

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Προκαταρκτική, αριθμητική μελέτη της  
κυκλοφορίας των υδάτων στον κόλπο της  
Κεφαλονιάς»**



**ΦΙΛΙΠΠΑΤΟΥ ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ**

Εποπτεύων καθηγητής: Φουρνιώτης Νικόλαος

**ΠΑΤΡΑ, 2018**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε. του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας υπό την επίβλεψη του κ. Νικόλαου Φουρνιώτη, και αφορά στην προκαταρκτική υδροδυναμική μελέτη του κόλπου του Αργοστολίου, στο νησί της Κεφαλονιάς, λαμβάνοντας ως φυσικές φορτίσεις την παλίρροια και τον άνεμο. Αναφέρεται ότι στην εργασία αυτή δεν ελήφθη υπόψη στρωμάτωση στον κόλπο του Αργοστολίου αλλά η ροή θεωρήθηκε ομογενής (βαρότροπη).

Οι αριθμητικές προσομοιώσεις έγιναν με την εφαρμογή του κώδικα MIKE 21 FM (HD) (DHI, 2014). Οι προσομοιώσεις και η εφαρμογή του κώδικα, πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Υδραυλικής Μηχανικής, του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών, το οποίο ευχαριστώ θερμά.

Αρχικά, ευχαριστώ τον καθηγητή μου κ. Νικόλαο Φουρνιώτη για τις συμβουλές και τις γνώσεις που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια της πτυχιακής μου, που είχε ως αποτέλεσμα την άψογη συνεργασία μας.

Έπειτα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Ευάγγελο Βουτσινά, του οποίου η παρούσα εργασία ήταν ιδέα, για αυτή του την σκέψη και τις έμπειρες συμβουλές του πάνω στο θέμα.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τα κοντινά μου πρόσωπα για την στήριξη και την αγάπη τους όλον αυτόν τον καιρό.

Υπεύθυνη δήλωση σπουδαστών: Η κάτωθι υπογεγραμμένη σπουδάστρια έχω επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί λογοκλοπής, και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας αναλαμβάνοντας την ευθύνη ολοκλήρου του κειμένου , έχω δε αναφέρει στην βιβλιογραφία όλες τις πηγές που χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από άλλες εργασίες, βιβλία ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Η σπουδάστρια

Φιλιππάτου Χαρίκλεια

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό την προκαταρκτική υδροδυναμική μελέτη του κόλπου του Αργοστολίου, χρησιμοποιώντας στοιχεία παλίρροιας και ανέμου που επιδρούν στην περιοχή μελέτης. Για τις αριθμητικές προσομοιώσεις έχει χρησιμοποιηθεί ο κώδικας MIKE 21 FM (HD) του Δανέζικου Ινστιτούτου DHI (DHI, 2014).

Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν τον αριθμητικό υπολογισμό του πεδίου ροής και ειδικότερα την εκτίμηση της ταχύτητας των ρευμάτων (ανεμογενών και παλιρροϊκών) σε ολόκληρο τον κόλπο του Αργοστολίου, καθώς και σε επιμέρους περιοχές, αλλά και υπολογισμό αριθμητικά της παροχής που ανταλλάσσεται σε συγκεκριμένες διατομές του κόλπου.

Τα δεδομένα για την παλίρροια ελήφθησαν για την περιοχή της Μαύρης Μύτης από τη βιβλιογραφία, στην περιοχή του Πατραϊκού κόλπου, καθώς η Κεφαλονιά δεν διαθέτει τέτοια στοιχεία, και επιλέχθηκαν μέσα από πολλά ως ιδανικότερα.

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	9
ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑ .....	9
1.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ .....	11
1.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	14
1.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	15
1.4 ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΘΡΩΠΟΣ & ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ.....	19
2.1 ΑΛΙΕΥΣΗ .....	19
2.2 ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ & ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΑΘΛΗΜΑΤΑ .....	20
2.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ .....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΙΚΕ 21 .....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ.....	23
4.1 ΕΞΙΣΩΣΗ ΑΡΜΟΝΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ .....	23
4.2 ΣΤΑΘΜΗ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΣ ΜΑΥΡΗΣ ΜΥΤΗΣ .....	26
4.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΕΙΣΑΧΘΗΚΑΝ ΣΤΟΝ ΚΩΔΙΚΑ .....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	31
5.1: ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΣΤΟΝ ΚΟΛΠΟ .....	32
5.2: ΥΨΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ.....	35
5.2.1: UPSTREAM (ΕΙΣΟΔΟΣ ΚΟΛΠΟΥ) .....	36
5.2.2: ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΤΕΝΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ (MIDDLE) .....	39
5.2.3: DOWNSTREAM (ΚΑΤΑΝΤΗ ΚΟΛΠΟΥ) .....	41
5.3: ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΡΕΥΜΑΤΩΝ.....	43
5.4: ΚΥΚΛΩΝΙΚΟΙ ΣΤΡΟΒΙΛΟΙ.....	46
5.5: ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΠΑΡΟΧΗΣ.....	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	58
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	61
ΔΙΑΔΥΚΤΙΟ.....	61

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.Χάρτης Κεφαλονιάς (goldengreece) .....	10
Εικόνα 2. Δορυφορική εικόνα του κόλπου (Google Earth, 2012).....	12
Εικόνα 3. Φωτογραφία πεζοδρομημένης γέφυρας (tripadvisor, 2016). .....	13
Εικόνα 4. Χάρτης υπόγειου διαύλου, (Κεφαλονιά Σπήλαια, προγράμματα και δραστηριότητες περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, Παρασκευή Βασαλά) .....	13
Εικόνα 5. Σπήλαιο στην λίμνη Μελισσάνη (yavor.dinkov, 2015) .....	14
Εικόνα 6. Άποψη περιοχής στην Κεφαλονιά μετά τον καταστροφικό σεισμό του 1953 (kefalonitikanea, 2017). .....	15
Εικόνα 7. Μπάλα Ποσειδωνιάς (anthrome.wordpress,2012) .....	16
Εικόνα 8. Φωτογραφία της Pinna nobilis (KostasLadas, 2015) .....	18
Εικόνα 10. Δορυφορική εικόνα κλωβών, ( Google Earth,2017) .....	19
Εικόνα 11. Ύψος παλίρροιας στην Μαυρομύτη.....	27
Εικόνα 12. Παλιρροιακή διάδοση.....	32
Εικόνα 13. Παλιρροιακή διάδοση με άνεμο .....	34
Εικόνα 14. Ύψος επιφάνειας θάλασσας στην είσοδο του κόλπου .....	38
Εικόνα 15. Ύψος επιφάνειας θάλασσας middle .....	40
Εικόνα 16. Ύψος επιφάνειας θάλασσας κατάντη .....	42
Εικόνα 17. Χρονοβήμα 22, ταχύτητα ρευμάτων χωρίς την επίδραση του ανέμου .....	44
Εικόνα 18. Χρονοβήμα 22, ταχύτητα ρευμάτων με την επίδραση του ανέμου.....	45
Εικόνα 19. Χρονοβήμα 45, Στρόβιλος κουτάβου χωρίς την επίδραση του ανέμου ....	46
Εικόνα 20. Χρονοβήμα 45, Στρόβιλος κουτάβου με την επίδραση του ανέμου .....	47
Εικόνα 21. Χρονοβήμα 111, στρόβιλοι στον κόλπο χωρίς την επίδραση του ανέμου	48
Εικόνα 22. Χρονοβήμα 111, στρόβιλοι στον κόλπο με την επίδραση του ανέμου .....	49
Εικόνα 23. Ανταλλαγή παροχής στην στένωση .....	51
Εικόνα 24. Μεγέθυνση ανταλλαγής παροχής στην στένωση έως το χρονοβήμα 100.	52
Εικόνα 25. Ανταλλαγή παροχής στο στενό του Κουτάβου .....	55
Εικόνα 26. Μεγέθυνση ανταλλαγής παροχής στο στενό Κουτάβου έως το χρονοβήμα 100.....	56

Πίνακας 1. Ύψη στάθμης Μαύρης Μύτης για 24 ώρες. ....	26
Πίνακας 2. Ύψη στάθμης θάλασσας στην είσοδο του κόλπου για 24 ώρες.....	36
Πίνακας 3. Ύψη στάθμης θάλασσας στην στένωση του κόλπου για 24 ώρες .....	39
Πίνακας 4. Ύψη στάθμης θάλασσας κατάντη του κόλπου για 24 ώρες.....	41
Πίνακας 5. Ανταλλαγή παροχής στην στένωση για 24 ώρες .....	50
Πίνακας 6. Ανταλλαγή παροχής στο στενό Κουτάβου 24 ώρες.....	54



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

## ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑ

Η Κεφαλονιά (Κεφαλληνία) (Εικόνα 1) είναι το μεγαλύτερο και πιο ορεινό νησί των Επτανήσων και το τρίτο σε πληθυσμό μετά την Κέρκυρα και τη Ζάκυνθο. Βρίσκεται απέναντι από την είσοδο του Πατραϊκού Κόλπου, βόρεια της Ζακύνθου, νότια της Λευκάδας και δυτικά της Ιθάκης.

Το νησί έχει έκταση περίπου 734,014 τ. χλμ. (km<sup>2</sup>) και σε αυτό κατοικούν περίπου 35.801 κάτοικοι. Μεγάλο μέρος της έκτασης του καταλαμβάνει η οροσειρά Αίνος χαρακτηρισμένη ως Εθνικός δρυμός με σημαντικότερες κορυφές τις Μέγας Σωρός (1.628 μ.), Αγία Δυνατή (1.131 μ.), Ευμορφία (1.043 μ.) και Κόκκινη Ράχη (1.078 μ.) Ο Αίνος είναι από τα όρη με τις πλέον έκτακτες καιρικές συνθήκες, δεχόμενο πρώτο στην Ελλάδα τα χαμηλά βαρομετρικά που έρχονται από Δυσμάς. Είναι διάσημος για την μοναδική στον Κόσμο "Κεφαλληνιακή Μαύρη Ελάτη" και για τις αγέλες των αγρίων μικρόσωμων αλόγων του της φυλής «Equus caballus».

Οι ακτές της Κεφαλονιάς σχηματίζουν πολλούς κόλπους και ακρωτήρια. Σπουδαιότεροι κόλποι είναι της Σάμης, του Μύρτου, του Λουρδά, του Αθέρα, του Φισκάρδου, του Λιβαδιού, του Αργοστολίου γνωστός και ως Κουτάβου. Κυριότερα ακρωτήρια είναι (αρχίζοντας από το νότο και προχωρώντας με ανατολική κατεύθυνση) η Μούντα, η Κάπρος, το Σαρακηνικό, ο Μύτικας, το Κεντρί, το βορεινό Δαφνούδι, στα βορειοδυτικά ο Αθέρας, στα δυτικά τα Ορθολίθια, η Σκίζα και ο Γερόγομπος και νοτιότερα το Ακρωτήρι και η Αγία Πελαγία, ο Λιάκας, ο Καστανάς κ.ά. Οι ακτές είναι γενικά βραχώδεις και απότομες προς το Ιόνιο, ενώ έχουν ηπιότερους σχηματισμούς προς την ανατολική πλευρά.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα σπήλαια του νησιού, όπως τα βαραθρώδη Μελισσάνη, Αγκαλάκι, Αγίων Θεοδώρων, Ζερβάτη, η Σπηλιά Δρογκαράτη, το σπήλαιο Σάκκου και η παραλία Μύρτος στην βορειοδυτική πλευρά του νησιού έχει ψηφιστεί 11 φορές ως η καλύτερη ελληνική θάλασσα σύμφωνα με την ετήσια ψηφοφορία του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.

Στη δυτική πλευρά του νησιού και συγκεκριμένα στην Παλική μπορεί κανείς να επισκεφτεί τις παραλίες των Πετανών και της Πλατιάς Άμμου.

Αρκετές σεισμικές δονήσεις πλήττουν την περιοχή κάθε χρόνο. Το 1953 ένας τρομερός σεισμός σχεδόν κατέστρεψε το νησί, αφήνοντας «όρθιο» μόνο το βορειότερο μέρος της νήσου, την χερσόνησο της Ερίσσου όπου και ο παραδοσιακός οικισμός του Φισκάρδου.

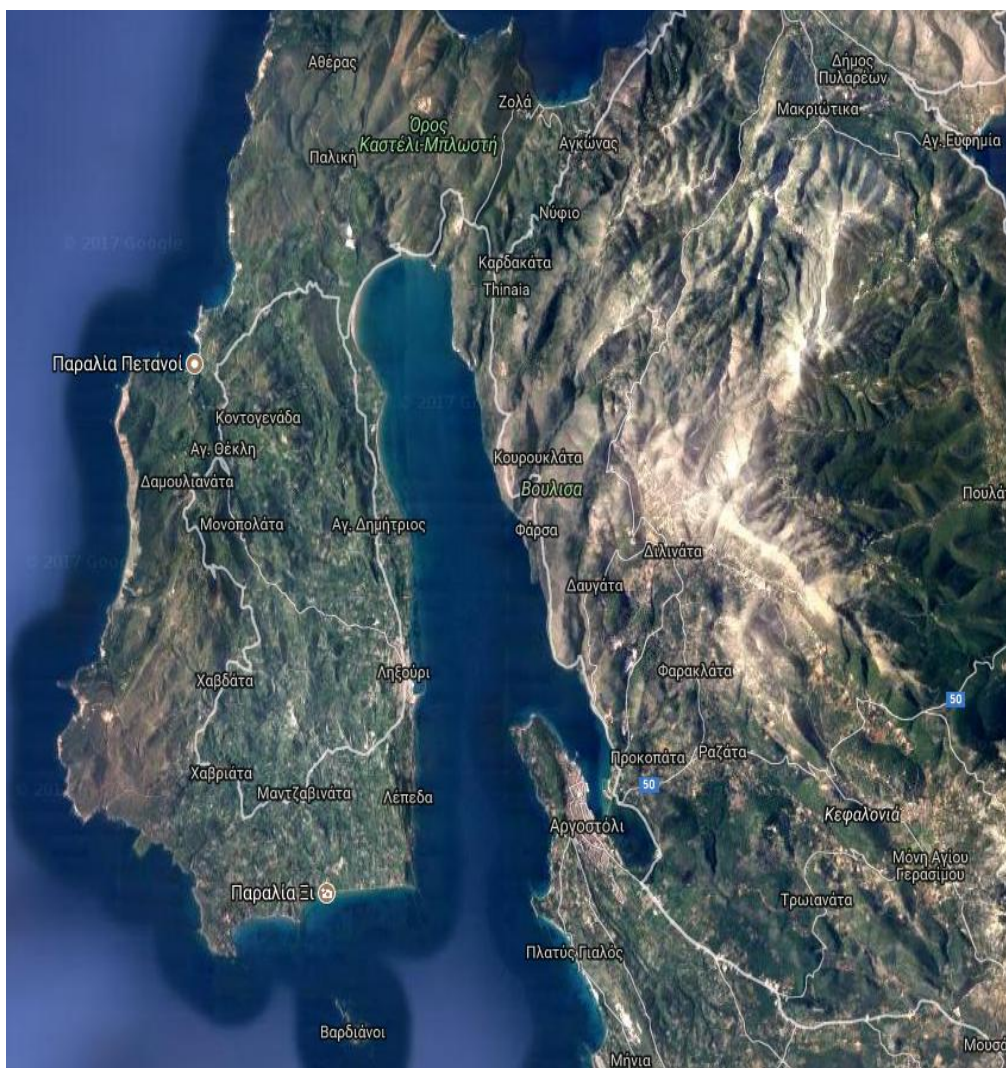


Εικόνα 1.Χάρτης Κεφαλονιάς (goldengreece)

## 1.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Ο κόλπος του Αργοστολίου, βρίσκεται στη δυτική πλευρά της Κεφαλονιάς, με προσανατολισμό στον άξονα Βοράς- Νότος. Επικοινωνεί με το ευρύτερο θαλάσσιο περιβάλλον του Ιονίου Πελάγους στο νότιο τμήμα του (Εικόνα 2). Πρόκειται για επιμήκη στενό κόλπο με μήκος 13.5 χιλιομέτρων στον άξονα Βορρά-Νότου και μέσο πλάτος 2.8 χιλιόμετρα. Στο μεγαλύτερο μέρος του ο Κόλπος έχει βάθος 10 m ενώ το μέγιστο βάθος του είναι περίπου 25 -30 m. Κατά μήκος της δυτικής και βόρειας ακτογραμμής ο πυθμένας έχει ήπια κλίση ενώ κατά μήκος της ανατολικής ακτογραμμής υπάρχει απότομη κλίση.

Το βάθος της θάλασσας αυξάνει προς το νότο και φτάνει έως και τα 30 m περίπου στην είσοδο του κόλπου. Τα μεγαλύτερα βάθη παρατηρούνται εκτός από την είσοδο του κόλπου στο Νότο, κοντά στις ανατολικές ακτές, όπου η κλίση του πυθμένα είναι πιο απότομη. Στο βορειοδυτικό τμήμα της ακτής στη θέση ‘Λιβιάδι Ληξουρίου’ το βάθος είναι εξαιρετικά μικρό και υπάρχουν εκτάσεις ελώδους μορφής. Το μεγαλύτερο μέρος του πυθμένα της περιοχής μελέτης καλύπτεται από μαλακό αμμώδες στρώμα και στη βορειοανατολική πλευρά του κόλπου υπάρχει ένα στρώμα ιλυώδες και πολλά φερτά οργανικά και ανόργανα υπολείμματα.



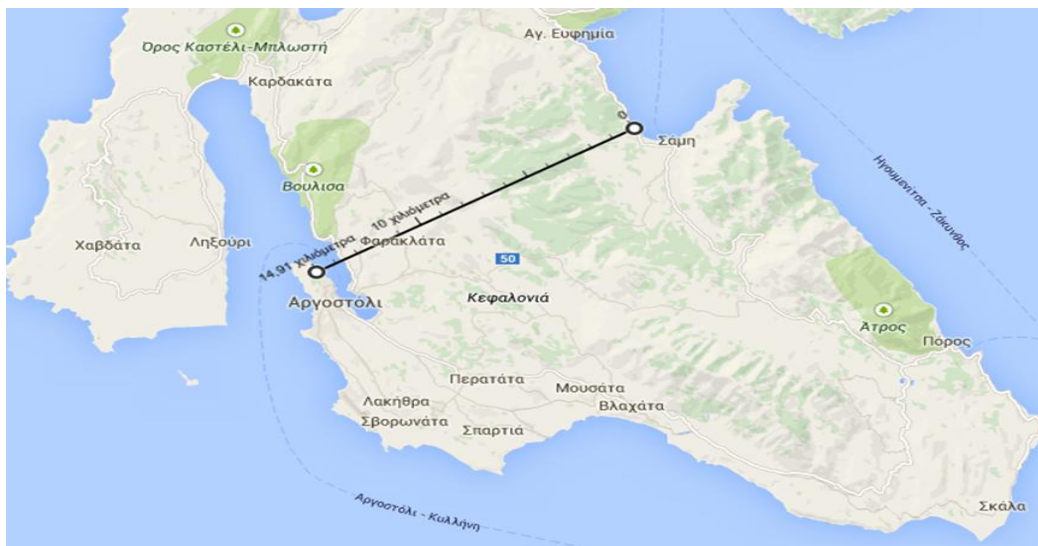
Εικόνα 2. Δορυφορική εικόνα του κόλπου (Google Earth, 2012).

Ανατολικά του κόλπου σχηματίζεται ο υγροβιότοπος ‘κούταβος’. Σε αυτόν τα νερά είναι ρηχά και δεν ανανεώνονται συχνά. Μεταξύ του και του υπόλοιπου κόλπου παρεμβάλλεται μία πέτρινη γέφυρα (Γέφυρα *de bosset*) κατασκευασμένη την περίοδο 1810-1814. Η γέφυρα αυτή μετά από την καθίζηση που παρουσίασε αποτελεί σήμερα πεζόδρομο αλλά και προστατευόμενο μνημείο (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Φωτογραφία πεζοδρομημένης γέφυρας (tripadvisor, 2016).

Στο βόρειο άκρο της χερσονήσου του Αργοστολίου παρουσιάζεται ένα αξιοσημείωτο γεωλογικό φαινόμενο στη θέση ‘Καταβόθρες’. Εκεί, η ακτή είναι χαμηλή και στα βράχια της εμφανίζονται κοιλότητες οι οποίες επικοινωνούν με ένα σύστημα υπογείων διαύλων- καρστικών χασμάτων. Το θαλασσινό νερό διοχετεύεται μέσα απ’ αυτό το σύστημα και διατρέχει το νησί ως την ανατολική ακτή του, εκβάλλοντας στην περιοχή ‘Καραβόμυλος Σάμης’ (Εικόνα 4)



Εικόνα 4. Χάρτης υπόγειου διαύλου, (Κεφαλονιά Σπήλαια, προγράμματα και δραστηριότητες περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, Παρασκευή Βασαλά)

## 1.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Ως προς την γεωλογία, η ανατολική περιοχή αποτελείται κυρίως από ασβεστόλιθο, που ανήκει κυρίως στη γεωτεκτονική ζώνη των Παξών. Κοντά στο βόρειο τμήμα της ανατολικής ακτής, στην περιοχή της ‘Θηνιάς’ παρατηρείται έως τον κόλπο της Αγίας Κυριακής ασβεστολιθικό της ηωκαίνου και πιθανόν ολιγοκαίνου, άστρωτο ή παχυστρωματώδες και περιέχει τρηματοφόρα. Υπάρχει επίσης σε επίμηκες τμήμα στη λωρίδα μεταξύ κόλπου Λιβαδιού και Αγίας Κυριακής σχηματισμός κροκαλοπαγούς και ασβεστολιθικού υποβάθρου επικαλυπτόμενου από λεπτότερο οργανοκλαστικό ασβεστόλιθο- λατυπαγές, ακολουθούμενο από πελαγικές μάργες (Underhill, J.R. 1989).

Η δυτική ακτή χαρακτηρίζεται από πλειόκαινους σχηματισμούς αποτελούμενους από μικρό στρωματογραφικό κενό και εκπλυσιγενή φάση κροκαλοπαγούς. Κοντά στη βάση υπάρχει ασβεστόλιθος που προς τα πάνω μεταπίπτει σε υποκίτρινη άμμο και ψαμμίτη. Η ίδια στρωματογραφία εμφανίζεται και στη δυτική ακτή του Όρμου Αργοστολίου, όπου βρίσκεται και η Πόλη του Αργοστολίου, καθώς και στο ακρωτήριο Λαρδηγός στα ανατολικά της εισόδου του κόλπου. Στη δυτική -πλευρά του βόρειου άκρου του κόλπου υπάρχουν αλλουβιακές προσχώσεις και πλευρικά κορήματα του ολόκαινου (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Σπήλαιο στην λίμνη Μελισσάνη (yavor.dinkov, 2015)

### 1.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Γενικά, η Κεφαλλονιά παρουσιάζει έντονη σεισμική δραστηριότητα. Βρίσκεται στο βορειοδυτικό άκρο της Ελληνικής Ζώνης Υποβύθισης, κατά μήκος της οποίας λαμβάνει χώρα η σύγκρουση μεταξύ της Ευρασίας και της Αφρικής. Είναι η πιο δραστήρια σεισμικά περιοχή της δυτικής Ελλάδας και υπόκειται σε τεκτονική ανύψωση όντας τμήμα του εξωτερικού τόξου. Πλειο-πλειστοκαινικές αποθέσεις φανερώνουν σημαντική νεοτεκτονική παραμόρφωση (Underhill, J.R. 1989).

Την Τετάρτη, 12 Αυγούστου του 1953 συνέβη ο μεγάλος σεισμός με μέγεθος 7.2 ,ο καταστροφικότερος στην ιστορία της Κεφαλονιάς και ένας από τους καταστροφικότερους σεισμούς που έζησε ποτέ η Ελλάδα (Εικόνα 6). Τότε, ανυψώθηκε μεγάλο μέρος του νησιού κατά 60 εκ. περίπου και αυξάνονται συνεχώς οι αποδείξεις τεκτονικής ανύψωσης μέχρι και έξι μέτρα (σε σχέση με τη στάθμη της θάλασσας), η οποία έχει συμβεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων χιλιετιών (από ακτογραμμές και ανυψωμένες παραλίες).

Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε σειρά από σεισμούς τον Φεβρουάριο του 2014 με την κλίμακα ρίχτερ να φτάνει το 6.1, και την Κεφαλλονιά να κηρύσσεται σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης .



Εικόνα 6. Αποψη περιοχής στην Κεφαλονιά μετά τον καταστροφικό σεισμό του 1953 (kefalonitikanea, 2017).

## 1.4 ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ

Όσον αφορά την χλωρίδα της περιοχής, έχει βρεθεί *Posidonia oceanica* σε αρκετά σημεία του κόλπου. Κατά τη διάρκεια των εργασιών χαρτογράφησης του κόλπου (Σπίνος et al, 2011) και στη «Συγκριτική μελέτη λιβαδιών *Posidonia oceanica* σε επιβαρημένα και μη θαλάσσια οικοσυστήματα» (Ε. Σπίνος, Χ. Βαβάσης, 2009) εντοπίστηκαν πληθυσμοί φυκιών Ποσειδωνίας τα οποία αποτελούν έναν από τους πιο κατάλληλους βιολογικούς δείκτες για την εκτίμηση της κατάστασης των παράκτιων υδάτων.

Η Ποσειδωνία είναι ένα θαλάσσιο φανερόγαμο που σχηματίζει λειμώνες, οι οποίοι είναι πρωταρχικής σημασίας όσον αφορά τη βιοποικιλότητα των παράκτιων υδάτινων οικοσυστημάτων (Εικόνα 7). Εντοπίζεται κυρίως στην είσοδο του κόλπου, και προχωρώντας προς τα βόρεια η εμφάνιση της Ποσειδωνίας γίνεται πιο σποραδική με μικρές συστάδες και κυρίως στη δυτική πλευρά του κόλπου. Η παρουσία τους είναι πιο υποβαθμισμένη σε θέσεις όπου υπάρχουν παράγοντες που επιδρούν έντονα στο θαλάσσιο περιβάλλον, όπως στην περιοχή του Ληξουρίου όπου υπάρχει το λιμάνι και η εγκατάσταση παροχέτευσης των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων.



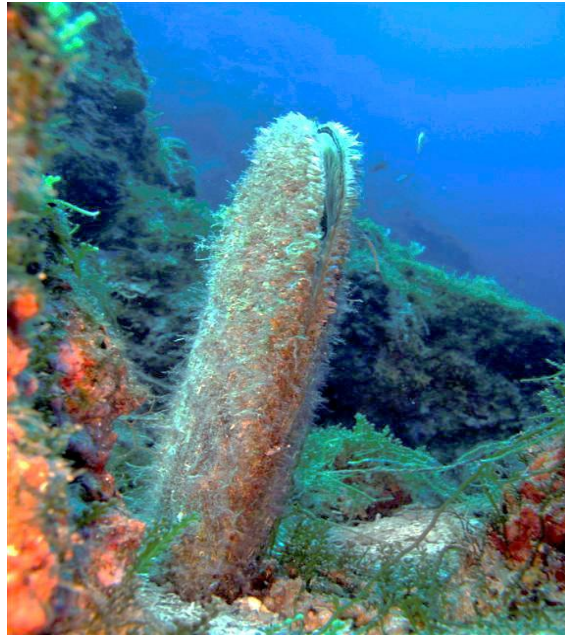
Εικόνα 7. Μπάλα Ποσειδωνίας (anthrome.wordpress,2012)



Τα λιβάδια των φυκών όπως και οι υγρότοποι στη Μεσόγειο αποτελούν τόπο αναπαραγωγής ενός μεγάλου ποσοστού ψαριών και καταφύγιο ψαριών που βρίσκονται υπό το κίνδυνο εξαφάνισης. Είναι σημαντικός όμως ο ρόλος τους και στην προστασία των ακτών. Αφενός γιατί με την κατακόρυφη ανάπτυξή τους λειτουργούν αποσβένοντας την ένταση του κυματισμού, αφετέρου γιατί βοηθούν τη συγκράτηση των ιζημάτων με τις ρίζες τους. (Ν. Περλίδης, 2009).

Οι επιπτώσεις του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος και των χωρίς μέτρο παρεμβάσεων στο θαλάσσιο οικοσύστημα έχει επιφέρει διαταραχή στη φυσιολογική ισορροπία των πληθυσμών των λειμώνων αυτού του είδους, στην ανάπτυξη και τη χωρική κατανομή τους. Για το λόγο αυτό η Ευρωπαϊκή Ένωση τους προστατεύει με νομοθεσία, με τα Πρωτόκολλα 4 και 6 της Σύμβασης της Βαρκελώνης για την Προστασία της Μεσογείου και ως οικοτόπους προτεραιότητας σύμφωνα με το Παράρτημα Ι της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ που αφορά τη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος της Ευρώπης, κυρίως μέσα από την δημιουργία του δικτύου NATURA 2000, ενός δικτύου προστασίας των ειδών και των ενδιαιτημάτων τους.

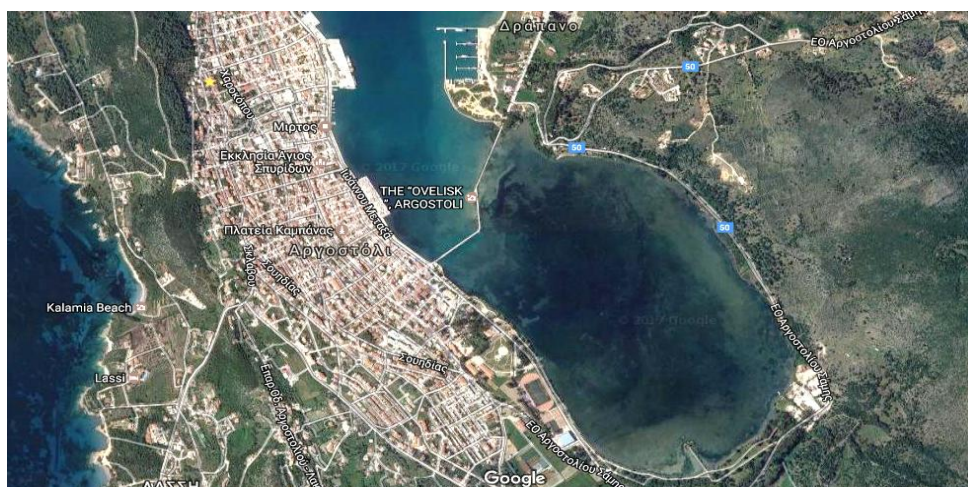
Ως προς την πανίδα του κόλπου έχει βρεθεί είδος *Pinna nobilis* (Εικόνα 8), σε μικρούς πληθυσμούς. Πρόκειται για δίθυρο μαλάκιο, το μεγαλύτερο των ελληνικών θαλασσών που το μέγεθος του μπορεί να φτάσει τα 900mm. Στη Μεσόγειο απειλείται με εξαφάνιση κυρίως λόγω της υπεραλίευσης, της υποβάθμισης των θαλασσίων λιβαδιών φυκιών και της αυξανόμενης ρύπανσης. Για το λόγο αυτόν η πίννα προστατεύεται και αυτή με βάση την οδηγία 92/43/ΕΟΚ, της Συνθήκης της Βαρκελώνης και αυστηρά από το Προεδρικό Διάταγμα 67/1981 (Katsanevakis 2007).



Εικόνα 8. Φωτογραφία της *Pinna nobilis* (KostasLadas, 2015)

Στο ανατολικό τμήμα του κόλπου όπου βρίσκεται η λιμνοθάλασσα ‘κούταβος’ (Εικόνα 9) συναντούμε επίσης πτηνά όπως πάπιες και χήνες οι οποίες έχουν προσαρμοστεί ολοκληρωτικά στο συγκεκριμένο περιβάλλον και επιπλέον αποτελούν αξιοθέατο.

Γενικά, ο πυθμένας όλης της περιοχής είναι διάσπαρτος με διάφορα εχινόδερμα, αχινούς και ολοθουροειδή.



Εικόνα 9. Δορυφορική εικόνα κουτάβου (Google earth).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΘΡΩΠΟΣ & ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

### 2.1 ΑΛΙΕΥΣΗ

Όπως και σε κάθε παραθαλάσσια περιοχή, δεν λείπουν οι αλιευτικές δραστηριότητες από τους κατοίκους του νησιού αλλά και από τους τουρίστες κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Στο εσωτερικό του κόλπου στη μεν ανατολική πλευρά είναι εγκατεστημένες μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας, τρεις ομάδες κλωβών (Εικόνα 10), οι οποίες ανήκουν σε δύο εταιρίες ιχθυοκαλλιεργειών. Βρίσκονται στις θέσεις Κόκκινος βράχος και μετά τη θέση Λυγιά. Το ψάρεμα βέβαια γίνεται και από την γέφυρα η οποία πλέον αποτελεί πεζόδρομο.



Εικόνα 10. Δορυφορική εικόνα κλωβών, ( Google Earth,2017)

## 2.2 ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ & ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΑΘΛΗΜΑΤΑ

Όλη η περιοχή στον κόλπο Αργοστολίου, παρουσιάζει αρκετές δραστηριότητες. Στην είσοδο του κόλπου υπάρχει το λιμάνι της πόλης που εξυπηρετεί μικρή εμπορική και τουριστική δραστηριότητα, και περιοχές με παραθεριστικές κατοικίες και καταλύματα. Εκεί βρίσκονται κάποιες από τις κολυμβητικές ακτές του νησιού.

Καθ'όλη την διάρκεια του χρόνου και ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες πραγματοποιούνται δραστηριότητες όπως ιστιοπλοΐα, κανό και κωπηλασία στον κόλπο. Ο Ναυτικός Όμιλος Αργοστολίου αποτελεί σωματείο μη κερδοσκοπικού σκοπού της περιοχής. Βρίσκεται εντός της πόλης του Αργοστολίου και εκτείνεται σε αθλητικό πάρκο τριών στρεμμάτων. Στις εγκαταστάσεις λειτουργούν τα αθλήματα της κωπηλασίας, καγιάκ και ιστιοπλοΐας ανοικτής θάλασσας. Ιδρύθηκε από το 1957 με μοναδικό άθλημα την κολύμβηση. Αργότερα δραστηριοποιήθηκε και στην υδατοσφαίριση.

Αντίστοιχα, στη δυτική ακτή υπάρχει ήπια τουριστική ανάπτυξη και κολυμβητικές ακτές από την είσοδο του κόλπου ως την πόλη του Ληξουρίου. Εκεί είναι κατασκευασμένος ο λιμένας Ληξουρίου ο οποίος εξυπηρετεί τη σύνδεση με το Αργοστόλι με ferry boat καθώς και τουριστικά σκάφη. Στην περιοχή υπάρχουν γεωργικές καλλιέργειες κυρίως οπωροκηπευτικά, και κάποια αμπέλια και ελαιόδεντρα. Προχωρώντας προς το εσωτερικό του κόλπου στη μεν ανατολική πλευρά οι δραστηριότητες δεν είναι έντονες αφού λόγω της κλίσης του εδάφους οι οικισμοί είναι κτισμένοι ψηλότερα και υπάρχουν κάποιες μεμονωμένες κολυμβητικές ακτές όχι πολυσύχναστες που προσελκύουν- εξυπηρετούν κυρίως τους μόνιμους κατοίκους.

## 2.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

Στην Κεφαλονιά υπάρχουν δύο εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Τα λύματα των δύο οικιστικών κέντρων διατίθενται στη θάλασσα μετά από επεξεργασία στις δύο εγκαταστάσεις που έχουν κατασκευαστεί. Οι οικισμοί Ληξουρίου Κατωγής και Σουλλάρων εξυπηρετούνται από την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Ληξουρίου. Ο σχεδιασμός έχει γίνει για πληθυσμό αιχμής 7035 για το Ληξούρι, 1229 για την Κατογή και 702 για τους Σουλλάρους. Μετά την Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Επεξεργασία τα λύματα υπόκεινται σε χλωρίωση. Το επεξεργασμένο υγρό των λυμάτων απορρίπτεται με υποθαλάσσιο αγωγό μήκους 450m και διαμέτρου 75mm σε βάθος 7.5m στην περιοχή λιμένος Ληξουρίου.

Η πόλη Αργοστολίου εξυπηρετείται αντίστοιχα από εγκατάσταση στη θέση Σκοτεινή Λάσσης. Μετά την Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια επεξεργασία τα υγρά λύματα υπόκεινται σε χλωρίωση και αποχλωρίωση και το υγρό προϊόν επεξεργασίας απορρίπτεται στη θάλασσα με υποθαλάσσιο αγωγό μήκους 700m διαμέτρου 250mm. Και οι δύο εγκαταστάσεις δεν δέχονται και δεν επεξεργάζονται βιομηχανικά λύματα.

Η παραγωγή νιτρικών αμμωνιακών και φωσφορικών ιόντων από τις δύο εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων που εκβάλουν στον Κόλπο Αργοστολίου δεν έχει επιβαρυντική επίδραση στις θέσεις των εγκατεστημένων κλωβών των ιχθυοκαλλιεργειών. Η συγκέντρωση των στοιχείων αυτών σ' αυτές τις θέσεις, είναι δύο με τρεις τάξεις μεγέθους μικρότερη από τη συγκέντρωση των θρεπτικών ουσιών που δημιουργείται από την ίδια τη λειτουργία των ιχθυοκαλλιεργειών (Μαρμαρά ,2012).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: MIKE 21

Για να μελετηθεί το συγκεκριμένο υδροδυναμικό μοντέλο χρησιμοποιήθηκε το MIKE 21 του διεθνούς Δανέζικου οργανισμού DHI (Danish Hydraulic Institute), ο οποίος ασχολείται με υδραυλικά-υδροδυναμικά μοντέλα επίλυσης.

Το MIKE 21 είναι ένα σύστημα προσομοίωσης-μοντελοποίησης δισδιάστατης ροής με ελεύθερη επιφάνεια. Μπορεί να προσομοιώσει υδραυλικά, περιβαλλοντικά και άλλα φαινόμενα και να εφαρμοσθεί σε λίμνες, ποτάμια, κόλπους, θάλασσες, καθώς και σε παράκτιες περιοχές, όπου η διαστρωμάτωση μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα.

Επίσης μπορεί να εφαρμοστεί σε θέματα προσομοίωσης παλιρροιών, ανεμογενών και κυματογενών ρευμάτων και να περιγράψει δευτερογενή κυκλοφορία, τυρβώδη ροή, λιμενικές εγκαταστάσεις, κυματοθραύστες, σεισμογενή κύματα.

Το υδροδυναμικό μοντέλο του προγράμματος στηρίζεται στην αριθμητική επίλυση των δισδιάστατων εξισώσεων ρηχών υδάτων, των ολοκληρωμένων ως προς το βάθος και γίνεται χρήση αριθμητικής μεθόδου. Η χωρική διακριτοποίηση των πρωταρχικών εξισώσεων επιτυγχάνεται με τη χρήση της μεθόδου πεπερασμένων όγκων με κέντρο το στοιχείο- κελί.

Χρησιμοποιεί ένα μη-δομημένο υπολογιστικό πλέγμα αποτελούμενο από τρίγωνα ή/και παραλληλεπίπεδα και οι τιμές υπολογίζονται στο κέντρο των κελιών του πλέγματος. Το μοντέλο βασίζεται στην επίλυση των εξισώσεων συνέχειας και ορμής.

Για το αριθμητικό πείραμα επιλέχθηκαν, για το βέλτιστο υπολογιστικό πλέγμα, τα παρακάτω μεγέθη υπολογιστικών κελιών:

- $\Delta x_{\min} = 50 \text{ m}$ , όπου  $A_{\min} = 1/2 * (\Delta x_{\min})^2 = 50^2/2 = 1250 \text{ m}^2$
- $\Delta x_{\max} = 200 \text{ m}$ , όπου  $A_{\max} = 1/2 * (\Delta x_{\max})^2 = 200^2/2 = 20000 \text{ m}^2$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ

### 4.1 ΕΞΙΣΩΣΗ ΑΡΜΟΝΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Το φαινόμενο της παλίρροιας προκαλείται από την διαφορά των ελκτικών δυνάμεων που εξασκούν τα ουράνια σώματα, στην πράξη, ο ήλιος και η σελήνη, στα διάφορα σημεία της επιφάνειας της Γής. Οι δυνάμεις αυτές υποχρεώνουν τις θαλάσσιες μάζες σε κινήσεις που επηρεάζονται σημαντικά από τα χαρακτηριστικά της κάθε θαλάσσιας λεκάνης.

Οι διαφορές των δυνάμεων που προκαλούν το φαινόμενο της παλίρροιας έχει αποδειχθεί ότι μπορούν να περιγραφούν με βάση τις σχετικές ως προς την Γη κινήσεις των αστρικών σωμάτων (Doodson, 1921). Η περιγραφή γίνεται με την βοήθεια ενός δυναμικού δυνάμεων που αποτελείται από το άθροισμα ημιτονοειδών και συνημιτονοειδών, με περιόδους εκείνες των κινήσεων των ουρανίων σωμάτων ή τον γραμμικό συνδυασμό τους.

Η αρμονική ανάλυση βασίζεται στο ότι οι μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης, σε οποιοδήποτε σημείο της υδρογείου, μπορούν να εκφραστούν ως άθροισμα τριγωνομετρικών όρων με περιόδους που είτε συμπίπτουν με τις περιόδους των δυνάμεων που εξασκούνται από τα ουράνια σώματα, είτε αποτελούν γραμμικό συνδυασμό αυτών των περιόδων.

Η γενική εξίσωση της στάθμης  $h$ , της παλίρροιας είναι (Shureman, 1958):

$$h=H_0+A\cos(at+\alpha)+B\cos(bt+\beta)+C\cos(ct+\gamma)+\dots$$

όπου,  $H_0$ : μέση στάθμη θάλασσας

$t$ : χρόνος

$A, B, C$ : πλάτη συνιστωσών που προκύπτουν από αρμονική ανάλυση

$a, b, c$ : γωνιακή ταχύτητα κάθε συνιστώσας

$\alpha, \beta, \gamma$ : φάσεις



Οι κυριότερες αρμονικές συνιστώσες που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

Αρμονικές συνιστώσες	Σύμβολο	Περίοδος (hr)	Συχνότητα (1/hr)
Μεγάλη ελλειπτική σελήνης	$Q_1$	26,87	0,037216
Κύρια ηλιακή ημερήσια	$O_1$	25,82	0,038730
Κύρια σεληνική ημερήσια	$P_1$	24,07	0,041546
Ημερήσια σεληνοηλιακή	$K_1$	23,93	0,041788
Μεγαλύτερη ελλειπτική σελήνης	$N_2$	12,66	0,078989
Κύρια σεληνιακή	$M_2$	12,42	0,080515
Κύρια ηλιακή	$S_2$	12,00	0,083133
Ημερήσια σεληνοηλιακή	$K_2$	11,97	0,083542

## 4.2 ΣΤΑΘΜΗ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΣ ΜΑΥΡΗΣ ΜΥΤΗΣ

Στις αριθμητικές προσομοιώσεις εφαρμόσαμε στο ανοικτό όριο της θάλασσας, το οποίο οριοθετείται στα νότια του κόλπου του Αργοστολίου, την μεταβολή στάθμης από τη δράση της παλίρροιας με βάση στοιχεία παλίρροιών από την περιοχή Μαύρη Μύτη που βρίσκεται στην είσοδο του Πατραϊκού κόλπου.

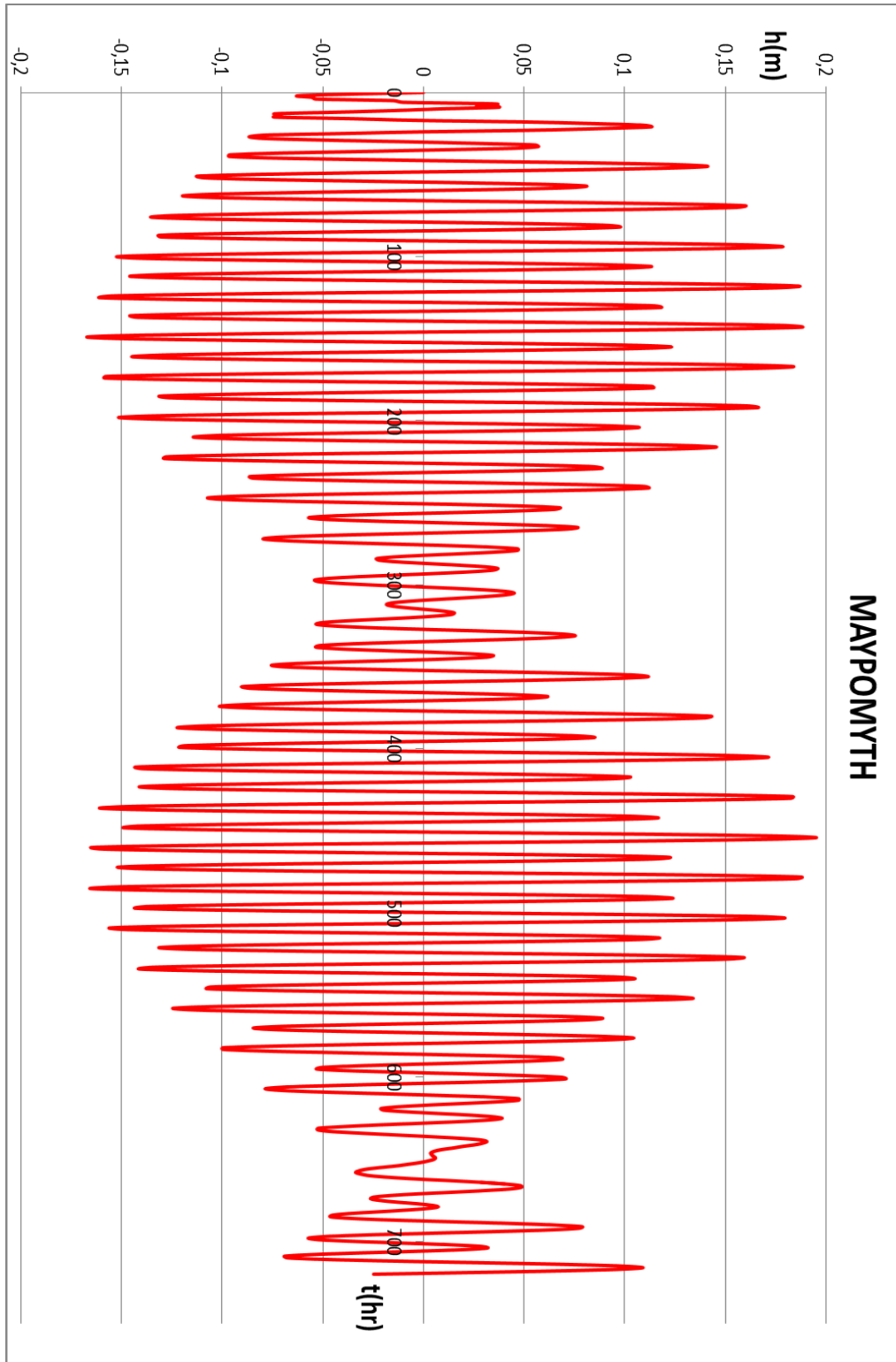
Δεδομένου ότι δεν είχαμε στοιχεία παλίρροιών από την Κεφαλονιά, θεωρήσαμε ότι η εφαρμογή για την προσομοίωση της παλίρροιας της Μαύρης Μύτης αποτελεί ικανοποιητική προσέγγιση.

Παρακάτω φαίνεται ένα τμήμα του πίνακα με τον χρόνο και τα ύψη της στάθμης της για 24 ώρες:

Time (hrs)	Mauromiti (m)
0	0
1	-0,0353716
2	-0,0621314
3	-0,0548671
4	-0,0533881
5	-0,0146403
6	-0,0099528
7	0,0360136
8	0,0266954
9	0,0373815
10	0,00843273
11	-0,0140105
12	-0,0417942
13	-0,0736746
14	-0,0706242
15	-0,0739195
16	-0,0341326
17	-0,00301974
18	0,0520952
19	0,0855706
20	0,11012
21	0,113116
22	0,0875832

Πίνακας 1. Ύψη στάθμης Μαύρης Μύτης για 24 ώρες.

Τα στοιχεία της παλίρροιας, δηλαδή το εύρος επάλλαξης της θαλάσσιας στάθμης για έναν μήνα φαίνεται στο παρακάτω γράφημα (Εικόνα 11):



Εικόνα 11. Ύψος παλίρροιας στην Μαυρομύτη.

### 4.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΕΙΣΑΧΘΗΚΑΝ ΣΤΟΝ ΚΩΔΙΚΑ

Η διαδικασία των προσομοιώσεων είχε ως εξής:

Στην πρώτη προσομοίωση εξετάστηκε από το ανοιχτό όριο της θάλασσας έως και το πέρας του κόλπου η μεταβολή της στάθμης μόνο από την δράση της παλίρροιας, σε συνθήκες άπνοιας.

Στην δεύτερη προσομοίωση προστέθηκε η δράση του βορειοδυτικού ανέμου και επικρατέστερος άνεμος της περιοχής «Μαΐστρος», με ταχύτητα 6 m/s και διεύθυνση 315°.

Από τα βασικότερα στοιχεία που εισάχθηκαν ως παράμετροι είναι αρχικά η βαροτροπική συνθήκη. Στις βαροτροπικές συνθήκες, οι επιφάνειες ίσης πίεσης είναι παράλληλες όχι μόνο με την επιφάνεια της θάλασσας αλλά και με τις επιφάνειες σταθερής πυκνότητας, τις ισόπυκνες επιφάνειες. Δηλαδή κατά τις αριθμητικές προσομοιώσεις δεν ελήφθη υπόψη στρωμάτωση στον κόλπο (θερμική ή αλατότητας), αλλά ο κόλπος θεωρήθηκε ομογενής ως προς την πυκνότητά του.

Αν και μια τέτοια προσέγγιση αποκλίνει ουσιωδώς από τις αναμενόμενες πραγματικές φυσικές συνθήκες στρωμάτωσης που αναμένεται να επικρατούν στον κόλπο, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες, οι προσομοιώσεις της παρούσας εργασίας μπορούν να αποτελέσουν στοιχεία προκαταρκτικής μελέτης για την υδροδυναμική του κόλπου του Αργοστολίου. Επιπλέον, η διάδοση της παλίρροιας αν και για την περίπτωση της ομογενούς ροής αναμένεται να βρίσκεται κοντά στην πραγματικότητα. Για την προσομοίωση της τύρβης, χρησιμοποιήθηκε η φόρμουλα Smagorinsky όπου η τυρβώδης ροή εξαρτάται καθαρά από τον χρόνο, καθώς και ο αριθμός Manning για την αντίσταση που προκαλείται από τον πυθμένα.

Όσον αφορά την δύναμη Coriolis, αποτελεί σημαντική παράμετρο καθώς προκαλεί μια ελικοειδή μεταβολή του διανύσματος της ταχύτητας. Η δύναμη Coriolis αναμένεται να επηρεάζει ουσιωδώς το πεδίο ροής που αναπτύσσεται στον κόλπο του Αργοστολίου.

Παρακάτω φαίνεται ο αναλυτικός πίνακας με τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν:

### TIME

Αριθμός χρονοβημάτων (Number of steps)	129600
Διάστημα χρονοβήματος (Time step interval)	10 sec
Έναρξη προσομοίωσης (Simulation start date)	11/10/2017, 12:00 πμ
Τέλος προσομοίωσης (Simulation end date)	26/10/2017, 12:00 πμ

### DEPTH

Depth correction time	No depth correction
-----------------------	---------------------

### DENSITY

Πυκνότητα (Density)	Barotropic
---------------------	------------

### VISCOSITY

Eddy type	Smagorinsky formula
Format	Constant
Constant value	0,28
Ελάχιστη τιμή του τυρβώδους ιξώδους (Min eddy viscosity)	1,8e-006 m <sup>2</sup> /s
Μέγιστη τιμή του τυρβώδους ιξώδους (Max eddy viscosity)	10 <sup>10</sup> m <sup>2</sup> /s

### BED RESISTANCE

Resistance type	Manning number
Format	Constant
Constant value	32 m <sup>1/3</sup> /s

### CORIOLIS FORCING

Coriolis	Varying in domain
----------	-------------------

### WIND FORCING

Format	Constant
Speed	6 m/s
Direction	315 deg
Soft start interval	1200 sec

### BOUNDARY CONDITIONS

Land boundary	Zero normal velocity
Code 2 (ανοιχτό όριο)	Constant along boundary

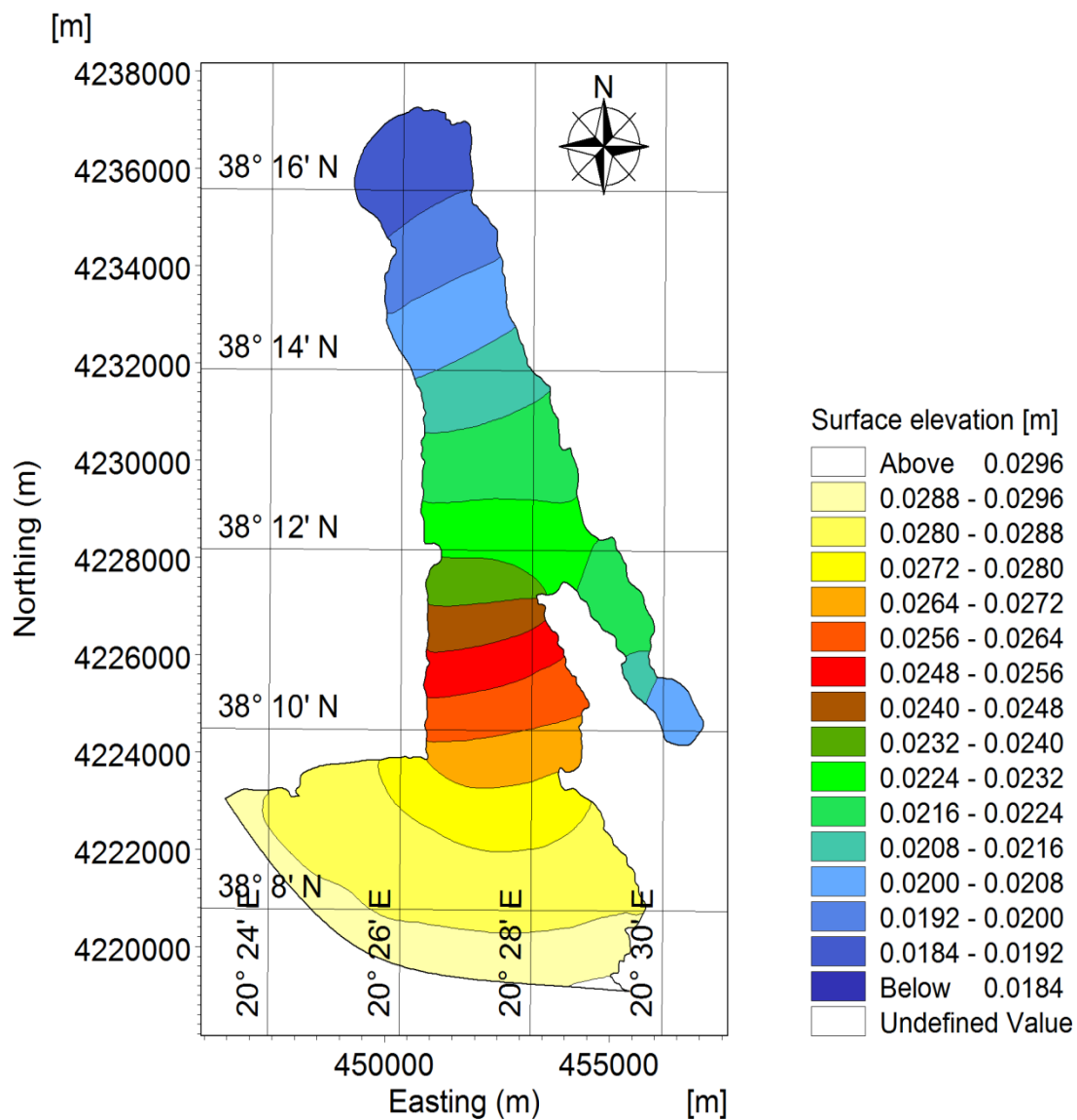
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στην ενότητα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αριθμητικά αποτελέσματα που προέκυψαν με την εφαρμογή του κώδικα MIKE 21 FM (HD). Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν εκτίμηση της ταχύτητας των ρευμάτων και του πεδίου ροής σε ολόκληρο τον κόλπο του Αργοστολίου, καθώς και σε επιμέρους περιοχές, όπως πλησίον των ακτών, για τις οποίες έχει εφαρμοστεί λεπτότερο υπολογιστικό πλέγμα με μικρότερα υπολογιστικά κελιά.

Επιπλέον, εκτιμήθηκε αριθμητικά η παροχή που ανταλλάσσεται σε συγκεκριμένες διατομές του κόλπου του Αργοστολίου και συγκεκριμένα: η πρώτη διατομή καθορίστηκε περίπου στο κέντρο του ανοίγματος με άκρα τις περιοχές Φάρος Αργοστολίου και Λόγγος Ληξουρίου του κόλπου ενώ η δεύτερη στο ανατολικό άκρο του κόλπου και συγκεκριμένα στη θαλάσσια περιοχή του Κουτάβου, όπου διαμορφώνεται η ομώνυμη λιμνοθάλασσα.

## 5.1: ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΣΤΟΝ ΚΟΛΠΟ

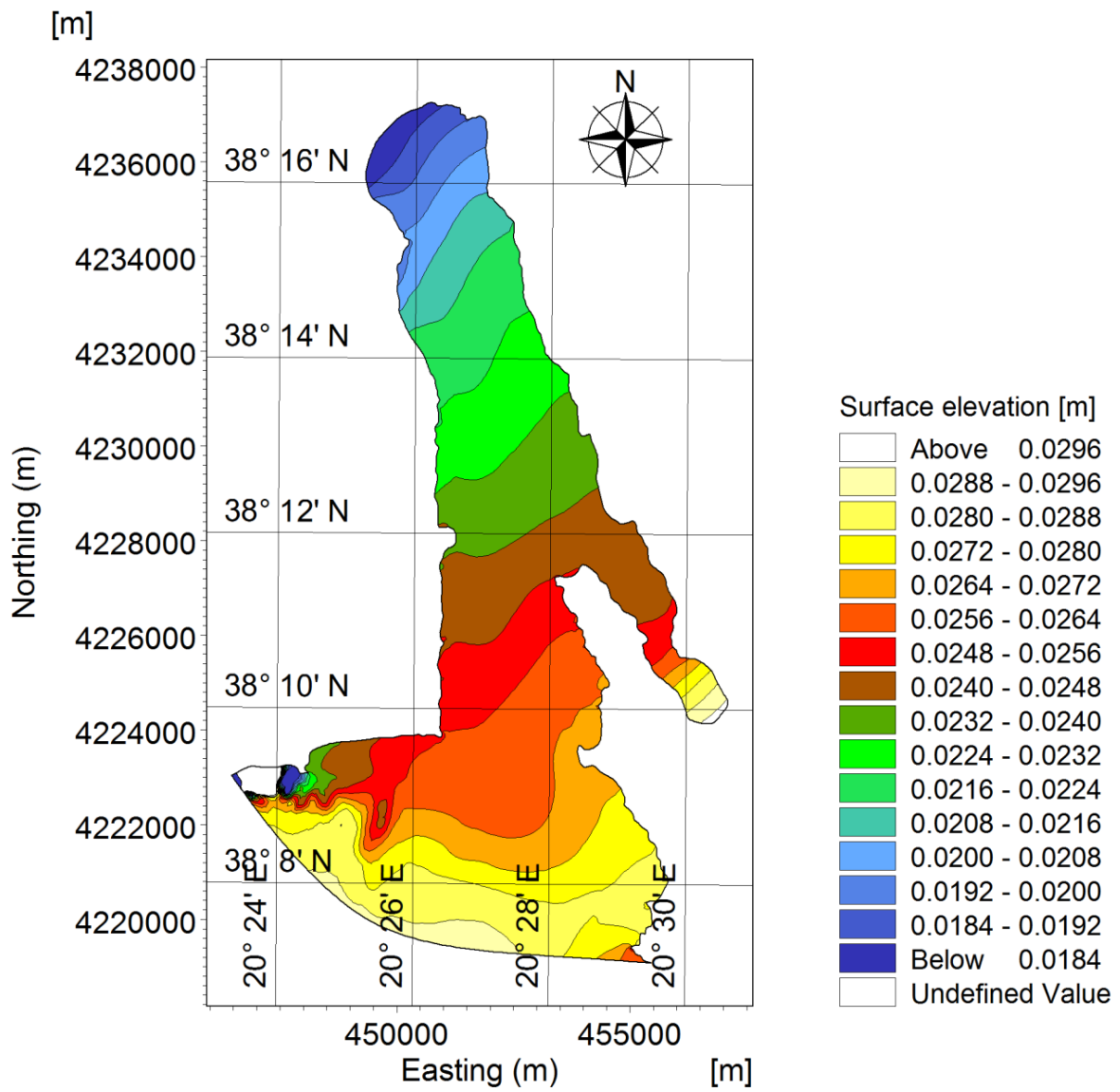
Στο παρακάτω σχήμα (Εικόνα 12) φαίνεται η παλιρροιακή διάδοση που προέκυψε με βάση τις αριθμητικές προσομοιώσεις. Αποτελέσματα δίδονται για το χρονοβήμα 42, που αντιστοιχεί στο τέλος της δεύτερης μέρας της προσομοίωσης (σε πραγματικό χρόνο). Η μέγιστη στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας του νερού φτάνει τα 0,0280 m, ενώ η ελάχιστη τα 0,0184 m, πράγμα που σημαίνει ότι η διαφορά τους κυμαίνεται στο 1cm. Το ύψος της στάθμης αυξάνεται όσο πλησιάζουμε το ανοιχτό όριο. Γενικά υπάρχει μία καλή διαβάθμιση της στάθμης σε ευδιάκριτες ζώνες.



Εικόνα 12. Παλιρροιακή διάδοση



Στην επόμενη εικόνα (Εικόνα 13) στην οποία έχει προστεθεί η δράση του ανέμου υπό την ταυτόχρονη δράση της παλίρροιας, παρατηρούμε διαφορές. Αρχικά, λόγω του βορειοδυτικού ανέμου, εμφανίζονται πιο πολλές αλλαγές εντός του εύρους της αύξησης της στάθμης της θάλασσας, με αποτέλεσμα να σχηματίζονται περισσότερες ζώνες. Επιπλέον, οι ζώνες αυτές μορφοποιούνται σε σχήμα S, πράγμα που οφείλεται στην δύναμη Coriolis η οποία προκαλεί διαφορετική κατεύθυνση του πεδίου ροής σε σχέση με την ανεμογενή ροή στην οποία δεν θα λαμβάνονταν υπόψη η επίδραση της δύναμης Coriolis.



Εικόνα 13. Παλιρροιακή διάδοση με άνεμο

## 5.2: ΥΨΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Στην ελεύθερη επιφάνεια του κόλπου και συγκεκριμένα στα σημεία t1, t2, t3, με τις παρακάτω συντεταγμένες, υπολογίστηκε η μεταβολή με το χρόνο του ύψους της στάθμης της θάλασσας τοπικά.

t1 (upstream):  $x=450875,79$   $y=4219780,35$

t2 (middle):  $x=452217,50$   $y=4228029,37$

t3 (downstream):  $x=450254,63$   $y=4236592,01$

Τα γραφήματα για διάστημα 15 ημερών, και οι πίνακες αποτελεσμάτων για 24 ώρες φαίνονται στις παρακάτω ενότητες.

### 5.2.1: UPSTREAM (ΕΙΣΟΔΟΣ ΚΟΛΠΟΥ)

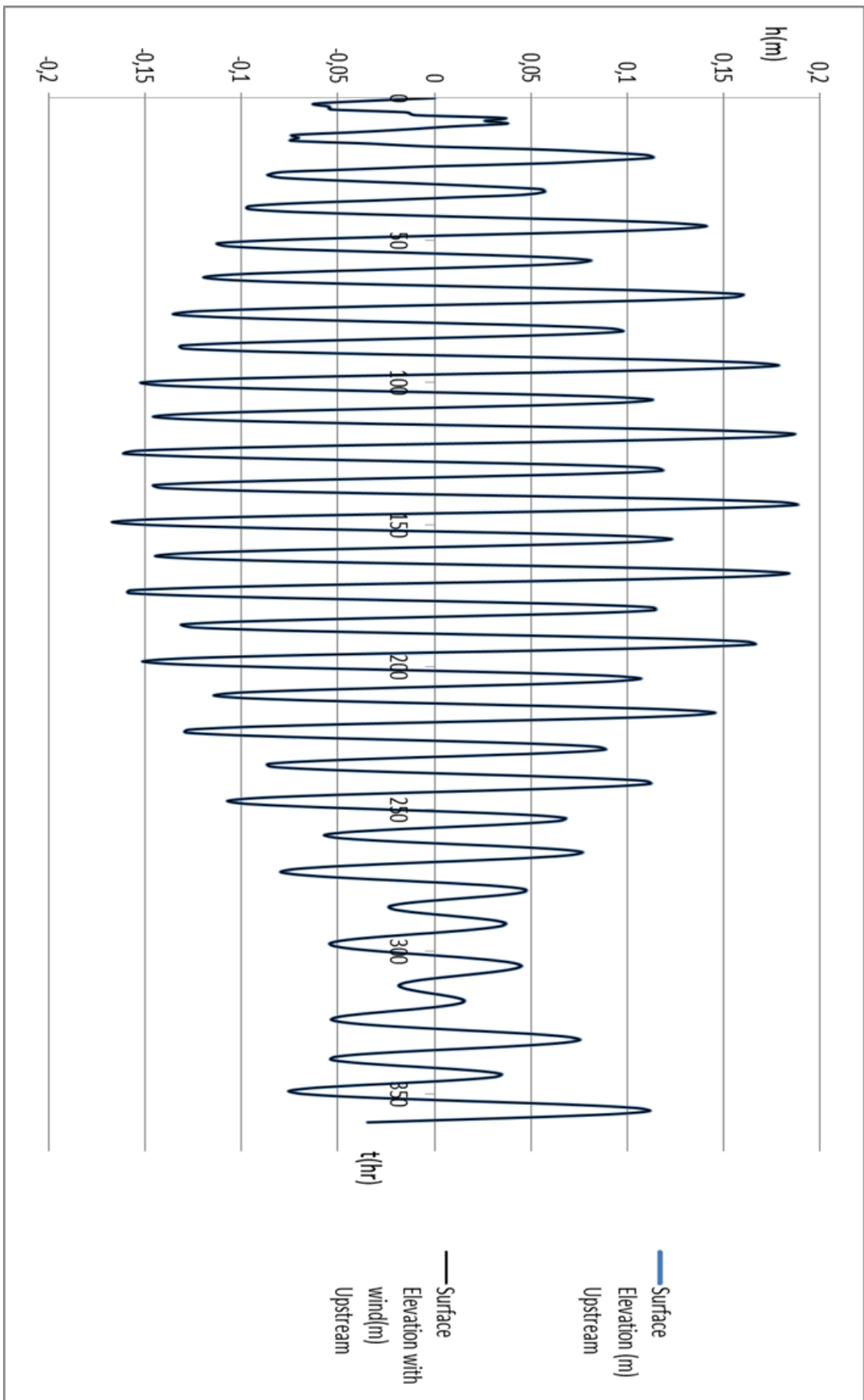
#### Upstream

<b>time (h)</b>	<b>Surface Elevation (m) Upstream</b>	<b>Surface Elevation with wind (m) Upstream</b>
0	0	0
1	-0,0355468	-0,0356202
2	-0,062023	-0,0620877
3	-0,0545581	-0,0545588
4	-0,0535597	-0,0535293
5	-0,0145731	-0,0145744
6	-0,00998265	-0,00999105
7	0,0360547	0,0360357
8	0,026366	0,0264055
9	0,037457	0,037541
10	0,00842201	0,0084803
11	-0,014094	-0,0139979
12	-0,0416623	-0,0415703
13	-0,0735356	-0,0733336
14	-0,0705277	-0,0704888
15	-0,0740291	-0,0740593
16	-0,0339159	-0,0341026
17	-0,00307224	-0,00331726
18	0,0519359	0,0517369
19	0,0854812	0,0852181
20	0,110112	0,109859
21	0,112951	0,112851
22	0,0874118	0,0874191
23	0,0543853	0,0543454
24	-0,00106924	-0,00106979

Πίνακας 2. Ύψη στάθμης θάλασσας στην είσοδο του κόλπου για 24 ώρες

Παρατηρούμε ότι νότια, στο ανοιχτό όριο του κόλπου, η αύξηση της επιφάνειας της θάλασσας δίχως αλλά και με την παρουσία του ανέμου είναι σχεδόν ίδια (Εικόνα 14). Για αυτόν τον λόγο, στο διάγραμμα στάθμης συναρτήσει χρόνου δεν φαίνεται η διαφορά της διακύμανσης τους με γυμνό μάτι.

Η μέγιστη τιμή της στάθμης της θάλασσας στο σημείο t1 upstream χωρίς άνεμο για 15 μέρες είναι 0,187904 m και η ελάχιστη -0,166666 m. Με άνεμο, η μέγιστη τιμή είναι 0,187742 m , και η ελάχιστη -0,166849 m. Δηλαδή, η διαφορά τους είναι 0,000162 m και 0,000183 m αντίστοιχα.



Εικόνα 14. Ύψος επιφάνειας θάλασσας στην είσοδο του κόλπου

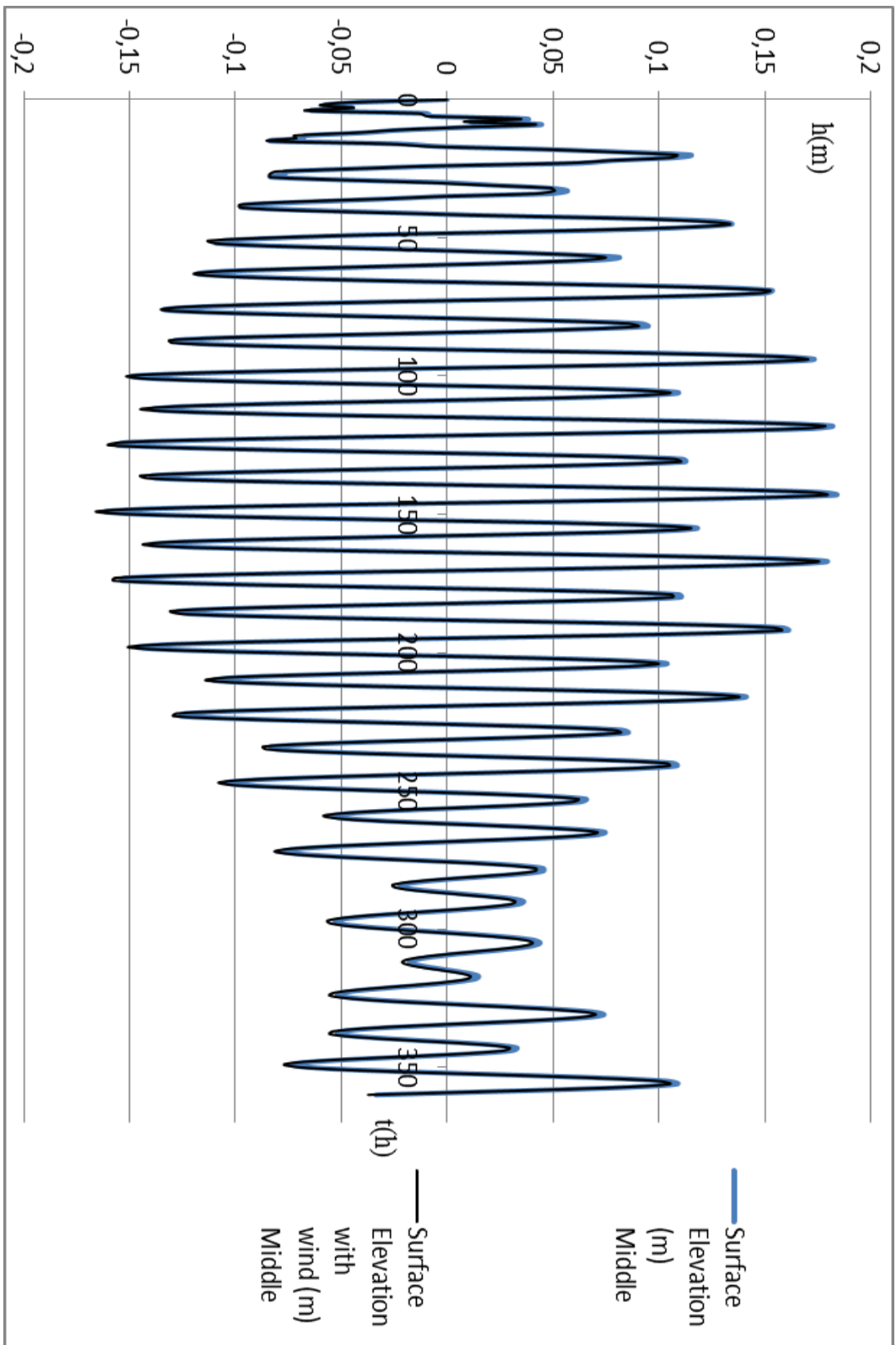
## 5.2.2: ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΤΕΝΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ (MIDDLE)

### Middle

time (h)	Surface Elevation (m) Middle	Surface Elevation with wind (m) Middle
0	0	0
1	-0,0425293	-0,0460606
2	-0,0578765	-0,0600001
3	-0,0446695	-0,044025
4	-0,0632867	-0,066742
5	-0,00974169	-0,0130019
6	-0,00723868	-0,00937205
7	0,0382842	0,0350289
8	0,0111753	0,00807644
9	0,0446666	0,0420933
10	0,00993015	0,00607523
11	-0,021921	-0,0244754
12	-0,0402123	-0,0435784
13	-0,0668381	-0,0721269
14	-0,0680052	-0,071233
15	-0,0820196	-0,0837703
16	-0,0230608	-0,0281897
17	-0,00184671	-0,0066528
18	0,0460125	0,045024
19	0,0837677	0,0799479
20	0,11483	0,108489
21	0,106995	0,105327
22	0,0782962	0,0775819
23	0,0606812	0,054336
24	-0,00163355	-0,00612759

Πίνακας 3. Ύψη στάθμης θάλασσας στην στένωση του κόλπου για 24 ώρες

Στην μέση περίπου του κόλπου, στο σημείο t2 middle, όπου δημιουργείται στένωση, βλέπουμε διαφορετικές τιμές στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας όταν γίνεται η προσθήκη της δράσης του ανέμου (Εικόνα 15). Η μέγιστη τιμή της αύξησης της στάθμης της θάλασσας χωρίς άνεμο για 15 μέρες είναι 0,183686 m, και η ελάχιστη -0,161265 m. Με την επίδραση του ανέμου, η μέγιστη τιμή φτάνει τα 0,179383 m και η ελάχιστη τα -0,165803 m. Η διαφορά τους είναι μεγαλύτερη από ότι στο ανοιχτό όριο, με τιμές 0,004303 m στις μέγιστες και 0,004538 m στις ελάχιστες.



Εικόνα 15. Ύψος επιφάνειας θάλασσας middle



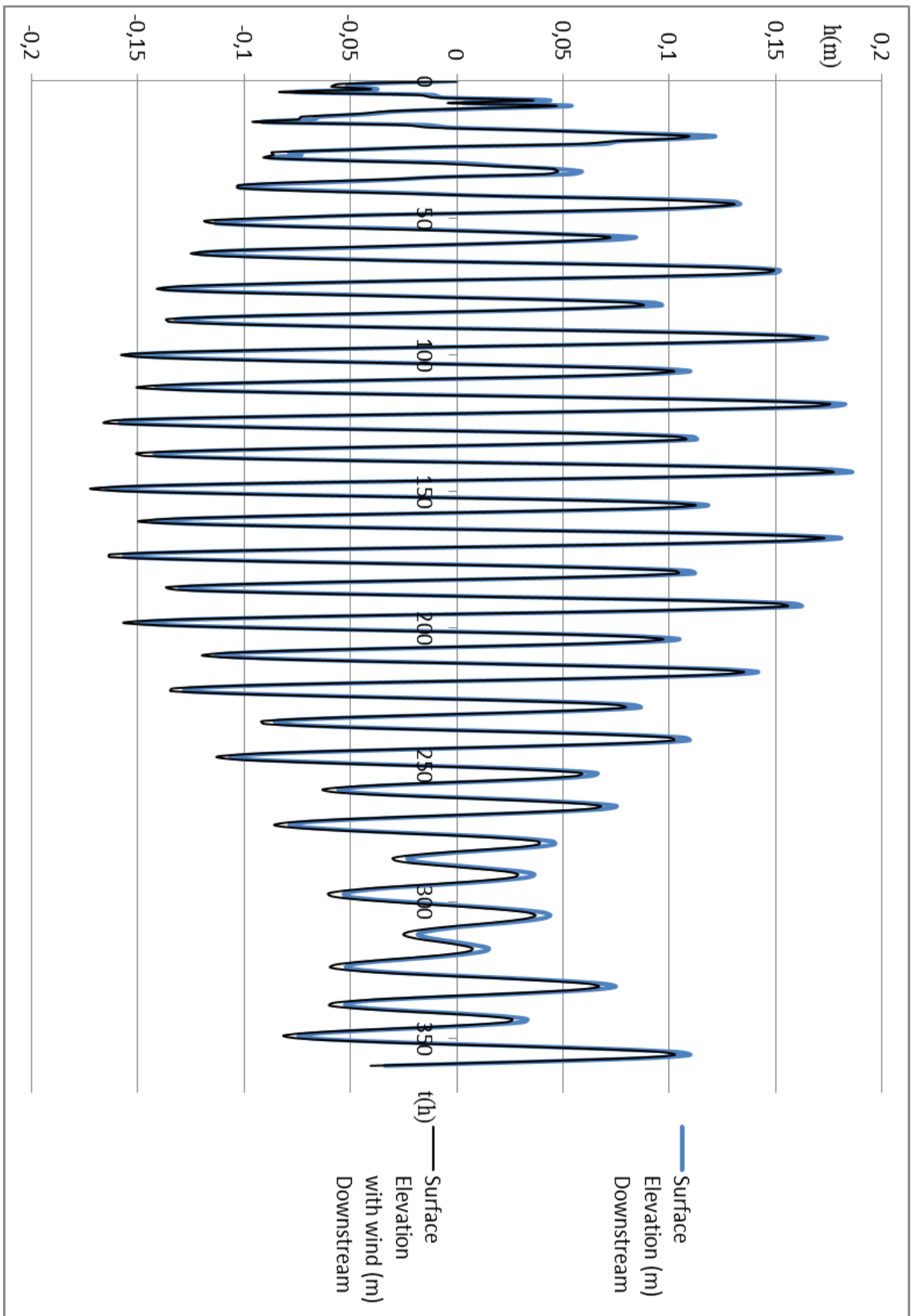
### 5.2.3: DOWNSTREAM (ΚΑΤΑΝΤΗ ΚΟΛΠΟΥ)

#### Downstream

<b>time (h)</b>	<b>Surface Elevation (m) Downstream</b>	<b>Surface Elevation with wind (m) Downstream</b>
0	0	0
1	-0,0462856	-0,0550723
2	-0,0514475	-0,0587488
3	-0,037807	-0,0406353
4	-0,0754677	-0,0832444
5	-0,0116467	-0,0182397
6	-0,00654102	-0,0108104
7	0,0440487	0,0362383
8	0,00347788	-0,00410462
9	0,0540489	0,0470464
10	0,0123334	0,00397324
11	-0,0268948	-0,0323089
12	-0,0410795	-0,0471964
13	-0,0642029	-0,0729464
14	-0,0675654	-0,0743322
15	-0,0898863	-0,0943646
16	-0,0158172	-0,0263793
17	-0,00238057	-0,0119593
18	0,0412926	0,0389221
19	0,0826282	0,0752436
20	0,120907	0,10879
21	0,106016	0,101511
22	0,0757888	0,0728262
23	0,0688582	0,056224
24	-0,000937572	-0,00973014

Πίνακας 4. Ύψη στάθμης θάλασσας κατάντη του κόλπου για 24 ώρες

Στο βορειότερο τμήμα του κόλπου στο σημείο t3 downstream, η μέγιστη τιμή της αύξησης της στάθμης φτάνει τα 0,185630 m, και η ελάχιστη τα -0,164699 m χωρίς άνεμο (Εικόνα 16). Με την επίδραση του ανέμου, η μέγιστη τιμή της αύξησης της στάθμης φτάνει τα 0,177061 m, και η ελάχιστη τα -0,172339 m. Η διαφορά τους κυμαίνεται στα 0,008569 m για τις μέγιστες και 0,007640 m στις ελάχιστες.



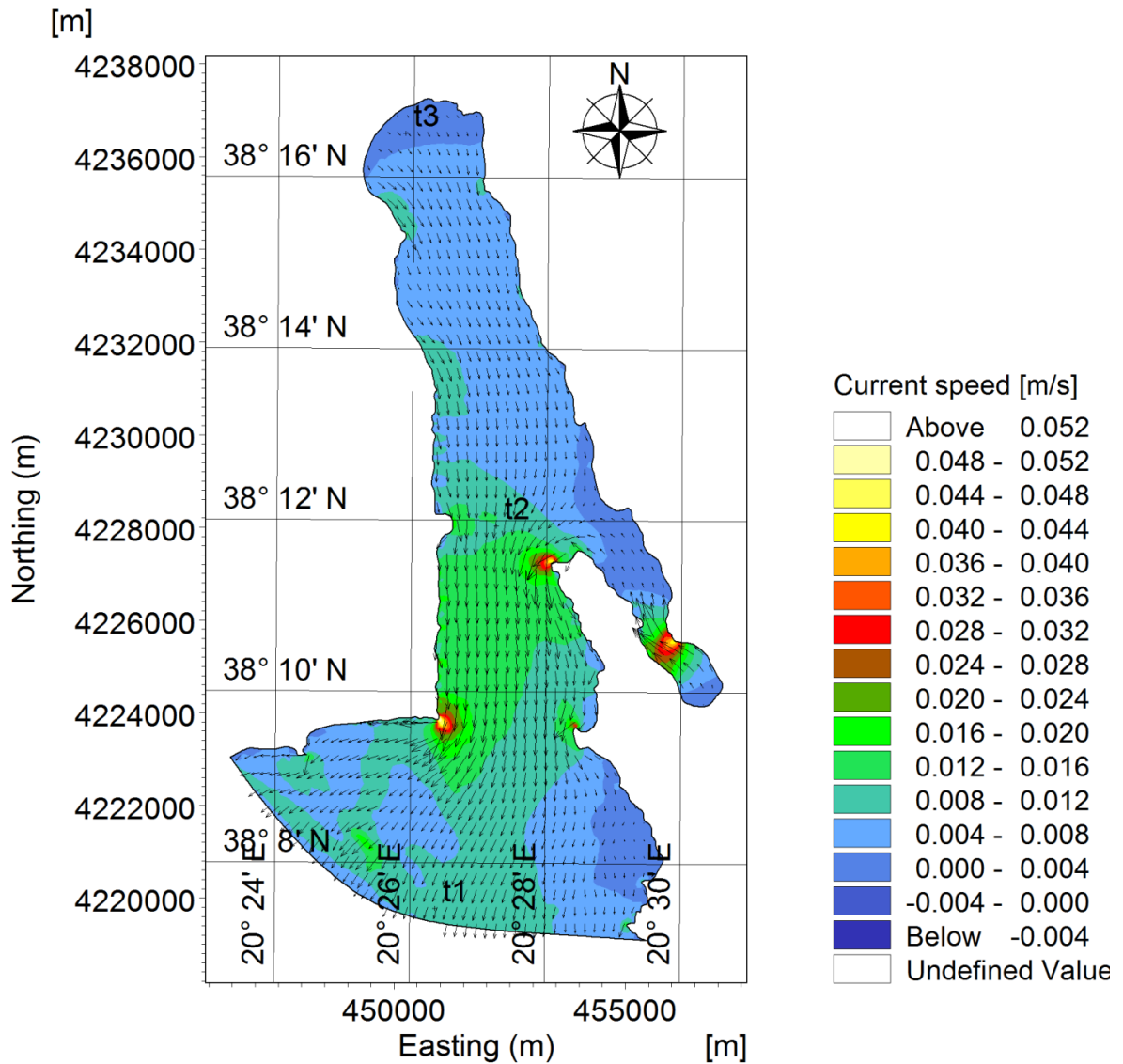
Εικόνα 16. Ύψος επιφάνειας θάλασσας κατάντη

### 5.3: ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

Για την βέλτιστη εξέταση της ταχύτητας των ρευμάτων υπό την δράση της παλίρροιας και του ανέμου ταυτόχρονα, επιλέχθηκαν τα χρονοβήματα 22, 45 και 111 καθώς απεικονίζουν καλύτερα την φορά της ταχύτητας όταν τα νερά εισέρχονται και εξέρχονται από τον κόλπο (κατά τη φάση της πλημμυρίδας και της άμπωτης).

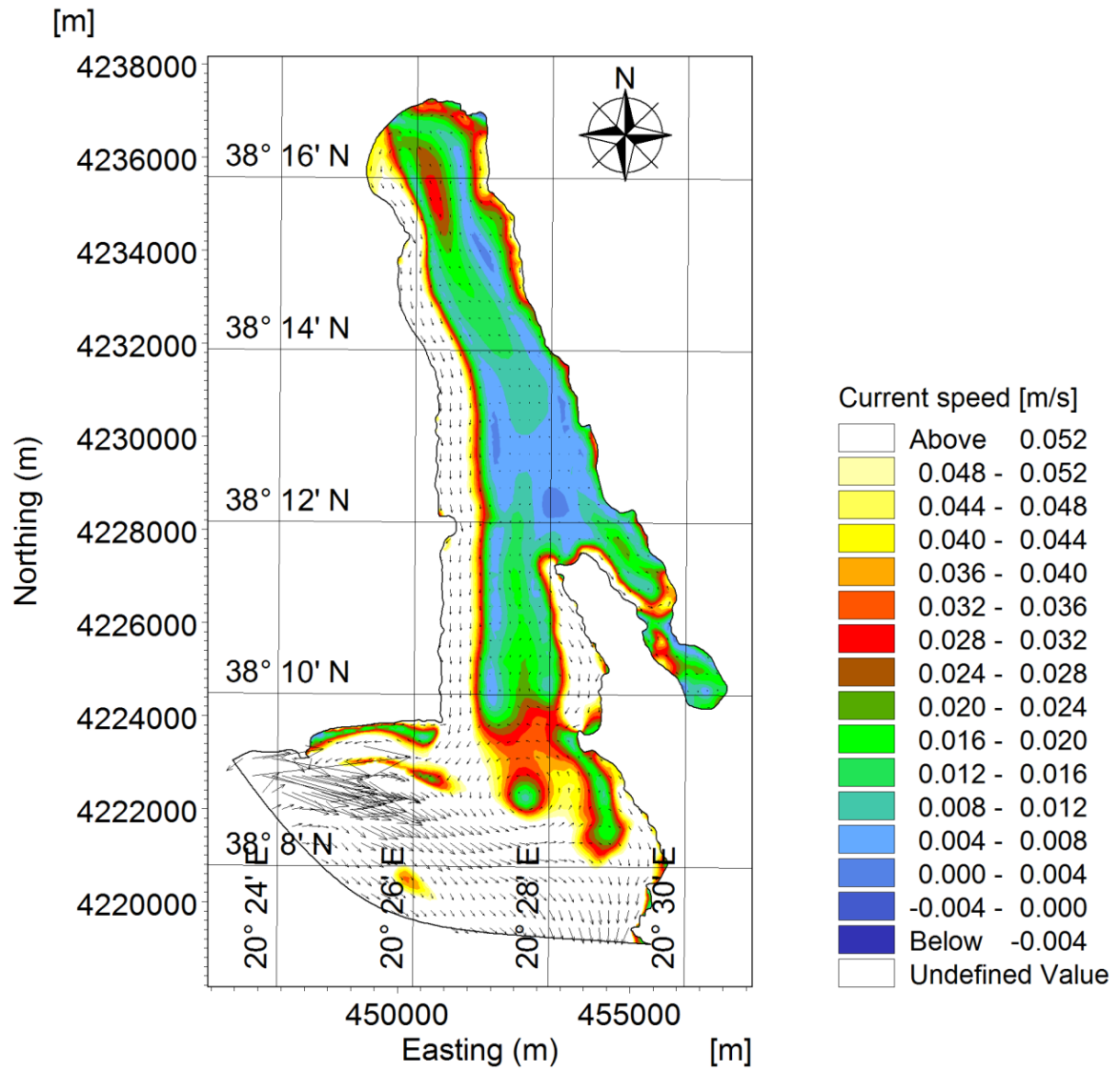
Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 17) φαίνεται η φορά της ταχύτητας του ρεύματος μόνο με την επίδραση της παλίρροιας καθώς τα νερά εξέρχονται από τον κόλπο (χρονοβήμα 22). Παρατηρούμε ότι η μέγιστη ταχύτητα φτάνει τα 0.048 m/s στην γωνία που σχηματίζεται βορειοδυτικά του ανοίγματος μεταξύ των παραλιών Λέπεδα και Ξί στο Ληξούρι, βορειότερα στην γωνία που σχηματίζεται στο Φάρο του Αργοστολίου αλλά και στο μέσο της λιμνοθάλασσας του Κουτάβου. Η ελάχιστη ταχύτητα παρατηρείται εντονότερα στο βορειότερο τμήμα του κόλπου με 0,004 m/s στην περιοχή μεταξύ Λιβάδι και Κοντογουράτα.

Στην συνέχεια θα εξεταστούν τα χρονοβήματα 45 και 111 όπου παρατηρούνται στρόβιλοι με το 111 να απεικονίζει μία ολοκληρωμένη εικόνα του κόλπου και το 45 μία τοπική της λιμνοθάλασσας του Κουτάβου, όπου παρατηρούνται δύο στρόβιλοι.



Εικόνα 17. Χρονοβήμα 22, ταχύτητα ρευμάτων χωρίς την επίδραση του ανέμου

Στην επόμενη εικόνα (Εικόνα 18), για το χρονοβήμα 22, φαίνεται η ταχύτητα των ρευμάτων υπό την επίδραση της παλίρροιας και του ανέμου μαζί (συνδυασμένη δράση ανέμου – παλίρροιας). Εδώ η ταχύτητα που προκύπτει αριθμητικά για το πεδίο ρευμάτων είναι μεγαλύτερη και η μέγιστη τιμή της υπερβαίνει την τιμή των 0,052 m/s στις ακτές του Ληξουρίου, στις παραλίες του Αργοστολίου Μακρής και Πλατύς γιαλός αλλά και την είσοδο του κόλπου, ενώ η ελάχιστη φτάνει τα 0,008 m/s περισσότερο κεντρικά και βορειοδυτικά του ανοίγματος.



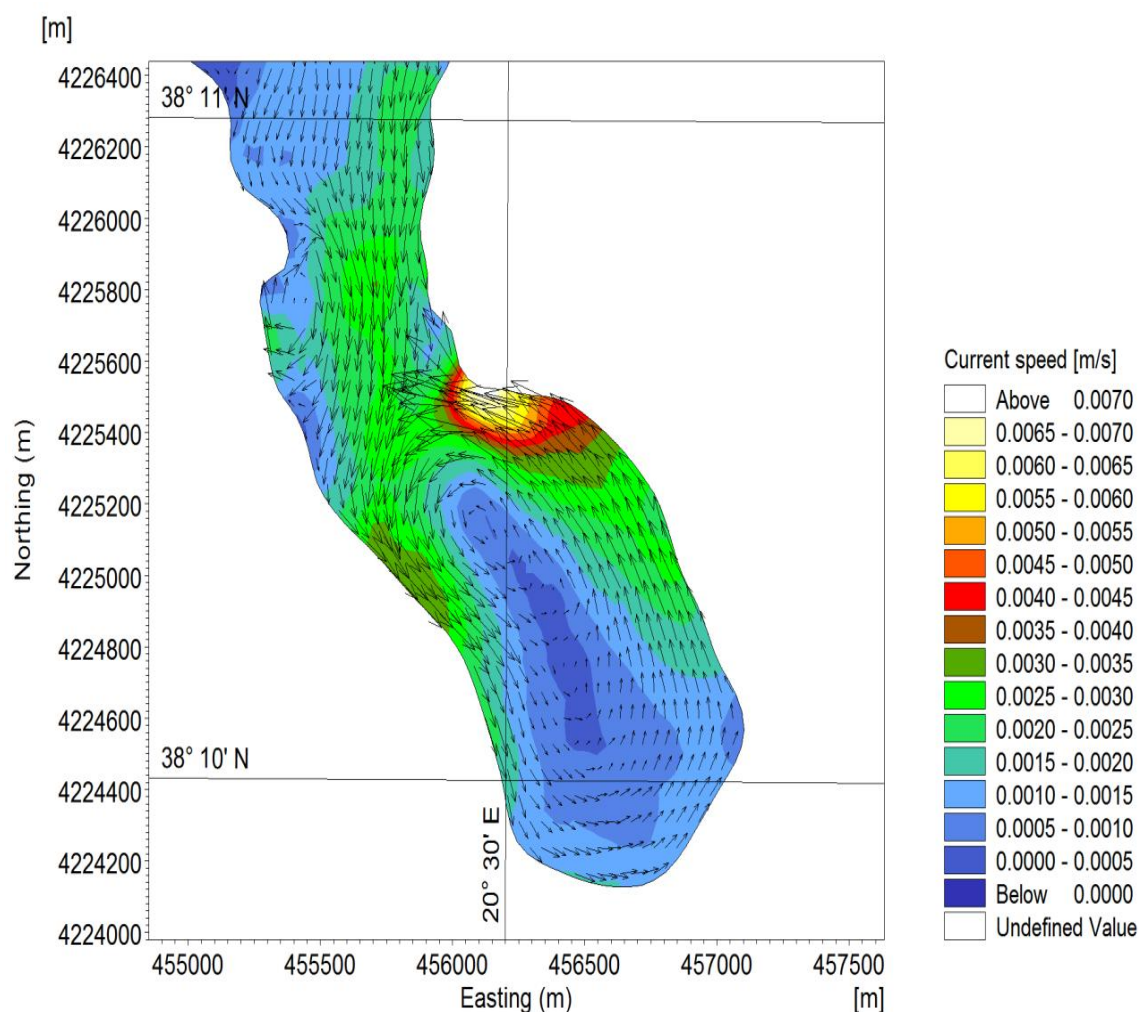
Εικόνα 18. Χρονοβήμα 22, ταχύτητα ρευμάτων με την επίδραση του ανέμου

## 5.4: ΚΥΚΛΩΝΙΚΟΙ ΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

Στο χρονοβήμα 45 με μόνη επίδραση την παλίρροια, σε συνθήκες απολύτου άπνοιας, κατά την μεταβολή της ροής από πλημμυρίδα σε άμπωτη παρατηρείται κυκλωνικός στρόβιλος, αντίθετος των δεικτών του ρολογιού, που καλύπτει την ευρύτερη περιοχή του κουτάβου (Εικόνα 19).

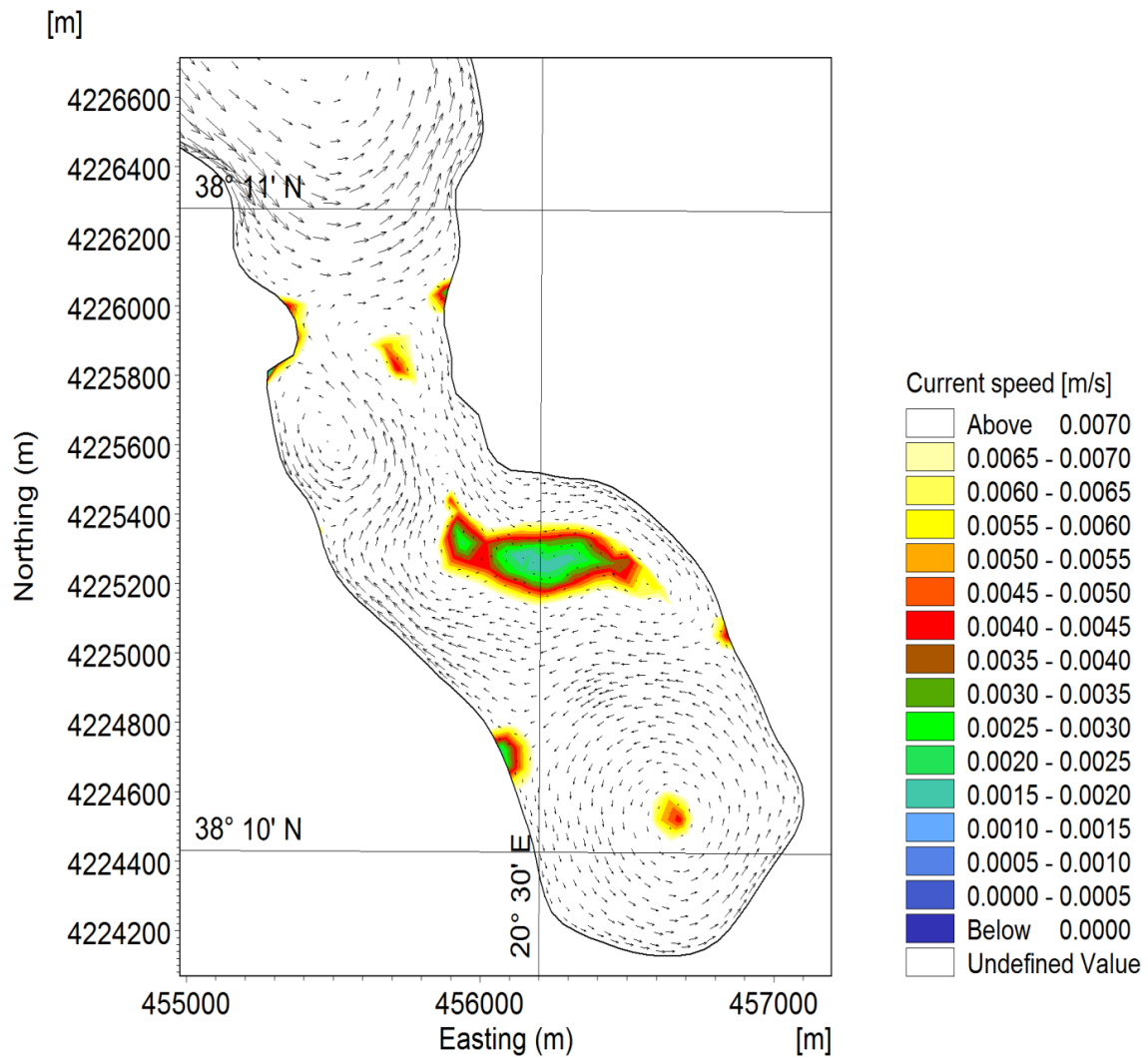
Συγκεκριμένα, στο χρονοβήμα 44, κατά την πλημμυρίδα, τα νερά εισέρχονται στον κόλπο. Στην συνέχεια, στο χρονοβήμα 45 πραγματοποιείται η φάση της αλλαγής, και τελικά στο χρονοβήμα 46 τα νερά εξέρχονται από τον κόλπο στην ανοιχτή θάλασσα.

Στην περιοχή αυτή, η μέγιστη ταχύτητα που προέκυψε αριθμητικά είναι 0.0065 m/s και η ελάχιστη 0.0005 m/s.



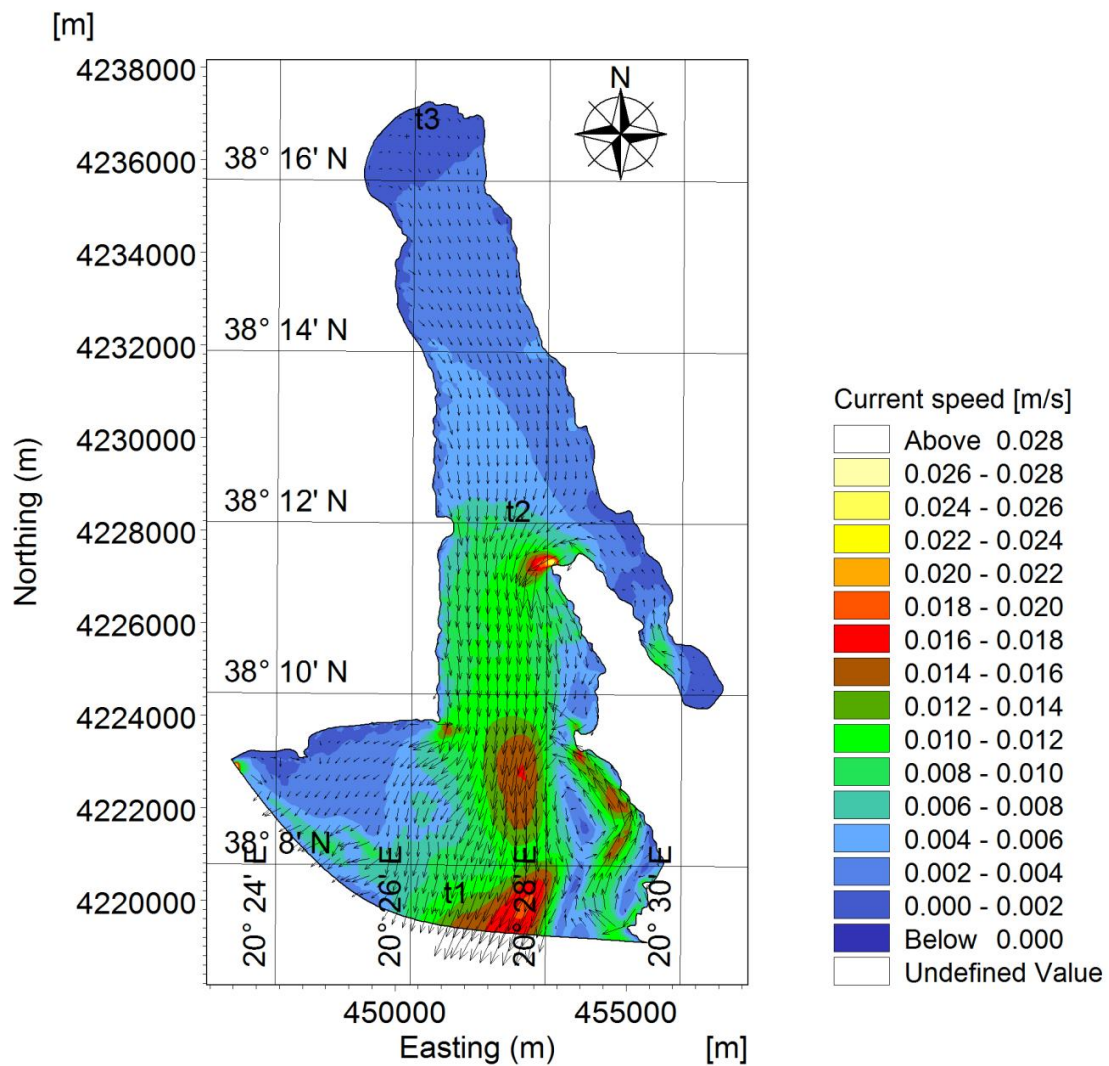
Εικόνα 19. Χρονοβήμα 45, Στρόβιλος κουτάβου χωρίς την επίδραση του ανέμου

Αντίθετα, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 20), προσθέτοντας την επίδραση του ανέμου, δηλαδή έχοντας συνδυασμένη δράση ανέμου και παλίρροιας, παρατηρούμε ότι η μέγιστη ταχύτητα ξεπερνά τα 0,0070 m/s στις ακτές του κουτάβου ενώ κεντρικά φτάνει τα 0,0015 m/s.



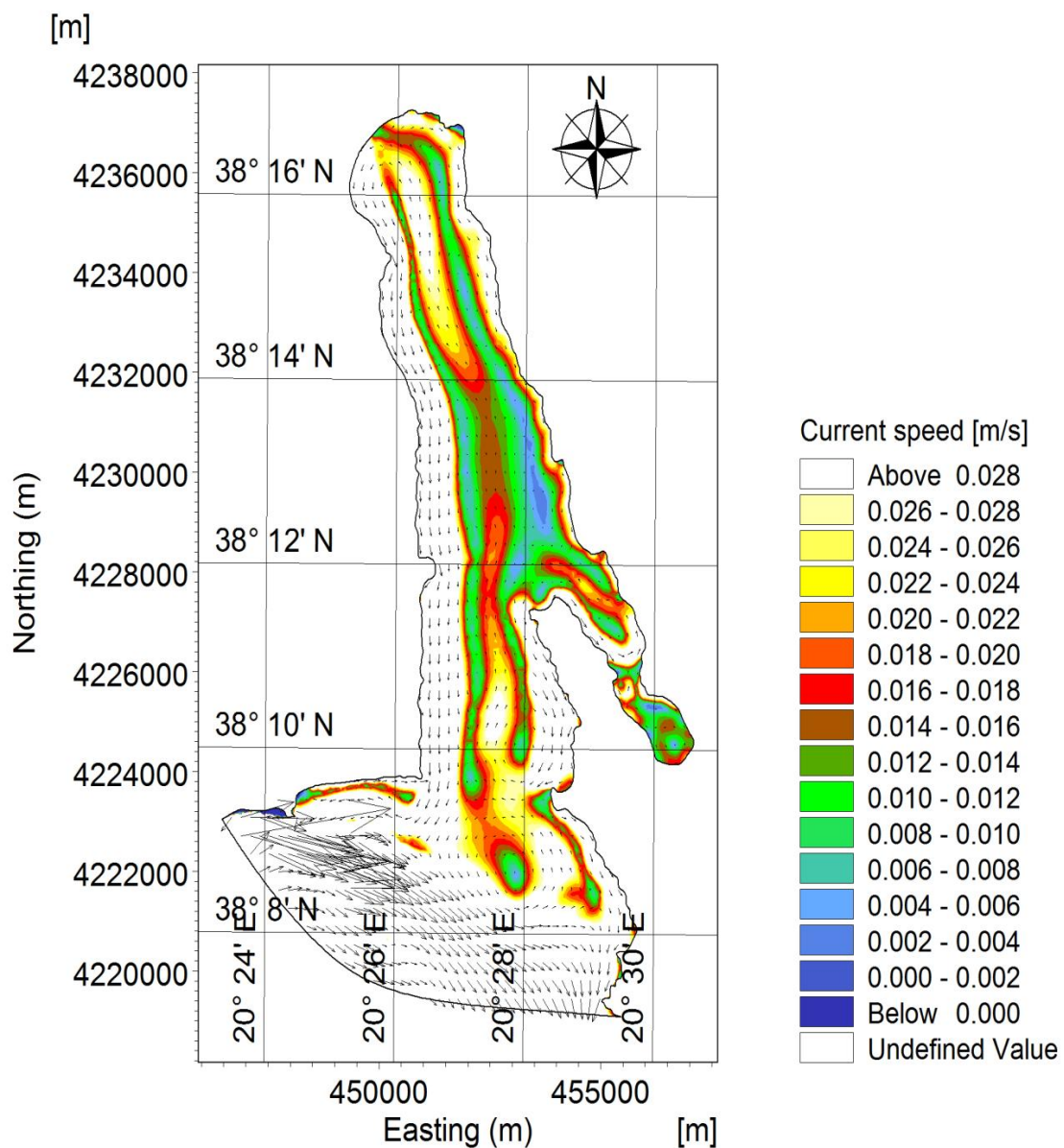
Εικόνα 20. Χρονοβήμα 45, Στρόβιλος κουτάβου με την επίδραση του ανέμου

Αντίστοιχο φαινόμενο παρουσίας στροβίλου παρατηρείται και σε απόσταση περίπου 3,5 χιλιομέτρων βορειοανατολικά από το άνοιγμα του κόλπου, κοντά στην παραλία Σπάσματα, όπου στο χρονοβήμα 111 πραγματοποιείται η φάση της αλλαγής από πλημμυρίδα σε άμπωτη (Εικόνα 21). Η μέγιστη ταχύτητα με βάση τα αποτελέσματα των αριθμητικών προσομοιώσεων φτάνει τα 0,024 m/s ενώ η ελάχιστη τα 0,002 m/s.



Εικόνα 21. Χρονοβήμα 111, στροβίλοι στον κόλπο χωρίς την επίδραση του ανέμου





Εικόνα 22. Χρονοβήμα 111, στρόβιλοι στον κόλπο με την επίδραση του ανέμου

Παρατηρούμε ότι με την επίδραση του ανέμου, στις ακτές του κόλπου η ταχύτητα είναι πολύ μεγαλύτερη φτάνοντας τα 0,028 m/s, και κυριαρχεί η ανεμογενής ροή καθώς η επίδραση της παλίρροιας είναι απειροελάχιστη (Εικόνα 22). Εδώ η ελάχιστη ταχύτητα φτάνει τα 0,004 m/s.

## 5.5: ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΠΑΡΟΧΗΣ

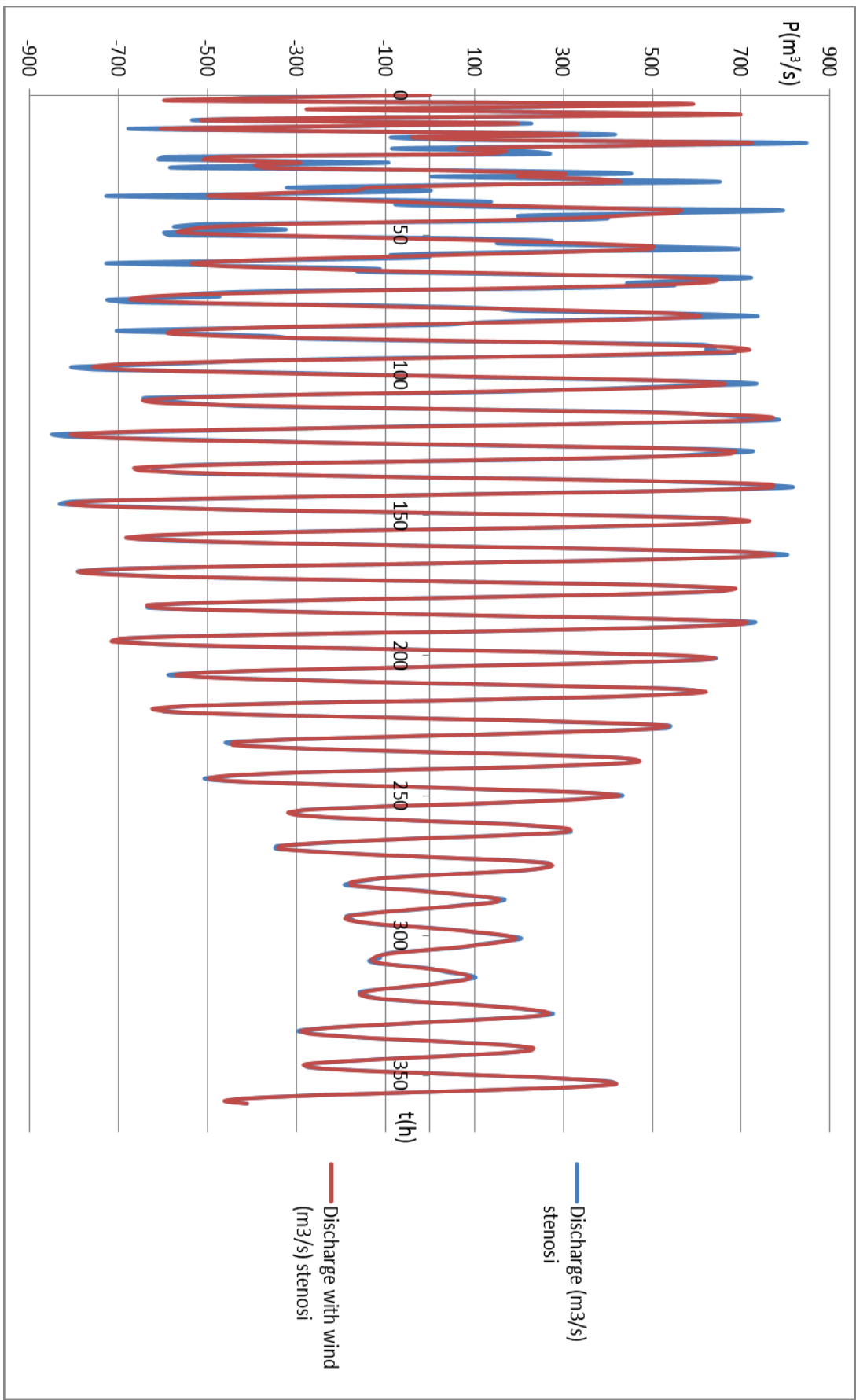
Η ανταλλαγή παροχής υπολογίστηκε σε δύο τομές του κόλπου. Η πρώτη τομή έχει άκρα τις περιοχές Λόγγος και Φάρος και βρίσκεται στην στένωση του κόλπου, ενώ η δεύτερη έχει άκρα τις απέναντι ακτές του κουτάβου.

Η ανταλλαγή της παροχής υπολογίστηκε σε κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο ( $m^3/s$ ) για διάστημα 15 ημερών. Παρακάτω θα παρατεθούν πίνακες για διάστημα 24 ωρών και διαγράμματα για όλο το διάστημα προσομοίωσης δηλαδή 15 μέρες.

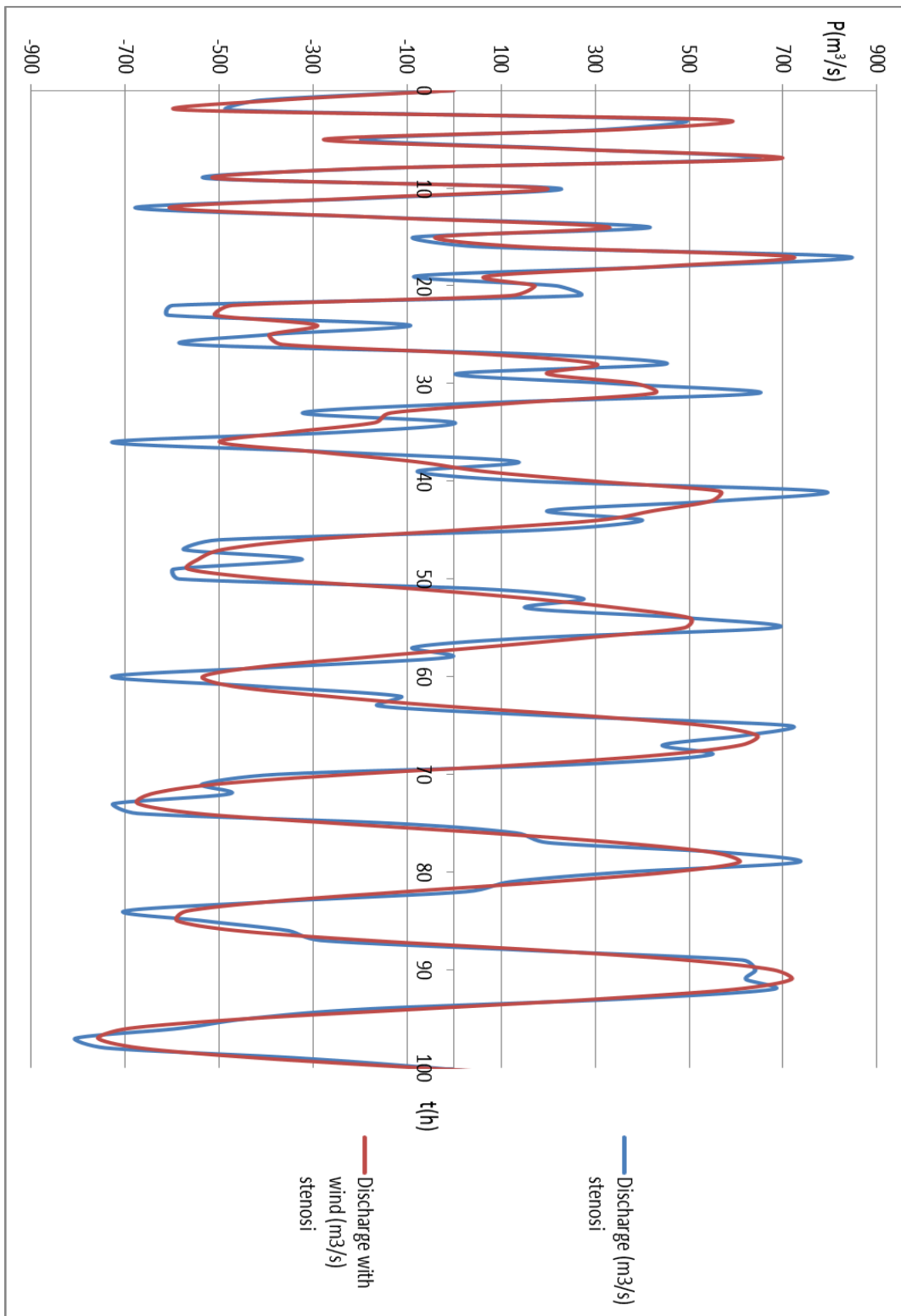
### Ανταλλαγή Παροχής στην Στένωση

<b>time (h)</b>	<b>Discharge (<math>m^3/s</math>) stenosi</b>	<b>Discharge with wind (<math>m^3/s</math>) stenosi</b>
0	0	0
1	-412,746	-374,445
2	-477,018	-572,455
3	475,107	564,962
4	319,537	354,862
5	-197,116	-275,4
6	258,321	242,172
7	639,862	689,196
8	-179,458	-193,407
9	-524,159	-505,447
10	220,654	193,719
11	-163,854	-194,743
12	-676,958	-603,978
13	-145,928	-149,362
14	417,217	330,564
15	-82,5056	-36,5798
16	57,8279	149,736
17	836,776	717,423
18	466,274	441,887
19	-80,4514	72,2447
20	219,423	172,2
21	265,424	121,591
22	-597,185	-470,74
23	-607,995	-507,165
24	-95,7583	-292,488

Πίνακας 5. Ανταλλαγή παροχής στην στένωση για 24 ώρες



Εικόνα 23. Ανταλλαγή παροχής στην στένωση



Εικόνα 24. Μεγέθυνση ανταλλαγής παροχής στην στένωση έως το χρονοβήμα 100

Παρατηρούμε ότι στην τομή που λήφθηκε στην στένωση του κόλπου υπάρχουν έντονες διαφορές στις τιμές της παροχής ανάμεσα στην παλίρροια και την επίδραση του ανέμου, έως και το χρονοβήμα 100 (Εικόνα 24). Συγκεκριμένα οι τιμές της παροχής χωρίς την επίδραση του ανέμου φαίνεται να μεταβάλλονται συχνότερα και παρουσιάζουν περισσότερα μέγιστα και ελάχιστα, το οποίο φαίνεται να ξεκινά από το χρονοβήμα 14.

Χωρίς τον άνεμο, και μόνο με την επίδραση της παλίρροιας, η μέγιστη ανταλλαγή παροχής είναι  $836,776 \text{ m}^3/\text{s}$  και η ελάχιστη  $-844,983 \text{ m}^3/\text{s}$ . Το πρόσημο εκφράζει την επικρατούσα κατεύθυνση της ροής.

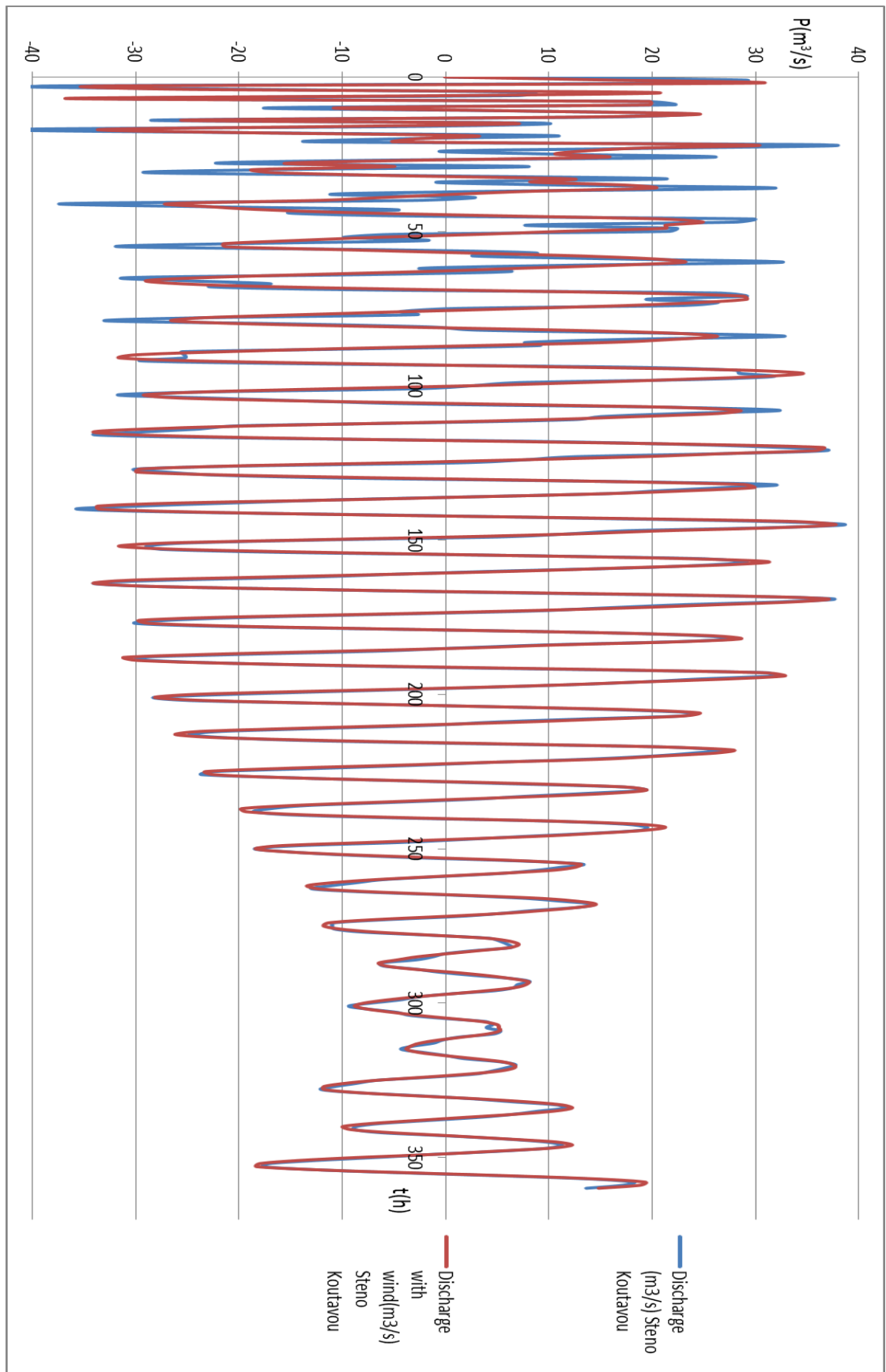
Με την επίδραση του ανέμου, η μέγιστη τιμή της παροχής είναι  $772,811 \text{ m}^3/\text{s}$  και η ελάχιστη  $-814,316 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Επομένως, η διαφορά των μέγιστων τιμών είναι  $63,965 \text{ m}^3/\text{s}$ , και η διαφορά των ελάχιστων  $30,667 \text{ m}^3/\text{s}$ .

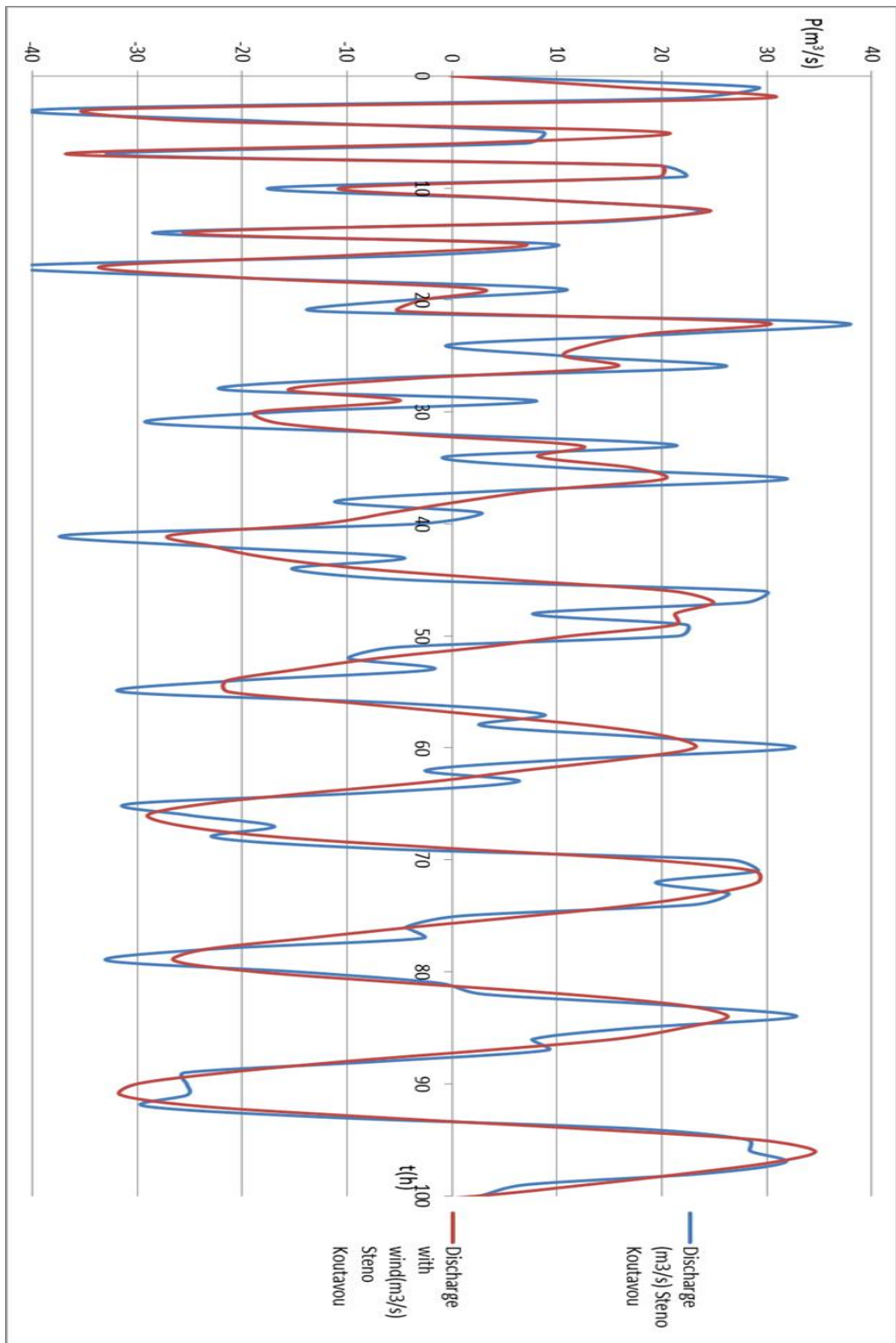
### Ανταλλαγή Παροχής στον Κούταβο

<b>time (h)</b>	<b>Discharge (m<sup>3</sup>/s) Steno Koutavou</b>	<b>Discharge with wind (m<sup>3</sup>/s) Steno Koutavou</b>
0	0	0
1	29,1234	16,1763
2	21,5691	29,331
3	-39,0839	-34,0275
4	-18,4714	-24,8377
5	8,63614	19,9688
6	7,13224	1,44546
7	-32,8093	-36,5508
8	19,736	19,8153
9	22,1045	19,8048
10	-17,3276	-10,5769
11	6,97397	7,28005
12	23,7817	24,607
13	14,9061	12,4656
14	-28,4313	-25,5229
15	9,54916	6,78742
16	-2,83064	-9,68008
17	-42,291	-33,3883
18	-20,7991	-20,2385
19	10,6037	2,6384
20	-4,09899	-2,81701
21	-12,731	-4,91129
22	36,5882	29,5951
23	22,3322	18,9488
24	-0,262357	13,2148

Πίνακας 6. Ανταλλαγή παροχής στο στενό Κουτάβου 24 ώρες



Εικόνα 25. Ανταλλαγή παροχής στο στενό του Κουτάβου



Εικόνα 26. Μεγέθυνση ανταλλαγής παροχής στο στενό Κουτάβου έως το χρονοβήμα



Στην περίπτωση της ανταλλαγής παροχής στο στενό του κουτάβου παρατηρούμε ότι οι παροχές είναι πολύ μικρότερες σε σχέση με αυτές στο στενό του κόλπου (Εικόνα 25). Εδώ, χωρίς την επίδραση του ανέμου, η μέγιστη τιμή της παροχής φτάνει τα  $38,6672 \text{ m}^3/\text{s}$  ενώ η ελάχιστη τα  $-42,2910 \text{ m}^3/\text{s}$ . Με την επίδραση του ανέμου, η μέγιστη τιμή φτάνει τα  $37,7732 \text{ m}^3/\text{s}$  και η ελάχιστη τα  $-36,5508 \text{ m}^3/\text{s}$ . Η συνολική διαφορά των μέγιστων τιμών είναι  $0,894 \text{ m}^3/\text{s}$ , και των ελάχιστων  $5,7402 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Όπως και προηγουμένως, στην περίπτωση που υπάρχει μόνο η επίδραση της παλίρροιας, παρατηρούμε ότι υπάρχουν περισσότερες εναλλαγές στην παροχή. Σε αυτή την περίπτωση όμως οι διαφορές ξεκινούν από το πρώτο μόλις χρονοβήμα, δηλαδή την χρονική στιγμή  $t = 0$  (Εικόνα 26)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τελικά, εξετάζοντας τα αποτελέσματα των δύο προσομοιώσεων της υδροδυναμικής κυκλοφορίας για 15 μέρες, χωρίς αλλά και με την επίδραση του ανέμου συμπεραίνουμε να εξής:

Όσον αφορά την παλιρροιακή διάδοση, το ύψος της στάθμης της θάλασσας αυξάνεται με την παρουσία του ανέμου από τα 0,0280 m στα 0,0296 m. Χωρίς την επίδραση του ανέμου η διαφορά μέγιστης και ελάχιστης τιμής είναι περίπου 1cm, ενώ με την επίδραση του ανέμου 1,12 cm.

Στην είσοδο του κόλπου, στο σημείο t1, η μέγιστη τιμή της στάθμης της θάλασσας χωρίς άνεμο είναι 0,187904 m και η ελάχιστη -0,166666 m. Με την δράση του ανέμου, η μέγιστη τιμή είναι 0,187742 m, και η ελάχιστη -0,166849 m. Δηλαδή, η διαφορά των μεγίστων είναι 0,000162 m και 0,000183 m των ελαχίστων αντίστοιχα. Οι διαφορές παρατηρούμε ότι είναι πολύ μικρές καθώς βρισκόμαστε ακόμα στην είσοδο του κόλπου όπου η επιφάνεια του είναι μεγαλύτερη.

Στην στένωση του κόλπου στο σημείο t2, παρατηρείται μεγαλύτερη διαφορά στις τιμές καθώς πλησιάζουμε στο στενότερο του κομμάτι. Η μέγιστη τιμή της αύξησης της στάθμης της θάλασσας χωρίς άνεμο είναι 0,183686 m, και η ελάχιστη -0,161265 m. Με την επίδραση του ανέμου, η μέγιστη τιμή φτάνει τα 0,179383 m και η ελάχιστη τα -0,165803 m. Η διαφορά τους είναι στα 0,004303 m στις μέγιστες και 0,004538 m στις ελάχιστες.

Στο βορειότερο τμήμα του κόλπου στο σημείο t3, η μέγιστη τιμή της αύξησης της στάθμης φτάνει τα 0,185630 m, και η ελάχιστη τα -0,164699 m χωρίς. Με την επίδραση του ανέμου, η μέγιστη τιμή της αύξησης της στάθμης φτάνει τα 0,177061 m, και η ελάχιστη τα -0,172339 m. Η διαφορά τους κυμαίνεται στα 0,008569 m για τις μέγιστες και 0,007640 m στις ελάχιστες. Εφόσον αυτό είναι το βορειότερο κομμάτι του κόλπου και το πιο στενό, παρατηρούμε ότι οι διαφορές στις τιμές της στάθμης είναι πιο μεγάλες από τις προηγούμενες περιπτώσεις.

Για την ταχύτητα των ρευμάτων, χωρίς άνεμο, παρατηρούμε ότι η μέγιστη ταχύτητα φτάνει τα 0.048 m/s . Η ελάχιστη ταχύτητα παρατηρείται εντονότερα στο βορειότερο τμήμα του κόλπου με 0,004 m/s στην περιοχή μεταξύ Λιβάδι και Κοντογουράτα. Με την επίδραση του ανέμου η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη και η μέγιστη τιμή της φτάνει πάνω από 0,052 m/s στις ακτές του Ληξουρίου, στις παραλίες του Αργοστολίου Μακρύς και Πλατύς γιαλός αλλά και την είσοδο του κόλπου, ενώ η ελάχιστη τα 0,008 m/s περισσότερο κεντρικά και βορειοδυτικά του ανοίγματος. Συνεπώς, Οι τιμές της ταχύτητας των ρευμάτων είναι μεγαλύτερες με την παρουσία του ανέμου.

Κυκλωνικοί στρόβιλοι παρατηρούνται σε αρκετά σημεία του κόλπου με τιμές που ξεκινούν από 0,002 m/s και φτάνουν τα 0,024 m/s χωρίς άνεμο, ενώ με άνεμο ξεκινούν από 0,004 m/s και φτάνουν τα 0,028 m/s. Συγκεκριμένα, στο στενό του κουτάβου, στο χρονοβήμα 45, χωρίς άνεμο οι τιμές ξεκινούν από 0,0005 m/s έως 0,0065 m/s. Με την επίδραση του ανέμου από 0,0015 m/s έως 0,007 m/s.

Η ανταλλαγή παροχής στην στένωση του κόλπου φαίνεται να έχει μέγιστη τιμή 836,776 m<sup>3</sup>/s και ελάχιστη -844,983 m<sup>3</sup>/s χωρίς τον άνεμο. Με την επίδραση του ανέμου, η μέγιστη τιμή της παροχής είναι 772,811 m<sup>3</sup>/s και η ελάχιστη -814,316 m<sup>3</sup>/s. Στο στενό του κουτάβου οι παροχές είναι πολύ μικρότερες το οποίο σημαίνει ότι τα νερά στο συγκεκριμένο τμήμα δεν ανανεώνονται αρκετά. Χωρίς την επίδραση του ανέμου, η μέγιστη τιμή της παροχής φτάνει τα 38,6672 m<sup>3</sup>/s ενώ η ελάχιστη τα -42,2910 m<sup>3</sup>/s. Με την επίδραση του ανέμου, η μέγιστη τιμή φτάνει τα 37,7732 m<sup>3</sup>/s και η ελάχιστη τα -36,5508 m<sup>3</sup>/s.

Τελικά, συμπεραίνουμε ότι η παλίρροια είναι εκείνη που έχει μεγαλύτερη επιρροή στον κόλπο, καθώς φαίνεται ότι οι μεταβολές της στάθμης της θάλασσας επηρεάζονται κυρίως από την δράση της. Επιπλέον, από το νοτιότερο προς το βορειότερο τμήμα του κόλπου οι διαφορές των τιμών της στάθμης της θάλασσας αυξάνονται με την επίδραση της παλίρροιας και του ανέμου καθώς υπάρχει εμφανής στένωση. Φυσικά στην περίπτωση της ταχύτητας των ρευμάτων ο άνεμος είναι κυρίαρχος πράγμα αναμενόμενο στην περίπτωση μας. Στην στένωση του κόλπου, οι τιμές της παροχής χωρίς την επίδραση του ανέμου φαίνεται να μεταβάλλονται συχνότερα λόγω της παλίρροιας και παρουσιάζουν περισσότερα μέγιστα και ελάχιστα. Τέλος, Στο στενό του κουτάβου παρατηρούμε ότι οι παροχές είναι πολύ μικρότερες σε σχέση με αυτές στο στενό του κόλπου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Ράμφος, Σπίνος, Βαβάσης, Σιμωτάς, Κατσέλης**, 2009, *Oceanography and Fisheries*
- **Αθανάσιος Ι. Θεοδώρου**, 1945, *Ωκεανογραφία*
- **Μαρμαρά Αθηνά**, 2012, *Αριθμητική Προσομοίωση ανεμογενούς υδροδυναμικής κυκλοφορίας και διασποράς-διάχυσης ρύπων στον κόλπο Αργοστολίου, Πρόγραμμα σπουδών Περιβαλλοντικός σχεδιασμός Έργων Υποδομής , Σχολή Θετικών επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα, Νοέμβριος 2012 75 σ.*
- **Υδρογραφική Υπηρεσία** , *Αρμονική ανάλυση παλιρροιών λιμένων*
- **MIKE by DHI**, 2009, *MIKE21 FLOW MODEL, Hydrodynamic Module Scientific Documentation, Denmark*
- **Underhill, J.R.** ,1989, *Late Cenozoic Deformation of the Hellenide Foreland Western Greece. Geological Society of America Bulletin*

## ΔΙΑΔΥΚΤΙΟ

- <https://anthrome.wordpress.com/2012/03/05/posidonia-oceanica-balls-kefalonia-greece/>
- <http://www.kefalonitikanea.gr/2015/02/160.html>
- <https://www.mikepoweredbydhi.com/about-us>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CE%B3%CE%BF%CF%83%CF%84%CF%8C%CE%BB%CE%B9>
- <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/database/kefalonia/pr26ge.pdf>