

Πρακτικά		4ου Συνεδρίου		Μάιος 1988	
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XXIII/1	σελ. 193-207	Αθήνα 1989		
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens		

Η ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΤΗΣ ΓΕΡΑΣ (ΛΕΣΒΟΣ) ΚΑΙ Η ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟΝ ΓΕΩΧΗΜΙΚΟ ΚΥΚΛΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Χ. ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΥ, Α. ΣΙΟΥΛΑ*

Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Στον κόλπο της Γέρας (Λέσβος) έγιναν ιζηματολογικές και γεωχημικές αναλύσεις των σύγχρονων ιζημάτων με σκοπό την διερεύνηση των μηχανισμών ιζηματογένεσης και του γεωχημικού κύκλου στην περιοχή καθώς και τον εντοπισμό της ανθρωπογενούς επίδρασης. Ο κόλπος της Γέρας χαρακτηρίζεται στον δυτικό κυρίως κόλπο από την επικράτηση ιζημάτων χερσογενούς προέλευσης, στον ανατολικό κυρίως κόλπο και στον δάυλο από την επικράτηση ιζημάτων βιογενούς προέλευσης (αυτόχθονα). Γεωχημικά για τα στοιχεία Cu, Zn, Cd, Co, Mn, Fe οι συγκεντρώσεις βρίσκονται στα πλαίσια των φυσικών περιεκτικότητων. Για τα στοιχεία Pb, Ni, Cr, καθώς και για τον οργανικό άνθρακα και το άζωτο οι συγκεντρώσεις είναι αυξημένες (κυρίως στον δάυλο) και οφείλονται κυρίως στην ανθρωπογενή επίδραση.

A B S T R A C T

A series of sedimentological and geochemical analysis has been carried out on sea-bottom samples recovered from the gulf of Geras, Lesbos island. The aim of this study is to investigate the sedimentation mechanisms and the geochemical cycle of the region as well as to determine the possible anthropogenic imprint in the marine environment. The Geras Gulf is divided into two provinces: the west gulf where terrigenous material is dominating and the east province, including the entrance of the gulf, which is dominated by the authigenic biogenic material. The concentrations of Cu, Zn, Cd, Co, Mn, Fe were found to be normal. However the concentrations of the Pb, Ni, Cr elements, as well as the organic C and N are found to be enriched, especially in the entrance of the gulf, suggesting an anthropogenic influence.

C.H. ANAGNOSTOU & A. SIOULAS - A sedimentological study of the gulf of Geras (Lesvos) and the possible anthropogenic influence in the geochemical cycle of the region.

Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Αγ. Κοσμάς, 166 04 Ελληνικό
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

Στον κόλπο της Γέρας, που βρίσκεται στο ΝΑ μέρος της νήσου Λέσβου, έγιναν ιζηματολογικές και γεωχημικές αναλύσεις των σύγχρονων ιζημάτων, με σκοπό την διερεύνηση των μηχανισμών ιζηματογένεσης και του γεωχημικού κύκλου στην περιοχή, καθώς και τον εντοπισμό της ανθρωπογενούς επίδρασης και της έκτασης της που "αποτυπώνεται" μέσα στα ιζήματα.

Για την καλλίτερη προσέγγιση του αντικειμένου της έρευνας, θεωρήθηκε ότι η υδροκρητική γραμμή της περιοχής οριοθετεί το σχετικά "κλειστό σύστημα" μέσα στο οποίο μπορούν να μελετηθούν ο ιζηματολογικός και γεωχημικός κύκλος στη περιοχή και να διερευνηθούν οι μηχανισμοί τους.

Ο ιζηματολογικός και γεωχημικός κύκλος περιλαμβάνει την αποσάθρωση των μητρικών πετρωμάτων, που με μηχανικές και χημικές διεργασίες δίνει προϊόντα αποσάθρωσης και που στη συνέχεια διαβρώνονται και μεταφέρονται κυρίως μέσω υδραυλικού μέσου και αποτίθενται στον τελικό αποδέκτη της περιοχής, που είναι ο κόλπος της Γέρας.

Ο ιζηματολογικός και γεωχημικός αυτός κύκλος εξαρτάται από τους παρακάτω καθοριστικούς παράγοντες, που καθορίζουν την σύσταση των ιζημάτων - ιζηματολογική και γεωχημική - στον κόλπο της Γέρας :

- α. από το είδος των μητρικών πετρωμάτων (γεωλογία της περιοχής),
- β. από την μορφολογία της περιοχής,
- γ. από τις συνθήκες αποσάθρωσης και διάβρωσης (κλιματικές συνθήκες),
- δ. από τις συνθήκες μεταφοράς (υδροδυναμική του υδρογραφικού δικτύου),
- ε. από τις συνθήκες απόθεσης (δυναμική του κόλπου της Γέρας),
- ζ. από τις συνθήκες αυτόχθονης ιζηματογένεσης στην περιοχή, κυρίως οικολογικοί παράγοντες που διευκολύνουν την διαβίωση οργανισμών με σκληρό σκελετό.

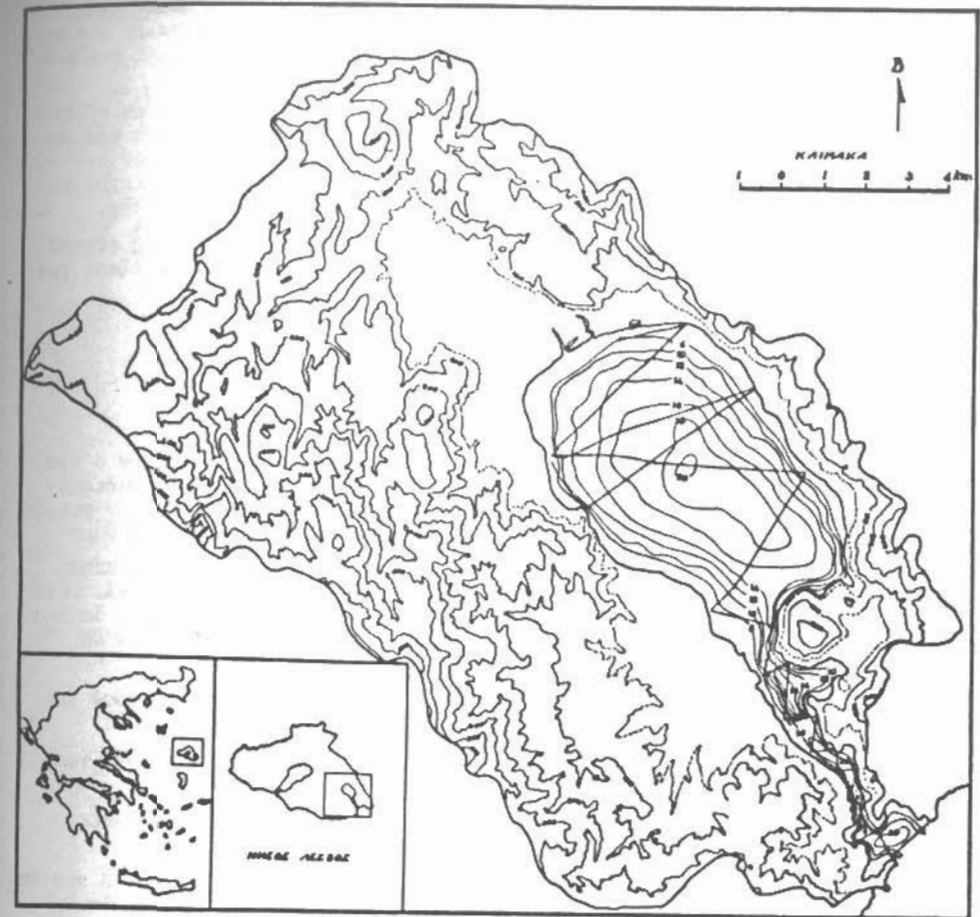
Η πλήρης κατανόηση των μηχανισμών του ιζηματολογικού και γεωχημικού κύκλου θα μας επιτρέψει την διαφοροποίηση μεταξύ φυσικών διεργασιών, που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή και της ανθρωπογενούς επίδρασης, που οφείλεται σε οικιστικές και οικονομικές δραστηριότητες. Αξιοσημείωτη είναι η βιομηχανική δραστηριότητα με εργοστασιακή μονάδα κατεργασίας και βαφής δερμάτων της ΑΕ Σουρλαγκα στο Πέραμα, της οποίας τα απόβλητα εκβάλλουν απ' ευθείας στον κόλπο.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στην περιοχή του κόλπου της Γέρας, που περιλαμβάνεται στην λεκάνη απορροής απαντούν (έκδοση ΙΓΜΕ 1974) :

- α. μεταμορφωμένα πετρώματα (σχιστόλιθοι, φυλλίτες, μάρμαρα) ηλικίας Λιθανθρακοφόρου μέχρι Τριαδικού,
- β. πυριγενή πετρώματα διαφόρων φάσεων εκχυσης λάβας ηλικιών από το νεώτερο παλαιοζωϊκό μέχρι το πλειόκαινο (πράσινοι σχιστόλιθοι, περιδοτίτες, ολιβινίτες, ιγνιμπριτες, βασάλτες),
- γ. μικρές εμφανίσεις ιζηματογενών πετρωμάτων Νεογενούς ηλικίας (κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, αργίλλοι, μάργες) και
- δ. αλλουβιακές προσχώσεις (κροκάλες, άμμοι, άργιλλοι).

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από ένα σύστημα ρηγμάτων ΒΔ-ΝΑ κατεύθυνσης, που έχει οδηγήσει στην δημιουργία μιας τεκτονικής τάφρου. Η καταβύθιση του πυρήνα της τάφρου αυτής έδωσε τον σχηματισμό του κόλπου της Γέρας η φυσιογραφία του οποίου απεικονίζεται στην Εικ. 1. Οι κάθετες (ανοδικές και καθοδικές κινήσεις καθώς και η ανθεκτικότητα των πετρωμάτων στην διάβρωση καθόρισαν και την μορφολογία της περιοχής, που χαρακτηρίζεται από δυο κύριες ενότητες, μια ενότητα ανατολικά και μία ενότητα δυτικά του άξονα του κολπου της Γέρας.



Εικ. 1.: Μορφολογία της περιοχής που οριοθετείται από την Υδροκρητική γραμμή και βυθομετρία του κόλπου της Γέρας καθώς και οι κορέιες εκ των οποίων συλλέχθηκε ο βυθομετρικός χάρτης.

Fig. 1.: Bathymetry of the Gulf of Gerani, morphology of the drainage area of the gulf as well as the echosounding tracks from which the bathymetric chart have been compiled.

Η ανατολική ενότητα χαρακτηρίζεται από απότομο ανάγλυφο μέχρι τις ακτές, μικρή έκταση της επιφανείας της λεκάνης απορροής και αντίστοιχα μικρό υδρογραφικό δίκτυο. Η ενότητα αυτή χαρακτηρίζεται επίσης από απότομες διαβρωσιγενείς ακτές και σχετικά υποθαλάσσιο ανάγλυφο με μεγάλες κλίσεις.

Η δυτική ενότητα χαρακτηρίζεται από ομαλό ανάγλυφο, μεγαλύτερη σε έκταση επιφάνεια της λεκάνης απορροής (υποδιαιρεμένη σε δυο υπολεκάνες) και αντίστοιχα μεγαλύτερο υδρογραφικό δίκτυο. Στην δυτική ενότητα επικρατούν οι ακτές απόθεσης κυρίως αμμώδεις. Είναι οι ακτές των προσχλωσιγενών περιοχών των δυο υπολεκάνων απορροής. Γενικά το υποθαλάσσιο ανάγλυφο είναι ομαλότερο.

Το μέγιστο βάθος (Εικ. 1) του κυρίως κόλπου φτάνει τα 20m στο κέντρο του κόλπου ενώ ο διάυλος παρουσιάζει απότομα πρηνή και προδευτική αύξηση του βάθους, από το βόρειο μέρος προς το στόμιο, από 14m στα 30m.

3. ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΙΖΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

3.1. Αναλύσεις - Αποτελέσματα

Στον κόλπο της Γέρας έγινε δειγματοληψία επιφανειακών ιζημάτων σ'ένα πλέγμα 31 σταθμών (Εικ. 2). Τα δείγματα αναλύθηκαν κοκκομετρικά, προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα των ιζημάτων σε ανθρακικά ορυκτά και εξετάστηκαν μικροσκοπικά οι φάσεις όλων των δειγμάτων που έχουν κοκκομετρική σύσταση > 63μm.

Ορυκτολογικές αναλύσεις έγιναν επίσης σε επιλεγμένα δείγματα, τόσο στο ολικό ίζημα καθώς και στο κλάσμα < 2 μm, με περιθλασίμετρο ακτίνων-Χ. Για την καλύτερη διάκριση έγινε προεργασία των παρασκευασμάτων με γλυκόλη. Τα διαγράμματα των παρασκευασμάτων που θερμάνθηκαν στους 390°C μας οδήγησαν σε έναν ημιποσοτικό προσδιορισμό των αργιλλικών ορυκτών.

Τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης και του προσδιορισμού της ανθρακικής φάσης απεικονίζονται στους χάρτες της Εικ. 3.

Η αξιολόγηση των διαγραμμάτων του περιθλασίμετρου των ακτίνων-Χ για το ολικό δείγμα έδειξε την παρακάτω ορυκτολογική σύσταση :

Χαλαζίας, Αστριόι, Ασβεστίτης, Αραγωνίτης, Πυρόξενος, Κερροσίλβες, Ιλλίτης, Χλωρίτης, Μοντοριλονίτης, Καοιλινίτης, Πυρίτης.

Η αξιολόγηση των διαγραμμάτων του περιθλασίμετρου των ακτίνων-Χ για το κλάσμα < 2 μm έδειξε την εξής ορυκτολογική σύσταση των αργιλλικών ορυκτών. Επικρατεί ο Ιλλίτης με ποσοστό στα αργιλλικά 50-70%, ακολουθεί ο Καοιλινίτης (+ Χλωρίτης) με ποσοστό 20-30% και ο Μοντοριλονίτης με ποσοστό 10-20%.

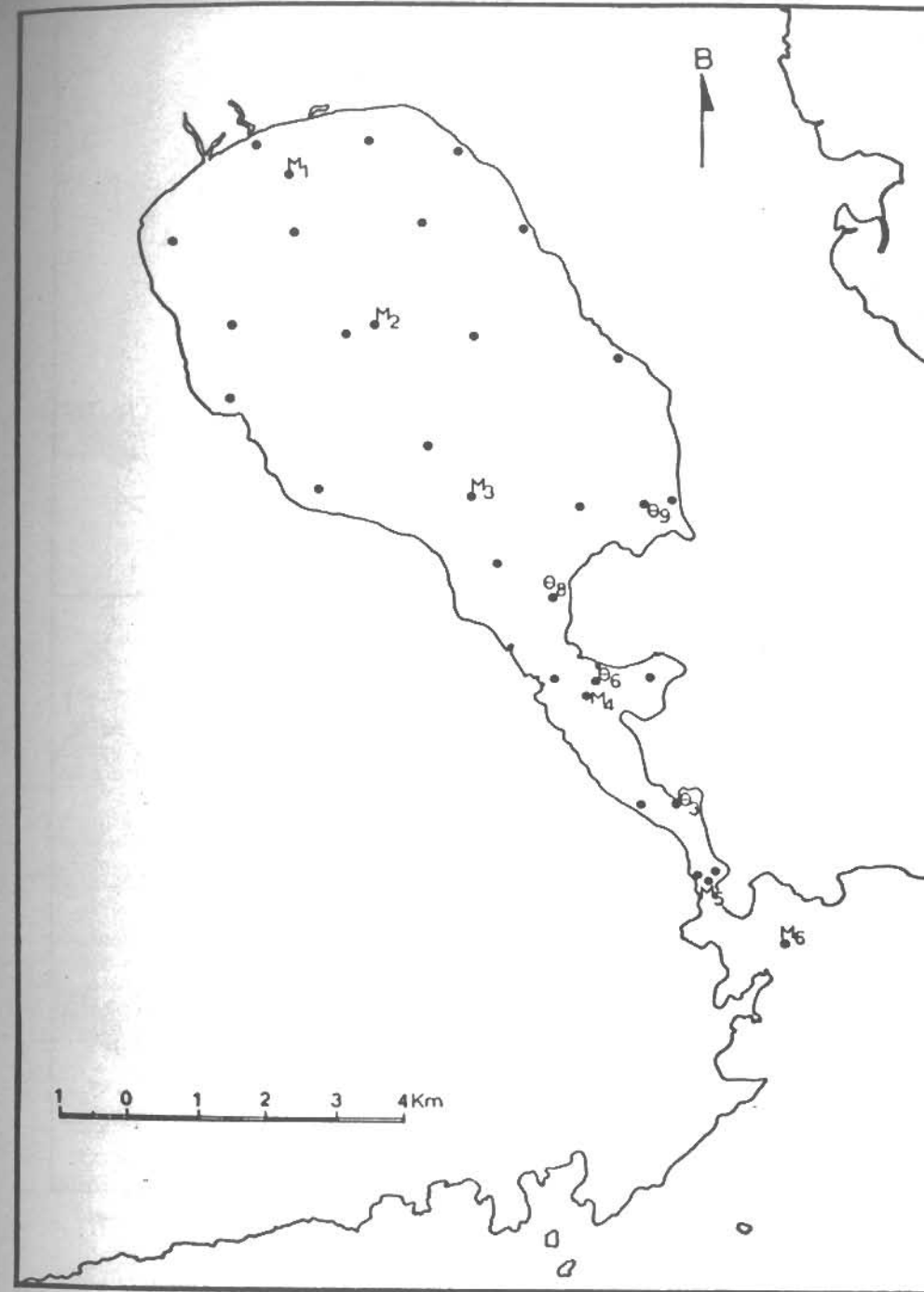
3.2. Συζήτηση

Παρατηρώντας την κατανομή των ιζημάτων ανάλογα με την κοκκομετρία τους (Εικ. 3) διακρίνουμε :

- μια συγκέντρωση των λεπτόκοκκων ιζημάτων στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του κόλπου,
- μια παρουσία των χονδρόκοκκων ιζημάτων σε όλο τον παράκτιο χώρο με προέλαση αυτών μπροστά στις αλουβιακές αποθέσεις καθώς και κατά μήκος του διαύλου,
- ενδιάμεσης κοκκομετρικής υφής (τάξη ιλύος) ιζήματα συναντάμε σε μικρούς προφυλαγμένους ορμίσκους.

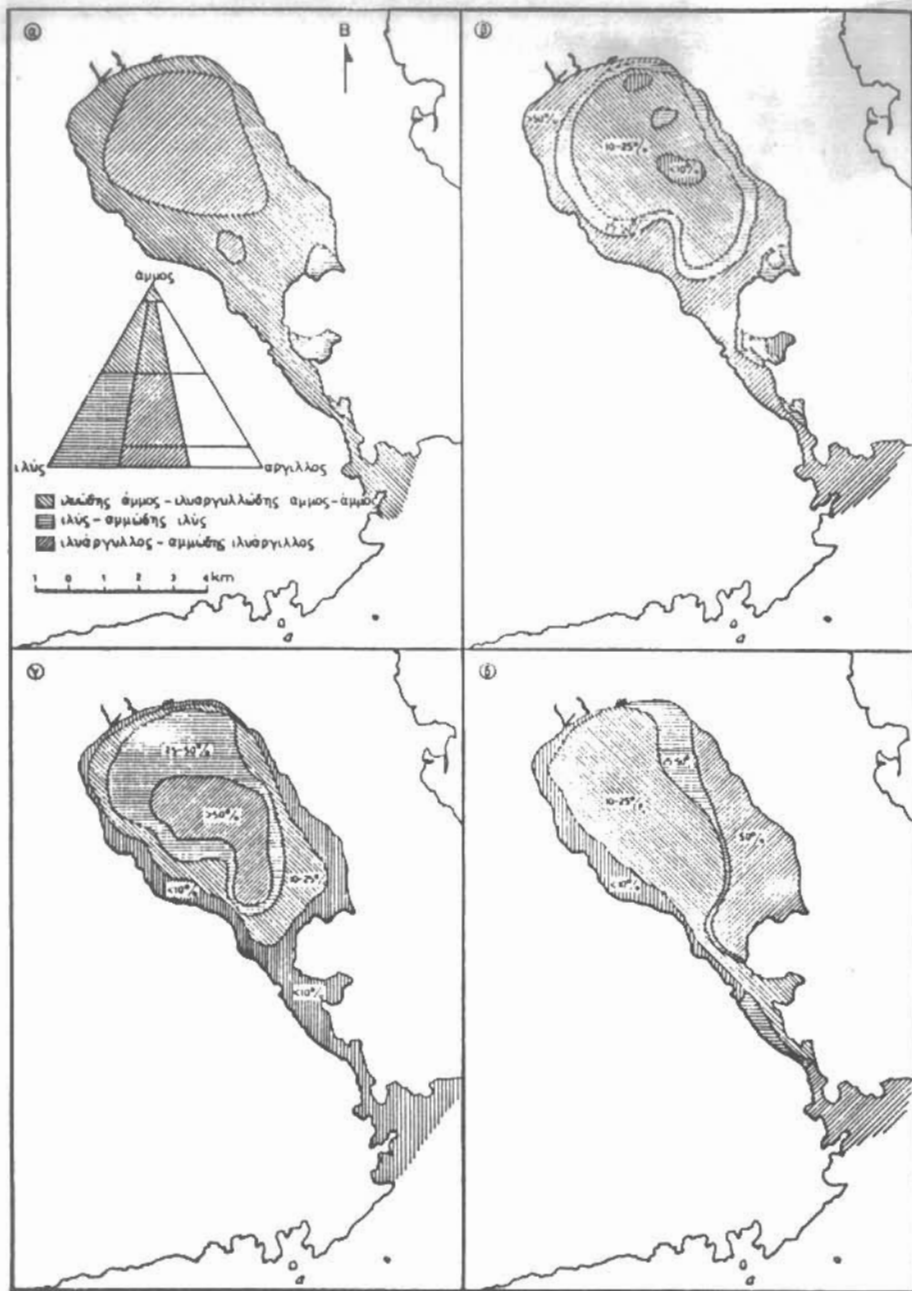
Παρατηρώντας στην συνέχεια την κατανομή των ανθρακικών ορυκτών στο κόλπο διακρίνουμε :

- στον δυτικό παράκτιο χώρο ιζήματα με περιεκτικότητα σε ανθρακικά



Εικ. 2.: Θέσεις δειγματοληψίας επιφανειακών ιζημάτων στον κόλπο της Γέρας. (Στις θέσεις όπου διαγράφεται ο αριθμός του σταθμού πραγματοποιήθηκαν γεωχημικές αναλύσεις).

Fig. 2.: Map with bottom sampling in the gulf of Geras. Numbers in sampling stations indicate of geochemical analysis in samples.



Εικ. 3.: α. Κατανομή των ιζημάτων στον κόλπο της Γέρας σύμφωνα με την ταξινόμηση του Folk.
 β. Κατανομή του κλάσματος της άμμου (>63µm) στον κόλπο της Γέρας.
 γ. Κατανομή του κλάσματος της αργίλλου (<2µm) στον κόλπο της Γέρας.
 δ. Κατανομή των ανθρακικών ορυκτών στον κόλπο της Γέρας.

Fig. 3.: a. Grain-size distribution in the gulf of Geras according to Folk classification.
 b. Distribution of sand (>63µm) in the gulf of Geras.
 c. Distribution of clay (<2µm) in the gulf of Geras.
 d. Distribution of the carbonate minerals in the gulf of Geras.

(τα οποία είναι βιογενούς προέλευσης) της τάξης <10%, στο βόρειο, κεντρικό και κατά μήκος του διαύλου (κατά το μεγαλύτερο μέρος) ιζημάτα με περιεκτικότητα σε ανθρακικά 10-20%, γ. στο ανατολικό μέρος του κυρίως κόλπου, καθώς επίσης στο στόμιο και μέρος του διαύλου ιζημάτα με περιεκτικότητα σε ανθρακικά > 25%.

Συνδυάζοντας την κοκκομετρική κατανομή με τις μικροσκοπικές παρατηρήσεις διαπιστώνουμε ότι: (βλ. Εικ. 4)

- στα δείγματα των δυτικών περιοχών έχουμε στην χονδρόκοκη φάση των ιζημάτων (> 63µm) αυξημένη περιεκτικότητα σε χερσογενές υλικό (Χαλαζία, Αστριοί, Βορέα Ορυκτά) με πολύ μειωμένο ποσοστό βιογενών ανθρακικών,
- ενώ στα δείγματα της ανατολικής περιοχής επικρατούν (πάλι στην χονδρόκοκη φάση των ιζημάτων) τα βιογενή ανθρακικά, το δε χερσογενές υλικό απαντάται σε μικρά ποσοστά.
- τα επιφανειακά ιζημάτα του διαύλου παρουσιάζουν μια ενδιάμεση κατάσταση, δηλ. είναι μίγμα βιογενών και χερσογενών συστατικών.

Παρατηρώντας τον χάρτη της κατανομής του κλάσματος της άμμου διαπιστώνουμε:

- α. στο βΔ τμήμα την επικράτηση της άμμου χερσογενούς προέλευσης. Η άμμος αυτή είναι προϊόν της διάβρωσης των πετρωμάτων της βΔ υπολεκάνης απορροής, που φθάνει στο κόλπο μέσω ποταμοχειμάρου.
- β. στο δυτικό και κεντρικό τμήμα την επικράτηση της άμμου χερσογενούς προέλευσης σε προέκταση των αλουβιακών αποθέσεων της δυτικο-κεντρικής υπολεκάνης απορροής.
- γ. στο ανατολικό τμήμα και κατά μήκος του διαύλου την επικράτηση της βιογενούς άμμου. Η παρουσία της οφείλεται στην έλλειψη παροχής χερσογενούς υλικού καθώς και στις ευνοϊκές για βενθονικούς οργανισμούς συνθήκες (ύπαρξη ρευμάτων, ανάπτυξη θαλάσσιων λιβαδιών, κλπ).

Όσον αφορά στη κατανομή της λεπτόκοκκης φάσης, της φάσης των αργίλλων <2µm - διαπιστώνουμε μια συγκέντρωσή της στα βαθύτερα σημεία του κυρίως κόλπου και μια αντιστοιχία της κατανομής της λεπτόκοκκης φάσης με την βυθομετρία της περιοχής (σύγκρινε χάρτες των Εικ. 1 και 3).

4. Η ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ ΤΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΤΗΣ ΓΕΡΑΣ

4.1. Αναλύσεις - Αποτελέσματα

Σε επιλεγμένα δείγματα (Εικ. 2) και στο κλάσμα <2 µm έγινε γεωχημική ανάλυση προσδιορισμού των ιχνοστοιχείων Cu, Pb, Zn, Cd, Co, Ni, Cr, Mn και Fe, καθώς επίσης του οργανικού άνθρακα και του αζώτου. Έγινε επεξεργασία του κλάσματος του υλικού <2 µm με διάλυμα HNO₃HCl (1:3) σε αμμόλουτρο 110°C. Στη συνέχεια έγινε διήθηση και στο διάλυμα έγινε προσδιορισμός ιχνοστοιχείων με την μέθοδο της Ατομικής Απορρόφησης (PERKIN ELMER).

Ο Πίνακας 1 δείχνει τα αποτελέσματα των αναλύσεων.

4.2. Συζήτηση

Για την καλλίτερη αξιοποίηση των αποτελεσμάτων επιχειρήσαμε τις ακόλουθες συγκρίσεις:

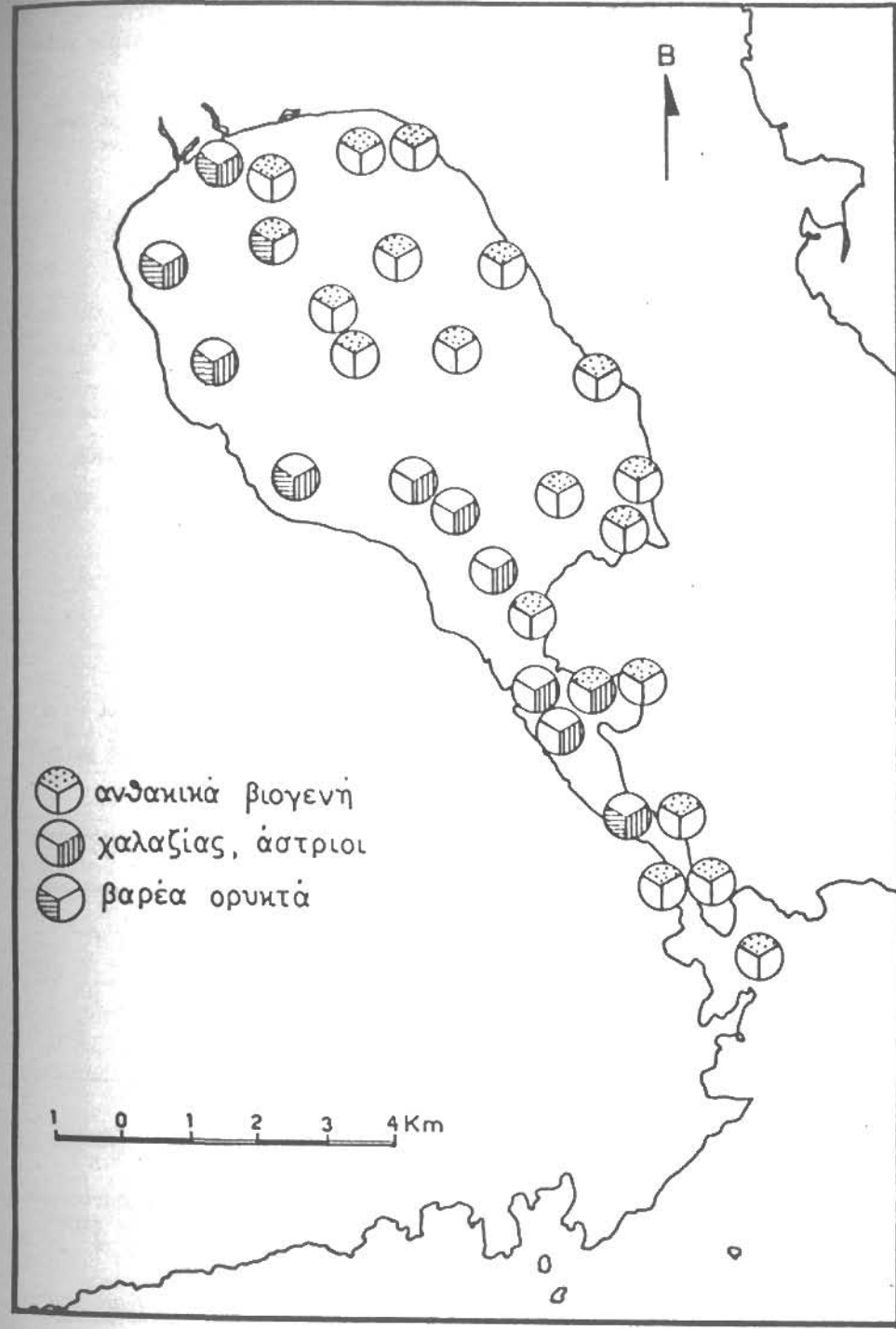
- α. Συγκρίναμε τις περιεκτικότητες των ιζημάτων σε ιχνοστοιχεία με περιεκτικότητες "προτύπων" δειγμάτων. Χρησιμοποιήσαμε για τούτο τις μεσες περιεκτικότητες των αργιλλικών σχιστολίθων σε ιχνοστοιχεία σύμφωνα με τα δεδομένα των TUREKIAN & WEDERHOL (1961). Επειδή οι μετρήσεις μας έγιναν στο κλάσμα < 2 µm, δηλ. στο αργιλλικό κλάσμα, μπορούν να συγκρι-

Πίνακας 1: Αποτελέσματα γεωχημικών αναλύσεων και σχετικούς δείκτες γεωσυσσώρευσης

Δείγμα (2 μm)	Cu		Pb		Zn		Cd		Co		Ni		Cr		Mn		Fe		Σ %	
	ppm	Igeo	ppm	Igeo	ppm	Igeo	ppm	Igeo	ppm	Igeo	ppm	Igeo	ppm	Igeo	ppm	Igeo	%	Igeo		
M1	35	0	55	1	108	0	0,15	0	39	1	378	2	585	3	1015	0	3,86	0	2,77	0,18
M2	38	0	57	1	129	0	0,12	0	39	1	371	2	590	3	977	0	4,07	0	2,30	0,18
M3	40	0	54	1	135	0	0,10	0	43	0	382	2	618	3	1232	0	4,62	0	1,86	0,17
M4	36	0	31	1	108	0	0,57	1	10	0	97	0	728	3	194	0	0,82	0	3,93	0,24
M5	52	0	84	2	154	1	0,25	0	23	0	194	1	934	3	428	0	3,33	0	3,03	0,21
M6	50	0	77	2	146	1	0,16	0	24	0	237	2	795	3	430	0	3,29	0	2,95	0,24
Θ3	53	0	92	2	165	1	0,25	0	22	0	198	1	1091	4	404	0	3,24	0	3,13	0,24
Θ6	58	0	104	2	180	1	0,35	0	22	0	214	2	1343	4	400	0	3,31	0	3,54	0,25
Θ8	59	0	86	2	164	1	0,20	0	29	1	256	2	1046	3	640	0	3,96	0	3,26	0,26
Θ9	49	0	67	2	142	0	0,15	0	30	1	286	2	712	3	694	0	3,46	0	2,81	0,19
πρότυπο	45		20		95		0,30		19		68		90		850		4,72			

Πίνακας 1.: Αποτελέσματα γεωχημικών αναλύσεων και σχετικούς δείκτες γεωσυσσώρευσης.

Plate 1.: Results of the geochemical analysis of the samples and the relative geoaccumulation indice.



Εικ. 4.: Ορυκτολογικά χαρακτηριστικά των χονδρόκοκκων φάσεων των δειγμάτων στον κόλπο της Γέρουσας.

Fig. 4.: Mineralogical characteristics of the coarse fraction from the sample in the gulf of Gerousi.

Θούν απευθείας με τις περιεκτικότητες των αργιλλικών σχιστολίθων κατά TUREKIAN & WEDEPOHL (1961).

- β. Σχηματίσαμε τον λεγόμενο δείκτη γεωσυσσώρευσης (κατά MUELLER 1985 - Geo-Akkumulations-Index, I_{geo}). Ο δείκτης γεωσυσσώρευσης είναι ένα λογαριθμικό μέτρο σύγκρισης των συγκεντρώσεων των ιχνοστοιχείων στα ιζήματα στο κλάσμα < 2 μm που δίδεται από τον τύπο :

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{B_n \times 1,5}$$

- I_{geo} = δείκτης γεωσυσσώρευσης
 log₂ = λογάριθμος με βάση το δύο
 C_n = συγκέντρωση ιχνοστοιχείων που μετρήθηκαν στο κλάσμα < 2 μm του δείγματος
 B_n = συγκέντρωση ιχνοστοιχείων σε πρότυπα δείγματα ή σε δείγματα ιζημάτων της εποχής πριν από την εμφάνιση του ανθρώπινου πολιτισμού.

Τέτοιες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων σε αργιλλικά ιζήματα θεωρούνται οι εξής :

Χαλκός	45	ppm
Μόλυβδος	20	ppm
Ψευδάργυρος	95	ppm
Κάδμιο	0,3	ppm
Κοβάλτιο	19	ppm
Νικέλιο	68	ppm
Χρώμιο	90	ppm
Μαγγάνιο	850	ppm
Σίδηρος	4,72	%

Με βάση τον τύπο που αναφέρθηκε ο δείκτης γεωσυσσώρευσης μπορεί να πάρει τις ακόλουθες τιμές και να ενταχθεί σε αντίστοιχες τάξεις (0 'έως 6), οι οποίες δείχνουν και τον βαθμό επιβάρυνσης από το αντίστοιχο ιχνοστοιχείο.

I _{geo}	I _{geo} -Τάξη	Βαθμός επιβάρυνσης
< 0	0	μη επιβαρυσμένη περιοχή
> 0-1	1	μη επιβαρυσμένη έως ελαφρά επιβαρυσμένη περιοχή
> 1-2	2	ελαφρά επιβαρυσμένη περιοχή
> 2-3	3	ελαφρά έως έντονα επιβαρυσμένη περιοχή
> 3-4	4	έντονα επιβαρυσμένη περιοχή
> 4-5	5	έντονα επιβαρυσμένη έως ρυπασμένη περιοχή
> 5	6	ρυπασμένη περιοχή

Πίνακας κατά MUELLER, 1985

Σύμφωνα με τα πιο πάνω στην υπό εξέταση περιοχή έχουμε :

Για τον χαλκό : Οι φυσικές περιεκτικότητες είναι 45 ppm και οι μετρήσεις κυμαίνονται στα όρια των φυσικών περιεκτικότητων, η δε τάξη του δείκτη γεωσυσσώρευσης είναι για όλα τα δείγματα 0 , που δείχνει μη επιβαρυσμένη σε Cu περιοχή.

Για τον Μόλυβδο : Οι φυσικές περιεκτικότητες είναι 20 ppm. Τα δείγματα που

αναλύσαμε παρουσιάζουν μια σχετικά αυξημένη περιεκτικότητα σε Pb. Η τάξη του δείκτη γεωσυσσώρευσης είναι (1) για τα δείγματα M1, M2, M3, M4 και η (2) για τα δείγματα M5, M6, M3, M4, M8, M9 (Εικ. 2), που δείχνουν περιοχή μη επιβαρυσμένη έως ελαφρά επιβαρυσμένη σε Pb στο κύριο κόλπο και ελαφρά επιβαρυσμένη στον δίαυλο. Η επιβάρυνση αυτή της περιοχής μπορεί να αποδοθεί στα βιομηχανικά απόβλητα του βυρσοδεψίου του Περάματος. Πιθανώς κατά ένα μικρό ποσοστό να συντελούν στην επιβάρυνση σε Pb και τα πετρελαιοειδή εν γένει λόγω της δραστηριότητας των πλοίων και της φορτοεκφόρτωσης πετρελαιοειδών, που γίνεται ανατολικά των Κουκουναριών.

Για τον Ψευδάργυρο, το Κάδμιο και το Κοβάλτιο : Οι φυσικές περιεκτικότητες των αργιλλικών ιζημάτων σε ψευδάργυρο είναι 95 ppm, σε Κάδμιο είναι 0,3 ppm και σε Κοβάλτιο είναι 19 ppm. Τα δείγματα που αναλύσαμε παρουσιάζουν τιμές, που κυμαίνονται στα πλαίσια των φυσικών περιεκτικότητων. Η τάξη του δείκτη γεωσυσσώρευσης είναι (0) και (1). Έτσι η περιοχή του κόλπου της Γέρας παρουσιάζεται σ'αυτά τα στοιχεία ως μη επιβαρυσμένη.

Για το Νικέλιο : Οι φυσικές περιεκτικότητες των ιζημάτων σε Νικέλιο είναι 68 ppm. Τα δείγματα που αναλύσαμε παρουσιάζουν γενικά αυξημένες τιμές για το Νικέλιο. Η τάξη του δείκτη γεωσυσσώρευσης του Νικελίου είναι (0), (1) και (2). Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε Νικέλιο παρατηρούνται στον κύριο κόλπο, ενώ στον δίαυλο έχουμε μικρότερες περιεκτικότητες. Τις αυξημένες συγκεντρώσεις σε Νικέλιο μπορούμε να αποδώσουμε στα προϊόντα διάβρωσης των περιδοτίτων, που επηρεάζουν τα ιζήματα που έχουν σαν χώρο προέλευσής τους την ΒΔ υπολεκάνη απορροής.

Για το Χρώμιο : Οι φυσικές περιεκτικότητες των αργιλλικών ιζημάτων σε Χρώμιο είναι 90 ppm. Τα δείγματα που αναλύσαμε παρουσιάζουν αυξημένες περιεκτικότητες σε Χρώμιο.

Η τάξη του δείκτη γεωσυσσώρευσης είναι η (3) και η (4), που δείχνει ότι η περιοχή είναι ελαφρά έως έντονα επιβαρυσμένη (3) και έντονα επιβαρυσμένη (4) σε Χρώμιο. Η επιβάρυνση αυτή της περιοχής σε Χρώμιο είναι η περιοχή του διαύλου. Η επιβάρυνση αυτή της περιοχής σε Χρώμιο οφείλεται κατά ένα λόγο στα προϊόντα διάβρωσης των περιδοτίτων (όπως αναφέρθηκε και για το Νικέλιο) και κατά κύριο λόγο στα βιομηχανικά απόβλητα του βυρσοδεψίου. Για την καλύτερη τεκμηρίωση του πιο πάνω συμπεράσματος σχημάτισαμε τον λόγο περιεκτικότητας του Χρωμίου προς το Νικέλιο, μια και τα δυο αυτά στοιχεία είναι προϊόντα της ίδιας διαδικασίας διάβρωσης των περιδοτιτικών σχηματισμών, που βρίσκονται στην ΒΑ κείμενη υπολεκάνη απορροής. Ο Πίνακας που ακολουθεί δείχνει αυτούς τους λόγους

θα έπρεπε οι λόγοι αυτοί να βρίσκονται για όλα τα δείγματα σε λίγο πολύ ίδιες τιμές και να συγκλίνουν προς τον λόγο Χρώμιο/Νικέλιο από τα πρότυπα δείγματα κατά TUREKIAN & WEDEPOHL (1961).

Δείγμα	Cr/Ni
M1	1,54
M2	1,59
M3	1,61
M4	7,50
M5	4,81
M6	3,35
03	5,50
06	6,27
08	4,08
09	2,78
Προτυπο δείγμα	1,31

Παρατηρούμε πραγματικά ότι οι λόγοι των δειγμάτων του κυρίως κόλπου (συγκρίνε με Εικ. 2) δεν αποκλίνουν πολύ από τα πρότυπα δείγματα, ενώ αντιθέτως οι λόγοι των δειγμάτων του διαύλου παρουσιάζονται κατά πολύ αυξημένοι. Τούτο πιστοποιεί ακριβώς την ύπαρξη ανθρωπογενούς επιβάρυνσης της περιοχής με Χρώμιο. Η επόμενη Εικόνα (Εικ. 5) μας δίνει σε τριγωνική αποτύπωση την σχέση των στοιχείων Cr, Ni, Mn τόσο στα δείγματα της υπο εξέταση περιοχής όσο και "πρότυπων" δειγμάτων αργιλλικού σχιστόλιθου και υπερβασικού πετρώματος (περιδοτίτου). Είναι εμφανής η διαφοροποίηση της περιοχής του κυρίως κόλπου, που βρίσκεται μεταξύ των "πρότυπων" αργιλλικού σχιστόλιθου και υπερβασικού πετρώματος, από την περιοχή του διαύλου που πλησιάζει την κορυφή του Χρώμιου.

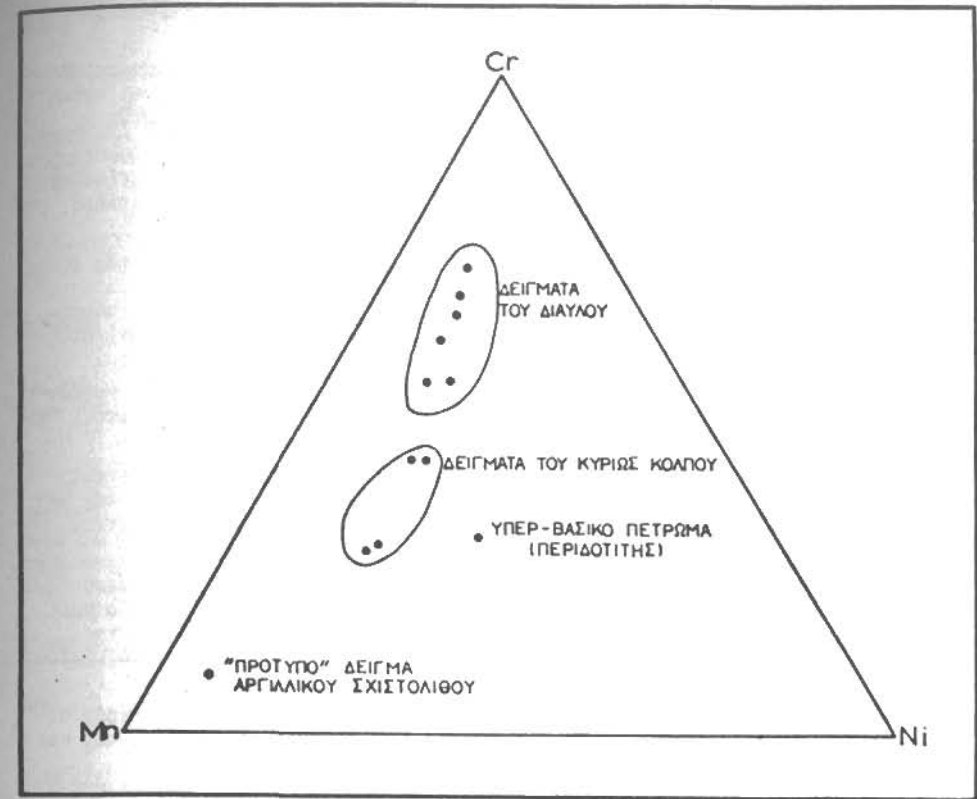
Για το Μαγγάνιο και το Σίδηρο : Οι φυσικές περιεκτικότητες των αργιλλικών ιζημάτων σε Μαγγάνιο και Σίδηρο είναι 850 ppm και 4,72% αντιστοίχως.

Τα δείγματα που αναλύθηκαν παρουσιάζουν τιμές που βρίσκονται μέσα στα φυσικά πλαίσια. Η τάξη του δείκτη γεωσυσσώρευσης είναι η (0), που δείχνει ότι η περιοχή δεν είναι επιβαρυνμένη σε Μαγγάνιο και Σίδηρο.

Ο οργανικός άνθρακας και το άζωτο : Ως προς την κατανομή του οργανικού άνθρακα και του αζώτου διαφοροποιείται η περιοχή :

- στον κυρίως κόλπο με τιμές οργανικού άνθρακα από 1,85% έως 2,81% και τιμές αζώτου από 0,17% έως 0,19%.
- στον δίαυλο με τιμές οργανικού άνθρακα από 2,95% έως 3,93% και τιμές αζώτου από 0,21% έως 0,26%.

Σύμφωνα με την κοκκομετρική σύσταση των ιζημάτων στον δίαυλο δεν έπρεπε να υπάρχουν αυξημένες περιεκτικότητες σε οργανικό άνθρακα και άζωτο. Επίσης οι συνθήκες κυκλοφορίας των νερών δεν ευνοούν συσσώρευση φυσικού οργανικού υλικού. Ως εκ τούτου η επιβάρυνση της περιοχής του διαύλου σε οργανικό υλικό και άζωτο μπορεί μόνο να αποδοθεί στα βιομηχανικά απόβλητα του βυρσοδεψίου.



Εικ. 5.: Αποτύπωση της σχέσης των στοιχείων Cr, Ni, Mn. Διαφοροποιούνται σαφώς τα δείγματα του κυρίως κόλπου από τα δείγματα του διαύλου.

Fig. 5.: Relation between the elements Cr, Ni, Mn. Note the characteristic differentiation of the main gulf samples in relation to the channel samples.

Τα ιζημάτα στον κόλπο της Γέρας (όπως και γενικά σε κάθε χώρο απόθεσης) είναι το μέσον στο οποίο αποτυπώνονται και τεκμηριώνονται τόσο οι φυσικές διεργασίες του ευρύτερου χώρου, όσο και οι ανθρωπογενείς επιδράσεις.

Η ρηγματογόνος νεοτεκτονική εξέλιξη της περιοχής της ΝΑ Λέσβου σχημάτισε δια του κύριου συστήματος των ρηγμάτων, κατεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, μια τεκτονική τ'αφρο, που επικλύστηκε από τη θάλασσα και έδωσε την δημιουργία του κόλπου της Γέρας.

Η μορφολογία της περιοχής, αποτέλεσμα και αυτή των νεοτεκτονικών διεργασιών, οριοθετεί δια της λεγόμενης υδροκρητικής γραμμής το σχετικά "κλειστό" σύστημα μέσα στο οποίο λαμβάνουν χώρα όλες οι φυσικές διεργασίες που επηρεάζουν την ιζηματογένεση (την διαδικασία προσφοράς και απόθεσης ιζημάτων) στο κόλπο της Γέρας.

Στον κόλπο της Γέρας φτάνουν μέσω του υδρογραφικού δικτύου τα προϊόντα της αποσάθρωσης των πετρωμάτων της λεκάνης απορροής (αλλόχθονα υλικά, υλικά χερσογενούς προέλευσης).

Στον κόλπο της Γέρας αποτίθενται επίσης υλικά τα οποία προέρχονται από τον ίδιο τον κόλπο (αυτόχθονα υλικά). Αυτά είναι κυρίως τα κελύφη και γενικά τα "σκληρά μέρη" οργανισμών, που ζουν στην θάλασσα (τόσο πλαγκτονικοί και ηκτικτοί οργανισμοί, όσο και/κυρίως βενθονικοί οργανισμοί).

Στον κόλπο της Γέρας αποτίθενται και υλικά ανθρωπογενούς προέλευσης, τόσο μέσω του υδρογραφικού δικτύου - απόβλητα ελαιολιπιδίων κυρίως αλλά και υπολείμματα λιπασμάτων και ζιζανιοκτόνων της γεωργικής δραστηριότητας της περιοχής - όσο και από κατευθείαν απόρριψη στον κόλπο - απόβλητα βυροδεψείου του Περάματος κυρίως, καθώς και πετρελαιοειδή από τα πλοία.

Στα πετρώματα που περιλαμβάνονται στην λεκάνη απορροής επικρατούν οι σχιστόλιθοι και τα μάρμαρα διαφόρων ηλικιών και ακολουθούν οι περιδοτίτες και οι βασάλτες.

Η αποσάθρωση (φυσική αλλά/και κυρίως χημική) αυτών των πετρωμάτων, υπο τις συνθήκες του μεσογειακού και σχετικά θερμού κλίματος της περιοχής, δίδει κατά κύριο λόγο τα εξής προϊόντα: Ιλλίτη, Μοντοριλονίτη, Κοσλινίτη, Χλωρίτη, Αστριους, Χαλαζία.

Στα προϊόντα αποσάθρωσης ανήκουν επίσης και διάφορες ενώσεις οξειδίων και υδροξειδίων του σιδήρου, πλούσιων σε ιχνοστοιχεία Ni, Cr, κλπ που σχηματίζονται χαρακτηριστικά από την αποσάθρωση των περιδοτιτών.

Τα προϊόντα αυτά της αποσάθρωσης φτάνουν στη θάλασσα μέσω του υδρογραφικού δικτύου, που χωρίζεται μάλιστα σε δυο υπολεκάνες αιώμροης, μια ΒΔ με εμφανή επίδραση της αποσάθρωσης των περιδοτιτών και μια κεντρο-δυτική.

Τα υλικά αυτά αφού φτάσουν στον κόλπο της Γέρας, αναλογα με την υδροδυναμική κατάσταση του κόλπου ταξινομούνται και οδηγούνται σε αποθέσεις. Αποτίθενται μαζί με το αυτόχθονο υλικό σαν ιζημάτα στον τελικό αποδέκτη που είναι ο κόλπος της Γέρας.

Ο κόλπος της Γέρας χαρακτηρίζεται στον δυτικό κυρίως κόλπο από την επικράτηση ιζημάτων χερσογενούς προέλευσης, στον ανατολικό κυρίως κόλπο και στον δίαυλο από την επικράτηση ιζημάτων βιογενούς προέλευσης (αυτόχθονα).

Οι γεωχημικές αναλύσεις για σειρά στοιχείων, που κυρίως για λόγους συγκρισιμότητας έγιναν στο κοκκομετρικό κλάσμα < 2 μm, έδειξαν τα εξής:

Για τα στοιχεία Cu, Zn, Cd, Co, Mn, Fe έχουμε συγκεντρώσεις που βρίσκονται στα πλαίσια των φυσικών περιεκτικότητων. Για τα στοιχεία Pb, Ni, Cr, καθώς και για τον οργανικό άνθρακα και το άζωτο, έχουμε συγκεντρώσεις που ξεπερνούν τις φυ-

σικές περιεκτικότητες.

Η αυξημένη περιεκτικότητα των ιζημάτων σε Ni, καθώς και ένα μέρος του Cr, αποδίδονται στα προϊόντα διάβρωσης των περιδοτιτών.

Στις αυξημένες συγκεντρώσεις Cr, Pb, οργανικού άνθρακα και αζώτου έχει συντελέσει ο ανθρωπογενής παράγοντας. Ο δείκτης γεωσυσσώρευσης για το χρώμιο δείχνει ότι η περιοχή του κόλπου της Γέρας είναι ελαφρά έως έντονα επιβαρυνμένη στον κυρίως κόλπο και έντονα επιβαρυνμένη στον δίαυλο.

Ο δείκτης γεωσυσσώρευσης για τον μόλυβδο δείχνει μια μη επιβαρυνμένη ως ελαφρά επιβαρυνμένη περιοχή στον κυρίως κόλπο και μια ελαφρά επιβαρυνμένη περιοχή στον δίαυλο.

Ο οργανικός άνθρακας και το άζωτο παρουσιάζονται επίσης αυξημένα στα ιζημάτα του δίαυλου.

Οι επιβαρύνσεις του δίαυλου με συσσωρευμένο Cr, Pb, οργανικό άνθρακα και άζωτο οφείλονται στην ανθρωπογενή επίδραση και αποδίδονται στην επι σειρά ετών λειτουργία του βυροδεψείου του Περάματος.

Η αντίστροφη διεργασία της "αποσυσσώρευσης" των ιζημάτων από τα πιο πάνω στοιχεία είναι μια μακρόχρονη διαδικασία. Η ιζηματογένεση στην περιοχή του δίαυλου συντελείται μάλλον με αργό ρυθμό (κυρίως λόγω ύπαρξης ρευμάτων) και έτσι τα επιβαρυνμένα ιζημάτα θα αποτελέσουν για αρκετό ακόμα χρόνο ένα σχετικά ακατάλληλο υπόστρωμα διαβίωσης και διατροφής των βενθονικών οργανισμών, σημαντικού κρίκου της βιολογικής αλυσίδας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- MUELLER, G. 1985: Unseren fluessen geht's wieder besser. Bild der Wissenschaften, 10, S. 75-97, Stuttgart.
- TUREKIAN, K.K. & K.H. WEDEPOHL 1981: Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. Bull. Geol. Soc. Amer., 72, S. 175.