



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΣΑΛΑΠΑΣΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ

«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΣΤΟ ΟΡΥΧΕΙΟ
ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ
ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ GIS»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2020

i



[λευκή σελίδα]



ΣΑΛΑΠΑΣΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ
Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5302

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΣΤΟ ΟΡΥΧΕΙΟ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ ,ΜΕ
ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ GIS

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας,

Επιβλέπων

ΜΟΥΡΑΤΙΔΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

© Ελένη Σαλαπασίδου, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΣΤΟ ΟΡΥΧΕΙΟ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ ,ΜΕ
ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ GIS – *Διπλωματική Εργασία*

© Eleni Salapasidou, School of Geology, 2020

All rights reserved.

Investigation of the landslide in Amyntaio's mine, with satellite remote sensing methods
and G.I.S – *Bachelor Thesis*



Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, πραγματεύεται το φαινόμενο της κατολίσθησης που πραγματοποιήθηκε στις 10 Ιουνίου του 2017 στην περιοχή του Αμυνταίου. Αρχικά, περιγράφονται τα δομικά μέρη μιας κατολίσθησης και παρατίθενται τα αίτια που την προκαλούν, οι συνέπειες της στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον και έπειτα παρουσιάζονται τα ενεργητικά και τα παθητικά μέτρα αντιστήριξης του φαινομένου. Ακόμα, αναλύονται τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή της έρευνας, δηλαδή τόσο η τηλεπισκόπηση όσο και τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών αλλά και ο συνδυασμός των δύο αυτών επιστημών. Αναφέρονται τα χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής μελέτης, η μεταλλευτική δραστηριότητα της, καθώς και περιγράφεται αυτολεξεί μέσα από κείμενα του διαδικτύου το συμβάν της κατολίσθησης. Στην συνέχεια, γίνεται αναφορά των δεδομένων Landsat-8, Sentinel-2, Sentinel-1 που χρησιμοποιήθηκαν με συγκεκριμένη μεθοδολογία ενώ τελικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα για την συγκεκριμένη κατολίσθηση.



This thesis deals with the landslide that took place on the 10th of June 2017 in the area of Amyntaio, Florina, northern Greece. Initially, the structure of a landslide is described and the causes that are responsible for the phenomenon, as well as the consequences, both for the natural environment and for the human societies, are highlighted. Additionally, reference is made to the active and the passive measures that can be taken from the government to prevent similar events or mitigate existing ones. Extensive reference is also given to the study area and the relevant mining activity. The main tools of the research are remote sensing, G.I.S and the combination of these technologies. Furthermore, reports from different websites that describe the event in detail are provided. Subsequently, the data that were used to reach the results of this study are described. Finally, the results and conclusions from studying the specific landslide phenomenon are presented.



Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε το χρονικό διάστημα Σεπτεμβρίου- Μαρτίου 2019-2020 στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους που συνέβαλαν στην εκπόνηση της. Πρώτο από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής εργασίας, Μουρατίδη Αντώνιο για την πολύτιμη καθοδήγησή του, για την εμπιστοσύνη του και την εκτίμηση που μου έδειξε.

Στην συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και την αδερφή μου που με υπομονή και κουράγιο πρόσφεραν την απαραίτητη ηθική συμπαράσταση για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Κατολισθήσεις

- 1.1.1 Ορισμοί- Δομή Κατολισθήσεωνσελ. 3-4
- 1.1.2 Προϋποθέσεις – Αίτια – Αποτελέσματασελ. 5-6
- 1.1.3 Ταξινόμηση Κατολισθήσεωνσελ. 6-9
- 1.1.4 Ενεργότητα Κατολισθήσεωνσελ. 9-10
- 1.1.5 Κίνδυνοι – Μέτρα αντιστήριξης – Μέθοδοι αποκατάστασηςσελ.11-12

1.2 Τηλεπισκόπηση

- 1.2.1 Ορισμοί – Εφαρμογέςσελ.13
- 1.2.2 Δορυφορικοί Τηλεπισκοπικοί Δέκτεςσελ.13-14
- 1.2.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά –Επεξεργασία- Ανάλυση δεδομένων.....σελ. 14

1.3 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

- 1.3.1 Ορισμός –Βασικά Χαρακτηριστικά – Εφαρμογές.....σελ.15
- 1.3.2 Ταξινόμηση γεωχωρικών δεδομένωνσελ.15-16
- 1.3.3 Πλεονεκτήματα Γ.Σ.Π.....σελ.16-17

1.4 Συνδυασμός Τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριώνσελ.17

1.5 Σκοπός εργασίας.....σελ.17-18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Περιοχή Μελέτης

- 2.1.1 Γεωγραφίασελ.18
- 2.1.2 Γεωλογίασελ.19-24
- 2.1.3 Κλίμασελ.24
- 2.1.4 Βλάστησησελ.24

2.2 Μεταλλευτική Δραστηριότητασελ.25

2.3 Συμβάνσελ. 26-31



3.1 Δεδομένα	σελ.31-32
3.2 Μεθοδολογία	σελ.33
3.2.1 Τηλεπισκόπηση	σελ.33
3.2.1.1 Landsat-8.....	σελ.33-34
3.2.1.2 Sentinel-2.....	σελ. 34-35
3.2.1.3 Sentinel-1.....	σελ.35
3.2.2 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών G.I.S.....	σελ.35-36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Τηλεπισκόπηση	σελ.37
4.1.1 Landsat-8	σελ.37-60
4.1.2 Sentinel-2.....	σελ.61-84
4.1.3 Sentinel-1.....	σελ.85-86
4.2 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S)	σελ. 87-94
4.3 Ποσοτική ερμηνεία αποτελεσμάτων	σελ.95-96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συμπεράσματα	σελ.96
Βιβλιογραφία	σελ.97-98

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

1.1.1 ΟΡΙΣΜΟΙ - ΔΟΜΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Γενικά, ως κατολίσθηση ορίζεται το γεωλογικό φαινόμενο κατά το οποίο οι μάζες εδαφών ή πετρωμάτων, που βρίσκονται σε ψηλά ή επικλινή σημεία, αποσπώνται και πέφτουν προς τα κατάντη.

Κατά καιρούς έχουν διατυπωθεί διάφοροι ορισμοί από πολλούς επιστήμονες για το γεωλογικό αυτό φαινόμενο:

1. «Μια γρήγορη κίνηση μάζας πετρώματος, εναπομένοντος εδάφους ή ιζήματος ενός πρανούς της οποίας το κέντρο βάρους μετακινείται προς τα κάτω και προς τα έξω», (Terzaghi, 1950)

2. « Οι κατολισθήσεις αντιπροσωπεύουν την ταχεία προς τα κάτω και προς τα έξω κίνηση των υλικών που σχηματίζουν κλίση, όπου η κίνηση λαμβάνει χώρα με πτώση, ολίσθηση ή ροή ή με κάποιον συνδυασμό αυτών των παραγόντων. (Griffiths, 2005).

Για την πλήρη κατανόηση του φαινομένου είναι χρήσιμο να περιγραφούν οι κύριες δομές που την απαρτίζουν. Από το ανώτερο σημείο προς το κατώτερο έχουμε τα εξής:

1. **Αρχική επιφάνεια εδάφους:** η αρχική μορφολογία της επιφάνειας του εδάφους πριν την έναρξη της κατολίσθησης.

2. **Στέψη:** το ανώτερο σταθερό τμήμα του φυσικού εδάφους και ταυτόχρονα το πλησιέστερο προς την κύρια κατακρήμιση.

3. **Κύρια κατακρήμιση:** η απότομη επιφάνεια του φυσικού εδάφους στο ανώτερο τμήμα της ολίσθησης, που προκλήθηκε απ' την κίνηση της ολισθαίνουσας μάζας.

4. **Κεφαλή:** τα ανώτερα τμήματα της κατολίσθησης κατά μήκος της επαφής μετακινούμενης μάζας και της κύριας κατακρήμισης.

5. **Δευτερεύουσα κατακρήμιση:** μικρότερη κατακρήμιση στο σώμα της μάζας που έχει ολισθήσει και έχει προέλθει από διαφορικές κινήσεις αυτής.

6. **Κύριο σώμα:** η μετακινούμενη μάζα μεταξύ κύριας κατακρήμισης και ποδός της κατολίσθησης που υπέρκειται της επιφάνειας ολίσθησης.

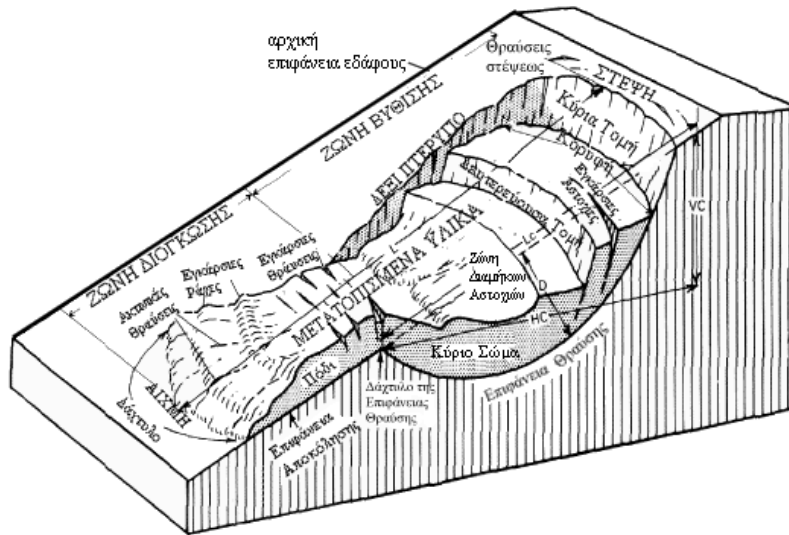
7. **Επιφάνεια ολίσθησης:** η επέκταση της κύριας κατακρήμισης κάτω από τη μετακινούμενη μάζα της κατολίσθησης.

8. **Μετακινούμενη μάζα:** η μάζα του πρανούς που έχει μετακινηθεί από την αρχική της θέση, λόγω της κατολίσθησης.

9. **Πόδας:** Το κάτω τμήμα της κατολίσθησης που υπέρκειται της αρχικής επιφάνειας του εδάφους.

10. **Δάκτυλος ποδός:** το κατώτερο, συνήθως κυρτό όριο του ποδός (έχει την μεγαλύτερη απόσταση απ' τη στέψη της κατολίσθησης).

11. **Πλευρά:** η δεξιά ή αριστερή πλευρά της κατολίσθησης, όπως καθορίζεται κοιτώντας από τη στέψη προς την μάζα της κατολίσθησης.
12. **Ζώνη συσσώρευσης:** η περιοχή στην οποία η μετακινούμενη μάζα είναι πάνω από την αρχική επιφάνεια του φυσικού εδάφους.
13. **Εγκάρσιες ρωγμές :** ρωγματώσεις εγκάρσια στην κύρια διεύθυνση της κίνησης, μεταξύ κύριου σώματος και ποδός.
14. **Ακτινωτές ρωγμές:** ρωγματώσεις στον πόδα της κατολίσθησης.
15. **Εγκάρσιες διογκώσεις:** διογκώσεις στον πόδα της κατολίσθησης.



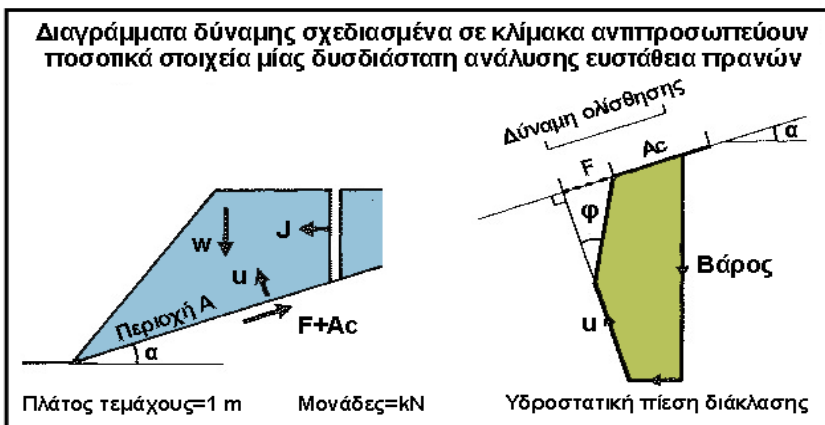
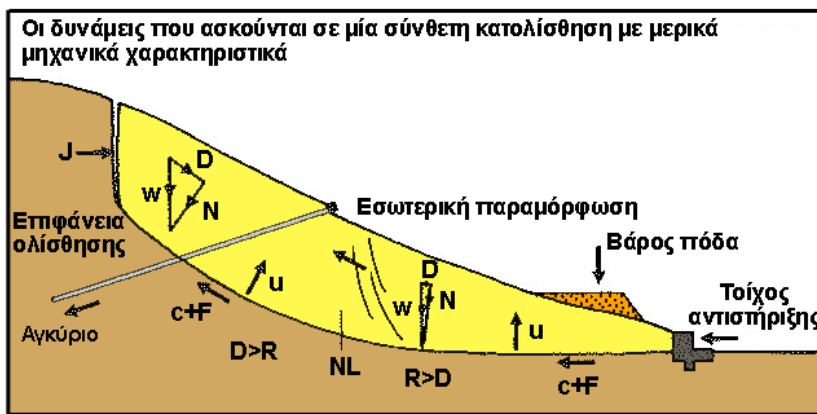
Εικόνα -1: Σχηματική απεικόνιση των κύριων δομών μιας κατολίσθησης (Varnes 1978).

1.1.2 ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ – ΑΙΤΙΕΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

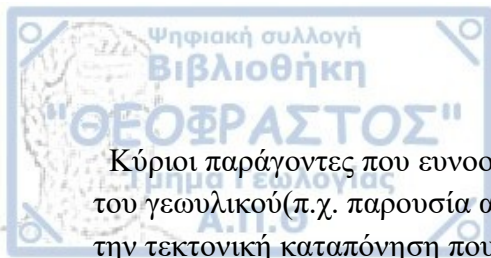
Αναγκαία προϋπόθεση, για να εκδηλωθεί ένα τέτοιο φαινόμενο είναι η ευστάθεια του πρανούς. Βρίσκοντας τον συντελεστή ασφαλείας στην ανάλυση ενός πρανού διερευνάται αν θα ολισθήσει ή όχι το υπό μελέτη τέμαχος. Αναλυτικότερα, ως συντελεστής ασφαλείας ορίζεται ο λόγος των δυνάμεων που συγκρατούν μια ολίσθηση προς τις δυνάμεις που τις ωθούν. Οι δυνάμεις που την συγκρατούν είναι η κάθετη συνιστώσα του βάρους (W_N), η τριβή κατά μήκος της επιφάνειας ολίσθησης (F) και η συνοχή κατά μήκος της επιφάνειας ολίσθησης (c). Από την άλλη πλευρά, οι δυνάμεις που ωθούν μια ολίσθηση είναι η παράλληλη συνιστώσα του βάρους (W_D), η πίεση του νερού μέσα στις ασυνέχειες (u), η δύναμη πιθανού σεισμού καθώς και το εξωτερικό βάρος (φορτίο) πάνω στο υπό ολίσθηση μπλοκ.

Υπολογίζοντας τον συντελεστή ασφαλείας έχουμε τρία πιθανά σενάρια:

1. Εάν $F < 1$, τότε έχουμε αστοχία
2. Εάν $F = 1$, τότε έχουμε οριακή ισορροπία ενώ
3. Εάν $F > 1$, τότε έχουμε ευστάθεια. (Τεχνική Γεωλογία/Μάθημα 5,6, Βασίλης Μαρίνος)



Εικόνα -2: Οι δυνάμεις που ασκούνται σε μια περιστροφική ολίσθηση (Σχήμα 1) και πάνω σε ένα υπό ολίσθηση τέμαχος (Σχήμα 2).



Κύριοι παράγοντες που ευνοούν μια τέτοια κατάσταση, αφορούν κυρίως την σύσταση του γεωυλικού(π.χ. παρουσία αργίλου) και τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του(κλίση), την τεκτονική καταπόνηση που έχει υποστεί ή υφίσταται, το βαθμό διάβρωσης και αποσάθρωσης καθώς και την ανθρώπινη παρέμβαση στο περιβάλλον του.

Τα αίτια δημιουργίας του φαινομένου δύναται να είναι είτε φυσικά είτε τεχνητά. Αφετηρία των κατολισθήσεων αποτελούν οι γεωμορφολογικές διεργασίες η τεκτονική ανύψωση, ή η ανύψωση λόγω ηφαιστειακής δραστηριότητας, η δράση των παγετώνων, η διάβρωση (εσωτερική, ποτάμια, θαλάσσια),η απομάκρυνση χλωρίδας (λόγω πυρκαγιάς, διάβρωσης), ή ακόμα και η φόρτιση με γεωυλικά στην στέψη ενός πρανούς. Στα γενεσιουργά αίτια συγκαλούνται και οι φυσικές διεργασίες, δηλαδή η έντονη και μικρής διάρκειας βροχόπτωση ή η μεγάλης και διαρκής βροχόπτωση, η γρήγορη τήξη του χιονιού, η αποσάθρωση εξαιτίας του παγετού ή η διόγκωση και συρρίκνωση εδαφών. Στην έξαρση του προβλήματος σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και ο ανθρώπινος παράγοντας με τις παρεμβάσεις του στο φυσικό περιβάλλον για την κάλυψη των αναγκών του. Η άρδευση, οι τεχνητές δονήσεις από την κυκλοφορία των οχημάτων, η λειτουργία λατομείων και μεταλλείων, η κακή συντήρηση των αποστραγγιστικών έργων είναι κάποιες από τις δραστηριότητες του που δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες ολίσθησης των πρανών.

Το αποτέλεσμα μιας κατολίσθησης εκφράζει την αναζήτηση μιας νέας κατάστασης ισορροπίας του εδάφους η οποία δεν σημαίνει πως δεν θα δώσει και μετέπειτα ολισθήσεις. Αντιθέτως καθιστά το υλικό πιο ευαίσθητο και αδύναμο σε οποιαδήποτε αναταραχή αυτού. (Τεχνική Γεωλογία/Μάθημα 5,6 Βασίλης Μαρίνος)

1.1.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Η κατηγοριοποίηση των κατολισθήσεων πραγματοποιείται βάση ποικίλων κριτηρίων συμπεριλαμβανόμενων το είδος υλικού της κατολίσθησης, τον τύπο κίνησης, την ταχύτητα, την περιεχόμενη υγρασία, το μηχανισμό ολίσθησης κ.α. Καθ' όλη την διάρκεια μελέτης των κατολισθητικών φαινομένων έχουν διατυπωθεί διαφορετικές ταξινομήσεις αναδεικνύοντας τους συνδυασμούς που προκύπτουν από τα γεωυλικά και των παραγόντων που είναι υπεύθυνα για την κίνηση αυτών .

Ο Varnes (1978) τεκμηρίωσε ένα γενικά αποδεκτό πρότυπο ταξινόμησης βάση τον μηχανισμό κίνησης και το υλικό που λαμβάνει χώρα μια κατολίσθηση ενώ ο Freeman (2004) βασισμένος σ' αυτό το πρότυπο και προσθέτοντας στις παραμέτρους την ταχύτητα διατύπωσε την δική του ταξινόμηση.

Το πρότυπο του Varnes είναι ευρέως χρησιμοποιούμενο και τείνει να επικρατήσει όλων των υπολοίπων. Η ταξινόμηση του στηρίζεται όπως προαναφέρθηκε στο είδος της κίνησης και στον τύπο του υλικού που ολισθαίνει .



Ανάλογα με το είδος κίνησης διακρίνονται σε :

1. Καταπτώσεις (*falls*)
2. Ανατροπές (*topplings*)
3. Ολισθήσεις (*slides*) (*Περιστροφικές και Μεταθετικές*)
4. Πλευρικές εξαπλώσεις (*lateral spreads*)
5. Ροές (*flows*)
6. Σύνθετες κινήσεις (*complex*)

Ανάλογα με το τύπο του υλικού σε:

1. Βραχώδεις υπόβαθρο
2. Επιφανειακά εδάφη

ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ(FALLS) :

Πρόκειται για αποκόλληση τμήματος βραχομάζας ή τμήματος εδάφους από απότομο πρανές κατά μήκος μιας επιφάνειας με μικρή ή μηδενικής διατμητικής αντοχής. Έπειτα, ακολουθεί ελεύθερη πτώση με κύλιση ή αναπήδηση η οποία καλείται κατάπτωση. Η μετακίνηση δύναται να είναι από πολύ έως και εξαιρετικά γρήγορη γι' αυτό και σπάνια προηγούνται μικρότερες μετακινήσεις, οι οποίες τελικά οδήγησαν στον προοδευτικό αποχωρισμό της μετακινούμενης μάζας από το μητρικό πέτρωμα.

ΑΝΑΤΡΟΠΕΣ (TOPPLINGS):

Μια προς τα έξω περιστροφή της αποσπώμενης μάζας γύρω από τον άξονα περιστροφής που βρίσκεται χαμηλότερα απ' το κέντρο βάρους της μετακινούμενης μάζας. Οφείλονται κυρίως στις βαρυτικές δυνάμεις αλλά συμβάλλουν και οι δυνάμεις που ασκούνται απ' τα διπλανά τεμάχια καθώς και το νερό που γεμίζει τις ασυνέχειες του πετρώματος.

Εξελίσσεται είτε σε πτώση είτε σε ολίσθηση ανάλογα με την γεωμετρία του πρανού και της ολισθαίνουσας μάζας. Η ταχύτητα μετακίνησης μπορεί να είναι αργή στα αρχικά στάδια ενώ στα τελευταία αρκετά γρήγορη.

ΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ (SLIDES):

Συμβαίνει κατά μήκος μίας ή περισσότερων ασυνεχειών κάτω από την επίδραση διατμητικών δυνάμεων . Η επιφάνεια αστοχίας μπορεί να είναι επίπεδη ή κυκλική. Στους βραχώδεις σχηματισμούς μπορεί και να ταυτίζεται με καλά διαμορφωμένες επιφάνειες ασυνεχειών. Ανάλογα με την διατμητική θραύση η μετακίνηση μπορεί να είναι προοδευτική ή ακαριαία. Η ολισθαίνουσα μάζα μπορεί να παραμείνει ενιαία ή να διαχωριστεί σε ανεξάρτητα τεμάχια. Διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις περιστροφικές (*rotational*) και τις μεταθετικές (*translational*) .

ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ (ROTATIONAL SLIDES):

Πραγματοποιούνται κατά μήκος κοίλων προς τα πάνω επιφανειών, δηλαδή πάνω σε μια κυλινδρική επιφάνεια ακολουθώντας τις προϋπάρχουσες επιφάνειες ασυνέχειας ή αδυναμίας και με μικρή παραμόρφωση του τεμάχους που ολισθαίνει. Σ' αυτές τις κατολισθήσεις διακρίνεται μία ζώνη απομείωσης και μια ζώνη συσσώρευσης καθώς η κεφαλή της μετακινούμενης μάζας κινείται προς τα κάτω ενώ στη βάση παρατηρείται ανύψωση. Παρατηρείται σε ομοιογενή εδαφικά υλικά και συνήθως το μήκος τους είναι

3-7 φορές το βάθος τους, σε φυσικά πρανή αλλά και σε επιχώματα (π.χ. φράγματα) αλλά και σε έντονα κατακερματισμένες βραχομάζες.

ΜΕΤΑΘΕΤΙΚΕΣ ΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ (TRANSLATIONAL SLIDES):

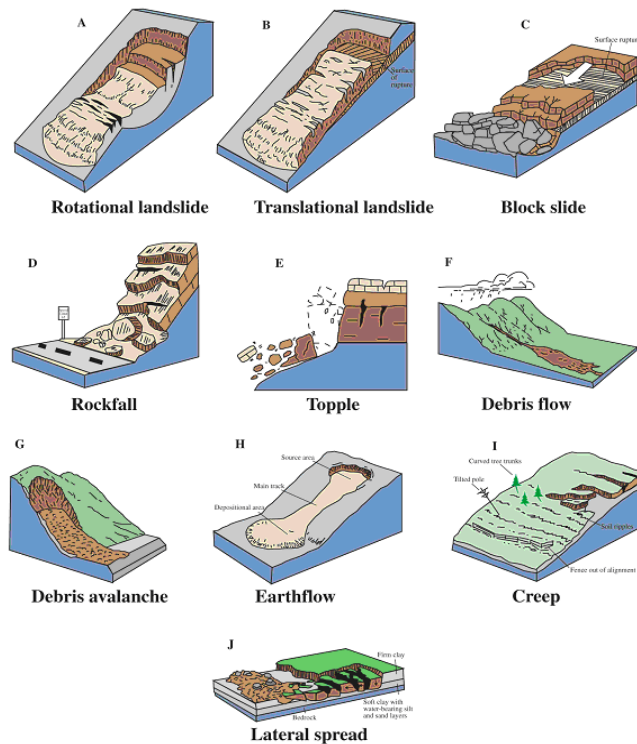
Συμβαίνουν κατά μήκος μια επίπεδης ή κυματοειδούς επιφάνειας με πολύ ή καθόλου περιστροφική κίνηση. Διακρίνονται από τις περιστροφικές ολισθήσεις από το μικρότερο βάθος και την μικρότερη περιστροφή.

ΡΟΕΣ(FLOWS):

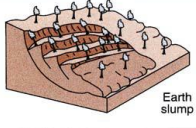
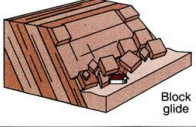

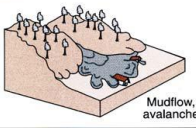
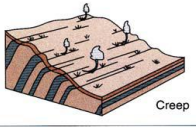
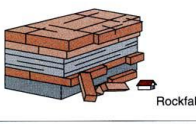
Σ' αυτό το είδος κατολίσθησης η κίνηση μοιάζει με εκείνη ενός ιξώδους υγρού. Το φαινόμενο είναι δυσδιάκριτο και μπορεί να γίνει αντιληπτό από την κλίση των δένδρων ή από την εμφάνιση θραυσμάτων ενός πετρώματος. Γενικά, είναι απαραίτητη κάποια περιεκτικότητα νερού για τους περισσότερους τύπους ροής αλλά υπάρχουν περιπτώσεις όπου προκύπτουν ξηρές ροές. Οι υγρές ροές εμφανίζονται σε λεπτόκοκκα εδάφη με ή χωρίς χονδρόκοκκα υλικά (ροές κορημάτων και ροές γαιών, αντίστοιχα) τα οποία κινητοποιούνται με περίσσεια νερού, είναι γρήγορες και πιο ευδιάκριτες στο ύπαιθρο. Αντίθετα, οι ξηρές ροές αποτελούνται κυρίως από θραύσματα βραχομάζας, είναι γρήγορες και βραχύβιες και ονομάζονται ροές του βραχώδους υποβάθρου.

ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ (COMPLEX):

Αναφέρονται στον συνδυασμό δύο ή περισσότερων ειδών κατολίσθησης.



Εικόνα -3: Ταξινόμηση κατολισθήσεων κατά Varnes.

MECHANISM		MATERIAL			VELOCITY
		Rock	Fine-grained soil	Coarse-grained soil	
Slide	 Earth slump	Slump	Earth slump <i>Stair-stepped slices with surfaces that slope downward in an uphill direction. Trees and shrubs within a slice have a similar orientation.</i>	Debris slump	Slow (days to weeks)
	 Block glide	Block glide <i>Down the plane of inclined rock layers where inclination is parallel to slope.</i>	Earth slide Debris slide  <i>Chaotic jumble of soil and debris. Mixed orientations of trees and shrubs.</i>		Variable (seconds for rock, minutes to days for debris/earth)
Flow	 Mudflow, avalanche	Rock avalanche	Mudflow, avalanche	Debrisflow, avalanche	Very rapid (minutes)
	 Creep	Creep <i>Marked by thin, weak layers of rock dragged downward by surface flow. Trees bowed as the result of tilting downslope followed by upward growth.</i>	Creep	Creep	Extremely slow (months)
Fall	 Rockfall	Rockfall <i>Undercut rock and debris fall vertically for lack of support.</i>	Earthfall	Debrisfall	Extremely rapid (seconds)

Εικόνα -4: Ταξινόμηση κατολισθήσεων κατά Freeman (2004).

1.1.4 ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Αναγκαία προϋπόθεση για την αποτελεσματική αντιμετώπιση του προβλήματος είναι η προσεκτική διερεύνηση της ενεργότητας των κατολισθήσεων.

Για τον πλήρη καθορισμό της ενεργότητας πρέπει να προσδιοριστούν τρεις παράμετροι μιας κατολίσθησης, το καθεστώς της, η κατανομή της και ο τύπος αυτής .

Το καθεστώς αναφέρεται στην χρονική διαφορά μεταξύ των μετακινήσεων και σύμφωνα με αυτή οι κατολισθήσεις διακρίνονται σε :

ΕΝΕΡΓΕΣ (ACTIVE): οι οποίες παρουσιάζουν πρόσφατες μετακινήσεις. Οι διεργασίες της διάβρωσης και της αποσάθρωσης δεν έχουν αλλοιώσει τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του φαινομένου. Από αυτές τις κατολισθήσεις άλλες έχουν εκδηλωθεί για πρώτη φορά και ονομάζονται αρχικά ενεργές ενώ άλλες οι οποίες ενεργοποιούνται μετά από μια χρονική περίοδο και ονομάζονται επανενεργοποιημένες (reactivated). Οι τελευταίες μετακινούνται σε επιφάνειες ολίσθησης που προϋπήρχαν και η διατμητική τους αντοχή πλησιάζει την παραμένουσα. Τέλος, υπάρχει και η υποκατηγορία των κατολισθήσεων που μετακινήθηκαν τον τελευταίο εποχικό κύκλο ενώ κατά την παρούσα περίοδο δεν μετακινούνται και ονομάζονται παροδικά ανενεργές ή υπό αναστολή (suspended).

ΑΝΕΝΕΡΓΕΣ (INACTIVE): οι οποίες παραμένουν σταθερές για μεγαλύτερο διάστημα από έναν χρόνο. Αν οι αιτίες που προκαλούν την επανεμφάνιση της κατολίσθησης

υπάρχουν ακόμα τότε η κατολίσθηση βρίσκεται σε λανθάνουσα κατάσταση (dormant). Αν όμως τα αίτια έχουν εκλείψει τότε αναφερόμαστε σε μια μη ενεργοποιήσιμη κατολίσθηση ενώ όταν έχουν ληφθεί μέτρα προστασίας γι' αυτή θεωρείται σταθεροποιημένη (stabilized) .

ΠΑΛΑΙΕΣ – ΑΠΟΛΙΘΩΜΕΝΕΣ (RELICT): είναι αυτές που δεν έχουν ενεργοποιηθεί για πολλά χρόνια. Τέτοιες κατολισθήσεις αφήνουν τα ίχνη τους πάνω σε πρηνή για χρόνια ενώ έτσι ονομάζονται και αυτές που έχουν βυθιστεί κάτω από τα νεότερα ιζήματα.

Η κατανομή ενεργότητας περιγράφει τον τρόπο που μετακινούνται τα τμήματα της κατολίσθησης και οι κατολισθήσεις διαχωρίζονται σε:

ΠΡΟΩΘΟΥΜΕΝΗ (ADVANCING): όταν παρατηρείται επέκταση της κατολίσθησης προς τα κατόντη, δηλαδή προς την κατεύθυνση της γενικότερης ολίσθησης.

ΑΝΑΔΡΟΜΗ (RETROGRESSIVE): όταν οι θραύσεις και η ολίσθηση επεκτείνονται προς τα ανάντη, δηλαδή προς την αντίθετη κατεύθυνση της γενικότερης ολίσθησης.

ΔΙΕΥΡΥΝΟΜΕΝΗ (WIDENING): όταν η επέκταση γίνεται ως προς τη μία ή και τις δύο πλευρές της ολίσθησης.

ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΗ (PROGRESSIVE): εδώ διακρίνονται δύο υποκατηγορίες, η μεγεθυνόμενη κατά την οποία η κατολίσθηση παίρνει όλο και μεγαλύτερες διαστάσεις σε μήκος, σε πλάτος και σε βάθος ενώ η απομειούμενη όταν ο όγκος των υλικών ολίσθησης συνεχώς μειώνεται με το χρόνο.

Τέλος, ο τύπος της ενεργότητας ο οποίος αναφέρεται στον τρόπο που γίνονται μετακινήσεις εντός της κύριας ολισθαίνουσας μάζας.

ΣΥΝΘΕΤΕΣ (COMPLEX): χαρακτηρίζονται οι κατολισθήσεις που εμφανίζονται τουλάχιστον δύο διαφορετικοί τρόποι μετακίνησης.

ΠΟΛΛΑΠΛΗ (MULTIPLE): λέγεται όταν εμφανίζονται επαναλαμβανόμενες κινήσεις του ίδιου τύπου και συνοδεύεται από θραύση. Το νέο τέμαχος είναι σε επαφή με την κύρια μάζα και πολλές φορές έχουν κοινό τμήμα επιφανειών θραύσης.

ΔΙΑΔΟΧΙΚΕΣ (SUCCESSIVE): είναι παρόμοιες με τις πολλαπλές με την διαφορά ότι σ' αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει κάποια επικάλυψη του υλικού της μιας κατολίσθησης από την άλλη και η καθεμία αποτελεί ξεχωριστή περίπτωση.

ΑΠΛΗ (SINGLE): υπάρχει ένας τύπος μετακίνησης, χωρίς η μάζα που ολισθαίνει να διαχωρίζεται σε επιμέρους τεμάχη.

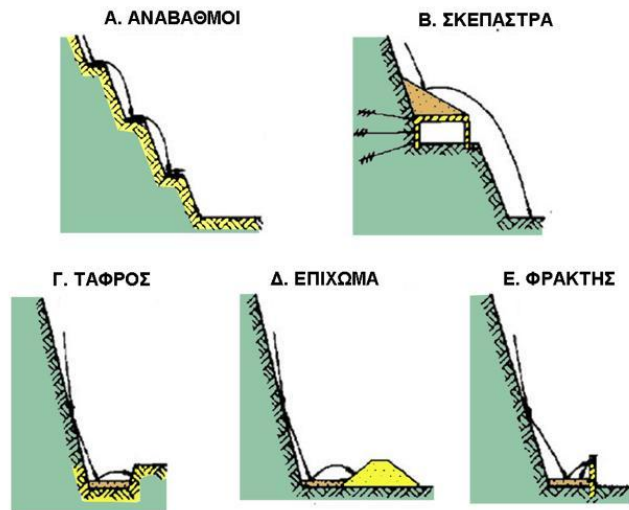
1.1.5 ΚΙΝΔΥΝΟΙ - ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ - ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Οι συνέπειες των κατολισθήσεων παραμελούνται σχετικά με άλλα φαινόμενα όπως αυτές των σεισμών ή των ηφαιστειών καθώς πρόκειται για σποραδικά φαινόμενα, μικρότερης έκτασης και με περιορισμένα αποτελέσματα. Δεν είναι λίγες όμως οι φορές που μπορεί να προκαλέσουν καταστροφές εξαιτίας της συχνότητας τους, της ποικιλομορφίας τους και της γεωγραφικής έκτασης τους. Επομένως, οι επιπτώσεις μπορεί να είναι είτε άμεσες (καταστροφές σε κτήρια, δρόμους, καθιζήσεις) ή έμμεσες (διαταράξεις στο φυσικό περιβάλλον, δημιουργία εμποδίων στους αυτοκινητόδρομους) με μακροπρόθεσμα προβλήματα στο κοντινό ή μακρύτερο μέλλον.

Με δεδομένη την σοβαρότητα του φαινομένου, απαιτείται έντονη δραστηριοποίηση, καθολική ανάληψη ευθυνών και λήψη κατάλληλων μέτρων προστασίας για να προσεγγίσουμε την λύση του προβλήματος. Τα μέτρα προστασίας που μπορούν να ληφθούν είναι πολλά και διαφορετικά σε κάθε περίπτωση. Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες στις οποίες μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τα μέτρα αντιστήριξης, τα παθητικά και τα ενεργητικά. Οι παθητικές μέθοδοι, εμποδίζουν τα τεμάχια που έχουν ήδη μετακινηθεί να προκαλέσουν καταστροφές όπως συμβαίνει στους αυτοκινητόδρομους ή σε σιδηροδρομικές γραμμές. Θεωρητικά, έχουν μικρότερο κόστος και συνδυάζονται με προειδοποιητικές μεθόδους. Από την άλλη πλευρά, τα ενεργητικά μέτρα δρουν ενάντια στις δυνάμεις που προκαλούν τις ολισθήσεις ή αυξάνοντας τις δυνάμεις που αντιτίθενται σ' αυτές. Βέβαια, μειώνουν και τις πιθανότητες ολίσθησης διαφόρων τεμαχίων της βραχομάζας και γενικά αποτελούν την πρώτη επιλογή στην λύση του προβλήματος. Καίρια κρίνεται και η συμβολή της ενίσχυσης της ποιότητας της βραχομάζας στην άρση του προβλήματος.

Στα παθητικά μέτρα εντάσσονται τα εξής :

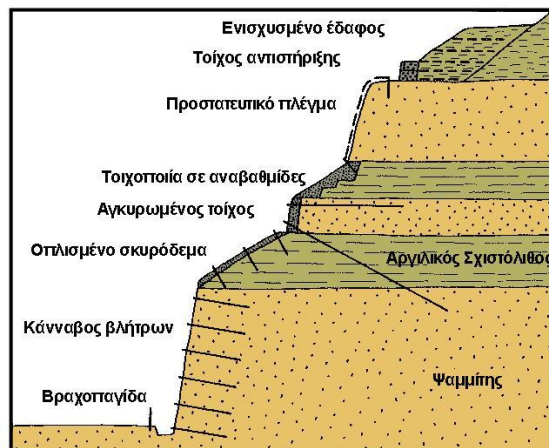
1. Αφαίρεση τεμαχίων που είναι ελεύθερα να πέσουν.
2. Κατασκευή τάφρων που εμποδίζουν τα κομμάτια να προχωρήσουν και να προκαλέσουν καταστροφές.
3. Εκσκαφή πρανών με σκοπό να μειωθούν οι δυνάμεις που τείνουν να προκαλέσουν αστοχία.
4. Τοποθέτηση δικτύων αγκύρωσης στον βράχο για να συγκρατούν τα μικρά τεμάχια .
5. Κατασκευή τοίχων που λειτουργούν σαν φράγματα και συγκρατούν τα κομμάτια που αστοχούν απ' το πρανές. (Τεχνική Γεωλογία/Μάθημα 5,6 Βασίλης Μαρίνος)



Εικόνα -5: Παθητικά μέτρα αντιστήριξης σύμφωνα με τον Hoek 2000.

Στα ενεργητικά μέτρα κατατάσσονται τα παρακάτω :

1. Αγκύρια
2. Δοκός αγκυρίων
3. Εκτοξευμένο σκυρόδεμα (με ή χωρίς ινοπλισμό)
4. Ανακουφιστικές και αποστραγγιστικές οπές
5. Μεταλλικά πλέγματα
6. Τοίχοι κατακράτησης
7. Αναβαθμοί προστασίας καταπτώσεων βράχων- τάφροι
8. Απομάκρυνση χαλαρών και επικρεμάμενων βράχων
9. Γεωσυνθετικά υλικά



Τροποποιημένο από Waltham 2002

Εικόνα -6: Σχηματική απεικόνιση ενεργητικών μέτρων υποστήριξης κατολισθήσεων.

1.2 ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

1.2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ -ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Τηλεπισκόπηση είναι η επιστήμη που εξάγει τόσο ποιοτική όσο και ποσοτική πληροφορία για την επιφάνεια της γης από απόσταση με σκοπό να μελετήσει, να ερμηνεύσει και να αντιμετωπίσει ένα φαινόμενο. Έχουμε πληροφορίες, δηλαδή, για ένα φαινόμενο χωρίς να υπάρχει άμεση επαφή μ' αυτό. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος χρησιμοποιούνται πολυφασματικοί και υπερφασματικοί αισθητήρες, ραντάρ, δορυφόροι κ.α. Πιο συγκεκριμένα, σε όλα τα παραπάνω εργαλεία είναι εγκατεστημένοι ψηφιακοί σαρωτές που ανιχνεύουν την αντανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας της γήινης επιφάνειας αποδίδοντας την ως ψηφιακή εικόνα. Κάθε αντικείμενο της γης αντανακλά με μοναδικό τρόπο την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε διαφορετικά μήκη κύματος και βασιζόμενοι στις διάφορες φασματικές ζώνες διαχωρίζονται και ερμηνεύονται. (Τηλεπισκόπηση- Φωτοερμηνεία στις Γεωεπιστήμες/ Θεόδωρος Αστάρης, 2011)

Λόγω της συνδυαστικής ικανότητας που παρέχει η τηλεπισκόπηση μεταξύ διαστημικών και επίγειων δεδομένων, είναι προφανές πως μπορεί να εφαρμοστεί σε ποικίλα και διαφορετικά αντικείμενα μεταξύ τους.

Τα κυριότερα είναι:

- καιρικές και οι κλιματικές αλλαγές
- υδάτινοι πόροι
- ανάγλυφο και η γεωμορφολογία
- βλάστηση
- πηγές ρύπανσης
- ανίχνευση φυσικών καταστροφών
- γεωργία
- χαρτογράφηση
- δημιουργία ψηφιακών μοντέλων εδάφους ,
- οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στο περιβάλλον.

1.2.2 ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΙ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΟΙ ΔΕΚΤΕΣ

Ανάλογα με το είδος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλάται και ανιχνεύουν διαχωρίζονται σε δύο είδη, τους ενεργητικούς και τους παθητικούς. Οι ενεργητικοί χρησιμοποιούν δικής τους πηγή ακτινοβολίας για να φωτίσουν το αντικείμενο σε αντίθεση με τους παθητικούς που ανιχνεύουν ακτινοβολία από μια φυσική πηγή (πχ ήλιος). Η επιλογή του κατάλληλου δέκτη πραγματοποιείται βάση της κλίμακας και τα χαρακτηριστικά κάθε μελέτης. Ο αριθμός των δορυφορικών δεκτών είναι αρκετά μεγάλος, μερικοί γνωστοί και ευρέως χρησιμοποιούμενοι είναι οι



παρακάτω:

1. Sentinel
2. Landsat
3. Quickbird
4. Ikonos
5. Worldview

(Τηλεπισκόπηση- Φωτοερμηνεία στις Γεωεπιστήμες/ Θεόδωρος Αστάρας, 2011)

1.2.3 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ- ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ- ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα δεδομένα που μεταδίδονται από τους τηλεπισκοπικούς δέκτες μετατρέπονται σε εικονοστοιχεία (pixel) καθένα από τα οποία αντιπροσωπεύει την ανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Όλα μαζί απαρτίζουν μια ψηφιακή εικόνα η οποία χαρακτηρίζεται από ορισμένες κύριες ιδιότητες όπως η χωρική/ραδιομετρική/φασματική διακριτική ικανότητα και η επαναληψιμότητα.

Ως χωρική διακριτική ικανότητα ορίζεται το μέγεθος του μικρότερου στοιχείου που μπορεί να ανιχνευθεί από το σύστημα με άλλα λόγια το μέγεθος των pixel.

Ραδιομετρική ικανότητα ονομάζεται η δυνατότητα διαχωρισμού μικρών διαφορών ενέργειας. Φασματική διακριτική ικανότητα είναι τα τμήματα του φάσματος που δεν επηρεάζονται από την ατμοσφαιρική απορρόφηση ενώ τέλος η χρονική διακριτική ικανότητα είναι η συχνότητα ενός δορυφόρου δηλαδή ανά πόσο χρονικό διάστημα περνά από το ίδιο σημείο. Τα στοιχεία που συλλέγονται μπορούν να αποθηκευτούν σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αναλογικής μορφής αποτελούν οι αεροφωτογραφίες.

Το υλικό που συγκεντρώνεται εν τέλει πολλές φορές δεν είναι άμεσα αξιοποιήσιμο και απαιτείται επεξεργασία των δεδομένων προκειμένου να απαλειφθούν τα σφάλματα και να καταλήξουμε σε σωστά αποτελέσματα και συμπεράσματα. Οι απαραίτητες διορθώσεις αφορούν γεωμετρικούς, ραδιομετρικούς και ατμοσφαιρικούς θορύβους. Στόχος της κάθε διόρθωσης είναι η αναγωγή της καμπύλης της γεωμετρίας της εικόνας σε επίπεδη για μετρήσεις ακριβείας, η απαλοιφή ραδιομετρικών σφαλμάτων σχετικά με το ανάγλυφο, των σύννεφων της σκιάς αυτών κ.α κατά την σάρωση, απαλοιφή αλλοιώσεων από τα αέρια και υγρά συστατικά της ατμόσφαιρας τα οποία αλλοιώνουν την ποσότητα της εισερχόμενης στον αισθητήρα ακτινοβολίας, αντίστοιχα.

Επομένως, διακρίνουμε τρεις κατηγορίες στην ανάλυση των τηλεπισκοπικών δεδομένων βάση την μέθοδο αξιοποίησής τους. Στην περίπτωση της ποσοτικής ανάλυσης ζητούμενο είναι η μέτρηση ενός χαρακτηριστικού ενώ στην ποιοτική είναι η αποτύπωση αυτού. Τέλος, στην οπτική ανάλυση σκοπός είναι η ερμηνεία της πληροφορίας βάση της υφής του χρώματος και την σχέση του αντικειμένου συγκριτικά με τα περιβάλλοντα αντικείμενα.

1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ –

G.I.S Α.Π.Θ

1.3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ – ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ Γ.Σ.Π-ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών είναι οργανωμένα σύνολα από μηχανήματα, λογισμικά, γεωγραφικά και προσωπικά δεδομένα, με σκοπό τη συλλογή την αποθήκευση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση γεωγραφικών πληροφοριών, σχετικών με φαινόμενα που εξελίσσονται στο γεωγραφικό χώρο. Πρόκειται για χαρτογραφικά εργαλεία τα οποία δύναται να αποθηκεύσουν, να διαχειριστούν και να ενσωματώσουν ένα μεγάλο όγκο χωρικών δεδομένων με σκοπό όχι απλά την χαρτογράφηση αλλά την επίλυση πολεοδομικών, χωροταξικών και περιβαλλοντικών προβλημάτων αλλά και την ακριβή πρόβλεψη και πρόληψη μελλοντικών. Η λειτουργία τους στηρίζεται σε μια βάση δεδομένων που συνίσταται από μια σειρά επιπέδων πληροφοριών και αφορούν την ίδια γεωγραφική περιοχή. Καθένα από τα επίπεδα αυτά αποτελείται είτε από μη επεξεργασμένα δεδομένα π.χ. τοπογραφικά, είτε θεματικές πληροφορίες όπως το είδος των εδαφών, οι κλίσεις του αναγλύφου κλπ. Βασική προϋπόθεση για να διεξαχθεί ένα σωστό αποτέλεσμα είναι όλα τα δεδομένα να είναι προσανατολισμένα σε κοινό γεωγραφικό σύστημα.

Εφαρμογή βρίσκουν τόσο στα θεωρητικά επιστημονικά πεδία (Ιστορία ,Αρχαιολογία , Τουρισμός) όσο και στις γεωεπιστήμες(Διαχείριση φυσικών καταστροφών, Προστασία φυσικού περιβάλλοντος , Αξιοποίηση ορυκτών πόρων) .(Ψηφιακή Χαρτογραφία και ΓΠΣ / Αστάρας, Οικονομίδης, Μουρατίδης)

1.3.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ως γεωχωρικά δεδομένα ορίζονται οι πληροφορίες που είναι γεωαναφερμένες, τυπικά αφορούν την Γη και βρίσκονται σε ψηφιακή μορφή. Παραδείγματα αποτελούν οι χάρτες, οι δορυφορικές εικόνες, τοπογραφικές μετρήσεις, το υψόμετρο μιας θέσης, η θέση και το βάθος μια γεώτρησης κα. Πρακτικά, πρόκειται για κάθε πληροφορία εφόσον έχει συσχετιστεί με μια θέση. Υπάρχουν δυο βασικές κατηγορίες δεδομένων, χωρικά(raster ή vector) και μη χωρικά . Στα πρώτα κατατάσσονται οι χάρτες, σημεία GPS, δορυφορικές εικόνες ενώ στα δεύτερα οι ισούψεις, το βάθος μια γεώτρησης .

Τα χωρικά τα οποία χαρακτηρίζονται αποκλειστικά από την θέση τους στο χώρο βάση ενός συστήματος συντεταγμένων διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες.

1. Σημειακά επίπεδα πληροφοριών (points)
- 2.Γραμμικά επίπεδα πληροφοριών (lines,arcs,edges)
- 3.Επιφανειακά επίπεδα πληροφοριών (polygons or patches)
- 4.Δεδομένα αναγλύφου.

Τα μη χωρικά αναλύουν τα χαρακτηριστικά ή τις ιδιότητες ή τις τιμές της



συγκεκριμένης χωρικής θέσης. Για παράδειγμα η θέση μια ισοϋψής είναι χωρική πληροφορία ενώ ο χαρακτηρισμός της βάση το υψόμετρο, μη χωρική.

Βέβαια υπάρχει δυνατότητα ή και πολλές φορές κρίνεται αναγκαίο να μετατραπούν οι πληροφορίες από το ένα είδος στο άλλο.

Τα χωρικά δεδομένα μετατρέπονται σε ψηφιακά κατάλληλα για χρήση από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών μέσω της διαδικασίας «γεωκωδικοποίησης» ή αλλιώς geocoding διατηρώντας τα τοπολογικά χαρακτηριστικά τους. Αφού μετατραπούν καταχωρούνται σε μορφή κανάβου (raster) ή σε μορφή διανύσματος (vector). Οι διαδικασίες ανάλυσης δεδομένων οποιασδήποτε μορφής ακολουθούν τους βασικούς λογικούς κανόνες της άλγεβρας με σκοπό την παραγωγή νέων θεματικών επιπέδων πληροφοριών που θα οδηγήσουν στην κατασκευή μοντέλων (DTM, DEM, DSM) για τις απαιτήσεις κάθε ερευνητικού προγράμματος.

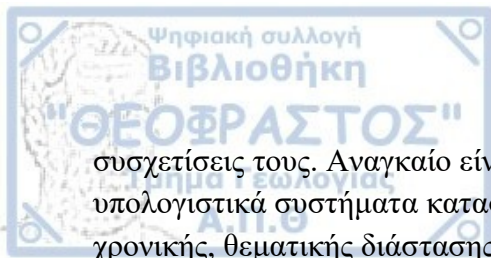
1.3.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ Γ.Σ.Π

Τα πλεονεκτήματα των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών σε σχέση με τις κλασικές μεθόδους μελέτης γεωγραφικών δεδομένων σχετίζονται με την αξιοποίηση δεδομένων από τις διαφορετικές πηγές, με την δυνατότητα ενημέρωσης, αποθήκευσης, ανάκτησης πληροφοριών, δυνατότητες επεξεργασίας και μοντελοποίησης. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα των Γ.Σ.Π συγκριτικά με τα αναλογικά συστήματα χαρτογράφησης.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ	Αναθεώρηση χάρτη οποιαδήποτε στιγμή	Πλήρης ανακατασκευή χάρτη με την προσθήκη πληροφοριών
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	Μεγάλη αντοχή ψηφιακών δεδομένων	Φθορές χαρτιού με την πάροδο του χρόνου
ΚΟΙΝΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	Γρήγορη (διαδίκτυο)	Αργή μεταφορά (ταχυδρομείο)
ΑΝΑΛΥΣΗ	Υψηλή ανάλυση	Ανακρίβειες ανάλυσης
ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ	Μικρός (ψηφιακή μορφή)	Μεγάλος (χαρτοθήκες)
ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ	Δημιουργία μοντέλων 3D	Χάρτες 2D

Πίνακας 1: Πλεονεκτήματα Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών σε σχέση με τα αναλογικά συστήματα.

Επίσης, πρέπει να υπογραμμιστεί η διττή φύση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Δηλαδή, στο γεγονός πως δεν παραμένει μόνο στην χωρική διάσταση των δεδομένων αλλά ασχολείται και με τις ιδιότητες αυτών εξετάζοντας και τις πιθανές



συσχετίσεις τους. Αναγκαίο είναι να τονισθεί πως τα G.I.S δεν αποτελούν απλά υπολογιστικά συστήματα κατασκευής χαρτών αλλά εργαλεία αξιοποίησης χωρικής, χρονικής, θεματικής διάστασης των γεωγραφικών στοιχείων.

1.4 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ Γ.Σ.Π

Παρόλο που οι δύο επιστημονικές ενότητες αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα πλέον αποτελούν δύο άρρηκτα συνδεδεμένα εργαλεία. Η σωστή διαχείριση και χρήση των δεδομένων διασφαλίζει την μείωση στο ελάχιστο των σφαλμάτων που μπορούν να δημιουργηθούν.

Αυτό προϋποθέτει εκπαιδευμένο προσωπικό, ισχυρά ηλεκτρονικά συστήματα με ικανότητες επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων και υψηλής ανάλυσης για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων αλλά και την ανάπτυξη ενός συστήματος που συνδέει αυτά τα εργαλεία. Η τηλεπισκόπηση αποτελεί συμβατή πηγή πρόσφατων δεδομένων για τα Γ.Σ.Π και με χαμηλό κόστος. Ακόμα, πολλά δεδομένα των Γ.Σ.Π βοηθούν στην βελτίωση της ψηφιακής ταξινόμησης των δορυφορικών δεδομένων. Κίνδυνος σφάλματος όμως αποτελεί η εισαγωγή δορυφορικών δεδομένων κανάβου στα Γ.Σ.Π καθώς τα αποθηκεύουν σε διανυσματική μορφή ή ακόμα και στις περιπτώσεις που δεν συμπίπτουν τα γεωγραφικά και γεωμετρικά δεδομένα των δύο πηγών. Επιπρόσθετα, λόγω διαφορετικού χρόνου λήψης των δεδομένων μερικές κατηγορίες ταξινόμησης στα G.I.S ίσως δεν αντιστοιχούν σ' αυτές που αναγνωρίζονται με τα δορυφορικά δεδομένα.

Επομένως, για την σωστή διαχείριση κάθε προβλήματος που έρχονται να αντιμετωπίσουν αυτοί οι δύο κλάδοι απαιτείται η πλήρης εκπαίδευση του προσωπικού, ισχυρά συστήματα υπολογιστών και περιφερειακών εξαρτημάτων με δυνατότητες αποθήκευσης και επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων. Τέλος, με δεδομένη την βοήθεια που προσφέρουν τα δύο αυτά προγράμματα στην λύση πολλών φαινομένων και προβλημάτων από τοπικό έως εθνικό επίπεδο και πόσο μάλλον ο συνδυασμός τους, θα πρέπει να ληφθούν σοβαρές διοικητικές αποφάσεις αφού ενημερωθούν οι υπεύθυνοι της νέας αυτής τεχνολογίας .

1.5 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η μελέτη και κυρίως η επεξεργασία δορυφορικών εικόνων του οπτικού φάσματος (Sentinel-2, Landsat-8) και δορυφορικών εικόνων ραντάρ (Sentinel-1) πριν και μετά την κατολίσθηση που πραγματοποιήθηκε στο ορυχείο του Αμυνταίου στις 10/06/2017, και ώρα Ελλάδος 11:00 πμ. Για τον σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε η ποιοτική και ποσοτική ερμηνεία αυτών των δεδομένων. Η ποιοτική ερμηνεία αφορά την γεωμετρική και χρωματική διαφορά μεταξύ των εικόνων, ενώ η ποσοτική αναφέρεται στις διαφορετικές τιμές των pixel πριν και μετά το φαινόμενο. Μέσω των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Γ.Σ.Π/ G.I.S)

οριοθετήθηκε/ψηφιοποιήθηκε η περιοχή της κατολίσθησης και έγιναν μετρήσεις της έκτασης και της περιμέτρου αυτής.

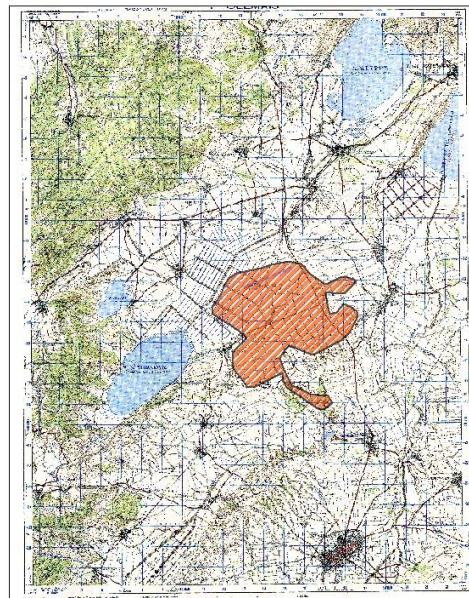
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ


2.1.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

Το Αμύνταιο βρίσκεται σε απόσταση 33 χιλιομέτρων από την πόλη της Φλώρινας και ανήκει στο νομό αυτής. Η λεκάνη του Αμυνταίου περικλείεται από τα όρη Βόρας, Βέρνο, Άσκιο και Βέρμιο και περιλαμβάνει τις λίμνες Ζάζαρη, Βεγορίτιδα, Πετρών και Χειμαδίτιδα. Ο ποταμός Αμύντας είναι ο μοναδικός που διασχίζει την λεκάνη του Αμυνταίου και αποστραγγίζει στο παλαιό έλος της Χειμαδίτιδας. Η μορφολογία της περιοχής είναι ομαλή με τα υψόμετρα να κυμαίνονται από 595 – 660 μέτρα. Η λιγνιτοφόρα λεκάνη με συνολικό μήκος 100 km και μέσο πλάτος 15 km, εκτείνεται από το Μοναστήρι και διαμέσου της Φλώρινας, Αμυνταίου και Πτολεμαΐδας φθάνει μέχρι την Κοζάνη με γενική διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ. (Δήμος Αμυνταίου/ www.amyntaio.gr)

ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

 Περιοχή Έρευνας_Ορυχθό Αμυνταίου



0 1,450 2,900 5,800 Kilometers

Χάρτης 1: Τοπογραφικός Χάρτης Πτολεμαΐδας.

2.1.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Σύμφωνα με τον Μ. Μουντράκη (2010), το Αμύνταιο γεωτεκτονικά ανήκει στην Πελαγονική ζώνη η οποία συγκροτείται από κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, γνευσιωμένους γρανίτες, ημιμεταμορφωμένα Περμο-Τριαδικά πετρώματα, δύο ανθρακικά καλλύματα Τριαδικού – Ιουρασικού, οφειόλιθους και Ανωκρητιδικά επικλυσιογενή ιζήματα. Η τοποθεσία της λιγνιτοφόρας λεκάνης Φλώρινας – Πτολεμαΐδας έχει γεωλογικό ενδιαφέρον καθώς είναι παράλληλη στον ορογενετικό άξονα των Ελληνίδων και η πρώτη νεογενής λεκάνη από την Μεσοελληνική μολασσική αύλακα. Τα ιζήματα της λεκάνης από κάτω προς τα πάνω ακολουθούν την εξής σειρά:

1. Κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες και ξυλίτες – Α. Μειοκαίνου
2. Μάργες, ψαμμιτικές μάργες, ψαμμίτες και άργιλοι με παρεμβολές λιγνιτικών στρωμάτων ηλικίας Πλειοκαίνου
3. Κροκαλοπαγή, ψαμμίτες και ερυθροπηλοί Πλειστοκαίνου.

Τα ιζήματα της λεκάνης αντιπροσωπεύουν χερσαία, ποταμοχειμάρια και λιμναία περιβάλλοντα τα οποία περιλαμβάνουν τους λιγνίτες.

Αναλυτικότερα για την κάθε γεωλογική ενότητα έχουμε τα εξής:

Α. Κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο: Αποτελεί το κύριο δομικό στοιχείο της συγκεκριμένης γεωτεκτονικής ζώνης καθώς εντοπίζεται σε πολλά σημεία και παρόλο που δεν εμφανίζεται ως ενιαίο και ομογενές πέτρωμα αλλά ως διαφορετικές ενότητες πετρωμάτων συνιστώντας αλληπάληλα τεκτονικά λέπια. Τέτοιες ενότητες έχουν εντοπιστεί στο Βόρα, στο Βέρνο, στο Λιβάδι των Πιερίων και στα ψηλά Πιέρια. Παρόλη την διάκριση τους οι ενότητες θεωρούνται παράλληλες κρυσταλλοσχιστώδεις ακολουθίες ενός κοινού υποβάθρου, οι οποίες έχουν παρόμοια λιθολογική ανάπτυξη και δημιουργήθηκαν σε παρόμοιες συνθήκες στο Παλαιοζωικό.

Καθεμία από τις παραπάνω ενότητες αποτελείται από τους βαθύτερους ορίζοντες προς τους ανώτερους από:

1. Γνεύσιους βιοτιτικούς οφθαλμοειδείς ορθό- προέλευσης
2. Μιγματιτικούς γνεύσιους
3. Γνεύσιους ταινωτούς, μοσχοβιτικούς παρά- προέλευσης
4. Αμφιβολίτες και αμφιβολιτικούς – βιοτιτικούς σχιστόλιθους
5. Γρανατούχους διμαρμαρυγικούς σχιστόλιθους
6. Εναλλαγές αμφιβολιτικών σχιστολίθων, μαρμαρυγικών σχιστολίθων, επιδοιτικών σχιστολίθων με παρεμβολές απλιτογενεσιών.

Η πρώτη μεταμόρφωση του υποβάθρου έλαβε χώρα στο Παλαιοζωικό πριν το Άνω Λιθανθρακοφόρο και έγινε σε συνθήκες αμφιβολιτικής φάσης.

Β. Γνευσιωμένοι πλουτωνίτες Άνω Λιθανθρακοφόρου: Μέσα στα πετρώματα του υποβάθρου παρατηρούνται παρεμβολές μεγάλων πλουτωνικών όγκων. Πρόκειται για παρόμοια σύσταση και υφής παλαιών γρανιτών, χαλαζιακών μονζονιτών,

πορφυριτικών με μεγάλους αστρίους. Οι γρανίτες αποτελούν μαγματικές διεισδύσεις μέσα στο υπόβαθρο και έχουν προκαλέσει φαινόμενα μεταμόρφωσης επαφής στα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα. Από ραδιοχρονολογήσεις η ηλικία τους καθορίστηκε 300 Ma – Άνω Λιθανθρακοφόρο. Στη μεγαλύτερη μάζα τους εμφανίζονται γενεσιωμένοι από την αλπική μεταμόρφωση, ηλικίας Α. Ιουρασικό – Κ.Κρητιδικό, σε συνθήκες χαμηλής πρσινοσχιστολιθικής φάσης. Επίσης εμφανίζονται πολύπλοκα συμπτυχωμένοι με τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα. Βέβαια έχουν παρατηρηθεί και αμεταμόρφωτα τμήματα των γρανιτικών όγκων αλλά και κάποιες διεισδύσεις που η μία διαπερνά την άλλη. Όλες αυτές οι παρατηρήσεις οδηγούν στην υπόνοια ότι υπάρχουν πιθανόν μέσα στις μάζες αυτές και νεώτερες μαγματικές διεισδύσεις οι οποίες δεν έχουν καθορισθεί με ραδιοχρονολογήσεις. Ένα ακόμα σημαντικό φαινόμενο που παρατηρείται είναι αυτό της μυλονιτώσης. Πιο συγκεκριμένα, ορισμένα τμήματα γενεσιωμένων γρανιτών και οφθαλμοειδών γενεσιών του υποβάθρου είναι μυλονιτωμένοι και προέρχονται από αρχικά γρανιτικά πετρώματα που μετατράπηκαν κατά διαδοχικά στάδια σε πρωτομυλονίτες (οφθαλμο-γενεσίους), μυλονίτες (σχιστώδεις γενεσίους) και υπερμυλονίτες (φυλλονίτες). Αυτό το φαινόμενο πιθανόν συνδέεται με μεγάλες τεκτονικές κινήσεις της Πελαγονικής που δεν έχουν με βεβαιότητα προσδιορισθεί, και που πιθανόν συνδέονται με τη βύθιση του ωκεάνιου φλοιού της δυτικής λεκάνης και την επώθηση των οφειολίθων της Υποπελαγονικής ζώνης πάνω στο ηπειρωτικό περιθώριο της Πελαγονικής, πιθανόν όμως να συνδέονται με την Τριτογενή τεκτονική συμπιεστική ή εφελκυστική.

Γ. Περμοτριάδικές μετακλαστικές ακολουθίες: Πάνω από τις δύο προηγούμενες ενότητες αποτέθηκε μια μετά- κλαστική ιζηματογενής σειρά πάχους περίπου 200 μέτρων μέσα στην οποία παρεμβάλλονται ορισμένα ηφαιστειακά υλικά, όξινες και βασικές λάβες και τόφοι. Η ακολουθία μπορεί να ονομαστεί και ως μετάηφαιστειοϊζηματογενής σειρά αφού αποτελείται από παλιά ιζήματα, κυρίως κλαστικά και ηφαιστειακά που αργότερα μεταμορφώθηκαν. Η απόθεση των ιζημάτων έγινε κατά το Πέρμιο και Κ. Τριαδικό και στην συνέχεια μαζί με τα ηφαιστειακά υλικά μεταμορφώθηκαν στη διάρκεια του Α. Ιουρασικού – Κ. Κρητιδικού σε συνθήκες χαμηλής πρσινοσχιστολιθικής μεταμόρφωσης.

Τα πετρώματα που συνιστούν την συγκεκριμένη ακολουθία είναι φυλλίτες ,μετά – πελίτες, μετά – αρκόζες, χλωριτικοί και σερικιτικοί σχιστόλιθοι, μετά – ψαμμίτες, χαλαζιακά μετά – κροκαλοπαγή, παρεμβολές φακών ερυθρωπών και τεφρών ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων και λατυποπαγών ασβεστόλιθων, ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι, μετά- ρυόλιθοι, μετά –βασάλτες και μετά –τόφοι. Οι μετάκλαστικές ακολουθίες εντοπίζονται κατά μήκος του δυτικού περιθωρίου της Πελαγονικής και αντιπροσωπεύουν την παλαιά ιζηματογένεση ηπειρωτικής κατωφέρειας, που αναπτύχθηκε την περίοδο εκείνη στο δυτικό περιθώριο της Πελαγονικής κατά την

ηπειρωτική διάρρηξη δημιουργώντας ωκεανό Δυτικά της Πελαγονικής. Συνδεδεμένα με την ίδια ηπειρωτική διάρρηξη είναι και τα ηφαιστειακά υλικά αντιπροσωπεύουν την ηφαιστειότητα που αναπτύχθηκε στο χείλος της ηπειρωτικής διάρρηξης στη διάρκεια του Περμοτριάδικου.

Δ. Τα ανθρακικά καλύμματα Τριαδικού – Ιουρασικού: Η κύρια Αλπική ιζηματογένεση της Πελαγονικής είναι νηριτική, ανθρακική κατά το Τριαδικό – Ιουρασικό και τα πετρώματα της καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις της ζώνης. Το σύνολο των ανθρακικών ιζημάτων ονομάζεται «Μεσοζωικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής» με την έννοια ότι αντιπροσωπεύει την ιζηματογένεση της ηπειρωτικής πλατφόρμας. Πρόκειται για δύο διαφορετικά ανθρακικά καλύμματα που αποτέθηκαν στα δύο περιθώρια, ανατολικό και δυτικό κατά το Τριαδικό – Ιουρασικό.

Το δυτικό κάλυμμα είναι αυτόχθονο, αποτέθηκε από το Μ. Τριαδικό μέχρι το Α. Ιουρασικό πάνω στα μετακλαστικά ιζήματα Περμίου – Κ. Τριαδικού. Συνίσταται από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους λευκούς, τεφρούς, μαύρους, λατυποπαγείς, ταινιωτούς, πλακώδεις, λεπτοπλακώδεις, καθώς και ελάχιστες λεπτές παρεμβολές πηλιτικών ενστρώσεων με συνολικό πάχος υπολογίζεται 600-800 μέτρα. Παρουσιάζει μια βαθμιαία μεταβολή προς τα Δυτικά από καθαρά νηριτικές σε βαθύτερες (ημιπελαγικές – πελαγικές) ιζηματολογικές φάσεις γεγονός που δείχνει την παλαιογεωγραφική ανάπτυξη στα Δυτικά της Πελαγονικής ενός βαθύτερου χώρου ιζηματογένεσης που ήταν ο χώρος των ζωνών Υποπελαγονικής και Πίνδου.

Το ανατολικό ανθρακικό κάλυμμα είναι παρά – αυτόχθονο, αποτέθηκε δηλαδή στο ανατολικό περιθώριο προς την ζώνη της Αλμωπίας και στη συνέχεια επωθήθηκε προς τα Δυτικά πάνω στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της Πελαγονικής, στο οποίο βρίσκεται σήμερα, χωρίς την μεσολάβηση κλαστικών ιζημάτων. Συνίσταται από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους, μάρμαρα, σιπολίτες και δολομίτες και χαρακτηρίζεται καθαρά νηριτικό.

Και τα δύο καλύμματα, εμφανίζουν αισθητή μεταμόρφωση που έλαβε χώρα στην περίοδο Α. Ιουρασικού – Κ. Κρητιδικού σε συνθήκες χαμηλής πρασινοσχιστολιθικής φάσης, ανάλογη με αυτή της προηγούμενης ενότητας.

Ε. Οφειόλιθοι και συνοδά ιζήματα: Σημαντικές οφειολιθικές μάζες παρατηρούνται στην Πελαγονική τοποθετημένες πάνω στα δύο περιθώρια της ζώνης, ενώ εντοπίζονται και κάποια στο εσωτερικό της. Χαρακτηρίζονται αλλόχθονοι και προέρχονται από τις δύο ωκεάνιες περιοχές των ζωνών Αξιού και Υποπελαγονικής που βρίσκονταν εκατέρωθεν της Πελαγονικής. Από τις δύο ωκεάνιες περιοχές οι οφειόλιθοι, μαζί με τα συνοδά ιζήματα βαθιάς θάλασσας επωθήθηκαν πάνω στα Τριαδικοϊουρασικά ανθρακικά καλύμματα των δύο Πελαγονικών περιθωρίων. Υπολείμματα των επωθημένων αυτών μαζών αποτελούν και οι δύο μάζες των οφειολίθων και των συνοδών ιζημάτων τους, οι οποίες έχουν ονομασθεί διάυλοι της Κοζάνης και της Εύβοιας. Ως «διάυλος της

Κοζάνης» αποκαλείται η οφειολιθική μάζα του Βούρινου που βρίσκεται τεκτονικά τοποθετημένη στο Δυτικό Πελαγονικό περιθώριο μαζί με την μάζα της Καστοριάς με προέλευση από την Υποπελαγονική. Στο ανατολικό περιθώριο βρίσκονται τεκτονικά τοποθετημένοι πάνω στο Τριαδικοϊουρασικό ανθρακικό κάλυμμα οι οφειολιθικές μάζες της Άρνισσας –Βεγορίτιδας και του Βερμίου με προέλευση τη ζώνη του Αξιού.

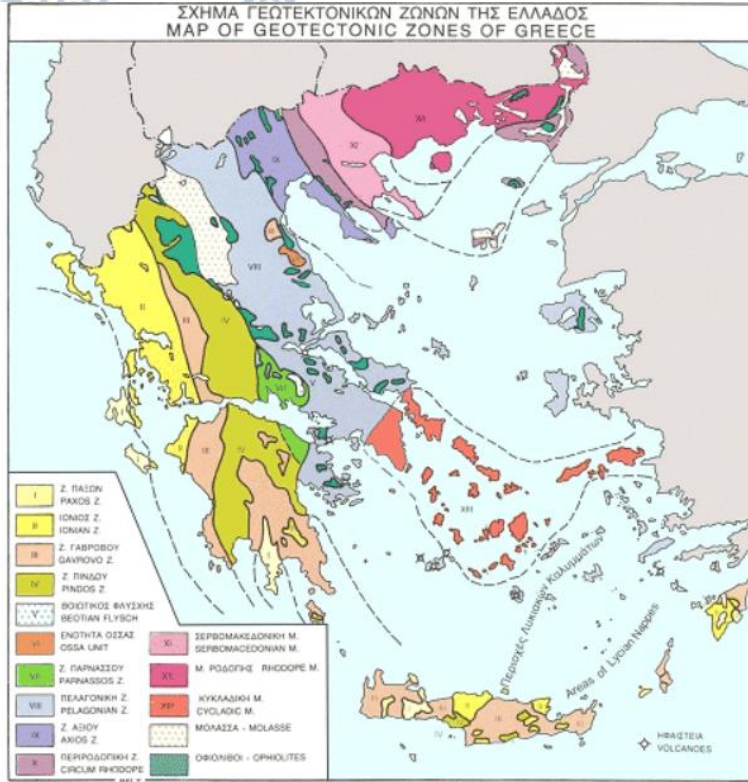
Οι οφειολιθικές μάζες αποτελούνται από όλα τα πετρώματα μιας τέτοιας ακολουθίας, δηλαδή από σερπεντινωμένους δουνίτες, χαρτσβουργίτες, γάββρους, νορίτες, pillow lavas, διαβάσες, καθώς και τόφφους.

Κατά την επώθηση των οφειολίθων μικρά και μεγάλα τεμάχια αποσπάστηκαν από τα υποκείμενα ανθρακικά πετρώματα και σφηνώθηκαν μέσα στην βάση του οφειολιθικού τεκτονικού καλύμματος προκαλώντας ταυτόχρονα τεκτονική ανάμιξη με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν πολύχρωμα τεκτονικά μίγματα ή αλλιώς melanges.

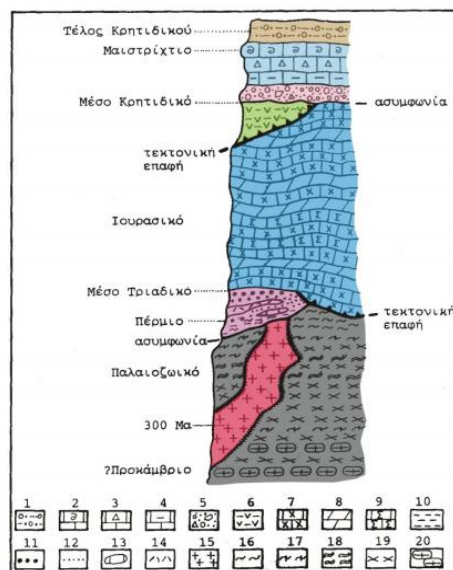
Z. Επικλυσιγενή ιζήματα Μέσου – Άνω Κρητιδικού: Μετά την ανάδυση των Εσωτερικών ζωνών κατά το Α.Ιουρασικό – Κ.Κρητιδικό, ορογένεση και χέρσευση που ακολούθησε, είχαμε επίκλυση της θάλασσας στο Μέσο – Άνω Κρητιδικό με τα ιζήματα της επίκλυσης να τοποθετούνται ασύμφωνα πάνω στα προϋπάρχοντα ανθρακικά. Η επίκλυση γενικά έγινε το Κενομάνιο – Τουρώνιο του Κρητιδικού αλλά από ότι φαίνεται σε ορισμένα σημεία καθυστέρησε και εκδηλώθηκε στο Α. Κρητιδικό. Η στρωματογραφική διάρθρωση έχει ως εξής από τα κατώτερα προς τα ανώτερα:

- 1.Κροκαλοπαγή, μικρολατυποπαγή και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι ηλικίας Κενομανίου – Τουρωνίου
- 2.Μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι ηλικίας Σαντωνίου – Καμπανίου
- 3.Συμπαγής ασβεστόλιθος με χαρακτηριστικά απολιθώματα του Μαιστριχτίου καθώς και
- 4.Φλύσχης που στην αρχή είναι σχιστώδης ασβετιτικός, εξελίσσεται σε ασβεστοπηλιτικό- ψαμμιτικό και καταλήγει σε πηλιτικό – κροκαλοπαγή με ηλικία Μαιστρίχτιο- Παλαιόκαινο.

Στα πετρώματα της Πελαγονικής έχουν επιδράσει δύο μεταμορφώσεις. Η πρώτη έλαβε χώρα το Παλαιοζωικό μεταμορφώνοντας το κρυσταλλοσχιτώδες υπόβαθρο σε συνθήκες πρασινοσχιστολιθικής φάσης έως και αμφιβολιτικής, ενώ η δεύτερη συνέβη κατά το Α.Ιουρασικό – Κ.Κρητιδικό μεταμορφώνοντας τους γρανίτες του Λιθανθρακοφόρου, τις μετακλαστικές σειρές του Περμίου – Κ. Τριαδικού καθώς και τα ανθρακικά καλύμματα σε συνθήκες πρασινοσχιστολιθικής φάσης. Η τελευταία επηρέασε την πρώτη και το ήδη μεταμορφωμένο υπόβαθρό της στο οποίο επέδρασε ως ανάδρομη μεταμόρφωση. Αυτό αποδείχθηκε από ραδιοχρονολογήσεις του υποβάθρου που δίνουν ηλικίες μεταμόρφωσης 98-140 Ma, που αφορούν τη δεύτερη αλπική μεταμόρφωση. Παρόλα αυτά, κατά θέσεις αναπτύσσεται μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων

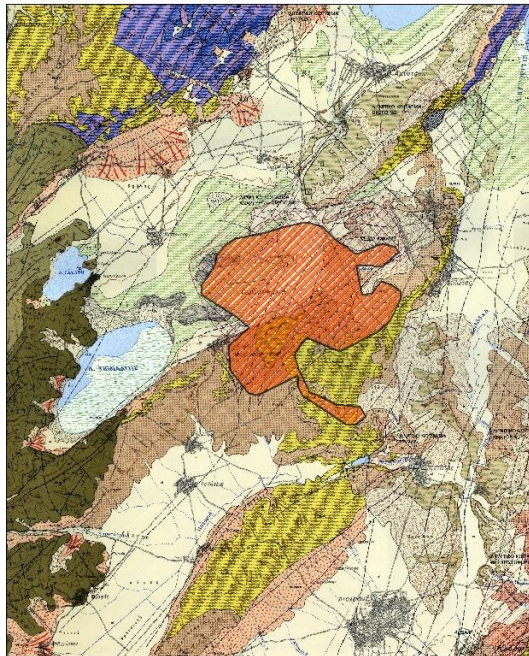


Εικόνα -7: Σχηματική απεικόνιση των γεωτεκτονικών ζωνών της Ελλάδος.



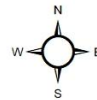
Εικόνα -8: Συνοπτική λιθοστρωματογραφική στήλη της Πελαγονικής ζώνης.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ
 Περιοχή Έρευνας Ορυχείο Αμυνταίου

0 1,4502,900 5,800 Kilometers



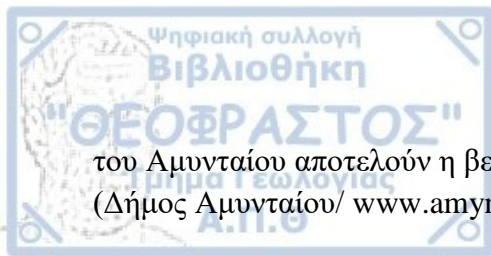
Χάρτης 2: Γεωλογικός Χάρτης Πτολεμαΐδας.

2.1.3 ΚΛΙΜΑ

Το κλίμα της περιοχής επηρεάζεται από τη γεωγραφική της θέση αλλά και από το ύψος που βρίσκεται σε συνδυασμό με τους ορεινούς όγκους και την παρουσία των λιμνών. Είναι καθαρά ηπειρωτικό, με ψυχρούς χειμώνες που συνοδεύονται από πολλές βροχοπτώσεις και χιόνια ενώ τα καλοκαίρια χαρακτηρίζονται θερμά. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι περίπου 11,5 °C με αισθητή διαφορά μεταξύ των τριών υψπέδων Αμυνταίου, Φλώρινας και Πρεσπών. Θετικά επηρεάζει το κλίμα η παρουσία των λιμνών μεταξύ των κοντινών περιοχών με αποτέλεσμα να έχουμε ηπιότερους χειμώνες. (Δήμος Αμυνταίου/ www.amyntaio.gr)

2.1.4 ΒΛΑΣΤΗΣΗ

Στην χαρτογραφημένη περιοχή του Δικτύου Natura 2000 των λιμνών έχει καταγραφεί μεγάλος αριθμός φυτικών ειδών και υποειδών που φτάνουν τις 664 ομάδες, αριθμός ο οποίος δείχνει μεγάλη χλωριδική ποικιλότητα παρόλο τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν. Η πλειονότητα των ειδών χαρακτηρίζονται μεσογειακά και ευρασιατικά ενώ εντοπίζονται και ενδημικά και σπάνια είδη. Τα σημαντικότερα είδη δένδρων στα δάση



του Αμυνταίου αποτελούν η βελανιδιά, η οξιά, η καστανιά, το έλατο και το πεύκο.
(Δήμος Αμυνταίου/ www.amyntaio.gr)

2.2 ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Σύμφωνα με την ΔΕΗ Α.Ε (Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού) ο λιγνίτης της Πτολεμαΐδας σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια περίπου 10 εκατομμυρίων χρόνων και υπολογίζεται πως οι διεργασίες τελείωσαν πριν 1 εκατομμύριο χρόνια. Η ευρύτερη λεκάνη Μοναστηρίου, Φλώρινας, Αμυνταίου, Πτολεμαΐδας, Κοζάνης και Σερβίων καλύπτονταν την εποχή εκείνη από αβαθείς λίμνες και έλη. Οι συνθήκες που επικρατούσαν συνέβαλαν στην ανάπτυξη υδροχαρών φυτών (βρύα, καλάμια, κ.λπ.) σε διάφορες θέσεις της λεκάνης και με την πάροδο του χρόνου συσσωρεύτηκαν μεγάλες ποσότητες αυτών στον πυθμένα των λιμνών. Στη συνέχεια, όλη αυτή η χλωρίδα καλύφθηκε από γαιώδη υλικά. Έτσι, οι οργανικές ύλες των φυτών, υπό την πίεση των υλικών και με την δράση διαφόρων μικροοργανισμών, μετατράπηκαν με το χρόνο σε στρώματα λιγνίτη. Αυτό επαναλήφθηκε πολλές φορές και τέλος πάνω από τα νεώτερα στρώματα λιγνίτη επικάθισαν άλλα γαιώδη υλικά, τα λεγόμενα υπερκείμενα. Έτσι, προέκυψαν τα λιγνιτικά κοιτάσματα μορφής Zebra. Το πάχος των υπερκείμενων υλικών υπολογίζεται από 12 έως 230 μέτρα στα ενεργά ορυχεία της Πτολεμαΐδας. Αυτά τα υλικά συνήθως είναι άμμος, αμμοχάλικα, μαλακός ασβεστόλιθος και άργιλος. Το κοιτάσμα του λιγνίτη δεν είναι ενιαίο καθώς εκατέρωθεν του κοιτάσματος υπάρχουν γαιώδη υλικά, τα οποία ονομάζονται «ενδιάμεσα». Υπολογίστηκε πως το μέσο πάχος των απολήψιμων στρωμάτων λιγνίτη ανέρχεται σε 2 μέτρα, ο αριθμός των οποίων κυμαίνεται από 20 έως 30.

Σήμερα, η ΔΕΗ παράγει περίπου 63 εκατομμύρια τόνους λιγνίτη σε ετήσια βάση με αποτέλεσμα να κατέχουμε την δεύτερη θέση στην παραγωγή λιγνίτη στην Ευρώπη και την πέμπτη στον κόσμο.

Το λιγνιτικό κέντρο Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου σταδιακά έγινε ένα από τα μεγαλύτερα λιγνιτικά κέντρα στον κόσμο. Σήμερα σ' αυτό λειτουργούν τέσσερα λιγνιτωρυχεία:

1. Το ορυχείο του Νότιου Πεδίου
2. Το ορυχείο Καρδιάς
3. Το ορυχείο Κύριου Πεδίου και
4. Το ορυχείο του Αμυνταίου.

Για την ολοκλήρωση του έργου χρησιμοποιούνται 42 καδοφόροι εκσκαφείς, 16 αποθέτες, 225 km περίπου ταινιόδρομοι και 1.000 περίπου ντηζελοκίνητα μηχανήματα καθώς απασχολούνται συνολικά περίπου 5.000 άτομα. Υπολογίζεται πως το εκμεταλλεύσιμο κοιτάσμα της περιοχής ανέρχεται στους 1.8 δις. τόνους.



2.3 ΟΡΥΧΕΙΟ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ, 10/06/2017, 11.00 πμ

Η κατολίσθηση του ορυχείου έγινε την Παρασκευή στις 10 Ιουνίου του 2017 και ώρα 11 πμ. Σύμφωνα με διάφορα δημοσιεύματα περιγράφονται το μέγεθος και οι συνέπειες που προκλήθηκαν ως εξής:

1.« Γκρεμίζουν ένα ολόκληρο χωριό!

Καταρχάς μεγάλες είναι οι ζημιές στα σπίτια του χωριού Ανάργυροι το οποίο εγκατέλειψαν οι κάτοικοί του και το οποίο, όπως ανακοίνωσε σήμερα ο υπουργός Οικονομίας Γιώργος Σταθάκης, θα απαλλοτριωθεί.»

«Θάφτηκαν κάτω από το χώμα 25 εκατ. τόνοι λιγνίτη!»

Η πρώτη εκτίμηση της ΔΕΗ είναι ότι, καθώς η κατολίσθηση χτύπησε ένα μέτωπο εξόρυξης που αγγίζει τα τρία χιλιόμετρα, φαίνεται να έχει συμπαρασύρει περίπου 25 εκατ. τόνους λιγνίτη δηλαδή το μεγαλύτερο και καλύτερο κοίτασμα του ορυχείου.»

«Υπήρχαν σημάδια...»

Τις τελευταίες ημέρες το φαινόμενο βρισκόταν υπό συνεχή παρακολούθηση τεχνικών και ειδικών επιστημόνων της ΔΕΗ και γι' αυτό είχε απαγορευθεί κάθε είδους ανθρώπινη δραστηριότητα εντός του ορυχείου. Μάλιστα, ο βαρύς εξοπλισμός, όπως οι γιγάντιοι καδοφόροι εκσκαφείς, έγινε προσπάθεια να απομακρυνθούν σε πιο ασφαλές σημείο από το μέτωπο της κατολίσθησης.

Ο Μιχάλης Καββαδάς αναπληρωτής καθηγητής Γεωτεχνικής του Ε.Μ. Πολυτεχνείου που επισκέφθηκε την Πέμπτη την περιοχή του ορυχείου και το διαμέρισμα των Αναργύρων, σε δηλώσεις στο ΑΠΕ-ΜΠΕ είχε αναφέρει ότι οι μετακινήσεις εδαφών στο ορυχείο Αμυνταίου ενεργοποιούν το τεκτονικό ρήγμα που διέρχεται μέσα από το χωριό με αποτέλεσμα να προκαλούνται μεγαλύτερες ρωγμές στους δρόμους και σε σπίτια του χωριού.»

Πηγή: iefimerida.gr - <https://www.iefimerida.gr/news/343519/i-katolisthisi-ton-80-ekat-kyvikon-homatos-allaxe-ton-harti-sto-amyntaio-aerofotografies>

2. «Αμύνταιο: Άλλαξε ο χάρτης μετά την κατολίσθηση στο ορυχείο της ΔΕΗ»

«Η ΔΕΗ αποκαλύπτει ότι τα χώματα που μετακινήθηκαν ήταν τάξης των 80 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων σημειώνοντας ότι δεν υπήρχαν ενδείξεις για τόσο μεγάλης έκτασης φαινόμενο.»

«Συναγερμός στο Αμύνταιο: Εκκενώθηκαν σπίτια από κατολίσθηση στο ορυχείο λιγνίτη»

«Με τις παρεμβάσεις της αρχαιολογικής υπηρεσίας φαίνεται να συνδέεται η κατάρρευση τεράστιων εδαφικών μαζών στις 11 το πρωί του Σαββάτου που προκάλεσε μεγάλες καταστροφές και την εκκένωση σπιτιών στο χωριό Ανάργυροι αν και η ΔΕΗ έχει δαπανήσει περί τα 63 εκατομμύρια ευρώ, μεταξύ 2003-2016, για αρχαιολογικές εργασίες, προσλαμβάνοντας αρχαιολόγους για τα ορυχεία.

Όπως καταγγέλλει ο πρόεδρος της ΓΕΝΟΠ ΔΕΗ μιλώντας στο protothema.gr από το 2010 οι εργαζόμενοι και συνδικαλιστές είχαν προειδοποιήσει για τον κίνδυνο κατάρρευσης.

Όπως τονίζει ο κ. Γιώργος Αδαμίδης το πρόβλημα συνδέεται με τις παρεμβάσεις της Αρχαιολογικής Υπηρεσίας, καθότι καθυστερούσε να δώσει άδεια για τη χρήση εδαφών προκειμένου να αποσυμφορηθεί το πρώτο επίπεδο του ορυχείου και έτσι δεν επέτρεψε τις απαραίτητες εργασίες για την ομαλή διάνοιξη και λειτουργία του ορυχείου. Όπως τονίζει ίσως αυτή η ζημιά να είχε αποφευχθεί αν είχαν γίνει αυτές οι εργασίες.

Το κόστος σε υλικές ζημιές δεν μπορεί ακόμα εκτιμηθεί, ωστόσο, στελέχη της ΔΕΗ μιλούν για δισεκατομμύρια, αφού έχουν καταπλακωθεί πολλά μηχανήματα. Τα ίδια στελέχη προειδοποιούν για πιθανές επιπτώσεις στην ηλεκτροδότηση της χώρας το καλοκαίρι. Τονίζεται ότι υπήρχαν ρηγματώσεις και το έδαφος στο ορυχείο είχε δείγματα καθίζησης, ωστόσο δεν περίμεναν αυτή την εξέλιξη.»

Πηγή: protothema.gr <https://www.protothema.gr/greece/article/687320/amudaio-allaxe-o-hartis-meta-tin-katolisthisi-sto-oruheio-tis-dei/>

3. «Η επίσημη ανακοίνωση της ΔΕΗ για την κατολίσθηση στο ορυχείο Αμυνταίου στη Φλώρινα - οι κατολισθήσεις θα συνεχιστούν»

Δείτε τι αναφέρει η ΔΕΗ για τη μεγάλη κατολίσθηση που έγινε χθες Σήμερα 10/6/2017 και περί ώρα 11:00 π.μ. στο ορυχείο Αμυνταίου του Λιγνιτικού κέντρου Δυτικής Μακεδονίας έλαβε χώρα αστοχία υλικών (κατολίσθηση) ευρείας κλίμακας η οποία περιέλαβε σχεδόν όλη την έκταση εκσκαφής του ορυχείου. Οι υπηρεσίες της ΔΕΗ παρακολουθούσαν με τα κατάλληλα τεχνικά όργανα την εξέλιξη του φαινομένου και είχαν λάβει όλα τα απαραίτητα μέτρα για τη προστασία των εργαζομένων και του εξοπλισμού έχοντας διακόψει τη λειτουργία του ορυχείου από τις 3/6/2017. Παρά ταύτα η κατολίσθηση και οι μάζες οι οποίες μετατοπίστηκαν ήταν πολύ

μεγαλύτερης έκτασης (της τάξεως των 80 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων) χωρίς να έχει δοθεί καμία ένδειξη προς τούτο με αποτέλεσμα να υποστεί σοβαρές βλάβες ένα πολύ μεγάλο μέρος του παγίου εξοπλισμού. Συγκεκριμένα επηρεάστηκαν οι τέσσερις από τους έξι εκσκαφείς. Η ΔΕΗ σε πλήρη συνεργασία με όλους τους αρμόδιους φορείς θα συνδράμει τεκμηριωμένα και υπεύθυνα στην ακριβή αποτίμηση του φαινομένου και των όποιων επιπτώσεων του. Παράλληλα έχει θέσει ήδη τις δυνάμεις της στη διάθεση των αρχών οι οποίες αποφάσισαν προληπτικά την εκκένωση του οικισμού των Αναργύρων και θα πράξει, εφόσον χρειαστεί, ότι θεωρηθεί περαιτέρω αναγκαίο για τη στήριξη των κατοίκων του οικισμού. Επισημαίνεται ότι δευτερογενή φαινόμενα της κύριας κατολίσθησης αναμένεται να συνεχιστούν τουλάχιστον για τις επόμενες 48 ώρες πράγμα για το οποίο απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή από μη ειδικευμένα άτομα ώστε να μην πλησιάσουν

Πηγή: <https://seleo.gr/voreia-ellada/242905-i-episimi-anakoinosi-tis-dei-gia-tin-katolisthisi-sto-oryxeio-amyntaiou-sti-florina>

4. «Πόρισμα 108 σελίδων για την κατολίσθηση στο Ορυχείο Αμυνταίου»

«Σε συρροή πληθώρας παραγόντων αποδίδει την κατολίσθηση στο Ορυχείο Αμυνταίου το πόρισμα της επιτροπής καθηγητών του ΕΜΠ και ΑΠΘ, νυν και πρώην στελεχών της ΔΕΗ, που είχε συσταθεί με απόφαση του προέδρου και διευθύνοντος συμβούλου της επιχείρησης Μ. Παναγιωτάκη.

Το πόρισμα, μεγέθους 108 σελίδων, ολοκληρώθηκε και κατατέθηκε σήμερα στη ΔΕΗ και ήδη μελετάται από τις υπηρεσίες της. Η κατολίσθηση έγινε στις 10 Ιουνίου και προκάλεσε ζημιές σε εξοπλισμό (εκσκαφείς) της ΔΕΗ, ενώ στις απώλειες προσμετρώνται και το τμήμα του κοιτάσματος λιγνίτη που αναμείχθηκε με χώματα και, συνεπώς, είναι πλέον μη απολήψιμο. Υπενθυμίζεται ότι τα αποθέματα του Ορυχείου, πριν από την κατολίσθηση, ήταν περίπου 30 εκατ. τόνοι, ενώ οι εργασίες στο Ορυχείο είχαν διακοπεί μία εβδομάδα, πριν από την κατολίσθηση, καθώς είχαν καταγραφεί πρόδρομα φαινόμενα.

Σύμφωνα με τη ΔΕΗ, τα βασικά στοιχεία που προκύπτουν από το πόρισμα, είναι:

1. Η κατολίσθηση προκλήθηκε από συρροή πολλών παραγόντων και, συγκεκριμένα:

- Συνδυασμός της στροφικής λειτουργίας του δυτικού τμήματος του Ν/Δ πρानούς και της μέσης κλίσης βύθισης της βάσης των λιγνιτικών στρώσεων προς τα Β/Δ.
- Ενεργοποίηση των δύο κρασπεδικών ρηγμάτων, της Βεγορίτιδας και, κυρίως, των Αναργύρων.



- Πλήρωση με νερό της σημαντικής ρωγμής που εμφανίστηκε στις 15-05-2017 στη στέψη του δυτικού τμήματος του Ν/Δ πρανούς και επεκτάθηκε στο σύνολο της στέψης του πρανούς.

2. Πρόκειται περί μη τυπικού φαινομένου, με την έννοια ότι δεν οφείλεται σε συνήθεις παράγοντες κατολισθήσεων στα ορυχεία, όπως:

- Κλίση πρανούς, υδατικές πιέσεις εντός του πρανούς, έλλειψη στήριξης του πρανούς, μέσω εσωτερικής απόθεσης αγόνων και τέφρας.

3. Ο οικισμός των Αναργύρων επηρεάζεται από τις διαδοχικές ενεργοποιήσεις του τεκτονικού ρήγματος που διέρχεται διαμέσου αυτού.

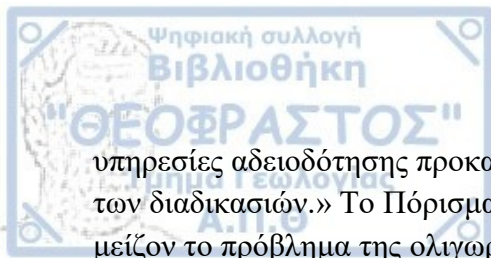
Αναλυτική ενημέρωση και επεξηγήσεις για τα συμπεράσματα του πορίσματος θα παρασχεθούν στους αρμόδιους φορείς και παράγοντες, ιδιαίτερα της περιοχής, το προσεχές διάστημα.»

Πηγή :kathimerini.gr <https://www.kathimerini.gr/924919/article/epikairothta/ellada/porisma-108-selidwn-gia-thn-katolis8hsh-sto-oryxeio-amyntaiou>

5. «Καίει ΔΕΗ και ελεγκτικές υπηρεσίες το Πόρισμα του Συνηγόρου του Πολίτη για την κατολίσθηση στο Ορυχείο Αμυνταίου – Καταλογίζει στη ΔΕΗ υποτίμηση των συνθηκών και αδράνεια των ελεγκτικών μηχανισμών.»

Ενάμισι χρόνο μετά το συμβάν της κατολίσθησης οι εργασίες του Ορυχείου Αμυνταίου υλοποιούνται χωρίς εγκεκριμένες μελέτες, αποδεικνύοντας τη συνέχιση της κακής πρακτικής της επιχείρησης όσο και των διοικητικών μηχανισμών της χώρας και αδιαφορώντας για τις ενδεχόμενες συνέπειες.» Τα παραπάνω αποτελούν μέρος των διαπιστώσεων του Πορίσματος του Συνηγόρου του Πολίτη για την κατολίσθηση στο Λιγνιτωρυχείο Αμυνταίου – Περιβαλλοντικές επιπτώσεις, που φέρνει αποκλειστικά στη δημοσιότητα το «e-ptolemeos.gr». Πρόκειται για το Πόρισμα που συντάχθηκε από την ανεξάρτητη αυτή αρχή μετά τη διερεύνηση του συμβάντος που πραγματοποίησε μετά από αναφορά του Πανελληνίου Δικτύου Οικολογικών Οργανώσεων, η οποία έθετε ερωτήματα για τα μέτρα πρόληψης που όφειλαν να έχουν ληφθεί από τους αρμόδιους φορείς, καθώς και την ενδεχόμενη ζημία που προκλήθηκε στο φυσικό πόρο του λιγνίτη αλλά και στο περιβάλλον από την κατολίσθηση που έλαβε χώρα στις 10 Ιουνίου 2017 στο λιγνιτωρυχείο Αμυνταίου. Στα συμπεράσματα – Διαπιστώσεις του Πορίσματος του Συνηγόρου του Πολίτη για την κατολίσθηση, τονίζεται ότι «κατά το χρόνο που έλαβε χώρα το συμβάν της κατολίσθησης στο ορυχείο Αμυνταίου δεν υπήρχαν περιβαλλοντικοί όροι σε ισχύ», ενώ υπογραμμίζεται ειδικότερα ότι: «Υποτιμήθηκε από την επιχείρηση

(ΔΕΗ) η συνδυασμένη επιρροή πολλών παραμέτρων, που οδήγησαν τελικώς στην κατολίσθηση του Ορυχείου», καθώς και ότι «υπήρξε συστηματική αδράνεια από όλο των πλέγμα των εμπλεκόμενων υπηρεσιών, η οποία οδήγησε σε αδυναμία πρόβλεψης των επιπτώσεων από τη συγκεκριμένη δραστηριότητα. Παρά το εύρος και τη σπουδαιότητα του έργου δεν υπήρξε συνολικός έλεγχος των περιβαλλοντικών όρων και των ενδεχόμενων επιπτώσεων», παρότι από τα πορίσματα του ΥΠΕΝ και της ΔΕΗ αποδεικνύεται ότι «χρόνια πριν την κατολίσθηση είχαν εμφανιστεί φαινόμενα εδαφικών διαρρήξεων στην περιοχή τα οποία συνδέονται και με τη λειτουργία του ορυχείου. Όπως προκύπτει ο ελεγκτικός μηχανισμός ουδέποτε κατέγραψε τα φαινόμενα αυτά.» Στο πόρισμα αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι: «Ήδη από το Φεβρουάριο 2017 οι διαρρήξεις που είχαν παρουσιαστεί από μηνών, στο πρυνές του αρχαιολογικού χώρου, είχαν αυξηθεί σημαντικά, ενώ παραλλήλως τα δύο κρασπεδικά ρήγματα εμφάνισαν απότομη ενεργοποίηση. Παρά ταύτα ουδεμία έγκαιρη κινητοποίηση υπήρξε εκ μέρους των αρμοδίων υπηρεσιών, αλλά και της επιχείρησης. Μόνο μετά την ύπαρξη των πιο έντονων φαινομένων -ένα μήνα πριν την κατολίσθηση- με πολλαπλασιασμό των ρηγματώσεων στην ευρύτερη περιοχή του ορυχείου κλπ κινητοποιήθηκε ο διοικητικός μηχανισμός, επιβεβαιώνοντας, όμως, την αδυναμία της διοίκησης να κινηθεί καίρια στο σωστό χρόνο και να δράσει με αμεσότητα και να λάβει γρήγορες και ουσιαστικές αποφάσεις. Οι υπηρεσίες επικαλούνται ως λόγο της διαπιστωμένης αδυναμίας ανταπόκρισής τους την έλλειψη κατάλληλου και εξειδικευμένου επιστημονικού προσωπικού και εξοπλισμού. Μετά την κατολίσθηση, οι υπηρεσίες κινητοποιήθηκαν αναγκαστικά λόγω του γεγονότος διαπιστώνοντας απλά τη δημιουργηθείσα κατάσταση». Ο Συνήγορος του Πολίτη στηλιτεύει επίσης την έλλειψη κοινοποίησης των Πορισμάτων του ΥΠΕΝ και της ΔΕΗ αναφορικά με τα αίτια της κατολίσθησης στις αρμόδιες ελεγκτικές και αδειοδοτικές υπηρεσίες λέγοντας ότι «κρίνεται αναιτιολόγητη». Επισημαίνει μάλιστα ότι «τα Πορίσματα αυτά αποτελούν για τις αρμόδιες υπηρεσίες σημαντικά εργαλεία για την άσκηση του έργου τους, καθώς περιέχουν όχι μόνο κρίσιμα συμπεράσματα για τα αίτια του συμβάντος, αλλά και πλούσιο ιστορικό για τη λειτουργία του ορυχείου διαχρονικά και τις επιπτώσεις στην ευρύτερη περιοχή». Το Πόρισμα του Συνηγόρου του Πολίτη κάνει ειδική αναφορά στην καθυστέρηση στις διαδικασίες μετεγκατάστασης του οικισμού Αναργύρων υπογραμμίζοντας ότι «είναι αδικαιολόγητη δεδομένου του διαπιστωμένου ήδη από το 2007 ενδεχομένου κινδύνου και του συμβάντος της κατολίσθησης το 2017», επισημαίνοντας μάλιστα ότι «είναι αξιοσημείωτο ότι ο νόμος του 2017 που θέσπισε την αναγκαστική απαλλοτρίωση του οικισμού μετακυλύει τη δαπάνη εξολοκλήρου στο Ελληνικό Δημόσιο, ενώ ο προηγούμενος νόμος του 2011 προέβλεπε τον ισομερισμό της σχετικής δαπάνης μεταξύ του Κράτους και της ΔΕΗ Α.Ε.» Μιλά επίσης για «ανεπάρκεια στελέχωσης των αρμοδίων ελεγκτικών υπηρεσιών», για την οποία λέει ότι έχει «ως συνέπεια την έλλειψη αποτελεσματικών και συστηματικών ελέγχων για την τήρηση της περιβαλλοντικής και μεταλλευτικής νομοθεσίας. Το ζήτημα της υποστελέχωσης κρίνεται σημαντικό και για τις αρμόδιες



υπηρεσίες αδειοδότησης προκαλώντας υπέρμετρες καθυστερήσεις στην ολοκλήρωση των διαδικασιών.» Το Πόρισμα επισημαίνει ακόμη ότι «στην υπόθεση αναδείχθηκε ως μείζον το πρόβλημα της ολιγωρίας ή ακόμα και αδράνειας των αδειοδοτικών και ελεγκτικών Υπηρεσιών διαχρονικά. Ουσιαστική κινητοποίησή τους προέκυψε μόνο μετά το συμβάν της κατολίσθησης. Είναι επίσης γεγονός ότι σε δραστηριότητες όπως στο Ορυχείο Αμυνταίου, απαιτείται η έκδοση πολλών διακριτών πράξεων, όπως η ΑΕΠΟ, η Τεχνική μελέτη εκμετάλλευσης, η παραχώρηση της έκτασης, οι απαλλοτριώσεις, η μετεγκατάσταση του οικισμού (Αναργύρων), που καθεμία προϋποθέτει την πρότερη έγκριση κάποιας άλλης. Στις προτάσεις που καταθέτει ο Συνήγορος του Πολίτη αναφέρει ότι «δεδομένου ότι στον παρόντα χρόνο αναμένεται η εικοσαετής παράταση εκμετάλλευσης της περιοχής από τη ΔΕΗ, σύμφωνα με το αίτημά της και θετική γνωμοδότηση του ΝΣΚ, καθίσταται ακόμη πιο επιτακτική η ανάγκη η υπό έγκριση ΜΠΕ να περιλαμβάνει και να αξιολογεί το σύνολο των επιπτώσεων όχι μόνο στα όρια του πεδίου εξόρυξης, αλλά και στην ευρύτερη περιοχή με ορίζοντα εικοσαετίας». Τονίζει επίσης ότι «η υφιστάμενη ΜΠΕ δεν είχε συνδέσει τις ρωγματώσεις με τη λειτουργία του ορυχείου, σημείο το οποίο τονίζεται στα πορίσματα. Επομένως, θα πρέπει να αξιολογηθούν και τα ευρήματα των πορισμάτων και να ενσωματωθούν στην οριστική ΑΕΠΟ, βάσει της οποίας θα γίνουν και οι τελικές απαλλοτριώσεις. Το πεδίο αυτό μπορεί να επεκταθεί, ώστε να διασφαλιστεί ένα ασφαλές πεδίο εξορύξεων, λαμβάνοντας, ωστόσο, υπόψη την περίοδο ίδρυσης και ανάπτυξης των οικισμών σε σχέση με την εγκατάσταση της εξορυκτικής δραστηριότητας της ΔΕΗ στην περιοχή.»

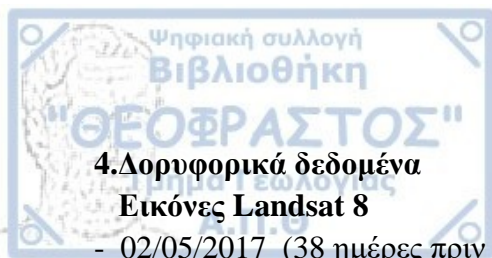
Πηγή : e-ptolemeos.gr https://e-ptolemeos.gr/kaiei-dei-kai-elegktikes-ypiresies-to-porisma-toy-synigoroy-toy-politi-gia-tin-katolisthisi-sto-orycheio-amyntaiouy-katalogizei-sti-dei-ypotimisi-ton-synthikon-kai-adraneia-ton-elegktikon-michanismon/?fbclid=IwAR0SJNKmP5M_bdn3z3bwJ5q_Fg4D6SqT4qnzOb7At1KF0s6KFFSf7HHnUIs

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΛΟΓΙΑ

3.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή της έρευνας είναι τα παρακάτω:

1. Τοπογραφικός χάρτης Πτολεμαΐδας
2. Γεωλογικός χάρτης Πτολεμαΐδας
3. Ψηφιοποιημένα δεδομένα (λιθολογία , τεκτονική ,υδρογραφικό και οδικό δίκτυο, ισούψεις)



4. Δορυφορικά δεδομένα Εικόνες Landsat 8

- 02/05/2017 (38 ημέρες πριν το συμβάν)
- 10/06/2017 (ημέρα του συμβάν και ώρα 09:16 GMT – 12:16 Ελλάδος)
- 26/06/2017 (16 ημέρες μετά το συμβάν)

Δεδομένα Sentinel -2

- 01/06/2017 (9 ημέρες πριν το συμβάν)
- 28/06/2017 (18 ημέρες πριν το συμβάν)

5. Δεδομένα Radar

Ascending με relative orbit number 175

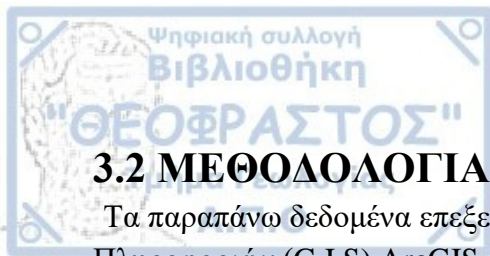
- 09/06/2017 (μια ημέρα πριν το συμβάν)
- 15/06/2017 (5 ημέρες μετά το συμβάν)

Descending με relative orbit number 80

- 09/06/2017 (μια ημέρα πριν το συμβάν)
- 15/06/2017 (5 ημέρες μετά το συμβάν)

LANDSAT-8 SENTINEL-2 SENTINEL-1	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	ΣΧΟΛΙΑ
Landsat-8	LC08_L1TP_184032_20170502_20170515_01_T1	02/05/2017	15,30,100	
Landsat-8	LC08_L1TP_185032_20170610_20180527_01_T1	10/06/2017	15,30,100	
Landsat-8	LC08_L1TP_185032_20170626_20180527_01_T1	26/06/2017	15,30,100	
Sentinel-2	S2A_MSIL1C_20170601T093041_N0205_R136_T34TEK_20170601T093608.SAFE	01/06/2017	10,20,60	
Sentinel-2	S2A_MSIL1C_20170628T092031_N0205_R093_T34TEK_20170628T092815.SAFE	28/06/2017	10,20,60	
Sentinel-1	S1A_IW_GRDH_1SDV_20170615T163208_20170615T163233_017047_01C65C_8FE7.zip	15/06/2017	20	Ascending
Sentinel-1	S1A_IW_GRDH_1SDV_20170609T043906_20170609T043931_016952_01C377_4FE7.zip	09/06/2017	20	Descending
Sentinel-1	S1B_IW_GRDH_1SDV_20170609T163135_20170609T163200_005976_00A7C8_26F2.zip	09/06/2017	20	Ascending
Sentinel-1	S1B_IW_GRDH_1SDV_20170615T043813_20170615T043838_006056_00AA2D_4054.zip	15/06/2017	20	Descending

Πίνακας 2: Συνοπτική παρουσίαση των δεδομένων.



Τα παραπάνω δεδομένα επεξεργάστηκαν τόσο στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (G.I.S) ArcGIS 10.2.2 όσο και στο SNAP (Sentinel Application Platform).

3.2.1 Τηλεπισκόπηση

Για την συγκεκριμένη έρευνα, χρησιμοποιήθηκαν τόσο δορυφορικές εικόνες Landsat-8 και Sentinel-2 όσο και δεδομένα ραντάρ Sentinel-1. Η αναζήτησή τους έγινε στο **CREODIAS** (<https://creodias.eu/>), η λήψη τους μέσω του **COPERNICUS OPEN ACCESS HUB** (<https://scihub.copernicus.eu/>) ενώ η επεξεργασία τους πραγματοποιήθηκε στο **SNAP** (Sentinel Application Platform).

Τα κριτήρια επιλογής και επεξεργασίας των δεδομένων βασίστηκαν στον τύπο τους.

3.2.1.1 LANDSAT-8

Αναλυτικότερα, οι εικόνες Landsat- 8 ανιχνεύθηκαν στο χρονικό διάστημα μεταξύ 01/05/2017 έως και 01/07/2017 με την μικρότερη δυνατή νεφοκάλυψη που θα μπορούσαμε να έχουμε εφόσον αυτή επηρεάζει την ποιότητα των δεδομένων. Τα δεδομένα που τελικά επιλέχθηκαν είναι τα εξής:

- 02/05/2017 (38 ημέρες πριν το συμβάν)
- 10/06/2017 (ημέρα του συμβάν και ώρα 09:16 GMT – 12:16 ώρα Ελλάδος)
- 26/06/2017 (16 ημέρες μετά το συμβάν)

Για την κύρια επεξεργασία των συγκεκριμένων εικόνων προηγήθηκε η κατάλληλη προεπεξεργασία η οποία περιέλαβε τα εξής βήματα:

1.Layer stacking δηλαδή η συνένωση των φασματικών ζωνών σε ένα αρχείο για την αποφυγή λάθους μετονομασίας των ζωνών σε οποιοδήποτε πρόγραμμα επεξεργασίας.

2.Subset ή αλλιώς περικοπή της εικόνας στην περιοχή έρευνας για την ευκολότερη διαχείρισή της αλλά και για την εξοικονόμηση χώρου.

Στα δικά μας δεδομένα η περικοπή των εικόνων έγινε στις παρακάτω συντεταγμένες (Lat/Lon, WGS84):

North: 40,7°

West: 21,5°

South: 40,3°

East: 22,0°

3. Save σε .GeoTIFF

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τα κύρια χαρακτηριστικά των *Landsat 8* δηλαδή, το περιεχόμενο κάθε φασματικής ζώνης, το μήκος κύματος αλλά και την διακριτική του ικανότητα.



	Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
	Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
	Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
	Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
	Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
Launched February 11, 2013	Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά εικόνων Landsat 8. (Φασματική ζώνη, μήκος κύματος, διακριτική ικανότητα)

3.2.1.2 SENTINEL-2

Τα δεδομένα από τον Sentinel-2 ανιχνεύθηκαν το ίδιο χρονικό διάστημα με τα Landsat-8, δηλαδή 01/05/2017 έως και 01/07/2017, και επιλέχθηκαν οι εικόνες με την λιγότερη δυνατή νεφοκάλυψη καθώς και εδώ επηρεάζεται η ποιότητα των δεδομένων από αυτήν.

-01/06/2017 (9 ημέρες πριν το συμβάν)

-28/06/2017 (18 ημέρες μετά το συμβάν)

Πριν από την κύρια επεξεργασία των δεδομένων προηγήθηκαν οι εξής διαδικασίες:

1. Resampling (επαναδειγματοληψία) 60m με την μέθοδο διγραμμικής παρεμβολής (bilinear) και

2. Subset (περικοπή) στις παρακάτω συντεταγμένες (Lat/Lon, WGS84):

North: 40, 65 °

West: 21,438°

South: 40,375°

East: 21,789°

3. Save σε .GeoTIFF

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τα κύρια χαρακτηριστικά των Sentinel-2 δηλαδή, το περιεχόμενο κάθε φασματικής ζώνης, το μήκος κύματος αλλά και την διακριτική του ικανότητα.

Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (μm)	Resolution (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 - Blue	0.490	10
Band 3 - Green	0.560	10
Band 4 - Red	0.665	10
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705	20
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740	20
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783	20
Band 8 - NIR	0.842	10
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865	20
Band 9 - Water vapour	0.945	60
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375	60
Band 11 - SWIR	1.610	20
Band 12 - SWIR	2.190	20

Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά εικόνων Sentinel-2. (Φασματική ζώνη, μήκος κύματος, διακριτική ικανότητα)



Η κύρια επεξεργασία των Landsat-8 και Sentinel-2 αφορά την δημιουργία ψευδοχρωματικών εικόνων με το σύστημα RGB (Red, Green, Blue) και σκοπός αυτών αποτελεί η ανάδειξη κάθε μεταβολής (βάσει γεωμετρίας και χρώματος) στο ορυχείο κατά την χρονική περίοδο Μαΐου – Ιουλίου του 2017. Πραγματοποιήθηκαν δύο διαφορετικές κατηγορίες ψευδοχρωματικών εικόνων βάσει των παραπάνω πινάκων που αναδεικνύουν τα βασικά χαρακτηριστικά των δεδομένων. Η πρώτη κατηγορία ψευδοχρωματικών εικόνων αφορά τις ίδιες ζώνες πριν και μετά ενώ η δεύτερη αφορά διαφορετικές ζώνες πριν και μετά.

3.2.1.3 SENTINEL-1

Τέλος, οι εικόνες ραντάρ από τον Sentinel-1 ανιχνεύθηκαν το ίδιο χρονικό διάστημα με τα προηγούμενα δεδομένα και αυτά που επιλέχθηκαν είναι δύο ζεύγη εικόνων ίδιων ημερομηνιών με μόνη διαφορά την γωνία λήψης τους:

Ascending με relative orbit number 175

-09/06/2017 (μια ημέρα πριν το συμβάν)

-15/06/2017 (5 ημέρες μετά το συμβάν)

Descending με relative orbit number 80

-09/06/2017 (μια ημέρα πριν το συμβάν)

-15/06/2017 (5 ημέρες μετά το συμβάν)

Η προεπεξεργασία αυτών περιλαμβάνει τα εξής:

1. Subset (περικοπή) στις παρακάτω συντεταγμένες (Lat/Lon, WGS84):

North: 40, 7°

West: 21, 5°

South: 40, 3°

East: 22, 0°

2. Radiometric Calibration (ραδιομετρική βαθμονόμηση) η οποία έχει ως στόχο οι τιμές των pixel να αναπαριστούν αληθώς την οπισθοσκέδαση του ραντάρ για την ανακλώμενη επιφάνεια και έτσι να αποτελούν ποσοτικά χρήσιμα δεδομένα.

3. Co- registration (Συν-εγγραφή) κατά ζεύγη.

4. Terrain Correction (Γεωμετρική διόρθωση/ Ορθοαναγωγή).

Η κύρια επεξεργασία συνίσταται από την δημιουργία ψευδοχρωματικών εικόνων με RGB αλλά και με μαθηματικές πράξεις μεταξύ των εικόνων. Από την επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε, ότι τα δεδομένα κατερχόμενης τροχιάς (descending) ήταν πιο κατάλληλα, λόγω το προσανατολισμού του τμήματος του ορυχείου που κατολίσθησε προς τα ανατολικά.

3.2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ G.I.S

Οι δύο χάρτες της περιοχής μελέτης (τοπογραφικός και γεωλογικός) γεωαναφέρθηκαν στο G.I.S σε προβολικό σύστημα WGS84 ζώνη 34N. Στην συνέχεια, προστέθηκαν ψηφιοποιημένα δεδομένα που αφορούν τις ισοϋψείς καμπύλες, το

υδρογραφικό και το οδικό δίκτυο, τους οικισμούς, την λιθολογία, την τεκτονική καθώς και η περιοχή έρευνας, το ορυχείο του Αμυνταίου. Έπειτα, δημιουργήθηκε ένα γεωαναφερόμενο DEM της περιοχής μελέτης και από αυτό διεξάχθηκαν δευτερογενή δεδομένα όπως οι κλίσεις και ο προσανατολισμός. Μ' αυτά τα δεδομένα δημιουργήθηκαν και οι αντίστοιχοι χάρτες [Χάρτης Κλίσεων και Χάρτης Προσανατολισμένων Κλιτύων (Χάρτης 3 και Χάρτης 4, αντίστοιχα)].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από την επεξεργασία των εικόνων Landsat 8 τα συγκρίθηκαν ανά κατηγορία ως εξής:

- A. Σύγκριση ίδιων ζωνών πριν και μετά σε ψευδοχρωματικών συνδυασμών RGB
- B. Σύγκριση δύο εικόνων στις ίδιες ζώνες πριν και μετά
- Γ. Σύγκριση ίδιων ψευδοχρωματικών συνδυασμών RGB πριν και μετά.

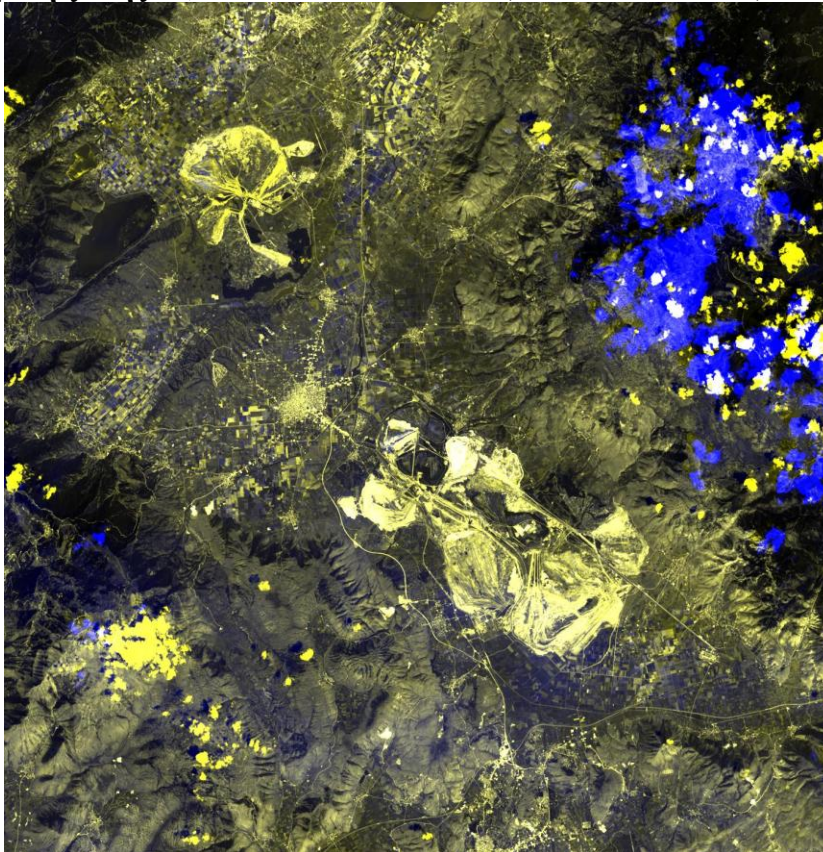
Πιο συγκεκριμένα σε κάθε περίπτωση είχαμε τα εξής:

4.1 ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

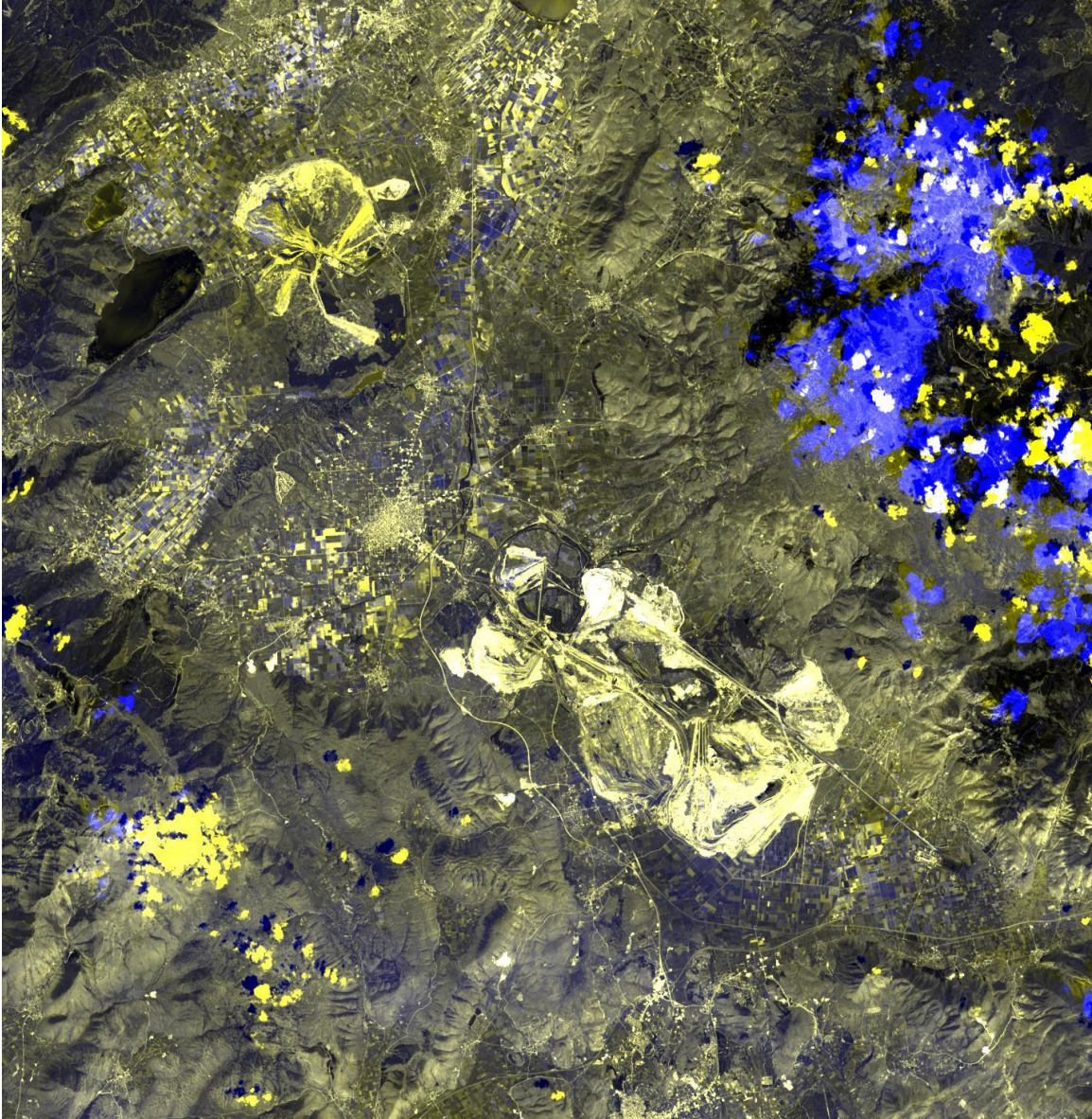
4.1.1 Landsat-8

A. Σύγκριση ίδιων ζωνών πριν και μετά σε RGB

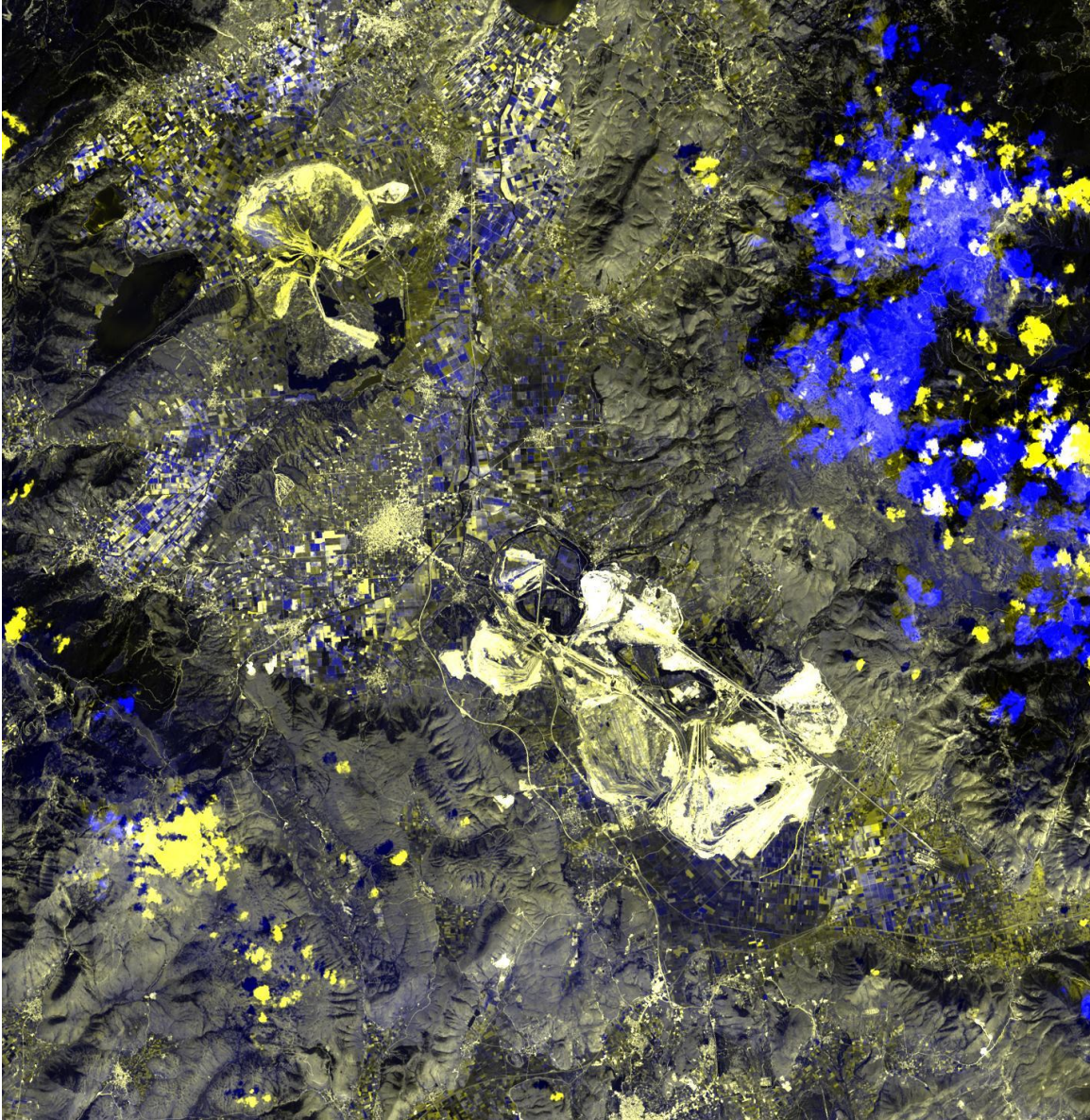
A1: Σύγκριση ζώνης 2 (RGB/band2 10/06/2017, band2 10/06/2017, band2 02/05/2017)



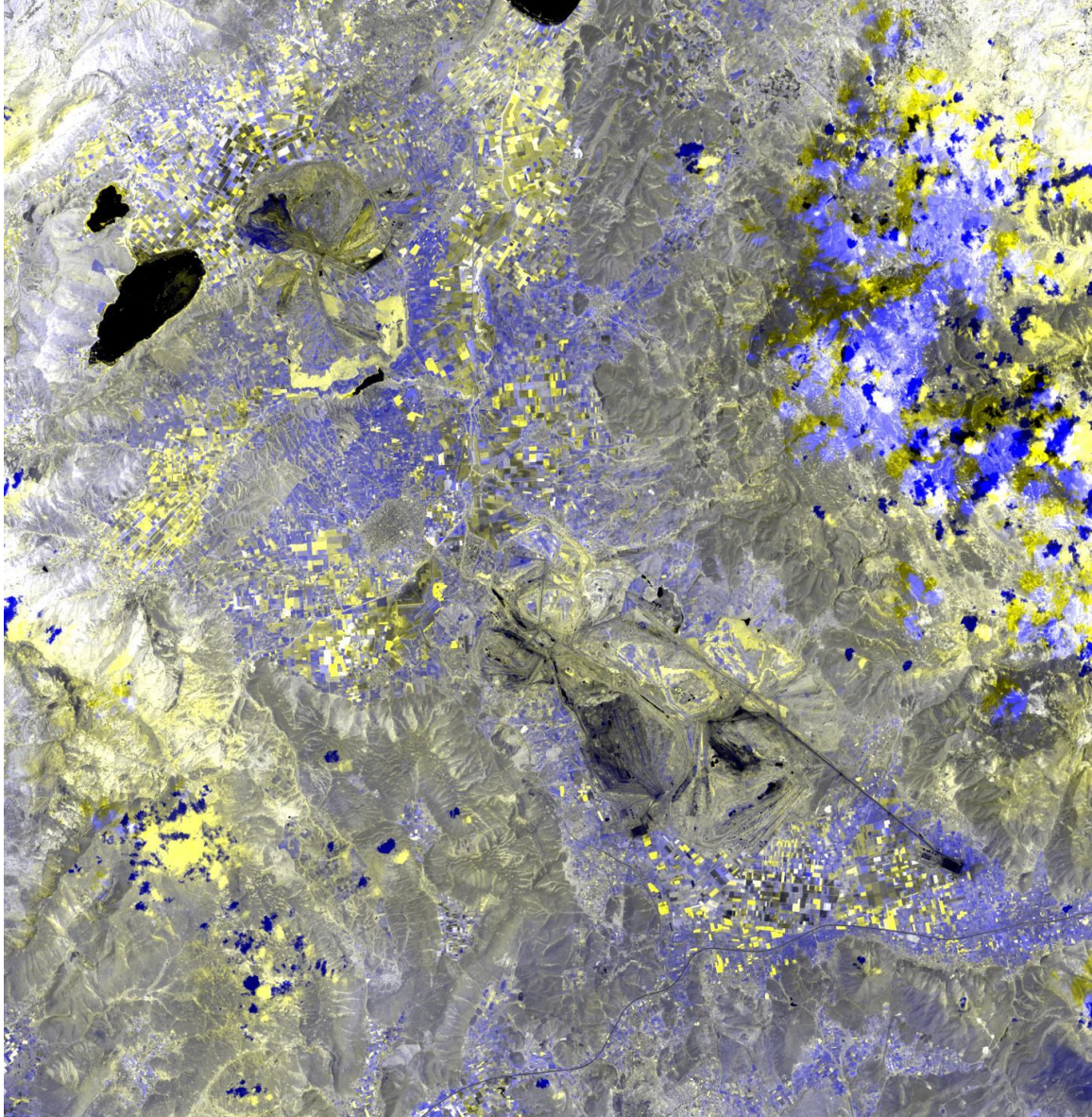
A₂: Σύγκριση ζώνης 3(RGB/band3 10/06/2017, band3 10/06/2017, band3 02/05/2017)



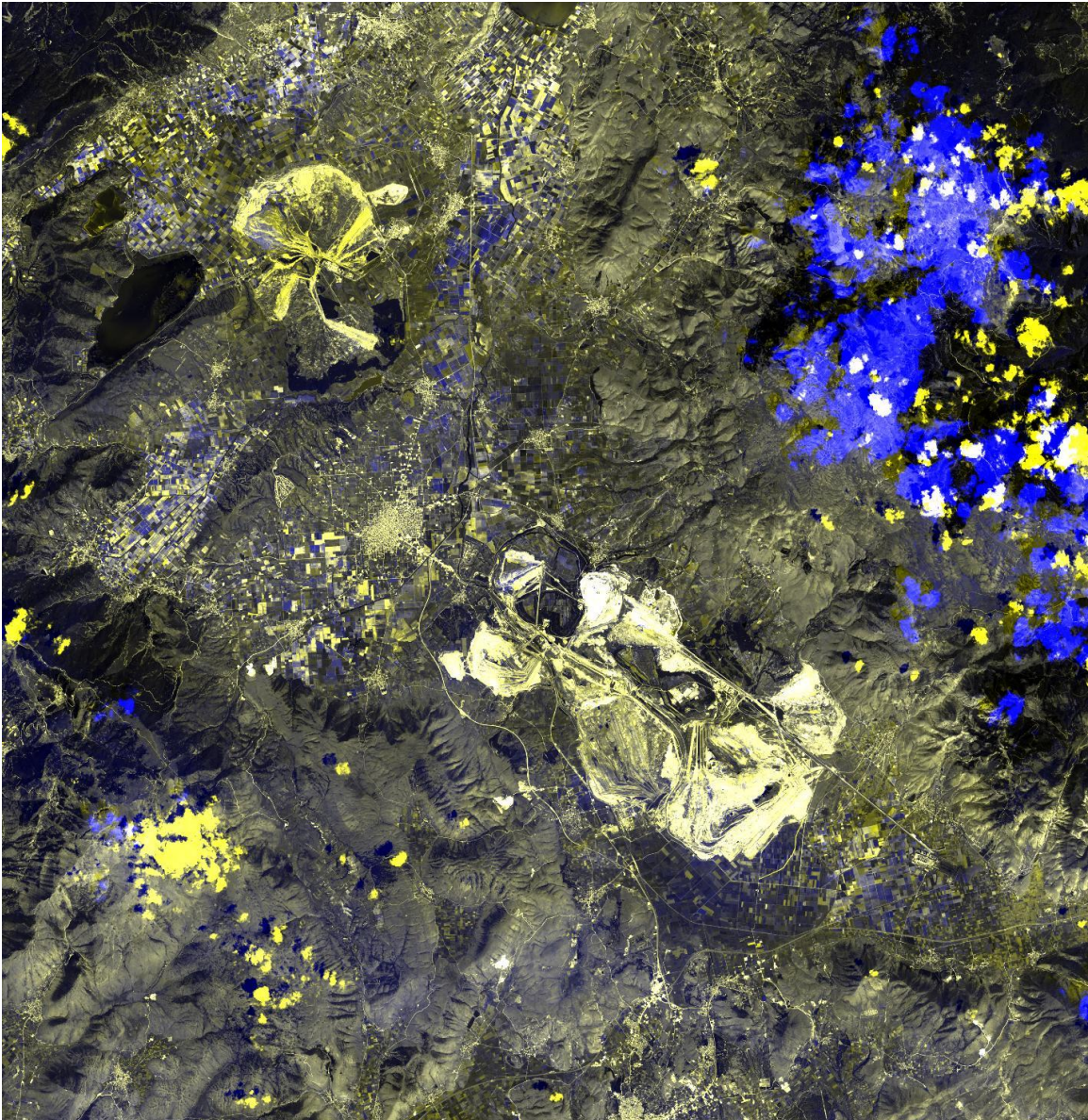
A₃: Σύγκριση ζώνης 4(RGB /band4 10/06/2017, band4 10/06/2017, band4 02/05/2017)



A4: Σύγκριση ζώνης 5(RGB/band5 10/06/2017, band5 10/06/2017, band5 02/05/2017)



A₅: Σύγκριση ζώνης 8(RGB/band 8 10/06/2017, band8 10/06/2017, band8 02/05/2017)

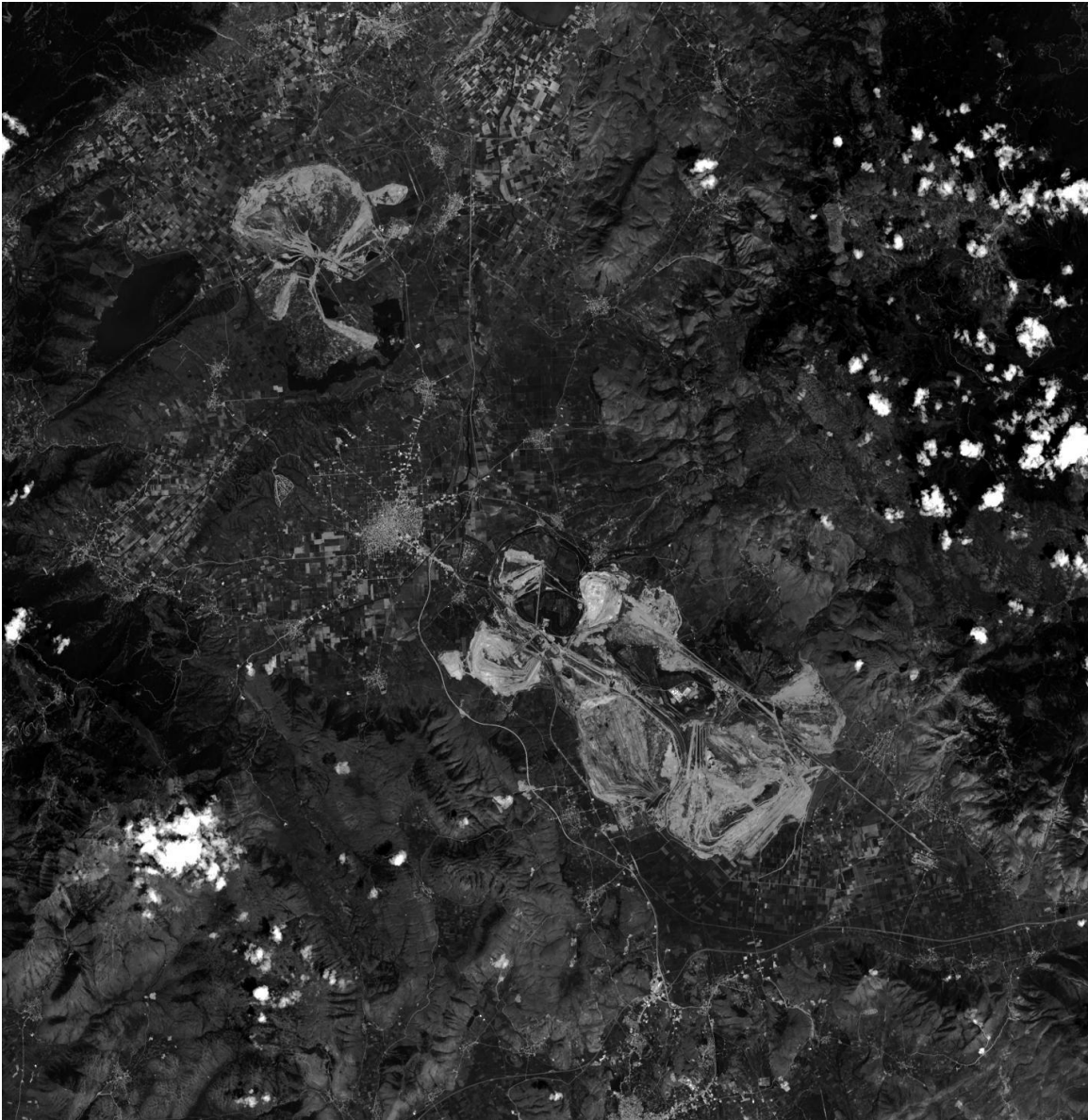


Β:Σύγκριση δύο εικόνων στις ίδιες ζώνες

Β1:Σύγκριση ζώνης 2



Εικόνα -11: 02/05/2017

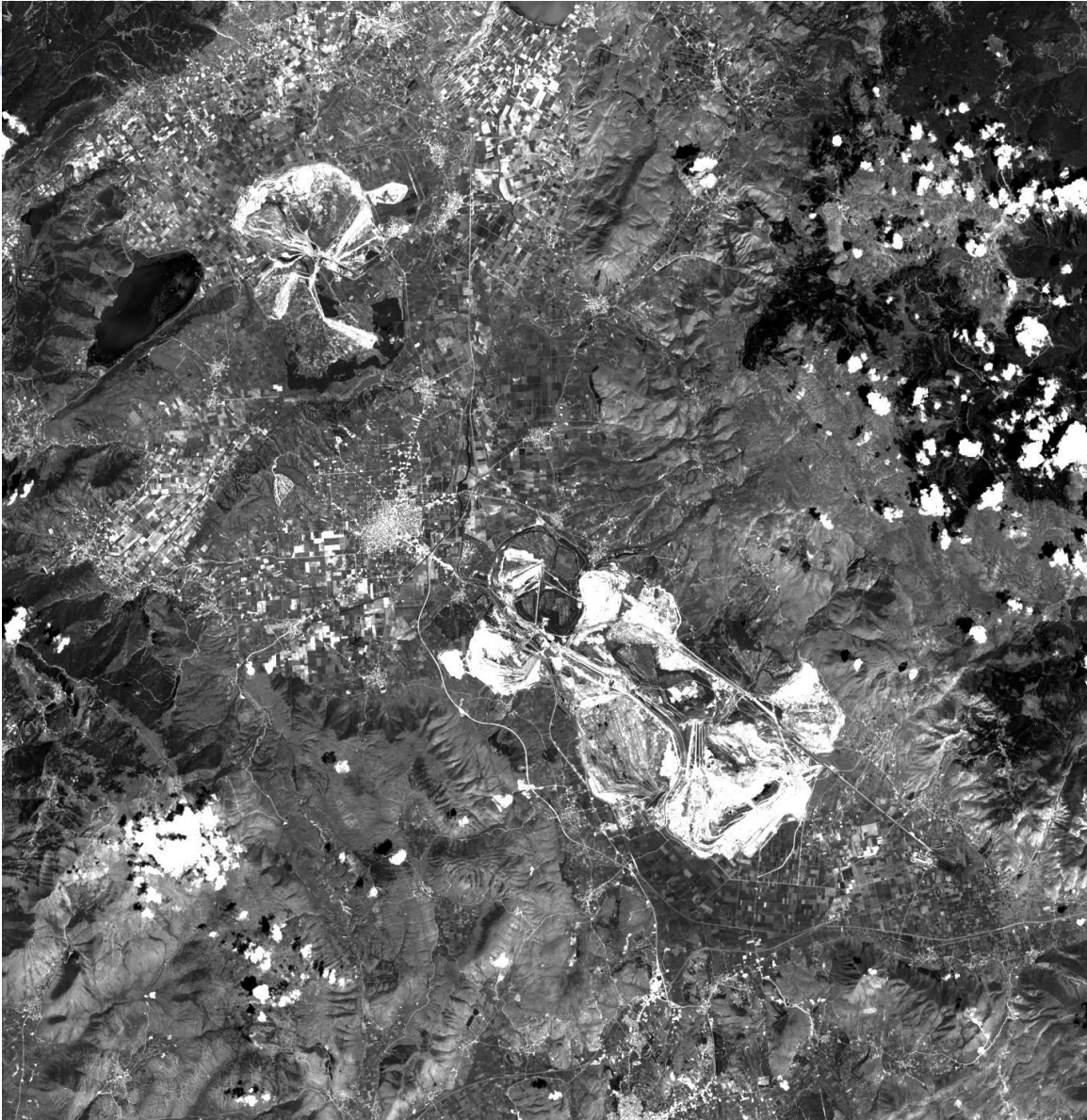


Εικόνα -12: 10/06/2017

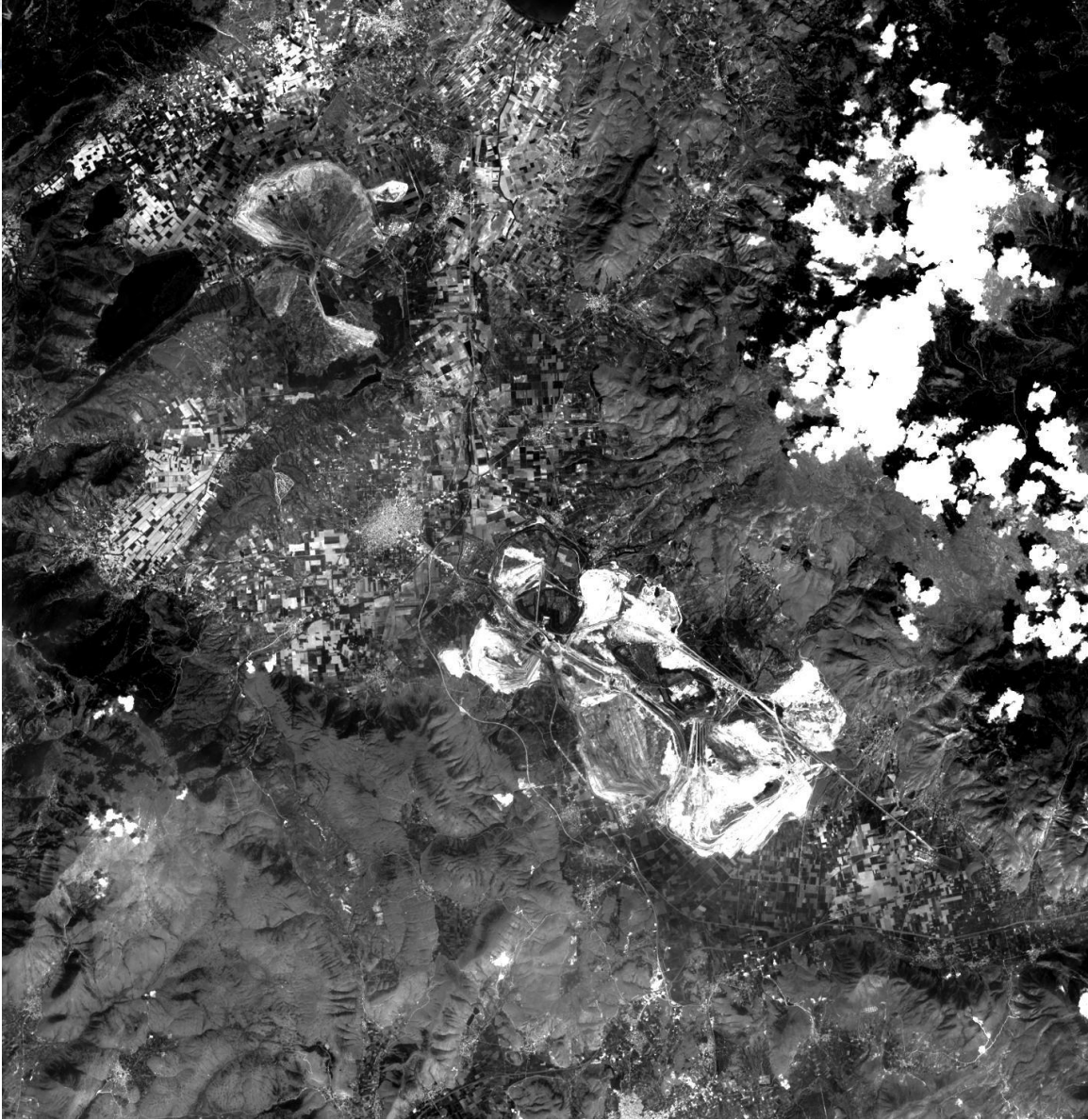
Β2: Σύγκριση ζώνης 3



Εικόνα -13: 02/05/2017



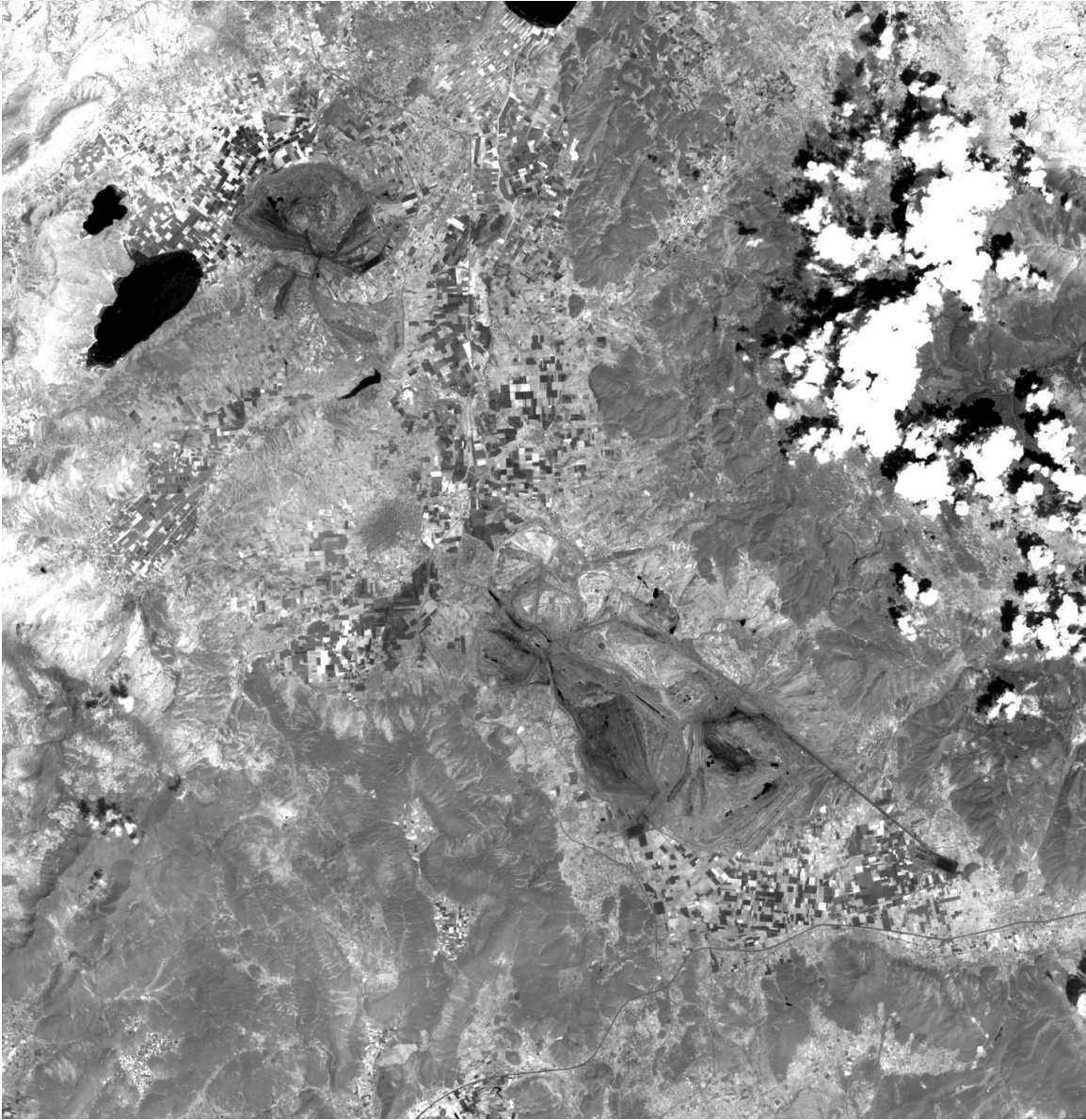
Εικόνα -14: 10/06/2017



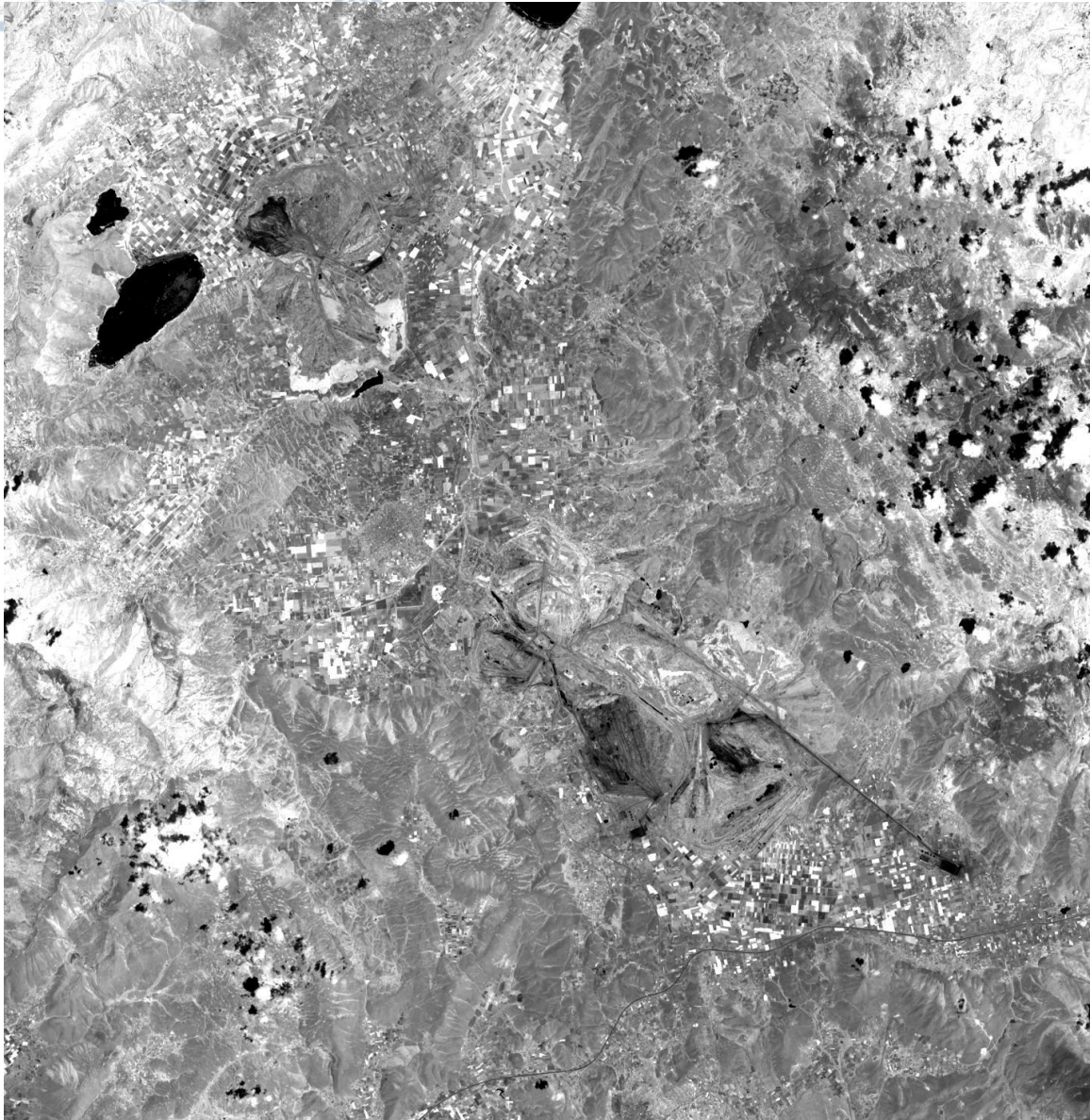
Εικόνα -15: 02/05/2017



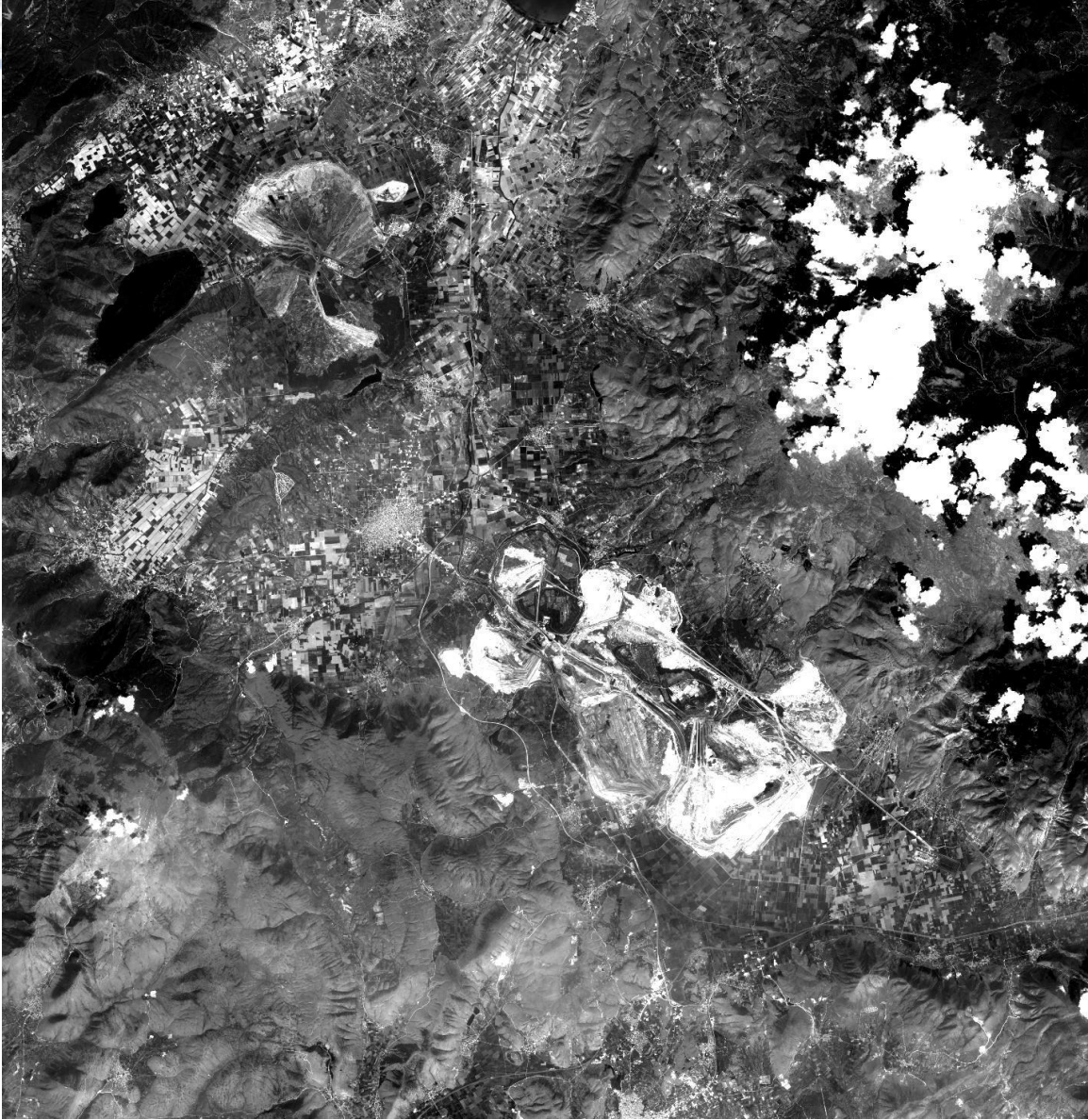
Εικόνα -16:10/06/2017



Εικόνα -17: 02/05/2017



Εικόνα -18: 10/06/2017



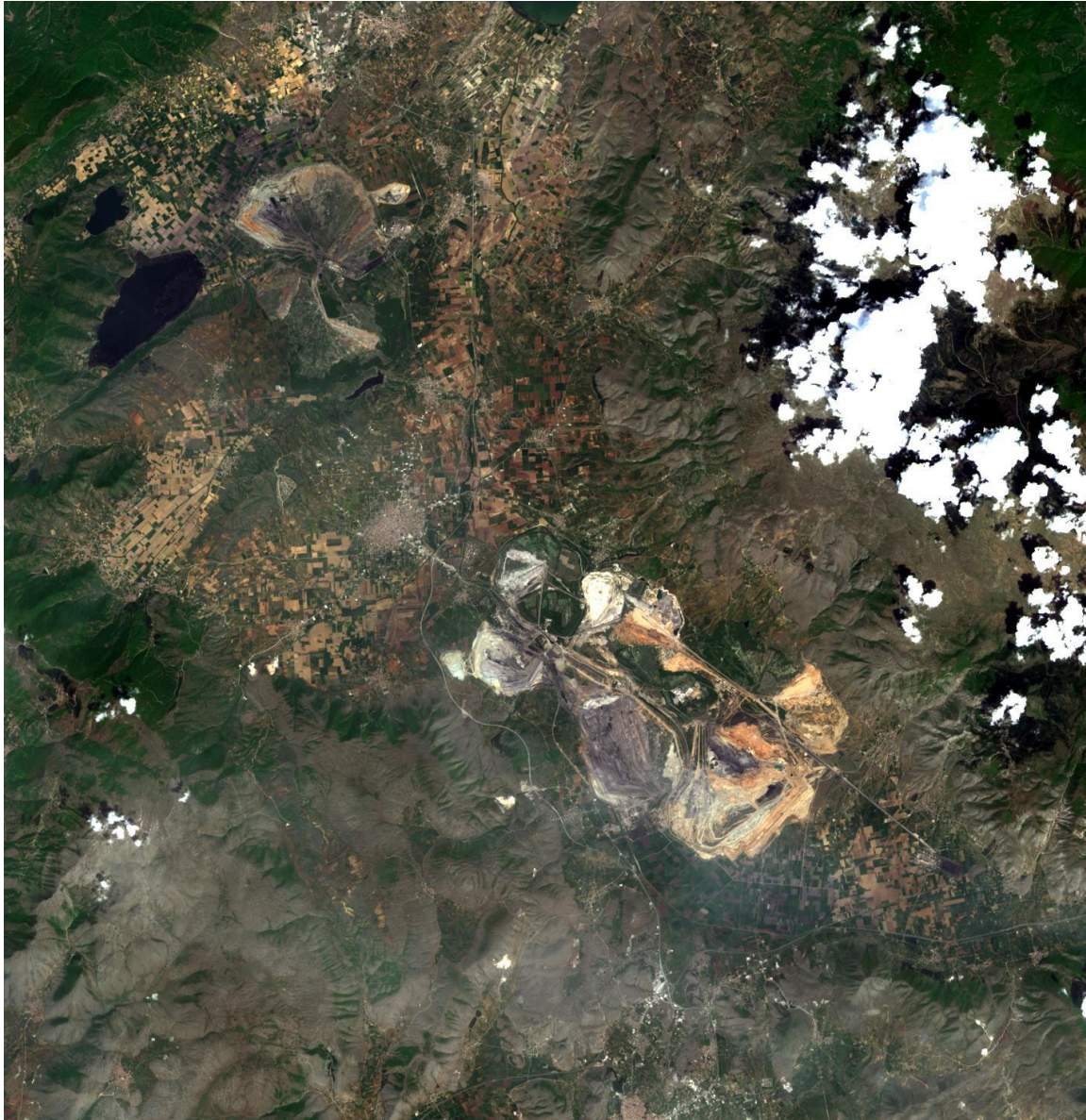
Εικόνα -19: 02/05/2017



Εικόνα -20:: 10/06/2017

Γ. Σύγκριση ίδιων RGB πριν και μετά

Γ₁:Natural colours (RGB/432)



Εικόνα - 21: 02/05/2017



Εικόνα -22: 10/06/2017



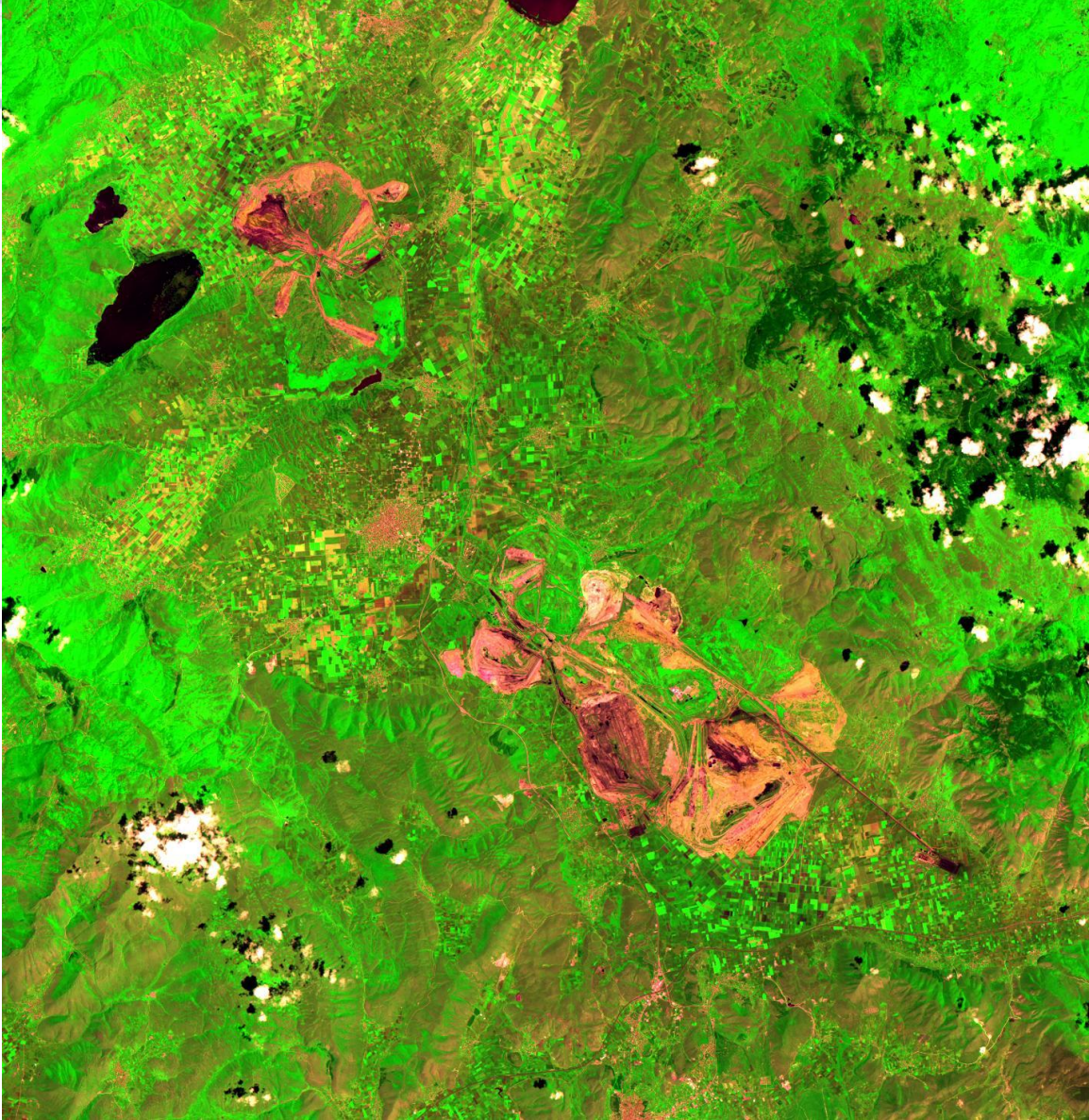
Εικόνα -23:02/05/2017



Εικόνα -24: 10/06/2017



Εικόνα -25:02/05/2017



Εικόνα -26:10/06/2017



Εικόνα -27:02/05/2017



Εικόνα -28: 10/06/2017

Γ5: (RGB/761)



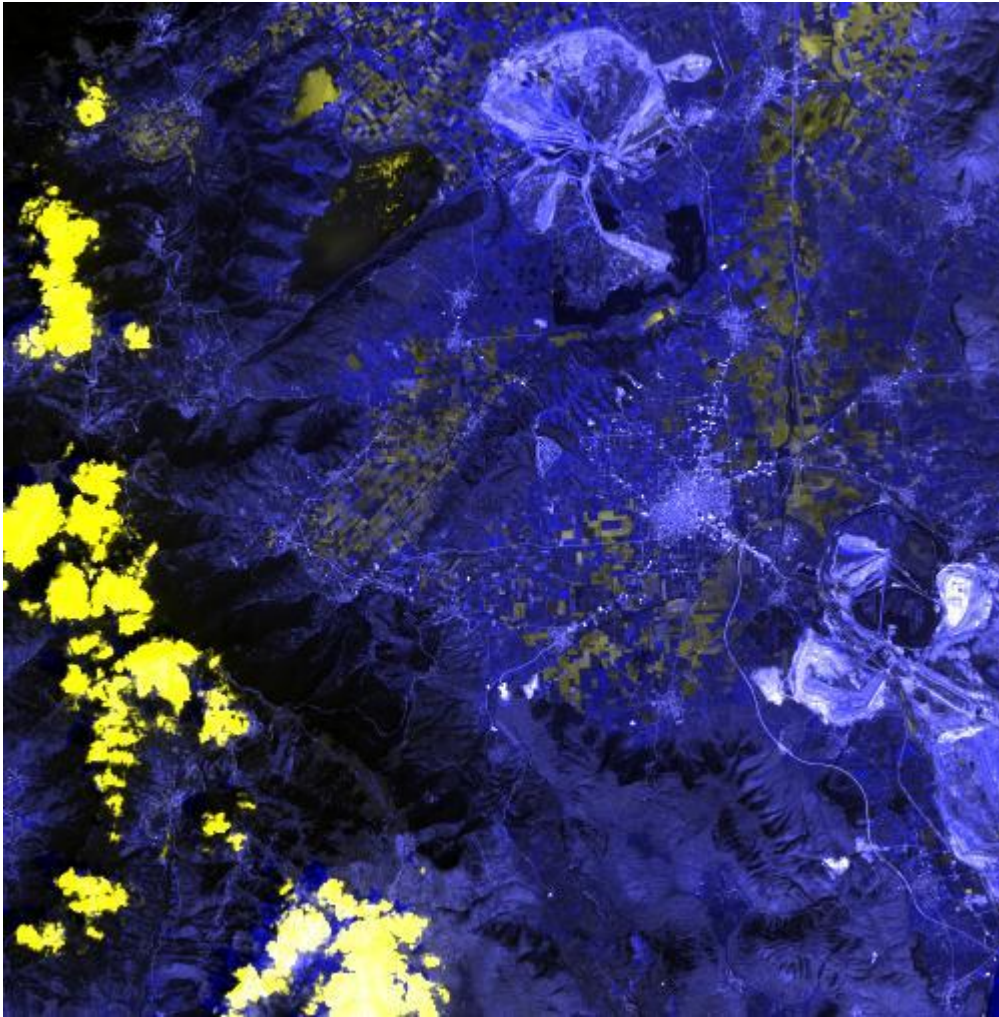
Εικόνα -29:02/05/2017



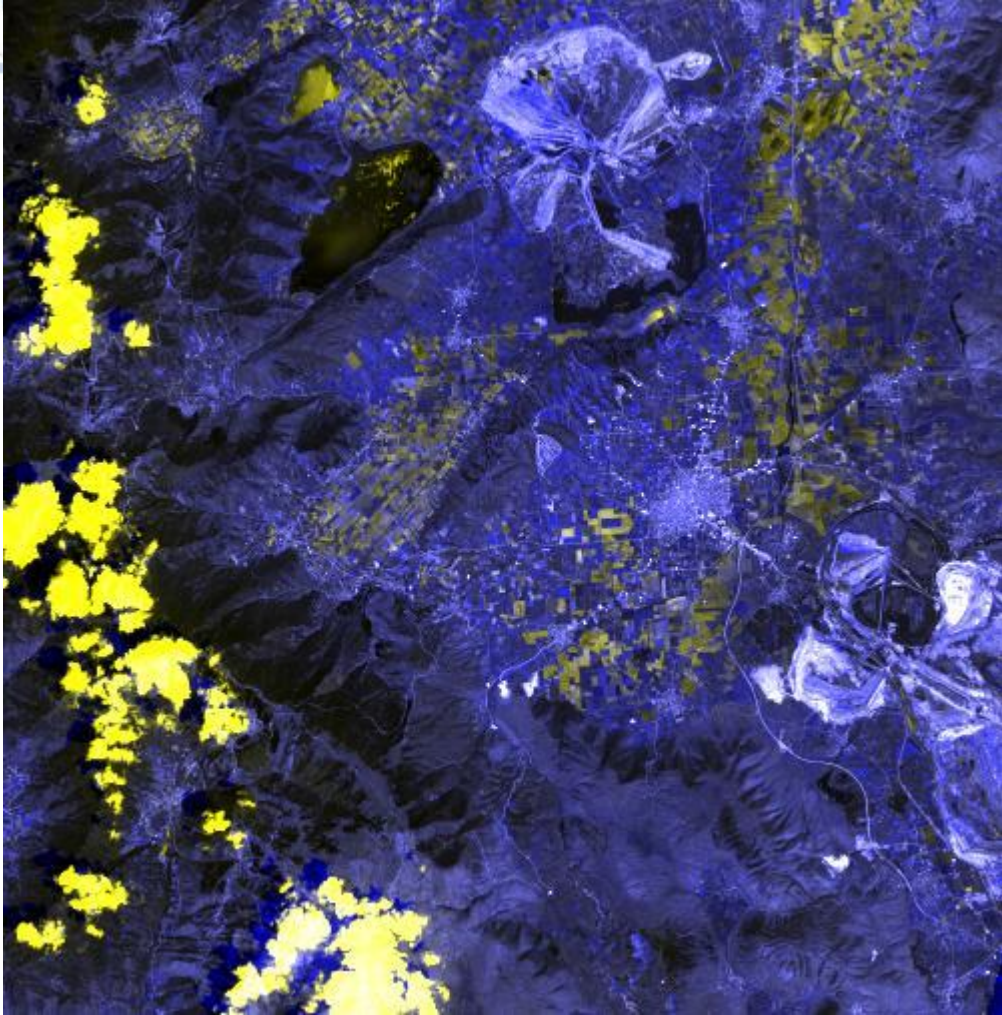
Εικόνα -30: 10/06/2017

Α. Σύγκριση ίδιων ζωνών πριν και μετά σε RGB

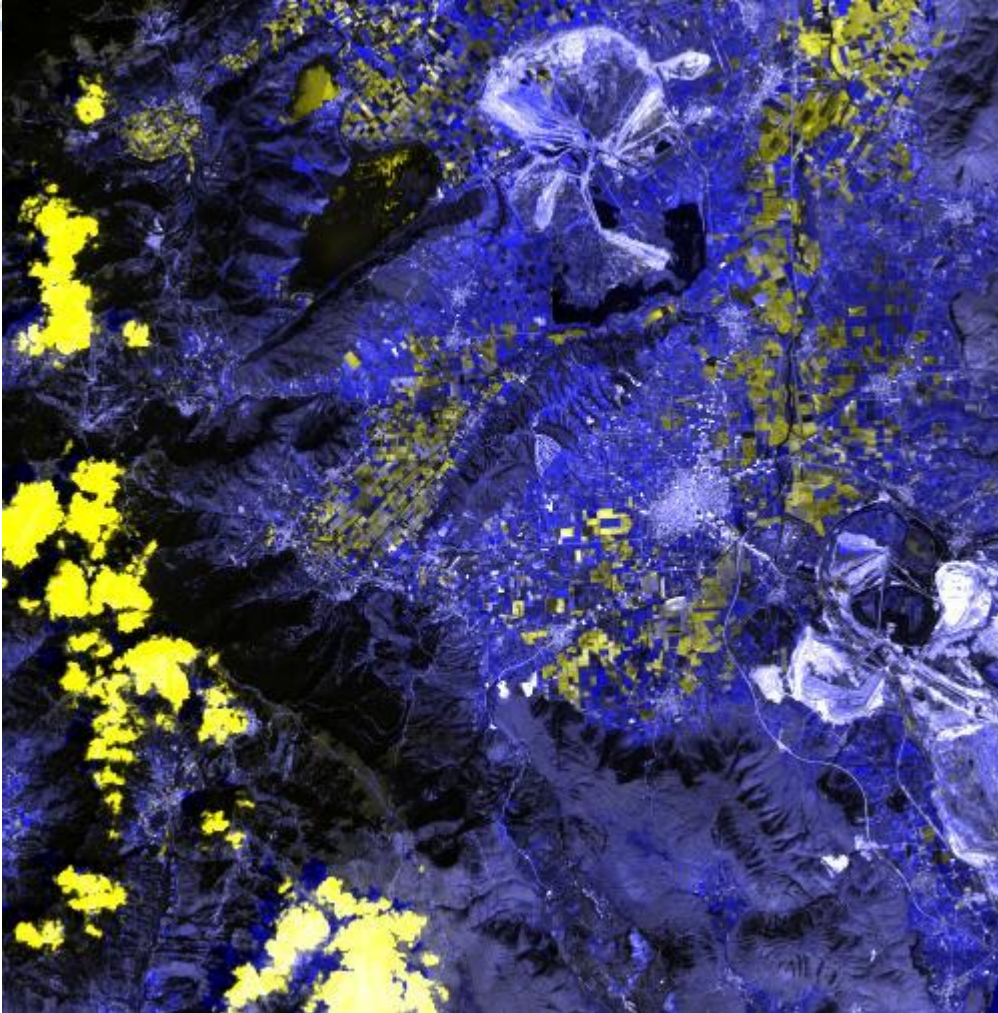
Α₁: Σύγκριση ζώνης 2 (RGB/band2 10/06/2017, band2 10/06/2017, band2 02/05/2017)



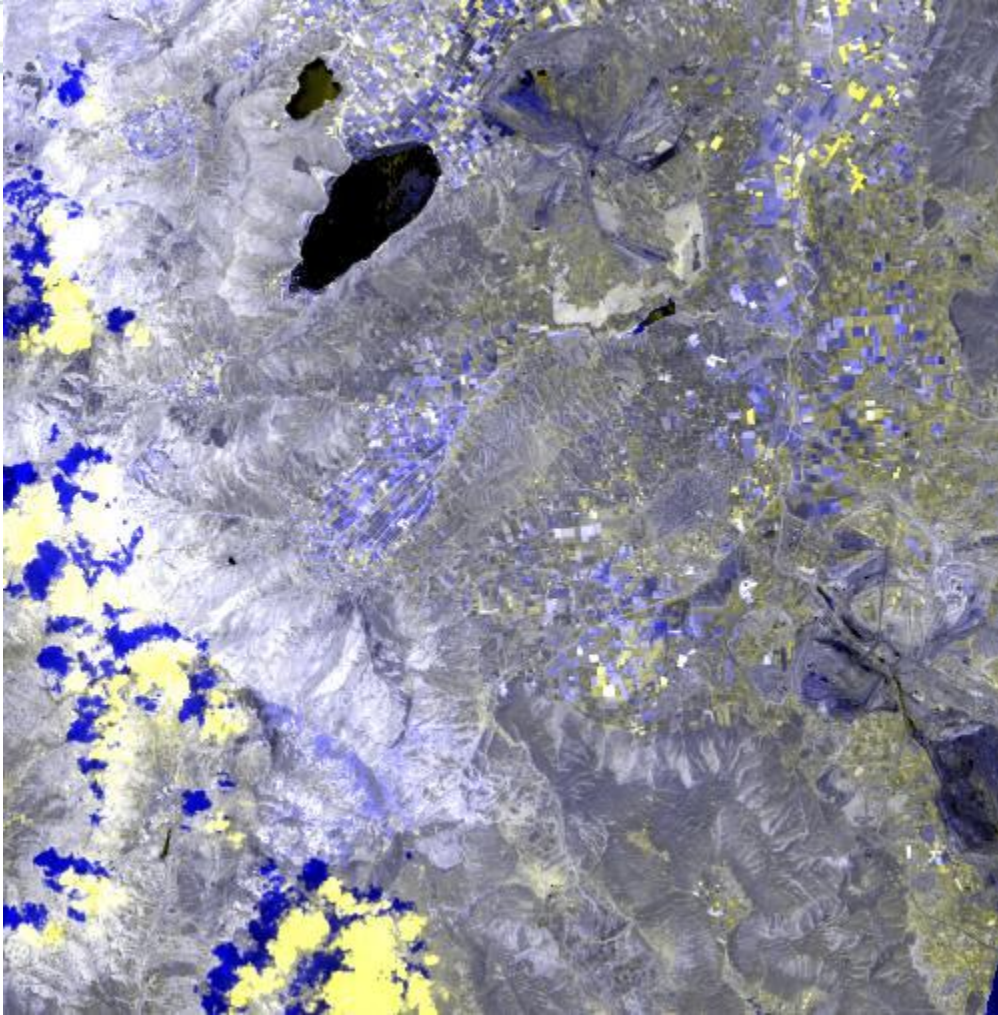
A₂: Σύγκριση ζώνης 3(RGB/band3 10/06/2017, band3 10/06/2017, band3 02/05/2017)



A3: Σύγκριση ζώνης 4(RGB /band4 10/06/2017, band4 10/06/2017, band4 02/05/2017)



A4: Σύγκριση ζώνης 8 (RGB/band 8 10/06/2017, band8 10/06/2017, band8 02/05/2017)



Β: Σύγκριση δύο εικόνων στις ίδιες ζώνες



Εικόνα -32:01/06/2017



Εικόνα -33:28/06/2017



Εικόνα -34:01/06/2017



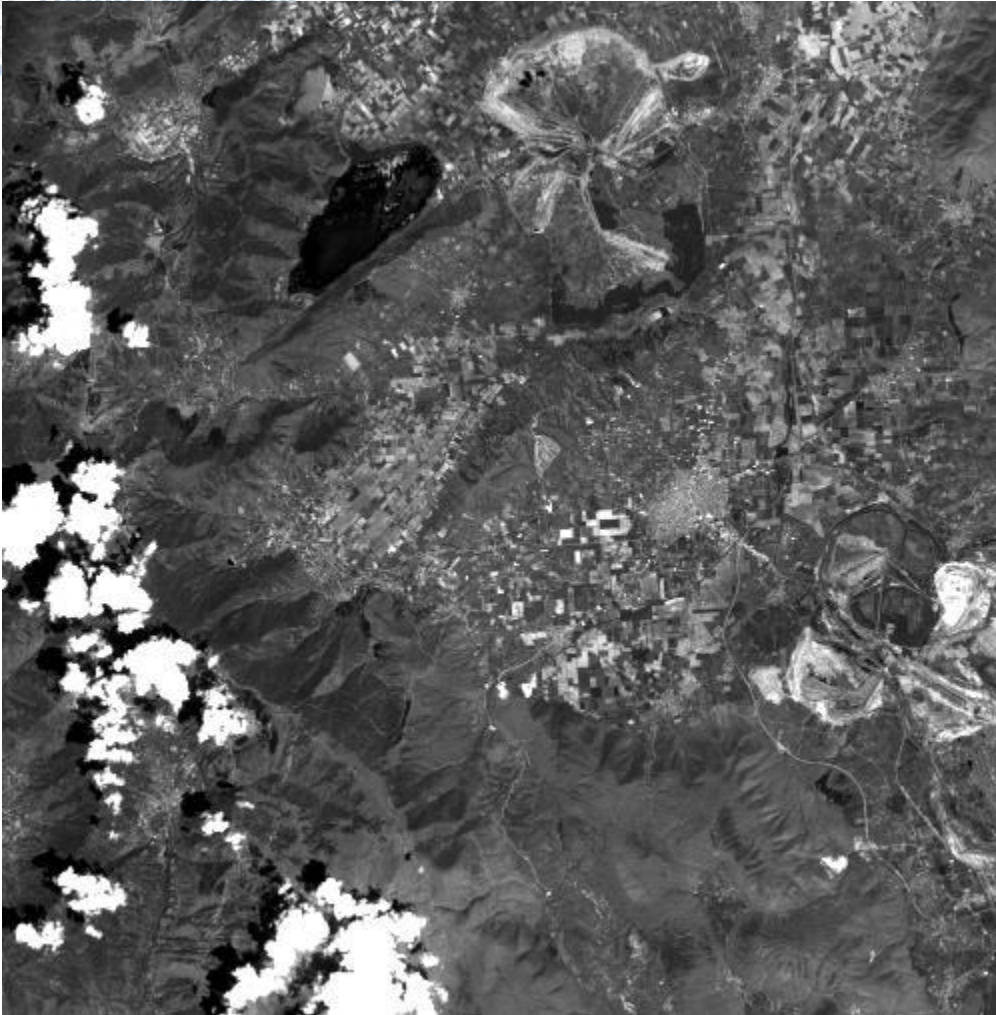
Εικόνα -35:28/06/2017



Εικόνα -36:01/06/2017



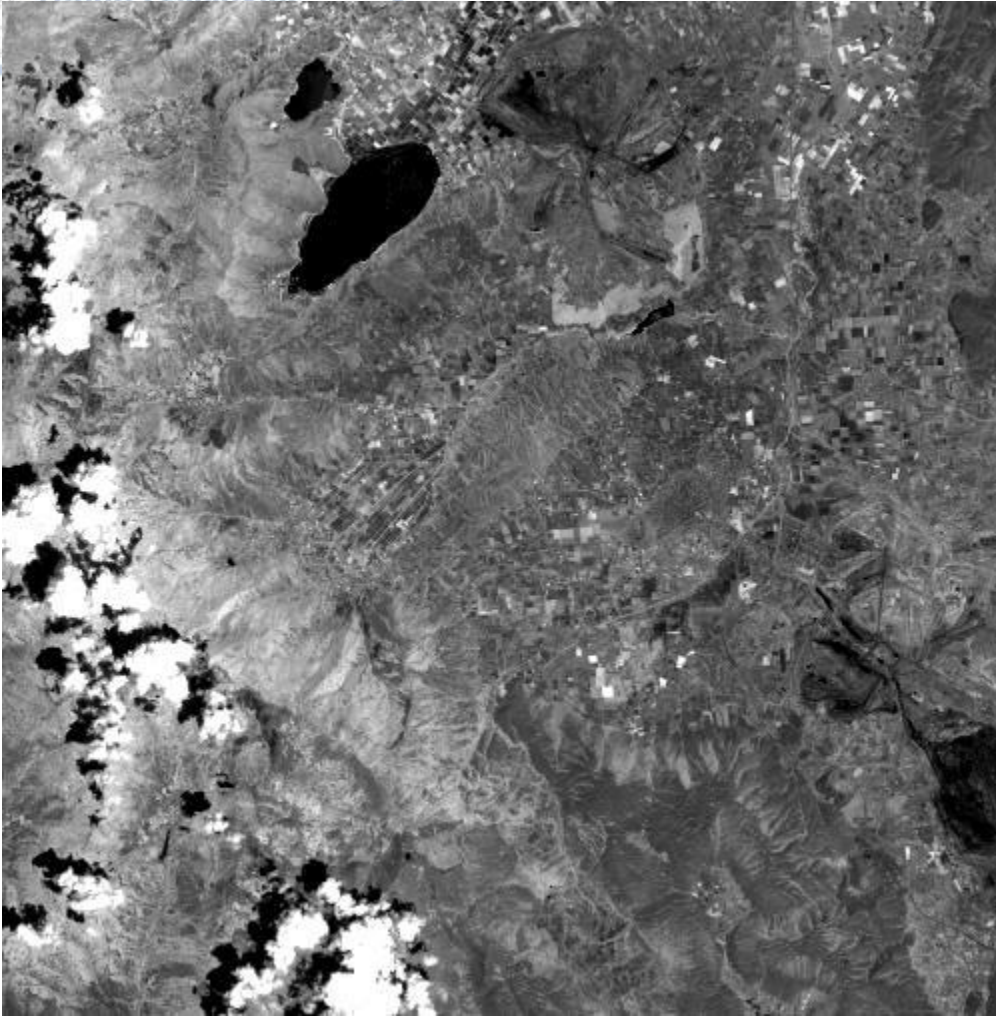
Εικόνα -37:28/06/2017



Εικόνα -38:01/06/2017



Εικόνα -39:28/06/2017



Εικόνα -40:01/06/2017



Εικόνα -41:28/06/2017

Γ. Σύγκριση ίδιων RGB πριν και μετά

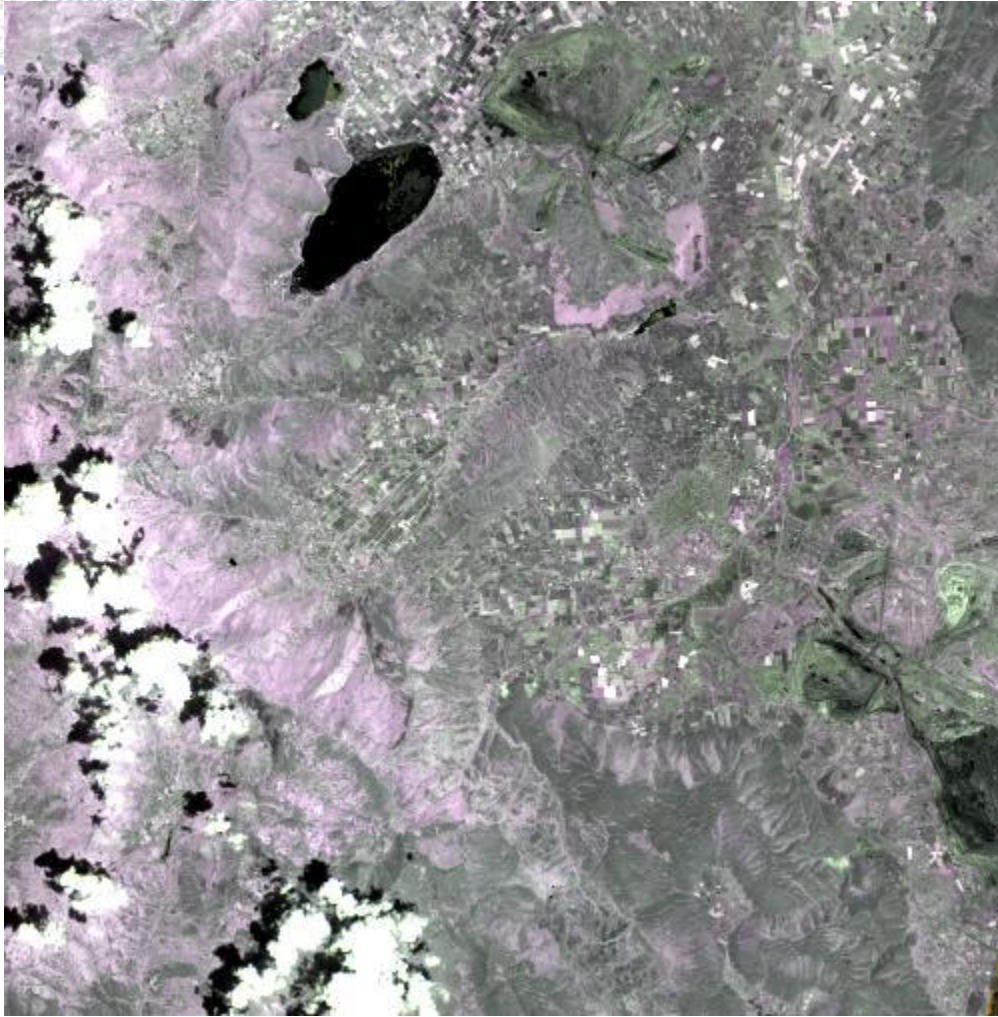
Γ₁:Natural colours (RGB/432)



Εικόνα -42:01/06/2017



Εικόνα -43:28/06/2017



Εικόνα -44:01/06/2017



Εικόνα -45:28/06/2017



Εικόνα -46:01/06/2017

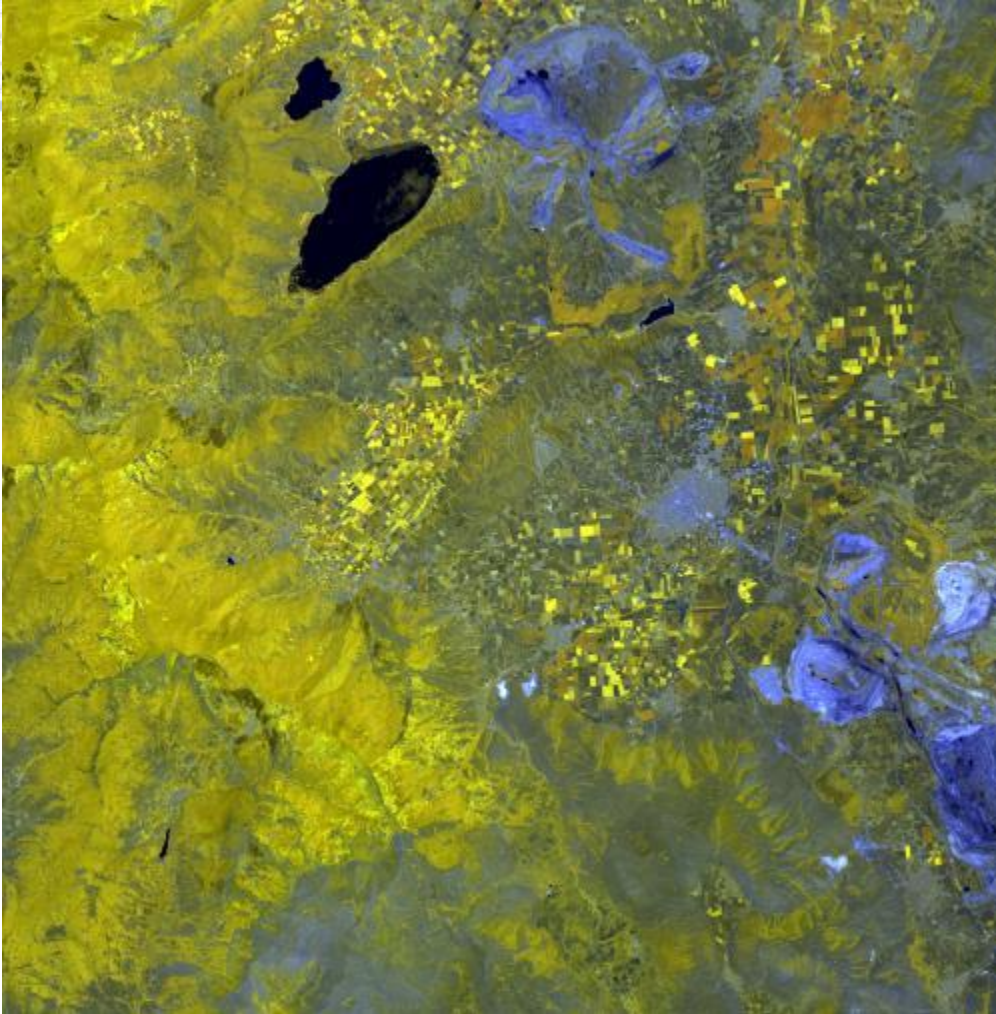


Εικόνα -47:28/06/2017

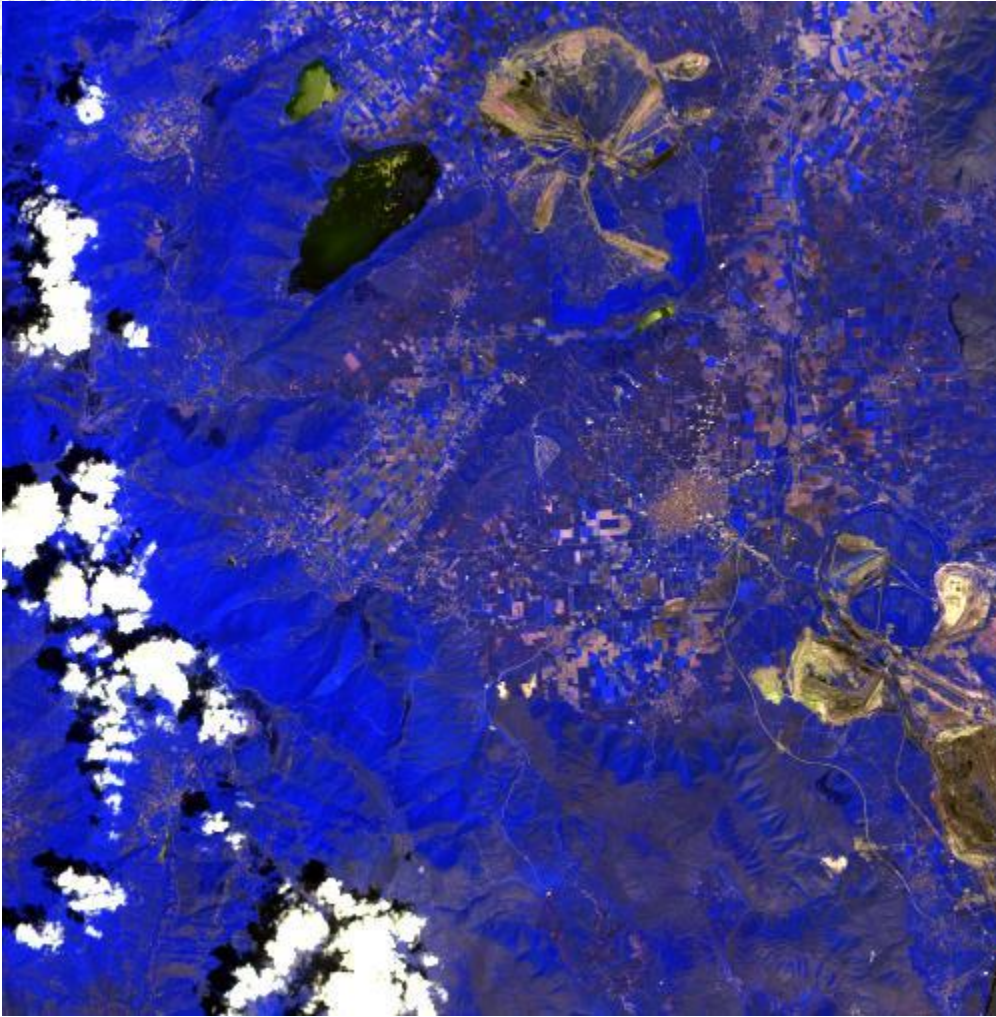
Γ₄: (RGB/761)



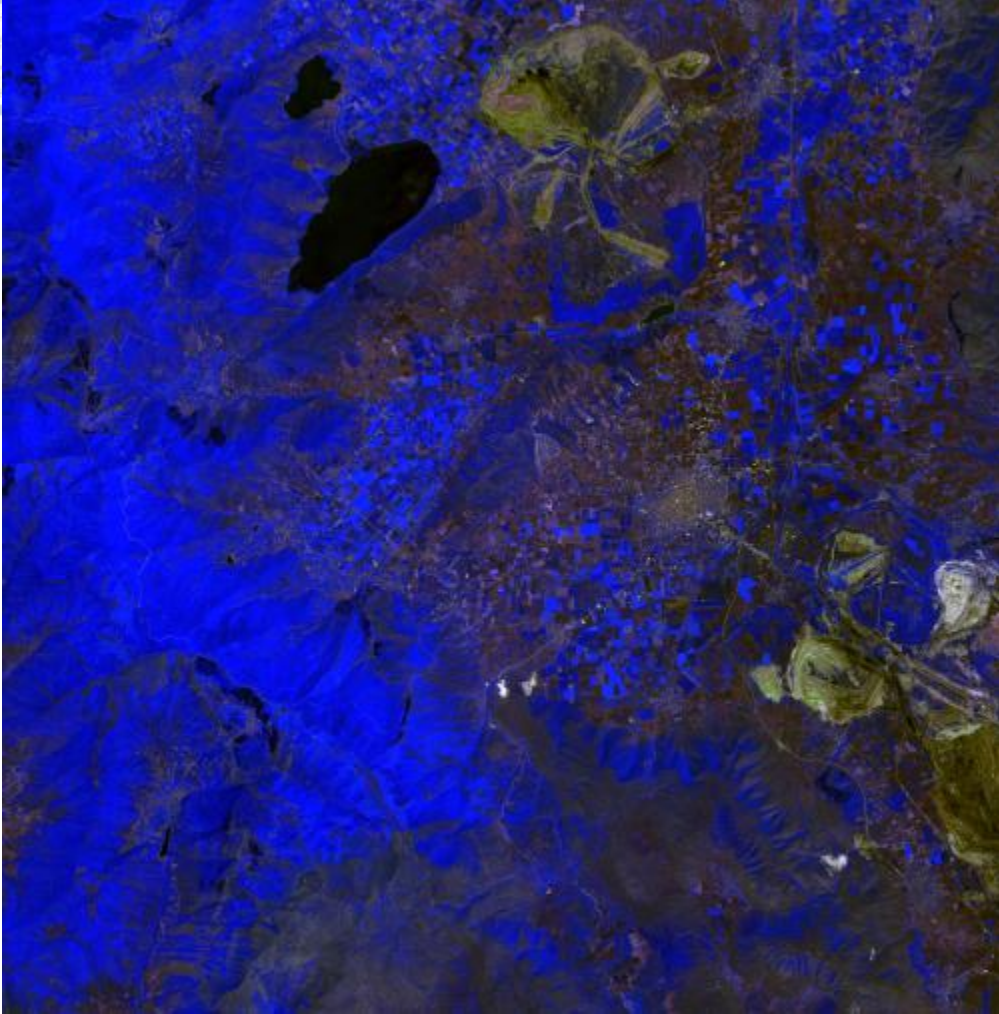
Εικόνα -48:01/06/2017



Εικόνα -49:28/06/2017



Εικόνα -50:01/06/2017

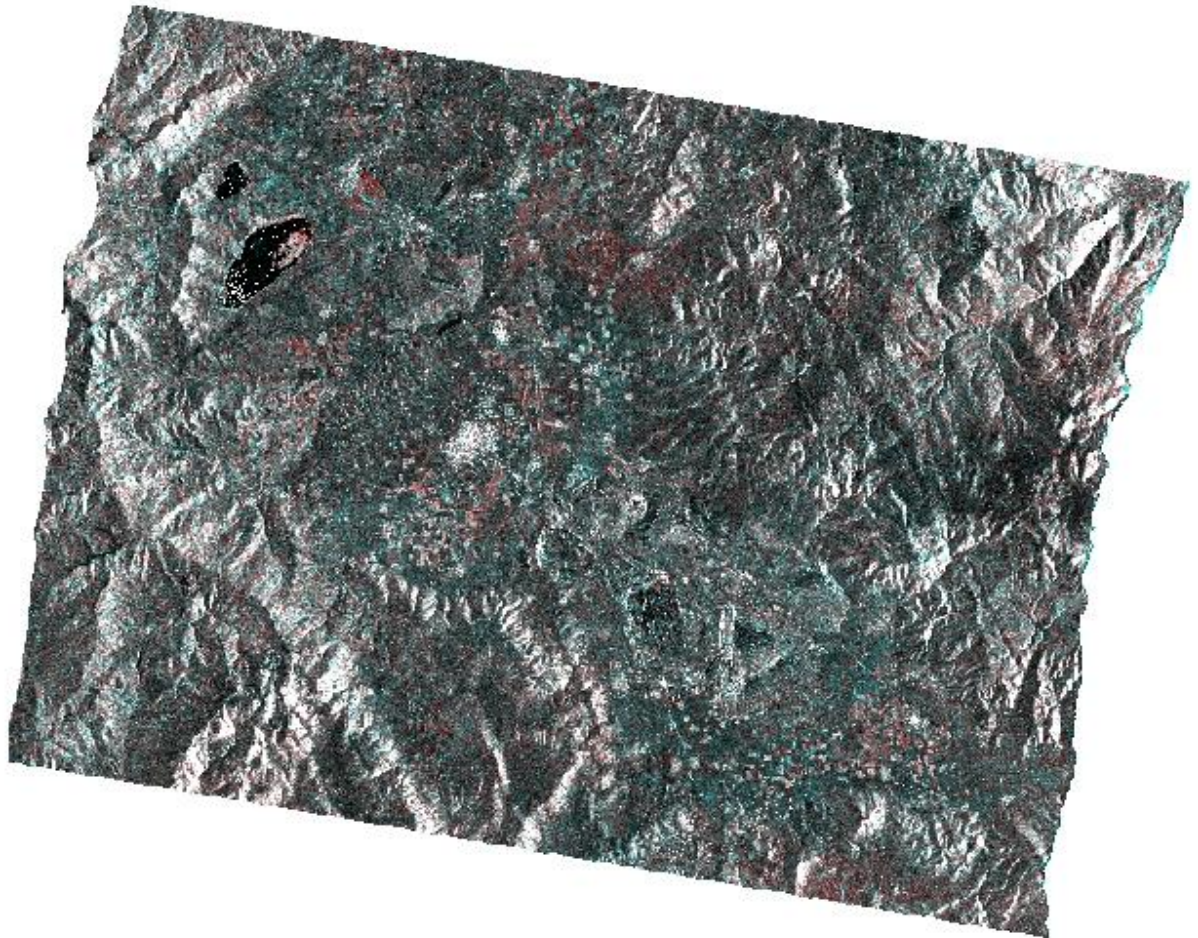


Εικόνα -51:28/06/2017

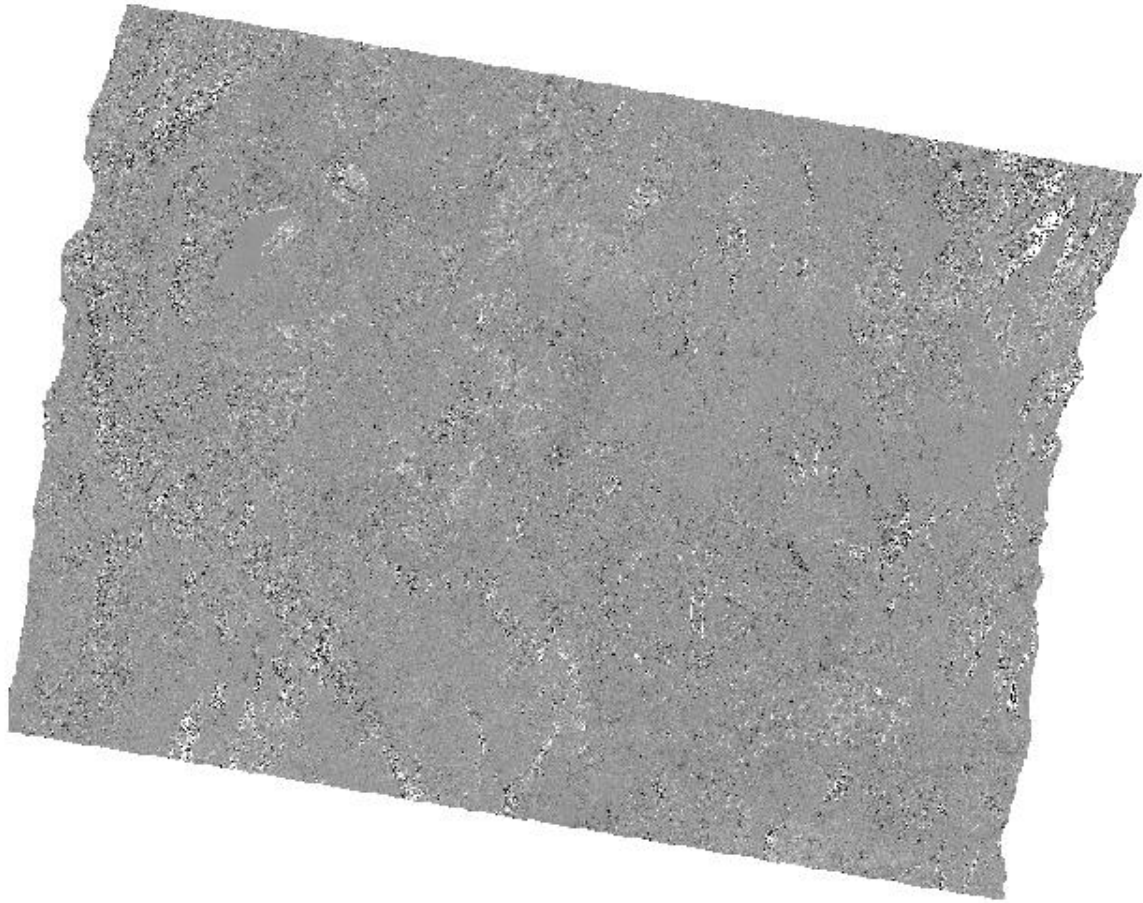
4.1.3 SENTINEL-1

Α. Σύγκριση ίδιων ζωνών πριν και μετά σε RGB

Α₁: (RGB/ 15/06/2017 ,09/06/2017, 09/06/2017)

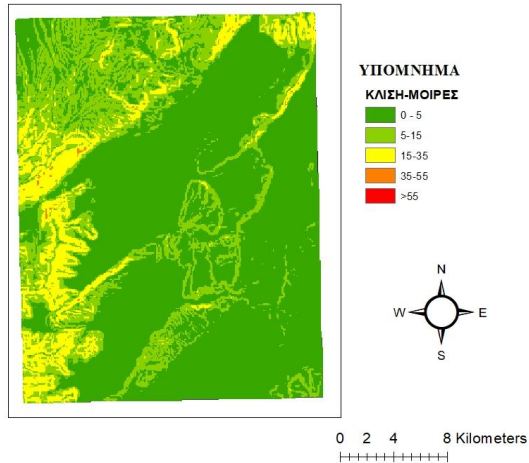


B. BAND MATH (15/06/2017 minus 09/06/2017)



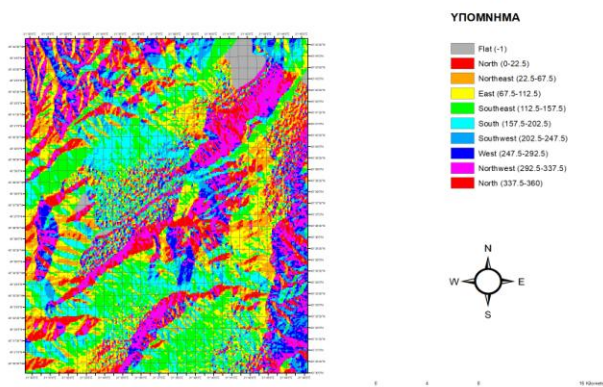
4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (G.I.S).

ΧΑΡΤΗΣ ΚΛΙΣΕΩΝ



Χάρτης 3: Χάρτης κλίσεων Πτολεμαΐδας.

ΧΑΡΤΗΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΕΝΩΝ ΚΛΙΤΥΩΝ



Χάρτης 4: Χάρτης Προσανατολισμένων κλιτύων Πτολεμαΐδας.

ΧΑΡΤΗΣ _LANDSAT8_RGB/432_02/05/2017



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

 Amyntaio_Mine_Before

0 0.45 0.9 1.8 Kilometers
|-----|-----|-----|-----|



Χάρτης 5: Χάρτης Landsat-8 με RGB/432 πριν την κατολίθωση στις 02/05/2017.

ΧΑΡΤΗΣ_SENTINEL-2_RGB/432_01/06/2017



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

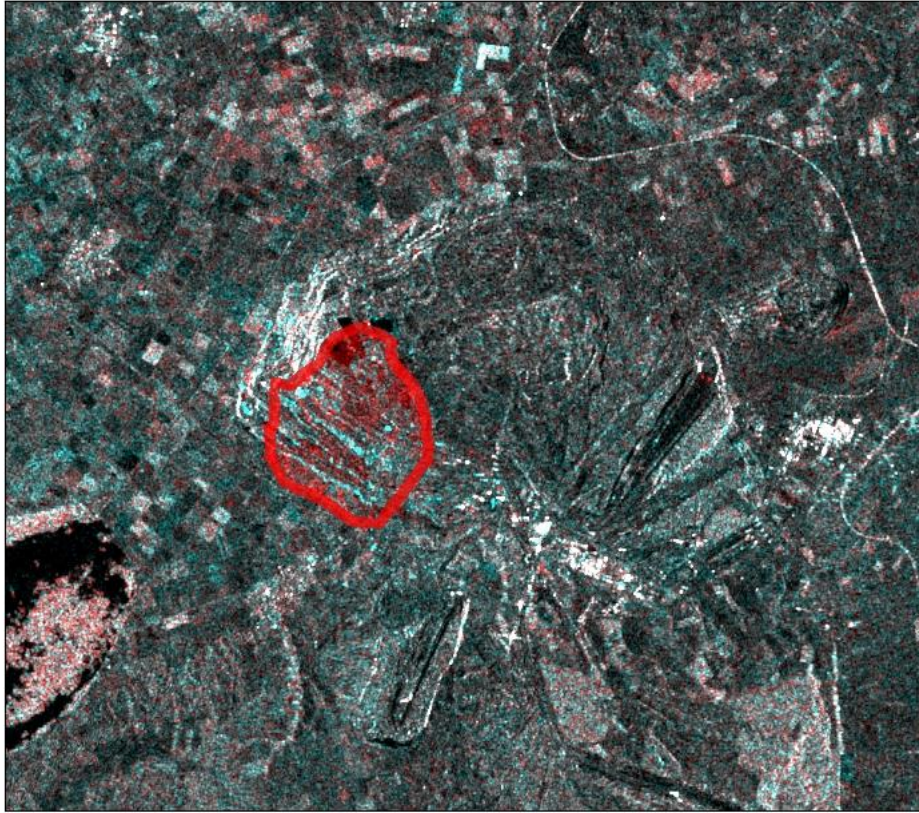
 Amyntaio_Mine_Before

0 0.5 1 2 Kilometers
|-----|-----|-----|-----|

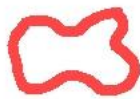


Χάρτης 6: Χάρτης Sentinel-2 με RGB/432 πριν την κατολίθωση στις 01/06/2017.

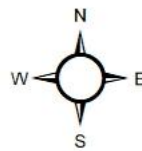
ΧΑΡΤΗΣ SENTINEL-1_RGB



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

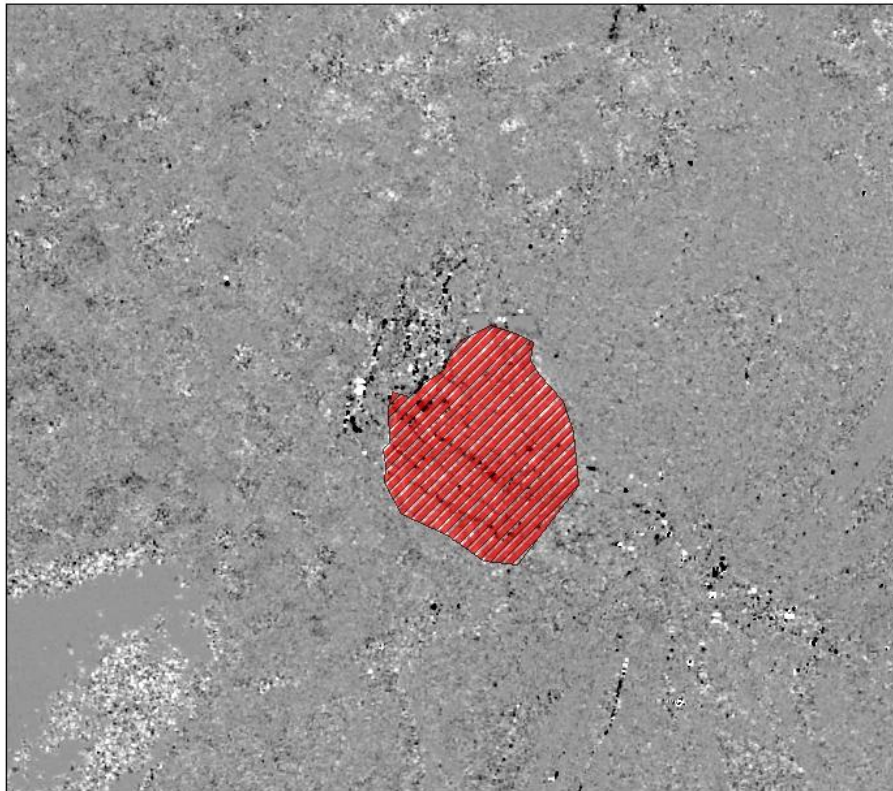


LANDSLIDE



Χάρτης 7: Χάρτης Sentinel-1 με RGB (15/06/2017,09/06/2017,09/06/2017).

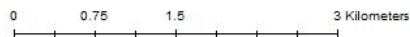
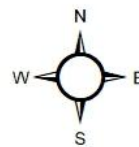
ΧΑΡΤΗΣ SENTINEL-1_15/06/2017_MINUS_09/06/2017



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

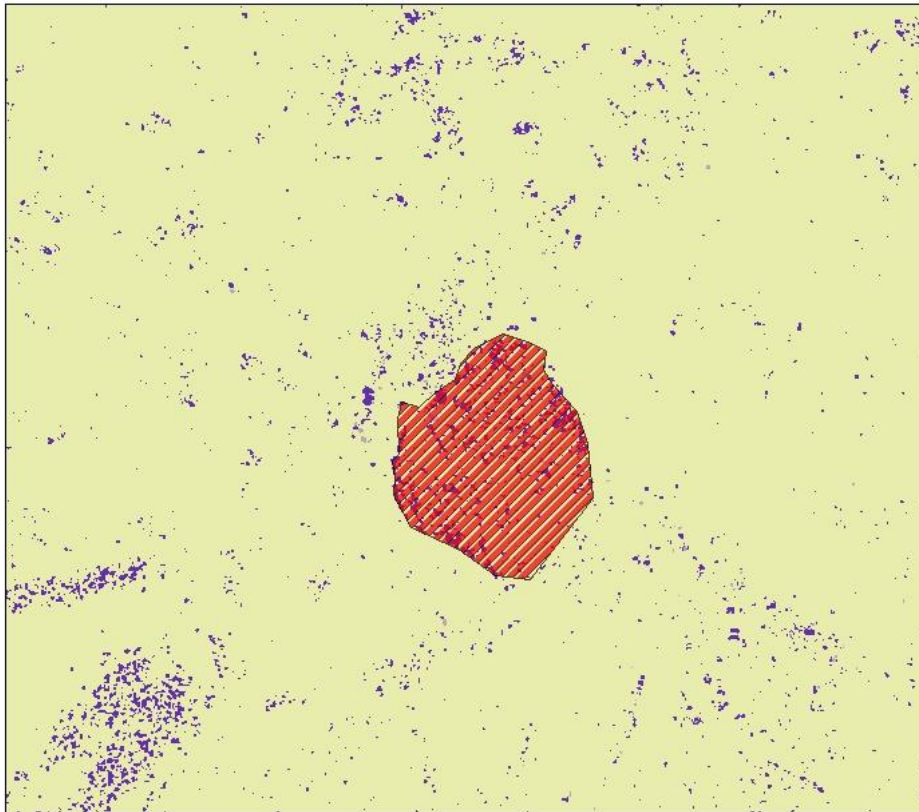


LANDSLIDE



Χάρτης 8: Αποτύπωμα της κατολίθησης από την αλγεβρική πράξη της αφαίρεσης (15/06/2017 minus 09/06/2017).

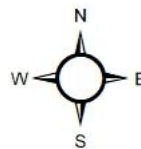
ΧΑΡΤΗΣ SENTINEL-1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ



LANDSLIDE



0 0.75 1.5 3 Kilometers

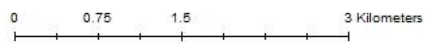
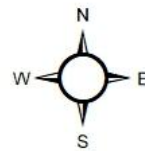
A horizontal scale bar with tick marks at 0, 0.75, 1.5, and 3 Kilometers.

Χάρτης 9: Αποτόπωμα της κατολίσθησης από τα δεδομένα Sentinel-1 με ταξινόμηση.

ΧΑΡΤΗΣ LANDSAT-8_NATURAL_RGB/432_10/06/2017



ΥΠΟΜΝΗΜΑ



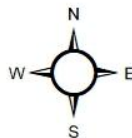
Χάρτης 10: Χάρτης Landsat-8 με RGB/432 μετά την κατολίσθηση στις 10/06/2017.

ΧΑΡΤΗΣ SENTINEL-2_NATURAL_RGB/432_28/06/2017



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

 LANDSLIDE



0 0.75 1.5 3 Kilometers

A horizontal scale bar with tick marks at 0, 0.75, 1.5, and 3 kilometers.

Χάρτης 11: Χάρτης Sentinel-2 με RGB/432 μετά την κατολίσθηση στις 28/06/2017.

4.3 ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΕΡΜΗΝΕΙΑ

Μέσω της επεξεργασίας των δεδομένων από τους δορυφόρους (Landsat-8, Sentinel-2, Sentinel-1) τόσο στο SNAP όσο και στο G.I.S λήφθηκαν τόσο άμεσα (ποιοτικά, οπτικά) όσο και έμμεσα (ποσοτικά) αποτελέσματα για την κατολίσθηση στο ορυχείο του Αμυνταίου.

Αρχικά, συγκρίνοντας οπτικά τις εικόνες και από τους τρεις δορυφόρους είτε με ψευδοχρωματικούς συνδυασμούς ίδιων ζωνών, είτε διαφορετικών ζωνών ή ακόμα και της κάθε ζώνης ξεχωριστά είναι ευδιάκριτη μια γεωμετρική αλλά και χρωματική μεταβολή. Επακόλουθο της μεταβολής που παρατηρήθηκε ήταν η ποσοτικοποίησή της με την βοήθεια των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών/G.I.S. Η περίμετρος ψηφιοποιημένου ορυχείου πριν την κατολίσθηση υπολογίστηκε στα 21,098 km ενώ η έκταση του 19,59km². Μετά την κατολίσθηση μετρήθηκαν τα αντίστοιχα μεγέθη μόνο γι' αυτήν (Χάρτης 7,8,9,10,11) και τα αποτελέσματα αυτών είναι περίμετρος 6.22 km ενώ η έκταση περίπου 2,75 km². Στην συνέχεια, από τα δεδομένα ραντάρ ερμηνεύθηκε η κατολίσθηση (Χάρτης 7) από τις τιμές των pixel στο ίχνος της (Χάρτης 8).

Παρατηρώντας το αποτέλεσμα από την αφαίρεση των δύο εικόνων, διακρίνουμε πως όλο το περίγραμμα της κατολίσθησης έχει λευκό χρώμα, ενώ το εσωτερικό της διακρίνεται από ένα ανοιχτό γκρι χρώμα, με κάποια μαύρα σημεία εντός. Αυτό σημαίνει πως υπάρχουν τρεις χρωματικές διαβαθμίσεις (Πίνακας 5) στον Χάρτη 8, λευκό, ανοιχτό γκρι και μαύρο, καθμία από τις οποίες αντιστοιχεί σε ένα εύρος τιμών, αλλά και σε ένα χρώμα στον Χάρτη 7. Αναλυτικότερα, το λευκό χρώμα αντιστοιχεί σε τιμές θετικές και στην πλειοψηφία τους μεγαλύτερες του 1 και στο χρώμα έντονο ερυθρό. Το κυρίαρχο ανοιχτό γκρι χρώμα, αντιστοιχεί σε θετικές τιμές πολύ κοντά στο μηδέν και όχι μεγαλύτερες του 1 και στο ερυθρό χρώμα. Τέλος, το μαύρο αντιστοιχεί σε αρνητικές τιμές και στο κυανό χρώμα.

ΧΡΩΜΑ PIXEL ΧΑΡΤΗΣ 9	ΧΡΩΜΑ PIXEL ΧΑΡΤΗΣ 7	ΤΙΜΕΣ PIXEL	ΜΕΤΑΒΟΛΗ
Ανοιχτό γκρι	Ερυθρό	>0 ,<1	Μεγάλη
Λευκό	Έντονο ερυθρό	>1	Πολύ μεγάλη
Μαύρο	Κυανό	<0	Μικρή

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά pixel (χρώμα, μέγεθος) και το μέγεθος της μεταβολής που αντικατοπτρίζουν.

Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"

Amyntaio_Mine_Before

	FID	Shape	Id	POLY_AREA	PERIMETER
	0	Polygon	0	19.598667	21.098341

Πίνακας 6: Περίμετρος και έκταση του ψηφιοποιημένου ορυχείου πριν την κατολίσθηση (Δεδομένα G.I.S.).

Amyntaio_Landslide

	FID	Shap	Id	POLY_AREA	PERIMETER
	0	Polygo	0	2.756334	6.22862

Πίνακας 7: Περίμετρος και έκταση της κατολίσθησης (Δεδομένα G.I.S.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκε να μελετηθεί το φαινόμενο της κατολίσθησης στο ορυχείο του Αμυνταίου στις 10 Ιουνίου 2017 και ώρα 11πμ με δορυφορικά δεδομένα και GIS με σκοπό την επεξεργασία αυτών και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά.

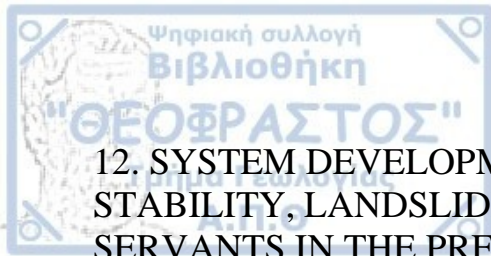
Κατά την εκπόνηση της εργασίας διαπιστώθηκαν ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν όπως:

- Περιορισμός οπτικών δεδομένων λόγω νεφοκάλυψης (Sentinel-2,Landsat-8)
- Ευκολία οπτικής ερμηνείας για τα οπτικά (δυνατότητα πολλών ψευδοχρωματικών συνδυασμών διαφορετικών ή ίδιων ζωνών)
- Πλεονέκτημα παντός καιρού για τα ραντάρ καθώς δεν επηρεάζονται από την νεφοκάλυψη.
- Χρησιμότητα ραντάρ για την ποσοτική ερμηνεία(τιμές pixel), σε συνδυασμό με την χρήση GIS.
- Περιορισμοί ραντάρ λόγω γεωμετρίας (επιλογή ανερχόμενης ή κατερχόμενης τροχιάς, λόγω προσανατολισμού του αναγλύφου).

Τα αποτελέσματα της εργασίας καταδεικνύουν τη χρησιμότητα της Τηλεπισκόπησης και των GIS στην παρακολούθηση του περιβάλλοντος και διάφορων δυναμικών φαινομένων που εξελίσσονται μέσα σε αυτό. Ιδιαίτερα σήμερα, με την δωρεάν συστηματική διαθεσιμότητα δορυφορικών εικόνων (Πρόγραμμα Copernicus), οι ως άνω δυνατότητες έχουν πολλαπλασιαστεί και είναι πλέον εφαρμόσιμες σε επιχειρησιακό επίπεδο.



1. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ/
Μ. ΜΟΥΝΤΡΑΚΗ, (2010)
2. ΔΕΗ Α.Ε (ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ)
3. ΔΗΜΟΣ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ/ WWW.AMYNTAIO.GR
4. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΙΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑ/ ΜΑΘΗΜΑ 6,7 ΒΑΣΙΛΗΣ ΜΑΡΙΝΟΣ (2018)
5. ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ- ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑ ΣΤΙΣ ΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΕΣ/
ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΑΣΤΑΡΑΣ, (2011)
6. ΨΗΦΙΑΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΓΠΣ / ΑΣΤΑΡΑΣ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ,
ΜΟΥΡΑΤΙΔΗΣ, (2011)
7. FREEMAN GEOSCIENCE LABORATORY, 3RD EDITION, JOHN
WILEY & SONS, (2004)
8. GRIFFITHS, LANDSLIDES. IN: GEOMORPHOLOGY FOR
ENGINEERS, (2005)
9. TERZAGHI, THE MECHANISMS OF LANDSLIDES. IN:
APPLICATIONS OF GEOLOGY TO ENGINEERING PRACTICE,
PAIGE, S. (ED.), BERKEY VOLUME, MEMOIR GEOLOGICAL
SOCIETY OF AMERICA, (1950)
10. VARNES, SLOPE MOVEMENT, TYPES AND PROCESSES. IN:
LANDSLIDES, ANALYSIS AND CONTROL, (1978)
11. WALTHAM, FOUNDATIONS OF ENGINEERING GEOLOGY,
SPON PRESS, (2002)



12. SYSTEM DEVELOPMENT FOR MONITORING SLOPE STABILITY, LANDSLIDE HAZARD AND TRAINING OF PUBLIC SERVANTS IN THE PREFECTURE OF PELOPONNESUS, ANTONIOS MOURATIDIS, (2009)

ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ:

1. e-ptolemeos.gr https://e-ptolemeos.gr/kaiei-dei-kai-elegktikes-ypiresies-to-porisma-toy-synigoroy-toy-politi-gia-tin-katolisthisi-sto-orycheio-amyntaiou-katalogizei-sti-dei-ypotimisi-ton-synthikon-kai-adraneia-ton-elegktikon-michanismon/?fbclid=IwAR0SJNKmP5M_bdnd3zbwJ5q_Fg4D6SqT4qnzOb7At1KF0s6KFFSf7HHnUIs
2. <https://seleo.gr/voreia-ellada/242905-i-episimi-anakoinosi-tis-dei-gia-tin-katolisthisi-sto-orycheio-amyntaiou-sti-florina>
- 3.iefimerida.gr <https://www.iefimerida.gr/news/343519/i-katolisthisi-ton-80-ekat-kyvikon-homatos-allaxe-ton-harti-sto-amyntaio-aerofotografies>
4. kathimerini.gr <https://www.kathimerini.gr/924919/article/epikairothta/ellada/porisma-108-selidwn-gia-thn-katolis8hsh-sto-orycheio-amyntaioy>
5. protothema.gr <https://www.protothema.gr/greece/article/687320/amudaio-allaxe-o-hartis-meta-tin-katolisthisi-sto-oruheio-tis-dei/>