

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <http://www.researchgate.net/publication/272827764>

# Τρισδιάστατη μοντελοποίηση της ρηγματογόνου τεκτονικής και χαρτογραφική απεικόνιση των σπογγοαποικιών του Φαραγγιού της Ίμπρου, ΝΔ. Κρήτη

CONFERENCE PAPER · NOVEMBER 2004

---

READS

16

2 AUTHORS, INCLUDING:



[Emmanouil Manoutsoglou](#)

Technical University of Crete

94 PUBLICATIONS 171 CITATIONS

SEE PROFILE

## Τρισδιάστατη μοντελοποίηση της ρηγματογόνου τεκτονικής και χαρτογραφική απεικόνιση των σπογγοαποικιών του Φαραγγιού της Ίμπρου, ΝΔ. Κρήτη

*Μανουτσόγλου Εμμανουήλ<sup>1</sup>, Σπυρίδωνος Ευάγγελος<sup>2</sup>*

1. Τομέας Μεταλλευτικής Τεχνολογίας – Γενική Γεωλογία, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, [emanout@diamond.mred.tuc.gr](mailto:emanout@diamond.mred.tuc.gr)
2. Τομέας Δυναμικής-Τεκτονικής-Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, [vangelis@zedat.fu-berlin.de](mailto:vangelis@zedat.fu-berlin.de)

### Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται σύντομα η μέθοδο της τρισδιάστατης ψηφιακής γεωλογικής χαρτογράφησης. Αναλύεται η μέθοδος της κατασκευής του τρισδιάστατου ψηφιακού γεωμετρικού ομοιώματος της περιοχής έρευνας και στην συνέχεια το ψηφιακό ομοίωμα του ρηγματογόνου ιστού στην περιοχή. Για την μεταφορά του χρησιμοποιήθηκαν επιπρόσθετα στα υπάρχοντα στοιχεία για την περιοχή αυτή, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από λεπτομερή μελέτη της λιθοστρωματογραφικής διάρθρωσης και της τεκτονικής εξέλιξης των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της Ομάδας των Πλακωδών Ασβεστολίθων όχι μόνο στην περιοχή μελέτης, αλλά στην ευρύτερη περιοχή της νοτιοδυτικής Κρήτης.

Η χαρτογραφική απεικόνιση των σπογγοαποικιών, που είναι ευρύτατα διαδεδομένες στα μεταμορφωμένα πετρώματα της Ομάδας των Πλακωδών Ασβεστολίθων που, με τα επίσης μεταμορφωμένα ανθρακικά της Ενότητας του Τρυπαλίου, δομούν την περιοχή, εξυπηρετεί πολλαπλούς σκοπούς: ερευνητικά ο τρόπος και το εύρος εξάπλωσης τους αποτελεί το αναγκαίο υπόβαθρο για την ερμηνεία του παλαιογεωγραφικού χώρου δημιουργίας τους, πρακτικά δε, μπορεί να αποτελέσει τον πόλο έλξης τουριστικού ρεύματος αφού μπορεί να αποτελέσει ένα φυσικό «νέο τουριστικό προϊόν», που έχει ανάγκη η τουριστική βιομηχανία.

### Abstract

In this work the method of 3D digital geological mapping is briefly presented. The construction method of a 3D digital model of the study area is analysed and especially the simulation of the fault fabric in the region. For the model construction, besides the existing geological data for this region, the results from the detailed study of the lithostratigraphic structure and tectonic development of the metamorphic rocks of the Plattenkalk Group in the wider region of south-western Crete were used.

The cartographic presentation of sponges colonies, that are widely spread in the metamorphic rocks of the Plattenkalk Group and the metamorphic carbonatic rocks of the Trypali Unit, which built the region, serves multiple aims: for geologists, the way and the

extent of spread of the sponge colonies constitute the necessary background for the interpretation of their Palaeogeographic environment. For the Tourist Industry, it can become the pole of attraction of tourists, since it can be a natural "new tourist product".



## 1. Εισαγωγή

Στην νέα χιλιετία, αναλύοντας την έννοια του περιβάλλοντος, φτάνουμε στο απλό συμπέρασμα ότι η αξία του εξαρτάται άμεσα από την γνώση και την συνειδητοποίηση της μοναδικότητας του συνόλου του: του έμβιου και αβιοτικού τμήματος του, μέσα στο οποίο δεσπόζουν τα έργα της ανθρωπογενούς δραστηριότητας. Η εκλαϊκευμένη, απλοποιημένη, γενικά αποδεκτή και "ώριμη" επιστημονική γνώση, που προέρχεται από διαδικασία της έρευνας, μπορεί και πρέπει να συμβάλει μέσα από κάθε μορφής πληροφόρησης, στην προσπάθεια αυτή.

Ενώ ο κλάδος των βιολογικών επιστημών έχει πετύχει στην χώρα μας υψηλά επίπεδα στον χώρο της προστασίας του περιβάλλοντος (προστατευόμενα εθνικά πάρκα, δρυμοί, υδροβιότοποι κ.τ.λ.) η έννοια του γεωλογικού περιβάλλοντος, του αβιοτικού αυτού υποβάθρου, είναι σχεδόν άγνωστη στην πλειονότητα του κοινωνικού συνόλου, με σημαντική παράβλεψη του γεγονότος ότι όλες οι φυσικές ομορφιές (παραλίες, φαράγγια, ποτάμια, λίμνες αλλά και αυτές που προστατεύονται όπως δρυμοί, υδροβιότοποι κτλ.) είναι το τωρινά παρατηρούμενο αποτέλεσμα συνεχιζόμενων, μακροχρόνιων και πολύπλοκων γεωλογικών διεργασιών. Πάνω από το 70% των πετρωμάτων της Κρήτης, του γεωλογικού αυτού υποβάθρου, ανήκουν σε μια ακολουθία που είναι γνωστή στη διεθνή γεωεπιστημονική βιβλιογραφία σαν Πλακώδεις Ασβεστόλιθοι. Την ονομασία αυτή την εισήγαγε το 1903 ένας έλληνας επιστήμονας [1] στην πραγματεία του "Sitia, die Osthalbinsel Kretas" (Σητεία, η ανατολική χερσόνησος της Κρήτης), η οποία γράφτηκε στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων του τότε Ινστιτούτου Θαλασσιών Ερευνών του Βερολίνου. Με τον όρο αυτό περιέγραψε την ακολουθία των μεταμορφωμένων ασβεστολίθων, δηλ. μαρμάρων, που απαντώνται και δομούν όχι μόνο τη Χερσόνησο της Σητείας, αλλά ολόκληρη τη νήσο και η οποία εμπεριέχει λεπτές ενδιαστρώσεις, φακούς και κονδύλους ακανόνιστου σχήματος πυριτικού υλικού, που ονομάζονται κερατόλιθοι.

Για πάνω από 90 χρόνια οι γεωεπιστήμονες θεωρούσαν ότι, όπως και οι ασβεστόλιθοι, οι κερατόλιθοι που συναντώνται στην Κρήτη είναι ανόργανης προέλευσης και δημιουργήθηκαν σε βάθη μεγαλύτερα από 1.000 μέτρα, στον πυθμένα του ωκεανού της Τηθύος. Η επιστημονική αυτή άποψη για την προέλευση και δημιουργία των κερατολίθων ανατράπηκε σχετικά πρόσφατα αφού όπως αποδείχθηκε, ένα μεγάλο μέρος των κερατολίθων της Κρήτης είναι οργανικής προέλευσης και συγκεκριμένα είναι υπολείμματα μεταμορφωμένων πυριτιοσπόγγων (Lithistidae Demospogiae). Οι οργανισμοί αυτοί που ζούσαν και ζουν σε παράκτιες και υφαλοκρηpidικές περιοχές έχουν σκελετό που αποτελείται από σπογγοβελόνες πυριτικής σύστασης. Συνήθως μετά το θάνατο και την αποσύνθεση του οργανισμού οι σπογγοβελόνες διαλύονται και διαλυτοποιούνται από το θαλασσινό νερό. Σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις, όπως εδώ στην Κρήτη, ο αρχικός ιστός του σπόγγου διατηρήθηκε με τη διεργασία της απολίθωσης. Οι αποικίες που σχημάτιζαν οι πυριτιόσπογγοι εμφανίζονται σε ορισμένες θέσεις των ορεινών περιοχών της Κρήτης και η χωρική κατανομή τους επηρεάζεται άμεσα τόσο από την αρχική τους παλαιογεωγραφική εξάπλωση

όσο και από την δράση της τεκτονικής που κατακερμάτισε τον αρχικά ενιαίο χώρο εξάπλωσης τους. Πρωταρχικός στόχος της εργασίας αυτής αποτελεί η χαρτογραφική απεικόνιση της χωρικής κατανομής των πετρωμάτων που εμπεριέχουν απολιθωμένες σπογγοαποικίες της Ομάδας των Πλακωδών Ασβεστολίθων στην ευρύτερη περιοχή μέσα και γύρω από το φαράγγι της Ίμπρου που εξυπηρετεί πολλαπλούς σκοπούς: ερευνητικά, ο τρόπος και το εύρος εξάπλωσης τους παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για την ερμηνεία του παλαιογεωγραφικού χώρου δημιουργίας τους, πρακτικά δε, μπορεί να αποτελέσει τον πόλο έλξης τουριστικού ρεύματος αφού μπορεί να αποτελέσει ένα φυσικό «νέο τουριστικό προϊόν», που έχει ανάγκη η τουριστική βιομηχανία. Απώτερος δε στόχος αυτού αποτελεί η συρραφή και παρουσίαση των υπάρχοντων στοιχείων στη ευρύτερη επιστημονική κοινότητα που σκοπεύουν στην τεκμηρίωση της άποψης ότι είναι ελλιπής η αιεφόρος διαχείριση τέτοιων περιοχών όταν ο πρώτιστος, γεωλογικός παράγοντας, παραμένει υποβαθμισμένος.

## **2. Γεωλογικά δεδομένα**

### **2.1 Γενικά**

Η Κρήτη έχει μια πολύπλοκη γεωλογική δομή αντιπροσωπευτική των πολύπλοκων τεκτονομεταμορφικών διαδικασιών του Αλπικού Ορογενετικού Κύκλου στον χώρο της Ανατολικής Μεσογείου. Χαρακτηριστικό της δομής της είναι η καλυμματική τοποθέτηση τεκτονικών ενοτήτων που αποτελούν λιθοστρωματογραφικές ομάδες πετρωμάτων που διαφέρουν όχι μόνο στην αρχική τους παλαιογεωγραφική προέλευση και εξάπλωση, αλλά και στη σύσταση και τον βαθμό μεταμόρφωσης. Στην πάροδο των ετών οι διάφορες ερευνητικές ομάδες αλλά και μεμονωμένοι ερευνητές, στην προσπάθεια τους να καταγράψουν και να περιγράψουν συστηματικά τις ιδιομορφίες των διαφόρων αυτών ενοτήτων που δομούν την νήσο, εισήγαγαν έναν πολύ μεγάλο αριθμό ονοματολογιών. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος προτάθηκε ο όρος Ομάδα των Πλακωδών Ασβεστόλιθων (Plattenkalk-Gruppe), για την τεκτονικά κατώτερη ενότητα, μετά από την συρραφή εργασιών όπου τεκμηριώθηκε η αναγκαιότητα της εισαγωγής μιας ενιαίας ονοματολογίας βασισμένης σε λιθοστρωματογραφικά κριτήρια [2]. Τα πετρώματα της Ομάδας αυτής δομούν τους κύριους ορεινούς όγκους του νησιού. Τα παλαιότερα σε ηλικία πετρώματα βρίσκονται, σε ανάστροφη στρωματογραφικά θέση, στα Ταλλαία Όρη της κεντρικής Κρήτης, αποτελούμενα από τους ανθρακικούς-κλαστικούς σχηματισμούς των Φόδελε και Σίσσες, που με την βοήθεια απολιθωμάτων (τρηματοφόρα, βρυόζωα, φύκη και κωνόδο-ντα) χρονολογήθηκαν ηλικίας Ανωτέρου Πέρμιου. Σαν το παλαιότερο τμήμα των σχηματισμών αυτών περιγράφηκαν οι σχιστόλιθοι του Γαληνού που εξαιτίας μιας πολύ πλούσιας απολιθωμένης πανίδας και χλωρίδας τοποθετήθηκαν χρονικά στο όριο Ανώτερου Λιθανθρακοφόρου και Πέρμιου. Προς το υπερκείμενο, μετά από ένα στρωματογραφικό κενό από το Ανίσιο μέχρι το Κάρνιο ακολουθεί μια μεγάλου πάχους ακολουθία στρωματολιθικών δολομιτών που τα κατώτερα τμήματα της χρονολογήθηκαν Λιασίου ηλικίας, στην συνέχεια βρίσκεται η γνωστή ανθρακική ακολουθία των εναλλασσόμενων πλακωδών ασβεστόλιθων με κερατολίθους, από όπου και προήλθε και η ονοματολογία της Ομάδας των πετρωμάτων αυτών και τέλος η ακολουθία του Καλαβρού, ένας κλαστικός σχηματισμός που διαφέρει εντελώς από τον φλύσχη των δυτικών Ελληνίδων. Στην βάση

του βρέθηκαν τρηματοφόρα ηλικίας Κάτω Ολιγόκαινου. (Αναλυτική βιβλιογραφία στην εργασία [3]). Για δεκαετίες όμως η μεγάλου πάχους ανθρακική ακολουθία, οι τυπικοί πλακώδεις ασβεστόλιθοι, θεωρήθηκε σχεδόν αζωική, μιας και βρέθηκαν ελάχιστα απολιθώματα. Έχει όμως ήδη αποδειχθεί [4], ότι ένα μεγάλο μέρος των κερατολιθικών ενδιαστρώσεων και κονδύλων της μεταμορφωμένης Ομάδας των Πλακωδών Ασβεστολίθων που δομεί και εμφανίζεται στην Πελοπόννησο και Κρήτη είναι οργανικής προέλευσης και συγκεκριμένα είναι μεταμορφωμένα υπολείμματα πυριτιοσπόγγων ή σπογγοαποικιών. Οι σπόγγοι σχηματίζοντας εκτεταμένες αποικίες δέσμευσαν και πρόσφεραν το απαραίτητο πυριτικό υλικό για την δημιουργία διαγενετικά δεκάδων μέτρων πυριτικής σύστασης πετρωμάτων. Παρότι μετά το Ολιγόκαινο το σύνολο των πετρωμάτων της Ομάδας αυτής υποβυθίστηκαν, μεταμορφώθηκαν και στην συνέχεια αναδύθηκαν, ένα μεγάλο μέρος των σπόγγων διατήρησε την εξωτερική τους μορφή και υπολείμματα της εσωτερικής δομής, από όπου και αναγνωρίστηκαν. Πως σχετίζονται όμως οι σπόγγοι με τα πετρώματα;

### 3. Σπόγγοι και σπογγοαποικίες

Οι σπόγγοι είναι απλοί σε οργάνωση ζωικοί οργανισμοί. Αρχικά θεωρήθηκαν μία ξεχωριστή ομάδα οργανισμών μεταξύ των ζώων και των φυτών (Φυτόζωα). Σήμερα, αν και η καταγωγή τους παραμένει ακόμα αβέβαιη, θεωρείται ότι έχουν προκύψει από τα Μαστιγοφόρα και πιστεύεται ότι αποχωρίστηκαν πολύ νωρίς από την κύρια εξελικτική πορεία των Μεταζώων, χωρίς όμως να δώσουν πιο εξελιγμένες μορφές ζώων. Ακριβώς εξαιτίας της απομονωμένης φυλογενετικής τους θέσης διακρίνονται από τα άλλα πολυκύτταρα ζώα (Eumetazoa) και τοποθετούνται σε ένα ξεχωριστό υποβασίλειο (Parazoa). Είναι επίσης οι απλούστεροι μετά τα Πλακόζωα (Placozoa). Ένα από τα πρώτα και σημαντικότερα ερωτήματα που δημιουργήθηκαν κατά τη μελέτη των σπόγγων, εξ αιτίας της δομής τους, ήταν και το αν αποτελούν μεμονωμένα άτομα ή αποικίες. Σήμερα έχει αποδειχθεί ότι κάθε σπόγγος είναι ένα ξεχωριστό άτομο, αφού όλη η μάζα του περιβάλλεται από ένα κοινό πινακόδερμα [5] και σχηματίζουν αποικίες. Έχουν καταγραφεί πάνω από 5000 περίπου είδη σπόγγων, από τα οποία, μόνο τα 150 περίπου ζουν σε γλυκά νερά ενώ όλα τα υπόλοιπα ζουν στη θάλασσα. Η σημασία των σπόγγων στη λειτουργία του θαλάσσιου οικοσυστήματος είναι σημαντική, κυρίως λόγω της θέσης τους στο τροφικό πλέγμα. Είναι βασικά διηθηματοφάγοι οργανισμοί, αλλά πολλά είδη μπορούν να καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες διαλυμένης οργανικής ύλης με τη βοήθεια συμβιωτικών βακτηρίων. Πολλά από τα είδη σπόγγων, που ζουν σε μικρά σχετικά βάθη, συμβιών με κυανοφύκη ή ζωοξανθέλες και με τον τρόπο αυτό συμβάλλουν στη φωτοσυνθετική πρωτογενή παραγωγή. Αποτελούν επίσης τροφή για πολλά είδη ασπόνδυλων και σε μικρότερο βαθμό για ορισμένα είδη ψαριών. Τέλος, οι σπόγγοι συμβάλλουν με την αποικοδόμηση τους στην ανακύκλωση της οργανικής ύλης καθώς επίσης και στη διεργασία της διάβρωσης του υποστρώματος (βιοδιάβρωση). Η μελέτη των σπόγγων άρχισε στα μέσα του 19ου αιώνα με στόχο αρχικά τη γνώση της μορφολογίας τους και αργότερα της συστηματικής, της εξέλιξης και της οικολογίας τους. Τα τελευταία χρόνια άρχισαν να αποτελούν αντικείμενο εντατικής έρευνας και από κυτταρολογική, οικοφυσιολογική και βιοχημική άποψη.

Το φύλο των σπόγγων, σύμφωνα με μια αναθεωρημένη συστηματική των σπόγγων περιλαμβάνει 4 κλάσεις: τα Calcarea (ασβεστόσπογγοι), τα Demospongiae (δημόσπογγ-

γοι), τα Hexactinellida (υαλόσπογγοι) και τα Sclerospongiae (σκληρόσπογγοι), που διακρίνονται μεταξύ τους κύρια από τη σύσταση και την δομή του σκελετικού τους ιστού [6]. Οι δημόσπογγοι, αποτελούν το 95% του συνόλου των σπόγγων. Σπόγγους μπορεί να συναντήσει κανείς σε όλα τα θαλάσσια οικοσυστήματα από τις παγωμένες πολικές περιοχές μέχρι και τους τροπικούς. Αν και έχουν τόσο ευρεία εξάπλωση οι γνώσεις μας για την ομάδα αυτή των ζώων σε σύγκριση με πολλές άλλες είναι πολύ περιορισμένες. Εκτός από το γεγονός ότι το μεγαλύτερο ποσοστό τους ζει σε περιοχές βαθύτερες της ελεύθερης κατάδυσης δίχως ειδικό πανάκριβο εξοπλισμό, ο κυριότερος λόγος της έλλειψης γνώσης είναι η πολύ μικρή τους οικονομική σημασία, η οποία και τους έσωσε από την ασύδοτη οικονομική εκμετάλλευση. Μέχρι των ημερών μας εκτός από τα σφουγγάρια καθαριότητας (*Spongia officinalis* και *Hippospongia communis*) η αξία όλων των άλλων ειδών παρέμεινε καθαρά επιστημονική. Ακόμη και σε αυτό το πεδίο οι σπόγγοι δεν βρήκαν πολλούς υποστηριχτές για συγκεκριμένους λόγους. Σε σύγκριση πάντα με άλλους οργανισμούς, φυτικούς και ζωικούς οι σπόγγοι απολιθώθηκαν σπανιότερα. Κατά δεύτερο λόγο οι σπόγγοι ως προς την εξελικτική τους πορεία μπορούν να χαρακτηριστούν συντηρητικοί οργανισμοί. Οι λόγοι αυτοί οδήγησαν στο να νεκρωθεί στις αρχές του 20ου αιώνα το ενδιαφέρον που εκδηλώθηκε στα τέλη του προηγούμενου. Μέχρι την δεκαετία του 70 υπήρχαν μια μικρή μόνο ομάδα από επιστήμονες, κυρίως θαλάσσιοι βιολόγοι και ελάχιστοι παλαιοντολόγοι, που ασχολούνταν με την ομάδα αυτήν. Από την δεκαετία του 80 παρατηρείται μια βαθμιαία σταδιακή αύξηση του αριθμού των ενασχολούμενων επιστημόνων, η οποία οδήγησε σε μια πραγματική έκρηξη ενδιαφέροντος από την δεκαετία του 90 όπως φαίνεται από την τρομαχτική αύξηση των σχετικών επιστημονικών δημοσιευμάτων. Το αίτιο για την θετική αυτήν στροφή είναι διττό. Στον μεν χώρο της Παλαιοντολογίας ήταν ήδη γνωστός, αλλά υποτιμημένος, ο καθοριστικός ρόλος συμμετοχής των οργανισμών αυτών στην δημιουργία σημαντικών σπογγιολιθικών ακολουθιών και βιοεργμάτων. Η σημαντική στροφή που παρατηρήθηκε τις τελευταίες δεκαετίες έγκειται στον γεγονός της συνειδητοποίησης του παλαιοοικολογικού ρόλου των οργανισμών αυτών. Μια δεύτερη κινητήρια δύναμη είναι το ενδιαφέρον που δείχνει τα τελευταία χρόνια για την ομάδα αυτή των πρωτόγονων ζώων η Ιατρική και οι Φαρμακοβιομηχανίες. Για να επιβιώσουν στις αντίξοες συνθήκες της ακινησίας του πολυπληθούς βενθονικού κόσμου παράγουν μια σειρά χημικών ουσιών, που τις χρησιμοποιούν για την άμυνά τους. Οι ουσίες αυτές, κατά το πλείστον τοξικές, που επιδρούν σε άλλους οργανισμούς με διάφορους τρόπους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα ή έμμεσα από την μάχη κατά του καρκίνου, του AIDS, σε χειρουργικές επεμβάσεις μετα-μοσχευμάτων, μέχρι παρασκευή φαρμάκων για την προστασία φυτών. Οι σχετικές έρευνες έχουν δώσει ήδη τα πρώτα σημαντικά αποτελέσματα [7].

### 3.1 Σπογγοαποικίες στο χώρο της Τηθύος

Μετά την τεκτονική αναδιάταξη στον χώρο της Τηθύος στα όρια Πέρμιου/Τριαδικού, ήδη από το Ανώτερο Τριαδικό αλλά κυρίως στη διάρκεια του Ανώτερου Ιουρασικού, κατά μήκος της υφαλοκρηπίδας που οριοθετούσε το βόρειο όριο του θαλάσσιου χώρου της Τηθύος και εκτεινόταν από τις σημερινές περιοχές της Ρουμανίας μέχρι την Ιβηρική χερσόνησο, καταγράφηκε μια σημαντική εξάπλωση υφάλων. Οι ύφαλοι αυτοί αναπτύχθηκαν σε διαφορετικά γεωλογικά περιβάλλοντα από εσωτερική πλατφόρμα ανθρακικής ιζηματογένεσης μέχρι και εσωτερικό ήβωμα (σχ. 1).



**Σχήμα 1.** Εμφανίσεις φάσεων πυριτιοσπόγγων του Ανωτέρου Ιουρασικού στον Ευρωπαϊκό χώρο (από Leinfelder et al. [8]).

Οι ακραίες φάσεις των υφαλογόνων μακροοργανισμών που δόμησαν τις αποικίες αυτές μπορούν να ταξινομηθούν στα ακραία μέλη: φάσεις κοραλλιών και σπόγγων. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που καθόρισαν την κατά τόπους διαφορετική φασική σύνθεση των υφάλων ήταν: ο βαθμός αλατότητας και η θερμοκρασία του θαλασσινού νερού, η ύπαρξη ή μη ρευμάτων, το είδος και η ταχύτητα ιζηματογένεσης στην περιοχή και οι διακυμάνσεις του διαλυμένου οξυγόνου. Βαθυμετρικές παρατηρήσεις που στηρίχτηκαν σε αναλύσεις επάλληλων κύκλων ιζηματογένεσης, που πραγματοποιήθηκαν σε περιοχές που εμφανίζονται μη μεταμορφωμένες αποικίες, έδειξαν ότι υπήρξε φασική κατανομή αποικιών σε συνάρτηση με το βάθος εμφάνισής τους: σε πολύ μικρά βάθη εμφανίζονται οι αποικίες κοραλλιών, σε ενδιάμεσα βάθη οι ύφαλοι δομούνται από αναμειγμένες αποικίες κοραλλιών και σπόγγων και στα μεγαλύτερα βάθη που οριοθετούν το περιθώριο της υφαλοκρηπίδας υπερτερούν οι αποικίες πυριτιοσπόγγων. Χαρακτηριστικό γνώρισμα της φάσης των πυριτιοσπόγγων είναι η ευαίσθητη ισορροπία που παρατηρείται μεταξύ της βιογενούς και αβιοτικής φασικής κατάστασης. Συνήθως μετά τον θάνατο των οργανισμών το οργανικό τμήμα τους αποδομείται και το σκελετικό βιογενετικό πυριτικό υλικό διαλυτοποιείται στο θαλασσινό νερό. Σπανιότερα όχι μόνο το σκελετικό υλικό αλλά ολόκληροι σπόγγοι μπορεί να διατηρηθούν και να απολιθωθούν. Βασική προϋπόθεση που επιτρέπει την διατήρηση της μορφής και της δομής των οργανισμών αυτών είναι η ταχύτατη κάλυψη τους με ιζήματα, που απότρεψαν τις διεργασίες αποδόμησης του οργανικού και διαλυτοποίησης του σκελετικού τους υλικού. Έχει διαπιστωθεί ότι μεταξύ των πυριτιοσπόγγων η ομάδα των «lithistids» απολιθώνονται, διατηρώντας ευκολότερα και την τρισδιάστατη εξωτερική τους μορφή. Μεταξύ των πυριτιοσπόγγων, που είναι σημαντικοί δείκτες περιβάλλοντος, οι «lithistids» ζούσαν, όπως και τώρα σε υφαλοκρηπιδικές περιοχές, σε περιβάλλοντα ρηχών θαλασσών. Συγκρίνοντας σημερινά περιβάλλοντα ανθρακικής πλατφόρμας, μπορούν να συσχετιστούν οι ομοιότητες που παρατηρούνται σε απολιθωμένες αποικίες του Ιουρασικού, με σπογγοαποικίες που αναπτύσσονται κατά μήκος του Great Bahama Bank ή/και της περιοχής που εκτείνεται μεταξύ των αυστραλιανών ακτών και του the Great Barrier Reef [3].

### 3.2 Σπογγοαποικίες στο Ελληνικό χώρο

Ύστερα από την διαπίστωση της πρώτης ηωκαινικής ηλικίας απολιθωμένης σπογγοαποικίας [4], γεννήθηκε αυτόματα το ερώτημα της χωρικής και χρονικής τους διασποράς.

Η πρώτη αποικία βρέθηκε στην περιοχή του Ψηλορείτη, μετά τα Ανώγεια στην Κεντρική Κρήτη. Με την πάροδο των ετών σε πολλά σημεία των Εξωτερικών Ελληνίδων εντοπίστηκαν απολιθωμένες σπογγοαποικίες [3], (Σχ. 2).



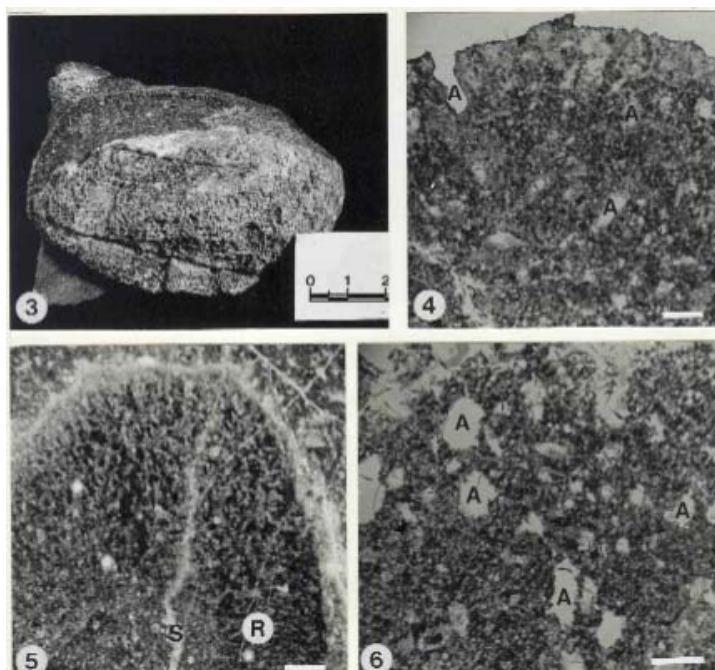
**Σχήμα 2.** Με υπόβαθρο το νότιο τμήμα του γεωλογικού χάρτη της Ελλάδος του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:500.000, θέσεις δημοσιευμένων εμφανίσεων των σπογγοαποικιών στις Εξωτερικές Ελληνίδες.

Μια από τις σημαντικότερες όμως θέση αποικιών βρέθηκε στην περιοχή μεταξύ των χωριών Ασφέντου και Καλλικράτη στις νοτιοδυτικές παρυφές του όρους Τρυπαλίου, στην βόρειο περιοχή του φαραγγιού της Ίμπρου [9]. Η αποικία εντοπίστηκε στην κορυφή του λόφου με το τοπωνύμιο Κεφάλαι. Από λιθοστροφματογραφικές μόνο συγκρίσεις θεωρήθηκε ότι πιθανώς και αυτή η αποικία έχει ηωκαινική ηλικία. Από πρόσφατες εργασίες υπαίθρου εντοπίστηκε ο ίδιος ορίζοντας 200 μέτρα δυτικότερα του πρωταρχικού (στην διαπλάτυνση του δρόμου που οδηγεί προς τις κεραίες, φωτ. 3 και 4). Όπως φαίνεται και από την φωτογραφία 3, περίπου 1,5 μέτρο μαύρα δολομιτικά μάρμαρα, που περιέχουν κατά μήκος της εμφάνισης εκατοντάδες κονδύλους πυριτικής σύστασης, διαμέτρου εκατοστών, εξελίσσονται από 3-4 μέτρα υποκίτρινου σερικιτικού χαλαζίτη. Ο χαρακτηριστικός αυτός σχηματισμός στον μεν Ταΰγετο έχει χρονολογηθεί Μάλμιο [10], στην Κρήτη δε, και δη στην περιοχή Ασφένδου οι Krahl et al. [11] αναφέρουν ότι έχουν εντοπίσει τρηματοφόρα και ραδιολάρια του Άπτιου και Ανωτέρου Κενομανίου (τα στοιχεία αυτά δεν έχουν ακόμη δημοσιευτεί). Όσον αφορά τους κονδύλους για πολλές δεκαετίες θεωρούντο διαγενετικά συγκρίματα. Όπως διαπιστώθηκε διακρίνονται δύο χαρακτηριστικές



**Φωτογραφία 3.** Μαύρα δολομιτικά μάρμαρα με σπογγοαποικία, **φωτογραφία 4** (δεξιά), λεπτομέρεια της προηγούμενης φωτογραφίας, με απολιθωμένους σπόγγους.





**Φωτογραφία 5.** Από *Soujon et al.* [9]: 5/3, διαβρωμένος κόνδυλος, στον οποίο φαίνεται η υπολειμματική σκελετική οργάνωση του σπόγγου, 5/4 και 5/6 (A) τομές στο σύστημα των καναλιών εξόδου, 5/5 (S) *Sporogocoele* (κεντρική κοιλότητα) και (R) υπόλειμμα ραδιολάρριου.

ομάδες κονδύλων. Διαγενετικά συγκρίματα όπου το πυριτικό υλικό είναι ομοιογενώς κατανεμημένο και στο μικροσκόπιο δεν εμφανίζει καμία οργάνωση, μπορεί δε να χαρακτηριστεί σαν υλικό ενός κρυπτοκρυσταλλικού σερικιτικού χαλαζίτη. Το μεγαλύτερο όμως ποσοστό των κονδύλων (που επεξεργάστηκαν) έχει μια εξωτερικά χαρακτηριστική σπογγώδη υφή (φωτ. 5/3), αλλά και την απολιθωμένη εσωτερική οργάνωση σπόγγου (φωτ. 5/4, 5/5 και 5/6.).

Τα ευρήματα αυτά, το γεγονός ότι οι κόνδυλοι πυριτικής σύστασης δεν είναι αποκλειστικά διαγενετικά συγκρίματα αλλά πυριτιόσπογγοι μας επέτρεψαν να υποθέσουμε ότι οι πυριτιόσπογγοι συμμετέχουν με σημαντικό ποσοστό στη δομή των πετρωμάτων της Ομάδας των Πλακωδών Ασβεστόλιθων.

Επειδή η χωρική κατανομή των απολιθωμένων απογγοαποικιών επηρεάζεται άμεσα τόσο από την αρχική τους παλαιογεωγραφική εξάπλωση στον χώρο της υφαλοκρηπίδας μέχρι την περιπαραλιακή ζώνη όσο και από την δράση της τεκτονικής που κατακερμάτισε τον αρχικά ενιαίο χώρο εξάπλωσης τους κατά την διαδικασία ανύψωσης της περιοχής, για την χαρτογραφική απεικόνιση θεωρήθηκε αναγκαία η κατασκευή του γεωλογικού ομοιώματος της περιοχής που εμπεριέχει και τον ρηγματογενή ιστό. Το ομοίωμα αυτό εξυπηρετεί πολλαπλούς σκοπούς: τονίζει τον γεω(μορφο)λογικό σχηματισμό του φαράγγιού, δίνει στον περιηγητή – περιπατητή πολύτιμες πληροφορίες για την εξάπλωση των πετρωμάτων που δομούν την περιοχή και τους οποίους διασχίζει το φαράγγι, αποτελεί ένα κατανοητό μοντέλο δομής και εξάπλωσης ιδιοτεροτήτων στην περιοχή, όπως οι α-

πολιθωμένες σπογγοαποικίες. Ταυτόχρονα αποτελεί μια πολύτιμη βάση επιστημονικών δεδομένων όπως κάθε τρισδιάστατη γεωλογική προσομοίωση.

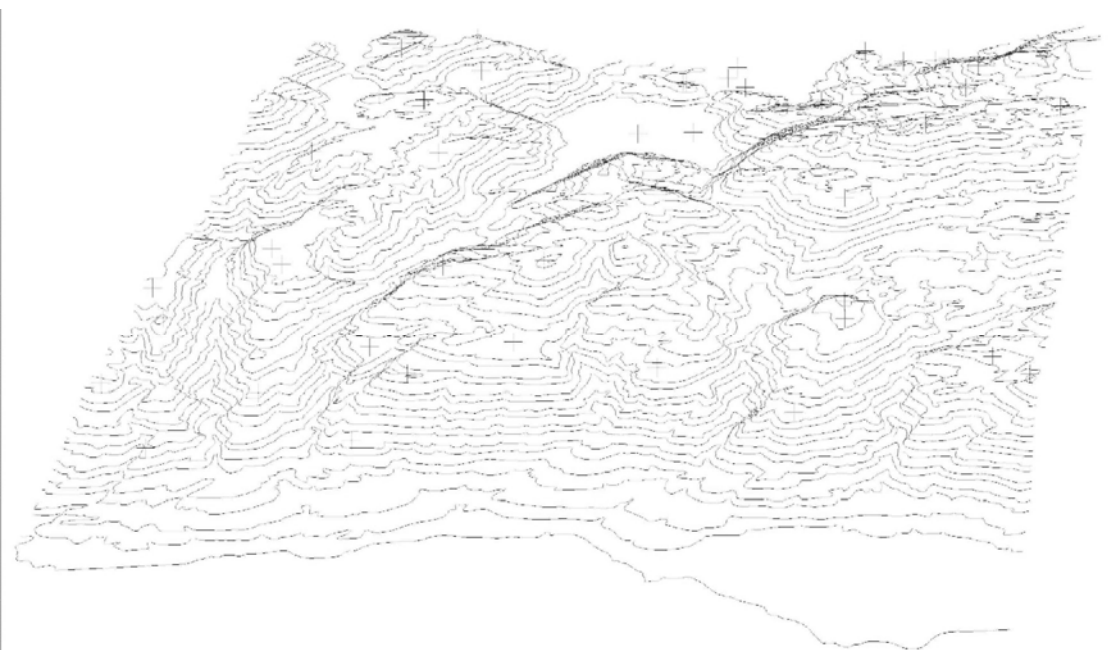
#### **4. Ιστορική αναδρομή τρισδιάστατων μεθόδων προσομοίωσης**

Η τρισδιάστατη γεωλογική προσομοίωση (3D geological modelling) με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή άρχισε να εφαρμόζεται και να εξελίσσεται από και για τις ανάγκες του μεταλλευτικού κλάδου στις αρχές της δεκαετίας του 1960. Σταθμοί που καθόρισαν την περαιτέρω εξέλιξη στον τομέα αυτόν ήταν η μέθοδος του τρισδιάστατου ομοιώματος σταθερού μπλοκ (3D fixed block model) που χρησιμοποιήθηκε σε μη στρωσιγενή ή τεκτονικά παραμορφωμένα στρωσιγενή κοιτάσματα [12] και ο κάρναβος προσομοίωσης στρώσης (gridded seam model) [13] που εφαρμόστηκε σε τεκτονικά αδιατάρακτα στρωσιγενή κοιτάσματα. Η ραγδαία εξέλιξη στον τομέα των ψηφιακών ηλεκτρονικών υπολογιστών έδωσε ώθηση στην εφαρμογή σχεδιαστικών μεθόδων με την βοήθεια υπολογιστή (CAD - Computer Aided Design). Από μια σειρά μεθόδων [14], η μέθοδος της παράστασης οριακών επιφανειών (Boundary Representation, Brep) αποδείχτηκε η πιο κατάλληλη για γεωμετρική προσομοίωση σε γεωλογικές εφαρμογές. Μια εκτεταμένη επισκόπηση των τρισδιάστατων μεθόδων που εφαρμόζονται στον τομέα των γεωεπιστημών παρουσίασε ο Houlding [15].

#### **5. Το γεωλογικό ομοίωμα της περιοχής έρευνας**

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού κατασκευάστηκε αρχικά στην περιοχή μελέτης το ψηφιακό μοντέλο της τοπογραφίας (Σχ. 2), σε κλίμακα 1:25.000 από μεγέθυνση του τοπογραφικού χάρτη 1:50.000 - Γ.Υ.Σ., 1972. Κατόπιν προβλήθηκαν πάνω σε αυτό τα όρια των γεωλογικών σχηματισμών (Σχ. 4) και του τεκτονικού ιστού (Σχ. 5), που ψηφιοποιήθηκε από τον υπάρχοντα γεωλογικό χάρτη και ελέγχθηκε στο πεδίο με επανειλημμένες επισκέψεις. Ακολούθως κατασκευάστηκε η τρισδιάστατη γεωμετρία των γεωλογικών σχηματισμών, χρησιμοποιώντας τα πρωτογενή στοιχεία (παρατάξεις, διευθύνσεις κλίσεων και πάχη των στρωμάτων) που περιέχει ο υπάρχων γεωλογικός χάρτης [16] και δεδομένα από ίδιες παρατηρήσεις και μετρήσεις (Σχ. 6). Καθοδηγητικός ορίζοντας που συνδέεται με την εμφάνιση εκτεταμένων σπογγοαποικιών είναι υποκίτρινοι σχιστόλιθοι στα ανώτερα τμήματα του σχηματισμού της «Μαύρης».

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το σύστημα SURPAC 2000 [17], [18], στο οποίο συνδυάζονται μοντέλα επιφανείας και ογκομετρικά [19]. Στη διεθνή βιβλιογραφία τα μοντέλα επιφανείας είναι γνωστά είτε σαν DTM (Digital Terrain Model) είτε σαν DEM (Digital Elevation Model). Η υλοποίηση των DTMs στον υπολογιστή βασίζεται είτε σε ορθογώνιο κανονικό δίκτυο (κανονικός ορθογώνιος κάρναβος) είτε σε μη κανονικό τριγωνικό δίκτυο (Triangular Irregular Network, TIN). Η προσέγγιση με βάση τον τριγωνισμό αντιμετωπίζει καλύτερα την μεταβολή της πυκνότητας των στοιχείων στο χώρο, κάτι πολύ σημαντικό για τις γεωλογικές εφαρμογές, όπου η ομοιογενής χωρική κατανομή δεδομένων είναι σπάνια.



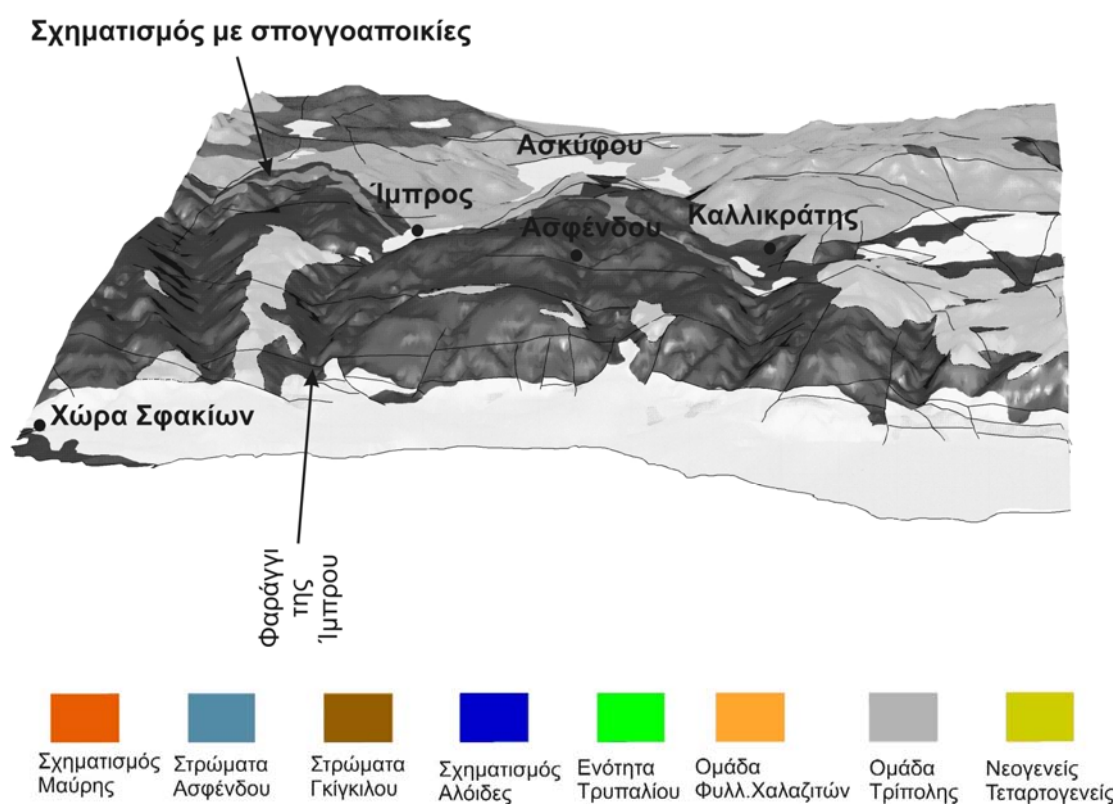
**Σχήμα 3.** Ψηφιακό ομοίωμα της τοπογραφίας του φαραγγιού της Τιμπρου σε κλίμακα 1:25.000.



**Σχήμα 4.** Ψηφιακό ομοίωμα των γεωλογικών ορίων του φαραγγιού της Τιμπρου



**Σχήμα 5.** Ψηφιακό ομοίωμα του τεκτονικού ιστού του φαράγγιού της Ίμπρου



**Σχήμα 6.** Ψηφιακό ομοίωμα της γεωλογικής δομής του φαράγγιού της Ίμπρου

## 6. Συμπεράσματα

Στην Ελλάδα υπάρχουν δέκα προστατευόμενοι Εθνικοί Δρυμοί, δεκαεννέα πάρκα αισθητικής ομορφιάς, πενήντα-ένα μνημεία της Φύσης, δύο θαλάσσια πάρκα και δεκατρείς περιοχές φυσικής και πολιτιστικής κληρονομιάς. Η κατάσταση αυτή είναι αποτέλεσμα προγραμμάτων που ξεκίνησαν πριν ενάμιση περίπου αιώνα με πρωτοβουλίες βιολόγων, με στόχο την διατήρηση και προστασία της φυσικής κληρονομιάς. Σε όλες αυτές τις προστατευόμενες περιοχές, με εξαίρεση το απολιθωμένο δάσος της Λέσβου και την ευαίσθητη πικερμική πανίδα της Αττικής, λείπει το θεσμικό πλαίσιο προστασίας για το γεω(μορφο)λογικό υπόβαθρο, σαν αυτό να μην αποτελεί μέρος της φυσικής κληρονομιάς. Αυτό οφείλεται στο τραγικό γεγονός ότι η συμμετοχή γεωεπιστημόνων στην προστασία του γεωλογικού υποβάθρου των περιοχών, σαν αναπόσπαστο κομμάτι του φυσικού περιβάλλοντος, ήταν πολύ περιορισμένη.

Στην προσπάθεια να συμπεριλάβουν την ανάγκη προστασίας και προβολής της γεω(μορφο)λογικής κληρονομιάς στο γενικότερο πλαίσιο προστασίας της Φύσης, ξεκίνησε το 1995 υπό την αιγίδα της UNESCO το πρόγραμμα GEOSITES. Στόχοι του προγράμματος αυτού είναι να προβάλλει την αναγκαιότητα της διατήρησης και προστασίας της **γεωποικιλότητας**, να δημιουργήσει το πλαίσιο αξιολόγησης τοπικού, γενικού και παγκοσμίου ενδιαφέροντος γεω(μορφο)λογικού περιεχομένου περιοχών και φυσικών μνημείων που ονομάστηκαν **γεώτοποι**.

Με μελετημένη και σωστή προβολή, μπορούν οι γεώτοποι να συμβάλουν στην πολύπλευρη μόρφωση καθώς επίσης στην οικονομική και κοινωνική πρόοδο του τόπου, αφού σε συνδυασμό με αρχαιολογικά και πολιτιστικά στοιχεία μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην αναβάθμιση του τουριστικού προϊόντος και ως εκ τούτου στο «ευ ζην» μιας περιοχής. Προς την κατεύθυνση αυτή ανοίγεται για την Χαρτογραφία ένα ακόμη πεδίο θετικών προ(σ)κλήσεων.

## 7. Βιβλιογραφία

- [1] CHALIKIOPOULOS P. (1903): Sitia, die Osthalbinsel Kretas. - Veroeff. Inst. Meereskde. Berlin, 4: 1-138.
- [2] MANUTSOGLU E., MERTMANN D., SOUJON A., DORNSIEPEN U.F. & JACOBSEN HAGEN V. (1995b): Zur Nomenklatur der Metamorphite auf der Insel Kreta, Griechenland. Berliner geowiss. Abh., E 16, 559-567.
- [3] ΜΑΝΟΥΤΣΟΓΛΟΥ Ε.(υπό εκτύπωση): Η Μεσοωζωικής ηλικίας εκτεταμένες σπογγοαποικίες στην μεταμορφωμένη Ομάδα των Πλακωδών Ασβεστολίθων, Πρακτικά 10<sup>ου</sup> Διεθνούς Συνεδρίου της Ελλ. Γεωλ. Εταιρίας, 2004, Θεσ/νικη.
- [4] MANUTSOGLU E., SOUJON A., REITNER J. & DORNSIEPEN U.F. (1995a): Relikte lithistider Demospongiae aus der metamorphen Plattenkalk-Serie der Insel Kreta (Griechenland) und ihre palaeobathymetrische Bedeutung. N. Jb. Geol. Palaeont. Mh., 1995/4, 235-247.
- [5] ΒΟΥΛΤΣΙΑΔΟΥ-ΚΟΥΚΟΥΡΑ Ε. (1986): Συστηματική ζωογεωγραφική και οικολογική μελέτη των δημοσπόγγων της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας του Βορείου Αιγαίου. Διδακτο-

ρική διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 493σ.

- [6] BERGUIST P. (1978): Sponges. Hutchinson and Co, London, 218p.
- [7] KRAUTTER P. (1997): Aspekte zur Palaeoekologie postpalaeozoischer Kieselschwämme. Profil, 11, 199-324.
- [8] LEINFELDER R.R., KRAUTTER M., NOSE M., RAMAHLO M.M. & WERNER W. (1993): Siliceous sponge facies from the Upper Jurassic of Portugal. N. Jb. Geol. Palaeont. Abh., 198, 199-254.
- [9] SOUJON A., MANUTSOGLU, E., REITNER, J. & JACOBESHAGEN, V. (1995): Lithistide Demospongiae aus der metamorphen Plattenkalk-Serie der Trypali Ori (Kreta/Griechenland). Berliner geowiss. Abh., E16, 559-567.
- [10] THIEBAULT, F. (1982): Evolution géodynamique des Hellénides externes en Péloponnèse méridional (Grèce). Soc. géol. Nord Publ., 6, 574p.
- [11] KRAHL J., RICHTER D., FOERSTER O., KOZUR H. & HALL R. (1988): Zur Stellung der Talea Ori im Bau des kretischen Deckenstapels (Griechenland). Z. dt. geol. Ges., 139, 191-227.
- [12] SHURTZ, R.F. (1959): The electronic computer and statistics for predicting ore recovery.- Mining Eng., 11 (10): 1035-1044; New York, NY.
- [13] ZENSUS, T. (1963): Tagebauplanung mit automatischer Daten-verarbeitung.- Braunkohle, Wärme und Energie, 15 (7): 253-266; Düsseldorf.
- [14] REQUICHA, A.A.G. & VOELCKER, H.B. (1983): Solid Modeling: Current Status and Research Directions.- IEEE Comp. Graph. Appl., 3 (7): 25-37; Los Alamitos, CA.
- [15] HOULDING, S.W. (1994): 3D Geoscience Modeling, Computer Techniques for Geological Characterization. Berlin (Springer).
- [16] ΒΙΔΑΚΗΣ Μ., & ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΗΣ Μ. & ΜΥΛΩΝΑΚΗΣ Ι. (1993): Βασικός Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδος, Φύλλο Βρύσες, ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- [17] SURPAC SOFTWARE INTERNATIONAL (ed.) (1995a): Core Management System Users Reference – SSI Installation and Setup Manual. Surpac Software International; Belmont (Australia).
- [18] SURPAC SOFTWARE INTERNATIONAL (ed.) (1995b): Entec - Generic Tools Reference. Surpac Software International; Belmont (Australia).
- [19] GOEBL, R.W. (1992): Computer Aided Design - Produktmodelle und Konstruktionssysteme als Kern von CIM.- In: Böhling, K.H., Kulisch, U. & Maurer H. (eds.): Reihe Informatik, 76; Mannheim - Wien – Zürich (Wissenschaftsverlag).