



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

**ΦΑΣΜΑΤΑ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗ  
ΔΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ**



**ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΚΑΡΑΛΙΓΚΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΠΑΡΟΥΧΑΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ**

**ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2013**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Όλες οι διαδικασίες που διενεργήθηκαν στο εργαστήριο, με την βοήθεια του καθηγητή μου αποτέλεσαν μια πρώτη επαφή με το χώρο ενός εργαστηρίου και μια πολύ σημαντική εμπειρία για μένα.

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στο εργαστήριο Εδαφολογίας και Αρδεύσεων του Τμήματος Μηχανολογίας και Υδάτινων πόρων του ΤΕΙ Μεσολογγίου, υπό την επίβλεψη του Δρ. Μπαρούχα Παντελή, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για την υπομονή του καθώς και για την καθοδήγηση του καθ' όλη την διάρκεια της εργασίας.

Η εργασία αυτή, αφιερώνεται στην οικογένειά μου για τη στήριξή τους στα χρόνια των σπουδών μου. Επίσης, στο ΤΕΙ Μεσολογγίου και ιδιαίτερα στο Τμήμα Μηχανολογίας και Υδάτινων Πόρων.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ.....	5
1.1 Τι είναι η φασματοσκοπία.....	5
1.2 Είδη Φασματοσκοπίας.....	7
1.2.1 Φασματοσκοπία εκπομπής.....	7
1.2.2 Φασματοσκοπία Απορρόφησης (Absorption Spectroscopy).....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> : ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	12
2.1 ΘΕΣΣΑΛΙΑ.....	12
2.2 ΑΓΡΙΝΙΟ.....	13
2.3 ΑΧΑΙΑ.....	14
2.4 ΙΩΑΝΝΙΝΑ.....	15
2.5 ΚΟΖΑΝΗ.....	16
2.6 ΦΛΩΡΙΝΑ.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> : ΚΛΙΜΑ.....	19
3.1 ΘΕΣΣΑΛΙΑ.....	19
3.2 ΑΓΡΙΝΙΟ.....	20
3.3 ΑΧΑΙΑ.....	22
3.4 ΙΩΑΝΝΙΝΑ.....	24
3.5 ΚΟΖΑΝΗ.....	24
3.6 ΦΛΩΡΙΝΑ.....	26
3.7 Κοζάνη.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> : ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΑΣΜΑΤΟΣ.....	34
4.1 Φασματοφωτόμετρο.....	34
4.1.1 Αρχή λειτουργίας φασματοφωτόμετρου.....	34
4.1.2 Φασματοφωτόμετρο ορατού.....	37
4.1.3 Φασματοφωτόμετρο υπεριώδους (UV).....	37
4.1.4 Φασματοφωτόμετρο υπερύθρου (IR).....	38
4.1.5 Φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης (AAS).....	38
4.2 Αρχή λειτουργίας φασματοφωτομετρίας ορατού-υπεριώδους (UV-VIS) ..	38
4.2.1 Αποτελέσματα στον τομέα κρυστάλλων.....	39
4.2.2 Τα φάσματα από ανάμεικτα ορυκτά και υλικά.....	40
4.2.3 Η ευαισθησία των ζωνών απορρόφησης στην κρυσταλλική δομή και στη χημεία.....	40
4.2.4 Η διαδικασία σκέδασης.....	41
4.2.5 Τα μείγματα.....	42
4.2.6 Βάθος ζώνης.....	43
4.2.7 Άλλες Φασματικές διακυμάνσεις.....	44
4.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά φασματοφωτόμετρου.....	47
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	50
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	79

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ

#### 1.1 Τι είναι η φασματοσκοπία

Η Φασματοσκοπία είναι κλάδος της Φυσικής και ιδιαίτερα της Οπτικής ή Κυματικής οπτικής που ασχολείται με την έρευνα και τη μελέτη της δομής, της σύστασης και των ιδιοτήτων των φασμάτων της ύλης καθώς και των διαφόρων ακτινοβολιών.

Έχει ως προέλευσή της το περίφημο εκείνο πείραμα του Νεύτωνα που πρώτος το 1668 πέτυχε να λάβει φάσμα του Ηλιακού φωτός με παρεμβολή ενός διαφανούς πρίσματος στη πορεία λεπτής φωτεινής δέσμης. Με αυτό τον τρόπο έλαβε δηλαδή μια πολύχρωμη επιμήκη δέσμη που αποτελούνταν κατά σειρά τα χρώματα: κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, μπλε και ιώδες. Από το πείραμα εκείνο παρεμβάλλοντας στη σειρά και δεύτερο ισότροπο πρίσμα και διαπιστώνοντας πως κάθε μια μονοχρωματική αναδύμενη δέσμη δεν αναλύεται συμπέρανε τα ακόλουθα:

- Οι διαφόρων χρωμάτων φωτεινές ακτίνες παρουσιάζουν διαφορετική διάθλαση.
- Οι ηλιακές ακτίνες αποτελούν μίγμα ακτίνων διαφόρου διάθλασης.
- Οι ακτίνες που δεν αναλύονται από το διαφανές πρίσμα αποτελούν απλό φως (σε αντιδιαστολή του σύνθετου).

Σήμερα γνωρίζουμε ότι το φως είναι ημιτονοειδής παλμική κίνηση που χαρακτηρίζεται από το μήκος κύματος αυτής.

Σήμερα, τα φασματομέτρα χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο, σε αεροσκάφη (αναζήτηση και κάτω προς τη γη και στο διάστημα) και σε

δορυφόρους. Η φασματοσκοπία ανάκλασης και εκπομπής των φυσικών επιφανειών είναι ευαίσθητη σε συγκεκριμένους χημικούς δεσμούς σε υλικά, είτε στερεά, υγρά ή αέρια. Η φασματοσκοπία έχει το πλεονέκτημα να είναι ευαίσθητη τόσο σε κρυσταλλικά όσο και σε άμορφα υλικά, σε αντίθεση με κάποιες μεθόδους διάγνωσης, όπως X-ray περίθλαση. Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα της φασματοσκοπίας είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο από κοντά (π. χ. στο εργαστήριο), όσο και από μακριά (π.χ. για να κοιτάξουμε προς τα κάτω στη γη).

Το βασικό μειονέκτημα της φασματοσκοπίας είναι ότι είναι πολύ ευαίσθητη σε μικρές αλλαγές στη χημεία ή/και δομή ενός υλικού. Οι μεταβολές στη σύνθεση των υλικών συχνά προκαλεί αλλαγές στη θέση και το σχήμα των ζωνών απορρόφησης του φάσματος. Έτσι, με την τεράστια ποικιλία της χημείας που απαντάται συνήθως στον πραγματικό κόσμο, οι φασματικές υπογραφές μπορεί να είναι αρκετά πολύπλοκες και συχνά ακατανόητες. Ωστόσο, αυτό το γεγονός αλλάζει με την αυξημένη γνώση για τη φυσική ποικιλία των φασματικών χαρακτηριστικών και των αιτιών των μετατοπίσεων. Ως αποτέλεσμα, το προηγούμενο μειονέκτημα έχει μετατραπεί σε ένα τεράστιο πλεονέκτημα, επιτρέποντάς μας να ανιχνεύουμε όλο και περισσότερες λεπτομέρειες για την χημεία του φυσικού μας περιβάλλοντος.

Με την πρόοδο στην τεχνολογία των υπολογιστών και των ανιχνευτών, το νέο πεδίο της απεικονιστικής φασματοσκοπίας αναπτύσσεται. Η φασματοσκοπία απεικόνισης είναι μια νέα τεχνική για την απόκτηση ενός φάσματος σε κάθε θέση ενός μεγάλου φάσματος των χωρικών θέσεων, έτσι ώστε κάθε ένα φασματικό μήκος κύματος να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να γίνει μια αναγνωρίσιμη εικόνα. Η εικόνα θα μπορούσε να είναι μια πέτρα στο εργαστήριο, ένα πεδίο μελέτης χώρου από ένα αεροσκάφος ή ενός ολόκληρου πλανήτη από ένα διαστημόπλοιο ή ένα τηλεσκόπιο στη Γη. Αναλύοντας τα φασματικά χαρακτηριστικά, και συνεπώς τους ειδικούς χημικούς δεσμούς σε υλικά, μπορεί κάποιος να χαρτογραφήσει που συμβαίνουν αυτοί οι δεσμοί, και έτσι να χαρτογραφηθούν τα υλικά.

Η φασματοσκοπία απεικόνισης έχει πολλές ονομασίες, συμπεριλαμβανομένων και της φασματομετρίας απεικόνισης, της υπερφασματικής (hyperspectral) και της ultraspectral απεικόνισης. Η φασματοσκοπία είναι η μελέτη της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η

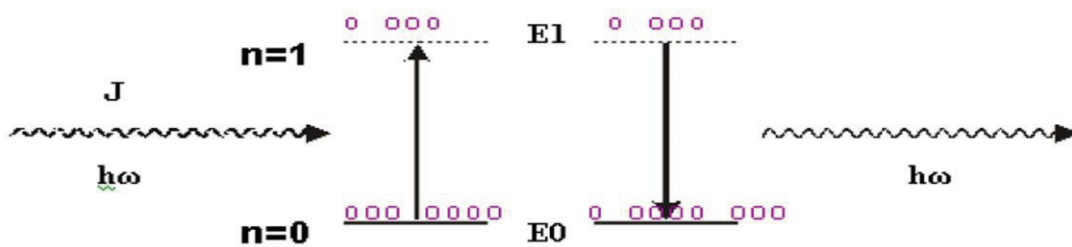
φασματομετρία προέρχεται από τη φασματική-φωτομετρία, το μέτρο των φωτονίων ως συνάρτηση του μήκους κύματος, ένας όρος που χρησιμοποιείται για πολλά χρόνια στη αστρονομία. Ωστόσο, η φασματογραφία, αποτελεί έναν όρο που χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει τη μέτρηση των μη φωτεινών ποσοτήτων, όπως στη φασματομετρία μάζας. Hyper σημαίνει υπερβολικό, αλλά κανένας φασματογράφος απεικόνισης σε χρήση δεν μπορεί να θεωρηθεί υπερφασματικός, αφού μερικές εκατοντάδες κανάλια ωχριούν σε σύγκριση με εκατομμύρια κανάλια πραγματικά υψηλής ανάλυσης φασματογράφου. Οι ultraspectral είναι πέρα από τους υπερφασματικούς, ένας στόχος που δεν έχουμε φτάσει ακόμα.

## 1.2 Είδη Φασματοσκοπίας

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες φασματοσκοπίας: η φασματοσκοπία **απορρόφησης**, **εκπομπής** και **σκέδασης**.

### 1.2.1 Φασματοσκοπία εκπομπής

Η φασματοσκοπία εκπομπής (emission spectroscopy) διαφέρει από τους υπόλοιπους τύπους διότι δεν απαιτούνται εξωγενείς πηγές ακτινοβολίας. Το ίδιο το δείγμα είναι ο εκπομπός. Η μετάβαση των ηλεκτρονίων του ατόμου από την αρχική κατάσταση  $n=0$  στην διεγερμένη κατάσταση  $n=1$ , με αλληλεπίδραση θερμικής ακτινοβολίας πυκνότητας ενέργειας  $J$  και συχνότητας  $\omega$  όπου  $h\omega = E_1 - E_0$ , ονομάζεται απορρόφηση (absorption). Η μετάπτωση από τη διεγερμένη κατάσταση  $n=1$  στην αρχική κατάσταση  $n=0$ , με την ταυτόχρονη εκπομπή ενός φωτονίου με συχνότητα  $\omega$ , όπου  $h\omega = E_1 - E_0$ , ονομάζεται εκπομπή (emission).



### 1.2.2 Φασματοσκοπία Απορρόφησης (Absorption Spectroscopy)

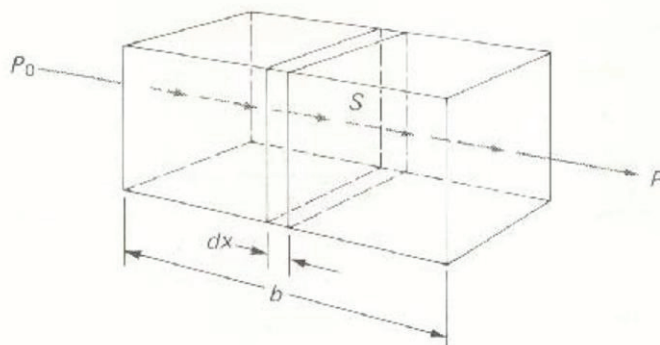
Λόγω των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των φωτονίων και των μορίων απορρόφησης, η δύναμη της δέσμης μειώνεται από  $P_0$  σε  $P$ . Η μετάδοση (transmittance)  $T$  δίνεται από την παρακάτω σχέση:  $T = P / P_0$ .

Η μετάδοση εκφράζεται συχνά ως ποσοστό επί της εκατό (σαν καθαρός αριθμός).

Η απορροφητικότητα καθορίζεται από την εξίσωση:

$$A = -\log(T) = \log(P_0/P)$$

Σε αντίθεση με την εκπομπή, η απορροφητικότητα αυξάνεται καθώς η εξασθένηση της δέσμης φως γίνεται μεγαλύτερη.





Η απορροφητικότητα ενός διαλύματος είναι ανάλογη με το μήκος που διανύει το φως μέσα στο διάλυμα και την συγκέντρωση του διαλύματος σε συστατικά που απορροφούν την ακτινοβολούμενη ενέργεια. Άρα, έχουμε:

$$A=abc$$

Όπου το  $a$  είναι μια σταθερά που ονομάζεται απορροφητική ικανότητα (absorptivity),  $b$  είναι το μήκος και  $c$  η συγκέντρωση του διαλύματος. Η παραπάνω μαθηματική έκφραση αποτελεί τον νόμο του Beer. Ας πάρουμε σαν παράδειγμα το παραπάνω σχήμα. Μια δέσμη παράλληλης μονοχρωματικής ακτινοβολίας με ενέργεια  $P_0$  πέφτει πάνω στην επιφάνεια του παραλληλεπιπέδου. Αφού διανύσει μήκος  $b$  του υλικού, το οποίο περιέχει  $n$  σωματίδια που απορροφούν ακτινοβολία (άτομα, ιόντα, μόρια), η ενέργεια της δέσμης ελατώνεται σε  $P$  σαν αποτέλεσμα της απορρόφησης μέρους της ακτινοβολίας. Ας θεωρήσουμε μια διατομή του παραλληλεπιπέδου με εμβαδό  $S$  και απειροελάχιστη πυκνότητα  $dx$ . Στο εσωτερικό αυτής της επιφάνειας περιέχονται  $dn$  σωματίδια που απορροφούν, στα οποία αντιστοιχεί μια περιοχή όπου εγκλωβίζονται φωτόνια. Αυτό σημαίνει ότι μόλις ένα φωτόνιο πλησιάσει μια τέτοια περιοχή, αμέσως θα έχουμε απορρόφηση ακτινοβολίας.

Η συνολική προβαλλόμενη περιοχή αυτών των υποπεριοχών που εγκλωβίζουν φωτόνια ορίζεται ως  $dS$ . Η αναλογία αυτής της περιοχής σε σχέση με την συνολική επιφάνεια είναι  $dS/S$ .

Η ενέργεια της δέσμης ( $P_x$ ) που εισέρχεται στο υλικό είναι ανάλογη με τον αριθμό των φωτονίων ανά τετραγωνικό εκατοστό ανά δευτερόλεπτο, και  $dP_x$  αναπαριστά την ποσότητα που εξέρχεται ανά δευτερόλεπτο από τη διατομή.

Άρα, το κλάσμα που απορροφάται είναι  $dP_x / P_x$  και ισούται με την μέση πιθανότητα εγκλωβισμού φωτονίων. Συνεπώς:

$$-dP_x / P_x = dS/S$$

Το πρόσημο υποδηλώνει ότι το  $P$  μειώνεται.

Το  $dS$  δίνεται από τη σχέση:  $dS = a n d$

Από τις παραπάνω σχέσεις, έχουμε, μετά από ολοκλήρωση:

$$-\ln(P/P_0) = an / S$$

η οποία τελικά καταλήγει ύστερα από απλοποιήσεις μονάδων σε

$$A = -\log(P_0/P) \text{ νόμος του BEER.}$$

Ο παραδοσιακός τρόπος για τη μελέτη της φασματοσκοπίας απορρόφησης στην περιοχή της συχνότητας είναι η ομαλή μεταβολή της συχνότητας ή του μήκους κύματος μιας προσπίπτουσας ακτίνας (π.χ. με την περιστροφή ενός πρίσματος), και η καταγραφή των συχνοτήτων που απορροφώνται. Το φως διαδίδεται μέσω ενός δείγματος και το ποσό της απορρόφησης εξαρτάται από το μήκος του δείγματος ( $l$ ), και τη συγκέντρωση του απορροφητή ( $c$ ), σύμφωνα με τον τύπο

$$I = I_0 \exp(- a l c)$$

όπου  $I_0$  είναι η ένταση της προσπίπτουσας ακτίνας και το  $I$  είναι η ένταση της ανακλώμενης ακτίνας. Η προσπίπτουσα ακτίνα συνήθως χωρίζεται στα δύο έτσι ώστε μια ακτίνα μπορεί να θεωρηθεί ως αναφορά, και το  $I$  και  $I_0$  να μετριοούνται από κοινού. Η παραπάνω έκφραση καλείται νόμος των Beer - Lambert, και το  $a$  είναι ο συντελεστής απορρόφησης.

Όταν μια ροή φωτονίων συναντά ένα υπόστρωμα με μια μεταβολή του δείκτη διάθλασης, κάποια από αυτά ανακλώνται και κάποια διαθλούνται μέσα στο υπόστρωμα. Όλα τα υλικά έχουν ένα σύνθετο δείκτη διάθλασης:

$$M = n - jK \text{ (eqn 1a)}$$

Όπου  $n$  είναι ο σύνθετος δείκτης διάθλασης,  $n$  είναι το πραγματικό μέρος του δείκτη,  $j = (-1)^{1/2}$ , και  $K$  είναι το φανταστικό μέρος του δείκτη διάθλασης, που μερικές φορές ονομάζεται συντελεστής αποσβέσεως.

Όταν τα φωτόνια εισάγονται σε ένα απορροφητικό μέσο, απορροφούνται, όπως είπαμε, σύμφωνα με το Νόμο του Beer,

Ο συντελεστής απορρόφησης συνδέεται με τον σύνθετο δείκτη διάθλασης με την εξίσωση:

$$K = 4 K \pi / \text{Lambda}, \text{ (eqn 1c)}$$

Όπου  $\text{Lambda}$  είναι το μήκος κύματος του φωτός. Η αντανάκλαση του φωτός,  $R$ , συνηθισμένο φαινόμενο σε επιφάνεια αεροπλάνου περιγράφεται από την εξίσωση Fresnel:

$$R = [ (n - 1)^2 + K^2 ] / [ (n + 1)^2 + K^2 ]. \text{ (eqn 1d)}$$

Σε άλλες γωνίες εκτός από τις φυσιολογικές, ο συντελεστής ανάκλασης είναι μια πολύπλοκη τριγωνομετρική λειτουργία που αφορά την κατεύθυνση πόλωσης της προσπίπτουσας δέσμης.

Υπάρχουν δύο γενικές διαδικασίες που προκαλούν ζώνες απορρόφησης στο φάσμα των υλικών, οι ηλεκτρονικές και οι παλμικές. Ο Burns (1993) εξετάζει τις λεπτομέρειες των ηλεκτρονικών διαδικασιών και ο Farmer (1974) καλύπτει τις παλμικές.

#### **Ηλεκτρονικές διαδικασίες:**

Απομονωμένα άτομα και ιόντα έχουν διακριτές ενεργειακές καταστάσεις. Η απορρόφηση φωτονίων από ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος προκαλεί μια αλλαγή από μία ενεργειακή κατάσταση σε μία υψηλότερη. Η εκπομπή φωτονίων εκδηλώνεται ως αποτέλεσμα της αλλαγής από μια ενεργειακή κατάσταση σε μια άλλη χαμηλότερης. Όταν ένα φωτόνιο απορροφάται δεν εκπέμπεται συνήθως στο ίδιο μήκος κύματος. Για παράδειγμα, μπορεί να προκαλέσει θέρμανση του υλικού, με αποτέλεσμα εκπομπή γκρι-σώματος σε μεγαλύτερα μήκη κύματος.

Σε ένα στερεό, τα ηλεκτρόνια μπορούν να μοιράζονται μεταξύ των επιμέρους ατόμων. Το επίπεδο ενέργειας των κοινόχρηστων ηλεκτρονίων μπορεί να θολώσει πάνω από μια σειρά αξιών που ονομάζεται «ενεργειακές ζώνες».

Ανάλογα με την ακτινοβολία παρατήρησης και τον τρόπο μέτρησης, υπάρχουν οι εξής μέθοδοι φασματοσκοπίας:

- **Φθορισμού**
- **Ακτίνων Χ**
- **Φλογοφωτομετρία**
- **Ατομικής Εκπομπής**
- **Ατομικής Απορρόφησης**
- **Υπέρυθρη**
- **Πυρηνική μαγνητική φασματοσκοπία συντονισμού κ.ά.**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

### 2.1 ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Σύμφωνα με το Σβορόκιν (1960), τα εδάφη της περιοχής είναι αλλουβιακές αποθέσεις με ίχνη παλαιάς αλκαλικότητας και ανυψωμένη στάθμη υπογείων υδάτων. Το μητρικό υλικό είναι αλλουβιακές αποθέσεις της τελευταίας Πλειστοκαίνου περιόδου πάχους 6,5 m που αποτέθηκαν πάνω στο Πλειόκαινο. Το υλικό εναποτέθηκε πριν από 42.000 – 27.000 χρόνια και παραμένει στην επιφάνεια ακόμη και σήμερα. Οι κλιματικές αλλαγές, η τεκτονική δραστηριότητα και οι ανθρώπινες επεμβάσεις επέδρασαν στο τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής, ενώ η καταστροφή των δασών που άρχισε πριν 7.000 χρόνια και συνεχίστηκε μέχρι τη Ρωμαϊκή περίοδο, επηρέασε σημαντικά τη διαμόρφωση της περιοχής. Το σημερινό πεδίο πλημμυρών του Πηνειού ποταμού βρίσκεται 5-15m κάτω από το παλιό πεδίο πλημμυρών το οποίο ήταν ενεργό στην τελευταία Πλειστόκαινο περίοδο και σε μικρότερες περιοχές στην αρχική Ολόκαινο περίοδο. Ο Πηνειός, πριν φθάσει στο Θεσσαλικό πεδίο, διασχίζει περιοχές όπου επικρατούν πετρώματα όπως περιδοτίτης, διαβάσης, πυροξενίτης, σερπεντίνης, φλύσχης και ασβεστόλιθος. Στο βόρειο μέρος της περιοχής υπάρχει ο ποταμός Ξηριάς, του οποίου η σημερινή κοίτη βρίσκεται ψηλότερα από τον Πηνειό ποταμό. Οι αποθέσεις του είναι περισσότερο χονδρόκοκκες απ' ό τι του Πηνειού λόγω της μεγάλης ταχύτητας του νερού. Κατά την πορεία του ο Ξηριάς διασχίζει διάφορες λιθολογικές ενότητες, όπως γνεύσιο, ασβεστόλιθο, σχιστόλιθο, αμφιβολίτη και κερατόλιθο.

Στην περιοχή της Θεσσαλίας, μελετήθηκαν εδαφοτομές των περιοχών Πλατανούλια, Δαφνοσπηλιά, Λόφος και Ελευθεροχώρι. Στην περιοχή Πλατανούλια, αλλουβιακές αποθέσεις επικαλύπτουν την περιοχή οι οποίες προέρχονται κυρίως από ασβεστολίθους. Στην περιοχή της Δαφνοσπηλιάς, τα εδάφη σχηματίστηκαν επάνω σε αλλουβιακές αποθέσεις του ποταμού Ξηριάς οι οποίες προέρχονται κυρίως από ασβεστολίθους και βασικά πυριγενή πετρώματα. Στη θέση δειγματοληψίας, χαρακτηριστική ήταν η ύπαρξη μεγάλου ορεινού όγκου κόκκινου κερατόλιθου. Στην περιοχή Λόφος, στο

βόρειο μέρος του Θεσσαλικού κάμπου, τα εδάφη σχηματίστηκαν πάνω σε αλλουβιακές αποθέσεις που προέρχονται από σχιστογενέσιο – κροκαλοπαγή και τέλος στην περιοχή Ελευθεροχώρι, τα εδάφη σχηματίστηκαν πάνω σε αλλουβιακές αποθέσεις που προέρχονται από γνεύσιο.

## 2.2 ΑΓΡΙΝΙΟ

Η προς μελέτη περιοχή τοποθετείται σε γεωγραφικό πλάτος μεταξύ 38° 33' και 38° 41'. Σύμφωνα με τους Κοσμάς κ.ά. (1996) η περιοχή της πεδιάδας του Αγρινίου ανήκει στην Αδριατικό-Ιόνιο ζώνη και χαρακτηρίζεται από πρόσφατες αλλουβιακές αποθέσεις πλειστοκαίνου ηλικίας και νεώτερες. Τα υλικά αυτά μεταφέρθηκαν κυρίως από τους ποταμούς Αχελώο και Ερμίσα και άλλους χείμαρρους όπως ο “Κατουρλής”.

Ο ποταμός Αχελώος πηγάζει από τα όρη Λάκμωνος και Περιστερί νότια και νοτιοδυτικά του Μετσόβου. Διέρχεται μεταξύ των Οροσειρών Λάκμωνος, τα Τσουμέρικα και την Πίνδο. Από το όρος Γαβρόβου εισέρχεται στην περιοχή Αιτωλίας, στην επαρχία Βάλτου και αφού τελικά διασχίσει μια ολική διαδρομή 250 περίπου χιλιομέτρων εκβάλλει στο Ιόνιο πέλαγος, δυτικά του Μεσολογγίου.

Οι τρεις κύριοι παραπόταμοι του Αχελώου είναι ο Ασπροπόταμος (μήκους 148 χιλ.), ο Αγραφιώτης (μήκους 46 χιλ.) και ο Μέγδοβας (μήκους 90 χιλ.) οι οποίοι αποτελούν την ανώτερη λεκάνη απορροής του Αχελώου και συμβάλλουν στην τεχνητή λίμνη των Κρεμαστών. Κατά την πορεία του ο Αχελώος διασχίζει κυρίως τις γεωλογικές ζώνες Ολωνού-Πίνδου στο βόρειο τμήμα και την Αδριατικο-Ιόνιο ζώνη που αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης απορροής. Η ζώνη Ολωνού-Πίνδου αντιπροσωπεύεται από τεφρολεύκους ασβεστόλιθους που εγκλείουν κερατολιθικούς κονδύλους και σχιστοκερατόλιθους ερυθρού ή πρασίνου χρώματος, που απαντούν σε λεπτά εναλλασσόμενα στρώματα με λεπτές παρεμβολές δολομιτικών ασβεστολίθων.

Η Αδριατικο-Ιόνιος ζώνη αποτέλεσε μια βαθιά σχετικά αύλακα με συνεχή ιζηματογένεση από το Τριαδικό μέχρι το Ηώκαινο κυρίως ανθρακικών πετρωμάτων. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί από τους παλαιότερους στους νεώτερους σχηματισμούς έχει ως εξής: Ασβεστόλιθοι με κερατόλιθους

(Παλαιοκαίνου), ασβεστόλιθοι (Ολιγοκαίνου), μεγάλου πάχους φλύσχης στο ανατολικό τμήμα της ζώνης και μικρότερου πάχους, αλλά με περισσότερα ανθρακικά στο δυτικό τμήμα (Μειοκαίνου) και κροκαλοπαγή, μάργες, αλλουβιακές και λιμναίες αποθέσεις (Πλειστοκαίνου).

Ο Φλύσχης αποτελείται από μεγάλο πάχους λασπόλιθους (mudstones), ιλυόλιθους (siltstones), ψαμμίτες (sandstones) και κροκαλοπαγή (conglomerates). Τα λεπτά στρώματα λασπολίθων εναλλάσσονται με σκληρούς, πολύ λεπτόκοκκους υλιολίθους. Λεπτά αποστρωγγυλεμένα χαλίκια ασβεστόλιθων απαντούν στους λασπόλιθους και στα κροκαλοπαγή. Οι ψαμμίτες είναι συνήθως λεπτόκοκκοι μέχρι μέσης κοκκομετρικής σύστασης, αλλά και χονδρόκοκοι ψαμμίτες δεν είναι ασυνήθιστοι. Στα συστατικά των ψαμμιτών περιλαμβάνονται χαλαζίας, μαρμαρυγίες, κερατόλιθοι και ασβεστόλιθος.

Από απόψεως τοπογραφικής διαμόρφωσης η λεκάνη του Αχελώου βρίσκεται σε μια από τις πλέον απόκρημνες περιοχές της Ελλάδος, με υψομετρική διαφορά περισσότερο από 300μ. μεταξύ βαθιών κοιλάδων και παρακειμένων κορυφογραμμών. Μια τέτοια διαμόρφωση έχει σαν αποτέλεσμα την έντονη διαβρωτική ενέργεια των υδάτων απορροής στις ορεινές περιοχές και την ταχύτερη πρόσχωση των κοιλάδων εκεί που οι κλίσεις περιορίζονται.

Οι θέσεις δειγματοληψίας βρίσκονται σε δύο αλλουβιακούς αναβαθμούς (ταράτσες) με υψομετρική διαφορά περίπου 20 m. Στον αλλουβιακό αναβαθμό της περιοχής Αγ. Ιωάννης, τα εδάφη σχηματίστηκαν από φερτά υλικά του χειμάρρου 'Ερμίσα', ενώ στον κατώτερο αλλουβιακό αναβαθμό στη θέση 'Βαρεμεναίικα' τα εδάφη σχηματίστηκαν πάνω σε αλλουβιακές αποθέσεις κυρίως του Αχελώου ποταμού.

## **2.3 ΑΧΑΙΑ**

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο βόρειο-δυτικό τμήμα της Πελοποννήσου και συγκεκριμένα σε γεωγραφικό πλάτος μεταξύ 38° 04' και 38° 05' και γεωγραφικό μήκος μεταξύ 21° 43' και 21° 45'.

Το ανάγλυφο της περιοχής είναι ελαφρώς επικλινές και ελαφρώς κυματοειδές κατά τις ισοϋψείς. Τα εδάφη έχουν σχηματισθεί σε παλαιές αλλουβιακές αποθέσεις που αποτέθηκαν κυρίως από τα πλημμυρικά νερά του ποταμού Πείρου που διασχίζει την περιοχή και οι οποίες έχουν διαβρωθεί σημαντικά στο παρελθόν. Η περιοχή ανήκει στη Γεωτεκτονική ζώνη Ολωνού – Πίνδου από όπου προκύπτει ότι τα εδάφη αυτής της περιοχής σχηματίσθηκαν κυρίως σε ασβεστόλιθο και φλύσχη. Η γεωμορφολογία της περιοχής έχει έντονα επηρεασθεί από τη διάβρωση και διακρίνονται δύο κυρίως τύποι γεωμορφών: παλαιοί αλλουβιακοί αναβαθμοί και πρόσφατα αλλουβιακά πεδία. Οι παλαιοί αλλουβιακοί αναβαθμοί είναι η επικρατέστερη γεωμορφή, ενώ τα πρόσφατα αλλουβιακά πεδία αποτελούν μία στενή λωρίδα κατά μήκος του ποταμού Πείρου.

## **2.4 ΙΩΑΝΝΙΝΑ**

Τα κυριότερα μορφολογικά χαρακτηριστικά του νομού Ιωαννίνων είναι οι ψηλές επιμήκεις οροσειρές και οι στενές κοιλάδες. Το συγκεκριμένο μορφολογικό ανάγλυφο οφείλεται αφενός στη γεωλογική και τεκτονική δομή της περιοχής και αφετέρου στη λιθολογική αντίθεση που υπάρχει μεταξύ των ασβεστολιθικών και των αργιλοψαμμιτικών πετρωμάτων του φλύσχη.

Γεωλογικά, οι οροσειρές είναι κυρίως αντίκλινα, που αποτελούνται από ασβεστόλιθους, ενώ οι κοιλάδες είναι σύγκλινα, που αποτελούνται από φλύσχη. Στο βορειοδυτικό τμήμα του νομού, από τα ελληνοαλβανικά σύνορα, αρχίζει η οροσειρά της Πίνδου με τον Γράμμο (2.520 μ.), η οποία συνεχίζεται στα νότια με τα όρη Σμόλικας (2.637 μ.), Βασιλίτσα (2.249 μ.), Μαυροβούνι (2.160 μ.) και μετά το Μέτσοβο, έως τη νότια Πίνδο, με τον Λάκμο (Περιστέρι, 2.295 μ.) και τα Αθαμανικά όρη (Τζουμέρκα, 2.469 μ.). Δυτικά της Πίνδου σχηματίζονται τρεις οροσειρές, που διασχίζουν την περιοχή με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ: η πρώτη σχηματίζεται από τα όρη Δούσκος (Μερόπη, 2.198 μ.), του οποίου το βόρειο τμήμα βρίσκεται στο αλβανικό έδαφος, Τύμφη (Γκαμήλα, 2.497 μ.) και Μπισικέλι (1.810 μ.), η δεύτερη οροσειρά, που υψώνεται δυτικότερα της προηγούμενης και αρχίζει από τα ελληνοαλβανικά σύνορα, σχηματίζεται από τα όρη Μακρύκαμπος (1.672 μ.),

Κασιδιάρης (1.329 μ.), τα όρη Κουρέντων (1.172 μ.) και Τόμαρο (Ολύτσικα, 1.816 μ.), η τρίτη, που αρχίζει επίσης από τα ελληνοαλβανικά σύνορα και εκτείνεται στα σύνορα των νομών Ιωαννίνων - Θεσπρωτίας, αποτελείται από τα όρη Τσαμαντά (Μουργκάνα, 1.806 μ.) και συνεχίζεται με τα όρη του Σουλίου (1.615 μ.).

Οι πεδινές περιοχές του νομού είναι ασήμαντες, αφού καταλαμβάνουν μόνο το 3,3% της ολικής επιφάνειας. Ανάμεσα στις οροσειρές, όμως, δημιουργούνται οροπέδια, στα οποία έχουν αναπτυχθεί οι σπουδαιότεροι οικισμοί. Το σημαντικότερο είναι το οροπέδιο των Ιωαννίνων, στα δυτικά του κεντρικού τμήματος του Μπισικελίου, με μέσο υψόμετρο 470 μ. Στο κέντρο του κλειστού αυτού οροπεδίου σχηματίζεται η λίμνη των Ιωαννίνων. Το οροπέδιο Πέντε Αλώνια βρίσκεται στο ανατολικό - κεντρικό τμήμα του νομού κοντά στο Μέτσοβο. Τον νομό Ιωαννίνων, εκτός από το οροπέδιο των Ιωαννίνων, διαρρέουν ποταμοί πλούσιοι σε νερά και με σχετικά ομοιόμορφη παροχή, γεγονός που οφείλεται στις πολλές βροχοπτώσεις και στην τροφοδοσία τους από καρστικές πηγές. Οι κοιλάδες των ποταμών έχουν και αυτές τη χαρακτηριστική διεύθυνση των οροσειρών, ενώ σε ορισμένες θέσεις κατευθύνονται εγκάρσια προς αυτές, ακολουθώντας συνήθως τεκτονικές γραμμές. Στα βόρεια του Μετσόβου πηγάζει ο Αώος, ο οποίος διαρρέει την κοιλάδα μεταξύ Τύμφης και Σμόλικα, δέχεται στα ελληνοαλβανικά σύνορα τα νερά του Σαρανταπόρου και ρέει ύστερα στο αλβανικό έδαφος. Ανάμεσα στο Μπισικέλι και στον Κασιδιάρη ρέει ο Καλαμάς (Θύαμις), ο οποίος στα νότια του Κασιδιάρη στρέφεται προς τα δυτικά, ρέει εγκάρσια προς τις οροσειρές και μπαίνει στον νομό Θεσπρωτίας. Ο Αχέροντας τροφοδοτείται από τα νερά της λεκάνης του Σουλίου, ο Λούρος πηγάζει από τον Τόμαρο και εκβάλλει στον Αμβρακικό και ο Άραχθος πηγάζει από τον Τόμαρο και εκβάλλει επίσης στον Αμβρακικό (Ήπειρος, Ζαγόρι).

## **2.5 KOZANH**

Το ανάγλυφο του νομού διαμορφώνεται από τρεις επιμήκεις οροσειρές με διεύθυνση από βορειοδυτικά προς νοτιανατολικά. Η δυτική οροσειρά σχηματίζεται από το όρος Βόιο, το μεγαλύτερο μέρος του οποίου βρίσκεται στον νομό Καστοριάς. Στο κεντρικό τμήμα του νομού, εκτείνεται η οροσειρά



που σχηματίζουν τα όρη Σινιάτσικο ή Άσκιο (2.111 μ.) προς βόρεια και Βούρινος (1.866 μ.) στα νότια. Το Σινιάτσικο, το οποίο αποτελεί τη νότια προέκταση του Βέρνου, είναι στο μεγαλύτερο τμήμα του γυμνό, λόγω της γεωλογικής του κατασκευής (αποτελείται, σχεδόν αποκλειστικά, από κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους). Μόνο λίγα δάση αναπτύσσονται στο βόρειο τμήμα του, κοντά στα σύνορα με τον νομό Καστοριάς, όπου εμφανίζονται πετρώματα του παλαιοζωικού αιώνα. Ο Βούρινος αποτελεί τη νότια προέκταση του Σινιάτσικου.

Γεωλογικά, αποτελείται κυρίως από σερπεντινωμένους περιδοτίτες και λιγότερο από κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους. Στους περιδοτίτες συγκαταλέγονται και τα σπουδαιότερα κοιτάσματα χρωμίτη της Ελλάδας, καθώς επίσης αμίαντος και λευκόλιθος (μαγνησίτης). Μεταξύ Βούρινου και Σινιάτσικου δημιουργείται χαμηλός αυχέννας, τον οποίο διασχίζει ο δρόμος Κοζάνης-Σιάτιστας.

Ανάμεσα στις οροσειρές Βοΐου και Σινιάτσικου-Βούρινου σχηματίζεται ένα οροπέδιο, τμήμα του μεγάλου οροπεδίου που ξεκινά από τη Θεσσαλία (Μετέωρα) και φτάνει έως την Καστοριά και βορειότερα. Τα πετρώματα που συναντώνται εδώ, εντελώς διαφορετικά από τα πετρώματα των οροσειρών, αποτελούνται από μάργες, κροκαλοπαγή, ψαμμίτες κλπ. όλα αυτά αποτέθηκαν στον βυθό της παλιάς θάλασσας, η οποία ονομάζεται υπεραιγαία αύλαξ. Ο γεωλογικός σχηματισμός που συγκροτείται από το σύνολο αυτών των αποθέσεων καλείται φόλασσα. Στα ανατολικά του νομού υψώνεται το Βέρμιο, η νότια προέκταση του Βόρα. Το μεγαλύτερο τμήμα του Βερμίου καθώς και η ψηλότερη κορυφή του (Τσανακτσή, 2.052 μ.) βρίσκονται στον νομό Ημαθίας. Στην περιοχή του νομού Κοζάνης βρίσκονται οι κορυφές (από τα Β προς τα Ν) Μπουρίκα (1.613 μ.), Ζυγάνα (1.620μ.), Γκιώνα (1.759μ.), Κόκκινη Μαγούλα (1.458 μ.), Φλάμπουρο (1.512μ.) και Αγκάθι (1.650μ.). Στην περιοχή νότια του Βερμίου υψώνονται τα Πιέρια (2.190μ.) και νοτιότερα ακόμα ο Τίταρος (1.839 μ.), το μεγαλύτερο μέρος του οποίου ανήκει στον νομό Λαρίσης. Στο νοτιότερο τμήμα του νομού υψώνονται τα Καμβούνια. Μεταξύ των οροσειρών Βερμίου και Σινιάτσικου - Βούρινου εκτείνεται το οροπέδιο Κοζάνης - Πτολεμαΐδας, μέσου ύψους 70μ., το οποίο συνεχίζεται στα βόρεια, στη λεκάνη Φλώρινας - Μοναστηρίου. Στη λεκάνη Κοζάνης - Πτολεμαΐδας αποτέθηκαν κατά το τριτογενές τεράστιες ποσότητες

φυτικών υλών, οι οποίες στη συνέχεια μετατράπηκαν σε λιγνίτη. Η Πτολεμαΐδα αποτελεί το μεγαλύτερο λιγνιτοφόρο κέντρο της χώρας. Βασικό υδρογραφικό στοιχείο του νομού είναι ο Αλιάκμονας, ο οποίος διαρρέει ολόκληρο τον νομό, συγκεντρώνοντας τα νερά των δύο οροπεδίων μέσω των παραποτάμων του, από τους οποίους σπουδαιότεροι είναι ο Πραμορίτσας και ο Ντραμπουτιώτικος.

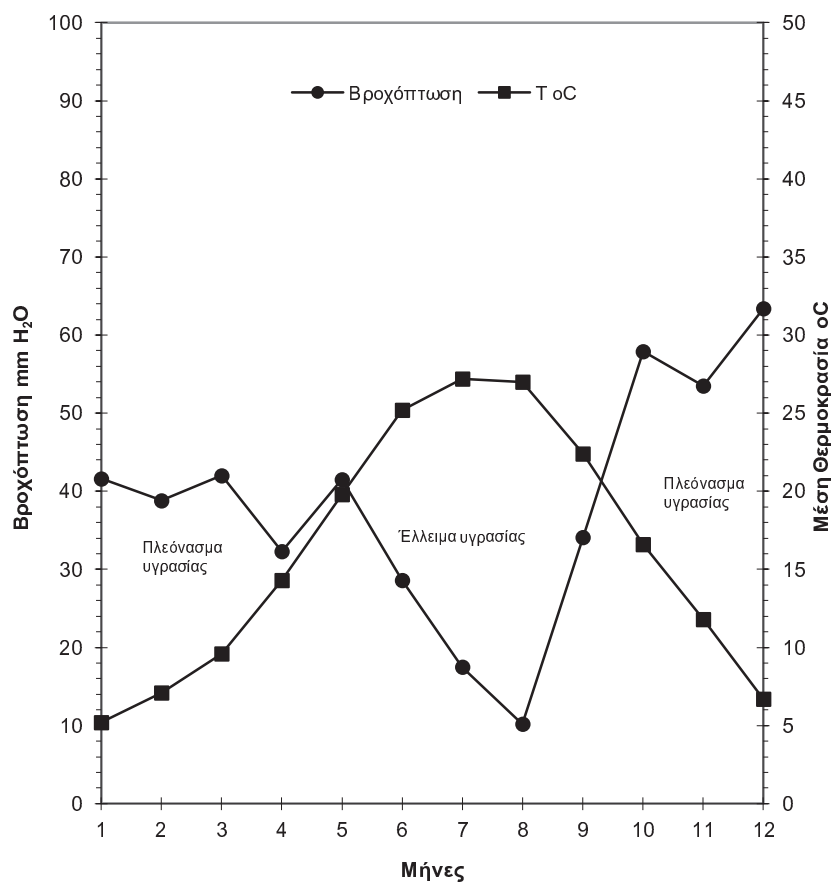
## **2.6 ΦΛΩΡΙΝΑ**

Η πεδιάδα της Φλώρινας περιβάλλεται από τρεις σημαντικούς ορεινούς όγκους. Τα βουνά Βαρνούντα, Βέρνον και Βόρας. Στο ΒΔ τμήμα της περιοχής στα σύνορα με τα Σκόπια Βαρνούντα ή Περιστέρι με υψόμετρο 2334 m (κορυφή Όρουζα) βουνού Περιστέρι Μοναστηρίου. Στο ΝΔ τμήμα της με το νομό Καστοριάς βρίσκεται το όρος Βέρνον με υψόμετρο 2.128m (κορυφή Βίτσι). Αποτελεί τη νοτιοανατολική συνέχεια του βουνού, χωρίζονται από τη διάβαση του Πισόδεργμου. Στο Βέρνο υπάρχουν πολλές πηγές και πλούσια βλάστηση από οξιές και βελανιδιές. Στο ΒΑ τμήμα της περιοχής βρίσκεται το όρος Βόρας, γνωστό ως Καϊμακτσαλάν, το οποίο είναι το τρίτο ψηλότερο βουνό της Ελλάδας με υψόμετρο 2524 m.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: ΚΛΙΜΑ

### 3.1 ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Σύμφωνα με το σύστημα Bagnoules-Gaussen, το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται σαν Μέσο-μεσογειακό με έντονη θερινή ξηρή περίοδο (Εικ. 4.1) Σύμφωνα με το κλιματικό διάγραμμα Emberger το βιοκλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως ημίξηρο (semiarid) με ψυχρό χειμώνα. Η ετήσια βροχόπτωση στην περιοχή κυμαίνεται μεταξύ 450 έως 550 mm με ένα μέγιστο κατά τους μήνες Οκτώβριο – Δεκέμβριο. Το ένα τρίτο της ετήσιας βροχόπτωσης πέφτει το καλοκαίρι όπου τα φαινόμενα πολλές φορές είναι έντονα. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 16,1 °C ενώ η θερμοκρασία για τους μήνες Δεκέμβριο έως Μάρτιο είναι μικρότερη από 10 °C. Ο Ιανουάριος αποτελεί τον πιο κρύο μήνα του έτους με μέση θερμοκρασία 5,2 °C. Ο χειμώνας συχνά διακόπτεται κατά τη διάρκεια των «αλκυονίδων» ημερών,



#### **Εικ.4.1. Ξηροθερμικό διάγραμμα Bagnoules-Gausсен της περιοχής Λάρισας**

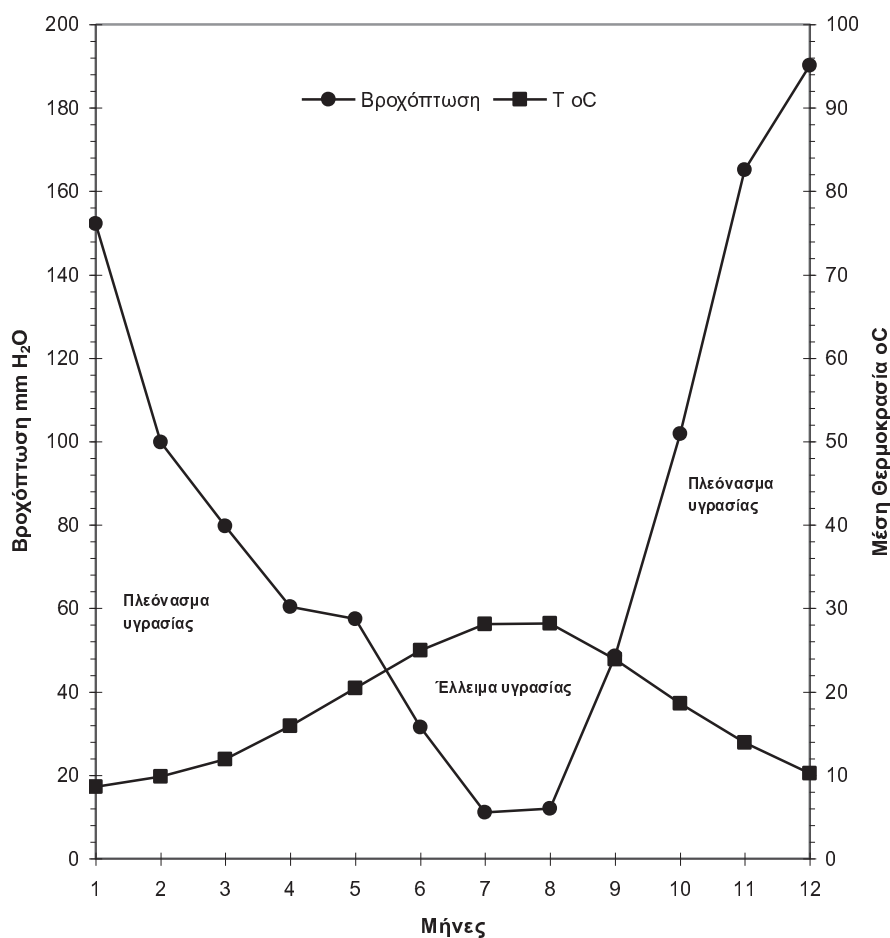
καθώς σε όλη την περιοχή επικρατούν χαρακτηριστικές υψηλές βαρομετρικές πιέσεις.

Ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι οι πιο θερμοί μήνες με έντονη ηλιοφάνεια και ξηρασία, ενώ η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται περίπου στους 27 °C. Στον Πίν.4.1 φαίνονται τα μετεωρολογικά δεδομένα για την περιοχή όπως αυτά καταγράφηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό της Λάρισας για την περίοδο από 1961-1985. Σύμφωνα με το Soil Taxonomy, το καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας ορίζεται ως *thermic*. Ταξινομείται σε αυτό το καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας επειδή η μέση θερμοκρασία εδάφους σε βάθος 50cm από την επιφάνεια του εδάφους είναι μεταξύ 15 °C και 22 °C (17,1 °C) και η διαφορά μεταξύ μέσης χειμερινής θερμοκρασίας εδάφους (6,2° C) και μέσης θερινής θερμοκρασίας εδάφους (27,1° C) είναι μεγαλύτερη από 5 °C. Η μέση ετήσια σχετική υγρασία είναι 66,3 % με μέγιστη τιμή 83% και ελάχιστη τιμή 45%. Ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής, σύμφωνα με τη μέθοδο Thornthwaite φθάνει ένα μέγιστο (171mm) το μήνα Ιούλιο. Σύμφωνα με το Soil Taxonomy, το καθεστώς εδαφικής υγρασίας της περιοχής χαρακτηρίζεται σαν "Xeric"(Εικ. 4.4).

### **3.2 ΑΓΡΙΝΙΟ**

Σύμφωνα με το σύστημα Bagnoules-Gausсен, το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται σαν Μέσο-μεσογειακό με έντονη θερινή ξηρή περίοδο και σχετικά ήπιο και υγρό χειμώνα (Εικ.4.2). Σύμφωνα με το κλιματικό διάγραμμα Emberger, το βιοκλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως ύφυγρο (subhumid) με ήπιο χειμώνα. Οι βροχοπτώσεις είναι αρκετά μεγάλες, αλλά όχι ομοιόμορφα κατανεμημένες. Κατά τη διάρκεια του έτους, το χιόνι είναι σχεδόν ανύπαρκτο. Στον Πίν.4.2 φαίνονται τα μετεωρολογικά δεδομένα για την περιοχή όπως αυτά καταγράφηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό του Αγρινίου για τις περιόδους από 1931-1940 και 1947-1970. Η μέση χειμερινή θερμοκρασία είναι 9,5 °C, ενώ η μέση θερινή θερμοκρασία είναι 27,1 °C και η μέση ετήσια

θερμοκρασία 17,9 °C. Με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά θερμοκρασίας και σύμφωνα με το Soil Taxonomy το καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας της περιοχής ορίζεται σαν *thermic*. Ταξινομείται σε αυτό το καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας επειδή η μέση θερμοκρασία εδάφους σε βάθος 50cm από την επιφάνεια του εδάφους είναι μεταξύ 15 °C και 22 °C (18,9 °C) και η διαφορά μεταξύ μέσης χειμερινής θερμοκρασίας εδάφους (7,6° C) και μέσης θερινής θερμοκρασίας εδάφους (26,5° C) είναι μεγαλύτερη από 5 °C. Η απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία, για τους χειμερινούς μήνες είναι -7,3° C (Ιανουάριος) και για τους θερινούς μήνες 9,2 °C (Ιούνιος), ενώ η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία είναι 24,9 °C και 44,8 °C αντίστοιχα. Κατά τους χειμερινούς μήνες, νωρίς την άνοιξη και αργά το φθινόπωρο, σημειώνεται πάχνη με σχετικά μικρή συχνότητα. Από την ολική ετήσια βροχόπτωση (1010 mm), 442 mm ή 43% της ολικής βροχής συνήθως παρατηρείται τον χειμώνα, ενώ 221 mm, ή 22.8% εμφανίζεται από τον Απρίλιο μέχρι και το Σεπτέμβριο.



## **Εικ.4.2. Ξηροθερμικό διάγραμμα Bagnoules-Gaussen της περιοχής Αγρινίου**

Με βάση τη μέση μηνιαία θερμοκρασία και βροχόπτωση υπολογίσθηκε η εξατμοδιαπνοή της περιοχής με τη μέθοδο Thornthwaite και το έλλειμμα εδαφικής υγρασίας για ένα τυπικό έδαφος της περιοχής. Σύμφωνα με το Soil Taxonomy, το καθεστώς εδαφικής υγρασίας της περιοχής χαρακτηρίζεται σαν "Xeric" (Εικ.4.5), εφόσον φυσικά δεν λαμβάνεται υπόψη η παρουσία του υπογείου ύδατος. Χαρακτηρίζεται σαν *Xeric*, επειδή το τμήμα ελέγχου της εδαφικής υγρασίας είναι ξηρό σε όλα τα τμήματα για περισσότερο από 45 συνεχείς ημέρες μέσα στους τέσσερις μήνες που ακολουθούν το θερινό ηλιοστάσιο. Κατά την περίοδο του χειμώνα, λόγω του μεγάλου ύψους των βροχοπτώσεων και της χαμηλής εξατμισοδιαπνοής, εμπλουτίζεται ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας στα κακώς αποστραγγιζόμενα εδάφη και ανέρχεται η στάθμη μέχρι και την επιφάνεια του εδάφους. Η κατάκλιση αυτή των εδαφών επιτείνεται λόγω της παρουσίας του υδροφόρου ορίζοντα σε μικρό σχετικά βάθος (>45cm) κατά την θερινή περίοδο που εμπλουτίζεται από την άρδευση σε ορισμένες περιοχές.

### **3.3 ΑΧΑΙΑ**

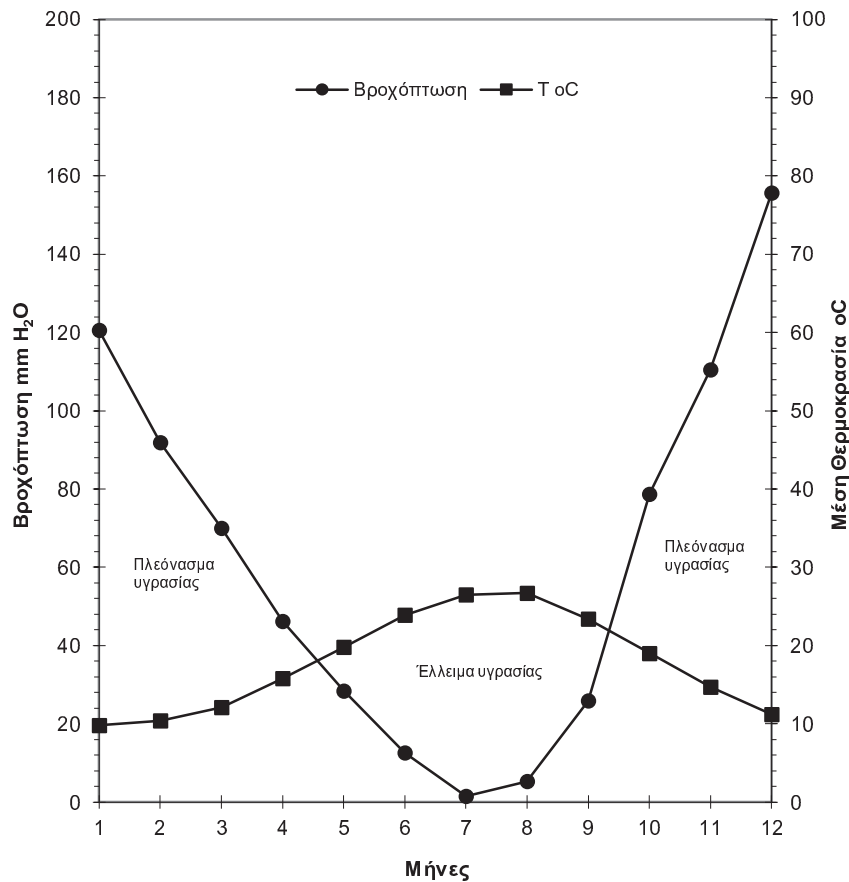
Σύμφωνα με το σύστημα Bagnoules-Gaussen, το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται σαν θερμο-μεσογειακό με ασθενή θερινή ξηρή περίοδο και σχετικά ήπιο και υγρό χειμώνα (Εικ.....). Σύμφωνα με το κλιματικό διάγραμμα Emberger, το βιοκλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως

ύφυγρο

(subhumid)

με

ήπιο



**Εικ.4.2. Ξηροθερμικό διάγραμμα Bagnoules-Gausсен της περιοχής Αγρινίου**

χειμώνα. Οι βροχοπτώσεις δεν κατανέμονται ομοιόμορφα στη διάρκεια του έτους και εμφανίζουν ένα μέγιστο κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Κατά τη διάρκεια του έτους, το χιόνι είναι σχεδόν ανύπαρκτο. Στον Πιν.4.3. φαίνονται τα μετεωρολογικά δεδομένα για την περιοχή όπως αυτά καταγράφηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό της Πάτρας για τις περιόδους από 1931-1940 και 1947-1970.

Η μέση χειμερινή θερμοκρασία είναι 10,5 °C, ενώ η μέση θερινή θερμοκρασία είναι 25,7 °C και η μέση ετήσια θερμοκρασία 17,8 °C. Με βάση τα πιο πάνω χαρακτηριστικά θερμοκρασίας και σύμφωνα με το Soil Taxonomy, το καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας της περιοχής ορίζεται σαν *thermic*. Ταξινομείται σε αυτό το καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας επειδή η μέση θερμοκρασία εδάφους σε βάθος 50 cm από την επιφάνεια του εδάφους

είναι μεταξύ 15 °C και 22 °C (18,8 °C) και η διαφορά μεταξύ μέσης χειμερινής θερμοκρασίας εδάφους (8,7° C) και μέσης θερινής θερμοκρασίας εδάφους (27,5° C) είναι μεγαλύτερη από 5 °C. Η απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία, για τους χειμερινούς μήνες είναι -6,4° C (Δεκέμβριος) και για τους θερινούς μήνες 8,3 °C (Ιούνιος), ενώ η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία είναι 25,3 °C και 40,0 °C αντίστοιχα. Από τη συνολική ετήσια βροχόπτωση (747,3 mm), 368 mm ή 49,2% της ολικής βροχόπτωσης συνήθως παρατηρείται το χειμώνα, ενώ 119 mm, ή 16% εμφανίζεται από τον Απρίλιο μέχρι το Σεπτέμβριο. Με βάση τη μέση μηνιαία θερμοκρασία και βροχόπτωση υπολογίσθηκε η εξατμοδιαπνοή της περιοχής με τη μέθοδο Thornthwaite και το έλλειμμα εδαφικής υγρασίας για ένα τυπικό έδαφος της περιοχής. Σύμφωνα με το Soil Taxonomy, το καθεστώς εδαφικής υγρασίας της περιοχής χαρακτηρίζεται σαν "Xeric" (Εικ. 4.6), εφόσον φυσικά δεν λαμβάνεται υπόψη η παρουσία του υπογείου ύδατος. Χαρακτηρίζεται σαν *Xeric*, επειδή το τμήμα ελέγχου της εδαφικής υγρασίας είναι ξηρό σε όλα τα τμήματα για περισσότερο από 45 συνεχείς ημέρες μέσα στους τέσσερις μήνες που ακολουθούν το θερινό ηλιοστάσιο.

### **3.4 ΙΩΑΝΝΙΝΑ**

Το κλίμα του νομού Ιωαννίνων έχει τα χαρακτηριστικά του κλίματος του εσωτερικού της Ηπείρου, ηπειρωτικό, υγρό και τραχύ. Οι κλιματολογικές συνθήκες επηρεάζονται από το ανάγλυφο του εδάφους, με αποτέλεσμα στα ορεινά να επικρατούν κατά τη διάρκεια του χειμώνα χαμηλές θερμοκρασίες. Η περιοχή χαρακτηρίζεται για τις έντονες βροχοπτώσεις, που θεωρούνται από τις μεγαλύτερες στην Ελλάδα.

Στα Ιωάννινα η μέση θερμοκρασία του Ιανουαρίου είναι 6,1°C και η απολύτως ελάχιστη έχει φθάσει τους - 9,9 °C, ενώ το καλοκαίρι έχει ανέβει στους 40°C. Οι βροχοπτώσεις είναι μεγάλες, κυμαινόμενες, μεταξύ 1000-1200 χλστ. στα χαμηλά, έως 2000 χλστ. στα ορεινά. Μεγάλη επίσης είναι η νέφωση.

### **3.5 ΚΟΖΑΝΗ**

Περικλεισμένη από βουνά, η περιοχή του νομού Κοζάνης βρίσκεται παντελώς αποκλεισμένη από τη θάλασσα και από οποιαδήποτε επίδραση θα



μπορούσε αυτή να της ασκήσει. Γι' αυτό, το κλίμα είναι καθαρά ηπειρωτικό και το χαρακτηρίζουν μεγάλο ετήσιο θερμομετρικό εύρος (υπερβαίνει τους 22°C) πολύ χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη χειμερινή εποχή και σχετικά υψηλές κατά την καλοκαιρινή, συχνοί παγετοί, ομοιόμορφη μάλλον κατανομή της βροχής κατά τους διάφορους μήνες και συχνό χιόνι. Η θερμοκρασία του αέρα παρουσιάζει απλή ετήσια πορεία. Ο παγετός, δηλαδή η πτώση της θερμοκρασίας υπό το μηδέν, είναι σύνηθες φαινόμενο της ψυχρής εποχής, που κάποιες φορές μάλιστα διαρκεί ολόκληρη την ημέρα. Οι ελάχιστες θερμοκρασίες κατεβαίνουν συχνά υπό τους -10°C (στις 19 Φεβρουαρίου 1921 έφτασε -19°C). Στη διάρκεια της θερμής εποχής η θερμοκρασία αγγίζει και υπερβαίνει τους 40°C. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι άνεμοι, μικρής κυρίως έντασης, φτάνουν θερμοί στην περιοχή, καθώς αυτή είναι αποκλεισμένη από τη θάλασσα. Το ημερήσιο θερμομετρικό εύρος, που τον χειμώνα είναι μικρό, το καλοκαίρι υπερβαίνει τους 10°C. Η μέση σχετική υγρασία του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 65 και 70 βαθμών της υγρομετρικής κλίμακας. Η μέση ετήσια τιμή της νέφωσης είναι 4,8 (κλίμακα 1-10), δηλαδή ο νομός είναι από τις πιο νεφελώδεις περιοχές της χώρας. Κατά μέσο όρο, 90 ημέρες του έτους είναι αίθριες και 77 νεφοσκεπείς. Η βροχή κατανέμεται μάλλον ομοιόμορφα, κατά τη διάρκεια του έτους, έτσι ώστε ουσιαστικά δεν υπάρχει ξηρή εποχή, αφού οι ξηρότεροι μήνες, Ιούλιος και Αύγουστος, παρουσιάζουν ύψη βροχής, αντίστοιχα 38,1 και 24,6 χιλιοστά.

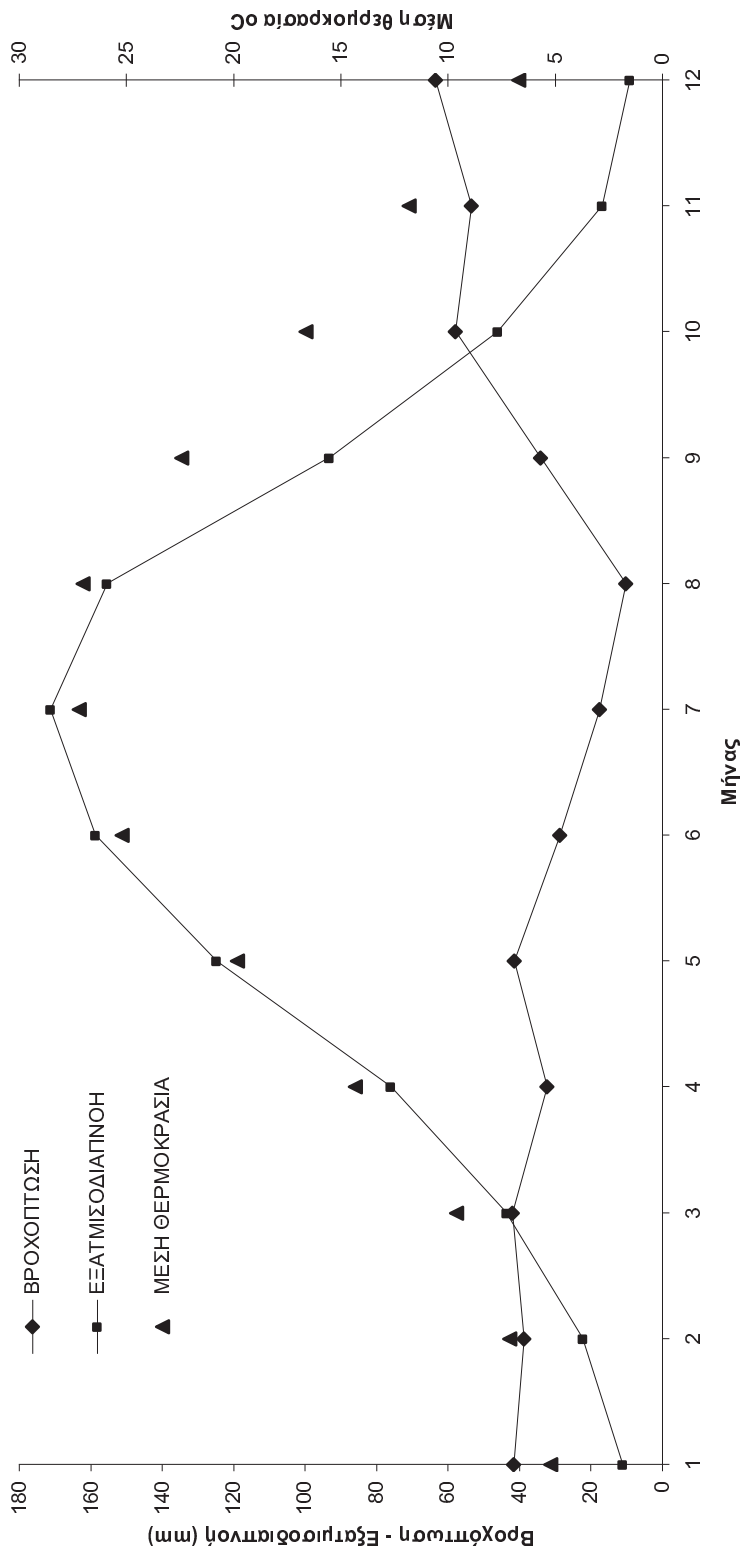
Μικρά σχετικά ύψη βροχής εμφανίζονται από τον Ιανουάριο έως τον Μάρτιο, αλλά αυτό οφείλεται στη συχνότητα του χιονιού, το οποίο αποτελεί συνηθισμένο φαινόμενο από τον Οκτώβριο μέχρι τον Μάιο. Τα πρώτα χιόνια εμφανίζονται στα βουνά μερικές φορές από τα μέσα Σεπτεμβρίου, ενώ τα τελευταία υποχωρούν στις αρχές Ιουνίου. Το χαλάζι παρουσιάζει σχετικά μεγάλη συχνότητα κατά τους μήνες Απρίλιο - Ιούνιο, δηλαδή την περίοδο που δημιουργούνται οι θερμικές καταιγίδες. Άνεμοι επικρατούν, γενικά, του βόρειου τομέα, και εκτός από τους γενικούς ανέμους, σε πολλές περιοχές του νομού σχηματίζονται και οι αύρες των ορέων και των κοιλάδων.

### 3.6 ΦΛΩΡΙΝΑ

Το κλίμα επηρεάζεται από τη γεωγραφική και υψομετρική θέση της περιοχής, σε συνδυασμό με τους μεγάλους ορεινούς όγκους και την παρουσία των λιμνών στις Πρέσπες και στην περιοχή του Αμυνταίου. Το κλίμα είναι καθαρά ηπειρωτικό, με ψυχρούς χειμώνες, πολλές βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις και μέση ετήσια θερμοκρασία 11,5° C, αν και υπάρχει αισθητή διαφορά μεταξύ των τριών υψιπέδων. Η παρουσία των λιμνών επηρεάζει θετικά το μικροκλίμα των γειτονικών τους περιοχών, προσφέροντας ηπιότερες συνθήκες κατά τη διάρκεια του χειμώνα, αν και κατά μεγάλες περιόδους ολικού παγετού οι μικρότερες λίμνες παγώνουν.

Πίν.4.1. Μηνιαία μετεωρολογικά δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού Λάρισας. Μέσοι όροι μετρήσεων κατά την περίοδο 1961-1985 (Ε.Μ.Υ).

Μήνας	Ύψος βροχής ( mm )	Θερμοκρασία αέρα C°				Μέση σχ. υγρασία αέρα (%)		Αριθμός ημερών δρόσου	Αριθμός ημερών πάχνης	Μέση εξαμισοδιαπνοή (mm)
		Μέγιστη απόλυτη	Ελάχιστη απόλυτη	Μέση Μέγιστη	Μέση Ελάχιστη	Μέση	Μέση			
Ιαν	41,6	21,0	-11,8	9,7	0,7	5,2	81	-	-	11,2
Φεβ	38,8	24,0	-9,5	12,5	1,6	7,1	76	-	-	22,2
Μαρ	42	31,8	-7	15	3,4	9,6	73	-	-	43,6
Απρ	32,3	31,8	-2,6	20,1	6,5	14,3	69	-	-	76,1
Μαι	41,5	38,5	3,1	25,8	10,9	19,8	63	-	-	124,7
Ιουν	28,6	41,8	7,0	31,1	15,2	25,2	51	-	-	158,6
Ιουλ	17,5	45	10,6	33,7	17,9	27,2	45	-	-	171,3
Αυγ	10,2	45	10,6	33,3	17,5	27	47	-	-	155,5
Σεπ	34,1	40	6,0	28,8	14,1	22,4	58	-	-	93,3
Οκτ	57,9	36,6	0,3	22,6	10,2	16,6	70	-	-	46,1
Νοε	53,5	26	-6,0	16,6	6,4	11,8	80	-	-	16,8
Δεκ	63,4	22,6	-14,0	11,3	2,2	6,7	83	-	-	9,2
Σύνολο ή μέσοι όροι	461,4	45,0	-14,0	21,7	8,9	16,1	66,3	-	-	928,6



R = αποθήκευση εδαφικού νερού  
 U = κατανάλωση εδαφικού νερού

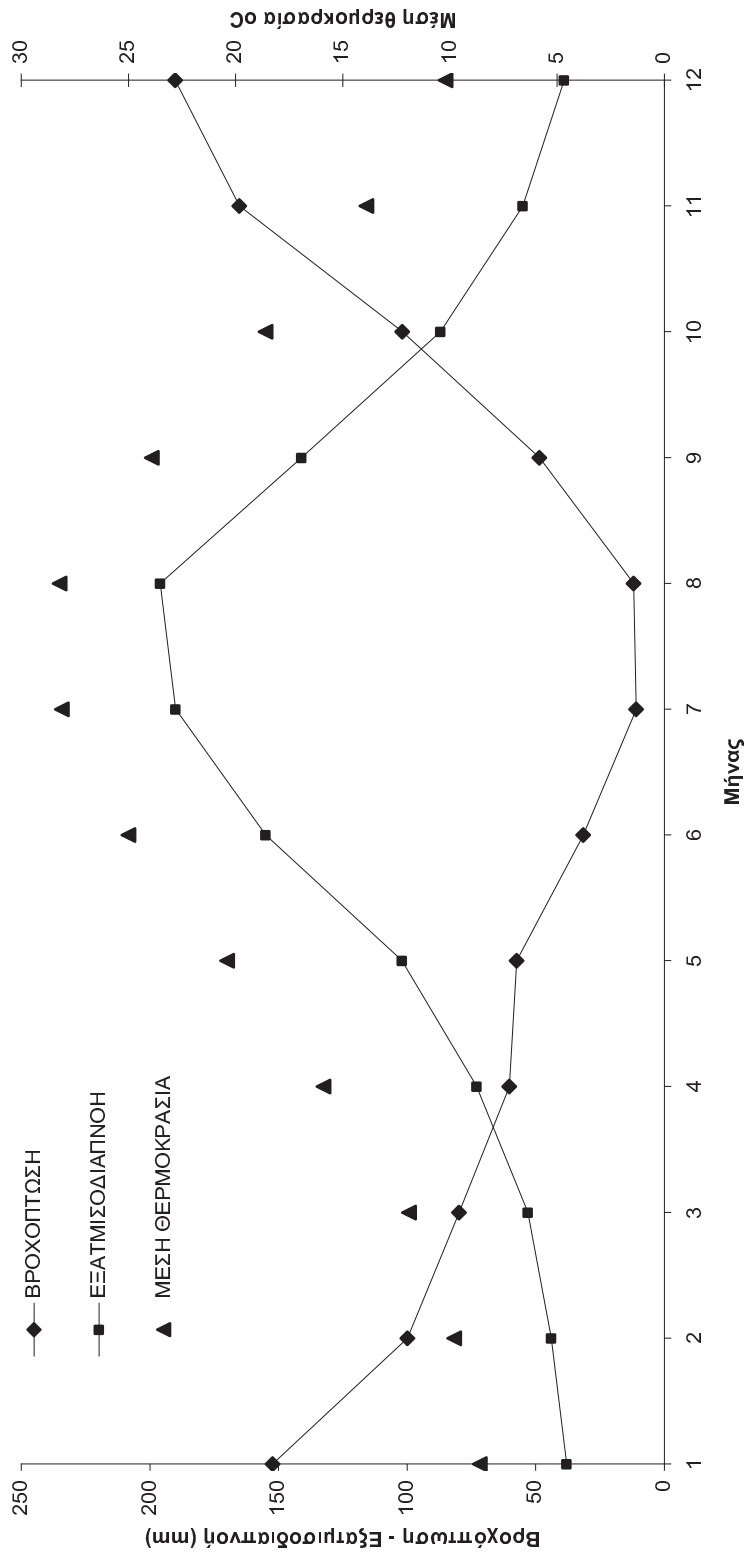
S = περίσσεια εδαφικού νερού  
 D = έλλειψη εδαφικού νερού

Εικ. 4.4. Κλιματικά δεδομένα και ισοζύγιο εδαφικού νερού για τα εδάφη της περιοχής Θεσσαλίας.

Πίν.4.2. Μηνιαία μετεωρολογικά δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού Αγρινίου. Μέσοι όροι μετρήσεων και περιόδων 1936-1942 και 1952-1975 (Ε.Μ.Υ).

Μήνας	Ύψος βροχής ( mm )	Θερμοκρασία αέρα C°				Μέση ελάχιστη	Μέση ελάχιστη	Μέση υγρασία αέρα (%)	Αριθμός ημερών δρόσου	Αριθμός ημερών πάχνης	Μέση εξαμυσοδιαπνοή (mm) <sup>1</sup>
		Μέγιστη απόλυτη	Ελάχιστη απόλυτη	Μέση Μέγιστη	Μέση						
Ιαν	152,3	21,0	-7,3	13,3	3,8	8,6	77	4,3	4,5	38	
Φεβ	99,8	23,6	-5,0	14,7	4,5	9,8	73	5,5	3,2	44	
Μαρ	79,8	30,6	-2,6	16,8	6,2	11,9	70	7,6	1,1	53	
Απρ	60,3	32,0	0,1	21,1	9,2	15,9	67	8,7	0,1	73	
Μαι	57,4	38,6	3,8	25,9	12,9	28,4	64	7,5	0	102	
Ιουν	31,5	40,4	9,2	30,6	16,3	25,0	58	4,3	0	155	
Ιουλ	11,0	43,5	11,5	34,1	18,4	28,1	52	1,9	0	190	
Αυγ	12,0	44,8	11,2	34,5	18,7	28,2	52	2,1	0	196	
Σεπ	48,6	39,4	6,5	30,3	16,0	23,9	61	6,4	0	141	
Οκτ	101,9	36,4	2,0	24,5	12,5	18,6	71	9,5	0,03	87	
Νοε	165,2	26,8	-3,0	19,3	8,9	13,9	79	10,1	1,1	55	
Δεκ	190,1	24,9	-5,0	14,8	5,9	10,2	79	4,7	3,3	39	
Σύνολο ή μέσοι όροι	1109,9	44,8	-7,3	23,3	11,1	17,977	67	72,6	13,33	1173	

1. Τιμές από Παπαδάκης, 1985.



R = αποθήκευση εδαφικού νερού  
 U = κατανάλωση εδαφικού νερού

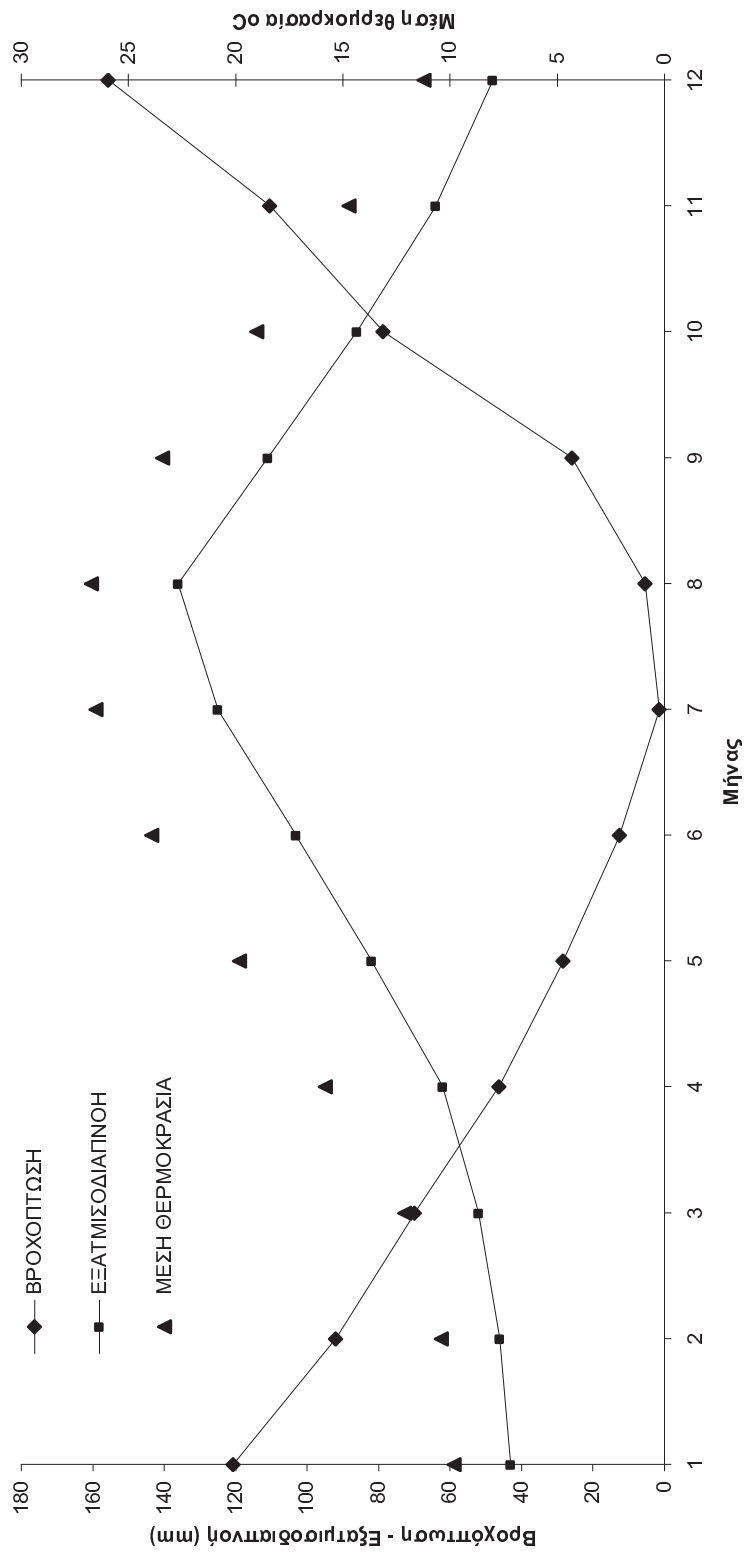
S = περίσσεια εδαφικού νερού  
 D = έλλειψη εδαφικού νερού

Εικ. 4.5 Κλιματικά δεδομένα και ισοζύγιο εδαφικού νερού για τα εδάφη της περιοχής Αγρινίου

Πίν. 4.3 Μηνιαία μετεωρολογικά δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού Πάτρας. Μέσοι όροι μετρήσεων και περιόδων 1936-1942 και 1952-1975 (Ε.Μ.Υ).

Μήνας	Ύψος βροχής ( mm )	Θερμοκρασία αέρα C°				Μέση σχ. υγρασία αέρα (%)		Αριθμός ημερών δρόσου	Αριθμός ημερών πάχνης	Μέση εξατμισοδιαπνοή (mm) <sup>1</sup>
		Μέγιστη απόλυτη	Ελάχιστη απόλυτη	Μέση Μέγιστη	Μέση ελάχιστη	Μέση	Μέση			
Ιαν	120,6	24,0	-4,5	14,3	5,4	9,8	75	13,0	1,8	43
Φεβ	91,9	25,3	-5,0	15,0	5,5	10,4	71	14,6	0,7	46
Μαρ	70,0	31,0	-2,7	16,6	6,4	12,1	68	17,7	0,4	52
Απρ	46,2	33,6	0,5	19,9	9,3	15,8	68	17,9	0	62
Μια	28,4	36,0	3,2	23,9	12,5	19,8	65	22,0	0	82
Ιουν	12,6	37,8	8,3	27,6	15,6	23,9	63	22,8	0	103
Ιουλ	1,5	38,7	11,5	30,3	17,8	26,5	60	22,4	0	125
Αυγ	5,3	40,0	10,5	31,1	17,9	26,7	60	23,0	0	136
Σεπ	25,9	40,3	7,8	28,3	15,5	23,4	65	24,1	0	111
Οκτ	78,7	34,5	2,6	24,3	12,7	19,0	69	21,2	0	86
Νοε	110,5	30,6	-4,4	20,1	9,7	14,7	73	15,4	0,3	64
Δεκ	155,7	24,6	-6,4	16,1	6,8	11,2	73	12,8	1,0	48
Σύνολο ή μέσοι όροι	747,3	40,3	-6,4	22,3	11,3	17,8	67	226,3	4,3	958

1. Τιμές από Παπαδάκης, 1985.



R = αποθήκευση εδαφικού νερού  
 U = κατανάλωση εδαφικού νερού

S = περίσσεια εδαφικού νερού  
 D = έλλειψη εδαφικού νερού

Εικ. 4.6 Κλιματικά δεδομένα και ισοζύγιο εδαφικού νερού για τα εδάφη της περιοχής Πάτρας



### 3.7 Κοζάνη

Το κλίμα της περιοχής είναι ηπειρωτικό, με ψυχρούς και ξηρούς χειμώνες και θερμά καλοκαίρια.

Μήνας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Έτος
Μέση Υψηλή Θερμοκρασία °C	6	8	11	17	20	25	29	27	25	18	13	6	17
Υψηλότερη καταγεγραμμένη θερμοκρασία °C	18	18	21	27	30	36	37	35	31	27	25	16	37
Μέση Χαμηλή Θερμοκρασία °C	-1	0	1	6	10	13	16	16	13	8	4	0	7
Χαμηλότερη καταγεγραμμένη θερμοκρασία °C	-16	-8	-11	-5	2	7	11	7	7	-2	-5	-12	-16

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΑΣΜΑΤΟΣ**

Γενικά με τον όρο φάσμα χαρακτηρίζεται κάθε τι που φαίνεται. Επίσης πολλές φορές αποδίδεται και με την έννοια ενός συνόλου γεγονότων, θεωριών, αιτημάτων κ.λπ.

Ειδικότερα, στην οπτική χαρακτηρίζεται το οπτικό φαινόμενο που προκύπτει κατά την αποσύνθεση ή ανάλυση μιας φωτεινής δέσμης στα επιμέρους συστατικά μήκη κύματος (ή χρώματα) αυτής, δηλαδή του φωτός. Η ανάλυση αυτή που λέγεται επίσης και χρωματική διασπορά του φωτός, επιτυγχάνεται με πρίσματα και γενικά με συστήματα διάθλασης του φωτός, οφείλεται δε στο γεγονός ότι, το διαθλαστικό σώμα (μέσον) παρουσιάζει διαφορετικό δείκτη διάθλασης στα διάφορα μήκη κύματος του φωτός. Έτσι, οι φωτεινές ακτίνες που έχουν μεγάλο μήκος κύματος είναι και οι λιγότερο εκτρεπόμενες.

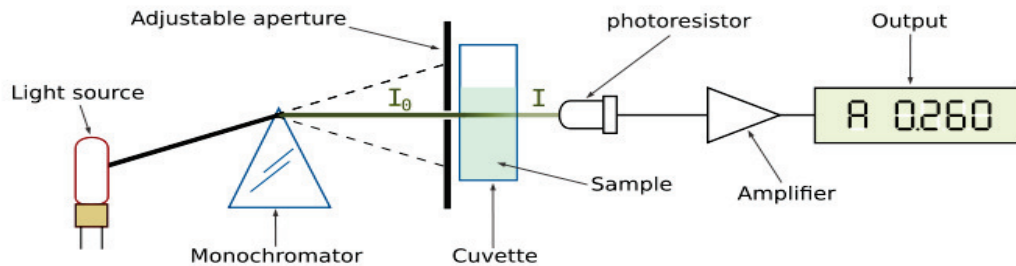
### **4.1 Φασματοφωτόμετρο**

Το φασματοφωτόμετρο είναι όργανο το οποίο μετρά την ένταση μιας επιλεγμένης συχνότητας ακτινοβολίας. Χρησιμοποιείται κυρίως στην Αναλυτική χημεία, αλλά και σε άλλες θετικές επιστήμες (αστρονομία, φυσική κλπ).

#### **4.1.1 Αρχή λειτουργίας φασματοφωτόμετρου**

Σε ότι αφορά την αναλυτική χημεία το φασματοφωτόμετρο είναι εξέλιξη του χρωματοφωτομέτρου. Το πρώτο τμήμα του φασματοφωτόμετρου, αποτελείται από την πηγή παραγωγής ακτινοβολίας. Το δεύτερο τμήμα είναι αυτό που διαχωρίζει το επιθυμητό μήκος κύματος (συχνότητα) από τα υπόλοιπα που παράγει η πηγή, παρέχοντας έτσι στο τρίτο μέρος μονοχρωματική ακτινοβολία. Το τρίτο είναι αυτό που τοποθετείται το προς μέτρηση δείγμα και το τελευταίο

είναι ο μετρητής της ακτινοβολίας που τελικά "περνά" (δεν απορροφάται) από το δείγμα.



Καθώς τα φωτόνια εισέρχονται σε ένα ορυκτό, κάποια από αυτά αντανακλώνται από τους κόκκους επιφάνειας, κάποια περνούν μέσα από τους κόκκους, και κάποια απορροφούνται. Αυτά τα φωτόνια που αντανακλώνται από κόκκους επιφάνειας λέγονται διάσπαρτα. Διάσπαρτα φωτόνια μπορούν να συναντήσουν κάποιους άλλους κόκκους ή να σκεδάσουν μακριά από την επιφάνεια, ώστε να μπορούν να ανιχνεύονται και μετρώνται. Φωτόνια μπορούν επίσης να προέρχονται από μια επιφάνεια, μια διαδικασία που ονομάζεται εκπομπή. Όλες οι φυσικές επιφάνειες εκπέμπουν φωτόνια όταν βρίσκονται πάνω από απόλυτο μηδέν. Τα εκπεμπόμενα φωτόνια υπόκεινται στους ίδιους φυσικούς νόμους της ανάκλασης, διάθλασης και απορρόφησης στην οποία υπόκεινται και τα προσπίπτοντα φωτόνια.

Τα φωτόνια απορροφώνται σε ορυκτά από διάφορες διεργασίες. Η ποικιλία των διαδικασιών απορρόφησης και εξάρτησης του μήκους κύματός τους μας επιτρέπει να αντλούμε πληροφορίες για τη χημεία των ορυκτών από το αντικατοπτριζόμενο ή εκπεμπόμενο φως. Το ανθρώπινο μάτι είναι ένα πρόχειρο φασματομέτρο ανάκλασης: μπορούμε να κοιτάξουμε μια επιφάνεια και να δούμε χρώμα. Τα μάτια και ο εγκέφαλος μας επεξεργάζονται την εξαρτώμενη από το μήκος κύματος σκέδαση των φωτονίων του ορατού φωτός για να αποκαλύψει κάτι για αυτό που παρατηρούμε, όπως το κόκκινο χρώμα του αιματίτη. Ένας σύγχρονος φασματογράφος, ωστόσο, μπορεί να μετρήσει λεπτότερες

λεπτομέρειες πάνω από ένα ευρύτερο πεδίο μήκους κύματος και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Έτσι, ένα φασματοόμετρο μπορεί να μετρήσει απορροφήσεις με περισσότερες διεργασίες απ' ό,τι μπορεί να δει το μάτι.

#### **Όροι φασματοσκοπίας:**

Υπάρχουν τέσσερις γενικοί παράμετροι που περιγράφουν την ικανότητα ενός φασματογράφου: το φασματικό εύρος, το φασματικό εύρος ζώνης, η φασματική δειγματοληψία, και ο λόγος σήματος προς θόρυβο (S/N). Το φασματικό εύρος είναι σημαντικό για να καλύψει αρκετές διαγνωστικές φασματικές απορροφήσεις για να λύσουμε ένα επιθυμητό πρόβλημα. Υπάρχουν γενικά φασματικά εύρη που είναι σε κοινή χρήση, κάθε ένα ελέγχεται από τεχνολογία ανίχνευσης: α) υπεριώδεις (UV): 0,001 έως 0,4  $\mu\text{m}$ , β) ορατό: 0,4 έως 0,7  $\mu\text{m}$ , γ) κοντά στην υπέρυθρη ακτινοβολία (NIR): 0,7 έως 3,0  $\mu\text{m}$ , δ) μέσα της υπέρυθρης ακτινοβολίας (MIR): 3,0 έως 30  $\mu\text{m}$ , και ε) μακριά από την υπέρυθρη ακτινοβολία (FIR): 30  $\mu\text{m}$  έως 1mm.

Το εύρος ζώνης φάσματος είναι το πλάτος ενός μεμονωμένου φασματικού καναλιού του φασματογράφου. Όσο πιο στενό είναι το εύρος ζώνης φάσματος, τόσο μικρότερο είναι το χαρακτηριστικό απορρόφησης που θα μετρηθεί με ακρίβεια από το φασματοφωτόμετρο, εάν ληφθούν αρκετά γειτονικά δείγματα φάσματος.

Η φασματική δειγματοληψία είναι η απόσταση, σε μήκος κύματος μεταξύ των φασματικών προφίλ bandpass για κάθε κανάλι με το φασματοόμετρο ως συνάρτηση του μήκους κύματος. Η φασματική δειγματοληψία συχνά συγχέεται με την bandpass, με τις δύο να ισοπεδώνονται και να ονομάζονται ανάλυση. Η θεωρία των πληροφοριών μας λέει ότι για την επίλυση δύο φασματικών χαρακτηριστικών, πρέπει να έχουμε δύο δείγματα. Τα δείγματα πρέπει να είναι αρκετά κοντά μεταξύ τους για να μετρηθούν οι θέσεις των άκρων. Το θεώρημα Nyquist αναφέρει ότι η μέγιστη πληροφορία λαμβάνεται με δειγματοληψία στο ήμισυ του FWHM. Το σχέδιο του φασματογράφου, ωστόσο, ορισμένες φορές υπαγορεύει μια διαφορετική δειγματοληψία, και πολλά σύγχρονα φασματοόμετρα χρησιμοποιούν (π.χ. AVIRIS, VIMS) δείγμα στο μισό-Nyquist: το διάστημα δειγματοληψίας ισούται περίπου με το FWHM. Το AVIRIS σύστημα έχει

bandpass  $\sim 0,01 \mu\text{m}$  (10 n. m), μια δειγματοληψία των  $\sim 0,01 \mu\text{m}$ , και έτσι έχει μια φασματική ανάλυση των  $\sim 0,02 \mu\text{m}$  (20 n. m).

Τέλος, ένα φασματόμετρο θα πρέπει να μετρά το φάσμα με αρκετή ακρίβεια για να καταγράψει τις λεπτομέρειες του φάσματος. Ο λόγος σήματος προς θόρυβο (S/N) που απαιτείται για να επιλυθεί ένα συγκεκριμένο πρόβλημα θα εξαρτηθεί από την αντοχή των υπό μελέτη φασματικών χαρακτηριστικών. Ο S/N εξαρτάται από την ευαισθησία του ανιχνευτή, το εύρος ζώνης φάσματος, και την ένταση του φωτός που ανακλάται ή που εκπέμπεται από την επιφάνεια που θα μετρηθεί. Μερικά φασματικά χαρακτηριστικά είναι αρκετά ισχυρά και ένα σήμα προς θόρυβο μόνο 10 περίπου θα είναι επαρκές για να τα εντοπίσουμε, ενώ άλλα είναι αδύναμα, και ένας S/N από αρκετές εκατοντάδες (και περισσότερο) συχνά είναι αναγκαίος.

#### **4.1.2 Φασματοφωτόμετρο ορατού**

Η πιο απλή μορφή φασματοφωτόμετρου είναι το φασματοφωτόμετρο ορατού φάσματος (VIS από το Visible). Σε αυτό η πηγή είναι μια κοινή λάμπα πυράκτωσης. Το σύστημα διαχωρισμού είναι ένα κοινό πρίσμα ή συνηθέστερα ένα παραθλαστικό φράγμα το οποίο απομονώνει την επιθυμητή μονοχρωματική ακτινοβολία (μια συχνότητα ορατή σαν κόκκινο, πράσινο, κίτρινο κλπ φως). Η ακτινοβολία αυτή περνάει μέσα από μια κυψελίδα, δηλ. διαφανές άχρωμο δοχείο που περιέχει το προς εξέταση δείγμα και όσο φως δεν απορροφά το διάλυμα μετρείται από ένα κοινό φωτόμετρο που βρίσκεται από την απέναντι πλευρά της κυψελίδας.

#### **4.1.3 Φασματοφωτόμετρο υπεριώδους (UV)**

Η οργανολογία του είναι παρόμοια με αυτήν του ορατού. Οι διαφορές είναι δύο: Η πηγή είναι λυχνία Δευτερίου ή Ξένου (για να παράγει υπεριώδη ακτινοβολία) και όλα τα εξαρτήματα (πρίσμα, κυψελίδα κλπ) δεν είναι από γυαλί (το οποίο απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία) αλλά από χαλαζία. Ως όργανο

συνήθως εμπεριέχει και λυχνία πυράκτωσης ώστε να μπορεί να γίνουν μετρήσεις και στο ορατό φάσμα. Τότε αναφέρεται ως UV-VIS.

#### **4.1.4 Φασματοφωτόμετρο υπερύθρου (IR)**

Η οργανολογία του είναι παρόμοια με του ορατού. Οι διαφορές είναι στην κυψελίδα (επειδή δεν πρέπει να απορροφά υπέρυθη ακτινοβολία) είναι συνήθως από ανόργανα άλατα αλκαλίων και στον τρόπο μέτρησης, συνήθως λαμβάνεται φάσμα απορρόφησης και όχι απορρόφηση σε μια συγκεκριμένη συχνότητα. Χρησιμοποιείται πολύ στον προσδιορισμό της δομής των χημικών ενώσεων.

#### **4.1.5 Φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης (AAS)**

Σε αυτό η μονοχρωματική ακτινοβολία παράγεται από ειδικές λυχνίες για κάθε μετρούμενο μέταλλο (είναι εξειδικευμένη αναλυτική τεχνική για προσδιορισμό μετάλλων). Μέσα σε αυτές τις λυχνίες δημιουργείται ατμός του μετάλλου ο οποίος φωτοβολεί συγκεκριμένη συχνότητα. Το δείγμα αεριοποιείται με κάποιο τρόπο (είτε σε φούρνο γραφίτη, είτε με ψεκασμό σε φλόγα) και οι ατμοί του δείγματος μπαίνουν στην πορεία του παραγόμενου από την λυχνία μονοχρωματικού φωτός. Από εκεί απορροφούν μια ποσότητα φωτός ανάλογη της περιεκτικότητας του δείγματος προς το εξεταζόμενο μέταλλο, η οποία μετράται από τον μετρητή - φωτόμετρο.

## **4.2 Αρχή λειτουργίας φασματοφωτομετρίας ορατού-υπεριώδους (UV-VIS)**

Κάποια μόρια όταν ακτινοβοληθούν, απορροφούν μέρος της ακτινοβολίας (στο εξής φως, αν και δεν είναι πάντα έτσι) και μάλιστα κάποια συγκεκριμένα μήκη κύματος (π.χ. η ροδαμίνη απορροφά γύρω στα 350nm με μέγιστο τα

363nm). Όσο περισσότερα μόρια υπάρχουν στην δέσμη του φωτός, τόσο περισσότερο φως απορροφάται. Άρα μετρώντας την διαφορά της ποσότητας του φωτός, με και χωρίς τα προς μέτρηση μόρια μπορούμε να εκτιμήσουμε την ποσότητα τους. Αυτό είναι που κάνουμε χωρίς όργανο (στην ουσία αντί για φασματοφωτόμετρο χρησιμοποιούμε τα μάτια μας) παρατηρώντας πόσο σκούρο είναι ένα διάλυμα χρωστικής. Σκούρο διάλυμα = πυκνό, ανοιχτόχρωμο = αραιό. Χρησιμοποιώντας μια σειρά πρότυπα διαλύματα π.χ. 1, 3, 5, 10 ppm μπορούμε να συγκρίνουμε ένα άγνωστο διάλυμα και να πούμε ότι αυτό είναι μεταξύ 3 και 5 ppm εφόσον η χρωματική του ένταση είναι μεταξύ του 2ου και 3ου προτύπου. Δεν μπορούμε όμως να πούμε ότι είναι 3,2 ή 4,0 ή 4,5 ppm γιατί απλά δεν μπορούμε να το εκτιμήσουμε. Αυτό γίνεται με το φασματοφωτόμετρο, το οποίο για κάθε πρότυπο δίνει ως αποτέλεσμα έναν αριθμό (το ποσοστό του φωτός που πέρασε (διαπερατότητα % (T% από το transmission) ή το λογάριθμο της ποσότητας του φωτός που απορροφήθηκε (ABS από το absorbance)) οπότε με απλούς μαθηματικούς υπολογισμούς μπορεί να εξαχθεί ακριβές αποτέλεσμα. Π.χ. έστω ότι τα πρότυπα διαλύματα παρουσίασαν απορροφήσεις 1ppm=0,08 3ppm=0,24 5ppm=0,40 10ppm=0,80 και του δείγματος=0,30. Τότε η περιεκτικότητα του δείγματος είναι 3,75ppm. Οι μετρήσεις γίνονται στο μήκος κύματος που παρουσιάζει την μέγιστη απορρόφηση η εξεταζόμενη ουσία, ώστε να περιοριστούν οι επιδράσεις από άλλες ουσίες που υπάρχουν στο ίδιο διάλυμα (και απορροφούν σε άλλα μήκη κύματος). Η φασματοφωτομετρία χρησιμοποιείται ευρέως και για ουσίες που απορροφούν στο υπεριώδες (π.χ. σορβικό οξύ), αλλά και για ουσίες που δεν έχουν χρωμοφόρες ομάδες στο μόριο τους (αόρατες), αλλά γίνονται ορατές μετά από σχετικές αντιδράσεις (π.χ. η προλίνη σχηματίζει πορτοκαλέρυθρο σύμπλοκο με την νινυδρίνη και έτσι μπορεί να μετρηθεί φασματοφωτομετρικά).

#### **4.2.1 Αποτελέσματα στον τομέα κρυστάλλων**

Η πιο κοινή ηλεκτρονική διαδικασία η οποία αποκαλύπτεται στο φάσμα των ανόργανων στοιχείων οφείλεται σε κενές θέσεις ηλεκτρονίων των στοιχείων

μετάπτωσης (Ni, Cr, Co, Fe, κλπ.). Ο σίδηρος είναι το πιο κοινό στοιχείο μετάπτωσης στα ορυκτά. Για όλα τα στοιχεία μετάπτωσης, οι d τροχιές έχουν την ίδια ενέργεια σε ένα απομονωμένο ιόν, αλλά τα επίπεδα ενέργειας μοιράζονται όταν το άτομο βρίσκεται σε έναν τομέα κρυστάλλου. Αυτή η διάσπαση των τροχιακών ενεργειακών καταστάσεων επιτρέπει στα ηλεκτρόνια να μετακινηθούν από ένα χαμηλότερο επίπεδο σε ένα υψηλότερο με την απορρόφηση ενός φωτονίου με ενέργεια ίση με την ενεργειακή διαφορά μεταξύ των καταστάσεων. Τα επίπεδα ενέργειας καθορίζονται από το σθένος του ατόμου (π.χ.  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ), τον αριθμό συντονισμού του και τη συμμετρία του χώρου που καταλαμβάνει. Τα επίπεδα επηρεάζονται επίσης από τον τύπο των συνδετών (ligands) που σχηματίζονται, το εύρος της στρέβλωσης του χώρου και την αξία της ενδοατομικής απόστασης μετάλλου-συνδέτη.

#### **4.2.2 Τα φάσματα από ανάμεικτα ορυκτά και υλικά**

Οργανικά υλικά έχουν βρεθεί σε όλη τη Γη και στο ηλιακό σύστημα. Οι οργανικές ουσίες μπορούν να είναι σημαντικές ενώσεις σε ορισμένα περιβαλλοντικά προβλήματα. Η θεμελιώδης C-H έκταση παρουσιάζεται κοντά στο 3,4  $\mu m$ , ο πρώτος απόηχος είναι κοντά στο 1,7  $\mu m$  και ο συνδυασμός ζώνης κοντά στο 2,3  $\mu m$ . Οι συνδυασμοί κοντά στο 2,3  $\mu m$  μπορεί μερικές φορές να συγχέονται με απορροφήσεις OH και ανθρακικού ασβεστίου σε ανόργανες ουσίες.

#### **4.2.3 Η ευαισθησία των ζωνών απορρόφησης στην κρυσταλλική δομή και στη χημεία**

Η φασματοσκοπία ανάκλασης δίνει πολύτιμες πληροφορίες για την ορυκτολογία. Σε πολλές περιπτώσεις η φασματοσκοπία είναι πολύ ευαίσθητη σε ανεπαίσθητες αλλαγές στην κρυσταλλική δομή ή στη χημεία. Αυτό οδήγησε σε σύγχυση στο παρελθόν όσον αφορά την αιτία και το αποτέλεσμα. Πιο πρόσφατα,



αυτή η ευαισθησία έχει αναγνωριστεί ως ένα πολύ ισχυρό μέσο για τη μελέτη της δομής και της σύνθεσης των ορυκτών.

Επειδή η φασματοσκοπία είναι ευαίσθητη σε τόσες πολλές διεργασίες, τα φάσματα μπορεί να είναι πολύ περίπλοκα. Παρόλα αυτά, όμως, εξαιτίας αυτής της ευαισθησίας η φασματοσκοπία έχει μεγάλες δυνατότητες ως μια συσκευή διαγνωστικού ελέγχου. Στη πραγματικότητα για ορισμένα υλικά, η φασματοσκοπία είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο για την ανίχνευση ορισμένων χημικών. Για παράδειγμα, κάθε στρώμα του στρωματοποιημένου πυριτικού απορροφά ακτινοβολία σχεδόν ανεξάρτητα από τους γείτονές του. Η απορρόφηση φωτονίων δεν εξαρτάται από το μεγαλύτερο εύρος κρυσταλλογραφικής διάταξης, όπως απαιτείται για να δώσει ξεχωριστά X-ray μοτίβα περίθλασης. Έτσι, πολλές διεργασίες, π.χ. η αφυδροξυλίωση του αργίλου, είναι ανιχνεύσιμη με φασματοσκοπία. Η φασματοσκοπία είναι πιο ευαίσθητη στην παρουσία των αργίλων, οξειδίων του σιδήρου, υδροξειδίων του σιδήρου, χαλαζία και άλλων ορυκτών με ισχυρές ζώνες απορρόφησης σε επίπεδα σημαντικά χαμηλότερα από ότι άλλες μέθοδοι, όπως η X-ray περίθλαση.

#### **4.2.4 Η διαδικασία σκέδασης**

Η σκέδαση είναι η διαδικασία που καθιστά τη φασματοσκοπία ανάκλασης δυνατή: τα φωτόνια εισέρχονται σε μια επιφάνεια, διασκορπίζονται μία ή περισσότερες φορές, και ενώ κάποια απορροφούνται, άλλα είναι διάσπαρτα από την επιφάνεια, ώστε να μπορέσουμε να τα δούμε και να τα εντοπίσουμε. Η σκέδαση μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως αποκρυπτογράφηση πληροφοριών. Οι πληροφορίες γίνονται πιο πολύπλοκες και επειδή η σκέδαση είναι μια μη-γραμμική επεξεργασία, η ανάκτηση των ποσοτικών πληροφοριών είναι πιο δύσκολη.

Στη μεταβίβαση, το φως περνάει μέσα από μια πλάκα υλικού. Υπάρχει ελάχιστη ή καθόλου σκέδαση (καθόλου στην ιδανική περίπτωση, αλλά πάντα υπάρχουν εσωτερικές ανακλάσεις από τις επιφάνειες του υποστρώματος). Η ανάλυση είναι σχετικά απλή. Η ανάκλαση της επιφάνειας των σωματιδίων,

ωστόσο, είναι πολύ πιο πολύπλοκη και η οπτική διαδρομή των φωτονίων είναι μια τυχαία διαδρομή. Σε κάθε κόκκο τα φωτόνια συναντιούνται, ένα ορισμένο ποσοστό από αυτά απορροφώνται. Αν ο κόκκος είναι φωτεινός, όπως ο κόκκος χαλαζία σε ορατά μήκη κύματος, τα περισσότερα φωτόνια είναι διάσπαρτα και η διαδικασία τυχαίας διαδρομής μπορεί να διαρκέσει για εκατοντάδες συναντήσεις. Εάν οι κόκκοι είναι σκοτεινοί, όπως ο μαγνητίτης, η πλειοψηφία των φωτονίων θα απορροφάται σε κάθε συνάντηση και ουσιαστικά όλα τα φωτόνια θα απορροφηθούν μέσα σε λίγες μόνο συναντήσεις.

Η διαδικασία της τυχαίας διαδρομής της σκέδασης των φωτονίων σε μια επιφάνεια βελτιώνει τα αδύναμα χαρακτηριστικά που συνήθως δεν παρατηρούνται στη διαπερατότητα, αυξάνοντας περαιτέρω τη φασματοσκοπία ανάκλασης ως ένα διαγνωστικό εργαλείο. Σκεφτείτε δύο ζώνες απορρόφησης διαφορετικών εντάσεων, όπως μια θεμελιώδη και μια αρμονική. Η πιο ισχυρή απορρόφηση θα διεισδύσει λιγότερο στην επιφάνεια, συναντώντας λιγότερους κόκκους επειδή τα φωτόνια απορροφώνται. Στα μήκη κύματος της ασθενέστερης απορρόφησης, λιγότερα φωτόνια απορροφώνται με κάθε συνάντηση με έναν κόκκο, έτσι ώστε η διαδικασία τυχαίας διαδρομής προχωρά περαιτέρω, αυξάνοντας το μήκος της μέσης διαδρομής των φωτονίων. Μεγαλύτερο μήκος διαδρομής θα οδηγήσει σε μεγαλύτερη απορρόφηση, ενισχύοντας έτσι την αδυναμία απορρόφησης σε ένα φάσμα ανάκλασης.

#### 4.2.5 Τα μείγματα

Ο πραγματικός κόσμος είναι ένα πολύπλοκο μείγμα υλικών. Γενικά, υπάρχουν 4 τύποι μειγμάτων:

**Γραμμικό μείγμα:** Τα υλικά στον τομέα της προβολής διαχωρίζονται οπτικά, έτσι ώστε να μην υπάρχει πολλαπλή σκέδαση μεταξύ των συστατικών. Το συνδυασμένο σήμα είναι απλά το άθροισμα των κλασματικών περιοχών, το φάσμα του κάθε συστατικού. Αυτό ονομάζεται και εδαφικό μείγμα.

**Ομοιογενές μείγμα:** Ένα ομοιογενές μείγμα παρουσιάζεται όταν διαφορετικά υλικά είναι σε στενή επαφή σε μια επιφάνεια σκέδασης, όπως οι

κόκκοι ορυκτών σε χώμα ή βράχους. Ανάλογα με τις οπτικές ιδιότητες του κάθε στοιχείου, το σήμα που προκύπτει είναι ένας εξαιρετικά μη-γραμμικός συνδυασμός των φασμάτων των τελικών μελών.

**Επιστρώσεις:** Επιστρώσεις συμβαίνουν όταν ένα υλικό καλύπτει το άλλο. Κάθε επίστρωση είναι ένα στρώμα διασποράς/μετάδοσης, του οποίου η οπτική πυκνότητα ποικίλλει ανάλογα με τις ιδιότητες υλικών και το μήκος κύματος.

**Μοριακά Μείγματα:** Μοριακά μείγματα συμβαίνουν σε μοριακό επίπεδο, όπως δύο υγρά ή ένα υγρό και στερεό ανάμεικτα. Παραδείγματα: το νερό που έχει απορροφηθεί πάνω σε ένα ορυκτό, η βενζίνη που χύνεται πάνω στο χώμα. Η στενή επαφή των συστατικών του μείγματος μπορεί να προκαλέσει αλλαγή ζώνης στην απορρόφηση, όπως το παρεμβαλλόμενο νερό σε μοντμοριλλονίτη ή το νερό στα φυτά.

#### 4.2.6 Βάθος ζώνης

Οι απορροφήσεις σε ένα φάσμα έχουν δύο συστατικά στοιχεία: συνεχή και επιμέρους χαρακτηριστικά. Συνεχής είναι η «απορρόφηση» πάνω στην οποία άλλα χαρακτηριστικά απορρόφησης επικαλύπτονται. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο πλάτος μιας μεγαλύτερης απορρόφησης χαρακτηριστικού.

Το βάθος της μια ζώνης απορρόφησης,  $D$ , ορίζεται σε σχέση με το συνεχές,  $R_c$ :

$$D = 1 - R_b / R_c \quad (2)$$

Όπου  $R_b$  είναι ο συντελεστής ανάκλασης στην κάτω ζώνη και  $R_c$  είναι ο συντελεστής ανάκλασης των ευρισκομένων στο ίδιο μήκος κύματος με  $R_b$ .

Το βάθος της απορρόφησης συνδέεται με την αφθονία του απορροφηθέντος και το μέγεθος των κόκκων του υλικού. Θεωρήστε μια επιφάνεια αιωρούμενων σωματιδίων με δύο ορυκτά, ένα φάσμα οποίων έχει μια ζώνη απορρόφησης. Καθώς, αυξάνεται η αφθονία του δεύτερου ορυκτού, το βάθος της μπάντας,  $D$ , της απορρόφησης του πρώτου ορυκτού μειώνεται. Θεωρήστε το οπτικό και κοντά στις υπέρυθρες φάσμα ανάκλασης μιας καθαρής σκόνης ορυκτού. Καθώς το μέγεθος των κόκκων αυξάνεται από μια μικρή τιμή, το

βάθος της ζώνης απορρόφησης,  $D$ , πρώτα θα αυξηθεί, θα φτάσει ένα μέγιστο, και, στη συνέχεια, θα μειωθεί.

Μια κεκλιμένη συνέχεια προκαλεί μια εμφανή αλλαγή της ελάχιστης ανάκλασης. Η συνέχεια μπορεί να θεωρηθεί ως πρόσθετο αποτέλεσμα των οπτικών σταθερών, αλλά στα φάσματα ανάκλασης, η σκέδαση και ο Νόμος του Beers κάνουν τα αποτελέσματα μη γραμμικά πολλαπλασιαστικά. Έτσι, η συνέχεια θα πρέπει να αφαιρεθεί από την κατανομή, είτε δουλεύουμε σε συντελεστή ανακλάσεως ή εκπομπής. Η συνέχεια πρέπει να αφαιρείται με αφαίρεση μόνο κατά τη διάρκεια της εργασίας με συντελεστές απορρόφησης.

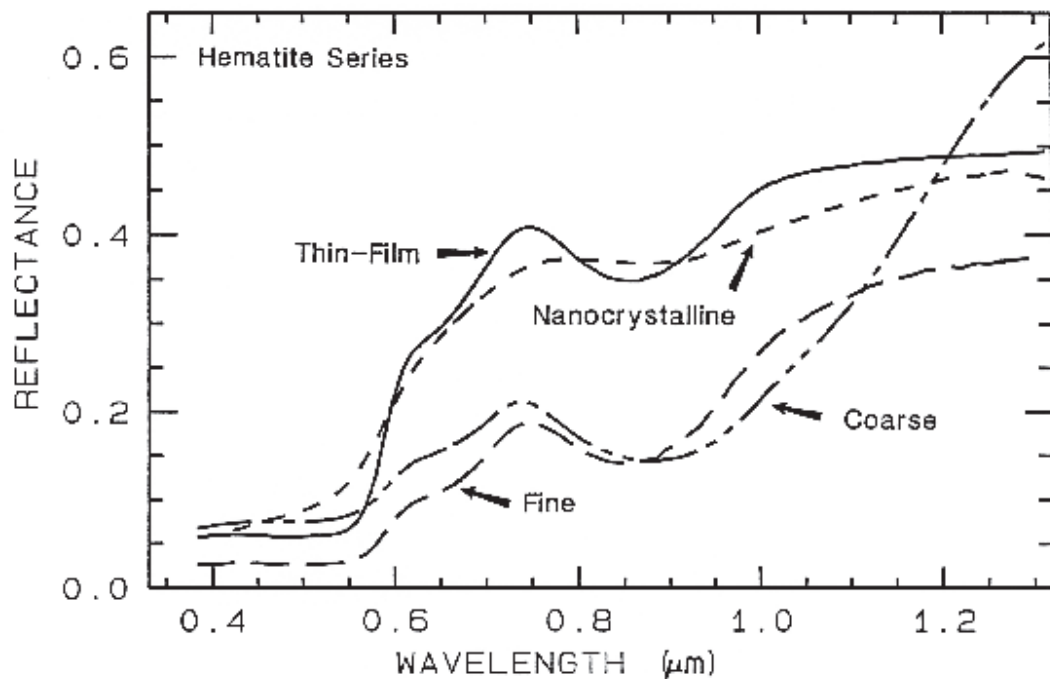
#### 4.2.7 Άλλες Φασματικές Διακυμάνσεις

**Προβολή γεωμετρίας:** έχουμε δει τεράστια διακύμανση των φασματικών ιδιοτήτων των ορυκτών και των υλικών γενικά, εξαιτίας της σύνθεσης, του μεγέθους των κόκκων και των τύπων του μείγματος. Η προβολή γεωμετρίας, συμπεριλαμβανομένης της γωνίας πρόσπτωσης, τη γωνία ανάκλασης, και τη γωνία φάσης: η γωνία μεταξύ του προσπίπτοντος φωτός και του παρατηρητή (η γωνία ανακλάσεως), όλα επηρεάζουν την ένταση του φωτός που λαμβάνεται. Μεταβολή της προβολής γεωμετρίας έχει ως αποτέλεσμα αλλαγές στη σκίαση και τις αναλογίες της πρώτης επιφάνειας σε πολλαπλή σκέδαση, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν τα βάθη των ζωνών σε ένα μικρό ποσό εκτός από σπάνιες περιπτώσεις (όπως ακραία κατοπτρική ανάκλαση από έναν καθρέφτη ή λίμνη επιφανείας).

#### **Πολυπλοκότητα του οξειδίου του σιδήρου, του υδροξειδίου, του θειικού άλατος:**

Τα οξείδια του σιδήρου, τα υδροξείδια και οι θειικές ενώσεις είναι μια ειδική περίπτωση της τηλεπισκόπησης επειδή υπάρχουν παντού. Λόγω της αντοχής των απορροφήσεων του σιδήρου στην υπεριώδη ακτινοβολία για περίπου  $1 \mu\text{m}$ , τουλάχιστον ένα, εάν όχι όλα διαβρέχονται σε ανάκλαση. Αρκετά φάσματα ανάκλασης αιματίτη σε διάφορα μεγέθη κόκκων φαίνονται στην παρακάτω

εικόνα. Η απορρόφηση του σιδήρου από 0,9 - μm μειώνεται σε βάθος, η 0,65 - μm ζώνη είναι απύσασ και η απορρόφηση στο υπεριώδες είναι ασθενής. Απορροφήσεις στη διαπερατότητα είναι 2 φορές μικρότερες σε πλάτος. Μεγαλύτερα μεγέθη κόκκων δείχνουν αυξημένο κορεσμό της 0,9 - μm απορρόφησης, διευρύνοντας και αλλάζοντας την ελάχιστη φαινομενική ανάκλαση σε μεγαλύτερα μήκη κύματος.



Φάσματα ανάκλασης των διαφορετικών μεγεθών κόκκου αιματίτη.

### Θεωρία της ακτινοβολούσας μεταφοράς:

Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες όλα αυτά τα χρόνια να προσδιοριστεί ποσοτικά η διαδικασία σκέδασης. Η θεωρία των Kubelka-Munk ήταν από τις πρώτες και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται και σήμερα. Μια αυξανόμενη δημοφιλής μέθοδος σε ορισμένες βιομηχανίες είναι η  $\log(1/R)$ , όπου  $R$  είναι η ανάκλαση, αλλά αυτή είναι μια λιγότερο ισχυρή προσπάθεια ποσοτικοποίησης της διαδικασίας σκέδασης από την Kubelka-Munk θεωρία. Η μέθοδος  $\log(1/R)$  συνήθως συνδυάζεται με τον υπολογισμό των παραγώγων του  $\log(1/R)$

φάσματος και κάνει μια ανάλυση συσχέτισης για να βρεθούν συγκεκριμένες τάσεις. Αυτό έχει γίνει γνωστό ως Ανάλυση σκέδασης κοντά στο υπεριώδες (NIRA). Κάθε μέθοδος έχει τις χρήσεις της σε ελεγχόμενες καταστάσεις, αλλά υπάρχει μια σύγχρονη, πιο αποτελεσματική εναλλακτική λύση.

Ευτυχώς, στις αρχές της δεκαετίας του 1980 τρεις ανεξάρτητες έρευνες παρείχαν λογικές λύσεις στο σύνθετο πρόβλημα ακτινοβολούσας μεταφοράς που εφαρμόζονται σε επιφάνειες σωματιδίων. Αυτές οι θεωρίες προβλέπουν για μη ισοτροπική σκέδαση του φωτός από τα σωματίδια, σκίαση μεταξύ σωματιδίων, και πρώτη επιφανειακή ανάκλαση από επιφάνειες κόκκων. Μία θεωρία, εκείνη του Harke (1981, 1993) αναφέρεται επίσης για τα μείγματα, και λόγω της σχετικής απλότητας σε σύγκριση με τις άλλες δύο, έχει γίνει η δεσπόζουσα θεωρία που χρησιμοποιείται.

Η φασματοσκοπία ανάκλασης είναι μια ταχέως αναπτυσσόμενη επιστήμη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποκομίσουμε σημαντικές πληροφορίες για την ορυκτολογία με λίγη ή καθόλου προετοιμασία δείγματος, Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές όπου άλλες μέθοδοι είναι πολύ χρονοβόρες και απαιτούν καταστροφή πολύτιμων δειγμάτων. Για παράδειγμα, φασματομέτρα απεικόνισης έχουν ήδη ανακτήσει εκατομμύρια φάσματα χωρικού πλέγματος της περιοχής από την οποία γίνονται οι χάρτες ορυκτολογίας. Είναι δυνατόν να συσταθεί παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των διεργασιών με χρήση φασματοσκοπίας. Η έρευνα εξακολουθεί να είναι απαραίτητη για να κατανοήσουμε καλύτερα τις ανεπαίσθητες αλλαγές στα χαρακτηριστικά απορρόφησης. Για ορισμένες κατηγορίες ορυκτών, η φασματοσκοπία είναι ήδη ένα εξαιρετικό εργαλείο. Μεταξύ αυτών των κατηγοριών αυτών είναι η ορυκτολογία πηλού, ορυκτά που φέρουν OH, οξειδία και υδροξείδια του σιδήρου, ανθρακικά και θειικές ενώσεις.



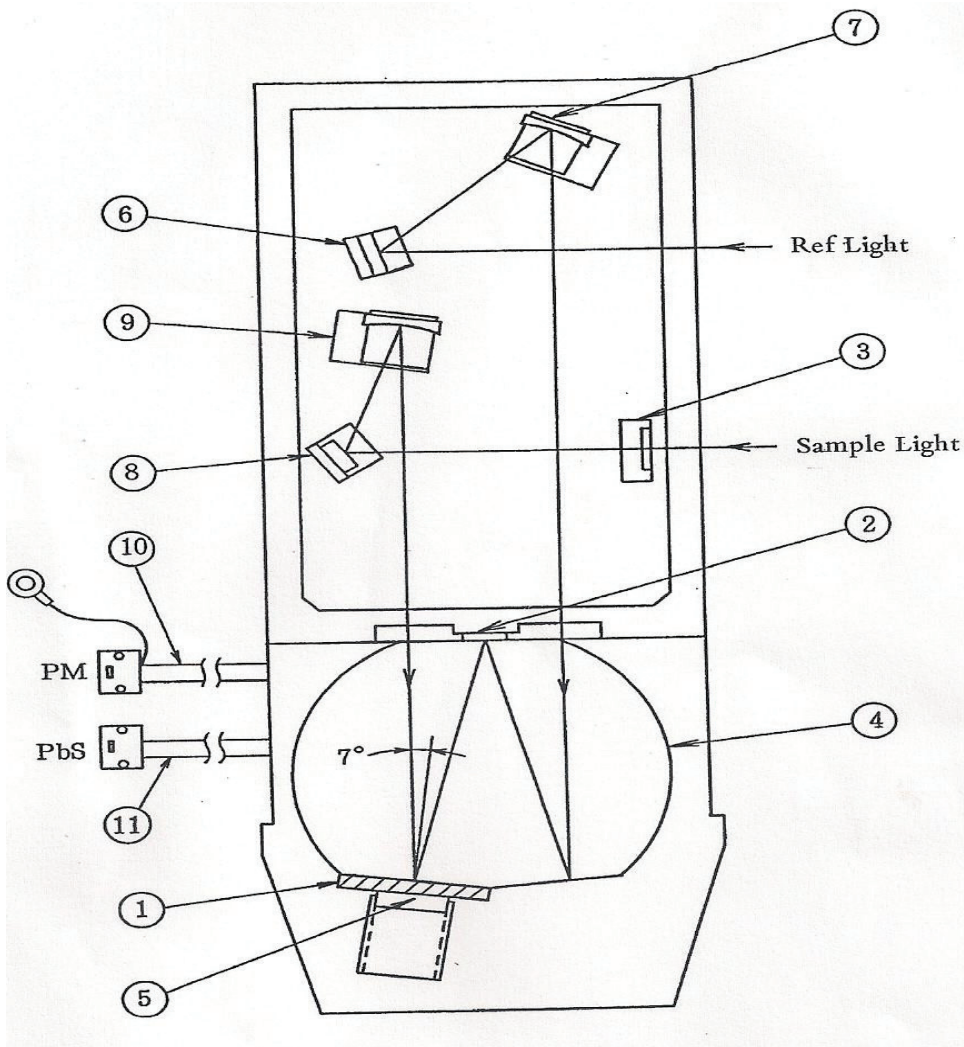
### 4.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά φασματοφωτόμετρου

#### ΔΟΜΗ

Το φως του δείγματος κάμπτεται από το κάτοπτρο και εισέρχεται το ανακλώμενο επίπεδο μέτρησης δείγματος κατά τη γωνία πρόσπτωσης του  $7^\circ$ . η ανακλαστικότητα του φωτός κάμπτεται από το κάτοπτρο και εισέρχεται το επίπεδο της σφαίρας ολοκλήρωσης στη γωνία πρόσπτωσης της  $7^\circ$

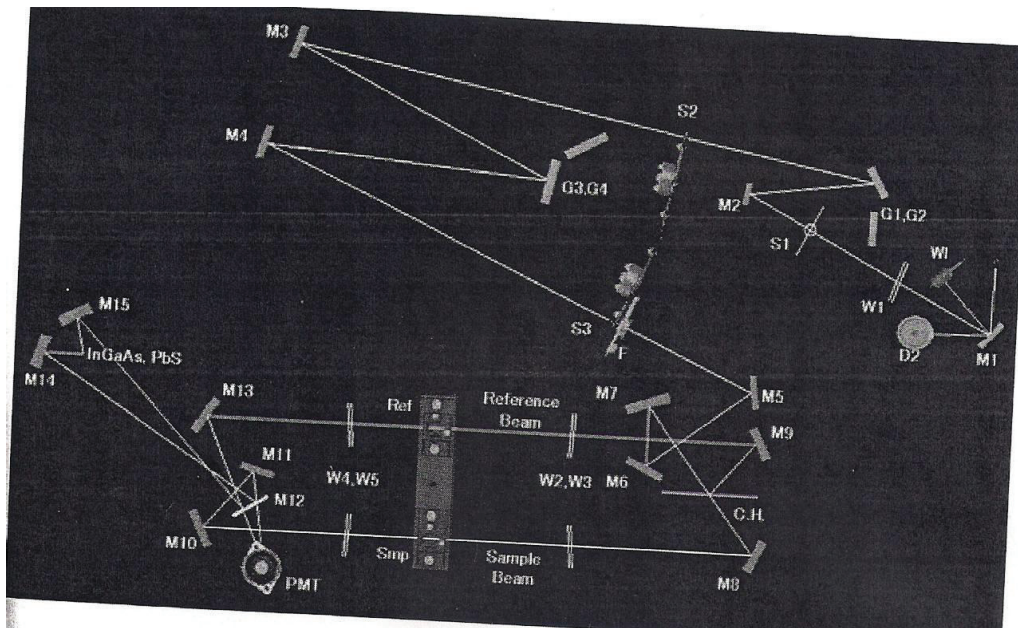
- τμήμα μέτρησης αντανάκλασης
- Ενσωμάτωση κατασκευασμένης σφαίρας
- Δείγμα
- Καθρέφτης R-1
- Καθρέφτης R-2
- Καθρέφτης R-3

- Καθρέφτης R-4
- καλώδιο σήματος καλώδιο σήματος (μόνο για LISR-3100)





## ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ



**D2.:** λυχνία δευτερίου

**S1 :** σχισμή εισόδου

**S2 :** ενδιάμεση σχισμή

**S3 :** σχισμή εξόδου

**F:** φίλτρο

**G1, G2:** φράγμα περίθλασης

**G3, G4 :**φράγμα περίθλασης

**InGaAs :** InGaAs φωτοδίοδος

**Pmt :** σωλήνα φωτοπολλαπλασιαστή

**Δέσμη δείγματος:** Ακτίνα από την πλευρά δέσμη αναφοράς

**Δέσμη δείγματος :**Ακτίνα από την πλευρά του δείγματος

**W1-3:** Παράθυρο (φ30 mm)

**W4-5:** Παράθυρο (φ40 mm)

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Όλες οι εργασίες καταπονήθηκαν στο εργαστήριο αρδεύσεων του ΤΕΙ Μεσολογγίου. Τα 92 δείγματα των εδαφών λήφθηκαν από διάφορες περιοχές της Ελλάδας όπως Κοζάνη, Αγρίνιο, Αχαΐα, Θεσσαλία και κωδικοποιήθηκαν σε δυο κατηγορίες: Ανατολική Ελλάδα και Δυτική Ελλάδα..

Ο αντικειμενικός στόχος της μελέτης είναι να διερευνηθεί αν υπάρχει στατιστική διαφορά στην ανακλασιμότητα (R%) των εδαφών μεταξύ των δυο ταξινομημένων γεωραραφικών ομάδων (Ανατολική & Δυτική Ελλάδα).

Χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό λογισμικό JMP 10 (έκδοση της SAS, Statistical Analysis Systems) και χρησιμοποιήθηκε η σύγκριση μέσω όρων, με το κριτήριο Student's *t* test με όλα τα δείγματα και κατόπιν αφαιρέθηκαν οι (ελάχιστες) ακραίες τιμές που θεωρούνται ως "outliers"

## ΛΗΨΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

- Με την βοήθεια του δειγματολήπτη καταφέραμε να πάρουμε πολλά δείγματα από το επιτρεπτό βάθος εδάφους.
- Τοποθετούμε το δείγμα σε πλαστικά σακουλάκια και γράφουμε τις τοποθεσίες από τις οποίες κάναμε λήψη του δείγματος.
- Τοποθετούμε τα δείγματα στο πυριαντήριο ώστε να απομακρυνθεί η περίσσεια υγρασία από το χώμα.
- Λειοτριβούμε το έδαφος προκειμένου να σπάσουμε τα συσσωματώματα.



- Περνάμε το δείγμα μας από το κόσκινο από 200 mesh για να το κάνουμε λεπτόκοκκο για να μπορέσουμε να το τοποθετήσουμε στην κυψελίδα.



- Τοποθετούμε το δείγμα στην κυψελίδα η οποία είναι φτιαγμένη από χαλαζία κ έχει διαστάσεις  $11\text{cm} \times 0.5\text{cm}$  κ διαμορφώνουμε το δείγμα ομοιόμορφα ώστε να εφάππει σωστά το δείγμα στην κυψελίδα



- Τοποθετούμε το δείγμα μέσα στο ειδικά διαμορφωμένο θάλαμο του φασματοφωτόμετρου



- Προετοιμάζουμε το μηχάνημα και κάνουμε τις απαραίτητες ρυθμίσεις που θα αναφέρουμε παρακάτω για να κάνουμε τις μετρήσεις μας

### **ΡΥΘΜΙΣΗ ΟΠΤΙΚΟΥ ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ ΜΕ ΣΦΑΙΡΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ**

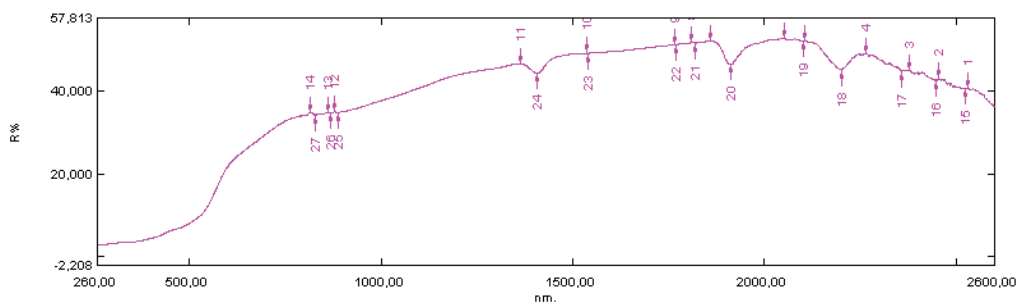
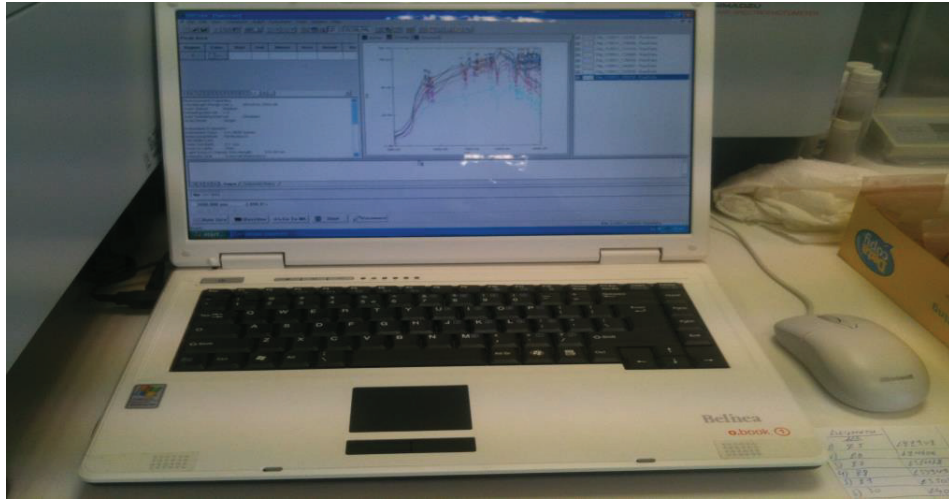
Για την ρύθμιση των οπτικών του φασματοφωτόμετρου με σφαίρα ολοκλήρωσης απαιτούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Ανοίγουμε τον θάλαμο δειγμάτων του οργάνου. Ξεβιδώνουμε και αφαιρούμε με προσοχή το σύστημα οπτικών της σφαίρας ολοκλήρωσης. Κλείνουμε τον θάλαμο δειγμάτων του οργάνου.

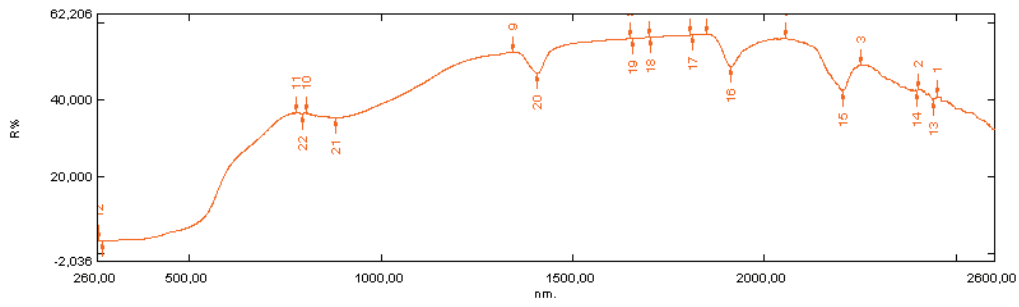
2. Ανοίγουμε τον υπολογιστή
3. Ανοίγουμε το όργανο από τον διακόπτη «-0» που βρίσκεται στην δεξιά πλευρά του.
4. Ανοίγουμε το πρόγραμμα “**uvprobe**” από το εικονίδιο το οποίο βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας των windows.
5. Από τα μενού του προγράμματος επιλέγουμε “**edit**”  $\Rightarrow$  “**method**”
6. Εμφανίζεται το παράθυρο “**spectrum method**”. Σε αυτό επιλέγουμε “**instrument parameters**”  $\Rightarrow$  « detector unit: direct» και πατάμε ok.
7. Από τα μενού του προγράμματος επιλέγουμε “**edit**”  $\Rightarrow$  “**configure**”.
8. Εμφανίζεται παράθυρο “**configure**”. Σε αυτό επιλέγουμε “initialize”, ξετσεκάρουμε το “**quick initialization**” και πατάμε το κουμπί «**ok**»
9. Πατάμε το κουμπί “**connect**” στο κάτω μέρος του παραθύρου του προγράμματος. Ξεκινάει η διαδικασία ελέγχου/ ρύθμισης των οπτικών του οργάνου, η οποία διαρκεί περίπου 15 λεπτά.
10. Περιμένουμε 1-2 ώρες
11. Από τα μενού του προγράμματος επιλέγουμε “**instrument**”  $\Rightarrow$  “**configure**”.
12. Εμφανίζεται το παράθυρο “**configure**”. Σε αυτό επιλέγουμε “**initialize**” “**perform**”. Επαναλαμβάνεται η διαδικασία ελέγχου/ρύθμισης των οπτικών του οργάνου.
13. Κλείνουμε το πρόγραμμα “**uvprobe**”
14. Ανοίγουμε το πρόγραμμα “**adjustment sw for pbs detector**” από το εικονίδιο ,το οποίο βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας που βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας των windows.
15. Επιλέγουμε “**Detector unit: Direct**” και πατάμε το κουμπί **start** . Ξεκινάει η διαδικασία ρύθμισης του εσωτερικού ανιχνευτή Pbs του οργάνου, η οποία διαρκεί περίπου 5 λεπτά.
16. Πατάμε το κουμπί “**write optimal setting value into instrument**”.
17. Κλείνουμε το πρόγραμμα **adjustment sw for pbs detector**”.
18. Ανοίγουμε τον θάλαμο δειγμάτων του οργάνου. Τοποθετούμε με προσοχή και βιδώνουμε το σύστημα οπτικών της σφαίρας ολοκλήρωσης. Κλείνουμε τον θάλαμο δειγμάτων του οργάνου.
19. Ανοίγουμε το πρόγραμμα “**uvprobe**”.
20. Από τα μενού του προγράμματος επιλέγουμε **edit**  $\Rightarrow$  **Method**”
21. Εμφανίζεται το παράθυρο “spectrum method”. Σε αυτό επιλέγουμε “**instrument parameters**”  $\Rightarrow$  **detector unit: external(2 detectors)**” και πατάμε το κουμπί **ok**.
22. Από τα μενού του προγράμματος επιλέγουμε “**instrument**”  $\Rightarrow$  **configure**.

23. Εμφανίζεται το παράθυρο «configure». Σε αυτό επιλέγουμε **initialize**, τσεκάρουμε το **quick initialization** και πατάμε το κουμπί **ok**.

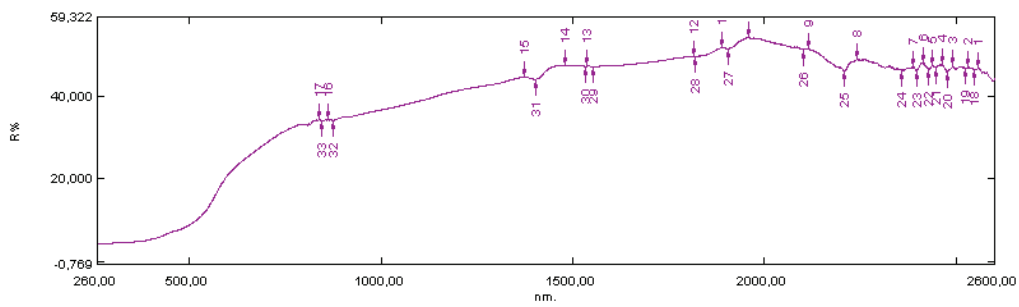
- Μετά από κάποια λεπτά θα μας βγάλει ο υπολογιστής μία καμπύλη με τα χαρακτηριστικά του δείγματος



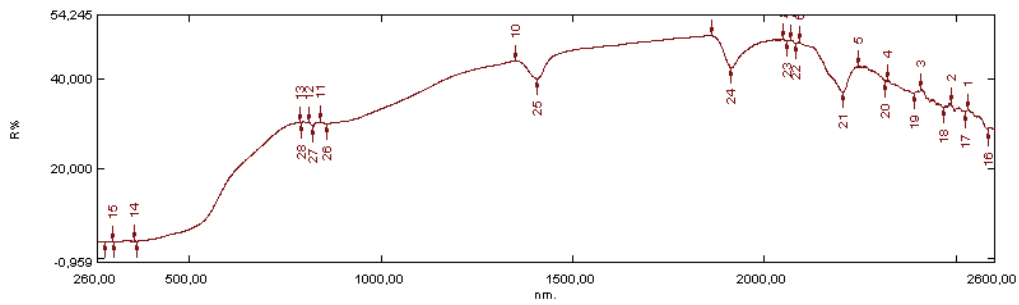
1. File\_110511\_103801 ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



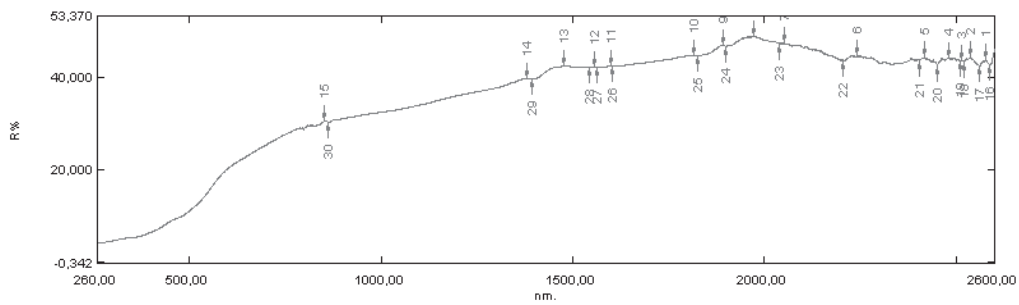
2. File\_110511\_105651 ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



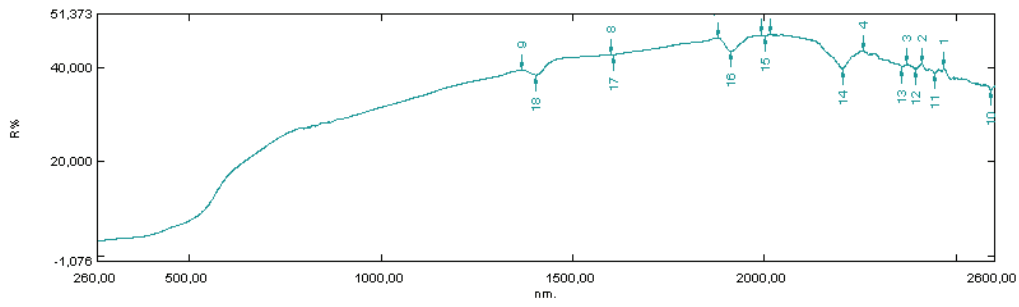
3 File\_110511\_154856 ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



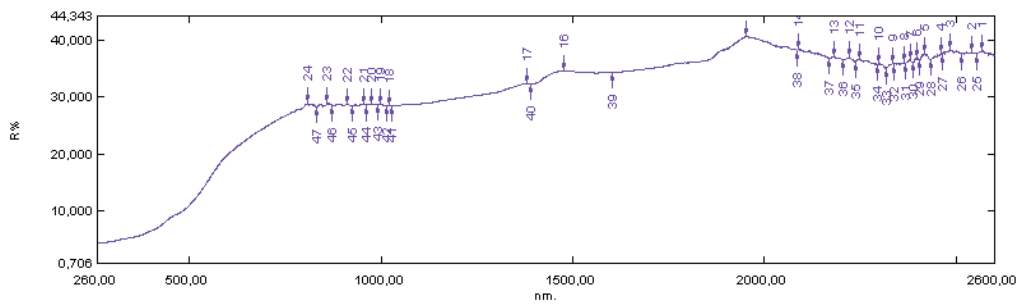
4. File\_110511\_155853 ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



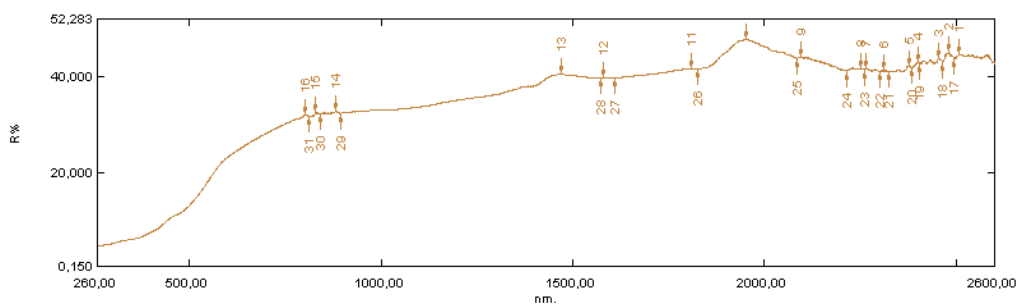
5. File\_110511\_161429 ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



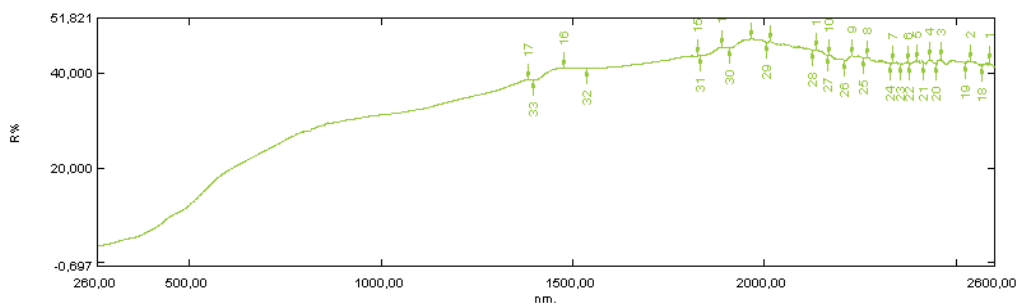
6. File\_110511\_162531 ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



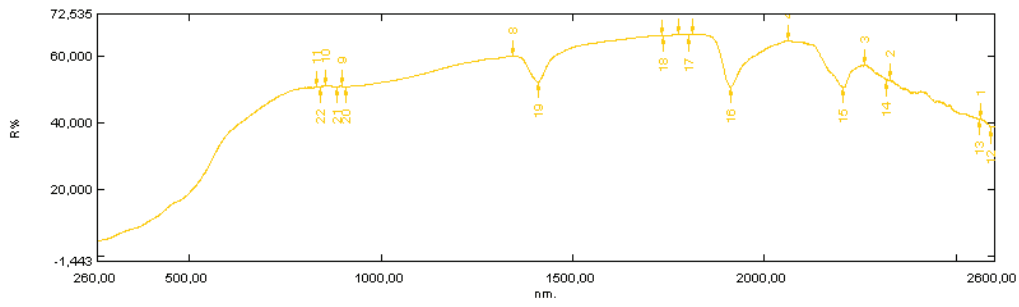
7. File\_110511\_163628 ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



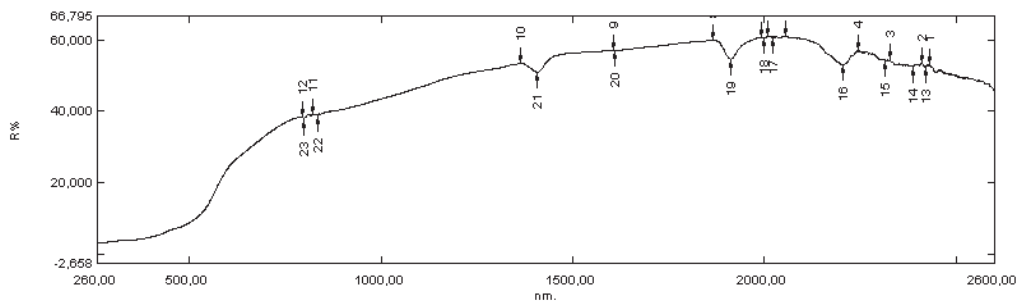
8. File\_110511\_164724 ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



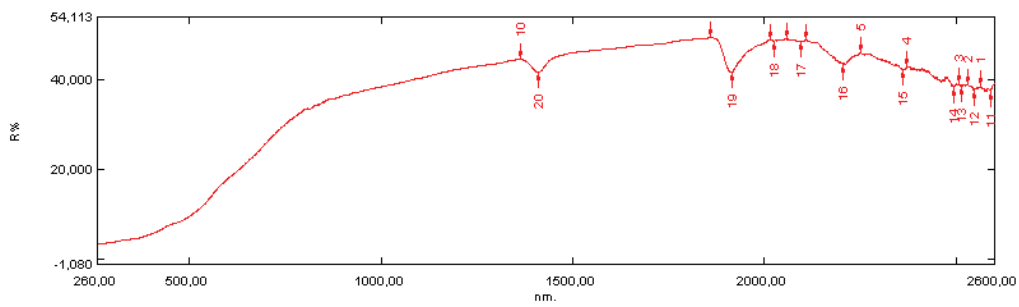
9. File\_110511\_171025 ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



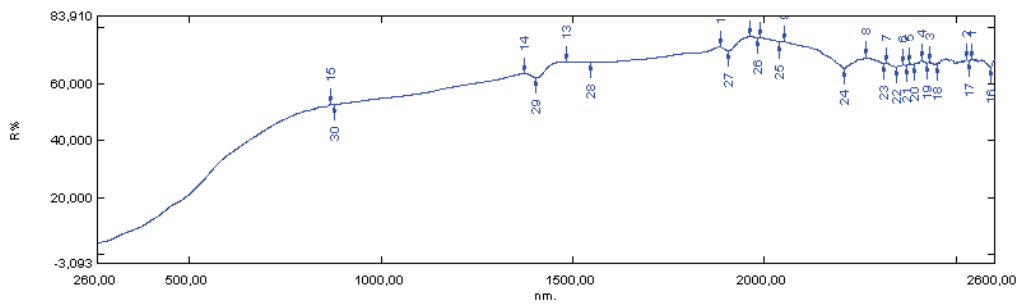
10. File\_110511\_172028 ANATOLIKH ELLADA



11. File\_110511\_173133 ANATOLIKH ELLADA

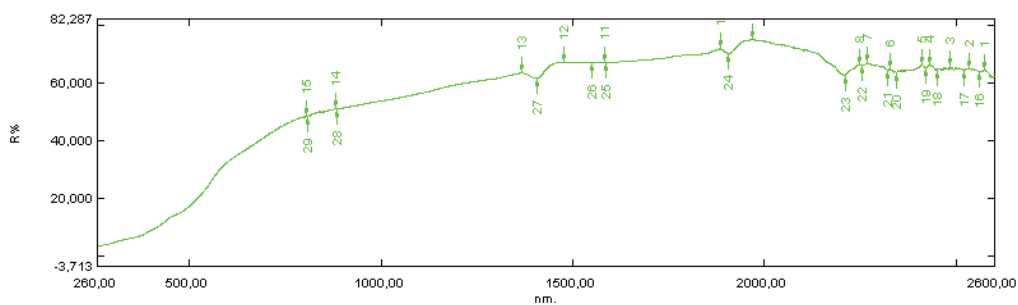


12. File\_110511\_174238 ANATOLIKH ELLADA

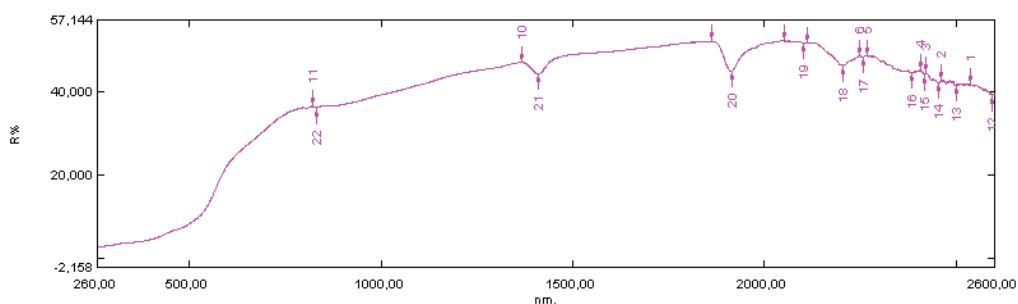


13. File\_110511\_175430 ANATOLIKH ELLADA

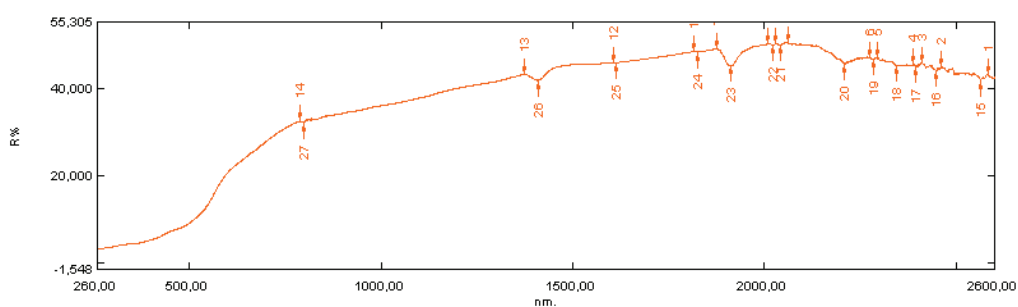




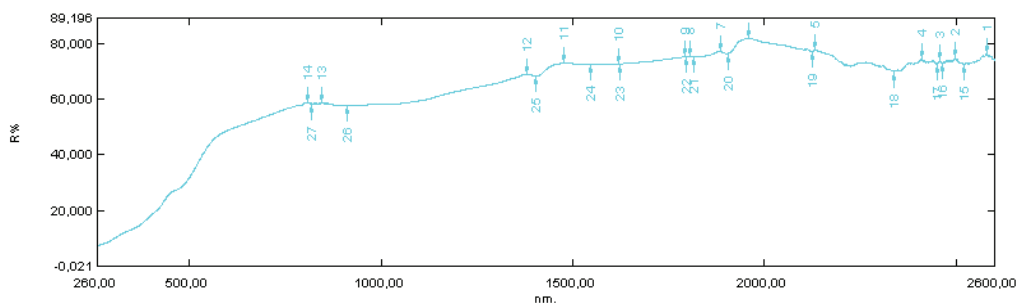
14. File\_110511\_181313 ANATOLIKH ELLADA



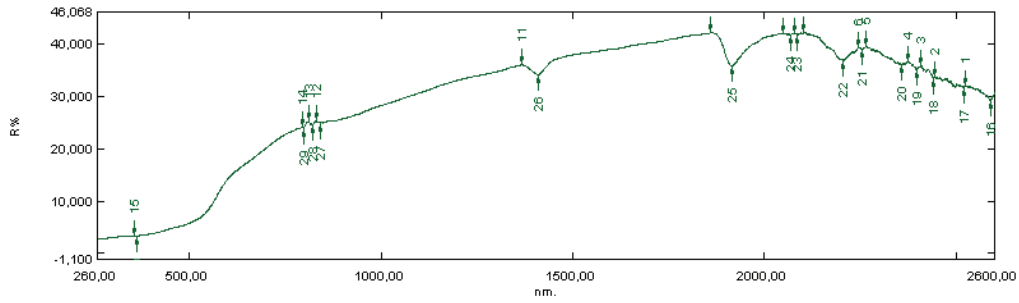
15 File\_110511\_182310 ANATOLIKH ELLADA



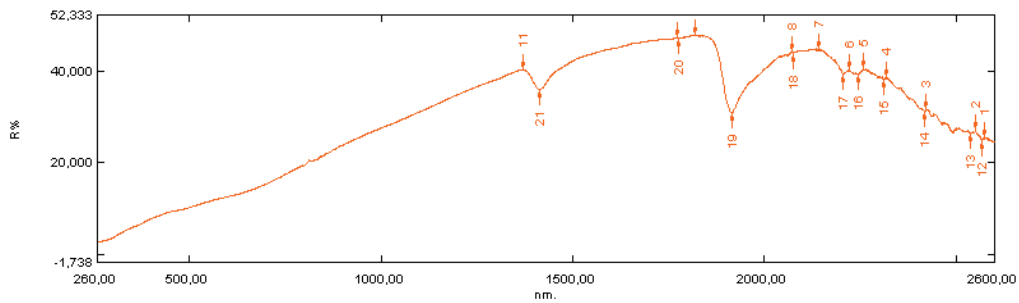
16. File\_110511\_183427 ANATOLIKH ELLADA



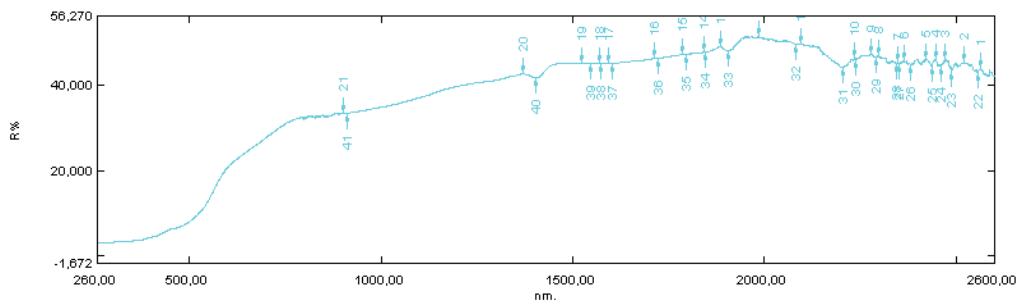
17. File\_110511\_184456 ANATOLIKH ELLADA



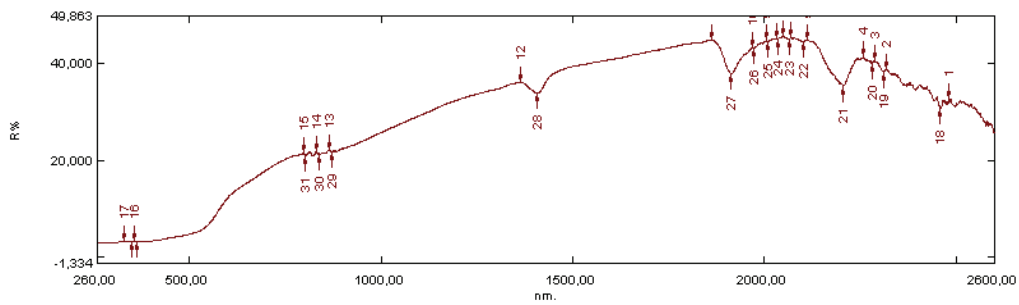
18. File\_110511\_185842 ANATOLIKH  
ΕΛΛΑΔΑ



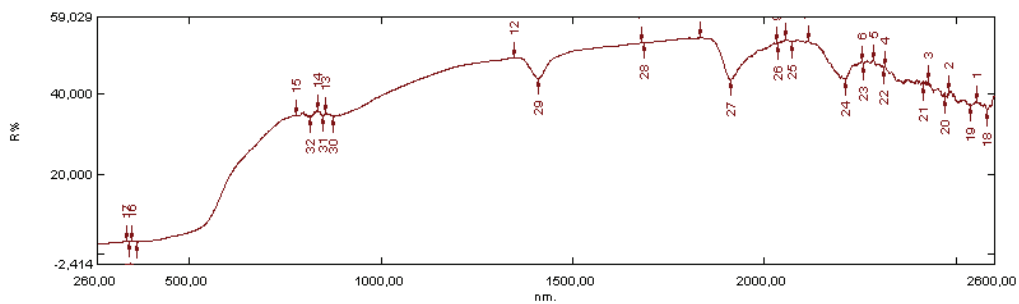
19. File\_110512\_145835 ANATOLIKH ΕΛΛΑΔΑ



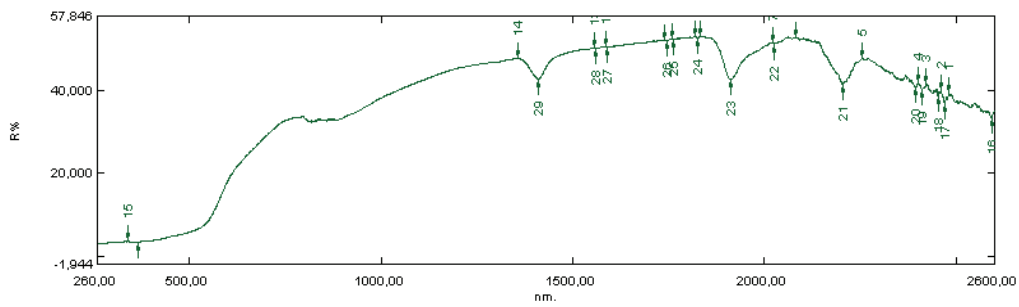
20. File\_110524\_131305 ANATOLIKH ΕΛΛΑΔΑ



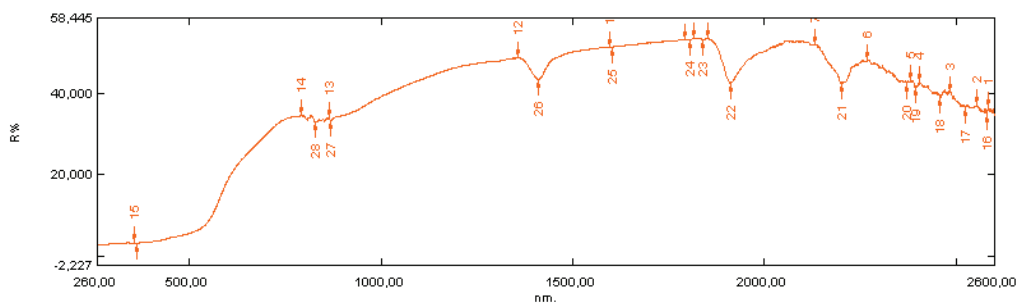
21. File\_110524\_143744 ANATOLIKH ELLADA



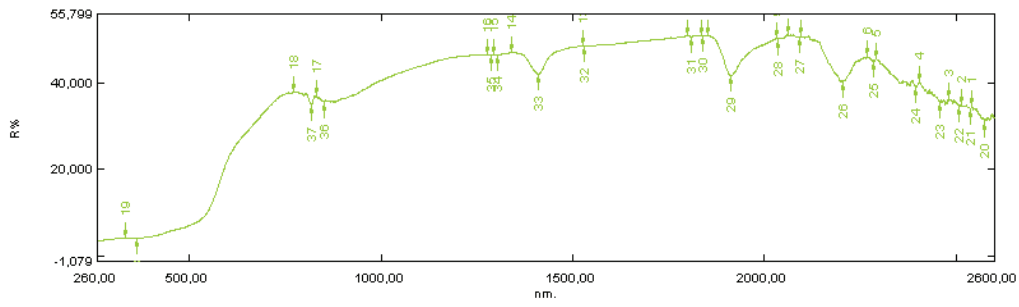
22. File\_110525\_120907 ANATOLIKH ELLADA



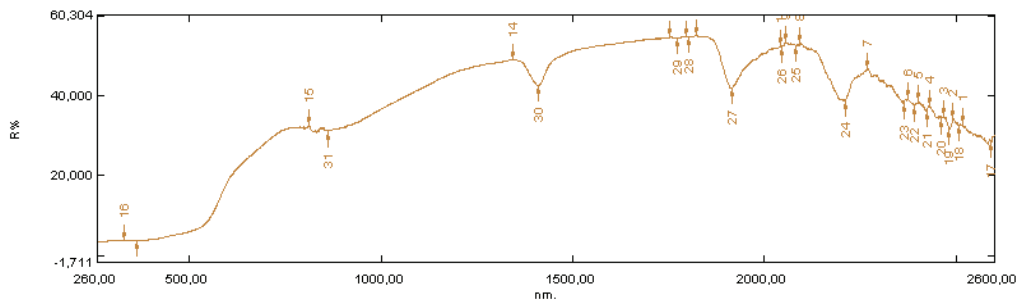
23. File\_110525\_114930 ANATOLIKH ELLADA



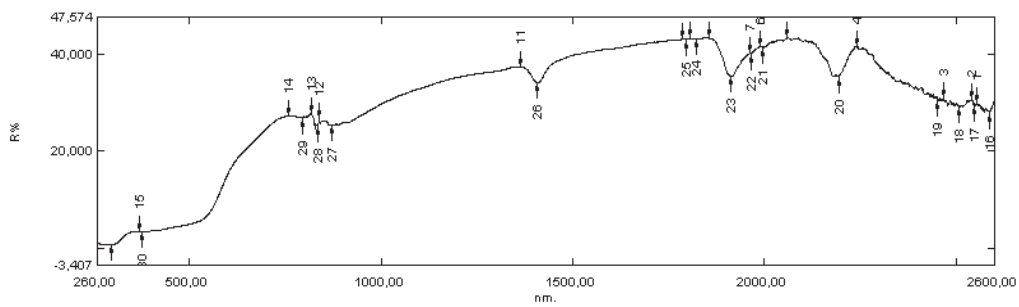
24. File\_110525\_113014 ANATOLIKH ELLADA



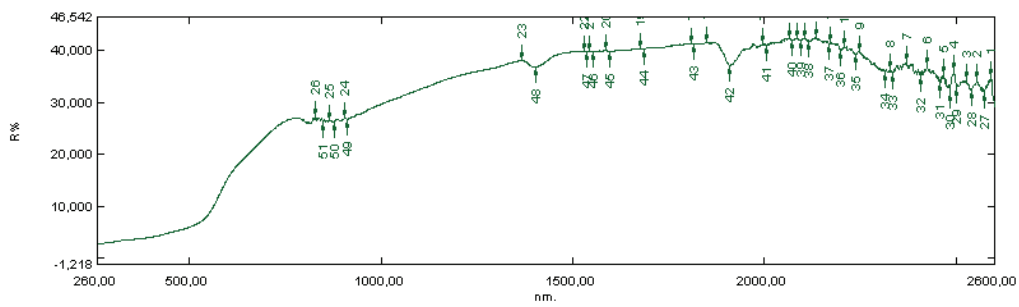
25. File\_110525\_125916 ANATOLIKH ELLADA



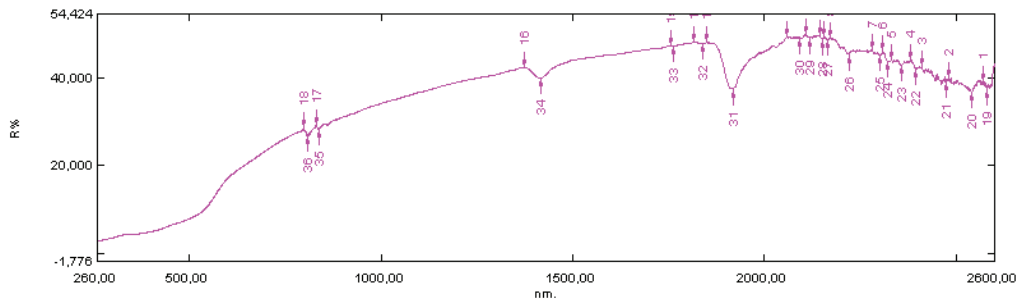
26. File\_110525\_124801 ANATOLIKH ELLADA



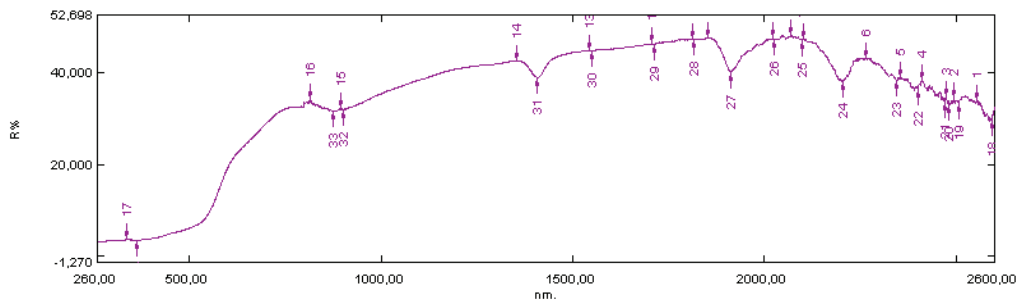
27. File\_110526\_110113 ANATOLIKH ELLADA



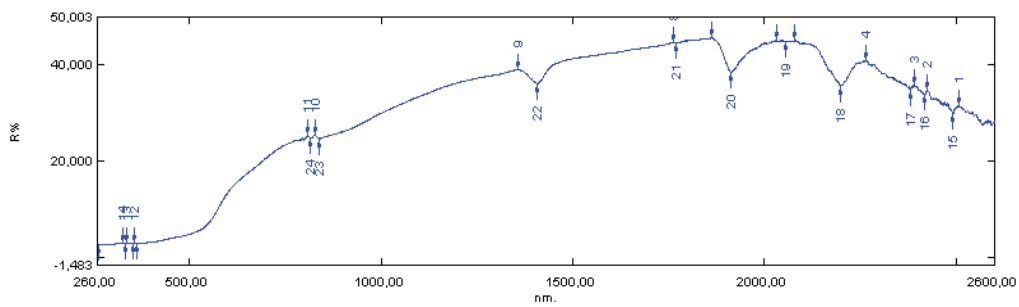
28. File\_110525\_154148 ANATOLIKH ELLADA



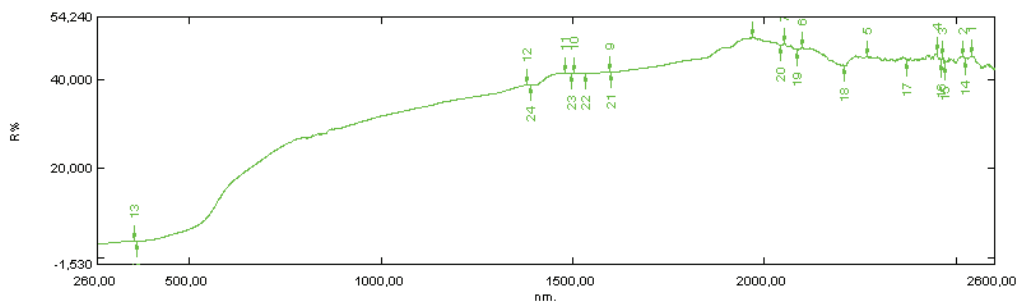
29. File\_110525\_150823 ANATOLIKH ELLADA



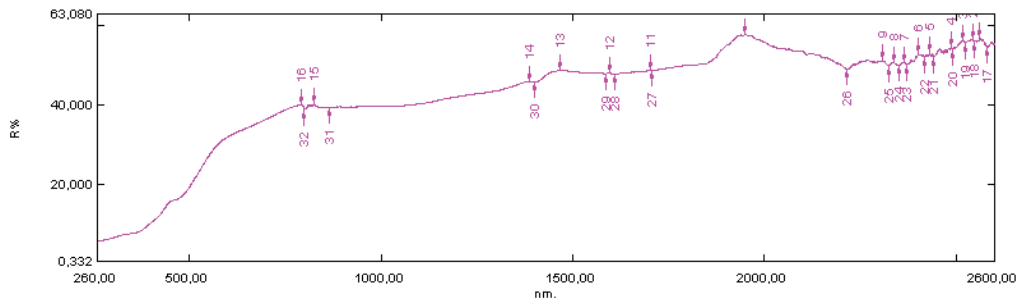
30. File\_110526\_131845 ANATOLIKH ELLADA



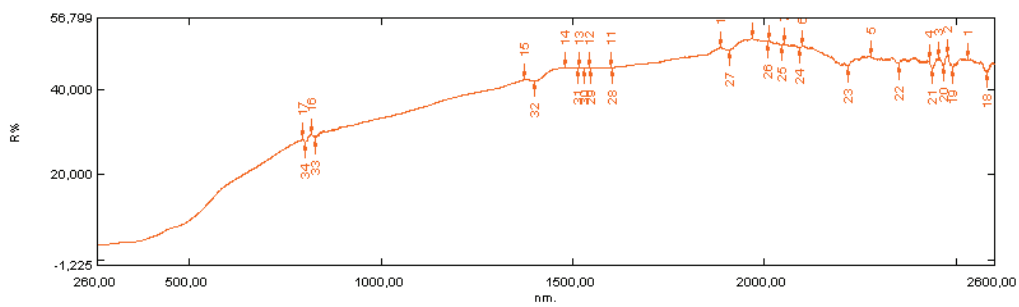
31. File\_110524\_114602 DYTIKH ELLADA



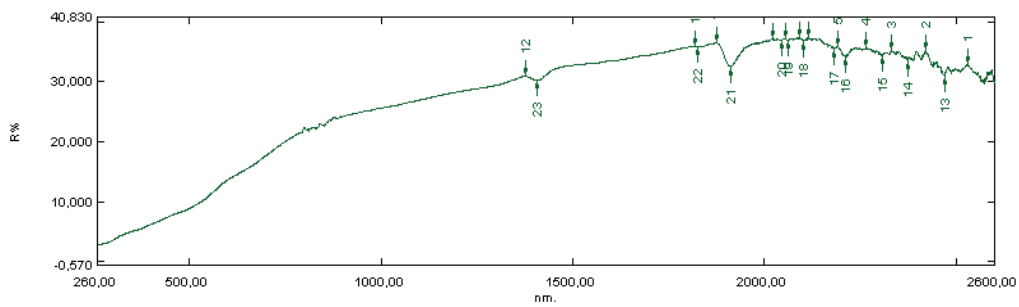
32. File\_110524\_120349 DYTIKH ELLADA



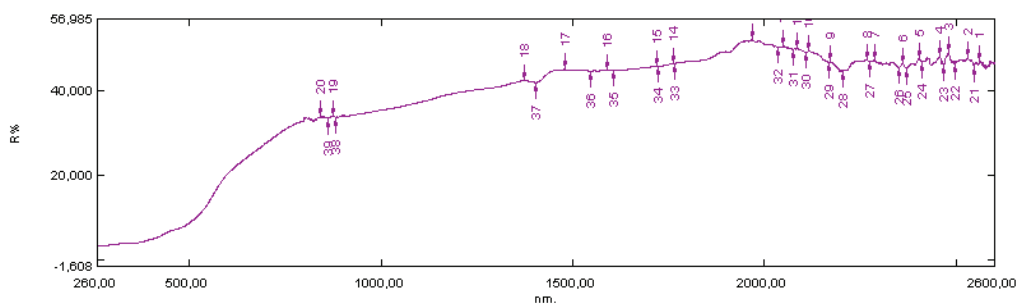
33. File\_110524\_122135 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



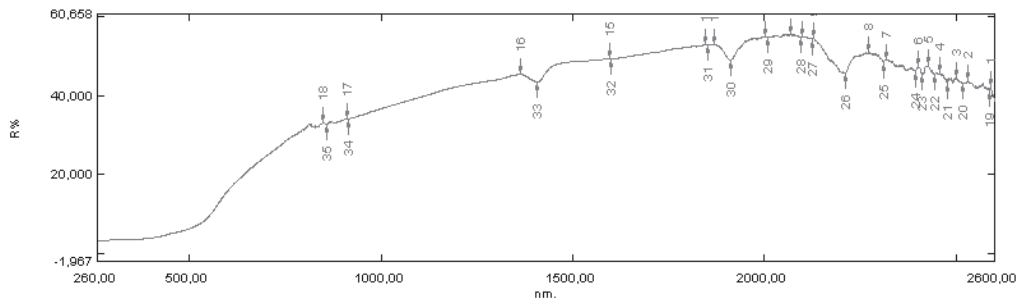
34. File\_110524\_124815 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



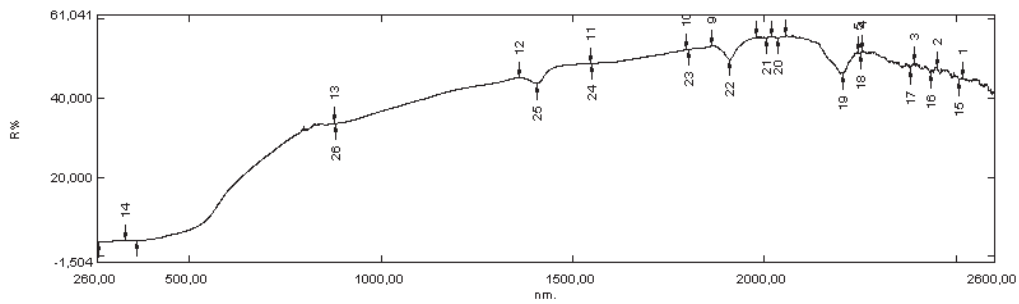
35. File\_110524\_133704 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



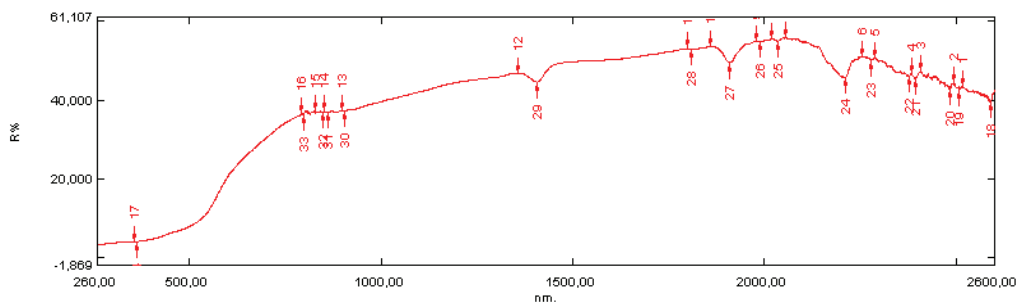
36. File\_110524\_121525 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



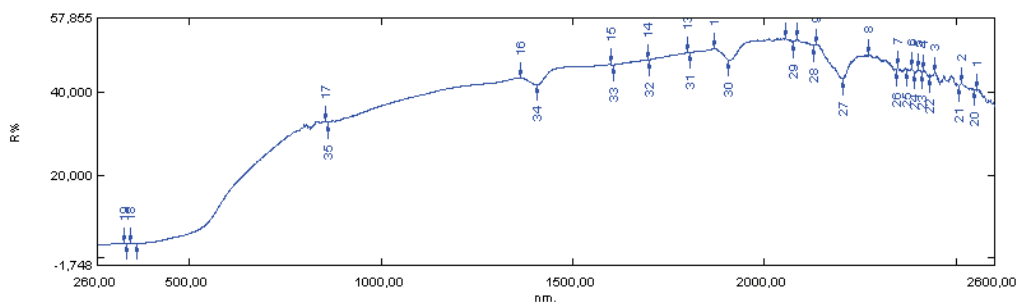
37 File\_110524\_145459 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



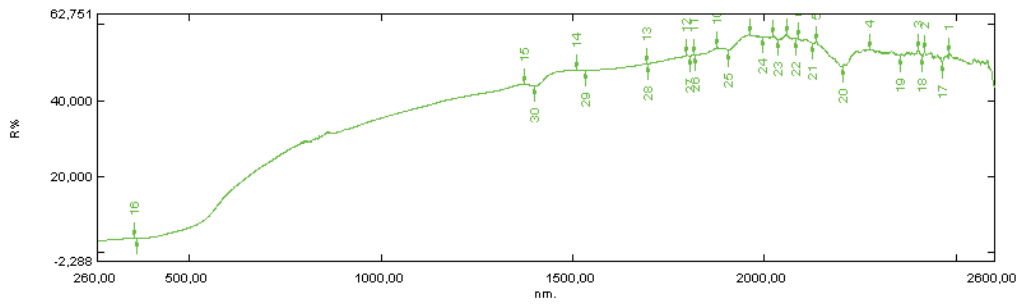
38. File\_110525\_095225 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



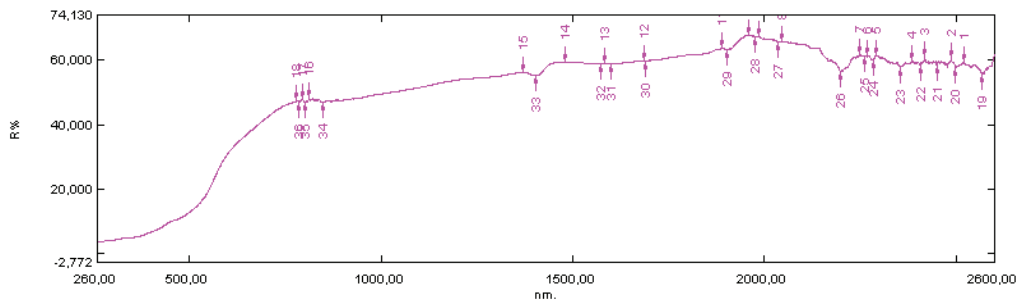
39. File\_110525\_101148 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



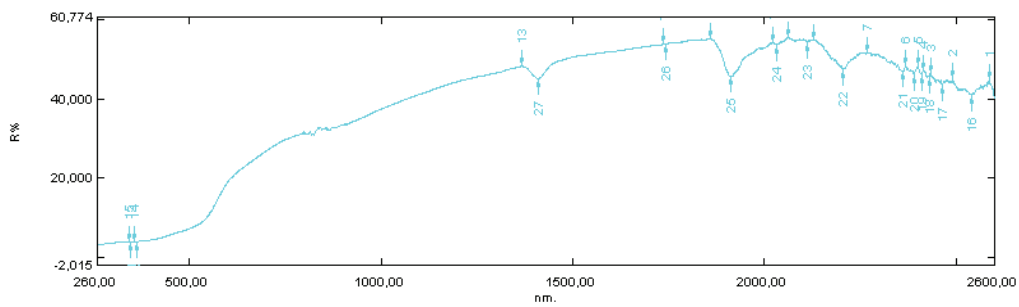
40. File\_110525\_110115 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



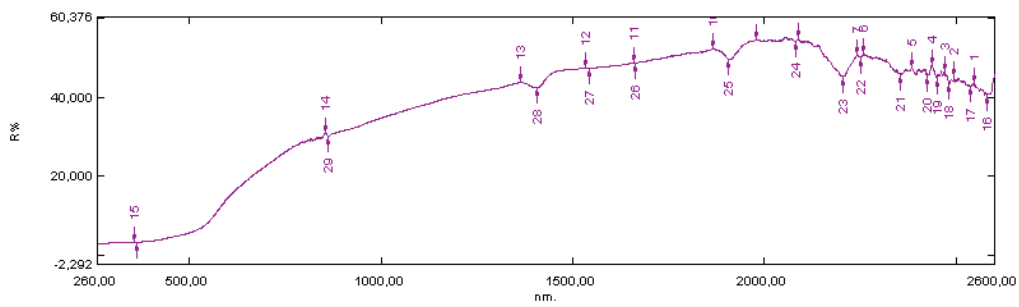
41. File\_110525\_111059 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



42. File\_110525\_112033 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ

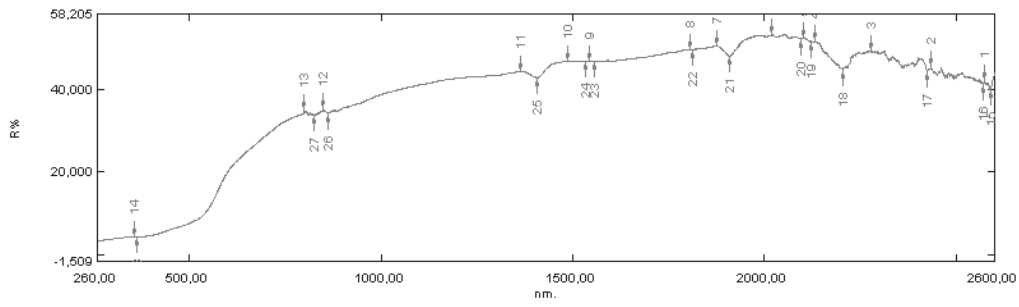


43. File\_110525\_113953 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ

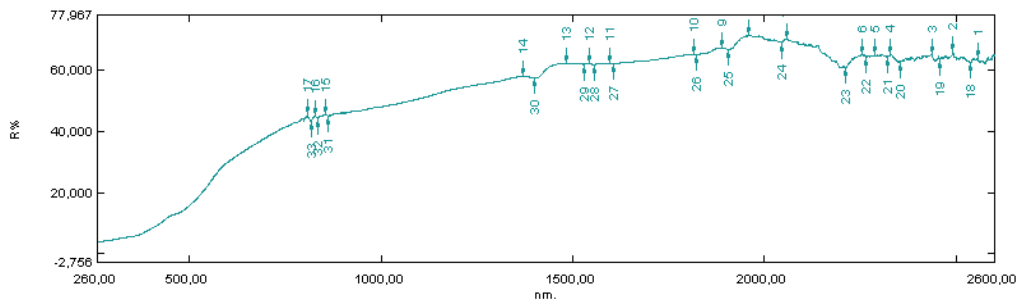


44. File\_110525\_115912 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ

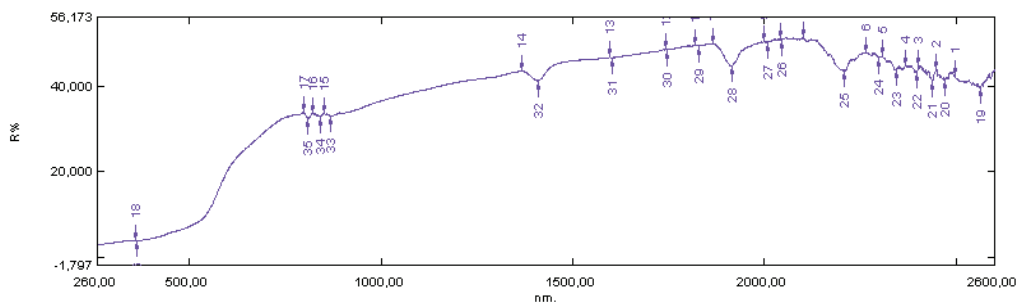




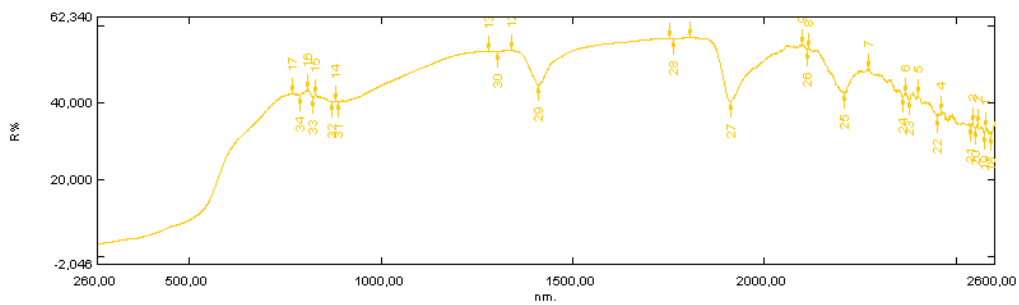
45. File\_110525\_121851 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



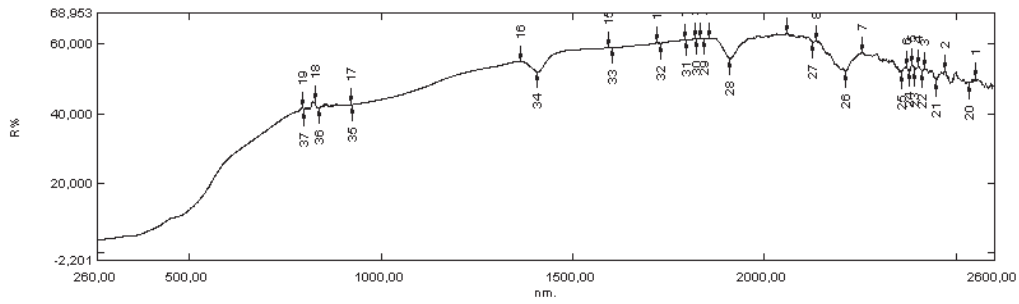
46. File\_110525\_122833 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



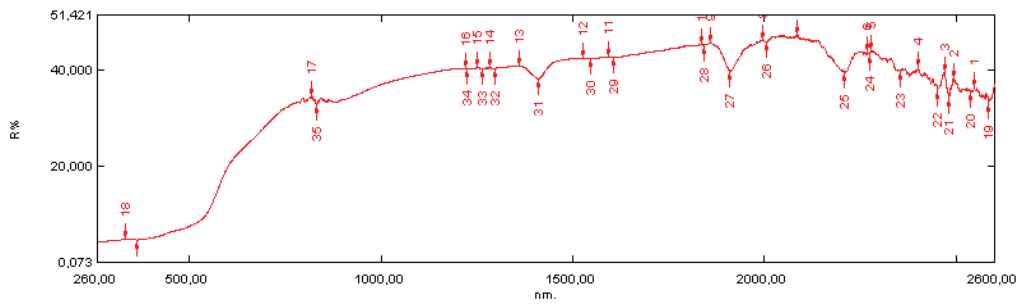
47. File\_110525\_123820 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



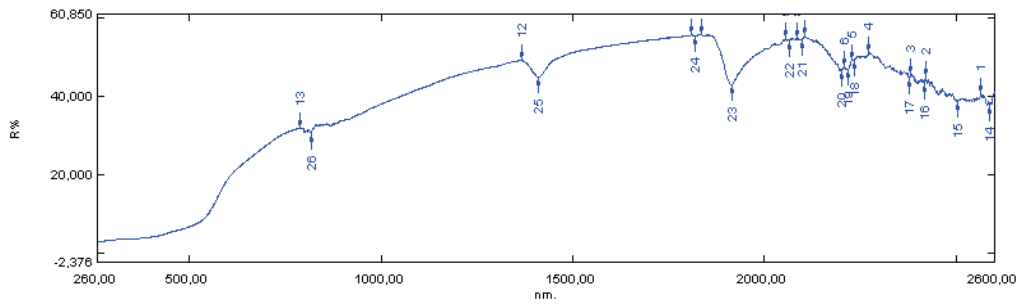
48 File\_110525\_131350 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



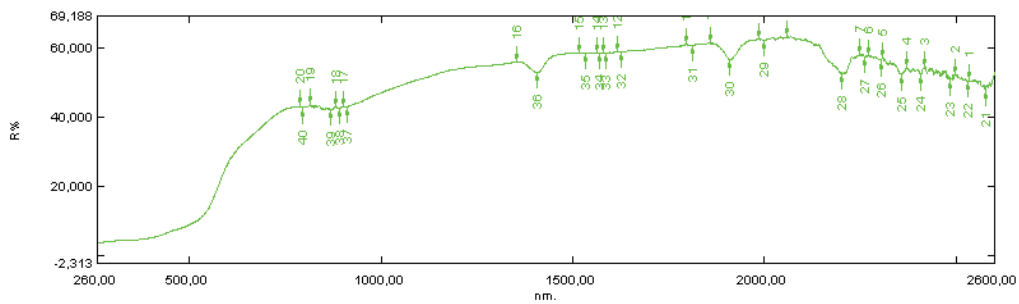
49. File\_110525\_132323 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



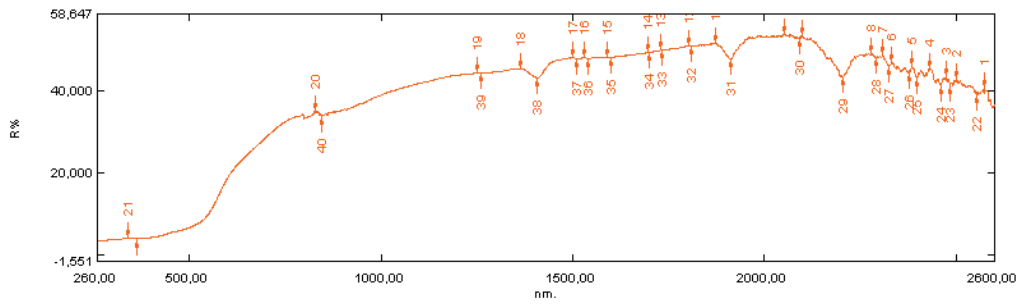
50. File\_110525\_142602 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



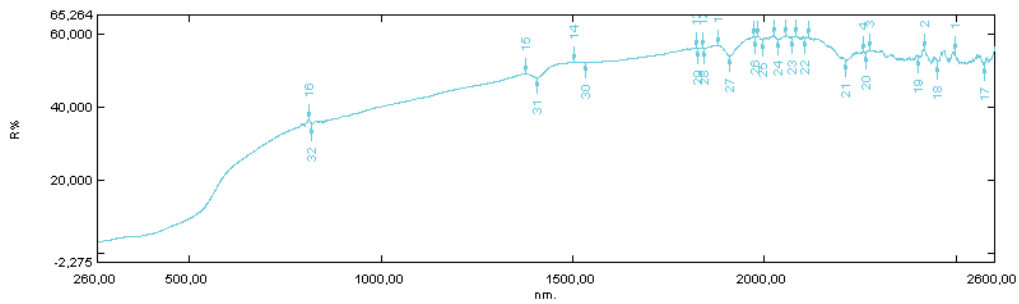
51. File\_110525\_143603 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



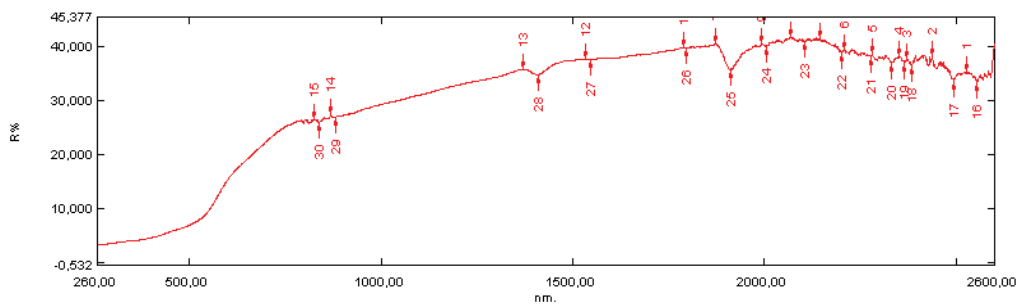
52. File\_110525\_145850 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



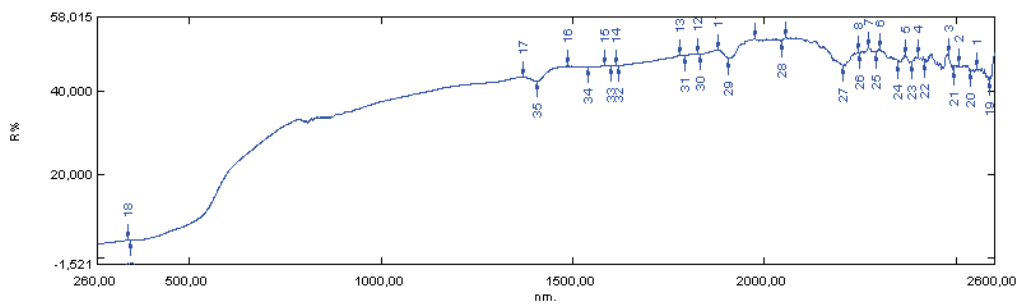
53. File\_110525\_151803 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



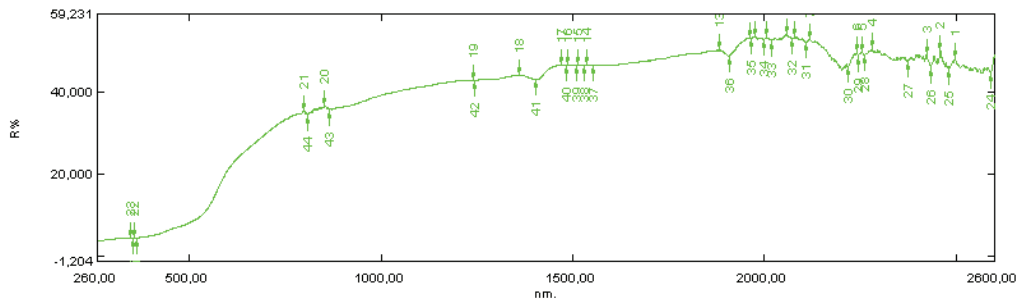
54. File\_110525\_152752 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



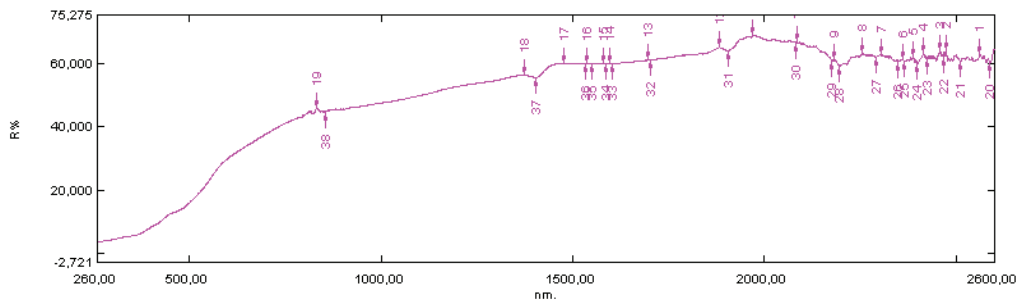
55. File\_110526\_120911 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



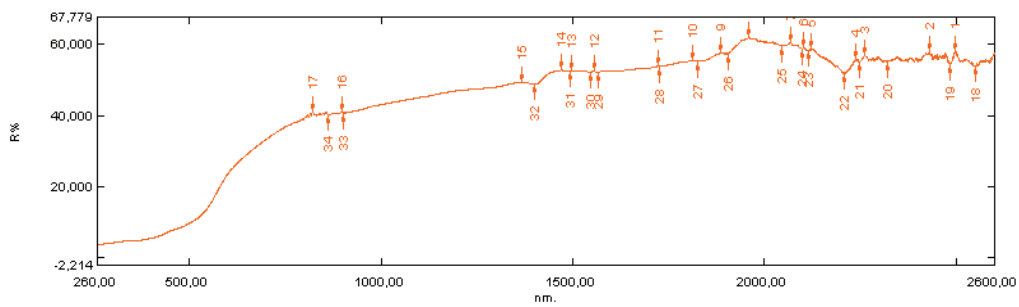
56. File\_110526\_121849 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



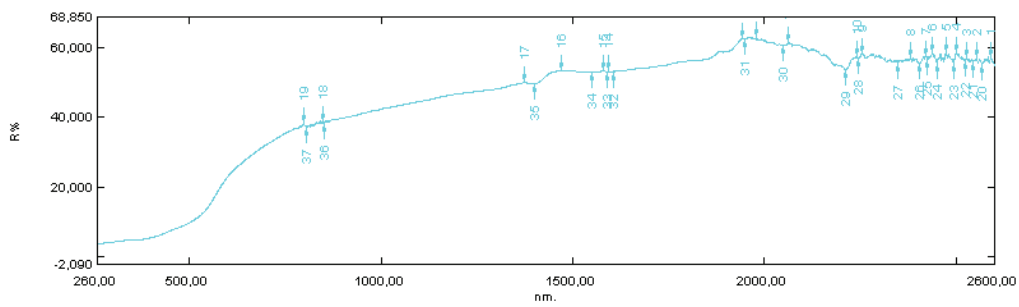
57. File\_110526\_122838 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



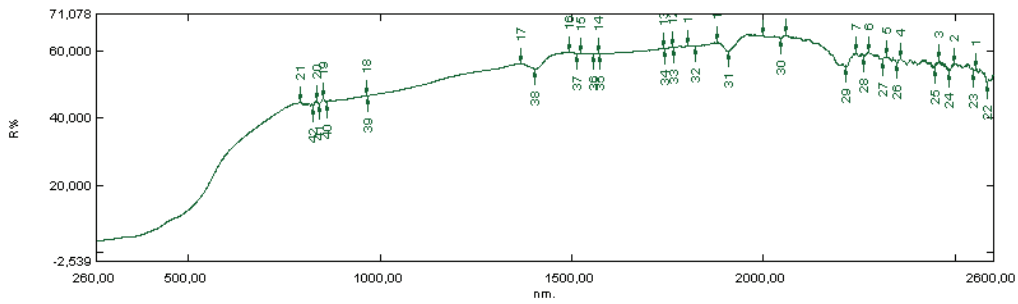
58. File\_110526\_123815 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



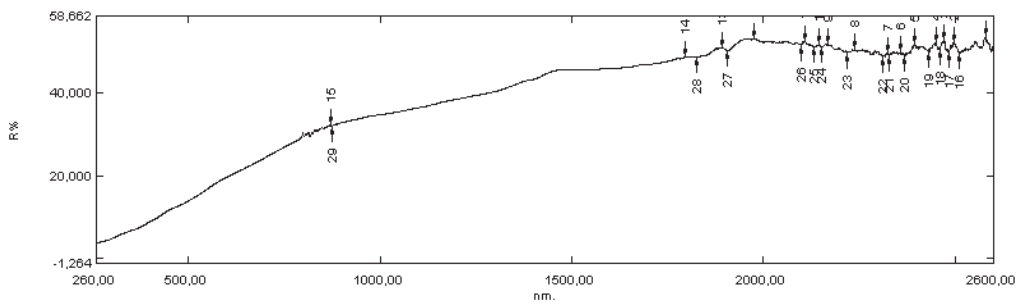
59. File\_110526\_124804 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



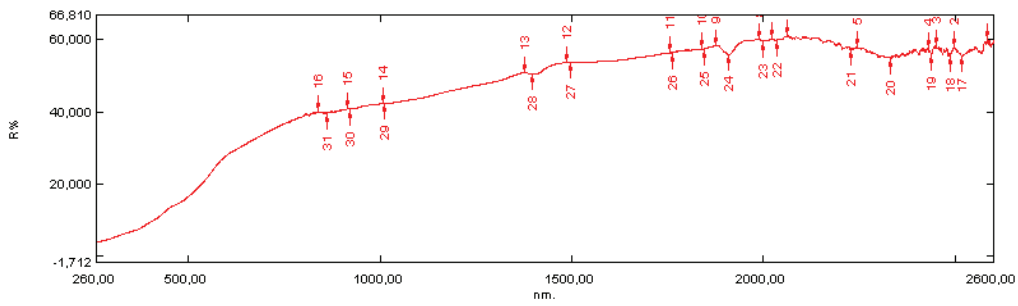
60. File\_110526\_125817 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



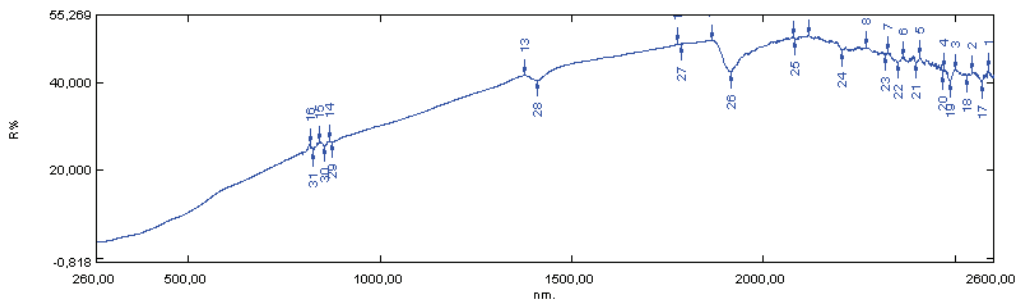
61. File\_110526\_130911 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



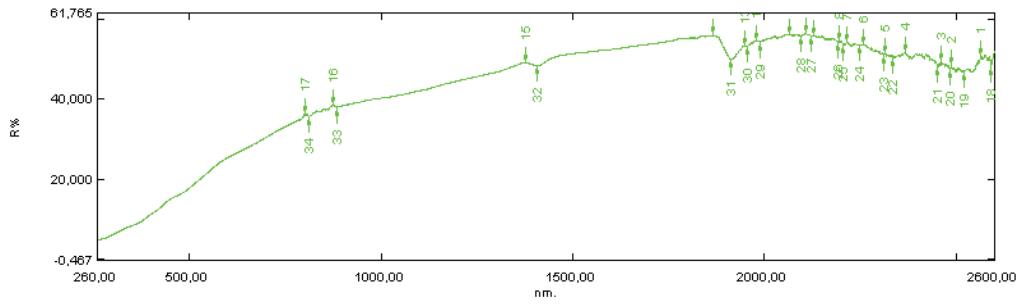
62. File\_110531\_104212 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



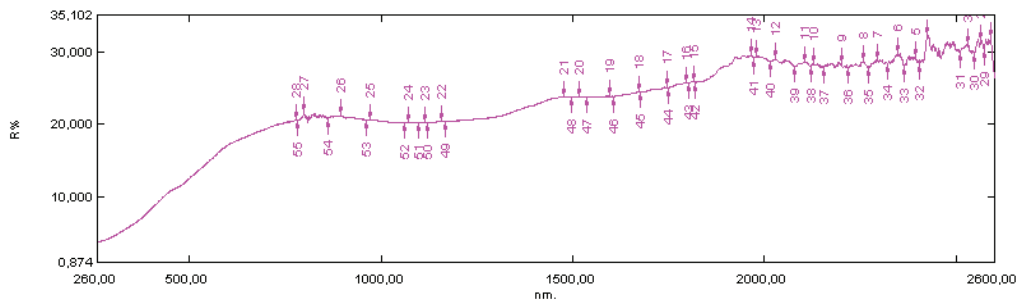
63. File\_110531\_105151 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



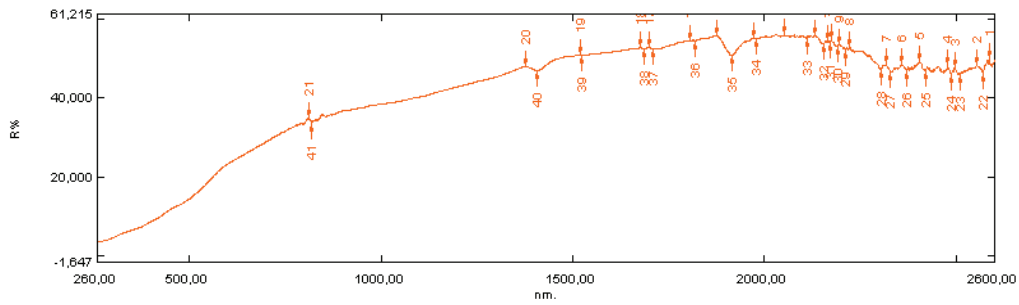
64. File\_110531\_110308 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



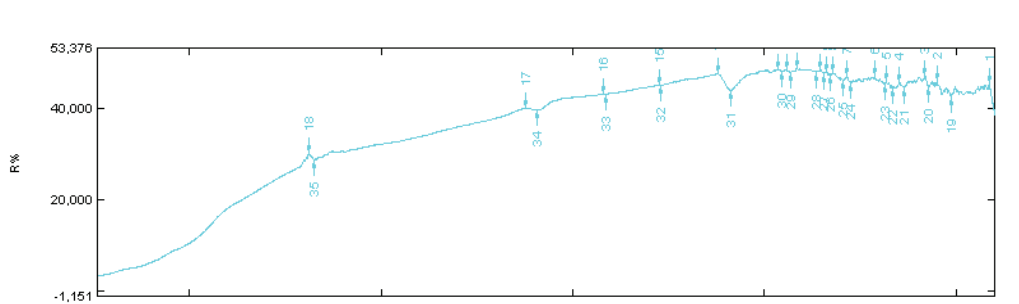
65. File\_110531\_111412 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



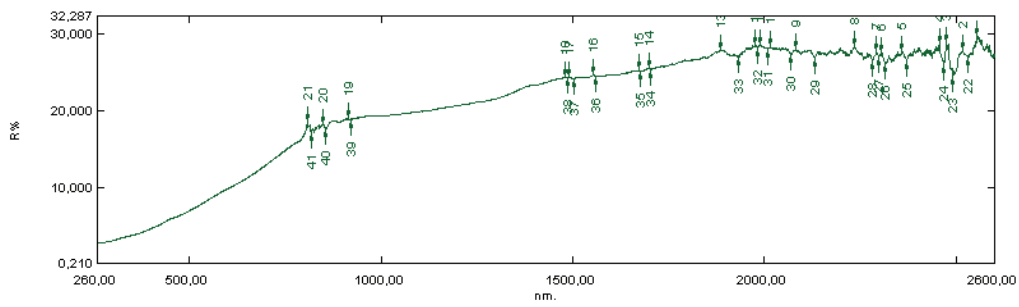
66. File\_110531\_112357 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



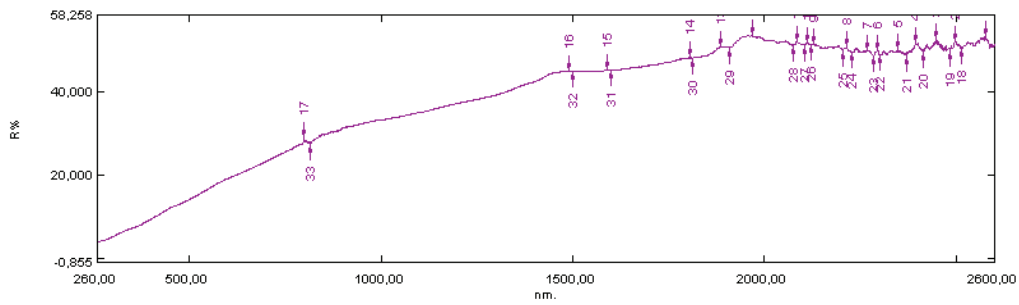
67. File\_110531\_113358 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



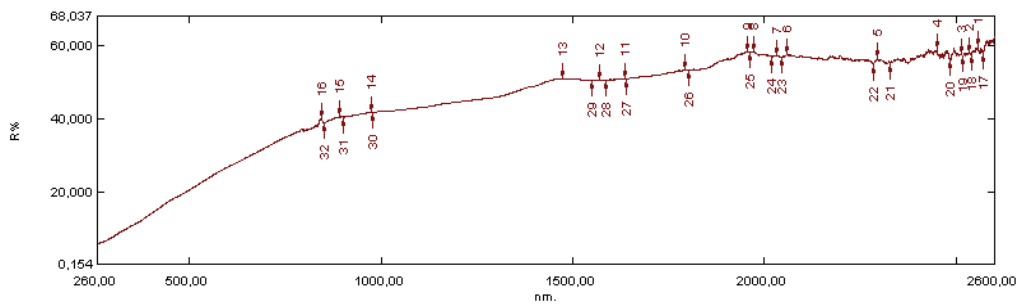
68. File\_110531\_115504 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



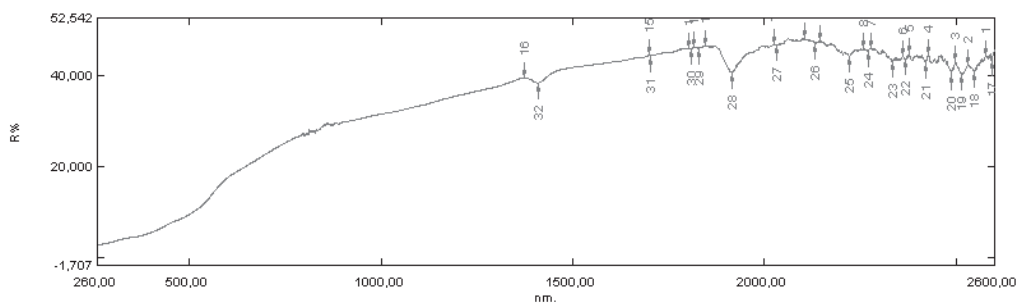
69. File\_110531\_120459 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



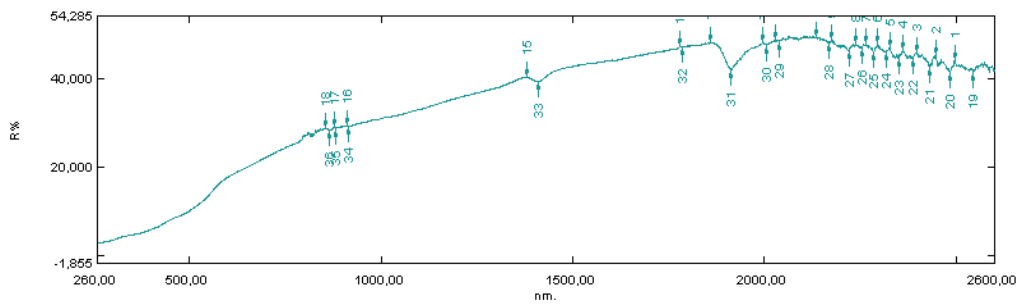
70. File\_110531\_121525 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



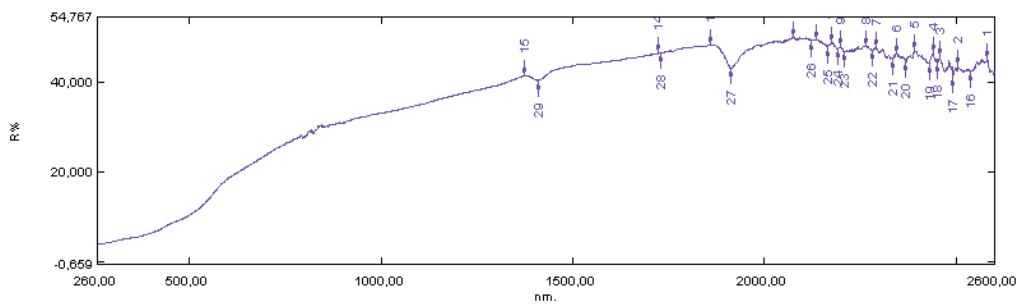
71. File\_110531\_122828 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



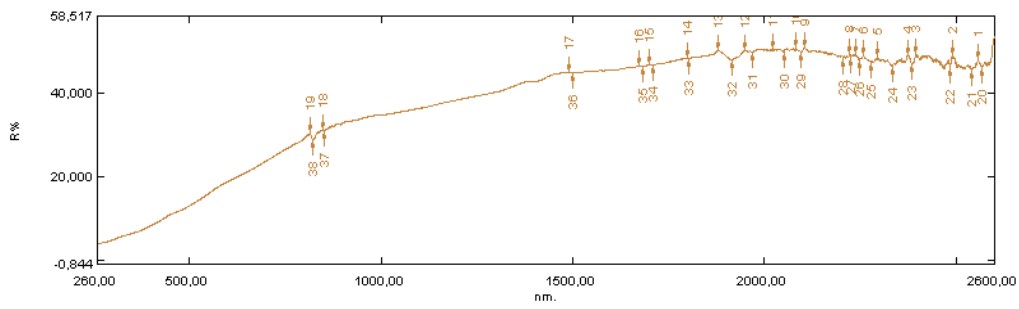
72. File\_110531\_123811 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



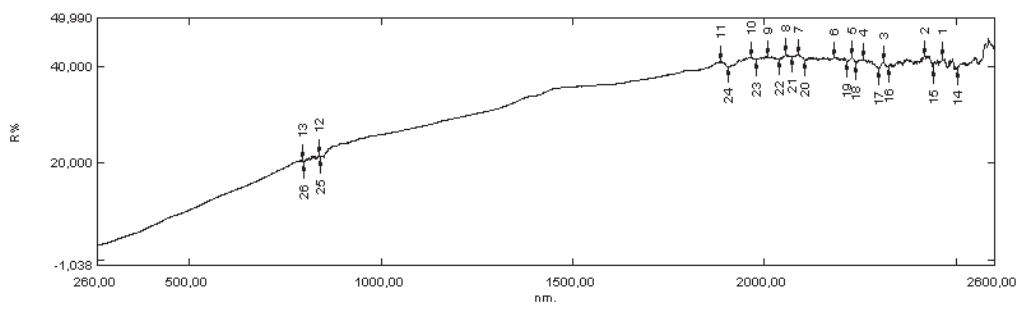
73. File\_110531\_124743 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



74. File\_110531\_133005 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ

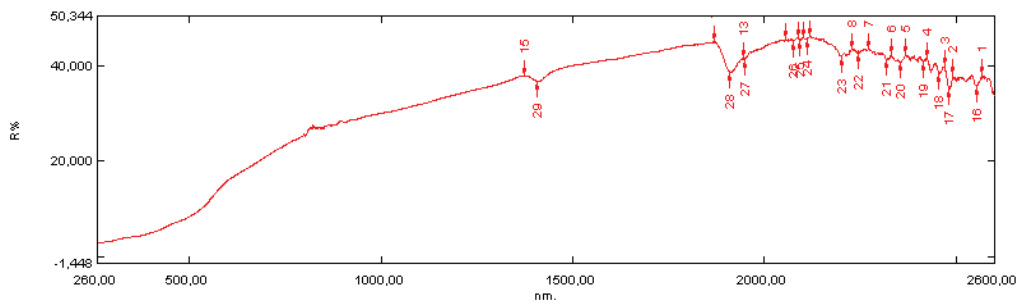


75. File\_110531\_134000 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ

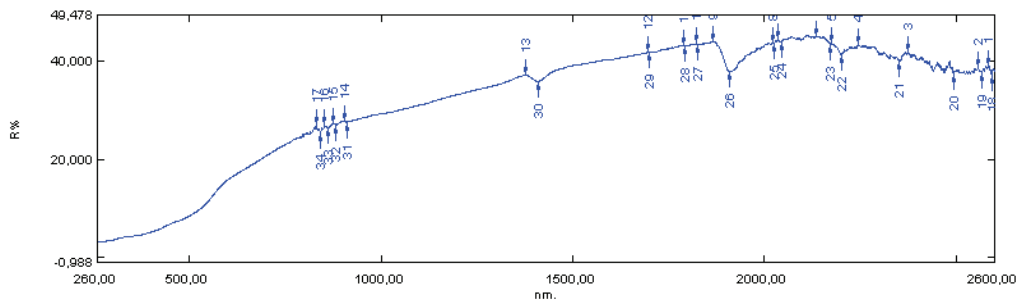




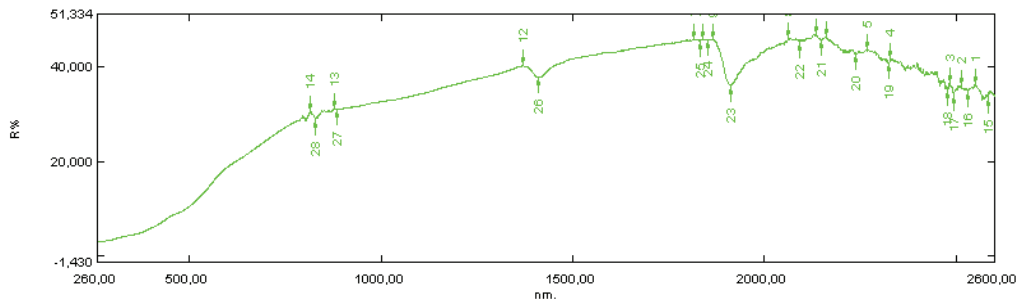
76. File\_110601\_103915 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



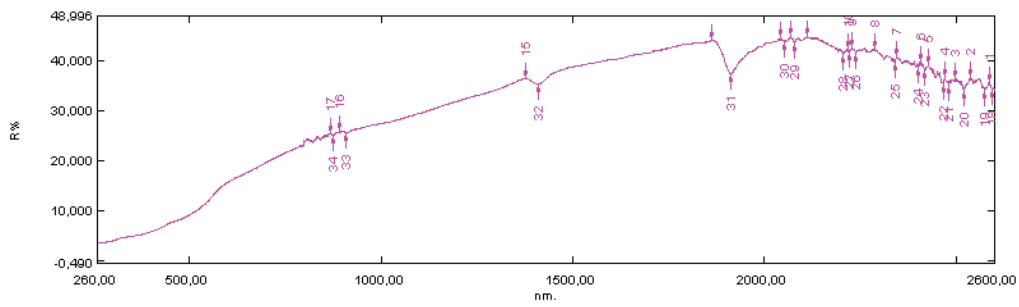
77. File\_110601\_104919 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



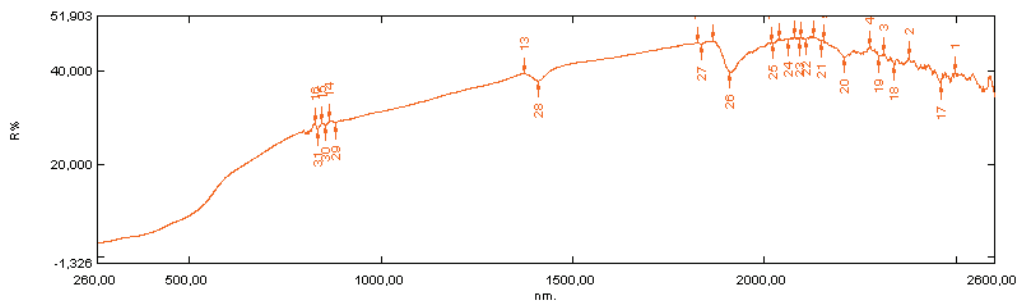
78. File\_110601\_110138 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



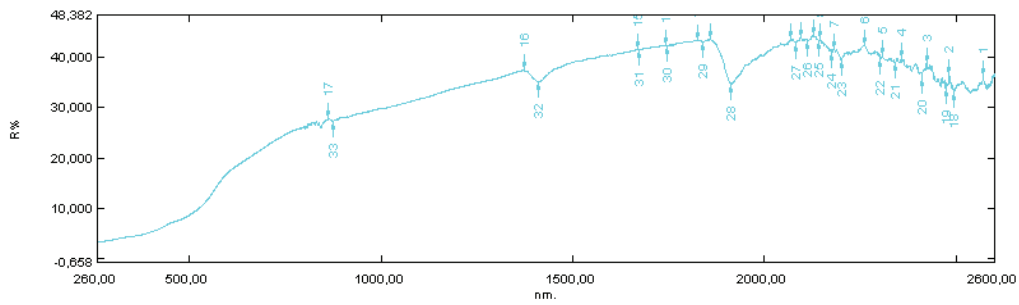
79. File\_110601\_111116 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



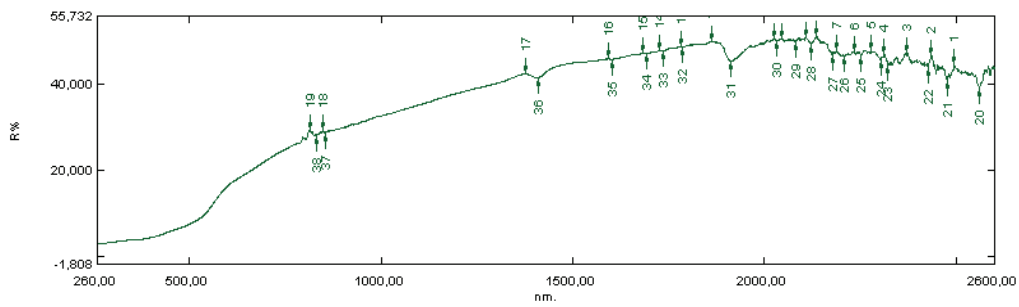
80. File\_110601\_112055 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



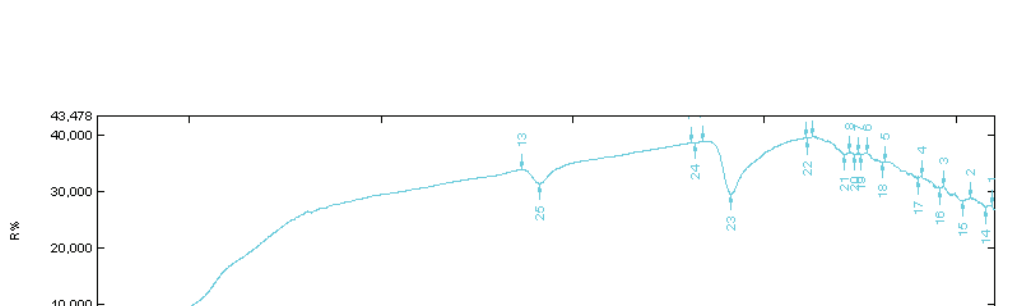
81. File\_110601\_113046 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



82. File\_110601\_124111 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ

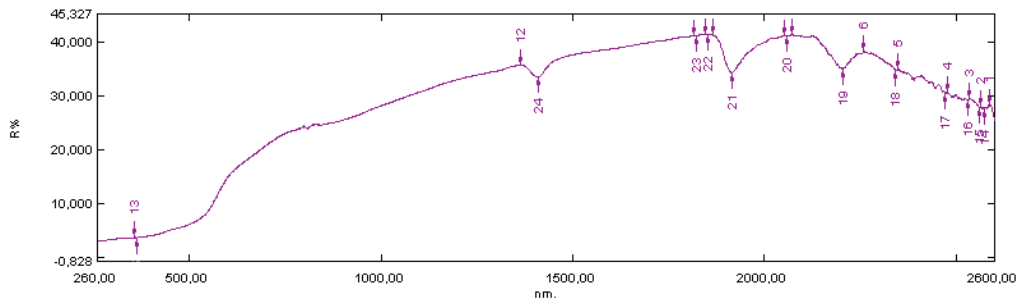


83. File\_110601\_125112 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ

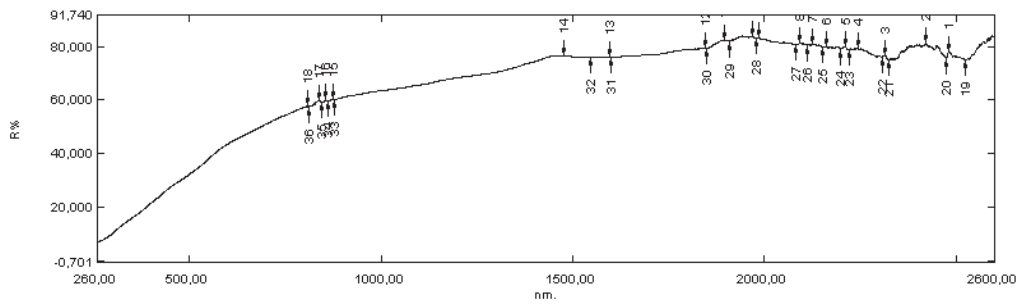


84. File\_110511\_101502 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ

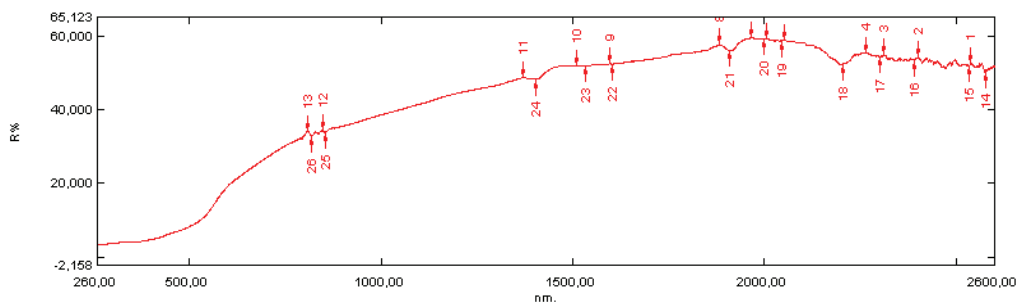




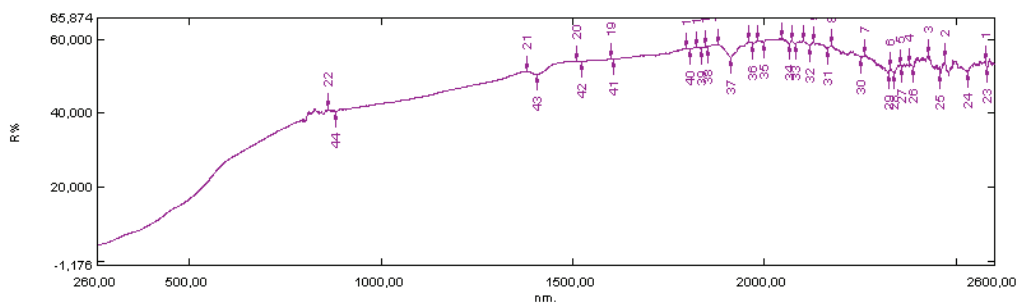
85. File\_110511\_192444 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



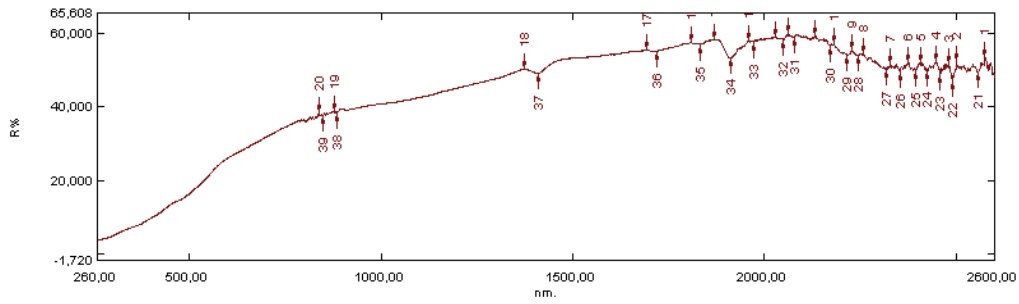
86. File\_110524\_111013 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



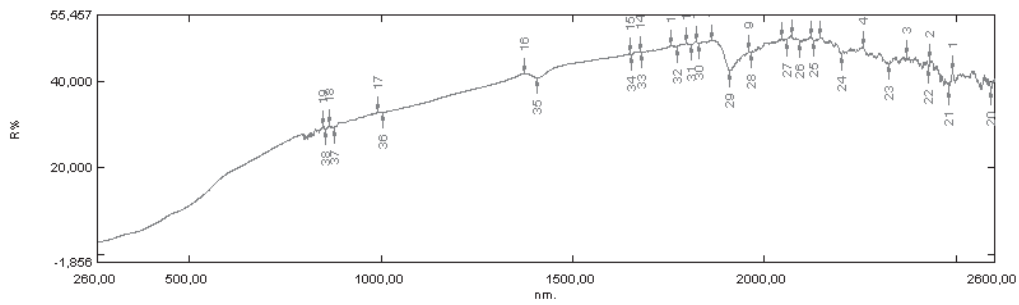
87. File\_110524\_112810 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



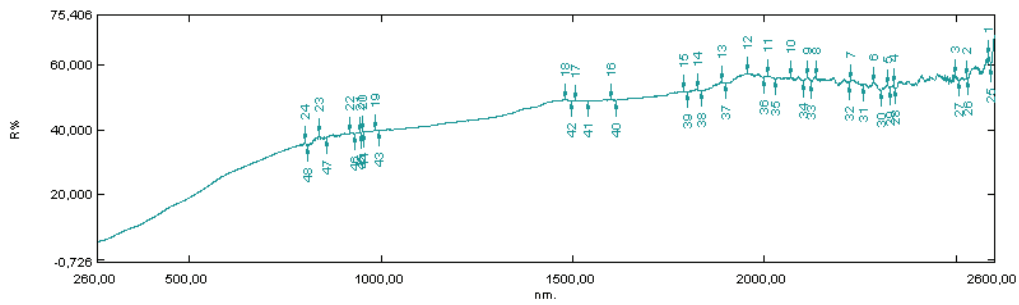
88. File\_110601\_130047 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



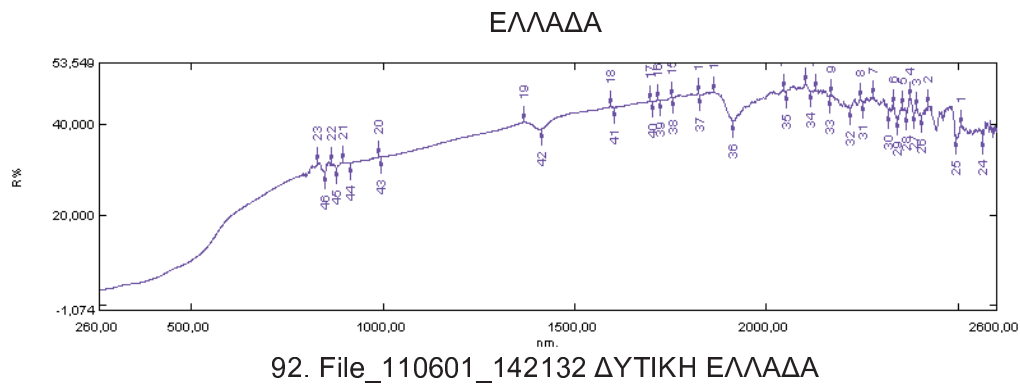
89. File\_110601\_131032 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



90. File\_110601\_134528 ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ



91. File\_110601\_140026 ΔΥΤΙΚΗ



## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### Σύγκριση δειγμάτων στην περιοχή του ορατού

Για να βρούμε στατιστικά τις διαφορές μεταξύ των φασμάτων δυτικής και ανατολικής Ελλάδας στην περιοχή του ορατού χρησιμοποιήσαμε δύο τρόπους.

1<sup>ος</sup> τρόπος: πήραμε την μέση τιμή των αποτελεσμάτων και από τις δύο περιοχές για να τις κάνουμε σύγκριση και καταλήξαμε στο να έχουμε τα ίδια αποτελέσματα (Πίνακας 1)

2<sup>ος</sup> τρόπος: πήραμε τις ακραίες τιμές των αποτελεσμάτων και σε αυτή την μέθοδο δεν βρέθηκαν διαφορές στα αποτελέσματα (Πίνακας 2)

Στην παρούσα μελέτη, μετά απο στατιστική ανάλυση, διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο μέσο όρο μήκους κύματος που αλλάζει ραγδαία η ανακλασιμότητα των εδαφικών δειγμάτων Ανατολικής (507,38 nm) 520,19 nm) και Δυτικής Ελλάδος (520,19 nm).

Πίνακας 1. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσωσν όρων των 92 εδαφικων δειγματων, μεταξύ Ανατολικής και Δυτικής Ελλάδας.



**Means Comparisons**

**Comparisons for each pair using Student's t**

t	Alpha
1.98667	0.05
Abs(Dif)-LSD	
	DYTIKH ELLADA \ ANATOLIKH ELLADA
DYTIKH ELLADA	-19.402
ANATOLIKH ELLADA	-10.825
	DYTIKH ELLADA \ ANATOLIKH ELLADA
DYTIKH ELLADA	-10.825
ANATOLIKH ELLADA	-27.217

Positive values show pairs of means that are significantly different.

**Level Mean**

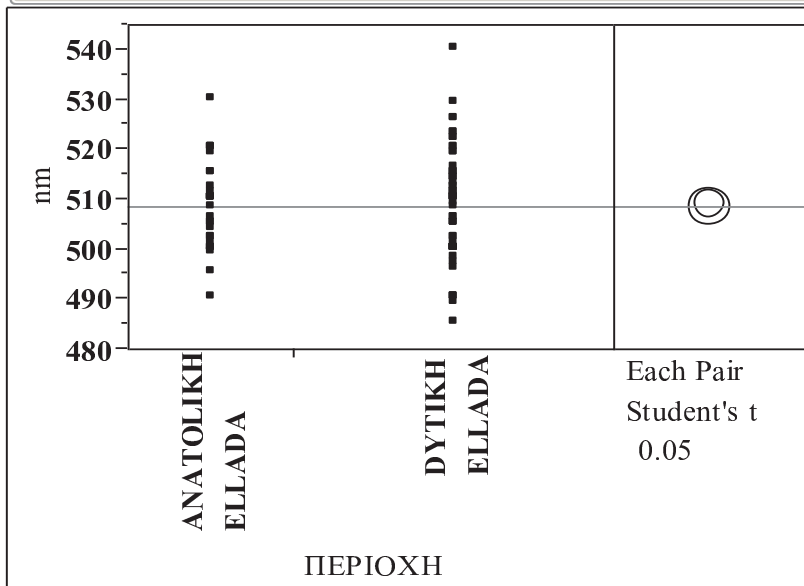
DYTIKH ELLADA	A	520.19672
ANATOLIKH ELLADA	A	507.38710

Levels not connected by same letter are significantly different.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης-σύγκρισης μέσωσν όρων έδειξαν ότι ΔΕΝ υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ Ανατολικής & Δυτικής Ελλάδος

Πίνακας 2. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσωσν όρων των 85 εδαφικών δειγμάτων, μεταξύ Ανατολικής και Δυτικής Ελλάδας (αφαιρέθηκαν 7 ακραίες τιμές (outliers))

### Oneway Analysis of nm By ΠΕΡΙΟΧΗ



Excluded Rows 7

### Means Comparisons

#### Comparisons for each pair using Student's t

	t	Alpha
	1.98896	0.05
Abs(Dif)-LSD		
	DYTIKH ELLADA	ANATOLIKH ELLADA
DYTIKH ELLADA	-3.8857	-4.0883
ANATOLIKH ELLADA	-4.0883	-5.3997

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level	Mean
DYTIKH ELLADA A	508.85714
ANATOLIKH ELLADA A	508.24138

Levels not connected by same letter are significantly different.

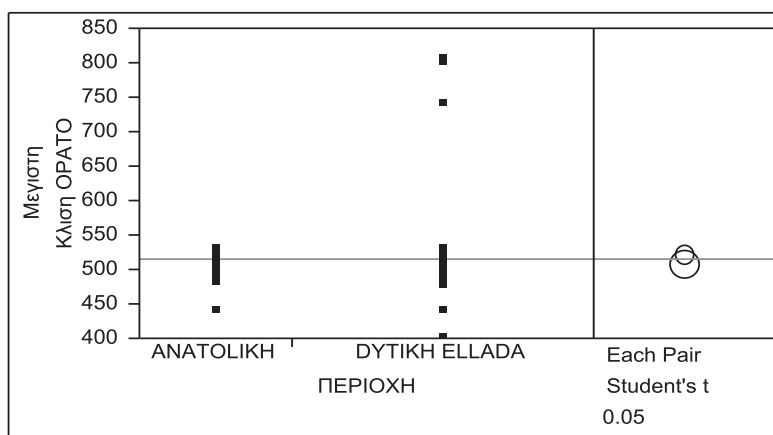
Τα αποτελέσματα της ανάλυσης-σύγκρισης μέσωσν όρων έδειξαν ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ Ανατολικής & Δυτικής Ελλάδος και όταν αφαιρέθηκαν οι «ακραίες τιμές» (2 σημεία από Ανατολική και 5 σημεία από Δυτική Ελλάδα)

## Σύγκριση δειγμάτων στην μέγιστη ανάκλαση και reflectance.

Για να βρούμε στατιστικά τις διαφορές μεταξύ των φασμάτων Δυτικής και Ανατολικής Ελλάδας χρησιμοποιήσαμε τον ίδιο τρόπο με τον παραπάνω και τα αποτελέσματα είναι τα εξής:

Πίνακας 3. Αποτελέσματα σύγκρισης μέσω όρων των 92 εδαφικών δειγμάτων, μεταξύ Ανατολικής και Δυτικής Ελλάδας μέγιστης ανάκλασης και reflectance.

### Fit Y by X Group Oneway Analysis of Μέγιστη Κλιση ΟΡΑΤΟ By ΠΕΡΙΟΧΗ



### Means Comparisons

#### Comparisons for each pair using Student's t

	t	Alpha
	1.98667	0.05
Abs(Dif)-LSD		
	<b>DΥΤΙΚΗ</b>	<b>ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ</b>
	<b>ΕΛΛΑΔΑ</b>	<b>ΕΛΛΑΔΑ</b>
DΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ	-19.4023	-10.8251
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ	-10.8251	-27.2168

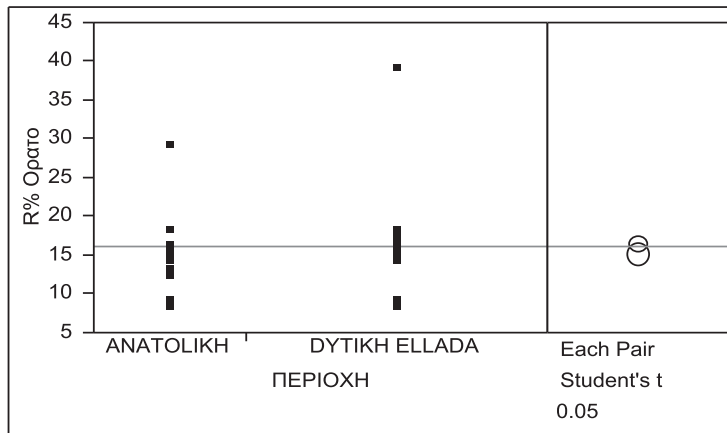
Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level		Mean
DΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ	A	520.19672
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ	A	507.38710

Levels not connected by same letter are significantly different.



### Oneway Analysis of R% Ορατο By ΠΕΡΙΟΧΗ



### Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

	t	Alpha
	1.98667	0.05
Abs(Dif)-LSD		
	<b>DYTIKH ELLADA</b>	<b>ANATOLIKH ELLADA</b>
DYTIKH ELLADA	-1.41752	-0.45492
ANATOLIKH ELLADA	-0.45492	-1.98844

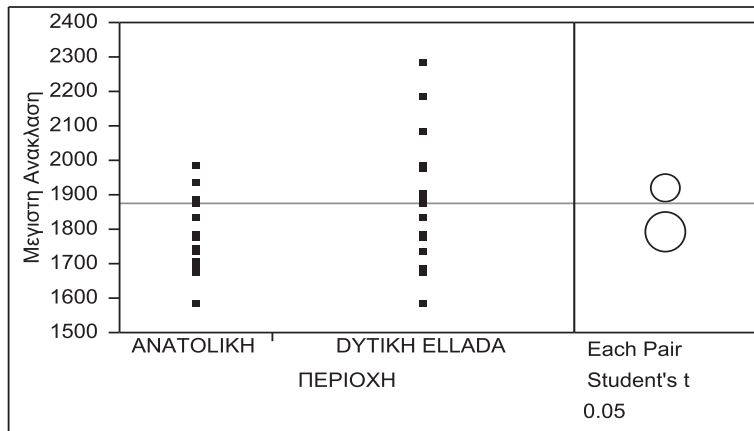
Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level		Mean
DYTIKH ELLADA	A	16.452459
ANATOLIKH ELLADA	A	15.180645

Levels not connected by same letter are significantly different.

### Fit Y by X Group

### Oneway Analysis of Μεγιστη Ανακλαση By ΠΕΡΙΟΧΗ



### Means Comparisons

### Comparisons for each pair using Student's t

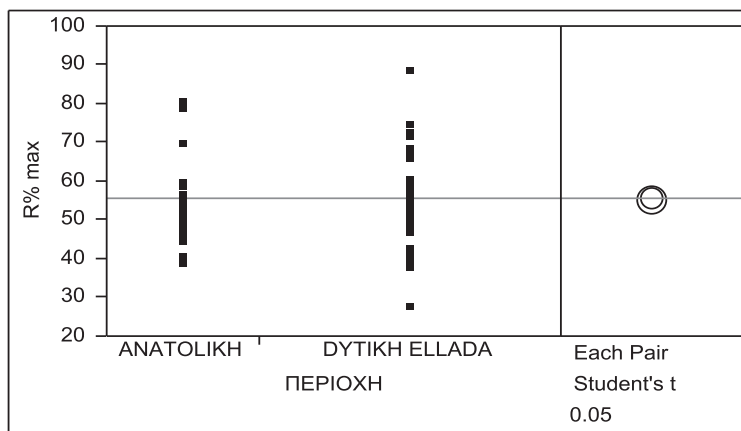
	t	Alpha
	1.98667	0.05
Abs(Dif)-LSD		
	<b>DYTIKH ELLADA</b>	<b>ANATOLIKH ELLADA</b>
DYTIKH ELLADA	-57.3232	55.95749
ANATOLIKH ELLADA	55.95749	-80.4108

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level		Mean
DYTIKH ELLADA	A	1918.6885
ANATOLIKH ELLADA	B	1792.9032

Levels not connected by same letter are significantly different.

### Oneway Analysis of R% max By ΠΕΡΙΟΧΗ



### Means Comparisons

#### Comparisons for each pair using Student's t

t	Alpha		
1.98667	0.05		
Abs(Dif)-LSD		<b>DΥΤΙΚΗ</b>	<b>ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ</b>
		<b>ΕΛΛΑΔΑ</b>	<b>ΕΛΛΑΔΑ</b>
DΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ		-3.7597	-4.06203
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ		-4.06203	-5.27396

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level		Mean
DΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ	A	55.604918
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ	A	55.087097

Levels not connected by same letter are significantly different.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης-σύγκρισης μέσω των όρων για τη μέγιστη ανάκλαση στη περιοχή 1500-2300 nm έδειξαν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ Ανατολικής & Δυτικής Ελλάδος και ο μ.ο της Δυτικής Ελλάδος (1918.7) είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος από τον μ.ο της Ανατολικής Ελλάδας (1792.9). Οι μ.ο των άλλων ανακλάσεων στη περιοχή του ορατού και της reflectance δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι το κρίσιμο μήκος κύματος που η ανακλασιμότητα των εδαφών αλλάξει ραγδαία, δεν ήταν διαφορετικό σε εδαφικά δείγματα που πάρθηκαν σε περιοχές της Ανατολικής και Δυτικής Ελλάδας με εξαίρεση τον μέσο όρο στην μέγιστη ανάκλαση, όπου τα εδάφη της Δυτικής Ελλάδας είχαν μεγαλύτερη τιμή από ότι της Ανατολικής.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ανδρονόπουλος, Β. και Τζιτζιρά, Α. 1982. Γεωτεχνικές συνθήκες και κατολισθητικές κινήσεις στην περιοχή Αγαλιανού (Λίμνη Κρεμαστών). ΙΓΜΕ.
- Ι.Γ.Μ.Ε. 1983. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας 1:500.000, Αθήνα, Δεύτερη Έκδοση.
- Κοσμάς, Κ., Balley, F., Μουστάκας, Ν., Μπονέλλι, Α., Θεοδωρής, Θ. και Ιωάννου, Ι. 1996. Πρότυπη εδαφολογική μελέτη στη Δυτική Ελλάδα. Υπ. Γεωργίας.
- Μαυρομάτης, Γ. 1980. Το βιοκλίμα της Ελλάδος – Σχέσεις κλίματος και φυσικής βλαστήσεως – Βιοκλιματικοί χάρτες. Δασική έρευνα, τόμος 1, παράρτημα.
- Παπαδάκης, Ι. 1985. Το γεωργικό κλίμα της Ελλάδας. Πρακτικά της Ακαδημίας Αθηνών, Τόμος 60<sup>ος</sup>, Αθήνα.
- Σβορούκιν, Ι. 1985. Εδαφολογική μελέτη περί των εδαφών της Θεσσαλικής Πεδιάδας, Εκδ. Ινστιτ. Χημείας και Γεωργίας 'Ν. Κανελλόπουλος', Πειραιάς.
- Τσάρα Μ. 2003. Ανάπτυξη δεικτών και εμπειρικών συναρτήσεων για την εκτίμηση του κινδύνου ερημοποίησης της γης. Διδακτορική Διατριβή, Γεωπ. Παν. Αθήνας, Αθήνα.

## ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ball, D.W., 1995, Defining Terms, *Spectroscopy*, 10, 16-18.
- B.P. 1969. The geological results of petroleum exploration in Western Greece. No 197, 68 pp.
- Burns, R., 1993, *Mineralogical Applications of Crystal Field Theory, Second Edition*, Cambridge University Press, Cambridge, 551p.
- Clark, R.N. and T.V.V. King, 1987, Causes of Spurious Features in Spectral Reflectance Data: *Proceedings of the Third Airborne Imaging Spectrometer Data Analysis Workshop*, JPL Publication 87-30, 132-137.
- Clark, R.N., G.A. Swayze, A. Gallagher, T.V.V. King, and W.M. Calvin, 1993b, The U. S. Geological Survey, Digital Spectral Library: Version 1: 0.2 to 3.0  $\mu\text{m}$ , *U.S. Geological Survey, Open File Report 93-592*, 1326 pages.
- Clark, R. N., Chapter 1: Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principles of Spectroscopy, in *Manual of Remote Sensing, Volume 3, Remote Sensing for the Earth Sciences*, (A.N. Rencz, ed.) John Wiley and Sons, New York, p 3- 58, 1999.
- Demitrack, A. 1986. The late Quaternary geologic history of the Larissa plain Thessaly, Greece: Tectonic, climatic and human impact on the landscape. Ph. D Thesis, Standford University, USA.
- Farmer, V.C., 1974, *The Infra-Red Spectra of Minerals*, (V.C. Farmer, ed.) Mineralogical Society, London, 539pp.
- Goetz, A.F.H, G. Vane, J.E. Solomon, and B.N. Rock, 1985, Imaging spectrometry for earth remote sensing, *Science*, 228, 1147-1153.
- Green, Robert O., James E. Conel, Veronique Carrere, Carol J. Bruegge, Jack S. Margolis, Michael Rast, and Gordon Hoover, 1990, Determination of the In-Flight Spectral and Radiometric Characteristics of the Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS), in *Proceedings of the Second Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) Workshop*, JPL Publication 90-54, pp. 15-22.

- Hapke, B., 1981, Bidirectional reflectance spectroscopy 1. Theory, *J. Geophys. Res.* 86, 3039-3054.
- Hapke, B., 1993, *Introduction to the Theory of reflectance and Emittance Spectroscopy*, Cambridge University Press, New York.
- Hecht, E., 1987, *Optics*, Addison-Wesley Publishing, Reading MA, 676pp.
- Karyotis, T.C., Kosmas C.S., Yassoglou, N.J. 1996. Pedogenetic differences between two Xeralfs in Thessaly region. *Georgiki Erevna* (In Greek), 20:61-71.
- Morris, R.V., H.V. Lauer, C.A. Lawson, E.K. Jr. Gibson, G.A. Nace, and C. Stewart, 1985, Spectral and other physiochemical properties of submicron powders of hematite (-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), maghemite (-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), maghemite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), goethite (-FeOOH), and lepidochrosite (-FeOOH), *J. Geophys. Res.* 90, 3126-3144.
- Mustard, J.F. and J.M. Sunshine, 1997, Chapter 5: Spectral Analysis, this volume.
- Kruse, F.A., 1997, Chapter 15: Visible / Infrared Sensors and Case Studies, this volume.
- Soil Survey Staff. Soil Taxonomy. 1975. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. USDA Hand. No. 436, Soil Conservation Service, USDA, Washington, DC.
- Swayze, G.A., R.N. Clark, A.F.H Goetz, N.S. Gorelick, and T.G. Chrien, 1997, Spectral Identification of surface materials using imaging spectrometer data: evaluating the effects of detector sampling, bandpass, and signal to noise ratio using the U.S.G.S. Tricorder Algorithm, to be submitted to *J Geophys. Res.* in two parts (Part I and Part II).
- Wendlandt, W.W., and H.G. Hecht, 1966, *Reflectance Spectroscopy*, Interscience Publisher, New York, 298p.
- Vane, G., J.E. Duval, and J.B. Wellman, 1993, Imaging spectroscopy of the earth and other solar system bodies, in *Remote Geochemical Analysis: Elemental and Mineralogical Composition* (C. M. Pieters, and P.A.J. Englert, eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 121-143.