

## ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΖΑΚΥΝΘΟ ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ

Ε. Λέκκας\*

### ABSTRACT

The geoenvironmental problems that may occur on Zakynthos islands are described. In particular, the author examines and locates: the action of active faults, seismicity data, liquefaction phenomena, landslides, rockfalls, tsunamis, the activity of currents, the pollution due to geological factors and the degradation of subsurface water. The geoenvironmental problems can have considerable impact on both the natural environment itself and the human activities. It is verified that, through appropriate urban planning and rationalised management of the environmental factors, these impacts can be reasonably reduced.

### ΣΥΝΟΨΗ

Περιγράφονται τα γεωπεριβαλλοντολογικά προβλήματα τα οποία είναι δυνατό να λάβουν χώρα στη νήσο Ζάκυνθο. Ειδικότερα, εξετάζονται και χωροθετούνται: η δράση των ενεργών ρηγμάτων, τα στοιχεία της σεισμικότητας, οι ρευστοποιήσεις, οι κατολισθήσεις, οι καταπτώσεις, τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας, η δράση των ρευμάτων, οι μολύνσεις από γεωλογικούς παράγοντες και η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων υδάτων. Τα γεωπεριβαλλοντολογικά προβλήματα είναι δυνατό να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις τόσο στο ίδιο το φυσικό περιβάλλον όσο και στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Διαπιστώνεται ότι οι επιπτώσεις από τις εκδηλώσεις τους μπορούν να μειωθούν με κατάλληλο χωροταξικό σχεδιασμό και με την ορθολογιστική διαχείριση των στοιχείων του περιβάλλοντος.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη νήσο Ζάκυνθο είναι δυνατό να εκδηλωθεί μια σειρά γεωπεριβαλλοντολογικών φαινομένων τα οποία μπορούν να προκαλέσουν σημαντικά προβλήματα. Η ποικιλία των γεωπεριβαλλοντολογικών προβλημάτων οφείλεται στις έντονες γεωδυναμικές διεργασίες οι οποίες έλαβαν και λαμβάνουν χώρα σε αυτήν την περιοχή του Ελληνικού τόξου, η οποία βρίσκεται πολύ κοντά στην Ελληνική τάφρο. Ειδικότερα, τα γεωπεριβαλλοντολογικά προβλήματα συσχετίζονται με: (i) την υφιστάμενη λιθοστρωματογραφική διάρθρωση, (ii) την τεκτονική παραμόρφωση και ειδικότερα με τη νεοτεκτονική παραμόρφωση, (iii) τις μορφολογικές συνθήκες, (iv) τη σεισμικότητα που είναι αποτέλεσμα της έντονης παραμόρφωσης και (v) ορισμένους γεωδυναμικούς παράγοντες όπως τα φαινόμενα διαπείρισμού και η παρουσία των υδρογονανθράκων.

Η παρουσία των ανατέρω παραγόντων ορίζει το είδος αλλά και χωροθετεί τα γεωπεριβαλλοντολογικά προβλήματα τα οποία είναι τα ακόλουθα:

\* University of Athens, Dept. of Geology, 157 84 ATHENS Greece

- α. Δράση ενεργών ρηγμάτων.
- β. Σεισμικότητα.
- γ. Μολύνσεις από γεωλογικούς παράγοντες.
- δ. Ρευστοποιήσεις εδαφών.
- ε. Καταπτώσεις.
- στ. Κατολισθήσεις.
- ζ. Παλιρροιακά κύματα βαρύτητας (Tsunamis)
- η. Δράση ρευμάτων.
- θ. Ποιοτική υποβάθμιση υδροφόρων οριζόντων.

Στη συνέχεια αφού δοθεί η γεωτεκτονική θέση της Ζακύνθου και περιγραφεί η γεωλογική δομή της νήσου θα αναλυθούν και θα χωροθετηθούν τα γεωπεριβαλλοντολογικά προβλήματα τα οποία είναι δυνατό να εκδηλωθούν. Θα πρέπει να τονισθεί ότι στα πλαίσια της παρούσας εργασίας επιχειρείται μια πρώτη συνοπτική θεώρηση και περιγραφή των γεωπεριβαλλοντολογικών προβλημάτων η οποία κρίνεται σκόπιμη για την εστίαση και διεξοδική ανάλυση καθ' ενός προβλήματος, στη συνέχεια, με εξειδικευμένες έρευνες.

## ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΖΑΚΥΝΘΟΥ

### 1. ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ

Με βάση τα υφιστάμενα βιβλιογραφικά δεδομένα και κυρίως τα δεδομένα των HORSTMAN (1967), MIRKOY (1974), SOREL (1976), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ (1978), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΙΣ κ.ά. (1979), ΝΙΚΟΛΑΟΥ (1986) και ΛΕΚΚΑ (1993) στη νήσο Ζάκυνθο εμφανίζεται ένας ικανός αριθμός γεωλογικών σχηματισμών, οι οποίοι λαμβάνουν μέρος στη γεωλογική δομή (Εικ. 1). Οι σχηματισμοί αυτοί διακρίνονται στους **Αλπικούς** οι οποίοι υπόκεινται και στους **Μεταλπικούς** οι οποίοι υπέρκεινται ασύμφωνα και καλύπτουν τους πρώτους.

#### ΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Ανήκουν σε δύο γεωτεκτονικές ενότητες του Ελληνικού τόξου και ειδικότερα στην ενότητα Ιονίου και στην ενότητα Παξών. Το όριο μεταξύ των δύο ενότητων διέρχεται με βάση γεωφυσικά δεδομένα από την πόλη της Ζακύνθου και τον Λαγανά.

Η **Ιόνια ενότητα** εμφανίζεται στη χερσόνησο του όρους Σκοπός, και αποτελεί το υπόβαθρο των Μεταλπικών σχηματισμών για μια ευρύτερη περιοχή. Στο όρος Σκοπός εμφανίζονται μερικοί μόνο από τους σχηματισμούς της Ιονίου που είναι:

**α. Σχηματισμοί Εβαποριτών Σκοπού.** Πρόκειται κυρίως για ανυδρίτες και γύψους χρώματος σκούρου, οι οποίοι είναι συχνά κατακερματισμένοι. Η ηλικία τους είναι πιθανώτατα Τριαδικό και η εμφάνισή τους οφείλεται σε φαινόμενα διαπειρισμού. Απαντούν στο όρος Σκοπός και στις περιοχές Νεραντζούλες και Αγία Δυνατή.

**β. Σχηματισμός Ασβεστολίθων - Δολομιτών Σκοπού.** Πρόκειται για ασβεστολίθους - δολομίτες χρώματος μαύρου-γκρίζου στρωματώδεις ως άστρωτους κυψελώδεις και συχνά διαρρηγμένους. Η ηλικία τους είναι εν μέρει Ανώτερο Κρητιδικό. Συνοδεύονται από συγκολλημένα λατυποπαγή και το μέγιστο ορατό πάχος του είναι 200 μέτρα.

Η **ενότητα Παξών** εμφανίζεται στο δυτικό τμήμα της νήσου Ζακύνθου και αντιπροσωπεύεται από τους ακόλουθους σχηματισμούς.

**α. Σχηματισμός Ασβεστολίθων Βραχίωνα.** Πρόκειται για ασβεστολίθους άσπρου χρώματος συνήθως άστρωτους αλλά τοπικά στρωματώδεις ηλικίας Κρητιδικού. Το πάχος του σχηματισμού, ο οποίος σχηματίζει στο όρος Βραχίωνα μια μεγάλη αντικλινική δομή, υπερβαίνει σύμφωνα με τα δεδομένα τα 600 μέτρα.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

# ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΖΑΚΥΝΘΟΥ

Ε. Α. ΛΕΚΚΑΣ

1993

ΜΕ ΒΑΣΗ ΚΥΡΙΩΣ ΚΑΙ ΤΑ ΕΤΟΙΧΙΑ ΤΩΝ  
ΜΕΡΟΥ (1974), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ (1978), ΝΙΚΟΛΑΟΥ (1986)



Εικ. 1

**β. Σχηματισμός Ασβεστολίθων Κερίου.** Πρόκειται για υπόλευκους έως λευκούς ασβεστόλιθους παχυστρωματώδεις και μεσοστρωματώδεις ηλικίας Παλαιοκαίνου - Ηωκαίνου. Το όριο μεταξύ των Ασβεστολίθων Βραχίωνα και των Ασβεστολίθων Κερίου δεν είναι εύκολα ορατό. Το μέγιστο πάχος του σχηματισμού φθάνει τα 300 μέτρα.

**γ. Σχηματισμός Λαγάποδου.** Περιλαμβάνει μαργαϊκούς ασβεστολίθους στη βάση, οι οποίοι εξελίσσονται σε ασβεστόλιθους. Στη συνέχεια περιλαμβάνει διατομίτες, συγκολλημένα κροκαλοπαγή, εναλλαγές ασβεστολίθων και μαργών συνολικού πάχους 200 μέτρων. Η ηλικία του είναι Κατώτερο-Μέσο Μειόκαινο, ενώ πιθανότατα περιλαμβάνει και Ολιγόκαινο στη βάση. Εμφανίζεται σε μια επιμήκη ζώνη διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ από το Μαχειράδο ως τον όρμο Κερί.

**δ. Σχηματισμός Αγίου Σώστη.** Περιλαμβάνει στη βάση κροκαλοπαγή πάχους 3 μέτρων περίπου, τα οποία υπέρκεινται του προηγούμενου σχηματισμού ασύμφωνα. Στη συνέχεια περιλαμβάνει μαργαϊκούς ασβεστολίθους, ψαμμίτες, μάργες, άμμους, αργίλους με συνιζηματογενείς πτυχές, βιτουμενιούχα ψαμμιτικά - ψαμμιτομαργαϊκά στρώματα και γύψους. Η ηλικία του είναι Μέσο-Ανώτερο Μειόκαινο, ενώ το συνολικό πάχος φθάνει τα 500 μέτρα. Εμφανίζεται στο κεντρικό τμήμα της Ζακύνθου.

## ΜΕΤΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Εμφανίζονται στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα της νήσου Ζακύνθου, διακρίνονται από τους αρχαιότερους προς τους νεώτερους στους ακόλουθους:

**α. Σχηματισμός Δάφνης.** Πρόκειται για σχηματισμό αντίστοιχο και ισόχρονο του σχηματισμού Αγίου Σώστη της ενότητας των Παξών που όμως για το γεωγραφικό χώρο εξάπλωσης της Ιονίου σαφώς πρόκειται για Μεταλπικό σχηματισμό που υπέρκειται ασύμφωνα των Αλπικών. Εμφανίζεται περίξ του όρους Σκοπός και το ορατό πάχος υπερβαίνει τα 300 μέτρα.

**β. Σχηματισμός Μαργαϊκών Ασβεστολίθων - Αργιλομαργών Κερίου.** Περιλαμβάνει

αργιλομάργες και μαργαίικους ασβεστολίθους ηλικίας Κατωτέρου Πλειοκαίνου πάχους μερικών δεκάδων μέτρων. Κατά μήκος της παραλίας Κεριού εμφανίζεται σαφώς να βρίσκεται σε ασυμφωνία με το σχηματισμό του Αγίου Σώστη.

**γ. Σχηματισμός Κάστρου.** Περιλαμβάνει μπλε αργιλομαργαϊκά στρώματα μέσα στα οποία παρατηρούνται ψαμμίτες και αμμούχες ενδιαστρώσεις. Έχουν ορατό πάχος πάνω από 200 μέτρα, ενώ το συνολικό τους πάχος με βάση γεωφυσικά δεδομένα είναι κατά πολύ μεγαλύτερο. Η ηλικία τους είναι Μέσο-Ανώτερο Πλειόκαινο και εμφανίζονται κυρίως στην περιοχή του Κάστρου Ζακύνθου και στο ακρωτήριο Γέρακας.

**δ. Σχηματισμός Γέρακα.** Ασβεστιτικοί ψαμμίτες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και ορισμένες παρεμβολές μπλε μαργών. Εμφανίζονται στον Γέρακα και στην περιοχή Μπόχαλης. Έχει πάχος ως 50 μέτρα και η ηλικία του είναι Πλειστοκαινική.

**ε. Αλλουβιακοί - Ελλουβιακοί Σχηματισμοί.** Οι Αλλουβιακοί σχηματισμοί καταλαμβάνουν όλη την πεδινή επίπεδη έκταση, ενώ οι Ελλουβιακοί σχηματισμοί προέρχονται από την αποσάθρωση των υποκείμενων γεωλογικών σχηματισμών. Το όριο μεταξύ των Αλλουβίων και των Ελλουβίων δεν είναι τις περισσότερες φορές ορατό. Το πάχος σύμφωνα με τα δεδομένα των γεωτρήσεων δεν υπερβαίνει τα 10-15 μέτρα.

**στ. Σχηματισμοί Παράκτιων Αποθέσεων.** Χαλαρά λεπτομερή και αδρομερή υλικά (λιείς, άμμοι διαφόρων μεγεθών, κροκάλες κτλ.), τα οποία παρατηρούνται κατά μήκος σημείων της ακτογραμμής. Σε ορισμένα σημεία παρατηρούνται και υποτιπώδεις θίνες

**ζ. Σχηματισμός Πλευρικών Κορημάτων.** Πρόκειται για σύγχρονους και για παλαιότερους σχηματισμούς, οι οποίοι αναπτύσσονται στις επικλινείς πλευρές.

**η. Σύγχρονοι Ελλώδεις Σχηματισμοί.** Πρόσφατοι ελώδεις σχηματισμοί οι οποίοι αναπτύσσονται σε ορισμένες θέσεις κατά μήκος της παραλιακής ζώνης. Περιλαμβάνουν αργίλους, ιλύ, άμμους, φυτικά λείψανα και έχουν πάχος ως 5 μέτρα.

## 2. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΑΚΡΟΔΟΜΗ ΤΗΣ ΖΑΚΥΝΘΟΥ

Όπως έχει αναφερθεί, η νήσος Ζάκυνθος δομείται από Αλπικούς και Μεταλπικούς σχηματισμούς. Οι Αλπικοί σχηματισμοί ανήκουν στις ενότητες Ιονίου και Παξών, ενώ οι Μεταλπικοί σχηματισμοί υπέρκεινται ασύμφωνα. Θα πρέπει να τονισθεί ότι Μεταλπικοί σχηματισμοί για το χώρο της ενότητας Παξών μπορούν να θεωρηθούν αυτοί που έχουν ηλικία νεώτερη του Κατωτέρου Πλειοκαίνου, ενώ αντίστοιχα για το χώρο της Ιονίου αυτοί που έχουν ηλικία νεώτερη του Μέσου Μειοκαίνου.

Η ενότητα των Παξών εμφανίζεται στο δυτικό τμήμα της νήσου και περιλαμβάνει σχηματισμούς ως το Κατώτερο Πλειόκαινο. Κυρίαρχη δομή είναι η παρουσία μιας μεγα-αντικλινικής δομής διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ, την οποία σχηματίζει ο σχηματισμός Ασβεστολίθων Βραχίονα και ο σχηματισμός Ασβεστολίθων Κεριού. Η αντικλινική αυτή δομή τέμνεται από έναν αριθμό εγκάρσιων διαγώνιων και επιμήκων ρηγμάτων (ΛΕΚΚΑΣ, 1993).

Προς τα ανατολικά εμφανίζονται οι νεώτεροι σχηματισμοί και ειδικότερα ο σχηματισμός Λαγωπόδου και ο σχηματισμός Αγίου Σώστη δημιουργώντας μια μονοκλινική ακολουθία, η οποία βυθίζεται με κλίση 25°-35° προς τα ανατολικά. Η βύθιση αυτή συνοδεύεται και από μορφολογική ταπείνωση και τελικά οι σχηματισμοί καλύπτονται από τους Πλειο - Τεταρτογενείς σχηματισμούς της κεντρικής Ζακύνθου. Η μονοκλινική ακολουθία συνεχίζεται υπεδαφικά μέχρι την περιοχή της πόλης της Ζακύνθου - Μαραθονησιών όπου και εντοπίστηκε η επιφάνεια επώθησης της Ιονίου ενότητας (ΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1986). Ο τεκτονισμός στην ενότητα Παξών, έγινε μέσα στο Κατώτερο Πλειόκαινο με εμφανή ασυμφωνία η οποία παρατηρείται σε ορισμένα μόνο σημεία της παραλιακής ζώνης Αγίου

Σώστη - Παραλίας Κεριοῦ.

Η ενότητα της **Ιονίου** εμφανίζεται στο όρος Σκοπός και αντιπροσωπεύεται από εβαπορίτες, ασβεστόλιθους και δολομίτες. Οι εβαπορίτες δημιουργούν μια μεγάλη διαπειρική δομή στο όρος Σκοπός καθώς επίσης και δευτερεύουσες διαπειρικές μορφές στην Αγία Δυνατή και στις Νερατζιούλες. Για την Ιόνια ενότητα ο τελικός τεκτονισμός τοποθετείται στο όριο Ολιγοκαίνου - Μειοκαίνου με βάση δεδομένα από άλλες γειτονικές περιοχές. Πάνω από τους σχηματισμούς της Ιονίου αναπτύσσονται Μεταλπικοί σχηματισμοί ηλικίας Μέσου Μειοκαίνου - Ολοκαίνου.

Τέλος, το κεντρικό τμήμα της νήσου καλύπτεται κυρίως από Μεταλπικούς σχηματισμούς, οι οποίοι παρουσιάζουν σχετικά απλή σχετική παραμόρφωση με μικρές διαφοροποιήσεις στις κλίσεις, περιστροφές ρηξιτεμαχών και μεταθέσεις οριζόντων που οφείλονται στη δράση πρόσφατων ρηγμάτων.

## ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

### 1. ΔΡΑΣΗ ΕΝΕΡΓΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ

Τους γεωλογικούς σχηματισμούς, που εμφανίζονται στη Ζάκυνθο τέμνει ένας σημαντικός αριθμός ρηγμάτων τα οποία παίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της γεωλογικής δομής και εξέλιξης. Σύμφωνα με τα πρώτα στοιχεία ερευνών (ΛΕΚΚΑΣ, 1993) από το σύνολο των ρηγμάτων (Εικ. 2) τα σημαντικότερα ενεργά ρήγματα και ενεργές ρηξιγενείς ζώνες από την άποψη της συμβολής τους στη νεοτεκτονική δομή και εξέλιξη είναι τα ακόλουθα:

**Ρηξιγενής ζώνη Βολιμνών.** Περιλαμβάνει 3-6 ρήγματα τοξοειδούς διάταξης, τα οποία τέμνουν κυρίως το σχηματισμό Ασβεστολίθων Βραχίωνα, αλλά και νεώτερους σχηματισμούς. Χαρακτηριστικό είναι ότι στην ανατολική ακτή τέμνουν ακόμα και πρόσφατους σχηματισμούς Πλευρικών Κορημάτων γεγονός που υποδηλώνει ότι έχουν δράσει και μέσα στο Ολόκαινο. Έχουν μέγιστο άλμα που φθάνει τα 200 τουλάχιστον μέτρα, ενώ παρουσιάζουν και αντίστοιχη οριζόντια μετατόπιση.

**Ρηξιγενείς ζώνες περιοχής Κεριοῦ.** Παρατηρούνται εκατέρωθεν του όρμου του Κεριοῦ και είναι υπεύθυνες για την υφιστάμενη μορφολογική ταπείνωση. Έχουν γενική διεύθυνση Α-Δ, περιλαμβάνουν ένα αριθμό 3-4 περίπου ρηγμάτων από κάθε πλευρά του βυθίσματος. Τέμνουν ή οριοθετούν αρκετούς σχηματισμούς όπως το σχηματισμό Ασβεστολίθων Βραχίωνα, το σχηματισμό Ασβεστολίθων Κεριοῦ, το σχηματισμό Λαγώποδου, κ.ά.. Οριοθετούν Άλλουβιακούς σχηματισμούς και Ελώδεις αποθέσεις, ενώ τέμνουν και Πλευρικά Κορήματα. Τα στοιχεία αυτά φανερώνουν έντονη δράση μέσα στο Ολόκαινο. Έχουν συνολικό άλμα πάνω από 500 μέτρα από την κάθε πλευρά του όρμου, ο οποίος αντιστοιχεί σε ένα ρηξιτέμαχος που καταβυθίζεται.

**Ρήγματα Ζακύνθου.** Έχουν γενική διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και διέρχονται από το δυτικό τμήμα της πόλης. Τέμνουν μεταξύ των άλλων το σχηματισμό Γέρακα, το σχηματισμό Πλευρικών Κορημάτων, ενώ οριοθετούν και εμφανίσεις Άλλουβίων. Συνοδεύονται από μορφολογικές ασυνέχειες κατά μήκος των οποίων παρατηρούνται αλληπάλληλες κατολισθήσεις. Έχουν συνολικό άλμα που φθάνει τα 200 τουλάχιστον μέτρα.

Όπως είναι προφανές, ενδεχόμενη ενεργοποίηση των ρηγμάτων είναι αρνητική για κάθε δραστηριότητα τόσο κατά μήκος του ίχνους τους όσο και στην εκατέρωθεν περιοχή. Κατά συνέπεια θα πρέπει να αποφεύγεται κάθε σημαντική κατασκευαστική δραστηριότητα κατά μήκος τους, ενώ θα πρέπει να αποφεύγεται η κατασκευή έργων κοινής ωφέλειας (Νοσοκομεία, Σχολεία, Δημόσια Κτίρια, κ.ά.).

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

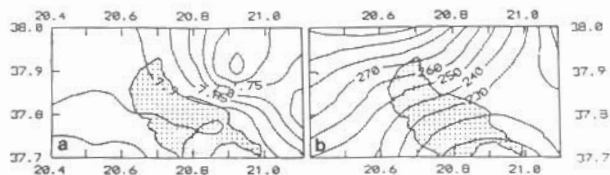


**Εικ. 2:** Ο ρηξιγενής ιστός της Ζακύνθου (ΛΕΚΚΑΣ, 1993) και τα σημαντικότερα ενεργά ρήγματα - ρηξιγενείς ζώνες (έντονος συμβολισμός).

**Fig. 2:** The fault fabric of Zakynthos (LEKKAS, 1993). The most important active faults - fault zones are shown in heavy print.

## 2. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ

Όπως είναι γνωστό η νήσος Ζάκυνθος αλλά και γενικότερα η Δυτική Ελλάδα παρουσιάζει υψηλή σεισμικότητα εξαιτίας της γειτνιάσής της με το μέτωπο σύγκρουσης των δύο λιθοσφαιρικών πλακών της Ευρωπαϊκής και της Αφρικανικής. Οι εκδηλούμενοι σεισμοί έχουν σοβαρότατες επιπτώσεις στις ανθρώπινες δραστηριότητες και εν γένει στην αλλοίωση του περιβάλλοντος και της ιστορικής φυσιογνωμίας. Σύμφωνα με τα υφιστάμενα δεδομένα (ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ & ΠΑΠΑΖΑΧΟΥ, 1989) από το 1469 μ.Χ. μέχρι σήμερα έχουν πλήξει τη Ζάκυνθο τουλάχιστον 15 μεγάλες σεισμικές κινήσεις με σημαντικές ανθρώπινες αλλά και υλικές απώλειες. Το πλέον πρόσφατο παράδειγμα αποτελούν οι σεισμοί του Αυγούστου του 1953 κατά τους οποίους τουλάχιστον 20 άνθρωποι σκοτώθηκαν ενώ μόνο ελάχιστες κατασκευές απέφυγαν την κατάρρευση.



**Εικ. 3α:** Χάρτης μέγιστου αναμενόμενου σεισμικού μεγέθους στην Ζάκυνθο με 90% πιθανότητα μη υπέρβασης κατά τα επόμενα 75 χρόνια.

**β.** Χάρτης μέγιστης αναμενόμενης εδαφικής επιτάχυνσης ( $\text{cm}/\text{sec}^2$ ), με 90% πιθανότητα μη υπέρβασης κατά τα επόμενα 50 χρόνια (ΒΟΥΛΓΑΡΗΣ, 1991).

**Fig. 3a:** Map of maximum expected magnitude, with more than 90% certainty that it will not be exceeded for the next 75 years.

**b.** Map of maximum expected ground acceleration, with more than 90% certainty that it will not be exceeded for the next 50 years (VOULGARIS, 1991).



Παρά το γεγονός ότι αρκετές έρευνες εκτίμησης της σεισμικής επικινδυνότητας και μείωσης του σεισμικού κινδύνου βρίσκονται σε εξέλιξη τόσο στη νήσο Ζάκυνθο όσο και στην ευρύτερη περιοχή μια πρόσφατη έρευνα (ΒΟΥΛΓΑΡΗΣ, 1991) έδωσε ορισμένες τιμές οι οποίες διαγράφουν με σχετικά λεπτομερή τρόπο τα υφιστάμενα στοιχεία σεισμικότητας. Έτσι λοιπόν το μέγιστο αναμενόμενο μέγεθος με πιθανότητα 90% μη υπέρβασης κατά τα επόμενα 75 χρόνια, κυμαίνεται από 7.85 έως 8.00 για το χερσαίο χώρο της νήσου με γενική αύξηση από τα ΒΑ προς τα ΝΔ (Εικ. 3α).

Αντίστοιχα η μέγιστη αναμενόμενη εδαφική επιτάχυνση με πιθανότητα 90% μη υπέρβασης κατά τα επόμενα 50 χρόνια κυμαίνεται από 200 - 270 cm/sec<sup>2</sup> με γενική αύξηση της τιμής προς τα βόρεια (Εικ. 3β).

### 3. ΜΟΛΥΝΣΕΙΣ ΑΠΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Οι γεωλογικοί παράγοντες οι οποίοι είναι δυνατό να προκαλέσουν περιβαλλοντολογικά προβλήματα και μολύνσεις αντιστοιχούν σε φυσικά στοιχεία και χημικές ενώσεις οι οποίες εμπεριέχονται στους γεωλογικούς σχηματισμούς. Στη Ζάκυνθο ανάλογες χημικές ενώσεις οι οποίες μπορούν να ρυπάνουν - μολύνουν το περιβάλλον είναι τα υφιστάμενα κοιτάσματα των υδρογονανθράκων.

Η παρουσία των υδρογονανθράκων στη Ζάκυνθο ήταν ήδη γνωστή από τον Ηρόδοτο, ενώ νεώτερες έρευνες έδειξαν την ύπαρξη ικανών ποσοτήτων. Με βάση τα υφιστάμενα δεδομένα στην επιφάνεια εμφανίζονται υδρογονάνθρακες σε τρία σημεία της νήσου (Εικ. 1). Στα σημεία αυτά και στην ευρύτερη περιοχή είναι δυνατό να προκληθούν εκτεταμένες μολύνσεις, εάν οι παράγοντες στους οποίους οφείλουν την εμφάνισή τους μεταβληθούν. Συγκεκριμένα οι περιοχές είναι (i) η νότια απόληξη της νήσου κατά μήκος της ακτής, όπου κυρίως εμφανίζονται αέρια υπό μορφή φουσαλίδων από υποθαλάσσια στόμια και μέσα στα υφιστάμενα σπήλαια, (ii) η ευρύτερη περιοχή του έλους και του κόλπου Κερί όπου εμφανίζεται πισσάσφαλτος και (iii) το ακρωτήριο Ξυγγιά βορειοδυτικά των Αλυκών όπου εμφανίζονται πισσάσφαλτος και εκλύσεις αερίων. Οι ανωτέρω εμφανίσεις κατά τους DERMITZAKIS & ALAFOUSOU (1987) οφείλονται στην κίνηση των υδρογονανθράκων προς την επιφάνεια κατά μήκος της περατής ασυμφωνίας του Μειοκαίνου - Πλειοκαίνου και προκαλούν μολύνσεις του θαλάσσιου ύδατος με ταυτόχρονη μείωση του pH κάτω από 7. Επίσης προκαλούν μείωση του πληθυσμού των βενθονικών συμφυρματοπαγών τριηματοφόρων.

Με βάση τα δεδομένα εκπόνησης του νεοτεκτονικού χάρτη της Ζακύνθου (ΛΕΚΚΑΣ, 1993) η παρουσία των υδρογονανθράκων στις συγκεκριμένες θέσεις που προαναφέρθηκαν οφείλεται εκτός των άλλων κατά κύριο λόγο στην παρουσία μεγάλων ρηξιγενών ζωνών που τέμνουν τους γεωλογικούς σχηματισμούς και διευκολύνουν την άνοδο τους στην επιφάνεια. Με το δεδομένο ότι οι μεγάλες αυτές ρηξιγενείς ζώνες είναι ενεργές θεωρείται βέβαιο ότι σε πιθανή ενεργοποίησή τους θα μεταβληθεί και η ποσότητα των υδρογονανθράκων που ανέρχονται στην επιφάνεια με αποτέλεσμα τη μεταβολή και στην ήδη υφιστάμενη μικρή ρύπανση. Είναι προφανές ότι δεν μπορεί να υπολογιστεί το μέγεθος αυτής της ρύπανσης δεδομένου ότι υπεισέρχονται παράγοντες οι οποίοι δεν είναι εύκολα προσδιορίσιμοι όπως το μέγεθος της ενεργοποίησης, η φύση της μετακίνησης των εκατέρωθεν τεμαχών, κ.ά..

### 4. ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

Οι ρευστοποιήσεις εδαφών αποτελούν ένα σημαντικό γεωτεχνικό και γεωπεριβαλλοντολογικό πρόβλημα, το οποίο συνδέεται άμεσα με σεισμικές δονήσεις. Ειδικότερα, οι ρευστοποιήσεις λαμβάνουν χώρα όταν χαλαροί λεπτόκοκκοι άμμοι ή ιλυώδεις άμμοι με παρουσία νερού υπόκεινται σε επαναλαμβανόμενες διατμητικές παραμορφώσεις με αποτέλεσμα τα υλικά να



**Εικ. 4:** Περιοχές της Νήσου Ζακύνθου στις οποίες αναμένεται η εκδήλωση ορισμένων γεωπεριβαλλοντολογικών προβλημάτων.

**Fig. 4:** Locations of Zakynthos where certain geoenvironmental problems are expected to occur.

ακτή εμφανίζονται Ελώδεις και Παράκτιες Αποθέσεις, οι οποίες αποτελούνται κυρίως από άμμους διαφόρων μεγεθών και ιλύες. Οι σχηματισμοί αυτοί έχουν ένα μέγιστο πάχος έως 5 περίπου μέτρα, ενώ η επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα ευρίσκεται σχεδόν στην επιφάνεια.

**Περιοχή Πόλεως Ζακύνθου.** Κατά μήκος της παραλιακής ζώνης στο νότιο τμήμα της πόλης καθώς επίσης και πλησίον των εκβολών του ποταμού, εμφανίζονται Αλλουβιακοί σχηματισμοί και Παράκτιες Αποθέσεις, οι οποίες περιέχουν άμμους, ιλύες, αργιλοιλύες, φυτικά λείψανα και λίγα αδρομερή στοιχεία. Το πάχος τους είναι περί τα 5 μέτρα και η επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα είναι σχεδόν στην επιφάνεια της θάλασσας.

**Περιοχή Λαγανά.** Κατά μήκος ενός μικρού τμήματος της παραλιακής ζώνης Λαγανά από τον Άγιο Σώστη ως το κέντρο περίπου της παραλιακής, αναπτύσσονται σε μικρή έκταση Αλλουβιακοί σχηματισμοί, Παράκτιες Αποθέσεις και υποτυπώδεις θίνες (ΛΕΙΒΑΔΙΤΗΣ, 1989), ενώ ο υδροφόρος ορίζοντας ευρίσκεται στο ύψος περίπου της επιφάνειας της θάλασσας. Οι εκτάσεις που πιθανόν να εμφανιστούν οι ρευστοποιήσεις είναι πολύ περιορισμένες, δεδομένου ότι οι ανωτέρω σχηματισμοί έχουν πολύ περιορισμένο μήκος και πλάτος ενώ το πάχος που εμφανίζεται δεν ξεπερνά τα 5 μέτρα.

**Περιοχή Κεριού.** Οι πιθανές ρευστοποιήσεις εντοπίζονται σε ένα τμήμα το οποίο αντιστοιχεί στην περιοχή εμφάνισης των Ελωδών αποθέσεων, που συνίστανται κυρίως από ιλυώδεις άμμους, ιλύες και φυτικά λείψανα, ενώ ο υδροφόρος ορίζοντας ευρίσκεται σχεδόν στην επιφάνεια.

Το πρόβλημα αντιμετώπισης των ρευστοποιήσεων είναι αρκετά σύνθετο και τα πιθανά μέτρα περιλαμβάνουν βελτίωση του εδάφους, μετάθεση των τεχνικών έργων, υποβιβασμό της στάθμης του ύδατος, κ.ά..

αποκτούν συμπεριφορά βαρέως ρευστού (SEED, 1976).

Στη νήσο Ζακύνθο οι πιθανές θέσεις - περιοχές εκδήλωσης ρευστοποιήσεων είναι αυτές στις οποίες υφίστανται οι κατάλληλες λιθολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες. Με βάση τα στοιχεία της γεωλογίας που αναφέρθηκαν είναι δυνατό να απαντηθούν στους Αλλουβιακούς σχηματισμούς στις Παράκτιες Αποθέσεις και στις Ελώδεις Αποθέσεις οι οποίες εμφανίζονται στο επίπεδο πεδινό τμήμα της Ζακύνθου. Παράλληλα ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας ευρίσκεται σε πολύ μικρό βάθος από την επιφάνεια και σχεδόν στο ύψος της επιφάνειας του θαλάσσιου νερού. Οι κύριες περιοχές στις οποίες εντοπίζονται πιθανές ρευστοποιήσεις (Εικ. 4) είναι:

**Περιοχή Αλυκών.** Στην παράκτια ζώνη της περιοχή Αλυκών με πλάτος περί τα 100-200 μέτρα από την



## 5. ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ

Οι καταπτώσεις είναι δυνατό να λάβουν χώρα κατά μήκος μεγάλων μορφολογικών ασυνεχειών είτε εξ' αιτίας υποσκαφών του πρανούς από φυσικούς ή τεχνητούς παράγοντες είτε εξαιτίας σεισμικών κινήσεων. Το μέγεθος των κινούμενων υλικών εξαρτάται κυρίως από τα χαρακτηριστικά της μορφολογικής ασυνέχειας, τους γεωλογικούς σχηματισμούς και το μέγεθος των υποσκαφών ή των σεισμικών κινήσεων.

Ουσιαστικά σε τρεις περιοχές (Εικ. 4) που εντοπίζονται μεγάλες μορφολογικές ασυνέχειες είναι δυνατό να εκδηλωθούν σημαντικές καταπτώσεις οι οποίες θα προκαλέσουν σημαντικά προβλήματα:

**Περιοχή Μπόχαλης.** Στην περιοχή αυτή αναπτύσσεται ο σχηματισμός Γέρακα από ασβεστιτικούς ψαμμίτες, ψαμμίτες, κ.ά., πάνω στο σχηματισμό Κάστρο, ο οποίος αποτελείται κυρίως από μπλε μάργες. Όπως είναι αναμενόμενο ο ευαποσάθρωτος χαρακτήρας του κατώτερου σχηματισμού προκαλεί αστάθεια στους υπερκείμενους βραχώδεις όγκους με αποτέλεσμα να παρατηρούνται καταπτώσεις οι οποίες προκαλούν μικρές ή μεγάλες ζημιές σε οικίες στο δυτικό τμήμα της πόλης. Οι καταπτώσεις αυτές είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες κατά τη διάρκεια σεισμών με πλέον αντιπροσωπευτικό παράδειγμα την περίπτωση του σεισμού του 1953 κατά τον οποίο όγκοι βραχωδών μαζών κατέστρεψαν έναν αριθμό οικιών.

**Δυτική ακτή Ζακύνθου.** Οι καταπτώσεις κατά μήκος των δυτικών ακτών είναι συχνές, λόγω του απότομου βραχώδους πρανούς που δομείται από Ασβεστόλιθους του Βραχίονα και της υποσκαφής των κυμάτων. Οι καταπτώσεις όπως είναι επόμενο κατά τη διάρκεια μεγάλων σεισμών αναμένονται να είναι σημαντικές. Παρ' όλο το μεγάλο μήκος της ακτογραμμής και το ύψος του πρανούς οι καταπτώσεις δεν έχουν σημαντική επίδραση στις ανθρώπινες δραστηριότητες παρά μόνο συνέπειες στην αλλοίωση της φυσικογεωγραφικής εικόνας (π.χ. περιοχή Ναυάγιο).

Η αντιμετώπιση των καταπτώσεων είναι δύσκολο να επιτευχθεί τουλάχιστον στην περιοχή της Μπόχαλης με τεχνικά έργα, λόγω του πολύ μεγάλου κόστους. Η προληπτική αντιμετώπιση όμως είναι δυνατό να γίνει τόσο με αποφυγή εκκαψών όσο και με τον μακροπρόθεσμο χωροταξικό σχεδιασμό.

## 6. ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

Οι κατολισθήσεις είναι δυνατό να λάβουν χώρα κατά μήκος ή μορφολογικών ασυνεχειών ή πρανών με σημαντικές κλίσεις, ενώ κυρίαρχο ρόλο παίζει η φύση των πετρωμάτων, η γεωλογική δομή και οι ανθρώπινες παρεμβάσεις. Οι κατολισθήσεις αναμένεται να είναι σημαντικές κατά τη διάρκεια σεισμικών κινήσεων λόγω της αύξησης των ενεργητικών δυνάμεων που τις προκαλούν. Με βάση μια σύνθετη θεώρηση όλων των παραγόντων που υπεισέρχονται στο πρόβλημα της ευστάθειας των πρανών και κυρίως με βάση τη μακροσκοπική υπαίθρια παρατήρηση στις ακόλουθες περιοχές (Εικ. 4) είναι δυνατό να προκληθούν κατ' αρχήν κατολισθητικά φαινόμενα.

**Περιοχή Μπόχαλης - Γέρακα.** Στην περιοχή αυτή αναπτύσσεται ο σχηματισμός Κάστρο που περιλαμβάνει κυρίως μπλε μάργες και αργίλους οι οποίες είναι ευαποσάθρωτες. Ταυτόχρονα τα πρανή έχουν κατά θέσεις σημαντικές κλίσεις με αποτέλεσμα σε όλη την περιοχή να παρατηρούνται μικρές ή μεγάλες τοξοειδείς θραύσεις. Οι κατολισθήσεις αυτές είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες κατά τη διάρκεια σεισμών με πλέον αντιπροσωπευτικό παράδειγμα την περίπτωση του σεισμού του 1953 κατά τη διάρκεια του οποίου προκλήθηκαν σημαντικές κατολισθήσεις σε εκτεταμένες περιοχές με σημαντικότερες επιπτώσεις στις ανθρώπινες

δραστηριότητες στο περιβάλλον.

**Περιοχή όρους Σκοπού.** Στην περιοχή αυτή εμφανίζονται αρκετοί σχηματισμοί εκ των οποίων άλλοι είναι ευαποσάθρωτοι (Σχηματισμός Δάφνης) και άλλοι είναι κατακερματισμένοι (Ασβεστόλιθοι - Δολομίτες - Εβαπορίτες). Τα κατολισθητικά φαινόμενα ευνοούνται από την παρουσία μεγάλων μορφολογικών κλίσεων και ασυνχειών. Κατά τη διάρκεια σεισμών παρατηρήθηκαν μεγάλες μετακινήσεις των μαζών με πλέον αντιπροσωπευτικούς τους σεισμούς του 1953.

Η αντιμετώπιση των κατολισθήσεων στις περισσότερες των περιπτώσεων μπορεί να επιτευχθεί μετά από λεπτομερείς μελέτες με μια σειρά μέτρων τα οποία έχουν σα στόχο την άρση των παραγόντων που τις προκαλούν.

#### **7. ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΑ ΚΥΜΑΤΑ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ (Tsunamis)**

Τα παλιρροιακά κύματα βαρύτητας εκδηλώνονται στο θαλάσσιο χώρο κυρίως μετά από σεισμικές κινήσεις. Μπορούν να πλήξουν παράκτιες περιοχές κατά μήκος των ακτογραμμών αλλά και ευρύτερες παράκτιες πεδινές περιοχές. Οι επιπτώσεις των παλιρροιακών κυμάτων βαρύτητας σε μια περιοχή εξαρτώνται (i) από τα χαρακτηριστικά του σεισμού και την επικεντρική απόσταση, (ii) από την ταχύτητα και το ύψος των κυμάτων, (iii) από την παράκτια μορφολογία και (iv) από τις ανθρώπινες δραστηριότητες που αναπτύσσονται στην παράκτια περιοχή.

Όπως είναι αυτονόητο οι δύο πρώτοι παράγοντες είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστούν και να εκτιμηθούν με ακρίβεια, γεγονός όμως είναι ότι στη Ζάκυνθο με βάση τα ιστορικά στοιχεία (ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ & ΠΑΠΑΖΑΧΟΥ, 1989) έχουν παρατηρηθεί τουλάχιστον τρεις φορές σημαντικές εμφανίσεις tsunamis. Με βάση τους τρεις υπόλοιπους παράγοντες είναι δυνατό να γίνει μια πρώτη χωροταξική εκτίμηση των περιοχών που αναμένεται να πληγούν και οι οποίες πρόσθετα παρουσιάζουν κάποιο οικονομο-περιβαλλοντολογικό ενδιαφέρον. Ειδικότερα οι περιοχές (Εικ. 4) αυτές είναι οι ακόλουθες:

**Περιοχή Πόλεως Ζακύνθου.** Στην εν λόγω περιοχή οι επιπτώσεις από θαλάσσια κύματα βαρύτητας θα είναι ιδιαίτερα μεγάλες λόγω του πολύ μικρού υψόμετρου που χαρακτηρίζει το μεγαλύτερο τμήμα της πόλης όσο και των συσσωρευμένων κοινωνικο - οικονομο-πολιτικών δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται.

**Περιοχή Λαγανά.** Η περιοχή αυτή διατρέχει ιδιαίτερα υψηλό κίνδυνο από τα κύματα βαρύτητας δεδομένου ότι οι μορφολογικές συνθήκες είναι πολύ ευνοϊκές με πολύ μικρά υψόμετρα που διατηρούνται σε μεγάλη έκταση προς βορρά. Παράλληλα ιδίως τους θερινούς μήνες η συγκεκριμένη περιοχή είναι εξαιρετικά πυκνοκατοικημένη λόγω της τουριστικής περιόδου. Τέλος, ένα επιβαρυντικό στοιχείο είναι η ανοικτή θάλασσα που υπάρχει προς τα νότια με αποτέλεσμα ο κυματισμός να φθάνει χωρίς φυσικά εμπόδια.

**Περιοχή Κεριού.** Και η περιοχή Κεριού διατρέχει αυξημένο κίνδυνο από παλιρροιακά κύματα βαρύτητας δεδομένου ότι τη χαρακτηρίζουν ακριβώς τα ίδια στοιχεία με την περιοχή του Λαγανά και επί πλέον το γεγονός ότι σε ορισμένα τμήματα η επιφάνεια του εδάφους είναι κατώτερη της επιφάνειας της θάλασσας.

**Περιοχή Αλυκών.** Η περιοχή Αλυκών χαρακτηρίζεται από πολύ μικρά υψόμετρα που διατηρούνται σε μεγάλη έκταση προς τα νότια. Παράλληλα τους θερινούς μήνες αναπτύσσονται ευρύτατες δραστηριότητες λόγω της τουριστικής κίνησης.

Η αντιμετώπιση των κυμάτων βαρύτητας είναι ένα ανοικτό και πολύ δύσκολο επιλύσιμο πρόβλημα. Οι όλες προσπάθειες αντιμετώπισης διεθνώς, εστιάζονται στην έγκαιρη πρόγνωση και την προειδοποίηση του πληθυσμού καθώς επίσης και

στην κατάλληλη ενημέρωση - εκπαίδευση.

### **8. ΔΡΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΩΝ**

Τα ρεύματα είναι δυνατό να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις τόσο σε έμψυχο όσο και σε άψυχο υλικό. Οι καταστροφές από τη δράση τους εξαρτώνται κυρίως (i) από το είδος ενός συγκεκριμένου ρεύματος και από το είδος και την ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου στο οποίο ανήκει, (ii) από τις τοπογραφικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής ανάπτυξης του υδρογραφικού συστήματος, (iii) από την ένταση των βροχοπτώσεων, (iv) από τη θέση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και των στοιχείων του περιβάλλοντος σε σχέση με την ανάπτυξη του ρεύματος και (v) από άστοχες παρεμβάσεις ανθρωπογενούς προέλευσης κατά μήκος της κοίτης.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα των επιπτώσεων των ρευμάτων στη Ζάκυνθο έλαβε χώρα το Φεβρουάριο του 1993 και έπληξε κυρίως την περιοχή του Κατοσταρίου. Ειδικότερα, μετά μια ραγδαία νεροποντή ρεύμα νερού και λάσπης κατέστρεψε ένα σημαντικό τμήμα του χωριού Κατοστάρι και της κατάντι αγροτικής περιοχής, ενώ πολλοί κάτοικοι τραυματίστηκαν. Η έκταση της λεκάνης απορροής που εκφορτίστηκε από το ρεύμα ήταν της τάξης των 3 km<sup>2</sup> μόνο, και αναπτυσσόταν κυρίως πάνω σε Ασβεστόλιθους του Βραχίωνα. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το θέρος που προηγήθηκε, φωτιά κατέστρεψε τμήμα του δάσους το οποίο ανεπτυσσόταν μέσα στη λεκάνη απορροής.

Με βάση τα στοιχεία αυτά αλλά και με βάση ανάλογα γεγονότα που έλαβαν χώρα στο πρόσφατο παρελθόν, στη νήσο Ζάκυνθο είναι δυνατό να υποδειχθούν κάποιες περιοχές στις οποίες πιθανώς να εμφανιστούν ανάλογα φαινόμενα. Οι περιοχές αυτές βρίσκονται στις ανατολικές παρυφές του Βραχίωνα κατά μήκος των υπορειών όπου αναπτύσσονται τουλάχιστον 10 ρεύματα που εκφορτίζουν λεκάνες ικανής έκτασης (Εικ. 4) και ανάλογων συνθηκών με εκείνων της λεκάνης του ρεύματος Κατοσταρίου.

Η αντιμετώπιση της δράσης των ρευμάτων είναι δυνατό να γίνει κυρίως με κατάλληλες διευθετήσεις της κοίτης τους και με παράλληλη κατασκευή ανασχετικών φραγμάτων, τα οποία θα μειώνουν την ταχύτητα ροής. Παράλληλα ιδιαίτερη σημασία θα πρέπει να δοθεί στις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στον χώρο ανάπτυξης του υδρογραφικού δικτύου, όπως απόρριψη αδρανών υλικών, αυθαίρετη δόμηση, κ.ά..

### **9. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΥΔΡΟΦΟΡΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΩΝ**

Στη νήσο Ζάκυνθο παρατηρείται μια σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων υδάτων η οποία είναι εντονότερη κατά τους θερινούς μήνες κατά τους οποίους οι ανάγκες υδροληψίας είναι αυξημένες. Η υποβάθμιση της ποιότητας έχει αρνητικές επιπτώσεις όχι μόνο στους κατοίκους όσο και στον τουριστικό τομέα ο οποίος είναι ο βασικότερος μοχλός οικονομικής ανάπτυξης. Με βάση τα στοιχεία της γεωλογικής δομής καθώς επίσης και με βάση τις υφιστάμενες υδρογεωλογικές μελέτες (ΣΚΑΓΙΑΣ, 1984) η νήσος Ζάκυνθος υδρογεωλογικά μπορεί να διακριθεί σε δύο τομείς στο ανατολικό και στο δυτικό, με όριο τη νοτιή γραμμή η οποία διέρχεται από το χωριό Κατοστάρι και το χωριό Λιθακιά (Εικ. 1).

Ειδικότερα στον ανατολικό τομέα οι δυνατότητες εκμετάλλευσης είναι πολύ περιορισμένες δεδομένου: (i) στη γεωλογική δομή του λαμβάνουν μέρος ως επί το πλείστον αδιαπέρατοι σχηματισμοί με μικρές μόνο αναπτύξεις περατών σχηματισμών, (ii) της απουσίας σημαντικής τροφοδοσίας τους από υδρογεωλογικές



**Εικ. 5:** Γεωλογικός χάρτης της Ζακύνθου με τις διευθύνσεις ροής υπόγειων υδάτων στο όρος Βραχίωνα (1), τις διευθύνσεις διείσδυσης του θαλάσσιου νερού (2), τις θέσεις των γεωτρήσεων κύριας εκμετάλλευσης υπόγειων νερών (3).

**Fig. 5:** Geological map of Zakynthos showing the flow directions of subsurface water at Vrachionas Mt. (1), the direction of sea - water penetration (2), the locations of the main water drills (3).

λεκάνες μεγάλης ανάπτυξης, (iii) της μικρής κατείδυσης λόγω της μικρής περατότητας των πετρωμάτων, (iv) της γειννίασης των όποιων υδροφόρων στρωμάτων με τη θάλασσα. Ο πλέον σημαντικός υδροφόρος ορίζοντας αναπτύσσεται στην επίπεδη πεδινή περιοχή ο οποίος όμως έχει μικρές δυνατότητες λόγω και της μικρής έκτασης εμφάνισης και του πάχους των περατών σχηματισμών. Ο ορίζοντας αυτός ο οποίος είναι επιφανειακός είναι δυνατό να επιλύσει προβλήματα μικρών αναγκών ύδρευσης (μεμονωμένων οικιών) ή ακόμα και μικρών αρδευτικών αναγκών.

Στο δυτικό τομέα οι υδρογεωλογικές συνθήκες είναι τελείως διαφορετικές δεδομένου ότι αναπτύσσονται ως επί το πλείστον ανθρακικοί περατοί σχηματισμοί, ενώ η κατείδυση είναι μεγάλη. Κυρίαρχη για τις υδρογεωλογικές συνθήκες είναι η παρουσία της αντικλινικής δομής του Βραχίωνα με γενική διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ. Στη δομή αυτή οφείλεται και η κίνηση των υπόγειων υδάτων είτε προς τα δυτικά για το δυτικό σκέλος του αντικλίνου, είτε προς τα ανατολικά για το ανατολικό σκέλος του αντικλίνου. Στην πρώτη περίπτωση τα υπόγεια ύδατα έρχονται σε επαφή με το θαλάσσιο νερό αμέσως, λόγω του υψηλού καρσι και της απουσίας κάποιων σχηματισμών που θα εμπόδιζαν την εισροή του θαλάσσιου νερού με αποτέλεσμα οι δυνατότητες εκμετάλλευσης να είναι μηδενικές. Στη δεύτερη περίπτωση τα υπόγεια νερά συσσωρεύονται στους ασβεστόλιθους του Βραχίωνα λόγω του φράγματος των σχετικά αδιαπέρατων σχηματισμών και ειδικότερα των σχηματισμών Λαγώποδου και Αγίου Σώστη με αποτέλεσμα να υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες εκμετάλλευσης.

Κατά τη διάρκεια του μεγαλύτερου διαστήματος του έτους οι ποσότητες αντλούμενου νερού είναι μικρότερες από τις υφιστάμενες δυνατότητες των υδροφορέων. Κατά τις θερινές περιόδους όμως οπότε και οι κάτοικοι της νήσου υπερτριπλασιάζονται, γίνεται υπεράντληση με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται εισροή ποσοτήτων θαλάσσιου νερού είτε από τα βόρεια είτε από τα νότια (Εικ. 5). Η εισροή αυτή έχει άμεσο αποτέλεσμα τη σταδιακή υποβάθμιση της ποιότητας των αντλούμενων νερών, η οποία εμφανίζεται αρχικά στην περιοχή Κερίου και Κατοσταρίου δεδομένου ότι βρίσκονται σε μικρή απόσταση από τη θάλασσα. Στις ίδιες περιοχές η ποσιμότητα, με βάση τα υφιστάμενα στοιχεία (ΣΚΑΓΙΑΣ, 1984), κρίνεται κακή λόγω της αυξημένης παρουσίας ιόντων  $\text{Na}^+$  και  $\text{Cl}^-$ .

Όπως είναι προφανές, η αντιμετώπιση του προβλήματος της υποβάθμισης των υπόγειων υδροφορέων είναι ένα ανοικτό θέμα και μπορεί να γίνει με ορθή διαχείριση του υδάτινου δυναμικού, η οποία θα προκύψει μετά από εμπειριστατωμένη ανάλυση όλων των στοιχείων και των δεδομένων που υπεισέρχονται στο πρόβλημα.

#### **ΕΥΝΟΕΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ - ΕΥΖΗΤΗΣΗ**

Όπως διαπιστώνεται από τις περιγραφές που έγιναν στη νήσο Ζάκυνθο είναι δυνατό να ανακύψει ένας σημαντικός αριθμός γεωπεριβαλλοντολογικών προβλημάτων. Η εκδήλωση των προβλημάτων αυτών έχει σαν κύρια αίτια τις γεωδυναμικές διεργασίες οι οποίες λαμβάνουν και διαμόρφωσαν - διαμορφώνουν το γεωδυναμικό πλαίσιο τόσο της ίδιας της νήσου όσο και της ευρύτερης περιοχής. Τα κύρια στοιχεία που υπεισέρχονται και συνθέτουν το πλαίσιο είναι η λιθοστρωματογραφική διάρθρωση, η τεκτονική παραμόρφωση και ιδιαίτερα η πρόσφατη παραμόρφωση, οι μορφολογικές συνθήκες, η παρουσία των υδρογονανθράκων στο υπέδαφός τους και η υδρολιθολογία. Σε ορισμένες περιπτώσεις η εκδήλωση των γεωπεριβαλλοντολογικών προβλημάτων επιταχύνεται ή έχει ως κύριο αίτιο τις άστοχες ανθρώπινες παρεμβάσεις οι οποίες λαμβάνουν χώρα με επιταχυνόμενο ρυθμό και ένταση.

Οι επιπτώσεις από την εκδήλωση των γεωπεριβαλλοντολογικών προβλημάτων είναι δυνατό να διακριθούν σε δύο βασικές κατηγορίες οι οποίες αντιστοιχούν στις ανθρώπινες δραστηριότητες και στο ίδιο το φυσικό περιβάλλον. Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται οι επιπτώσεις που έχουν σχέση με την ίδια τη ζωή των κατοίκων της νήσου αλλά και στις οικονομικές, κοινωνικές και πολιτιστικές δραστηριότητες, ενώ θα πρέπει να αναφερθούν και ενδεχομένως επιπτώσεις σε στοιχεία πολιτιστικής κληρονομιάς. Οι επιπτώσεις στο ίδιο το φυσικό περιβάλλον αφορούν βίαιες αλλαγές στα φυσικογεωγραφικά στοιχεία με κύριες παρεμβάσεις στην επιτάχυνση ή επιβράδυνση κάποιων φυσικών διεργασιών.

Οι επιπτώσεις από τα προβλήματα που προαναφέρθηκαν είναι δυνατό να περιοριστούν στις περισσότερες των περιπτώσεων και σε άλλες να ελαχιστοποιηθούν. Η αντιμετώπιση πρέπει να έχει περισσότερο προληπτικό χαρακτήρα μακροπρόθεσμου σχεδιασμού και περιλαμβάνει:

α. Χωροταξικές παρεμβάσεις και χωροταξικό σχεδιασμό με στόχο περιοχές οι οποίες συγκεντρώνουν υψηλή επικινδυνότητα να αποφεύγονται για μελλοντική ανάπτυξη ή να αλλάζει η χρήση τους.

β. Κατασκευή τεχνικών έργων με τα οποία μπορούν να αντιμετωπισθούν ορισμένα προβλήματα όπως λόγου χάρη αυτά που προέρχονται από τη δράση των ρευμάτων.

γ. Ορθολογιστική διαχείριση των στοιχείων του γεωπεριβάλλοντος έτσι

ώστε να μην παρατηρούνται αλλαγές οι οποίες πολλές φορές είναι μη αναστρέψιμες.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΒΟΥΛΓΑΡΗΣ, Ν. (1991). Διερεύνηση της δομής του φλοιού στη Δυτική Ελλάδα (περιοχή Ζακύνθου - Δυτ. Πελοποννήσου). Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας Παν/μίου Αθηνών, 221σ.
- BIZON, G., MULLER, C. (1977). La limite Pliocene-Pleistocene dans l' ile de Zante. La coupe de la Citadelle. C. R. somm. Soc. Geol. Fr. 4, Paris.
- ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, Μ. (1978). Στρωματογραφία και ιστορία ιζηματογενέσεως της νήσου Ζακύνθου, Γεωλ. Χρον. Ελλ. Χώρων, 29, 1977, σελ. 47-186.
- DERMITZAKIS, M., PAPANIKOLAOU, D., KAROTSIERIS, Z. (1979). The marine Quaternary formations of SE Zakynthos island and their paleogeographic implications. Proc. 6th Coll. Geol. Aegean Region, Athens 1977 I, p. 407-415, Athens.
- DERMITZAKIS, M., ALAFOUSOU, P. (1987). Geological framework and observed oilseeps of Zakynthos island: their possible influence on the pollution of the marine environment. Thalassographica, Vol. 10, Fasc. 2, p. 7-22, Athens.
- HERODOTE - Histoires. Livre IV, ligue 195, Edit. Belles Lettres (484-430 avant J. C.).
- HORSTMAN, G. (1967). Geologie de la partie meridionale de l' ile de Zante (Grece). These Univ. Paris, 127pp., 28 pls., Paris.
- KOWALCZYK, G., MULLER, C. and WINTER, K-P. (1977). Nannofossils of the Calabrian deposits of Zakynthos (Ionian Island, Greece). N. Jb. Geol. Palaont. Mh., H5, 284-288.
- ΛΕΙΒΑΔΙΤΗΣ, Γ. (1989). Μορφολογία των ακτών της νήσου Ζακύνθου. 1ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Πρακτικά, Β' Τόμος, 195-203.
- ΛΕΚΚΑΣ, Ε. (1993). Νεοτεκτονικός χάρτης της Ελλάδος. Φύλλα Ζάκυνθος - Βολίμναι. Κλίμακα 1:50.000. Εφαρμ. Έρευν. Προγρ. Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας Πανεπιστημίου Αθηνών, σελ. 116.
- ΜΙΡΚΟΥ-ΠΕΡΙΠΟΠΟΥΛΟΥ, Ρ. (1974). Στρωματογραφία και Γεωλογία του Βόρειου Τμήματος της Ζακύνθου. Ann. Geol. Pays Hellen., XXVI, p. 35-108, Athenes.
- MULDER DE E.F.J. (1975). Microfauna and sedimentary-tectonic history of the Oligo-Miocene of the Ionian Islands and Western Epirus (Greece), Utrecht Micropal. Bull. 13, Utrecht.
- ΝΙΚΟΛΑΟΥ, Κ. (1986). Συμβολή στη γνώση και οριοθέτηση της Ιόνιας και Προαπούλιας ζώνης σε σχέση με πετρελαιογεωλογικές παρατηρήσεις στα νησιά Στροφάδες, Ζάκυνθο και Κεφαλλονιά. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 350σ..
- ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ, Β., ΠΑΠΑΖΑΧΟΥ, Κ., 1989. Οι σεισμοί της Ελλάδας. Εκδ. Ζήτη.σελ. 356.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1986). Γεωλογία της Ελλάδος.
- PERRY, L.J., TEMPLE, P.G. με τη συνεργασία ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΥ, Β., ΜΙΡΚΟΥ, Ρ. and ΚΕΡΑΥΔΡΕΝ, Β. (1980). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας 1:50.000, φύλλο Ζάκυνθος, ΙΓΜΕ.
- SEED, H. B. (1976). Evaluation of Soil Liquefaction Effects on Level Ground during Earthquakes. Amer. Soc. of Civil Eng. Liquefaction problems in geotechnical engineering, 1-19.
- ΣΚΑΓΙΑΣ, Δ. ΣΤ. (1984). Αποτελέσματα υδρογεωτρητικής έρευνας νήσου Ζακύνθου.



- SOREL, D. (1976). Etude Neotectonique dans l' arc Egeen extern occidentale. Universite de Paris XI (these 3eme cycle).
- STAMATAKIS, M., DERMITZAKIS, M., ECONOMOU-AMILLI, A. and MAGGANAS, A. (1989). Petrology and Diagenetic Changes in Miocene Marine Diatomaceous Deposits from Zakynthos Island, Greece. *Giornale di Geologia*, ser 3<sup>a</sup>, vol. 51/1, pp. 129-139.
- ΤΣΑΠΡΑΛΗΣ, Β. (1981). Συμβολή στη μελέτη του Πλειστοκαίνου της Ζακύνθου. Οστρακώδη-Παλαιοπεριβάλλον. *Διατριβή*, σελ. 134, Πάτρα.
- UNDERHILL, J. R. (1985). Neogene and Quaternary tectonics and sedimentation in Western Greece. *PhD thesis*, Univ. Wales.
- WADE, A. (1932). The geology of Zante and its ancient oil field. *Journ. Inst. Petrol., 7, Technologists 18* (99) p. 1-36.