

ΠΕΡΑ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΓΥΡΕΟΚΟΚΚΟΥΣ: ΤΑ ΠΑΛΥΝΟΜΟΡΦΑ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΟΥ ΠΑΛΑΙΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ*

Κ. Κούλη¹ & Μ.Δ. Δερμιτζάκης¹

¹Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος,
Τομέας Ιστορικής Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας, Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου
akouli@geol.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα «άλλα» παλυνόμορφα, ή non-pollen palynomorphs (NPP), όπως ονομάζονται στη διεθνή βιβλιογραφία είναι οργανικής σύστασης μικροαπολιθώματα που συχνά βρίσκονται μαζί με τους γυερόκοκκους στα παλυνολογικά φάσματα. Όπως οι γυερόκοκκοι και τα σπόρια, τα «άλλα» παλυνόμορφα, δεν καταστρέφονται από την επίδραση ισχυρών οξέων (HF, HCl κ.α.) που απαιτεί η προετοιμασία των παλυνολογικών παρασκευασμάτων. Στα τελευταία περιλαμβάνονται σπόρια από μύκητες, κοινόβια και σπόρια από φύκη, υπολείμματα ζωικών μονοκύτταρων ή πολυκύτταρων οργανισμών και υπολείμματα φυτικής ύλης.

Η συνεχής παρουσία των «άλλων» παλυνόμορφων στα παλυνολογικά φάσματα παρέχει μια εναλλακτική πηγή παλαιοοικολογικών δεδομένων, η οποία σε συνδυασμό με την ανάλυση γυερόκοκκων επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση των παλαιοοικολογικών μεταβολών ειδικά κατά το Τεταρτογενές. Η μελέτη των «άλλων» παλυνόμορφων, από μια σειρά Ολοκαινικών θέσεων της Ελλάδας (λίμνη Καστοριάς, νήσος Σκύρος, πεδιάδα Μαραθώνα), αποδείχτηκε σημαντική για την ανασύσταση του παλαιοπεριβάλλοντος και την ανίχνευση διαφόρων μορφών ανθρώπινης δραστηριότητας.

Λέξεις κλειδιά: παλυνολογία, «άλλα» παλυνόμορφα, παλαιοοικολογία, Τεταρτογενές.

ABSTRACT

Non-pollen palynomorphs (NPP) are organic-walled microfossils that are frequently discovered in palynological preparations during pollen analysis. Like pollen and spores they are resistant to corrosion and they survive the chemical preparation with heavy acids of pollen samples. NPP include a big variety of microfossils like fungal spores, algal spores and coenobia, animal remains and plant tissues. They provide an alternative source of paleoecological information especially for the Quaternary. A combined approach of pollen and NPP allows the better understanding of paleoecological changes. The study of occurrences of NPP from a series of Holocene deposits in Greece (Lake Kastoria, Skyros Island, Marathon coastal plain) was proved of great importance in the interpretation of paleoenvironmental conditions and the tracing of human activities in the past.

Key words: palynology, non-pollen palynomorphs, paleoecology, Quaternary.

*BEYOND POLLEN AND SPORES: THE CONTRIBUTION OF NON POLLEN PALYNO MORPHS IN PALAEOENVIRONMENTAL STUDIES

K. Kouli & M. D. Dermitzakis

National & Kapodistrian University of Athens, Faculty of Geology & Geoenvironment, Department of Historical Geology-Paleontology, Panepistimiopolis Zografou

1. Εισαγωγή

Η ανάλυση των γυρεοκόκκων έχει καθιερωθεί εδώ και πολλά χρόνια ως μία από τις σημαντικότερες μεθόδους μελέτης και ερμηνείας των χερσαίων οικοσυστημάτων του Τεταρτογενούς (Iversen 1941). Στα παλυνολογικά παρασκευάσματα όμως, συνήθως παρατηρείται -εκτός των γυρεοκόκκων και σπορίων- και πληθώρα άλλων, ποικίλης προέλευσης, μικροαπολιθωμάτων. Στα μικροαπολιθώματα αυτά περιλαμβάνονται σπόρια μυκήτων, αποικίες ή σπόρια φυκών, διάφορα ασπόνδυλα κ.α.. Τελευταία, αυτά τα μικροαπολιθώματα -τα ονομαζόμενα «άλλα» παλυνόμορφα- έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον αρκετών επιστημονικών ομάδων με πρωτοπόρο αυτήν της Παλαιοοικολογίας του Πανεπιστημίου του Amsterdam (van Geel 2001).

Η καταγραφή των «άλλων» παλυνόμορφων, τα οποία αριθμούν σε μερικές εκατοντάδες "Types", οδήγησε στην ανακάλυψη πολλών νέων παλαιοπεριβαλλοντικών δεικτών. Επιπλέον, η μελέτη σπορίων και κοινοβίων από πρασινοφύκη έχει αποδείξει ότι αυτά αποτελούν έξοχους δείκτες όσον αφορά το τροφικό καθεστώς και την υδρολογική κατάσταση των υγροτόπων (Tyson 1995).

Η χρήση των «άλλων» παλυνόμορφων για την ερμηνεία των παλαιοπεριβαλλοντικών του Τεταρτογενούς γνωρίζει διεθνώς μεγάλη ανάπτυξη καθώς όλο και περισσότεροι παλυνολόγοι αναγνωρίζουν, μετρούν και καταγράφουν την παρουσία τους στα παλυνολογικά φάσματα (Marinova and Atanassova 2006, Riera *et al.* 2006, Rimalaye *et al.* 2007).

2. Τα «άλλα» παλυνόμορφα

Η χημική προετοιμασία των παλυνολογικών παρασκευασμάτων περιλαμβάνει

νη επίδραση στο δείγμα με μια σειρά οξέων (υδροχλωρικό οξύ, υδροφθορικό οξύ, θειικό οξύ, ακετικός ανυδρίτης κ.α.) προκειμένου να διαλυθεί η ανόργανη ύλη και να συγκεντρωθούν οι οργανικής σύστασης γυρεόκοκκοι και σπόρια. Εκτός από τους γυρεόκοκκους και τα σπόρια στα παλυνολογικά παρασκευάσματα διατηρείται ένα πλήθος άλλων «άλλων» παλυνομόρφων φυτικής ή ζωικής προέλευσης, μεγέθους 5-500 μμ, τα οποία εμφανίζονται εξαιρετικά ανθεκτικά στις περισσότερες μορφές διάβρωσης.

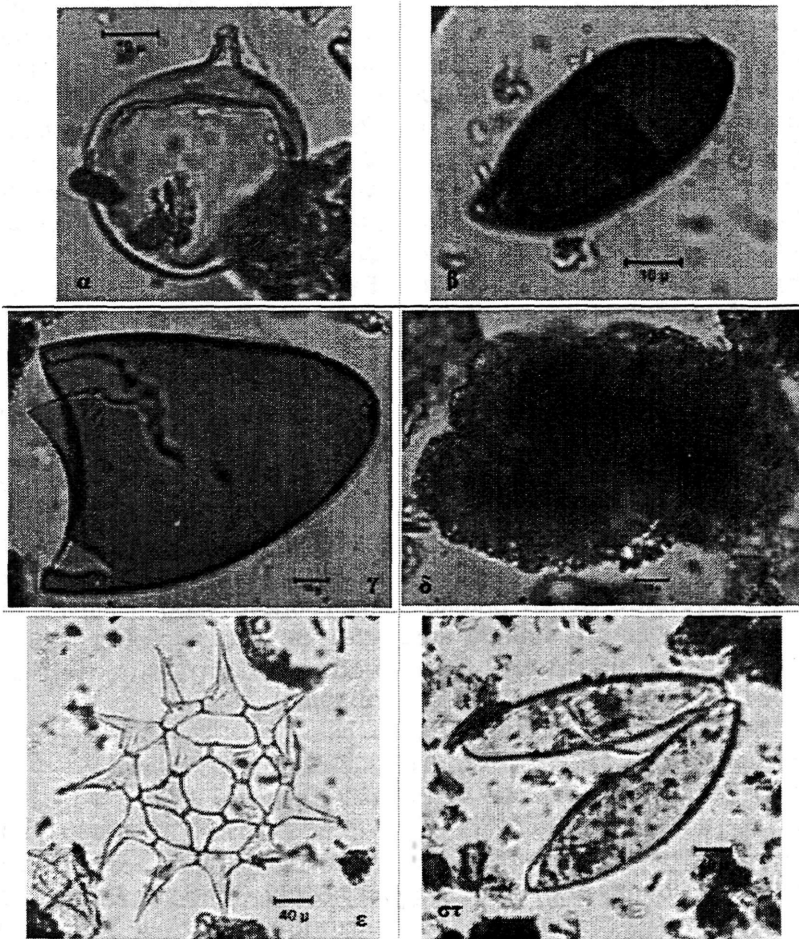
Η καταγραφή και συστηματική περιγραφή των «άλλων» παλυνομόρφων ξεκίνησε από την ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου Παλαιοοικολογίας του Πανεπιστημίου του Άμστερνταμ από τη δεκαετία του 70 και σήμερα υπάρχουν καταγεγραμμένοι πάνω από 900 διαφορετικοί τύποι με χαρακτηριστική μορφολογία (van Geel 2001). Ο όρος τύπος (type) δεν αντιστοιχεί σε ταξινομική διαίρεση, αλλά αντιπροσωπεύει μορφότυπους, καθώς η πλειοψηφία τους αποτελείται από υπολείμματα (σπόρια ή θραύσματα) ήδη γινωστών στην επιστήμη γενών και ειδών (π.χ. ο type 315 αντιστοιχεί σε σπόρια του πρασινοφύκου *Spirigogya* με λείο τοίχωμα, Εικ. 1στ).

Τα «άλλα» παλυνόμορφα είναι μικροαπολιθώματα ποικίλης βιολογικής προέλευσης: σπόρια μυκήτων, σπόρια και κοινόβια φυκών, ζωικά υπολείμματα κ.α. Η οικολογική σημασία τους είναι μεγάλη καθώς έχει αποδειχθεί ότι, σε αντίθεση με τους γυρεόκοκκους οι οποίοι μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις, αυτά διατηρούνται κυρίως *in situ*. Κατά συνέπεια οι πληροφορίες που παίρνουμε από τα «άλλα» παλυνόμορφα αφορούν στις τοπικές παλαιοπεριβαλλοντικές συνθήκες της κάθε θέσης δειγματοληψίας (van Geel

1986).

Οι μύκητες αποτελούν μια τεράστια βιολογική ομάδα, αντιπρόσωποι της οποίας βρίσκονται σε χερσαία και σε υδάτινα περιβάλλοντα. Μεγάλο μέρος των σπορίων των μυκήτων που διατηρείται στα παλυνολογικά παρασκευάσματα παρέχουν πολύτιμες παλαιοοικολογικές πληροφορίες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η ανεύρεση σε παλυνοφά-

σματα μορφοτύπων που έχουν συσχετισθεί με την οικογένεια Sordariaceae. Στην οικογένεια των Sordariaceae ανήκουν πολλά κοπρόφιλα είδη, αλλά και είδη τα οποία φύονται σε ξύλο που αποσυντίθεται (*Cercophora*-type, type 112, van Geel *et al.* 1980/81). Τα γένη *Sordaria* (type 55A), *Podospora* (type 386), *Sporomiella* (type 113) έχουν συνδεθεί με ανθρώπινη δραστηριότητα και



Εικ. 1. «Άλλα» παλυνόμορφα από τις Ολοκαινικές αποθέσεις της λίμνης Ορεστιάδας (Καστοριά): (α) type 207, (β) type 360 (*Brachysporium*: μύκητας που θεωρείται υπεύθυνος για την αποικοδόμηση ξύλου, van Geel *et al.* 1989), (γ) type 353 (χειμερινά αυγά των σκωλήκων *Rhabdocoela*), (δ) *Botryococcus*, αποικίες πρασινοφυκών, (ε) *Pediastrum simplex*, αποικίες πρασινοφυκών, (στ) type 315 (σπόριο του πρασινοφύκου *Spirogyra*)

ειδικά με τα κόπρανά οικόσιτων ζώων (van Geel *et al.* 1989, van Geel *et al.* 2003).

Τα χλαμυδοσπόρια του μύκητα *Glomus fasciculatum* (type 207, van Geel *et al.* 1989) βρίσκονται στα παλυνοφάσματα, είτε απομονωμένα, είτε σε συσσωματώματα. Ο συγκεκριμένος μύκητας, αναπτύσσεται στα εδάφη, η δε παρουσία του σπορίου του (type 207, Εικ. 1α) σε λιμναίες αποθέσεις της Όψιμης παγετώδους περιόδου και του Ολοκαίνου έχει συνδεθεί με διάβρωση εδαφικών οριζόντων στην ευρύτερη περιοχή (van Geel *et al.* 1989).

Τα σπόρια και κοινόβια πρασινοφυκών που περιλαμβάνονται στα παλυνολογικά παρακευάσματα αποτελούν δείκτες του υδρόβιου περιβάλλοντος απόθεσης, παρέχοντας πληροφορίες για το βάθος και το τροφικό καθεστώς που επικρατούσε κατά την απόθεση (van Geel *et al.* 1989, Tyson 1995). Τα Zygnemataceae είναι από τα πιο κοινά φύκη που απαντώνται σε αποθέσεις γλυκών υδάτων. Στα «άλλα» παλυνόμορφα έχουν καταγραφεί σπόρια από τα γένη *Mougeotia* (type 62, 313), *Zygnema* (type 314, type 373), *Spirogyra* (type 130, 131, 315, 342) κ.α. Οι περισσότεροι αντιπρόσωποι αυτής της οικογένειας φυκών βρίσκονται σε ρηχά, λιμνάζοντα, καθαρά και πλούσια σε οξυγόνο ύδατα (van Geel and Glenfell, 1996). Το κοσμοπολίτικο είδος *Botryococcus* βρίσκεται σε λίμνες, ποτάμια ακόμη και περιοδικούς νερόλακκους από τους πόλους έως τους τροπικούς, ακμάζει δε σε ρηχά νερά περιοχών με περιορισμένη βροχόπτωση, οι οποίες όμως παρουσιάζουν μεγάλη εποχικότητα στη διάρκεια του έτους (Guy-Ohlson, 1992). Οι αποκίτες του πλαγκτονικού πρασινοφύκου *Pediastrum* είναι τα πλέον διαδεδομένα παλυνόμορφα στις λιμναίες αποθέ-

σεις (Prescott 1951), θεωρούνται δε ότι χαρακτηρίζουν ευτροφικά περιβάλλοντα (Janikovska and Komarek, 1982).

Τα πρασινοφύκη *Botryococcus* (εικ. 1δ) και *Pediastrum* (Εικ. 1ε) συχνά συνυπάρχουν στις αποθέσεις, χωρίς όμως να ακμάζουν συγχρόνως, γεγονός που υποδηλώνει τις διαφορετικές τους οικολογικές προτιμήσεις (Tyson, 1995). Μεταβολές του λόγου *Botryococcus/Pediastrum* (B/P ratio) έχουν συνδεθεί με μεταβολές στο τροφικό καθεστώς των υδάτων (Pollinger, 1986), στην αλμυρότητα (Tyson, 1995) και το βάθος τους (Talbot and Livingstone, 1989). Το *Botryococcus* έχει συνδεθεί με ολιγοτροφικότερα περιβάλλοντα από ότι το *Pediastrum*, είναι περισσότερο ευρύαλο και χαρακτηρίζει ξηρές περιόδους όταν η στάθμη των υδάτων είναι χαμηλή.

Εκτός από μύκητες και φύκη, στα «άλλα» παλυνόμορφα περιλαμβάνονται και πολλά μικροαπολιθώματα ζωικής προέλευσης. Τα χαρακτηριστικότερα από αυτά είναι τα χειμερινά αυγά ή κουκούλια του παράγονι οι σκώληκες *Rhabdocoela* (type 353, Εικ. 1γ), καθώς και ο χιτινώδης ενδοσκελετός των τρηματοφόρων. Οι σκώληκες *Rhabdocoela* ζουν σε βάλτους, έλη, χαντάκια, πηγές, τρεχούμενο νερό ή λίμνες περιβάλλονται δε στο περίφυτο του εκάστοτε υδάτινου συστήματος (van Geel *et al.*, 1980/81).

3. Παραδείγματα από τον Ελλαδικό χώρο

Τα τελευταία χρόνια στα πλαίσια της παλυνολογικής έρευνας Τεταρτογενών αποθέσεων από την Ελλάδα που πραγματοποιείται στον Τομέα Ιστορικής Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας, τα «άλλα» παλυνόμορφα καταγράφονται και μελετώνται συστηματικά. Παρακάτω αναφέρονται τρεις περιπτώσεις

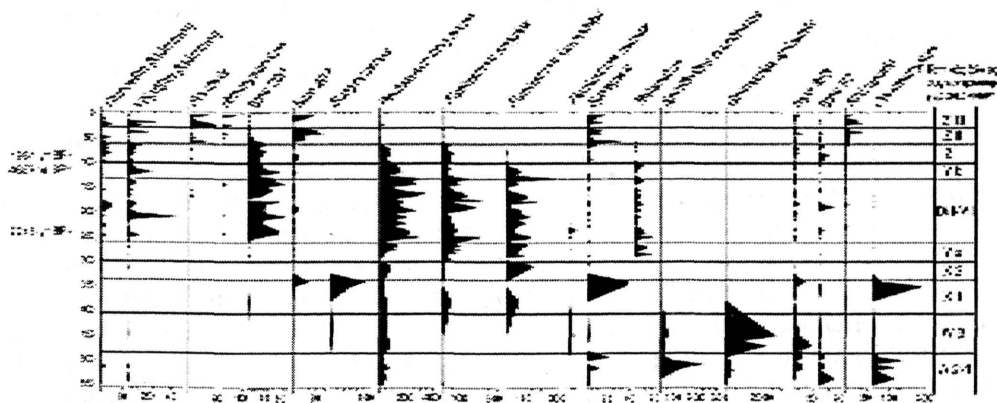
μελετών όπου οι πληροφορίες που προήλθαν από τα «άλλα» παλυνόμορφα συνέβαλλαν σημαντικά στην ανασύσταση των παλαιών οικοσυστημάτων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η εγγύτητα της θέσης δειγματοληψίας με γνωστές αρχαιολογικές θέσεις επέτρεψε την συσχέτιση των παλυνολογικών δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των «άλλων» παλυνομόρφων με τα αρχαιολογικά δεδομένα.

3.1. Λίμνη Ορεσιτιάδας

Ο παραλίμνιος νεολιθικός οικισμός του Διοπηλιού ανασκάπτεται από την αρχαιολογική ομάδα του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης με επικεφαλής τον Καθηγητή Γ. Χ. Χουρμουζιάδη από το 1992 έως σήμερα. Πρόκειται για τον πρώτο και μοναδικό προϊστορικό παραλίμνιο οικισμό που βρίσκεται υπό έρευνα στη χώρα μας. Η θέση κατοικήθηκε από τη μέση Νεολιθική (5500 π.Χ.) έως και τα πρώτα στάδια της πρώιμης Χαλκοκρατίας (3500 π.Χ.). Η παλυνολογική διερεύνηση των αποθέσεων της λίμνης Ορεσιτιάδας έχει ως στόχο την αναπαράσταση του παλαιοπεριβάλλοντος, τη διερεύνηση του

ανθρωπογενούς τοπίου και τη μελέτη των φυσικών πρώτων υλών που βρίσκονταν στη διάθεση του κατοίκου του οικισμού του Διοπηλιού (Κούλη, 2002). Το υλικό που μελετήθηκε προέρχεται από δύο πυρήνες και αποκαλύπτει την ιστορία της βλάστησης στην περιοχή από την Όψιμη Παγετώδη περίοδο (τελευταία περίπου 14.000 χρόνια). Το ενδιαφέρον όσον αφορά την παρουσία του προϊστορικού ανθρώπου στην περιοχή στη ζώνη συγκέντρωσης γυρεοκόκκων Υ (8.200-5.000 χρόνια πριν) η οποία -για τα αδιατάρακτα από τον άνθρωπο περιβάλλοντα- αντιπροσωπεύει το διάστημα, κατά το οποίο τα δάση παρουσιάζουν τη μέγιστη εξάπλωσή τους στην ιστορία της Βόρειας Ελλάδας, τόσο από άποψη πυκνότητας όσο και ποικιλότητας (Bottema, 1974, Willis 1994).

Για το διάστημα της ανθρώπινης κατοίκησης στο Διοπηλιό αναγνωρίστηκαν 7 χλωριδικές φάσεις βάση των επάλληλων μεταβολών της έκτασης και πυκνότητας του δάσους. Πρόκειται για 3 περιόδους αυξημένης επιρροής της δραστηριότητας του ανθρώπου στο περιβάλλον διαχωριζόμενες από περιο-



Εικ. 2. Συγκέντρωση (% στο άθροισμα γυρεοκόκκων) επιλεγμένων «άλλων» παλυνομόρφων στον πυρήνα G25 από τη λίμνη Ορεσιτιάδα

δους με μικρότερη δραστηριότητα. Το ανθρωπογενές τοπίο κάθε χλωριδικής φάσης περιγράφηκε με βάση τα είδη δείκτες.

Η δραστηριότητα του ανθρώπου στην περιοχή γίνεται έντονα αισθητή, εξ' αιτίας του ευτροφισμού που προκαλεί στο τοπικό περιβάλλον, στις καταγραφές των «άλλων» παλυνομόρφων (Εικ. 2). Η συνεχής παρουσία του μύκητα *Brachysporium* σε όλες τις χλωριδικές φάσεις, πιστοποιεί την ύπαρξη στην περιοχή ξύλου που αποσυντίθεται (van Geel *et al.* 1989), τα δε type 200, *Phaeoamerospore* και *Phaeophragmospore* συνθέτουν μια γενικότερη εικόνα αποικοδόμησης οργανικής ύλης, η οποία οφείλεται στην εισροή στο οικοσύστημα των απορριμμάτων του οικισμού. Η παρουσία κοπρόφιλων μυκήτων της οικογένειας των *Sordariaceae* είναι δηλωτική της διατήρησης οικοσπίτων ζώων από τον προϊστορικό Διοσηλιώτη. Τέλος οι διακυμάνσεις στην καμπύλη του μύκητα type 207 είναι αντικατοπτρίζει τη διάβρωση των εδαφικών οριζόντων (van Geel *et al.*, 1989) περιοχών περιμετρικά του οικισμού που εκχερσώθηκαν προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως βοσκότοποι.

Σημαντικές πληροφορίες για το υδάτινο περιβάλλον και την εξέλιξή του στο χρόνο αντλήθηκαν από τις διακυμάνσεις των φυκών, δινομαστιγωτών και ζωόμορφων στα παλυνολογικά φάσματα και συμπληρωματικά από τις διακυμάνσεις της παρόχθιας βλάστησης. Το τροπικό καθεστώς των υδάτων καταγράφει μία πορεία από ολιγοτροφικές, ψυχρές συνθήκες κατά την Όψιμη παγετώδη περίοδο, σε μεσοτροφικές στην αρχή του Ολοκαίνου και στη συνέχεια ευτροφικές. Η στάθμη των υδάτων παρουσίασε έντονες διακυμάνσεις, ενώ τα τελευταία 5000 χρόνια εμφανίζει μια

συνεχή πτώση.

Κατά τη διάρκεια της Όψιμης παγετώδους περιόδου (ζώνη W) το υδρόβιο περιβάλλον κυριαρχείται από την παρουσία κύστεων δινομαστιγωτών *Spiniferites cruciformis* στο κατώτερο μέρος και *Gonyaulax apiculata* στο ανώτερο, οι οποίες αντιπροσωπεύουν μια ψυχρή, ολιγοτροφική περίοδο (Kouli *et al.*, 2001). Κατά την υποζώνη W2-1 η στάθμη της λίμνης ήταν χαμηλή όπως συνάγεται από την αυξημένη παρουσία των *Zygnemataceae*, των βελόνων από *Ceratophyllum* και της παρόχθιας βλάστησης.

Με την αρχή του Ολοκαίνου τα δινομαστιγωτά αντικαθίστανται από αποικίες του πρασινοφύκου *Pediastrum* και αυξάνεται και η συμμετοχή των σπορίων *Spirogyra* στα φάσματα, ως αποτέλεσμα της μεταβολής του τροφικού καθεστώτος της λίμνης προς πιο ευτροφικές συνθήκες. Η συνύπαρξη των διαφόρων ειδών του γένους *Pediastrum* και το μοτίβο εξάπλωσης καθενός από αυτά δείχνει μια συνεχή πορεία των υδάτων της λίμνης προς υψηλότερο τροφικό καθεστώς με μεσοτροφικές φάσεις όπου κυριαρχεί το *P. kawraiskyi* και ευτροφικές φάσεις με *P. boryanum* και *P. simplex*. (Tyson, 1995). Κατά τις διάφορες φάσεις κατοίκησης στο Διοσηλιό το υδάτινο περιβάλλον παρουσίασε συνεχείς μεταβολές ως προς το τροφικό καθεστώς κυμαινόμενο από μέσο- προς ευτροφικό σε ευτροφικό έως υπερτροφικό.

Μια σύντομη και απότομη πτώση της στάθμης των υδάτων παρατηρείται κατά τη ζώνη X όπως υποδεικνύει α) η μεγάλη εξάπλωση του *Botryococcus* (Talbot & Livingstone 1989) των *Zygnemataceae* (van Geel *et al.*, 1980/81, 1989), β) η υποχώρηση όλων των ειδών του *Pediastrum* (Talbot & Livingstone 1989) και γ) η απότομη αύξηση των βελό-

νων από *Ceratophyllum* και των αυγών από *Rhabdocoela*, σκωλήκων (type 353, Haas, 1996). Η πτώση της στάθμης της λίμνης συμπίπτει με την καταγεγραμμένη χαμηλή στάθμη που παρουσιάζαν λίμνες των Βαλκανίων (Malo Jezero Γιουγκοσλαβία, Beug, 1967, Χειμαδίτιδα Bottema, 1974) πριν από 9.000 χρόνια, εξ αιτίας της ξηρότητας του κλίματος (Harrison and Digerfeld, 1993).

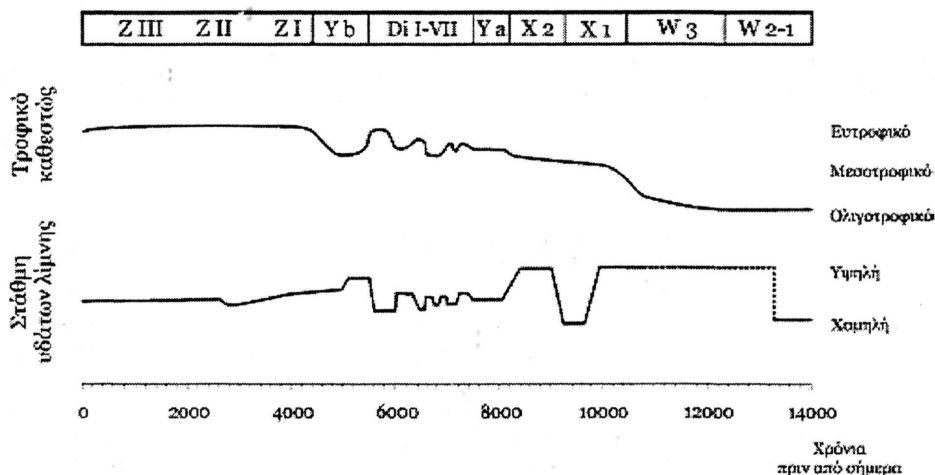
Χαμηλή εμφανίζεται η στάθμη της λίμνης κατά τις φάσεις Di VI-Di VII, ενώ χαρακτηριστική για την περίοδο εκείνη είναι η παρουσία εκτεταμένης παράλιας ζώνης με πλούσια φυτοκάλυψη από *Cyperaceae*, *Sparganium* και *Typha*. Εκεί τα νερά είναι αβαθή και κατά τόπους λιμνάζοντα τόπος ιδανικός για την ανάπτυξη των διαφόρων *Zygnemataceae*, μυκήτων και την απόθεση αυγών από *Rhabdocoela* (type 353) και θραυσμάτων εντόμων (type 52).

Από το μέσον της φάσης Y b το καθεστώς στη λίμνη γίνεται διαρκώς ευτροφικότερο και η στάθμη της βρίσκεται σε μια διαρκή πτώση, αποτέλεσμα των

ξηρότερων κλιματικών συνθηκών που επικρατούν τα τελευταία 5000 χρόνια (Harrison and Digerfeld 1993). Στη βαθιά ζώνη της λίμνης βρίσκονται *P. simplex* και *P. boryanum*, ενώ τα *P. kawraiskyi* και *Tetraedron* εξαφανίζονται. Η πτώση αυτή μπορεί να συνδεθεί με τη πτώση της στάθμης της λίμνης που παρατήρησε ο Bottema (1974) σε φάσματα από τη βόρεια όχθη της λίμνης Ορεσιτιάδας. Από την υποζώνη Z II και μετά τα *Pediastrum* αντικαθίστανται πλήρως από *Zygnemataceae*, δείκτης ότι η στάθμη της λίμνης χαμηλώνει κι άλλο και η παράλια ζώνη υδροχαρούς βλάστησης επεκτείνεται.

3.2. Πεδιάδα Μαραθώνα

Η διερεύνηση των παλαιοπεριβαλλοντικών συνθηκών της παράκτιας πεδιάδας του Μαραθώνα κατά το Ολόκαινο παρουσιάζει τόσο αρχαιολογικό, όσο και περιβαλλοντικό ενδιαφέρον. Στοιχεία για ανθρώπινη εγκατάσταση στην περιοχή υπάρχουν ήδη από τη Νεολιθική περίοδο, ενώ οι αποθέσεις του



Εικ. 3. Αναπαράσταση της υδρολογικής κατάστασης της λίμνης Ορεσιτιάδας από την Όψιμη παγετώδη περίοδο έως σήμερα.

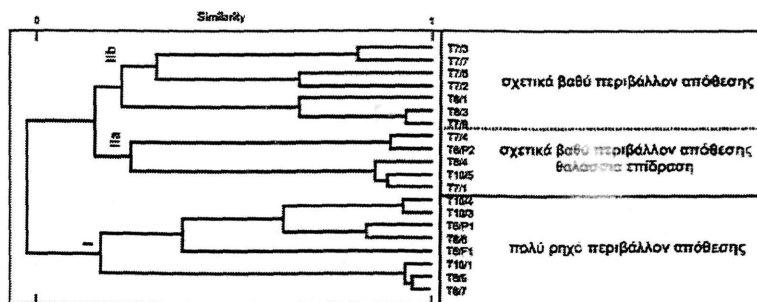
έλους στην ανατολική πλευρά της πεδιάδας περιέχουν πλήθος παλαοοικολογικών και παλαιοπεριβαλλοντικών δεδομένων. Στις αποθέσεις οι Ρανιόρουλος *et al.* (2003, 2006) αναγνώρισαν τρεις ιζηματολογικές ενότητες: την ενότητα Α (5500-3500 χρόνια πριν), την ενότητα Β (3500-2500 χρόνια πριν) και την ενότητα C (2500 χρόνια πριν έως σήμερα). Η ιζηματολογική, μικρομορφολογική και μικροπαλιοντολογική ανάλυση κατέδειξε τα διάφορα αποθετικά περιβάλλοντα καθώς και τις μεταβολές της στάθμης της θάλασσας στην περιοχή για τα τελευταία περίπου 6.000 χρόνια (Ρανιόρουλος *et al.*, 2006, Triantaphyllou *et al.*, 2003).

Η παλυνολογική ανάλυση δειγμάτων από 6 διαφορετικά προφίλ επέτρεψε την διερεύνηση της εξέλιξης της παλαιοβλάστησης στην περιοχή (Kouli *et al.*, submitted). Τα παλυνοφάσματα χαρακτηρίζονται από την παρουσία πλήθους ειδών-δεικτών ανθρώπινης δραστηριότητας όπως *Cerealia* type, *Ranunculus acris*, *Plantago lanceolata* type, μεταξύ των οποίων και σπώρια από κοπρόφιλους μύκητες Sordariaceae (van Geel *et al.*, 2003) και σπώρια *Puccinia* (ψείρα σιτηρών: van Geel *et al.*, 1980/81, Carrión and van Geel, 1999).

Οι διακυμάνσεις των γυρεοκόκκων υδρόβιων και υδρόφιλων φυτών καθώς και

μιας σειρά «άλλων» παλυνομόρφων (δινομαστιγωτά, σπώρια πρασινοφυκών και μυκήτων, υπολείμματα εντόμων κ.α.) στα παλυνοφάσματα είναι δηλωτική της συνεχούς χωρικής και χρονικής αστάθειας των περιβαλλόντων απόθεσης. Προκειμένου να ομαδοποιηθούν περιοχές παρόμοιων υδρολογικών συνθηκών πραγματοποιήθηκε ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες (hierarchical cluster analysis) αποσκοπώντας στον έλεγχο της ομοιότητας-διαφοροποίησης των υπό μελέτη δειγμάτων. Επιλέχθηκε η Q-τύπου (Q-mode) ομαδοποίηση των δειγμάτων στο πλήρες σώμα των δεδομένων. Για τον υπολογισμό του βαθμού ομοιότητας μεταξύ των δειγμάτων παρατήρησης υπολογίσθηκε ο δείκτης ομοιότητας Pearson και παρουσιάστηκε γραφικά με την κατασκευή δενδρογράμματος (Εικ. 4). Το δενδρόγραμμα αναδεικνύει την ομοιότητα μεταξύ των δειγμάτων, ενώ η ομαδοποίηση που προκύπτει αντιπροσωπεύει βιοτόπους που ελέγχονται από διαφορετικές περιβαλλοντικές παραμέτρους.

Στον κλάδο Ι ανήκουν τα δείγματα T8/7, T8/5, T10/1, T6/F1, T8/6, T6/P1, T10/3 και T10/4, τα οποία περιορίζονται στη ενότητα C. Όλα τα παραπάνω δείγματα χαρακτηρίζονται από πολύ ρηχό περιβάλλον απόθεσης, καθώς παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώ-

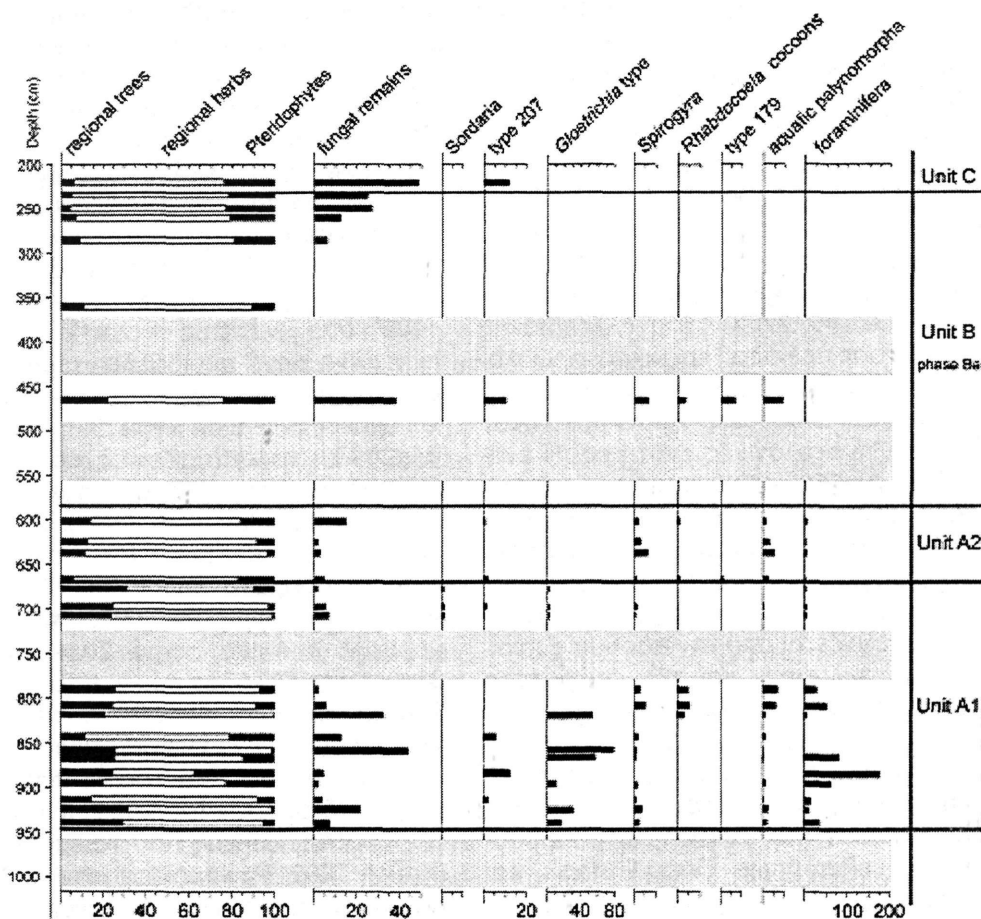


Εικ. 4. Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των αποθέσεων της παράκτιας πεδιάδας του Μαραθώνα, όπως προέκυψε από την Q-τύπου ιεραρχική ανάλυση κατά συστάδες.

σεις του πρασινοφύκου *Spirogyra* και άλλων αντιπροσώπων της οικογένειας των Zygnemataceae και του type 128. Τα Zygnemataceae είναι μεταξύ των κοινότερων φυκών γλυκέων υδάτων και χαρακτηρίζουν ρηχά και στάσιμα ύδατα. (van Geel *et al.*, 1980/81), ενώ το type 128 υποδηλώνει ρηχά και ευτροφικά περιβάλλοντα (van Geel *et al.*, 1982/83).

Στους κλάδους IIa και IIb ανήκουν τα δείγματα T7/1, T10/5, T8/4, T6/P2, T7/4 και T7/9, T8/3, T8/1, T7/2, T7/5, T7/7, T7/3 αντίστοιχα. Θεωρείται ότι

χαρακτηρίζουν σχετικά βαθύτερα περιβάλλοντα απόθεσης καθώς παρουσιάζουν μικρότερες συγκεντρώσεις *Spirogyra* και σημαντική παρουσία των *Botryococcus*, *Pediastrum* και κύστεων από δινομαστιγωτά. Αναλυτικότερα στον κλάδο IIa η παρουσία μικρού αριθμού κύστεων από τα δινομαστιγωτά *Operculodinium centropurum* και *Spiniferites* spp. υποδηλώνει περιοδική επικοινωνία του υγροτόπου με τη θάλασσα. Ο κλάδος IIb χαρακτηρίζεται από την πλήρη απουσία ενδείξεων για εισροή θαλασσινού νερού στον υγρό-



Εικ. 5. Συγκέντρωση (% στο άθροισμα γυρεοκόκκων) επιλεγμένων «άλλων» παλυνομόρφων στον πυρήνα C2 από την παράκτια πεδιάδα του όρμου Παλαμαρίου.

τοπο και τις υψηλές συγκεντρώσεις τοπικής υδροφιλης βλάστησης, όπως *Sparganium emersum* and *Cyperaceae*. Τα ανωτέρω αποθετικά περιβάλλοντα (Kouli *et al.* submitted) συσχετίζονται πλήρως με τις βιοφάσεις που αναγνωρίστηκαν κατά τη μικροπαλαιοντολογική ανάλυση των αποθέσεων (Triantaphyllou *et al.*, 2003).

3.3. Όρμος Παλαμαρίου

Η μελέτη της εξέλιξης του φυσικού περιβάλλοντος της περιοχής του όρμου Παλαμαρίου της νήσου Σκύρου εντάσσεται στη διερεύνηση του ιστορικού τοπίου της περιοχής, δεδομένου του αρχαιολογικού ενδιαφέροντος για τον προϊστορικό οικισμό της Πρώιμης έως Μέσης Χαλκοκρατίας (2800 - 1700 π.Χ.) στο βόρειο τμήμα του όρμου.

Η έρευνα περιελάμβανε χαρτογράφηση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της παράκτιας και υποθαλάσσιας ζώνης, μελέτη της στρωματογραφίας και απόλυτη χρονολόγηση των ολοκαινικών αποθέσεων της αλλουβιακής παράκτιας πεδιάδας και μικρομορφολογικές, μικροπαλαιοντολογικές και παλυνολογικές αναλύσεις. Αναγνωρίστηκαν τρεις ιζηματολογικές ενότητες. Η ενότητας A (7500–3500 χρόνια πριν) στο κέντρο της πεδιάδας υπήρχε μια ρηχή, σχεδόν γλυκέων υδάτων λιμνοθάλασσα, η οποία κατά την ενότητα B έγινε υφάλμυρη, ενώ η απόθεση της ενότητας C χαρακτηρίζεται από την παρουσία περιθωρικών τελμάτων και την επικράτηση των αιολικών διεργασιών (Pavlopoulos *et al.*, 2007). Η παλυνολογική ανάλυση των αποθέσεων αποκάλυψε μια ανοικτή ξηρή βλάστηση με αραιά πεύκα, αειθαλή *Quercus* και χαρακτηριστικά μεσογειακά είδη όπως *Olea*, *Pistacia* και *Cistaceae*. Η ποώδης βλάστηση χαρακτηρίζεται από την κυριαρχία ειδών που φύονται σε πτωχά εδάφη (*Compositae*,

Sanguisorba minor, *Plantago lanceolata* και *Ophioglossum*).

Η παρουσία ειδών-δεικτών είναι μάρτυρας της συνεχόμενης παρουσίας και δραστηριότητας του ανθρώπου στην περιοχή. Είδη δείκτες καλλιέργειας δημητριακών (*Cerealia* type ήδη από πριν 7500 χρόνια πριν από σήμερα και σπόρια *Puccinia* sp.; Carrion *et al.*, 1999) εμφανίζονται στις ενότητες A και B. Τα είδη δείκτες κτηνοτροφίας –κυρίως κοπρόφιλοι μύκητες της οικογένειας των *Sordariaceae* (van Geel *et al.*, 2003) και υψηλές συγκεντρώσεις από *Plantago lanceolata* (Bottema and Woldring 1990, Bottema, 1982, Jahns, 1993)- εμφανίζονται στις ενότητες A1, B και C. Ο συνδυασμός μεγάλων συγκεντρώσεων σπορίων του type 207 –μύκητα δείκτη διάβρωσης εδαφών (van Geel *et al.*, 1989)– και κάρβουνου σε παλυνόσφαιρα της ενότητας B πιθανά να αντικατοπτρίζει πυρκαγιές στην περιοχή. Τέλος η παρουσία σπορίων από *Spirogyra* (van Geel *et al.*, 1989) στις ενότητες A και B υποδηλώνει ένα ρηχό περιβάλλον απόθεσης με στάσιμα ύδατα ενώ το κυανοφύκος και *Gloeotrichia*-type (type 146, van der Wiel 1982) χαρακτηρίζει τις φάσεις με ελαφρά κινούμενα ύδατα. (Κούλη *et al.*, 2006, Pavlopoulos *et al.*, 2007).

4. Συμπεράσματα

Η αναγνώριση των «άλλων» παλυνόμορφων, από μια σειρά Ολοκαινικών θέσεων της Ελλάδας (λίμνη Καστοριάς, Σκύρος, πεδιάδα Μαραθώνα), αποδείχτηκε σημαντική για την ανασύσταση του παλαιοπεριβάλλοντος και την ανίχνευση διαφόρων μορφών ανθρώπινης δραστηριότητας που το επηρέασε (Κούλη 2002; Pavlopoulos *et al.*, 2007, Kouli *et al.* submitted). Οι διακυμάνσεις των φυκών και των άλλων παλυνόμορφων στις αποθέσεις της λίμνης Ορε-

στιάδας (Καστοριά) και της παράκτιας πεδιάδας του Μαραθώνα εκφράζουν τις μεταβολές των υδρολογικών συνθηκών στις θέσεις αυτές. Επιπλέον η ανίχνευση και καταγραφή μυκήτων στα φάσματα συμβάλλει στην αναγνώριση και στην περιγραφή των μορφών της ανθρώπινης δραστηριότητας του παρελθόντος, όπως η κτηνοτροφία και η εκχέρσωση περιοχών.

5. Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Beug, H.-J., 1967. On the forest history of the Dalmatian coast. *Review of Palaeobot. Palyn.*, 2, 271-279.
- Bottema, S., 1974. Late Quaternary vegetation history of Northwestern Greece. *Ph.D. thesis*, Rijksuniversiteit te Groningen, (unpublished).
- Bottema, S., 1982. Palynological investigations in Greece with special reference to pollen as an indicator of human activity. *Palaeohistoria*, 24, 257-288.
- Bottema, S., and Woldring, H., 1990. Anthropogenic indicators in the pollen record of the Eastern Mediterranean. In Bottema S., Entjes-Nieborg G. and Zeist W.V. (eds), *Man's role in the Shaping of the Eastern Mediterranean landscape*, A.A. Balkema, pp. 231-264.
- Carrion, J.S., and van Geel, B., 1999. Fine-resolution Upper Weichselian and Holocene palynological record from Navarres (Valencia, Spain) and a discussion about factors of Mediterranean forest succession. *Review of Paleobotany and Palynology*, 106, 209-236.
- Guy-Ohlson, D., 1992. *Botryococcus* as an aid in interpretation of palaeoenvironment and depositional processes. *Review of Paleobotany and Palynology*, 71, 1-15.
- Haas, J.N., 1996. Neorhabdocoela oocytes - palaeoecological indicators found in pollen preparations from Holocene freshwater lake sediments. *Review of Paleobotany and Palynology*, 91, 371-382.
- Harrison, S.P., and Digerfeldt, G., 1993. European lakes as palaeohydrological and palaeoclimatic indicators. *Quat. Sci. Rev.*, 12, 233-248.
- Iversen, J., 1941. Landam i Danmarks Stenalder. *Dannmarks Geologiske Undersogelser* II. Raekke 66: pp. 68
- Jahns, S., 1993. On the Holocene vegetation history of the Argive Plain (Peloponnese, southern Greece). *Vegetation History and Archaeobotany*, 2, 187-203.
- Jankovska, V., and Komarek, J., 1982. Das Vorkommen einiger Chlorokokkalgen in bohmischen Spatglazial und Postglazial. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*, 17, 165-195.
- Kouli, K., Brinhuis, H., and Dale, B., 2001. *Spiniferites cruciformis*: a fresh water dinoflagellate cyst? *Review of Paleobotany and Palynology*, 113, 273-286.
- Kouli, K., Triantaphyllou, M., Pavlopoulos, K., Tsourou, Th., Dermitzakis, M.D., Karymbalis, E. & Karkanias, P. (submitted) Palynological investigation of the Holocene palaeoenvironmental changes in the coastal plain of Marathon (Attica, Greece).
- Κούλη, Κ., 2002. Παλαιοπεριβαλλοντική και Παλαιοοικολογική αναπαράσταση της περιοχής του Νεολιθικού οικισμού Δισπηλιό στη λίμνη Καστοριάς. Διδ. Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας Πανεπιστημίου Αθηνών, 129 σελ.
- Κούλη, Κ., Παυλόπουλος, Κ., Τριανταφύλλου Μ., Καρκάνας, Π., Τσουρού, Θ., και Καρύμπαλης, Ε., 2006. Παλαιοπεριβαλλοντικές

- μεταβολές της παράκτιας περιοχής Παλαμαρίου (BA Σκύρου) τα τελευταία 4000 χρόνια. *8ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας*, Θεσσαλονίκη, 4-8 Ιουνίου 2006, 1-6.
- Marinova, E., and Atanassova, J., 2006. Anthropogenic impact on vegetation and environment during the Bronze Age in the area of Lake Durankulak, NE Bulgaria: Pollen, microscopic charcoal, non-pollen palynomorphs and plant macrofossils. *Review of Paleobotany and Palynology*, 141, 165-178.
- Pavlopoulos, K., Karkanias, P., Triantaphyllou, M., and Karymbalis, E., 2003. Climate and sea-level changes recorded during late Holocene in the coastal plain of Marathon, Greece. In: Fouache E. (ed) *The Mediterranean World environment and history*. Elsevier, Paris, pp. 453-465.
- Pavlopoulos, K., Karkanias, P., Triantaphyllou, M., Karymbalis, E., Tsourou, Th., and Palyvos, N., 2006. Palaeoenvironmental evolution of the coastal plain of Marathon, Greece, during the Late Holocene: Depositional environment, climate and sea-level changes. *Journal of Coastal Research*, 22, 424-438
- Pavlopoulos, K., Triantaphyllou, M., Karymbalis, E., Karkanias, P., Kouli, K., and Tsourou, T., 2007. Landscape evolution recorded in the embayment of Palamari (Northeast Skyros Island), Greece, from the beginning of the Bronze Age until recent times. *Geomorphologie: relief, processus, environment*, 1, 37-48
- Prescott, G.W., 1951. *Algae of the Western Great Lakes area*, 31. Cranbrook Institute of Science, 220-227, 754-761 pp.
- Riera, S., Lopez-Saez, J.A., and Julià, R., 2006. Lake responses to historical land use changes in northern Spain: the contribution of non-pollen palynomorphs in a multiproxy study. *Review of Paleobotany and Palynology*, 141, 127-137.
- Limaye, R.B., Kumaran, K.P.N., Nair, K.M., and Padmalar, D., 2007. Non-pollen palynomorphs as potential palaeoenvironmental indicators in the Late Quaternary sediments of west coast of India. *Current Science*, 92, 1370-1382.
- Talbot, M.R., and Livingstone, D.A., 1989. Hydrogen index and carbon isotopes of lacustrine organic matter as lake level indicators. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 70, 121-137.
- Triantaphyllou M.V., Pavlopoulos K., Tsourou T., and Dermitzakis, M.D., 2003. Brackish marsh benthic microfauna and palaeoenvironmental changes during the last 6.000 years on the coastal plain of Marathon (SE Greece). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 109, 539-547.
- Tyson, R.V., 1995. *Sedimentary organic matter. organic facies and palynofacies*. Chapman & Hall, pp. 614
- van der Wiel, A.M., 1982. A Palaeoecological study of a section from the Foot of the Hazendonk (Zuid-Holland, The Netherlands), based on the analysis of pollen spores and macroscopic plant remains. *Review of Paleobotany and Palynology*, 38, 35-90.
- Van Geel, B., 1986. Application of fungal and algal remains and other microfossils in palynological analyses. In Berglund, B.E. (ed), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons Ltd., 497-505.
- Van Geel, 2001. Non-pollen palynomorphs. In Smol, J.P., Birks, H.J.B. and Last, W.M. (eds), *Tracking envi-*

- ronmental change using lake sediments*. Kluwer, pp. 99-119.
- van Geel, B., Bohncke, S.J.P., and Dee, H., 1980/81. A palaeoecological study of an upper Late Glacial and Holocene sequence from "De Borchert", The Netherlands. *Review of Paleobotany and Palynology*, 31, 367-448.
- van Geel, B., Hallewas, D.P., and Pals, J.P., 1982/83. A Late Holocene deposit under the Westfriese Zeedijk near Enkhuizen (Prov. of Noord-Holland, The Netherlands): Palaeoecological and Archaeological aspects. *Review of Paleobotany and Palynology*, 38, 269-335.
- van Geel, B., Coope, G.R., and van der Hammen, T., 1989. Palaeoecology and stratigraphy of the Lateglacial type section at Usselo (The Netherlands). *Review of Paleobotany and Palynology*, 60, 25-129.
- van Geel, B., and Grenfell, H.R., 1996. Green and Blue Algae: spores of Zygnemantaceae. In J. Jansonius and D.C. McGregor (eds), *Palynology: principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, pp. 173-179.
- van Geel, B., Buurman, J., Brinkkemper, O., Schelvis, J., Aptroot, A., van Reenen, G., and Hakbijl, T., 2003. Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with a special reference to coprophilous fungi. *Journal of Archeological Sciences*, 30, 873-833.
- Willis, K.J., 1994. The vegetational history of the Balkans. *Quaternary Science Reviews*, 13, 769-788.