



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

46,7 ΧΛΜ ΛΕΩΦ. ΑΘΗΝΩΝ-ΣΟΥΝΙΟΥ, Τ.Θ. 712, Τ.Κ. 19013, ΑΝΑΒΥΣΣΟΣ

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 25^{ης} Αυγούστου 2021

Αύγουστος 2021

Ανάβυσσος

Επιστημονικός Υπεύθυνος

Βασίλειος Καψιμάλης, Θαλάσσιος Γεωλόγος - Ιζηματολόγος (Δρ)

Διευθυντής Ερευνών, Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας/ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

Επιστημονικό και τεχνικό προσωπικό από το Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας/ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

Ιωάννης Παναγιωτόπουλος Θαλάσσιος Γεωλόγος-Ιζηματολόγος (Δρ)

Ιωάννης Μόρφης Μηχανικός Ηλεκτρολόγος – Η/Υ (MSc)

Στυλιανός Πετράκης 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 Ανάθεσής 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 εξασθένηση 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,

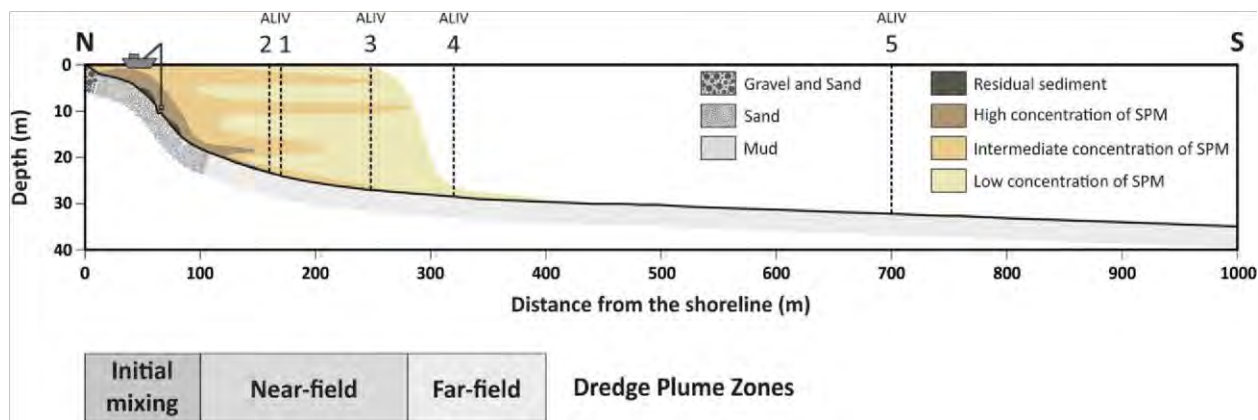
V είναι ο όγκος κάθε σωματιδίου του υδάτινου μέσου (εάν θεωρηθεί ότι όλα τα σωματίδια έχουν τον ίδιο όγκο), λ είναι το μήκος κύματος του φωτός, n είναι ο αριθμός των σωματιδίων στην μονάδα όγκου του υδάτινου μέσου και, τέλος, k είναι μία φυσική σταθερά.

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 (Kanelloroulou 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).

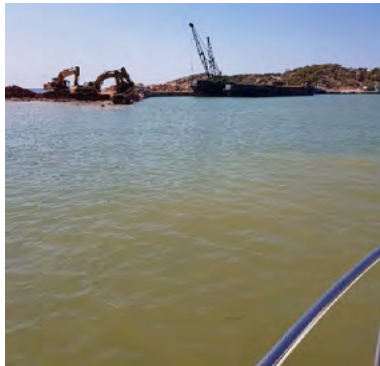
Επίσης, στην Αυστραλία έχει υιοθετηθεί η εξής διαβάθμιση (McCaffrey and Catchment 2018): όταν η θολερότητα είναι >10 NTU η κατάσταση των υδάτων θεωρείται ως «εξαιρετική», όταν κυμαίνεται από 15 έως 30 NTU θεωρείται ως «ικανοποιητική» και όταν είναι >30 NTU θεωρείται ως «φτωχή».

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, Houngnandan 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

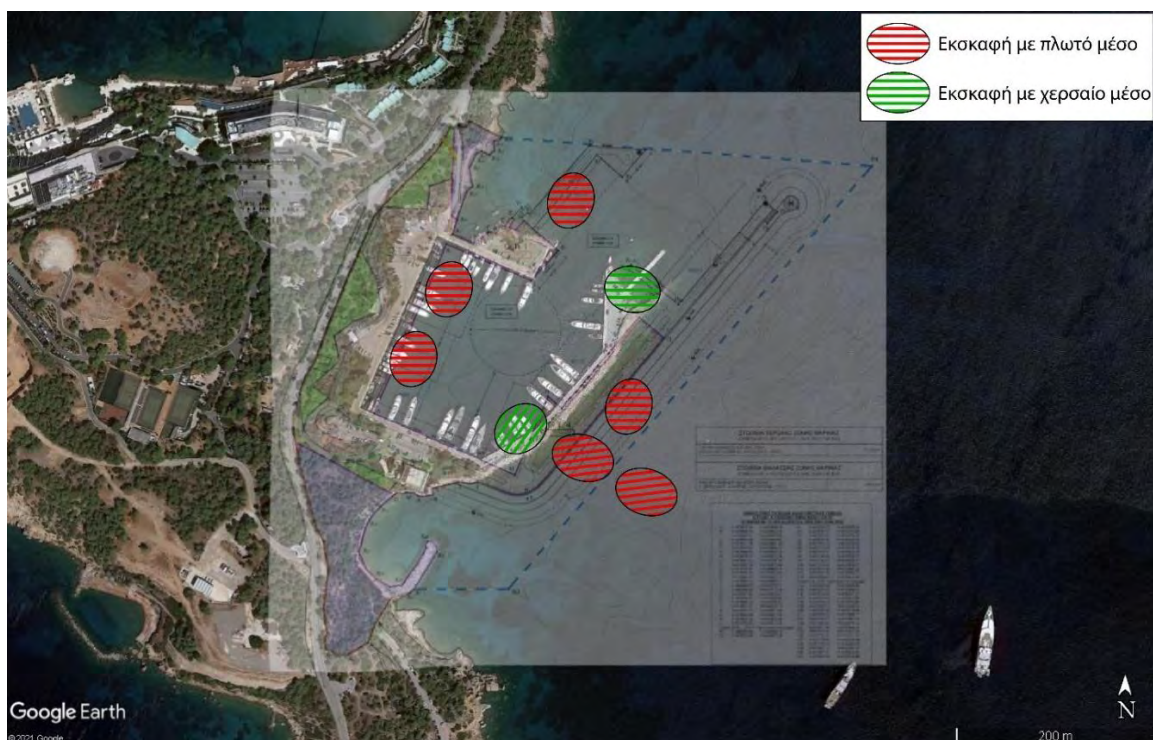
Η συλλογή των μετρήσεων θολερότητας έγινε με τη χρήση του νεφελόμετρου 'Seapoint Turbidity Meter' (εύρος μετρήσεων 0-1250 FTU, απόκλιση $\pm 2\%$) προσαρμοσμένο σε αυτογραφικό όργανο CTD (conductivity, temperature, density) (Εικόνα 2). Την 25^η Αυγούστου 2021 πραγματοποιήθηκαν κάθετες καταγραφές στην υδάτινη στήλη (από το βάθος του ~ 1 m μέχρι τον πυθμένα) σε 13 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 25^η Αυγούστου 2021



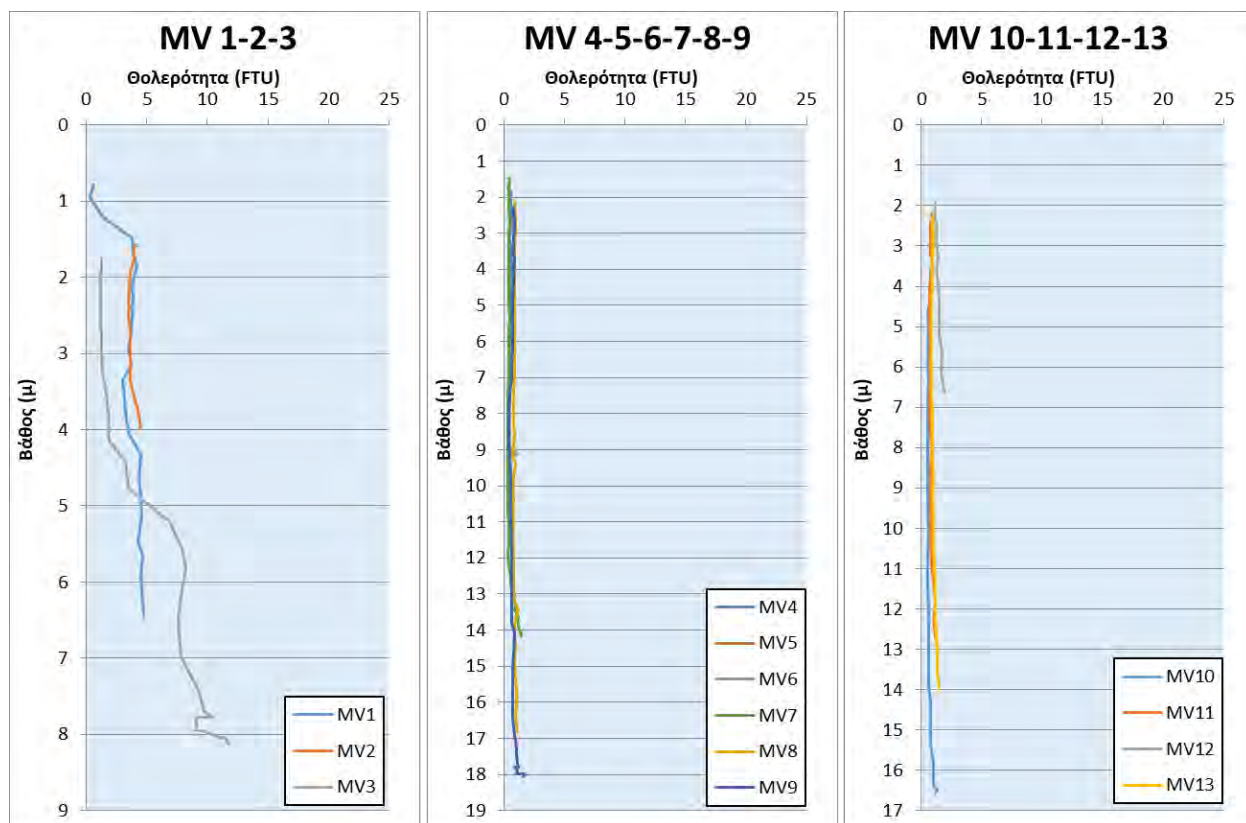
Εικόνα 3: Θέσεις μέτρησης της θολερότητας στην περιοχή του έργου της Μαρίνας Βουλιαγμένης κατά τη διάρκεια της 25^{ης} Αυγούστου 2021. Η άσπρη, η κόκκινη, η πράσινη η γαλάζια και η μωβ γραμμή αντιπροσωπεύουν τις γεωγραφικές θέσεις των τομών των Εικόνων 6α, 6β, 6γ και 6δ, αντίστοιχα. Με κίτρινη γραμμή αποτυπώνονται οι θέσεις πόντσης των κουρτινών ιλύος.



Εικόνα 4: Ενεργές εκσκαφές/βυθοκορήσεις στην περιοχή των έργου της Μαρίνας Βουλιαγμένης κατά τη διάρκεια της 25^{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 1-2-3 είναι εντός και πλησίον της λιμενολεκάνης, οι θέσεις 4 έως 9 είναι περιμετρικά της εξωτερικής περιοχής της μαρίνας, εξωτερικά από τις κουρτίνες ιλύος, ενώ οι θέσεις 10 έως 13 είναι νότια της μαρίνας, σε περιοχές που δεν επηρεάζονται από τις κουρτίνες ιλύος.

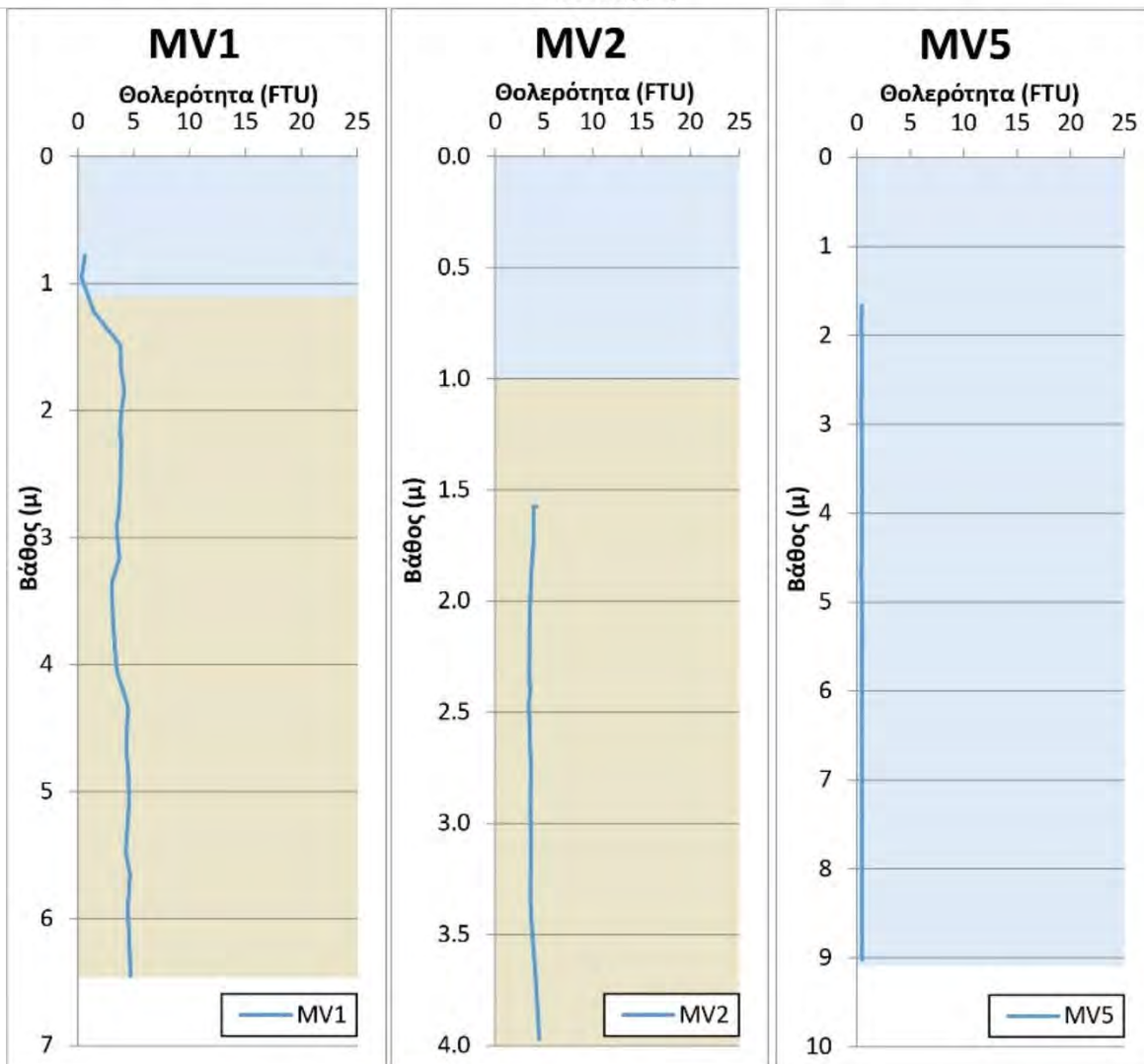
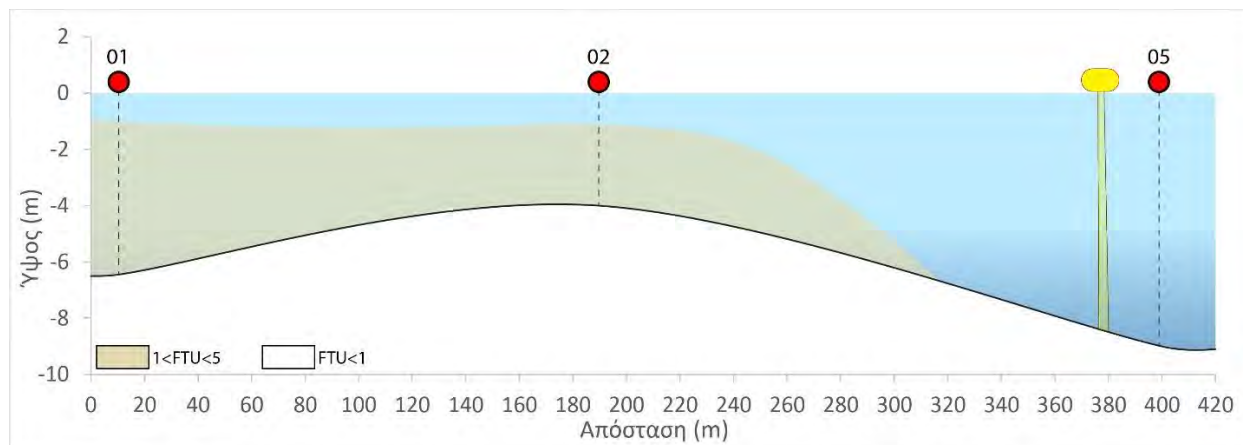


Εικόνα 5: Κατακόρυφες καταγραφές της θολερότητας (σε FTU) στην περιοχή του έργου της Μαρίνας Βουλιαγμένης κατά τη διάρκεια της 25^{ης} Αυγούστου 2021. Για τις θέσεις των μετρήσεων βλέπε την Εικόνα 3.

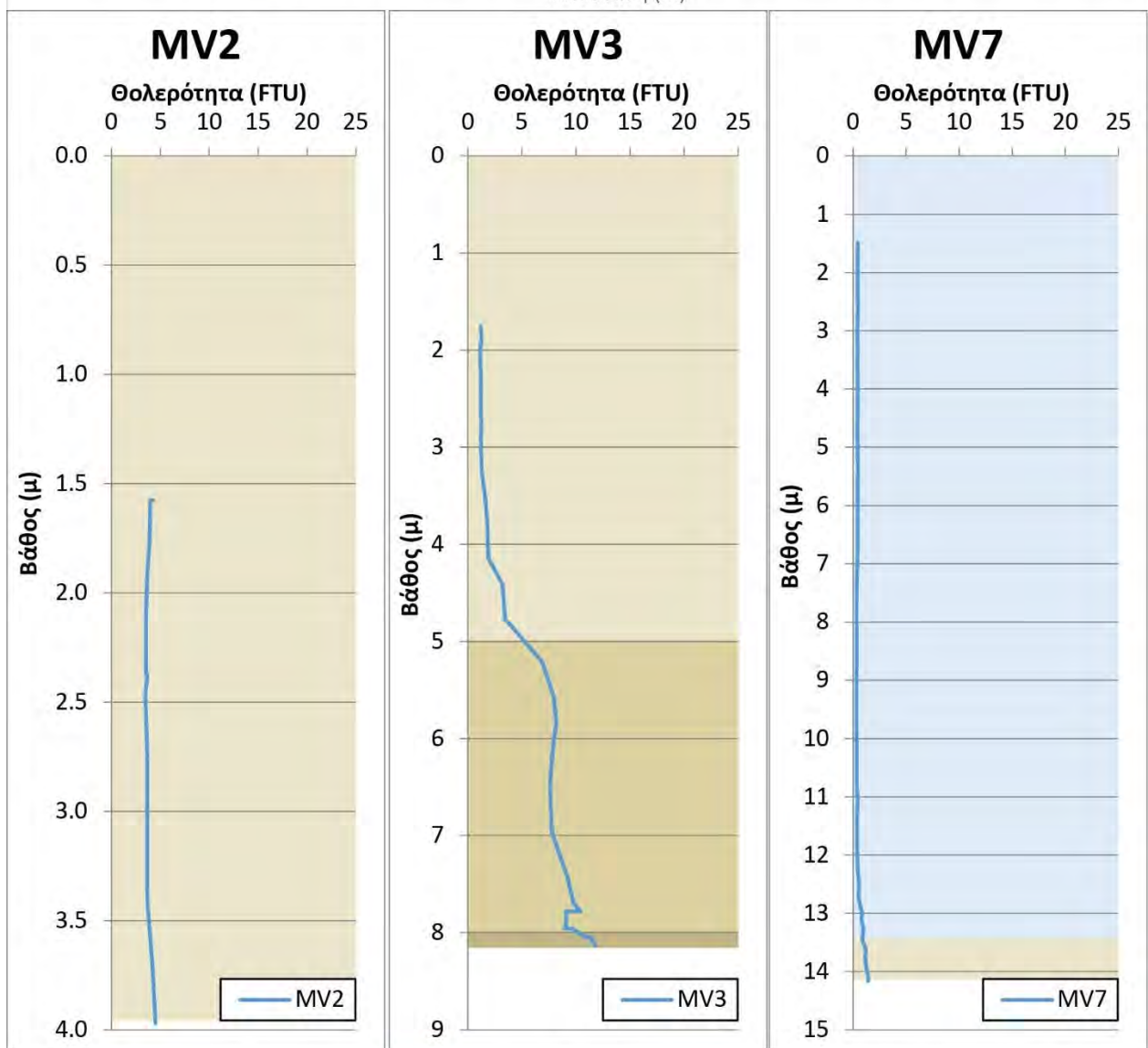
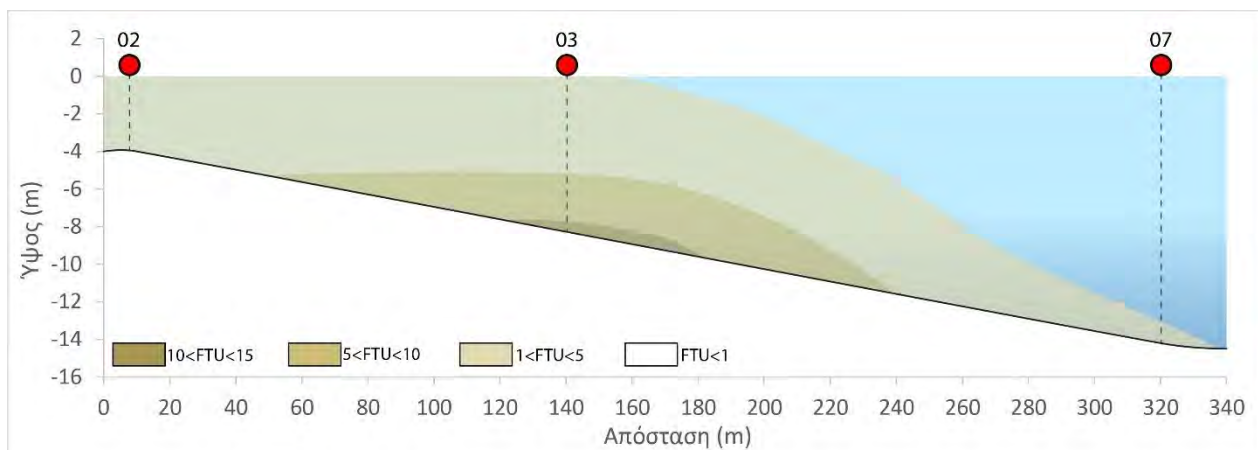
Εντός της λιμενολεκάνης της Μαρίνας Βουλιαγμένης, στις θέσεις 1 και 2, οι τιμές θολερότητας κυμαίνονταν μεταξύ 0,3 και 4,7 FTU, σχετικά σταθερές σε όλη τη στήλη του νερού. Στη θέση 03, στην ανατολική εξωτερική περιοχή της μαρίνας, η μέγιστη τιμή FTU είναι 11,8, η μεγαλύτερη που παρατηρείται σε αυτή τη δειγματοληψία, η οποία οφείλεται στις ταυτόχρονες εργασίες βυθοκόρησης. Οι αυξημένες τιμές της θέσης 3 παρατηρούνται κάτω από τα 5 m βάθος, ενώ σε ανώτερα βάθη η θολερότητα δεν ξεπερνάει τα 5 FTU.

Οι τιμές FTU στις θέσεις 4 έως 9, που βρίσκονται έξω από την κουρτίνα στο βόρειο και ανατολικό τμήμα, είναι σε όλη τη στήλη του νερού, στο σύνολό τους μικρότερες των 2 FTU. Οι ελάχιστες αυτές τιμές υποδεικνύουν τη σωστή διάταξη τοποθέτησής των κουρτινών, καθώς το αιωρούμενο υλικό δεν εξαπλώνεται έξω από τα όρια της περιοχής εργασιών.

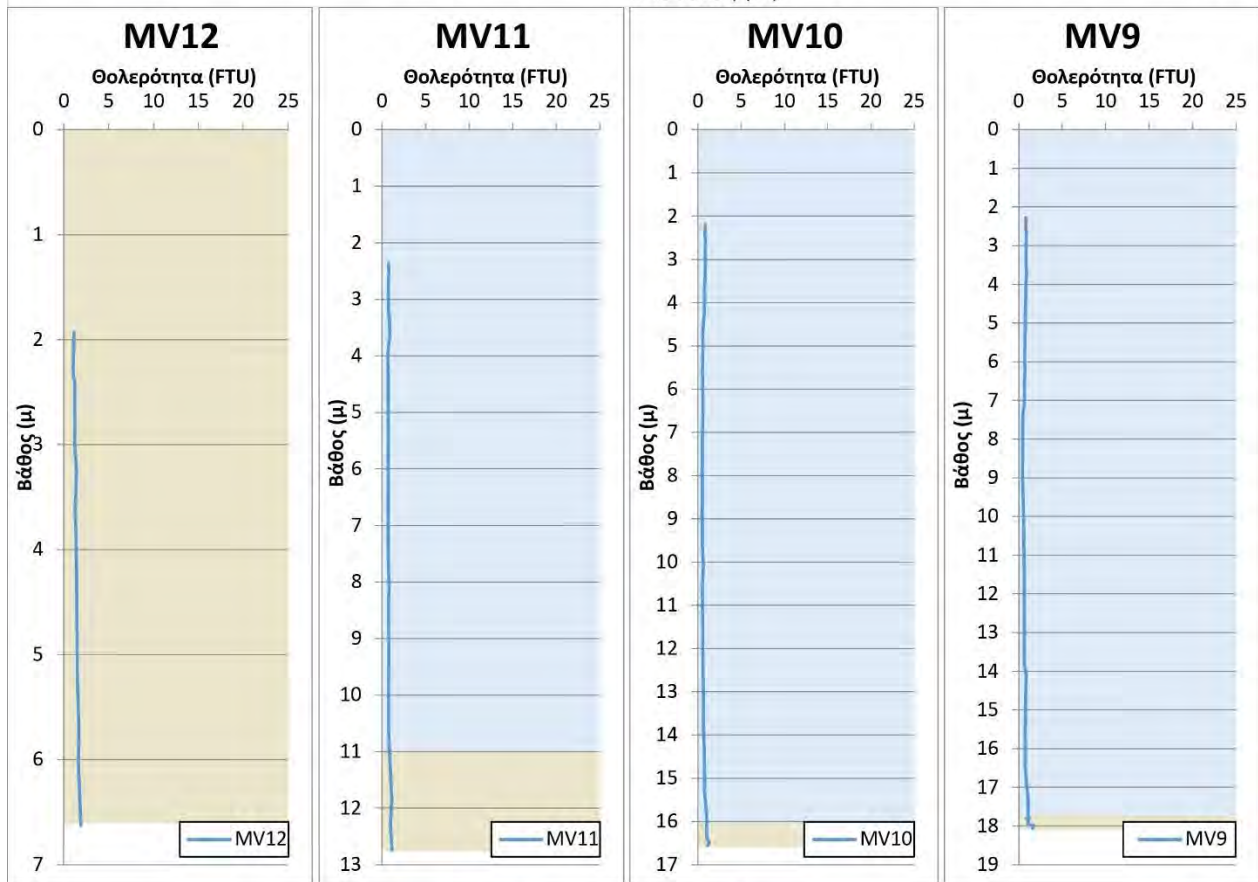
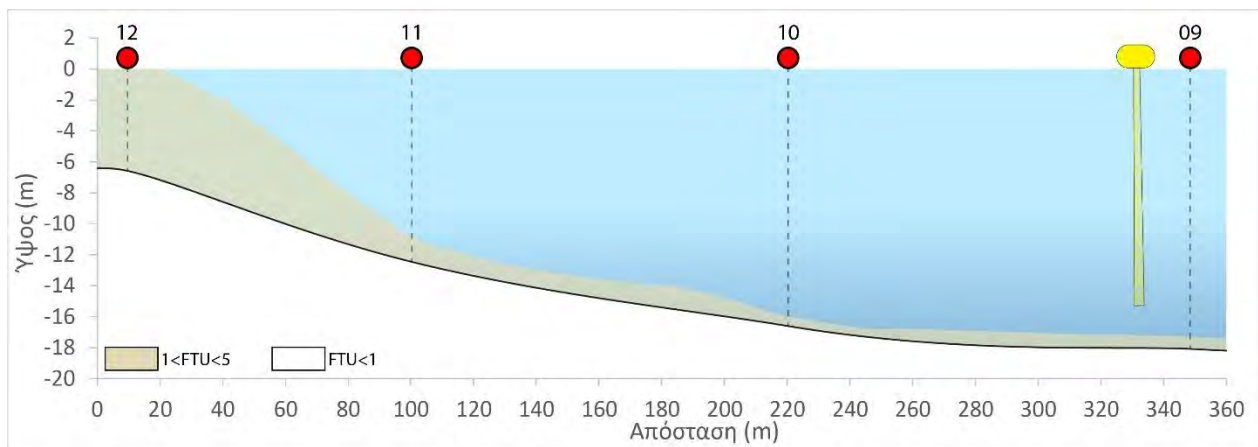
Στις θέσεις 10 έως 13 στη νότια πλευρά του μόλου παρατηρείται ελαφριά αιώρηση ιζήματος, μικρότερη των 2 FTU, παρά την εγγύτητα με την ενεργή περιοχή βυθοκορήσεων που γινόταν ταυτόχρονα με τη δειγματοληψία.



(α)

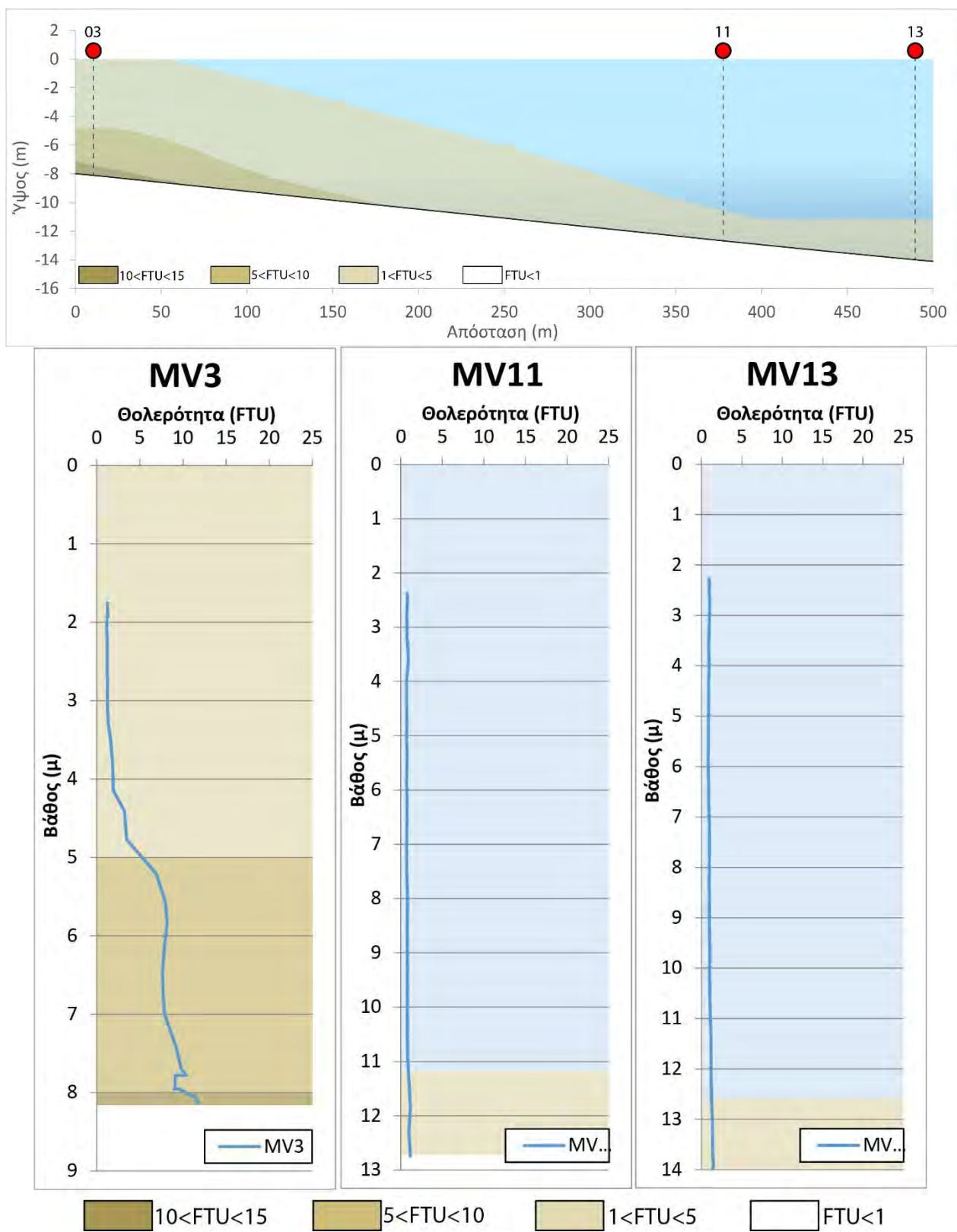


(β)



$1 < FTU < 5$
 $FTU < 1$

(γ)

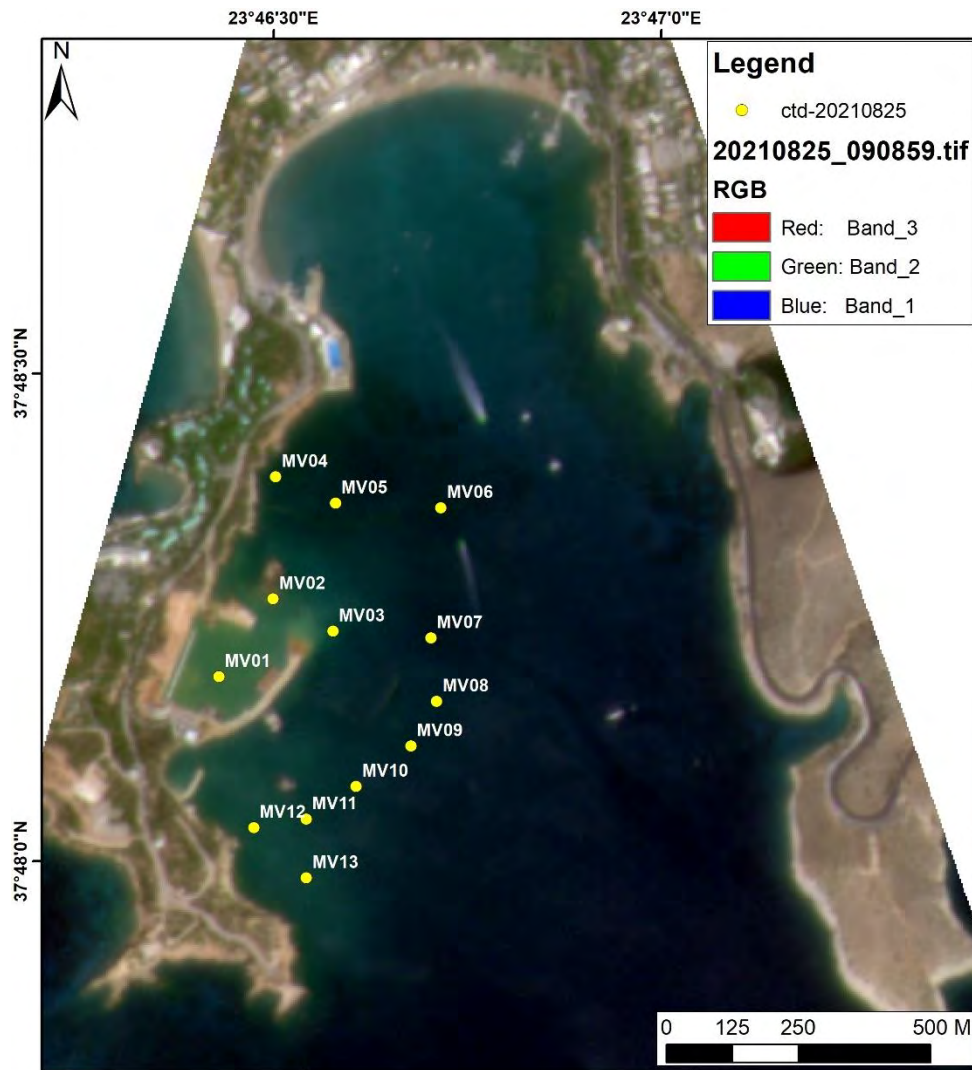


(δ)

Εικόνα 6: Σχηματική αναπαράσταση της διασποράς/διάχυσης του παραγόμενου νεφελώματος από τις εργασίες εκσκαφής/βυθοκόρησης της 25^{ης} Αυγούστου 2021. Για τις θέσεις των μετρήσεων βλέπε την Εικόνα 3 .

Γενικά, οι μετρήσεις της θολερότητας έδειξαν ότι η διασπορά/διάχυση του νεφελώματος που παρήχθη από τις εργασίες εκσκαφής/βυθοκόρησης της 25^{ης} Αυγούστου 2021 περιορίστηκε σε μεγάλο βαθμό εντός των ορίων του τεχνικού έργου. Σημαντικό ρόλο στη συγκράτηση των αιωρημάτων παίζει η εγκατάσταση προστατευτικών κουρτινών ιλύος (silt curtains) στο τμήμα εισόδου/εξόδου της μαρίνας, καθώς και ανατολικά αυτής.

Επιπρόσθετα, από τη δορυφορική εικόνα που ελήφθη κατά τη διάρκεια των εργασιών εκβάθυνσης της 25^{ης} Αυγούστου 2021 (12:08 ώρα Ελλάδος) επιβεβαιώνεται ότι το επιφανειακό πλούμιο των επαναιωρούμενων ιζημάτων περιορίζεται εντός των ορίων του τεχνικού έργου και δεν διασκορπίζεται/διαχέεται στην ευρύτερη περιοχή του Όρμου Βουλιαγμένης, με εξαίρεση τη νότια περιοχή, όπου το πλούμιο κατευθύνεται προς τα νότια και πλησίον της βραχώδους ακτής, και τελικά διαχέεται εκτός του Όρμου Βουλιαγμένης, χωρίς όμως να προκαλεί προβλήματα, λόγω απουσίας λουομένων και παράκτιων εγκαταστάσεων (Εικόνα 7).



Εικόνα 7: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του έργου της Μαρίνας Βουλιαγμένης, με τα όρια διασποράς/διάχυσης του επιφανειακού νεφελοειδούς στρώματος (πλούμιου), το οποίο προέκυψε από τις εργασίες βυθοκόρησης της 25^{ης} Αυγούστου 2021 (12:08 ώρα Ελλάδος).

Συμπεράσματα

Η θολερότητα που προέκυψε στην υδάτινη στήλη από τις εργασίες βυθοκόρησης στη Μαρίνα Βουλιαγμένης κατά την 25^η Αυγούστου 2021 παρουσιάστηκε σχετικά αυξημένη εντός της λιμενολεκάνης και στη είσοδο αυτής. Ωστόσο, οι τιμές αυτές είναι πολύ μικρότερες των 30 FTU (δεν ξεπερνούν τα 12 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.

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 τους θαλάσσιους οργανισμούς.

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» έως «φυσιολογικά» επίπεδα (<2 FTU) για παράκτια ύδατα, και θεωρούνται απόλυτα ασφαλείς για το τοπικό 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 4, έως 9) κυμαίνονταν από 0,1 έως 1,7 FTU, με την κατάσταση του ύδατος να χαρακτηρίζεται «εξαιρετική» έως «φυσιολογική».

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	
Depth (m)	Turbidity (FTU)	Depth (m)	Turbidity (FTU)	Depth (m)	Turbidity (FTU)	Depth (m)	Turbidity (FTU)	Depth (m)	Turbidity (FTU)	Depth (m)	Turbidity (FTU)	Depth (m)	Turbidity (FTU)
0.778	0.641	1.576	4.267	1.753	1.227	1.753	0.348	1.665	0.47	2.374	0.788	1.487	0.427
0.956	0.336	1.576	4.023	1.931	1.276	1.842	0.574	1.931	0.446	2.462	0.769	1.576	0.458
1.222	1.429	1.576	3.993	1.931	1.166	1.931	0.549	2.019	0.452	2.462	0.788	1.665	0.433
1.487	3.828	1.576	3.962	2.108	1.172	2.019	0.507	2.019	0.47	2.551	0.781	1.665	0.44
1.665	3.858	1.753	3.913	2.196	1.184	2.108	0.598	2.019	0.458	2.551	0.751	1.753	0.44
1.842	4.17	1.842	3.767	2.285	1.197	2.374	0.586	2.196	0.458	2.64	0.769	2.108	0.421
2.019	3.895	1.931	3.657	2.374	1.209	2.551	0.592	2.551	0.464	2.817	0.739	2.374	0.421
2.196	3.761	2.108	3.523	2.551	1.184	2.728	0.58	2.817	0.433	3.083	0.794	2.64	0.446
2.196	3.889	2.374	3.51	2.64	1.209	2.905	0.598	3.083	0.458	3.349	0.775	2.994	0.409
2.551	3.822	2.374	3.669	2.728	1.245	3.171	0.397	3.26	0.482	3.614	0.769	3.349	0.421
2.817	3.645	2.462	3.462	2.994	1.233	3.349	0.617	3.526	0.495	3.969	0.775	3.526	0.397
2.905	3.462	2.728	3.657	3.26	1.319	3.526	0.604	3.703	0.507	4.235	0.72	3.88	0.427
3.171	3.706	2.905	3.639	3.526	1.63	3.969	0.574	3.88	0.495	4.501	0.757	4.146	0.44
3.349	3.034	3.083	3.663	3.792	1.832	4.235	0.562	4.146	0.488	4.944	0.775	4.323	0.427
3.614	3.126	3.349	3.639	4.146	1.911	4.589	0.574	4.412	0.488	5.298	0.696	4.767	0.403
3.88	3.333	3.437	3.706	4.412	3.223	4.855	0.562	4.678	0.44	5.564	0.72	5.033	0.421
4.058	3.523	3.703	4.182	4.767	3.462	5.121	0.574	4.944	0.488	5.83	0.72	5.387	0.446
4.323	4.481	3.969	4.518	5.21	6.893	5.387	0.598	5.21	0.513	6.185	0.562	5.564	0.44
4.678	4.322			5.564	7.937	5.742	0.586	5.476	0.507	6.539	0.543	5.83	0.427
4.855	4.524			5.83	8.187	5.919	0.586	5.653	0.488	6.894	0.574	6.096	0.415
5.121	4.554			6.096	7.882			5.653	0.452	7.16	0.47	6.362	0.415
5.476	4.267			6.451	7.625			5.83	0.501	7.514	0.47	6.717	0.421
5.653	4.664			6.717	7.668			6.007	0.507	7.869	0.501	6.982	0.391
5.919	4.487			6.982	7.833			6.273	0.476	8.223	0.421	7.426	0.348
6.273	4.634			7.426	9.231			6.451	0.47	8.666	0.452	7.603	0.348
6.451	4.701			7.691	9.756			6.805	0.501	8.932	0.427	7.869	0.324
				7.78	10.415			7.071	0.488	9.11	1.136	8.135	0.336
				7.78	9.096			7.426	0.513	9.198	0.629	8.489	0.33
				7.957	9.066			7.691	0.501			8.755	0.348
				7.957	8.944			7.957	0.495			8.932	0.324
				7.957	9.121			8.312	0.488			9.287	0.299
				7.957	9.621			8.578	0.495			9.553	0.324
				8.046	11.001			8.932	0.513			9.819	0.305
				8.046	11.368			9.021	0.507			10.085	0.33
				8.135	11.807							10.439	0.33
												10.794	0.336
								11.06	0.433				
								11.326	0.372				
						11.68	0.379						
						11.857	0.366						
						12.212	0.427						
						12.478	0.531						
						12.744	0.525						
						13.01	0.855						
						13.098	0.781						
						13.276	0.977						
						13.453	0.867						
						13.63	1.209						
						13.719	1.117						
						13.896	1.215						
						14.074	1.392						
						14.074	1.416						
						14.162	1.422						

MV8		MV9		MV10		MV11		MV12		MV13	
Depth (m)	Turbidity (FTU)	Depth (m)	Turbidity (FTU)	Depth (m)	Turbidity (FTU)	Depth (m)	Turbidity (FTU)	Depth (m)	Turbidity (FTU)	Depth (m)	Turbidity (FTU)
2.108	0.916	2.285	0.812	2.196	0.855	2.374	0.769	1.931	1.172	2.374	0.91
2.196	0.946	2.285	0.794	2.285	0.836	2.374	0.775	2.285	1.062	2.285	0.934
2.196	0.91	2.374	0.806	2.374	0.867	2.462	0.806	2.374	1.093	2.374	0.971
2.374	0.934	2.374	0.8	2.374	0.836	2.551	0.8	2.374	1.233	2.462	0.965
2.551	0.958	2.462	0.794	2.374	0.824	2.728	0.739	2.462	1.233	2.462	0.934
2.728	0.958	2.551	0.794	2.374	0.812	3.26	0.733	2.551	1.209	2.64	0.952
2.994	0.946	2.462	0.788	2.551	0.849	3.26	0.836	2.817	1.258	2.64	0.983
3.349	0.897	2.64	0.855	2.64	0.861	3.614	0.916	2.994	1.209	2.905	0.989
3.526	0.891	2.817	0.849	2.994	0.824	3.969	0.69	3.26	1.435	3.26	0.946
3.614	0.904	3.083	0.824	3.171	0.849	4.323	0.708	3.614	1.276	3.614	0.879
3.88	0.916	3.437	0.812	3.437	0.83	4.767	0.726	3.969	1.404	3.969	0.922
4.146	0.879	3.703	0.897	3.614	0.788	5.033	0.708	4.412	1.459	4.323	0.873
4.412	0.897	4.058	0.8	3.969	0.763	5.387	0.751	4.767	1.477	4.767	0.867
4.767	0.91	4.412	0.794	4.235	0.757	5.83	0.708	5.21	1.502	5.121	0.855
5.121	0.849	4.855	0.739	4.678	0.562	6.273	0.751	5.653	1.697	5.564	0.836
5.564	0.849	5.121	0.72	5.033	0.598	6.717	0.726	6.096	1.654	5.919	0.812
6.007	0.867	5.564	0.708	5.476	0.531	7.16	0.714	6.451	1.825	6.362	0.873
6.273	0.849	5.919	0.684	5.919	0.549	7.603	0.745	6.628	1.929	6.717	0.879
6.628	0.879	6.273	0.714	6.362	0.58	8.046	0.818			7.16	0.965
6.894	0.873	6.539	0.647	6.805	0.549	8.489	0.775			7.514	0.965
7.337	0.8	6.982	0.635	7.337	0.513	8.932	0.794			7.869	0.952
7.691	0.763	7.426	0.458	7.78	0.513	9.464	0.788			8.312	0.946
7.957	0.781	7.869	0.44	8.312	0.501	9.907	0.781			8.755	0.971
8.312	0.812	8.135	0.433	8.755	0.507	10.439	0.781			9.198	0.965
8.578	0.849	8.489	0.44	9.198	0.495	10.882	0.824			9.641	1.026
8.844	0.824	8.844	0.403	9.641	0.519	11.326	0.977			10.085	1.001
9.198	0.733	9.198	0.476	10.085	0.611	11.857	1.142			10.528	1.026
9.376	0.934	9.73	0.537	10.528	0.537	12.301	0.983			10.794	1.068
9.73	0.83	10.085	0.568	10.971	0.519	12.655	1.129			10.971	1.105
9.996	0.757	10.528	0.586	11.503	0.556	12.744	1.142			11.326	1.148
10.439	0.775	10.705	0.568	11.946	0.574					11.769	1.197
10.705	0.745	10.794	0.574	12.389	0.592					12.212	1.19
11.06	0.763	11.06	0.586	12.921	0.623					12.655	1.252
11.414	0.733	11.326	0.604	13.364	0.629					13.098	1.331
11.68	0.775	11.769	0.623	13.896	0.641					13.63	1.361
11.857	0.751	12.123	0.623	14.339	0.745					13.896	1.471
11.946	0.781	12.478	0.623	14.871	0.788					13.985	1.41
12.478	0.794	12.744	0.617	15.315	0.781						
12.655	0.812	13.098	0.641	15.846	1.001						
13.187	0.763	13.364	0.629	16.378	1.007						
13.453	1.184	13.542	0.617	16.467	1.325						
13.808	0.849	13.542	0.647	16.556	1.136						
14.162	0.879	13.808	0.611								
14.517	0.922	14.074	0.842								
14.694	0.885	14.605	0.794								
14.96	0.891	15.049	0.757								
15.315	0.965	15.581	0.726								
15.669	1.026	16.112	0.757								
16.024	1.013	16.467	0.72								
16.378	0.989	16.91	0.873								
16.644	1.044	17.265	1.056								
16.822	1.136	17.442	1.068								
		17.708	1.087								
		17.797	1.184								
		17.797	0.94								
		17.797	0.873								
		17.797	0.91								
		17.885	1.099								
		17.974	1.074								
		17.974	1.221								

17.974	1.703
18.063	1.563