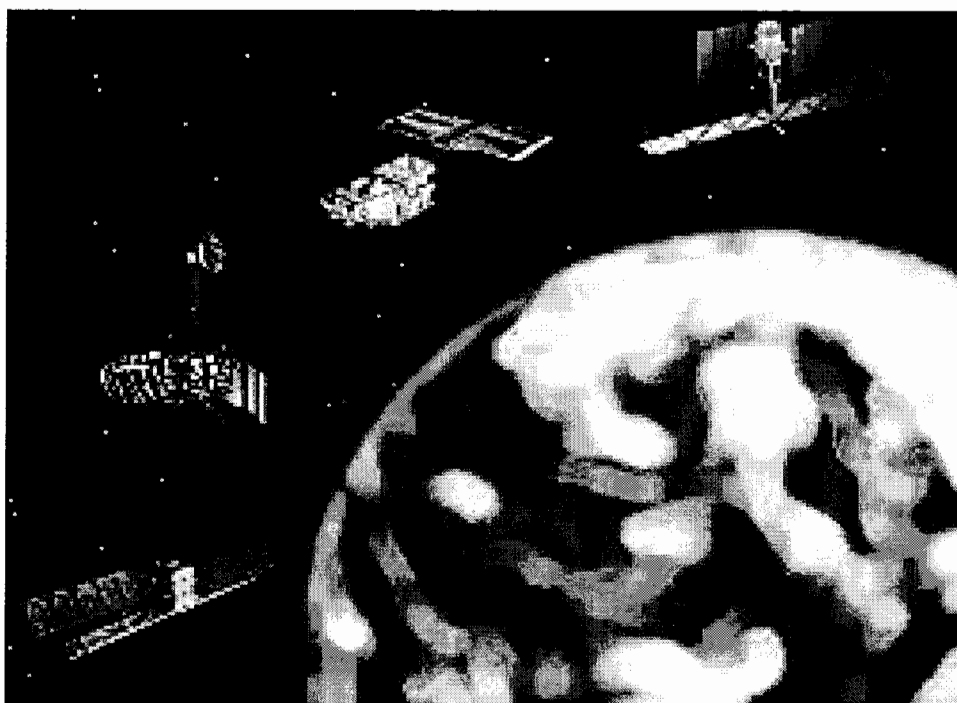


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ ΤΗΣ
ΝΗΣΟΥ ΣΚΟΠΕΛΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ
LANDSAT-5**



ΑΡΕΤΗ Θ. ΤΣΙΓΚΛΙΦΥΣΗ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : κ. ΑΣΤΑΡΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2005



Βιβλιοθήκη Θεσσαλονίκης - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

13 ΔΕΚ. 2005

2

HC 987623

ΤΑ

593

.Τ75

2005

Δ117

6.1

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ
 - 2.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΣΚΟΠΕΛΟΥ
 - 2.2 ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ
3. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ
4. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ
6. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
8. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Προκειμένου να προσδιοριστούν τα γεωμορφολογικά γνωρίσματα της νήσου Σκοπέλου, η εργασία πεδίου (υπαίθρου) και η ψηφιακή δορυφορική ανάλυση συνδυάστηκαν. Απλές τεχνικές επεξεργασίας και ανάλυσης εικόνας ακολουθήθηκαν σε αυτή την εργασία. Αυτές οι τεχνικές οδήγησαν στη δημιουργία ενισχυμένων δορυφορικών εικόνων όσον αφορά τα τοπογραφικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του νησιού. Οι τελικές, ψηφιακά ενισχυμένες Landsat-5/ TM εικόνες χρησιμοποιήθηκαν για να ερμηνεύσουν και να χαρτογραφήσουν τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του νησιού με τη χρήση του προγράμματος Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών MapInfo, αλλά και του προγράμματος ανάλυσης εικόνας ERDAS 4.0.

Οι φωτογραμμώσεις που ανιχνεύθηκαν σε αυτήν την μελέτη αφορούσαν:

1. χαρτογραφημένες επαφές ή ρήγματα
2. επεκτάσεις των προηγουμένως χαρτογραφημένων ρηγμάτων ή
3. προηγούμενα μη ανιχνευθέντα γεωλογικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα, συμπεριλαμβανομένων των ρηγμάτων, των τεκτονικών επαφών ή των επαφών που αναπτύσσονται.

Επίσης, διευκρινίστηκε ο ρόλος που διαδραματίζει το ύψος και η γωνία του ηλίου στην ανάλυση των γεωμορφολογικών δομών (φωτογραμμώσεων).

Στην παρούσα εργασία, η φασματική ζώνη 7 ($2,08\mu\text{m} - 2,35\mu\text{m}$) του TM σαρωτή χρησιμοποιήθηκε διότι δίνει την καλύτερη

ερμηνεία, ανάμεσα στις επτά φασματικές ζώνες, για τη γεωλογία και τη γεωμορφολογία (Αστάρης, 1998).

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τηλεπισκόπηση είναι «Η επιστήμη συλλογής στοιχείων (πληροφοριών), για τον προσδιορισμό της φύσης και των ιδιοτήτων ενός ή περισσοτέρων αντικειμένων ή φαινομένων του γήινου περιβάλλοντος, με τη βοήθεια των δεικτών τηλεπισκόπησης (remote sensors), από απόσταση, χωρίς τη φυσική επαφή του δέκτη με αυτά» [Lintz & Simonett (1976), Colwell (1984), Holz (1985), Αστάρης (1986)]. Το μέσο που χρησιμοποιείται, για τη μεταφορά των πληροφοριών από τα αντικείμενα στο δέκτη, είναι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ενέργεια). Η ηλιακή υπέρυθρη ακτινοβολία ($2,08\mu\text{m} - 2,35\mu\text{m}$) , δηλαδή η φασματική ζώνη 7 του TM σαρωτή, είναι αυτή που δίνει τα πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα στις γεωλογικές και γεωμορφολογικές έρευνες στις διάφορες περιοχές.

Η χρήση δορυφορικών εικόνων στις γεωλογικές και άλλες επιστήμες, γίνεται λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν έναντι των αεροφωτογραφιών. Η συγκεκριμένη περιοχή μελέτης είναι δύσκολο να εξερευνηθεί και να χαρτογραφηθεί ικανοποιητικά, δεδομένου ότι το μεγαλύτερο μέρος του νησιού καλύπτεται από πυκνή βλάστηση (ιδιαίτερα τη θερινή περίοδο). Επίσης, οι ασπρόμαυρες πανχρωματικές αεροφωτογραφίες καλύπτουν μικρή περιοχή κατά τη λήψη τους και συχνά αποτυγχάνουν να αποκαλύψουν τα στοιχεία του ανάγλυφου και τις γεωλογικές δομές. Επιπρόσθετα, το κόστος των δορυφορικών εικόνων, όταν είναι διαθέσιμες σε πολλούς χρήστες είναι μικρότερο, συγκριτικά με το κόστος των πολλών

αεροφωτογραφιών που απαιτούνται για μια ολοκληρωμένη έρευνα. Όλα αυτά τα προβλήματα εξαλείφονται στις Landsat-5/ TM εικόνες, διότι οι TM εικόνες παρέχουν συνοπτική (185 km. X 185km.) ορθογραφική, επαναλαμβανόμενη κάθε 16 ημέρες, πολυφασματική (εφτά ζώνες, συμπεριλαμβανομένης και της υπέρυθρης) κάλυψη.

Όσον αφορά το πολυφασματικό σαρωτή TM (Thematic Mapper/ θεματικός χαρτογράφος), είναι ένας βελτιωμένος σαρωτής, ο οποίος φέρει περισσότερες φασματικές ζώνες και παρουσιάζει καλύτερη γεωμετρική και ραδιομετρική ευαισθησία από ότι ο σαρωτής MSS των LANDSAT- 1/2/3. Συγκεκριμένα ο θεματικός χαρτογράφος φέρει επτά φασματικές ζώνες, από τις οποίες, οι τρεις ανήκουν στο ανακλώμενο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Οι υπόλοιπες ζώνες είναι νέες, όπως η μπλε (0,45-0,52 μm), οι δύο ισχυρά ανακλώμενες υπέρυθρες ζώνες, δηλαδή η ζώνη 5 (1,55-1,75 μm) και η ζώνη 7 (2,08-2,35 μm) καθώς και η θερμική υπέρυθρη ζώνη ή ζώνη 6 (10,4-12,5 μm) (Αστάρης, 1998).

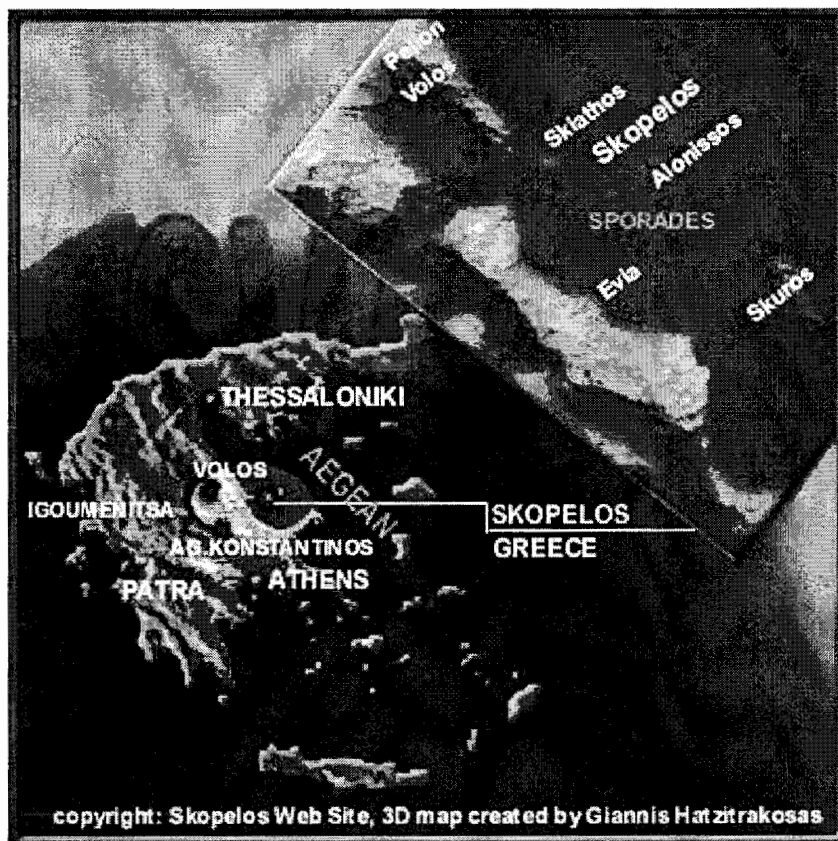
Η επιστήμη της Τηλεπισκόπησης έχει πολλαπλές εφαρμογές, που σε συνδυασμό με τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, μπορεί να αποδώσει ψηφιακούς χάρτες υψηλού ενδιαφέροντος, διότι η παραπάνω επιστήμη παρέχει την εργασία πεδίου για α) την παραγωγή γεωμορφολογικών χαρτών ίδιας κλίμακας, διαβρωτικών διεργασιών, εδαφολογικούς και δασολογικούς χάρτες, χάρτες χρήσεων γης, χάρτες φυσικών καταστροφών τρωτότητας (πυρκαγιές, κατολισθήσεις, λασποροές) και άλλους θεματικούς χάρτες φυσικών πόρων και περιβαλλοντικών θεμάτων και β) ανανέωση ήδη υπαρχόντων θεματικών χαρτών, που είχαν παραχθεί στο παρελθόν με άλλες τεχνικές.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι :

1. Να παρουσιάσει τη δυνατότητα εφαρμογής των στοιχείων τηλεπισκόπησης στη τεκτονική γεωλογική μελέτη (φωτογραμμώσεις) στη Σκόπελο.
2. Να αξιολογήσει τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την ανάλυση της δορυφορικής εικόνας, για τη χαρτογράφηση των φωτογραμμώσεων.
3. Να προετοιμάσει το τεκτονικό χάρτη (φωτογραμμώσεων) βασισμένο στην ερμηνεία στοιχείων τηλεπισκόπησης , έναντι του δημοσιευμένου γεωλογικού χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε.
4. Να παράγει πληροφορίες, όπου παρουσιάζουν κάποιες φωτογραμμώσεις που πρόσφατα ανακαλύφθηκαν, και που μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν ως αναφορά σε μελλοντική γεωλογική χαρτογράφηση.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η Σκόπελος βρίσκεται βορειοδυτικά του Αιγαίου, ανατολικά της Σκιάθου και δυτικά της Αλοννήσου. Επιμήκης και με έκταση 95.8 τετρ.χλμ, έχει περίμετρο ακτής 67 χλμ., με μέγιστο μήκος 17 χλμ. και μέγιστο πλάτος 8 χλμ. Ο μόνιμος πληθυσμός της είναι 6000 κάτοικοι και είναι το μεγαλύτερο νησί των Βορείων Σποράδων. Το νησί ανήκει στο νομό Μαγνησίας και έχει ένα Δήμο και δύο κοινότητες. Ο Δήμος Σκοπέλου αποτελείται από τη Χώρα της Σκοπέλου και τον Αγώντα. Το όνομά της οφείλεται στους σκοπέλους που υπάρχουν κατά μήκος των ακτών της. Στο κέντρο του νησιού υπάρχει ορεινός όγκος με ψηλότερη κορυφή τη Δέλφη (688 μέτρα). Το νησί είναι κατάφυτο από ελιές, αμπέλια, συκιές και άλλα οπωροφόρα δέντρα και πεύκα. Πρωτεύουσα του νησιού είναι η ομώνυμη κωμόπολη. Το κλίμα της Σκοπέλου είναι ήπιο και θερμό. (www.skopelosnet.gr)



εικόνα1 . Τοποθέτηση της περιοχής μελέτης στον ελληνικό χώρο (Skopelos Web Site).



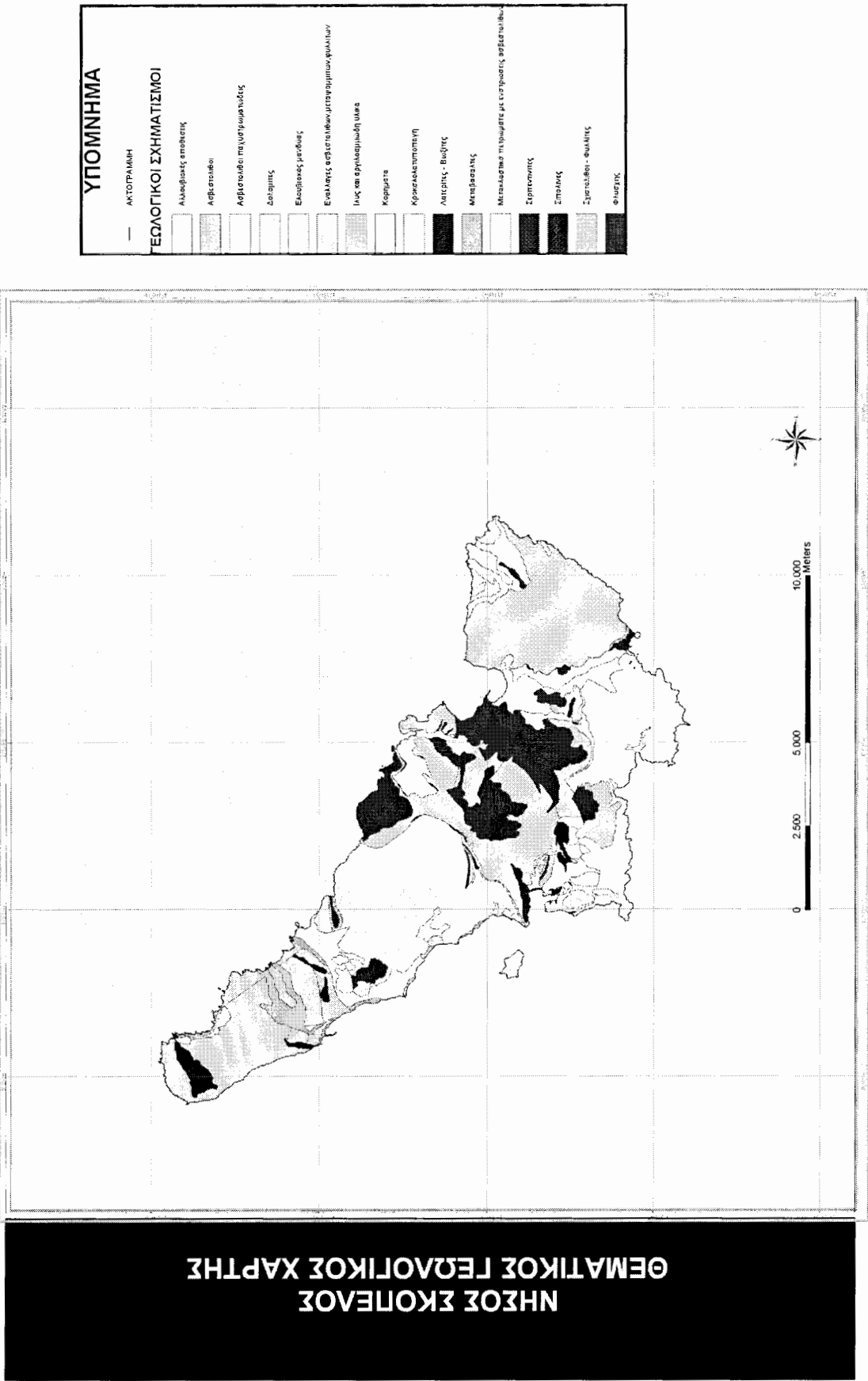
εικόνα 2 . Γεωγραφικός χάρτης της νήσου Σκοπέλου(www.skopelosnet.gr).

2.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΣΚΟΠΕΛΟΥ

Το νησί της Σκοπέλου ανήκει γεωλογικά στην Πελαγονική ζώνη (μη μεταμορφωμένων πετρωμάτων).

Συνοπτικά κατά Μουντράκη (1985) , **η γεωλογία του νησιού** σε στρωματογραφική απόδοση από κάτω προς τα πάνω έχει ως εξής:

- Ένα Παλαιοζωικό κρυσταλλικό υπόβαθρο (Κάρνιο), αποτελούμενο από μετακλαστικά πετρώματα με ενστρώσεις και φακούς ασβεστόλιθων.
- Δολομίτες Κατωτέρου Τριαδικού, σχηματισμούς του Ηωελληνικού καλύμματος (σχιστόλιθους, σιπολίνες, μεταβασάλτες), λατερίτες – βωξίτες, ένα κροκαλοπαγές επίκλυσης (Άλβιο), ασβεστόλιθους Κενομανίου, φλύσχη Μαιστριχτίου.
- Στους παραπάνω σχηματισμούς επωθείται η ενότητα Γλώσσας, όπου σερπεντινίτες και μεταβασάλτες τοποθετούνται πάνω στο Μαιστρίχτιο φλύσχη της Πελαγονικής.
- Προς τα πάνω η ενότητα Παλούκι παρουσιάζει εναλλαγές ασβεστόλιθων, μεταψαμμιτών, φυλλιτών του Κρητιδικού και κλείνει με φλύσχη Μαιστριχτίου.



εικόνα 3. Τροποποιημένος γεωλογικός χάρτης του Ι.Γ.Μ.Ε., 1995.

2.2 ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

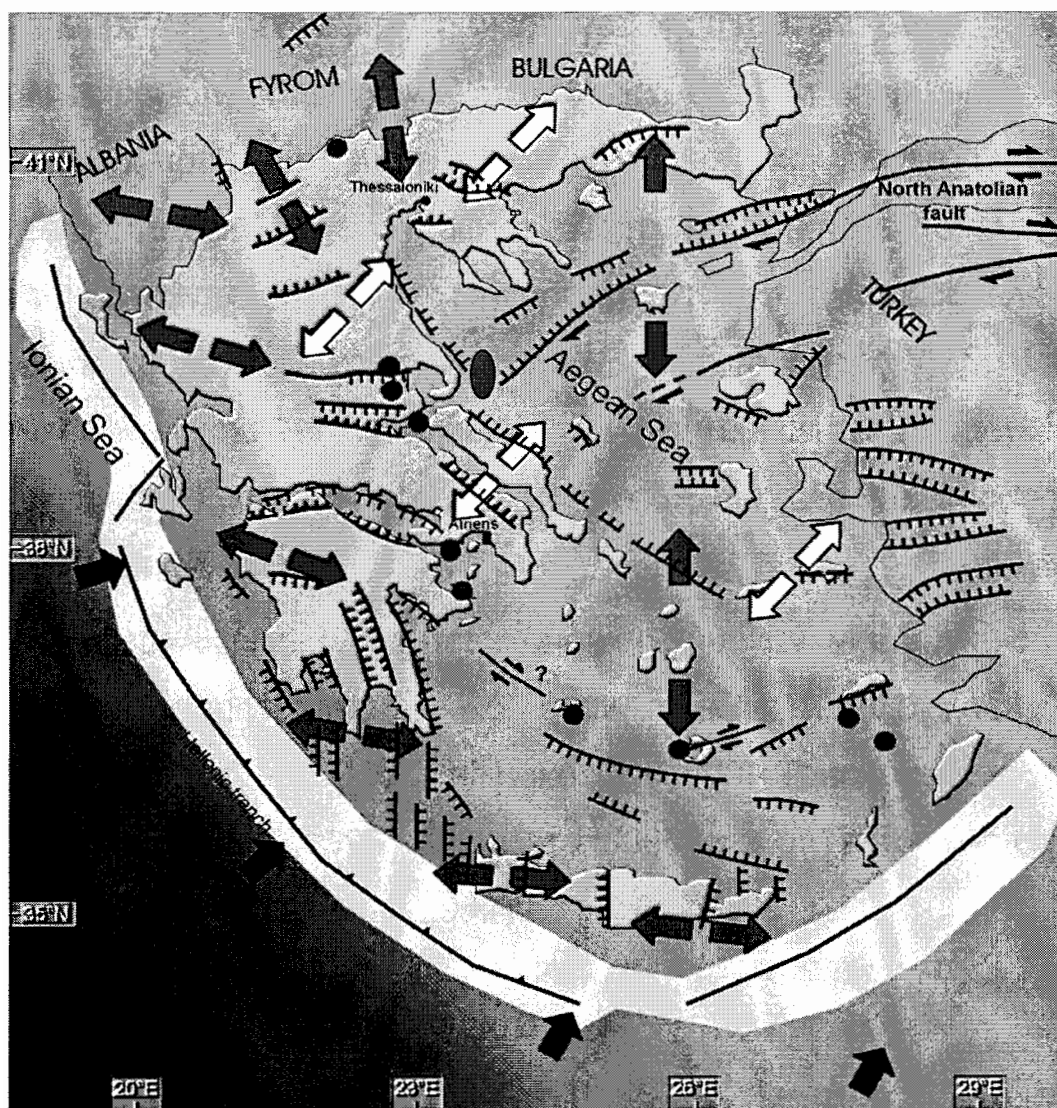
Σύμφωνα με τον Μουντράκη (1985), η **γεωτεκτονική εξέλιξη** της ευρύτερης περιοχής της Πελαγονικής ζώνης απαρτίζεται από τρεις περιόδους τεκτονικής δράσης.

Η πρώτη παραμορφωτική φάση είναι Ερκύνιας ηλικίας και σχετίζεται με την πρώτη παραμόρφωση του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου της Πελαγονικής, που είναι συμμεταμορφική μιας πρασινοσχιστολιθικής – αμφιβολιτικής φάσης μεταμόρφωσης.

Κατά τη δεύτερη Ορογενετική περίοδο Ανωτέρου Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού, έγινε η καταστροφή των δύο ωκεάνιων περιοχών Αξιού και Υποπελαγονικής – Πίνδου εκατέρωθεν της Πελαγονικής. Αποτέλεσμα της παραπάνω καταστροφής ήταν ο ισχυρός τεκτονισμός των πετρωμάτων και η επώθηση των οφειολιθικών μαζών, με τα συνοδεύοντα αυτούς ιζήματα βαθιάς θάλασσας, πάνω στα ηπειρωτικά περιθώρια της Πελαγονικής αλλά και πτυχώσεις. Κατά τη διάρκεια αυτής της Ορογενετικής περιόδου, έλαβε χώρα η δεύτερη αλπική μεταμόρφωση των σχηματισμών της Πελαγονικής. Επίσης, με την ορογενετική αυτή δράση αναδύθηκε η Πελαγονική και χέρσευσε μέχρι τη Μέσο - Άνω Κρητιδική επίκλυση.

Τέλος, στη τρίτη Ορογενετική περίοδο Τελικού Κρητιδικού – Μέσου Ηωκαίνου (Τριτογενείς φάσεις πτυχώσεων), έγινε μετά το τέλος Κρητιδικού και πριν το Μέσο Ηώκαινο, η οριστική ανάδυση της Πελαγονικής ζώνης, που έδωσε πτυχές τόσο ισοκλινείς και κλειστές, όσο και πτυχές κάμψης ανοιχτές τύπου knick. Όλες αυτές οι Μεσοαλπικές φάσεις πτυχώσεων του Τριτογενούς έδρασαν στην ήδη αναδυμένη οροσειρά της Πελαγονικής και προκάλεσαν λεπίωση

των σχηματισμών και επώθηση των λεπίων από Ανατολή προς Δύση. Αποτέλεσμα της λεπίωσης ήταν πολλές φορές και η αναστροφή των σχηματισμών.



εικόνα 4. Τεκτονικός χάρτης Ελλάδας (Aksu et al , 1992). Όπου  η περιοχή μελέτης.

3. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η διαθέσιμη εικόνα Landsat-5/ TM, λήφθηκε στις 22 Μαΐου, 1986, κάτω από εξαιρετικές καιρικές συνθήκες (σε περιοχές καλυμμένες από νέφη , η χαρτογράφηση αυτών και η εξαγωγή πληροφοριών αποτυγχάνει) , που επέτρεπαν τη λήψη εικόνων με γωνία ηλίου (sun angle elevation) μικρή και τέτοια ώστε να παρέχεται υψηλή τοπογραφική σκίαση, που αποτελεί το κλειδί για την αναγνώριση των περισσότερων φωτογραμμώσεων και γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών. Ο συνδυασμός 7, 5, 3 RGB των ζωνών του TM λήφθηκε, ώστε να επιτευχθεί μια προσομοίωση (simulation) και να πάρουμε στοιχεία από όλο το εύρος των φασματικών ζωνών.

Ποικίλοι θεματικοί χάρτες χρησιμοποιήθηκαν για σύγκριση και εξαγωγή συμπερασμάτων και ήταν οι εξής: 'Γεωλογικός χάρτη Σκοπέλου' (Ι.Γ.Μ.Ε.,1995) κλίμακας 1:50000, 'Τοπογραφικός χάρτη Σκοπέλου' (Γ.Υ.Σ.,1995) κλίμακας 1:50000 και ο Τεκτονικός χάρτης της Ελλάδας (Aksu et al, 1992).

Το λογισμικό ERDAS ' Imagine' χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση της εικόνας Landsat-5/ TM.

Με το λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών MapInfo, ψηφιοποιήθηκαν όλα τα επίπεδα πληροφοριών που συμπεριλαμβάνονται τόσο στο γεωλογικό χάρτη της Σκοπέλου (Ι.Γ.Μ.Ε.,1995) κλίμακας 1:50000 , όσο και στον τοπογραφικό χάρτη της Σκοπέλου (Γ.Υ.Σ.) κλίμακας 1:50000. Με το ίδιο λογισμικό έγινε επίσης, ψηφιοποίηση/ χαρτογράφηση, των φωτογραμμώσεων που γινόταν αντιληπτές μόνο με οπτική

επεξεργασία με βάση το ανάγλυφο, που παρουσιάζονταν στη δορυφορική εικόνα. Στην οπτική ανάλυση των συμβατικών δορυφορικών εικόνων, τα στοιχεία – κλειδιά που οδήγησαν στην ερμηνεία των φωτογραμμώσεων είναι τα εξής: ο τόνος, η διάταξη (τύπος /pattern), η υφή , το σχήμα, το μέγεθος, οι σκιές, η τοπογραφική θέση και η γεωγραφική θέση (κλιματικές συνθήκες) (Αστάρης,1998).

Για την αναγνώριση των φωτογραμμώσεων εδώ χρησιμοποιήθηκαν τόσο τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά που προκαλούνται από το ανάγλυφο, όσο και τα τονικά χαρακτηριστικά που δημιουργούνται από την αντίθεση και τις τονικές διαφορές και συμβάλλουν στην επιτυχή αναγνώρισή τους (Sabina,1978, Annabel and Ajakaiye, 1987).

Ο όρος φωτογράμμωση (lineament) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Hobbs (1904) στην εργασία του με τίτλο "Lineaments of the Atlantic border region" (Σουλακέλλης,1994). Εντούτοις, σύμφωνα με τους O' Leary et al. (1976), " οι φωτογραμμώσεις είναι χαρτογραφήσιμα απλά ή σύνθετα γραμμικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας (ευθύγραμμα ή ελαφρώς καμπυλωμένα), τα οποία διαφέρουν ευκρινώς από τη διάταξη (pattern) των παρακείμενων χαρακτηριστικών και πιθανώς αντανakλούν ένα υπεδάφειο φαινόμενα (π.χ ρήγμα, λιθολογικό όριο , thrust κ.α.) (Αστάρης 1990, Σουλακέλλης 1994, Sabins 1997, Οικονομίδης 2000, Gupta 2003).

4. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ

Σκόπιμη, θεωρείται η αναφορά σε κάποιους από τους ορισμούς που αποδόθηκαν για την καλύτερη κατανόηση του όρου φωτογράμμιση. Ο σπουδαιότερος ορισμός που προαναφέρθηκε δίνεται και παρακάτω.

Οι φωτογραμμώσεις είναι χαρτογραφήσιμα γραμμικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα επιφάνειας που διαφέρουν ευδιάκριτα από τον τύπο των παρακείμενων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων και απεικονίζουν πιθανώς τα κάτω από την επιφάνεια φαινόμενα (O'Leary et al 1976).

Φανερώνονται γενικά από την τοπογραφία (συμπεριλαμβανομένων των ευθέων τμημάτων ρευμάτων), τη βλάστηση, ή τις εδαφολογικές τονικές ευθυγραμμίσεις (Lattman και Parizek, 1964).

Οι Boyer και MaQueen (1964), συμπέραναν πως τα μακρινά αυτά γραμμικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα είναι κατά ένα μεγάλο μέρος μια αντανάκλαση των σπασιμάτων του βράχου, που υπογραμμίζεται από τη βλάστηση και τη τοπογραφία. Έχουν καταδειχτεί από την επιτυχή χρήση της ανάλυσης φωτογραμμώσεων στην εξερεύνηση για τις παγίδες πετρελαίου και φυσικού αερίου, και για να επιλεχθούν οι θέσεις διάτρησης για το μέγιστο πορώδες στους συμπαγείς σχηματισμούς (Peterson, 1980 Mah et al 1995).

Επίσης, οι υδρογεωλόγοι χρησιμοποιούν επιτυχώς τις φωτογραμμώσεις για να εντοπίσουν τα φρεάτια υψηλής-παραγωγής και να περιγράψουν ακριβέστερα τις κάτω από την επιφάνεια δομές, που είναι σημαντικές για τη διαδικασία της

επαναφόρτισης, της μετανάστευσης, και της ανταλλαγής των υπόγειων νερών (Fetter, 1994, Brown, 1994).

Μετά από κάθε βήμα στην επεξεργασία των στοιχείων, οι φωτογραμμώσεις προσδιορίστηκαν, και «μόνο εκείνες που θα μπορούσαν να ερμηνευθούν ως γεωλογικά χαρακτηριστικά» συμπεριλήφθηκαν.

Στην περιοχή μελέτης, ο αριθμός των φωτογραμμώσεων που προέκυψαν, μετά τη χαρτογράφησή τους πάνω στη δορυφορική εικόνα Landsat-5/ TM και σε κλίμακα 1: 125.000, είναι μικρός. Το συνολικό μήκος τους είναι επίσης μικρό, με αποτέλεσμα να λαμβάνονται όλες οι φωτογραμμώσεις υπόψη στην ερμηνεία για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Η ανάλυσή τους, γίνεται με βάση τη θέση τους έναντι των χαρτογραφημένων ρηγμάτων του γεωλογικού χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. αλλά και των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου που προέκυψε από τον τοπογραφικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. Η κλίμακα παρατήρησης των φωτογραμμώσεων και στις δύο περιπτώσεις είναι μικρή .

Όσον αφορά τη διεύθυνση του συνόλου των φωτογραμμώσεων, σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης, το νησί χωρίζεται σε τρία τμήματα:

1. Στο βόρειο τμήμα του νησιού, η διεύθυνση που λαμβάνουν οι φωτογραμμώσεις είναι ΒΒΔ.
2. Στο κεντρικό τμήμα, όπου παρατηρείται και ο μεγαλύτερος αριθμός των γραμμικών αυτών στοιχείων, η διεύθυνσή τους είναι ΒΒΑ – ΝΝΔ.

3. Τέλος, στο νότιο τμήμα του νησιού, οι φωτογραμμώσεις λαμβάνουν μια ΝΑ διεύθυνση.

Τα παραπάνω γραμμικά στοιχεία, μπορεί να σχετίζονται με παλιότερες ή νεώτερες τεκτονικές παραμορφώσεις που έλαβαν χώρα στο νησί της Σκοπέλου. Με τη χρήση όμως της Τηλεπισκόπησης, πιθανόν να προκύψουν άγνωστα μέχρι στιγμής τεκτονικά στοιχεία και να εξαχθούν με τον τρόπο αυτό χρήσιμα συμπεράσματα. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση της δορυφορικής εικόνας Landsat-5/ TM, σε συνδυασμό με τη συγκριτική μελέτη των θεματικών χαρτών που κατασκευάστηκαν με χρήση των GIS, είναι τα εξής:

Από τις χαρτογραφημένες φωτογραμμώσεις, μόνο ένας μικρός αριθμός (5 μόνο) αυτών συμπίπτει με τα ήδη χαρτογραφημένα ρήγματα του γεωλογικού χάρτη. Η πλειοψηφία, των φωτογραμμώσεων τοποθετούνται παράλληλα στους κύριους ή δευτερεύοντες κλάδους του υδρογραφικού δικτύου ή είναι προεκτάσεις αυτών. Παρόλα αυτά, υπάρχει ένα μικρό ποσοστό φωτογραμμώσεων, που εμφανίζεται στο ΒΒΔ τμήμα του νησιού αλλά και στο ΝΝΑ, με διεύθυνση ΒΔ, και είναι ανεξάρτητο από τα ήδη χαρτογραφημένα ρήγματα και τους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου ή τα όρια γεωλογικών σχηματισμών. Στην εικόνα 5 παρουσιάζονται τα γραμμικά στοιχεία που αποκαλύφθηκαν, από τον συνδυασμό των ζωνών του TM θεματικού χαρτογράφου του LANDSAT.

ΝΗΣΟΣ ΣΚΟΠΕΛΟΣ
ΘΕΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ
ΠΑΝΩ ΣΕ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ

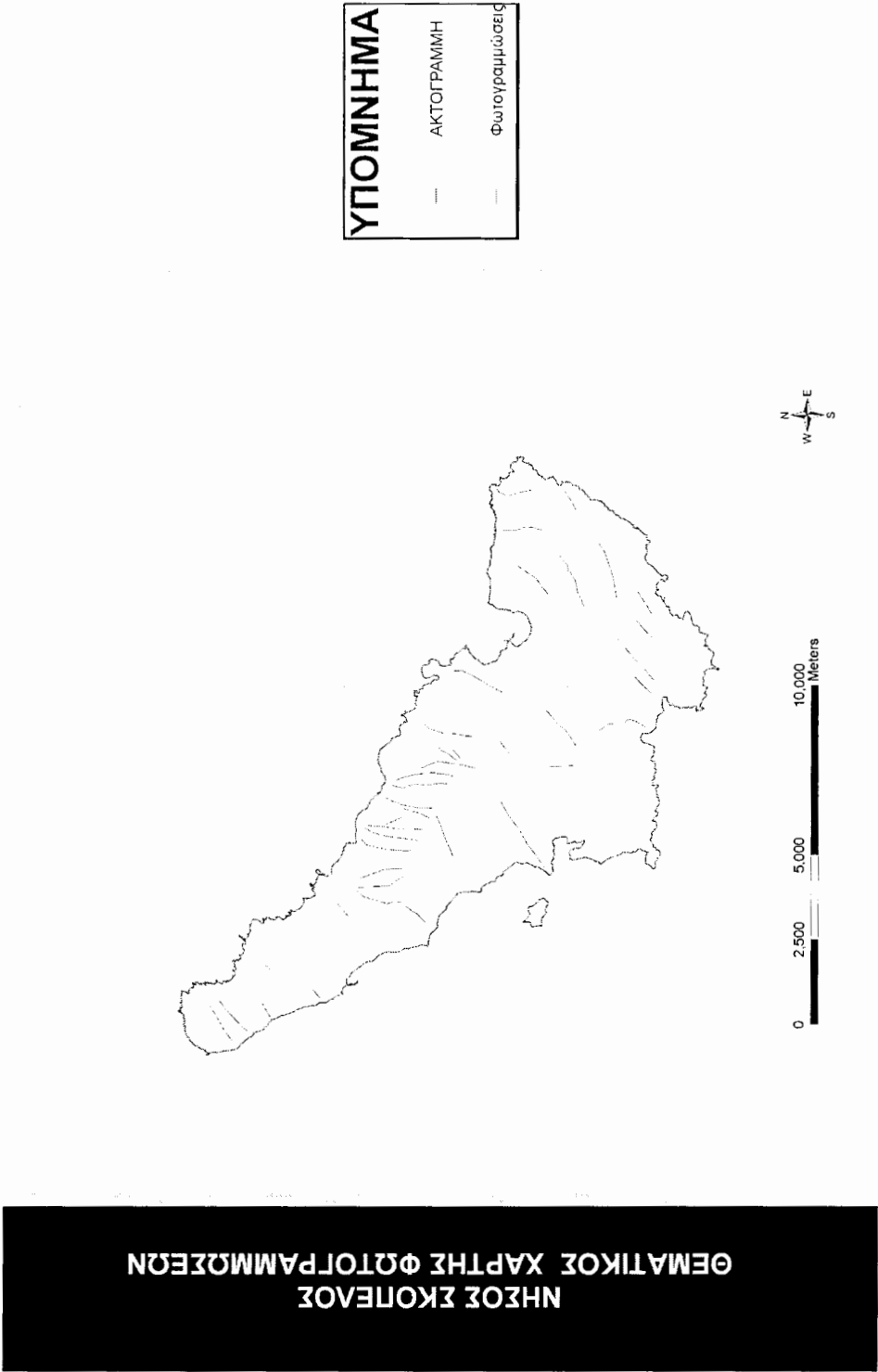


ΥΠΟΜΝΗΜΑ

— ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΩΣΕΙΣ

0 2.500 5.000 10.000 Meters

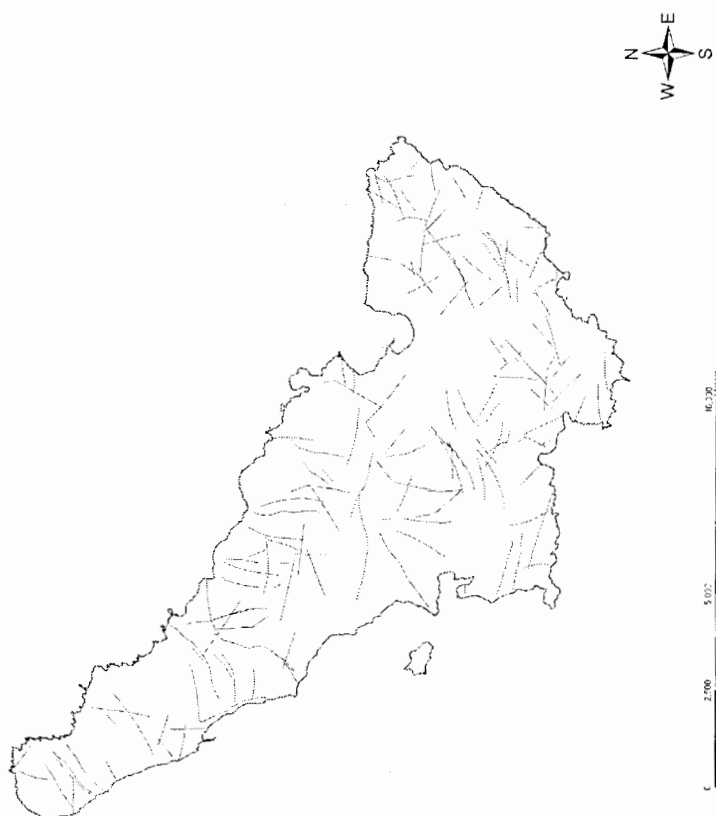
εικόνα 5. Δορυφορική εικόνα όπου παρουσιάζονται χαρτογραφημένες οι φωτογραμμώσεις.



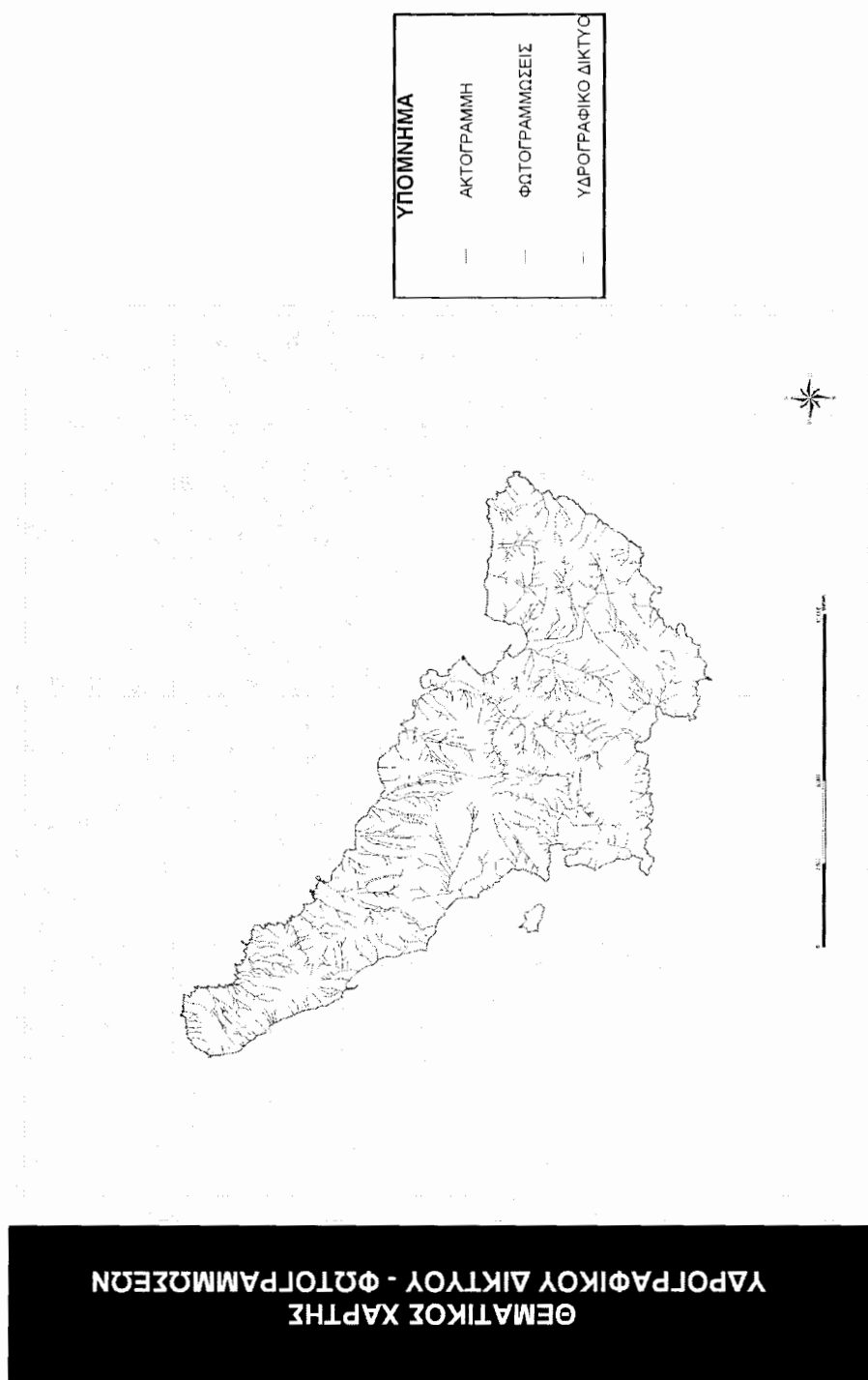
εικόνα 6. Χάρτης όπου παρουσιάζονται χαρτογραφημένες οι φωτογραμμώσεις.

ΝΗΣΟΣ ΣΚΟΠΕΛΟΣ ΘΕΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΡΗΓΜΑΤΩΝ - ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΩΣΕΩΝ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ
—
—
—



εικόνα 7. Χάρτης όπου παρουσιάζονται οι φωτογραμμώσεις και τα ρήγματα.



εικόνα 8. Χάρτης όπου παρουσιάζονται οι φωτογραμμώσεις και το υδρογραφικό δίκτυο.

Για την περιοχή μελέτης αλλά και γενικότερα, η φασματική απόκριση του δορυφόρου LANDSAT στις εποχιακές αλλαγές πρέπει να επιλέγεται προσεκτικά όταν υφίστανται δεδομένα προς ανάλυση. Προσοχή απαιτείται, ώστε να αποφεύγονται εικόνες με μικρή γωνία ηλίου, η οποία θα δώσει ένα τέτοιο «τοπογραφικό αποτέλεσμα» που θα μειώσει κατά πολύ τη διαύγεια ή την καθαρότητα της περιοχής που εντοπίζεται. Τέτοια φαινόμενα εντοπίζονται πολύ συχνά στο Μεσογειακό ανάγλυφο και είναι:

- Το **ηλιακό αζιμούθιο (SOLAR AZIMUTH)**, είναι η γωνία της οριζόντιας απόκλισης, που μετριέται δεξιόστροφα από το Βορρά. ([http://priede.bf.lu.lv/GIS/Descriptions/Remote Sensing/An Online Handbook/Sect2.html](http://priede.bf.lu.lv/GIS/Descriptions/Remote_Sensing/An_Online_Handbook/Sect2.html)).
- Η **ανύψωση ηλίου (SUN ELEVATION)**, είναι η γωνία της κάθετης απόκλισης από την εφραπτομένη στη γήινη επιφάνεια, στη γραμμή μεταξύ του κέντρου του ηλίου και του κεντρικού σημείου εικόνας
([http://priede.bf.lu.lv/GIS/Descriptions/Remote Sensing/An Online Handbook/Sect2.html](http://priede.bf.lu.lv/GIS/Descriptions/Remote_Sensing/An_Online_Handbook/Sect2.html)).

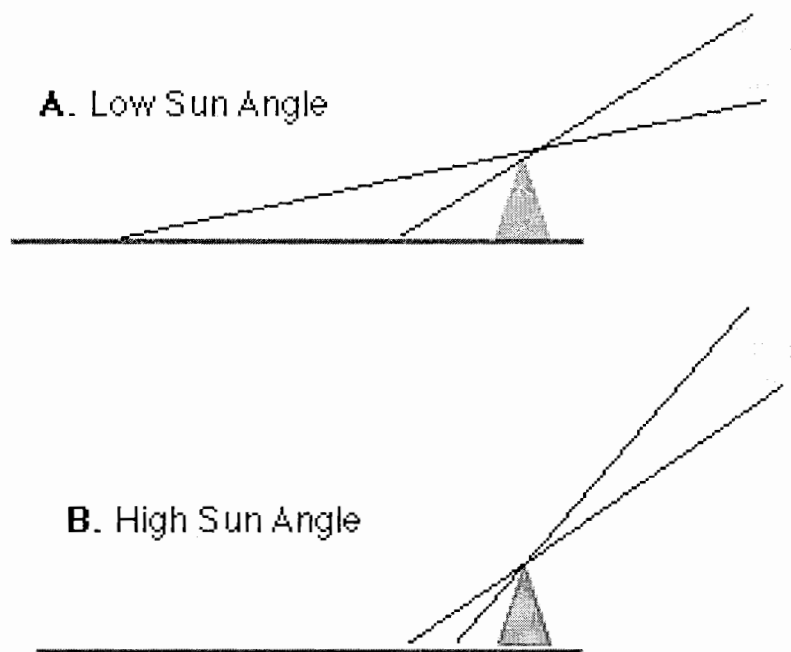
Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι το ηλιακό αζιμούθιο επηρεάζει την ικανότητα ερμηνείας των φωτογραμμώσεων που μελετάμε. Συγκεκριμένα, γραμμικά στοιχεία που εμφανίζονται κάθετα στο ηλιακό αζιμούθιο ενισχύονται / μεγεθύνονται, με αποτέλεσμα να ανιχνεύονται και να ερμηνεύονται καλύτερα. Φωτογραμμώσεις που εμφανίζονται περίπου παράλληλα με τη διεύθυνση του ηλιακού

αζιμουθίου συγκαλύπτονται ή δεν εμφανίζονται, με αποτέλεσμα ο εντοπισμός και η ερμηνεία τους να αποτελεί ένα δύσκολο έργο για το μελετητή. Πιθανότατα, το μικρό ύψος ηλίου και το υψηλό ηλιακό αζιμούθιο του LANDSAT, να δίνει τις μεγαλύτερες σκιάσεις στις πλαγιές, οι οποίες δίνουν το «τοπογραφικό αποτέλεσμα» στην εικόνα LANDSAT. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά, βοηθούν στην απεικόνιση των γεωμορφολογικών δομών γενικά και των φωτογραμμώσεων ειδικά.

Όσον αφορά την ανύψωση του ηλίου (sun elevation) και αυτή με τη σειρά της επηρεάζει την ικανότητα ερμηνείας των φωτογραμμώσεων. Έτσι, η ανύψωση του ηλίου το καλοκαίρι είναι μεγαλύτερη και η πρόσπτωση των ηλιακών ακτίνων στα διάφορα αντικείμενα της επιφάνειας του εδάφους, γίνεται σχεδόν κάθετα ή με απόκλιση ελάχιστη από την κάθετο. Το φαινόμενο αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργείται περιορισμένη σκίαση και ικανοποιητικό για την ερμηνεία «τοπογραφικό αποτέλεσμα» στη δορυφορική εικόνα. Το χειμώνα, η ανύψωση του ηλίου είναι μικρότερη και η σκίαση που δημιουργείται από τα αντικείμενα της επιφάνειας, είναι τέτοια που πολλές φορές δημιουργεί δυσκολίες στην ανάλυση και ερμηνεία των γεωμορφολογικών δομών.

Στην παρούσα εργασία, η απεικόνιση των φωτογραμμώσεων στη διαθέσιμη δορυφορική εικόνα, έγινε πιο εύκολα στις έντονα τεκτονισμένες ορεινές περιοχές, όπου παρουσιάζονται έντονες αλλαγές στην επιφανειακή τοπογραφία, από ότι στους χαμηλότερους λόφους που εμφανίζονταν με πιο λεία τοπογραφία. Στις εικόνες LANDSAT η διεύθυνση του ηλιακού αζιμούθιου επηρεάζει αρνητικά την ικανότητα ερμηνείας των

φωτογραμμώσεων και έτσι δεν επιτυγχάνεται καθαρή απεικόνιση ανάμεσα στα διάφορα πετρώματα.



εικόνα 9. Ύψος ηλίου και τοπογραφική σκίαση.
([http://priede.bf.lu.lv/GIS/Descriptions/Remote Sensing/An Online Handbook/Sect2.html](http://priede.bf.lu.lv/GIS/Descriptions/Remote%20Sensing/An%20Online%20Handbook/Sect2.html))

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εργασία συνοψίζονται στα εξής:

- Οι τεχνικές τηλεπισκόπησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιτυχώς για να εξάγουν δομικές γεωλογικές πληροφορίες (φωτογραμμώσεις) γενικά από οποιοδήποτε περιοχή στη Σκόπελο, όπου η δυνατότητα πρόσβασης λόγω αναγλύφου και έντονης βλαστήσεως είναι σχετικά δύσκολη.
- Διάφορα σημαντικά γραμμικά χαρακτηριστικά (φωτογραμμώσεις), που δεν είναι εμφανή εξ αρχής, μπορούν μετά την επεξεργασία να αποκαλύψουν ζώνες ρηγμάτων.
- Η γωνία του ηλίου και το ύψος του, αποτελούν τα κλειδιά στην ερμηνεία και την ανάλυση των φωτογραμμώσεων, αφού ανάλογα με την τοπογραφική σκίαση επιτυγχάνεται λίγο ή πολύ η αναγνώρισή τους.
- Οι φωτογραμμώσεις που δεν συνέπιπταν με ρήγματα ή κλάδους υδρογραφικού δικτύου ή όρια σχηματισμών, μπορούν να ερμηνευτούν ποικίλα, χωρίς απαραίτητα να αντιπροσωπεύουν ρήγματα ή ζώνες ρηγμάτων.
- Στην οπτική ανάλυση της εικόνας, η ζώνη 7 (2,08-2,35 μm) του TM έδωσε την καλύτερη αντίθεση ανάμεσα στα διάφορα αντικείμενα, από ότι οι άλλες ζώνες του Θεματικού Χαρτογράφου. Η αναγνώριση στη συνέχεια των φωτογραμμώσεων έγινε εύκολα και γρήγορα.

- Η ανάλυση TM εικόνας, αποδείχτηκε ένα εξαιρετικό εργαλείο, το οποίο αποκάλυψε σημαντικά, άγνωστα μέχρι στιγμής, στοιχεία γεωλογικής και γεωμορφολογικής προέλευσης.
- Η ερμηνεία των εικόνων είναι μια ποιοτική τεχνική και ο συνδυασμός της Τηλεπισκόπησης και της εργασίας υπαίθρου, είναι αυτός που δίνει τα ακριβέστερα αποτελέσματα σε οποιαδήποτε γεωλογική εργασία τέτοιου είδους.

6. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, ήταν τιμή για εμένα η συνεργασία μου με τον κ. Ασάρα Θεόδωρο, Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, εν' οψη της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Περάκη Κωνσταντίνο Επίκουρο καθηγητή, του Τμήματος Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, που μου παρείχε τη δορυφορική εικόνα Landsat-5/ TM . Επιπρόσθετα, τον κ. Καλαθά για την παροχή άδειας χρήσης του λογισμικού ArcGIS και ERDAS 4.0. Σημαντική ήταν η υποστήριξη και η βοήθεια του κ. Φαρασλή Ιωάννη, συνεργάτη του κ. Περάκη, στην κατασκευή των ψηφιακών χαρτών. Τέλος, ένα θερμό ευχαριστώ οφείλω στον κ. Ζγουρό Δημήτριο Μηχανικό Υπολογιστών και Δικτύων του Ι.Γ.Μ.Ε. για το σκανάρισμα και την εκτύπωση των χαρτών.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Allaoua Saadi, Michael N. Machette, Kathleen M. Haller, Richard L. Dart, Lee-Ann Bradley, and Angela Maria P.D. de Souza, 2002. Map and Database of Quaternary Faults and Lineaments in Brazil. Geological Survey of Colorado, 59p.
- Αστάρης Θ. 1998. Φωτοερμηνεία (Τηλεπισκόπηση) στις γεωεπιστήμες (Σημειώσεις), 199 σελ. Α.Π.Θ. Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη.
- Astaras T. 1990. The contribution of Landsat thematic mapper imagery to geological and geomorphological reconnaissance mapping in the mountain area of Kerkini – SW part of Rhodope massif and the surrounding plains (Hellenic – Boulgarian borders). Geographica Rhodopica, Volume 2, pp. 104 –114.
- Astaras T. 1991. Geological lineaments interpretation of SIR-A and LANDSAT imageries of Cephalonia Island, Ionian Sea, Greece. Proceedings of European Association of Remote Sensing Laboratories, EARSeL, pp. 58 – 66, Graz, Austria.
- Αστάρης Α. Θ. 1993. Η συμβολή της σύγχρονης τηλεπισκόπησης στην περιοδική ανίχνευση – προστασία του περιβάλλοντος. Παραδείγματα από το διεθνές και ελληνικό χώρο. Πρακτικά 2^{ου} πανελληνίου Συμποσίου Ηλιακής και Διαστημικής Έρευνας στην Ελλάδα , Τόμος Ι, σελ. 332-364 , Ξάνθη.
- Astaras T. 2001. The present state remote sensing applications to multitemporal monitoring of the environment. Keynote lecture at the 9th MCM of COST 621 Meeting in Venice, 18 p. Italy.

- Αστάρης Θ, Οικονομίδης Δ. 2004. Ψηφιακή Χαρτογραφία κα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S.) (Διδακτικές Σημειώσεις), 41 σελ. Α.Π.Θ Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη.
- Burnette L, 2003. Lineament Analysis of Landsat TM and Digital Elevation Data Related to Cave Entrance Locations: Mozark Mountain Quadrangle, Tucker County, West Virginia. Advanced Remote Sensing Project
- Dalati, M. 2000 "lineaments on Landsat Images-Detection, and Tectonic significance in North Western depressions of Syria". Proceedings of XIX International Congress for photogrammetry And Remote Sensing, ISPRS, Volume XXXIII, Part B7/1, PP 301-308, Amsterdam The Netherlands
- DALATI M. 2000. THE ROLE OF REMOTE SENSING IN DETECTING ACTIVE AND FRESH FAULTING ZONES CASE STUDY: NORTHWEST OF SYRIA, AL-GHAB GRABEN COMPLEX. Proceedings of XIX International Congress for photogrammetry and Remote Sensing, ISPRS, Volume XXXIII, Part B7/1.
- Fundamentals of Remote Sensing. Natural Resources of Canada. 258 p.
- Gupta, R.P., 2003. Remote Sensing Geology, second edition, Springer, Berlin, 655p.
- Hobbs, W. H., 1904. Lineaments of the Atlantic border region Geological Society American Bulletin, 15: 483-506.
- Juhari Mat Akhir and Ibrahim Abdulah (2000). Geological Applications of LANDSAT Thematic Mapper Imagery: Mapping and Analysis of Lineaments in NW Peninsula Malaysia.
- Κατσικάτσος Χ. Γ. 1992. Γεωλογία της Ελλάδας. 451 σελ. Αθήνα.

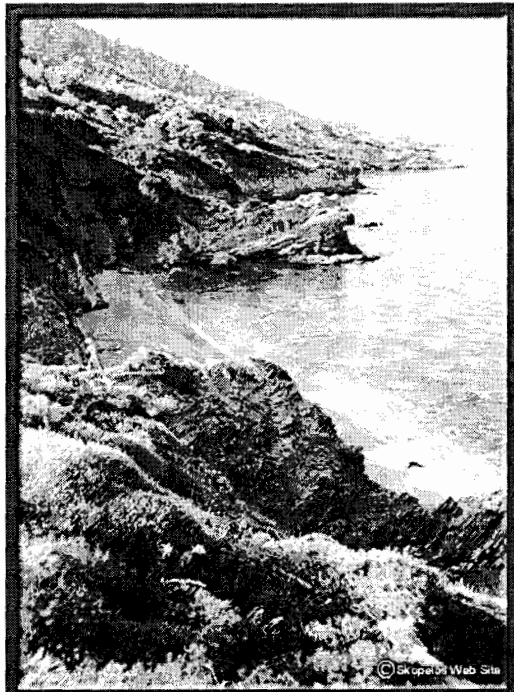
- Μουντράκης Δ. 1985. Γεωλογία της Ελλάδας (University Studio Press). 207 σελ. Θεσσαλονίκη.
- Novak I.D. and Soulakellis N. 2000. Identifying geomorphic features using LANDSAT –5 / TM data processing techniques on Lesvos, Greece. *Geomorphology* 34, pp 101-109.
- Οικονομίδης, Δ., 2000. Συμβολή της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) στη γεωλογική, κοιτασματολογική και περιβαλλοντική έρευνα της ΒΑ Χαλκιδικής, διδακτορική διατριβή, ΑΠΘ, Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη, 136 σελ.
- Παππάς Β. 1997. Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Σημειώσεις). 191 σελ. Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Βόλος.
- Περάκης Κ. 1998. Φωτοερμηνεία και Τηλεπισκόπηση (Σημειώσεις). 93 σελ. Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Βόλος.
- Sabin, F. F. Jr., 1987. Remote sensing-principles and interpretation second edition (New York: W. H. Freeman and Company), 449p.
- Σουλακέλλης Α. Ν. 1994. Συμβολή της ανάλυσης δορυφορικών εικόνων LANDSAT-5 /TM και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στην τεκτονική –γεωμορφολογία περιοχών του βορειοελλαδικού χώρου. Διδακτορική διατριβή , Α.Π.Θ. σελ. 179 –182, Θεσσαλονίκη.
- Townshend G. R. J, 1981. Terrain analysis and remote sensing (London, GEORGE ALLEN & UNWIN). PP 139 –143.

- Venechuk E. M., Hurwitz D. M., Drury D. E., Long S. M. and Grosfils E. B., 2005. ANALYSIS OF TECTONIC LINEAMENTS IN THE GANIKI PLANITIA (V14) QUADRANGLE, VENUS. Lunar and Planetary Science XXXVI (2005), 1047.p

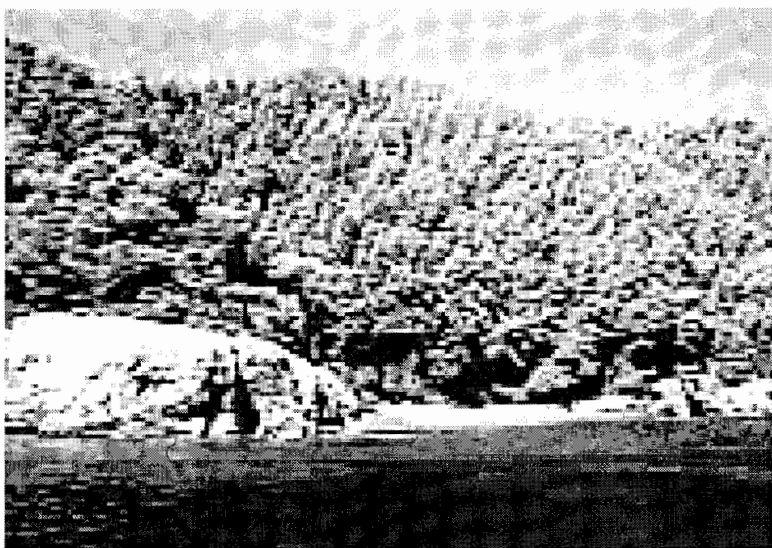
7.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- U.S. Geological Survey. SLAR web site:
<http://edcwww.cr.usgs.gov/glis/hyper/guide/slar>
- URL: <http://pubs.usgs.gov/of/of00-006/htm/lineamen.htm>
- (evenechu@scrippscol.edu).
- <http://www.vgl.org/webfiles/lan/cuspids3.htm>
- http://edcsns17.cr.usgs.gov/helpdocs/dict/landsat_etm.html
- [http://priede.bf.lu.lv/GIS/Descriptions/Remote Sensing/An Online Handbook/Sect2.html](http://priede.bf.lu.lv/GIS/Descriptions/Remote_Sensing/An_Online_Handbook/Sect2.html)
- www.skopelosnet.gr.

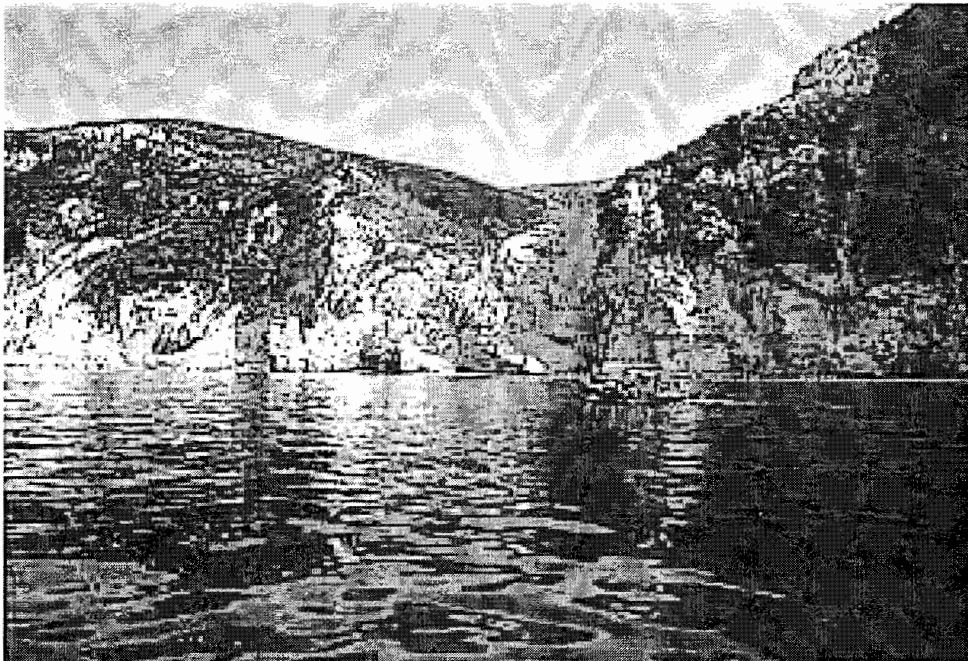
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



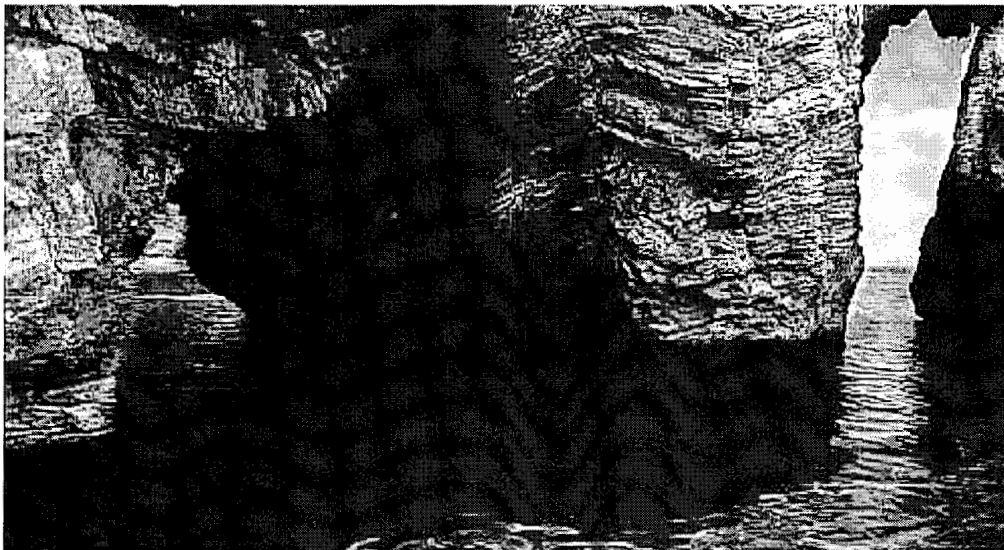
ΠΕΡΙΒΟΛΙ: Το έντονο ανάγλυφο είναι κύριο χαρακτηριστικό του νησιού.



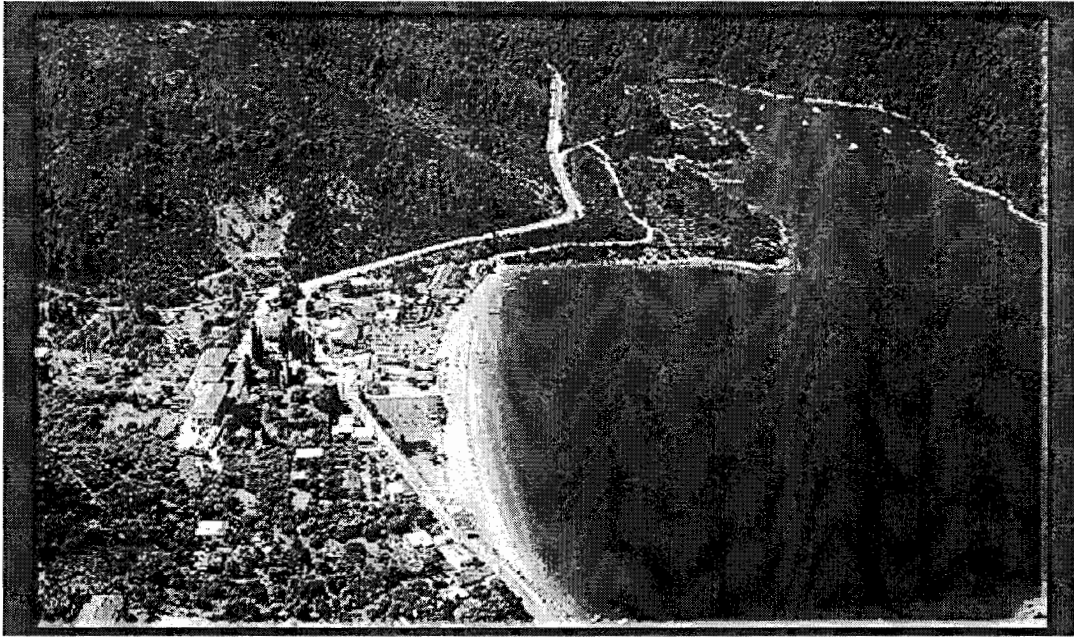
ΧΟΒΟΛΟΣ: Η βλάστηση στο νησί είναι τόσο έντονη που φτάνει ακόμη και μέχρι τις ακτές.



ΠΑΡΑΛΙΑ ΣΑΡΡΕΣ: Το έντονο ανάγλυφο παρουσιάζεται με απότομες ακτές



ΤΡΙΠΑΛΙ: Οι τεκτονικές διεργασίες που επέδρασαν στην περιοχή δημιούργησαν πτυχώσεις και σπασίματα.



ΠΑΝΟΡΜΟΣ: Πανοραμική άποψη της παραλίας του Πανόρμου, όπου η βλάστηση έχει κατακλύσει σχεδόν τα πάντα.

Οι παραπάνω φωτογραφίες προέρχονται από την ηλεκτρονική διεύθυνση **www.skopelosnet.gr**.