269346,46	4272885,90
52	269162,52	4272730,95	107	269354,91	4272889,84
53	269168,39	4272731,94	108	269358,92	4272892,98
54	269173,06	4272733,44	109	269363,16	4272898,03
55	269177,98	4272735,99	110	269366,21	4272901,57

Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λουσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y
111	269370,52	4272905,07
112	269375,57	4272906,04
113	269380,98	4272904,04
114	269383,45	4272903,72
115	269385,46	4272904,66
116	269389,50	4272909,39
117	269393,06	4272913,28
118	269398,13	4272915,19
119	269403,90	4272915,97
120	269409,06	4272917,47
121	269413,77	4272920,18
122	269417,55	4272924,03
123	269421,43	4272929,87
124	269426,41	4272938,33
125	269430,98	4272945,87
126	269432,42	4272948,53
127	269434,71	4272953,85
128	269436,42	4272958,53
129	269438,54	4272962,19
130	269440,50	4272964,29
131	269442,06	4272964,99
132	269444,17	4272963,79
133	269446,16	4272960,48
134	269448,17	4272956,41
135	269450,52	4272952,68
136	269453,31	4272949,75
137	269456,63	4272947,45
138	269467,57	4272943,87
139	269476,91	4272942,57
140	269484,24	4272942,75
141	269489,96	4272943,72
142	269495,93	4272945,70
143	269500,14	4272949,16
144	269500,68	4272951,60
145	269499,86	4272956,58
146	269501,86	4272957,57
147	269510,12	4272957,63
148	269516,34	4272957,61
149	269525,19	4272959,01
150	269534,69	4272963,86
151	269539,27	4272967,78
152	269542,58	4272972,00
153	269544,79	4272977,29
154	269546,72	4272993,20
155	269549,48	4272997,80
156	269553,92	4273001,40
157	269558,66	4273002,99
158	269570,10	4273003,12
159	269575,01	4273004,35
160	269579,41	4273007,22
161	269591,63	4273019,13
162	269595,54	4273021,85
163	269601,54	4273024,78
164	269607,21	4273026,42
165	269612,83	4273026,13

A/A	X	Y
166	269614,86	4273024,72
167	269618,89	4273017,72
168	269620,92	4273016,68
169	269623,56	4273016,31
170	269629,34	4273017,37
171	269639,91	4273022,54
172	269644,63	4273021,06
173	269649,49	4273017,92
174	269655,14	4273015,06
175	269660,97	4273013,71
176	269666,41	4273013,68
177	269672,39	4273014,99
178	269677,78	4273017,60
179	269681,95	4273020,98
180	269688,87	4273030,01
181	269693,14	4273031,93
182	269699,13	4273031,17
183	269704,23	4273030,11
184	269710,65	4273030,09
185	269721,07	4273031,55
186	269726,04	4273030,48
187	269730,39	4273027,71
188	269734,59	4273023,00
189	269737,63	4273018,15
190	269741,46	4273014,72
191	269747,03	4273014,24
192	269752,02	4273012,99
193	269759,29	4273005,06
194	269761,34	4273004,87
195	269763,69	4273005,68
196	269774,20	4273011,46
197	269780,07	4273012,22
198	269796,05	4273011,16
199	269806,65	4273014,30
200	269817,34	4273019,12
201	269821,80	4273020,63
202	269827,24	4273021,17
203	269839,62	4273018,54
204	269848,17	4273017,51
205	269859,51	4273017,60
206	269870,26	4273014,89
207	269875,44	4273015,36
208	269884,54	4273021,49
209	269887,20	4273021,40
210	269893,62	4273016,61
211	269899,05	4273014,49
212	269904,36	4273014,18
213	269910,29	4273015,24
214	269920,03	4273019,30
215	269928,99	4273025,79
216	269933,26	4273027,77
217	269938,74	4273028,10
218	269956,03	4273023,49
219	269960,09	4273023,82
220	269969,56	4273030,20

Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λουσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y
221	269974,40	4273032,73
222	269979,73	4273033,43
223	269982,86	4273032,37
224	269984,87	4273030,25
225	269987,83	4273025,39
226	269989,88	4273024,47
227	269992,89	4273025,11
228	269994,81	4273024,84
229	269996,23	4273018,91
230	269997,86	4273017,17
231	270000,34	4273016,71
232	270010,10	4273017,98
233	270015,94	4273017,63
234	270017,37	4273016,38
235	270017,78	4273013,83
236	270017,68	4273008,07
237	270020,12	4273002,97
238	270028,32	4272994,87
239	270032,37	4272990,82
240	270036,16	4272988,13
241	270041,35	4272987,34
242	270046,81	4272988,61
243	270052,12	4272990,94
244	270061,11	4272996,45
245	270065,42	4273000,38
246	270068,80	4273004,51
247	270069,92	4273007,29
248	270069,38	4273009,47
249	270061,25	4273017,07
250	270059,48	4273023,07
251	270060,69	4273028,21
252	270064,06	4273031,79
253	270069,25	4273033,14
254	270075,18	4273032,93
255	270088,20	4273030,70
256	270094,40	4273028,48
257	270097,67	4273025,67
258	270098,22	4273021,27
259	270095,33	4273010,04
260	270095,91	4273004,68
261	270097,96	4272999,49
262	270101,26	4272994,57
263	270109,60	4272986,87
264	270118,77	4272981,73
265	270128,77	4272977,70
266	270139,49	4272974,90
267	270150,54	4272974,58
268	270156,04	4272975,72
269	270161,14	4272977,90
270	270169,59	4272984,76
271	270175,48	4272993,86
272	270178,97	4273004,05
273	270180,44	4273010,04
274	270180,49	4273012,67
275	270179,58	4273014,90

A/A	X	Y
276	270172,36	4273018,74
277	270170,73	4273020,74
278	270170,02	4273024,64
279	270168,03	4273034,29
280	270169,25	4273035,55
281	270171,55	4273035,53
282	270175,61	4273034,58
283	270181,89	4273032,30
284	270186,92	4273028,99
285	270188,18	4273027,10
286	270188,72	4273024,50
287	270187,82	4273018,81
288	270188,11	4273016,75
289	270189,61	4273015,84
290	270196,12	4273015,80
291	270202,30	4273015,41
292	270204,71	4273013,96
293	270206,16	4273010,87
294	270207,01	4273008,71
295	270208,63	4273007,82
296	270213,99	4273009,46
297	270225,47	4273011,11
298	270227,12	4273012,67
299	270229,70	4273017,79
300	270232,13	4273019,55
301	270237,97	4273020,09
302	270243,62	4273017,52
303	270247,00	4273012,02
304	270249,09	4273007,99
305	270250,86	4273006,85
306	270253,17	4273006,50
307	270258,83	4273006,90
308	270265,15	4273006,48
309	270267,56	4273005,25
310	270269,75	4273002,88
311	270270,59	4273000,61
312	270270,35	4272997,71
313	270269,66	4272995,01
314	270269,92	4272992,78
315	270274,21	4272989,36
316	270279,37	4272986,09
317	270285,69	4272977,41
318	270290,13	4272974,92
319	270295,67	4272974,20
320	270307,15	4272975,94
321	270317,19	4272978,30
322	270322,66	4272978,13
323	270331,31	4272974,66
324	270333,70	4272975,01
325	270336,83	4272979,17
326	270338,83	4272980,48
327	270340,87	4272980,03
328	270346,00	4272976,66
329	270352,38	4272973,35
330	270359,43	4272972,06

Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λουσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y
331	270365,82	4272972,54
332	270372,14	4272974,84
333	270376,06	4272978,09
334	270378,09	4272982,86
335	270377,81	4272988,03
336	270378,43	4272993,27
337	270381,19	4272997,40
338	270385,98	4273000,79
339	270392,03	4273003,04
340	270399,35	4273004,19
341	270405,93	4273004,06
342	270410,65	4273002,56
343	270411,58	4273001,20
344	270411,25	4272999,41
345	270404,16	4272990,16
346	270401,50	4272984,79
347	270402,05	4272979,84
348	270405,11	4272974,75
349	270413,10	4272966,08
350	270417,60	4272962,95
351	270421,96	4272961,98
352	270426,74	4272962,40
353	270441,11	4272965,39
354	270443,30	4272966,34
355	270445,04	4272968,06
356	270444,75	4272970,45
357	270443,50	4272972,43
358	270442,57	4272974,88
359	270444,08	4272976,80
360	270449,32	4272980,09
361	270450,53	4272982,01
362	270450,33	4272985,06
363	270448,88	4272987,55
364	270444,27	4272991,49
365	270445,87	4272993,07
366	270449,15	4272993,81
367	270456,40	4272991,27
368	270461,49	4272992,46
369	270466,37	4272994,70
370	270472,98	4272997,05
371	270478,69	4272997,82
372	270484,11	4272997,31
373	270488,81	4272995,56
374	270497,20	4272989,37
375	270503,00	4272986,67
376	270508,63	4272986,03
377	270513,57	4272986,86
378	270528,51	4272994,71
379	270534,22	4272995,67
380	270539,12	4272994,09
381	270545,73	4272984,86
382	270547,86	4272983,66
383	270550,50	4272984,05
384	270558,05	4272987,26
385	270560,68	4272987,33
386	270567,08	4272981,77

A/A	X	Y
387	270569,58	4272980,76
388	270577,48	4272982,74
389	270579,71	4272982,29
390	270589,41	4272975,93
391	270596,08	4272975,49
392	270601,68	4272975,90
393	270605,66	4272973,78
394	270606,90	4272971,74
395	270608,62	4272969,00
396	270610,64	4272967,91
397	270618,41	4272970,11
398	270620,28	4272968,55
399	270621,11	4272966,19
400	270621,89	4272962,36
401	270623,66	4272956,34
402	270626,26	4272953,04
403	270630,94	4272950,52
404	270638,02	4272949,46
405	270645,89	4272950,05
406	270654,35	4272951,37
407	270657,76	4272953,13
408	270660,55	4272955,02
409	270662,59	4272955,86
410	270662,88	4272953,48
411	270662,22	4272949,04
412	270662,39	4272946,83
413	270664,22	4272945,30
414	270666,57	4272945,14
415	270670,41	4272945,49
416	270675,79	4272945,36
417	270680,07	4272942,98
418	270684,85	4272939,48
419	270688,37	4272939,03
420	270694,93	4272940,51
421	270697,15	4272939,17
422	270697,77	4272936,74
423	270698,27	4272933,91
424	270699,25	4272931,87
425	270703,59	4272930,72
426	270709,01	4272931,74
427	270713,98	4272932,70
428	270720,85	4272932,55
429	270726,59	4272929,89
430	270728,23	4272927,89
431	270728,82	4272925,38
432	270727,77	4272920,65
433	270728,06	4272915,15
434	270731,26	4272910,39
435	270741,29	4272902,85
436	270751,71	4272897,69
437	270762,56	4272894,98
438	270773,69	4272895,42
439	270784,54	4272899,44
440	270799,42	4272908,71
441	270803,72	4272909,74
442	270807,78	4272907,62

Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λουσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y
443	270810,42	4272903,86
444	270815,09	4272893,87
445	270820,80	4272883,76
446	270826,34	4272878,21
447	270830,50	4272875,42
448	270839,81	4272871,42
449	270849,05	4272868,87
450	270871,76	4272861,06
451	270878,70	4272859,93
452	270882,67	4272860,40
453	270887,18	4272862,70
454	270893,33	4272868,15
455	270896,59	4272868,72
456	270901,14	4272866,41
457	270905,25	4272861,79
458	270908,17	4272855,78
459	270910,97	4272846,92
460	270914,35	4272843,02
461	270918,86	4272840,76
462	270930,00	4272838,85
463	270953,88	4272838,15
464	270959,04	4272836,90
465	270968,54	4272831,12
466	270973,44	4272828,99
467	270978,45	4272828,42
468	270984,55	4272829,21
469	270994,36	4272832,74
470	271003,32	4272837,36
471	271008,70	4272839,53
472	271015,52	4272840,07
473	271023,22	4272838,22
474	271027,88	4272836,39
475	271032,95	4272834,18
476	271043,41	4272829,86
477	271055,97	4272824,43
478	271061,90	4272822,55
479	271066,98	4272822,29
480	271073,26	4272822,81
481	271077,91	4272821,80
482	271085,94	4272815,83
483	271090,65	4272815,88
484	271101,21	4272821,01
485	271107,32	4272823,96
486	271114,47	4272826,18
487	271116,85	4272826,28
488	271118,53	4272825,19
489	271118,23	4272822,49
490	271117,18	4272817,54
491	271118,14	4272815,40
492	271123,10	4272811,95
493	271125,86	4272807,15
494	271127,65	4272802,54
495	271132,47	4272799,70
496	271138,01	4272799,56
497	271144,76	4272802,05

A/A	X	Y
498	271153,44	4272807,39
499	271157,46	4272806,46
500	271167,73	4272800,30
501	271174,38	4272798,86
502	271185,10	4272798,90
503	271190,16	4272797,39
504	271193,06	4272793,92
505	271195,94	4272788,93
506	271200,21	4272785,22
507	271216,72	4272780,08
508	271220,62	4272777,19
509	271224,68	4272767,43
510	271228,27	4272763,51
511	271239,05	4272759,64
512	271242,35	4272756,23
513	271246,91	4272745,74
514	271250,63	4272742,32
515	271255,70	4272741,31
516	271267,25	4272740,30
517	271271,87	4272737,17
518	271275,09	4272733,31
519	271277,64	4272731,91
520	271280,11	4272731,71
521	271285,95	4272732,98
522	271292,56	4272735,19
523	271297,32	4272735,61
524	271298,62	4272734,09
525	271298,93	4272732,47
526	271298,99	4272726,32
527	271299,98	4272720,52
528	271303,44	4272716,73
529	271309,37	4272714,89
530	271315,47	4272715,26
531	271326,22	4272720,26
532	271330,85	4272720,74
533	271338,88	4272714,56
534	271344,88	4272711,65
535	271359,48	4272712,24
536	271361,01	4272711,00
537	271361,87	4272702,70
538	271363,20	4272700,16
539	271368,58	4272697,79
540	271374,51	4272696,12
541	271375,14	4272695,28
542	271375,02	4272693,85
543	271368,10	4272682,97
544	271366,30	4272676,56
545	271367,12	4272669,86
546	271369,99	4272663,89
547	271373,83	4272659,54
548	271379,56	4272656,30
549	271384,59	4272656,16
550	271389,80	4272658,97
551	271398,76	4272665,58
552	271402,67	4272665,76

Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λουσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y
553	271407,30	4272662,65
554	271410,89	4272658,29
555	271417,36	4272647,19
556	271425,21	4272626,82
557	271428,08	4272617,09
558	271429,98	4272606,06
559	271429,63	4272595,51
560	271420,65	4272560,91
561	271420,44	4272546,60
562	271423,40	4272534,97
563	271428,63	4272526,33
564	271440,01	4272510,94
565	271441,36	4272498,78
566	271439,62	4272481,97
567	271440,85	4272474,72
568	271445,74	4272467,22
569	271460,21	4272453,33
570	271472,71	4272435,45
571	271475,79	4272421,65
572	271470,68	4272402,92
573	271459,21	4272384,61
574	271458,18	4272367,64
575	271464,36	4272336,96
576	271470,75	4272327,87
577	271485,49	4272322,27
578	271503,75	4272319,15
579	271515,60	4272321,13
580	271517,65	4272326,68
581	271517,07	4272334,03
582	271515,72	4272338,78
583	271514,59	4272342,89
584	271516,69	4272345,97
585	271521,92	4272344,12
586	271528,24	4272340,24
587	271534,66	4272335,11
588	271539,57	4272329,83
589	271548,26	4272315,71
590	271555,67	4272306,52
591	271564,13	4272295,74
592	271566,92	4272284,53
593	271565,56	4272279,61
594	271560,94	4272280,20
595	271557,37	4272281,95
596	271553,53	4272281,70
597	271553,66	4272278,30
598	271555,65	4272272,11
599	271559,11	4272265,19
600	271562,68	4272263,18
601	271566,67	4272264,85
602	271571,03	4272267,30
603	271573,59	4272267,09
604	271576,13	4272257,18
605	271580,03	4272251,30
606	271580,29	4272244,28
607	271577,43	4272240,80

A/A	X	Y
608	271567,73	4272237,20
609	271562,74	4272234,83
610	271559,50	4272232,20
611	271555,70	4272225,42
612	271555,42	4272215,68
613	271557,71	4272211,80
614	271565,38	4272207,57
615	271570,77	4272203,16
616	271573,84	4272197,98
617	271575,67	4272195,56
618	271577,60	4272195,90
619	271579,82	4272198,79
620	271585,09	4272205,08
621	271588,85	4272205,56
622	271593,26	4272202,88
623	271597,58	4272196,27
624	271598,65	4272189,36
625	271596,12	4272183,28
626	271590,64	4272180,73
627	271583,38	4272180,22
628	271581,65	4272177,96
629	271582,80	4272173,71
630	271587,37	4272165,94
631	271598,48	4272149,60
632	271602,01	4272142,52
633	271603,74	4272132,09
634	271603,46	4272121,97
635	271606,78	4272118,19
636	271611,61	4272116,56
637	271617,97	4272117,93
638	271622,84	4272120,21
639	271627,29	4272119,80
640	271631,99	4272115,55
641	271634,72	4272110,43
642	271635,59	4272105,48
643	271634,66	4272099,55
644	271631,44	4272092,40
645	271624,64	4272081,17
646	271619,99	4272070,90
647	271618,72	4272063,02
648	271619,30	4272056,73
649	271622,47	4272049,18
650	271628,20	4272043,57
651	271634,48	4272040,75
652	271640,45	4272040,93
653	271641,83	4272042,98
654	271642,47	4272047,28
655	271643,99	4272055,04
656	271646,85	4272059,44
657	271651,44	4272062,91
658	271654,97	4272063,56
659	271657,96	4272061,70
660	271660,29	4272056,12
661	271660,59	4272047,01
662	271659,31	4272041,95

Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λουσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y
663	271656,67	4272033,70
664	271656,23	4272028,78
665	271657,62	4272022,22
666	271660,63	4272019,41
667	271666,60	4272019,34
668	271671,46	4272019,81
669	271674,78	4272019,06
670	271678,15	4272014,50
671	271681,42	4272006,83
672	271685,01	4272002,77
673	271692,05	4272000,04
674	271700,57	4272000,46
675	271706,86	4272001,10
676	271710,66	4271997,22
677	271709,88	4271992,05
678	271712,08	4271987,15
679	271717,54	4271986,93
680	271725,11	4271988,89
681	271729,66	4271992,57
682	271731,72	4271996,68
683	271732,03	4272001,23
684	271730,87	4272004,33
685	271728,90	4272006,09
686	271724,94	4272006,98
687	271720,82	4272007,41
688	271719,06	4272008,97
689	271719,55	4272011,92
690	271721,14	4272014,86
691	271724,99	4272020,46
692	271730,43	4272021,83
693	271737,30	4272022,05
694	271745,23	4272021,26
695	271746,60	4272019,56
696	271746,26	4272015,13
697	271748,88	4272013,87
698	271753,89	4272015,09
699	271758,52	4272020,19
700	271760,97	4272021,79
701	271765,78	4272023,13
702	271773,56	4272026,99
703	271776,46	4272032,19
704	271776,70	4272037,45
705	271774,86	4272044,77
706	271771,03	4272052,66
707	271766,76	4272058,98
708	271759,31	4272067,30
709	271750,00	4272079,31
710	271747,44	4272087,93
711	271747,14	4272097,17
712	271749,87	4272107,53
713	271756,31	4272115,06
714	271764,34	4272118,65
715	271771,23	4272119,87
716	271781,73	4272120,07
717	271791,00	4272119,24

A/A	X	Y
718	271798,10	4272117,73
719	271800,56	4272116,68
720	271796,08	4272115,22
721	271787,31	4272111,95
722	271783,53	4272108,48
723	271782,13	4272102,47
724	271782,98	4272097,74
725	271786,58	4272090,95
726	271792,73	4272085,39
727	271800,74	4272079,40
728	271808,95	4272073,97
729	271815,46	4272074,06
730	271824,91	4272080,02
731	271835,62	4272095,47
732	271839,49	4272108,34
733	271838,23	4272116,04
734	271832,84	4272120,51
735	271824,28	4272125,06
736	271821,86	4272130,24
737	271822,81	4272135,78
738	271828,19	4272140,59
739	271833,51	4272141,49
740	271843,41	4272139,62
741	271851,10	4272137,83
742	271854,69	4272129,85
743	271859,73	4272122,98
744	271866,48	4272116,80
745	271872,59	4272111,60
746	271875,10	4272107,75
747	271874,01	4272102,22
748	271866,43	4272099,62
749	271862,16	4272089,80
750	271862,62	4272086,05
751	271865,71	4272081,13
752	271869,31	4272083,25
753	271875,80	4272092,87
754	271882,86	4272099,89
755	271891,47	4272097,46
756	271897,73	4272088,72
757	271899,07	4272070,08
758	271899,77	4272052,61
759	271902,99	4272047,04
760	271911,47	4272044,24
761	271924,97	4272041,26
762	271925,62	4272034,96
763	271922,59	4272025,94
764	271921,68	4272015,90
765	271922,69	4272004,87
766	271918,65	4271992,11
767	271914,70	4271981,55
768	271919,24	4271967,88
769	271924,18	4271952,89
770	271928,98	4271947,65
771	271934,49	4271945,31
772	271941,94	4271947,63

Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λουσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y
773	271943,19	4271952,81
774	271946,37	4271959,87
775	271951,08	4271958,33
776	271958,77	4271954,85
777	271957,84	4271949,38
778	271949,76	4271946,75
779	271945,19	4271941,41
780	271948,92	4271933,20
781	271954,09	4271930,90
782	271960,42	4271932,47
783	271965,39	4271932,90
784	271971,76	4271927,19
785	271974,30	4271920,94
786	271977,14	4271910,29
787	271989,56	4271895,55
788	271992,28	4271887,68
789	271991,96	4271870,02
790	271995,29	4271861,53
791	272003,95	4271854,43
792	272013,47	4271851,64
793	272019,20	4271853,26
794	272020,14	4271857,80
795	272018,61	4271866,64
796	272018,66	4271873,60
797	272021,72	4271876,34
798	272026,75	4271876,73
799	272031,61	4271875,45
800	272036,97	4271870,87
801	272039,44	4271865,16
802	272042,33	4271849,93
803	272041,24	4271842,08
804	272038,35	4271835,04
805	272038,66	4271827,41
806	272054,01	4271820,07
807	272058,43	4271812,76
808	272057,89	4271805,43
809	272061,13	4271794,63
810	272064,45	4271787,17
811	272067,54	4271782,79
812	272070,66	4271780,96
813	272077,72	4271784,15
814	272084,41	4271785,98
815	272091,58	4271780,45
816	272090,92	4271776,05
817	272085,49	4271774,42
818	272076,30	4271772,50
819	272068,88	4271768,57
820	272065,39	4271762,49
821	272071,54	4271753,29
822	272076,52	4271744,96
823	272080,14	4271741,17
824	272086,06	4271737,96
825	272090,18	4271733,68
826	272090,11	4271728,61
827	272087,90	4271718,92

A/A	X	Y
828	272087,37	4271711,38
829	272092,54	4271703,75
830	272097,65	4271700,80
831	272100,58	4271698,22
832	272097,32	4271692,64
833	272091,04	4271684,83
834	272085,98	4271678,55
835	272085,62	4271673,93
836	272084,64	4271663,76
837	272081,73	4271652,51
838	272083,34	4271649,69
839	272089,04	4271645,45
840	272092,42	4271642,59
841	272095,02	4271638,07
842	272095,46	4271631,15
843	272093,91	4271626,35
844	272090,71	4271622,30
845	272085,14	4271619,02
846	272079,78	4271616,19
847	272076,55	4271612,73
848	272075,25	4271606,79
849	272076,30	4271602,34
850	272080,10	4271598,03
851	272085,54	4271595,28
852	272090,76	4271592,56
853	272089,73	4271588,42
854	272082,40	4271582,57
855	272075,83	4271577,55
856	272070,77	4271572,47
857	272067,62	4271564,26
858	272069,72	4271559,10
859	272074,78	4271553,25
860	272080,06	4271547,90
861	272086,52	4271538,65
862	272087,29	4271529,08
863	272084,08	4271523,26
864	272080,26	4271521,07
865	272071,67	4271519,69
866	272060,73	4271514,82
867	272053,83	4271506,85
868	272054,44	4271495,46
869	272058,62	4271481,47
870	272065,70	4271469,92
871	272076,92	4271454,43
872	272081,96	4271445,40
873	272084,87	4271436,45
874	272085,53	4271422,66
875	272086,56	4271407,66
876	272086,73	4271398,84
877	272083,86	4271392,28
878	272075,39	4271386,91
879	272073,79	4271381,68
880	272076,36	4271370,85
881	272079,02	4271362,54
882	272078,56	4271356,80

Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λουσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y
883	272075,34	4271353,10
884	272069,46	4271350,25
885	272060,44	4271350,10
886	272052,44	4271353,66
887	272042,65	4271360,55
888	272037,24	4271362,60
889	272028,81	4271361,53
890	272017,98	4271352,66
891	272012,66	4271354,68
892	272001,14	4271363,41
893	271996,34	4271361,21
894	271991,08	4271355,51
895	271987,71	4271353,58
896	271983,52	4271352,97
897	271976,34	4271352,15
898	271972,95	4271349,49
899	271971,01	4271344,39
900	271971,95	4271337,87
901	271971,47	4271333,28
902	271968,09	4271331,32
903	271961,32	4271331,22
904	271955,82	4271336,97
905	271954,96	4271349,40
906	271950,54	4271355,65
907	271942,33	4271358,16
908	271935,64	4271356,90
909	271931,09	4271351,16
910	271931,04	4271345,49
911	271934,11	4271337,29
912	271934,01	4271332,46
913	271926,16	4271333,55
914	271921,09	4271340,89
915	271915,16	4271342,04
916	271912,33	4271339,81
917	271908,94	4271330,47
918	271905,56	4271329,16
919	271900,08	4271333,65
920	271900,36	4271337,87
921	271899,14	4271342,04
922	271891,67	4271339,64
923	271890,89	4271334,44
924	271894,03	4271327,53
925	271890,06	4271324,98
926	271881,31	4271325,49
927	271872,58	4271330,39
928	271867,44	4271335,36
929	271858,88	4271334,88
930	271848,14	4271344,19
931	271838,21	4271344,28
932	271825,91	4271334,71
933	271814,11	4271327,90
934	271790,09	4271329,48
935	271776,11	4271322,10
936	271768,37	4271322,59
937	271756,87	4271328,93

A/A	X	Y
938	271737,91	4271327,61
939	271732,64	4271329,49
940	271728,59	4271340,17
941	271723,37	4271341,00
942	271689,93	4271336,44
943	271686,98	4271339,14
944	271684,31	4271346,23
945	271671,69	4271335,09
946	271658,97	4271331,79
947	271646,17	4271338,80
948	271637,73	4271345,80
949	271631,35	4271360,98
950	271623,27	4271361,92
951	271604,11	4271347,88
952	271588,62	4271342,52
953	271577,37	4271341,24
954	271570,35	4271351,87
955	271564,11	4271353,71
956	271545,71	4271347,06
957	271519,16	4271357,14
958	271506,06	4271361,85
959	271488,43	4271375,48
960	271463,68	4271378,24
961	271439,87	4271363,00
962	271433,02	4271356,36
963	271423,16	4271349,30
964	271419,31	4271367,27
965	271408,34	4271367,95
966	271381,24	4271345,52
967	271370,26	4271334,29
968	271361,98	4271331,96
969	271354,29	4271345,25
970	271344,76	4271345,61
971	271324,29	4271335,47
972	271311,82	4271316,85
973	271310,65	4271303,35
974	271303,53	4271299,31
975	271301,97	4271284,52
976	271292,92	4271272,64
977	271288,34	4271261,54
978	271272,80	4271254,56
979	271260,14	4271263,16
980	271254,66	4271220,46
981	271239,32	4271200,47
982	271245,30	4271186,79
983	271273,32	4271178,89
984	271276,01	4271161,58
985	271257,37	4271161,15
986	271260,74	4271148,79
987	271278,42	4271128,89
988	271299,04	4271118,11
989	271330,18	4271099,45
990	271360,15	4271089,73
991	271395,95	4271075,18
992	271411,25	4271087,46

Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λουσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y
993	271438,08	4271062,37
994	271445,02	4271074,81
995	271457,97	4271062,21
996	271474,52	4271063,78
997	271493,56	4271058,64
998	271509,13	4271061,00
999	271520,40	4271076,42
1000	271524,06	4271064,16
1001	271540,20	4271059,27
1002	271556,04	4271043,45
1003	271579,86	4271036,27
1004	271601,75	4271044,97
1005	271609,60	4271065,20
1006	271653,88	4271038,63
1007	271667,21	4271037,89
1008	271680,40	4271040,35
1009	271690,66	4271020,19
1010	271711,91	4271012,45
1011	271727,67	4271025,39
1012	271739,24	4271023,05
1013	271744,76	4270989,54
1014	271766,65	4270986,93
1015	271778,32	4270978,05
1016	271792,64	4270974,49
1017	271797,91	4270969,62
1018	271801,33	4270961,70
1019	271812,32	4270955,26
1020	271815,91	4270939,73
1021	271832,91	4270935,86
1022	271844,56	4270931,87
1023	271855,88	4270932,31
1024	271864,74	4270937,13
1025	271872,93	4270939,03
1026	271881,79	4270932,69
1027	271888,43	4270930,23
1028	271900,93	4270935,59
1029	271908,94	4270935,58
1030	271914,07	4270929,15
1031	271931,83	4270924,10
1032	271942,34	4270916,85
1033	271952,25	4270915,78
1034	271964,80	4270919,18
1035	271983,07	4270923,42
1036	271994,05	4270916,90
1037	272000,33	4270912,35
1038	272014,10	4270907,28
1039	272038,06	4270907,78
1040	272050,65	4270903,05
1041	272048,95	4270895,25
1042	272048,60	4270888,43
1043	272060,60	4270883,39
1044	272073,72	4270874,36
1045	272096,59	4270857,13
1046	272103,52	4270842,49
1047	272110,89	4270840,73

A/A	X	Y
1048	272115,73	4270845,14
1049	272119,55	4270827,80
1050	272142,50	4270811,86
1051	272163,17	4270804,26
1052	272170,93	4270787,26
1053	272186,11	4270772,16
1054	272202,76	4270762,66
1055	272226,71	4270758,71
1056	272244,33	4270761,62
1057	272266,08	4270771,31
1058	272273,80	4270772,19
1059	272284,41	4270767,94
1060	272289,91	4270771,00
1061	272293,10	4270764,97
1062	272296,63	4270762,61
1063	272311,29	4270762,45
1064	272314,32	4270759,89
1065	272317,42	4270749,25
1066	272336,82	4270738,07
1067	272342,48	4270737,86
1068	272352,88	4270743,29
1069	272357,16	4270742,69
1070	272362,02	4270737,88
1071	272362,50	4270735,22
1072	272359,04	4270734,17
1073	272355,34	4270733,32
1074	272351,66	4270728,70
1075	272352,35	4270725,87
1076	272357,15	4270722,73
1077	272354,88	4270717,07
1078	272364,97	4270709,08
1079	272371,90	4270699,78
1080	272377,15	4270695,67
1081	272389,15	4270692,64
1082	272399,42	4270695,63
1083	272404,98	4270700,05
1084	272414,64	4270702,29
1085	272417,53	4270697,70
1086	272417,13	4270693,21
1087	272412,38	4270688,24
1088	272409,96	4270686,55
1089	272409,72	4270684,19
1090	272414,68	4270678,26
1091	272414,55	4270674,96
1092	272406,33	4270664,44
1093	272405,45	4270661,21
1094	272407,44	4270652,82
1095	272406,89	4270649,80
1096	272403,30	4270643,82
1097	272402,47	4270639,25
1098	272410,52	4270624,30
1099	272412,41	4270615,26
1100	272414,45	4270596,82
1101	272419,02	4270585,19
1102	272419,83	4270580,44

Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λουσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y
1103	272418,64	4270576,18
1104	272409,27	4270566,24
1105	272408,95	4270562,52
1106	272414,79	4270554,44
1107	272416,98	4270549,27
1108	272415,44	4270546,11
1109	272389,28	4270528,68
1110	272385,26	4270512,36
1111	272381,77	4270495,40
1112	272372,54	4270482,56
1113	272348,07	4270464,13
1114	272343,04	4270458,09
1115	272341,31	4270452,43
1116	272340,04	4270435,26
1117	272338,39	4270428,72
1118	272333,01	4270417,25
1119	272328,79	4270403,67
1120	272328,73	4270397,90
1121	272331,69	4270390,49
1122	272337,99	4270385,02
1123	272345,83	4270379,19
1124	272348,58	4270375,17
1125	272345,73	4270369,75
1126	272334,44	4270358,09
1127	272320,88	4270343,25
1128	272318,54	4270335,76
1129	272320,68	4270322,58
1130	272321,22	4270317,08
1131	272319,00	4270308,89
1132	272312,98	4270299,54
1133	272305,77	4270288,65
1134	272302,91	4270275,26
1135	272304,45	4270263,72
1136	272313,91	4270226,16
1137	272313,79	4270207,45
1138	272302,53	4270177,97
1139	272303,06	4270139,52
1140	272283,88	4270100,12
1141	272282,79	4270034,61
1142	272296,11	4269982,97
1143	272294,20	4269970,24
1144	272284,85	4269956,17
1145	272288,75	4269935,08
1146	272288,00	4269913,90
1147	272280,98	4269893,58
1148	272273,05	4269861,43
1149	272263,24	4269815,95
1150	272259,84	4269803,34
1151	272272,14	4269793,50
1152	272288,95	4269791,75
1153	272310,12	4269800,29
1154	272317,76	4269814,07
1155	272321,23	4269836,12
1156	272328,33	4269849,28
1157	272345,11	4269857,80

A/A	X	Y
1158	272363,67	4269867,23
1159	272369,19	4269906,39
1160	272381,00	4269922,06
1161	272416,98	4269952,73
1162	272427,85	4269970,71
1163	272424,41	4269983,43
1164	272422,37	4269998,00
1165	272460,76	4270099,62
1166	272462,85	4270138,24
1167	272467,04	4270139,94
1168	272478,16	4270136,49
1169	272484,35	4270142,79
1170	272518,98	4270228,30
1171	272556,19	4270289,13
1172	272605,92	4270331,10
1173	272622,08	4270352,76
1174	272618,70	4270378,35
1175	272628,42	4270394,38
1176	272664,28	4270405,73
1177	272679,59	4270411,27
1178	272681,70	4270423,75
1179	272676,44	4270456,42
1180	272692,74	4270462,05
1181	272733,49	4270469,90
1182	272749,10	4270463,97
1183	272766,83	4270468,51
1184	272776,24	4270480,68
1185	272778,72	4270497,27
1186	272796,61	4270498,80
1187	272802,86	4270491,19
1188	272819,86	4270484,81
1189	272833,70	4270496,25
1190	272844,49	4270495,79
1191	272848,41	4270486,45
1192	272854,04	4270484,28
1193	272866,02	4270486,23
1194	272881,72	4270483,90
1195	272934,35	4270448,66
1196	272981,35	4270418,77
1197	273093,13	4270399,12
1198	273118,77	4270402,52
1199	273178,32	4270385,71
1200	273221,62	4270397,17
1201	273241,15	4270392,64
1202	273262,65	4270413,96
1203	273270,10	4270410,75
1204	273279,88	4270395,76
1205	273323,60	4270381,96
1206	273362,03	4270383,19
1207	273380,59	4270373,40
1208	273390,52	4270342,34
1209	273403,49	4270327,63
1210	273431,41	4270307,27
1211	273474,45	4270223,73
1212	273475,08	4270200,70

Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λουσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y
1213	273488,62	4270190,07
1214	273487,01	4270175,83
1215	273474,36	4270165,46
1216	273472,32	4270127,45
1217	273489,48	4270113,28
1218	273486,01	4270103,95
1219	273474,63	4270099,60
1220	273476,59	4270079,21
1221	273465,07	4270066,11
1222	273450,23	4270039,05
1223	273422,44	4270008,79
1224	273399,91	4270002,50
1225	273386,50	4269995,19
1226	273367,80	4270007,05
1227	273354,15	4270010,49
1228	273334,51	4270003,18
1229	273329,99	4269981,55
1230	273313,67	4269973,87
1231	273310,22	4269951,17
1232	273323,65	4269923,57
1233	273344,05	4269915,43
1234	273333,78	4269908,04
1235	273337,08	4269893,37
1236	273347,67	4269882,11
1237	273358,59	4269874,70
1238	273378,03	4269876,70
1239	273373,25	4269870,52
1240	273380,05	4269866,19
1241	273397,00	4269867,35
1242	273412,15	4269863,84
1243	273430,57	4269853,47
1244	273442,04	4269854,85
1245	273448,69	4269862,97
1246	273458,24	4269858,01
1247	273467,46	4269840,41
1248	273489,09	4269799,03
1249	273503,17	4269781,13
1250	273503,32	4269771,07
1251	273492,90	4269761,01
1252	273489,75	4269727,12
1253	273475,91	4269704,86
1254	273459,94	4269680,17
1255	273469,38	4269643,71
1256	273477,78	4269637,58
1257	273492,79	4269639,26
1258	273496,67	4269633,27
1259	273491,06	4269627,66
1260	273490,42	4269621,89
1261	273499,61	4269612,17
1262	273507,12	4269598,81
1263	273524,48	4269586,76
1264	273540,29	4269588,86
1265	273552,37	4269597,30
1266	273566,11	4269592,52
1267	273570,73	4269578,52

A/A	X	Y
1268	273579,99	4269569,59
1269	273588,18	4269569,07
1270	273601,74	4269573,84
1271	273607,96	4269563,41
1272	273607,64	4269554,55
1273	273609,59	4269550,17
1274	273622,85	4269542,87
1275	273621,33	4269535,45
1276	273614,71	4269530,78
1277	273613,76	4269528,48
1278	273626,63	4269522,90
1279	273629,45	4269514,10
1280	273622,02	4269507,61
1281	273614,23	4269499,23
1282	273615,20	4269482,53
1283	273614,43	4269450,67
1284	273615,14	4269426,24
1285	273612,14	4269417,44
1286	273594,41	4269392,73
1287	273585,82	4269359,59
1288	273572,41	4269339,28
1289	273552,57	4269318,37
1290	273551,51	4269316,67
1291	273543,74	4269288,66
1292	273536,83	4269256,12
1293	273524,10	4269233,87
1294	273514,24	4269214,49
1295	273510,45	4269193,11
1296	273492,02	4269165,90
1297	273482,15	4269128,90
1298	273472,25	4269107,44
1299	273463,52	4269087,04
1300	273470,55	4269070,70
1301	273495,84	4269042,66
1302	273503,86	4269025,69
1303	273502,25	4269011,70
1304	273495,81	4269001,53
1305	273503,30	4268986,83
1306	273519,00	4268966,65
1307	273522,07	4268956,34
1308	273519,68	4268951,78
1309	273503,22	4268941,47
1310	273498,57	4268929,79
1311	273495,04	4268906,01
1312	273490,44	4268894,16
1313	273478,32	4268880,03
1314	273459,91	4268859,07
1315	273452,16	4268822,36
1316	273446,46	4268782,72
1317	273429,19	4268777,30
1318	273418,12	4268764,87
1319	273416,25	4268742,30
1320	273425,30	4268731,14
1321	273432,25	4268725,25
1322	273429,58	4268717,00

Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λουσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y
1323	273418,69	4268705,08
1324	273398,68	4268681,84
1325	273383,76	4268652,08
1326	273381,77	4268619,49
1327	273379,25	4268596,55
1328	273367,89	4268581,20
1329	273328,93	4268554,11
1330	273319,08	4268541,02
1331	273314,58	4268518,13
1332	273304,90	4268510,37
1333	273288,91	4268511,33
1334	273282,45	4268526,41
1335	273249,83	4268513,92
1336	273225,39	4268511,48
1337	273182,76	4268521,47
1338	273069,66	4268548,05
1339	273050,09	4268545,00
1340	273039,87	4268533,74
1341	273035,57	4268526,46
1342	273014,81	4268540,70
1343	272959,38	4268567,26
1344	272902,08	4268570,93
1345	272797,62	4268585,54
1346	272752,12	4268582,32
1347	272730,42	4268595,61
1348	272718,23	4268622,90
1349	272704,27	4268628,76
1350	272682,81	4268619,01
1351	272652,58	4268611,21
1352	272600,75	4268620,17
1353	272555,37	4268640,99
1354	272504,64	4268648,90
1355	272431,83	4268659,78
1356	272336,22	4268653,41
1357	272201,74	4268630,51
1358	272179,98	4268629,35
1359	272093,70	4268643,44
1360	272065,71	4268654,68
1361	272022,92	4268688,83
1362	271984,96	4268715,84
1363	271953,67	4268766,07
1364	271950,15	4268781,72
1365	271953,37	4268844,64
1366	271963,70	4268863,96
1367	271975,82	4268884,62
1368	271967,43	4268933,25
1369	271960,90	4268943,60
1370	271941,95	4268953,06
1371	271931,83	4268963,20
1372	271879,81	4269022,63
1373	271831,87	4269059,82
1374	271769,38	4269170,47
1375	271750,04	4269239,87
1376	271725,76	4269284,51
1377	271721,28	4269317,87

A/A	X	Y
1378	271707,15	4269334,29
1379	271699,13	4269362,67
1380	271682,18	4269372,10
1381	271694,95	4269374,99
1382	271684,85	4269389,27
1383	271675,61	4269408,58
1384	271653,57	4269509,39
1385	271633,69	4269538,05
1386	271631,66	4269560,06
1387	271637,48	4269579,78
1388	271618,55	4269599,46
1389	271617,22	4269648,89
1390	271585,85	4269701,31
1391	271527,53	4269785,66
1392	271499,04	4269806,76
1393	271463,74	4269840,47
1394	271448,55	4269879,66
1395	271432,72	4269896,28
1396	271430,23	4269908,06
1397	271446,97	4269932,76
1398	271441,56	4269974,94
1399	271427,95	4269980,56
1400	271437,84	4270012,92
1401	271427,18	4270021,31
1402	271417,05	4270017,75
1403	271404,30	4270004,90
1404	271399,69	4270015,06
1405	271393,42	4270028,86
1406	271372,46	4270024,39
1407	271344,47	4270023,43
1408	271337,90	4269996,59
1409	271303,20	4269988,10
1410	271281,03	4269990,81
1411	271252,47	4269989,79
1412	271231,44	4269996,42
1413	271187,14	4270008,03
1414	271153,71	4270017,98
1415	271127,24	4270036,57
1416	271101,58	4270033,64
1417	271085,58	4270045,64
1418	271072,38	4270062,11
1419	271036,76	4270076,88
1420	271010,62	4270091,77
1421	270897,52	4270131,88
1422	270861,39	4270152,32
1423	270747,98	4270168,11
1424	270603,34	4270199,67
1425	270561,14	4270199,44
1426	270487,81	4270218,68
1427	270462,46	4270214,86
1428	270441,85	4270221,48
1429	270440,07	4270238,41
1430	270417,63	4270244,47
1431	270395,74	4270259,15
1432	270389,73	4270284,48

Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λουσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y
1433	270386,70	4270302,05
1434	270377,08	4270317,73
1435	270342,56	4270316,29
1436	270332,13	4270299,11
1437	270318,90	4270310,14
1438	270303,18	4270325,30
1439	270271,65	4270344,98
1440	270199,26	4270355,81
1441	270158,58	4270342,24
1442	270132,69	4270352,00
1443	270111,02	4270376,21
1444	270108,83	4270401,35
1445	270119,56	4270434,95
1446	270102,16	4270467,07
1447	270092,34	4270485,20
1448	270101,93	4270504,86
1449	270096,72	4270522,84
1450	270076,11	4270539,54
1451	270057,82	4270539,20
1452	270043,09	4270564,63
1453	270020,82	4270581,52
1454	270008,31	4270575,46
1455	269977,35	4270601,51
1456	269965,81	4270621,02
1457	269938,64	4270638,97
1458	269922,00	4270656,85
1459	269879,13	4270662,85
1460	269867,64	4270671,89
1461	269843,53	4270675,93
1462	269804,60	4270734,27
1463	269762,42	4270744,99
1464	269762,40	4270774,39
1465	269744,34	4270790,92
1466	269689,35	4270804,22
1467	269642,27	4270824,69
1468	269588,14	4270836,66
1469	269564,03	4270869,83
1470	269542,18	4270889,91
1471	269539,07	4270927,86
1472	269515,04	4270950,61
1473	269500,46	4270968,30
1474	269473,78	4270972,22
1475	269438,43	4270985,39
1476	269396,78	4270983,76
1477	269341,42	4270990,93
1478	269308,67	4270988,63
1479	269282,60	4270991,64
1480	269271,32	4270992,13
1481	269268,09	4270995,43
1482	269269,74	4271002,81
1483	269267,73	4271006,39
1484	269260,74	4271006,76
1485	269253,93	4271002,56
1486	269250,41	4270995,46
1487	269242,13	4270993,00

A/A	X	Y
1488	269237,21	4270994,83
1489	269231,30	4270999,92
1490	269228,95	4271004,59
1491	269224,35	4271012,39
1492	269202,21	4271019,62
1493	269190,55	4271031,82
1494	269181,01	4271034,74
1495	269171,37	4271034,59
1496	269157,37	4271031,78
1497	269150,21	4271034,38
1498	269135,91	4271050,94
1499	269120,26	4271058,53
1500	269102,67	4271059,83
1501	269090,31	4271052,89
1502	269080,88	4271038,70
1503	269067,63	4271033,39
1504	269056,70	4271034,44
1505	269053,11	4271040,32
1506	269057,96	4271046,73
1507	269064,67	4271056,79
1508	269068,74	4271065,92
1509	269071,54	4271077,19
1510	269068,52	4271090,91
1511	269060,29	4271099,34
1512	269048,78	4271104,60
1513	269028,02	4271111,07
1514	269005,23	4271122,02
1515	268982,65	4271141,31
1516	268948,54	4271149,38
1517	268935,04	4271162,87
1518	268927,18	4271161,90
1519	268919,07	4271152,08
1520	268914,38	4271154,63
1521	268907,86	4271169,17
1522	268896,16	4271169,76
1523	268886,21	4271169,03
1524	268873,61	4271172,30
1525	268860,65	4271181,90
1526	268850,50	4271187,79
1527	268832,51	4271192,68
1528	268819,21	4271198,61
1529	268800,15	4271212,19
1530	268760,99	4271239,64
1531	268749,56	4271248,34
1532	268729,41	4271275,76
1533	268735,70	4271292,42
1534	268731,79	4271298,41
1535	268712,53	4271306,64
1536	268708,71	4271316,68
1537	268715,16	4271324,23
1538	268728,19	4271314,39
1539	268737,02	4271305,82
1540	268747,21	4271305,77
1541	268760,39	4271313,41
1542	268765,69	4271324,05

Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λουσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y
1543	268764,71	4271344,74
1544	268762,93	4271356,60
1545	268755,61	4271365,55
1546	268749,13	4271367,03
1547	268737,79	4271363,56
1548	268728,28	4271357,39
1549	268721,46	4271356,98
1550	268717,10	4271363,52
1551	268711,90	4271369,03
1552	268704,76	4271371,13
1553	268701,09	4271377,49
1554	268701,59	4271390,18
1555	268708,00	4271406,50
1556	268707,41	4271421,00
1557	268704,05	4271425,04
1558	268686,97	4271431,25
1559	268688,74	4271437,14
1560	268698,91	4271437,36
1561	268703,14	4271439,66
1562	268703,08	4271445,73
1563	268699,29	4271450,30
1564	268690,56	4271452,78
1565	268685,11	4271460,04
1566	268695,30	4271463,17
1567	268702,21	4271465,33
1568	268708,59	4271476,79
1569	268700,61	4271487,82
1570	268700,85	4271495,98
1571	268702,98	4271505,02
1572	268706,32	4271518,82
1573	268718,06	4271524,85
1574	268738,42	4271527,76
1575	268745,38	4271533,28
1576	268750,60	4271555,25
1577	268772,37	4271561,79
1578	268794,67	4271585,55
1579	268808,35	4271613,01
1580	268808,86	4271632,04
1581	268801,64	4271660,83
1582	268789,78	4271681,95
1583	268765,10	4271694,33
1584	268739,34	4271693,88
1585	268713,56	4271691,31
1586	268706,07	4271696,74
1587	268696,20	4271716,92
1588	268686,87	4271723,83
1589	268676,32	4271727,69
1590	268675,49	4271734,87
1591	268683,96	4271745,66
1592	268679,94	4271767,68
1593	268668,59	4271795,28
1594	268673,37	4271798,56
1595	268685,87	4271801,24
1596	268693,20	4271808,06
1597	268695,48	4271820,51

A/A	X	Y
1598	268696,06	4271832,13
1599	268703,55	4271841,41
1600	268714,27	4271846,57
1601	268719,81	4271858,25
1602	268719,18	4271869,87
1603	268722,15	4271877,82
1604	268739,20	4271883,91
1605	268744,49	4271887,71
1606	268746,33	4271897,57
1607	268762,07	4271899,47
1608	268773,56	4271900,76
1609	268796,25	4271919,97
1610	268803,05	4271940,76
1611	268805,82	4271950,77
1612	268799,51	4271956,13
1613	268801,22	4271965,88
1614	268794,45	4271973,77
1615	268791,73	4271980,49
1616	268778,55	4271988,00
1617	268777,23	4271995,45
1618	268783,74	4272011,16
1619	268794,63	4272023,79
1620	268809,28	4272060,68
1621	268809,43	4272069,89
1622	268805,99	4272085,74
1623	268808,33	4272091,89
1624	268816,50	4272095,70
1625	268827,09	4272103,00
1626	268829,64	4272109,95
1627	268832,08	4272126,67
1628	268837,57	4272143,06
1629	268845,74	4272156,69
1630	268859,86	4272168,08
1631	268878,35	4272174,17
1632	268898,33	4272172,05
1633	268917,29	4272167,69
1634	268944,52	4272168,57
1635	268965,17	4272174,83
1636	268978,57	4272184,32
1637	268987,52	4272200,68
1638	268987,84	4272219,56
1639	268989,02	4272234,91
1640	268989,26	4272253,55
1641	268984,45	4272267,34
1642	268974,42	4272277,91
1643	268965,76	4272291,07
1644	268960,98	4272295,59
1645	268954,07	4272299,62
1646	268953,77	4272303,09
1647	268957,65	4272314,95
1648	268952,87	4272323,33
1649	268944,29	4272330,37
1650	268943,44	4272334,57
1651	268945,60	4272339,35
1652	268951,99	4272341,18

Συντεταγμένες ακτογραμμής της λίμνης Λυσιμαχείας με την θεωρητική απόσυρση της αμμονησίδας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y
1653	268961,78	4272342,42
1654	268965,50	4272346,32
1655	268968,69	4272364,00
1656	268964,70	4272374,74
1657	268946,98	4272386,82
1658	268937,08	4272390,44
1659	268926,75	4272388,68
1660	268917,17	4272395,97
1661	268903,42	4272395,08
1662	268895,61	4272402,61
1663	268891,35	4272415,11
1664	268895,12	4272417,72
1665	268904,40	4272415,23
1666	268911,58	4272415,44
1667	268916,53	4272418,23
1668	268924,42	4272428,80
1669	268931,69	4272456,44
1670	268928,01	4272468,02
1671	268911,93	4272478,06
1672	268926,11	4272484,26
1673	268931,94	4272495,49
1674	268930,58	4272513,93
1675	268925,24	4272524,60
1676	268943,40	4272528,03
1677	268948,50	4272537,02
1678	268948,53	4272561,08
1679	268937,73	4272566,14
1680	268931,46	4272572,80
1681	268933,21	4272584,35
1682	268949,09	4272593,30
1683	268953,73	4272604,13
1684	268965,77	4272597,33
1685	268975,01	4272597,44
1686	268989,75	4272604,10
1687	269002,83	4272610,01
1688	269007,23	4272613,33

A/A	X	Y
880	272076,36	4271370,85
TE1	272104,37	4271329,55
TE2	272132,43	4271288,17
TE3	272160,50	4271246,80
TE4	272188,56	4271205,41
TE5	272216,62	4271164,03
TE6	272244,66	4271122,65
TE7	272272,76	4271081,27
TE8	272300,82	4271039,90
TE9	272328,89	4270998,51
TE10	272356,95	4270957,13
TE11	272385,02	4270915,75
TE12	272413,08	4270874,37
TE13	272441,15	4270832,99
TE14	272469,22	4270791,61
TE15	272497,28	4270750,23
TE16	272525,35	4270708,85
TE17	272553,41	4270667,47
TE18	272581,48	4270626,09
TE19	272609,54	4270584,71
TE20	272637,61	4270543,33
TE21	272665,67	4270501,95
1180	272692,74	4270462,05

Πίνακας 2: Συντεταγμένες ισοβαθών της λίμνης Λυσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y	Z
0	270195,54	4271658,62	-6
1	270095,07	4271656,15	-6
2	270019,53	4271651,80	-6
3	269940,61	4271602,59	-6
4	269863,20	4271573,31	-6
5	269808,47	4271512,24	-6
6	269733,42	4271447,70	-6
7	269712,45	4271369,04	-6
8	269681,90	4271296,13	-6
9	269697,34	4271234,80	-6
10	269745,44	4271140,92	-6
11	269775,85	4271078,47	-6
12	269848,00	4271037,94	-6
13	269926,76	4270951,80	-6
14	270003,91	4270910,88	-6
15	270087,17	4270884,57	-6
16	270186,51	4270872,08	-6
17	270283,60	4270829,67	-6
18	270343,92	4270764,97	-6
19	270412,71	4270679,57	-6
20	270491,84	4270598,40	-6
21	270577,84	4270541,78	-6
22	270671,07	4270514,72	-6
23	270785,37	4270501,11	-6
24	270879,24	4270549,21	-6
25	270977,35	4270586,95	-6
26	271068,22	4270595,17	-6
27	271169,82	4270612,59	-6
28	271285,24	4270613,94	-6
29	271368,88	4270592,60	-6
30	271456,75	4270560,92	-6
31	271537,44	4270485,30	-6
32	271605,05	4270399,34	-6
33	271610,25	4270268,58	-6
34	271597,77	4270169,25	-6
35	271604,85	4270063,41	-6
36	271628,76	4269981,39	-6
37	271653,06	4269904,35	-6
38	271688,06	4269836,53	-6
39	271708,50	4269774,82	-6
40	271728,17	4269703,15	-6
41	271773,16	4269634,58	-7
42	271811,65	4269546,44	-7
43	271850,15	4269458,31	-7
44	271918,94	4269372,91	-7
45	271985,93	4269045,38	-6
46	272043,90	4269015,95	-6
47	272132,89	4268999,23	-6
48	272227,24	4268987,12	-6
49	272302,03	4268981,49	-6
50	270396,77	4268974,37	-6
51	272491,50	4268967,24	-6
52	272596,20	4268959,37	-6
53	272680,21	4268943,02	-6
54	272779,93	4268935,52	-6
55	272879,01	4268919,48	-6

A/A	X	Y	Z
56	272968,65	4268911,30	-6
57	273069,49	4268918,75	-6
58	273144,92	4268988,30	-6
59	273118,65	4269105,60	-6
60	273073,66	4269174,16	-6
61	273035,91	4269272,27	-6
62	273073,33	4269369,73	-6
63	273158,35	4269433,54	-6
64	273228,42	4269498,46	-6
65	273303,47	4269563,02	-6
66	273350,86	4269659,73	-6
67	273333,43	4269761,33	-6
68	273249,69	4269847,85	-6
69	273144,50	4269915,94	-6
70	273047,40	4269958,34	-6
71	272966,02	4270009,59	-6
72	272877,77	4270036,28	-6
73	272799,87	4270067,21	-6
74	272702,03	4270099,64	-6
75	272619,52	4270135,93	-6
76	272210,13	4270430,41	-5
77	272102,32	4270463,59	-5
78	272015,20	4270505,24	-5
79	271954,88	4270569,94	-5
80	271892,20	4270669,93	-5
81	271848,35	4270753,45	-5
82	271798,00	4270817,41	-5
83	271721,98	4270873,27	-5
84	271679,73	4270911,55	-5
85	271650,65	4271414,54	-6
86	271688,93	4271456,80	-6
87	271747,53	4271502,52	-6
88	271789,93	4271599,62	-6
89	271831,20	4271681,75	-6
90	271803,80	4271784,10	-6
91	271748,85	4271853,41	-6
92	271660,23	4271875,12	-6
93	271558,63	4271857,70	-6
94	271466,26	4271829,57	-6
95	271364,67	4271812,11	-6
96	271279,53	4271813,50	-6
97	271210,48	4271828,73	-6
98	271134,46	4271884,59	-6
99	271100,57	4271967,36	-6
100	271071,67	4272049,76	-6
101	271017,84	4272134,04	-5
102	270931,47	4272185,66	-5
103	270847,83	4272206,99	-5
104	270758,46	4272218,73	-5
105	270683,30	4272219,37	-5
106	270597,41	4272210,79	-5
107	270514,26	4272171,92	-5
108	270464,14	4272105,50	-5
109	270462,75	4272020,35	-5
110	270450,64	4271925,99	-5
111	270413,97	4271838,50	-5

Πίνακας 3: Συντεταγμένες τυχαίων σημείων εντός της λίμνης Λυσιμαχείας σε ΕΣΓΑ 87'.

A/A	X	Y	Z
A	269081,80	4272237,51	-2
B	269316,39	4272445,24	-2
Γ	269218,34	4271932,69	-4
Δ	269462,83	4272113,67	-3
E	268959,80	4271573,41	-2
Z	269251,83	4271178,05	-4
H	269559,65	4271470,78	-4
Θ	270083,25	4272234,57	-4
I	270531,56	4272494,66	-3
K	271065,90	4272434,65	-2
Λ	271524,65	4271982,45	-4
M	271135,73	4271212,00	-7
N	270185,08	4270586,38	-4
Ξ	272040,83	4269291,15	-9
O	272242,32	4269539,12	-9
Π	272454,57	4269768,68	-9
P	272386,18	4268827,61	-2
Σ	273257,70	4268747,64	-3
T	273195,83	4269140,80	-4
Y	273436,53	4269518,97	-7
Φ	273335,88	4270199,73	-4
X	272883,44	4270304,99	-3
Ψ	272320,10	4270629,57	-3
Ω	271656,56	4271629,27	-6

Τα σημεία που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες απεικονίζονται και στο τοπογραφικό διάγραμμα της λίμνης (βλέπε σχέδιο)

Πινάκας 4: Στοιχεία εμβαδό μέτρησης με την μέθοδο ορθογωνίων συντεταγμένων.

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
0						
1	269014,40	4272622,47				
2	269020,14	4272632,38	-10,16	-18,13	-4.877.335,14	-43.409.944,98
3	269024,56	4272640,60	-5,67	-13,78	-3.707.158,44	-24.225.872,20
4	269025,81	4272646,16	-0,11	-11,21	-3.015.779,33	-469.991,08
5	269024,67	4272651,81	2,90	-9,17	-2.466.956,22	12.390.690,25
6	269022,91	4272655,33	5,41	-10,44	-2.808.599,18	23.115.065,34
7	269019,26	4272662,25	3,88	-9,10	-2.448.075,27	16.577.929,53
8	269019,03	4272664,43	-0,90	-3,52	-946.946,99	-3.845.397,99
9	269020,16	4272665,77	-5,47	-2,56	-688.691,61	-23.371.481,76
10	269024,50	4272666,99	-11,15	-2,56	-688.702,72	-47.640.236,94
11	269031,31	4272668,33	-12,11	-4,02	-1.081.505,87	-51.742.013,48
12	269036,61	4272671,01	-9,12	-6,80	-1.829.448,95	-38.966.759,61
13	269040,43	4272675,13	-6,45	-9,59	-2.580.097,72	-27.558.754,59
14	269043,06	4272680,60	-3,84	-11,01	-2.962.164,09	-16.407.093,50
15	269044,27	4272686,14	-1,32	-11,41	-3.069.795,12	-5.639.945,70
16	269044,38	4272692,01	0,82	-11,00	-2.959.488,18	3.503.607,45
17	269043,45	4272697,14	2,59	-9,87	-2.655.458,85	11.066.285,59
18	269041,79	4272701,88	4,24	-10,43	-2.806.105,87	18.116.255,97
19	269039,21	4272707,57	4,31	-9,40	-2.528.968,57	18.415.369,63
20	269037,48	4272711,28	3,55	-7,93	-2.133.467,22	15.168.125,04
21	269035,66	4272715,50	3,34	-8,34	-2.243.757,40	14.270.869,77
22	269034,14	4272719,62	2,73	-8,63	-2.321.764,63	11.664.524,56
23	269032,93	4272724,13	1,21	-9,85	-2.649.974,36	5.169.996,20
24	269032,93	4272729,47	-1,07	-7,03	-1.891.301,50	-4.571.820,53
25	269034,00	4272731,16	-2,99	-2,64	-710.249,76	-12.775.466,17
26	269035,92	4272732,11	-7,55	-1,53	-411.624,96	-32.259.127,43
27	269041,55	4272732,69	-11,20	-1,20	-322.849,86	-47.854.606,13
28	269047,12	4272733,31	-10,75	-3,04	-817.903,24	-45.931.883,08
29	269052,30	4272735,73	-9,67	-5,29	-1.423.286,67	-41.317.354,51
30	269056,79	4272738,60	-9,09	-3,96	-1.065.464,89	-38.839.193,87
31	269061,39	4272739,69	-13,14	0,27	72.646,58	-56.143.799,53
32	269069,93	4272738,33	-17,04	2,46	661.912,03	-72.807.461,14
33	269078,43	4272737,23	-15,90	0,06	16.144,71	-67.936.521,96
34	269085,83	4272738,27	-13,29	-2,56	-688.859,72	-56.784.691,61
35	269091,72	4272739,79	-14,69	-3,40	-914.911,85	-62.766.547,52
36	269100,52	4272741,67	-14,73	-1,49	-400.959,77	-62.937.484,80
37	269106,45	4272741,28	-10,18	2,67	718.514,22	-43.496.506,23
38	269110,70	4272739,00	-7,92	6,49	1.746.528,44	-33.840.092,88
39	269114,37	4272734,79	-8,00	8,24	2.217.502,41	-34.181.878,32
40	269118,70	4272730,76	-6,82	4,13	1.111.460,23	-29.140.023,78
41	269121,19	4272730,66	-5,02	-1,04	-279.886,04	-21.449.107,91
42	269123,72	4272731,80	-6,64	-4,02	-1.081.877,35	-28.370.939,15
43	269127,83	4272734,68	-7,59	-5,13	-1.380.625,77	-32.430.056,22
44	269131,31	4272736,93	-5,86	-2,83	-761.641,61	-25.038.238,41
45	269133,69	4272737,51	-4,31	0,55	148.023,53	-18.415.498,67
46	269135,62	4272736,38	-4,36	4,95	1.332.221,32	-18.629.130,62
47	269138,05	4272732,56	-5,08	6,51	1.752.088,71	-21.705.481,40
48	269140,70	4272729,87	-7,59	2,95	793.965,06	-32.430.019,71
49	269145,64	4272729,61	-10,57	-0,40	-107.658,26	-45.162.751,98
50	269151,27	4272730,27	-11,08	-0,96	-258.385,22	-47.341.851,39
51	269156,72	4272730,57	-11,25	-0,68	-183.026,57	-48.068.218,91
52	269162,52	4272730,95	-11,67	-1,37	-368.752,65	-49.862.770,19
53	269168,39	4272731,94	-10,54	-2,49	-670.229,29	-45.034.594,65
54	269173,06	4272733,44	-9,59	-4,05	-1.090.150,89	-40.975.513,69
55	269177,98	4272735,99	-9,19	-6,45	-1.736.197,97	-39.266.443,75

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
56	269182,25	4272739,89	-6,46	-8,64	-2.325.734,64	-27.601.899,69
57	269184,44	4272744,63	-3,55	-10,03	-2.699.919,93	-15.168.243,44
58	269185,80	4272749,92	-4,22	-9,82	-2.643.404,56	-18.031.004,66
59	269188,66	4272754,45	-5,25	-5,78	-1.555.910,45	-22.431.960,86
60	269191,05	4272755,70	-5,59	-1,32	-355.332,19	-23.884.704,36
61	269194,25	4272755,77	-5,40	1,34	360.720,29	-23.072.881,16
62	269196,45	4272754,36	-4,72	5,74	1.545.187,62	-20.167.400,58
63	269198,97	4272750,03	-4,99	5,45	1.467.134,39	-21.321.022,65
64	269201,44	4272748,91	-7,96	-0,33	-88.836,48	-34.011.081,32
65	269206,93	4272750,36	-17,11	-8,53	-2.296.335,11	-73.106.758,66
66	269218,55	4272757,44	-21,62	-14,29	-3.847.133,08	-92.377.015,85
67	269228,55	4272764,65	-16,62	-11,93	-3.211.896,60	-71.013.348,48
68	269235,17	4272769,37	-14,02	-9,32	-2.509.271,78	-59.904.226,57
69	269242,57	4272773,97	-11,78	-7,32	-1.970.855,61	-50.333.277,37
70	269246,95	4272776,69	-5,74	-4,74	-1.276.230,54	-24.525.738,20
71	269248,31	4272778,71	-1,11	-4,81	-1.295.084,37	-4.742.784,37
72	269248,06	4272781,50	2,03	-6,86	-1.847.041,69	8.673.746,44
73	269246,28	4272785,57	2,86	-8,11	-2.183.587,33	12.220.166,73
74	269245,20	4272789,61	-0,35	-5,03	-1.354.303,36	-1.495.476,36
75	269246,63	4272790,60	-6,04	-1,23	-331.173,35	-25.807.655,22
76	269251,24	4272790,84	-9,30	-0,75	-201.938,43	-39.736.954,81
77	269255,93	4272791,35	-5,50	-1,98	-533.126,74	-23.500.352,43
78	269256,74	4272792,82	0,51	-5,07	-1.365.131,67	2.179.124,34
79	269255,42	4272796,42	2,27	-5,87	-1.580.529,32	9.699.247,87
80	269254,47	4272798,69	1,18	-4,38	-1.179.334,58	5.041.902,45
81	269254,24	4272800,80	-0,95	-3,74	-1.007.010,86	-4.059.160,76
82	269255,42	4272802,43	-5,17	-3,28	-883.157,78	-22.090.388,56
83	269259,41	4272804,08	-7,53	-2,67	-718.922,62	-32.174.214,72
84	269262,95	4272805,10	-5,59	-1,78	-479.288,05	-23.884.980,51
85	269265,00	4272805,86	-5,87	-3,55	-955.890,75	-25.081.370,40
86	269268,82	4272808,65	-7,11	-7,05	-1.898.345,18	-30.379.669,50
87	269272,11	4272812,91	-6,30	-7,65	-2.059.931,64	-26.918.721,33
88	269275,12	4272816,30	-5,73	-5,92	-1.594.108,71	-24.483.237,40
89	269277,84	4272818,83	-5,12	-5,13	-1.381.395,32	-21.876.832,41
90	269280,24	4272821,43	-4,02	-7,24	-1.949.588,94	-17.176.742,15
91	269281,86	4272826,07	-0,90	-8,50	-2.288.895,81	-3.845.543,46
92	269281,14	4272829,93	1,16	-6,16	-1.658.771,82	4.956.482,72
93	269280,70	4272832,23	0,40	-4,16	-1.120.207,71	1.709.132,89
94	269280,74	4272834,09	-1,29	-4,13	-1.112.129,46	-5.511.955,98
95	269281,99	4272836,36	-6,60	-5,24	-1.411.037,63	-28.200.719,98
96	269287,34	4272839,33	-11,05	-4,35	-1.171.399,93	-47.214.874,60
97	269293,04	4272840,71	-10,35	-2,32	-624.759,85	-44.223.901,35
98	269297,69	4272841,65	-9,73	-3,05	-821.357,95	-41.574.749,25
99	269302,77	4272843,76	-12,66	-8,20	-2.208.282,71	-54.094.202,00
100	269310,35	4272849,85	-17,30	-13,65	-3.676.086,28	-73.920.302,40
101	269320,07	4272857,41	-17,58	-14,38	-3.872.822,61	-75.116.833,27
102	269327,93	4272864,23	-13,02	-15,14	-4.077.624,86	-55.632.692,27
103	269333,09	4272872,55	-8,35	-13,82	-3.722.183,30	-35.678.485,79
104	269336,28	4272878,05	-7,15	-9,63	-2.593.708,38	-30.551.078,06
105	269340,24	4272882,18	-10,18	-7,85	-2.114.320,88	-43.497.940,59
106	269346,46	4272885,90	-14,67	-7,66	-2.063.193,88	-62.683.236,15
107	269354,91	4272889,84	-12,46	-7,08	-1.907.032,76	-53.240.207,41
108	269358,92	4272892,98	-8,25	-8,19	-2.206.049,55	-35.251.367,09
109	269363,16	4272898,03	-7,29	-8,59	-2.313.829,54	-31.149.426,64
110	269366,21	4272901,57	-7,36	-7,04	-1.896.338,12	-31.448.555,56

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
111	269370,52	4272905,07	-9,36	-4,47	-1.204.086,22	-39.994.391,46
112	269375,57	4272906,04	-10,46	1,03	277.456,84	-44.694.597,18
113	269380,98	4272904,04	-7,88	2,32	624.963,87	-33.670.483,84
114	269383,45	4272903,72	-4,48	-0,62	-167.017,74	-19.142.608,67
115	269385,46	4272904,66	-6,05	-5,67	-1.527.415,56	-25.851.073,19
116	269389,50	4272909,39	-7,60	-8,62	-2.322.137,49	-32.474.111,36
117	269393,06	4272913,28	-8,63	-5,80	-1.562.479,75	-36.875.241,61
118	269398,13	4272915,19	-10,84	-2,69	-724.680,97	-46.318.400,66
119	269403,90	4272915,97	-10,93	-2,28	-614.240,89	-46.702.971,55
120	269409,06	4272917,47	-9,87	-4,21	-1.134.212,14	-42.173.695,43
121	269413,77	4272920,18	-8,49	-6,56	-1.767.354,33	-36.277.092,33
122	269417,55	4272924,03	-7,66	-9,69	-2.610.656,06	-32.730.598,07
123	269421,43	4272929,87	-8,86	-14,30	-3.852.726,45	-37.858.158,65
124	269426,41	4272938,33	-9,55	-16,00	-4.310.822,56	-40.806.561,05
125	269430,98	4272945,87	-6,01	-10,20	-2.748.196,00	-25.680.404,68
126	269432,42	4272948,53	-3,73	-7,98	-2.150.070,71	-15.938.098,02
127	269434,71	4272953,85	-4,00	-10,00	-2.694.347,10	-17.091.815,40
128	269436,42	4272958,53	-3,83	-8,34	-2.247.099,74	-16.365.431,17
129	269438,54	4272962,19	-4,08	-5,76	-1.551.965,99	-17.433.685,74
130	269440,50	4272964,29	-3,52	-2,80	-754.433,40	-15.040.834,30
131	269442,06	4272964,99	-3,67	0,50	134.721,03	-15.681.781,51
132	269444,17	4272963,79	-4,10	4,51	1.215.193,21	-17.519.151,54
133	269446,16	4272960,48	-4,00	7,38	1.988.512,66	-17.091.841,92
134	269448,17	4272956,41	-4,36	7,80	2.101.695,73	-18.630.089,95
135	269450,52	4272952,68	-5,14	6,66	1.794.540,46	-21.962.976,78
136	269453,31	4272949,75	-6,11	5,23	1.409.240,81	-26.107.722,97
137	269456,63	4272947,45	-14,26	5,88	1.584.404,98	-60.932.230,64
138	269467,57	4272943,87	-20,28	4,88	1.315.001,74	-86.655.301,68
139	269476,91	4272942,57	-16,67	1,12	301.814,14	-71.229.952,64
140	269484,24	4272942,75	-13,05	-1,15	-309.906,88	-55.761.902,89
141	269489,96	4272943,72	-11,69	-2,95	-794.995,38	-49.950.712,09
142	269495,93	4272945,70	-10,18	-5,44	-1.466.057,86	-43.498.587,23
143	269500,14	4272949,16	-4,75	-5,90	-1.590.050,83	-20.296.508,51
144	269500,68	4272951,60	0,28	-7,42	-1.999.695,05	1.196.426,45
145	269499,86	4272956,58	-1,18	-5,97	-1.608.914,16	-5.042.088,76
146	269501,86	4272957,57	-10,26	-1,05	-282.976,95	-43.840.544,67
147	269510,12	4272957,63	-14,48	-0,04	-10.780,40	-61.872.426,48
148	269516,34	4272957,61	-15,07	-1,38	-371.932,55	-64.393.471,18
149	269525,19	4272959,01	-18,35	-6,25	-1.684.532,44	-78.408.797,83
150	269534,69	4272963,86	-14,08	-8,77	-2.363.819,23	-60.163.331,15
151	269539,27	4272967,78	-7,89	-8,14	-2.194.049,66	-33.713.715,78
152	269542,58	4272972,00	-5,52	-9,51	-2.563.349,94	-23.586.805,44
153	269544,79	4272977,29	-4,14	-21,20	-5.714.349,55	-17.690.125,98
154	269546,72	4272993,20	-4,69	-20,51	-5.528.403,23	-20.040.338,11
155	269549,48	4272997,80	-7,20	-8,20	-2.210.305,74	-30.765.584,16
156	269553,92	4273001,40	-9,18	-5,19	-1.398.984,84	-39.226.152,85
157	269558,66	4273002,99	-16,18	-1,72	-463.640,90	-69.137.188,38
158	269570,10	4273003,12	-16,35	-1,36	-366.615,34	-69.863.601,01
159	269575,01	4273004,35	-9,31	-4,10	-1.105.257,54	-39.781.670,50
160	269579,41	4273007,22	-16,62	-14,78	-3.984.383,68	-71.017.380,00
161	269591,63	4273019,13	-16,13	-14,63	-3.944.125,55	-68.923.798,57
162	269595,54	4273021,85	-9,91	-5,65	-1.523.214,80	-42.345.646,53
163	269601,54	4273024,78	-11,67	-4,57	-1.232.079,04	-49.866.199,18
164	269607,21	4273026,42	-11,29	-1,35	-363.969,73	-48.242.468,28
165	269612,83	4273026,13	-7,65	1,70	458.341,81	-32.688.649,89

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
166	269614,86	4273024,72	-6,06	8,41	2.267.460,97	-25.894.529,80
167	269618,89	4273017,72	-6,06	8,04	2.167.735,88	-25.894.487,38
168	269620,92	4273016,68	-4,67	1,41	380.165,50	-19.954.987,90
169	269623,56	4273016,31	-8,42	-0,69	-186.040,26	-35.978.797,33
170	269629,34	4273017,37	-16,35	-6,23	-1.679.790,79	-69.863.834,00
171	269639,91	4273022,54	-15,29	-3,69	-994.971,27	-65.334.514,64
172	269644,63	4273021,06	-9,58	4,62	1.245.758,19	-40.935.541,75
173	269649,49	4273017,92	-10,51	6,00	1.617.896,94	-44.909.418,34
174	269655,14	4273015,06	-11,48	4,21	1.135.248,14	-49.054.212,89
175	269660,97	4273013,71	-11,27	1,38	372.132,14	-48.156.864,51
176	269666,41	4273013,68	-11,42	-1,28	-345.173,00	-48.797.816,23
177	269672,39	4273014,99	-11,37	-3,92	-1.057.115,77	-48.584.180,44
178	269677,78	4273017,60	-9,56	-5,99	-1.615.369,90	-40.850.048,26
179	269681,95	4273020,98	-11,09	-12,41	-3.346.753,00	-47.387.802,67
180	269688,87	4273030,01	-11,19	-10,95	-2.953.093,13	-47.815.205,81
181	269693,14	4273031,93	-10,26	-1,16	-312.844,04	-43.841.307,60
182	269699,13	4273031,17	-11,09	1,82	490.852,42	-47.387.915,68
183	269704,23	4273030,11	-11,52	1,08	291.280,57	-49.225.306,87
184	269710,65	4273030,09	-16,84	-1,44	-388.383,34	-71.957.826,72
185	269721,07	4273031,55	-15,39	-0,39	-105.191,22	-65.761.955,55
186	269726,04	4273030,48	-9,32	3,84	1.035.747,99	-39.824.644,07
187	269730,39	4273027,71	-8,55	7,48	2.017.583,32	-36.534.386,92
188	269734,59	4273023,00	-7,24	9,56	2.578.662,68	-30.936.686,52
189	269737,63	4273018,15	-6,87	8,28	2.233.427,58	-29.355.634,69
190	269741,46	4273014,72	-9,40	3,91	1.054.689,11	-40.166.338,37
191	269747,03	4273014,24	-10,56	1,73	466.662,36	-45.123.030,37
192	269752,02	4273012,99	-12,26	9,18	2.476.323,54	-52.387.139,26
193	269759,29	4273005,06	-9,32	8,12	2.190.445,43	-39.824.407,16
194	269761,34	4273004,87	-4,40	-0,62	-167.252,03	-18.801.221,43
195	269763,69	4273005,68	-12,86	-6,59	-1.777.742,72	-54.950.853,04
196	269774,20	4273011,46	-16,38	-6,54	-1.764.323,27	-69.991.927,71
197	269780,07	4273012,22	-21,85	0,30	80.934,02	-93.365.317,01
198	269796,05	4273011,16	-26,58	-2,08	-561.175,78	-113.576.636,63
199	269806,65	4273014,30	-21,29	-7,96	-2.147.660,93	-90.972.474,45
200	269817,34	4273019,12	-15,15	-6,33	-1.707.943,76	-64.736.239,67
201	269821,80	4273020,63	-9,90	-2,05	-553.134,69	-42.302.904,24
202	269827,24	4273021,17	-17,82	2,09	563.938,93	-76.145.237,25
203	269839,62	4273018,54	-20,93	3,66	987.613,01	-89.434.278,04
204	269848,17	4273017,51	-19,89	0,94	253.657,28	-84.990.318,27
205	269859,51	4273017,60	-22,09	2,62	707.031,92	-94.390.958,78
206	269870,26	4273014,89	-15,93	2,24	604.509,38	-68.069.127,20
207	269875,44	4273015,36	-14,28	-6,60	-1.781.177,90	-61.018.659,34
208	269884,54	4273021,49	-11,76	-6,04	-1.630.102,62	-50.250.732,72
209	269887,20	4273021,40	-9,08	4,88	1.317.049,54	-38.799.034,31
210	269893,62	4273016,61	-11,85	6,91	1.864.964,91	-50.635.246,83
211	269899,05	4273014,49	-10,74	2,43	655.854,69	-45.892.175,62
212	269904,36	4273014,18	-11,24	-0,75	-202.428,27	-48.028.679,38
213	269910,29	4273015,24	-15,67	-5,12	-1.381.940,68	-66.958.148,81
214	269920,03	4273019,30	-18,70	-10,55	-2.847.656,32	-79.905.460,91
215	269928,99	4273025,79	-13,23	-8,47	-2.286.298,55	-56.532.131,20
216	269933,26	4273027,77	-9,75	-2,31	-623.545,83	-41.662.020,76
217	269938,74	4273028,10	-22,77	4,28	1.155.337,81	-97.296.849,84
218	269956,03	4273023,49	-21,35	4,28	1.155.411,81	-91.229.051,51
219	269960,09	4273023,82	-13,53	-6,71	-1.811.432,20	-57.814.012,28
220	269969,56	4273030,20	-14,31	-8,91	-2.405.428,78	-61.147.062,16

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
221	269974,40	4273032,73	-10,17	-3,23	-872.017,31	-43.456.742,86
222	269979,73	4273033,43	-8,46	0,36	97.192,70	-36.149.862,82
223	269982,86	4273032,37	-5,14	3,18	858.545,49	-21.963.386,38
224	269984,87	4273030,25	-4,97	6,98	1.884.494,39	-21.236.960,34
225	269987,83	4273025,39	-5,01	5,78	1.560.529,66	-21.407.857,20
226	269989,88	4273024,47	-5,06	0,28	75.597,17	-21.621.503,82
227	269992,89	4273025,11	-4,93	-0,37	-99.897,37	-21.066.013,79
228	269994,81	4273024,84	-3,34	6,20	1.673.967,82	-14.271.902,97
229	269996,23	4273018,91	-3,05	7,67	2.070.871,08	-13.032.707,68
230	269997,86	4273017,17	-4,11	2,20	593.995,29	-17.562.100,57
231	270000,34	4273016,71	-12,24	-0,81	-218.700,28	-52.301.724,53
232	270010,10	4273017,98	-15,60	-0,92	-248.409,29	-66.659.080,49
233	270015,94	4273017,63	-7,27	1,60	432.025,50	-31.064.838,17
234	270017,37	4273016,38	-1,84	3,80	1.026.066,01	-7.862.350,14
235	270017,78	4273013,83	-0,31	8,31	2.243.847,75	-1.324.634,29
236	270017,68	4273008,07	-2,34	10,86	2.932.392,00	-9.998.838,88
237	270020,12	4273002,97	-10,64	13,20	3.564.265,58	-45.464.751,60
238	270028,32	4272994,87	-12,25	12,15	3.280.844,09	-52.344.187,16
239	270032,37	4272990,82	-7,84	6,74	1.820.018,17	-33.500.248,03
240	270036,16	4272988,13	-8,98	3,48	939.725,84	-38.371.433,41
241	270041,35	4272987,34	-10,65	-0,48	-129.619,85	-45.507.315,17
242	270046,81	4272988,61	-10,77	-3,60	-972.168,52	-46.020.087,33
243	270052,12	4272990,94	-14,30	-7,84	-2.117.208,62	-61.103.770,44
244	270061,11	4272996,45	-13,30	-9,44	-2.549.376,88	-56.830.852,78
245	270065,42	4273000,38	-7,69	-8,06	-2.176.727,29	-32.859.372,92
246	270068,80	4273004,51	-4,50	-6,91	-1.866.175,41	-19.228.520,30
247	270069,92	4273007,29	-0,58	-4,96	-1.339.546,80	-2.478.344,23
248	270069,38	4273009,47	8,67	-9,78	-2.641.278,54	37.046.992,10
249	270061,25	4273017,07	9,90	-13,60	-3.672.833,00	42.302.868,99
250	270059,48	4273023,07	0,56	-11,14	-3.008.462,61	2.392.892,92
251	270060,69	4273028,21	-4,58	-8,72	-2.354.929,22	-19.570.469,20
252	270064,06	4273031,79	-8,56	-4,93	-1.331.415,82	-36.577.152,12
253	270069,25	4273033,14	-11,12	-1,14	-307.878,94	-47.516.128,52
254	270075,18	4273032,93	-18,95	2,44	658.983,44	-80.973.974,02
255	270088,20	4273030,70	-19,22	4,45	1.201.892,49	-82.127.650,05
256	270094,40	4273028,48	-9,47	5,03	1.358.574,83	-40.465.579,71
257	270097,67	4273025,67	-3,82	7,21	1.947.404,20	-16.322.958,06
258	270098,22	4273021,27	2,34	15,63	4.221.635,18	9.998.869,77
259	270095,33	4273010,04	2,31	16,59	4.480.881,52	9.870.653,19
260	270095,91	4273004,68	-2,63	10,55	2.849.511,85	-11.238.002,31
261	270097,96	4272999,49	-5,35	10,11	2.730.690,38	-22.860.547,27
262	270101,26	4272994,57	-11,64	12,62	3.408.677,90	-49.737.656,79
263	270109,60	4272986,87	-17,51	12,84	3.468.207,26	-74.820.000,09
264	270118,77	4272981,73	-19,17	9,17	2.476.989,12	-81.913.059,76
265	270128,77	4272977,70	-20,72	6,83	1.844.979,50	-88.536.097,94
266	270139,49	4272974,90	-21,77	3,12	842.835,21	-93.022.663,57
267	270150,54	4272974,58	-16,55	-0,82	-221.523,44	-70.717.729,30
268	270156,04	4272975,72	-10,60	-3,32	-896.918,05	-45.293.542,63
269	270161,14	4272977,90	-13,55	-9,04	-2.442.256,71	-57.898.850,55
270	270169,59	4272984,76	-14,34	-15,96	-4.311.906,66	-61.274.601,46
271	270175,48	4272993,86	-9,38	-19,29	-5.211.685,01	-40.080.682,41
272	270178,97	4273004,05	-4,96	-16,18	-4.371.495,73	-21.194.100,09
273	270180,44	4273010,04	-1,52	-8,62	-2.328.955,39	-6.494.975,26
274	270180,49	4273012,67	0,86	-4,86	-1.313.077,18	3.674.790,90
275	270179,58	4273014,90	8,13	-6,07	-1.639.990,05	34.739.611,14

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
276	270172,36	4273018,74	8,85	-5,84	-1.577.806,58	37.816.215,85
277	270170,73	4273020,74	2,34	-5,90	-1.594.007,31	9.998.868,53
278	270170,02	4273024,64	2,70	-13,55	-3.660.803,77	11.537.166,53
279	270168,03	4273034,29	0,77	-10,91	-2.947.533,21	3.290.236,40
280	270169,25	4273035,55	-3,52	-1,24	-335.009,87	-15.041.085,14
281	270171,55	4273035,53	-6,36	0,97	262.066,40	-27.176.505,97
282	270175,61	4273034,58	-10,34	3,23	872.667,22	-44.183.177,56
283	270181,89	4273032,30	-11,31	5,59	1.510.316,77	-48.327.995,31
284	270186,92	4273028,99	-6,29	5,20	1.404.971,98	-26.877.352,35
285	270188,18	4273027,10	-1,80	4,49	1.213.144,93	-7.691.448,78
286	270188,72	4273024,50	0,36	8,29	2.239.864,49	1.538.288,82
287	270187,82	4273018,81	0,61	7,75	2.093.955,61	2.606.541,47
288	270188,11	4273016,75	-1,79	2,97	802.458,69	-7.648.699,98
289	270189,61	4273015,84	-8,01	0,95	256.680,13	-34.226.856,88
290	270196,12	4273015,80	-12,69	0,43	116.184,33	-54.224.570,50
291	270202,30	4273015,41	-8,59	1,84	497.172,23	-36.705.202,37
292	270204,71	4273013,96	-3,86	4,54	1.226.729,38	-16.493.833,89
293	270206,16	4273010,87	-2,30	5,25	1.418.582,34	-9.827.925,00
294	270207,01	4273008,71	-2,47	3,05	824.131,38	-10.554.331,51
295	270208,63	4273007,82	-6,98	-0,75	-202.656,47	-29.825.594,58
296	270213,99	4273009,46	-16,84	-3,29	-889.004,03	-71.957.479,31
297	270225,47	4273011,11	-13,13	-3,21	-867.423,76	-56.104.635,87
298	270227,12	4273012,67	-4,23	-6,68	-1.805.117,16	-18.074.843,59
299	270229,70	4273017,79	-5,01	-6,88	-1.859.180,34	-21.407.819,13
300	270232,13	4273019,55	-8,27	-2,30	-621.533,90	-35.337.871,68
301	270237,97	4273020,09	-11,49	2,03	548.583,08	-49.097.000,83
302	270243,62	4273017,52	-9,03	8,07	2.180.866,01	-38.585.348,21
303	270247,00	4273012,02	-5,47	9,53	2.575.453,91	-23.373.375,75
304	270249,09	4273007,99	-3,86	5,17	1.397.187,80	-16.493.810,84
305	270250,86	4273006,85	-4,08	1,49	402.673,78	-17.433.867,95
306	270253,17	4273006,50	-7,97	-0,05	-13.512,66	-34.055.861,81
307	270258,83	4273006,90	-11,98	0,02	5.405,18	-51.190.622,66
308	270265,15	4273006,48	-8,73	1,65	445.937,50	-37.303.346,57
309	270267,56	4273005,25	-4,60	3,60	972.963,22	-19.655.824,15
310	270269,75	4273002,88	-3,03	4,64	1.254.051,64	-12.947.198,73
311	270270,59	4273000,61	-0,60	5,17	1.397.298,95	-2.563.800,37
312	270270,35	4272997,71	0,93	5,60	1.513.513,96	3.973.887,87
313	270269,66	4272995,01	0,43	4,93	1.332.429,42	1.837.387,85
314	270269,92	4272992,78	-4,55	5,65	1.527.025,05	-19.442.117,15
315	270274,21	4272989,36	-9,45	6,69	1.808.134,47	-40.379.749,45
316	270279,37	4272986,09	-11,48	11,95	3.229.838,47	-49.053.880,31
317	270285,69	4272977,41	-10,76	11,17	3.019.091,16	-45.977.236,93
318	270290,13	4272974,92	-9,98	3,21	867.631,32	-42.644.289,70
319	270295,67	4272974,20	-17,02	-1,02	-275.701,58	-72.726.020,88
320	270307,15	4272975,94	-21,52	-4,10	-1.108.259,31	-91.954.442,23
321	270317,19	4272978,30	-15,51	-2,19	-591.994,65	-66.273.893,43
322	270322,66	4272978,13	-14,12	3,64	983.974,48	-60.334.451,20
323	270331,31	4272974,66	-11,04	3,12	843.433,69	-47.173.640,25
324	270333,70	4272975,01	-5,52	-4,51	-1.219.204,99	-23.586.822,06
325	270336,83	4272979,17	-5,13	-5,47	-1.478.742,46	-21.920.383,14
326	270338,83	4272980,48	-4,04	-0,86	-232.491,39	-17.262.841,14
327	270340,87	4272980,03	-7,17	3,82	1.032.702,12	-30.637.266,82
328	270346,00	4272976,66	-11,51	6,68	1.805.911,28	-49.181.961,36
329	270352,38	4272973,35	-13,43	4,60	1.243.620,95	-57.386.032,09
330	270359,43	4272972,06	-13,44	0,81	218.991,14	-57.428.744,49

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
331	270365,82	4272972,54	-12,71	-2,78	-751.616,98	-54.309.480,98
332	270372,14	4272974,84	-10,24	-5,55	-1.500.565,38	-43.755.262,36
333	270376,06	4272978,09	-5,95	-8,02	-2.168.416,00	-25.424.219,64
334	270378,09	4272982,86	-1,75	-9,94	-2.687.558,21	-7.477.720,01
335	270377,81	4272988,03	-0,34	-10,41	-2.814.633,00	-1.452.815,93
336	270378,43	4272993,27	-3,38	-9,37	-2.533.445,89	-14.442.717,25
337	270381,19	4272997,40	-7,55	-7,52	-2.033.266,55	-32.261.130,37
338	270385,98	4273000,79	-10,84	-5,64	-1.524.976,93	-46.319.328,56
339	270392,03	4273003,04	-13,37	-3,40	-919.332,90	-57.130.050,64
340	270399,35	4273004,19	-13,90	-1,02	-275.807,34	-59.394.758,24
341	270405,93	4273004,06	-11,30	1,63	440.761,67	-48.284.945,88
342	270410,65	4273002,56	-5,65	2,86	773.374,46	-24.142.464,46
343	270411,58	4273001,20	-0,60	3,15	851.796,48	-2.563.800,72
344	270411,25	4272999,41	7,42	11,04	2.985.340,20	31.705.655,62
345	270404,16	4272990,16	9,75	14,62	3.953.308,82	41.661.654,06
346	270401,50	4272984,79	2,11	10,32	2.790.543,48	9.015.997,91
347	270402,05	4272979,84	-3,61	10,04	2.714.836,58	-15.425.457,22
348	270405,11	4272974,75	-11,05	13,76	3.720.774,31	-47.216.370,99
349	270413,10	4272966,08	-12,49	11,80	3.190.874,58	-53.369.346,34
350	270417,60	4272962,95	-8,86	4,10	1.108.712,16	-37.858.451,74
351	270421,96	4272961,98	-9,14	0,55	148.732,08	-39.054.872,50
352	270426,74	4272962,40	-19,15	-3,41	-922.155,18	-81.827.229,96
353	270441,11	4272965,39	-16,56	-3,94	-1.065.537,97	-70.760.306,86
354	270443,30	4272966,34	-3,93	-2,67	-722.083,61	-16.792.757,72
355	270445,04	4272968,06	-1,45	-4,11	-1.111.529,11	-6.195.803,69
356	270444,75	4272970,45	1,54	-4,37	-1.181.843,56	6.580.374,49
357	270443,50	4272972,43	2,18	-4,43	-1.198.064,70	9.315.079,90
358	270442,57	4272974,88	-0,58	-4,37	-1.181.834,03	-2.478.325,43
359	270444,08	4272976,80	-6,75	-5,21	-1.409.013,66	-28.842.593,40
360	270449,32	4272980,09	-6,45	-5,21	-1.409.040,96	-27.560.721,58
361	270450,53	4272982,01	-1,01	-4,97	-1.344.139,13	-4.315.711,83
362	270450,33	4272985,06	1,65	-5,54	-1.498.294,83	7.050.425,35
363	270448,88	4272987,55	6,06	-6,43	-1.738.986,30	25.894.304,55
364	270444,27	4272991,49	3,01	-5,52	-1.492.852,37	12.861.704,38
365	270445,87	4272993,07	-4,88	-2,32	-627.434,42	-20.852.206,18
366	270449,15	4272993,81	-10,53	1,80	486.808,47	-44.994.624,82
367	270456,40	4272991,27	-12,34	1,35	365.116,14	-52.728.712,27
368	270461,49	4272992,46	-9,97	-3,43	-927.682,91	-42.601.734,83
369	270466,37	4272994,70	-11,49	-4,59	-1.241.440,64	-49.096.709,10
370	270472,98	4272997,05	-12,32	-3,12	-843.875,70	-52.643.323,66
371	270478,69	4272997,82	-11,13	-0,26	-70.324,46	-47.558.465,74
372	270484,11	4272997,31	-10,12	2,26	611.294,09	-43.242.732,78
373	270488,81	4272995,56	-13,09	7,94	2.147.681,15	-55.933.511,88
374	270497,20	4272989,37	-14,19	8,89	2.404.720,11	-60.633.719,16
375	270503,00	4272986,67	-11,43	3,34	903.480,02	-48.840.237,64
376	270508,63	4272986,03	-10,57	-0,19	-51.396,64	-45.165.462,34
377	270513,57	4272986,86	-19,88	-8,68	-2.348.057,79	-84.946.978,78
378	270528,51	4272994,71	-20,65	-8,81	-2.383.356,17	-88.237.340,76
379	270534,22	4272995,67	-10,61	0,62	167.731,22	-45.336.484,06
380	270539,12	4272994,09	-11,51	10,81	2.924.527,89	-49.182.161,98
381	270545,73	4272984,86	-8,74	10,43	2.821.791,96	-37.345.887,68
382	270547,86	4272983,66	-4,77	0,81	219.143,77	-20.382.132,06
383	270550,50	4272984,05	-10,19	-3,60	-973.981,80	-43.541.707,47
384	270558,05	4272987,26	-10,18	-3,28	-887.430,40	-43.499.010,31
385	270560,68	4272987,33	-9,03	5,49	1.485.378,13	-38.585.075,59
386	270567,08	4272981,77	-8,90	6,57	1.777.625,72	-38.029.537,75

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
387	270569,58	4272980,76	-10,40	-0,97	-262.452,49	-44.438.999,90
388	270577,48	4272982,74	-10,13	-1,53	-413.983,54	-43.285.315,16
389	270579,71	4272982,29	-11,93	6,81	1.842.647,83	-50.976.678,72
390	270589,41	4272975,93	-16,37	6,80	1.840.007,99	-69.948.615,97
391	270596,08	4272975,49	-12,27	0,03	8.117,88	-52.429.409,26
392	270601,68	4272975,90	-9,58	1,71	462.728,87	-40.935.109,12
393	270605,66	4272973,78	-5,22	4,16	1.125.719,55	-22.304.923,13
394	270606,90	4272971,74	-2,96	4,78	1.293.500,98	-12.647.996,35
395	270608,62	4272969,00	-3,74	3,83	1.036.431,01	-15.980.904,06
396	270610,64	4272967,91	-9,79	-1,11	-300.377,81	-41.832.355,84
397	270618,41	4272970,11	-9,64	-0,64	-173.195,78	-41.191.431,86
398	270620,28	4272968,55	-2,70	3,92	1.060.831,50	-11.537.015,09
399	270621,11	4272966,19	-1,61	6,19	1.675.144,67	-6.879.475,57
400	270621,89	4272962,36	-2,55	9,85	2.665.625,62	-10.896.054,02
401	270623,66	4272956,34	-4,37	9,32	2.522.212,51	-18.672.819,21
402	270626,26	4272953,04	-7,28	5,82	1.575.044,83	-31.107.098,13
403	270630,94	4272950,52	-11,76	3,58	968.858,77	-50.249.898,12
404	270638,02	4272949,46	-14,95	0,47	127.199,87	-63.880.594,43
405	270645,89	4272950,05	-16,33	-1,91	-516.933,65	-69.777.274,32
406	270654,35	4272951,37	-11,87	-3,08	-833.615,40	-50.719.932,76
407	270657,76	4272953,13	-6,20	-3,65	-987.900,82	-26.492.309,41
408	270660,55	4272955,02	-4,83	-2,73	-738.903,30	-20.638.372,75
409	270662,59	4272955,86	-2,33	1,54	416.820,39	-9.955.987,15
410	270662,88	4272953,48	0,37	6,82	1.845.920,84	1.580.992,79
411	270662,22	4272949,04	0,49	6,65	1.799.903,76	2.093.745,03
412	270662,39	4272946,83	-2,00	3,74	1.012.277,34	-8.545.893,66
413	270664,22	4272945,30	-4,18	1,69	457.422,53	-17.860.911,35
414	270666,57	4272945,14	-6,19	-0,19	-51.426,65	-26.449.530,42
415	270670,41	4272945,49	-9,22	-0,22	-59.547,49	-39.396.557,42
416	270675,79	4272945,36	-9,66	2,51	679.396,23	-41.276.652,18
417	270680,07	4272942,98	-9,06	5,88	1.591.598,81	-38.712.863,40
418	270684,85	4272939,48	-8,30	3,95	1.069.205,16	-35.465.397,68
419	270688,37	4272939,03	-10,08	-1,03	-278.809,02	-43.071.225,42
420	270694,93	4272940,51	-8,78	-0,14	-37.897,29	-37.516.417,68
421	270697,15	4272939,17	-2,84	3,77	1.020.528,26	-12.135.147,24
422	270697,77	4272936,74	-1,12	5,26	1.423.870,27	-4.785.689,15
423	270698,27	4272933,91	-1,48	4,87	1.318.300,57	-6.323.942,19
424	270699,25	4272931,87	-5,32	3,19	863.530,61	-22.731.997,55
425	270703,59	4272930,72	-9,76	0,13	35.191,47	-41.703.803,83
426	270709,01	4272931,74	-10,39	-1,98	-536.003,84	-44.395.760,78
427	270713,98	4272932,70	-11,84	-0,81	-219.278,32	-50.591.523,17
428	270720,85	4272932,55	-12,61	2,81	760.725,59	-53.881.679,46
429	270726,59	4272929,89	-7,38	4,66	1.261.585,91	-31.534.222,59
430	270728,23	4272927,89	-2,23	4,51	1.220.984,32	-9.528.629,19
431	270728,82	4272925,38	0,46	7,24	1.960.076,66	1.965.545,67
432	270727,77	4272920,65	0,76	10,23	2.769.545,09	3.247.419,69
433	270728,06	4272915,15	-3,49	10,26	2.777.669,90	-14.912.473,87
434	270731,26	4272910,39	-13,23	12,30	3.329.994,50	-56.530.604,46
435	270741,29	4272902,85	-20,45	12,70	3.438.414,38	-87.380.863,28
436	270751,71	4272897,69	-21,27	7,87	2.130.815,96	-90.884.533,87
437	270762,56	4272894,98	-21,98	2,27	614.631,01	-93.918.231,66
438	270773,69	4272895,42	-21,98	-4,46	-1.207.650,66	-93.918.241,33
439	270784,54	4272899,44	-25,73	-13,29	-3.598.726,54	-109.941.702,59
440	270799,42	4272908,71	-19,18	-10,30	-2.789.234,03	-81.954.389,06
441	270803,72	4272909,74	-8,36	1,09	295.176,05	-35.721.525,43
442	270807,78	4272907,62	-6,70	5,88	1.592.349,75	-28.628.481,05

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1-\Psi_{i+1}}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
443	270810,42	4272903,86	-7,31	13,75	3.723.643,28	-31.234.927,22
444	270815,09	4272893,87	-10,38	20,10	5.443.383,31	-44.352.638,37
445	270820,80	4272883,76	-11,25	15,66	4.241.053,73	-48.069.942,30
446	270826,34	4272878,21	-9,70	8,34	2.258.691,68	-41.446.918,64
447	270830,50	4272875,42	-13,47	6,79	1.838.939,10	-57.555.631,91
448	270839,81	4272871,42	-18,55	6,55	1.774.000,76	-79.261.764,84
449	270849,05	4272868,87	-31,95	10,36	2.805.996,16	-136.518.160,40
450	270871,76	4272861,06	-29,65	8,94	2.421.593,53	-126.690.330,43
451	270878,70	4272859,93	-10,91	0,66	178.779,94	-46.616.901,84
452	270882,67	4272860,40	-8,48	-2,77	-750.345,00	-36.233.856,19
453	270887,18	4272862,70	-10,66	-7,75	-2.099.375,65	-45.548.716,38
454	270893,33	4272868,15	-9,41	-6,02	-1.630.777,85	-40.207.689,29
455	270896,59	4272868,72	-7,81	1,74	471.360,07	-33.371.104,70
456	270901,14	4272866,41	-8,66	6,93	1.877.344,90	-37.003.023,11
457	270905,25	4272861,79	-7,03	10,63	2.879.722,81	-30.038.218,38
458	270908,17	4272855,78	-5,72	14,87	4.028.404,49	-24.440.735,06
459	270910,97	4272846,92	-6,18	12,76	3.456.823,98	-26.406.193,97
460	270914,35	4272843,02	-7,89	6,16	1.668.832,40	-33.712.731,43
461	270918,86	4272840,76	-15,65	4,17	1.129.731,65	-66.869.957,89
462	270930,00	4272838,85	-35,02	2,61	707.127,30	-149.634.816,53
463	270953,88	4272838,15	-29,04	1,95	528.360,07	-124.083.219,88
464	270959,04	4272836,90	-14,66	7,03	1.904.842,05	-62.639.788,95
465	270968,54	4272831,12	-14,40	7,91	2.143.361,15	-61.528.768,13
466	270973,44	4272828,99	-9,91	2,70	731.628,29	-42.343.735,29
467	270978,45	4272828,42	-11,11	-0,22	-59.615,26	-47.471.123,75
468	270984,55	4272829,21	-15,91	-4,32	-1.170.653,26	-67.980.712,73
469	270994,36	4272832,74	-18,77	-8,15	-2.208.604,03	-80.201.070,53
470	271003,32	4272837,36	-14,34	-6,79	-1.840.112,54	-61.272.487,74
471	271008,70	4272839,53	-12,20	-2,71	-734.433,58	-52.128.642,27
472	271015,52	4272840,07	-14,52	1,31	355.030,33	-62.041.637,82
473	271023,22	4272838,22	-12,36	3,68	997.365,45	-52.812.280,40
474	271027,88	4272836,39	-9,73	4,04	1.094.952,64	-41.574.698,07
475	271032,95	4272834,18	-15,53	6,53	1.769.845,16	-66.357.114,82
476	271043,41	4272829,86	-23,02	9,75	2.642.673,25	-98.360.543,38
477	271055,97	4272824,43	-18,49	7,31	1.981.419,14	-79.004.523,71
478	271061,90	4272822,55	-11,01	2,14	580.072,47	-47.043.776,28
479	271066,98	4272822,29	-11,36	-0,26	-70.477,41	-48.539.261,21
480	271073,26	4272822,81	-10,93	0,49	132.825,90	-46.701.953,31
481	271077,91	4272821,80	-12,68	6,98	1.892.123,81	-54.179.380,42
482	271085,94	4272815,83	-12,74	5,92	1.604.828,76	-54.435.673,67
483	271090,65	4272815,88	-15,27	-5,18	-1.404.249,57	-65.245.898,49
484	271101,21	4272821,01	-16,67	-8,08	-2.190.497,78	-71.227.926,24
485	271107,32	4272823,96	-13,26	-5,17	-1.401.624,84	-56.657.645,71
486	271114,47	4272826,18	-9,53	-2,32	-628.985,57	-40.720.033,50
487	271116,85	4272826,28	-4,06	0,99	268.405,68	-17.347.674,70
488	271118,53	4272825,19	-1,38	3,79	1.027.539,23	-5.896.498,76
489	271118,23	4272822,49	1,35	7,65	2.074.054,46	5.768.310,36
490	271117,18	4272817,54	0,09	7,09	1.922.220,81	384.553,58
491	271118,14	4272815,40	-5,92	5,59	1.515.550,40	-25.295.067,17
492	271123,10	4272811,95	-7,72	8,25	2.236.765,58	-32.986.108,25
493	271125,86	4272807,15	-4,55	9,41	2.551.294,34	-19.441.272,53
494	271127,65	4272802,54	-6,61	7,45	2.019.900,99	-28.243.224,79
495	271132,47	4272799,70	-10,36	2,98	807.974,76	-44.266.204,89
496	271138,01	4272799,56	-12,29	-2,35	-637.174,32	-52.512.706,59
497	271144,76	4272802,05	-15,43	-7,83	-2.123.063,47	-65.929.335,63

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
498	271153,44	4272807,39	-12,70	-4,41	-1.195.786,67	-54.264.653,85
499	271157,46	4272806,46	-14,29	7,09	1.922.506,39	-61.058.404,31
500	271167,73	4272800,30	-16,92	7,60	2.060.874,75	-72.295.781,08
501	271174,38	4272798,86	-17,37	1,40	379.644,13	-74.218.516,20
502	271185,10	4272798,90	-15,78	1,47	398.642,10	-67.424.766,64
503	271190,16	4272797,39	-7,96	4,98	1.350.527,00	-34.011.467,22
504	271193,06	4272793,92	-5,78	8,46	2.294.293,29	-24.696.748,86
505	271195,94	4272788,93	-7,15	8,70	2.359.404,68	-30.550.440,85
506	271200,21	4272785,22	-20,78	8,85	2.400.121,86	-88.788.476,87
507	271216,72	4272780,08	-20,41	8,03	2.177.870,26	-87.207.441,43
508	271220,62	4272777,19	-7,96	12,65	3.430.940,84	-34.011.306,43
509	271224,68	4272767,43	-7,65	13,68	3.710.353,62	-32.686.670,84
510	271228,27	4272763,51	-14,37	7,79	2.112.868,22	-61.399.611,64
511	271239,05	4272759,64	-14,08	7,28	1.974.620,28	-60.160.455,73
512	271242,35	4272756,23	-7,86	13,90	3.770.268,66	-33.583.863,97
513	271246,91	4272745,74	-8,28	13,91	3.773.044,52	-35.378.334,73
514	271250,63	4272742,32	-8,79	4,43	1.201.640,29	-37.557.404,99
515	271255,70	4272741,31	-16,62	2,02	547.936,51	-71.012.960,57
516	271267,25	4272740,30	-16,17	4,14	1.123.046,41	-69.090.210,65
517	271271,87	4272737,17	-7,84	6,99	1.896.190,37	-33.498.259,41
518	271275,09	4272733,31	-5,77	5,26	1.426.906,97	-24.653.671,20
519	271277,64	4272731,91	-5,02	1,60	434.044,22	-21.449.114,19
520	271280,11	4272731,71	-8,31	-1,07	-290.269,72	-35.506.400,51
521	271285,95	4272732,98	-12,45	-3,48	-944.075,11	-53.195.525,60
522	271292,56	4272735,19	-11,37	-2,63	-713.499,43	-48.580.999,11
523	271297,32	4272735,61	-6,06	1,10	298.427,05	-25.892.777,80
524	271298,62	4272734,09	-1,61	3,14	851.877,67	-6.879.101,88
525	271298,93	4272732,47	-0,37	7,77	2.107.992,69	-1.580.911,01
526	271298,99	4272726,32	-1,05	11,95	3.242.022,93	-4.486.362,64
527	271299,98	4272720,52	-4,45	9,59	2.601.766,81	-19.013.606,31
528	271303,44	4272716,73	-9,39	5,63	1.527.438,37	-40.120.810,09
529	271309,37	4272714,89	-12,03	1,47	398.824,77	-51.400.760,13
530	271315,47	4272715,26	-16,85	-5,37	-1.456.964,07	-71.995.252,13
531	271326,22	4272720,26	-15,38	-5,48	-1.486.867,69	-65.714.437,60
532	271330,85	4272720,74	-12,66	5,70	1.546.585,85	-54.092.644,57
533	271338,88	4272714,56	-14,03	9,09	2.466.470,42	-59.946.185,28
534	271344,88	4272711,65	-20,60	2,32	629.520,12	-88.017.859,99
535	271359,48	4272712,24	-16,13	0,65	176.383,66	-68.918.848,43
536	271361,01	4272711,00	-2,39	9,54	2.588.784,04	-10.211.779,29
537	271361,87	4272702,70	-2,19	10,84	2.941.562,67	-9.357.218,91
538	271363,20	4272700,16	-6,71	4,91	1.332.393,31	-28.669.818,07
539	271368,58	4272697,79	-11,31	4,04	1.096.329,06	-48.324.212,00
540	271374,51	4272696,12	-6,56	2,51	681.150,02	-28.028.886,55
541	271375,14	4272695,28	-0,51	2,27	616.021,57	-2.179.074,59
542	271375,02	4272693,85	7,04	12,31	3.340.626,50	30.079.764,70
543	271368,10	4272682,97	8,72	17,29	4.691.954,45	37.257.795,50
544	271366,30	4272676,56	0,98	13,11	3.557.612,19	4.187.223,03
545	271367,12	4272669,86	-3,69	12,67	3.438.221,41	-15.766.151,78
546	271369,99	4272663,89	-6,71	10,32	2.800.538,30	-28.669.574,70
547	271373,83	4272659,54	-9,57	7,59	2.059.727,37	-40.889.351,80
548	271379,56	4272656,30	-10,76	3,38	917.262,91	-45.973.781,79
549	271384,59	4272656,16	-10,24	-2,67	-724.596,86	-43.751.999,08
550	271389,80	4272658,97	-14,17	-9,42	-2.556.491,92	-60.543.577,60
551	271398,76	4272665,58	-12,87	-6,79	-1.842.797,58	-54.989.206,01
552	271402,67	4272665,76	-8,54	2,93	795.209,82	-36.488.565,59

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1-\Psi_{i+1}}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
553	271407,30	4272662,65	-8,22	7,47	2.027.412,53	-35.121.286,98
554	271410,89	4272658,29	-10,06	15,46	4.196.012,36	-42.982.942,40
555	271417,36	4272647,19	-14,32	31,47	8.541.504,32	-61.184.307,76
556	271425,21	4272626,82	-10,72	30,10	8.169.898,82	-45.802.559,51
557	271428,08	4272617,09	-4,77	20,76	5.634.846,94	-20.380.383,52
558	271429,98	4272606,06	-1,55	21,58	5.857.458,97	-6.622.539,39
559	271429,63	4272595,51	9,33	45,15	12.255.047,79	39.863.316,11
560	271420,65	4272560,91	9,19	48,91	13.275.183,99	39.264.834,76
561	271420,44	4272546,60	-2,75	25,94	7.040.646,21	-11.749.503,15
562	271423,40	4272534,97	-8,19	20,27	5.501.752,32	-34.992.061,40
563	271428,63	4272526,33	-16,61	24,03	6.522.429,98	-70.966.662,34
564	271440,01	4272510,94	-12,73	27,55	7.478.172,28	-54.389.064,27
565	271441,36	4272498,78	0,39	28,97	7.863.656,20	1.666.274,52
566	271439,62	4272481,97	0,51	24,06	6.530.837,26	2.178.965,80
567	271440,85	4272474,72	-6,12	14,75	4.003.752,54	-26.147.545,29
568	271445,74	4272467,22	-19,36	21,39	5.806.224,38	-82.714.965,38
569	271460,21	4272453,33	-26,97	31,77	8.624.290,87	-115.228.066,31
570	271472,71	4272435,45	-15,58	31,68	8.600.255,45	-66.564.544,31
571	271475,79	4272421,65	2,03	32,53	8.831.107,45	8.673.015,95
572	271470,68	4272402,92	16,58	37,04	10.055.273,99	70.836.440,41
573	271459,21	4272384,61	12,50	35,28	9.577.080,93	53.404.807,63
574	271458,18	4272367,64	-5,15	47,65	12.934.982,28	-22.002.693,35
575	271464,36	4272336,96	-12,57	39,77	10.796.137,60	-53.703.275,59
576	271470,75	4272327,87	-21,13	14,69	3.987.905,32	-90.274.287,89
577	271485,49	4272322,27	-33,00	8,72	2.367.353,47	-140.986.634,91
578	271503,75	4272319,15	-30,11	1,14	309.514,27	-128.639.529,61
579	271515,60	4272321,13	-13,90	-7,53	-2.044.512,47	-59.385.263,71
580	271517,65	4272326,68	-1,47	-12,90	-3.502.577,69	-6.280.320,22
581	271517,07	4272334,03	1,93	-12,10	-3.285.356,55	8.245.604,68
582	271515,72	4272338,78	2,48	-8,86	-2.405.629,28	10.595.400,17
583	271514,59	4272342,89	-0,97	-7,19	-1.952.189,90	-4.144.172,60
584	271516,69	4272345,97	-7,33	-1,23	-333.965,53	-31.316.295,96
585	271521,92	4272344,12	-11,55	5,73	1.555.820,60	-49.345.574,59
586	271528,24	4272340,24	-12,74	9,01	2.446.469,44	-54.429.614,66
587	271534,66	4272335,11	-11,33	10,41	2.826.675,81	-48.405.556,80
588	271539,57	4272329,83	-13,60	19,40	5.267.867,66	-58.103.685,69
589	271548,26	4272315,71	-16,10	23,31	6.329.789,94	-68.784.282,93
590	271555,67	4272306,52	-15,87	19,97	5.422.966,73	-67.801.504,47
591	271564,13	4272295,74	-11,25	21,99	5.971.695,22	-48.063.327,08
592	271566,92	4272284,53	-1,43	16,13	4.380.374,42	-6.109.366,88
593	271565,56	4272279,61	5,98	4,33	1.175.878,87	25.548.232,07
594	271560,94	4272280,20	8,19	-2,34	-635.452,60	34.989.974,84
595	271557,37	4272281,95	7,41	-1,50	-407.336,06	31.657.609,25
596	271553,53	4272281,70	3,71	3,65	991.170,38	15.850.165,11
597	271553,66	4272278,30	-2,12	9,59	2.604.199,60	-9.057.230,00
598	271555,65	4272272,11	-5,45	13,11	3.560.094,57	-23.283.883,00
599	271559,11	4272265,19	-7,03	8,93	2.425.022,85	-30.034.024,29
600	271562,68	4272263,18	-7,56	0,34	92.331,31	-32.298.309,64
601	271566,67	4272264,85	-8,35	-4,12	-1.118.854,68	-35.673.411,50
602	271571,03	4272267,30	-6,92	-2,24	-608.319,11	-29.564.089,72
603	271573,59	4272267,09	-5,10	10,12	2.748.324,73	-21.788.562,16
604	271576,13	4272257,18	-6,44	15,79	4.288.187,09	-27.513.336,24
605	271580,03	4272251,30	-4,16	12,90	3.503.382,39	-17.772.565,41
606	271580,29	4272244,28	2,60	10,50	2.851.593,05	11.107.835,13
607	271577,43	4272240,80	12,56	7,08	1.922.768,20	53.659.344,45
608	271567,73	4272237,20	14,69	5,97	1.621.259,35	62.759.164,47

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
608	271567,73	4272237,20	14,69	5,97	1.621.259,35	62.759.164,47
609	271562,74	4272234,83	8,23	5,00	1.357.813,70	35.160.492,65
610	271559,50	4272232,20	7,04	9,41	2.555.374,90	30.076.514,69
611	271555,70	4272225,42	4,08	16,52	4.486.100,16	17.430.679,71
612	271555,42	4272215,68	-2,01	13,62	3.698.584,82	-8.587.153,52
613	271557,71	4272211,80	-9,96	8,11	2.202.333,03	-42.551.229,53
614	271565,38	4272207,57	-13,06	8,64	2.346.324,88	-55.795.030,86
615	271570,77	4272203,16	-8,46	9,59	2.604.363,68	-36.142.838,73
616	271573,84	4272197,98	-4,90	7,60	2.063.961,18	-20.933.770,10
617	271575,67	4272195,56	-3,76	2,08	564.877,39	-16.063.455,31
618	271577,60	4272195,90	-4,15	-3,23	-877.195,65	-17.729.612,99
619	271579,82	4272198,79	-7,49	-9,18	-2.493.102,75	-31.998.768,94
620	271585,09	4272205,08	-9,03	-6,77	-1.838.631,06	-38.578.011,87
621	271588,85	4272205,56	-8,17	2,20	597.495,47	-34.903.919,43
622	271593,26	4272202,88	-8,73	9,29	2.523.101,39	-37.296.331,14
623	271597,58	4272196,27	-5,39	13,52	3.671.999,28	-23.027.137,90
624	271598,65	4272189,36	1,46	12,99	3.528.066,46	6.237.396,47
625	271596,12	4272183,28	8,01	8,63	2.343.874,52	34.220.188,07
626	271590,64	4272180,73	12,74	3,06	831.067,36	54.427.582,50
627	271583,38	4272180,22	8,99	2,77	752.285,96	38.406.900,18
628	271581,65	4272177,96	0,58	6,51	1.767.996,54	2.477.863,22
629	271582,80	4272173,71	-5,72	12,02	3.264.425,26	-24.436.833,62
630	271587,37	4272165,94	-15,68	24,11	6.547.971,49	-66.987.561,94
631	271598,48	4272149,60	-14,64	23,42	6.360.836,40	-62.544.270,14
632	271602,01	4272142,52	-5,26	17,51	4.755.751,20	-22.471.469,66
633	271603,74	4272132,09	-1,45	20,55	5.581.456,86	-6.194.591,53
634	271603,46	4272121,97	-3,04	13,90	3.775.288,09	-12.987.250,79
635	271606,78	4272118,19	-8,15	5,41	1.469.392,68	-34.817.763,25
636	271611,61	4272116,56	-11,19	0,26	70.619,02	-47.804.984,31
637	271617,97	4272117,93	-11,23	-3,65	-991.405,59	-47.975.884,35
638	271622,84	4272120,21	-9,32	-1,87	-507.934,71	-39.816.160,36
639	271627,29	4272119,80	-9,15	4,66	1.265.783,17	-39.089.896,17
640	271631,99	4272115,55	-7,43	9,37	2.545.191,75	-31.741.818,54
641	271634,72	4272110,43	-3,60	10,07	2.735.361,63	-15.379.597,55
642	271635,59	4272105,48	0,06	10,88	2.955.395,22	256.326,33
643	271634,66	4272099,55	4,15	13,08	3.552.981,35	17.729.213,13
644	271631,44	4272092,40	10,02	18,38	4.992.585,87	42.806.365,85
645	271624,64	4272081,17	11,45	21,50	5.839.929,76	48.915.329,40
646	271619,99	4272070,90	5,92	18,15	4.929.902,82	25.290.659,73
647	271618,72	4272063,02	0,69	14,17	3.848.837,26	2.947.723,48
648	271619,30	4272056,73	-3,75	13,84	3.759.211,11	-16.020.212,74
649	271622,47	4272049,18	-8,90	13,16	3.574.551,71	-38.021.237,70
650	271628,20	4272043,57	-12,01	8,43	2.289.825,73	-51.307.243,28
651	271634,48	4272040,75	-12,25	2,64	717.115,03	-52.332.499,19
652	271640,45	4272040,93	-7,35	-2,23	-605.758,20	-31.399.500,84
653	271641,83	4272042,98	-2,02	-6,35	-1.724.925,62	-8.629.526,82
654	271642,47	4272047,28	-2,16	-12,06	-3.276.008,19	-9.227.622,12
655	271643,99	4272055,04	-4,38	-12,16	-3.303.190,92	-18.711.601,08
656	271646,85	4272059,44	-7,45	-7,87	-2.137.860,71	-31.826.842,83
657	271651,44	4272062,91	-8,12	-4,12	-1.119.203,93	-34.689.150,83
658	271654,97	4272063,56	-6,52	1,21	328.702,51	-27.853.854,41
659	271657,96	4272061,70	-5,32	7,44	2.021.135,22	-22.727.368,24
660	271660,29	4272056,12	-2,63	14,69	3.990.689,66	-11.235.507,60
661	271660,59	4272047,01	0,98	14,17	3.849.430,56	4.186.606,07
662	271659,31	4272041,95	3,92	13,31	3.615.785,42	16.746.404,44

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
663	271656,67	4272033,70	3,08	13,17	3.577.718,34	13.157.863,80
664	271656,23	4272028,78	-0,95	11,48	3.118.613,52	-4.058.427,34
665	271657,62	4272022,22	-4,40	9,37	2.545.431,90	-18.796.897,77
666	271660,63	4272019,41	-8,98	2,88	782.382,61	-38.362.734,30
667	271666,60	4272019,34	-10,83	-0,40	-108.666,64	-46.265.969,45
668	271671,46	4272019,81	-8,18	0,28	76.068,01	-34.945.122,05
669	271674,78	4272019,06	-6,69	5,31	1.442.593,08	-28.579.807,51
670	271678,15	4272014,50	-6,64	12,23	3.322.623,77	-28.366.176,28
671	271681,42	4272006,83	-6,86	11,73	3.186.823,06	-29.305.966,85
672	271685,01	4272002,77	-10,63	6,79	1.844.741,22	-45.411.389,45
673	271692,05	4272000,04	-15,56	2,31	627.608,64	-66.472.320,62
674	271700,57	4272000,46	-14,81	-1,06	-288.002,60	-63.268.326,81
675	271706,86	4272001,10	-10,09	3,24	880.330,23	-43.104.491,10
676	271710,66	4271997,22	-3,02	9,05	2.458.981,47	-12.901.431,60
677	271709,88	4271992,05	-1,42	10,07	2.736.118,49	-6.066.228,71
678	271712,08	4271987,15	-7,66	5,12	1.391.165,85	-32.723.421,57
679	271717,54	4271986,93	-13,03	-1,74	-472.788,52	-55.663.989,70
680	271725,11	4271988,89	-12,12	-5,64	-1.532.529,62	-51.776.505,35
681	271729,66	4271992,57	-6,61	-7,79	-2.116.774,05	-28.237.870,89
682	271731,72	4271996,68	-2,37	-8,66	-2.353.196,70	-10.124.632,13
683	271732,03	4272001,23	0,85	-7,65	-2.078.750,03	3.631.201,05
684	271730,87	4272004,33	3,13	-4,86	-1.320.612,03	13.371.373,55
685	271728,90	4272006,09	5,93	-2,65	-720.081,59	25.332.996,11
686	271724,94	4272006,98	8,08	-1,32	-358.676,92	34.517.816,40
687	271720,82	4272007,41	5,88	-1,99	-540.724,43	25.119.403,57
688	271719,06	4272008,97	1,27	-4,51	-1.225.452,96	5.425.451,39
689	271719,55	4272011,92	-2,08	-5,89	-1.600.428,15	-8.885.784,79
690	271721,14	4272014,86	-5,44	-8,54	-2.320.498,54	-23.239.760,84
691	271724,99	4272020,46	-9,29	-6,97	-1.893.923,18	-39.687.070,07
692	271730,43	4272021,83	-12,31	-1,59	-432.051,38	-52.588.588,73
693	271737,30	4272022,05	-14,80	0,57	154.890,26	-63.225.926,34
694	271745,23	4272021,26	-9,30	2,49	676.645,62	-39.729.797,72
695	271746,60	4272019,56	-1,03	6,13	1.665.806,66	-4.400.180,15
696	271746,26	4272015,13	-2,28	5,69	1.546.236,22	-9.740.194,50
697	271748,88	4272013,87	-7,63	0,04	10.869,96	-32.595.465,83
698	271753,89	4272015,09	-9,64	-6,32	-1.717.484,58	-41.182.225,47
699	271758,52	4272020,19	-7,08	-6,70	-1.820.782,08	-30.245.902,95
700	271760,97	4272021,79	-7,26	-2,94	-798.977,25	-31.014.878,20
701	271765,78	4272023,13	-12,59	-5,20	-1.413.182,06	-53.784.771,21
702	271773,56	4272026,99	-10,68	-9,06	-2.462.268,45	-45.625.248,25
703	271776,46	4272032,19	-3,14	-10,46	-2.842.781,77	-13.414.181,08
704	271776,70	4272037,45	1,60	-12,58	-3.418.950,89	6.835.259,92
705	271774,86	4272044,77	5,67	-15,21	-4.133.695,62	24.222.493,85
706	271771,03	4272052,66	8,10	-14,21	-3.861.866,34	34.603.626,55
707	271766,76	4272058,98	11,72	-14,64	-3.978.665,37	50.068.531,25
708	271759,31	4272067,30	16,76	-20,33	-5.524.866,77	71.599.847,95
709	271750,00	4272079,31	11,87	-20,63	-5.606.202,50	50.709.581,41
710	271747,44	4272087,93	2,86	-17,86	-4.853.409,28	12.218.171,48
711	271747,14	4272097,17	-2,43	-19,60	-5.326.243,94	-10.381.196,12
712	271749,87	4272107,53	-9,17	-17,89	-4.861.605,17	-39.175.226,05
713	271756,31	4272115,06	-14,47	-11,12	-3.021.930,17	-61.817.504,92
714	271764,34	4272118,65	-14,92	-4,81	-1.307.186,48	-63.740.010,26
715	271771,23	4272119,87	-17,39	-1,42	-385.915,15	-74.292.164,54
716	271781,73	4272120,07	-19,77	0,63	171.222,49	-84.459.813,78
717	271791,00	4272119,24	-16,37	2,34	635.990,94	-69.934.591,96

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
718	271798,10	4272117,73	-9,56	2,56	695.803,14	-40.841.445,50
719	271800,56	4272116,68	2,02	2,51	682.219,41	8.629.675,69
720	271796,08	4272115,22	13,25	4,73	1.285.595,46	56.605.526,67
721	271787,31	4272111,95	12,55	6,74	1.831.846,47	53.615.004,97
722	271783,53	4272108,48	5,18	9,48	2.576.507,86	22.129.521,93
723	271782,13	4272102,47	0,55	10,74	2.918.940,08	2.349.656,36
724	271782,98	4272097,74	-4,45	11,52	3.130.939,93	-19.010.834,94
725	271786,58	4272090,95	-9,75	12,35	3.356.564,26	-41.652.886,76
726	271792,73	4272085,39	-14,16	11,55	3.139.206,03	-60.492.729,12
727	271800,74	4272079,40	-16,22	11,42	3.103.964,45	-69.293.127,87
728	271808,95	4272073,97	-14,72	5,34	1.451.459,79	-62.884.928,84
729	271815,46	4272074,06	-15,96	-6,05	-1.644.483,53	-68.182.302,00
730	271824,91	4272080,02	-20,16	-21,41	-5.819.771,32	-86.125.133,20
731	271835,62	4272095,47	-14,58	-28,32	-7.698.384,76	-62.287.151,95
732	271839,49	4272108,34	-2,61	-20,57	-5.591.738,31	-11.150.202,77
733	271838,23	4272116,04	6,65	-12,17	-3.308.271,26	28.409.571,67
734	271832,84	4272120,51	13,95	-9,02	-2.451.932,22	59.596.081,11
735	271824,28	4272125,06	10,98	-9,73	-2.644.850,24	46.907.933,16
736	271821,86	4272130,24	1,47	-10,72	-2.913.930,34	6.280.031,45
737	271822,81	4272135,78	-6,33	-10,35	-2.813.366,08	-27.042.619,49
738	271828,19	4272140,59	-10,70	-5,71	-1.552.138,96	-45.711.904,31
739	271833,51	4272141,49	-15,22	0,97	263.678,50	-65.021.993,48
740	271843,41	4272139,62	-17,59	3,66	994.946,88	-75.146.935,92
741	271851,10	4272137,83	-11,28	9,77	2.655.985,25	-48.189.714,72
742	271854,69	4272129,85	-8,63	14,85	4.037.042,15	-36.868.480,61
743	271859,73	4272122,98	-11,79	13,05	3.547.769,48	-50.368.329,93
744	271866,48	4272116,80	-12,86	11,38	3.093.840,54	-54.939.422,05
745	271872,59	4272111,60	-8,62	9,05	2.460.446,94	-36.825.601,99
746	271875,10	4272107,75	-1,42	9,38	2.550.188,44	-6.066.393,00
747	271874,01	4272102,22	8,67	8,13	2.210.335,70	37.039.126,25
748	271866,43	4272099,62	11,85	12,42	3.376.581,06	50.624.380,50
749	271862,16	4272089,80	3,81	13,57	3.689.169,51	16.276.662,14
750	271862,62	4272086,05	-3,55	8,67	2.357.048,92	-15.165.905,48
751	271865,71	4272081,13	-6,69	2,80	761.223,99	-28.580.222,76
752	271869,31	4272083,25	-10,09	-11,74	-3.191.745,70	-43.105.319,99
753	271875,80	4272092,87	-13,55	-16,64	-4.524.013,31	-57.886.858,39
754	271882,86	4272099,89	-15,67	-4,59	-1.247.942,33	-66.943.805,28
755	271891,47	4272097,46	-14,87	11,17	3.037.027,72	-63.526.089,23
756	271897,73	4272088,72	-7,60	27,38	7.444.559,85	-32.467.874,27
757	271899,07	4272070,08	-2,04	36,11	9.818.275,42	-8.715.022,96
758	271899,77	4272052,61	-3,92	23,04	6.264.570,70	-16.746.446,23
759	271902,99	4272047,04	-11,70	8,37	2.275.828,03	-49.982.950,37
760	271911,47	4272044,24	-21,98	5,78	1.571.648,30	-93.899.532,40
761	271924,97	4272041,26	-14,15	9,28	2.523.463,72	-60.449.383,83
762	271925,62	4272034,96	2,38	15,32	4.165.900,50	10.167.443,20
763	271922,59	4272025,94	3,94	19,06	5.182.844,57	16.831.782,20
764	271921,68	4272015,90	-0,10	21,07	5.729.389,80	-427.201,59
765	271922,69	4272004,87	3,03	23,79	6.469.040,80	12.944.174,76
766	271918,65	4271992,11	7,99	23,32	6.341.142,92	34.133.216,96
767	271914,70	4271981,55	-0,59	24,23	6.588.493,18	-2.520.469,11
768	271919,24	4271967,88	-9,48	28,66	7.793.205,42	-40.498.255,50
769	271924,18	4271952,89	-9,74	20,23	5.501.026,16	-41.608.821,15
770	271928,98	4271947,65	-10,31	7,58	2.061.221,67	-44.043.780,27
771	271934,49	4271945,31	-12,96	0,02	5.438,69	-55.364.411,22
772	271941,94	4271947,63	-8,70	-7,50	-2.039.564,55	-37.165.944,38

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
773	271943,19	4271952,81	-4,43	-12,24	-3.328.584,65	-18.924.750,95
774	271946,37	4271959,87	-7,89	-5,52	-1.501.143,96	-33.705.763,37
775	271951,08	4271958,33	-12,40	5,02	1.365.194,42	-52.972.283,29
776	271958,77	4271954,85	-6,76	8,95	2.434.030,99	-28.878.414,79
777	271957,84	4271949,38	9,01	8,10	2.202.858,50	38.490.263,91
778	271949,76	4271946,75	12,65	7,97	2.167.439,59	54.040.126,39
779	271945,19	4271941,41	0,84	13,55	3.684.857,32	3.588.430,78
780	271948,92	4271933,20	-8,90	10,51	2.858.183,15	-38.020.205,48
781	271954,09	4271930,90	-11,50	0,73	198.526,49	-49.127.205,35
782	271960,42	4271932,47	-11,30	-2,00	-543.920,84	-48.272.836,91
783	271965,39	4271932,90	-11,34	5,28	1.435.977,26	-48.443.719,09
784	271971,76	4271927,19	-8,91	11,96	3.252.782,25	-38.062.871,26
785	271974,30	4271920,94	-5,38	16,90	4.596.365,67	-22.982.934,66
786	271977,14	4271910,29	-15,26	25,39	6.905.499,58	-65.189.351,03
787	271989,56	4271895,55	-15,14	22,61	6.149.683,95	-64.676.498,63
788	271992,28	4271887,68	-2,40	25,53	6.943.962,91	-10.252.530,43
789	271991,96	4271870,02	-3,01	26,15	7.112.589,75	-12.858.328,76
790	271995,29	4271861,53	-11,99	15,59	4.240.406,57	-51.219.619,74
791	272003,95	4271854,43	-18,18	9,89	2.690.119,07	-77.662.313,54
792	272013,47	4271851,64	-15,25	1,17	318.255,76	-65.145.737,51
793	272019,20	4271853,26	-6,67	-6,16	-1.675.638,27	-28.493.261,24
794	272020,14	4271857,80	0,59	-13,38	-3.639.629,47	2.520.396,10
795	272018,61	4271866,64	1,48	-15,80	-4.297.894,04	6.322.362,63
796	272018,66	4271873,60	-3,11	-9,70	-2.638.581,00	-13.285.526,90
797	272021,72	4271876,34	-8,09	-3,13	-851.427,98	-34.559.479,59
798	272026,75	4271876,73	-9,89	0,89	242.103,81	-42.248.860,86
799	272031,61	4271875,45	-10,22	5,86	1.594.105,23	-43.658.567,10
800	272036,97	4271870,87	-7,83	10,29	2.799.260,42	-33.448.748,91
801	272039,44	4271865,16	-5,36	20,94	5.696.505,87	-22.897.197,26
802	272042,33	4271849,93	-1,80	23,08	6.278.736,98	-7.689.329,87
803	272041,24	4271842,08	3,98	14,89	4.050.694,06	17.001.931,48
804	272038,35	4271835,04	2,58	14,67	3.990.802,59	11.021.334,40
805	272038,66	4271827,41	-15,66	14,97	4.072.418,74	-66.896.817,24
806	272054,01	4271820,07	-19,77	14,65	3.985.591,25	-84.453.882,78
807	272058,43	4271812,76	-3,88	14,64	3.982.935,42	-16.574.633,51
808	272057,89	4271805,43	-2,70	18,13	4.932.409,55	-11.533.874,66
809	272061,13	4271794,63	-6,56	18,26	4.967.836,23	-28.022.972,77
810	272064,45	4271787,17	-6,41	11,84	3.221.243,09	-27.382.155,76
811	272067,54	4271782,79	-6,21	6,21	1.689.539,42	-26.527.771,13
812	272070,66	4271780,96	-10,18	-1,36	-370.016,10	-43.486.730,17
813	272077,72	4271784,15	-13,75	-5,02	-1.365.830,15	-58.737.032,06
814	272084,41	4271785,98	-13,86	3,70	1.006.712,32	-59.206.953,68
815	272091,58	4271780,45	-6,51	9,93	2.701.869,39	-27.809.290,73
816	272090,92	4271776,05	6,09	6,03	1.640.708,25	26.015.116,14
817	272085,49	4271774,42	14,62	3,55	965.903,49	62.453.342,02
818	272076,30	4271772,50	16,61	5,85	1.591.646,35	70.954.141,22
819	272068,88	4271768,57	10,91	10,01	2.723.409,49	46.604.995,10
820	272065,39	4271762,49	-2,66	15,28	4.157.159,16	-11.362.888,22
821	272071,54	4271753,29	-11,13	17,53	4.769.414,10	-47.544.614,12
822	272076,52	4271744,96	-8,60	12,12	3.297.567,42	-36.737.006,66
823	272080,14	4271741,17	-9,54	7,00	1.904.560,98	-40.752.410,76
824	272086,06	4271737,96	-10,04	7,49	2.037.924,59	-42.888.249,12
825	272090,18	4271733,68	-4,05	9,35	2.544.043,18	-17.300.521,40
826	272090,11	4271728,61	2,28	14,76	4.016.050,02	9.739.541,23
827	272087,90	4271718,92	2,74	17,23	4.688.074,52	11.704.509,84

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
828	272087,37	4271711,38	-4,64	15,17	4.127.565,40	-19.820.740,80
829	272092,54	4271703,75	-10,28	10,58	2.878.739,07	-43.913.114,55
830	272097,65	4271700,80	-8,04	5,53	1.504.700,00	-34.344.474,43
831	272100,58	4271698,22	0,33	8,16	2.220.340,73	1.409.660,41
832	272097,32	4271692,64	9,54	13,39	3.643.383,11	40.751.947,79
833	272091,04	4271684,83	11,34	14,09	3.833.762,75	48.440.905,97
834	272085,98	4271678,55	5,42	10,90	2.965.737,18	23.152.497,74
835	272085,62	4271673,93	1,34	14,79	4.024.146,32	5.724.043,07
836	272084,64	4271663,76	3,89	21,42	5.828.052,99	16.616.772,03
837	272081,73	4271652,51	1,30	14,07	3.828.189,94	5.553.148,26
838	272083,34	4271649,69	-7,31	7,06	1.920.908,38	-31.225.759,23
839	272089,04	4271645,45	-9,08	7,10	1.931.832,18	-38.786.540,69
840	272092,42	4271642,59	-5,98	7,38	2.008.042,06	-25.544.422,69
841	272095,02	4271638,07	-3,04	11,44	3.112.767,03	-12.985.779,73
842	272095,46	4271631,15	1,11	11,72	3.188.958,79	4.741.510,58
843	272093,91	4271626,35	4,75	8,85	2.408.031,10	20.290.225,16
844	272090,71	4271622,30	8,77	7,33	1.994.424,90	37.462.127,57
845	272085,14	4271619,02	10,93	6,11	1.662.440,21	46.688.795,89
846	272079,78	4271616,19	8,59	6,29	1.711.381,82	36.693.183,07
847	272076,55	4271612,73	4,53	9,40	2.557.519,57	19.350.405,67
848	272075,25	4271606,79	0,25	10,39	2.826.861,85	1.067.901,70
849	272076,30	4271602,34	-4,85	8,76	2.383.388,39	-20.717.271,35
850	272080,10	4271598,03	-9,24	7,06	1.920.885,51	-39.469.565,80
851	272085,54	4271595,28	-10,66	5,47	1.488.307,90	-45.535.205,68
852	272090,76	4271592,56	-4,19	6,86	1.866.542,61	-17.897.972,83
853	272089,73	4271588,42	8,36	9,99	2.718.176,40	35.710.479,19
854	272082,40	4271582,57	13,90	10,87	2.957.535,69	59.374.997,72
855	272075,83	4271577,55	11,63	10,10	2.747.965,88	49.678.446,91
856	272070,77	4271572,47	8,21	13,29	3.615.820,53	35.069.609,98
857	272067,62	4271564,26	1,05	13,37	3.637.544,08	4.485.142,47
858	272069,72	4271559,10	-7,16	11,01	2.995.487,62	-30.584.363,16
859	272074,78	4271553,25	-10,34	11,20	3.047.237,54	-44.167.860,61
860	272080,06	4271547,90	-11,74	14,60	3.972.368,88	-50.147.972,35
861	272086,52	4271538,65	-7,23	18,82	5.120.668,31	-30.883.224,44
862	272087,29	4271529,08	2,44	15,39	4.187.423,39	10.422.530,96
863	272084,08	4271523,26	7,03	8,01	2.179.393,48	30.028.808,52
864	272080,26	4271521,07	12,41	3,57	971.326,53	53.009.576,48
865	272071,67	4271519,69	19,53	6,25	1.700.447,94	83.422.779,55
866	272060,73	4271514,82	17,84	12,84	3.493.259,77	76.203.824,39
867	272053,83	4271506,85	6,29	19,36	5.266.962,15	26.867.778,09
868	272054,44	4271495,46	-4,79	25,38	6.904.741,69	-20.460.463,25
869	272058,62	4271481,47	-11,26	25,54	6.948.377,15	-48.096.881,35
870	272065,70	4271469,92	-18,30	27,04	7.356.656,53	-78.167.899,54
871	272076,92	4271454,43	-16,26	24,52	6.671.326,08	-69.453.849,03
872	272081,96	4271445,40	-7,95	17,98	4.892.033,64	-33.957.990,93
873	272084,87	4271436,45	-3,57	22,74	6.187.209,94	-15.249.028,13
874	272085,53	4271422,66	-1,69	28,79	7.833.342,41	-7.218.704,30
875	272086,56	4271407,66	-1,20	23,82	6.481.101,86	-5.125.689,19
876	272086,73	4271398,84	2,70	15,38	4.184.693,91	11.532.776,87
877	272083,86	4271392,28	11,34	11,93	3.245.960,45	48.437.588,46
878	272075,39	4271386,91	10,07	10,60	2.883.999,13	43.012.866,18
879	272073,79	4271381,68	-0,97	16,06	4.369.505,07	-4.143.240,23
880	272076,36	4271370,85	-5,23	19,14	5.207.541,53	-22.339.269,55
881	272079,02	4271362,54	-2,20	14,05	3.822.710,23	-9.396.997,59
882	272078,56	4271356,80	3,68	9,44	2.568.421,61	15.718.593,02

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
883	272075,34	4271353,10	9,10	6,55	1.782.093,48	38.869.313,21
884	272069,46	4271350,25	14,90	3,00	816.208,38	63.643.118,73
885	272060,44	4271350,10	17,02	-3,41	-927.726,10	72.698.378,70
886	272052,44	4271353,66	17,79	-10,45	-2.842.948,00	75.987.381,61
887	272042,65	4271360,55	15,20	-8,94	-2.432.061,29	64.924.680,36
888	272037,24	4271362,60	13,84	-0,98	-266.596,50	59.115.658,38
889	272028,81	4271361,53	19,26	9,94	2.703.966,37	82.266.423,07
890	272017,98	4271352,66	16,15	6,85	1.863.323,16	68.982.345,46
891	272012,66	4271354,68	16,84	-10,75	-2.924.136,10	71.929.612,81
892	272001,14	4271363,41	16,32	-6,53	-1.776.167,44	69.708.650,85
893	271996,34	4271361,21	10,06	7,90	2.148.771,09	42.969.893,77
894	271991,08	4271355,51	8,63	7,63	2.075.291,94	36.861.798,05
895	271987,71	4271353,58	7,56	2,54	690.848,78	32.291.433,06
896	271983,52	4271352,97	11,37	1,43	388.936,43	48.565.283,27
897	271976,34	4271352,15	10,57	3,48	946.477,66	45.148.192,23
898	271972,95	4271349,49	5,33	7,76	2.110.510,09	22.766.292,78
899	271971,01	4271344,39	1,00	11,62	3.160.303,14	4.271.344,39
900	271971,95	4271337,87	-0,46	11,11	3.021.608,36	-1.964.815,42
901	271971,47	4271333,28	3,86	6,55	1.781.413,13	16.487.346,46
902	271968,09	4271331,32	10,15	2,06	560.254,27	43.354.012,90
903	271961,32	4271331,22	12,27	-5,65	-1.536.581,46	52.409.234,07
904	271955,82	4271336,97	6,36	-18,18	-4.944.156,81	27.165.703,13
905	271954,96	4271349,40	5,28	-18,68	-5.080.118,65	22.552.724,83
906	271950,54	4271355,65	12,63	-8,76	-2.382.286,73	53.947.221,86
907	271942,33	4271358,16	14,90	-1,25	-339.927,91	63.643.236,58
908	271935,64	4271356,90	11,24	7,00	1.903.549,48	48.010.051,56
909	271931,09	4271351,16	4,60	11,41	3.102.733,74	19.648.215,34
910	271931,04	4271345,49	-3,02	13,87	3.771.683,52	-12.899.463,38
911	271934,11	4271337,29	-2,97	13,03	3.543.301,45	-12.685.871,75
912	271934,01	4271332,46	7,95	3,74	1.017.033,20	33.957.093,06
913	271926,16	4271333,55	12,92	-8,43	-2.292.337,53	55.185.629,47
914	271921,09	4271340,89	11,00	-8,49	-2.308.610,05	46.984.749,79
915	271915,16	4271342,04	8,76	1,08	293.668,37	37.416.956,27
916	271912,33	4271339,81	6,22	11,57	3.146.025,66	26.567.733,62
917	271908,94	4271330,47	6,77	10,65	2.895.830,21	28.916.907,28
918	271905,56	4271329,16	8,86	-3,18	-864.659,68	37.843.976,36
919	271900,08	4271333,65	5,20	-8,71	-2.368.249,70	22.210.934,98
920	271900,36	4271337,87	0,94	-8,39	-2.281.244,02	4.015.057,60
921	271899,14	4271342,04	8,69	-1,77	-481.261,48	37.117.962,33
922	271891,67	4271339,64	8,25	7,60	2.066.376,69	35.238.552,03
923	271890,89	4271334,44	-2,36	12,11	3.292.598,68	-10.080.349,28
924	271894,03	4271327,53	0,83	9,46	2.572.117,52	3.545.201,85
925	271890,06	4271324,98	12,72	2,04	554.655,72	54.331.253,75
926	271881,31	4271325,49	17,48	-5,41	-1.470.877,89	74.662.769,57
927	271872,58	4271330,39	13,87	-9,87	-2.683.382,36	59.243.352,51
928	271867,44	4271335,36	13,70	-4,49	-1.220.684,81	58.517.294,43
929	271858,88	4271334,88	19,30	-8,83	-2.400.513,91	82.436.763,18
930	271848,14	4271344,19	20,67	-9,40	-2.555.372,52	88.288.684,41
931	271838,21	4271344,28	22,23	9,48	2.577.026,23	94.951.983,34
932	271825,91	4271334,71	24,10	16,38	4.452.508,41	102.939.166,51
933	271814,11	4271327,90	35,82	5,23	1.421.587,80	152.998.965,38
934	271790,09	4271329,48	38,00	5,80	1.576.382,52	162.310.520,24
935	271776,11	4271322,10	21,72	6,89	1.872.537,40	92.773.116,01
936	271768,37	4271322,59	19,24	-6,83	-1.856.177,97	82.180.246,63
937	271756,87	4271328,93	30,46	-5,02	-1.364.219,49	130.104.679,21

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
938	271737,91	4271327,61	24,23	-0,56	-152.173,23	103.494.267,99
939	271732,64	4271329,49	9,32	-12,56	-3.412.961,96	39.808.790,85
940	271728,59	4271340,17	9,27	-11,51	-3.127.596,07	39.595.323,38
941	271723,37	4271341,00	38,66	3,73	1.013.528,17	165.130.043,06
942	271689,93	4271336,44	36,39	1,86	505.343,27	155.433.933,05
943	271686,98	4271339,14	5,62	-9,79	-2.659.815,53	24.004.925,97
944	271684,31	4271346,23	15,29	4,05	1.100.321,46	65.308.883,86
945	271671,69	4271335,09	25,34	14,44	3.922.939,20	108.235.631,18
946	271658,97	4271331,79	25,52	-3,71	-1.007.854,78	109.004.387,28
947	271646,17	4271338,80	21,24	-14,01	-3.805.762,84	90.723.236,11
948	271637,73	4271345,80	14,82	-22,18	-6.024.924,85	63.301.344,76
949	271631,35	4271360,98	14,46	-16,12	-4.378.697,36	61.763.879,77
950	271623,27	4271361,92	27,24	13,10	3.558.264,84	116.351.898,70
951	271604,11	4271347,88	34,65	19,40	5.269.119,73	148.002.204,04
952	271588,62	4271342,52	26,74	6,64	1.803.348,44	114.215.698,98
953	271577,37	4271341,24	18,27	-9,35	-2.539.248,41	78.037.404,45
954	271570,35	4271351,87	13,26	-12,47	-3.386.482,26	56.638.125,80
955	271564,11	4271353,71	24,64	4,81	1.306.223,37	105.246.155,41
956	271545,71	4271347,06	44,95	-3,43	-931.401,79	191.997.050,35
957	271519,16	4271357,14	39,65	-14,79	-4.015.768,38	169.359.310,60
958	271506,06	4271361,85	30,73	-18,34	-4.979.421,14	131.258.949,65
959	271488,43	4271375,48	42,38	-16,39	-4.449.695,37	181.020.892,84
960	271463,68	4271378,24	48,56	12,48	3.387.866,73	207.418.127,33
961	271439,87	4271363,00	30,66	21,88	5.939.104,36	130.959.989,58
962	271433,02	4271356,36	16,71	13,70	3.718.632,37	71.374.364,78
963	271423,16	4271349,30	13,71	-10,91	-2.961.226,68	58.560.198,90
964	271419,31	4271367,27	14,82	-18,65	-5.061.970,13	63.301.662,94
965	271408,34	4271367,95	38,07	21,75	5.903.131,40	162.610.977,86
966	271381,24	4271345,52	38,08	33,66	9.134.692,54	162.652.837,40
967	271370,26	4271334,29	19,26	13,56	3.679.780,73	82.265.898,43
968	271361,98	4271331,96	15,97	-10,96	-2.974.127,30	68.213.171,40
969	271354,29	4271345,25	17,22	-13,65	-3.703.986,06	73.552.565,20
970	271344,76	4271345,61	30,00	9,78	2.653.751,75	128.140.368,30
971	271324,29	4271335,47	32,94	28,76	7.803.286,58	140.697.790,38
972	271311,82	4271316,85	13,64	32,12	8.714.535,66	58.260.761,83
973	271310,65	4271303,35	8,29	17,54	4.758.788,80	35.409.104,77
974	271303,53	4271299,31	8,68	18,83	5.108.645,47	37.074.878,01
975	271301,97	4271284,52	10,61	26,67	7.235.623,54	45.318.328,76
976	271292,92	4271272,64	13,63	22,98	6.234.311,30	58.217.446,08
977	271288,34	4271261,54	20,12	18,08	4.904.893,19	85.937.782,18
978	271272,80	4271254,56	28,20	-1,62	-439.461,94	120.449.378,59
979	271260,14	4271263,16	18,14	34,10	9.249.970,77	77.480.713,72
980	271254,66	4271220,46	20,82	62,69	17.004.954,64	88.926.809,98
981	271239,32	4271200,47	9,36	33,67	9.132.627,90	39.978.436,40
982	271245,30	4271186,79	-34,00	21,58	5.853.473,57	-145.220.350,86
983	271273,32	4271178,89	-30,71	25,21	6.838.800,40	-131.167.903,71
984	271276,01	4271161,58	15,95	17,74	4.812.436,42	68.125.027,20
985	271257,37	4271161,15	15,27	12,79	3.469.381,76	65.220.630,76
986	271260,74	4271148,79	-21,05	32,26	8.750.871,47	-89.907.682,03
987	271278,42	4271128,89	-38,30	30,68	8.322.821,93	-163.584.236,49
988	271299,04	4271118,11	-51,76	29,44	7.987.043,74	-221.073.073,37
989	271330,18	4271099,45	-61,11	28,38	7.700.350,51	-261.006.887,39
990	271360,15	4271089,73	-65,77	24,27	6.585.910,84	-280.909.571,54
991	271395,95	4271075,18	-51,10	2,27	616.068,81	-218.251.941,70
992	271411,25	4271087,46	-42,13	12,81	3.476.778,11	-179.940.914,69

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
993	271438,08	4271062,37	-33,77	12,65	3.433.691,71	-144.233.776,23
994	271445,02	4271074,81	-19,89	0,16	43.431,20	-84.951.677,97
995	271457,97	4271062,21	-29,50	11,03	2.994.181,41	-125.996.335,20
996	271474,52	4271063,78	-35,59	3,57	969.164,04	-152.007.159,93
997	271493,56	4271058,64	-34,61	2,78	754.752,10	-147.821.339,53
998	271509,13	4271061,00	-26,84	-17,78	-4.827.432,33	-114.635.277,24
999	271520,40	4271076,42	-14,93	-3,16	-858.004,46	-63.767.170,95
1000	271524,06	4271064,16	-19,80	17,15	4.656.637,63	-84.567.070,37
1001	271540,20	4271059,27	-31,98	20,71	5.623.597,54	-136.588.475,45
1002	271556,04	4271043,45	-39,66	23,00	6.245.788,92	-169.389.583,23
1003	271579,86	4271036,27	-45,71	-1,52	-412.801,39	-195.229.067,90
1004	271601,75	4271044,97	-29,74	-28,93	-7.857.438,63	-127.020.877,41
1005	271609,60	4271065,20	-52,13	6,34	1.722.004,86	-222.650.628,88
1006	271653,88	4271038,63	-57,61	27,31	7.418.867,46	-246.054.535,47
1007	271667,21	4271037,89	-26,52	-1,72	-467.267,60	-113.267.924,84
1008	271680,40	4271040,35	-23,45	17,70	4.808.743,08	-100.155.896,21
1009	271690,66	4271020,19	-31,51	27,90	7.580.169,41	-134.579.846,19
1010	271711,91	4271012,45	-37,01	-5,20	-1.412.901,93	-158.070.170,77
1011	271727,67	4271025,39	-27,33	-10,60	-2.880.313,30	-116.727.123,91
1012	271739,24	4271023,05	-17,09	35,85	9.741.851,75	-72.991.783,92
1013	271744,76	4270989,54	-27,41	36,12	9.815.420,73	-117.067.823,29
1014	271766,65	4270986,93	-33,56	11,49	3.122.598,81	-143.334.321,37
1015	271778,32	4270978,05	-25,99	12,44	3.380.922,30	-111.002.719,52
1016	271792,64	4270974,49	-19,59	8,43	2.291.211,96	-83.668.390,26
1017	271797,91	4270969,62	-8,69	12,79	3.476.295,27	-37.114.726,00
1018	271801,33	4270961,70	-14,41	14,36	3.903.067,10	-61.544.558,10
1019	271812,32	4270955,26	-14,58	21,97	5.971.716,67	-62.270.527,69
1020	271815,91	4270939,73	-20,59	19,40	5.273.228,65	-87.938.649,04
1021	271832,91	4270935,86	-28,65	7,86	2.136.606,67	-122.362.312,39
1022	271844,56	4270931,87	-22,97	3,55	965.048,19	-98.103.305,05
1023	271855,88	4270932,31	-20,18	-5,26	-1.429.961,93	-86.187.414,02
1024	271864,74	4270937,13	-17,05	-6,72	-1.826.931,05	-72.819.478,07
1025	271872,93	4270939,03	-17,05	4,44	1.207.115,81	-72.819.510,46
1026	271881,79	4270932,69	-15,50	8,80	2.392.559,75	-66.199.456,70
1027	271888,43	4270930,23	-19,14	-2,90	-788.476,45	-81.745.604,60
1028	271900,93	4270935,59	-20,51	-5,35	-1.454.669,98	-87.596.888,95
1029	271908,94	4270935,58	-13,14	6,44	1.751.093,57	-56.120.093,52
1030	271914,07	4270929,15	-22,89	11,48	3.121.573,52	-97.761.568,24
1031	271931,83	4270924,10	-28,27	12,30	3.344.761,51	-120.739.024,31
1032	271942,34	4270916,85	-20,42	8,32	2.262.560,27	-87.212.122,08
1033	271952,25	4270915,78	-22,46	-2,33	-633.648,74	-95.924.768,42
1034	271964,80	4270919,18	-30,82	-7,64	-2.077.811,07	-131.629.729,13
1035	271983,07	4270923,42	-29,25	2,28	620.121,40	-124.924.510,04
1036	271994,05	4270916,90	-17,26	11,07	3.010.974,13	-73.716.025,69
1037	272000,33	4270912,35	-20,05	9,62	2.616.643,17	-85.631.792,62
1038	272014,10	4270907,28	-37,73	4,57	1.243.104,44	-161.141.331,67
1039	272038,06	4270907,78	-36,55	4,23	1.150.720,99	-156.101.679,36
1040	272050,65	4270903,05	-10,89	12,53	3.408.794,64	-46.510.134,21
1041	272048,95	4270895,25	2,05	14,62	3.977.355,65	8.755.335,26
1042	272048,60	4270888,43	-11,65	11,86	3.226.496,40	-49.755.850,21
1043	272060,60	4270883,39	-25,12	14,07	3.827.892,64	-107.284.590,76
1044	272073,72	4270874,36	-35,99	26,26	7.144.655,89	-153.708.768,22
1045	272096,59	4270857,13	-29,80	31,87	8.671.718,32	-127.271.542,47
1046	272103,52	4270842,49	-14,30	16,40	4.462.497,73	-61.073.047,61
1047	272110,89	4270840,73	-12,21	-2,65	-721.093,86	-52.146.965,31

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
1048	272115,73	4270845,14	-8,66	12,93	3.518.456,39	-36.985.518,91
1049	272119,55	4270827,80	-26,77	33,28	9.056.138,62	-114.330.060,21
1050	272142,50	4270811,86	-43,62	23,54	6.406.234,45	-186.292.813,33
1051	272163,17	4270804,26	-28,43	24,60	6.695.213,98	-121.418.965,11
1052	272170,93	4270787,26	-22,94	32,10	8.736.686,85	-97.971.859,74
1053	272186,11	4270772,16	-31,83	24,60	6.695.778,31	-135.938.677,85
1054	272202,76	4270762,66	-40,60	13,45	3.661.127,12	-173.392.964,00
1055	272226,71	4270758,71	-41,57	1,04	283.115,78	-177.535.439,57
1056	272244,33	4270761,62	-39,37	-12,60	-3.430.278,56	-168.139.884,98
1057	272266,08	4270771,31	-29,47	-10,57	-2.877.852,47	-125.859.630,51
1058	272273,80	4270772,19	-18,33	3,37	917.562,71	-78.283.254,24
1059	272284,41	4270767,94	-16,11	1,19	324.018,45	-68.802.071,51
1060	272289,91	4270771,00	-8,69	2,97	808.701,03	-37.112.999,99
1061	272293,10	4270764,97	-6,72	8,39	2.284.539,11	-28.699.540,60
1062	272296,63	4270762,61	-18,19	2,52	686.187,51	-77.685.171,88
1063	272311,29	4270762,45	-17,69	2,72	740.686,71	-75.549.787,74
1064	272314,32	4270759,89	-6,13	13,20	3.594.549,02	-26.179.758,13
1065	272317,42	4270749,25	-22,50	21,82	5.941.966,10	-96.091.858,13
1066	272336,82	4270738,07	-25,06	11,39	3.101.916,38	-107.024.696,03
1067	272342,48	4270737,86	-16,06	-5,22	-1.421.627,75	-68.588.050,03
1068	272352,88	4270743,29	-14,68	-4,83	-1.315.464,41	-62.694.511,50
1069	272357,16	4270742,69	-9,14	5,41	1.473.452,24	-39.034.588,19
1070	272362,02	4270737,88	-5,34	7,47	2.034.544,29	-22.805.740,28
1071	272362,50	4270735,22	2,98	3,71	1.010.464,87	12.726.790,96
1072	272359,04	4270734,17	7,16	1,90	517.482,18	30.578.456,66
1073	272355,34	4270733,32	7,38	5,47	1.489.783,71	31.518.011,90
1074	272351,66	4270728,70	2,99	7,45	2.029.019,87	12.769.478,81
1075	272352,35	4270725,87	-5,49	5,97	1.625.943,53	-23.446.285,03
1076	272357,15	4270722,73	-2,53	8,80	2.396.742,92	-10.804.928,51
1077	272354,88	4270717,07	-7,82	13,65	3.717.644,11	-33.397.007,49
1078	272364,97	4270709,08	-17,02	17,29	4.709.190,33	-72.687.468,54
1079	272371,90	4270699,78	-12,18	13,41	3.652.507,18	-52.017.123,32
1080	272377,15	4270695,67	-17,25	7,14	1.944.772,85	-73.669.500,31
1081	272389,15	4270692,64	-22,27	0,04	10.895,57	-95.108.325,09
1082	272399,42	4270695,63	-15,83	-7,41	-2.018.479,70	-67.605.111,82
1083	272404,98	4270700,05	-15,22	-6,66	-1.814.217,17	-65.000.054,76
1084	272414,64	4270702,29	-12,55	2,35	640.174,40	-53.597.313,74
1085	272417,53	4270697,70	-2,49	9,08	2.473.551,17	-10.634.037,27
1086	272417,13	4270693,21	5,15	9,46	2.577.066,05	21.994.070,03
1087	272412,38	4270688,24	7,17	6,66	1.814.266,45	30.620.834,68
1088	272409,96	4270686,55	2,66	4,05	1.103.260,34	11.360.026,22
1089	272409,72	4270684,19	-4,72	8,29	2.258.276,58	-20.157.629,38
1090	272414,68	4270678,26	-4,83	9,23	2.514.387,50	-20.627.376,00
1091	272414,55	4270674,96	8,35	13,82	3.764.769,08	35.660.135,92
1092	272406,33	4270664,44	9,10	13,75	3.745.587,04	38.863.046,40
1093	272405,45	4270661,21	-1,11	11,62	3.165.351,33	-4.740.433,94
1094	272407,44	4270652,82	-1,44	11,41	3.108.168,89	-6.149.740,06
1095	272406,89	4270649,80	4,14	9,00	2.451.662,01	17.680.490,17
1096	272403,30	4270643,82	4,42	10,55	2.873.854,81	18.876.245,68
1097	272402,47	4270639,25	-7,22	19,52	5.317.296,21	-30.834.015,39
1098	272410,52	4270624,30	-9,94	23,99	6.535.128,37	-42.450.005,54
1099	272412,41	4270615,26	-3,93	27,48	7.485.893,03	-16.783.517,97
1100	272414,45	4270596,82	-6,61	30,07	8.191.502,51	-28.228.644,98
1101	272419,02	4270585,19	-5,38	16,38	4.462.223,55	-22.975.748,32
1102	272419,83	4270580,44	0,38	9,01	2.454.502,67	1.622.820,57

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
1103	272418,64	4270576,18	10,56	14,20	3.868.344,69	45.097.284,46
1104	272409,27	4270566,24	9,69	13,66	3.721.110,63	41.381.786,87
1105	272408,95	4270562,52	-5,52	11,80	3.214.425,61	-23.573.505,11
1106	272414,79	4270554,44	-8,03	13,25	3.609.495,97	-34.292.552,15
1107	272416,98	4270549,27	-0,65	8,33	2.269.233,44	-2.775.857,03
1108	272415,44	4270546,11	27,70	20,59	5.609.033,91	118.294.127,25
1109	272389,28	4270528,68	30,18	33,75	9.193.138,20	128.884.555,56
1110	272385,26	4270512,36	7,51	33,28	9.064.981,45	32.071.547,82
1111	272381,77	4270495,40	12,72	29,80	8.116.976,75	54.320.701,49
1112	272372,54	4270482,56	33,70	31,27	8.517.089,33	143.915.262,27
1113	272348,07	4270464,13	29,50	24,47	6.664.357,27	125.978.691,84
1114	272343,04	4270458,09	6,76	11,70	3.186.413,57	28.868.296,69
1115	272341,31	4270452,43	3,00	22,83	6.217.552,11	12.811.357,29
1116	272340,04	4270435,26	2,92	23,71	6.457.182,35	12.469.670,96
1117	272338,39	4270428,72	7,03	18,01	4.904.814,40	30.021.113,90
1118	272333,01	4270417,25	9,60	25,05	6.821.941,90	40.996.005,60
1119	272328,79	4270403,67	4,28	19,35	5.269.562,09	18.277.327,71
1120	272328,73	4270397,90	-2,90	13,18	3.589.292,66	-12.384.153,91
1121	272331,69	4270390,49	-9,26	12,88	3.507.632,17	-39.543.815,94
1122	272337,99	4270385,02	-14,14	11,30	3.077.419,29	-60.383.244,18
1123	272345,83	4270379,19	-10,59	9,85	2.682.606,43	-45.223.315,62
1124	272348,58	4270375,17	0,10	9,44	2.570.970,60	427.037,52
1125	272345,73	4270369,75	14,14	17,08	4.651.665,07	60.383.028,27
1126	272334,44	4270358,09	24,85	26,50	7.216.862,66	106.118.398,54
1127	272320,88	4270343,25	15,90	22,33	6.080.925,25	67.898.457,68
1128	272318,54	4270335,76	0,20	20,67	5.628.824,22	854.067,15
1129	272320,68	4270322,58	-2,68	18,68	5.086.950,30	-11.444.464,51
1130	272321,22	4270317,08	1,68	13,69	3.728.077,50	7.174.132,69
1131	272319,00	4270308,89	8,24	17,54	4.776.475,26	35.187.345,25
1132	272312,98	4270299,54	13,23	20,24	5.511.614,72	56.496.062,91
1133	272305,77	4270288,65	10,07	24,28	6.611.584,10	43.001.806,71
1134	272302,91	4270275,26	1,32	24,93	6.788.511,55	5.636.763,34
1135	272304,45	4270263,72	-11,00	49,10	13.370.148,49	-46.972.900,92
1136	272313,91	4270226,16	-9,34	56,27	15.323.103,72	-39.883.912,33
1137	272313,79	4270207,45	11,38	48,19	13.122.801,54	48.594.960,78
1138	272302,53	4270177,97	10,73	67,93	18.497.510,86	45.819.009,62
1139	272303,06	4270139,52	18,65	77,85	21.198.793,22	79.638.102,05
1140	272283,88	4270100,12	20,27	104,91	28.565.301,85	86.554.929,43
1141	272282,79	4270034,61	-12,23	117,15	31.897.928,85	-52.222.523,28
1142	272296,11	4269982,97	-11,41	64,37	17.527.700,60	-48.720.505,69
1143	272294,20	4269970,24	11,26	26,80	7.297.484,56	48.079.864,90
1144	272284,85	4269956,17	5,45	35,16	9.573.535,33	23.271.261,13
1145	272288,75	4269935,08	-3,15	42,27	11.509.645,46	-13.450.295,50
1146	272288,00	4269913,90	7,77	41,50	11.299.952,00	33.177.231,00
1147	272280,98	4269893,58	14,95	52,47	14.286.583,02	63.834.909,02
1148	272273,05	4269861,43	17,74	77,63	21.136.556,87	75.747.341,77
1149	272263,24	4269815,95	13,21	58,09	15.815.771,61	56.404.268,70
1150	272259,84	4269803,34	-8,90	22,45	6.112.233,41	-38.001.249,73
1151	272272,14	4269793,50	-29,11	11,59	3.155.634,10	-124.293.688,78
1152	272288,95	4269791,75	-37,98	-6,79	-1.848.841,97	-162.166.690,66
1153	272310,12	4269800,29	-28,81	-22,32	-6.077.961,88	-123.012.946,35
1154	272317,76	4269814,07	-11,11	-35,83	-9.757.145,34	-47.437.634,32
1155	272321,23	4269836,12	-10,57	-35,21	-9.588.430,51	-45.132.167,79
1156	272328,33	4269849,28	-23,88	-21,68	-5.904.078,19	-101.964.000,81
1157	272345,11	4269857,80	-35,34	-17,95	-4.888.594,72	-150.896.774,65

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
1158	272363,67	4269867,23	-24,08	-48,59	-13.234.150,73	-102.818.402,90
1159	272369,19	4269906,39	-17,33	-54,83	-14.934.002,69	-73.997.477,74
1160	272381,00	4269922,06	-47,79	-46,34	-12.622.135,54	-204.059.575,25
1161	272416,98	4269952,73	-46,85	-48,65	-13.253.086,08	-200.047.285,40
1162	272427,85	4269970,71	-7,43	-30,70	-8.363.534,99	-31.725.882,38
1163	272424,41	4269983,43	5,48	-27,29	-7.434.462,15	23.399.509,20
1164	272422,37	4269998,00	-36,35	-116,19	-31.652.755,17	-155.214.427,30
1165	272460,76	4270099,62	-40,48	-140,24	-38.209.896,98	-172.853.632,62
1166	272462,85	4270138,24	-6,28	-40,32	-10.985.702,11	-26.816.468,15
1167	272467,04	4270139,94	-15,31	1,75	476.817,32	-65.375.842,48
1168	272478,16	4270136,49	-17,31	-2,85	-776.562,76	-73.916.062,64
1169	272484,35	4270142,79	-40,82	-91,81	-25.016.788,17	-174.307.228,69
1170	272518,98	4270228,30	-71,84	-146,34	-39.880.427,53	-306.773.201,07
1171	272556,19	4270289,13	-86,94	-102,80	-28.018.776,33	-371.258.936,96
1172	272605,92	4270331,10	-65,89	-63,63	-17.345.914,69	-281.372.116,18
1173	272622,08	4270352,76	-12,78	-47,25	-12.881.393,28	-54.575.108,27
1174	272618,70	4270378,35	-6,34	-41,62	-11.346.390,29	-27.074.198,74
1175	272628,42	4270394,38	-45,58	-27,38	-7.464.566,14	-194.644.575,84
1176	272664,28	4270405,73	-51,17	-16,89	-4.605.299,69	-218.516.661,20
1177	272679,59	4270411,27	-17,42	-18,02	-4.913.686,21	-74.390.564,32
1178	272681,70	4270423,75	3,15	-45,15	-12.311.578,76	13.451.834,81
1179	272676,44	4270456,42	-11,04	-38,30	-10.443.507,65	-47.145.838,88
1180	272692,74	4270462,05	-57,05	-13,48	-3.675.898,14	-243.629.859,95
1181	272733,49	4270469,90	-56,36	-1,92	-523.648,30	-240.683.683,56
1182	272749,10	4270463,97	-33,34	1,39	379.121,25	-142.377.268,76
1183	272766,83	4270468,51	-27,14	-16,71	-4.557.933,73	-115.900.515,36
1184	272776,24	4270480,68	-11,89	-28,76	-7.845.044,66	-50.776.015,29
1185	272778,72	4270497,27	-20,37	-18,12	-4.942.750,41	-86.990.029,39
1186	272796,61	4270498,80	-24,14	6,08	1.658.603,39	-103.089.841,03
1187	272802,86	4270491,19	-23,25	13,99	3.816.512,01	-99.288.920,17
1188	272819,86	4270484,81	-30,84	-5,06	-1.380.468,49	-131.701.751,54
1189	272833,70	4270496,25	-24,63	-10,98	-2.995.714,03	-105.182.322,64
1190	272844,49	4270495,79	-14,71	9,80	2.673.876,00	-62.818.993,07
1191	272848,41	4270486,45	-9,55	11,51	3.140.485,20	-40.783.145,60
1192	272854,04	4270484,28	-17,61	0,22	60.027,89	-75.203.228,17
1193	272866,02	4270486,23	-27,68	0,38	103.689,09	-118.207.058,85
1194	272881,72	4270483,90	-68,33	37,57	10.252.166,22	-291.802.164,89
1195	272934,35	4270448,66	-99,63	65,13	17.776.214,22	-425.464.800,00
1196	272981,35	4270418,77	-158,78	49,54	13.523.496,08	-678.057.092,30
1197	273093,13	4270399,12	-137,42	16,25	4.437.763,36	-586.838.247,07
1198	273118,77	4270402,52	-85,19	13,41	3.662.522,71	-363.795.590,68
1199	273178,32	4270385,71	-102,85	5,35	1.461.504,01	-439.209.170,27
1200	273221,62	4270397,17	-62,83	-6,93	-1.893.425,83	-268.309.054,19
1201	273241,15	4270392,64	-41,03	-16,79	-4.587.718,91	-175.214.210,02
1202	273262,65	4270413,96	-28,95	-18,11	-4.948.786,59	-123.628.484,14
1203	273270,10	4270410,75	-17,23	18,20	4.973.515,82	-73.579.177,22
1204	273279,88	4270395,76	-53,50	28,79	7.867.727,75	-228.466.173,16
1205	273323,60	4270381,96	-82,15	12,57	3.435.677,65	-350.811.878,01
1206	273362,03	4270383,19	-56,99	8,56	2.339.978,98	-243.369.138,00
1207	273380,59	4270373,40	-28,49	40,85	11.167.597,10	-121.662.938,17
1208	273390,52	4270342,34	-22,90	45,77	12.513.084,10	-97.790.839,59
1209	273403,49	4270327,63	-40,89	35,07	9.588.260,39	-174.613.696,79
1210	273431,41	4270307,27	-70,96	103,90	28.409.523,50	-303.021.003,88
1211	273474,45	4270223,73	-43,67	106,57	29.144.172,14	-186.480.670,29
1212	273475,08	4270200,70	-14,17	33,66	9.205.171,19	-60.508.743,92

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
1213	273488,62	4270190,07	-11,93	24,87	6.801.661,98	-50.943.367,54
1214	273487,01	4270175,83	14,26	24,61	6.730.515,32	60.892.707,34
1215	273474,36	4270165,46	14,69	48,38	13.230.689,54	62.728.730,61
1216	273472,32	4270127,45	-15,12	52,18	14.269.785,66	-64.564.327,04
1217	273489,48	4270113,28	-13,69	23,50	6.427.002,78	-58.457.850,80
1218	273486,01	4270103,95	14,85	13,68	3.741.288,62	63.411.043,66
1219	273474,63	4270099,60	9,42	24,74	6.765.762,35	40.224.338,23
1220	273476,59	4270079,21	9,56	33,49	9.158.731,00	40.821.957,25
1221	273465,07	4270066,11	26,36	40,16	10.982.357,21	112.558.942,66
1222	273450,23	4270039,05	42,63	57,32	15.674.167,18	182.031.764,70
1223	273422,44	4270008,79	50,32	36,55	9.993.590,18	214.866.842,31
1224	273399,91	4270002,50	35,94	13,60	3.718.238,78	153.463.889,85
1225	273386,50	4269995,19	32,11	-4,55	-1.243.908,57	137.109.545,55
1226	273367,80	4270007,05	32,35	-15,30	-4.182.527,34	138.134.728,07
1227	273354,15	4270010,49	33,29	3,87	1.057.880,56	142.148.649,21
1228	273334,51	4270003,18	24,16	28,94	7.910.300,72	103.163.276,83
1229	273329,99	4269981,55	20,84	29,31	8.011.302,01	88.986.415,50
1230	273313,67	4269973,87	19,77	30,38	8.303.269,29	84.417.383,41
1231	273310,22	4269951,17	-9,98	50,30	13.747.504,07	-42.614.112,68
1232	273323,65	4269923,57	-33,83	35,74	9.768.587,25	-144.451.514,37
1233	273344,05	4269915,43	-10,13	15,53	4.245.033,10	-43.254.243,31
1234	273333,78	4269908,04	6,97	22,06	6.029.743,19	29.761.259,04
1235	273337,08	4269893,37	-13,89	25,93	7.087.630,48	-59.308.818,91
1236	273347,67	4269882,11	-21,51	18,67	5.103.401,00	-91.845.164,19
1237	273358,59	4269874,70	-30,36	5,41	1.478.869,97	-129.633.395,89
1238	273378,03	4269876,70	-14,66	4,18	1.142.720,17	-62.596.392,42
1239	273373,25	4269870,52	-2,02	10,51	2.873.152,86	-8.625.138,45
1240	273380,05	4269866,19	-23,75	3,17	866.614,76	-101.409.322,01
1241	273397,00	4269867,35	-32,10	2,35	642.482,95	-137.062.741,94
1242	273412,15	4269863,84	-33,57	13,88	3.794.960,64	-143.339.329,11
1243	273430,57	4269853,47	-29,89	8,99	2.458.140,82	-127.625.920,22
1244	273442,04	4269854,85	-18,12	-9,50	-2.597.699,38	-77.369.769,88
1245	273448,69	4269862,97	-16,20	-3,16	-864.097,86	-69.171.780,11
1246	273458,24	4269858,01	-18,77	22,56	6.169.217,89	-80.145.234,85
1247	273467,46	4269840,41	-30,85	58,98	16.129.110,79	-131.724.576,65
1248	273489,09	4269799,03	-35,71	59,28	16.212.433,26	-152.474.523,36
1249	273503,17	4269781,13	-14,23	27,96	7.647.148,63	-60.758.985,48
1250	273503,32	4269771,07	10,27	20,12	5.502.886,80	43.850.548,89
1251	273492,90	4269761,01	13,57	43,95	12.020.012,96	57.940.656,91
1252	273489,75	4269727,12	16,99	56,15	15.356.449,46	72.542.663,77
1253	273475,91	4269704,86	29,81	46,95	12.839.693,97	127.279.901,88
1254	273459,94	4269680,17	6,53	61,15	16.722.075,33	27.881.011,51
1255	273469,38	4269643,71	-17,84	42,59	11.647.060,89	-76.170.443,79
1256	273477,78	4269637,58	-23,41	4,45	1.216.976,12	-99.952.215,75
1257	273492,79	4269639,26	-18,89	4,31	1.178.753,93	-80.653.485,62
1258	273496,67	4269633,27	1,73	11,60	3.172.561,37	7.386.465,56
1259	273491,06	4269627,66	6,25	11,38	3.112.328,26	26.685.172,88
1260	273490,42	4269621,89	-8,55	15,49	4.236.366,61	-36.505.267,16
1261	273499,61	4269612,17	-16,70	23,08	6.312.371,00	-71.302.523,24
1262	273507,12	4269598,81	-24,87	25,41	6.949.815,92	-106.184.922,40
1263	273524,48	4269586,76	-33,17	9,95	2.721.568,58	-141.622.192,83
1264	273540,29	4269588,86	-27,89	-10,54	-2.883.114,66	-119.078.833,31
1265	273552,37	4269597,30	-25,82	-3,66	-1.001.201,67	-110.241.002,29
1266	273566,11	4269592,52	-18,36	18,78	5.137.571,55	-78.389.718,67
1267	273570,73	4269578,52	-13,88	22,93	6.272.976,84	-59.261.749,86

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
1268	273579,99	4269569,59	-17,45	9,45	2.585.330,91	-74.503.989,35
1269	273588,18	4269569,07	-21,75	-4,25	-1.162.749,77	-92.863.127,27
1270	273601,74	4269573,84	-19,78	5,66	1.548.585,85	-84.452.170,56
1271	273607,96	4269563,41	-5,90	19,29	5.277.897,55	-25.190.424,12
1272	273607,64	4269554,55	-1,63	13,24	3.622.565,15	-6.959.373,92
1273	273609,59	4269550,17	-15,21	11,68	3.195.760,01	-64.939.858,09
1274	273622,85	4269542,87	-11,74	14,72	4.027.728,35	-50.124.433,29
1275	273621,33	4269535,45	8,14	12,09	3.308.081,88	34.754.018,56
1276	273614,71	4269530,78	7,57	6,97	1.907.094,53	32.320.348,00
1277	273613,76	4269528,48	-11,92	7,88	2.156.076,43	-50.892.779,48
1278	273626,63	4269522,90	-15,69	14,38	3.934.750,94	-66.988.814,30
1279	273629,45	4269514,10	4,61	15,29	4.183.794,29	19.682.460,00
1280	273622,02	4269507,61	15,22	14,87	4.068.759,44	64.981.905,82
1281	273614,23	4269499,23	6,82	25,08	6.862.244,89	29.117.984,75
1282	273615,20	4269482,53	-0,20	48,56	13.286.754,11	-853.896,51
1283	273614,43	4269450,67	0,06	56,29	15.401.756,26	256.167,04
1284	273615,14	4269426,24	2,29	33,23	9.092.231,10	9.776.986,09
1285	273612,14	4269417,44	20,73	33,51	9.168.742,81	88.505.023,53
1286	273594,41	4269392,73	26,32	57,85	15.827.436,62	112.370.416,65
1287	273585,82	4269359,59	22,00	53,45	14.623.162,08	93.925.910,98
1288	273572,41	4269339,28	33,25	41,22	11.276.654,74	141.955.531,06
1289	273552,57	4269318,37	20,90	22,61	6.185.023,61	89.228.753,93
1290	273551,51	4269316,67	8,83	29,71	8.127.215,36	37.698.066,20
1291	273543,74	4269288,66	14,68	60,55	16.563.073,46	62.673.157,53
1292	273536,83	4269256,12	19,64	54,79	14.987.082,92	83.848.190,20
1293	273524,10	4269233,87	22,59	41,63	11.386.808,28	96.441.993,12
1294	273514,24	4269214,49	13,65	40,76	11.148.440,42	58.274.777,79
1295	273510,45	4269193,11	22,22	48,59	13.289.872,77	94.861.470,90
1296	273492,02	4269165,90	28,30	64,21	17.560.922,60	120.817.394,97
1297	273482,15	4269128,90	19,77	58,46	15.987.766,49	84.400.678,35
1298	273472,25	4269107,44	18,63	41,86	11.447.548,39	79.533.471,61
1299	273463,52	4269087,04	1,70	36,74	10.047.049,72	7.257.447,97
1300	273470,55	4269070,70	-32,32	44,38	12.136.623,01	-137.976.365,02
1301	273495,84	4269042,66	-33,31	45,01	12.310.047,76	-142.201.811,00
1302	273503,86	4269025,69	-6,41	30,96	8.467.679,51	-27.364.454,67
1303	273502,25	4269011,70	8,05	24,16	6.607.814,36	34.365.544,18
1304	273495,81	4269001,53	-1,05	24,87	6.801.840,79	-4.482.451,61
1305	273503,30	4268986,83	-23,19	34,88	9.539.795,10	-98.997.804,59
1306	273519,00	4268966,65	-18,77	30,49	8.339.594,31	-80.128.504,02
1307	273522,07	4268956,34	-0,68	14,87	4.067.273,18	-2.902.890,31
1308	273519,68	4268951,78	18,85	14,87	4.067.237,64	80.469.741,05
1309	273503,22	4268941,47	21,11	21,99	6.014.335,81	90.117.354,43
1310	273498,57	4268929,79	8,18	35,46	9.698.259,29	34.919.845,68
1311	273495,04	4268906,01	8,13	35,63	9.744.628,28	34.706.205,86
1312	273490,44	4268894,16	16,72	25,98	7.105.281,63	71.375.910,36
1313	273478,32	4268880,03	30,53	35,09	9.596.354,25	130.328.907,32
1314	273459,91	4268859,07	26,16	57,67	15.770.433,01	111.673.353,27
1315	273452,16	4268822,36	13,45	76,35	20.878.072,42	57.415.660,74
1316	273446,46	4268782,72	22,97	45,06	12.321.497,49	98.053.939,08
1317	273429,19	4268777,30	28,34	17,85	4.880.711,04	120.977.148,68
1318	273418,12	4268764,87	12,94	35,00	9.569.634,20	55.237.817,42
1319	273416,25	4268742,30	-7,18	33,73	9.222.330,11	-30.649.569,71
1320	273425,30	4268731,14	-16,00	17,05	4.661.901,36	-68.299.698,24
1321	273432,25	4268725,25	-4,28	14,14	3.866.332,01	-18.270.144,07
1322	273429,58	4268717,00	13,56	20,17	5.515.074,63	57.883.802,52

	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1-\Psi_{i+1}}$ (m)	$X_i*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
1323	273418,69	4268705,08	30,90	35,16	9.613.401,14	131.902.986,97
1324	273398,68	4268681,84	34,93	53,00	14.490.130,04	149.105.056,67
1325	273383,76	4268652,08	16,91	62,35	17.045.477,44	72.182.906,67
1326	273381,77	4268619,49	4,51	55,53	15.180.889,69	19.251.473,90
1327	273379,25	4268596,55	13,88	38,29	10.467.691,48	59.248.120,11
1328	273367,89	4268581,20	50,32	42,44	11.601.733,25	214.795.005,98
1329	273328,93	4268554,11	48,81	40,18	10.982.356,41	208.348.126,11
1330	273319,08	4268541,02	14,35	35,98	9.834.020,50	61.253.563,64
1331	273314,58	4268518,13	14,18	30,65	8.377.091,88	60.527.587,08
1332	273304,90	4268510,37	25,67	6,80	1.858.473,32	109.572.661,20
1333	273288,91	4268511,33	22,45	-16,04	-4.383.554,12	95.828.079,36
1334	273282,45	4268526,41	39,08	-2,59	-707.801,55	166.814.012,10
1335	273249,83	4268513,92	57,06	14,93	4.079.619,96	243.561.404,28
1336	273225,39	4268511,48	67,07	-7,55	-2.062.851,69	286.289.064,96
1337	273182,76	4268521,47	155,73	-36,57	-9.990.293,53	664.736.848,52
1338	273069,66	4268548,05	132,67	-23,53	-6.425.329,10	566.308.269,79
1339	273050,09	4268545,00	29,79	14,31	3.907.346,79	127.159.955,55
1340	273039,87	4268533,74	14,52	18,54	5.062.159,19	61.979.109,90
1341	273035,57	4268526,46	25,06	-6,96	-1.900.327,57	106.969.273,09
1342	273014,81	4268540,70	76,19	-40,80	-11.139.004,25	325.220.115,93
1343	272959,38	4268567,26	112,73	-30,23	-8.251.562,06	481.195.587,22
1344	272902,08	4268570,93	161,76	-18,28	-4.988.650,02	690.484.033,64
1345	272797,62	4268585,54	149,96	-11,39	-3.107.164,89	640.117.087,58
1346	272752,12	4268582,32	67,20	-10,07	-2.746.613,85	286.848.731,90
1347	272730,42	4268595,61	33,89	-40,58	-11.067.400,44	144.662.705,22
1348	272718,23	4268622,90	26,15	-33,15	-9.040.609,32	111.624.488,83
1349	272704,27	4268628,76	35,42	3,89	1.060.819,61	151.194.830,68
1350	272682,81	4268619,01	51,69	17,55	4.785.583,32	220.644.916,63
1351	272652,58	4268611,21	82,06	-1,16	-316.276,99	350.282.235,89
1352	272600,75	4268620,17	97,21	-29,78	-8.118.050,34	414.952.566,73
1353	272555,37	4268640,99	96,11	-28,73	-7.830.515,78	410.259.085,55
1354	272504,64	4268648,90	123,54	-18,79	-5.120.362,19	527.348.885,11
1355	272431,83	4268659,78	168,42	-4,51	-1.228.667,55	718.927.680,15
1356	272336,22	4268653,41	230,09	29,27	7.971.281,16	982.174.463,11
1357	272201,74	4268630,51	156,24	24,06	6.549.173,86	666.930.830,88
1358	272179,98	4268629,35	108,04	-12,93	-3.519.287,14	461.182.714,97
1359	272093,70	4268643,44	114,27	-25,33	-6.892.133,42	487.777.885,89
1360	272065,71	4268654,68	70,78	-45,39	-12.349.062,58	302.135.378,25
1361	272022,92	4268688,83	80,75	-61,16	-16.636.921,79	344.696.623,02
1362	271984,96	4268715,84	69,25	-77,24	-21.008.118,31	295.608.571,92
1363	271953,67	4268766,07	34,81	-65,88	-17.916.307,78	148.595.746,90
1364	271950,15	4268781,72	0,30	-78,57	-21.367.123,29	1.280.634,52
1365	271953,37	4268844,64	-13,55	-82,24	-22.365.445,15	-57.842.844,87
1366	271963,70	4268863,96	-22,45	-39,98	-10.873.108,73	-95.835.995,90
1367	271975,82	4268884,62	-3,73	-69,29	-18.845.204,57	-15.922.939,63
1368	271967,43	4268933,25	14,92	-58,98	-16.040.639,02	63.692.484,09
1369	271960,90	4268943,60	25,48	-19,81	-5.387.545,43	108.772.682,93
1370	271941,95	4268953,06	29,07	-19,60	-5.330.062,22	124.098.465,45
1371	271931,83	4268963,20	62,14	-69,57	-18.918.297,41	265.273.373,25
1372	271879,81	4269022,63	99,96	-96,62	-26.269.027,24	426.731.502,09
1373	271831,87	4269059,82	110,43	-147,84	-40.187.623,66	471.432.275,92
1374	271769,38	4269170,47	81,83	-180,05	-48.932.076,87	349.346.219,56
1375	271750,04	4269239,87	43,62	-114,04	-30.990.374,56	186.224.243,13
1376	271725,76	4269284,51	28,76	-78,00	-21.194.609,28	122.784.622,51
1377	271721,28	4269317,87	18,61	-49,78	-13.526.285,32	79.452.005,56

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
1378	271707,15	4269334,29	22,15	-44,80	-12.172.480,32	94.565.754,52
1379	271699,13	4269362,67	24,97	-37,81	-10.272.944,11	106.605.985,87
1380	271682,18	4269372,10	4,18	-12,32	-3.347.124,46	17.845.975,38
1381	271694,95	4269374,99	-2,67	-17,17	-4.665.002,29	-11.399.231,22
1382	271684,85	4269389,27	19,34	-33,59	-9.125.894,11	82.569.988,48
1383	271675,61	4269408,58	31,28	-120,12	-32.633.674,27	133.547.100,38
1384	271653,57	4269509,39	41,92	-129,47	-35.170.987,71	178.977.833,63
1385	271633,69	4269538,05	21,91	-50,67	-13.763.679,07	93.545.578,68
1386	271631,66	4269560,06	-3,79	-41,73	-11.335.189,17	-16.181.632,63
1387	271637,48	4269579,78	13,11	-39,40	-10.702.516,71	55.974.190,92
1388	271618,55	4269599,46	20,26	-69,11	-18.771.557,99	86.502.085,06
1389	271617,22	4269648,89	32,70	-101,85	-27.664.213,86	139.617.518,70
1390	271585,85	4269701,31	89,69	-136,77	-37.144.796,70	382.949.510,49
1391	271527,53	4269785,66	86,81	-105,45	-28.632.578,04	370.660.093,14
1392	271499,04	4269806,76	63,79	-54,81	-14.880.862,38	272.370.973,22
1393	271463,74	4269840,47	50,49	-72,90	-19.789.706,65	215.584.245,33
1394	271448,55	4269879,66	31,02	-55,81	-15.149.543,58	132.451.667,05
1395	271432,72	4269896,28	18,32	-28,40	-7.708.689,25	78.224.499,85
1396	271430,23	4269908,06	-14,25	-36,48	-9.901.774,79	-60.846.189,86
1397	271446,97	4269932,76	-11,33	-66,88	-18.154.373,35	-48.378.338,17
1398	271441,56	4269974,94	19,02	-47,80	-12.974.906,57	81.214.923,36
1399	271427,95	4269980,56	3,72	-37,98	-10.308.833,54	15.884.327,68
1400	271437,84	4270012,92	0,77	-40,75	-11.061.091,98	3.287.909,95
1401	271427,18	4270021,31	20,79	-4,83	-1.310.993,28	88.773.743,04
1402	271417,05	4270017,75	22,88	16,41	4.453.953,79	97.698.006,12
1403	271404,30	4270004,90	17,36	2,69	730.077,57	74.127.285,06
1404	271399,69	4270015,06	10,88	-23,96	-6.502.736,57	46.457.763,85
1405	271393,42	4270028,86	27,23	-9,33	-2.532.100,61	116.272.885,86
1406	271372,46	4270024,39	48,95	5,43	1.473.552,46	209.017.693,89
1407	271344,47	4270023,43	34,56	27,80	7.543.376,27	147.572.009,74
1408	271337,90	4269996,59	41,27	35,33	9.586.368,01	176.222.759,27
1409	271303,20	4269988,10	56,87	5,78	1.568.132,50	242.834.223,25
1410	271281,03	4269990,81	50,73	-1,69	-458.464,94	216.616.633,79
1411	271252,47	4269989,79	49,59	-5,61	-1.521.726,36	211.748.793,69
1412	271231,44	4269996,42	65,33	-18,24	-4.947.261,47	278.958.866,12
1413	271187,14	4270008,03	77,73	-21,56	-5.846.794,74	331.907.724,17
1414	271153,71	4270017,98	59,90	-28,54	-7.738.726,88	255.774.077,00
1415	271127,24	4270036,57	52,13	-15,66	-4.245.852,58	222.597.006,39
1416	271101,58	4270033,64	41,66	-9,07	-2.458.891,33	177.889.601,44
1417	271085,58	4270045,64	29,20	-28,47	-7.717.806,46	124.685.332,69
1418	271072,38	4270062,11	48,82	-31,24	-8.468.301,15	208.464.432,21
1419	271036,76	4270076,88	61,76	-29,66	-8.038.950,30	263.719.948,11
1420	271010,62	4270091,77	139,24	-55,00	-14.905.584,10	594.567.578,05
1421	270897,52	4270131,88	149,23	-60,55	-16.402.844,84	637.231.780,45
1422	270861,39	4270152,32	149,54	-36,23	-9.813.308,16	638.558.577,93
1423	270747,98	4270168,11	258,05	-47,35	-12.819.916,85	1.101.916.880,79
1424	270603,34	4270199,67	186,84	-31,33	-8.478.002,64	797.844.106,34
1425	270561,14	4270199,44	115,53	-19,01	-5.143.367,27	493.336.141,30
1426	270487,81	4270218,68	98,68	-15,42	-4.170.922,03	421.385.179,34
1427	270462,46	4270214,86	45,96	-2,80	-757.294,89	196.259.074,97
1428	270441,85	4270221,48	22,39	-23,55	-6.368.905,57	95.610.258,94
1429	270440,07	4270238,41	24,22	-22,99	-6.217.417,21	103.425.174,29
1430	270417,63	4270244,47	44,33	-20,74	-5.608.461,65	189.299.937,36
1431	270395,74	4270259,15	27,90	-40,01	-10.818.533,56	119.140.230,29
1432	270389,73	4270284,48	9,04	-42,90	-11.599.719,42	38.603.371,70

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
1433	270386,70	4270302,05	12,65	-33,25	-8.990.357,78	54.019.320,93
1434	270377,08	4270317,73	44,14	-14,24	-3.850.169,62	188.491.824,60
1435	270342,56	4270316,29	44,95	18,62	5.033.778,47	191.950.717,24
1436	270332,13	4270299,11	23,66	6,15	1.662.542,60	101.035.276,94
1437	270318,90	4270310,14	28,95	-26,19	-7.079.651,99	123.625.478,55
1438	270303,18	4270325,30	47,25	-34,84	-9.417.362,79	201.772.870,43
1439	270271,65	4270344,98	103,92	-30,51	-8.245.988,04	443.774.250,32
1440	270199,26	4270355,81	113,07	2,74	740.345,97	482.849.131,44
1441	270158,58	4270342,24	66,57	3,81	1.029.304,19	284.276.682,92
1442	270132,69	4270352,00	47,56	-33,97	-9.176.407,48	203.097.941,12
1443	270111,02	4270376,21	23,86	-49,35	-13.329.978,84	101.891.176,37
1444	270108,83	4270401,35	-8,54	-58,74	-15.866.192,67	-36.469.227,53
1445	270119,56	4270434,95	6,67	-65,72	-17.752.257,48	28.483.801,12
1446	270102,16	4270467,07	27,22	-50,25	-13.572.633,54	116.242.113,65
1447	270092,34	4270485,20	0,23	-37,79	-10.206.789,53	982.211,60
1448	270101,93	4270504,86	-4,38	-37,64	-10.166.636,65	-18.704.811,29
1449	270096,72	4270522,84	25,82	-34,68	-9.366.954,25	110.264.899,73
1450	270076,11	4270539,54	38,90	-16,36	-4.418.445,16	166.123.988,11
1451	270057,82	4270539,20	33,02	-25,09	-6.775.750,70	141.013.204,38
1452	270043,09	4270564,63	37,00	-42,32	-11.428.223,57	158.010.891,31
1453	270020,82	4270581,52	34,78	-10,83	-2.924.325,48	148.530.825,27
1454	270008,31	4270575,46	43,47	-19,99	-5.397.466,12	185.641.915,25
1455	269977,35	4270601,51	42,50	-45,56	-12.300.168,07	181.500.564,18
1456	269965,81	4270621,02	38,71	-37,46	-10.112.919,24	165.315.739,68
1457	269938,64	4270638,97	43,81	-35,83	-9.671.901,47	187.096.693,28
1458	269922,00	4270656,85	59,51	-23,88	-6.445.737,36	254.146.789,14
1459	269879,13	4270662,85	54,36	-15,04	-4.058.982,12	232.153.232,53
1460	269867,64	4270671,89	35,60	-13,08	-3.529.868,73	152.035.919,28
1461	269843,53	4270675,93	63,04	-62,38	-16.832.839,40	269.223.410,63
1462	269804,60	4270734,27	81,11	-69,06	-18.632.705,68	346.399.256,64
1463	269762,42	4270744,99	42,20	-40,12	-10.822.868,29	180.225.438,58
1464	269762,40	4270774,39	18,08	-45,93	-12.390.187,03	77.215.600,97
1465	269744,34	4270790,92	73,05	-29,83	-8.046.473,66	311.981.276,71
1466	269689,35	4270804,22	102,07	-33,77	-9.107.409,35	435.920.986,74
1467	269642,27	4270824,69	101,21	-32,44	-8.747.195,24	432.250.166,87
1468	269588,14	4270836,66	78,24	-45,14	-12.169.208,64	334.150.260,28
1469	269564,03	4270869,83	45,96	-53,25	-14.354.284,60	196.289.177,39
1470	269542,18	4270889,91	24,96	-58,03	-15.641.532,71	106.601.412,15
1471	269539,07	4270927,86	27,14	-60,70	-16.361.021,55	115.912.982,12
1472	269515,04	4270950,61	38,61	-40,44	-10.899.188,22	164.901.403,05
1473	269500,46	4270968,30	41,26	-21,61	-5.823.904,94	176.220.152,06
1474	269473,78	4270972,22	62,03	-17,09	-4.605.306,90	264.928.406,81
1475	269438,43	4270985,39	77,00	-11,54	-3.109.319,48	328.865.875,03
1476	269396,78	4270983,76	97,01	-5,54	-1.492.458,16	414.328.134,56
1477	269341,42	4270990,93	88,11	-4,87	-1.311.692,72	376.317.010,84
1478	269308,67	4270988,63	58,82	-0,71	-191.209,16	251.219.551,22
1479	269282,60	4270991,64	37,35	-3,50	-942.489,10	159.521.537,75
1480	269271,32	4270992,13	14,51	-3,79	-1.020.538,30	61.972.095,81
1481	269268,09	4270995,43	1,58	-10,68	-2.875.783,20	6.748.172,78
1482	269269,74	4271002,81	0,36	-10,96	-2.951.196,35	1.537.561,01
1483	269267,73	4271006,39	9,00	-3,95	-1.063.607,53	38.439.057,51
1484	269260,74	4271006,76	13,80	3,83	1.031.268,63	58.939.893,29
1485	269253,93	4271002,56	10,33	11,30	3.042.569,41	44.119.456,44
1486	269250,41	4270995,46	11,80	9,56	2.574.033,92	50.397.746,43
1487	269242,13	4270993,00	13,20	0,63	169.622,54	56.377.107,60

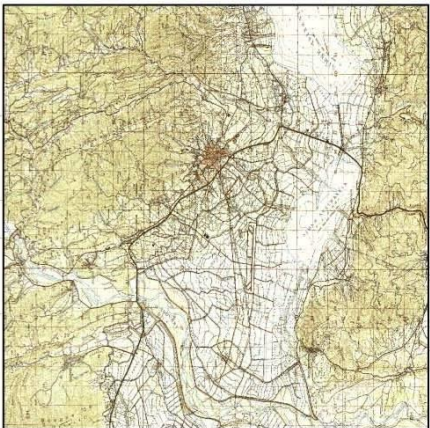
	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
1488	269237,21	4270994,83	10,83	-6,92	-1.863.121,49	46.254.874,01
1489	269231,30	4270999,92	8,26	-9,76	-2.627.697,49	35.278.459,34
1490	269228,95	4271004,59	6,95	-12,47	-3.357.285,01	29.683.481,90
1491	269224,35	4271012,39	26,74	-15,03	-4.046.441,98	114.206.871,31
1492	269202,21	4271019,62	33,80	-19,43	-5.230.598,94	144.360.463,16
1493	269190,55	4271031,82	21,20	-15,12	-4.070.161,12	90.545.874,58
1494	269181,01	4271034,74	19,18	-2,77	-745.631,40	81.918.446,31
1495	269171,37	4271034,59	23,64	2,96	796.747,26	100.967.257,71
1496	269157,37	4271031,78	21,16	0,21	56.523,05	90.375.032,46
1497	269150,21	4271034,38	21,46	-19,16	-5.156.918,02	91.656.397,79
1498	269135,91	4271050,94	29,95	-24,15	-6.499.632,23	127.917.975,65
1499	269120,26	4271058,53	33,24	-8,89	-2.392.479,11	141.969.985,54
1500	269102,67	4271059,83	29,95	5,64	1.517.739,06	127.918.241,91
1501	269090,31	4271052,89	21,79	21,13	5.685.878,25	93.066.242,47
1502	269080,88	4271038,70	22,68	19,50	5.247.077,16	96.867.157,72
1503	269067,63	4271033,39	24,18	4,26	1.146.228,10	103.273.587,37
1504	269056,70	4271034,44	14,52	-6,93	-1.864.562,93	62.015.420,07
1505	269053,11	4271040,32	-1,26	-12,29	-3.306.662,72	-5.381.510,80
1506	269057,96	4271046,73	-11,56	-16,47	-4.431.384,60	-49.373.300,20
1507	269064,67	4271056,79	-10,78	-19,19	-5.163.351,02	-46.041.992,20
1508	269068,74	4271065,92	-6,87	-20,40	-5.489.002,30	-29.342.222,87
1509	269071,54	4271077,19	0,22	-24,99	-6.724.097,78	939.636,98
1510	269068,52	4271090,91	11,25	-22,15	-5.959.867,72	48.049.772,74
1511	269060,29	4271099,34	19,74	-13,69	-3.683.435,37	84.311.500,97
1512	269048,78	4271104,60	32,27	-11,73	-3.155.942,19	137.828.545,44
1513	269028,02	4271111,07	43,55	-17,42	-4.686.468,11	186.006.887,10
1514	269005,23	4271122,02	45,37	-30,24	-8.134.718,16	193.780.806,05
1515	268982,65	4271141,31	56,69	-27,36	-7.359.365,30	242.131.000,86
1516	268948,54	4271149,38	47,61	-21,56	-5.798.530,52	203.349.421,98
1517	268935,04	4271162,87	21,36	-12,52	-3.367.066,70	91.232.038,90
1518	268927,18	4271161,90	15,97	10,79	2.901.724,27	68.210.455,54
1519	268919,07	4271152,08	12,80	7,27	1.955.041,64	54.670.746,62
1520	268914,38	4271154,63	11,21	-17,09	-4.595.746,75	47.879.643,40
1521	268907,86	4271169,17	18,22	-15,13	-4.068.575,92	77.820.702,28
1522	268896,16	4271169,76	21,65	0,14	37.645,46	92.470.825,30
1523	268886,21	4271169,03	22,55	-2,54	-682.970,97	96.314.861,63
1524	268873,61	4271172,30	25,56	-12,87	-3.460.403,36	109.171.163,99
1525	268860,65	4271181,90	23,11	-15,49	-4.164.651,47	98.707.013,71
1526	268850,50	4271187,79	28,14	-10,78	-2.898.208,39	120.191.224,41
1527	268832,51	4271192,68	31,29	-10,82	-2.908.767,76	133.645.618,96
1528	268819,21	4271198,61	32,36	-19,51	-5.244.662,79	138.215.987,02
1529	268800,15	4271212,19	58,22	-41,03	-11.028.870,15	248.669.973,70
1530	268760,99	4271239,64	50,59	-36,15	-9.715.709,79	216.082.013,39
1531	268749,56	4271248,34	31,58	-36,12	-9.707.234,11	134.886.022,58
1532	268729,41	4271275,76	13,86	-44,08	-11.845.592,39	59.199.882,03
1533	268735,70	4271292,42	-2,38	-22,65	-6.086.863,61	-10.165.675,96
1534	268731,79	4271298,41	23,17	-14,22	-3.821.366,05	98.965.984,16
1535	268712,53	4271306,64	23,08	-18,27	-4.909.377,92	98.581.757,25
1536	268708,71	4271316,68	-2,63	-17,59	-4.726.586,21	-11.233.562,87
1537	268715,16	4271324,23	-19,48	2,29	615.357,72	-83.205.396,00
1538	268728,19	4271314,39	-21,86	18,41	4.947.285,98	-93.370.932,57
1539	268737,02	4271305,82	-19,02	8,62	2.316.513,11	-81.240.236,70
1540	268747,21	4271305,77	-23,37	-7,59	-2.039.791,32	-99.820.415,84
1541	268760,39	4271313,41	-18,48	-18,28	-4.912.939,93	-78.933.871,82
1542	268765,69	4271324,05	-4,32	-31,33	-8.420.429,07	-18.452.119,90

	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1-\Psi_{i+1}}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
1543	268764,71	4271344,74	2,76	-32,55	-8.748.291,31	11.788.911,48
1544	268762,93	4271356,60	9,10	-20,81	-5.592.956,57	38.869.345,06
1545	268755,61	4271365,55	13,80	-10,43	-2.803.121,01	58.944.844,59
1546	268749,13	4271367,03	17,82	1,99	534.810,77	76.115.760,47
1547	268737,79	4271363,56	20,85	9,64	2.590.632,30	89.057.930,23
1548	268728,28	4271357,39	16,33	6,58	1.768.232,08	69.751.266,18
1549	268721,46	4271356,98	11,18	-6,13	-1.647.262,55	47.753.771,04
1550	268717,10	4271363,52	9,56	-12,05	-3.238.041,05	40.834.235,25
1551	268711,90	4271369,03	12,34	-7,61	-2.044.897,56	52.708.693,83
1552	268704,76	4271371,13	10,81	-8,46	-2.273.242,27	46.173.521,92
1553	268701,09	4271377,49	3,17	-19,05	-5.118.755,76	13.540.266,64
1554	268701,59	4271390,18	-6,91	-29,01	-7.795.033,13	-29.515.306,14
1555	268708,00	4271406,50	-5,82	-30,82	-8.281.580,56	-24.859.585,83
1556	268707,41	4271421,00	3,95	-18,54	-4.981.835,38	16.872.112,95
1557	268704,05	4271425,04	20,44	-10,25	-2.754.216,51	87.307.927,82
1558	268686,97	4271431,25	15,31	-12,10	-3.251.112,34	65.395.612,44
1559	268688,74	4271437,14	-11,94	-6,11	-1.641.688,20	-51.000.959,45
1560	268698,91	4271437,36	-14,40	-2,52	-677.121,25	-61.508.697,98
1561	268703,14	4271439,66	-4,17	-8,37	-2.249.045,28	-17.811.903,38
1562	268703,08	4271445,73	3,85	-10,64	-2.859.000,77	16.445.066,06
1563	268699,29	4271450,30	12,52	-7,05	-1.894.329,99	53.478.557,76
1564	268690,56	4271452,78	14,18	-9,74	-2.617.046,05	60.569.200,42
1565	268685,11	4271460,04	-4,74	-10,39	-2.791.638,29	-20.246.720,59
1566	268695,30	4271463,17	-17,10	-5,29	-1.421.398,14	-73.042.020,21
1567	268702,21	4271465,33	-13,29	-13,62	-3.659.724,10	-56.767.774,24
1568	268708,59	4271476,79	1,60	-22,49	-6.043.256,19	6.834.362,86
1569	268700,61	4271487,82	7,74	-19,19	-5.156.364,71	33.061.315,73
1570	268700,85	4271495,98	-2,37	-17,20	-4.621.654,62	-10.123.445,47
1571	268702,98	4271505,02	-5,47	-22,84	-6.137.176,06	-23.365.132,46
1572	268706,32	4271518,82	-15,08	-19,83	-5.328.446,33	-64.414.503,81
1573	268718,06	4271524,85	-32,10	-8,94	-2.402.339,46	-137.115.947,68
1574	268738,42	4271527,76	-27,32	-8,43	-2.265.464,88	-116.698.138,40
1575	268745,38	4271533,28	-12,18	-27,49	-7.387.810,50	-52.027.275,35
1576	268750,60	4271555,25	-26,99	-28,51	-7.662.079,61	-115.289.276,20
1577	268772,37	4271561,79	-44,07	-30,30	-8.143.802,81	-188.247.728,09
1578	268794,67	4271585,55	-35,98	-51,22	-13.767.663,00	-153.691.648,09
1579	268808,35	4271613,01	-14,19	-46,49	-12.496.900,19	-60.614.188,61
1580	268808,86	4271632,04	6,71	-47,82	-12.854.439,69	28.662.650,99
1581	268801,64	4271660,83	19,08	-49,91	-13.415.889,85	81.503.288,64
1582	268789,78	4271681,95	36,54	-33,50	-9.004.457,63	156.087.258,45
1583	268765,10	4271694,33	50,44	-11,93	-3.206.367,64	215.464.262,01
1584	268739,34	4271693,88	51,54	3,02	811.592,81	220.163.102,58
1585	268713,56	4271691,31	33,27	-2,86	-768.520,78	142.119.169,88
1586	268706,07	4271696,74	17,36	-25,61	-6.881.562,45	74.156.655,41
1587	268696,20	4271716,92	19,20	-27,09	-7.278.980,06	82.016.964,86
1588	268686,87	4271723,83	19,88	-10,77	-2.893.757,59	84.921.869,74
1589	268676,32	4271727,69	11,38	-11,04	-2.966.186,57	48.612.261,11
1590	268675,49	4271734,87	-7,64	-17,97	-4.828.098,56	-32.636.054,41
1591	268683,96	4271745,66	-4,45	-32,81	-8.815.520,73	-19.009.268,19
1592	268679,94	4271767,68	15,37	-49,62	-13.331.898,62	65.657.069,24
1593	268668,59	4271795,28	6,57	-30,88	-8.296.486,06	28.065.694,99
1594	268673,37	4271798,56	-17,28	-5,96	-1.601.293,29	-73.816.679,12
1595	268685,87	4271801,24	-19,83	-9,50	-2.552.515,77	-84.709.818,59
1596	268693,20	4271808,06	-9,61	-19,27	-5.177.717,96	-41.052.075,46
1597	268695,48	4271820,51	-2,86	-24,07	-6.467.500,20	-12.217.406,66

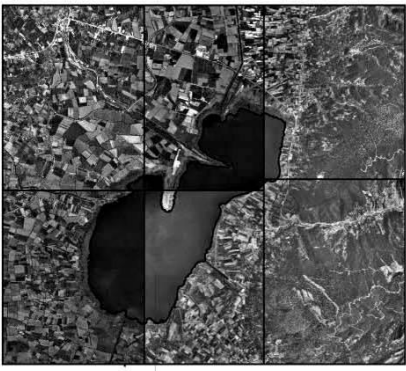
	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
1598	268696,06	4271832,13	-8,07	-20,90	-5.615.747,65	-34.473.685,29
1599	268703,55	4271841,41	-18,21	-14,44	-3.880.079,26	-77.790.232,08
1600	268714,27	4271846,57	-16,26	-16,84	-4.525.148,31	-69.460.225,23
1601	268719,81	4271858,25	-4,91	-23,30	-6.261.171,57	-20.974.824,01
1602	268719,18	4271869,87	-2,34	-19,57	-5.258.834,35	-9.996.175,50
1603	268722,15	4271877,82	-20,02	-14,04	-3.772.858,99	-85.522.993,96
1604	268739,20	4271883,91	-22,34	-9,89	-2.657.830,69	-95.433.886,55
1605	268744,49	4271887,71	-7,13	-13,66	-3.671.049,73	-30.458.559,37
1606	268746,33	4271897,57	-17,58	-11,76	-3.160.456,84	-75.099.959,28
1607	268762,07	4271899,47	-27,23	-3,19	-857.351,00	-116.323.822,57
1608	268773,56	4271900,76	-34,18	-20,50	-5.509.857,98	-146.013.567,98
1609	268796,25	4271919,97	-29,49	-40,00	-10.751.850,00	-125.978.919,92
1610	268803,05	4271940,76	-9,57	-30,80	-8.279.133,94	-40.882.473,07
1611	268805,82	4271950,77	3,54	-15,37	-4.131.545,45	15.122.705,73
1612	268799,51	4271956,13	4,60	-15,11	-4.061.560,60	19.650.998,20
1613	268801,22	4271965,88	5,06	-17,64	-4.741.653,52	21.616.147,35
1614	268794,45	4271973,77	9,49	-14,61	-3.927.086,91	40.541.031,08
1615	268791,73	4271980,49	15,90	-14,23	-3.824.906,32	67.924.489,79
1616	268778,55	4271988,00	14,50	-14,96	-4.020.927,11	61.943.826,00
1617	268777,23	4271995,45	-5,19	-23,16	-6.224.880,65	-22.171.656,39
1618	268783,74	4272011,16	-17,40	-28,34	-7.617.331,19	-74.332.994,18
1619	268794,63	4272023,79	-25,54	-49,52	-13.310.710,08	-109.107.487,60
1620	268809,28	4272060,68	-14,80	-46,10	-12.392.107,81	-63.226.498,06
1621	268809,43	4272069,89	3,29	-25,06	-6.736.364,32	14.055.109,94
1622	268805,99	4272085,74	1,10	-22,00	-5.913.731,78	4.699.294,31
1623	268808,33	4272091,89	-10,51	-9,96	-2.677.330,97	-44.899.685,76
1624	268816,50	4272095,70	-18,76	-11,11	-2.986.551,32	-80.144.515,33
1625	268827,09	4272103,00	-13,14	-14,25	-3.830.786,03	-56.135.433,42
1626	268829,64	4272109,95	-4,99	-23,67	-6.363.197,58	-21.317.828,65
1627	268832,08	4272126,67	-7,93	-33,11	-8.901.030,17	-33.877.964,49
1628	268837,57	4272143,06	-13,66	-30,02	-8.070.503,85	-58.357.474,20
1629	268845,74	4272156,69	-22,29	-25,02	-6.726.520,41	-95.226.372,62
1630	268859,86	4272168,08	-32,61	-17,48	-4.699.670,35	-139.315.401,09
1631	268878,35	4272174,17	-38,47	-3,97	-1.067.447,05	-164.350.540,32
1632	268898,33	4272172,05	-38,94	6,48	1.742.461,18	-166.358.379,63
1633	268917,29	4272167,69	-46,19	3,48	935.832,17	-197.331.425,60
1634	268944,52	4272168,57	-47,88	-7,14	-1.920.263,87	-204.551.431,13
1635	268965,17	4272174,83	-34,05	-15,75	-4.236.201,43	-145.467.552,96
1636	268978,57	4272184,32	-22,35	-25,85	-6.953.096,03	-95.483.319,55
1637	268987,52	4272200,68	-9,27	-35,24	-9.479.120,20	-39.603.300,30
1638	268987,84	4272219,56	-1,50	-34,23	-9.207.453,76	-6.408.329,34
1639	268989,02	4272234,91	-1,42	-33,99	-9.142.936,79	-6.066.573,57
1640	268989,26	4272253,55	4,57	-32,43	-8.723.321,70	19.524.198,72
1641	268984,45	4272267,34	14,84	-24,36	-6.552.461,20	63.400.447,33
1642	268974,42	4272277,91	18,69	-23,73	-6.382.762,99	79.848.874,14
1643	268965,76	4272291,07	13,44	-17,68	-4.755.314,64	57.419.591,98
1644	268960,98	4272295,59	11,69	-8,55	-2.299.616,38	49.943.135,45
1645	268954,07	4272299,62	7,21	-7,50	-2.017.155,53	30.803.280,26
1646	268953,77	4272303,09	-3,58	-15,33	-4.123.061,29	-15.294.845,06
1647	268957,65	4272314,95	0,90	-20,24	-5.443.702,84	3.845.083,46
1648	268952,87	4272323,33	13,36	-15,42	-4.147.253,26	57.078.239,69
1649	268944,29	4272330,37	9,43	-11,24	-3.022.933,82	40.288.075,39
1650	268943,44	4272334,57	-1,31	-8,98	-2.415.112,09	-5.596.758,29
1651	268945,60	4272339,35	-8,55	-6,61	-1.777.730,42	-36.528.501,44
1652	268951,99	4272341,18	-16,18	-3,07	-825.682,61	-69.126.480,29

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ. (m)	$X_{i+1}-X_{i-1}$ (m)	$\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1}$ (m)	$X_i^*(\Psi_{i-1}-\Psi_{i+1})$ (m)	$\Psi_i^*(X_{i+1}-X_{i-1})$ (m)
1653	268961,78	4272342,42	-13,51	-5,14	-1.382.463,55	-57.719.346,09
1654	268965,50	4272346,32	-6,91	-21,58	-5.804.275,49	-29.521.913,07
1655	268968,69	4272364,00	0,80	-28,42	-7.644.090,17	3.417.891,20
1656	268964,70	4272374,74	21,71	-22,82	-6.137.774,45	92.753.255,61
1657	268946,98	4272386,82	27,62	-15,70	-4.222.467,59	118.003.323,97
1658	268937,08	4272390,44	20,23	-1,86	-500.222,97	86.430.458,60
1659	268926,75	4272388,68	19,91	-5,53	-1.487.164,93	85.063.258,62
1660	268917,17	4272395,97	23,33	-6,40	-1.721.069,89	99.674.997,98
1661	268903,42	4272395,08	21,56	-6,64	-1.785.518,71	92.112.837,92
1662	268895,61	4272402,61	12,07	-20,03	-5.385.979,07	51.567.899,50
1663	268891,35	4272415,11	0,49	-15,11	-4.062.948,30	2.093.483,40
1664	268895,12	4272417,72	-13,05	-0,12	-32.267,41	-55.755.051,25
1665	268904,40	4272415,23	-16,46	2,28	613.102,03	-70.323.954,69
1666	268911,58	4272415,44	-12,13	-3,00	-806.734,74	-51.824.399,29
1667	268916,53	4272418,23	-12,84	-13,36	-3.592.724,84	-54.857.850,07
1668	268924,42	4272428,80	-15,16	-38,21	-10.275.602,09	-64.770.020,61
1669	268931,69	4272456,44	-3,59	-39,22	-10.547.500,88	-15.338.118,62
1670	268928,01	4272468,02	19,76	-21,62	-5.814.223,58	84.423.968,08
1671	268911,93	4272478,06	1,90	-16,24	-4.367.129,74	8.117.708,31
1672	268926,11	4272484,26	-20,01	-17,43	-4.687.382,10	-85.492.410,04
1673	268931,94	4272495,49	-4,47	-29,67	-7.979.210,66	-19.098.054,84
1674	268930,58	4272513,93	6,70	-29,11	-7.828.569,18	28.625.843,33
1675	268925,24	4272524,60	-12,82	-14,10	-3.791.845,88	-54.773.765,37
1676	268943,40	4272528,03	-23,26	-12,42	-3.340.277,03	-99.379.001,98
1677	268948,50	4272537,02	-5,13	-33,05	-8.888.747,92	-21.918.114,91
1678	268948,53	4272561,08	10,77	-29,12	-7.831.781,19	46.015.482,83
1679	268937,73	4272566,14	17,07	-11,72	-3.151.950,20	72.932.704,01
1680	268931,46	4272572,80	4,52	-18,21	-4.897.241,89	19.312.029,06
1681	268933,21	4272584,35	-17,63	-20,50	-5.513.130,81	-75.325.662,09
1682	268949,09	4272593,30	-20,52	-19,78	-5.319.813,00	-87.673.614,52
1683	268953,73	4272604,13	-16,68	-4,03	-1.083.883,53	-71.267.036,89
1684	268965,77	4272597,33	-21,28	6,69	1.799.381,00	-90.920.871,18
1685	268975,01	4272597,44	-23,98	-6,77	-1.820.960,82	-102.456.886,61
1686	268989,75	4272604,10	-27,82	-12,57	-3.381.201,16	-118.863.846,06
1687	269002,83	4272610,01	-17,48	-9,23	-2.482.896,12	-74.685.222,97
1688	269007,23	4272613,33	-11,57	-12,46	-3.351.830,09	-49.434.136,23
1	269014,40	4272622,47	-12,91	-19,05	-5.124.724,32	-55.159.556,09
2	269020,14	4272632,38	269.014,40	4.272.622,47		
ΣΥΝΟΛΟ 2Ε					20.535.714,14	-20.535.714,14
ΤΕΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟΝ Ε						-10.267.857,07

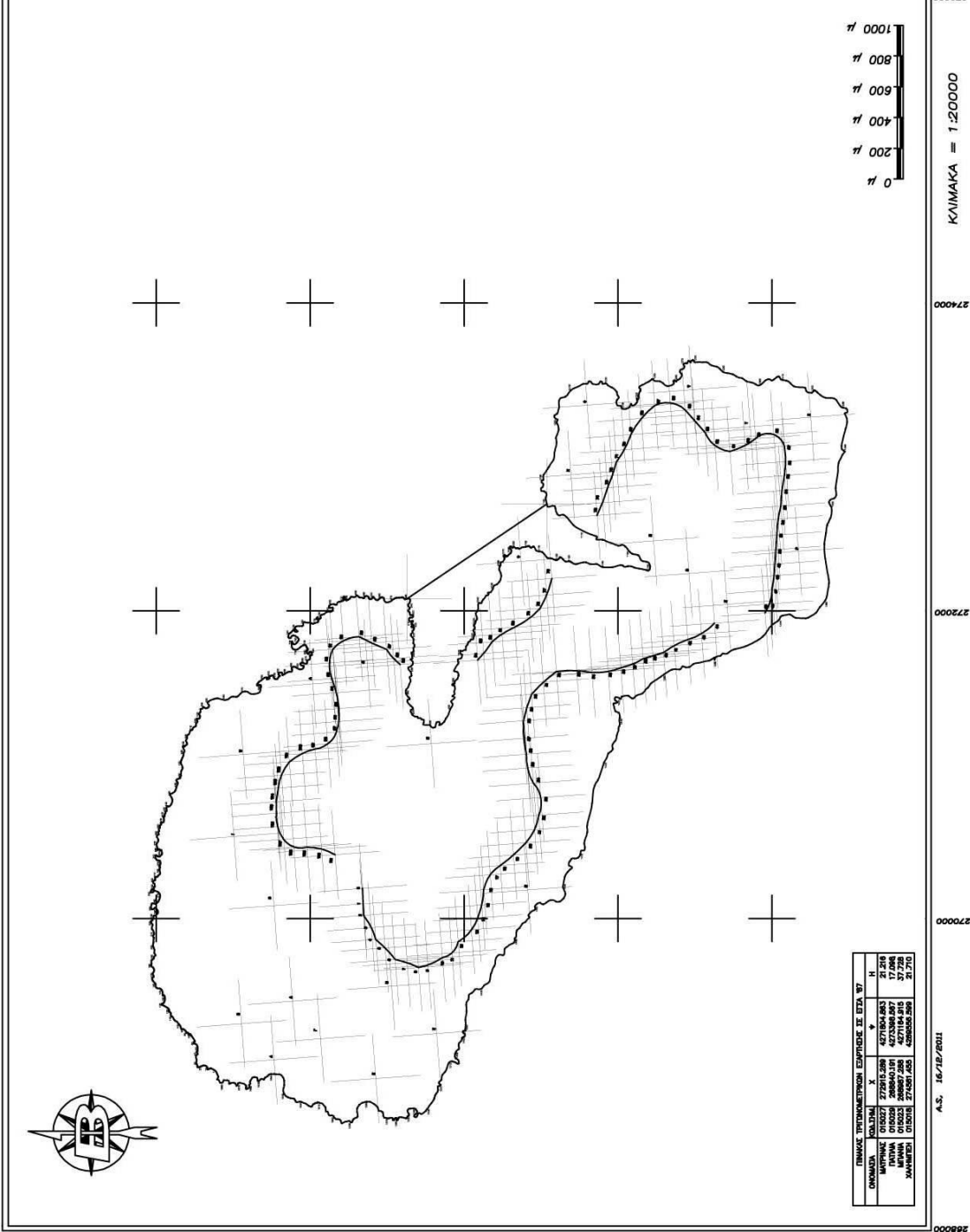
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ ΕΞΕ. ΕΠ. ΠΡ.



ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ ΕΞΕ. ΕΠ. ΠΡ.



4276000 4273000 4270000 4267000 4264000 4261000



ΚΩΔΙΚΟΣ	Χ	Υ	Η
ΟΙΚΟΔΟΜΑ	4271804,953	27208	27,208
ΜΑΡΤΥΡΙΟ	272010,296	4271804,953	27,208
ΜΑΡΤΥΡΙΟ	269887,286	4271164,915	27,208
ΜΑΡΤΥΡΙΟ	274381,255	426856,296	27,208

Α.Σ. 16/12/2011