

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

**Περιβαλλοντική παρακολούθηση του όρου 4.3.4.8 της ΚΥΑ
18744/2020 για την «Χωροθέτηση και έγκριση περιβαλλοντικών
όρων Μαρίνας Βουλιαγμένης» (ΦΕΚ 810/Δ/16.12.2020)**

Αποτελέσματα έρευνας της 3^{ης} Αυγούστου 2021

Αύγουστος 2021

Ανάβυσσος

Επιστημονική Ομάδα

Επιστημονικός Υπεύθυνος

Δρ Βασίλειος Καψιμάλης

Διευθυντής Ερευνών, Ι.Ω./ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Θαλάσσιος

Γεωλόγος - Ιζηματολόγος

Επιστημονικό και τεχνικό προσωπικό από το Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας

Παναγιωτόπουλος Ι.	Θαλάσσιος Γεωλόγος-Ιζηματολόγος (Δρ)
--------------------	--------------------------------------

Μόρφης Ι.	Μηχανικός Ηλεκτρολόγος – Η/Υ (MSc)
-----------	------------------------------------

Πετράκης Σ.	Γεωλόγος - Ωκεανογράφος (Δρ)
-------------	------------------------------

Εισαγωγικές πληροφορίες

Το έργο

Οι εργασίες βυθοκόρησης του έργου «Επέκταση Μαρίνας Βουλιαγμένης» εκτελούνται σύμφωνα με την ΚΥΑ 18744/2020 για την «Χωροθέτηση και έγκριση περιβαλλοντικών όρων Μαρίνας Βουλιαγμένης» (ΦΕΚ 810/Δ/16.12.2020), αφού έχει προηγηθεί έγκριση της σχετικής Ειδικής Τεχνικής Περιβαλλοντικής Μελέτης για την «Αξιολόγηση ποιότητας βυθοκορημάτων της Μαρίνας Βουλιαγμένης και επιλογή του βέλτιστου θαλάσσιου χώρου επανατοποθέτησης αυτών στον ΝΑ Σαρωνικό Κόλπο» (ΤΕΠΕΜ-ΔΒ-2021).

Το έργο αφορά στην εκσκαφή από τον πυθμένα της λιμενολεκάνης και του περιβάλλοντα χώρου εντός της θαλάσσιας ζώνης (συνολικής έκτασης 54 στρεμμάτων) αδρανούς γαιώδους υλικού, όγκου περίπου 95.000 m³, πλήρως απαλλαγμένου από χημικούς οργανικούς (υδρογονάνθρακες και οργανοχλωριωμένες ενώσεις) και ανόργανους (βαρέα μέταλλα) ρύπους. Η γεωτεχνική μελέτη του έργου, η οποία βασίστηκε στην ανάλυση οκτώ γεωτρήσεων, διαπίστωσε την ύπαρξη επιφανειακής στρώσης θαλάσσιων ιζημάτων αμμο-ιλυώδους έως αργιλο-αμμώδους σύστασης και μεταβαλλόμενου πάχους (από ελάχιστα εκατοστά μέχρι 1,5 μ). Το υποκείμενο των θαλάσσιων αποθέσεων βραχώδες γεωλογικό υπόβαθρο, το οποίο σε κάποια τμήματα του πυθμένα της μαρίνας αλλά και του παρακείμενου θαλάσσιου χώρου αναδύεται στην επιφάνεια, αποτελείται από νεογενείς μάργες, κροκαλοπαγή-λατυποπαγή και ασβεστόλιθους λατυποπαγούς δομής ή ασβεστολιθικά λατυποπαγή.

Λόγω της αναμενόμενης διάχυσης αιωρημένου υλικού που παράγεται κατά τη διάρκεια των εργασιών βυθοκόρησης και θραύσης του βραχώδους υποστρώματος, απαιτείται περιβαλλοντική παρακολούθηση της θολερότητας, όπως αναφέρεται στον όρο 4.3.4.8.2, «*επιτόπια εξέταση και συλλογή δειγμάτων για τον προσδιορισμό της θολερότητας του θαλασσινού νερού (σε Nephelometric Turbidity Units-NTUs), τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα, εφόσον οι εργασίες διεξάγονται κατά τη διάρκεια της τουριστικής περιόδου. Η εξέταση θα γίνεται σε σημεία που βρίσκονται σε απόσταση 50, 100 και 150 m από το έργο. Εάν διαπιστωθεί σημαντική αύξηση της θολερότητας θα εφαρμόζονται αμέσως επιπρόσθετα μέτρα συγκράτησης των στερεών αιωρήσεων*». Με την από 07/04/2021 Σύμβαση Ανάθεσης Έργου μεταξύ της ΤΕΚΑΛ Α.Ε. και του ΕΛΚΕΘΕ, επιστημονική ομάδα του Ινστιτούτου Ωκεανογραφίας διενέργησε την 15/07/2021 ωκεανογραφική έρευνα για τη μέτρηση της θολερότητας στην υδάτινη στήλη τόσο εντός της μαρίνας όσο και περιμετρικά αυτής, ώστε να αποφευχθεί η διάχυση του παραγόμενου από τις εργασίες εκβάθυνσης πλουμίου εκτός της περιοχής του έργου.

Η παράμετρος της θολερότητας

Με τον όρο θολερότητα (ή θολότητα, turbidity) εννοείται η απουσία διαύγειας σε ένα υγρό μέσο, η οποία προκαλείται από την παρουσία μέσα σε αυτό διαφόρων οργανικών και ανόργανων σωματιδίων υπό μορφή αιωρούμενου ή/και κολλοειδούς υλικού (1-1000 νανόμετρα). Η θολερότητα είναι ένα θεμελιώδες οπτικό χαρακτηριστικό του υγρού μέσου το οποίο σχετίζεται με την εξασθένιση της έντασης της διερχόμενης φωτεινής ακτινοβολίας λόγω φαινομένων σκέδασης στα σωματίδια της υδάτινης στήλης.

Η μέτρηση της θολερότητας γίνεται με ένα αισθητήρα που ονομάζεται νεφελόμετρο. Η αρχή της μέτρησης βασίζεται στη σύγκριση της έντασης του φωτός που υφίσταται σκέδαση υπό γωνία 90° με την

προσπίπτουσα φωτεινή δέσμη στο σωματιδιακό υλικό της υδάτινης στήλης με εκείνη την ένταση του φωτός που υφίσταται σκέδαση κατά τη διέλευσή του από ένα πρότυπο αιώρημα κάτω από τις ίδιες φυσικές συνθήκες. Σύμφωνα με τον νόμο του Rayleigh ισχύει η παρακάτω σχέση μεταξύ της έντασης του σκεδαζόμενου φωτός και της συγκέντρωσης των σωματιδίων στο υδάτινο μέσο:

$$I_1 = k \frac{V^2}{\lambda^2} n$$

όπου:

I_1 είναι η ένταση του σκεδαζόμενου φωτός,

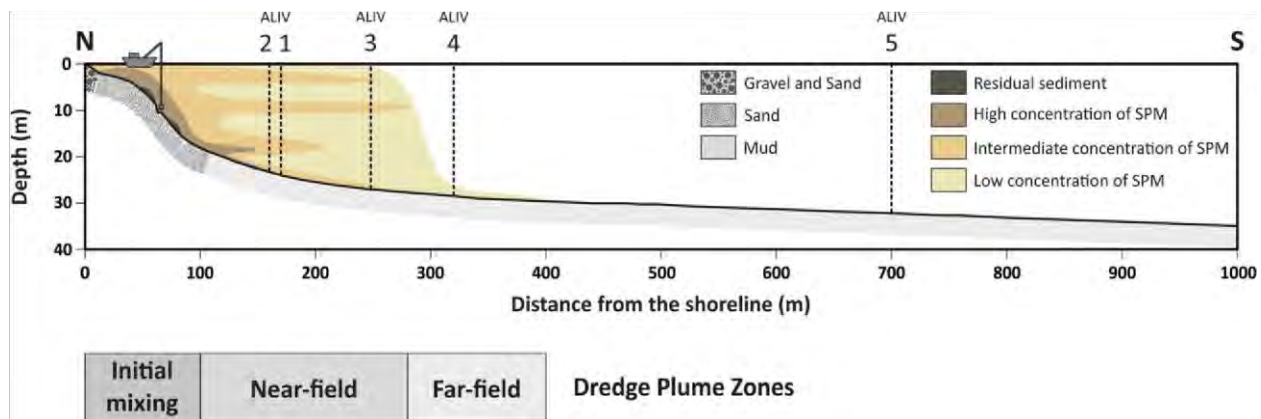
V είναι ο όγκος κάθε σωματιδίου του υδάτινου μέσου (εάν θεωρηθεί ότι όλα τα σωματίδια έχουν τον ίδιο όγκο), λ είναι το μήκος κύματος του φωτός, n είναι ο αριθμός των σωματιδίων στην μονάδα όγκου του υδάτινου μέσου και, τέλος, k είναι μία φυσική σταθερά.

Οι μονάδες μέτρησης θολερότητας που έχουν καθιερωθεί από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO) καθώς και από την Environmental Protection Agency (EPA) είναι η Formazine Turbidity Unit (FTU) και η Nephelometric Turbidity Unit (NTU), αντίστοιχα, με την σχέση τους να είναι 1:1.

Θολερότητα προερχόμενη από βυθοκόρηση

Κατά τη διάρκεια των εργασιών βυθοκόρησης, σωματίδια ιζημάτων απομακρύνονται από τον πυθμένα και εισέρχονται στην υδάτινη στήλη. Η ποσότητα, η υφή και η ποιότητα των επαναιωρημένων σωματιδίων εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες (Luger et al. 1998) που σχετίζονται με: (α) τα χαρακτηριστικά του ιζήματος (μέγεθος κόκκου, πυκνότητα, ορυκτολογία, ικανότητα πρόσφυσης και περιεχόμενο σε οργανική ύλη), (β) τις συνθήκες του χώρου εκσκαφής (βάθος νερού, εκτεθειμένη επιφάνεια, ρεύματα και κύματα που επικρατούν, παρουσία φυσικών ή τεχνητών εμποδίων) και (γ) τις επιχειρησιακές πρακτικές (ρυθμός παραγωγής, πάχος εκσκαφής υλικών, τύπος εξοπλισμού βυθοκόρησης, μέθοδος λειτουργίας και ικανότητα του χειριστή).

Όταν το επαναιωρημένο σωματιδιακό υλικό παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα σε αιώρηση, παρασύρεται από τα θαλάσσια ρεύματα και μεταφέρεται με μορφή πλουμίου σε περιοχές μακριά από τη θέση βυθοκόρησης. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του προκύπτοντος νεφελώματος διακρίνονται συνήθως τρεις ζώνες (Εικόνα 1): (α) της «αρχικής ανάμιξης», όπου η δραστηριότητα βυθοκόρησης κυριαρχεί έναντι των φυσικών διεργασιών, (β) του «κοντινού πεδίου», όπου επικρατεί διασπορά και ταχεία καθίζηση αιωρούμενων στερεών, και (γ) του «μακρινού πεδίου», όπου η συγκέντρωση του επαναιωρημένου σωματιδιακού υλικού στην υδάτινη στήλη μειώνεται σταδιακά και τα φαινόμενα της μεταγωγής και καθίζησης ισορροπούν. Ένα άλλο υποπροϊόν των εργασιών βυθοκόρησης είναι το παραμένον (αδιατάρακτο ή αναμοχλευθέν) ίζημα που εμφανίζεται είτε εντός είτε δίπλα στη ζώνη βυθοκόρησης.



Εικόνα 1: Ζώνες διάχυσης του νέφους των επαναιωρημένων στερεών υλικών που προέκυψε από εντατική βυθοκόρηση στη περιοχή του Αλιβερίου, Νότιος Ευβοϊκός Κόλπος (Kanelloropoulos et al. 2020).

Το παρόν πρόγραμμα παρακολούθησης της θολερότητας στην Μαρίνα Βουλιαγμένης ακολουθεί την μεθοδολογία και τις κατευθύνσεις που παρουσιάζονται στα τεχνικά εγχειρίδια των van Rijn (2019) και Bundgaard (2020).

Όρια θολερότητας

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, το πόσιμο νερό (για κατανάλωση από τον άνθρωπο) θα πρέπει να έχει επίπεδα θολερότητας κάτω από 1 NTU/FTU, αν και για ορισμένες περιοχές, επιτρέπεται έως και 5 NTU/FTU.

Δεν υπάρχουν εθνικά και ευρωπαϊκά θεσμοθετημένα όρια θολερότητας για το θαλασσινό νερό, ωστόσο, στις ΗΠΑ επικρατεί η άποψη ότι τιμές μεγαλύτερες των 25 με 50 NTU/FTU είναι «μη ανεκτές» από πολλούς ευαίσθητους οργανισμούς όπως χέλια, χελώνες, Μαρέκα (Wigeons) και λειμώνες θαλάσσιας βλάστησης, και για αυτό θα πρέπει να αποφεύγονται. Αντίθετα, τιμές μικρότερες των 25 ή 50 NTU είναι «ανεκτές» από τους οργανισμούς και δεν προκαλούν ανεπανόρθωτες βλάβες (βλέπε Πίνακα 1, σελίδα 135 της δημοσίευσης των Clarke and Wilber 2008).

Επίσης, στην Αυστραλία έχει υιοθετηθεί η εξής διαβάθμιση (McCaffrey and Catchment 2018): όταν η θολερότητα είναι >10 NTU η κατάσταση των υδάτων θεωρείται ως «εξαιρετική», όταν κυμαίνεται από 15 έως 30 NTU θεωρείται ως «ικανοποιητική» και όταν είναι >30 NTU θεωρείται ως «φτωχή».

Με δεδομένο ότι στο Όρμο Βουλιαγμένης το πιο ευαίσθητο θαλάσσιο οικοσύστημα στη αύξηση της θολερότητας είναι ο λειμώνας Ποσειδωνίας (δες παραδείγματα στις εργασίες των Ruiz and Romero 2003, Capello et al. 2014, Hounghandan et al. 2020, Li et al., 2021) και σε συνδυασμό με τα προαναφερθέντα όρια, υιοθετείται οι παρακάτω κατηγορίες για τις ζώνες «κοντινού» και «μακρινού» πεδίου κατά τη διάρκεια της ενεργού βυθοκόρησης:

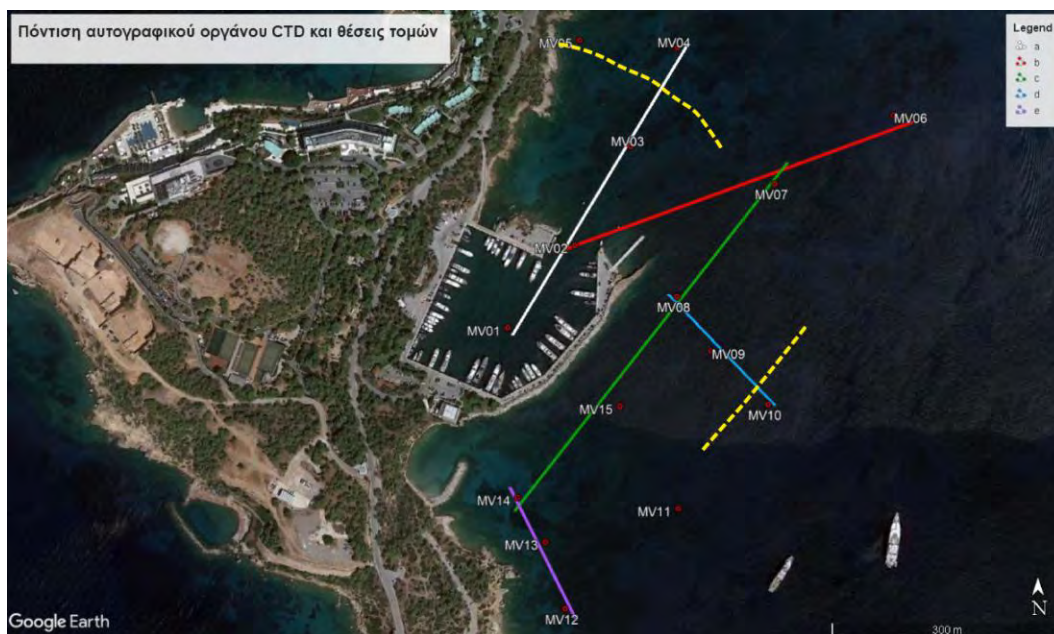
Θολερότητα	FTU
Εξαιρετική	≤1
Φυσιολογική	1-5
Ικανοποιητική	5-15
Ανεκτή	15-30
Μη ανεκτή	>30

Εξοπλισμός και εργασίες πεδίου

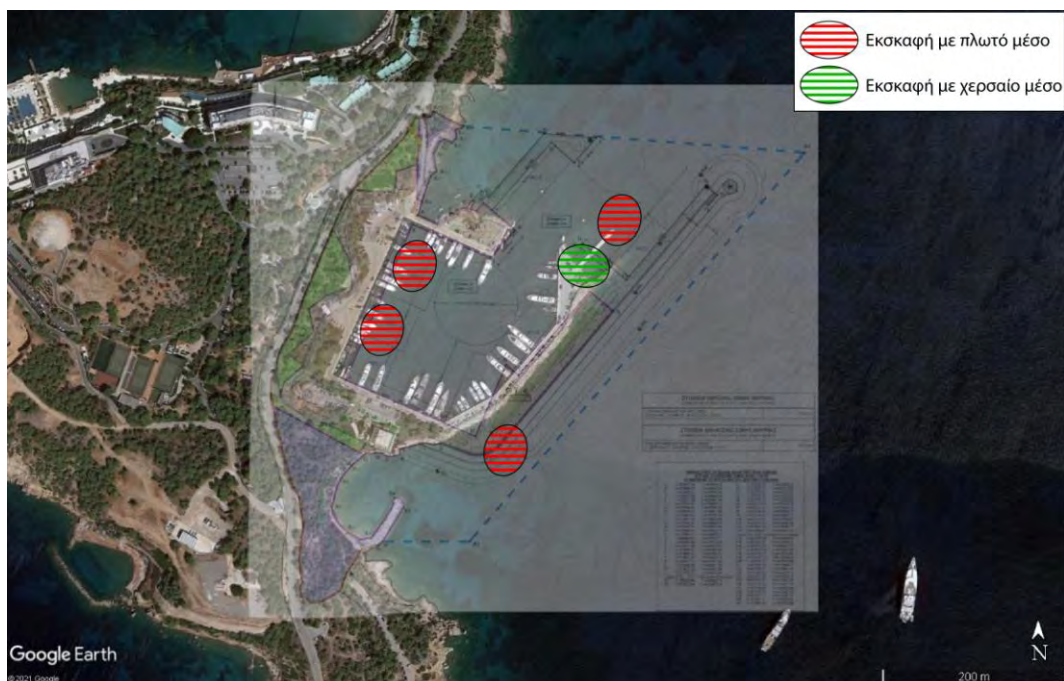
Η συλλογή των μετρήσεων θολερότητας έγινε με τη χρήση του νεφελόμετρου 'Seapoint Turbidity Meter' (εύρος μετρήσεων 0-1250 FTU, απόκλιση $\pm 2\%$) προσαρμοσμένο σε αυτογραφικό όργανο CTD (conductivity, temperature, density) (Εικόνα 2). Την 3^η Αυγούστου 2021 πραγματοποιήθηκαν κάθετες καταγραφές στην υδάτινη στήλη (από το βάθος του ~ 1 m μέχρι τον πυθμένα) σε 15 θέσεις, ευρισκόμενες εντός αλλά και περιμετρικά της Μαρίνας Βουλιαγμένης (Εικόνα 3). Η επιλογή των θέσεων πόντισης του αυτογραφικού οργάνου CTD πραγματοποιήθηκε με βάση τις απαιτήσεις του περιβαλλοντικού όρου 4.3.4.8 της ΚΥΑ 18744/2020 για την «Χωροθέτηση και έγκριση περιβαλλοντικών όρων Μαρίνας Βουλιαγμένης» (ΦΕΚ 810/Δ/16.12.2020) και σε σχέση με τις τρεις περιοχές των εκσκαφών (Εικόνα 4).



Εικόνα 2: Εργασίες πεδίου με νεφελόμετρο προσαρμοσμένο σε αυτογραφικό σύστημα CTD, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή μετρήσεων στην περιοχή του έργου της Μαρίνας Βουλιαγμένης την 3^η Αυγούστου 2021



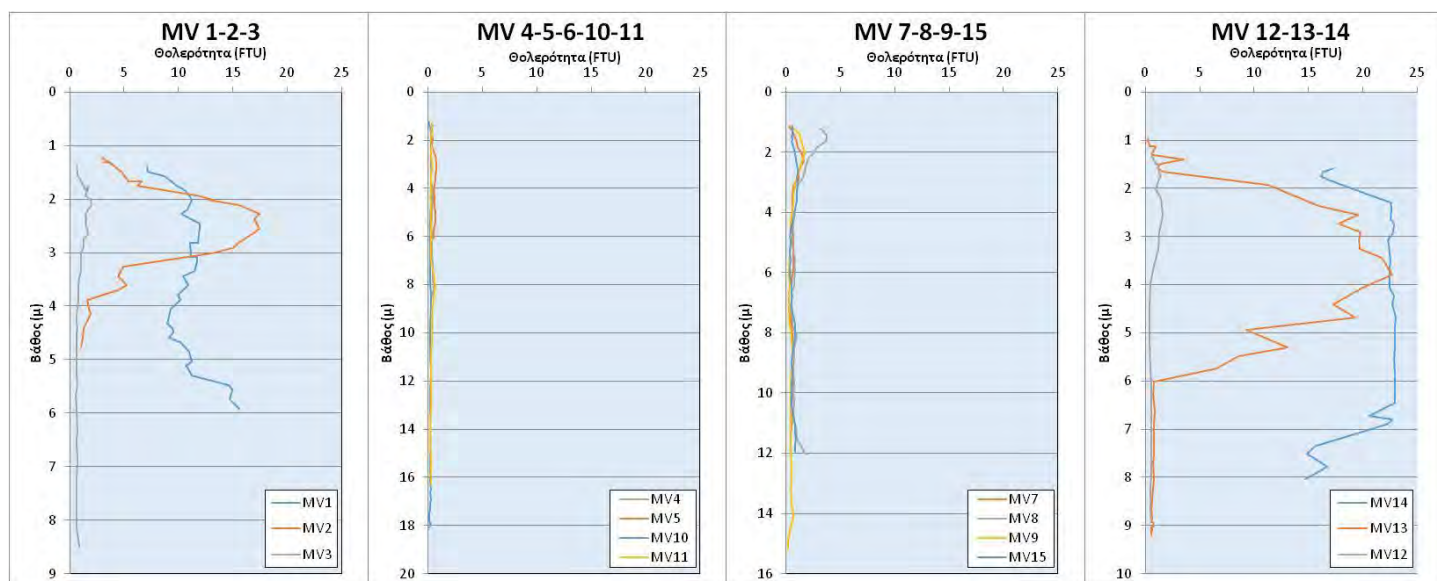
Εικόνα 3: Θέσεις μέτρησης της θολερότητας στην περιοχή του έργου της Μαρίνας Βουλιαγμένης κατά τη διάρκεια της 3^{ης} Αυγούστου 2021. Η άσπρη, η κόκκινη, η γαλάζια, η πράσινη και η μωβ γραμμή αντιπροσωπεύουν τις γεωγραφικές θέσεις των τομών των Εικόνων 6α, 6β, 6γ, 6δ και 6ε, αντίστοιχα. Με κίτρινη γραμμή αποτυπώνονται οι θέσεις πόντισης των κουρτινών ιλύος.



Εικόνα 4: Ενεργές εκσκαφές/βυθοκορήσεις στην περιοχή των έργου της Μαρίνας Βουλιαγμένης κατά τη διάρκεια της 3^{ης} Αυγούστου 2021.

Αποτελέσματα

Οι ομαδοποιημένες καταγεγραμμένες κατακόρυφες μετρήσεις της θολερότητας σε όλες τις θέσεις πόντισης του αυτογραφικού οργάνου CTD φαίνονται στην Εικόνα 5, ενώ οι αναλυτικές τιμές των μετρήσεων παρουσιάζονται στο παράρτημα της παρούσας Τεχνικής Έκθεσης. Οι θέσεις δειγματοληψίας MV1-2-3 είναι εντός και πλησίον της λιμενολεκάνης, οι θέσεις MV4-5-6-10-11 είναι εξωτερικά από τις κουρτίνες ιλύος, οι θέσεις MV7-8-9-15 είναι βορειοανατολικά και ανατολικά του προσήνεμου μόλου, ενώ οι θέσεις MV12-13-14 είναι νοτιοανατολικά του προσήνεμου μόλου της μαρίνας.



Εικόνα 5: Κατακόρυφες καταγραφές της θολερότητας (σε FTU) στην περιοχή του έργου της Μαρίνας Βουλιαγμένης κατά τη διάρκεια της 3^{ης} Αυγούστου 2021. Για τις θέσεις των μετρήσεων βλέπε την Εικόνα 3.

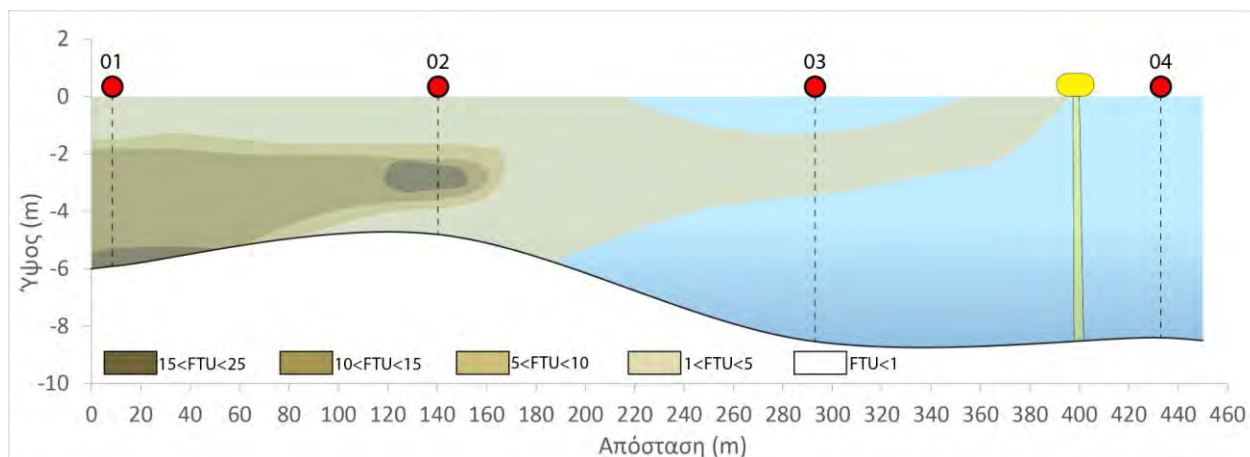
Εντός της λιμενολεκάνης της Μαρίνας Βουλιαγμένης, στη θέση MV1, οι τιμές θολερότητας κυμαίνονταν μεταξύ 6,0 και 9,1 FTU (μέση τιμή $11,0 \pm 1,8$ FTU), και ήταν σχετικά σταθερές σε όλη τη στήλη του νερού. Το πλούμιο που διέφευγε από την είσοδο της λιμενολεκάνης, εμπλουτιζόταν με αιωρημένο υλικό από τις ενεργές εκσκαφές (με χερσαία μέσα) του προσήνεμου ακρομολίου, διαχέονταν αφενός προς τα βόρεια, όπου σταματούσε απότομα στις κουρτίνες ιλύος (Εικόνα 6α), και αφετέρου προς τα βορειοανατολικά όπου αραιώνει προοδευτικά αποκτώντας τιμές θολερότητας μικρότερες του 1 FTU πριν από τα εξωτερικά όρια του έργου (ανάμεσα από τις θέσεις 7 και 6) (Εικόνα 6β).

Το πλούμιο που παρήχθη από τη βυθοκόρηση (με πλωτό μέσο) στο βόρειο άκρο του προσήνεμου μόλου ήταν ήπιο (η θολερότητα στο επιφανειακό στρώμα της υδάτινης στήλης δεν ξεπερνούσε τα 5 FTU, ενώ στα βαθύτερα στρώματα ήταν πάντα μικρότερη από 1 NTU), δεν διέφευγε προς τα ανατολικά λόγω της ύπαρξης του δυτικού υδατοφράγματος (Εικόνα 6γ) αλλά παρασύρετο προς τα νότια από τα επικρατούντα ρεύματα όπου προστίθετο στο σχετικά πυκνό πλούμιο της βυθοκόρησης στο νοτιοανατολικό τμήμα του προσήνεμου μόλου (Εικόνα 6δ).

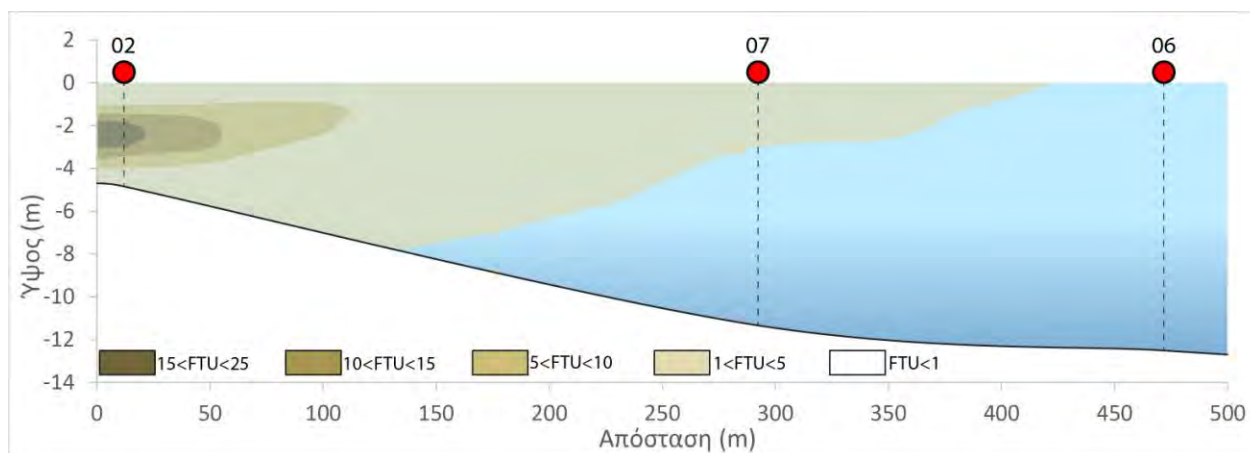
Η τομή της υδάτινης στήλης που συνθέτει τις μετρήσεις στις θέσεις MV12, 13 και 14 (Εικόνα 6ε) αναπαριστά τη διδιάστατη κατανομή της θολερότητας που προήλθε από τη βυθοκόρηση του

νοτιοανατολικού τμήματος του προσήνεμου μόλου. Η θέση MV14 φαίνεται να αντιπροσωπεύει τη ζώνη «αρχικής ανάμιξης» με σταθερά αυξημένες τιμές θολερότητας σε όλη την υδάτινη στήλη (ελάχιστη 14,7 FTU, μέγιστη 23,0 FTU και μέση $20,8 \pm 2,9$ FTU), ενώ η θέση MV13 αντιπροσωπεύει το «κοντινό πεδίο» λόγω της μεγάλης διακύμανσης των τιμών κατά μήκος της υδάτινης στήλης, όπου στο επιφανειακό στρώμα (βάθος μέχρι 1,3 m) η θολερότητα είναι <1 FTU, στο ενδιάμεσο στρώμα νερού (βάθος από 1,3 μέχρι 6,0 m) είναι αρκετά αυξημένη (μέγιστη τιμή 22,7 FTU) ενώ στο κατώτερο στρώμα (βάθος μεγαλύτερο των 6,0 m) επανέρχεται σε τιμές <1 FTU. Η θέση MV12 αντιπροσωπεύει το «μακρινό πεδίο» λόγω της πολύ μικρής επίδρασης του πλούμιου στην περιοχή, το οποίο εντοπίζεται σε βάθος από 1,5 έως 3,5 m και με τιμές θολερότητας από 1,0 έως 1,6 FTU

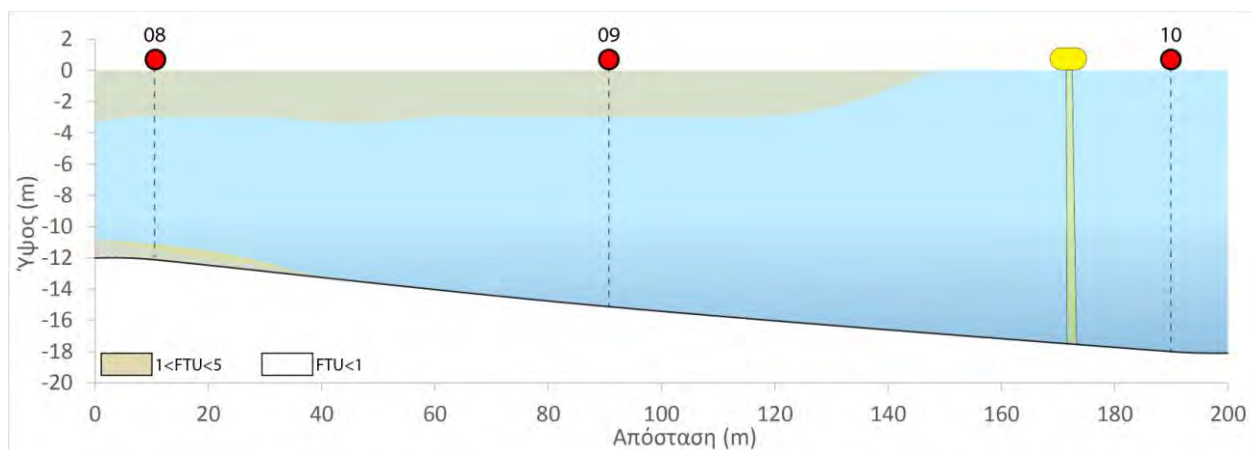
Στις θέσεις 04, 05, 06 10 και 15 που βρίσκονται έξω από τις κουρτίνες ιλύος, οι τιμές θολερότητας είναι στο σύνολό τους μικρότερες του 1 FTU σε όλη τη στήλη του νερού. Οι ελάχιστες αυτές τιμές δείχνουν ότι η θολερότητα περιορίζεται εντός των ορίων του έργου και ότι οι κουρτίνες ιλύος συμβάλουν δραστικά στη συγκράτηση του παραγόμενου από τις εκσκαφές/βυθοκορήσεις αιωρούμενου υλικού.



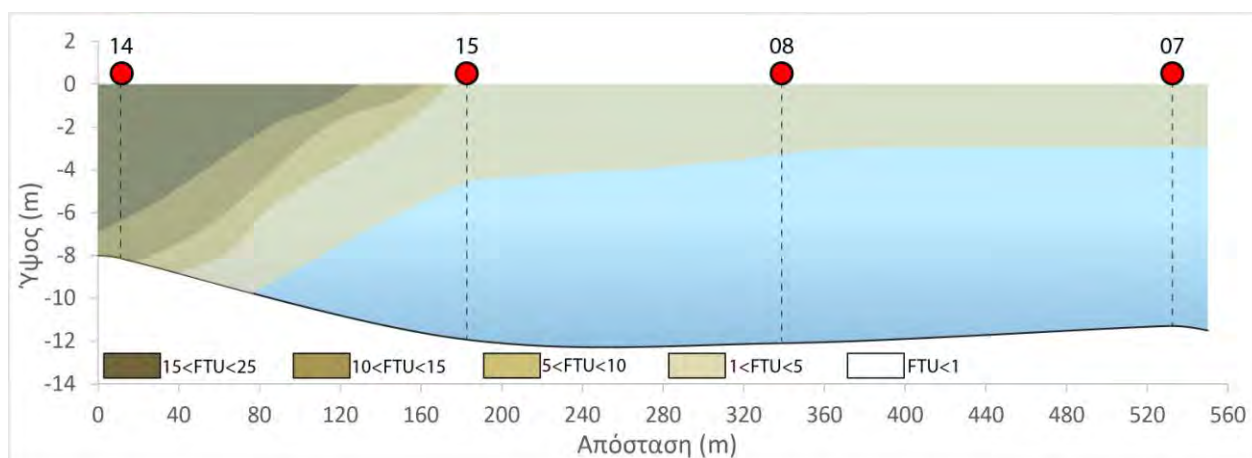
(α)



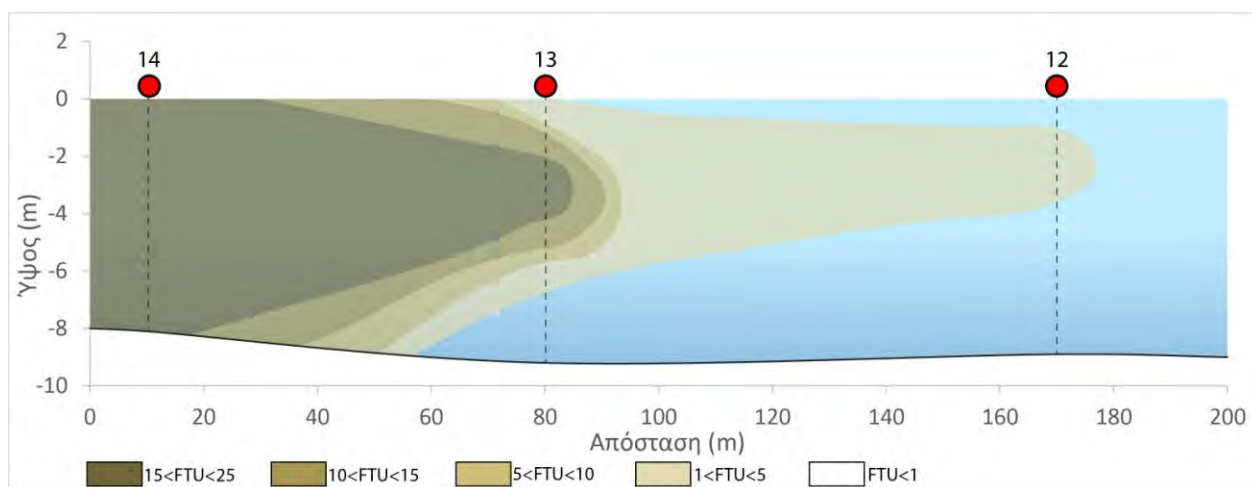
(β)



(γ)



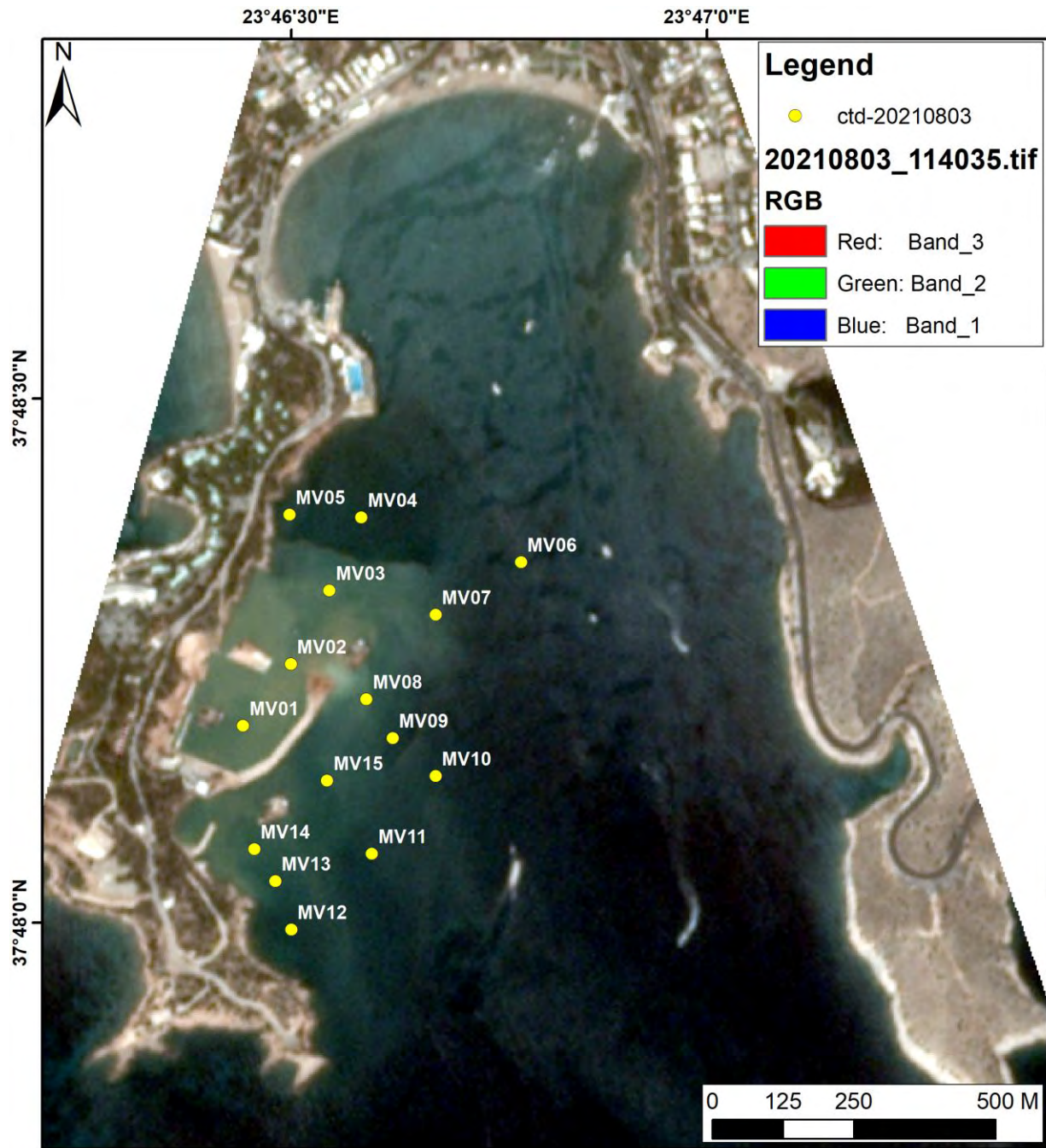
(δ)



(ε)

Εικόνα 6: Σχηματική αναπαράσταση της διασποράς/διάχυσης του παραγόμενου νεφελώματος από τις εργασίες εκσκαφής/βυθοκόρησης της 3^{ης} Αυγούστου 2021. Για τις θέσεις των μετρήσεων βλέπε την Εικόνα 3 .

Τα ανωτέρω αποτελέσματα που βασίστηκαν σε ενόργανες μετρήσεις θολερότητας είναι σε απόλυτη συμφωνία με τη διασπορά/διάχυση του επιφανειακού νεφελοειδούς στρώματος (πλουμίου) που αποτυπώθηκε στη δορυφορική εικόνα της 3^{ης} Αυγούστου 2021 (14:40 ώρα Ελλάδος) (Εικόνα 7).



Εικόνα 7: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του έργου της Μαρίνας Βουλιαγμένης, με τα όρια διασποράς/διάχυσης του επιφανειακού νεφελοειδούς στρώματος (πλουμίου), το οποίο προέκυψε από τις εργασίες βυθοκόρησης της 3^{ης} Αυγούστου 2021 (14:40 ώρα Ελλάδος).

Συμπεράσματα

Η θολερότητα που προέκυψε στην υδάτινη στήλη από τις εργασίες βυθοκόρησης στη Μαρίνα Βουλιαγμένης κατά την δειγματοληψία της 3^{ης} Αυγούστου 2021 παρουσιάστηκε σχετικά αυξημένη εντός της λιμενολεκάνης και στη είσοδο αυτής. Ωστόσο, οι τιμές αυτές είναι μικρότερες των 23,0 FTU (δεν ξεπερνούν το όριο ανεκτικότητας των 30 FTU) και εντοπίζονται σε περιοχή που προβλέπεται να τροποποιηθεί κατά τη διάρκεια του έργου. Επομένως, δεν αναμένεται να επηρεάσει αρνητικά το ποιοτικά φτωχό οικοσύστημα της λιμενολεκάνης. Η αυξημένη θολερότητα που μετρήθηκε στη ζώνη «αρχικής ανάμιξης» της βυθοκόρησης στο νοτιοανατολικό τμήμα του προσήνεμου μόλου προκαλεί συνθήκες «ανεκτές» για τους θαλάσσιους οργανισμούς, αφού η μέγιστη τιμή της δεν ξεπερνά τα 22,7 FTU).

Σε απόσταση 50-100 m από τα σημεία των ενεργών θέσεων εκσκαφής/βυθοκόρησης («κοντινά πεδία»), η θολερότητα δημιουργεί συνθήκες που χαρακτηρίζονται από «εξαιρετικές» έως «ικανοποιητικές» για τις τοπικές θαλάσσιες βιοκοινωνίες.

Επισημαίνεται ότι οι τιμές της θολερότητας που μετρήθηκαν στα «μακρινά πεδία», δηλαδή σε περιοχές που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 100-150 m από τα σημεία ενεργής βυθοκόρησης, κυμάνθηκαν σε εξαιρετικά (<1 FTU) και «φυσιολογικά» επίπεδα για παράκτια ύδατα, και θεωρούνται απόλυτα ασφαλείς για το θαλάσσιο οικοσύστημα του Όρμου Βουλιαγμένης.

Τέλος, διαπιστώθηκε ότι το παραγόμενο από τις εργασίες βυθοκόρησης νεφέλωμα δεν διαχύθηκε προς το βόρειο και κεντρικό τμήμα του Όρμου Βουλιαγμένης, λόγω της παρουσίας των προστατευτικών κουρτινών ιλύος. Οι τιμές θολερότητας στις περιοχές εκτός των ορίων του έργου (θέσεις δειγματοληψίας MV4, 5, 6, 10 και 11) ήταν μικρότερες του 1 FTU, με την κατάσταση του ύδατος να χαρακτηρίζεται από «εξαιρετική».

Βιβλιογραφία

- Bundgaard, K. (2020). Assessing and evaluating environmental turbidity limits for dredging. *Terra et Aqua*, 159, 27-42.
- Capello, M., Cutroneo, L., Ferranti, M. P., Budillon, G., Bertolotto, R. M., Ciappa, A., ... Tucci, S. (2014). Simulations of dredged sediment spreading on a *Posidonia oceanica* meadow off the Ligurian coast, Northwestern Mediterranean. *Marine pollution bulletin*, 79(1-2), 196-204.
- Clarke, D., Wilber, D. (2008). Compliance monitoring of dredging-induced turbidity: defective designs and potential solutions. In proceedings of the *Western Dredging Association 28th technical conference* (pp. 129-142).
- Houngnandan, F., Kéfi, S., Deter, J. (2020). Identifying key-conservation areas for *Posidonia oceanica* seagrass beds. *Biological Conservation*, 247, 108546.
- Kanellopoulos, T.D., Panagiotopoulos, I.P., Karageorgis, A.P., Kikaki, A., Morfis, I., Hatiris, G.A., Kapsimalis, V. (2020). Assessment of the physical impact of a short-term dredging operation on a semi-enclosed environment: South Euboean Gulf, Greece. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(1), 1-20.
- Li, C., Zhang, Y. H., Wu, X. X., Jiang, Y. S., Li, W. T., Zhang, P. D. (2021). Changes in survival and growth in response to different combinations of turbidity and duration in eelgrass *Zostera marina* plants. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 249, 107108.
- Luger, S.A., Schoonees, J.S., Mocke, G.P., Smit, F. (1998). Predicting and evaluating turbidity caused by dredging in the environmentally sensitive Saldanha Bay. In Proceedings of the *26th International Conference on Coastal Engineering*, Copenhagen, Denmark (Vol. 3, pp. 3561-3574). Reston: American Society of Civil engineers.
- McCaffrey, S., Catchment, N. (2018). Water Quality Parameters and Indicators. Waterwatch, New South Wales.
- Ruiz, J. M., Romero, J. (2003). Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine pollution bulletin*, 46(12), 1523-1533.
- van Rijn, L.C. (2019). Turbidity due to dredging and dumping of sediments. <https://www.leovanrijnsediment.com/papers/Turbiditydredging2020.pdf>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

MV1		MV2		MV3		MV4		MV5		MV6		MV7		MV8	
depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU
1.399	7.106	1.222	2.955	1.399	0.653	1.31	0.33	1.31	0.379	1.222	0.36	1.133	0.25	1.222	3.181
1.487	7.204	1.31	3.535	1.487	0.69	1.399	0.336	1.576	0.311	1.399	0.366	1.31	0.574	1.31	3.516
1.576	8.755	1.31	3.126	1.487	0.739	1.576	0.317	1.842	0.311	1.487	0.33	1.487	0.72	1.31	3.376
1.753	9.823	1.31	3.657	1.576	0.751	1.753	0.348	1.931	0.415	1.399	0.348	1.576	0.873	1.399	3.559
1.842	10.574	1.487	4.719	1.576	0.757	1.753	0.275	2.197	0.311	1.487	0.366	1.842	1.056	1.399	3.742
1.931	11.001	1.665	5.427	1.753	1.264	1.753	0.293	2.197	0.256	1.665	0.348	2.019	1.41	1.576	3.7
2.019	11.233	1.665	6.642	1.842	1.471	2.019	0.299	2.374	0.47	1.753	0.354	2.285	1.6	1.665	3.602
2.197	10.867	1.753	6.215	1.753	1.74	2.197	0.299	2.64	0.641	1.931	0.342	2.462	1.294	1.842	2.882
2.285	10.287	1.931	11.722	1.931	1.447	2.197	0.379	2.906	0.763	2.108	0.354	2.64	1.154	2.108	2.338
2.462	11.99	2.019	13.138	2.019	1.96	2.285	0.311	3.083	0.751	2.285	0.366	2.906	1.178	2.197	2.07
2.551	11.972	2.019	12.778	2.108	1.972	2.285	0.348	3.26	0.757	2.551	0.452	3.083	0.659	2.462	1.813
2.64	11.874	2.108	15.623	2.197	1.661	2.374	0.281	3.437	0.696	2.64	0.513	3.349	0.574	2.64	1.673
2.817	11.801	2.285	17.442	2.285	1.429	2.64	0.256	3.615	0.696	2.817	0.495	3.526	0.586	2.728	1.648
2.817	11.636	2.285	17.418	2.374	1.496	2.906	0.293	3.88	0.556	2.906	0.482	3.792	0.586	2.906	1.49
2.817	11.221	2.374	16.984	2.462	1.465	3.171	0.336	4.146	0.531	3.083	0.476	4.146	0.586	3.171	0.769
2.817	11.105	2.551	17.466	2.64	1.691	3.26	0.311	4.324	0.586	3.349	0.488	4.412	0.604	3.437	0.678
3.083	11.142	2.817	15.556	2.728	1.404	3.437	0.293	4.589	0.568	3.526	0.586	4.589	0.598	3.792	0.623
3.083	11.716	2.906	15.128	2.728	1.264	3.703	0.263	4.767	0.592	3.703	0.641	4.855	0.665	3.88	0.574
3.171	11.758	2.994	13.394	2.906	1.252	4.058	0.403	4.944	0.641	3.792	0.592	5.21	0.69	4.058	0.574
3.349	11.459	3.26	4.915	2.994	1.013	4.235	0.391	5.21	0.678	3.969	0.592	5.564	0.665	4.235	0.641
3.437	10.427	3.437	4.426	2.994	1.05	4.412	0.409	5.299	0.647	4.146	0.556	5.83	0.641	4.412	0.586
3.615	10.928	3.615	5.214	3.083	1.05	4.589	0.409	5.387	0.678	4.412	0.513	6.274	0.482	4.501	0.641
3.792	9.976	3.703	4.341	3.349	1.013	4.944	0.372	5.564	0.592	4.589	0.525	6.539	0.495	4.767	0.604
3.88	10.165	3.88	1.642	3.437	0.91	5.21	0.317	5.742	0.549	4.767	0.562	6.894	0.464	4.944	0.58
4.058	9.298	4.058	1.801	3.437	0.891	5.564	0.293	5.919	0.488	5.033	0.36	7.16	0.446	5.121	0.598
4.324	8.962	4.146	1.96	3.615	0.812	5.83	0.324	6.008	0.519	5.387	0.336	7.426	0.44	5.299	0.647
4.412	9.475	4.412	1.3	3.703	0.812	6.096	0.311	6.096	0.495	5.653	0.348	7.603	0.446	5.564	0.849
4.501	9.542	4.589	1.166	3.88	0.769	6.451	0.354			5.83	0.317	7.78	0.513	5.742	0.763
4.589	9.164	4.678	1.111	4.058	0.69	6.805	0.366			6.185	0.336	8.046	0.598	5.919	0.788
4.678	10.183	4.767	1.007	4.146	0.641	7.071	0.47			6.362	0.354	8.489	0.58	6.185	0.769
4.855	11.026			4.324	0.672	7.337	0.427			6.628	0.397	8.933	0.562	6.451	0.72
5.033	11.203			4.412	0.714	7.514	0.44			6.894	0.372	9.287	0.58	6.539	0.647
5.121	10.635			4.501	0.653	7.692	0.47			7.071	0.409	9.73	0.543	6.628	0.525
5.121	10.775			4.678	0.647	8.135	0.488			7.16	0.44	10.085	0.568	6.805	0.568
5.299	11.215			4.767	0.653	8.312	0.47			7.337	0.354	10.351	0.531	7.071	0.379
5.476	14.634			4.944	0.629	8.401	0.427			7.603	0.33	10.617	0.556	7.249	0.44
5.564	14.951			5.033	0.623					7.869	0.324	10.883	0.537	7.514	0.592
5.742	14.695			5.299	0.665					8.135	0.305	10.971	0.549	7.78	0.604
5.83	15.085			5.476	0.72					8.312	0.305	11.06	0.452	7.958	0.824
5.919	15.623			5.653	0.562					8.667	0.256	11.06	0.507	8.135	0.965
				5.919	0.611					8.933	0.269	11.149	0.537	8.489	0.775
				6.008	0.659					9.199	0.256	11.149	0.507	8.755	0.757
				6.362	0.684					9.464	0.244	11.149	0.537	9.11	0.665
				6.451	0.653					9.73	0.226	11.149	0.501	9.376	0.672
				6.628	0.665					9.996	0.305	11.237	0.501	9.642	0.757
				6.805	0.678					10.085	0.208			9.996	0.641
				6.983	0.708					10.351	0.208			10.262	0.714
				7.16	0.665					10.705	0.22			10.617	0.696
				7.426	0.647					10.971	0.22			10.971	0.739
				7.692	0.665					11.237	0.214			11.149	0.916
				7.78	0.635					11.68	0.226			11.503	1.001
				7.869	0.611					11.946	0.22			11.769	1.374
				8.135	0.623					12.212	0.22			11.946	1.636
				8.489	0.904					12.478	0.232			12.035	1.996
										12.39	0.238			12.035	1.63
										12.39	0.226			12.124	1.697
										12.478	0.226				

MV9		MV10		MV11		MV12		MV13		MV14		MV15	
depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU
1.133	0.427	1.222	0.122	1.31	0.354	1.31	0.543	0.956	0.244	1.576	17.302	1.133	0.556
1.399	1.264	1.31	0	1.399	0.342	1.487	0.952	1.133	0.36	1.665	16.392	1.222	0.549
1.665	1.355	1.487	0.165	1.487	0.379	1.487	1.105	1.133	0.702	1.753	16.166	1.399	0.574
2.019	1.691	1.665	0.293	1.399	0.36	1.576	1.184	1.133	0.58	1.842	16.954	1.399	0.562
2.197	1.538	1.842	0.348	1.399	0.421	1.753	1.361	1.133	0.672	1.842	17.039	1.487	0.525
2.462	1.337	2.019	0.299	1.399	0.513	2.019	0.965	1.133	0.91	1.931	18.077	1.576	0.543
2.817	0.983	2.462	0.263	1.399	0.476	2.197	1.386	1.31	0.568	2.108	20.244	1.665	0.501
3.171	0.702	2.64	0.256	1.399	0.33	2.551	1.551	1.31	0.812	2.285	22.515	1.753	0.598
3.437	0.696	2.906	0.244	1.487	0.311	2.906	1.245	1.399	3.504	2.374	22.613	1.931	0.739
3.615	0.647	3.083	0.244	1.487	0.36	3.26	1.19	1.487	1.361	2.462	22.601	1.931	0.714
3.969	0.611	3.349	0.244	1.576	0.305	3.615	0.794	1.576	1.136	2.64	22.515	2.108	0.818
4.235	0.385	3.703	0.263	1.665	0.311	3.969	0.446	1.665	1.679	2.728	22.882	2.197	0.91
4.589	0.403	3.88	0.263	1.842	0.311	4.412	0.372	1.931	11.264	2.906	22.766	2.285	0.916
5.033	0.379	4.058	0.244	1.931	0.281	4.767	0.354	2.108	13.26	3.083	22.308	2.551	1.087
5.387	0.33	4.324	0.238	2.019	0.281	5.21	0.403	2.374	16.001	3.171	22.369	2.728	1.032
5.653	0.293	4.678	0.232	2.285	0.36	5.742	0.482	2.551	19.518	3.526	22.558	2.817	1.02
5.919	0.281	4.944	0.208	2.462	0.256	6.096	0.513	2.728	17.778	3.615	22.491	3.083	1.026
6.096	0.293	5.21	0.195	2.728	0.275	6.539	0.562	2.906	19.756	3.792	22.503	3.26	1.007
6.274	0.269	5.476	0.195	2.906	0.342	6.983	0.513	3.083	19.646	3.88	22.497	3.349	1.02
6.362	0.305	5.83	0.189	2.994	0.342	7.426	0.537	3.26	19.683	4.058	22.497	3.615	1.007
6.628	0.293	6.274	0.189	3.171	0.324	7.869	0.525	3.26	19.799	4.235	22.888	3.88	0.842
6.894	0.281	6.539	0.183	3.26	0.281	8.224	0.482	3.437	21.764	4.412	22.692	4.146	0.739
7.071	0.256	6.805	0.183	3.437	0.287	8.578	0.482	3.792	22.711	4.678	23.04	4.324	0.696
7.16	0.263	7.16	0.183	3.437	0.305	8.667	0.476	4.058	19.982	4.855	22.943	4.412	0.495
7.514	0.269	7.514	0.183	3.615	0.275	8.755	0.458	4.412	17.259	5.121	22.955	4.767	0.354
7.78	0.342	7.78	0.201	3.703	0.293	8.844	0.495	4.678	19.304	5.299	22.912	4.944	0.403
7.958	0.421	7.958	0.208	3.792	0.287	8.844	0.47	4.944	9.298	5.564	22.906	5.21	0.354
8.224	0.47	8.046	0.214	3.969	0.305	8.933	0.531	5.299	13.101	5.83	22.937	5.387	0.366
8.578	0.562	8.312	0.232	4.146	0.25			5.476	8.578	6.096	22.955	5.564	0.379
8.755	0.592	8.667	0.269	4.412	0.226			5.742	6.49	6.274	22.955	5.83	0.299
8.844	0.604	9.11	0.244	4.589	0.238			6.008	0.739	6.451	22.943	6.008	0.366
9.021	0.568	9.464	0.226	4.678	0.238			6.274	0.708	6.717	20.641	6.274	0.409
9.376	0.44	9.819	0.22	4.944	0.238			6.628	0.867	6.805	22.698	6.451	0.47
9.642	0.433	10.174	0.201	4.944	0.256			6.894	0.788	6.894	22.289	6.717	0.464
9.908	0.446	10.439	0.22	5.033	0.25			7.16	0.806	7.071	19.725	7.071	0.482
10.174	0.391	10.705	0.201	5.21	0.238			7.514	0.757	7.337	15.678	7.337	0.543
10.439	0.409	10.883	0.214	5.299	0.244			7.692	0.726	7.514	14.884	7.692	0.842
10.705	0.44	11.149	0.214	5.476	0.232			8.046	0.763	7.603	15.519	7.869	0.861
11.06	0.452	11.415	0.232	5.653	0.244			8.224	0.665	7.78	16.734	8.046	0.842
11.326	0.415	11.769	0.238	5.919	0.238			8.667	0.537	8.046	14.664	8.312	0.726
11.503	0.421	11.946	0.232	6.185	0.238			8.844	0.598			8.667	0.556
11.68	0.433	12.212	0.22	6.451	0.238			8.933	0.556			8.933	0.501
12.035	0.427	12.478	0.226	6.628	0.244			8.933	0.659			9.376	0.568
12.212	0.464	12.744	0.22	6.717	0.263			9.021	0.757			9.642	0.519
12.567	0.482	13.099	0.183	6.717	0.263			9.021	0.763			9.908	0.495
12.833	0.488	13.365	0.177	6.894	0.299			9.021	0.763			10.174	0.513
13.01	0.507	13.542	0.177	7.071	0.299			9.021	0.702			10.439	0.531
13.187	0.44	13.719	0.171	7.337	0.458			9.021	0.647			10.794	0.678
13.453	0.488	13.897	0.165	7.603	0.531			9.021	0.659			11.06	0.824
13.719	0.507	14.074	0.159	7.958	0.629			9.021	0.678			11.326	0.794
14.074	0.641	14.251	0.159	8.135	0.647			9.021	0.672			11.503	0.879
14.251	0.58	14.517	0.159	8.401	0.513			9.021	0.635			11.68	0.836
14.517	0.348	14.96	0.183	8.578	0.409			9.021	0.617			11.946	0.861
14.783	0.287	15.315	0.171	8.578	0.409			9.021	0.629				
14.872	0.201	15.581	0.183	8.667	0.482			9.11	0.592				
15.049	0.201	15.847	0.183	8.844	0.427			9.021	0.549				
15.049	0.214	15.758	0.208	9.021	0.366			9.11	0.549				
15.138	0.195	15.936	0.226	9.287	0.33			9.11	0.525				
		16.201	0.183	9.73	0.342			9.199	0.562				

16.467	0.238	10.085	0.311
16.645	0.22	10.439	0.372
16.911	0.232	10.705	0.275
17.088	0.214	10.794	0.293
17.354	0.189	10.883	0.299
17.443	0.134	11.149	0.287
17.62	0.098	11.326	0.293
17.797	0.116	11.503	0.281
17.975	0.189	11.858	0.269
17.975	0.244	12.212	0.256
17.975	0.183	12.39	0.269
18.063	0.122	12.567	0.275
		12.744	0.25
		12.921	0.244
		13.099	0.275
		13.187	0.244
		13.453	0.226
		13.808	0.208
		14.074	0.214
		14.163	0.22
		14.517	0.214
		14.872	0.22
		15.138	0.238
		15.404	0.238
		15.67	0.281
		15.936	0.214
		16.113	0.232
		16.29	0.238
