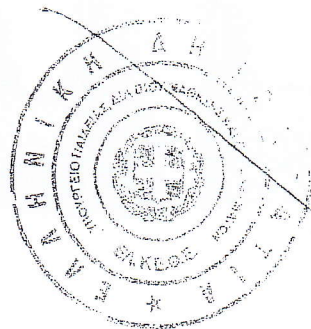
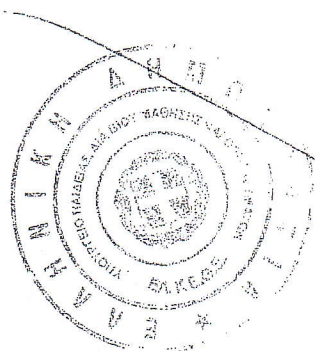
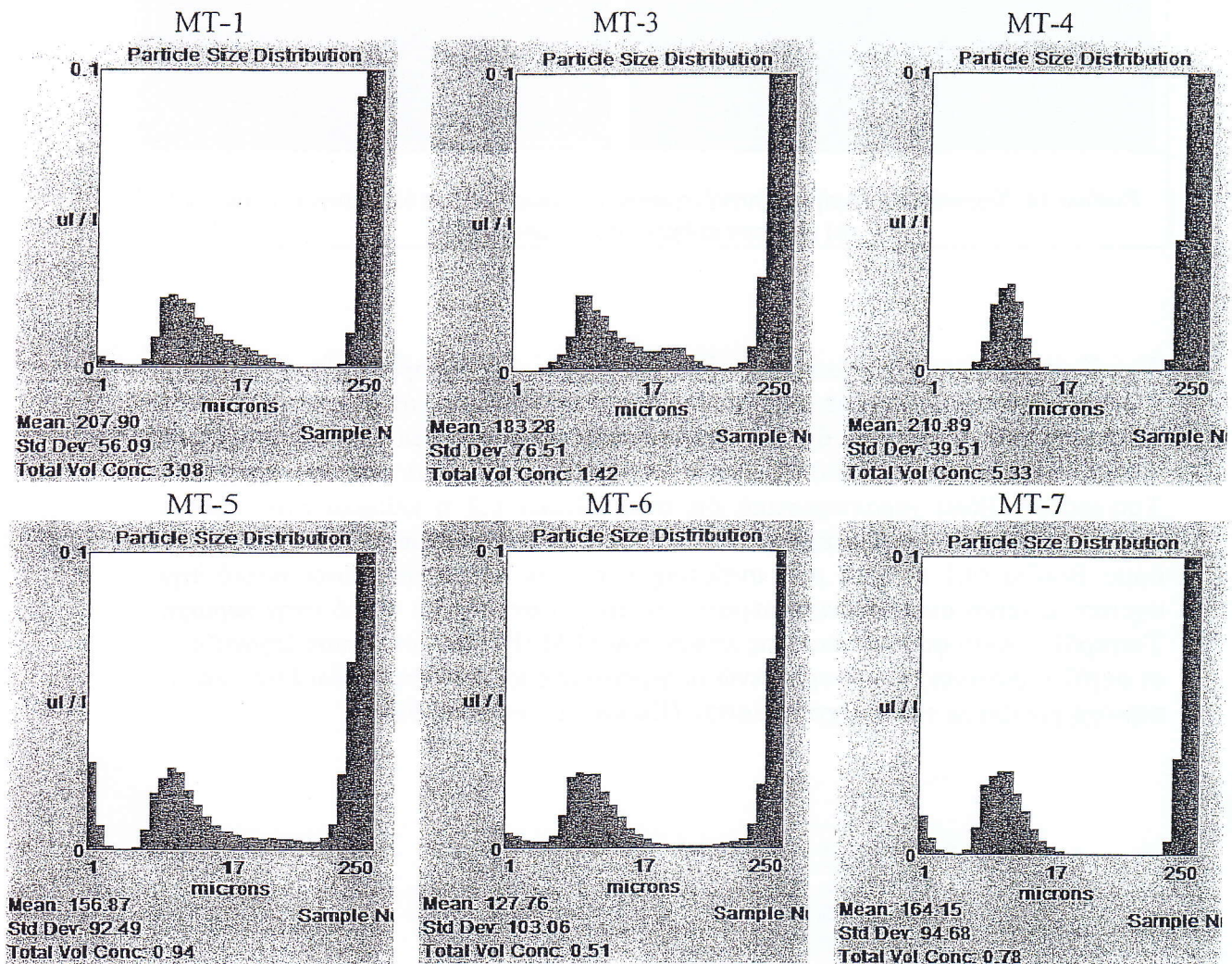


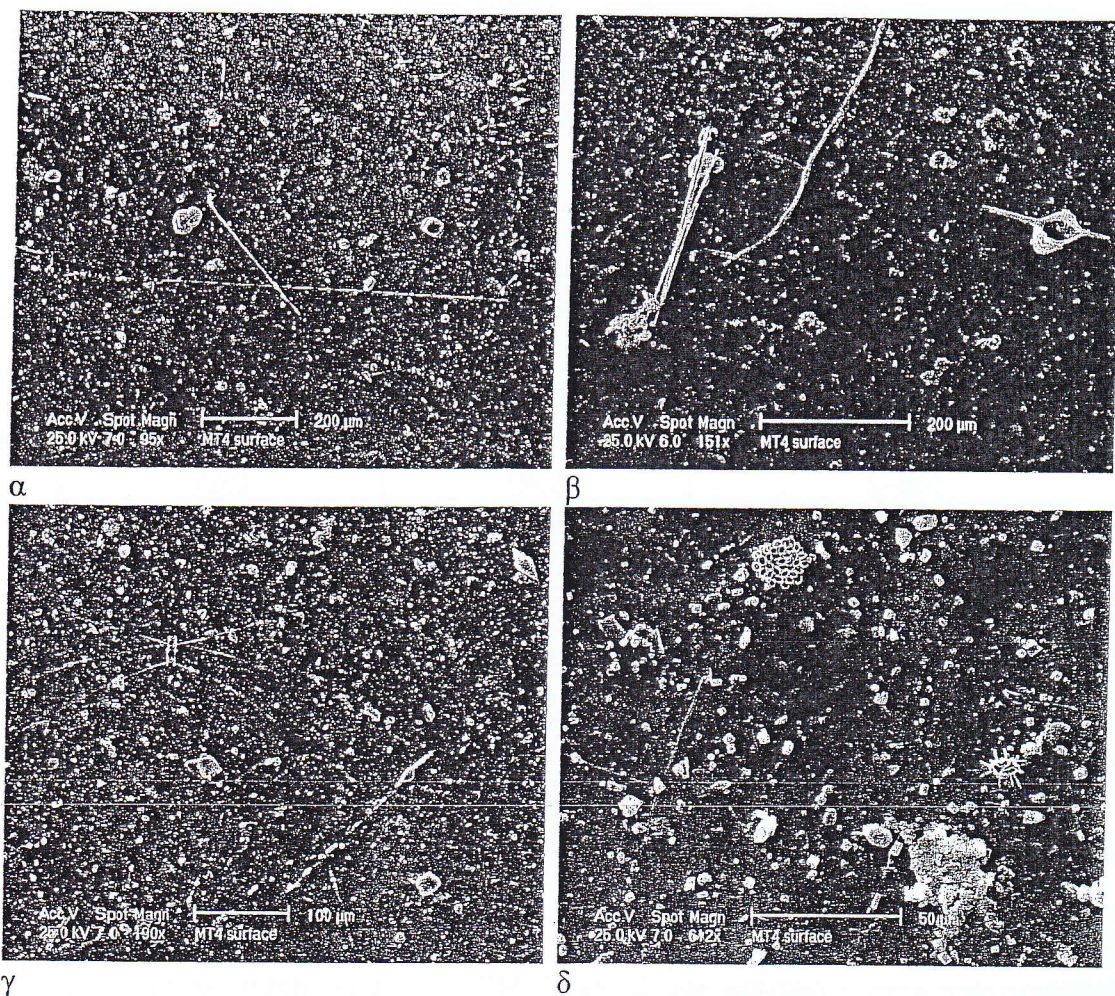
Εικόνα 44. Χωρική κατανομή της συγκέντρωσης της αιωρούμενης ύλης στην επιφάνεια (2 m) και στον πυθμένα στο Τσιγκράδο.

Στο Τσιγκράδο οι μετρήσεις του LISST έδειξαν την ύπαρξη δύο πληθυσμών σωματιδίων σε αιώρηση, με μεγάλη διαφορά μεταξύ τους σε ότι αφορά το μέγεθος των κόκκων. Στον Πίνακα 6.2 παρουσιάζονται τα διαγράμματα κατανομής κόκκων από την επιφάνεια (~2 m) όλων των σταθμών της θαλάσσιας περιοχής του Τσιγκράδου. Είναι χαρακτηριστικό ότι στον Πίνακα 6.2 η κλίμακα στον κάθετο άξονα είναι 5 φορές μικρότερη σε σχέση με την αντίστοιχη του Πίνακα 6.4 για τον όρμο Βούδια (0.1 και 0.5 $\mu\text{l/l}$, αντίστοιχα), γεγονός που υποδηλώνει γενικά την σχετική έλλειψη αιωρούμενων σωματιδίων από τη στήλη του νερού στην περιοχή Τσιγκράδο. Αυτό φαίνεται και στις λήψεις του SEM (Εικ. 45 α-δ), όπου ξεχωρίζουν οι μεγάλοι βιογενείς οργανισμοί, ενώ οι χερσογενείς κόκκοι είναι πολύ λίγοι, και η περιοχή μοιάζει με την ανοιχτή θάλασσα (Karageorgis et al., 2003).

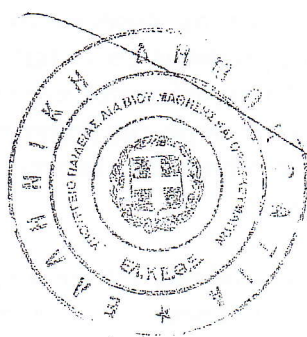


Πίνακας 6.2. Διαγράμματα κατανομής κόκκων από την επιφάνεια (~2 m) όλων των σταθμών του Τσιγκράδου. Ο κάθετος άξονας είναι ο όγκος των αιωρούμενων σωματιδίων σε $\mu\text{l/l}$ και ο οριζόντιος άξονας οι 32 κλάσεις που καταγράφει το όργανο LISST-Deep.





Εικόνα 45. Χαρακτηριστικές λήψεις από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης όπου φαίνονται οι μεγάλοι επιμήκεις οργανισμοί (διάτομα) που επικρατούν στη στήλη του νερού (α, β, γ). Βιογενείς (διάτομα και κοκκολιθοφόρα) και χερσογενείς κόκκοι συνυπάρχουν στα μικρότερα κοκκομετρικά κλάσματα (δ). Δείγμα MT-4, επιφάνεια.



6.3.2. Θέση Βούδια

Οι σταθμοί δειγματοληψίας στον όρμο Βούδια φαίνονται στην Εικόνα 3 (στο σταθμό MB-8 έγιναν μόνο μετρήσεις CTD), ενώ στον Πίνακα 6.3 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις της αιωρούμενης ύλης στην επιφάνεια και τον πυθμένα των σταθμών δειγματοληψίας.

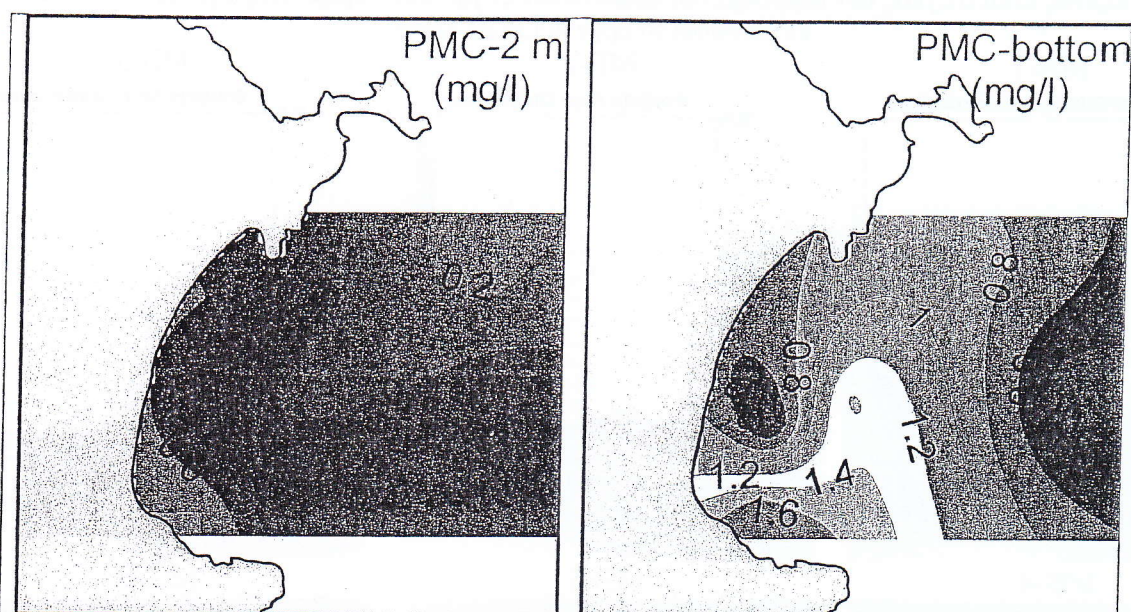
Πίνακας 6.3. Συγκεντρώσεις αιωρούμενης ύλης στην επιφάνεια και τον πυθμένα των σταθμών δειγματοληψίας στον όρμο Βούδια (τιμές σε mg/l).

Σταθμός	Επιφάνεια	Πυθμένας
MB-1	0,61	
MB-2	0,49	0,65
MB-3	0,45	0,29
MB-4	0,38	0,27
MB-5	0,14	0,77
MB-6	0,71	1,90
MB-7	0,26	1,42
Ελάχιστο	0,14	0,27
Μέγιστο	0,71	1,90
Μέση Τιμή	0,43	0,88

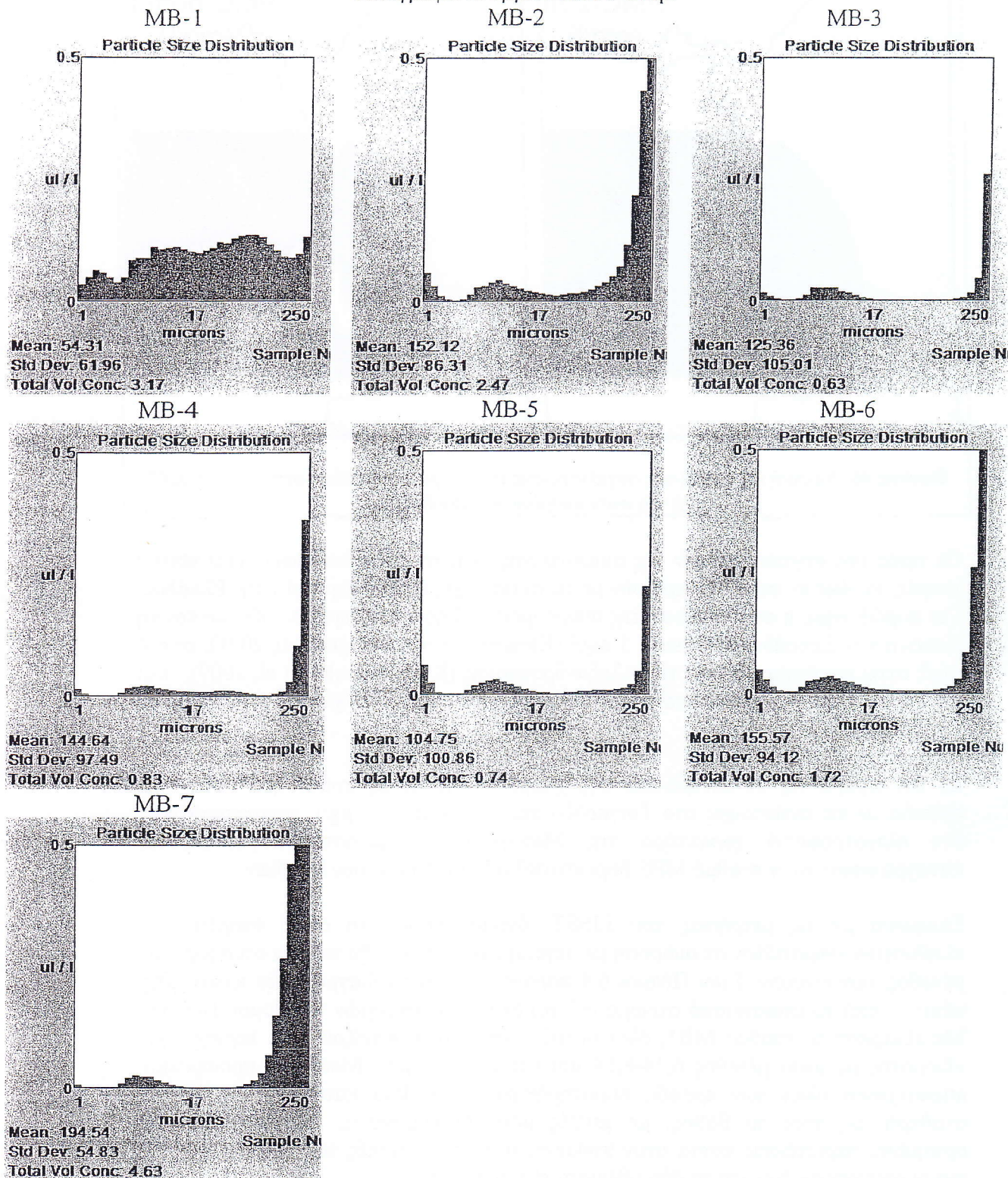
Οι τιμές των συγκεντρώσεων της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης στη θαλάσσια περιοχή στα Βούδια κυμάνθηκαν μεταξύ 0,14 και 1,90 mg/l. Η μικρότερη τιμή παρουσιάστηκε στην επιφάνεια του Σταθμού MB5, ο οποίος βρίσκεται προς την ανοιχτή θάλασσα και σχετικά μακριά από την περιοχή του αγωγού απόρριψης του περλίτη, ενώ η μεγαλύτερη τιμή παρουσιάστηκε στον Σταθμό MB6, ο οποίος βρίσκεται πολύ κοντά στην ακτή. Οι μεγαλύτερες τιμές στο επιφανειακό στρώμα παρουσιάζονται στους σταθμούς που βρίσκονται κοντά στην ακτή και σε μικρό βάθος (MB1, MB2 και MB6), ενώ στο στρώμα του πυθμένα τα πράγματα είναι πιο συγκεχυμένα, γεγονός που πιθανώς συνδέεται με συνθήκες επαναιώρησης του ιζήματος. Συγκρίνοντας τις μέσες τιμές των συγκεντρώσεων της αιωρούμενης ύλης στην επιφάνεια και τον πυθμένα της θαλάσσιας στήλης, βλέπουμε ότι οι τιμές στον πυθμένα είναι διπλάσιες από εκείνες της επιφάνειας. Το γεγονός αυτό πιθανότατα οφείλεται στην καταβύθιση των αιωρούμενων σωματιδίων λόγω της βαρύτητας, η οποία ενισχύεται από τις συγκεκριμένες ανεμολογικές συνθήκες που επικρατούσαν την ημέρα της δειγματοληψίας και περιγράφηκαν στο Κεφ. 5.

Στην Εικόνα 46 φαίνονται καθαρά οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις της αιωρούμενης ύλης στον πυθμένα της περιοχής. Στην επιφάνεια υπάρχει μία σαφής διαβάθμιση της συγκέντρωσης από την παράκτια περιοχή προς την ανοιχτή θάλασσα, ενώ στον πυθμένα είναι σαφής μία περιοχή με μικρότερες συγκεντρώσεις στην κεντρική περιοχή του όρμου. Και στις δύο περιπτώσεις, ο νοτιότερος σταθμός (MB6) παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές. Στην περιοχή αυτή έχουν αναφερθεί αναβλύσεις αερίων, κατά πάσα πιθανότητα υδροθείου, που έγιναν αισθητές κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας. Σε αυτή την περίπτωση, η επαναιώρηση φαίνεται να σχετίζεται με τη διατάραξη των ιζημάτων του πυθμένα από αέρια και όχι από τις άλλες αιτίες που

αναφέρθηκαν.

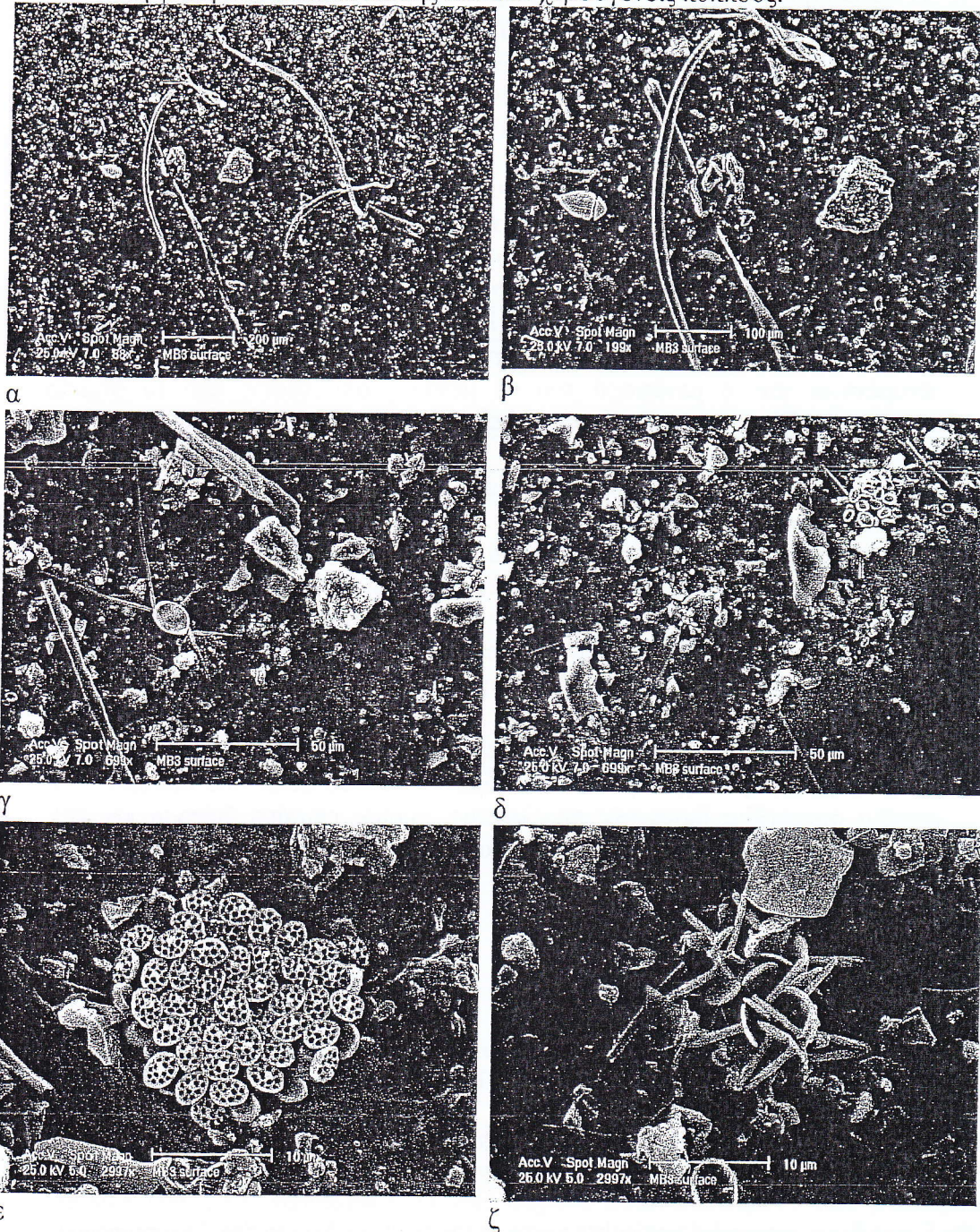


Πίνακας 6.4. Διαγράμματα κατανομής κόκκων από την επιφάνεια (~2 m) όλων των σταθμών του όρμου Βούδια. Ο κάθετος άξονας είναι ο όγκος των αιωρούμενων σωματιδίων σε $\mu\text{l/l}$ και ο οριζόντιος άξονας οι 32 κλάσεις που καταγράφει το όργανο LISST-Deep.



Με βάση αυτά τα δεδομένα, θεωρήθηκε άστοχο να εξαχθεί για κάθε βάθος ένα μέσο μέγεθος κόκκων και στη συνέχεια να παρουσιαστεί σαν διάγραμμα σε συνάρτηση με το βάθος. Μια τέτοια γραφική παράσταση θα ήταν μάλλον παραπλανητική, αφού είναι ξεκάθαρο ότι υπάρχουν δύο διαφορετικοί πληθυσμοί σε αιώρηση.

Για την περαιτέρω διερεύνηση του θέματος χρησιμοποιήθηκε το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM), στο οποίο εξετάστηκαν αντιπροσωπευτικά δείγματα από τον όρμο Βούδια. Στην Εικόνα 47 φαίνονται χαρακτηριστικές λήψεις από το SEM, όπου διακρίνονται καθαρά οι μεγάλοι επιμήκεις κυρίως οργανισμοί (φυτοπλαγτόν), που αναγνωρίζονται από το LISST σαν μεγάλοι κόκκοι (Εικ. 47 α, β). Επίσης φαίνονται και πολλά θραύσματα κελυφών βιογενών οργανισμών, που αποτελούν μεγάλο μέρος της λεπτόκοκκης κοκκομετρικής κλάσης (Εικ. 47 γ-ζ). Η λεπτόκοκκη φάση αποτελείται επίσης και από χερσογενείς κόκκους.



Εικόνα 47. Χαρακτηριστικές λήψεις από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης όπου φαίνονται οι μεγάλοι επιμήκεις οργανισμοί (διάτομα) που επικρατούν στη στήλη του νερού (α, β). Θραύσματα βιογενούς προέλευσης σωματιδίων διακρίνονται στις εικόνες γ και δ (διάτομα και κοκκολιθοφόρα). Βιογενείς (κοκκολιθοφόρα) και χερσογενείς κόκκοι συνυπάρχουν στα μικρότερα κοκκομετρικά κλάσματα (ε, ζ). Δείγμα MB-3, επιφάνεια.

6.4. Συμπεράσματα

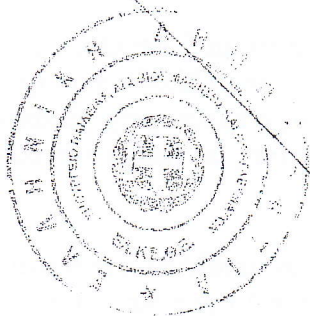
Σε ότι αφορά τη συγκέντρωση και την κοκκομετρική σύσταση της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης στο Τσιγκράδο και στον όρμο Βούδια της Μήλου, μπορούμε να συνοψίσουμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

1. Η συγκέντρωση της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης είναι γενικά μεγαλύτερη στον όρμο Βούδια από ότι στο Τσιγκράδο. Αυτό ισχύει για τη μέση τιμή όλων των δειγμάτων, όσο και για τις επιφανειακές συγκεντρώσεις και για τις συγκεντρώσεις των δειγμάτων που συλλέχθηκαν κοντά στον πυθμένα. Αντίθετα οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα στις δύο περιοχές.
2. Και στις δύο περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης χαρακτηρίζονται χαμηλές (γενικά $<1 \text{ mg/l}$) σε σχέση με άλλες περιοχές που δέχονται σωματιδιακό φορτίο από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.
3. Ο περλίτης και η κοκκομετρική του σύσταση όπως εισέρχεται στο θαλάσσιο περιβάλλον αποτίθεται γρήγορα, και λόγω του μεγέθους των κόκκων του η αιώρηση δεν διαρκεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. Κατ' επέκταση δεν αναμένεται και η μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις από το σημείο απόρριψης. Εξαίρεση πιθανώς αποτελεί η αιολική μεταφορά, με τη δράση της οποίας οι κόκκοι του περλίτη από το αποκαλυμμένο κοίτασμα ενδέχεται να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις, ανάλογα με την ένταση του ανέμου και προς διάφορες κατευθύνσεις.
4. Στον όρμο Βούδια κοντά στον πυθμένα παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων (δημιουργία νεφελοειδούς στρώσης πυθμένα) που οφείλεται κατ' αρχή στη μεγαλύτερη αρχική συγκέντρωση αιωρούμενου υλικού, στις επικρατούσες συνθήκες ανέμων και ρευμάτων, στο ομαλότερο ανάγλυφο του πυθμένα (μεγαλύτερη επίδραση του κυματισμού), στην επαναιώρηση των ιζημάτων του πυθμένα από διερχόμενα πλοία (αγκυροβόληση, χρήση μηχανών-προπέλας) και στην ανάβλυση αερίων.
5. Η κοκκομετρική σύσταση του αιωρούμενου υλικού είναι δύο ομάδων: (α) μεγάλα σωματίδια βιογενούς προέλευσης, κυρίως επιμήκη διάτομα και (β) βιογενείς και χερσογενείς κόκκοι που ανήκουν στην κοκκομετρική τάξη της λεπτής ιλύος.

6.5 Βιβλιογραφία

- Agrawal, Y.C., Pottsmith, H.C., 2000. Instruments for particle size and settling velocity observations in sediment transport. *Marine Geology* 168:89-114. doi:10.1016/S0025-3227(00)00044-X
- Holm-Hansen, O., Lorenzen C.J., Hormes, R.N., & J.D.H. Strickland (1965). Fluorometric determination of chlorophyll. *J. Cons.perm. Int. Explor. Mer*, 30: 3-15.
- Kanellopoulos, Th.D., Angelidis, M.O., Georgopoulos, D., Karageorgis, A.P., 2009. Fate of the Evros River suspended particulate matter in the northern Aegean Sea. *Environmental Geology* 57:1729-1738
- Karageorgis, A.P., Anagnostou, C.L., 2001. Particulate matter spatial-temporal distribution and associated surface sediment properties: Thermaikos Gulf and Sporades Basin, NW Aegean Sea. *Continental Shelf Research* 21:2141-2153
- Karageorgis, A.P., Anagnostou, C.L., 2003. Seasonal variation in the distribution of

- suspended particulate matter in the northwest Aegean Sea. Journal of Geophysical Research 108(C8), 3274, doi: 10.1029/2002JC001672
- Karageorgis, A.P., Kaberi, H.G., Tengberg, A., Zervakis, V., Hall, P.O.J., Anagnostou, Ch.L., 2003b. Comparison of particulate matter distribution, in relation to hydrography, in the mesotrophic Skagerrak and the oligotrophic northeastern Aegean Sea. Continental Shelf Research, 23(17-19), 1787-1809. DOI: 10.1016/j.csr.2003.06.004.
- Mikkelsen, O.A., Pejrup, M., 2001. The use of a LISST-100 laser particle sizer for in-situ estimates of floc size, density and settling velocity. Geo-Marine Letters 20:187-195. doi:10.1007/s003670100064



7. Βαρέα Μέταλλα στην υδάτινη στήλη

Χ. Ζέρη, Σ. Ηλιάκης, Γ. Παππάς

7.1 Εισαγωγή

Τα βαρέα μέταλλα στο παράκτιο θαλάσσιο περιβάλλον προέρχονται σε μεγάλο βαθμό από τις χερσαίες εισροές (φυσικές ή ανθρωπογενείς). Ο εμπλουτισμός ακόμα και των 'αγνών' παράκτιων περιοχών με βαρέα μέταλλα είναι αναμενόμενος καθώς η ξηρά μέσω της απόπλυσης της γης τροφοδοτεί τη θάλασσα με όλα τα στοιχεία. Στο θαλάσσιο νερό τα μέταλλα βρίσκονται σε διαλυτή και σωματιδιακή κατάσταση. Στη διαλυτή κατάσταση συμπεριλαμβάνονται τα ελεύθερα ιόντα των μετάλλων, τα συμπλοκοποιημένα μέταλλα καθώς και τα ενωμένα με ενώσεις κολλοειδούς μορφής. Στη σωματιδιακή κατάσταση τα μέταλλα βρίσκονται προσροφημένα ή χημικά ενωμένα με ανόργανες και οργανικές ενώσεις στην επιφάνεια των αιωρούμενων σωματιδίων.

Συνήθως οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στην παράκτια ζώνη είναι 1,5 με 2 φορές μεγαλύτερες από αυτές της ανοιχτής θάλασσας. Στην Ελλάδα περιοχές με έντονη ανθρωπογενή και βιομηχανική δραστηριότητα όπως ο Κόλπος της Ελευσίνας και ο Όρμος της Θεσσαλονίκης εμφανίζονται εμπλουτισμένες σε βαρέα μέταλλα 2 έως 5 φορές σε σχέση με το Αιγαίο Πέλαγος.

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης έγιναν αναλύσεις βαρέων μετάλλων στο θαλάσσιο νερό των περιοχών Τσιγκράδου και Όρμου Βουδίων με σκοπό την πιθανή ανίχνευση ρύπανσης από τις δραστηριότητες επεξεργασίας περλίτη της εταιρείας S&B.

7.2 Μεθοδολογία

Έγινε δειγματοληψία νερού για αναλύσεις βαρέων μετάλλων από όλους τους σταθμούς των δύο περιοχών (Εικόνες 2, 3) και από 2 ή 3 τρία βάθη. Τα δείγματα νερού (1L) συλλέχθηκαν από τις φιάλες δειγματοληψίας (Niskin) σε φιάλες πολυεθυλενίου 1L και οξινίσθηκαν αμέσως σε pH 2 με την προσθήκη HNO_3 s.p., χωρίς προηγούμενη διήθηση, οπότε προσδιορίσθηκε το ολικό περιεχόμενο μέταλλο (σωματιδιακή + διαλυτή φάση). Σφραγίσθηκαν σε πλαστικές σακούλες μέχρι την ανάλυσή τους στο εργαστήριο.

Οι συγκεντρώσεις των μετάλλων (Cd, Cu, Ni, Fe, Pb) προσδιορίσθηκαν σύμφωνα με την μέθοδο που περιγράφουν οι Riley και Taylor (1968) και τροποποίησαν οι Kingston *et al* (1978). Η ανάλυση έγινε μέσα σε εστία νηματικής ροής (class 100, U.S. stds) για την αποφυγή επιμολύνσεων. Με τη βοήθεια περισταλτικής αντλίας τα δείγματα διαπέρασαν στήλες πλήρεις με την ιονταλλακτική ρητίνη Chelex-100 (mesh 200-400), οπότε έγινε κατακράτηση των βαρέων μετάλλων από το υλικό της ρητίνης. Στην συνέχεια τα μέταλλα εκλούσθηκαν με μίγμα οξέων 2N HNO_3 /1N HCl , 3:1. Ο παράγων της προσυγκέντρωσης ήταν ~100. Η απόδοση της ρητίνης ήταν 93.9% για το Cd, 86.9% για το Cu, 110.6% για το Fe, 126.3% για το Ni, 98% για το Pb και 102.2% για το Mn. Οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων προσδιορίσθηκαν στο μίγμα οξέων με χρήση ατομικής απορρόφησης με φούρνο γραφίτη (Perkin-Elmer 4100, HGA 700).

Όλα τα σκεύη που χρησιμοποιήθηκαν είχαν προηγουμένως κατεργαστεί με HCl s.p.