

ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ

Μ. Στεφούλη¹, Π. Κρασάκης¹

¹ Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών και Μελετών (Ι.Γ.Μ.Ε.),
Σπ. Λούη 1, Γ' Είσοδος, Ολυμπιακό Χωριό, 13677, Αχαρναί, Αττική,
e-mail: p_krassakis@hotmail.gr

Λέξεις κλειδιά : δορυφορικά συστήματα, παρατηρητήρια Γης, εδαφικές
παραμορφώσεις, αστικό περιβάλλον

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια, η εξέλιξη των διαστημικών τεχνολογιών είναι ταχύτατη, με στόχο τη συνεχή βελτιστοποίηση παρακολούθησης διάφορων περιβαλλοντικών δεικτών αλλά και φυσικών φαινομένων στα πλαίσια της κλιματικής αλλαγής. Στην παρούσα εργασία αξιολογήθηκε η δυνατότητα εφαρμογής δεδομένων και τεχνικών των Συστημάτων Παρατήρησης Γης με σκοπό τη χαρτογράφηση του αστικού περιβάλλοντος στην περιοχή του Βόλου.

Στην περιοχή μελέτης χρησιμοποιήθηκαν εικόνες, του δορυφορικού συστήματος Landsat, των τύπων TM (Thematic Mapper) για το έτος 1985 και ETM (Enhanced Thematic Mapper) για τα έτη 2000 και 2008. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι οι βασικές προδιαγραφές του δορυφόρου LANDSAT δορυφορικού συστήματος (Landsat 3,4,5) έχουν πραγματοποιηθεί ώστε να καλύπτονται οι εφαρμογές ερμηνείας του περιβάλλοντος – Κάλυψης Γης. Συγκεκριμένα, στην περιοχή του Βόλου πραγματοποιήθηκε η βέλτιστη επιλογή δορυφορικών εικόνων τύπου LANDSAT με διαφορετική ημερομηνία λήψης έτσι ώστε να επιτευχθεί η διαχρονική ανάλυση της περιοχής μελέτης. Οι εικόνες που επιλέχθηκαν αφορούσαν τα έτη 1985, 1990, 2003, 2011 και 2015.

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Σταθερών Σκεδαστών (PS-Persistent Scatterers) [Ferretti et al., 2001], από ένα σύνολο δεδομένων 10 ετών (2001-2010) του δορυφόρου ENVISAT, Ινστιτούτο Αστρονομίας, Αστροφυσικής, Διαστημικών Εφαρμογών & Τηλεπισκόπησης (ΙΑΑΔΕΤ) - πρόγραμμα BEYOND.

Αποτέλεσμα των τεχνικών ανάλυσης χρονοσειρών της περιοχής του Βόλου ήταν η παραγωγή χαρτών ετήσιου ρυθμού παραμόρφωσης σε mm/έτος. Οι παραγόμενοι χάρτες των ρυθμών παραμόρφωσης εμφάνισαν μεμονωμένα σημεία έντονης υποχώρησης στην πυκνά δομημένη αστική περιοχή του Βόλου, και ειδικότερα στην χερσαία περιοχή του τρίτου μεγαλύτερου λιμανιού της Ελλάδας.

Επιπρόσθετα παρατηρήθηκε ότι η περιοχή που υφίσταται, ακόμα και στις μέρες μας τη μεγαλύτερη παραμόρφωση είναι η περιοχή που βρίσκεται στο όριο της παλιάς ακτογραμμής. Η περιοχή αυτή παρουσιάζει υψηλή ενεργητικότητα με ρυθμό καταβύθισης από 5 mm/έτος έως και 15 mm/έτος.

Οι εντονότερες καταβυθίσεις εντοπίστηκαν σε γεωλογικούς σχηματισμούς που αποτελούνται από Δελταϊκές ή προσχωματικές αποθέσεις καθώς και σε περιοχές εκβολών ποταμοχειμάρρων στο θαλάσσιο χώρο. Επίσης εδαφικές παραμορφώσεις

παρατηρήθηκαν σε υλικά πρόσχωσης που αποτελούνται από κροκάλες ή άμμους ανάλογα με την περιοχή τροφοδοσίας.

Η ενίσχυση της υπερκείμενης πίεσης λόγω πρόσθετου φορτίου των τεχνητών επιφανειών και των κτιρίων, προκάλεσαν τη συμπίεση των ιζημάτων με αποτέλεσμα την ανίχνευση γραμμικά αυξανόμενου ρυθμού παραμόρφωσης στην περιοχή μελέτης. Σημαντικές αλλαγές παρατηρήθηκαν και στις χρήσεις Γης κατά την περίοδο 30 ετών μέσω της οπτικής αξιολόγησης των δορυφορικών εικόνων Landsat & ASTER από το 1985 έως το 2015. Οι αλλαγές αυτές είναι εντυπωσιακές και αφορούν συγκεκριμένες θέσεις. Ενδεικτικά αναφέρονται περιοχές, όπως : α) ζώνες επέκτασης στην περιοχή του λιμανιού, β) αποτύπωση της μερικής αποκατάστασης του χώρου εξόρυξης με βλάστηση - θέση τσιμεντάδικο, γ) επέκταση του οδικού δικτύου – κατασκευή της Περιφερειακής οδού, δ) ανάδειξη θέσεων οικιστικής ανάπτυξης, καθώς και ε) επέκταση δραστηριοτήτων βιομηχανικής ζώνης στο Βόρειο και Νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι είναι η δυνατή η επικαιροποίηση των αποτελεσμάτων της εργασίας με τα τελευταία γενιάς δορυφορικά συστήματα του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος SENTINEL.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο τομέας της αστικής Γεωλογίας τα τελευταία χρόνια παρέχει τη δυνατότητα απόκτησης εξειδικευμένων πληροφοριών που είναι απαραίτητες σε θέματα σχεδιασμού πυκνοκατοικημένων περιοχών. Σκοπός της μελέτης είναι η αξιολόγηση της δυνατότητας εφαρμογής των δεδομένων και τεχνικών των Συστημάτων Παρατήρησης Γης στη χαρτογράφηση του δομημένου περιβάλλοντος στην περιοχή μελέτης.

Αναλυτικότερα, τα Συστήματα Παρατήρησης Γης ασχολούνται με τη συλλογή και την ερμηνεία πληροφοριών για την επιφάνεια της γης ή της ατμόσφαιρας. Αυτό επιτυγχάνεται με τη καταγραφή των τιμών σε περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος με τη χρήση οργάνων που δεν έρχονται σε επαφή με το αντικείμενο που εξετάζεται αλλά φέρονται από αεροσκάφη ή δορυφόρους. Διαφορετικές πηγές πληροφοριών που προέρχονται από πολυφασματικά συστήματα ή συστήματα ραντάρ είναι δυνατόν να αναλυθούν και να συνδυαστούν με δεδομένα που είναι διαθέσιμα στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.

Στα πλαίσια της εργασίας συγκεντρώθηκαν στοιχεία στα πλαίσια του υποέργου της πιλοτικής περιοχής του Βόλου με εφαρμογή Διαστημικών τεχνολογιών των Συστημάτων Παρατήρησης Γης, με την συλλογή δεδομένων υπαίθρου και εφαρμοσμένες εργασίες σε έκταση 50 τετραγωνικών χιλιομέτρων. Η έκταση αυτή έχει επεκταθεί και περιλαμβάνει και τμήμα της Βιομηχανικής ζώνης του Βόλου. Επίσης το όριο της πιλοτικής μελέτης έχει οριοθετηθεί σύμφωνα με το όριο των Λεκανών Απορροής έτσι ώστε να δοθεί μια εποπτική εικόνα της ευρύτερης περιοχής.

Συνοπτικά οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν σε σχέση με την ερμηνεία δεδομένων Παρατήρησης Γης περιλαμβάνουν δύο διαφορετικές ενότητες:

- Την χρήση δεδομένων ραντάρ με εφαρμογή τεχνικών συμβολομετρίας
- Τη χρήση δορυφορικών εικόνων τύπου Landsat / ASTER / IKONOS για την ερμηνεία θεμάτων που σχετίζονται με τη κάλυψη Γης.

Στη συνέχεια ακολούθησε η επεξεργασία των αποτελεσμάτων (δεδομένων), η σύνθεσή τους σε «Γεωπληροφορίες» και η δημιουργία διαφόρων μεμονωμένων ή / και σύνθετων αναλογικών και ψηφιακών θεματικών χαρτών κλίμακας 1:50 000 όπως και η σύνταξη έκθεσης με ενδεικτικά αποτελέσματα. Με δεδομένο ότι η κλίμακα ανάλυσης του έργου είναι 1:5,000 έχουν γίνει παράλληλες επεξεργασίες σύνθεσης της πληροφορίας με λεπτομερή στοιχεία της κλίμακας αυτής όπως είναι τα στοιχεία του IKONOS, του ορθοφωτοχάρτη και του Ψηφιακού ανάγλυφου Εδάφους της Κτηματολόγιο Α.Ε. και όλων των διαθέσιμων στοιχείων από τις άλλες δράσεις του προγράμματος.

Επιπρόσθετα στόχος ήταν η έρευνα σχετικά με την μεταβολή της Κάλυψης της Γης, την ανάλυση μικρομετακινήσεων και τα αποτελέσματα της σύγκρισης με άλλα υπάρχοντα χαρτογραφικά υπόβαθρα (χάρτες 1:50,000 & 1:5,000).

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την υλοποίηση του έργου χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πακέτο TNTmips για την ανάλυση των δορυφορικών εικόνων καθώς και την εφαρμογή κατάλληλων λογισμικών ΓΠΣ για την ανάλυση γεωλογικών χαρτών και διανυσματικών δεδομένων. Συγκεκριμένα το σύστημα αποδείχθηκε ικανοποιητικό ως προς την:

- Υλοποίηση τεχνικών επεξεργασίας εικόνας (τονισμός εικόνας).
- Ανάπτυξη / έλεγχο της εφαρμογής διαφορετικών μοντέλων και εξειδικευμένων τεχνικών επεξεργασίας που ενδιαφέρουν την έρευνα του γεω-περιβάλλοντος.
- Κάλυψη της ανάγκης παράλληλης εφαρμογής τεχνικών επεξεργασίας εικόνας και ΓΣΠ όπως και της ανταλλαγής της διαφορετικού τύπου πληροφορίας.
- Εφαρμογή διανυσματικών και ράστερ τεχνικών.
- Δυνατότητα συνδυασμού πληροφορίας από διαφορετικές πηγές.
- Ευελιξία και φιλικότητα του συστήματος στον τονισμό στοιχείων των δορυφορικών εικόνων που ενδιαφέρουν την γεωλογική έρευνα.

Επιπρόσθετα, χρησιμοποιήθηκαν Ειδικά λογισμικά από την Ομάδα του BEYOND για την ανάλυση των εικόνων ραντάρ με τεχνικές της Συμβολομετρίας. Συγκεκριμένα η ανάλυση των χρονοσειρών πραγματοποιήθηκε με ελεύθερα και εμπορικά λογισμικά, όπως το Doris, ROI_PAC, StaMPS [Hooper et al., 2007] και SARscape (μια επέκταση του λογισμικού ENVITM). Για την τελική επεξεργασία των δορυφορικών απεικονίσεων και την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό StaMPS [Hooper, 2008]. Με τη χρήση των λογισμικών αυτών παρήχθησαν χάρτες εδαφικής παραμόρφωσης.

Στο σημείο αυτό, αξίζει να αναφερθεί ότι ειδικά για την γεωλογία βασικό ρόλο παίζουν οι διαφοροποιήσεις σε αργιλικά ορυκτά, ορυκτά σιδήρου, ασβεστίου αλλά και η κάλυψη γης με βλάστηση ή ανθρωπογενείς κατασκευές. Επίσης πολλές φορές είναι χαρακτηριστική η φασματική απόκριση των διαφόρων συστατικών του εδάφους ή των υδάτινων επιφανειών στην θερμική περιοχή του φάσματος. Άρα η εξέταση των φασματικών χαρακτηριστικών του εδάφους δίδει μία ένδειξη της δυνατότητας αναγνώρισης τους στην Υπέρυθρη περιοχή του φάσματος. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε ανάλυση μέσω των δορυφορικών εικόνων Landsat / ASTER σε θέματα σχετικά με :

- Ανάλυση της τεκτονικής /γεωλογίας της περιοχής μελέτης
- Σχολιασμό της Κάλυψης Γης.

Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε συνδυαστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων ερμηνείας της εικόνας, με τα στοιχεία των 1:50,000 χαρτών. Οι δορυφορικές εικόνες, που χρησιμοποιήθηκαν στην περιοχή μελέτης, ήταν τύπου Landsat, του συστήματος TM (Thematic Mapper) για το έτος 1985 και συστήματος ETM (Enhanced Thematic Mapper) για τα έτη 2000 και 2008. Το δορυφορικό σύστημα LANDSAT (3,4,5) έχει σχεδιαστεί ώστε να καλύπτονται τόσο οι εφαρμογές ερμηνείας του περιβάλλοντος – Κάλυψης Γης, όσο και οι διάφορες γεωλογικές εφαρμογές. Οι δορυφορικές εικόνες υπέστησαν χρωματική επεξεργασία, με σκοπό να βελτιωθεί η ανάλυσή τους και να προκύψει όσο το δυνατόν περισσότερη πληροφορία των γεωγραφικών χαρακτηριστικών που απεικονίζονται, για πληρέστερη φωτοερμηνεία. Σε όλες τις περιπτώσεις, χρησιμοποιήθηκαν τα κανάλια 4, 5 και 3 στα οποία αντιστοιχήθηκαν τα χρώματα κόκκινο, πράσινο και μπλε (4:R, 5:G, 3:B) ενώ δημιουργήθηκαν FCC (False Color Composite) δορυφορικές εικόνες. Ακολούθησε συγκεκριμένη ποικιλία χρωμάτων όπου τονίστηκε η βλάστηση, η κάλυψη γης και το ανάγλυφο.

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε μίξη μεταξύ των πολυφασματικών καναλιών διακριτικής ικανότητας 30 m και του παγχρωματικού καναλιού 15 m, προκειμένου να προκύψει μια δορυφορική εικόνα διακριτικής ικανότητας 15 m. Χαρακτηριστικό του παγχρωματικού καναλιού υψηλής ανάλυσης είναι ότι αντικαθιστά την ένταση που προέρχεται από τα χαμηλής διακριτικής ικανότητας πολυφασματικά κανάλια (Cheng et al., 2000). Η αντικατάσταση αυτή γίνεται με αναδειγματοληψία (resampling) σε κάθε κανάλι, με βάση τον αλγόριθμο του «κοντινότερου γείτονα» (nearest neighbor), έτσι ώστε το κάθε εικονοστοιχείο (pixel) να έχει το ίδιο μέγεθος αυτό των 15 m. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την πολυφασματική μίξη είναι η Pendock, καθώς αποτελεί το καλύτερο χρωματικό μοντέλο για την απόδοση του αναγλύφου και της κάλυψης γης.

Συγκεκριμένα στην περιοχή του Βόλου, έγινε επιλογή δορυφορικών εικόνων τύπου LANDSAT με διαφορετική ημερομηνία λήψης έτσι ώστε να επιτευχθεί η διαχρονική ανάλυση της περιοχής μελέτης, με ημερομηνίες λήψης που αναφέρονται στα έτη 1985, 1990, 2003, 2011 και 2015.

Το επόμενο στάδιο της μεθοδολογίας αφορούσε την επεξεργασία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους (DEM) και των δορυφορικών εικόνων, που στην πρωταρχική μορφή τους δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά για φωτοερμηνεία των γεωγραφικών χαρακτηριστικών που απεικονίζουν.

Το DEM διακριτικής ικανότητας 25x25 m. ήταν αποτέλεσμα του προγράμματος ASTER, το οποίο διατίθεται ελεύθερα μέσω του διαδικτύου, σε χρωματική διαβάθμιση του γκρι. Το πρώτο βήμα επεξεργασίας του μοντέλου – εφόσον προσαρμόστηκε στο πλαίσιο μελέτης που είχε αρχικά διαμορφωθεί – αφορούσε στον υπολογισμό των κλίσεων του εδάφους μέσω συγκεκριμένου αλγόριθμου του προγράμματος TNTmips.

Επόμενο στάδιο αφορούσε τη διαχείριση των δεδομένων από τα προγράμματα CORINE. Σχετικά με την οπτικοποίηση των δεδομένων από το CORINE, επιλέχθηκε το επίπεδο της κατανομής χρήσεων γης τόσο ως προς το είδος των περιοχών (αγροτικές περιοχές, δασικές περιοχές κ.ά), όσο και ως προς τις επιμέρους χρήσεις (αεροδρόμια, λιβάδια, δάση κ.ά).

Επίσης χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα, που αφορούσαν τις λεκάνες απορροής της περιοχής μελέτης, καθώς και τις ακτογραμμές των χαρτών της ΓΥΣ. Χαρτογραφική Πληροφορία των τοπογραφικών χαρτών Γενικής Χρήσης κλίμακας 1:250,000 και 1:50,000 & 1:5,000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού. Χρησιμοποιήθηκαν και στοιχεία του Bing Maps & Google Earth που αφορούσαν το επεξεργασμένο υπόβαθρο της δορυφορικής εικόνας και το χάρτη της οικιστικής ζώνης της περιοχής του Βόλου. Τα δεδομένα αυτά συνδυάστηκαν με το ψηφιακό μοντέλο εδάφους και τις δορυφορικές εικόνες για καλύτερη οπτικοποίηση όλων των δεδομένων, αλλά και για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Τέλος, για την αποτελεσματική επισκόπηση της περιοχής σε υψηλότερη ανάλυση, κρίθηκε απαραίτητη η χρήση εικόνων που διατίθενται από την Κτηματολόγιο Α.Ε., <http://gis.ktimanet.gr/wms/wmsopen/wmserver.aspx> η χρήση των οποίων γίνεται στο πλαίσιο του TNTmips λογισμικού. Επίσης από τη Κτηματολόγιο Α.Ε. έχουν διατεθεί τα δύο παρακάτω υπόβαθρα: Ψηφιακό Ανάγλυφο Εδάφους με διακριτική ευκρίνεια 5 μέτρων και ορθοφωτοχάρτη με ευκρίνεια 1 μέτρο. Δημιουργήθηκε εννιαίο μωσαϊκό το οποίο καλύπτει το σύνολο της περιοχής

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της σύγκρισης των τεχνικών της συμβολομετρίας με τα χαρτογραφικά υπόβαθρα και τις επίγειες παρατηρήσεις, μέσα στην πόλη του Βόλου και τις γύρω ορεινές περιοχές.

Για τη περιοχή του Βόλου όπου έχουν παραχθεί δύο χάρτες ετήσιου ρυθμού παραμόρφωσης: (1) από ένα σύνολο δεδομένων 10 ετών (2001-2010) του δορυφόρου ENVISAT Ινστιτούτο Αστρονομίας, Αστροφυσικής, Διαστημικών Εφαρμογών & Τηλεπισκόπησης (ΙΑΑΔΕΤ) & (2) από ένα σύνολο ~ 25 ετών από τα δορυφορικά συστήματα ERS 1+2 / ENVISAT European Space Agency, the Terrafirma Project Prime, the PanGeo Coordinator and the PSI SUPLIERS, παρατηρήθηκαν σημαντικές παραμορφώσεις του εδάφους μέσα στην πόλη του Βόλου. Αυτό πιθανώς οφείλεται όχι μόνο στην αστική καθίζηση (όπως συμβαίνει συχνά), αλλά και στην μετακίνηση των ρηχών δομών που ενδέχεται να προκαλούνται από βαθιές τεκτονικές μετακινήσεις στην επαφή ρηγμάτων.

Για την περιοχή μελέτης και συγκεκριμένα για τα έτη 1985 έως και 2015 του Landsat δορυφορικού συστήματος, εντοπίστηκαν σημεία με εμφανείς αλλαγές στη περίοδο των 30 χρόνων. Παρότι τα χαρακτηριστικά της καταγραφής των δύο Landsat

δορυφορικών συστημάτων διαφέρουν, ήταν δυνατός ο εντοπισμός περιοχών που έχουν υποστεί αλλαγές. Οι αλλαγές της κάλυψης Γης που καταγράφηκαν είναι ιδιαίτερα εμφανείς σε συγκεκριμένες θέσεις όπως:

- Λιμάνι – Επέκταση Ζώνης λιμένος
- Χώρος εξόρυξης - θέση τσιμεντάδικο – Μερική αποκατάσταση χώρου εξόρυξης με βλάστηση
- Ανάπτυξη οδικού δικτύου – Κατασκευή της Περιφερειακής οδού
- Θέσεις οικιστικής ανάπτυξης
- Επέκταση δραστηριοτήτων βιομηχανικής ζώνης στο Βόρειο και Νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης

Σημαντικές αλλαγές παρατηρήθηκαν και στην παράκτια ζώνη, όπου οριοθετήθηκε μεταβολή σε ζώνη έκτασης 500 μέτρων κατά μήκος της ακτής τόσο στη πλευρά της ξηράς όσο και της θάλασσας, ενώ είναι εμφανείς οι διαφοροποιήσεις και στην περιοχή του λιμανιού. Οι παραγόμενοι χάρτες των ρυθμών παραμόρφωσης εμφάνισαν μεμονωμένα σημεία έντονης υποχώρησης στην πυκνά δομημένη αστική περιοχή του Βόλου, και ειδικότερα στην χερσαία περιοχή του τρίτου μεγαλύτερου λιμανιού της Ελλάδας.

Επιπρόσθετα παρατηρήθηκε ότι η περιοχή που υφίσταται, ακόμα και στις μέρες μας τη μεγαλύτερη παραμόρφωση είναι η περιοχή που βρίσκεται στο όριο της παλιάς ακτογραμμής. Η περιοχή αυτή παρουσιάζει υψηλή ενεργητικότητα με ρυθμό καταβύθισης από 5 mm/έτος έως και 15 mm/έτος. Οι εντονότερες καταβυθίσεις εντοπίστηκαν σε γεωλογικούς σχηματισμούς που αποτελούνται από Δελταϊκές ή προσχωματικές αποθέσεις καθώς και σε περιοχές εκβολών ποταμοχειμάρρων στο θαλάσσιο χώρο. Επίσης εδαφικές παραμορφώσεις παρατηρήθηκαν σε υλικά πρόσχωσης που αποτελούνται από κροκάλες ή άμμους ανάλογα με την περιοχή τροφοδοσίας, αλλά και σε πειορχές πρόσθετου τεχνητού φορτίου (τεχνητές επιφάνειες, κτήρια).

Η επεξεργασία των δεδομένων οδήγησε στην δημιουργία συγκεκριμένων αποτελεσμάτων για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για την περιοχή μελέτης. Τα αποτελέσματα αφορούσαν στη δημιουργία μιας σειράς χαρτών στους οποίους τα δεδομένα απεικονίζονται είτε ξεχωριστά είτε συνδυασμένα μεταξύ τους και παρέχουν πληροφορίες όχι μόνο για τη σημερινή κατάσταση της περιοχής μελέτης, αλλά και για τη διαχρονική τους εξέλιξη.

Αξίζει να σημειωθεί ότι έχουν αποκτηθεί δεδομένα "κάλυψης Γης" αλλά και της διαχρονικής εξέλιξης της σε χρονική περίοδο 30 ετών, σε μια περιοχή με έκταση 180,45km² που περιλαμβάνει τα υδρογραφικά δίκτυα του ποταμού Σεσκουλιώτη και των χειμάρρων Κραυσίδωνα, Άναβρου και του ρέματος Καρούτα Αγριάς, καθώς και όλων των ανεξάρτητων κλάδων που εκβάλουν στην οριοθετημένη περιοχή μελέτης. Επίσης μεταβολές παρατηρήθηκαν κατά θέσεις στις ζώνες επέκτασης στην περιοχή του λιμανιού, στο χώρο αποκατάστασης εξόρυξης με βλάστηση (τσιμεντάδικο), σε τμήμα του οδικού δικτύου, σε θέσεις μελλοντικής οικιστικής ανάπτυξης, καθώς και στην περιοχή επέκτασης δραστηριοτήτων βιομηχανικής ζώνης στο Βόρειο και Νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης.