

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ
Τομέας Μεταλλευτικής Τεχνολογίας
Ερευνητική μονάδα Γεωλογίας

(Τεκτονική- Στρωματογραφία- Γεωλογία Περιβάλλοντος)

TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE
SCHOOL OF MINERAL RESOURCES ENGINEERING
Division of Mining Technology – Laboratory of Geology
(Tectonics- Stratigraphy- Environmental Geology)



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μελέτη της αποτύπωσης των ιδιαίτερων γεωλογικών χαρακτηριστικών ενός τόπου στον
χημισμό του τοπικού οίνου.**

ΒΑΡΔΑΡΟΣ ΙΣΙΔΩΡΟΣ

Εξεταστική Επιτροπή:

Εμμανουήλ Μανούτσογλου

Νικόλαος Καλλίθρακας – Κόντος

Πεντάρη Δέσποινα

Καθηγητής Π.Κ. (επιβλέπων)

Καθηγητής Π.Κ.

Επίκουρη Καθηγήτρια Π.Κ.

Χανιά

2023

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο να αναλύσει και να συγκρίνει τα ανόργανα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία πετρωμάτων τριών νησιών —Ικαρίας, Λήμνου, Κεφαλονιάς— που έχουν εντελώς διαφορετικά πετρώματα (Ικαρία/πλουτώνια, Λήμνος/ηφαιστειακά, Κεφαλλονιά/ιζηματογενή) με τα ανόργανα στοιχεία και ιχνοστοιχεία των κρασιών, ώστε να αναδειχθεί η συμβολή του εκάστοτε πετρώματος στη φυσιολογία του τοπικά παραγόμενου κρασιού. Αρχικά, στα πλαίσια αυτής της εργασίας, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των διαφόρων υπό χρήση μεθόδων ανάλυσης οίνου. Για την ανάλυση των οίνων που μελετήθηκαν χρησιμοποιήθηκε η φθορισμομετρία ακτίνων Χ ενεργειακής διασποράς (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence, EDXRF). Τα δείγματα που επιλέχθηκαν είναι από λευκά κρασιά. Συγκεκριμένα, προέρχονται από ποικιλίες οι οποίες έχουν ευδοκιμήσει με το πέρασμα των χρόνων στους εκάστοτε τόπους: στην Ικαρία το Μπεγλέρι, στη Λήμνο το Μοσχάτο Αλεξανδρείας και το Ασύρτικο, ενώ στην Κεφαλονιά η Ρομπόλα. Τα δεδομένα των στοιχείων και των ιχνοστοιχείων των πετρωμάτων από τα τρία νησιά συγκεντρώθηκαν από βιβλιογραφικές αναφορές. Επίσης, μελετήθηκε το γεωλογικό περίγραμμα, η πετρογένεση και ο χημισμός του κάθε τόπου, ώστε να κατανοηθούν διανυγέστερα οι αισθητές διαφορές στα ανόργανα συστατικά των πετρωμάτων.

Ανατρέχοντας στη διεθνή βιβλιογραφία, παρόλο που δεν βρέθηκαν εδαφολογικές αναλύσεις των υπό μελέτη τόπων, εντοπίστηκαν στοιχεία τα οποία προέρχονται από το έδαφος και τα πετρώματα και έχουν την ικανότητα να απορροφούνται από τη ρίζα της αμπέλου —όπως είναι τα Al, B, Ba, Li, Mn, Zr, Nb, Mo, Rb, Si, Sr, Ti κ.α.—. Με την παρατήρηση αυτή, θα μπορούσε να κριθεί δυνατή η συσχέτιση πετρώματος-κρασιού, η οποία ήταν και ο στόχος της εργασίας αυτής. Παρ' όλα αυτά, η σύγκριση των γεωχημικών αναλύσεων των μητρικών πετρωμάτων με την «χημεία των κρασιών» καθίσταται δύσκολη λόγω του ότι τα μητρικά πετρώματα υφίστανται έντονες μετατροπές στον χημισμό τους όταν μετατρέπονται σε εδάφη, με κύρια και ιχνοστοιχεία να συγκεντρώνονται σε πολύ διαφορετικές ποσότητες που εξαρτώνται από την κινητικότητα των στοιχείων επηρεαζόμενη καθοριστικά από το σύνολο των παραμέτρων δημιουργίας εδαφών. Παρόλα αυτά εντοπίστηκαν κάποια ιχνοστοιχεία, όπως το Νιόβιο (Nb), το Ζιρκόνιο (Zr) και το Στρόντιο (Sr) των οποίων τις συγκεντρώσεις στα πετρώματα και στους οίνους θα μπορούσε να τις ονομάσει όμορες. Υπάρχουν ενδείξεις ώστε με περαιτέρω έρευνα τα στοιχεία αυτά να χαρακτηριστούν ως δείκτες συγκέντρωσης ιχνοστοιχείων πετρωμάτων – οίνων, παρά τις πολύ χαμηλές τους συγκεντρώσεις τους στους οίνους.

Λέξεις κλειδιά: Χημισμός, ανόργανα στοιχεία, κύρια στοιχεία, ιχνοστοιχεία, έδαφος-κρασί, οίνος, EDXRF, XRF, Ικαρία, Λήμνος, Κεφαλονιά

Abstract

The aim of this diplomatic work is to analyse and compare the mineral elements of three geological sites — Ikaria, Limnos, Kefalonia — that have completely different rocks (Ikaria/plutonic, Lemnos/volcanic, Kefalonia/sedimentary) with the mineral and trace elements of wines, in order to highlight the contribution of the respective rock to the physiognomy of the locally produced wine. Initially, within the framework of this work, a comparison of the various wine analysis methods in use was carried out. Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF) was used to analyze the studied wines. The samples selected are from white wines. Specifically, they come from varieties that have thrived over the years in each location: in Ikaria, Begleri, in Lemnos, Muschat of Alexandria and Assyrtiko, while in Kefalonia, Robola. The data of the elements and trace elements of the rocks from the three islands were collected from bibliographical references. The geological outline, petrogenesis, and chemistry of each site were also studied in order to better understand the perceptible differences in the mineral composition of the rocks.

Looking at the international literature, although no soil analyzes of the study sites were found, elements were identified that come from the soil and rocks and have the ability to be absorbed by the vine root — such as Al, B, Ba, Li, Mn, Zr, Nb, Mo, Rb, Si, Sr, Ti etc.—. With this observation, the rock-wine correlation could be considered possible, which was also the goal of this work. However, comparing geochemical analyzes of parent rocks with "wine chemistry" is made difficult by the fact that parent rocks undergo dramatic changes in their chemistry when transformed into soils, with major and trace elements concentrated in very different amounts that they depend on the mobility of the elements decisively influenced by the set of soil creation parameters. Nevertheless, some trace elements were identified, such as Niobium (Nb), Zirconium (Zr) and Strontium (Sr) whose concentrations in rocks and wines could be called borderline. There are indications that, with further research, these elements could be characterized as rock-wine trace element concentration indicators, despite their very low concentrations in wines.

Keywords: Chemistry, inorganic elements, main elements, trace elements, soil, wine, EDXRF, XRF, Ikaria, Limnos, Kefallonia

Πρόλογος

Στην παρούσα διπλωματική εργασία —με θέμα «Μελέτη της αποτύπωσης των ιδιαίτερων γεωλογικών χαρακτηριστικών ενός τόπου στον χημισμό του τοπικού οίνου»— πραγματοποιήθηκε η σύγκριση των κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων των πετρωμάτων της Ικαρίας, της Λήμνου και της Κεφαλονιάς με τα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία των κρασιών από τους αντίστοιχους τόπους. Εγινε μια προσπάθεια να ανιχνευθούν, να εντοπιστούν πιθανά ανόργανα στοιχεία, κύρια και ιχνοστοιχεία που υπάρχουν σε περίσσεια στα πετρώματα της κάθε περιοχής και σε αναλύσεις ανοργανων στοιχείων σε κρασιά από τις διαφορετικές περιοχές. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα κεφάλαια, όπου θα παραθέσουμε την ανάλυση και τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής. **Στο πρώτο κεφάλαιο**, μέσω της εισαγωγής, σκιαγραφείται η πορεία της μελέτης αυτής και γίνεται μία ιστορική ανασκόπηση για τις ποικιλίες της αμπέλου στους αντίστοιχους τόπους απ'όπου επιλέχθηκαν και δείγματα. **Στο δεύτερο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα γεωλογικά χαρακτηριστικά των περιοχών προς ανάλυση και γίνεται μία πρώτη σύγκριση στα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία των δειγμάτων των πετρωμάτων. Έπειτα παρουσιάζεται η ταξινόμηση των εδαφών που έγινε βάσει του συστήματος ταξινόμησης του οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) –UNESCO Soil Map of the World. αλλά και οι διαδικασίες που ακολουθούνται κατά τον σχηματισμό ενός εδάφους. **Στο τρίτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται δεδομένα ως προς τα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία του εδάφους και ως προς τη σχέση τους με το κρασί και το αμπέλι. Επίσης, γίνεται αναφορά στις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν αλλά και στους λόγους για τους οποίους επιλέξαμε τα συγκεκριμένα δείγματα. **Στο τέταρτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται συγκριτικά οι μέθοδοι αναλύσεων που χρησιμοποιούνται για τον οίνο. Αναφέρονται, ακόμη, η μέθοδος που επιλέχθηκε στο παρόν πλαίσιο μελέτης αλλά και οι συγκεκριμένοι λόγοι που οδήγησαν σε αυτήν την επιλογή. **Στο πέμπτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής μαζί με τις χημικές αναλύσεις των πετρωμάτων αλλά και τις χημικές αναλύσεις οίνου. Τέλος, **στο έκτο κεφάλαιο**, συνοψίζονται όλα τα παραπάνω και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και η συζήτηση που προκύπτουν από την παρούσα έρευνα.

Ευχαριστίες

Μετά την ολοκλήρωση της εργασίας αυτής νιώθω την ανάγκη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσους βοήθησαν στην διεκπεραίωσή της.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον δάσκαλο μου και επιβλέπων καθηγητή της εργασίας αυτής, κ. Εμμανουήλ Μανούτσογλου, όπου με την ιόβια υπομονή, την πολύτιμη καθοδήγηση και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε βοήθησε καταλυτικά στην ολοκλήρωση της εργασίας αυτής. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές κ.Νικόλαο Καλλίθρακα – Κόντο και κα.Δέσποινα Πεντάρη για την βοήθειά τους και την συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τους φίλους μου Πάρη, Χάρη και Άγγελο για την στήριξή τους και τις συμβουλές τους. Τον Κυριάκο, την Κλεονίκη, την Ελευθερία, τον Βασίλη, την Σοφία, τον Νίκο, τον Παναγιώτη, την Ευτυχία, την Αλίκη, τον Φάνη, την Δώρα, την Μαρία και όλους αυτούς που ήταν και είναι δίπλα μου και μου θυμίζουν να μη σταματάω να ονειρεύομαι.

Ξεχωριστά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον φίλο Κωνσταντίνο Αφιανέ από το κτήμα Αφιανέ για την απλόχερη συνεισφορά των κρασιών του όπου χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα αυτή, αλλά και τον φίλο Σωκράτη Βακιρτζιάν για την επιμέλεια κειμένου.

Την παρούσα διπλωματική εργασία την αφιερώνω στους αγαπημένους μου γονείς, Αποστόλη και Δάφνη, και στα αδέρφια μου, Σαράντο και Χρίστο, που με στήριξαν καθ'όλη την διάρκεια της φοιτητικής μου πορείας και χωρίς αυτούς δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί.

Περιεχόμενα

Contents

Ευχαριστίες.....	6
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	12
1.1 Εισαγωγή.....	12
1.2 Ιστορικά στοιχεία της αμπέλου.....	13
Κεφάλαιο 2: Γεωλογικά χαρακτηριστικά των περιοχών προς ανάλυση.....	14
2.1 Νήσος Ικαρία.....	14
2.1.1 Γεωλογικό περίγραμμα της Ικαρίας.....	14
2.1.2 Πετρογένεση Ικαρίας.....	16
2.1.3 Χημισμός Πετρωμάτων Ικαρίας.....	19
2.2 Νήσος Λήμνος.....	23
2.2.1 Γεωλογικό περίγραμμα της Λήμνου.....	23
2.2.2 Πετρογένεση Λήμνου.....	25
2.2.3 Χημισμός πετρωμάτων Λήμνου.....	26
2.3 Νήσος Κεφαλονιάς.....	30
2.3.1 Γεωλογικό περίγραμμα της Κεφαλονιάς.....	30
2.3.2 Πετρογένεση Κεφαλονιάς.....	33
2.3.3 Χημισμός πετρωμάτων Κεφαλονιάς.....	34
Κεφάλαιο 2.4 Σύγκριση κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων κατά τόπους.....	37
2.5 Σχηματισμός εδάφους.....	46
2.6 Εδαφολογικοί χάρτες.....	51
Κεφάλαιο 3: Έδαφος και κρασί.....	54
3.1 Κύρια στοιχεία και Ιχνοστοιχεία.....	54
3.2 Ανόργανα στοιχεία στο κρασί.....	55
3.3 Δειγματοληψίες για αναλύσεις.....	57
Κεφάλαιο 4: Ιχνοστοιχειακές αναλύσεις.....	58
4.1 Μέθοδοι και τεχνικές ανάλυσης οίνου.....	58
4.2 Σύγκριση μεθόδων ανάλυσης.....	66
4.3 Μέθοδος της φθορισμομετρίας ακτίνων Χ ενεργειακής διασποράς (EnergyDispersiveX-RayFluorescence, EDXRF).....	71
4.3.1 Ανάλυση της μεθόδου EDXRF ως προς τη χρησιμότητά της στην ανάλυση ιχνοστοιχείων του οίνου και του εδάφους.....	71
4.3.2 Ανάλυση δειγμάτων με EDXRF.....	72

Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα μελέτης	72
Κεφάλαιο 6: Συζήτηση και συμπεράσματα.....	83
Bibliography	86
Διαδικτυακές πηγές	89

No table of figures entries found.Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 4. 1Σχηματικό διάγραμμα φασματόμετρου απλής δέσμης απορρόφησης ή εκπομπής. (Θεσσαλίας, 2013)	59
Εικόνα 4. 2 Σχηματική παράσταση βασικής διάταξης ICP-AES. (Πακτσεβανίδου, 2020)	59
Εικόνα 4. 3Σχηματική παράσταση φασματοφωτόμετρου φλόγας. (Κωνσταντίνου, 2018).....	60
Εικόνα 4. 4Σχηματική παράσταση φλογοφασματοφωτόμετρου ατομικής απορρόφησης. (Σπανός, 2005) ...	61
Εικόνα 4. 5Σχηματική παράσταση φασματοφωτόμετρου XRF ενεργειακής διασποράς. (Γαλάνη-Νικολακάκη, 2000)	61
Εικόνα 4. 6Βασικό σχηματικό διάγραμμα ενός φασματοφωτόμετρου TRXRF. (Καλλίθρακας-Κόντος, 1993).62	
Εικόνα 4. 77 Διάταξη ποτενσιοστατικής βολταμετρίας γραμμικής σάρωσης τριών ηλεκτροδίων. (Παπαδοπούλου, 2017)	62
Εικόνα 4. 8Σχηματική απεικόνιση αναδιαλυτικής βολταμετρίας. (Χατζημπαλάση, 2007).....	63
Εικόνα 4. 9Μονογραμμικό διάγραμμα υδραυλικού συστήματος πλήρωσης, εκκένωσης, καθαρισμού και ανακύκλωσης του νερού της δεξαμενής ενεργοποίησης. (Χάλαρης, 2020)	64
Εικόνα 4. 10Βασική διάταξη αέριου χρωματογράφου (Χατζηλαζάρου, 2014)	64
Εικόνα 4. 11Βασική διάταξη υγρού χρωματογράφου (Μπίτας, 2016)	65
Εικόνα 4. 12Σχηματική απεικόνιση α) του χρώματος που λαμβάνεται από την αντίδραση μεταξύ των προτύπων FC και 0-100 µg/ml γαλλικού οξέος και β) η ανεπτυγμένη χρωματική λωρίδα (Ploysri & Theppakorn, 2014).....	65
Εικόνα 2. 1 Γεωλογικοί σχηματισμοί της νήσου Ικαρίας. (Ηλιόπουλος, 2005)	18
Εικόνα 2. 2 Χαρτογραφική απεικόνιση των γεωλογικών ενοτήτων της νήσου Ικαρίας (Beaudoin, etal., 2015)	18
Εικόνα 2. 3 Απεικόνιση των γεωλογικών ενοτήτων της νήσου Λήμνου σε στρωματογραφική στήλη (Ρουμελιώτη, 2013)	24
Εικόνα 2. 4 Γεωλογικός χάρτης της νήσου Λήμνου (Ρουμελιώτη, 2013)	24
Εικόνα 2. 5 Χαρτογραφική απεικόνιση της νήσου Λήμνου (Ρουμελιώτη, 2013)	29
Εικόνα 2. 6 Γεωλογικοί σχηματισμοί της νήσου Κεφαλληνίας (Κουρλής).....	32
Εικόνα 2. 7 Γεωλογικός Χάρτης της νήσου Κεφαλληνίας (Κουρλής)	32
Εικόνα 2. 8 α) Πλευρική μετακίνηση ανόργανων και οργανικών υλικών εντός του εδαφικού προφίλ β) Κατακόρυφη και πλευρική μετακίνηση οργανικών και ανόργανων υλικών εντός του εδαφικού προφίλ (Brady & Weil, 2008)	48
Εικόνα 2. 9 Μεταβολές που επέρχονται από τις τέσσερις βασικές εδαφογενετικές διεργασίες κατά τη διάρκεια σχηματισμού ενός εδάφους από το μητρικό υλικό (Brady & Weil, 2008).....	49
Εικόνα 2. 10 Κατανομή εδαφικής στήλης (Brady & Weil, 2008)	50
Εικόνα 2. 11 Σταδιακή αποσάθρωση πετρώματος και δημιουργίας οριζόντων σε σχέση με τον χρόνο (Brady & Weil, 2008)	50

Εικόνα 3. 1 Χημικά στοιχεία προς ανάλυση στον οίνο (Πασβάνκα, 2020).....	57
Εικόνα 4. 1 Σχηματικό διάγραμμα φασματομέτρου απλής δέσμης απορρόφησης ή εκπομπής (ΠΕΓΑ), 2007-2013)	59
Εικόνα 4. 2 Σχηματική παράσταση βασικής διάταξης ICP-AES (Πακτσεβανίδου, 2020)....	59
Εικόνα 4. 3 Σχηματική παράσταση φασματοφωτόμετρου φλόγας (Κωνσταντίνου, 2018).....	60
Εικόνα 4. 4 Σχηματική παράσταση φλογοφασματοφωτόμετρου ατομικής απορρόφησης (Σπανός).....	61
Εικόνα 4. 5 Σχηματική παράσταση φασματοφωτόμετρου XRF ενεργειακής διασποράς (Γαλάνη-Νικολακάκη, 2000).....	61
Εικόνα 4. 6 Βασικό σχηματικό διάγραμμα ενός φασματοφωτόμετρου TRXRF (Καλλίθρακας- Κόντος, 1993)	62
Εικόνα 4. 7 Διάταξη ποτενσιοστατικής βολταμετρίας γραμμικής σάρωσης τριών ηλεκτροδίων (Παπαδοπούλου, 2017)	62
Εικόνα 4. 8 Σχηματική απεικόνιση αναδιαλυτικής βολταμετρίας (Χατζημπαλάση).....	63
Εικόνα 4. 9 Μονογραμμικό διάγραμμα υδραυλικού συστήματος πλήρωσης, εκκένωσης, καθαρισμού και ανακύκλωσης του νερού της δεξαμενής ενεργοποίησης (Χάλαρης, 2020).....	64
Εικόνα 4. 10 Βασική διάταξη αέριου χρωματογράφου (Χατζηλαζάρου)	64
Εικόνα 4. 11 Βασική διάταξη υγρού χρωματογράφου (Μπίτας, 2016)	65
Εικόνα 4. 12 Σχηματική απεικόνιση α) του χρώματος που λαμβάνεται από την αντίδραση μεταξύ των προτύπων FC και 0-100 µg/ml γαλλικού οξέος και β) η ανεπτυγμένη χρωματική λωρίδα (Ploysri & Theppakorn, 2014).....	65

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2. 1 Σύγκριση των μέσων όρων και του εύρους των τιμών του κάθε κύριου στοιχείου και ιχνοστοιχείου ξεχωριστά για τον κάθε τόπο.*Με πορτοκαλί έχουν σημειωθεί οι τιμές που υπερτερούν κάθε φορά έναντι των άλλων δύο.....	38
Πίνακας 3. 2 Τυπικές τιμές συγκεντρώσεων ανόργανων στοιχείων στο κρασί (Γαλάνη- Νικολακάκη, 2000).....	55
Πίνακας 4. 1 Σύγκριση μεθόδων αναλύσεων οίνων (Αργυράκη) (Πολίτη, 2016) (Μαλβίνα, 97- 2003) (Καφημαλή, 2008)	67
Πίνακας 4. 2 Σύγκριση των μέσων όρων τιμών των στοιχείων Sr, Nb και Zr των γεωλογικών δειγμάτων (αριστερά) και των δειγμάτων των κρασιών (δεξιά)	73
Πίνακας 5. 1 Χημικές αναλύσεις (XRF) αντιπροσωπευτικών δειγμάτων μεταβασιτών Ικαρίας (Ηλιοπούλος, 2005), σε σύγκριση στα δεξιά με χημικές αναλύσεις (EDXRF) οίνων Ικαρίας.....	74

Πίνακας 5. 2 Χημικές αναλύσεις (XRF) αντιπροσωπευτικών δειγμάτων μεταίζημάτων της Ικαρίας (Ηλιόπουλος, 2005), σε σύγκριση στα δεξιά με τις χημικές αναλύσεις (EDXRF) οίνων Ικαρίας.....	75
Πίνακας 5. 3 Χημικές αναλύσεις (XRF) αντιπροσωπευτικών δειγμάτων μεταβωξιτών, μεταμαγνανιούχων ιζημάτων, κερατιτών ασβεστοπυριτικών πετρωμάτων, διοριτών, τουρμαλινίτη και φλεβικού πετρώματος της Ικαρίας (Ηλιόπουλος, 2005), σε σύγκριση στα δεξιά με χημικές αναλύσεις (EDXRF) δειγμάτων από τοπικούς οίνους της Ικαρίας.	76
Πίνακας 5. 4 Χημικές αναλύσεις (XRF) γεωλογικών δειγμάτων των περιοχών Κατάλλακου και Ρωμανού της νήσου Λήμνου, σε σύγκριση στα δεξιά με χημικές αναλύσεις (EDXRF) δειγμάτων από τοπικούς οίνους της νήσου Λήμνου.	77
Πίνακας 5. 5 Χημικές αναλύσεις (XRF) γεωλογικών δειγμάτων των περιοχών Αγίου Ιωάννη και Μύρινας της νήσου Λήμνου, σε σύγκριση στα δεξιά με τις χημικές αναλύσεις (EDXRF) δειγμάτων τοπικών οίνων της νήσου Λήμνου.	78
Πίνακας 5. 6 Χημικές αναλύσεις (XRF) γεωλογικών δειγμάτων της νήσου Κεφαλληνίας (Melfos & Stratouli, 2016), σε σύγκριση στα δεξιά με χημικές αναλύσεις (EDXRF) δειγμάτων τοπικών οίνων της νήσου Κεφαλληνίας.	80
Πίνακας 5. 7 Τιμές από το στοιχείο Ζιρκόνιο (Zn) των γεωλογικών αναλύσεων ανά τόπους και των χημικών αναλύσεων των οίνων.	81
Πίνακας 5. 8 Τιμές από το στοιχείο Στρόντιο (Sr) των γεωλογικών αναλύσεων ανά τόπους και των χημικών αναλύσεων των οίνων.	82
Πίνακας 5. 9 Τιμές του στοιχείου Νιόβιο (Nb) των γεωλογικών αναλύσεων ανά τόπους και των χημικών αναλύσεων των οίνων.	82

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 2. 1 Κανονικοποιημένα μοτίβα αφθονίας REE στα γεωλογικά δείγματα Κερατολίθων Κεφαλονιάς από την NorthAmericaShaleComposite (NASC) (Melfos&Stratouli, 2016)	35
Διάγραμμα 2. 2 Διαγράμματα επιλεγμένων αναλογιών κύριων στοιχείων στα γεωλογικά (*) δείγματα κερατοειδούς. α) Al_2O_3 έναντι Fe_2O_3 , και τα δύο κανονικοποιημένα σε SiO_2 β) Αναλογίες κύριων οξειδίων που υποδεικνύουν την επίδραση των χερσαίων και των μεταλλοφόρων πηγών (Melfos & Stratouli, 2016).....	36
Διάγραμμα 2. 3 Διαγράμματα από τα γεωλογικά δείγματα (*) των Κερατολίθων.α) Al_2O_3 έναντι Na_2O+K_2O β) Al_2O_3 έναντι Zr (Melfos & Stratouli, 2016).....	36
Διάγραμμα 2. 4 Σύγκριση των τιμών MnO των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς.(Έγινε αφαίρεση 4 τιμών από την Ικαρία γιατί ήταν πάρα πολύ υψηλές.).	39
Διάγραμμα 2. 5 Σύγκριση τιμών του χημικού στοιχείου TiO_2 των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς.....	40
Διάγραμμα 2. 6 Σύγκριση των τιμών του στοιχείου Na_2O των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς.....	40
Διάγραμμα 2. 7 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου Fe_2O_3 των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς.....	41
Διάγραμμα 2. 8 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου CaO των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς (έγινε αφαίρεση μίας τιμής από την Ικαρία διότι ήταν πολύ μεγάλη)	41

Διάγραμμα 2. 9 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου K_2O των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς.....	42
Διάγραμμα 2. 10 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου P_2O_5 των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς.....	42
Διάγραμμα 2. 11 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου SiO_2 των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς.....	43
Διάγραμμα 2. 12 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου Th των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς.....	43
Διάγραμμα 2. 13 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου Ba των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς.....	44
Διάγραμμα 2. 14 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου Sr των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς.....	44
Διάγραμμα 2. 15 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου Rb απο τα γεωλογικά δείγματα της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς.....	45
Διάγραμμα 2. 16 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου Zr των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς.....	45
Διάγραμμα 2. 17 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου Nb των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς.....	46

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή

Στην παρούσα διπλωματική εργασία —με θέμα «Μελέτη της αποτύπωσης των ιδιαίτερων γεωλογικών χαρακτηριστικών ενός τόπου στον χημισμό του τοπικού οίνου»— θα γίνει ανάλυση των κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων των υπό μελέτη πετρωμάτων και των τοπικών οίνων.

Οι τόποι που επιλέχθηκαν για τη διεξαγωγή της παρούσας εργασίας είναι οι νήσοι Ικαρία, Λήμνος και Κεφαλονιά. Η επιλογή των τόπων έγινε με βάση τον τύπο των πετρωμάτων τους. Στην Ικαρία συναντούμε μεταμορφωμένα πετρώματα, στη Λήμνο ηφαιστειογενή και στην Κεφαλονιά ιζηματογενή.

Τα κρασιά που επιλέχθηκαν για ανάλυση είναι μονοποικιλιακά, προερχόμενα από ποικιλίες που έχουν ευδοκιμήσει στις εν λόγω τοποθεσίες. Για την κατά το δυνατόν μείωση των σφαλμάτων επιλέχθηκαν ποικιλίες ίδιου χρώματος και, συγκεκριμένα, λευκού. Από την Ικαρία επιλέχθηκαν δύο δείγματα της ποικιλίας Μπεγλέρι, από τη Λήμνο δύο δείγματα της ποικιλίας Μοσχάτο Αλεξανδρείας και ένα δείγμα της ποικιλίας Ασσύρτικο και, τέλος, από την Κεφαλονιά επιλέχθηκαν δύο δείγματα της ποικιλίας Ρομπόλα.

Μετά από τη σύγκριση των μεθόδων ανάλυσης που χρησιμοποιούνται για τα κρασιά, επιλέχθηκε η μέθοδος της φθορισμομετρίας ακτίνων Χ ενεργειακής διασποράς (EDXRF: Energy Dispersive X-Ray Fluorescence) για την ανάλυση των κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων των υπό μελέτη οίνων. Τα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία από τις αναλύσεις των πετρωμάτων αντλήθηκαν από τη διεθνή βιβλιογραφία. Οι αναλύσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της φθορισμομετρίας ακτίνων Χ (XRF).

1.2 Ιστορικά στοιχεία της αμπέλου

*Το αμπέλι είναι μία από τις αρχαιότερες καλλιέργειες. Η καταγωγή της αμπέλου χάνεται στα βάθη των αιώνων. Απ' ό,τι δείχνουν τα διάφορα ευρήματα, το αμπέλι ευδοκίμούσε στην πολιτική ζώνη πριν από την εποχή των παγετώνων και κυρίως στην Ισλανδία, στη βόρεια Ευρώπη και στη βορειοδυτική Ασία. Οι παγετώνες όμως περιόρισαν την εξάπλωσή του, ωθώντας διάφορα είδη άγριων αμπέλων προς θερμότερες ζώνες, όπως στην κεντρική και ανατολική Ασία, στην κεντρική και νότια Ευρώπη αλλά και στην ευρύτερη περιοχή του νότιου Καυκάσου. Εκεί γεννήθηκε το είδος "Άμπελος η Οινοφόρος", *Vitis vinifera*. Στην Ελλάδα πρέπει να εμφανίστηκε την 4η χιλιετία π.χ.*

Οι επιστήμονες δέχονται ότι ο πολιτισμός αρχίζει από τη στιγμή που ο άνθρωπος σταμάτησε να ζει νομαδική ζωή και καλλιέργησε τη γη. Επίσης θεωρούν ότι το πέραςμα από τη νομαδική ζωή στον πολιτισμό άρχισε όταν οι πρώτοι καλλιεργητές "δούλεψαν" το αμπέλι. Η τέχνη της αμπελουργίας εικάζεται ότι ξεκίνησε με την αγροτική επανάσταση γύρω στο 5.000 π.χ. Από τους πρώτους γνωστούς καλλιεργητές θεωρούνται οι Άριοι (πρόγονοι των Περσών και των Ινδών που ζούσαν στην περιοχή Καυκάσου-Κασπίας), οι Σημιτικοί λαοί και οι Ασσύριοι. Το κρασί την εποχή εκείνη ήταν γνωστό ακόμη και στην αρχαία Κίνα. Κατόπιν οι τέχνες της αμπελουργίας και της οινοποιίας πέρασαν στους Αιγυπτίους, στους λαούς της Παλαιστίνης, της Φοινίκης και στους Έλληνες. Οι Έλληνες ανέπτυξαν ιδιαίτερα την οινοποιία, σχεδόν μονοπωλώντας την αγορά για αιώνες. Δεν είμαστε βέβαιοι από που διδάχτηκαν την τέχνη της οινοποιίας, σύμφωνα όμως με μια από τις επικρατέστερες θεωρίες, την έμαθαν από τους ανατολικούς λαούς (Φοίνικες ή Αιγυπτίους) με τους οποίους είχαν αναπτυγμένες εμπορικές σχέσεις. Το κρασί έπαιζε πολύ σπουδαίο ρόλο στη ζωή των αρχαίων Ελλήνων. Η καθημερινή ζωή τους ήταν αναπόσπαστα δεμένη με αυτό. Έδιναν μεγάλη σημασία στο καλό κρασί και γι' αυτό το λόγο φρόντιζαν να υπάρχει πάντοτε στο σπίτι τους άφθονη ποσότητα όχι μόνο για τους ίδιους αλλά και για τα συμπόσιά τους τα οποία άλλωστε ήταν μια από τις αγαπημένες τους συνήθειες.

Η λέξη κρασί προέρχεται από τη λέξη κράσις= ανάμειξη. Η λέξη κράσις προέρχεται από το ρήμα κεράννυμι = αναμειγνύω και η λέξη κρατήρ σημαίνει το σκεύος στο οποίο γινόταν η ανάμειξη του κρασιού με το νερό.

Η αμπελοκαλλιέργεια έγινε γνωστή πολύ γρήγορα σε όλη την Ελλάδα. Αυτό αποδεικνύεται από πλήθος νομισμάτων που απεικονίζουν σταφύλια στη μια όψη και το Διόνυσο στην άλλη (Πετροπούλου Καραγιαννοπούλου, 2016).

Για τις περιοχές της Λήμνου, της Ικαρίας και της Κεφαλονιάς, με τις οποίες και ασχολούμαστε στην παρούσα εργασία, έχουμε αρκετές αναφορές όσον αφορά στη σύνδεσή τους με το κρασί και το εμπόριό του από αρχαιολογικούς χρόνους. Για τη Λήμνο έχουμε αναφορές από την Ομηρική Ιλιάδα. Συγκεκριμένα ο Όμηρος εξιστορεί περιστατικό άφιξης στην Τροία πλοίου με φορτίο από κρασί από τη Λήμνο, το οποίο μάλιστα συμπεραίνουμε ότι θεωρείτο αγαθό ακριβό: "Αγόραζαν λοιπόν κρασί οι Αχαιοί με τα μακριά μαλλιά, άλλοι έδιναν χαλκό και άλλοι μαύρο σίδηρο, άλλοι δέρματα βοδιών και άλλοι βόδια ολόκληρα, και άλλοι πάλι πουλούσαν αιχμαλώτους και έπαιρναν κρασί" (Ιλιάδα Η 472-475). Για την Κεφαλονιά, κατά τη μυθολογία, ο Κέφαλος, γιος της Έρσης και του Ερμή, διωγμένος από την Αθήνα από τους θεούς, αφού περιπλανήθηκε, εγκαταστάθηκε στην Αθηναία γη όπου μόλις πάτησε το πόδι του εκεί κάρφωσε

ένα κλίμα στη γη, που είχε φέρει μαζί του για να θυμίζει τον τόπο του. Έπειτα μετονομάστηκε η Αθηναία γη σε Κεφαλονιά. Για την Ικαρία ο σοφιστής και ρήτορας Αθηναίος, ο Ναυκρατίτης (2^ο-3^ο αιώνα μ.χ), στο έργο του «Δειπνοσοφιστές» αναφέρει: «Εἰς τὴν Ἰκαρίαν, καθὼς ἀναφέρει ὁ Σήμος, εἶναι ἕνας βράχος ὀνομαζόμενος Πράμνος, καὶ κοντὰ τοῦ ὄρους ὑψηλόν, ἐπάνω στον ὁποῖο παράγεται ὁ Πράμνιος οἶνος, τὸν ὁποῖο μερικοὶ τὸν ὀνομάζουν Φαρμακίτην... ὁ Ἐπαρχίδης μας πληροφορεῖ ὅτι ἡ ἀμπελος ποὺ παράγει στὴν Ἰκαρίαν τὸν Πράμνιο οἶνο, ὀνομάζεται ἀπὸ μὲν τοὺς ξένους Ἰερά, ἀπὸ δὲ τοὺς Οἰναίους Διονυσάς. Ὑπάρχει δὲ στὸ νησί αὐτὸ καὶ πόλη Οἰνὸν» (α, 55 ή-ί).

Κεφάλαιο 2: Γεωλογικά χαρακτηριστικά των περιοχών προς ανάλυση

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται παρουσίαση των γεωλογικών περιγραμμάτων των νησιών, αλλά και της πετρογένεσης και του χημισμού των πετρωμάτων του κάθε υπό μελέτη νησιού ξεχωριστά. Πραγματοποιείται η σύγκριση των κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων των πετρωμάτων από το κάθε νησί με σκοπό να εντοπιστούν τα χημικά στοιχεία που βρίσκονται σε περίσσεια στον κάθε τόπο. Έπειτα γίνεται παρουσίαση των διαδικασιών που πραγματοποιούνται κατά την δημιουργία ενός εδάφους αλλά και των παραγόντων που συμβάλλουν σε αυτό. Γίνεται επίσης παρουσίαση των εδαφολογικών χαρτών των νήσων Λήμνου και Κεφαλληνίας σύμφωνα με τον εδαφολογικό χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:30.000 (Μισοπολινός, Γεωπληροφοριακό σύστημα εδαφολογικών δεδομένων, 2015).

2.1 Νήσος Ικαρία

2.1.1 Γεωλογικό περίγραμμα της Ικαρίας

Το νησί της Ικαρίας βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα των Κυκλάδων, κοντά στη δυτική ακτή της Τουρκίας, πλησίον της Σάμου. Αναγνωρίζονται τρεις τεκτονικές ενότητες (Altherretal., 1982, Kumericsetal., 2005; Παπανικολάου, 1978; Φωτιάδης, 2002), από κάτω προς τα πάνω:

Ενότητα Ικαρίας (κατώτερη)

Την πρώτη ενότητα της Ικαρίας (ενότητα Ικαρίας) την αποτελούν υποενότητες που χαρακτηρίζονται από ποικίλλουσες (variegated) ακολουθίες που περιλαμβάνουν οφιολιθικά πετρώματα και που έχουν δεχθεί, από κοινού με την ενότητα Α (ανθρακικές ακολουθίες Μεσοζωϊκής ηλικίας), την επίδραση υψηλών πιέσεων /χαμηλών θερμοκρασιών (HP/LT) μεταμόρφωσης (μεταμορφικό επεισόδιο M1), το οποίο ξεκίνησε περίπου 78 Ma και ολοκληρώθηκε περίπου 40-50 Ma. Αργότερα, μεγάλα τμήματα, που περιλαμβάνονται στις δύο αυτές κατηγορίες, υπέστησαν μία μεταμόρφωση τύπου Barrow (μεταμορφικό επεισόδιο M2, πχ. Altherretal., 1982; Wybransetal., 1990; Chen 1992; Willetal., 1998; BrockerandEnders, 1999), η κορύφωση της οποίας προσδιορίζεται περί τα 25 Ma (Altherr et al, 1982). Οι Altherr et al., (1982) με βάση τις ορυκτολογικές παραγενέσεις περιέγραψαν, αφενός, συνθήκες κατώτερης αμφιβολιτικής φάσης για την Ενότητα Ικαρίας και, αφετέρου, συστάσεις αμφιβολιτών από την ενότητα αυτήν που δείχνουν ομοιότητες με θολεϊτικά πετρώματα. Στην

ενότητα αυτή ανήκουν ο σχηματισμός Περοπουλίου, ο Δολομίτης Πούντας, το ανώτερο μάρμαρο Πούντας, οι γενέσιοι Πλαγιάς και το κατώτερο μάρμαρο Νίκαρη.

Ενότητα Μεσσαριάς (ενδιάμεση)

Η δεύτερη ενότητα (ενότητα Μεσσαριάς), η οποία υπέρκειται της ενότητας Ικαρίας, περιλαμβάνει στο κατώτερο τμήμα της κρυσταλλικά πετρώματα που τα χαρακτηρίζει Αλπικής ηλικίας πρασινοσχιστολιθικής φάσης μεταμόρφωση. Στο ανώτερο τμήμα περιλαμβάνονται χαμηλού βαθμού ή αμεταμόρφωτα Άνω Παλαιοζωικά έως Μέσο Τριαδικά ιζηματογενή πετρώματα ποικίλης φύσεως καθώς και Άνω Τριαδικά έως Άνω Ιουρασικά νηριτικά ανθρακικά πετρώματα (ενότητα Θεσσαλίας). Μπορούμε να διακρίνουμε μάρμαρα και φυλλίτες. Τα κρυσταλλικά πετρώματα της βάσης της ενότητας αυτής γενικά απουσιάζουν από τη νοτιοανατολικότερη ηπειρωτική Ελλάδα, την Εύβοια και το Αιγαίο. Ο Papanikolaou (1980) συσχετίζει την ενότητα Μεσσαριάς με την ενότητα Δρυός (νότια Πάρος) κρίνοντας από τον παρόμοιο βαθμό μεταμόρφωσης καθώς και από τον τύπο των πετρωμάτων των οποίων υπέρκειται (αμφιβολιτικής φάσης).

Ενότητα Κεφάλας (ανώτερη)

Η τρίτη και ανώτερη ενότητα (ενότητα Κεφάλα) αποτελείται από υπολείμματα των οφιολιθικών καλυμμάτων που συνοδεύονται από εμφανίσεις πετρωμάτων χαμηλών πιέσεων/υψηλών θερμοκρασιών, όπως κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες (LP/HT· Altherr *et al.*, 1994: Ικαρία). Οι εμφανίσεις μεταμορφωμένων πετρωμάτων χαμηλών πιέσεων/υψηλών θερμοκρασιών (LP/HT) συνοδεύονται από παρόμοιας ηλικίας μαγματικές διεισδύσεις γρανιτικής έως διοριτικής σύστασης και από κοινού με ανάλογες εμφανίσεις που αναγνωρίστηκαν στην Κεντρική και Ανατολική Κρήτη σχηματίζουν μία μικρή ζώνη (σχήμα 1.4) που εκτείνεται από την Ικαρία ΝΔ προς την Κρήτη σε μια απόσταση 300 km, η οποία τέμνει εγκάρσια τη γενική διεύθυνση των ισοπικών ζωνών του Ελληνικού ορογενούς (Langosh *et al.*, 2000). Οι παραπάνω ερευνητές ερμήνευσαν την ύπαρξη της ζώνης αυτής ως ένα πρωτογενές χαρακτηριστικό της διαχωριστικής ζώνης ανάμεσα στις Ελληνίδες και τις Ταυρίδες. Οι Altherr *et al.*, (1994) βασιζόμενοι σε ραδιοχρονολογήσεις K-Ar σε αμφιβόλους από ένα δείγμα αμφιβολίτη (82.4 ± 2.4 Ma) και τρία δείγματα διοριτών (70.4 ± 1.1 Ma) της ανώτατης λιθολογικής ενότητας της Ικαρίας (ενότητα Κεφάλα) την εντάσσουν σε μια ευρύτερη LP/HT ζώνη Κρητιδικής ηλικίας, η οποία διέφυγε τη μεταμόρφωση που υπέστη η περιοχή κατά το Τριτογενές καθώς και τα παραμορφωτικά γεγονότα.

Την κατώτερη τεκτονική ενότητα Ικαρίας διακόπτουν δύο γρανιτικές διεισδύσεις για τις οποίες έχουν κατά καιρούς προταθεί διαφορετικές ηλικίες και πετρογραφικές/χημικές ταξινομήσεις. Ο μεγάλος σε έκταση βιοτιτικός γρανιτικός πλουτωνίτης Ραχών της Δυτικής Ικαρίας (γρανίτης κατά το σχήμα ταξινόμησης του de la Roche *et al.* 1980) είναι σύμφωνα με τους Altherr *et al.* (1982) Ι-τύπου. Σύμφωνα με τις γεωχρονολογήσεις K-Ar που πραγματοποίησαν οι ίδιοι συγγραφείς σε κεροστίλβη από μελανοκρατικούς ξενόλιθους, η ηλικία της διεισδυσής του δεν πρέπει να ξεπερνά κατ'ελάχιστο τα 22.7Ma, γεγονός που τον καθιστά τον αρχαιότερο πλουτωνίτη στις Κυκλάδες (Pe-Piper & Piper, 2002).

Οι δύο μικρότεροι βιοτιτικοί-μοσχοβιτικοί γρανίτες (γρανίτης έως αλκαλικός γρανίτης κατά την ταξινόμηση του de la Roche *et al.*, 1980) της Νοτιοανατολικής (κοντά στον οικισμό Ξυλοσύρτη) και της Νοτιοδυτικής (κοντά στον οικισμό Καρκινάγρι) Ικαρίας επιδεικνύουν ασθενείς δομές ροής (Altherr *et al.* 1982) ή δομές εύθραυστης παραμόρφωσης (Boronkay & Doutsos, 1994). Οι γρανίτες αυτοί έχουν χαρακτήρα S-τύπου και χρονολογούνται με τη μέθοδο U / Pb σε ζirkόνιο στα $14,63 \pm 0,67$ Ma (Bolhar *et al.*, 2010).

2.1.2 Πετρογένεση Ικαρίας

Η περιγραφή της "θερμικής μηχανής" που ήταν υπεύθυνη για την μεταμόρφωση στην Ικαρία, καθώς και για τις συνακόλουθες γρανιτικές διεισδύσεις μπορεί να γίνει μέσω δύο εναλλακτικών μοντέλων. Το πρώτο μοντέλο που προτείνεται πιστεύεται ότι περιγράφει πληρέστερα την "θερμική μηχανή", και ακολουθεί, σε γενικές γραμμές, το προτεινόμενο για τον κυκλαδικό χώρο μοντέλο του Μπορονκάυ (1994).

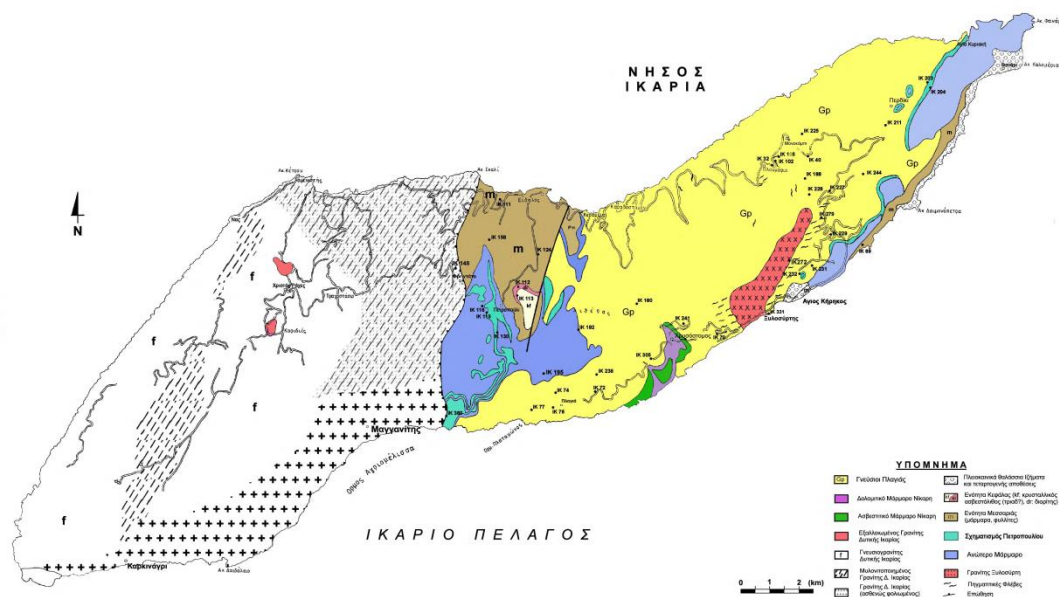
Κατά το μοντέλο αυτό λοιπόν υποστηρίζεται ότι το θερμικό γεγονός που ήταν υπεύθυνο για τον μεταμορφισμό και τη δημιουργία των γρανιτικών σωμάτων της Ικαρίας προήλθε από την προς το νότο μετανάστευση της τάφρου του Ελληνικού τόξου μέσω ενός μηχανισμού οπισθοχώρησης τεμάχους (slab roll-back: Altherr et al., 1988· Meulenkamp et al., 1988· Wijbrans and McDougal, 1988). Μια τέτοιου είδους οπισθοχώρηση πιθανόν επέτρεψε την εισροή μανδυακού τήγματος επάνω από το τέμαχος που οπισθοχωρεί, παρέχοντας έτσι την αναγκαία θερμική πηγή για την μεταμόρφωση, τον μαγματισμό και την τήξη στον Αιγαϊκό χώρο, με τις δύο πρώτες διεργασίες να ικανοποιούνται και στην Ικαρία. Την ίδια περίοδο, το γεγονός αυτό δημιούργησε ένα θερμό σημείο (hot spot) στο Αιγαίο (Lister, 1990). Η οπισθοχώρηση μπορεί να εξηγήσει τη χωρική σχέση μεταξύ μεταμόρφωσης και μαγματισμού αφού αντικατοπτρίζει την επιρροή μιας μανδυακής πηγής θερμότητας και ειδικότερα, των ρευστών που προέρχονται από την αφυδάτωση του υποβυθιζόμενου τεμάχους και τα παράγωγα ένυδρα τήγματα και καταφθάνουν στην υπερκείμενη υπο-ηπειρωτική λιθόσφαιρα. Η προοδευτική μείωση της ηλικίας των μεταμορφικών και μαγματικών διεργασιών που παρατηρείται από βορρά προς νότο, και η σεισμική τομογραφία που αποκαλύπτει βαθιά καταβύθιση ενός τεμάχους κάτω από το Αιγαίο αποτελούν στοιχεία που υποστηρίζουν την οπισθοχώρηση της υποβυθιζόμενης Αφρικανικής πλάκας κάτω από το Αιγαίο. (van der Hilst et al., 1998).

Το δεύτερο μοντέλο που προτείνεται για την Ικαρία βασίζεται στο αντίστοιχο μοντέλο που πρότειναν οι Whitney & Dilek (1998) για την περιοχή Nigde, που αποτελεί τμήμα του κρυσταλλικού συμπλέγματος της κεντρικής Ανατολίας (νοτιοανατολική Τουρκία). Το μοντέλο αυτό προβλέπει την πιθανή προέλευση του γρανίτη της Δυτικής Ικαρίας μέσω της αφυδατωτικής τήξης μη ώριμων μεταγραφουβακών (ή/και ανδεσιτών). Μια τέτοια προέλευση είναι συμβατή με τον ελαφρά υπεραλουμινούχο (peraluminous) χαρακτήρα αυτού του πλούσιου σε SiO_2 γρανίτη (Altherr & Siebel, 2002). Είναι πιθανό ο ενταφιασμός και η μερική τήξη των πετρωμάτων της πηγής τροφοδοσίας να αποτελούν τη βαθύτερη έκφραση του ίδιου τεκτονομεταμορφικού γεγονότος που είναι υπεύθυνο για το καθολικού τύπου (Barrovian) μεταμορφικό επεισόδιο που καταγράφουν τα πετρώματα της Ενότητας Ικαρίας. Τη στιγμή που η πρώτη θερμική κορύφωση καταγράφεται στα πετρώματα της ακολουθίας των Γνευσίων Πλαγιάς (Στάδιο 1), το μαγματικό σώμα βρίσκεται σε κάποιο βάθος σαφώς μεγαλύτερο από εκείνο των Γνευσίων Πλαγιάς. Τα πιο ρηχά ευρισκόμενα από τα πετρώματα αυτά (π.χ. σχημ/σμός Πετροπουλίου, σχιστόλιθοι από την ακολουθία Γνευσίων Πλαγιάς που έχουν

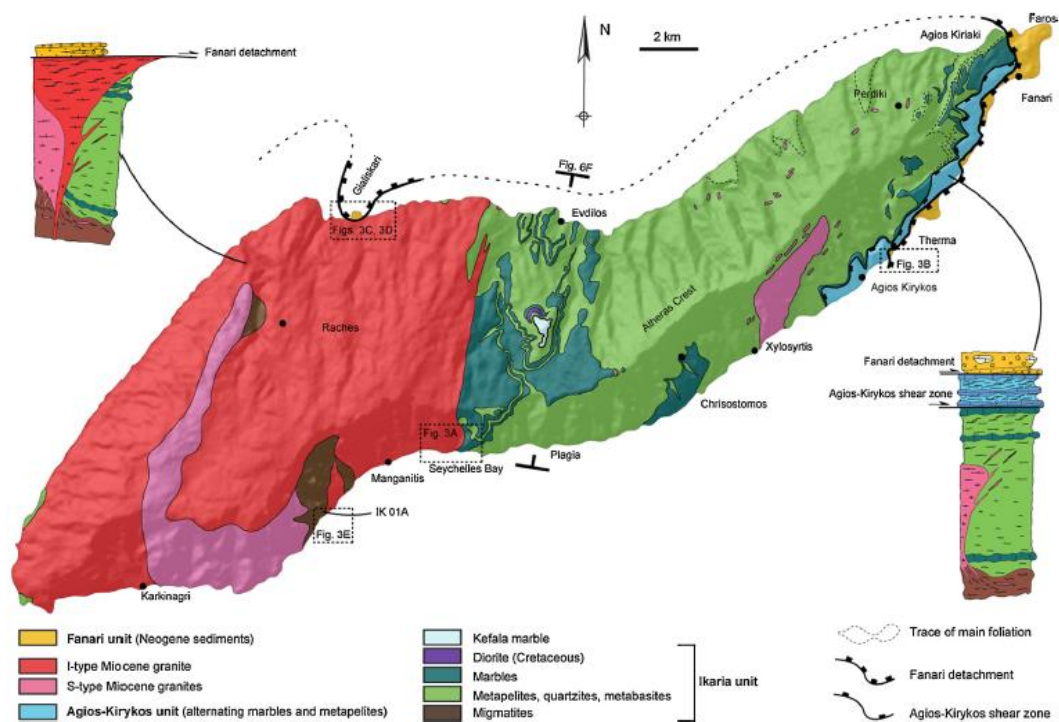
μεταμορφωθεί σε συνθήκες πρασινοσχιστολιθικής φάσης) δέχθηκαν τη μεταμόρφωση λίγο νωρίτερα και σε χαμηλότερη θερμοκρασία από εκείνα που βρίσκονταν βαθύτερα (π.χ. αμφιβολιτικής φάσης πετρώματα της ακολουθίας των Γνευσίων Πλαγιάς). Οι Γνεύσιοι Πλαγιάς ακολούθησαν τη διαδρομή P-T που περιγράφει το "Στάδιο 1", ενώ τα πλέον βαθύτερα ευρισκόμενα πετρώματα, ακολουθώντας μια ανάλογου σχήματος πορεία, έφθασαν την *solidus* κατά τη διάρκεια της αποσυμπίεσης. Αν ένα τέτοιο μοντέλο είναι σωστό και το μάγμα που έδωσε γένεση στο γρανίτη της Δυτικής Ικαρίας δημιουργήθηκε μέσω αποσυμπιεστικής τήξης και όχι μέσω μιας προοδευτικού τύπου μερικής τήξης (που θα υπαγόρευε η κορεσμένη σε νερό *solidus* την οποία θα συναντούσε), τότε η τοποθέτηση του μάγματος θα συνέβει μετά τη σημαντικού βαθμού αποσυμπίεση των γειτονικών πετρωμάτων. Η χρονική στιγμή τοποθέτησης του μάγματος και εκείνη της δεύτερης θερμικής κορύφωσης (στάδιο 2) σχεδόν συμπίπτουν και συνεπώς η διαφορά τους είναι μικρή.

Ένα μοντέλο όπως το παραπάνω θα μπορούσε να εξηγεί τη θερμική έξαρση που οφείλεται σε μάγμα που παράχθηκε από το φλοιό, δίχως εξωτερική θερμική συνεισφορά, εάν και εφόσον η υποθετική πορεία P-T για τα υλικά τροφοδοσίας του μάγματος είναι σωστή και το μάγμα δημιουργήθηκε κατά την αποσυμπίεση που αυτά δέχθηκαν. Οι κλίσεις των πορειών P/T μετά την κορύφωση της μεταμόρφωσης ελέγχονται σε αρκετό βαθμό από την ένταση της αποσυμπίεσης, την οποία υπαγορεύει ο συνδυασμός διάβρωσης και εκτατικής ανύψωσης (*extensional unroofing*) (Ηλιόπουλος, 2005). Η γρήγορη ανύψωση της Ενότητας Ικαρίας υποδεικνύεται και από τη διατήρηση ορυκτολογικών συνδυασμών που αποδίδονται σε επάλληλες θερμικές κορυφώσεις των συνθηκών μεταμόρφωσης.

Ωστόσο, αποτελεί ένα δύσκολο εγχείρημα να αποδειχθεί η άμεση γενετική σύνδεση μεταξύ του μεταμορφικού επεισοδίου M2 (στάδιο 1) και του μαγματισμού στην Ικαρία, όπως και στις υπόλοιπες Κυκλάδες (Wijbrans & McDougal, 1988, Keay et al., 2001). Η κύρια περίοδος του μαγματισμού είναι σταθερά μεταγενέστερη από την χρονολογημένη κορύφωση της μεταμόρφωσης, με τη χρονική διαφορά που παρατηρείται στην Ικαρία να πλησιάζει τα ~7Ma (18Ma έναντι 24.9Ma σύμφωνα με τους Altherr et al., 1982). Τέτοια όμως χρονικά χάσματα μεταξύ υψηλού βαθμού μεταμόρφωσης και μαγματικής δραστηριότητας δεν είναι ασυνήθιστα σε μεταμορφικά πεδία.



Εικόνα 2. Γεωλογικοί σχηματισμοί της νήσου Ικαρίας. (Ηλιόπουλος, 2005)



Εικόνα 2. 2 Χαρτογραφική απεικόνιση των γεωλογικών ενοτήτων της νήσου Ικαρίας (Beaudoin, et al., 2015)

2.1.3 Χημισμός Πετρωμάτων Ικαρίας

Για να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με το χημισμό των διαφόρων λιθολογικών τύπων που απαντώνται στην περιοχή μελέτης πραγματοποιήθηκαν 46 χημικές αναλύσεις πετρωμάτων για κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία, με τη μέθοδο φθορισμετρίας ακτίνων X (XRF). Από αυτές 18 έγιναν σε σχιστόλιθους, 13 σε μεταβασικά, 2 σε θερμικά μεταμορφωμένα πετρώματα, 4 σε δείγματα ικαρίτη, 4 σε δείγματα μεταβωξιτών (εκ των οποίων οι δύο αφορούν σε γειτονικά των μεταβωξιτών πετρώματα), 1 σε δείγμα τουρμαλινίτη, 1 σε δολομιτωμένο μη καθαρό μάρμαρο, 1 σε ασβεστοπυριτικής σύστασης πέτρωμα, 2 σε δείγματα προερχόμενα από το διορίτη, και 1 σε φλεβικό πέτρωμα.

Οι αναλύσεις αυτές έγιναν στο I.G.M.E. με τη χρήση του αυτόματου φασματομέτρου ακτίνων X, Philips 1450/20. Τα κύρια στοιχεία προσδιορίστηκαν μετά από υαλοποίηση των κονιοποιημένων δειγμάτων και την επακόλουθη δισκοποίησή τους. Τα ιχνοστοιχεία υπολογίστηκαν σε συμπιεσμένα κονιοποιημένα δείγματα. (Ηλιόπουλος, 2005)

Γεωχημεία των μεταβασικών πετρωμάτων

Εξαιτίας μερικών ευκίνητων συστατικών, η χημική σύσταση των βασικών πετρωμάτων μπορεί να μεταβληθεί ραγδαία κατά την χημική εξαλλοίωση και τη μεταμόρφωση. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται κυρίως δυσκίνητα στοιχεία για την διεξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων σε πετρογενετικά διαγράμματα.

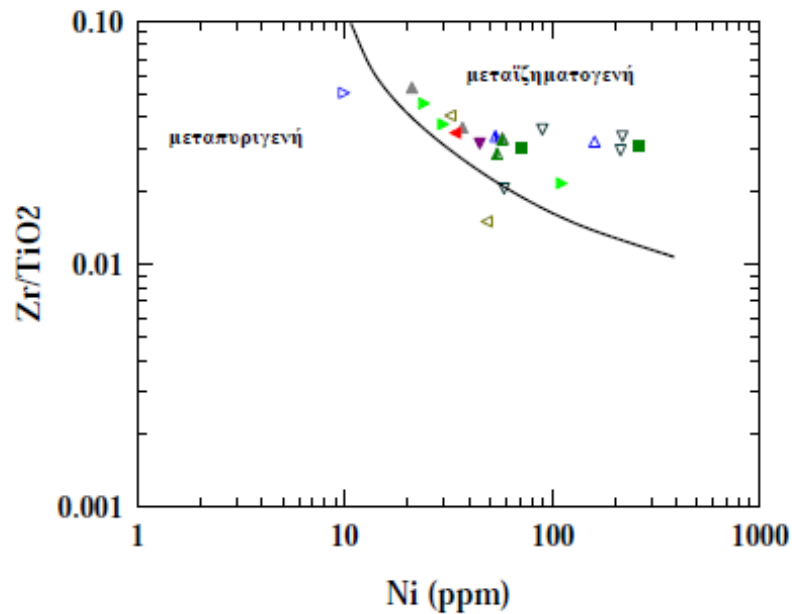
Τόσο τα γεωλογικά δεδομένα όσο και τα πετρολογικά υποδεικνύουν ως αρκετά πιθανή μια αρχική πυριγενή προέλευση των αμφιβολιτικών πετρωμάτων (Ηλιόπουλος, 2005). Εξαιρέση αποτελούν τα δεδομένα των πετρωμάτων επαφής τα οποία προβάλλονται στο πεδίο των μεταϊζηματογενών πετρωμάτων. Επίσης διαπιστώνεται μία σαφής επικράτηση του χαρακτήρα MORB (βασάλτες μεσοωκεάνιων ράχων) για την πλειονότητα των μεταβασικών πετρωμάτων της Ικαρίας, ενώ κάποια εμφανίζουν κάποια στοιχεία VAB (βασάλτες ορογενετικών περιοχών, περιοχών δηλαδή όπου έχουμε σύγκλιση λιθοσφαιρικών πλακών και δημιουργία νησιωτικού τόξου).

Τα δείγματα των μεταβασιτών της Ικαρίας προβάλλονται εξ' ολοκλήρου στο πεδίο των θολεϊτικών βασαλτών με εξαίρεση τον αμφιβολίτη με πυρόξενο που είναι ενδιάμεσα στα πεδία θολεϊτικών και κοματιϊτικών βασαλτών και των υπερμαφικών κοματιϊτών (Ηλιόπουλος, 2005).

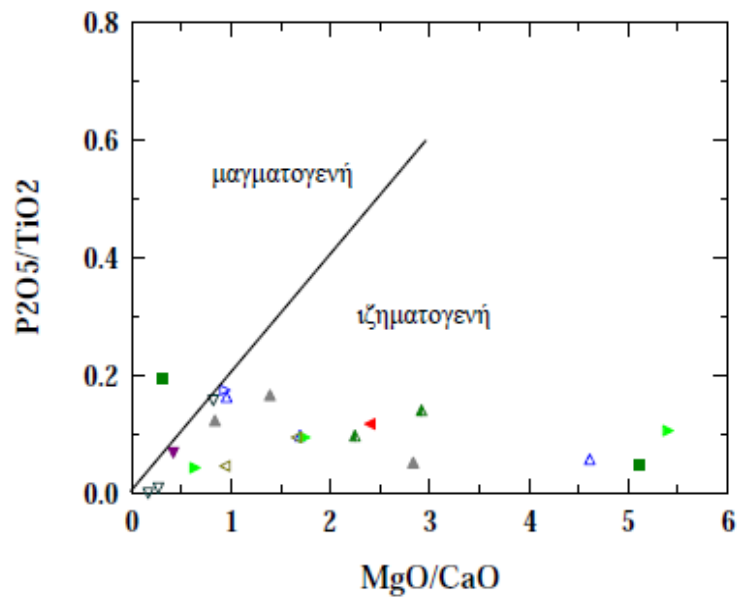
Γεωχημεία των μεταϊζηματογενών πετρωμάτων

Από πίνακες χημικών αναλύσεων τόσο των ήδη χαρακτηρισμένων ως μεταϊζηματογενών πετρωμάτων όσο και των αντίστοιχων μεταβασικών διακρίνεται ως μία από τις πιο εμφανείς διαφορές η συμπεριφορά του στοιχείου Th, το οποίο ενώ στα μεταϊζηματογενή πετρώματα είναι πάντα παρόν, στα μεταβασικά οι τιμές του ήταν πάντοτε κάτω από τα όρια ανιχνευσιμότητας. Η προβολή των συστάσεων των μεταϊζηματογενών πετρωμάτων των περιοχών μελέτης στα διαγράμματα Zr/TiO₂ ως προς Ni και P₂O₅/TiO₂ ως προς MgO/CaO του Werner (1987) επιβεβαίωσαν με σαφήνεια την ιζηματογενή προέλευσή στο σύνολο τους εκτός από κάποιες εξαιρέσεις. Παρ' όλα αυτά δεν γίνεται να προσδιοριστεί ένα συγκεκριμένο σχήμα που ακολουθούν τα πετρώματα αυτά λόγω της έντονης διασποράς που παρουσιάζει ο λόγος Al/Ti. Η συμπεριφορά αυτή μάλλον οφείλεται στην προέλευσή τους από μια λεκάνη ιζηματογένεσης στην οποία πραγματοποιήθηκε ισχυρή ανάμειξη υλικού από δύο πηγές

τροφοδοσίας, μια καθαρά χερσαίου χαρακτήρα και μιας άλλης με ηφαιστειογενή χαρακτηριστικά (Ηλιόπουλος, 2005). Προκύπτει έτσι ως πολύ πιθανός ένας ηφαιστειοϊζηματογενής χαρακτήρας για τα πετρώματα αυτά.



Διάγραμμα 2. 1 Προβολή των συστάσεων των μεταϊζημάτων της Ικαρίας στο διάγραμμα Zr/TiO_2 ως προς Ni . Σύμβολα όπως στον πίνακα 2.1 (Ηλιόπουλος, 2005)



Διάγραμμα 2. 2 Προβολή των συστάσεων των μεταϊζημάτων της Ικαρίας στο διάγραμμα P_2O_5/TiO_2 ως προς MgO/CaO . Σύμβολα όπως στον πίνακα 2.1 (Ηλιόπουλος, 2005)

ΜΕΤΑΒΑΣΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ			
Ενότητα	Σχηματισμός	Σύμβολο	Λιθότυπος
Ενότητα Ικαρίας	Γνεύσιοι Πλαγιάς	○	αμφιβολίτες (IK76a)
		●	αμφιβολίτες με εγκλείσματα γρανάτη σε πλαγιόσλαστα (IK188a)
		●	αμφιβολίτες με γρανάτη ¹ (IK211b, IK238b, IK239c)
		◆	αμφιβολίτες με πυρόξενο (IK40b, IK158c)
		⊖	φακοί (IK34)
		⊙	φακοί με πυρόξενο (IK70a, IK102c)
	Πετροπούλι	□	πρασινोσχιστόλιθοι (IK130, IK115d)
		■	φακοί (IK93b)
Ενότητα Μεσαριάς		■	αμφιβολίτες (IK111)
ΜΕΤΑΠΗΛΙΤΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ			
Ενότητα	Σχηματισμός	Σύμβολο	Λιθότυπος
Ενότητα Ικαρίας	Γνεύσιοι Πλαγιάς	△	μαρμαρυγακοί σχιστόλιθοι (IK228a, IK256b)
		▷	μαρμαρυγακοί σχιστόλιθοι με γρανάτη ως εγκλείσμα σε πλαγιόσλαστα (IK244c)
		▶	μαρμαρυγακοί σχιστόλιθοι με γρανάτη (IK77b, IK241a)
		▲	μαρμαρυγακοί σχιστόλιθοι με γρανάτη και σταυρόλιθο (IK32b, IK72)
		▲	μαρμαρυγακοί σχιστόλιθοι με σταυρόλιθο και κσανίτη (IK102a)
		▲	μαρμαρυγακοί σχιστόλιθοι με γρανάτη και σταυρόλιθο και κσανίτη ² (IK32b, IK116b)
	Πετροπούλι	◁	μαρμαρυγακοί σχιστόλιθοι (IK229)
		◀	μαρμαρυγακοί σχιστόλιθοι με γρανάτη ως εγκλείσμα σε πλαγιόσλαστα (IK203a)
		▼	κσανιτικοί χλωριτοειδικοί σχιστόλιθοι (IK231c)
		■	ασβεστοπηριτικά πετρώματα (IK232a)
Ενότητα Μεσαριάς		■	φυλλίτες (IK65b)
ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΑΛΛΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ			
Ενότητα	Σχηματισμός	Σύμβολο	Λιθότυπος
-	Πηγματίτες	+	πηγματίτες-απλίτες (IK289a, IK279a, IK105)
Ενότητα Ικαρίας	Γνεύσιοι Πλαγιάς	▽	μεταβωξίτες (σμόριδα) (IK193, IK94, IK204b)
		⦿	μετα-μαγναντιούχα πετρώματα (ικαρίτης: IKPib, IKPic, IK305f, IK305g, IK305f, IKCKa)
		◇	πετρ. επαφής (κερατίτες: IK148, IK331a, IK360, IK382e)
Ενότητα Κεφάλας		×	διορίτης (IK112, IK225c?)
		◇	πετρώματα επαφής (κερατίτες: IK113)

Πίνακας 2. 1 Αντιστοιχία των συμβόλων με τις λιθολογικές ενότητες, τους λιθότυπους και την ταυτότητα των δειγμάτων που αναλύθηκαν με τις διάφορες αναλυτικές μεθόδους (Ηλιόπουλος, 2005).

Γεωχημεία των μεταβωξιτών

Το υψηλό ποσοστό CaO που επιδεικνύουν τα μεταβωξιτικά δείγματα της Ικαρίας, πιθανόν αποτελεί το προϊόν της ατελούς απόπλυσης του Ca (καθώς και του Si και των αλκαλίων) κατά το στάδιο του σχηματισμού των αρχικών βωξιτών. Όσον αφορά στα ιχνοστοιχεία, τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων επέτρεψαν τη διάκριση της ποσοτικού χαρακτήρα διαφοροποίησης μεταξύ των δειγμάτων που συλλέχθηκαν από την ανατολική Ικαρία και

εκείνων από την κεντρική Ικαρία. (Ηλιόπουλος, 2005) Οι μεταβωξίτες που προέρχονται από το ανατολικό τμήμα εμφανίζουν σημαντικό εμπλουτισμό στα στοιχεία Y και Th (έως και 4 φορές) και σε χαμηλότερο βαθμό στα στοιχεία Sr, Ba, V και Nb. Το Cr και το Co είναι σημαντικά αυξημένα στο δείγμα από την Δυτική Ικαρία (έως και 2 φορές), ενώ τόσο το Ni όσο και το Zr δείχνουν παραπλήσιες τιμές και στους δύο τύπους δειγμάτων. Για τα φολιωμένα δείγματα της ανατολικής Ικαρίας προκύπτει ιδιαίτερη ομοιότητα με τους Ιουρασικούς καρστικούς βωξίτες του Μαυροβουνίου και της κεντρικής Ελλάδας.

Γεωχημεία του μεταμαγνανιούχου λιθοτύπου «Ικαρίτη»

Στα δείγματα που αναλύθηκαν από τον μεταμαγνανιούχο λιθοτύπο "Ικαρίτη" ο λόγος Mn/Fe των ολικών συστάσεων πετρώματος έχει τιμές κοντά στην τιμή 2. Η αντίστοιχη τιμή στα μεταπηλιτικά και ασβεστο-πυριτικά περιβάλλοντα πετρώματα πλησιάζει το 0.02. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει μία έντονη κλασματοποίηση μεταξύ Mn και Fe κατά τη διάρκεια της απόθεσης/σχηματισμού των πλούσιων σε μαγγάνιο πετρωμάτων και των γειτονικών τους πετρωμάτων. (Ηλιόπουλος, 2005)

2.2 Νήσος Λήμνος

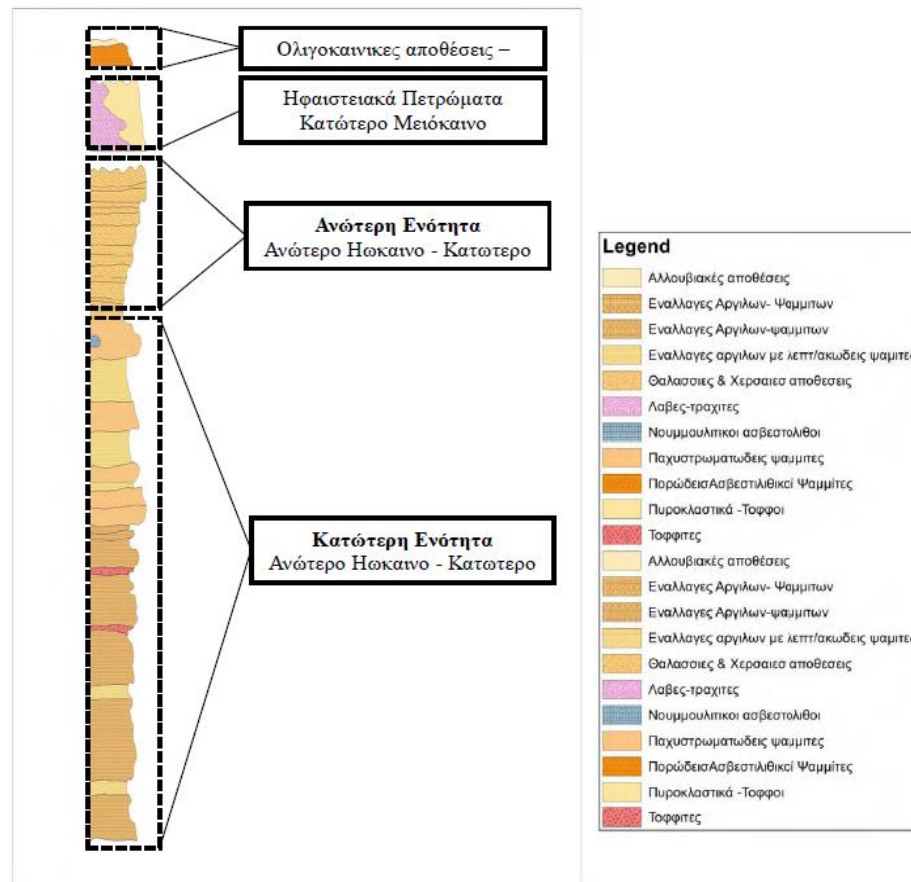
2.2.1 Γεωλογικό περίγραμμα της Λήμνου

Η Λήμνος βρίσκεται στο βόρειο Αιγαίο, στο Θρακικό πέλαγος, ανάμεσα στη Μυτιλήνη, στην Ίμβρο, στην Σαμοθράκη και το Άγιον όρος. Είναι ηφαιστειογενές νησί, ανενεργό και έχει εύφορες πεδιάδες, όπου καλλιεργούνται σιτηρά και αμπέλια.

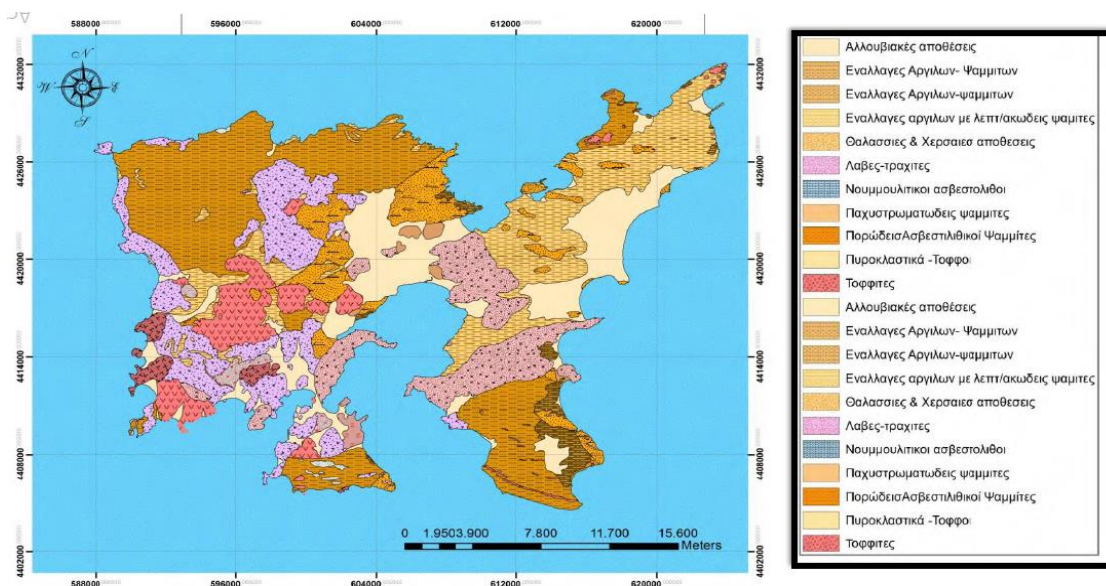
Τα παλαιότερα πετρώματα στη Λήμνο είναι μια διαδοχή φλύσχη από το μέσο Ηώκαινο-Ολιγόκαινο, η οποία αναδιπλώθηκε απαλά πριν από την πρώιμη πυριγενή δραστηριότητα του Μειόκαινου. Ο φλύσχος αυτός συσσωρεύτηκε σε μεταωρογενείς λεκάνες που σχετίζονται με τη βορειοανατολική κατάρρευση του ορογενούς Rhodope-Sakarya, που σχηματίστηκε από το κλείσιμο του ωκεανού Vardar-Izmir-Ankara (Bonev and Beccaleto, 2007). Τα ηφαιστειακά πετρώματα του Κάτω Μειόκαινου καλύπτουν περίπου το ήμισυ του νησιού και αποτελούνται από εισβολές υπαβυσσικών, θόλων λάβας, ροών και πυροκλαστικών αποθέσεων, που χωρίζονται κατά τον Innocenti et al. (1994) σε τρεις ηφαιστειακές μονάδες.

Τα παλαιότερα ηφαιστειακά πετρώματα βρίσκονται στο νότιο τμήμα της Ενότητας Καταλάκου και αποτελούνται κυρίως από υποηφαιστειογενή αποθέματα, αναχώματα και περβάζια πορφυριτικού τραχειανδεσίτη και δακίτη, που περιλαμβάνουν τον χαλαζιακό μονζονίτη της ενότητας Φακού. Η Μονάδα Ρωμανού αποτελείται από στρωματοποιημένα πυροκλαστικά και ηφαιστειακά κοιτάσματα πάχους έως 160 m. Κοντά στη βάση εμφανίζονται ηφαιστειοκλαστικά λατυποπαγή και συσσωματώματα με μέγεθος έως και αυτού του ογκόλιθου, και αυτά επικαλύπτονται από αρκετά συγκολλημένα στρώματα ιγνιμβριτών που εναλλάσσονται με τόφφους ροής που αλληλεπιδρούν με πέντε στρώματα πυριτόλιθων και περιέχουν φυτικά απολιθώματα. Οι πυριτόλιθοι πυκνώνουν προς κυκλικές μάζες, κατά την κλίμακα του μέτρου, γεγονός το οποίο σηματοδοτεί τις τοποθεσίες των θερμών πηγών. Τοπικά εμφανίζονται θόλοι και μονόμικτα λατυποπαγή. Τα πετρώματα της Μονάδας Ρωμανού κυμαίνονται από τραχυανδεσίτη έως ρυόλιθο. Αυτή η μονάδα περιλαμβάνει τα πιο πλούσια σε κάλιο πετρώματα του νησιού, που απαντώνται ως υαλώδεις λάβες τραχυανδεσιτών και ως ογκόλιθοι μέσα σε κροκαλοπαγή.

Η μονάδα Θέρμα, κατά τον Innocenti et al. (1994), μοιάζει με τμήματα της Μονάδας Ρωμανού και αποτελείται από διακεκομμένες μάργες και τόφφους με απολιθώματα φυτών από το πρώιμο Μειόκαινο σε τεκτονική επαφή, προφανώς, με την υπερκείμενη Ενότητα Μύρινας. Η Μονάδα Μύρινας αποτελείται από μονόμικτα και θόλους λατυποπαγών (Innocenti et al., 1994). Όλα τα πετρώματα είναι έντονα πορφυριτικά και αποτελούνται κυρίως από δακίτη, με δευτερεύοντα τον τραχυδακίτη. Η υπομονάδα του Αγίου Ιωάννη αποτελείται από υδροθερμικά αλλοιωμένα υπαβυσσικά πετρώματα, που είναι γεωχημικά ενδιάμεσα μεταξύ των βόρειων πετρωμάτων της Ενότητας Καταλάκου και της Ενότητας Μύρινας.



Εικόνα 2. 3 Απεικόνιση των γεωλογικών ενότητων της νήσου Λήμνου σε στρωματογραφική στήλη. (Ρουμελιώτη, 2013)



Εικόνα 2. 4 Γεωλογικός χάρτης της νήσου Λήμνου (Ρουμελιώτη, 2013)

2.2.2 Πετρογένεση Λήμνου

Τα πλούσια σε κάλιο σωσσονιτικά ηφαιστειακά πετρώματα έχουν πιθανώς διαφορετική πετρογενετική προέλευση σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Γενικά, τα ορυκτολογικά και τα γεωχημικά χαρακτηριστικά αυτών των πετρωμάτων είναι ανεπαρκή για να γίνει διάκριση μεταξύ των ρόλων της τήξης του εμπλουτισμένου μανδύα, του εμπλουτισμένου κατώτερου φεμικού φλοιού, της αφομοίωσης του φλοιού και της κλασματικής κρυστάλλωσης. Ωστόσο, τα χαρακτηριστικά μοτίβα υψηλής κλασματοποίησης REE των σωσσονιτών της Λήμνου μπορούν να εξηγηθούν μόνο από τη μερική τήξη της κατώτερης φεμικής κρούστας εμπλουτισμένης σε ασύμβατα στοιχεία. Άλλα σωσσονιτικά πετρώματα της σωσσονιτικής ζώνης του βορειοανατολικού Αιγαίου παρουσιάζουν στενές ομοιότητες με τα πετρώματα της Λήμνου στη γενική τους γεωχημεία, στα ραδιενεργά ισότοπα, στην σύνθεση και στην χωροθέτηση φαινοκρυστάλλων, υποδηλώνοντας ότι για αυτά τα πετρώματα εμπλέκονταν παρόμοιες πετρογενετικές διεργασίες. Η τήξη του εμπλουτισμένου υποηπειρωτικού λιθοσφαιρικού μανδύα έπαιξε σημαντικό ρόλο στην πετρογένεση των πετρωμάτων, ενώ ο αντίκτυπος της κλασματοποίησης και της αφομοίωσης του φλοιού φαίνεται να ήταν σχετικά μικρός. Μερικοί σωσσονίτες από άλλες περιοχές περιλαμβάνουν τραχυανδεσίτες με εμπλουτισμένα μοτίβα LREE και MREE παρόμοια με αυτά της Λήμνου (π.χ. στην περιοχή τύπου Feeley and Cosca, 2003). Οι συγκεκριμένες πετρογενετικές διεργασίες που εντοπίστηκαν για τη Λήμνο και τη ζώνη σωσσονιτών του βορειοανατολικού Αιγαίου είναι επομένως πιθανόν ενεργές και αλλού. Είναι επίσης απίθανο η οποιαδήποτε μεμονωμένη τεκτονική διεργασία να είναι υπεύθυνη για την σωσσονιτική ηφαιστειότητα. Στο συγκεκριμένο περιβάλλον των ηφαιστειών του Κάτω Μειόκαινου του βορειοανατολικού Αιγαίου, η αποκοπή πλάκας φαίνεται να επέτρεψε την άνοδο του ασθενοσφαιρικού μανδύα. Ωστόσο, σε άλλα περιβάλλοντα, διεργασίες όπως η αποκόλληση με χαμηλότερο φλοιό (Kay and Kay, 1993) ή η δημιουργία καρίνας λιθοσφαιρικού μανδύα (Dilek and Altunkaynak, 2007) μπορεί να οδηγήσουν σε πλούσια σε κάλιο σωσσονιτικά ηφαιστειακά πετρώματα..

Η σωσσονιτική ηφαιστειότητα στη Λήμνο είναι επομένως το αποτέλεσμα τριών τεκτονικών διεργασιών: (1) Ένα σημαντικό γεγονός καταβύθισης που είχε ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό του υποηπειρωτικού λιθοσφαιρικού μανδύα και την επιμετάλλωση εμπλουτισμένου γάββρου (μεταβασάλτης) στη βάση του φλοιού. (2) Μεσοζωική μικροηπειρωτική σύγκρουση που οδήγησε σε πάχυνση του φλοιού, προάγοντας μερική τήξη μετά την αποκατάσταση μιας σταθερής γεωθερμίας και (3) αποκόλληση της υποβιβαστικής πλάκας από τον ωκεανό της Πίνδου μετά από ηπειρωτική σύγκρουση που δημιούργησε ασθενοσφαιρική ανύψωση.

(Pe-Piper, Piper, Koukouvelas, Dolansky, & Kokkalas, Postorogenic shoshonitic rocks and their origin by melting underplated basalts: The Miocene of Limnos, Greece, 2006)

2.2.3 Χημισμός πετρωμάτων Λήμνου

Αστριοι

Η πλειονότητα των πλαγιόκλαστων στα ηφαιστειακά πετρώματα της Λήμνου είναι κυρίως ο ανδεσίνης, με ελάχιστο λαμπραδορίτη και ολιγόκλαστα, και σπανιότερα τον αλβίτη. Η σανιδίνη είναι επίσης παρούσα σε ορισμένα από τα δείγματα. Παραλλαγές σύνθεσης και διαφορές στα πρότυπα ζωνών των κόκκων άστριου μεταξύ των διαφορετικών μονάδων συζητείται παρακάτω.

Μονάδα Καταλάκου – Οι κόκκοι αστρίων που αναλύθηκαν από τα δείγματα LM72, LM40 και LM43 έχουν όλοι σύνθεση ανδεσίνη, με ελάχιστα από αυτά να έχουν συνθέσεις λαμπραδορίτη στον πυρήνα και στα εσωτερικά άκρα. Οι Φαινοκρύσταλλοι παρουσιάζουν πολυπλοκότητα, αλλά γενικά κανονικά μοτίβα ζωνών, με τον ανορθίτη να κυμαίνεται από An₅₂ σε μερικούς πυρήνες έως An₃₀ σε εξωτερικά άκρα. Ωστόσο, εμφανίζεται ταλαντωτική ζώνη με An₅₀ κοντά στα άκρα σε τουλάχιστον ένα δείγμα. Οι μικροφαινοκρύσταλλοι που αναλύθηκαν έχουν An₃₄₋₄₈ και έτσι δείχνουν ένα εύρος συνθέσεων που συμφωνούν τόσο με τους πυρήνες όσο και με τα άκρα των φαινοκρυστάλλων.

Υπομονάδα Άγιος Ιωάννης – Το δείγμα LM13 περιέχει φαινοκρυστάλλους ανδεσίνης με αντίστροφα ζωνοποιημένους πυρήνες και άκρα (An₃₀ έως An₄₆ στον πυρήνα και An₃₂ έως An₄₀ στα άκρα), πυρήνες κανονικής ζώνης (An₃₇ έως An₃₀) με λεπτά αλλά πιο ασβεστούχα άκρα (An₄₀), και επίσης αντιστρόφως ζωνοποιημένους πυρήνες (An₂₉ έως An₃₂) με άκρα κανονικής ζώνης (An₄₇ έως An₃₇). Τα δείγματα LM15 και LM07 περιέχουν φαινοκρυστάλλους με πολύπλοκα ταλαντευτικά μοτίβα ζωνών. Οι μικροφαινοκρύσταλλοι στα δείγματα LM13 και LM15 γενικά συμφωνούν με τις συνθέσεις ζωνών των φαινοκρυστάλλων σε κάθε δείγμα. Μονζονιτικός χαλαζίας της περιοχής Φακού- Οι κόκκοι πλαγιόκλαστων που αναλύθηκαν είναι κυρίως από ανδεσίνη με δευτερεύοντα τον αλβίτη. Οι φαινοκρύσταλλοι του ανδεσίνη παρουσιάζουν κανονικά ή ταλαντευτικά μοτίβα ζωνών. Μερικοί μικροφαινοκρύσταλλοι έδειξαν αντίστροφη ζώνη, με πυρήνα An₃₂ και άκρο με An₄₃, ωστόσο άλλοι μικροφαινοκρύσταλλοι έχουν τη σύσταση του δευτερογενούς αλβίτη.

Μονάδα Ρωμανού - Οι περισσότεροι κόκκοι πλαγιόκλαστων που αναλύθηκαν έχουν σύσταση από ανδεσίνη, με ελάχιστα φαινοκρυσταλλικά άκρα με σύσταση από λαμπραδορίτη (διάγραμμα καλιούχων αστρίων στο πεδίο του ανδεσίνη). Υπάρχει σημαντική μεταβλητότητα στα μοτίβα ζωνών των αστρίων εντός της μονάδας αυτής. Ορισμένοι φαινοκρυστάλλοι πλαγιόκλαστων στο δείγμα LM31 έχουν λεπτά και πιο ασβεστούχα άκρα (An₅₄) γύρω από υποεδρικούς πυρήνες (An₄₁). Στο δείγμα LM32, υπάρχει αντίστροφη ζώνη στον πυρήνα An₃₈ έως An₄₀, αλλά κανονική ζώνη στα άκρα (An₅₀ έως An₃₈). Το δείγμα LM24 έχει φαινοκρυστάλλους με πυρήνες ανδεσίνη κανονικής ζώνης (An₄₀ έως An₃₂) με καλιούχες υπερανάπτυξεις (Or₅₈ έως Or₅₆). Τόσο στο δείγμα LM25 όσο και στο δείγμα LM22, εμφανίζονται φαινοκρύσταλλοι πλαγιόκλαστων με ταλαντωτική ζώνη με συνολική κανονική τάση ζωνοποίησης. Στο δείγμα LM22 οι φαινοκρύσταλλοι αλλά και οι μικρολίτες της βασικής του μάζας έχουν σύσταση σανιδίνη. Οι μικροφαινοκρύσταλλοι που αναλύθηκαν στο δείγμα LM25 συμφωνούν με την σύσταση των φαινοκρυσταλλικών άκρων (An₃₆). Το δείγμα LM65B έχει κανονικές ζώνες φαινοκρυστάλλων που εμφανίζουν περιεκτικότητα σε ανορθίτη όπου μειώνεται σταδιακά από An₄₁ στον πυρήνα σε An₂₇ στα άκρα.

Μονάδα Μύρινας- Οι άστριοι στη μονάδα Μύρινας παρουσιάζουν ένα ευρύτερο φάσμα σύνθεσης σε σύγκριση με τις άλλες ηφαιστειακές μονάδες της Λήμνου. Οι συνθέσεις φαινοκρυστάλλων κυμαίνονται από λαμπραδορίτη έως ολιγόκλαστα σε διάγραμμα Ab-An, ωστόσο παρουσιάζονται και φαινοκρύσταλλοι σανιδίνη. Τα μοτίβα ζωνών στους φαινοκρυστάλλους πλαγιόκλαστων είναι αρκετά ποικίλα: το δείγμα LM58 δείχνει κανονικές ζώνες με ελαφρώς υποεδρικούς πυρήνες (An₄₈ έως An₄₃) με κανονικά ζωνοποιημένες ευεδρικές υπεραναπτύξεις (An₅₉ έως An₅₄). Το δείγμα LM61 περιέχει φαινοκρυστάλλους με κανονικές ζώνες πυρήνων (An₃₇ έως An₂₃) και ανάστροφες ζώνες άκρων (An₂₈ έως An₃₃), αλλά και φαινοκρυστάλλους με αντίστροφες ζώνες πυρήνων (An₄₅ έως An₆₁) και κανονικές ζώνες άκρων (An₂₉ έως An₂₆). Οι μικροφαινοκρύσταλλοι στο δείγμα LM58 συμφωνούν γενικά με τις συνθέσεις άκρων του φαινοκρυστάλλου. Στο δείγμα LM61, ένας αναλυόμενος ασβεστιτικός μικροφαινοκρύσταλλος (An₅₁) έχει σύνθεση παρόμοια με το κέντρο μιας αντίστροφης ζώνης πυρήνα (An₄₅ έως An₆₁) που περιβάλλεται από ένα κανονικά ζωνοποιημένο και πολύ πιο αλβιτικό άκρο (An₂₉ έως An₂₆).

Πυρόξενοι

Τα δείγματα από τις μονάδες Ρωμανού, Μύρινας και Φακού παρουσιάζουν μικρή συνολική διακύμανση σύνθεσης καθώς όλοι οι αναλυθέντες κόκκοι βρίσκονται στο διάγραμμα κοντά στο όριο μεταξύ αυγίτη και διοψιδίου. Σε κανένα από τα δείγματα, δεν βρέθηκαν ορθοπυρόξενοι. Κανονικές ζώνες είναι διάχυτες σε κλινοπυροξενικούς φαινοκρυστάλλους και μικροφαινοκρυστάλλους σε όλα τα δείγματα από τις μονάδες Ρωμανού και Φακού.

Οι κρύσταλλοι εμφανίζουν συνήθως επαναλαμβανόμενες διαβαθμίσεις από μια πιο πρωτόγονη σε μια πιο εξελιγμένη σύνθεση, με κάθε πιο πρωτόγονη ζώνη να προηγείται από ένα γεγονός διάβρωσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις, υπάρχουν έως και τρεις τέτοιοι κύκλοι ταλάντωσης ζωνών. Φαινοκρύσταλλοι από τα δείγματα LM31 και LM32 στη μονάδα Ρωμανού και τα δείγματα LM50 και LM45 του χαλαζιακού μονζονίτη της μονάδας Φακού, εμφανίζουν παρόμοια σχέδια ζωνών. Τόσο ο πυρήνας όσο και τα άκρα δείχνουν ένα κανονικό σχέδιο ζωνών, ωστόσο, η έναρξη της δεύτερης φάσης σύνθεσης είναι συγκριτικά πιο εμπλουτισμένα με Cr₂O₃ και MgO και σχετικά εξαντλημένα σε FeO σε σχέση με τον πυρήνα, συμπεριλαμβανομένου και του ίδιου του κέντρου του πυρήνα σε ορισμένες περιπτώσεις. Σπάνιοι μικροφαινοκρύσταλλοι κλινοπυροξενίου στη μονάδα Μύρινας είναι παρόμοιοι σε σύνθεση με τις πιο πρωτόγονες συνθέσεις που λαμβάνονται για το εσωτερικό τμήμα των φαινοκρυσταλλικών άκρων (αναλύσεις «c») στις μονάδες Ρωμανού και Φακού.

Αμφίβολοι

Οι φαινοκρύσταλλοι και οι μικροφαινοκρύσταλλοι των αμφίβολων των μονάδων Καταλάκου και Μύρινας (συμπεριλαμβανομένης της υπομονάδας του Αγίου Ιωάννη) είναι ασβεστικοί αμφίβολοι. Η μονάδα Μύρινας χαρακτηρίζεται από (μαγνησιούχο) οξυκεροστίλβη, κεροστίλβη, εδενίτη και από Μαγνησιοχαστινγκίτη. Η υπομονάδα του Αγίου Ιωάννη από τον εδενίτη, τον μαγνησίτη και από κεροστίλβη εδενίτη, ενώ η μονάδα Καταλάκου περιορίζεται κυρίως σε Μαγνησιοχαστινγκίτη και σε οξυκεροστίλβη. Όλοι οι κόκκοι έχουν παρόμοιες αναλογίες Mg/(Mg+Fe₂₊), αλλά καταλαμβάνουν διαφορετικό εύρος Si στην μεταξύ τους σχέση. Οι αμφίβολοι από τις υπομονάδες Μύρινα και Άγιος Ιωάννης καταλαμβάνουν ένα ελαφρώς μεγαλύτερο εύρος τιμών Si, με τιμές μεγαλύτερες και μικρότερες σε σχέση με των αμφίβολων Καταλάκου, αλλά όχι κατά πολύ. Ταλαντωτικές ζωνοποιήσεις παρουσιάζονται σε

ορισμένους αμφιβόλους της μονάδας Καταλάκου, ωστόσο η εκτεταμένη αλλοίωση τους σε πολλά από τα δείγματα των διαφόρων μονάδων καθιστά αδύνατο να προσδιοριστεί εάν αυτή είναι μια κοινή τάση. Ένας φαινοκρύσταλλος αμφιβόλου από το δείγμα LM43 στη μονάδα Καταλάκου δείχνει αντίστροφη ζωνοποίηση στον πυρήνα που περιβάλλεται από ένα άκρο αρκετά σταθερής (και πιο εξελιγμένης) σύνθεσης. Το εξωτερικό άκρο του φαινοκρυστάλλου είναι αρκετά διαβρωμένο. Ο επαναλαμβανόμενος ταλαντωτικός σχηματισμός ζωνών υπάρχει σε έναν φαινοκρύσταλλο αμφιβόλου από το δείγμα LM40 (επίσης Μονάδα Καταλάκου) με τουλάχιστον δύο φάσεις διάβρωσης και τουλάχιστον τρεις ευεδρικές φάσεις ανάπτυξης πλούσιες σε εγκλείσματα. Ένας μικροφαινοκρύσταλλος έχει σύνθεση παρόμοια με το εξωτερικό άκρο του φαινοκρυστάλλου. Κανονική ζωνοποίηση υπάρχει σε έναν φαινοκρύσταλλο αμφιβόλου από το δείγμα LM61 της μονάδας Μύρινας. Άλλοι αμφιβολικοί φαινοκρύσταλλοι έχουν σχετικά ομοιόμορφη σύνθεση σε όλο τον κόκκο, από το κέντρο του πυρήνα προς το άκρο ή από τον εξωτερικό πυρήνα προς το άκρο.

Βιοτίτης

Οι κόκκοι βιοτίτη στα ηφαιστειακά πετρώματα της Λήμνου είναι αρκετά συνεπείς ως προς τη σύστασή τους και δεν έχουν εμφανή διάκριση μεταξύ των διαφορετικών μονάδων. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες μικρές διαφορές κατά την σχετική αφθονία συγκεκριμένων χημικών συστατικών μεταξύ κόκκων από διαφορετικές μονάδες. Οι αναλύσεις επιλεγμένων κόκκων απεικονίζονται στη σειρά φλογοπίτη-αννίτη, αλλά συνολικά τείνουν να είναι πιο πλούσιες σε Mg. Η περιεκτικότητα σε TiO κυμαίνεται από 4,2 έως 7,1 % κατά βάρος. Η μονάδα Μύρινας έχει τις χαμηλότερες τιμές, η μονάδα Καταλάκου είναι ενδιάμεσης εμβέλειας και οι υψηλότερες τιμές βρίσκονται στις μονάδες Φακού και Ρωμανού. Οι υψηλότερες τιμές NiO (πάνω από 0,5 wt.%, που κυμαίνονται έως και 1,75 wt.%) συνδέονται κυρίως με τη μονάδα Ρωμανού, ενώ αμελητέες ποσότητες βρίσκονται στους περισσότερους κόκκους βιοτίτη που αναλύθηκαν στις μονάδες Μύρινας και Καταλάκου.

Αλλοιωμένα στοιχεία

Πολλά από τα πετρώματα που μελετήθηκαν είναι μέτρια έως εκτενώς αλλοιωμένα ενώ πραγματοποιήθηκαν χημικές αναλύσεις για την επιβεβαίωση της οπτικής αναγνώρισης των διαφόρων στοιχείων αλλοίωσης που παρατηρήθηκαν στα πετρώματα αυτά (Pe-Piper, Piper, Koukouvelas, Dolansky, & Kokkalas, 2009). Τα αλλοιωμένα πετρώματα περιλαμβάνουν χλωρίτη, σερίκη, ασβεστίτη, ακτινόλιθο, επίδοτο, αλβίτη και βαρίτη. Τα λεπτόκοκκα μείγματα ορυκτού αργίλου είναι δύσκολο να αναγνωριστούν με ακρίβεια, αλλά υπάρχουν και ως στοιχεία αλλοίωσης σε πολλά δείγματα.

Βοηθητικά ορυκτά

Η οπτική αναγνώριση των βοηθητικών ορυκτών φάσεων επιβεβαιώθηκε χρησιμοποιώντας κυρίως ένα σύστημα διασποράς ενέργειας (EDS) σε συνδυασμό με ορισμένες αναλύσεις ηλεκτρονίων-μικροανιχνευτών διασποράς μήκους κύματος (WDS). Τα κοινά βοηθητικά ορυκτά περιλαμβάνουν τον απατίτη, το ζirkόνιο, τον τιτανίτη, τον μαγνητίτη και τον τιτανομαγνητίτη. Ο αλλανίτης έχει βρεθεί στο δείγμα LM40 και ο μοναζίτης στο δείγμα LM72 (Pe-Piper, Piper, Koukouvelas, Dolansky, & Kokkalas, 2009).

2.3 Νήσος Κεφαλονιάς

Ευρισκόμενη στο Ιόνιο πέλαγος, η Κεφαλονιά είναι το μεγαλύτερο νησί των Επτανήσων και βρίσκεται απέναντι από τον Πατραϊκό κόλπο, νότια της Λευκάδας, δυτικά της Ιθάκης και βόρεια της Ζακύνθου.

2.3.1 Γεωλογικό περίγραμμα της Κεφαλονιάς

Κατά τη γεωλογική δομή της νήσου Κεφαλλονιάς, στο κατώτερο μέρος έχουμε αλπικούς σχηματισμούς, οι οποίοι, αφενός, ανήκουν στην ενότητα των Παξών, που καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της νήσου και, αφετέρου, στην Ιόνια ενότητα, η οποία δομεί ένα μικρό τμήμα νοτιο-ανατολικά της νήσου. Στο ανώτερο μέρος επικάθονται ασύμφωνα μεταλπικοί σχηματισμοί, οι οποίοι δομούν ένα μικρό τμήμα νοτιοανατολικά της νήσου (Λέκκας, Δανάμος, & Μαυρίκας, 2001).

Αλπικοί σχηματισμοί

Ενότητα Παξών

Στην Κεφαλονιά διακρίνονται τα ανώτερα μέλη της ανθρακικής σειράς, που αντιστοιχούν στην περίοδο Ανώτερου Ιουρασικού-Κατώτερου Μειόκαινου. Η εν λόγω ανθρακική σειρά κατά τη διάρκεια του Κρητιδικού παρουσιάζει έντονη διαφοροποίηση στους ιζηματογενείς της χαρακτήρες. Κατά το Τριτογενές παρατηρείται η υποχώρησή της.

Στη χερσόνησο της Παληκής και του Αργοστολίου παρατηρούνται φάσεις ενός ρηχού νηριτικού υποβάθρου, όπου το βάθος των ιζημάτων ξεπερνούν τα 1000 m και αντιστοιχούν για το Άνω-Κρητιδικό-Παλαιόκαινο λευκοί εστρωμένοι ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, δολομίτες αποσαθρωμένοι με όψη κιμωλίας και ίχνη ανάδυσης και βιογενείς-βιοκλαστικοί περιυφαλώδεις ασβεστόλιθοι.

Στο κεντρικό τμήμα του νησιού παρατηρούνται φάσεις επίσης ρηχές αλλά και βαθύτερες, που χαρακτηρίζουν το περιθώριο ενός βραχύβιου κρητιδικού υποβάθρου με πάχος ιζημάτων άνω των 1000 m μόνο για το Άνω Κρητιδικό και αποτελούνται από νηριτικούς ασβεστόλιθους, βιοκλαστικούς και μικριτικούς ακολουθούμενοι από λευκούς μικριτικούς και δολομιτικούς ασβεστόλιθους μεσο-ανωπαλιρροιακής πλατφόρμας με ίχνη ανάδυσης και με ενδιαστρώσεις βιοκλαστικών οριζόντων με ρουδιστές και οριζόντων με γαστερόποδα.

Στις περιοχές του όρους Καλού, της Ερισού, βορειοδυτικά της Αγίας Δυνατής και δυτικά του όρους Αίνου, κυριώς δηλαδή στην περιφέρεια της λεκάνης, παρατηρούνται εστρωμένοι δολομίτες, ασβεστόλιθοι και πυριτόλιθοι, που ξεπερνούν τα 1000 m σε συνολικό πάχος για το Ανώτερο Ιουρασικό-Άλβιο. Ο πελαγικός χαρακτήρας των ιζημάτων ενισχύεται κατά το Ανώτερο Ηώκαινο-Ολιγόκαινο.

Ως συνέχεια της ανθρακικής ακολουθίας, με πάχος που ανέρχεται σε μερικές εκατοντάδες μέτρα και ηλικίας Λάγγιο-Μεσσήνιο, είναι η αργιλο-κλαστική φλυσχηκή σειρά όπου συμμετέχουν κυρίως μάργες με ενδιαστρώσεις ψαμιτών, ολιγόμεικτων λατυποπαγών και κροκαλοπαγών. Η σειρά εμφανίζεται στη χερσόνησο Παληκής, στον κόλπο του Αργοστολίου και στον όρμο του Κατελειού.

Ιόνια ενότητα

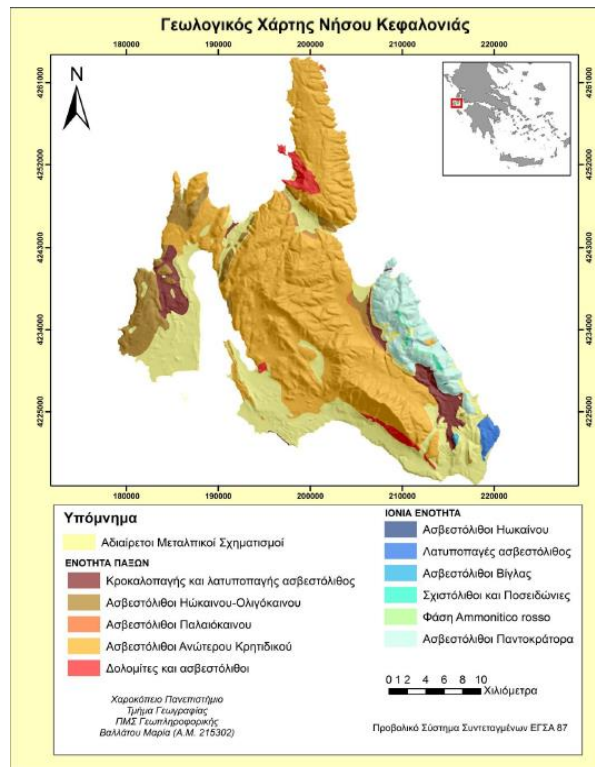
Από τους παλαιότερους προς τους νεότερους σχηματισμούς της ενότητας έχουμε τριαδικούς εβαπορίτες, υπολειμματικά άστρωτα λατυποπαγή ασβεστολίθων και δολομιτών και άργιλους διάλυσης. Στη συνέχεια αναπτύσσεται μια ανθρακική σειρά ηλικίας Ανώτερο Τριαδικό–Μέσο Λιάσιο, που εμπεριέχει δολομίτες, φυκώδεις ασβεστολίθους και ασβεστόλιθους με πυριτόλιθους στην κορυφή, οι οποίοι είναι αντίστοιχοι με τους νηριτικούς ‘ασβεστολίθους Παντοκράτορα’. Έπειτα, ακολουθούν φάσεις ‘Ammonitico rosso’ από ασβεστοσχίστες και ερυθρούς ασβεστόλιθους με αμμωνίτες του Τοαρσίου, ασβεστόλιθοι με πυριτόλιθους και σχιστόλιθους με Ποσειδώνειες του Δογγερείου και, τέλος, πελαγικοί ασβεστόλιθοι με ή χωρίς πυριτόλιθους Κρητιδικής ηλικίας, που γίνονται λατυποπαγείς προς την κορυφή της σειράς (Λέκκας, Δανάμος, & Μαυρίκας, 2001).

Μεταλπικοί σχηματισμοί

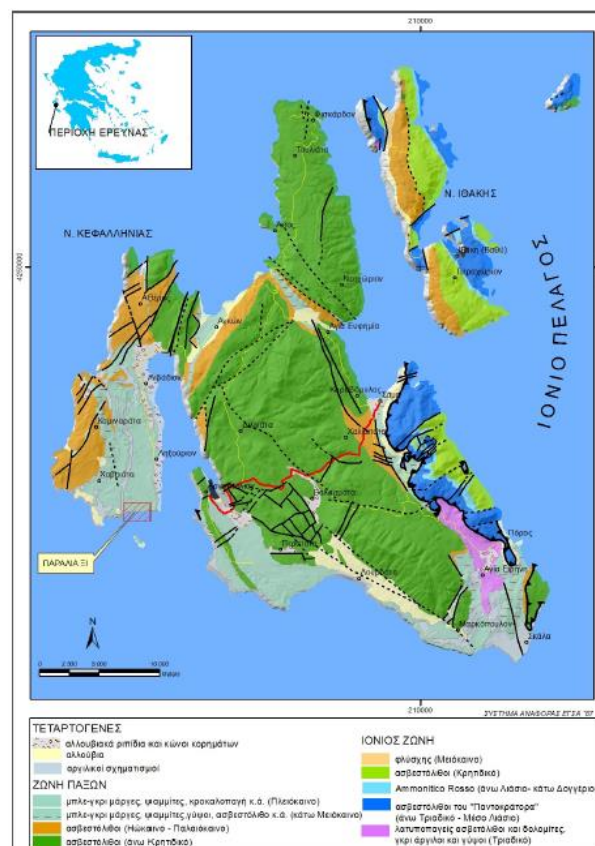
Προκειμένου να τους χαρακτηρίσουμε ‘‘μεταλπικούς σχηματισμούς’’ το μόνο κριτήριο που έχουμε είναι η ασύμφωνη τοποθέτησή τους πάνω στους αλπικούς σχηματισμούς. Διακρίνεται μία κατώτερη σειρά θαλάσσιων ιζημάτων (Πλειο- Καλάβρια σειρά) ηλικίας Κατώτερου Πλειόκαινου – Κατώτερου Πλειστόκαινου και μία ανώτερη σειρά αποθέσεων κυρίως ηπειρωτικού και σπάνια θαλάσσιου χαρακτήρα ηλικίας Μέσο/Ανώτερο Πλειστόκαινο – Ολόκαινο όπου είναι ασύμφωνα τοποθετημένη πάνω στην προηγούμενη (Λέκκας, Δανάμος, & Μαυρίκας, 2001).

Η Πλειο-Καλάβρια, κατώτερη σειρά —με πλάτος εμφάνισης μεταξύ 2 και 10 km και πάχος μεταξύ 200 και 500 m— αναπτύσσεται επικλυσιγενώς επί των σχηματισμών της ενότητας Παξών. Περιλαμβάνει στη βάση της, με ηλικία Κατώτερου Πλειόκαινου, ορίζοντες ολιγόμεικτων κροκαλοπαγών και λατυποπαγών, συμφυρματοπαγών ασβεστόλιθων και συμπαγών ασβεσταρενιτών. Στο ενδιάμεσο της τμήμα, με ηλικία Μέσου–Ανώτερου Πλειόκαινου, αποτελείται από κυανές και κίτρινες μάργες με ιλυόλιθους και ενδιαστρώσεις ψαμμιτών, ασβεστολιθικών άμμων και κροκαλοπαγών. Στο ανώτερο της τμήμα, με ηλικία Κατώτερου Πλειστοκαίνου–Καλαβρίου, αποτελείται από χονδρόκοκκους ασβεσταρενίτες απόσυρσης και μάργες, όπου παρεμβάλλονται ενδιαστρώσεις ασβεστολιθικών άμμων.

Η ανώτερη σειρά αποθέσεων ιζημάτων των μεταλπικών σχηματισμών διακρίνονται σε λατυποπαγή πλαγιάς —μεταξύ των περιοχών Αγκώνας–Κοντογουράτας–Ζόλας–όρμου Αγίας Κυριακής—, σε θαλάσσιους ασβεστοαρενίτες με ηλικία Μέσου Πλειστόκαινου, σε μεσοπαγετώδεις αποθέσεις Μινδέλιου–Ρήσιου. Οι τελευταίες βρίσκονται με τη μορφή αργίλων απασβέστωσης μέσα σε ολίνες και είναι προϊόντα καρστικοποίησης και εξαλλοίωσης ασβεστολίθων, σε κώνους προσχώσεων Ρήσιου από περιόδους παγετώνων και ρηξιστασίας. Οι αποθέσεις αυτές αποτίθενται λόγω διάβρωσης στους πρόποδες των πλαγιών και, τέλος, σε σύγχρονους σχηματισμούς που βρίσκονται διάσπαρτοι σε διαφορετικά σημεία του νησιού και αποτελούνται από λεπτή κόκκινη αργιλική άμμο ηπειρωτικής προέλευσης, παράκτια κροκαλοπαγή και κόκκινες ασβεστολιθικές κρούστες πιθανώς Βούρμιας ηλικίας.



Εικόνα 2. 6 Γεωλογικοί σχηματισμοί της νήσου Κεφαλληνίας. (Κουρλής, 2018)



Εικόνα 2. 7 Γεωλογικός Χάρτης της νήσου Κεφαλληνίας. (Κουρλής, 2018)

2.3.2 Πετρογένεση Κεφαλονιάς

Κατά την τεκτονική εξέλιξη της νήσου Κεφαλληνίας φαίνεται να έχουν πάρει μέρος διάφορα παραμορφωτικά επεισόδια κυρίως συμπιεστικού χαρακτήρα. Τα επεισόδια αυτά διακόπηκαν ανά περιόδους, κατά τις οποίες έχουμε αποσυμπίεση των πετρωμάτων και επίδραση της βαρύτητας, γεγονός τα οποία λειτούργησαν σαν καθεστώτα εφελκυσμού. Η τεκτονική εξέλιξη της νήσου μπορεί να διαχωριστεί σε τέσσερα βασικά στάδια (Λέκκας, Δανάμος, & Μαυρίκας, 2001).

Κατά το πρώτο στάδιο, το οποίο αντιστοιχεί στην ηλικία του Κατώτερου Πλειόκαινου, έχουμε την εναπόθεση του Ιόνιου καλύμματος επάνω στην ενότητα των Παξών με ένα έντονο παραμορφωτικό επεισόδιο συμπίεσης με αποτέλεσμα την ανάδυση του νησιού. Αυτό επίσης έχει σαν αποτέλεσμα την ενεργοποίηση παλαιότερων ρηγμάτων και τη μεταβολή των κινήσεών τους από κανονικά σε ανάστροφα.

Το δεύτερο στάδιο αντιστοιχεί στην ηλικία του Ανώτερου Πλειόκαινου-Κατώτερου Πλειστόκαινου. Σε αυτή τη φάση συνεχίζεται σε βαθύτερα τμήματα το καθεστώς της συμπίεσης, επικρατεί περίοδος αποσυμπίεσης, η οποία εκφράζεται μέσω των μεγάλων ρηξιγενών επιφανειών, οι οποίες δραστηριοποιούνται πλέον ως κανονικά ρήγματα.

Κατά το τρίτο στάδιο, ηλικίας Κατώτερου Πλειστόκαινου, παρατηρούνται νέα φαινόμενα συμπιεστικού παραμορφωτικού χαρακτήρα, τα οποία δημιουργούν νέα ρήγματα ανάστροφου χαρακτήρα, κυρίως στην περιοχή του Αργοστολίου και νοτιοανατολικά της Κεφαλονιάς. Κατά την περίοδο Κατώτερου-Μέσου Πλειστόκαινου (Παλαιο-Μιλάτσιου) έχουμε και ανύψωση της θαλάσσιας αναβαθμίδας, όπως παρατηρείται στην περιοχή των Μηνίων.

Κατά το τέταρτο στάδιο, ηλικίας Μέσο Πλειστόκαινου, παρ' όλο που σε μεγαλύτερα βάθη συνεχίζει το καθεστώς συμπίεσης, όπως φαίνεται και με τους μηχανισμούς γένεσης των σεισμών, έχουμε μια καινούρια φάση αποσυμπίεσης των δομών, όπου επιδρά η βαρύτητα, και τα ρήγματα πλέον δραστηριοποιούνται με κινήσεις κανονικών ή πλαγιοκανονικών αλμάτων.

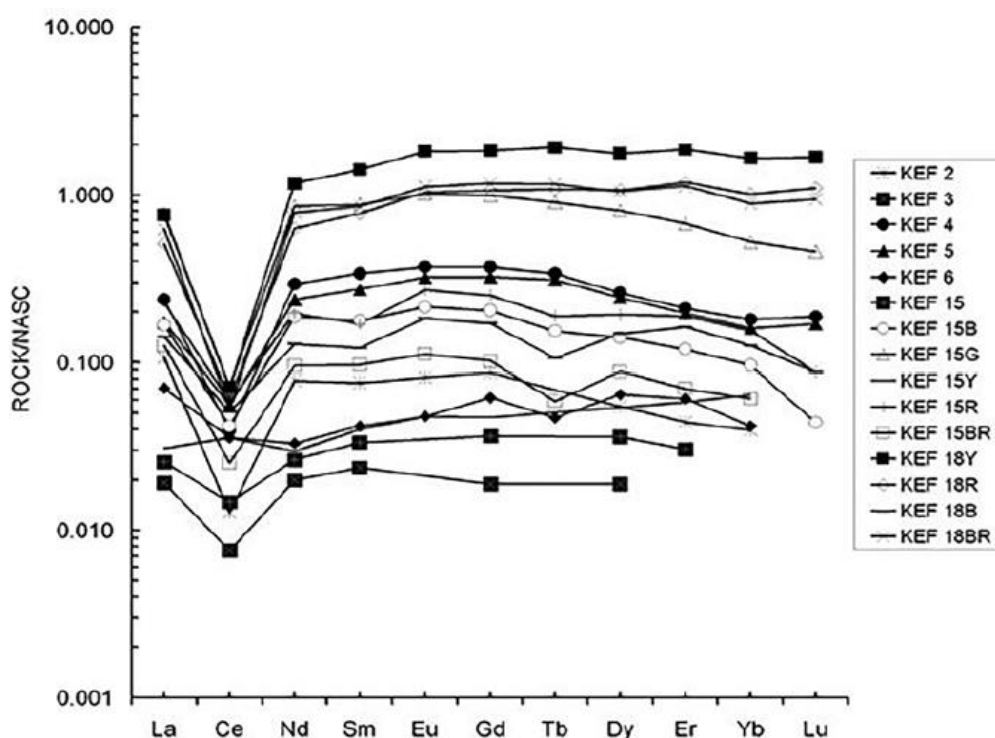
2.3.3 Χημισμός πετρωμάτων Κεφαλονιάς

Οι γεωχημικές προσεγγίσεις για τη μελέτη των ιζηματογενών κερατόλιθων πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την επίδραση πολύπλοκων γεωλογικών διεργασιών στα χημικά αποτυπώματα, συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς, της εναπόθεσης, της διαγένεσης και της αλλοίωσης. Τα στοιχεία των σπάνιων γαιών (REE) και τα ιχνοστοιχεία όπως το ζirkόνιο (Zr), το άφνιο (Hf) και το θόριο (Th) θεωρούνται ως τα πιο αξιόπιστα και σταθερά στοιχειώδη συστατικά στον ιζηματογενή κύκλο. Είναι σχετικά σταθερά κατά τη διάρκεια διεργασιών μετά την εναπόθεση, όπως η διαγένεση και οι καιρικές συνθήκες και, επιπλέον, η χημική τους σύσταση μπορεί να βοηθήσει στον καθορισμό ομοιοτήτων μεταξύ των δειγμάτων και ως εκ τούτου να προτείνει πιθανές περιοχές πηγής (Melfos & Stratouli, 2016).

Κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία εντοπίστηκαν στο εσωτερικό των 15 αντιπροσωπευτικών δειγμάτων κερατόλιθων από τις πέντε γεωλογικές εμφανίσεις ή αποθέσεις της ανατολικής και νοτιοανατολικής Κεφαλονιάς (Melfos & Stratouli, 2016). Διμεταβλητές γραφικές παραστάσεις κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων καθώς και διαγράμματα αράχνης των REE χρησιμοποιήθηκαν για την εξέταση της συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών, για τον εντοπισμό προφανών ομάδων και για την ανίχνευση ακραίων δειγμάτων. Τα γεωχημικά αποτελέσματα έδειξαν ότι, από τα κύρια στοιχεία, μόνο το SiO_2 ήταν σε αφθονία (95,44 έως 98,40 wt%), ενώ όλα τα άλλα εμφανίστηκαν μόνο σε μικρές συγκεντρώσεις (<0.96wt%). Επομένως, τα δείγματα ήταν σχεδόν καθαρό πυρίτιο, με ελάχιστες μόνο προσμίξεις.

Η ποσότητα του Fe_2O_3 ήταν γενικά πολύ χαμηλή και δεν ξεπέρασε το 0,22wt%. Αυτή η ένωση σχετίζεται εν μέρει με την παρουσία υδροξειδίων του σιδήρου, κυρίως του γκαιτίτη. Η περιεκτικότητα του στον κόκκινο κερατόλιθο έτεινε να είναι υψηλή (0,13 έως 0,22 wt%), ενώ στις κίτρινες ποικιλίες ήταν χαμηλότερη (0,15 wt%), μαζί με τις καφέ και τις μαύρες (0,05 έως 0,17 wt%) και τις γκρι (0,08 wt%). Η πολύ χαμηλή συγκέντρωση Fe_2O_3 και η έλλειψη MnO δείχνουν ότι τα δείγματα σχηματίστηκαν μακριά από ένα ωκεάνιο κέντρο εξάπλωσης. Ο σίδηρος και το μαγγάνιο είναι ιδιαίτερα εμπλουτισμένα σε μεταλλοφόρα, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες υδροθερμικής εισροής στο κέντρο διασποράς. Δεδομένου ότι και οι δύο αυτές ενώσεις ήταν σπάνιες ή απουσίαζαν στα δείγματά μας, μπορούμε να υποθέσουμε ότι δεν σχηματίστηκαν σε αυτούς τους τύπους περιβάλλοντος. Αυτό τεκμηριώνεται καλά στα δυαδικά διαγράμματα $100x(\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2)$ έναντι $100x(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2)$ και $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3)$ έναντι $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ (Murray 1994: 220-221), που προέρχονται από τα γεωλογικά δείγματα (Εικόνα 2.9). Αυτά τα διαγράμματα διάκρισης υποδεικνύουν ότι τα δείγματα φέρουν μια καλά καθορισμένη υπογραφή απομακρυσμένων κερατόλιθων. Ωστόσο, ο διαχωρισμός μεταξύ ηπειρωτικού περιθωρίου και πελαγικών περιβαλλόντων δεν είναι προφανής. Η παρουσία υπολειμμάτων ασβεστολιθικών απολιθωμάτων ευθύνεται για την ενσωμάτωση του CaO στη χημική σύσταση των κερατόλιθων, αλλά μόνο σε μικρές ποσότητες (0,01 έως 0,96 wt%). Μια θετική συσχέτιση μεταξύ Al_2O_3 και $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ φαίνεται στο διάγραμμα της Εικόνας 2.10 (α), υποδεικνύοντας μια αύξηση των αλκαλικών οξειδίων Na_2O και K_2O με την αύξηση της περιεκτικότητας σε Al_2O_3 , η οποία πιθανώς σχετίζεται με την παρουσία ιχών ποσοτήτων αργιλικών ορυκτών όπως ο ιλίτης. Στο δυαδικό διάγραμμα Al_2O_3 και Zr (Εικόνα 2.10 β), δύο ομάδες διακρίθηκαν μεταξύ των γεωλογικών δειγμάτων: αυτά με χαμηλή περιεκτικότητα σε Zr (4- 34 ppm) και αυτά με υψηλότερα επίπεδα (521-10.000 ppm). Η ομάδα χαμηλού Zr περιελάμβανε τέσσερα γεωλογικά δείγματα (ΚΕΦ 2, ΚΕΦ 3, ΚΕΦ 4 και ΚΕΦ 5) και η ομάδα υψηλού Zr περιελάμβανε 11 γεωλογικά δείγματα (ΚΕΦ 6, ΚΕΦ 15, ΚΕΦ 15B, ΚΕΦ 15G, ΚΕΦ 15BR, ΚΕΦ15R, ΚΕΦ 15Y, ΚΕΦ 18B, ΚΕΦ 18Y, ΚΕΦ 18R και ΚΕΦ18BR) (Melfos & Stratouli,

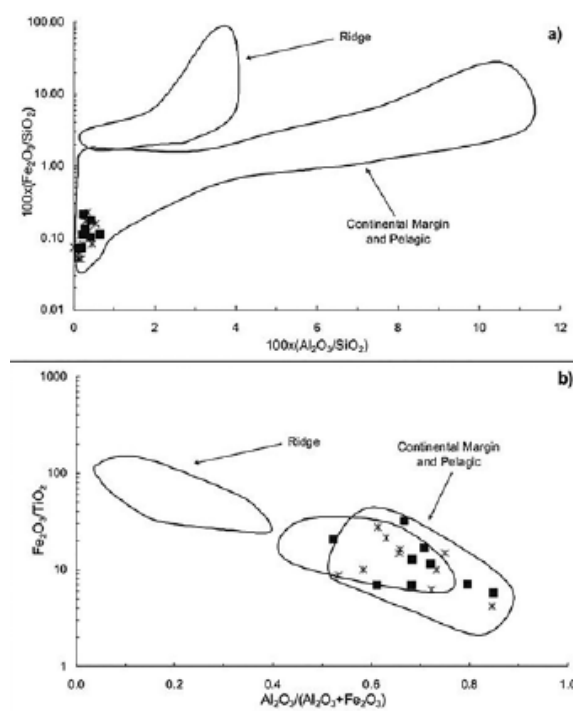
2016). Επιπλέον, παρ'όλο που αναλύθηκαν δείγματα των διαφόρων χρωμάτων, δεν εντοπίστηκαν σημαντικές διακυμάνσεις στις αναλογίες της σύνθεσης των στοιχείων τους. Η αφθονία και η διανομή των REE είναι χρήσιμο γεωχημικό εργαλείο για τη μελέτη ιζηματογενών πετρωμάτων και ιδιαίτερα θαλάσσιων πετρωμάτων, καθώς παραμένουν σχετικά ακίνητα κατά τη διάρκεια διεργασιών μετά την εναπόθεση, όπως η διαγένεση και η μεταμόρφωση. Τα μοτίβα εμπλουτισμού ή εξάντλησης των ελαφρών και βαρέων REE ή η ύπαρξη θετικών ή αρνητικών ανωμαλιών, για παράδειγμα σε Ce ή Eu, μπορεί επίσης να είναι διαγνωστικά της εναπόθεσης περιβάλλοντος και πετρογένεσης ιζηματογενών κερατόλιθων. Τα μοτίβα που παρατηρήθηκαν στα δείγματα της Κεφαλονιάς φαίνονται στο Εικόνα 2.8.



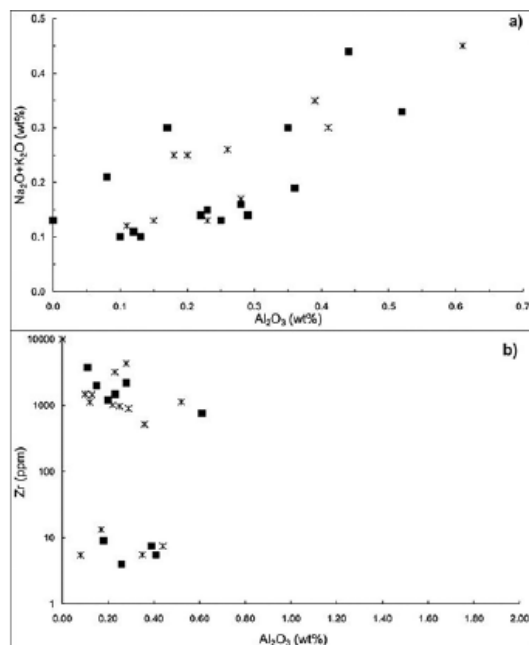
Διάγραμμα 2. 3 Κανονικοποιημένα μοτίβα αφθονίας REE στα γεωλογικά δείγματα Κερατόλιθων Κεφαλονιάς από την North America Shale Composite (NASC) (Melfos & Stratouli, 2016)

Το πρότυπο που επιλέχθηκε για την κανονικοποίηση των συγκεντρώσεων REE είναι το North American Shale Composite (NASC) (Gromet et al. 1984). Ο τρόπος των ανωμαλιών Ce μπορεί να είναι ένας καλός δείκτης του θαλάσσιου περιβάλλοντος τα οποία σχηματίστηκαν οι κερατόλιθοι. Έχει αποδειχθεί ότι σε συνθήκες βαθέων υδάτων, ο κερατόλιθος υποβάλλεται σε επιλεκτική αφαίρεση Ce σε σχέση με άλλες REE, με αποτέλεσμα μια αρνητική ανωμαλία Ce. Αυτό συμβαίνει επειδή στους νεοσχηματισμένους οργανογενείς κερατόλιθους διατηρείται το σήμα του πρωτεύοντος πόρου νερού, μαζί με την υπογραφή REE, και επομένως οι σχετικές ανωμαλίες Ce είναι δυνητικά ευαίσθητοι δείκτες του δυναμικού οξειδοαναγωγής του βυθού. Οι αρνητικές ανωμαλίες Ce που παρατηρήθηκαν στους κερατόλιθους της Κεφαλονιάς ($Ce/Ce^* = 0,07$ έως $0,69$, Πίνακες 3-4) αποδίδονται επομένως στην εξάντληση του Ce στα βαθιά νερά.

Κανονικοποιημένα μοτίβα αφθονίας REE στα γεωλογικά δείγματα Κερατόλιθων Κεφαλονιάς από την North America Shale Composite (NASC) (Melfos & Stratouli, 2016)



Διάγραμμα 2. 41 Διαγράμματα επιλεγμένων αναλογιών κύριων στοιχείων στα γεωλογικά (*) δείγματα κερατοειδούς. α) Al_2O_3 έναντι Fe_2O_3 , και τα δύο κανονικοποιημένα σε SiO_2 β) Αναλογίες κύριων οξειδίων που υποδεικνύουν την επίδραση των χερσαίων και των μεταλλοφόρων πηγών (Melfos & Stratouli, 2016)



Διάγραμμα 2. 5 Διαγράμματα από τα γεωλογικά δείγματα (*) των Κερατολίθων. α) Al_2O_3 έναντι Na_2O+K_2O β) Al_2O_3 έναντι Zr (Melfos & Stratouli, 2016)

Αντίθετα, ένα σημαντικό αποτέλεσμα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.8, είναι ότι ένα δείγμα κίτρινου χρώματος κερατόλιθου (KEF 15Y) παρήγαγε ελαφρώς θετικές ανωμαλίες. Σε περιοχές με ρηγά νερά, το Ce μπορεί να εμφανιστεί ως αιωρούμενα στερεά σωματίδια και να

συμπεριφέρεται με τον ίδιο τρόπο όπως άλλα REE. Τέτοια περιβάλλοντα εναπόθεσης υπάρχουν κατά μήκος των ηπειρωτικών περιθωρίων και μπορούν να προσδιοριστούν από τα σχετικά επίπεδα Ce ως προς την κανονικοποιημένη αναλογία σχιστόλιθου La/Ce (Len/Cen) (Murray 1994: 223) και την ανωμαλία Ce (Ce/Ce*) (Murray et al. 1990: 270). Με βάση αυτούς τους λόγους (Len/Cen= 0,79 και 0,86, Ce/Ce*= 1,15 και 1,18), μπορεί να προσδιοριστεί ότι ο κίτρινος κερατόλιθος KEF 15Y σχηματίστηκε κατά μήκος ενός ηπειρωτικού περιθωρίου. Κερατόλιθοι που σχηματίζονται σε καθεστώς με υψηλή καθίζηση, όπως π.χ τα ηπειρωτικά περιθώρια, θα έχουν χαμηλό συνολικό REE, επειδή η ταχεία ταφή θα περιορίσει τον χρόνο έκθεσης στο θαλασσινό νερό και θα περιορίσει την ικανότητα του ιζήματος να απορροφά REE. Αποτελέσματα από το γεωλογικό δείγμα κίτρινου κερατόλιθου (KEF 15Y) υποδεικνύουν χαμηλές ολικές συγκεντρώσεις REE (5,51 και 4,48 ppm αντίστοιχα) και επομένως δείχνουν σχηματισμό κατά μήκος ενός ηπειρωτικού περιθωρίου. Η σχετική αύξηση στο συνολικό περιεχόμενο REE (1,95- 108,26 ppm) στα δείγματα κερατόλιθων από την Κεφαλονιά είναι υπεύθυνη για την παράλληλη διάταξη των μοτίβων REE που μπορεί να παρατηρηθεί στην Εικόνα 2.8. Τα παρατηρούμενα γεωχημικά αποτυπώματα, βασισμένα στην αφθονία και την κατανομή των κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων καθώς και των REE, χωρίζονται ξεκάθαρα σε δύο διακριτές ομάδες, υποδηλώνοντας διαφορετικά περιβάλλοντα εναπόθεσης για τους κερατόλιθους της Κεφαλονιάς (Melfos & Stratouli, 2016). Τα γεωλογικά δείγματα, εκτός από το κίτρινο δείγμα (KEF 15Y), έχουν καλά καθορισμένα αποτυπώματα βαθέων υδάτων, μεταξύ του ηπειρωτικού περιθωρίου και του πυθμένα του ωκεανού. Αντίθετα, το γεωχημικό αποτύπωμα του κίτρινου κερατόλιθου αποκαλύπτει μια χημικά διακριτή ομάδα, ενδεικτική του σχηματισμού σε συνθήκες ρηχών νερών κατά μήκος ενός ηπειρωτικού περιθωρίου.

Κεφάλαιο 2.4 Σύγκριση κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων κατά τύπους

Στο κεφάλαιο αυτό, αρχικός σκοπός ήταν η πραγματοποίηση σύγκρισης κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων εδαφολογικών αναλύσεων. Λόγω του ότι, μετά από αναζήτηση στην διεθνή βιβλιογραφία, δεν βρέθηκαν εδαφολογικές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν οι χημικές αναλύσεις των πετρωμάτων του κάθε τύπου. Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με τη σύγκριση των τιμών —των σημαντικότερων ως προς τις διαφορές— κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων από τις νήσους Ικαρίας, Λήμνου και Κεφαλονιάς.

Πίνακας 2. 2 Σύγκριση των μέσων όρων και του εύρους των τιμών του κάθε κύριου στοιχείου και ιχνοστοιχείου ξεχωριστά για τον κάθε τόπο. *Με πορτοκαλί έχουν σημειωθεί οι τιμές που υπερτερούν κάθε φορά έναντι των άλλων δύο.

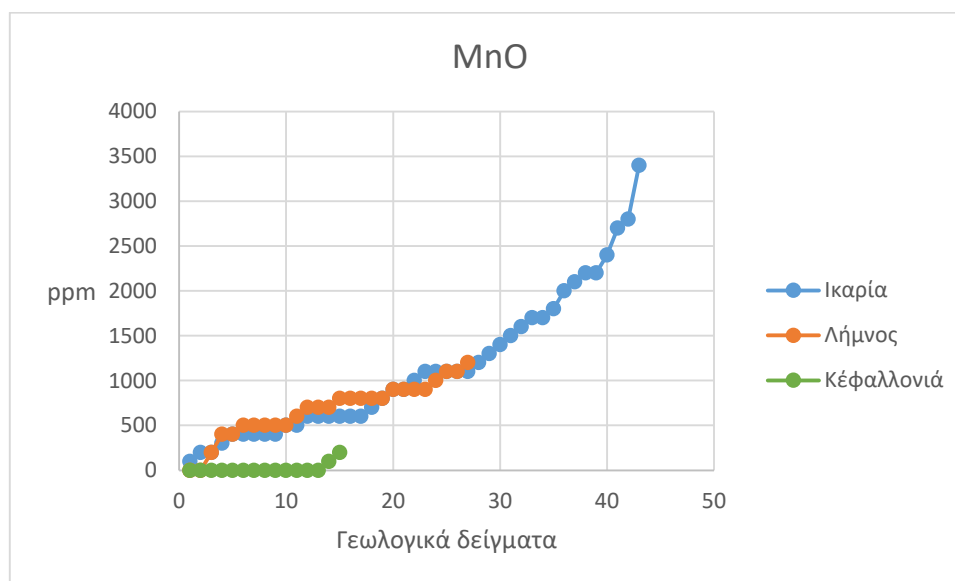
Κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία	Μέσος όρος τιμών γεωλογικών δειγμάτων (ppm)			Εύρος τιμών γεωλογικών δειγμάτων (ppm)		
	Ικαρία	Λήμνος	Κεφαλλονιά	Ικαρία	Λήμνος	Κεφαλλονιά
TiO ₂	11039	7061	118	200-32500	3900-9100	bd-200
Fe ₂ O ₃	83978	50681	1080	32500-164800	3400-62200	500-2200
MnO	19028	674	150	100-350400	0,1-1200	bd-200
CaO	96072	38751	1880	1400-253400	21000-35300	100-2200
Na ₂ O	13468	35003	1180	100-34900	26100-40300	600-2600
K ₂ O	16117	39430	773	100-46800	28400-50900	300-1800
P ₂ O ₅	1132	3803	355	500-2900	2200-6800	200-600
Th	19,38	37,56	0,23	bd-37	20-65	0,11-0,39
Rb	41	135	1,5	26-160	74-198	0,4-3,2
Sr	300	1088	14	18-2878	733-1950	5-80,4
Ba	650	2123	56,5	17-5861	1280-5460	3,1-382
Nb	11,19	15,56	0,19	1-122	10-22	0-1,1
Zr	195	308	3,7	47-578	169-451	0,52-15
SiO ₂	540653	614741	973487	220800-887700	582000-705000	954400-984000

Παρακάτω παρατίθενται διαγράμματα για τη σύγκριση των τιμών του κάθε κύριου στοιχείου και ιχνοστοιχείου των δειγμάτων των πετρωμάτων της Ικαρίας, της Λήμνου και της Κεφαλονιάς. Τις τιμές των γεωλογικών δειγμάτων τις δανειστήκαμε από εργασίες από την διεθνή βιβλιογραφία και γίνεται παρακάτω αντιστοίχιση των ονομασιών αυτών ώστε να είναι πιο ευπαρουσίαστα στα διαγράμματα.

Πίνακας 2. 3 Αντιστοίχιση των ονομασιών των γεωλογικών δειγμάτων από τις περιοχές Ικαρία, Λήμνο και Κεφαλονιά.

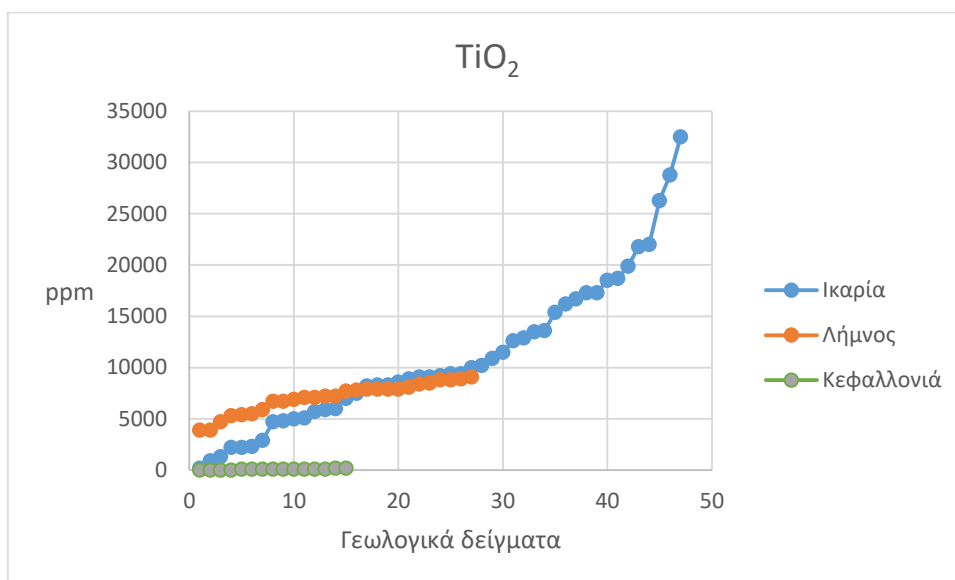
A/A	Όνομα γεωλογικών δειγμάτων Ικαρίας	Όνομα γεωλογικών δειγμάτων Λήμνου	Όνομα γεωλογικών δειγμάτων Κεφαλονιάς	A/A	Όνομα γεωλογικών δειγμάτων Ικαρίας
1	IK111b	LM50	KEF2	28	IK228a
2	IK124	LM45	KEF3	29	IK229
3	IK115d	LM48	KEF4	30	IK231c
4	IK130	LM72	KEF5	31	IK256b
5	IK40b	LM89	KEF6	32	IK165
6	IK74a	LM35	KEF15	33	IK193a
7	IK76a	LM40	KEF15B	34	IK193b

8	IK102c	LM43	KEF15G	35	IK204b
9	IK148	LM31	KEF15R	36	IKPI
10	IK180c	LM32	KEF15Y	37	IK305F
11	IK188a	LM24	KEF15BR	38	IK305G
12	IK211b	LM30	KEF18Y	39	IK305J
13	IK239a	LM28	KEF18R	40	IK331a
14	IK69b	LM21	KEF18B	41	IK360
15	IK107	LM25	KEF18BR	42	IK232a
16	IK115a	LM80		43	IK128d2
17	IK203a	LM66		44	IK112a1
18	IK4b	LM18		45	IK112a2
19	IK32b	LM13		46	IK93b
20	IK32d	LM15		47	IK227c
21	IK72	LM07			
22	IK77b	LM14			
23	IK102a	LM84			
24	IK116a	LM58			
25	IK116b	LM54			
26	IK202a	LM61			
27	IK202c	LM77			

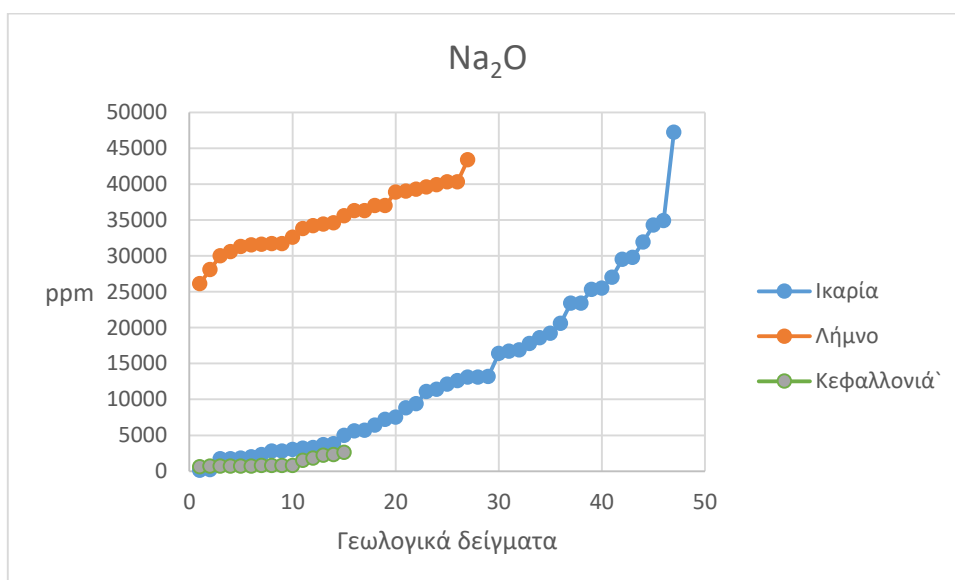


Διάγραμμα 2. 6 Σύγκριση των τιμών MnO των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς. (Έγινε αφαίρεση 4 τιμών από την Ικαρία γιατί ήταν πάρα πολύ υψηλές (IK112a1=64200 ppm, IK112a2=112000 ppm, IK93b=318500 ppm και IK227c=350400 ppm)) Ο άξονας X περιέχει τα

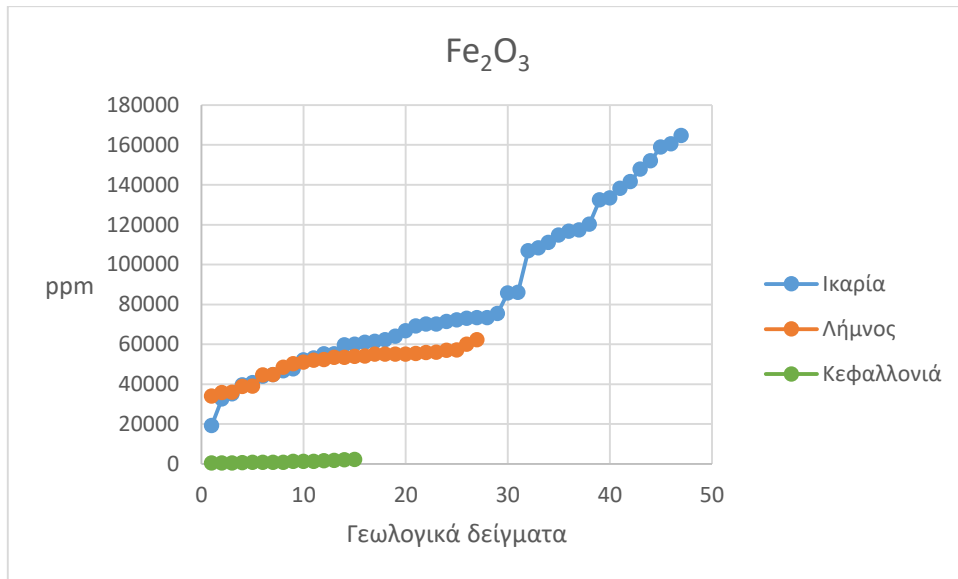
δείγματα των πετρωμάτων κατά αρίθμηση ενώ ο άξονας Ψ περιέχει τις τιμές των συγκεντρώσεων σε ppm.



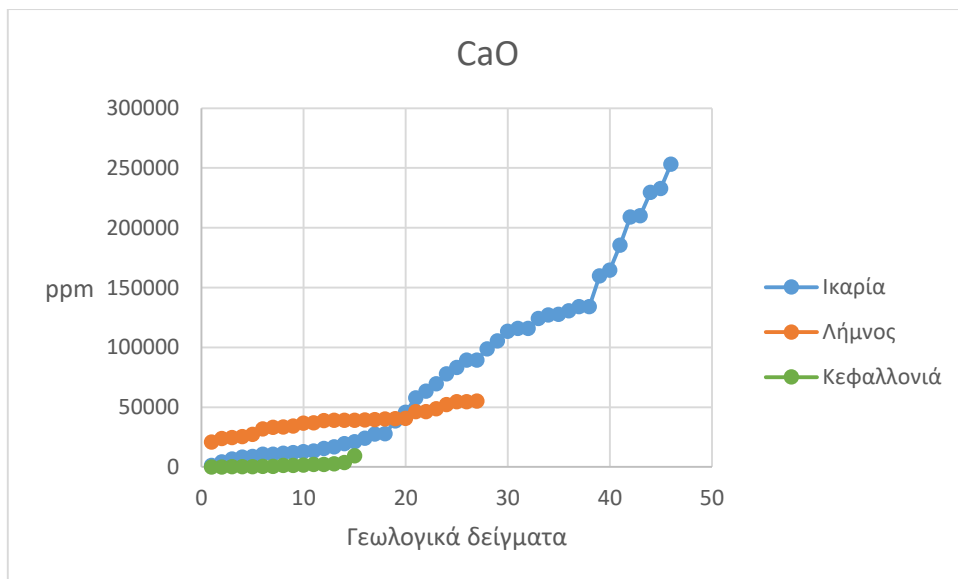
Διάγραμμα 2. 7 Σύγκριση τιμών του χημικού στοιχείου TiO_2 των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς. Ο άξονας Χ περιέχει τα δείγματα των πετρωμάτων κατά αρίθμηση ενώ ο άξονας Ψ περιέχει τις τιμές των συγκεντρώσεων σε ppm.



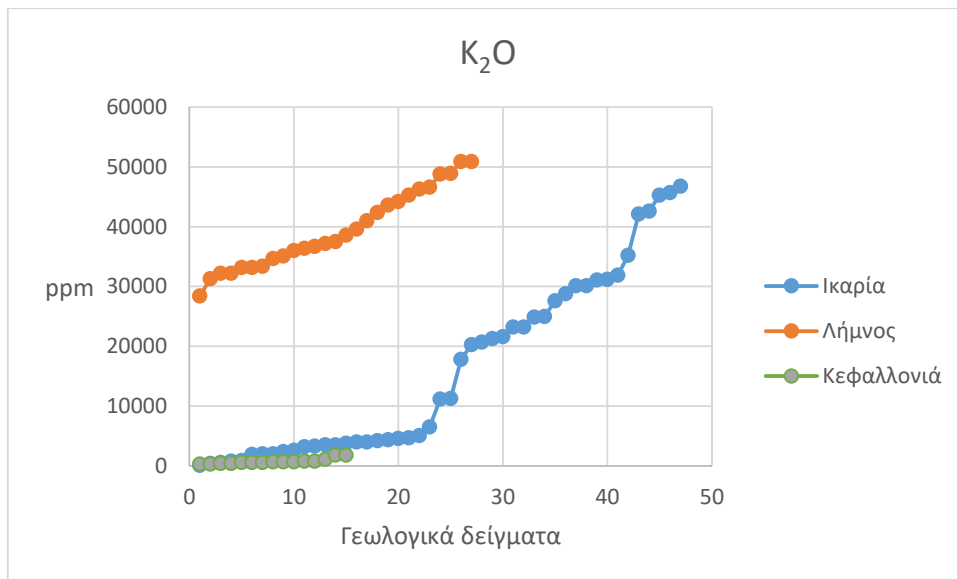
Διάγραμμα 2. 8 Σύγκριση των τιμών του στοιχείου Na_2O των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς. Ο άξονας Χ περιέχει τα δείγματα των πετρωμάτων κατά αρίθμηση ενώ ο άξονας Ψ περιέχει τις τιμές των συγκεντρώσεων σε ppm.



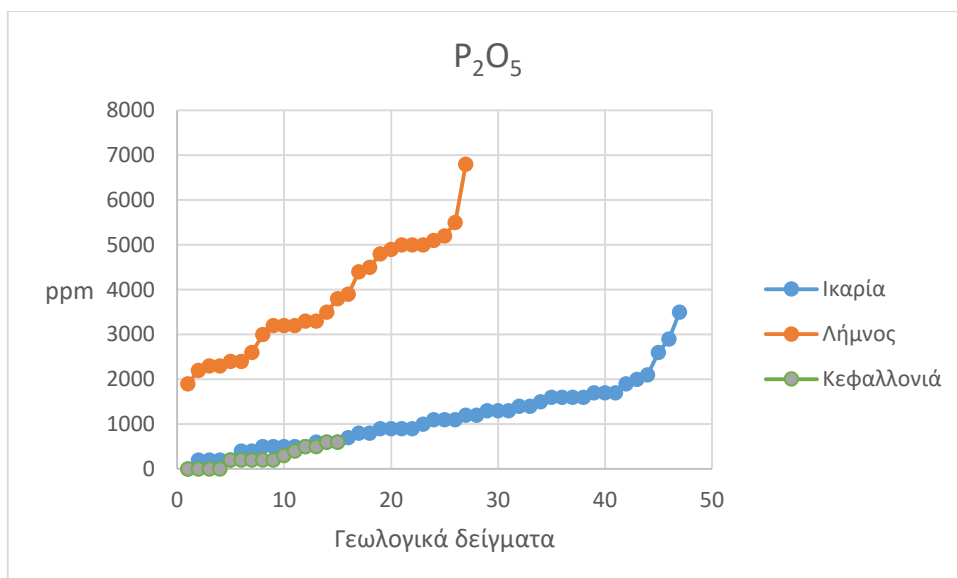
Διάγραμμα 2. 9 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου Fe_2O_3 των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς. Ο άξονας X περιέχει τα δείγματα των πετρωμάτων κατά αρίθμηση ενώ ο άξονας Y περιέχει τις τιμές των συγκεντρώσεων σε ppm.



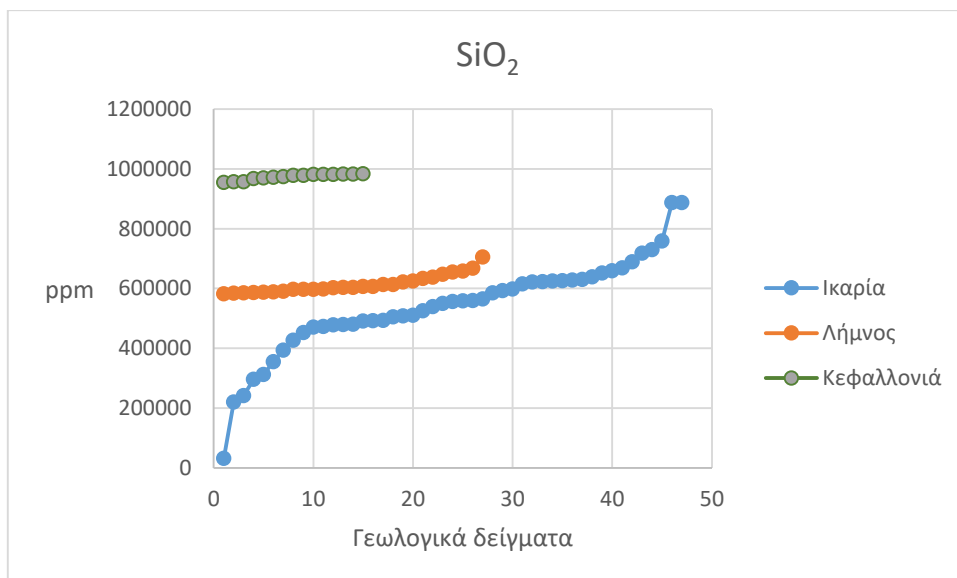
Διάγραμμα 2. 10 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου CaO των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς (έγινε αφαίρεση μίας τιμής από την Ικαρία διότι ήταν πολύ μεγάλη). Ο άξονας X περιέχει τα δείγματα των πετρωμάτων κατά αρίθμηση ενώ ο άξονας Y περιέχει τις τιμές των συγκεντρώσεων σε ppm.



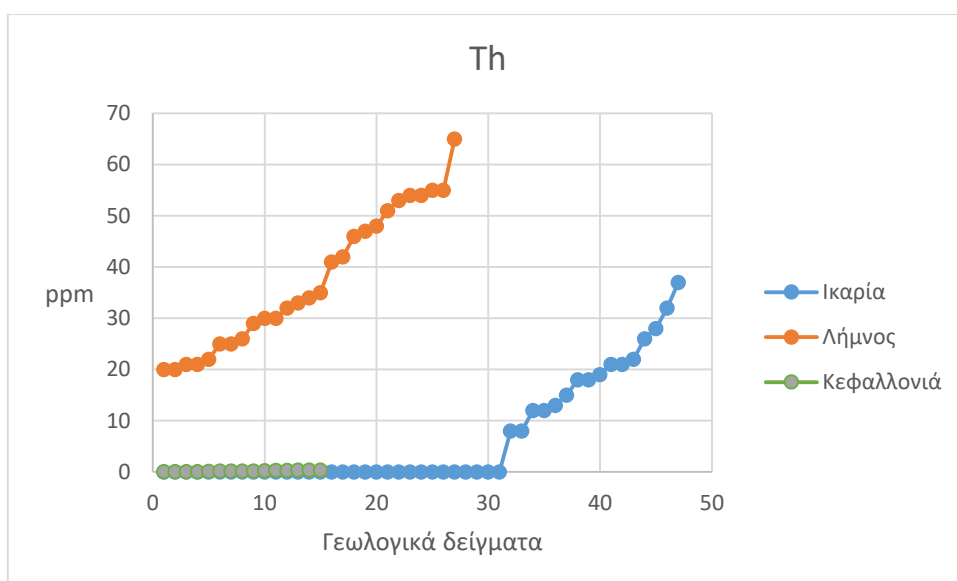
Διάγραμμα 2. 11 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου K_2O των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς. Ο άξονας X περιέχει τα δείγματα των πετρωμάτων κατά αρίθμηση ενώ ο άξονας Y περιέχει τις τιμές των συγκεντρώσεων σε ppm.



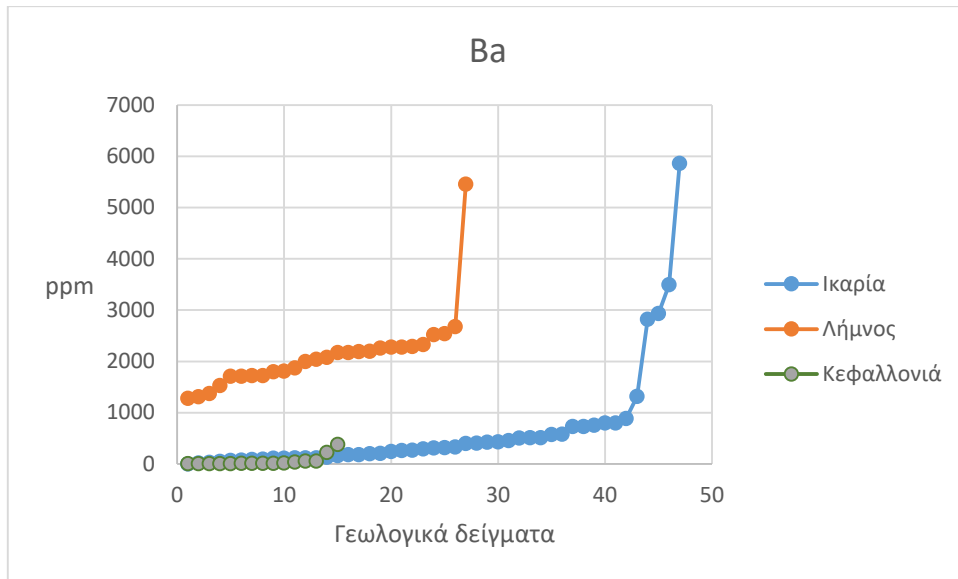
Διάγραμμα 2. 12 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου P_2O_5 των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς. Ο άξονας X περιέχει τα δείγματα των πετρωμάτων κατά αρίθμηση ενώ ο άξονας Y περιέχει τις τιμές των συγκεντρώσεων σε ppm.



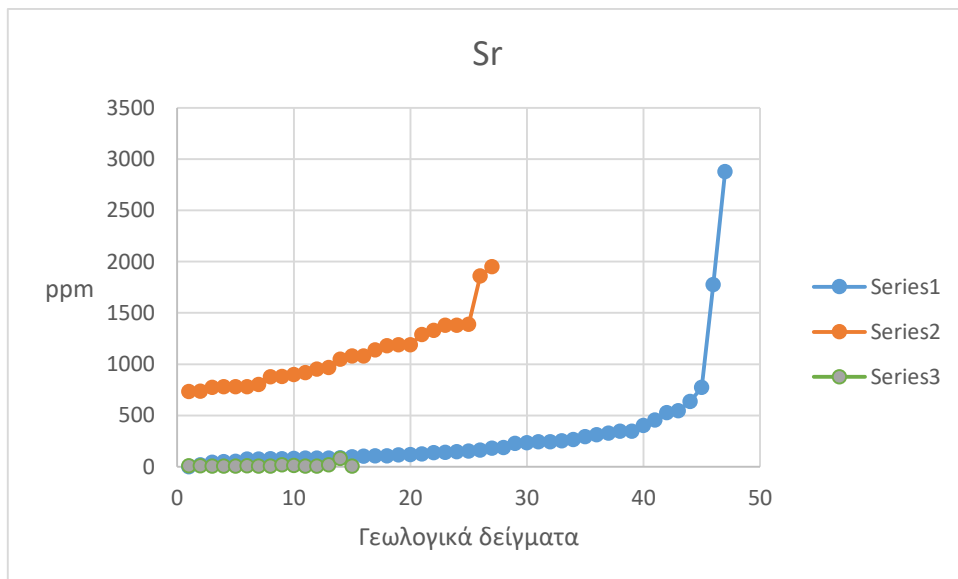
Διάγραμμα 2. 13 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου SiO_2 των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς. Ο άξονας X περιέχει τα δείγματα των πετρωμάτων κατά αρίθμηση ενώ ο άξονας Ψ περιέχει τις τιμές των συγκεντρώσεων σε ppm.



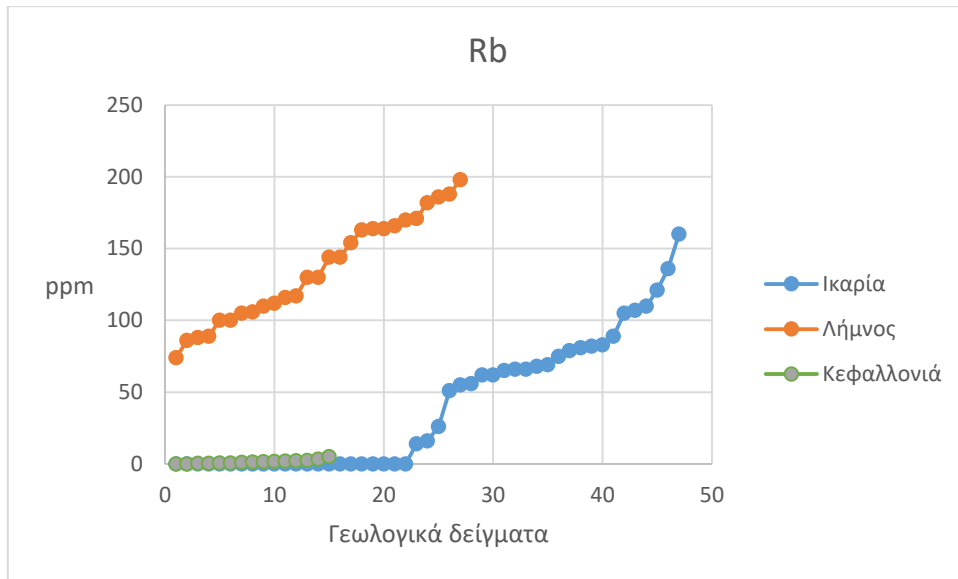
Διάγραμμα 2. 14 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου Th των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς. Ο άξονας X περιέχει τα δείγματα των πετρωμάτων κατά αρίθμηση ενώ ο άξονας Ψ περιέχει τις τιμές των συγκεντρώσεων σε ppm.



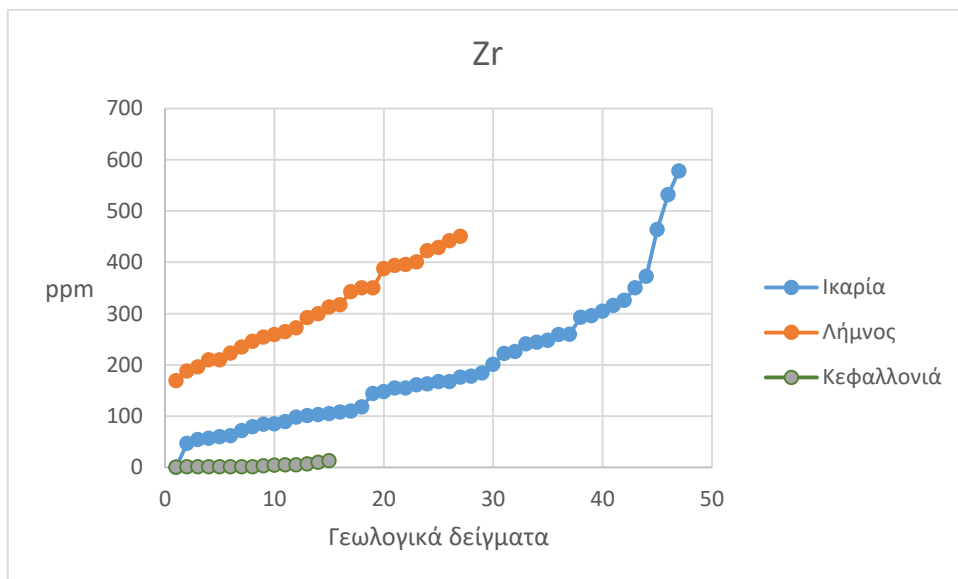
Διάγραμμα 2. 15 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου Ba των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς. Ο άξονας X περιέχει τα δείγματα των πετρωμάτων κατά αρίθμηση ενώ ο άξονας Y περιέχει τις τιμές των συγκεντρώσεων σε ppm.



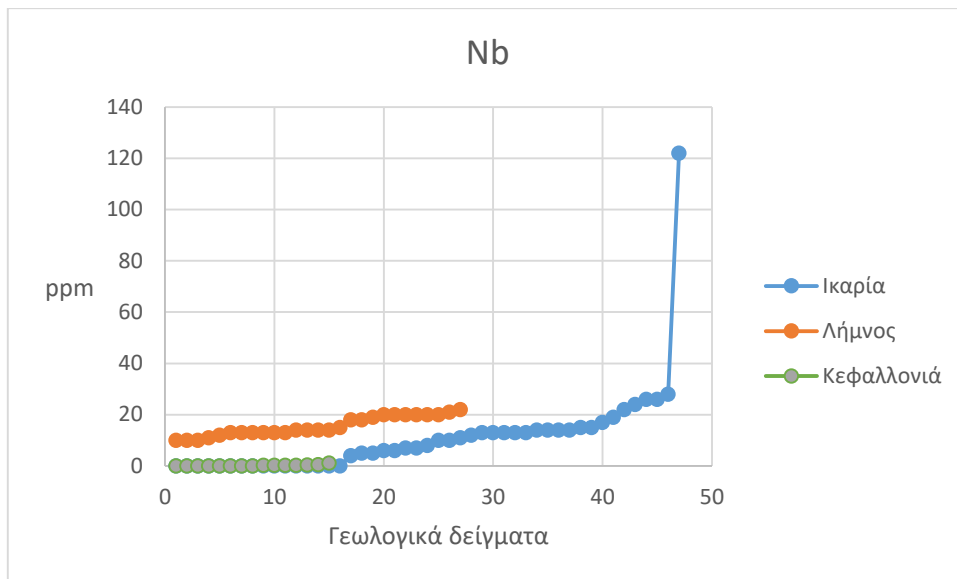
Διάγραμμα 2. 16 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου Sr των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς. Ο άξονας X περιέχει τα δείγματα των πετρωμάτων κατά αρίθμηση ενώ ο άξονας Y περιέχει τις τιμές των συγκεντρώσεων σε ppm.



Διάγραμμα 2. 17 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου Rb απο τα γεωλογικά δείγματα της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς. Ο άξονας X περιέχει τα δείγματα των πετρωμάτων κατά αρίθμηση ενώ ο άξονας Ψ περιέχει τις τιμές των συγκεντρώσεων σε ppm.



Διάγραμμα 2. 18 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου Zr των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς. Ο άξονας X περιέχει τα δείγματα των πετρωμάτων κατά αρίθμηση ενώ ο άξονας Ψ περιέχει τις τιμές των συγκεντρώσεων σε ppm.



Διάγραμμα 2. 19 Σύγκριση των τιμών του χημικού στοιχείου Nb των γεωλογικών δειγμάτων της Ικαρίας-Λήμνου-Κεφαλονιάς. Ο άξονας X περιέχει τα δείγματα των πετρωμάτων κατά αρίθμηση ενώ ο άξονας Y περιέχει τις τιμές των συγκεντρώσεων σε ppm.

Σύμφωνα με τις χημικές αναλύσεις πετρωμάτων, (παρατίθενται στο κεφάλαιο 5) παρά τον άνισο αριθμό δειγμάτων από τον κάθε τόπο, παρατηρείται ότι κάποια κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία των πετρωμάτων από τις περιοχές προς μελέτη παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές κατά τη μεταξύ τους σύγκριση. Στην Ικαρία έναντι των άλλων δύο νησιών υπερτερούν τα στοιχεία TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO και CaO . Στη Λήμνο υπερτερούν τα στοιχεία Na_2O , K_2O , P_2O_5 , Rb , Sr , Ba , Zr και Th . Στην Κεφαλονιά έχουμε ένα στοιχείο, το οποίο υπερτερεί σε σύγκριση με τα άλλα δύο νησιά, και είναι το SiO_2 · υπερτερεί μάλιστα με μεγάλη διαφορά αφού ο μέσος όρος τιμών του φτάνει το 97 wt %.

2.5 Σχηματισμός εδάφους

Ο σχηματισμός του εδάφους προωθείται από το κλίμα και τους ζωντανούς οργανισμούς με τη δράση τους στα μητρικά υλικά στη διάρκεια του χρόνου και κάτω από τις μεταβολές που προκαλούνται από την επίδραση του αναγλύφου. Αυτοί οι πέντε βασικοί παράγοντες της εδαφογένεσης καθορίζουν τον τύπο του εδάφους που θα αναπτυχθεί σε μια δεδομένη τοποθεσία. Όταν όλοι αυτοί οι παράγοντες είναι οι ίδιοι σε δύο θέσεις, τότε ο τύπος του εδάφους που θα σχηματιστεί σε αυτές τις θέσεις θα πρέπει να είναι ο ίδιος (Brady & Weil, 2008).

1. Το μητρικό υλικό (γεωλογικός ή οργανικός πρόδρομος του εδάφους)

Η φύση του μητρικού υλικού επηρεάζει καθοριστικά τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Η μηχανική σύσταση του εδάφους βοηθά στη ρύθμιση της διηθητικότητας στην εδαφική κατανομή, επηρεάζοντας με αυτόν τον τρόπο τη μετακίνηση του λεπτού κλάσματος του

εδάφους και των θρεπτικών συστατικών. Η χημική και ορυκτολογική σύσταση του μητρικού υλικού επηρεάζει επίσης τόσο τη χημική αποσάθρωση όσο και τη φυσική βλάστηση.

Το μητρικό υλικό μπορεί να περιέχει διάφορες ποσότητες και τύπους ορυκτών και αργίλου, πιθανόν από προηγούμενο κύκλο αποσάθρωσης. Η σύσταση του μητρικού υλικού επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το είδος των αργιλικών ορυκτών που θα σχηματισθούν κατά την διάρκεια της εδαφογένεσης. Την ίδια στιγμή, η φύση των ορυκτών της αργίλου επηρεάζει αισθητά το είδος του εδάφους που αναπτύσσεται.

Τα μητρικά υλικά διακρίνονται σε αυτόχθονα μητρικά υλικά, σε κολλουβιακές αποθέσεις ή Κολλούβια, σε ποτάμιες αλλουβιακές αποθέσεις, σε ιζήματα ακτών, σε μητρικά υλικά που μεταφέρθηκαν από παγετώνες και από ύδατα κατά την τήξη παγετώνων, σε μητρικά υλικά μεταφερθέντα από τον άνεμο και σε οργανικές αποθέσεις.

2. Το κλίμα (κυρίως τα κατακρημνίσματα και η θερμοκρασία)

Το κλίμα έχει ίσως την ισχυρότερη επίδραση από τους τέσσερις παράγοντες που επενεργούν στο μητρικό υλικό, γιατί καθορίζει τη φύση και την ένταση της αποσάθρωσης που συμβαίνει πάνω σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές. Οι κύριοι κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εδαφογένεση είναι η αποτελεσματικότητα των κατακρημνισμάτων και η θερμοκρασία, καθώς και οι δύο επηρεάζουν τους ρυθμούς των χημικών, φυσικών και βιολογικών διεργασιών.

3. Τα έμβια όντα (οι ζωντανοί οργανισμοί —ιδιαίτερα η φυσική βλάστηση, οι μικροοργανισμοί, τα μικρά ζώα που ζουν στο έδαφος και, σε διαρκής αυξανόμενη συμμετοχή, ο άνθρωπος)

Η συσσώρευση της οργανικής ύλης, η βιοχημική αποσάθρωση, η ανάμειξη του προφίλ, η ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων και η σταθερότητα των συσσωματωμάτων· όλα ενισχύονται από τις δραστηριότητες των οργανισμών στο έδαφος. Η φυτοκάλυψη μειώνει με φυσικό τρόπο τους ρυθμούς διάβρωσης του εδάφους, με αποτέλεσμα να επιβραδύνεται ο ρυθμός απώλειας του επιφανειακού ανόργανου εδάφους.

4. Το ανάγλυφο (κλίση, έκθεση και θέση στο τοπίο)

Το ανάγλυφο αφορά τη μορφή της επιφάνειας της γης και περιγράφεται από τις διαφορές στο υψόμετρο, την κλίση και την έκθεση. Με άλλα λόγια, είναι η θέση που καταλαμβάνει το έδαφος πάνω στην επιφάνεια της γης. Η τοπογραφική θέση μπορεί είτε να επιταχύνει είτε να καθυστερήσει το έργο των κλιματικών παραγόντων.

5. Ο χρόνος (η περίοδος του χρόνου σταδιακής μετατροπής των μητρικών υλικών σε έδαφος)

Για να εμφανιστούν τα αποτελέσματα των διεργασιών εδαφογένεσης απαιτείται χρόνος. Το ρολόι της εδαφογένεσης αρχίζει να χτυπά, όταν μια κατολίσθηση εκθέτει σε συνθήκες αποσάθρωσης στην επιφάνεια ένα νέο πέτρωμα, όταν ένας ποταμός κατά τη διάρκεια μιας πλημμύρας αποθέτει ένα νέο στρώμα ιζήματος στο πεδίο πλημμυρών του, όταν ένας παγετώνας λιώνει και ελευθερώνει το φορτίο του από υπολείμματα ορυκτών ή όταν μία μπουλντόζα αποκόπτει και καλύπτει ένα τοπίο για την οριζοντίωση μιας κατασκευής ή την αποκατάσταση ενός ορυχείου.

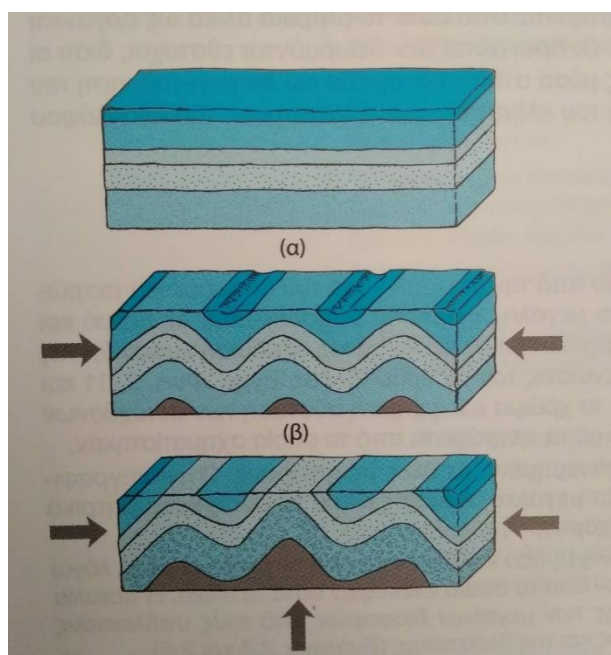
Η συσσώρευση του ρεγόλιθου από την αποσάθρωση του μητρικού υλικού ή την εναπόθεση (από τον αέρα, το νερό, τον πάγο κτλ.) των χαλαρών γεωλογικών υλικών μπορεί να προηγείται ή, συχνότερα, να εμφανίζεται ταυτόχρονα με την ανάπτυξη των διακριτών οριζόντων μιας εδαφικής κατανομής (Brady & Weil, 2008). Κατά τη διάρκεια του σχηματισμού (γένεση) ενός εδάφους από το μητρικό υλικό, παρατηρούνται πολλές και εμφανείς αλλαγές στον ρεγόλιθο. Αυτές οι αλλαγές επέρχονται από μεταβολές στις τέσσερις βασικές εδαφογενετικές διεργασίες, οι οποίες είναι:

α) Μετασχηματισμοί

Μετασχηματισμοί συμβαίνουν όταν εδαφικά συστατικά τροποποιούνται ή καταστρέφονται, χημικά ή φυσικά, ενώ άλλα συντίθενται από τα πρόδρομα υλικά. Πολλοί μετασχηματισμοί περιλαμβάνουν αποσάθρωση των πρωτογενών ορυκτών, αποσύνθεση και αλλαγή μερικών, ώστε να σχηματίσουν διάφορους τύπους αργίλου.

β) Μετακινήσεις

Οι μετακινήσεις αφορούν στην κίνηση ανόργανων και οργανικών υλικών πλευρικά μέσα σε ένα ορίζοντα ή κατακόρυφα από τον έναν ορίζοντα στον άλλο, με φορά είτε προς τα επάνω είτε προς τα κάτω. Τα υλικά που μετακινούνται εντός του εδαφικού προφίλ περιλαμβάνουν λεπτά τεμαχίδια αργίλου σε διασπορά, διαλυτά άλατα και διαλυτή οργανική ύλη.



Εικόνα 2. 8α) Πλευρική μετακίνηση ανόργανων και οργανικών υλικών εντός του εδαφικού προφίλ. β) Κατακόρυφη και πλευρική μετακίνηση οργανικών και ανόργανων υλικών εντός του εδαφικού προφίλ. (Brady & Weil, 2008)

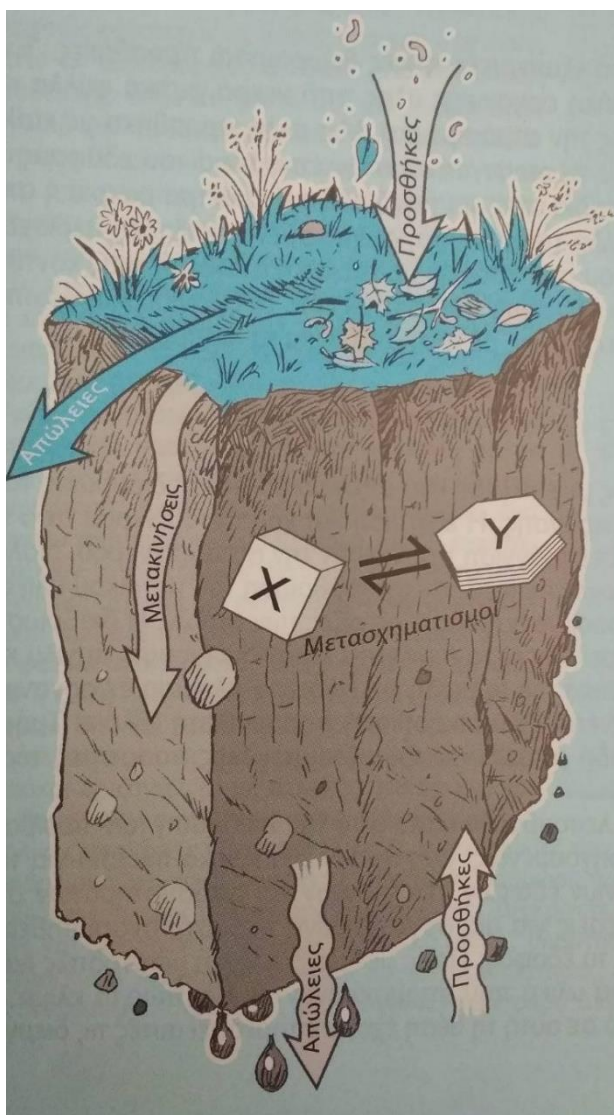
γ) Προσθήκες

Οι εισροές υλικών στο εδαφικό προφίλ από εξωτερικές πηγές θεωρούνται προσθήκες. Μερικά παραδείγματα για τις προσθήκες είναι η οργανική ύλη από τα νεκρά φυτικά φύλλα και

τις ρίζες, τα σωματίδια σκόνης που πέφτουν πάνω στο έδαφος, η προσθήκη αλάτων ή πυριτίου διαλυμένου στα υπόγεια ύδατα και η απόθεσή τους στο έδαφος κατά την ανύψωση και εξάτμιση του νερού, τα ανθρωπογενή λιπάσματα, οι κοπριές των ζώων.

δ) Απώλειες

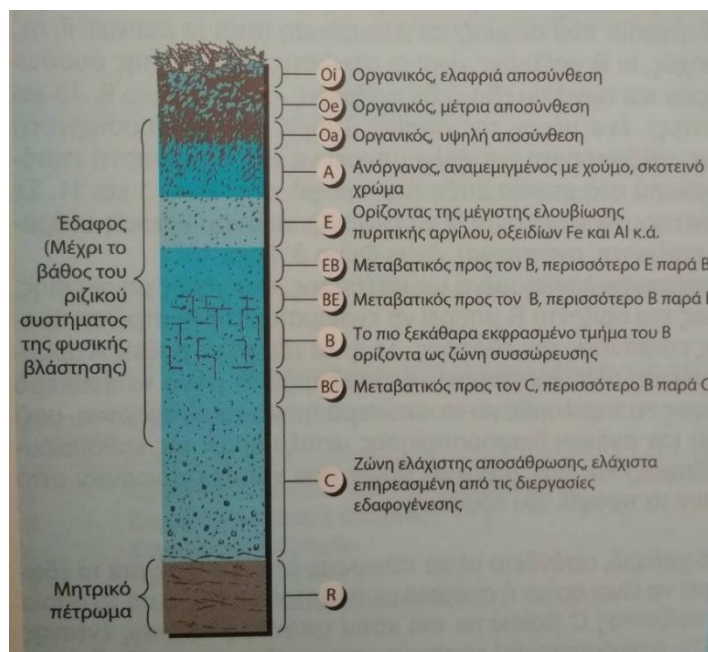
Υλικά χάνονται από το προφίλ του εδάφους με έκπλυση στα υπόγεια ύδατα, την διάβρωση των επιφανειακών υλικών ή άλλες μορφές απομάκρυνσης. Η εξάτμιση, η έκπλυση και η στράγγιση, η διάβρωση, η μικροβιακή αποσύνθεση ακόμα και η βόσκηση των ζώων ή η συγκομιδή από τον άνθρωπο· συμβάλλουν όλα μαζί στις απώλειες του εδάφους.



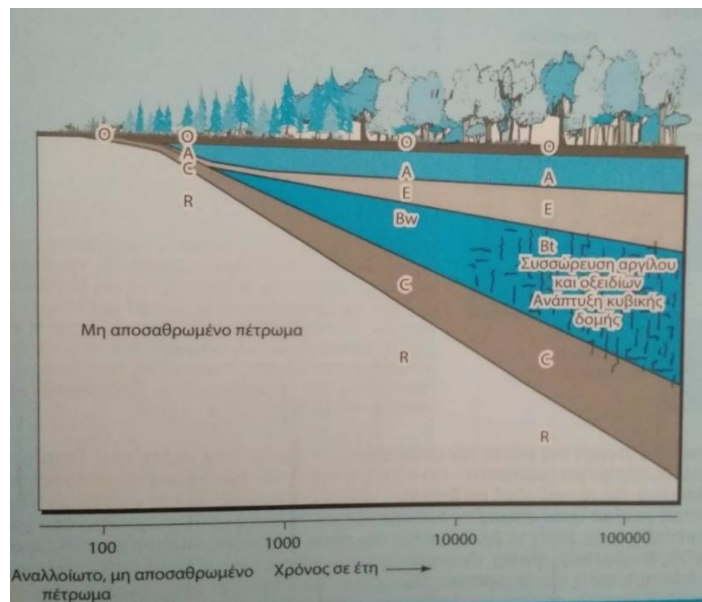
Εικόνα 2. 9 Μεταβολές που επέρχονται από τις τέσσερις βασικές εδαφογενετικές διεργασίες κατά την διάρκεια σχηματισμού ενός εδάφους από το μητρικό υλικό. (Brady & Weil, 2008)

Σε κάθε θέση του τοπίου, η επιφάνεια της Γης έχει υποστεί έναν συγκεκριμένο συνδυασμό επιδράσεων των πέντε παραγόντων εδαφογένεσης. Έτσι, σε κάθε μέρος του τοπίου σχηματίζεται ένα διαφορετικό κάθε φορά σύνολο στρώσεων (οριζόντων), οδηγώντας, με αυτόν τον τρόπο, σιγά σιγά, στη γένεση των εδαφών ως φυσικών σωμάτων. Κάθε έδαφος χαρακτηρίζεται από μία δεδομένη ακολουθία αυτών των οριζόντων. Η κατακόρυφη έκθεση

αυτής της αλληλουχίας των οριζόντων είναι γνωστή με τον όρο «εδαφική κατανομή» ή «προφίλ του εδάφους» (Brady & Weil, 2008).



Εικόνα 2. 10 Κατανομή εδαφικής στήλης. (Brady & Weil, 2008)



Εικόνα 2. 11 Σταδιακή αποσάθρωση πετρώματος και δημιουργίας οριζόντων σε σχέση με τον χρόνο. (Brady & Weil, 2008)

2.6 Εδαφολογικοί χάρτες

Παρακάτω παρουσιάζονται οι εδαφολογικοί χάρτες των νήσων Λήμνου και Κεφαλληνίας σύμφωνα με τον εδαφολογικό χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:30.000 (Μισοπολινός, Development of an integrated system for soil geographic data and delineation of agricultural zones in Greece, 2015). Δυστυχώς, για τη νήσο Ικαρία δεν έχει γίνει εδαφολογική ταξινόμηση με το συγκεκριμένο σύστημα.

Η ταξινόμηση των εδαφών έγινε βάσει του συστήματος ταξινόμησης του οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) –UNESCO Soil Map of the World. Πρόκειται για ένα φυσικό σύστημα ταξινόμησης που βασίζεται σε μετρούμενα μορφολογικά χαρακτηριστικά (τα οποία είτε επηρεάζουν την εδαφογένεση είτε προκύπτουν από αυτή) που καθορίζονται με ακρίβεια στους εδαφικούς ορίζοντες.

Οι εδαφικές μονάδες (soilunits) που προκύπτουν για τα δύο νησιά είναι οι εξής: Calsisols, Cambisols, Fluvisols, Gleysols, Leptosols και Luvisols.

Calsisols (CL): *Συσώρευση ανθρακικού ασβεστίου. Εδάφη που έχουν ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά από τα εξής: καλσικό ορίζοντα, πετροκαλσικό ορίζοντα ή συγκεντρώσεις λεπτά διαμελισμένου ανθρακικού ασβεστίου εντός 125 εκ. από την επιφάνεια. Δεν παρουσιάζουν διαγνωστικούς ορίζοντες εκτός από ωχρικό A ορίζοντα, ή καμβικό B ορίζοντα που είναι ασβεστούχος. Δεν παρουσιάζονται gleyic ιδιότητες εντός 100 εκ. από την επιφάνεια (Μισοπολινός, Γεωπληροφοριακό σύστημα εδαφολογικών δεδομένων, 2015).*

Cambisols (CM): *Εδάφη με μικρή ή μέτρια ανάπτυξη εδαφογενετικών οριζόντων. Στην τάξη αυτή ανήκουν εδάφη μέτρια εξελιγμένα, τα οποία έχουν σχηματίσει εδαφογενετικούς ορίζοντες. Οι ορίζοντες αυτοί έχουν χάσει ένα ποσοστό βάσεων Fe και Al και ένα μέρος από τα εύκολα αποσπασμένα ορυκτά. Δεν έχουν ιλλουβιακούς ορίζοντες (στρώσεις δηλαδή με συσώρευση ορισμένων συστατικών) και εμφανίζονται κυρίως σε περιοχές με γεωλογικές αποθέσεις νεώτερες της πλειστοκαίνου περιόδου. Ο διαγνωστικός ορίζοντας που χαρακτηρίζει τα Cambisols είναι καμβικός, συνήθως σε συνδυασμό με έναν υποκείμενο ωχρικό ορίζοντα. Έχουν κοκκομετρική σύσταση λεπτότερη της πηλοαμμώδους (LS), με μέτρια ή υψηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων. Πρόκειται για εδάφη που αναπτύσσονται συνήθως είτε σε αυθόχθονα μητρικά υλικά είτε σε αλλουβιακές αποθέσεις και χαρακτηρίζονται από ικανοποιητική γονιμότητα (Μισοπολινός, Γεωπληροφοριακό σύστημα εδαφολογικών δεδομένων, 2015).*

Fluvisols (FL): *Πρόσφατα αλλουβιακά εδάφη με μικρή ή καμία εδαφογενετική εξέλιξη. Τα Fluvisols είναι εδάφη που μπορούν να υπάρχουν σε οποιοδήποτε κλίμα και κάτω από οποιαδήποτε βλάστηση. Στην τάξη αυτή ανήκουν εδάφη τα οποία δεν έχουν αναπτύξει γενετικούς ορίζοντες, εκτός από ωχρικό επίπεδο, γεγονός που δηλώνει ότι δεν έχουν συντελεστεί κύριες εδαφογενετικές διαδικασίες. Η απουσία εδαφογενετικών οριζόντων οφείλεται κυρίως:*

- Στο ότι το μητρικό υλικό είναι αδρανές, όπως η χαλαζιακή άμμος στην οποία δεν μπορούν εύκολα να σχηματισθούν ορίζοντες.

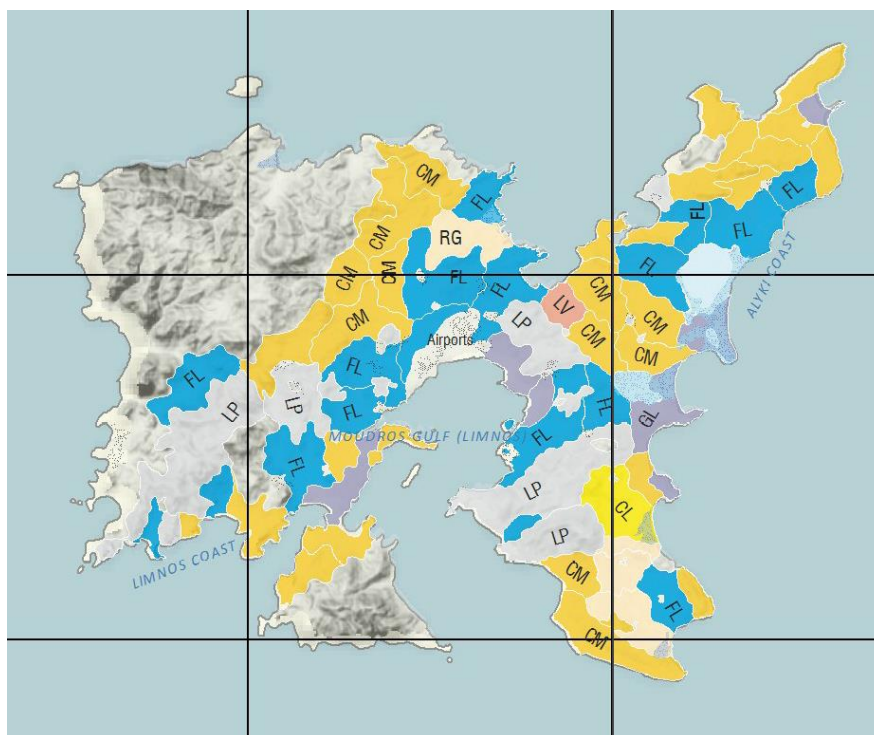
- Στην έλλειψη ικανού χρόνου για τον σχηματισμό οριζόντων, όπως συμβαίνει στις πρόσφατες αλλουβιακές αποθέσεις ή στην ύπαρξη κλίσεων όπου οι ρυθμοί διάβρωσης είναι μεγαλύτεροι αυτών του εδαφοσχηματισμού ή στην πρόσφατη ανάμιξη των οριζόντων από ζώα ή όργωμα μέχρι βάθους 1-2 μέτρα.

Αρκετά από τα εδάφη της κατηγορίας αυτής χαρακτηρίζονται από κακή αποστράγγιση και συχνά εμφανίζονται σ' αυτά εξανθήσεις (*mottles*) Fe και Mn (Μισοπολινός, Γεωπληροφοριακό σύστημα εδαφολογικών δεδομένων, 2015).

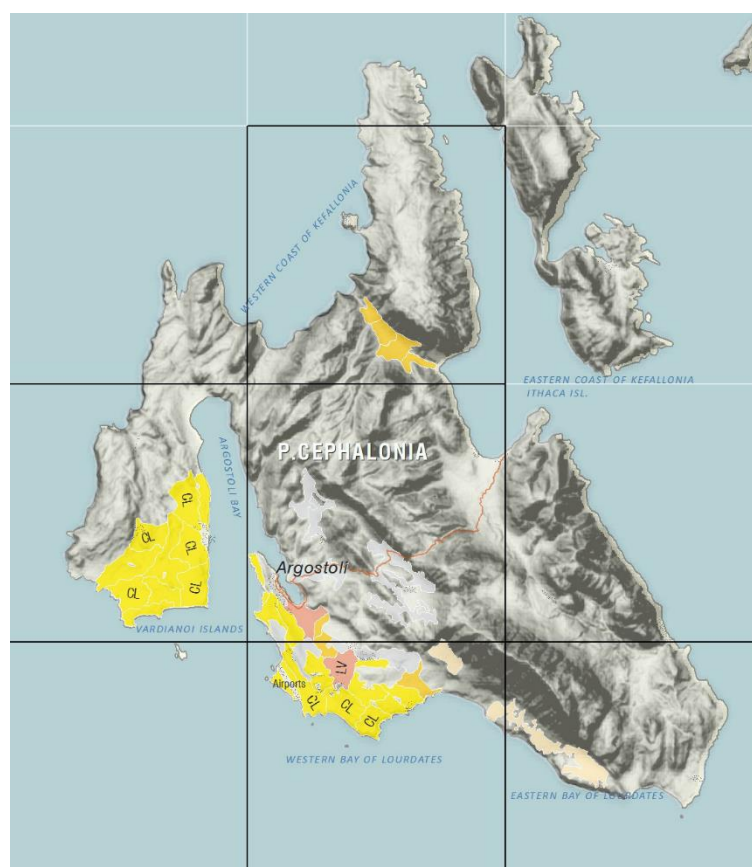
Gleysols (GL): Εδάφη κορεσμένα με νερό αλλά όχι αλατούχα συνήθως σε πρόσφατες αλλουβιακές αποθέσεις. Εδάφη που σχηματίστηκαν από ψαθυρά υλικά αλλουβιακών αποθέσεων ή θαλάσσιων και λημναίων ιζημάτων και δέχονται νέα υλικά ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Είναι κορεσμένα με νερό σε κάποια περίοδο του έτους ή όλο τον χρόνο εντός 50εκ. από την επιφάνεια του εδάφους. Δεν έχουν διαγνωστικούς ορίζοντες εκτός από τους: A ορίζοντα, ιστικό H ορίζοντα, καμβικό B ορίζοντα, καλσικό ή γυψικό ορίζοντα ή θειικό ορίζοντα (Μισοπολινός, Γεωπληροφοριακό σύστημα εδαφολογικών δεδομένων, 2015).

Leptosols (LP): Εδάφη ρηχά με ασθενή εδαφογενετική εξέλιξη. Εδάφη που έχουν περιορισμένο βάθος είτε λόγω της παρουσίας συνεχούς συμπαγούς πετρώματος, είτε λόγω υψηλού ασβεστούχου υλικού (ισοδύναμο ανθρακικό ασβέστιο μεγαλύτερο του 40%), είτε λόγω συνεχούς σιμεντοποιημένου επιπέδου εντός 30εκ (Μισοπολινός, Γεωπληροφοριακό σύστημα εδαφολογικών δεδομένων, 2015).

Luvisols (LV): Εδάφη με ισχυρή συσσώρευση αργίλου στον B-ορίζοντα χωρίς σκούρο χρώμα (αργιλικός ορίζοντας). Τα εδάφη αυτά παρουσιάζουν ενδείξεις μετακίνησης αργιλο-πυριτικών ορυκτών χωρίς υπερβολική έκπλυση βάσεων. Στην τάξη αυτή τείνουν να εξελιχθούν τα περισσότερα ελληνικά εδάφη. Όσον αφορά στα εδαφογενετικά χαρακτηριστικά έχουν ωχρο ή ουμβρικό επίπεδο και αργιλικό ορίζοντα (ορίζοντα συσσώρευσης αργίλου) (Μισοπολινός, Γεωπληροφοριακό σύστημα εδαφολογικών δεδομένων, 2015).



Εικόνα 2. 12 Γεωπληροφοριακός χάρτης Λήμνου (Μισοπολινός, Γεωπληροφοριακό σύστημα εδαφολογικών δεδομένων, 2015)



Εικόνα 2. 13 Γεωπληροφοριακός χάρτης Κεφαλονιάς (Μισοπολινός, Γεωπληροφοριακό σύστημα εδαφολογικών δεδομένων, 2015)

Κεφάλαιο 3: Έδαφος και κρασί

3.1 Κύρια στοιχεία και Ιχνοστοιχεία

Το έδαφος επιτελεί σημαίνοντα ρόλο στην ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών τροφοδοτώντας τα με νερό και θρεπτικά στοιχεία. Αποτελείται περίπου από 82% οξυγόνο, πυρίτιο και αργίλιο. Το πυρίτιο και το αργίλιο δεν θεωρούνται απαραίτητα για τη θρέψη του φυτού ενώ το οξυγόνο το προσλαμβάνει κατά κύριο λόγο από τον αέρα και το νερό. Το 5% καταλαμβάνει ο σίδηρος, όπου το φυτό χρησιμοποιεί μικροποσότητες του, ενώ το υπόλοιπο 13% περιλαμβάνει τα βασικά στοιχεία για τη θρέψη του.

Τα στοιχεία του εδάφους, που χρησιμεύουν για τη θρέψη του φυτού και που βρίσκονται στους φυτικούς ιστούς, χωρίζονται σε μακροστοιχεία (C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg) —τα οποία υπάρχουν σε μεγάλες ποσότητες και μπορούν να χαρακτηριστούν ως θρεπτικά— και σε ιχνοστοιχεία (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B, Cl) —τα οποία υπάρχουν σε μικρές ποσότητες, χωρίς, ταυτόχρονα, αυτό να σημαίνει ότι έχουν μικρότερη βαρύτητα για τη λειτουργία και τη θρέψη του φυτού. Τα ιχνοστοιχεία αυτά μπορούμε να τα χαρακτηρίσουμε ρυθμιστικά με την έννοια της ρύθμισης της βιολογικής δραστηριότητας των φυτών.

Τα θρεπτικά στοιχεία μπορούν να διαιρεθούν σε τέσσερις βασικές ομάδες ως προς τη βιοχημική και φυσική τους δράση στα φυτά. Στην πρώτη ομάδα ανήκουν τα στοιχεία C, H, O, N, S, τα οποία μεταβολίζονται μέσω οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων. Ταυτόχρονα, αποτελούν και κύρια συστατικά των οργανικών ενώσεων. Στη δεύτερη ομάδα ανήκουν τα P, B, Si, τα οποία σχηματίζουν εστέρες με αλκοολικές ομάδες και λαμβάνουν μέρος στις αντιδράσεις μεταφοράς και χρησιμοποίησης της ενέργειας. Στην τρίτη ομάδα ανήκουν τα στοιχεία Ca, Mg, Mn, K, Na, Cl, τα οποία εξουδετερώνουν τα οργανικά οξέα και είναι ρυθμιστές της δράσης των ενζύμων, της περατότητας των βιολογικών μεμβρανών και της οσμωτικής πίεσης. Στην τέταρτη ομάδα ανήκουν τα στοιχεία Cu, Fe, Zn, Mo, τα οποία συμμετέχουν στη μεταφορά ηλεκτρονίων. Λόγω του ότι σχηματίζουν οργανικά σύμπλοκα με μέταλλα, προσλαμβάνονται εύκολα από τα φυτά (Βούτσιος, Κοσμάς, Καλκάνης, & Σούτσας).

Στα κρασιά, στους μούστους, στα σταφύλια και στα αποστάγματα τους οι ανόργανες ενώσεις, που έχουν προσδιορισθεί, είναι περίπου 50. Από τις ενώσεις αυτές, 8 στοιχεία έχουν συγκέντρωση περίπου 1000 mg/l (mineral content), 25 στοιχεία έχουν συγκέντρωση περίπου 1 mg/l (trace elements) και τα υπόλοιπα έχουν συγκεντρώσεις κάτω του 1 mg/l (ultratrace elements). Τα στοιχεία και τα ιχνοστοιχεία που ανιχνεύονται στα κρασιά μπορούν να διαχωριστούν σε πρωτεύοντα —τα οποία εισέρχονται στο κρασί μέσω του ριζικού συστήματος, προέρχονται από το έδαφος και είναι φυσικής προελεύσεως— και σε δευτερεύοντα —τα οποία είναι προστιθέμενα και εισέρχονται στα σταφύλια και στα προϊόντα τους μέσω της ρύπανσης του νερού και του αέρα, μέσω ζιζανιοκτόνων, διαβρώσεων, νοθείας ή και εκπομπών ρυπαντών.

Η περιεκτικότητα σε στοιχεία πρωτογενούς προέλευσης, τα οποία αποτελούν και το μεγαλύτερο μέρος της ολικής συγκέντρωσης, προσδιορίζονται με μεγαλύτερη δυσκολία και έχουν μεγάλη ποικιλομορφία λόγω των διαφορετικών εδαφών από όπου προέρχονται τα κρασιά (Γαλάνη-Νικολακάκη, 2000). Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με τα επιτρεπτά επίπεδα συγκεντρώσεων όλων των ανόργανων στοιχείων στα κρασιά.

1000-10 mg/l		10-1 mg/l		1-0,1 mg/l		0,1-0,01 mg/l		0,01-0,001 mg/l		< 0,001mg/l	
el.	(mg/l)	el.	(mg/l)	el.	(mg/l)	el.	(mg/l)	el.	(mg/l)	el.(RRE)	(mg/l)
K	370-1120	B	5-2	Al	0,9-0,5	As	0,02-0,03	Co	0,02-0,001	Sb	0,006
Mg	60-140	Fe	1	F	0,5-0,05	Ba	0,3-0,04	Mo	0,01-0,001	Be	0,00008
Ca	70-140	Cu	0,5	I	0,6-0,1	Pb	0,1-0,03	Ag	0,02-0,005	Cd	0,001
Na	7-15	Mn	5-1,5	Rb	4,2-0,2	Br	0,7-0,01			Cs	0,0027
C	100-120	Si	6-1,5	Sr	3,5-0,2	Cr	0,06-0,03			Au	0,00006
P	130-230	Zn	3,5-0,5	Ti	0,3-0,04	Li	0,2-0,01			Hf	0,0007
S	5-10					Ni	0,05-0,03			Nb	0,001
Cl	20-80					V	0,26-0,06			Hg	0,00005
						Sn	0,7-0,01			Se	0,0006
										Ta	0,0005
										Tl	0,0001
										Bi	0,00015
										W	0,003

Πίνακας 3. 1 Τυπικές τιμές συγκεντρώσεων ανόργανων στοιχείων στο κρασί. (Γαλάνη-Νικολακάκη, 2000)

3.2 Ανόργανα στοιχεία στο κρασί

Στο κρασί περιέχονται 2-4 g/l ανόργανων συστατικών, τα οποία σχηματίζονται στους βλαστούς του φυτού, περνάνε στο σταφύλι και από εκεί στο γλεύκος καταλήγοντας στον οίνο. Αυτά είναι κυρίως ανόργανα οξέα και ελάχιστα οργανικά.

Παρ' όλα αυτά, το μέγεθος των συγκεντρώσεων των ανόργανων συστατικών στο κρασί οφείλονται σε πάρα πολλούς παράγοντες είτε ενδογενείς είτε εξωγενείς. Μερικοί από αυτούς τους παράγοντες είναι η γεωχημεία του εδάφους του αμπελώνα, η ποικιλία του φυτού, οι κλιματολογικές συνθήκες, η ωρίμανση του φυτού, η φυσική και η ατμοσφαιρική ρύπανση, τα φυτοφάρμακα ή τα λιπάσματα, το νερό ύδρευσης, οι πρακτικές και τα υλικά οινοποίησης, οι διαδικασίες παλαίωσης, η νοθεία κ.α (Πασβάνκα, 2020).

Η ρύπανση της αμπέλου ή του κρασιού είτε είναι φυσικής προέλευσης, είτε βιομηχανικής προέλευσης, είτε λόγω νοθείας. Επιτελεί επίσης σημαντικό ρόλο στη μεταβολή των συγκεντρώσεων των στοιχείων.

Κατά τη φυσική ρύπανση —η οποία εξ ορισμού είναι αναπόφευκτη και οφείλεται στην γεωγραφική τοποθεσία του αμπελιού— η εισαγωγή των στοιχείων γίνεται κατευθείαν μέσω της επιφάνειας των ραγών του σταφυλιού και όχι μέσω του ριζικού συστήματος της αμπέλου. Αν, για παράδειγμα, ο αμπελώνας βρίσκεται κοντά σε υφάλμυρο νερό, θάλασσα, λίμνες, ή σε ενεργά ή ανενεργά ηφαίστεια, τότε θα παρατηρηθούν αυξημένες συγκεντρώσεις των στοιχείων As, B, Cl, I, Fe, Mn, Hg, Na ή Zn.

Η βιομηχανικής προελεύσεως ρύπανση οφείλεται στη γειτνίαση του αμπελώνα με ορυχεία, μονάδες παραγωγής ενέργειας, τσιμεντοβιομηχανίες, πολυσύχναστους δρόμους ή και μεγάλα εργοστάσια τσιμεντοβιομηχανιών. Σε αυτά ενδέχεται να οφείλονται οι αυξημένες συγκεντρώσεις διαφόρων στοιχείων, όπως As, B, Cd, Pd, Hg και Th.

Η ρύπανση λόγω νοθείας, η οποία πραγματοποιείται με την προσθήκη διαφόρων ενώσεων για τη βελτιστοποίηση του προϊόντος, ενδέχεται να είναι υπεύθυνη για την αύξηση των συγκεντρώσεων των στοιχείων Al, Ba, Bi, Br, F, Pb, Mn ή S.

Έτσι, μπορούμε με μια επιφυλακτικότητα να διαχωρίσουμε τα στοιχεία σε τρεις βασικούς άξονες ανάλογα με την προέλευσή τους:

- 1) Στοιχεία που προέρχονται από το έδαφος και χαρακτηρίζονται από την ικανότητα απορρόφησής τους από τη ρίζα της αμπέλου (Al, B, Ba, Li, Mn, Mo, Rb, Si, Sr, Ti κ.α.)
- 2) Στοιχεία των οποίων η περιεκτικότητα εξαρτάται από τη διαδικασία της οινοποίησης αλλά και από φυσικούς παράγοντες (Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, K, Na, P)
- 3) Στοιχεία των οποίων η περιεκτικότητα εξαρτάται αποκλειστικά από τη διαδικασία της οινοποίησης (Pb, Co, Cr, Ni, V κ.α.)

Τα στοιχεία ασβέστιο (Ca) και κάλιο (K), αν και αποτελούν φυσικά συστατικά του σταφυλιού, ενδέχεται να βρεθούν σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις με την προσθήκη CaCO_3 — μια πρακτική που συνηθίζεται στις αμπελουργικές διαδικασίες για τη μείωση της οξύτητας— ή με την προσθήκη K ως μεταθειώδους ή ανθρακικού άλατος, ενώ ο φώσφορος με την προσθήκη φωσφορικού άλατος ασβεστίου.

Οι συγκεντρώσεις αλουμινίου (Al) μπορεί να μεταβληθούν είτε από τη χρήση μπετονίτη είτε από την επαφή του κρασιού με επιφάνεια αλουμινίου κατά την οινοποίησή του. Οι συγκεντρώσεις των σπάνιων γαιών μπορεί κι αυτές να επηρεαστούν σε μικρότερο βαθμό λόγω της χρήσης μπετονιτών, ενώ το μαγγάνιο (Mn) και το μαγνήσιο (Mg) ενδέχεται να εισαχθούν στο φυτό μέσω λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων.

Ο χαλκός (Cu) μπορεί να μεταφερθεί στον οίνο κυριώς με την προσθήκη CuSO_4 , η οποία είθισται να εφαρμόζεται κατά την οινοποίηση για την απομάκρυνση του υδρόθειου. Ωστόσο, ο οίνος ενδέχεται να επηρεαστεί σε μικρότερη κλίμακα κατά τους ψεκασμούς, οι οποίοι έχουν βάση τον χαλκό. Επίσης, ορισμένα στοιχεία, όπως ο χαλκός (Cu), ο σίδηρος (Fe), το νικέλιο (Ni), το αλουμίνιο (Al) και ο ψευδάργυρος (Zn), συνεισφέρουν στην ανάπτυξη θολώματος και στη διατήρηση του αρώματος και της γεύσης του κρασιού.

Το κοβάλτιο (Co), το Χρώμιο (Cr) και το Βανάδιο (V) χρησιμοποιούνται στην κατασκευή οινολογικών εργαλείων και σκευών. Επομένως, μέσω της άμεσης επαφής του κρασιού ή του γλεύκους κατά την οινοποίηση οι τιμές τους κατά την ανάλυση μπορεί να έχουν μεταβληθεί.

Τα ιχνοστοιχεία, τα οποία προέρχονται από το έδαφος και που δεν περιλαμβάνονται στην ομάδα των στοιχείων που προέρχονται από μολύνσεις στα διάφορα στάδια οινοποίησης, είναι το Σελήνιο (Se), το Λίθιο (Li), το Βηρύλλιο (Be), το Βάριο (Ba), το Γάλλιο (Ga), το Τιτάνιο (Ti), το Βολφράμιο (W), το Ζιρκόνιο (Zr), το Λανθάνιο (La) και το Θάλλιο (Tl).

Στοιχεία, τα οποία δεν έχουν μεγάλες συγκεντρώσεις αλλά αποτελούν επίσης σημαντικά ως προς την μετακίνησή τους από το έδαφος στο αμπέλι και έπειτα στο κρασί, είναι το Στρόντιο (Sr), το Αργίλιο ή Αλουμίνιο (Al), το Όλμιο (Ho), το Θούλιο (Tm), το Υττέρβιο (Yb), ο Χρυσός (Au), το Θόριο (Th), το Ουράνιο (U), το Νιόβιο (Nb), το Όσμιο (Os) και το Τελλούριο (Te).

Διαμέσου άλλων εργασιών, που έχουν πραγματοποιηθεί για την αυθεντικοποίηση των οίνων αναφορικά τόσο με την ποικιλία τους όσο και με τη γεωγραφική τους προέλευση, έχει αποδειχθεί ότι η συσχέτιση εδάφους και ανόργανων συστατικών γίνεται με τη σύγκριση ιχνοστοιχείων και, ιδίως, με τις λανθανίδες ή τις σπάνιες γαίες (Πασβάνκα, 2020).

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

IA																IIA																IIIA										IVA										VA										VIA										VIIA										VIII										IX										X										XI										XII										XIII										XIV										XV										XVI										XVII										XVIII																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1																2																3										4										5										6										7										8										9										10										11										12										13										14										15										16										17										18										19										20										21										22										23										24										25										26										27										28										29										30										31										32										33										34										35										36										37										38										39										40										41										42										43										44										45										46										47										48										49										50										51										52										53										54										55										56										57										58										59										60										61										62										63										64										65										66										67										68										69										70										71										72										73										74										75										76										77										78										79										80										81										82										83										84										85										86										87										88										89										90										91										92										93										94										95										96										97										98										99										100										101										102										103										104										105										106										107										108										109										110										111										112										113										114										115										116										117										118										119										120										121										122										123										124										125										126										127										128										129										130										131										132										133										134										135										136										137										138										139										140										141										142										143										144										145										146										147										148										149										150										151										152										153										154										155										156										157										158										159										160										161										162										163										164										165										166										167										168										169										170										171										172										173										174										175										176										177										178										179										180										181										182										183										184										185										186										187										188										189										190										191										192										193										194										195										196										197										198										199										200										201										202										203										204										205										206										207										208										209										210										211										212										213										214										215										216										217										218										219										220										221										222										223										224										225										226										227										228										229										230										231										232										233										234										235										236										237										238										239										240										241										242										243										244										245										246										247										248										249										250										251										252										253										254										255										256										257										258										259										260										261										262										263										264										265										266										267										268										269										270										271										272										273										274										275										276										277										278										279										280										281										282										283										284										285										286										287										288										289										290										291										292										293										294										295										296										297										298										299										300										301										302										303										304										305										306										307										308										309										310										311										312										313										314										315										316										317										318										319										320										321										322										323										324										325										326										327										328										329										330										331										332										333										334										335										336										337										338										339										340										341										342										343										344										345										346										347										348										349										350										351										352										353										354										355										356										357										358										359										360										361										362										363										364										365										366										367										368										369										370										371										372										373										374										375										376										377										378										379										380										381										382										383										384										385										386										387										388										389										390										391										392										393										394										395										396										397										398										399										400										401										402										403										404										405										406										407										408										409										410										411										412										413										414										415										416										417										418										419										420										421										422										423										424										425										426										427										428										429										430										431										432										433										434										435										436										437										438										439										440										441										442										443										444										445										446										447										448										449										450										451										452										453										454										455										456										457										458										459										460										461										462										463										464										465										466										467										468										469										470										471										472										473										474										475										476										477										478										479										480										481										482										483										484										485										486										487										488										489										490										491										492										493										494										495										496										497										498										499										500										501										502										503										504										505										506										507										508										509										510										511										512										513										514										515										516										517										518										519										520										521										522										523										524										525										526										527										528										529										530										531										532										533										534										535										536										537										538										539										540										541										542										543										544										545										546										547										548										549										550										551										552										553										554										555										556										557										558										559										560										561										562										563										564										565										566										567										568										569										570										571										572										573										574										575										576										577										578										579										580										581										582										583										584										585										586										587										588										589										590										591										592										593										594										595										596										597										598										599										600										601										602										603										604										605										606										607										608										609										610										611										612										613										614										615										616										617										618										619										620										621										622										623										624										625										626										627										628										629										630										631										632										633										634										635										636										637										638										639										640										641										642										643										644										645										646										647										648										649										650										651										652										653										654										655										656										657										658										659										660										661										662										663										664										665										666										667										668										669										670										671										672										673										674										675										676										677										678										679										680										681										682										683										684										685										686										687										688										689										690										691										692										693										694										695										696										697										698										699										700										701										702										703										704										705										706										707										708										709										710										711										712										713										714										715										716										717										718										719										720										721										722										723										724										725										726										727										728										729										730										731										732										733										734										735										736										737										738										739										740										741										742										743										744										745										746										747										748										749										750										751										752										753										754										755										756										757										758										759										760										761										762										763										764										765										766										767										768										769										770										771										772										773										774										775										776										777										778										779										780										781										782										783										784										785										786										787										788										789										790										791										792										793										794										795										796										797										798										799										800										801										802										803										804										805										806										807										808										809										810										811										812										813										814										815										816										817										818										819										820										821										822										823										824										825										826										827										828										829										830										831										832										833										834										835										836										837										838										839										840										841										842										843										844										845										846										847										848										849										850										851										852										853										854										855										856										857										858										859										860										861										862										863										864										865										866										867										868										869										870										871										872										873										874										875										876										877										878										879										880										881										882										883										884										885										886										887										888										889										890										891										892										893										894										895										896										897										898										899										900										901										902										903										904										905										906										907										908										909										910										911										912										913										914										915										916										917										918										919										920										921										922										923										924										925										926										927										928										929										930										931										932										933										934										935										936										937										938										939										940										941										942										943										944										945										946										947										948										949										950										951										952										953										954										955										956										957										958										959										960										961										962										963										964										965										966										967										968										969										970										971										972										973										974										975										976										977										978										979										980										981										982										983										984										985										986										987										988										989										990										991										992										993										994										995										996										997										998										999										1000										1001										1002										1003										1004										1005										1006										1007										1008										1009										1010										1011										1012										1013										1014										1015										1016										1017										1018										1019										1020										1021</									

Εικόνα 3. 1 Χημικά στοιχεία προς ανάλυση στον οίνο (Πασβάνκα, 2020)

3.3 Δειγματοληψίες για αναλύσεις

Τα κριτήρια επιλογής των κρασιών για την παρούσα εργασία ήταν, αφενός, το χρώμα και, αφετέρου, η ποικιλία, η οποία έχει ευδοκιμήσει σε κάθε περιοχή προς μελέτη. Για την καλύτερη σύγκριση και ανάλυση των αποτελεσμάτων επιλέχθηκε το χρώμα όλων των κρασιών να είναι το λευκό. Οι ποικιλίες, που επιλέχθηκαν, είναι ποικιλίες που έχουν προσαρμοστεί και αναδειχθεί ξεχωριστά στην εκάστοτε, υπό μελέτη, περιοχή με το πέρασμα του χρόνου. Μας δίνεται, έτσι, η δυνατότητα να αναγνωρίσουμε μέσω αυτών τα ιδιαίτερα γεωλογικά χαρακτηριστικά, που συμμετείχαν, σύνεβαν και ταίριαζαν με τις συγκεκριμένες ποικιλίες. Από την Ικαρία επιλέχθηκαν δύο δείγματα της ποικιλίας «Μπεγλέρι», από τη Λήμνο δύο δείγματα της ποικιλίας «Μοσχάτο Αλεξανδρείας» και ένα δείγμα της ποικιλίας «Ασσύρτικο» και από την Κεφαλονιά επιλέχθηκαν δύο δείγματα της ποικιλίας «Ρομπόλα». Τα δείγματά μας είναι παραγωγής του 2019, 2020 και του 2021. Όλες οι παραπάνω ποικιλίες, σύμφωνα με τις βιβλιογραφικές αναφορές, συναντώνται στα νησιά αυτά από αρχαιότατους χρόνους, εκτός από την ποικιλία «Ασσύρτικο», η οποία επιλέχθηκε λόγω της προσαρμοστικής ικανότητας των εν λόγω αμπελιών σε πετρώδη και άνυδρα μέρη αλλά και λόγω της διεπισδυτικής ικανότητας των ριζών τους για την πρόσληψη των απαραίτητων χημικών συστατικών για την ανάπτυξή τους.

Η επιλογή των προς ανάλυση περιοχών έγινε με βάση τους διαφορετικούς τύπους των πετρωμάτων τους. Η Ικαρία αποτελείται από πλουτωνικά πετρώματα, η Λήμνος από ηφαιστειογενή και η Κεφαλονιά από ιζηματογενή. Έτσι, καλύπτοντας τις τρεις διαφορετικές κατηγορίες πετρωμάτων, αναμένουμε τα αποτελέσματα των γεωλογικών αναλύσεων μεταξύ των διαφορετικών πετρωμάτων να παρουσιάσουν σημαντικές διαφορές. Ανάλογες διαφορές

αναμένουμε και στα αποτελέσματα της ανάλυσης των κρασιών. Έτσι, θα οδηγηθούμε σε μια ευκολότερη σύγκριση χημείας εδάφους με χημείας κρασιού. Τις γεωλογικές αναλύσεις, που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, αντλήθηκαν από τη διεθνή βιβλιογραφία.

Ένα πρωταρχικό χαρακτηριστικό που αναλύθηκε είναι τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής. Οι αναλύσεις αυτές παρέχουν πληροφορίες, κατά πρώτο, για τις διαφορετικές στρωματογραφικές ενότητες, από τις οποίες αποτελείται το κάθε νησί, κατά δεύτερο, για τη φύση των πετρωμάτων που απαρτίζουν την κάθε ενότητα και, κατά τρίτον, για το ποιά ενότητα υπερισχύει. Δεύτερο, εξίσου σημαντικό, χαρακτηριστικό είναι η πετρογένεση του κάθε νησιού, που περιγράφει ή προσπαθεί να προσδιορίσει τις διαδικασίες και τα στάδια που προηγήθηκαν, ώστε τα εδάφη και τα πετρώματα να αποκτήσουν τη σημερινή τους μορφή. Τέλος, με τον χημισμό των πετρωμάτων της κάθε περιοχής προσδιορίζονται τα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία που είναι απαραίτητα για τη λεπτομερή ανάλυση και διάγνωση του εδάφους, με βάση τα οποία θα γίνει και η σύγκριση με τα αντίστοιχα στοιχεία στα κρασιά.

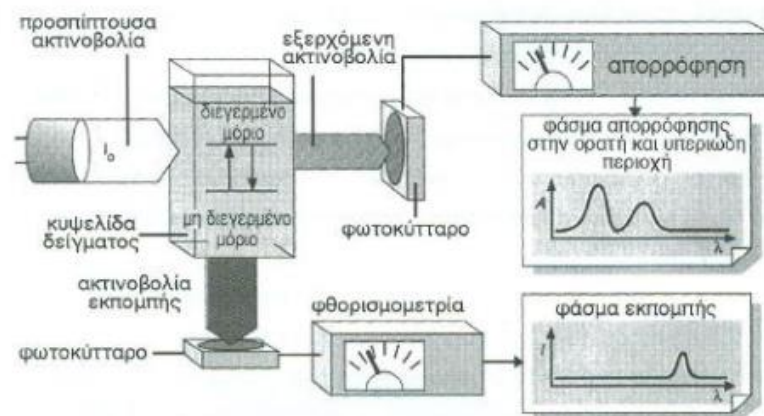
Κεφάλαιο 4: Ιχνοστοιχειακές αναλύσεις

4.1 Μέθοδοι και τεχνικές ανάλυσης οίνου

Οι ιχνοστοιχειακές αναλύσεις απαιτούν την εφαρμογή μεθόδων μεγάλης ευαισθησίας. Ένας τρόπος διάκρισης των μεθόδων αυτών ανάλυσης λαμβάνει υπόψη τον αριθμό των στοιχείων που μπορούν να αναλυθούν ταυτόχρονα. Έτσι, μπορούν να διακριθούν σε μονοστοιχειακές, ολιγοστοιχειακές και πολυστοιχειακές μεθόδους. Παρακάτω παρατίθενται μερικές μέθοδοι, από τις συνηθέστερες, για την ανάλυση του κρασιού κάνοντας μια μικρή αναφορά για το πώς λειτουργούν.

- **Φασματοσκοπία ατομικής εκπομπής(AES)**

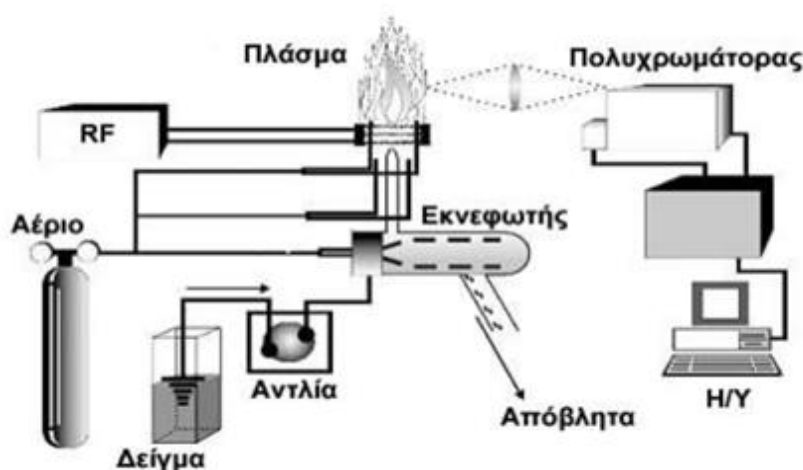
Κατά τη φασματοσκοπία ατομικής εκπομπής τα άτομα είναι ήδη σε διεγερμένη κατάσταση και αποδιεγείρονται, δίνοντας συγκεκριμένα μήκη κύματος που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες ηλεκτρονικές μεταπτώσεις. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη σχεδόν για όλα τα μέταλλα και το εύρος ανίχνευσής της κυμαίνεται στα 1-10 ppm. (Μαλβίνα, 2015)



Εικόνα 4. 1 Σχηματικό διάγραμμα φασματόμετρου απλής δέσμης απορρόφησης ή εκπομπής. (Θεσσαλίας, 2013)

- **Φασματοσκοπία AES με καυστήρα πλάσματος (ICP-AES)**

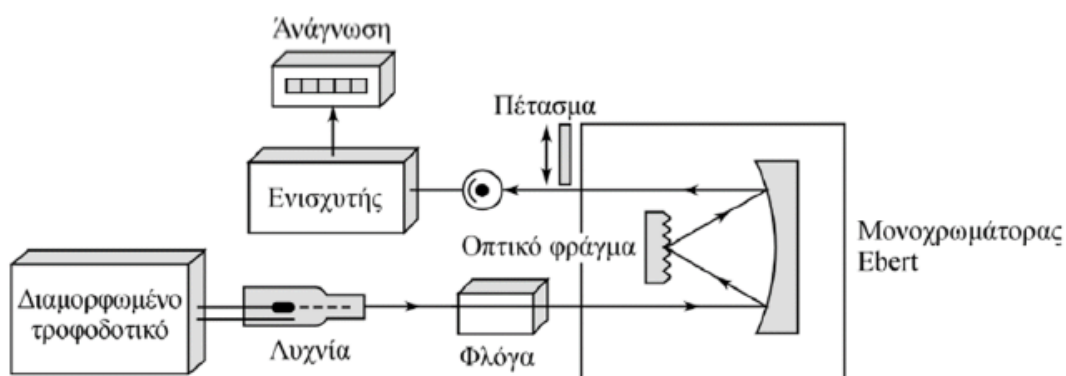
Είναι η καλύτερη μέθοδος όσο αφορά στον ταυτόχρονο προσδιορισμό μέχρι και 50 μεταλλικών στοιχείων και ιχνοστοιχείων ή και μερικών μη μεταλλικών στοιχείων (Cl, Br, S, I) σε δείγματα και μάλιστα με μεγάλη ευαισθησία, επαναληψιμότητα και χαμηλό όριο ανίχνευσης 1-100 ppb. Λόγω της δημιουργίας του πλάσματος αναπτύσσεται υψηλή θερμοκρασία που διεγείρει πολύ περισσότερα στοιχεία απ' ότι η φλόγα $N_2O-C_2H_2$ που είναι από τις πλέον θερμές και συνήθως χρησιμοποιείται στην ατομική απορρόφηση (AAS) (eclass.emt.ihu, 97-2003). Επιπλέον, ο χρόνος παραμονής των ατόμων στο πλάσμα μεγαλώνει, με αποτέλεσμα τη σχεδόν πλήρη ατομοποίηση των προσδιοριζόμενων συστατικών, ενώ ταυτόχρονα εκλείπουν χημικές και ιονικές παρεμβολές. Μειονεκτήματά της αποτελούν τα πολύ υψηλά κόστη αγοράς και λειτουργίας.



Εικόνα 4. 2 Σχηματική παράσταση βασικής διάταξης ICP-AES. (Πακτσεβανίδου, 2020)

- **Ατομική απορρόφηση με φλόγα (AAS)**

Ο τρόπος ανάλυσης με φλόγα παραμένει ο πιο συνηθισμένος για τη φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης. Η φλόγα δεν χρησιμοποιείται για τη διέγερση ή τον ιοντισμό των ατόμων αλλά μόνο για την εξάτμιση του διαλύτη, την αεριοποίηση του δείγματος και την επακόλουθη διάσπασή του σε άτομα. Η ιδανική φλόγα θα πρέπει να απελευθερώνει την απαιτούμενη ποσότητα θερμικής ενέργειας μόνο για την διάσπαση των χημικών δεσμών του δείγματος με σκοπό τη δημιουργία ατόμων στη θεμελιώδη κατάσταση χωρίς αυτά να διεγείρονται ή να μετατρέπονται σε ιόντα (Γαλάνη-Νικολακάκη, 2000). Διαφορετικά δείγματα απαιτούν διαφορετικά είδη φλόγας τα οποία επιτυγχάνονται με κατάλληλους συνδυασμούς καυσίμων και οξειδωτικού. Το όριο ανίχνευσης είναι 1-10 ppm και η καταλληλότητά της είναι για όλα σχεδόν τα μέταλλα.



Εικόνα 4. Σχηματική παράσταση φασματοφωτόμετρου φλόγας. (Κωνσταντίνου, 2018)

- **Ατομική απορρόφηση με φούρνο γραφίτη (GFAAS)**

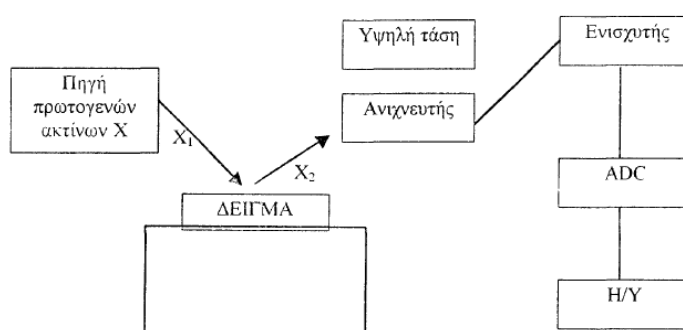
Λόγω μειονεκτημάτων που παρουσιάζει η μέθοδος της φλόγας, όπως το ότι μόνο το 10% του δείγματος φτάνει στην φλόγα για να ατμοποιηθεί ή το ότι ο χρόνος παραμονής των ατμών στην φλόγα είναι πολύ μικρός κ.α., χρησιμοποιείται η μέθοδος του φούρνου Γραφίτη (Γαλάνη-Νικολακάκη, 2000). Ο φούρνος Γραφίτη είναι ένας κοίλος σωλήνας από γραφίτη, στον οποίο τοποθετείται το δείγμα. Κατόπιν, πραγματοποιείται η γρήγορη θέρμανση του σωλήνα με τη βοήθεια ηλεκτρικού ρεύματος σε θερμοκρασία αρκετά υψηλή για να ατμοποιηθεί το δείγμα (3000°C). Οι αναλύσεις με φούρνο Γραφίτη έχουν λιγότερη ακρίβεια και η επαναληψιμότητά τους είναι σπάνια καλύτερη από 5-10%.



Εικόνα 4. 4Σχηματική παράσταση φλογοφασματοφωτόμετρου ατομικής απορρόφησης. (Σπανός, 2005)

- **Φθορισμομετρία ακτίνων X (XRF)**

Η XRF έχει εξελιχθεί σε μια δυναμική μέθοδο ανάλυσης, καθώς δεν απαιτείται χρόνος για την προετοιμασία του δείγματος και δεν απαιτείται καταστροφή του δείγματος για ανάλυση. Η XRF είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για απευθείας αναλύσεις στη γραμμή παραγωγής (on stream analysis). Εν τούτοις, δεν θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλη μέθοδος για ιχνοστοιχειακές αναλύσεις, καθώς είναι γνωστή για τη τέλεση λαθών λόγω ύπαρξης προβλημάτων υποστρώματος (Γαλάνη-Νικολακάκη, 2000). Η XRF είναι κατάλληλη για όλα τα στοιχεία με $Z > 12$ και έχει εύρος ανίχνευσης 0.1-10 ppm.

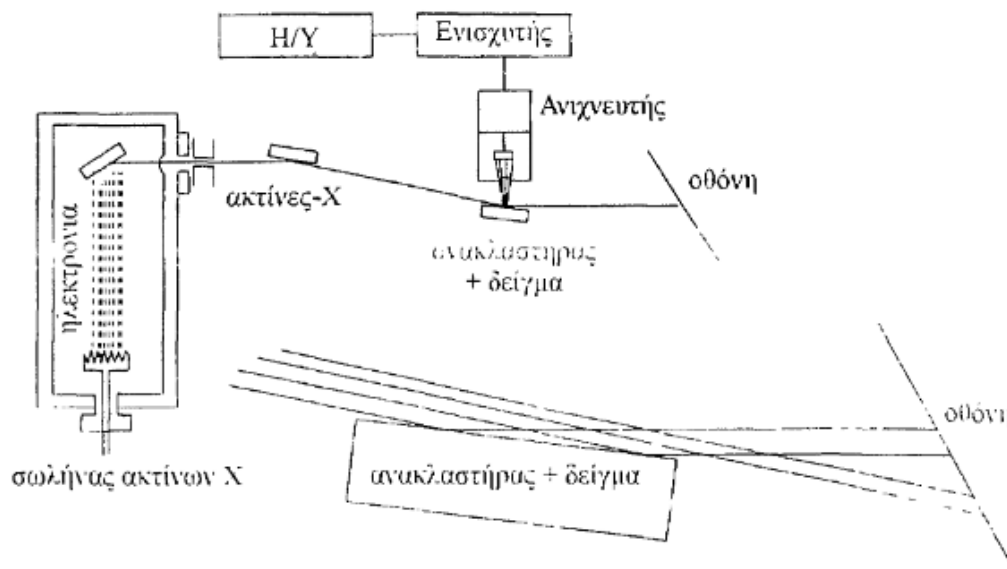


Εικόνα 4. 5Σχηματική παράσταση φασματοφωτόμετρου XRF ενεργειακής διασποράς. (Γαλάνη-Νικολακάκη, 2000)

- **Φθορισμομετρία ολικής ανάκλασης ακτίνων X (TRXRF)**

Η TRXRF παρουσιάζει αρκετές διαφορές από την κλασική φθορισμομετρία ακτίνων X (XRF) και μοιάζει περισσότερο με ατομικές φασματοσκοπικές μεθόδους ανάλυσης, όπως η ατομική απορρόφηση (AAS) και το επαγωγικά συζευγμένο πλάσμα (φασματοσκοπία εκπομπής (ICP-AES)). Με βάση τον τρόπο μέτρησης των χαρακτηριστικών ακτίνων X που εκπέμπει το δείγμα έχουν αναπτυχθεί δύο διαφορετικές τεχνικές. Η μία βασίζεται στη διασπορά της ενέργειας των ακτίνων X και ονομάζεται φθορισμομετρία ακτίνων X ενεργειακής διασποράς (energy-dispersion X-Ray Fluorescence Spectrometry ED-XRF). Η δεύτερη τεχνική βασίζεται στην περίθλαση των ακτίνων X και την εξίσωση του Bragg που ισχύει στις περιπτώσεις συμβολής των κυμμάτων και ονομάζεται φθορισμομετρία ακτίνων X βασισμένη στην

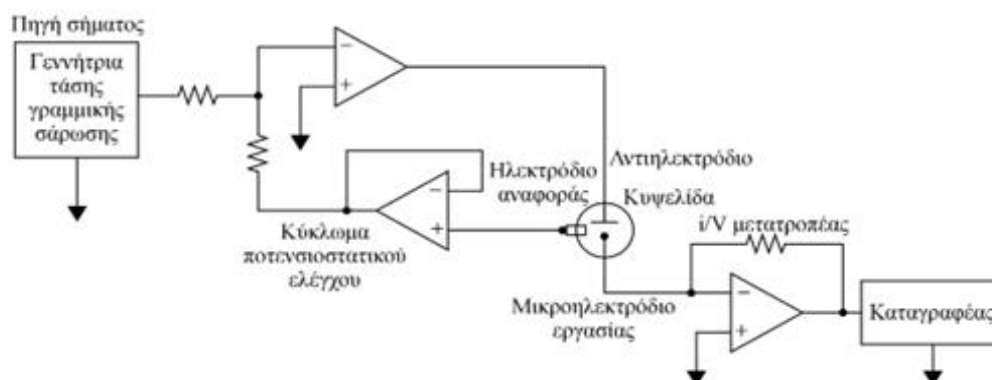
περίθλαση των ακτίνων (wave-dispersion X-Ray Fluorescence, WD-XRF) (Γαλάνη-Νικολακάκη, 2000). Παρ' όλο που η μέθοδος TRXRF εν μέρει αναιρεί το μεγάλο πλεονέκτημα της κλασσικής ED-XRF, δηλαδή τη μη καταστροφή του δείγματος, προσφέρει σημαντικές δυνατότητες στις ιχνοστοιχειακές αναλύσεις, γιατί χαμηλώνει τα όρια ανίχνευσης από 10^{-7} gr σε περίπου 10^{-12} gr (ibid).



Εικόνα 4. 6 Βασικό σχηματικό διάγραμμα ενός φασματοφωτόμετρου TRXRF. (Καλλίθρακας-Κόντος, 1993)

- **Διαφορική παλμική πολαρογραφία**

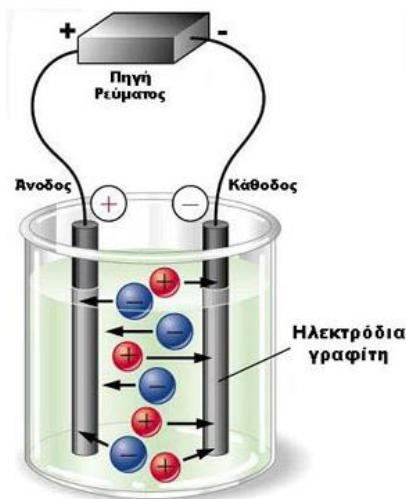
Κατά τη μέθοδο της Διαφορικής Παλμικής Πολαρογραφίας εφαρμόζεται παλμός σταθερού δυναμικού πάνω σε ένα σταθερά αυξανόμενο δυναμικό. Το σήμα που καταγράφεται είναι η διαφορά του ρεύματος λίγο πριν την έναρξη του παλμού και λίγο πριν το τέλος αυτού. Γι' αυτό, η μέθοδος αυτή ονομάζεται Διαφορική Παλμική Πολαρογραφία. Τα όρια ανίχνευσης της μεθόδου είναι 1-10 ppb και η καταλληλότητα της μεθόδου είναι για όλα σχεδόν τα βαρέα μέταλλα. (uoc.gr, n.d.)



Εικόνα 4. 77 Διάταξη ποτενσιοστατικής βολταμετρίας γραμμικής σάρωσης τριών ηλεκτροδίων. (Παπαδοπούλου, 2017)

- **Αναδιαλυτική Βολταμετρία (DPASV)**

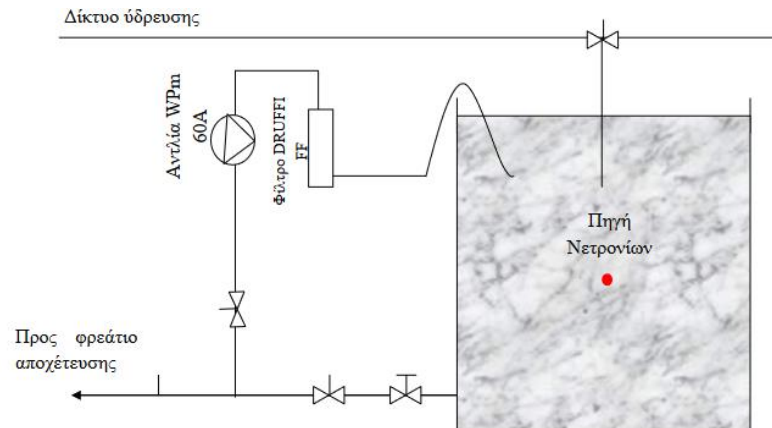
Κατά την τεχνική της Αναδιάλυσης ο προσδιορισμός στηρίζεται σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση το ηλεκτρόδιο αποτίθεται στην αναλυόμενη ουσία του διαλύματος του δείγματος, οπότε και εμποτίζεται με την ουσία αυτή. Κατά τη δεύτερη φάση πραγματοποιείται αναδιάλυση της προσυγκεντρωμένης ουσίας είτε με την εφαρμογή βολταμετρίας συνεχούς ή εναλλασόμενου ρεύματος είτε με διαφορική παλμική βολταμετρία. Τα όρια ανίχνευσης είναι 0,01-1 ppb ενώ η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για την εύρεση των Cu, Sb, Cd, Sn, Pb, Tl, Ti, Ni, Co κ λπ. (Σουτζουρίδης, 2017)



Εικόνα 4. 8Σχηματική απεικόνιση αναδιαλυτικής βολταμετρίας. (Χατζηπαλάση, 2007)

- **Νετρονική ενεργοποίηση (NAA)**

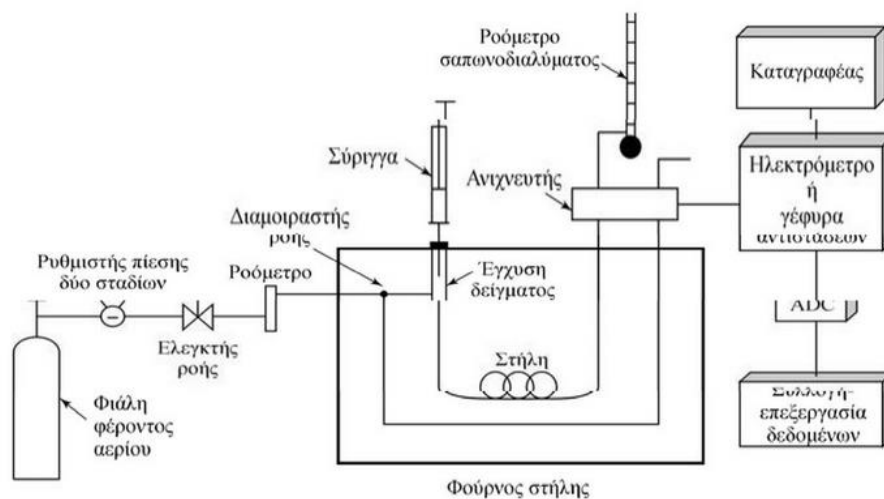
Η μέθοδος βασίζεται στο φαινόμενο της νετρονικής ενεργοποίησης, κατά το οποίο ο βομβαρδισμός με νετρόνια πυρήνων σταθερών ισότοπων που εμπεριέχονται στο δείγμα προκαλεί την εν μέρει μετατροπή τους σε ραδιενεργά ισότοπα. Στη συνέχεια, τα ραδιενεργά ισότοπα μπορεί να ανιχνευθούν από τη ραδιενέργεια που εκπέμπουν σε συγκεκριμένες ενέργειες και με αυτόν τον τρόπο να ταυτοποιηθεί ο αρχικός πυρήνας-στόχος. Από τον ρυθμό διάσπασης του ραδιενεργού προϊόντος της ενεργοποίησης μπορεί, μετά από κατάλληλη βαθμονόμηση, να προσδιοριστεί και ποσοτικά το αρχικό ισότοπο-στόχος (Βαλμαντώνης, 2009). Το εύρος για τα όρια ανίχνευσης ποικίλει (ppm-ppb) ενώ η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για την εύρεση 40 περίπου στοιχείων.



Εικόνα 4. 9 Μονογραμμικό διάγραμμα υδραυλικού συστήματος πλήρωσης, εκκένωσης, καθαρισμού και ανακύκλωσης του νερού της δεξαμενής ενεργοποίησης. (Χάλαρης, 2020)

- **Αέριος Χρωματογραφία (GC)**

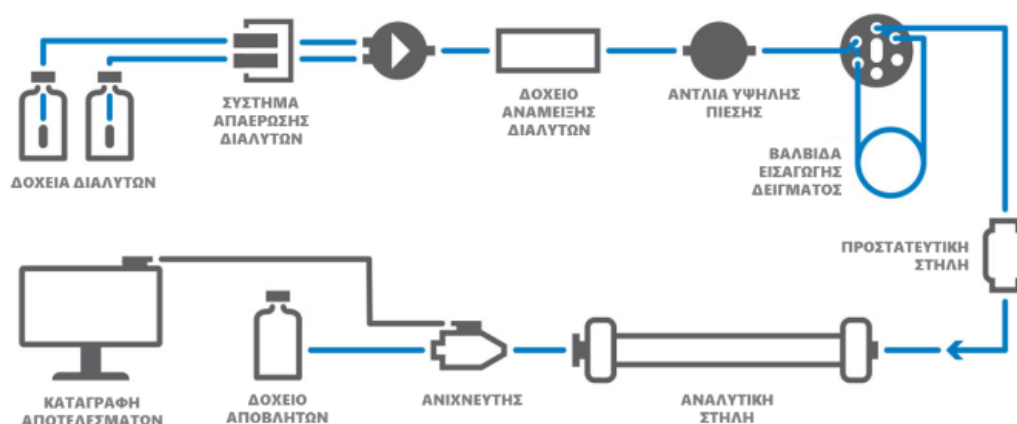
Κατά την Αέριο Χρωματογραφία, το μείγμα εισέρχεται σε μία θερμαινόμενη θύρα εισόδου και τα συστατικά του μείγματος τρέπονται σε συνεχή κίνηση λόγω του φέροντος αερίου (π.χ. He, N₂ ή H₂). Έπειτα, γίνεται διαχωρισμός των στοιχείων μέσα σε μία τριχοειδή χρωματογραφική στήλη, σε διαφορετικούς χρόνους και βαθμούς, και, αφού ανιχνευθούν από τους φέροντες ανιχνευτές, ταυτοποιούνται και προσδιορίζονται ποσοτικά (Καλογερόπουλος, 2020). Τα όρια ανίχνευσης είναι 0,01-1 ppm ενώ η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για την εύρεση των στοιχείων Ni, Co, Cu, Cr.



Εικόνα 4. 10 Βασική διάταξη αέριου χρωματογράφου (Χατζηλαζάρου, 2014)

- **Υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC)**

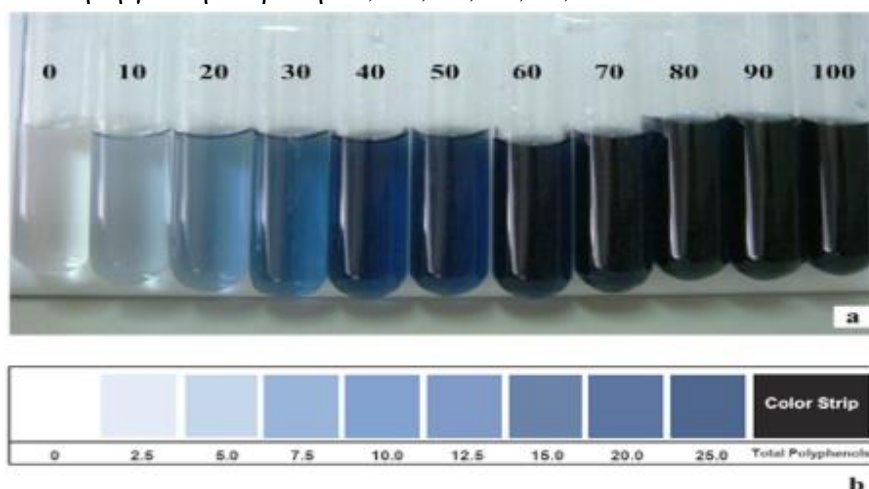
Κατά την Υγρή Χρωματογραφία έχουμε συνδυασμό της στατικής και της κινητής φάσης. Το δείγμα εισέρχεται στην κορυφή της στήλης και λόγω του συνδυασμού των φάσεων τα συστατικά του μετακινούνται προς τα κάτω με διαφορετικούς χρόνους και ταχύτητες και στο τέλος εκχυλίζονται με διαφορετική σειρά. Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή σε αρκετά βαρέα μέταλλα ενώ το εύρος για τα όρια ανίχνευσης είναι 0,01-1 ppm. (Κοντογιάννης, 2007-2013)



Εικόνα 4. 11 Βασική διάταξη υγρού χρωματογράφου (Μπίτας, 2016)

• Φωτομετρία

Η πιο σημαντική φωτομετρική μέθοδος στην ανάλυση του οίνου είναι η μέθοδος Folin-Ciocalteu, η οποία μας δίνει τη δυνατότητα να προσδιορίσουμε όλα τα πολυφαινολικά στοιχεία φυσικών προϊόντων, ακόμα και αυτά που δεν έχουν μέχρι σήμερα ταυτοποιηθεί. Η μέθοδος βασίζεται σε χρωματομετρική οξειδοαναγωγική αντίδραση με την οποία προσδιορίζεται το συνολικό φαινολικό περιεχόμενο του δείγματος, χωρίς διαχωρισμό μεταξύ μονομερών, διμερών και μεγαλύτερων φαινολικών συστατικών (Καλαμπόκη, 2016). Δεδομένου του ότι η μέθοδος αυτή μετράει το σύνολο το φαινολών, η επιλογή του γαλλικού οξέως ως προτύπου γίνεται με κριτήριο το γεγονός ότι αποτελεί μία καθαρή και σταθερή ουσία, ενώ είναι και σχετικά οικονομικά φθηνό. Το εύρος των ορίων ανίχνευσης είναι 0,1-10 ppm ενώ η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για την εύρεση Pb, Cu, Cr, Te, Ti, Mo κλπ.



Εικόνα 4. 12 Σχηματική απεικόνιση α) του χρώματος που λαμβάνεται από την αντίδραση μεταξύ των προτύπων FC και 0-100 $\mu\text{g/ml}$ γαλλικού οξέος και β) η ανεπτυγμένη χρωματική λωρίδα (Ploysri & Theppakorn, 2014)

Από όλες αυτές τις μεθόδους η μέθοδος φούρνου Γραφίτη στην φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης παρουσιάζει τα καλύτερα όρια ανίχνευσης, με τα σπουδαιότερα μειονεκτήματα εφαρμογής της να είναι η δυνατότητα ανάλυσης μόνο ενός στοιχείου κάθε φορά και η απαιτούμενη δημιουργία καινούριας καμπύλης αναφοράς κάθε μέρα.

Στην περίπτωση ανάλυσης του κρασιού απευθείας με φλόγα, εμφανίζεται μείωση του σήματος εξαιτίας της αυξημένης περιεκτικότητας σε σάκχαρα και της ως εκ τούτου αύξησης του ιξώδους ενώ καθώς αυξάνει η περιεκτικότητα σε αλκοόλη το σήμα αυξάνει (Eschbauer H. et al., 1988). Στην περίπτωση

ανάλυσης με φούρνο Γραφίτη εμφανίζεται μεγάλη απορρόφηση υποβάθρου που οφείλεται στην ύπαρξη των διαφόρων οργανικών συστατικών των κρασιών. Μεγάλη απορρόφηση υποβάθρου εμφανίζεται και στις απευθείας αναλύσεις κρασιών με TRXRF. Όλα τα παραπάνω προβλήματα ελαχιστοποιούνται όταν προηγηθεί χώνευση των δειγμάτων, δηλαδή καταστροφή της οργανικής ύλης και επακόλουθη διαλυτοποίηση. Η προσθήκη χημικών τροποποιητών στον φούρνο Γραφίτη στις περισσότερες περιπτώσεις εμποδίζει την απώλεια του αναλυόμενου στοιχείου πριν την ατομοποίηση.

Στην περίπτωση χρησιμοποίησης μεθόδων ανάλυσης όπως η ICP-AES και ICP-MS, οι οποίες είναι πολυστοιχειακές, τα κρασιά μπορούν να αναλυθούν χωρίς προηγούμενη χώνευση, αλλά η μέθοδος έχει πολύ μεγάλο κόστος ανά δείγμα και θέλουν ιδιαίτερη προσοχή οι παρεμποδίσεις που εμφανίζονται από τα υπόλοιπα στοιχεία στο δείγμα. Οι αναλύσεις με TRXRF παρουσιάζουν το εξής πλεονέκτημα: είναι πολυστοιχειακές αναλύσεις και αρκετά ευαίσθητες, εφόσον το αναλυόμενο στοιχείο έχει ατομικό αριθμό μεγαλύτερο του 15 και βρίσκεται στο δείγμα σε συγκεντρώσεις αρκετών $\mu\text{g/g}$ (Γαλάνη-Νικολακάκη, 2000).

4.2 Σύγκριση μεθόδων ανάλυσης

Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με τη σύγκριση των παραπάνω μεθόδων.

Πίνακας 4. 1 Σύγκριση μεθόδων αναλύσεων οίνων.

Μεθοδολογία	Όρια-Εύρος ανίχνευσης	Καταλληλότητα	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Φασματοσκοπία Ατομικής Εκπομπής (AES) (Αργυράκη, 2007)	1-10 ppm	Σχεδόν για όλα τα μέταλλα	1.Η μέτρηση γίνεται στο δείγμα και δεν χρειάζεται τυφλό.	1.Διαφορετική ευαισθησία για στοιχεία με διαφορετικό μήκος κύματος. 2.Σχηματισμός συμπλόκων
Φασματοσκοπία AES με καυστήρα πλάσματος (ICP-AES) (Αργυράκη, 2007)	1-100 ppb	Σχεδόν για όλα τα μέταλλα	1. Η καλύτερη για τον ταυτόχρονο προσδιορισμό έως 50 μεταλλικών στοιχείων και ιχνοστοιχείων και μερικών μη μεταλλικών στοιχείων. 2. Πλήρης ατομοποίηση των προσδιοριζόμενων συστατικών.	1. Πολύ υψηλό κόστος λειτουργίας. 2.Χρόνος προετοιμασίας δείγματος 3.Φασματικές παρεμποδίσεις και παρεμποδίσεις του υποστρώματος.
Ατομική απορρόφηση με φλόγα (AAS) (Αργυράκη, 2007)	1-10 ppm	Σχεδόν για όλα τα μέταλλα	1.Καλύτερη ευαισθησία και όριο ανίχνευσης σε σχέση με άλλες τεχνικές. 2.Άμεση ανάλυση υγρών δειγμάτων, απαιτούνται μικροποσότητες. 3.Σταθερό σήμα με χαμηλή στάθμη παρεμποδίσεων. 4.Γρήγορη μέτρηση για πάρα πολλά στοιχεία, δυνατότητα αυτόματου εισαγωγέα.	1. Μεγάλη κατανάλωση δείγματος, μόνο το 10% φτάνει στη φλόγα για ατομοποίηση. 2.Διαλύματα με μεγάλη συγκέντρωση αλάτων αναλύονται δύσκολα . 3.Η φλόγα δημιουργεί δηλητηριώδη αέρια. 4. Έχουμε συνεχή φάσματα απορρόφησης.

Ατομική απορρόφηση με φούρνο γραφίτη (GFAAS) (Αργυράκη, 2007)	0,005-0,5 ppb	Σχεδόν για όλα τα μέταλλα	1.Ελαχιστοποιούνται οι χημικές και φυσικές παρεμποδίσεις. 2.Εύκολη και πλήρης απομάκρυνση του δείγματος μετά την ατομοποίηση. 3.Εύκολος χειρισμός 4.Έχει όρια ανίχνευσης 1000 φορές καλύτερα από την AAS	1.Δυνατότητα ανάλυσης ενός μόνο στοιχείου κάθε φορά 2.Απαιτείται δημιουργία καινούριας καμπύλης αναφοράς κάθε μέρα
Φθορισιομετρία ακτίνων X (XRF) (Μαλβίνα, 2015)	0,1-10 ppm	Όλα τα στοιχεία με $Z > 12$	1.Απευθείας ανάλυση στερεών και υγρών δειγμάτων με μεγάλο εύρος εφαρμογών. 2.Σχετική γρήγορη προετοιμασία δειγμάτων. 3.Δεν καταστρέφει το δείγμα. 4.Μικρά σφάλματα 5.Σχετικά γρήγορη διαδικασία ανάλυσης 6.Ακριβής και σταθερή μέθοδος σε εύρος χρόνου	1.Χαμηλή ευαισθησία 2.Δυσκολία ακριβούς ποσοτικοποίησης
Φθορισιομετρία ολικής ανάκλασης ακτίνων X (TRXRF) (Μαλβίνα, 2015)	10-3 ng - 1 ng	Όλα τα στοιχεία με $Z > 12$	1.Μικρή ποσότητα δείγματος 2.Πολυστοιχειακή μέθοδος 3.Μεγάλη ευαισθησία	1.Χρόνος προετοιμασίας δείγματος
Διαφορική παλμική πολαρογραφία (Μαλβίνα, 2015)	1-10 ppb	Σχεδόν για όλα τα βαρέα μέταλλα	1.Μικρό κόστος 2.Μεγάλη ευαισθησία	1.Απόκριση μόνο σε ηλεκτρενεργές ουσίες. 2.Ολίσθηση σήματος και ανάγκη συχνού καθαρισμού της επιφάνειας του ηλεκτροδίου.

Αναδιαλυτική βολταμετρία (DPASV) (Μαλβίνα, 2015)	0,01-1 ppb	Cu, Sb, Cd, Sn, Pb, Tl, Ti, Ni, Co κλπ	1.Υψηλή ευαισθησία και χαμηλά όρια ανίχνευσης. 2.Πολυστοιχειακή ανάλυση 3. Φθηνός εξοπλισμός και χαμηλό κόστος λειτουργίας. 4.Ταχύτητα διαδικασίας 5.Ικανότητα ανάλυσης χημικών μορφών στοιχείων	1.Μειωμένη εφαρμοσιμότητα 2.Χημικές και φυσικές παρεμβολές
Νετρονική ενεργοποίηση (NAA) (Αργυράκη, 2007)	ποικίλες (ppm-ppb)	Περίπου 74 στοιχεία	1.Πολυστοιχειακή ανάλυση > 50 στοιχείων 2.Μη καταστρεπτική τεχνική 3.Δεν απαιτείται προετοιμασία του δείγματος 4.Χαμηλά όρια ανίχνευσης για τα περισσότερα στοιχεία 5.Δυνατότητα προσδιορισμού μεγάλου εύρους συγκεντρώσεων	1.Αδυναμία προσδιορισμού των στοιχείων Pb,S,Si,Sn 2. Χαμηλή επαναληψιμότητα 3.Απαιτείται η λειτουργία πυρηνικού αντιδραστήρα. 4. Παραγωγή ραδιενεργών αποβλήτων μετά το πέρας της ανάλυσης. 5.Μεγάλος χρόνος ανάλυσης
Αέριος χρωματογραφία (GC) (Καλημαλή, 2008)	0,01-1 ppm	Ni, Co, Cu, Cr	1.Γρήγορη ανάλυση, συνήθως μερικά λεπτά 2.Αποτελεσματικότητα με υψηλό διαχωρισμό 3. Μη καταστρεπτική τεχνική 4.Αρκετά καλή ευαισθησία 5..Χαμηλό κόστος λειτουργίας	1.Περιορίζεται στα πτητικά δείγματα 2.Ακατάλληλη για τα θερμικά ασταθή δείγματα 3.Αρκετά δύσκολη για τα μεγάλα, παρασκευαστικά δείγματα 4.Απαιτεί φασματοσκοπία για την επιβεβαίωση της ταυτότητας.

Υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC) (Καψημαλή, 2008)	0,01-1 ppm	Αρκετά βαρέα μέταλλα	1.Μεγάλη ταχύτητα, συνήθως μερικά λεπτά 2.Μεγάλη διαχωριστική ικανότητα 3.Μεγάλη ευαισθησία 4.Απαιτεί ελάχιστη ποσότητα δείγματος 5.Μεγάλη ακρίβεια 6.Αυτόματη	1.Υψηλό λειτουργικό κόστος 2.Χαμηλή ευαισθησία σε μερικές ενώσεις 3.Περίπλοκη 4.Μη αντιστρεπτή προσρόφηση ενώσεων 5.Απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό 6.Χρησιμοποιείται για αναλυτικούς σκοπούς
Φωτομετρία (Πολίτη, 2016)	0,1-10 ppm	Pb, Cu, Cr, Fe, Ti, Mo κλπ	1.Το αντιδραστήριο είναι εμπορικά διαθέσιμο και η διαδικασία είναι τυποποιημένη 2.Μικρά σφάλματα 3.Έχει παραχθεί μεγάλη βάση δεδομένων για σύγκριση αποτελεσμάτων.	1.Εφαρμογή βέλτιστου χρόνου αντίδρασης και θερμοκρασίας για την ανάπτυξη του χρώματος 2.Χρήση γαλλικού οξέος ως πρότυπο

4.3 Μέθοδος της φθορισμομετρίας ακτίνων X ενεργειακής διασποράς (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence, EDXRF)

4.3.1 Ανάλυση της μεθόδου EDXRF ως προς τη χρησιμότητά της στην ανάλυση ιχνοστοιχείων του οίνου και του εδάφους

Η στοιχειακή σύνθεση του κρασιού έχει αναλυθεί ευρέως χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθόδους. Μια τυπική αναλυτική προσέγγιση για την ανάλυση των συγκεντρώσεων διαφορετικών στοιχείων στο κρασί γίνεται μέσω της χρήσης ατομικής εκπομπής φλόγας (FAES), φασματομετρίας απορρόφησης φλόγας (FAAS), επαγωγικά συζευγμένης φασματομετρίας πλάσματος-μάζας (ICP-MS), επαγωγικά συζευγμένης φασματομετρίας πλάσματος-οπτικής εκπομπής ή φασματομετρίας ατομικής εκπομπής (ICP-OES/ICP-AES). Οι προαναφερθείσες τεχνικές είναι όλες καταστροφικές, γεγονός που θα μπορούσε να οδηγήσει σε πιθανή απώλεια πτητικών στοιχείων, για παράδειγμα του Br. Σε σύγκριση με τις FAES και FAAS, οι ICP-MS και ICP-OES/ICP-AES είναι πολυστοιχειακές αλλά πιο ακριβές και χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος συντήρησης. Από την άλλη πλευρά, οι τεχνικές φθορισμού ακτίνων X ολικής ανάκλασης (TXRF) και φθορισμού ακτίνων X διασποράς ενέργειας (EDXRF) είναι πολυστοιχειώδεις, οικονομικά προσιτές, μη καταστροφικές και απαιτούν ελάχιστη προετοιμασία του δείγματος.

Η TXRF επιτρέπει την άμεση εφαρμογή της μικρής ποσότητας του δείγματος (συνήθως 5–10 μL) στη θήκη δείγματος, ακολουθούμενη από σύντομο στέγνωμα σε χαμηλές θερμοκρασίες (κάτω από 50 $^{\circ}\text{C}$). Η EDXRF απαιτεί μεγαλύτερη ποσότητα δείγματος (συνήθως 1–2 g) και προσυμπύκνωση του δείγματος με λυοφιλοποίηση (πάγωμα-ξηράνση). Τα δείγματα που προετοιμάζονται για τις TXRF και EDXRF διατηρούν τα περισσότερα από τα πτητικά στοιχεία. Και οι δύο τεχνικές είναι εύχρηστες και έχουν υψηλή απόδοση.

Η EDXRF είναι ιδιαίτερα χρήσιμη εάν επιδιώκεται η συσχέτιση εδάφους-οίνου, επειδή η EDXRF είναι επίσης κατάλληλη για την ανάλυση δειγμάτων ορυκτών. Έτσι, και το κρασί αλλά και το έδαφος μπορούν να αναλυθούν με την ίδια τεχνική.

Η TXRF σε σύγκριση με την EDXRF είναι πιο κατάλληλη για υγρά δείγματα και έχει χαμηλότερο όριο ανίχνευσης, έως μέρη ανά τρισεκατομμύριο (10^{-12}), ενώ το όριο ανίχνευσης της EDXRF είναι συνήθως σε μέρη ανά εκατομμύριο (10^{-6}).

Η TXRF έχει ήδη αποδειχθεί χρήσιμη στην ανάλυση κρασιού, ενώ η EDXRF βελτιστοποιήθηκε για την ανάλυση κρασιού με τη χρήση λυοφιλοποίησης, η οποία αναπτύχθηκε πρόσφατα στο εργαστήριο Ruder Bošković και ορισμένα προοιμιακά αποτελέσματα έχουν δημοσιευτεί από τους Sudac et al. Υπήρξαν προσπάθειες να χρησιμοποιηθεί η EDXRF σε δείγματα που προ-συμπυκνώθηκαν με ταυτόχρονη κατακρήμνιση με το σύμπλοκο διθειοκαρβαμιδικής πυρρολιδίνης αμμωνίου· ωστόσο, τα αποτελέσματα που ελήφθησαν υποβάθμισαν τη σημασία των συγκεντρώσεων ορισμένων μετρούμενων στοιχείων (π.χ. Fe και Zn) που θα αναμένονταν στο κρασί. Το μειονέκτημα της χρήσης της λυοφιλοποίησης ως τεχνικής προ-συγκέντρωσης είναι το αυξημένο αρχικό κόστος του εργαστηριακού εξοπλισμού (μεταξύ 10.000 € και 25.000 € έως και το 2021) καθώς και το γεγονός ότι ο απαιτούμενος χρόνος για την ολοκλήρωση της διαδικασίας συνήθως διαρκεί 2 ημέρες (Obhodas, et al., 2021). Ωστόσο, τόσο το EDXRF όσο και το TXRF μπορούν να

συνδυαστούν σε ένα όργανο συνδέοντας μονάδες TXRF και EDXRF στην ίδια πηγή διέγερσης, γεγονός που κάνει τα όργανα ακόμα πιο ευέλικτα και οικονομικά.

4.3.2 Ανάλυση δειγμάτων με EDXRF

Τα δείγματα των κρασιών αναλύθηκαν με τη μέθοδο της φθορισμομετρίας ακτίνων Χ ενεργειακής διασποράς (EnergyDispersiveX-RayFluorescence, EDXRF) στο σύστημα Spectro-Xepos του εργαστηρίου Αναλυτικής και Περιβαλλοντικής Χημείας του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η ανάλυση έγινε απευθείας στην υγρή φάση, χωρίς καμία ειδική προκατεργασία. Αρχικά, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικούς δειγματοφορείς (Chemplex) διαμέτρου 32mm, που διαθέτουν πυθμένα από λεπτό υπόστρωμα FilmProlene (4.0 μm , ChemplexCatNo.416), ούτως ώστε να υπάρχει όσο το δυνατόν μικρότερη απορρόφηση των ακτίνων Χ. Κάθε φορά τοποθετούσαμε στον δειγματοφορέα 4-5 g δείγματος. Μετά την παρέλευση περίπου μισής ώρας, χρονικού διαστήματος ικανού ώστε να εξασφαλιστεί ότι δεν θα υπάρχουν διαρροές, τοποθετούνταν στον δειγματολήπτη του EDXRF. Τα δείγματα ακτινοβολούνταν σε ατμόσφαιρα Ηλίου για 15 λεπτά κάθε δείγμα (3 modes ακτινοβολήσης, 5 λεπτά για το καθένα). Ο υπολογισμός των συγκεντρώσεων έγινε από το ειδικό λογισμικό του συστήματος και τα ελάχιστα όρια ανίχνευσης κυμαίνονται στην περιοχή 1-10 mg/kg (ppm) για τα περισσότερα στοιχεία που μπορούσαν να ανιχνευθούν, δηλαδή με ατομικό αριθμό μεγαλύτερο του Νατρίου. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται στο τέλος στο παράρτημα.

Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα μελέτης

Στην παρούσα εργασία ελέγχθηκαν οι τιμές των κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων των γεωχημικών αναλύσεων πετρωμάτων και των χημικών αναλύσεων των οίνων αλλά και οι μέσοι όροι αυτών. Έγινε η σύγκριση μεταξύ τους ώστε να εντοπιστεί πιθανή συσχέτιση.

Για τα στοιχεία TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , Th , Rb , Ba , Y , Ni , Ch και Co , αν και υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στις τιμές των γεωλογικών δειγμάτων, στα στοιχεία των κρασιών δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές ώστε να μπορέσουμε να τα συσχετίσουμε μεταξύ τους. Ωστόσο μερικά από αυτά τα στοιχεία όπως Fe_2O_3 , MnO , CaO , Na_2O , K_2O , Rb , Ba και MgO σύμφωνα με την (Πασβάνκα, 2020) είναι καλοί δείκτες, από την περιεκτικότητα των οποίων εξαρτάται η γεωγραφική προέλευση και, συνεπώς, η συσχέτιση μεταξύ εδάφους και κρασιού.

Σημαντικές διαφορές διαπιστώθηκαν στα στοιχεία Sr , Nb και Zr , που αποτελούν επίσης σημαντικούς δείκτες γεωγραφικής προέλευσης, σύμφωνα με την (Πασβάνκα, 2020). Αποτελούν ιχνοστοιχεία προερχόμενα από το έδαφος και δεν περιλαμβάνονται στην

ομάδα των στοιχείων που προέρχονται από εξωτερικούς παράγοντες ή από μολύνσεις στα διάφορα στάδια παρασκευής των οίνων.

Τα επίπεδα συγκεντρώσεων του Στρόντιου (Sr) στα γεωλογικά δείγματα της Ικαρίας (18-2878 ppm) έχουν μέσο όρο τιμών 300 ppm, στη Λήμνο (733-1950ppm) έχουν 1088 ppm ενώ στην Κεφαλονιά (5-80,4 ppm) 14 ppm. Αντίστοιχα, τα επίπεδα συγκεντρώσεων του Στρόντιου στους οίνους για την Ικαρία (1.2 και 1.3 ppm) έχουν μέσο όρο τιμών 1.25 ppm, στη Λήμνο (1.4, 1.5 και 1.1 ppm) έχουν 1.33 ppm ενώ στην Κεφαλονιά(0.7 και 0.7 ppm) 0.7 ppm.

Τα επίπεδα συγκεντρώσεων του Νιόβιου (Nb) στα γεωλογικά δείγματα της Ικαρίας (1-122 ppm) έχουν μέσο όρο τιμών 11.19ppm, στη Λήμνο (10-22ppm) 15.56 ppm ενώ στην Κεφαλονιά (0-1.1 ppm) έχουν 0.19 ppm. Αντίστοιχα, τα επίπεδα συγκεντρώσεων του Νιόβιου στους οίνους στην Ικαρία (1 και 0.1 ppm) έχουν μέσο όρο τιμών 0.55 ppm, στη Λήμνο (1.4, 1 και 0.2 ppm) έχουν τα 0.86 ppm ενώ στην Κεφαλονιά (0.2 και 0.1 ppm) 0.15 ppm.

Τα επίπεδα συγκεντρώσεων του Ζιρκονίου (Zr) στα γεωλογικά δείγματα της Ικαρίας (45-578 ppm) έχουν μέσο όρο τιμών τα 195 ppm, της Λήμνου (169-451 ppm) έχουν μέσο όρο τιμών τα 308 ppm ενώ της Κεφαλονιάς (0,52-15 ppm) έχουν μέσο όρο τιμών τα 3.7 ppm. Αντίστοιχα τα επίπεδα Ζιρκονίου των οίνων για την Ικαρία (1 και 1ppm) είναι με μέσο όρο τιμών το 1 ppm, για τη Λήμνο (11.8, 12.6 και 16 ppm) έχουν μέσο όρο τιμών τα 13.47 ppm ενώ για την Κεφαλονιά (0.2 και 0.5 ppm) έχουν μέσο όρο τιμών τα 0.35 ppm.

Βλέπουμε ότι, παρά τις πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις των παραπάνω ιχνοστοιχείων, καθίστανται πολύ σημαντικά στη συσχέτιση μεταξύ εδάφους–κρασιού. Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με τη σύγκριση των τιμών των τριών ιχνοστοιχείων στα γεωλογικά δείγματα και στα δείγματα των οίνων.

Πίνακας 4. Σύγκριση των μέσων όρων τιμών των στοιχείων Στρόντιο (Sr), Νιόβιο (Nb)και Ζιρκόνιο (Zr) των γεωλογικών δειγμάτων (αριστερά) και των δειγμάτων των κρασιών (δεξιά)

Κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία	Μέσος όρος τιμών των γεωλογικών δειγμάτων (ppm)			Μέσος όρος τιμών των δειγμάτων κρασιών (ppm)		
	Ικαρία	Λήμνος	Κεφαλονιά	Ικαρία	Λήμνος	Κεφαλονιά
Sr	300	1088	14	1,25	1,33	0,7
Nb	11,19	15,56	0,19	0,55	0,86	0,15
Zr	195	308	3,7	1	13,47	0,35

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες με τα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία των γεωχημικών αναλύσεων πετρωμάτων αλλά και των χημικών αναλύσεων των κρασιών. Έπειτα, ξεχωρίζονται οι πίνακες για τα εδαφολογικά στοιχεία Sr, Nb και Zr, όπου γίνεται και άμεση σύγκριση με τις τιμές των ίδιων στοιχείων από τις χημικές αναλύσεις των κρασιών.

Πίνακας 5. 1Χημικές αναλύσεις (XRF) αντιπροσωπευτικών δειγμάτων μεταβασιτών Ικαρίας (Ηλιόπουλος, 2005), σε σύγκριση στα δεξιά με χημικές αναλύσεις (EDXRF) οίνων Ικαρίας.

			Χημικές αναλύσεις (XRF) αντιπροσωπευτικών δειγμάτων μεταβασιτών (πρασινοσχιστόλιθοι, αμφιβολίτες) της Ικαρίας														Χημικές αναλύσεις (EDXRF) οίνων Ικαρίας	
			Ενότητα Μεσσαριάς		Σχηματισμός Πετροπουλίου		Ακολουθία γνευσίων Πλαγιάς										Sample Name MNTS wine Litani Begleri Ikaria (no sulfite)	Sample Name MNTS wine Pithari Begleri Ikaria (no sulfite)
Geochemical Analyses			Sample Name IK111b	Sample Name IK124	Sample name IK115d	Sample name IK130	Sample name IK40b	Sample name IK74a	Sample name IK76a	Sample name IK102c	Sample name IK148	Sample name IK180c	Sample name IK188a	Sample name IK211b	Sample name IK239a			
z	Symbol	Element	concentration															
			Major in ppm															
14	SiO ₂	Silicon	505100	508500	759200	626200	622900	491300	479300	491800	729800	478600	493600	510200	525000		0,02256	0,02443
22	TiO ₂	Titanium	13500	19900	7000	12900	9400	11500	16700	2300	2900	17300	22000	21800	12600		0,0009	0,00034
13	Al ₂ O ₃	Aluminum	146100	161700	108400	117600	127500	139100	127200	63800	72900	156500	150300	131300	165800		0,0038	0,0038
26	Fe ₂ O ₃	Iron	111100	117300	44000	75500	71400	133400	141600	62300	39700	147900	152000	164800	116700		0,00014	0,00014
25	MnO	Manganese	1800	2200	400	800	1100	2000	2100	3400	1200	2200	2800	2400	1700		0,00072	0,00051
12	MgO	Magnesium	65500	58300	17900	38700	26200	81300	79100	159600	19200	62900	59600	56400	25400	0,0034	0,0034	
20	CaO	Calcium	127200	89600	24300	116100	130800	105700	127900	210300	124300	98900	83300	89600	113600	0,00048	0,00245	
11	Na ₂ O	Sodium	23400	31900	7200	2800	3700	27000	18600	1700	7500	20600	25300	16700	29500	0,1304	0,1439	
19	K ₂ O	Potassium	2000	6500	28800	4000	2600	4000	3500	3300	800	3200	2000	2400	4400	0,1335	0,1441	
15	P ₂ O ₅	Phosphorus	1700	2100	700	1200	3500	1100	1400	1700	1500	1100	1400	1100	500	0,04708	0,04894	
	Σύνολο		99,74	99,8	99,79	99,58	99,91	99,64	99,74	100,04	99,98	98,92	99,23	99,67	99,52	0,39	0,41	
			997400															
			Trace in ppm															
37	Rb	Rubidium	<LLD	16	55	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	14	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	2,3	2,4	
38	Sr	Strontium	243	346	102	226	547	187	145	114	141	161	153	83	181	1,2	1,3	
56	Ba	Barium	72	117	197	133	117	181	86	294	32	112	113	69	92	2	2	
39	Y	Yttrium	26	50	12	46	27	28	44	7	16	47	58	59	20	1,1	1,1	
40	Zr	Zirconium	108	293	60	110	144	84	118	54	62	105	163	161	101	1	1	
23	V	Vanadium	250	303	70	150	103	302	352	21	47	451	496	473	96	15,1	9,7	
28	Ni	Nickel	72	49	24	45	39	58	63	14	66	63	61	48	74	1,7	1,6	
24	Cr	Chromium	256	113	62	83	51	231	249	12	94	201	142	151	250	1	1	
27	Co	Cobalt	38	27	45	18	14	45	42	<LLD	5	40	42	41	22	3	3	
41	Nb	Niobium	7	19	10	14	24	6	4	6	8	5	13	11	5	1	0,1	
90	Th	Thorium	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	0,2	0,3	

<LLD: Κάτω από τα όρια ανιχνευσιμότητας

Πίνακας 5. 2Χημικές αναλύσεις (XRF) αντιπροσωπευτικών δειγμάτων μεταϊζημάτων της Ικαρίας (Ηλιόπουλος, 2005), σε σύγκριση στα δεξιά με τις χημικές αναλύσεις (EDXRF) οίνων Ικαρίας

			Χημικές αναλύσεις (XRF) αντιπροσωπευτικών δειγμάτων μεταϊζημάτων (φυλλίτες, σχιστόλιθοι, γνευσιοσχιστόλιθοι) της Ικαρίας																		Χημικές αναλύσεις (EDXRF) οίνων Ικαρίας	
			Ενότητα Μεσσαριάς		Σχηματισμός Πετροπουλίου		Ακολουθία Γνευσίων Πλαγιάς														Sample Name MNTS wine Litani Begleri Ikaria (no sulfite)	Sample Name MNTS wine Pithari Begleri Ikaria (no sulfite)
Geochemical Analyses			Sample name IK69b	Sample name IK107	Sample name IK115a	Sample name IK203a	Sample name IK4b	Sample name IK32b	Sample name IK32d	Sample name IK72	Sample name IK77b	Sample name IK102a	Sample name IK116a	Sample name IK116b	Sample name IK202a	Sample name IK202c	Sample name IK228a	Sample name IK229	Sample name IK231c	Sample name IK256b		
z	Symbol	Element	concentration																			
			Major in ppm																			
14	SiO ₂	Silicon	550100	559400	621800	625300	718400	638800	659600	615600	471000	598500	651700	628500	629900	689300	887700	668900	473200	559000	0,02256	0,02443
22	TiO ₂	Titanium	9100	8300	8300	8600	7500	17300	15400	9100	28800	16200	8200	10200	8900	5100	4700	10000	18500	9200	0,0009	0,00034
13	Al ₂ O ₃	Aluminum	203500	141700	141700	192100	173400	190400	151000	204600	220500	218400	195100	210000	209400	184600	93100	173000	354000	214100	0,0038	0,0038
26	Fe ₂ O ₃	Iron	85800	73400	73400	61500	35100	70100	69200	61000	114800	70200	52200	64100	55200	32500	86000	60000	66700	73100	0,00014	0,00014
25	MnO	Manganese	400	1100	1100	600	500	1400	1100	600	1700	500	600	600	400	200	300	400	600	900	0,00072	0,00051
12	MgO	Magnesium	100800	41800	41800	33600	12300	24200	32100	35300	36700	22100	18800	32500	36200	14800	4200	28100	8900	62600	0,0034	0,0034
20	CaO	Calcium	19700	134300	134300	1400	8900	10800	38700	12100	57800	13100	10800	11500	6700	15700	4400	16900	21300	13600	0,00048	0,00245
11	Na ₂ O	Sodium	5700	13100	13100	25500	8800	5000	9400	16900	29800	11400	11100	19200	16400	34300	3000	17800	5600	12100	0,1304	0,1439
19	K ₂ O	Potassium	24900	23200	23200	27600	30100	35200	20300	42100	31900	46800	45700	25000	31100	21600	17800	21300	30100	45300	0,1335	0,1441
15	P ₂ O ₅	Phosphorus	500	1600	1600	1000	1300	1700	1900	1300	1200	1600	800	500	900	900	800	900	1300	500	0,04708	0,04894
	Σύνολο		100,05	99,79	99,79	99,01	99,63	99,79	99,87	99,86	99,43	99,88	99,5	100,21	99,51	99,9	99,46	99,73	98,03	99,04	0,39	0,41
			Trace in ppm																			
37	Rb	Rubidium	81	89	51	69	62	105	79	107	65	160	121	62	66	56	66	82	75	136	2,3	2,4
38	Sr	Strontium	18	254	84	107	83	76	242	119	774	105	76	138	77	80	49	126	88	54	1,2	1,3
56	Ba	Barium	316	330	423	732	453	577	401	887	1318	796	727	505	757	427	206	574	407	510	2	2
39	Y	Yttrium	25	22	31	33	22	44	36	32	29	43	30	37	27	29	9	31	<LLD	29	1,1	1,1
40	Zr	Zirconium	167	148	155	184	241	296	305	178	373	326	226	222	201	155	316	244	350	176	1	1
23	V	Vanadium	173	116	199	118	64	186	170	118	203	174	82	128	112	29	<LLD	128	247	162	15,1	9,7
28	Ni	Nickel	261	71	48	34	21	54	58	58	111	53	24	37	30	10	5	32	45	159	1,7	1,6
24	Cr	Chromium	422	98	164	70	49	149	115	73	150	106	50	125	56	20	23	87	173	234	1	1
27	Co	Cobalt	31	27	56	24	36	59	50	27	51	35	23	61	17	18	53	34	40	29	3	3
41	Nb	Niobium	15	15	13	13	12	26	22	13	122	26	14	14	14	10	7	13	28	17	1	0,1
90	Th	Thorium	12	15	<LLD	13	21	22	18	12	37	28	32	18	26	21	8	8	<LLD	19	0,2	0,3

<LLD: Κάτω από τα όρια ανιχνευσιμότητας

Πίνακας 5. 3Χημικές αναλύσεις (XRF) αντιπροσωπευτικών δειγμάτων μεταβωξιτών, μεταμαγνανιούχων ιζημάτων, κερατιτών, ασβεστοπυριτικών πετρωμάτων, διοριτών, τουρμαλινίτη και φλεβικού πετρώματος της Ικαρίας (Ηλιόπουλος, 2005), σε σύγκριση στα δεξιά με χημικές αναλύσεις (EDXRF) δειγμάτων από τοπικούς οίνους της Ικαρίας.

			Χημικές αναλύσεις (XRF) αμιτιπροσωπευτικών δειγμάτων μεταβωξιτών, μεταμαγνανιούχων ιζημάτων ("Ικαρίτης"), κερατιτών, ασβεστοπυριτικών πετρωμάτων , διοριτών (Ενότητα Κεφάλας), τουρμαλινίτη και ενός φλεβικού πετρώματος της Ικαρίας.																Χημικές αναλύσεις (EDXRF) οίνων Ικαρίας	
			Μεταβωξίτες				Μεταμαγνανιούχα ιζήματα ("Ικαρίτης")				Κερατίτες		Ασβεστοπυριτικά		Διορίτες		Τουρμα-λινίτης	Φλέβα	Sample Name MNTS wine Litani Begleri Ikaria (no sulfite)	Sample Name MNTS wine Pithari Begleri Ikaria (no sulfite)
Geochemical Analyses			Sample name IK165	Sample name IK193a	Sample name IK193b	Sample name IK204b	Sample name IKPI	Sample name IK305F	Sample name IK305G	Sample name IK305J	Sample name IK331a	Sample name IK360	Sample name IK232a	Sample name IK128d2	Sample name IK112a1	Sample name IK112a2	Sample name IK93b	Sample name IK227c		
z	Symbol	Element	concentration																	
			Major in ppm																	
14	SiO ₂	Silicon	312300	393600	220800	241600	592500	427300	296400	355200	556400	565000	480700	31800	539000	584900	453100	887200	225,6	244,3
22	TiO ₂	Titanium	2200	5900	26300	32500	2200	1300	6000	4800	5700	5000	9400	200	13600	10900	18700	900	9	3,4
13	Al ₂ O ₃	Aluminum	421800	380100	514100	494700	85000	141500	101400	80400	117900	135600	149300	3800	160000	177700	75300	45000	38	38
26	Fe ₂ O ₃	Iron	158900	132500	160500	138200	40700	46700	53100	59700	55200	44700	106900	19300	108400	72200	120300	47700	1,4	1,4
25	MnO	Manganese	400	700	200	100	64200	112000	318500	350400	600	900	1500	1000	1600	1100	2700	1300	7,2	5,1
12	MgO	Magnesium	22700	54200	12100	11500	29500	6700	14600	17500	22600	17200	51000	272500	51200	30800	64100	22100	34	34
20	CaO	Calcium	27700	8300	45900	69800	159900	229800	209200	116000	232900	185500	164600	669300	78000	63500	253400	28000	4,8	24,5
11	Na ₂ O	Sodium	6400	12600	3200	3300	3800	23400	100	2800	2000	13200	2300	200	34900	47200	1700	1800	1304	1439
19	K ₂ O	Potassium	42600	4200	11300	900	4700	11200	400	1900	4600	31200	20700	100	5100	3500	3800	600	1335	1441
15	P ₂ O ₅	Phosphorus	400	400	200	0	600	200	200	200	2000	1600	900	600	2600	2900	600	500	470,8	489,4
	Σύνολο		99,54	99,25	99,46	99,27	99,31	100,01	99,99	99,99	99,99	99,99	98,73	99,88	99,44	99,47	99,37	103,42	3900	4100
			Trace in ppm																	
37	Rb	Rubidium	83	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	26	110	68	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	2,3	2,4
38	Sr	Strontium	97	457	43	77	1776	2878	345	636	293	235	311	266	403	527	327	<LLD	1,2	1,3
56	Ba	Barium	265	50	116	161	2819	2936	3495	5861	181	510	308	17	244	263	797	<LLD	2	2
39	Y	Yttrium	<LLD	12	45	181	33	22	24	28	26	25	29	<LLD	35	12	55	<LLD	1,1	1,1
40	Zr	Zirconium	47	72	532	578	57	103	85	79	248	167	98	<LLD	260	464	259	89	1	1
23	V	Vanadium	206	265	175	295	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	79	61	249	<LLD	148	54	194	<LLD	15,1	9,7
28	Ni	Nickel	90	59	218	213	22	<LLD	<LLD	39	25	24	68	<LLD	37	22	73	<LLD	1,7	1,6
24	Cr	Chromium	331	149	903	457	<LLD	<LLD	<LLD	17	24	30	111	<LLD	113	40	147	<LLD	1	1
27	Co	Cobalt	57	26	86	58	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	28	<LLD	19	13	22	<LLD	3	3
41	Nb	Niobium	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	na	na	na	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	1	0,1
90	Th	Thorium	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	na	na	na	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	0,2	0,3

<LLD: Κάτω από τα όρια ανιχνευσιμότητας

na: Δεν αναλύθηκε

Πίνακας 5. 4Χημικές αναλύσεις (XRF) γεωλογικών δειγμάτων των περιοχών Κατάλλακου και Ρωμανού της νήσου Λήμνου, σε σύγκριση στα δεξιά με χημικές αναλύσεις (EDXRF) δειγμάτων από τοπικούς οίνους της νήσου Λήμνου.

			Χημικές αναλύσεις (XRF) γεωλογικών δειγμάτων της νήσου Λήμνου																			Χημικές αναλύσεις (EDXRF) δειγμάτων οίνου της νήσου Λήμνου			
			Ktalakon							Romanou															
			Fakos qz monzonite			K.South	Katalakon North																		
			Sample Name LM50	Sample Name LM45	Sample Name LM48	Sample Name LM72	Sample Name LM89	Sample Name LM35	Sample Name LM40	Sample Name LM43	Sample Name LM31	Sample Name LM32	Sample Name LM24	Sample Name LM30	Sample Name LM28	Sample Name LM21	Sample Name LM25	Sample Name LM80	Sample Name LM66	Sample Name LM18		Sample Name wine Assyrtiko Limnos	Sample Name wine Moschato Alakandreias Limnos Avros Nikol	Sample Name wine Moschato Alakandreias	
Geochemical Analysis			Rock body Dike	Rock body Stock	Rock body Stock	Rock body Dike	Rock body Stock	Rock body ?Lava	Rock body Dike	Rock body Dike	Rock body Cobble in conglomerate	Rock body Flow	Rock body Cobble in cgl	Rock body Monomicic lava breccia		Rock body Dome	Rock body Stock	Rock body Cobble in cgl	Rock body Lava bc						
z	Symbol	Element	concentration																						
			Major in ppm																						
14	SiO ₂	Silicon	584000	597000	602000	582000	604000	613000	622000	634000	585000	587000	588000	589000	598000	597000	597000	604000	607000	668000		0,02526	0,01327	0,00582	
22	TiO ₂	Titanium	8400	7800	7900	7900	7100	7200	5400	6700	7900	7700	8100	7900	8500	9100	8800	7100	8900	8800		0,00034	0,00067	0,00048	
13	Al ₂ O ₃	Aluminum	147700	148700	147000	149500	159700	163900	147500	151300	146500	145000	166800	147100	150400	152100	172800	159700	159700	130200		0,0038	0,0038	0,0038	
26	Fe ₂ O ₃	Iron	60000	57000	57200	56000	55100	50300	44600	51000	55100	53900	62200	55000	55800	55400	53500	55100	53400	48500		0,00014	0,00014	0,00014	
25	MnO	Manganese	1200	1100	1100	1000	900	800	900	700	900	0,1	400	0,14	800	500	200	900	400	700		0,00069	0,00076	0,00034	
12	MgO	Magnesium	40600	31300	32100	34500	26400	25800	23400	20700	36000	35400	11400	35900	25800	20000	7800	26400	17200	7000		0,0034	0,0034	0,0034	
20	CaO	Calcium	46400	40400	40600	48900	39200	34500	39000	33600	54600	54600	21000	55300	52300	46500	23900	39200	39800	37100		0,01109	0,01523	0,00546	
11	Na ₂ O	Sodium	30600	34400	34200	30000	40300	26100	31700	33800	31300	31700	32600	31500	35600	36300	36300	40300	37000	31600		0,1285	0,144	0,1123	
19	K ₂ O	Potassium	50900	50900	48900	36000	33200	31300	35100	32200	42400	44200	43600	46300	46600	48800	45300	33200	41000	37200		0,06787	0,1775	0,1187	
15	P ₂ O ₅	Phosphorus	5200	5000	4900	3900	3200	3500	3300	3200	4500	5000	1900	4800	5500	6800	4400	3200	5000	5100		0,06275	0,03581	0,043133	
	L.O.I.		21500	13500	11900	47800	31900	48500	34600	21300	29900	25400	49800	27500	10400	21300	39700	31900	25600	33800					
	Total		99,66	98,73	98,76	99,71	100,1	100,48	98,75	98,87	99,36	99,09	98,62	100,18	98,73	99,35	98,93	100,1	99,45	99,37		0,35	0,47	0,37	
			Trace in ppm																						
56	Ba	Barium	2540	2290	2260	2330	1720	1710	2680	1710	2280	2200	2170	2190	2520	2280	5460	1720	1870	2000		9,2	2	2	
37	Rb	Rubidium	171	198	188	105	100	86	112	89	166	163	170	164	182	186	154	100	164	130		1,7	2,2	2,3	
38	Sr	Strontium	1080	1190	1140	899	781	737	1860	877	1390	1330	1380	1290	1380	1180	1950	781	917	1050		1,4	1,1	1,5	
39	Y	Yttrium	24	23	23	26	22	26	23	24	25	25	22	24	25	25	24	22	24	19		1,3	1,1	1,3	
50	Zr	Zirconium	350	401	350	313	210	254	317	246	423	394	429	396	451	388	442	210	343	272		11,8	12,6	16	
41	Nb	Niobium	20	21	20	15	13	12	14	10	20	18	20	19	22	20	20	13	18	13		1	0,2	1,4	
82	Pb	Lead	49	32	97	46	50	94	89	37	56	61	67	59	58	59	108	50	51	63		0,2	0,1	1,1	
31	Ga	Gallium	18	20	19	19	22	19	18	19	20	20	20	19	21	19	21	22	19	16		0,5	0,5	0,5	
30	Zn	Zinc	55	65	77	71	90	76	63	72	83	75	111	68	57	73	38	90	57	56		0,3	1,2	0,6	
29	Cu	Copper	51	48	70	14	27	36	18	17	36	30	79	31	67	43	71	27	28	35		0,5	0,2	0,6	
28	Ni	Nickel	23	26	24	18	9	18	13	10	26	25	14	26	23	27	8	9	25	18		2	1,1	2,1	
23	V	Vanadium	143	142	134	119	110	100	96	119	135	152	119	134	154	134	143	110	131	75		13,7	7,5	14	
24	Cr	Chromium	62	73	66	57	21	30	36	22	80	87	50	69	69	80	32	21	100	43		1	1	1,5	
57	La	Lanthanum	99	105	101	76	70	81	123	69	98	101	80	99	112	91	109	70	69	73		2	2	2	
58	Ce	Cerum	183	192	188	139	133	153	215	130	186	189	138	185	207	164	194	133	127	125		2	2	2	
	Pr	Praseodymium	16,2	16,8	16,5	13	14,6	13,3	18	11,3	16,7	16,8	11,1	16,6	18,5	19,5	17,8	14,6	13,1	15,1					
	Nd	Neodymium	66	68	68	51	54,9	54	69	46	68	68	45	68	75	71	70	55	55	54					
	Sm	Samarium	10,9	11,6	11,4	9,2	9,15	10	10,7	805	11,6	11,7	8,5	11,6	12,8	11,3	11,6	9,2	9,7	8,4					
	Eu	Europium	2,45	2,59	2,47	2,14	2,04	2,31	2,55	1,87	2,6	2,55	2,38	2,53	2,83	2,5	2,75	2,04	2,35	1,82					
	Gd	Gadolinium	6,9	7,1	7,1	6	6,8	7,1	6,5	6	7,5	7,5	6,5	7,6	7,8	6,9	6,5	6,8	6,6	5,5					
	Tb	Terbium	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7					
	Dy	Dysprosium	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,9	4	4,1	4,5	4,5	4,4	4,5	4,8	4,7	4,1	4,5	4,5	3,6					
	Ho	Holmium	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,6					
	Er	Erbium	2,3	2,3	2,3	2,3	2,41	2,6	2,1	2,2	2,3	2,4	2,1	2,3	2,4	2,6	2,2	2,4	2,4	1,9					
	Tm	Thulium	0,32	0,32	0,33	0,36	0,35	0,37	0,3	0,32	0,33	0,33	0,28	0,33	0,32	0,38	0,32	0,35	0,35	0,27					
	Yb	Ytterbium	2,1	2,1	2,1	2,4	2,3	2,4	2	2	2,2	2,2	1,8	2,2	2,2	2,4	2,2	2,3	2,3	1,8					

	Lu	Lutetium	0,3	0,31	0,3	0,34	0,33	0,33	0,3	0,3	0,31	0,32	0,26	0,31	0,31	0,33	0,32	0,33	0,32	0,26				
27	Co	Cobalt	15	17	15	13	12	9	9	12	15	21	14	16	16	12	6	12	11	9		3	3	3,9
58	Ce	Cerium	30	8,7	5,3	1,8	2,6	0,8	1,1	2,8	8,4	7,7	5,9	8,8	6,8	9,6	7,6	2,6	6,8	5,9		2	2	2
72	Hf	Hafnium	10	9,8	10,3	8,3	6,4	6,8	8,2	5,7	9,7	8,2	9,5	9,2	10,2	12,9	10,5	6,4	9,6	8,6		1	1	1
51	Sb	Antimony	1,5	1,5	1,6	<LLD	0,6	1,1	<LLD	<LLD	0,8	2,6	1,8	2,2	1	0,7	1,3	0,6	0,8	1,1		3	3	4
	Sc	Scandium	18	17	18	16	13	13	11	13	18	17	17	17	18	18	15	13	21	11				
73	Ta	Tantalum	1,4	1,4	1,5	0,8	0,7	0,7	0,8	0,5	1,2	1,1	1,2	1,1	1,3	1,4	1,4	0,7	1,1	0,9		1	1	1,2
90	Th	Thorium	53	54	55	29	20	26	42	21	48	46	51	47	55	65	54	20	33	41		1	0,1	1
92	U	Uranium	10,1	8,9	7,8	4,5	3,3	4	7,9	3,3	9,7	9,3	6	9,8	10,4	10,8	10,2	3,26	8,6	7,9	0,4	0,3	0,4	

<LLD: Κάτω από τα όρια ανιχνευσιμότητας

Πίνακας 5. 5Χημικές αναλύσεις (XRF) γεωλογικών δειγμάτων των περιοχών Αγίου Ιωάννη και Μύρινας της νήσου Λήμνου, σε σύγκριση στα δεξιά με τις χημικές αναλύσεις (EDXRF) δειγμάτων τοπικών οίνων της νήσου Λήμνου.

			Χημικές αναλύσεις (XRF) γεωλογικών δειγμάτων της νήσου Λήμνου										Χημικές αναλύσεις (EDXRF) δειγμάτων οίνου της νήσου Λήμνου		
			Agios Ioannis				Myrina								
			Sample Name LM13	Sample Name LM15	Sample Name LM07	Sample Name LM14	Sample Name LM84	Sample Name LM58	Sample Name LM54	Sample Name LM61	Sample Name LM77		Sample Name wine Assyrtiko Limnos	Sample Name wine Moschato Alakandreias Limnos Avros Nikol	Sample Name wine Moschato Alakandreias
Geochemical Analysis			Rock body Domes or flows					Rock body Domes		Rock body Flow	Rock body Lava bc				
z	Symbol	Element	concentration												
			Major in ppm												
14	SiO ₂	Silicon	591000	607000	613000	705000	625000	638000	648000	655000	658000		252,6	132,7	58,2
22	TiO ₂	Titanium	6900	7200	6700	4700	5900	3900	3900	5300	5500		3,4	6,7	4,8
13	Al ₂ O ₃	Aluminum	167400	161000	162800	125000	167900	170500	169800	155600	148800		38	38	38
26	Fe ₂ O ₃	Iron	52400	54100	52000	34000	44700	35700	35900	39000	38800		1,4	1,4	1,4
25	MnO	Manganese	700	800	600	500	500	800	800	500	500		6,9	7,6	3,4
12	MgO	Magnesium	26500	26300	22700	14000	14700	10500	8300	12900	10900		34	34	34
20	CaO	Calcium	40900	39100	25500	24700	32000	39400	36900	27500	33400		110,9	152,3	54,6
11	Na ₂ O	Sodium	39600	39000	34600	28100	43400	37000	38900	39300	39900		1285	1440	1123
19	K ₂ O	Potassium	38600	33400	34700	28400	39600	37500	36700	36400	32200		678,7	1775	1187
15	P ₂ O ₅	Phosphorus	3300	3800	3000	2400	2600	2300	2300	2400	2200		627,5	358,1	431,33
	L.O.I.		30600	30200	37400	18900	22700	14500	10600	27400	24600				
	Total		99,82	100,15	99,26	98,61	99,92	98,96	99,21	100,11	99,23		0,35	0,47	0,37
			Trace in ppm												
56	Ba	Brium	1800	2040	2080	1280	2170	1310	1370	1810	1530		9,2	2	2
37	Rb	Rubidium	110	88	106	74	144	117	116	130	144		1,7	2,2	2,3
38	Sr	Strontium	968	951	1080	779	1190	733	775	881	802		1,4	1,1	1,5
39	Y	Yttrium	22	25	23	15	19	16	17	16	16		1,3	1,1	1,3
50	Zr	Zirconium	292	265	300	223	259	188	169	235	196		11,8	12,6	16
41	Nb	Niobium	13	13	14	10	14	10	11	13	14		1	0,2	1,4

82	Pb	Lead	63	42	60	49	72	55	43	61	76		0,2	0,1	1,1
31	Ga	Gallium	20	20	20	14	20	18	18	18	21		0,5	0,5	0,5
30	Zn	Zinc	62	71	59	36	49	59	64	55	98		0,3	1,2	0,6
29	Cu	Copper	29	14	19	20	25	6	13	23	47		0,5	0,2	0,6
28	Ni	Nickel	10	8	10	10	12	3	3	9	9		2	1,1	2,1
23	V	Vanadium	159	107	119	91	104	52	50	89	85		13,7	7,5	14
24	Cr	Chromium	<LLD	20	<LLD	32	31	<LLD	0	<LLD	<LLD		1	1	1,5
57	La	Lanthanum	77	76	79	56	66	54	50	55	65		2	2	2
58	Ce	Cerum	144	138	139	106	120	101	91	98	118		2	2	2
	Pr	Praseodymium	12,4	12,7	15,5	9	10	8,5	10,2	8,6	12,6				
	Nd	Neodymium	50	50	49	37	39	33	34	33	46				
	Sm	Samarium	8,8	8,9	8,6	6,6	6,5	5,8	5,7	5,5	6,7				
	Eu	Europium	2,04	2,06	2,04	1,52	1,67	1,27	1,16	1,39	1,64				
	Gd	Gadolinium	5,9	6,1	5,9	4,4	4,3	3,9	3,8	3,6	4,7				
	Tb	Terbium	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6				
	Dy	Dysprosium	4,1	4,3	4	2,8	3,1	2,9	2,9	2,8	3,2				
	Ho	Holmium	0,7	0,8	0,7	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6				
	Er	Erbium	2,2	2,3	2,2	1,5	1,8	1,6	1,7	1,6	1,8				
	Tm	Thulium	0,33	0,34	0,33	0,21	0,27	0,24	0,26	0,25	0,28				
	Yb	Ytterbium	2,1	2,2	2,2	1,4	1,8	1,6	1,7	1,6	1,8				
	Lu	Lutetium	0,31	0,32	0,31	0,21	0,27	0,24	0,26	0,25	0,28				
27	Co	Cobalt	13	11	12	7	8	4	3	6	6		3	3	3,9
58	Ce	Cerium	2,5	2,4	5,3	1,6	4,6	2,9	2,4	5,2	4,8		2	2	2
72	Hf	Hafnium	6,4	7,4	6,6	4,9	6,4	4,8	5,5	6,5	6,3		1	1	1
51	Sb	Antimony	0,8	<LLD	0,8	2,2	<LLD	0,8	<LLD	0,9	1,2		3	3	4
	Sc	Scandium	13	14	12	9	12	5	6	11	10				
73	Ta	Tantalum	0,8	0,7	0,8	0,6	0,9	0,7	0,7	0,9	0,9		1	1	1,2
90	Th	Thorium	30	25	34	22	35	21	25	32	30		1	0,1	1
92	U	Uranium	6,9	3,9	6,8	6,9	10,3	5,8	6,9	7,3	7,5		0,4	0,3	0,4

<LLD: Κάτω από τα όρια ανιχνευσιμότητας

Πίνακας 5. 6Χημικές αναλύσεις (XRF) γεωλογικών δειγμάτων της νήσου Κεφαλληνίας (Melfos & Stratouli, 2016), σε σύγκριση στα δεξιά με χημικές αναλύσεις (EDXRF) δειγμάτων τοπικών οίνων της νήσου Κεφαλληνίας.

			Χημικές αναλύσεις (XRF) γεωλογικών δειγμάτων της νήσου Κεφαλληνίας															Χημικές αναλύσεις (EDXRF) δειγμάτων οίνου της νήσου Κεφαλληνίας		
Geochemical Analyses			Sample name KEF2	Sample name KEF3	Sample name KEF4	Sample name KEF5	Sample name KEF6	Sample name KEF15	Sample name KEF15B	Sample name KEF15G	Sample name KEF15R	Sample name KEF15Y	Sample name KEF15BR	Sample name KEF18Y	Sample name KEF18R	Sample name KEF18B	Sample name KEF18BR		Sample name wine Robola San Gerasimo	Sample name wine Robola San Sarris
z	Symbol	Element	concentration																	
			Major in ppm																	
14	SiO ₂	Silicon	974500	954400	970100	967100	984000	972100	978000	983000	981000	957100	982000	983000	978000	957000	981000		74,1	91
13	Al ₂ O ₃	Aluminum	1700	800	4400	3500	3600	5200	2900	2200	2800	2300	1300	1200	2500	<LLD	1000		38	38
26	Fe ₂ O ₃	Iron	500	700	800	2200	1200	1500	1700	800	2000	1200	500	600	1300	700	500		1,4	1,4
25	MnO	Manganese	100	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	200	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD		3,7	6,9
12	MgO	Magnesium	400	400	400	1200	100	300	200	200	400	200	100	100	100	1100	<LLD		34	34
20	CaO	Calcium	1800	9600	600	4000	1500	300	2200	2200	1500	2700	100	200	500	600	400		56,4	104,6
11	Na ₂ O	Sodium	2200	1800	2600	2300	800	1500	800	700	800	800	700	700	700	700	600		1143	1269
19	K ₂ O	Potassium	800	300	1800	700	1100	1800	600	700	800	700	300	400	600	600	400		594,9	1559
22	TiO ₂	Titanium	<LLD	100	200	100	100	<LLD	100	100	200	100	100	<LLD	100	100	<LLD		9,4	8,1
15	P ₂ O ₅	Phosphorus	200	200	300	400	<LLD	200	500	<LLD	200	500	<LLD	<LLD	600	600	200		452,3	373,9
	LOI		21700	30100	19100	18700	16600	0,32	11200	14600	15600	22500	13800	18800	17600	18700	16600			
	Σύνολο		100,39	99,84	100,03	100,02	100,6	99,63	99,82	100,45	100,53	98,8	99,89	100,5	100,2	98,04	100,07		0,28	0,4
			Trace in ppm																	
	Sc	Scandium	<LLD	<LLD	<LLD	2	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD			
29	Cu	Copper	<LLD	<LLD	18	18	13	20	10	7	9	8	5	5	9	8	8		0,5	0,5
30	Zn	Zinic	<LLD	<LLD	<LLD	41	7	<LLD	<LLD	<LLD	5	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD		1	1,1
31	Ga	Gallium	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	1,2	1	0,8	1	1	1,1	0,6	0,9	0,9	0,9	0,8		0,5	0,5
37	Rb	Rubidium	<LLD	<LLD	3,2	2,5	2,1	5	1,8	1,1	2	1,3	0,6	0,4	1,6	0,7	0,4		1,3	2,7
38	Sr	Strontium	8,1	9,4	7,1	5	5,5	9	6,8	6,4	17,5	12,7	5,1	5,5	18,6	80,4	6,1		0,7	0,7
39	Y	Yttrium	1,7	<LLD	7,6	8,1	3,6	<LLD	6,2	27,7	9,5	4,5	5,5	85,8	53,2	8,9	61		1,1	1
40	Zr	Zirconium	13	5	7	5	0,52	1,13	0,9	1,02	4,32	3,21	1,45	1,12	0,97	10	1,47		0,2	0,5
41	Nb	Niobium	1,1	<LLD	<LLD	<LLD	0,2	<LLD	0,2	<LLD	0,5	0,2	<LLD	<LLD	0,2	0,4	<LLD		0,2	0,1
50	Sn	Tin	4	<LLD	3	2	1	3	1	1	1	1	<LLD	<LLD	<LLD	1	<LLD		10,5	14,3
56	Ba	Barium	57	5,5	224	34	13,8	9	19,8	12,9	7,8	8,7	3,1	6,5	57,4	382	6,4		14,3	2
72	Hf	Hafnium	0,2	<LLD	0,2	<LLD	11,5	<LLD	19,8	23,2	99,5	72,2	33	24,6	22,3	47,7	32,4		1	1
90	Th	Thorium	0,14	0,12	0,39	0,38	0,42	0,2	0,32	0,21	0,32	0,27	0,11	0,08	0,22	0,21	0,12		0,2	1
92	U	Uranium	1,43	0,92	0,29	0,12	0,21	0,5	0,6	1,76	0,71	0,33	0,19	0,47	0,66	0,78	0,71		0,3	1
57	La	Lanthanum	3,3	0,6	7,38	5,37	2,2	0,8	5,2	24,2	7,1	2,4	3,9	23,5	15,8	4,4	19,5		2	2
58	Cs	Cerium	0,86	0,51	2,62	3,77	2,4	1	2,8	4,7	3,9	2,4	1,7	4,8	4,1	3,4	3,5		2	2
	Pr	Praseodymium	0,64	0,15	2,16	1,69	0,28	0,19	1,33	6,15	1,35	0,3	0,65	7,25	3,8	0,8	4,85			
	Nd	Neodymium	2,4	0,6	9	7,2	1,3	0,8	5,7	25,9	6	1,6	2,9	35,5	19,2	3,9	23,8			
	Sm	Samarium	0,45	0,14	2,03	1,64	0,25	0,2	1,06	5,23	1,01	0,24	0,58	8,48	4,61	0,73	5,1			
	Eu	Europium	0,1	<LLD	0,46	0,41	0,06	<LLD	0,27	1,27	0,34	0,06	0,14	2,28	1,3	0,23	1,4			
	Gd	Gadolinium	0,48	0,1	2,03	1,79	0,34	0,2	1,12	5,45	1,38	0,26	0,56	10,2	5,83	0,94	6,43			
	Tb	Terbium	<LLD	<LLD	0,29	0,26	0,01	<LLD	0,13	0,77	0,16	<LLD	0,05	1,64	0,92	0,09	0,99			
	Dy	Dysprosium	0,3	0,11	1,45	1,35	0,2	0,2	0,78	4,45	1,07	0,2	0,49	9,8	5,88	0,82	5,83			
	Ho	Holmium	<LLD	<LLD	0,26	0,25	0,01	<LLD	0,12	0,83	0,2	0,02	0,06	2,22	1,35	0,17	1,36			
	Er	Erbium	0,14	<LLD	0,69	0,65	0,11	0,1	0,39	2,2	0,62	0,12	0,23	6,13	3,87	0,53	3,69			
	Tm	Thulium	<LLD	<LLD	0,1	0,09	<LLD	<LLD	0,02	0,27	0,06	<LLD	<LLD	0,83	0,51	0,04	0,48			

Yb	Ytterbium	0,12	<LLD	0,56	0,5	0,13	<LLD	0,3	1,63	0,48	0,1	0,19	5,16	3,16	0,39	2,76		
Lu	Lutetium	<LLD	<LLD	0,09	0,08	<LLD	<LLD	0,02	0,21	0,04	<LLD	<LLD	0,77	0,5	0,04	0,43		

<LLD: Κάτω από τα όρια ανιχνευσιμότητας

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες όπου γίνεται σύγκριση ενός χημικού στοιχείου κάθε φορά ανάμεσα στα αποτελέσματα της γεωλογικής και της χημικής ανάλυσης των οίνων. Τα χημικά στοιχεία όπου επιλέχθηκαν για την σύγκριση αποτελούν, σύμφωνα με τις πηγές της βιβλιογραφίας, τα σημαντικότερα χημικά στοιχεία ως προς την συσχέτιση του εδάφους και του οίνου.

Πίνακας 5. 7Τιμές από το στοιχείο Ζιρκόνιο (Zn) των γεωλογικών αναλύσεων ανά τόπους και των χημικών αναλύσεων των οίνων.

					Zirconium (Zr)																			
Wines Analysis						Geological Analysis																		
Ικαρία	Sample name	Litani Begleri Ikaria (no sulfite)	Pithari Begleri Ikaria (no sulfite)			Ικαρία	Sample name	IK111b	IK124	IK115d	IK130	IK40b	IK74a	IK76a	IK102c	IK148	IK180c	IK188a	IK211b	IK239a	IK69b	IK107	IK115a	
							ppm	108	293	60	110	144	84	118	54	62	105	163	161	101	167	148	155	
							Sample name	IK203a	IK4b	IK32b	IK32d	IK72	IK77b	IK102a	IK116a	IK116b	IK202a	IK202c	IK228a	IK229	IK231c	IK256b	IK165	
							ppm	184	241	296	305	178	373	326	226	222	201	155	316	244	350	176	47	
							Sample name	IK193a	IK193b	IK204b	IKPI	IK305F	IK305G	IK305J	IK331a	IK360	IK232a	IK128d2	IK112a1	IK112a2	IK93b	IK227c		
	ppm	72	532	578			57	103	85	79	248	167	98	<LLD	260	464	259	89						
Λήμνος	Sample name	Assyrtiko Limnos	Moschato Alakandreias Limnos Avros Nikol	Moschato Alakandreias		Λήμνος	Sample name	LM50	LM45	LM48	LM72	LM89	LM35	LM40	LM43	LM31	LM32	LM24	LM30	LM28	LM21	LM25		
							ppm	350	401	350	313	210	254	317	246	423	394	429	396	451	388	442		
							Sample name	LM80	LM66	LM18	LM13	LM15	LM07	LM14	LM84	LM58	LM54	LM61	LM77					
	ppm	11,8	12,6	16			ppm	210	343	272	292	265	300	223	259	188	169	235	196					
Κεφαλλονιά	Sample name	Robola San Gerasimo	Robola San Sarris			Κεφαλλονιά	Sample name	KEF2	KEF3	KEF4	KEF5	KEF6	KEF15	KEF15B	KEF15G	KEF15R	KEF15Y	KEF15B R	KEF18Y	KEF18R	KEF18B	KEF18BR		
	ppm	0,2	0,5				ppm	13	5	7	5	0,52	1,13	0,9	1,02	4,32	3,21	1,45	1,12	0,97	10	1,47		

<LLD : Κάτω από τα όρια ανιχνευσιμότητας

na :Δεν αναλύθηκε

Πίνακας 5. 8Τιμές από το στοιχείο Στρόντιο (Sr) των γεωλογικών αναλύσεων ανά τόπους και των χημικών αναλύσεων των οίνων.

				Strontium (Sr)																			
Wines Analysis					Geological Analysis																		
Ικαρία	Sample name	Litani Begleri Ikaria (no sulfite)	Pithari Begleri Ikaria (no sulfite)		Ικαρία	Sample name	IK111b	IK124	IK115d	IK130	IK40b	IK74a	IK76a	IK102c	IK148	IK180c	IK188a	IK211b	IK239a	IK69b	IK107	IK115a	
						ppm	243	346	102	226	547	187	145	114	141	161	153	83	181	18	254	84	
						Sample name	IK203a	IK4b	IK32b	IK32d	IK72	IK77b	IK102a	IK116a	IK116b	IK202a	IK202c	IK228a	IK229	IK231c	IK256b	IK165	
						ppm	107	83	76	242	119	774	105	76	138	77	80	49	126	88	54	97	
						Sample name	IK193a	IK193b	IK204b	IKPI	IK305F	IK305G	IK305J	IK331a	IK360	IK232a	IK128d2	IK112a1	IK112a2	IK93b	IK227c		
	ppm	457	43	77		1776	2878	345	636	293	235	311	266	403	527	327	<LLD						
Λήμνος	Sample name	Assyrtiko Limnos	Moschato Alakandreias Limnos Avros Nikol	Moschato Alakandreias	Λήμνος	Sample name	LM50	LM45	LM48	LM72	LM89	LM35	LM40	LM43	LM31	LM32	LM24	LM30	LM28	LM21	LM25		
						ppm	1080	1190	1140	899	781	737	1860	877	1390	1330	1380	1290	1380	1180	1950		
						Sample name	LM80	LM66	LM18	LM13	LM15	LM07	LM14	LM84	LM58	LM54	LM61	LM77					
	ppm	781	917	1050		968	951	1080	779	1190	733	775	881	802									
Κεφαλλονιά	Sample name	Robola San Gerasimo	Robola San Sarris		Κεφαλλονιά	Sample name	KEF2	KEF3	KEF4	KEF5	KEF6	KEF15	KEF15B	KEF15G	KEF15R	KEF15Y	KEF15B R	KEF18Y	KEF18R	KEF18B	KEF18BR		
	ppm	0,7	0,7			ppm	8,1	9,4	7,1	5	5,5	9	6,8	6,4	17,5	12,7	5,1	5,5	18,6	80,4	6,1		

<LLD : Κάτω από τα όρια ανιχνευσιμότητας

na :Δεν αναλύθηκε

Πίνακας 5. 9Τιμές του στοιχείου Νιόβιο (Nb) των γεωλογικών αναλύσεων ανά τόπους και των χημικών αναλύσεων των οίνων.

					Niobium (Nb)																	
Wines Analysis					Geological Analysis																	
Ικαρία	Sample name	Litani Begleri Ikaria (no sulfite)	Pithari Begleri Ikaria (no sulfite)		Ικαρία	Sample name	IK111b	IK124	IK115d	IK130	IK40b	IK74a	IK76a	IK102c	IK148	IK180c	IK188a	IK211b	IK239a	IK69b	IK107	IK115a
						ppm	7	19	10	14	24	6	4	6	8	5	13	11	5	15	15	13
						Sample name	IK203a	IK4b	IK32b	IK32d	IK72	IK77b	IK102a	IK116a	IK116b	IK202a	IK202c	IK228a	IK229	IK231c	IK256b	IK165
						ppm	13	12	26	22	13	122	26	14	14	14	10	7	13	28	17	<LLD
	Sample name	IK193a	IK193b	IK204b		IKPI	IK305F	IK305G	IK305J	IK331a	IK360	IK232a	IK128d2	IK112a1	IK112a2	IK93b	IK227c					
	ppm	<LLD	<LLD	<LLD		<LLD	na	na	na	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD	<LLD			
Λήμνος	Sample name	Assyrtiko Limnos	Moschato Alakandreias Limnos Avros Nikol	Moschato Alakandreias	Λήμνος	Sample name	LM50	LM45	LM48	LM72	LM89	LM35	LM40	LM43	LM31	LM32	LM24	LM30	LM28	LM21	LM25	
						ppm	20	21	20	15	13	12	14	10	20	18	20	19	22	20	20	
						Sample name	LM80	LM66	LM18	LM13	LM15	LM07	LM14	LM84	LM58	LM54	LM61	LM77				
	ppm	1		0,2		1,4	ppm	13	18	13	13	13	14	10	14	10	11	13	14			
Κεφαλλονιά	Sample name	Robola San Gerasimo	Robola San Sarris		Κεφαλλονιά	Sample name	KEF2	KEF3	KEF4	KEF5	KEF6	KEF15	KEF15B	KEF15G	KEF15R	KEF15Y	KEF15B R	KEF18Y	KEF18R	KEF18B	KEF18BR	
	ppm	0,2	0,1			ppm	1,1	<LLD	<LLD	<LLD	0,2	<LLD	0,2	<LLD	0,5	0,2	<LLD	<LLD	0,2	0,4	<LLD	

<LLD : Κάτω από τα όρια ανιχνευσιμότητας

na :Δεν αναλύθηκε

Κεφάλαιο 6: Συζήτηση και συμπεράσματα

Η σχέση των χημικών στοιχείων των μητρικών πετρωμάτων του εδάφους με αυτά που βρίσκονται στους οίνους είναι πολύπλοκη και πολυπαραγοντική. Το έδαφος (ικανότητα συγκράτησης νερού, σύσταση, κλίση κ.α.), το κλίμα (βροχοπτώσεις, υγρασίες, αέρας κ.α.) και το αμπέλι (μορφολογία, ποικιλία, αρχιτεκτονική κλαδέματος κ.α.) είναι παράγοντες οι οποίοι εμπλέκονται και αλληλεπιδρούν, καθιστώντας δύσκολη την από κοινού μελέτη τους ως ενός συστήματος (*terroir*). Για τον λόγο αυτό, συνήθως μελετώνται ξεχωριστά. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες είναι υπεύθυνοι για τις συνθήκες πρόσληψης νερού της αμπέλου και επομένως για τη χημική σύσταση του οίνου.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε η σύγκριση μεταξύ των χημικών στοιχείων των πετρωμάτων της Ικαρίας, της Λήμνου και της Κεφαλονιάς. Τα χημικά αυτά στοιχεία αντλήθηκαν από τη διεθνή βιβλιογραφία και έχουν εξαχθεί με τη μέθοδο της φθορισμομετρίας ακτινών X (XRF). Οι χημικές αναλύσεις των οίνων πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο αναλυτικής και περιβαλλοντικής χημείας του Πολυτεχνείου Κρήτης με την μέθοδο της φθορισμομετρίας ακτίνων X ενεργειακής διασποράς (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence, EDXRF).

Από τα αποτελέσματα της σύγκρισης των στοιχειακών αναλύσεων των κρασιών και των πετρωμάτων αλλά και από έρευνες που συμβουλευτήκαμε από τη διεθνή βιβλιογραφία μπορεί να γίνει συσχέτιση μεταξύ τους αλλά και διαχωρισμός των κρασιών στους επιμέρους τόπους με πολλές επιφυλάξεις. Στην παρούσα εργασία τα ιχνοστοιχεία που μας οδήγησαν στα παραπάνω συμπεράσματα είναι το Νιόβιο (Nb), το Ζιρκόνιο (Zr) και το Στρόντιο (Sr) τα οποία, παρά τις πολύ χαμηλές τους συγκεντρώσεις, αποτελούν καλούς δείκτες συσχέτισης εδάφους–κρασιού σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία.

Παρ' όλα αυτά, η σύγκριση των γεωχημικών αναλύσεων των μητρικών πετρωμάτων με την «χημεία των κρασιών» καθίσταται δύσκολη λόγω του ότι τα μητρικά πετρώματα υφίστανται έντονες μετατροπές στον χημισμό τους όταν μετατρέπονται σε εδάφη, με κύρια και ιχνοστοιχεία να συγκεντρώνονται σε πολύ διαφορετικές ποσότητες που εξαρτώνται από την κινητικότητα των στοιχείων επηρεαζόμενη καθοριστικά από το σύνολο των παραμέτρων δημιουργίας εδαφών. Η αποσάθρωση του μητρικού υλικού —λόγω κυρίως κλιματικών, χημικών ή οργανικών παραγόντων— έχει ως αποτέλεσμα τη μηχανική φθορά των πετρωμάτων αλλά και τη χημική εξαλλοίωση αυτών. Ως αποτέλεσμα παρατηρείται η αλλαγή της χημικής σύστασης του εδάφους που δημιουργείται. Μερικά ορυκτά φαίνεται να είναι ανθεκτικότερα στην αποσάθρωση από κάποια άλλα, ενώ κάποια φαίνεται να υπόκεινται σε σχεδόν ολική καταστροφή. Είναι δύσκολο να προβλέψουμε ποια στοιχεία περνάνε από το μητρικό πέτρωμα στο κρασί εαν δεν γνωρίζουμε πρώτα τα στοιχεία που περνάνε από το μητρικό πέτρωμα στο έδαφος και ακολούθως από το έδαφος στο κρασί. Παρακάτω παρουσιάζονται σε πίνακα τα κυριότερα ορυκτά και τα πιο συνιθισμένα προϊόντα που δίνουν κατά τη χημική τους αποσάθρωση.

Table 6 1 Προϊόντα χημικής αποσάθρωσης των κυριότερων ορυκτών (Sopher & Baird, 1982).

Ορυκτό	Προϊόντα χημικής αποσάθρωσης
Άσπριοι (feldspars):	
ορθόκλαστα (orthoclase)	απελευθερώνεται κάλιο, σχηματίζεται άργιλος
αλβίτης (albite)	απελευθερώνεται νάτριο, σχηματίζεται άργιλος
πλαγιόκλαστα (plagioclase)	απελευθερώνεται νάτριο και ασβέστιο, σχηματίζεται άργιλος
Αμφιβολίτες (amphiboles):	
κερατόλιθος (hornblende)	απελευθερώνεται ασβέστιο, μαγνήσιο, νάτριο και λίγος σίδηρος
Πυρόξενοι (pyroxenes):	
αυγίτης (augite)	απελευθερώνεται ασβέστιο, μαγνήσιο και λίγος σίδηρος
Μαρμαρυγίες (micas):	
μοσχοβίτης (muscovite), βιοτίτης (biotite)	απελευθερώνεται κάλιο, σχηματίζεται άργιλος
Πυριτικά ορυκτά (silica):	
χαλαζίας (quartz), κριστοβαλίτης (cristobillite), χαλκηδόνιος (chalcedony)	εξαιρετική ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση, σχηματίζεται άμμος
Οξειδία σιδήρου (iron oxides):	
αιματίτης (hematite), λιμονίτης (limonite), γκαϊπίτης (goethite), μαγνητίτης (magnetite)	απελευθερώνεται σίδηρος, σχηματίζονται κοκκινοκίτρινες αποχρώσεις
Ανθρακικά ορυκτά (carbonates):	
καλσίτης (calcite)	απελευθερώνεται ασβέστιο, σχηματίζονται ασβεστόλιθοι
δολομίτης (dolomite)	απελευθερώνεται ασβέστιο και μαγνήσιο, σχηματίζονται δολομιτικοί άμμοι
Άλλα ορυκτά:	
υδροξειδίο του αργιλίου (gibbsite)	απελευθερώνεται αργίλιο
απατίτης (apatite)	απελευθερώνεται φωσφόρος
τουρμαλίνης (tourmaline)	απελευθερώνεται βόριο
ζirkόνιο (zircon)	ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση
θειούχος σίδηρος (pyrite)	απελευθερώνεται σίδηρος και θείο
γύψος (gypsum)	απελευθερώνεται ασβέστιο και θείο, δημιουργούνται όξινα εδάφη
Άργιλοι (clay minerals):	
καολινίτης (kaolinite), μοντμοριλονίτης (montmorillonite), βερμικουλίτης (vermiculite), ιλλίτης (illite)	απαντώνται στα περισσότερα εδάφη και είναι υπεύθυνα για τις φυσικοχημικές ιδιότητές τους

Τα ορυκτά που αναφέρονται και παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα θεωρούνται πρωτογενή ορυκτά και σχηματίζονται όταν τα χημικά στοιχεία που τα αποτελούν ενώνονται σε κρυσταλλική μορφή. Όταν αυτά αποσάθρουν, δημιουργούνται τα δευτερογενή ορυκτά, οι άργιλοι, που είναι υπεύθυνοι για τις περισσότερες φυσικές και χημικές ιδιότητες των εδαφών. Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται τα κυριότερα ιζηματογενή πετρώματα από τα οποία παράγονται εδαφικά υλικά μέσω των μηχανισμών της αποσάθρωσης (Sopher&Baird, 1982).

Table 6 2 Εδαφικά προϊόντα των κυριότερων ιζηματογενών πετρωμάτων κατά τη διαδικασία της αποσάθρωσης (Sopher & Baird, 1982).

Πέτρωμα	Σύσταση	Όψη	Παράγωγο έδαφος
ασβεστόλιθος (limestone)	δολομίτης ή καλσίτης	λευκό, γκρι, κίτρινο, ανοικτό κόκκινο	βασικά εδάφη πλούσια σε ασβέστιο και μαγνήσιο
μάρμα (marle)	ασβεστούχος άργιλος	λευκή έως ερυθρόμαυρη	ασβεστούχα βασικά εδάφη (ορφνά και ρεντζίνες)
ψαμμίτης (sandstone)	κυρίως χαλαζίας	λευκό, καφέ, κεραμιδί	όξινα εδάφη που εκπλύνονται εύκολα και είναι φτωχά σε θρεπτικές ουσίες
σχιστόλιθος (shale)	άργιλοι, λίγος χαλαζίας και οργανικό υλικό	στρωματοποιημένη όψη, αποχρώσεις ανάλογα με τα ορυκτά που περιέχονται	εξαρτάται από το περιεχόμενο χαλαζία και σιδηρομαγνητικών ορυκτών
κροκαλοπαγή (conglomerate)	ποικίλει	συγκολλημένα χαλίκια και κομμάτια βράχων	ποικίλουν, συνήθως χονδρόκοκκα με πολλά χαλίκια

Όσον αφορά στα εδάφη, βλέπουμε ότι για τη συσχέτισή τους με τους οίνους και την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων, υπάρχει ανάγκη συλλογής περισσότερων στοιχείων και εκτενέστερης διερεύνησης των εδαφών και των πετρωμάτων για τον κάθε τόπο ξεχωριστά.

Για τους οίνους, θα ήταν πιθανώς προωθητική μια ανάλυση σε περισσότερα δείγματα κρασιών της ίδιας χρονιάς και της ίδιας ποικιλίας από τον κάθε τόπο προς μελέτη, ώστε να μειώσουμε τους παράγοντες που επηρεάζουν τα αποτελέσματα και να γίνει η συσχέτιση με μεγαλύτερη ευκρίνεια.

Μία πορεία μελέτης θα μπορούσε να συμπεριλάβει τη στοιχειακή ανάλυση μίας ποικιλίας κρασιού, που έχει ευδοκιμήσει σε διαφορετικές περιοχές με διαφορετικούς τύπους πετρωμάτων, ώστε να γίνει εμφανέστερη η συσχέτιση εδάφους–οίνου.

Βιβλιογραφία

Bibliography

- Beaudoin, A., Augier, R., Laurent, V., Jolivet, L., Lahfid, A., Bosse, V., . . . Menant, A. (2015). The Ikaria high-temperature Metamorphic Core Complex (Cyclades, Greece): Geometry, kinematics and thermal structure. *Journal of Geodynamics*, 18-41.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). *Εδαφολογία, η φύση και οι ιδιότητες των εδαφών* (14th ed.). EMBPYO.
- Lefort, F., & Roubelakis-Angelakis, K. (2000). *The Greek Vitis Database*. Retrieved from <http://greekvitisdb.biology.uoc.gr/>
- Melfos, V., & Stratouli, G. (2016). Raw material and provenance identification of Late Neolithic and Chalcolithic chert artefacts from Drakaina Cave, Cephalonia, through petrographic and geochemical analysis.
- Obhodas, J., Valkovic, V., Vinkovic, A., Sudac, D., Canadija, I., Pensa, T., . . . Strelj, C. (2021). *X-ray Fluorescence Techniques for Element Abundance Analysis in Wine*. ACS Omega.
- Pe-Piper, G., Piper, D. J., Koukouvelas, I., Dolansky, L. M., & Kokkalas, S. (2006). Postorogenic shoshonitic rocks and their origin by melting underplated basalts: The Miocene of Limnos, Greece. *Geological society of America Bulletin*.
- Pe-Piper, G., Piper, D. J., Koukouvelas, I., Dolansky, L. M., & Kokkalas, S. (2009). Postrogenic shoshonitic rocks and their origin by melting underplated basalts: The Miocene of Limnos, Greece. *GSA Bulletin*, 121(1-2), 39-54.
- Ploysri, K., & Theppakorn, T. (2014). Development of a visual test kit for estimation of total polyphenols in tea. Thailand: International Food Research Journal.
- Sopher, C. D., & Baird, J. V. (1982). *Soils and Soil Management*. Pearson Higher Education & Professional Group.
- Αλετράς, Γ. (2011). *Προσδιορισμός αντιοξειδωτικών ουσιών σε οινικά προϊόντα. Καλαμάτα: Τεχνολογία Γεωπονίας Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.*
- Αργυράκη, Α. (2007). *Υδρογεωχημεία-αναλυτική χημεία/Τεχνικές ανάλυσης στερεών δειγμάτων*. Αθήνα: Εκπ.
- Βαλλάτου, Μ. (2017). *Υπολογισμός της παράκτιας επικινδυνότητας της νήσου Κεφαλονιάς μέσω της χρήσης Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών*. Αθήνα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- Βαλμαντώνης, Ν. Α. (2009). *Αναβάθμιση των τεχνικών ανάλυσης με νετρονική ενεργοποίηση (NAA) και φθορισμό ακτίνων-X (XRF) που χρησιμοποιούνται στο ΕΠΙΤ-ΕΜΠ για την ανίχνευση ιχνοστοιχείων σε περιβαλλοντικά δείγματα*. Αθήνα: Ε.Μ.Π. Μηχανολόγων μηχανικών.

- Βούτσινος, Γ., Κοσμάς, Κ., Καλκάνης, Γ., & Σούτσας, Κ. (n.d.). Γεωλογία και διαχείριση φυσικών πόρων. Ινστιτούτο τεχνολογίας υπολογιστών και εκδόσεων <<ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ>>.
- Γαλάνη-Νικολακάκη, Ζ. (2000). *Ιχνοστοιχειακές αναλύσεις οινικών προϊόντων νομού Χανίων*. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης.
- Ηλιόπουλος, Ι. Η. (2005). *Πετρογένεση των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της νήσου Ικαρίας*. Πανεπιστήμιο Πάτρας, Τμήμα Γεωλογίας. Πάτρα: Τομέας ορυκτών πρώτων υλών.
- Θεσσαλίας, Π. (2013). *Οι σύγχρονες τεχνικές βιο-ανάλυσης στην υγεία, τη γεωργία, το περιβάλλον και τη διατροφή*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Καλαμπόκη, Η. (2016). *Νέα μέθοδος φασματοφωτομετρικού προσδιορισμού ελαιοκανθάλης και ελαιασίνης στο ελαιόλαδο και σύγκριση με τις μεθόδους NMR και Folin-Ciocalteu*. Αθήνα: Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Καλλίθρακας-Κόντος, Ν. (1993). Φθορισιομετρία ακτινών Χ, Εργαστηριακές σημειώσεις αναλυτικής χημείας. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης.
- Καλογερόπουλος, Ν. (2020). *Αέρια χρωματογραφία*.
- Καφημαλή, Δ. (2008). *Ανάπτυξη και βελτιστοποίηση μεθόδου μορφοειδικού προσδιορισμού μονομεθύλου και ανόργανου υδραργύρου σε βιολογικά υγρά με μικροεκχύλιση στερεής φάσης από υπερκείμενη αέρια φάση (HS-SPME) και αέρια χρωματογραφία σε σύζευξη με φασματόμετρο μάζας (GC-MS)*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτελείο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Κοτρίδου, Σ. (2020). *Μελέτη του αρώματος της Μαλαγουζιάς*. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Κουρλής, Κ. (2018). *Η χρήση της Μπλε Μάργας στην βιομηχανία της κοσμετολογίας*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Κωνσταντίνου, Α. Θ. (2018). *Στοιχειακή ανάλυση στερεών καταλυτών*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Λέκκας, Ε., Δανάμος, Γ., & Μαυρίκας, Γ. (2001). *Γεωλογική δομή και εξέλιξη των νήσων Κεφαλλονιάς και Ιθάκης*. ΑΘΗΝΑ: Δελτίο της Ελληνικής γεωλογικής εταιρίας.
- Μισοπολινός, Ν. (2015). *Development of an integrated system for soil geographic data and delineation of agricultural zones in Greece*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Μισοπολινός, Ν. (2015). *Γεωπληροφοριακό σύστημα εδαφολογικών δεδομένων*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Ανάκτηση από Εδαφολογικός χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:30000: <https://iris.gov.gr/SoilServices/>

- Μπίτας, Δ. (2016). *Ανάπτυξη μεθόδου υγρής χρωματογραφίας υψηλής πίεσης με ανιχνευτή παράταξης φωτοδίων για τον προσδιορισμό κατάλοιπων έξι κοινολονών σε γαρίδες για επικύρωση σύμφωνα με την απόφαση της Ευρωπαϊκής ένωσης 2002/657/EC*. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ: Ε.Κ.Π.Α. - Α.Π.Θ.
- Πακτσεβανίδου, Ι. Π. (2020). *Ανάπτυξη και εφαρμογή αναλυτικής μεθόδου προσδιορισμού ιχνοστοιχείων σε δείγματα οξούς με την τεχνική ICP-AES*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Παπαδοπούλου, Ν. Α. (2017). *Ανάπτυξη χημικών αισθητήρων χαμηλού κόστους σε εκτυπώμενα ηλεκτρόδια γραφίτη τροποποιημένα με NAFION για τον προσδιορισμό σιδήρου στο πόσιμο νερό*. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Πασβάνκα, Κ. (2020). *Έλεγχος αυθεντικότητας οίνων προερχόμενων από ελληνικές ποικιλίες σταφυλιών και διαφορετικές τεχνικές οινοποίησης*. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Παυλίδης, Σ. (n.d.). *Εισαγωγή στην γεωλογία*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Πετροπούλου Καραγιανοπούλλου, Σ. (2016). *Σημειώσεις Αμπελουργίας*. Καλαμάτα: ΤΕΙ Πελοποννήσου.
- Πολίτη, Β. (2016). *Μελέτη της αντιοξειδωτικής ικανότητας εκχυλίσματος του ενδημικού βοτάνου του Ταύγετου *Origanum-Scabrum**. ΚΑΛΑΜΑΤΑ: ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΛΟΠΟΝΗΣΟΥ.
- Ρουμελιώτη, Μ. Π. (2013). *Υδρογεωλογική Μελέτη της Νήσου Λήμνου με έμφαση στα υδροφόρα συστήματα των ηφαιστειακών πετρωμάτων*. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών, τμήμα Γεωλογίας, τομέας εφαρμοσμένης γεωλογίας και γεωφυσικής.
- Σουτζουρίδης, Α. Χ. (2017). *Ηλεκτροχημικός προσδιορισμός ασκορβικού οξέος με χημικά μορφοποιημένο, με dsDNA, ηλεκτρόδιο πάστας άνθρακα*. Θεσσαλονίκη: Α.Π.Θ. Τμήμα Χημείας.
- Σπανός, Θ. (2005). *Μοριακή Φασματομετρία*. Καβάλα: ΤΕΙ ΕΜΤ.
- Χάλαρης, Γ. (2020). *Ποσοτικός προσδιορισμός ιχνοστοιχείων και βαρέων μετάλλων σε παράκτια ιζήματα με Νετρονική Ενεργοποίηση (NAA)*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο.
- Χατζηλαζάρου, Δ. Α. (2014). *Ενόργανη Χημική Ανάλυση (Θ)*. Αθήνα: ΤΕΙ Αθηνών.
- Χατζηπαλάση, Θ. (2007). *Η ηλεκτροχημεία στο λύκειο*. Θεσσαλονίκη: Τμήμα Χημείας Α.Π.Θ.

Διαδικτυακές πηγές

eclass.emt.ihu. (97-2003). *9.N.-Atom.Flame.ICP.86-96*. Ανάκτηση 11 23, 2021, από https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiWsbWj3a70AhX4h_0HHaxDCN8QFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Feclass.emt.ihu.gr%2Fmodules%2Fdocument%2Ffile.php%2FMSC-PETROT139%2F9.N.-Atom.%2520Flame.%2520ICP.86-96xxx.doc&usg=AOvVaw3K3EO

uoc.gr. (n.d.). *www.chemistry.uoc.gr*. Ανάκτηση 11 23, 2021, από <http://www.chemistry.uoc.gr/eclass/modules/document/file.php/CHEM-UNDER114/%CE%91%CE%A3%CE%9A%CE%97%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3-%CE%95%CE%99%CE%A3%CE%97%CE%93%CE%97%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3-%CE%92%CE%99%CE%9D%CE%A4%CE%95%CE%9F-%CE%94%CE%95%CE%94%CE%9F%CE%9C%CE>

Κοντογιάννης, Χ. (2007-2013). *Υγρή χρωματογραφία*. Ανάκτηση 11 23, 2021, από <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj0tofu7K70AhVL8LsIHfLwA7oQFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Feclass.upatras.gr%2Fmodules%2Fdocument%2Ffile.php%2FFHA1610%2F%25CE%2591%25CE%25BD%25CE%25BF%25CE%25B9%25CE%25BA%25CF%2584%25C>

Μαλβίνα, Ό. (2015). *Φασματοσκοπία Ατομικής Απορρόφησης και Εκπομπής*. Ανάκτηση 11 23, 2021, από eclass.upatras.gr: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi7072KzK70AhUdiv0HHYbkAPYQFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Feclass.upatras.gr%2Fmodules%2Fdocument%2Ffile.php%2FFHA1614%2F%25CE%2591%25CE%25BD%25CE%25BF%25CE%25B9%25CE%25B>

Παράρτημα :Δεδομένα χημικών αναλύσεων των τοπικών οίνων με EDXRF

Sample Name **MNTS wine Pithari Begleri Ikaria no sulfite** Receipt
 Description Method 07/15/2022
 TurboQuant-Pellets

Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na2O	Sodium	12.3553	0.1439 %	0.0051 %
12	MgO	Magnesium	3.0712	< 0.0034 %	(0.0) %
13	Al2O3	Aluminum	4.7366	< 0.0038 %	(0.0) %
14	SiO2	Silicon	18.2103	0.02443 %	0.00047 %
15	P2O5	Phosphorus	79.5215	0.04894 %	0.00028 %
16	SO3	Sulfur	94.7032	0.02010 %	0.00011 %
17	Cl	Chlorine	411.3723	0.02354 %	0.00005 %
19	K2O	Potassium	63.4570	0.1441 %	0.0009 %
20	CaO	Calcium	10.1706	0.00245 %	0.00005 %
22	TiO2	Titanium	0.0000	< 0.00034 %	(0.0) %
23	V2O5	Vanadium	0.4045	0.0017 %	0.0017 %
24	Cr2O3	Chromium	3.7448	< 0.00015 %	(0.0) %
25	MnO	Manganese	2.5872	0.00051 %	0.00012 %
26	Fe2O3	Iron	18.3893	< 0.00014 %	(0.0) %
27	CoO	Cobalt	0.4184	< 0.00039 %	(0.0) %
28	NiO	Nickel	5.7881	0.00021 %	0.00003 %
29	CuO	Copper	0.0000	< 0.00006 %	(0.0) %
30	ZnO	Zinc	1.2483	0.00003 %	0.00002 %
31	Ga	Gallium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
32	Ge	Germanium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
33	As2O3	Arsenic	0.0000	< 0.00007 %	(0.0) %
34	Se	Selenium	1.4714	0.00001 %	0.00001 %
35	Br	Bromine	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
37	Rb2O	Rubidium	52.0368	0.00027 %	0.00001 %
38	SrO	Strontium	30.2444	0.00015 %	0.00001 %
39	Y	Yttrium	26.6111	0.00011 %	0.00001 %
40	ZrO2	Zirconium	0.0000	< 0.00014 %	(0.0) %
41	Nb2O5	Niobium	0.2215	0.00002 %	0.00002 %
42	Mo	Molybdenum	0.3372	< 0.00010 %	(0.0) %
47	Ag	Silver	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
48	Cd	Cadmium	0.9462	< 0.00020 %	(0.0) %
50	SnO2	Tin	12.2558	0.00143 %	0.00009 %
51	Sb2O5	Antimony	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
52	Te	Tellurium	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
53	I	Iodine	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
55	Cs	Cesium	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
56	Ba	Barium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
57	La	Lanthanum	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
58	Ce	Cerium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
72	Hf	Hafnium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
73	Ta2O5	Tantalum	0.0000	< 0.00012 %	(0.0) %
74	WO3	Tungsten	0.0000	< 0.00013 %	(0.0) %
80	Hg	Mercury	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
81	Tl	Thallium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
82	PbO	Lead	0.0558	< 0.00011 %	(0.0) %
83	Bi	Bismuth	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
90	Th	Thorium	2.5593	0.00003 %	0.00002 %
92	U	Uranium	8.3264	< 0.00003 %	(0.00001) %
Sum of concentration				0.41 %	

Sample Name **MNTS wine Pithari Begleri Ikaria no sulfite** Receipt
 Description Method 07/15/2022
 TurboQuant-Pellets

Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na	Sodium	12.3553	0.1068 %	0.0038 %
12	Mg	Magnesium	3.0712	< 0.0020 %	(0.0) %
13	Al	Aluminum	4.7366	< 0.0020 %	(0.0) %
14	Si	Silicon	18.2103	0.01142 %	0.00022 %
15	P	Phosphorus	79.5215	0.02136 %	0.00012 %
16	S	Sulfur	94.7032	0.00805 %	0.00004 %
17	Cl	Chlorine	411.3723	0.02354 %	0.00005 %
19	K	Potassium	63.4570	0.1196 %	0.0008 %
20	Ca	Calcium	10.1706	0.00175 %	0.00003 %
22	Ti	Titanium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
23	V	Vanadium	0.4045	0.00097 %	0.00097 %
24	Cr	Chromium	3.7448	< 0.00010 %	(0.0) %
25	Mn	Manganese	2.5872	0.00039 %	0.00009 %
26	Fe	Iron	18.3893	< 0.00010 %	(0.0) %
27	Co	Cobalt	0.4184	< 0.00030 %	(0.0) %
28	Ni	Nickel	5.7881	0.00016 %	0.00002 %
29	Cu	Copper	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
30	Zn	Zinc	1.2483	0.00003 %	0.00002 %
31	Ga	Gallium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
32	Ge	Germanium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
33	As	Arsenic	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
34	Se	Selenium	1.4714	0.00001 %	0.00001 %
35	Br	Bromine	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
37	Rb	Rubidium	52.0368	0.00024 %	0.00001 %
38	Sr	Strontium	30.2444	0.00013 %	0.00001 %
39	Y	Yttrium	26.6111	0.00011 %	0.00001 %
40	Zr	Zirconium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
41	Nb	Niobium	0.2215	0.00001 %	0.00001 %
42	Mo	Molybdenum	0.3372	< 0.00010 %	(0.0) %
47	Ag	Silver	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
48	Cd	Cadmium	0.9462	< 0.00020 %	(0.0) %
50	Sn	Tin	12.2558	0.00112 %	0.00007 %
51	Sb	Antimony	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
52	Te	Tellurium	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
53	I	Iodine	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
55	Cs	Cesium	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
56	Ba	Barium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
57	La	Lanthanum	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
58	Ce	Cerium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
72	Hf	Hafnium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
73	Ta	Tantalum	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
74	W	Tungsten	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
80	Hg	Mercury	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
81	Tl	Thallium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
82	Pb	Lead	0.0558	< 0.00010 %	(0.0) %
83	Bi	Bismuth	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
90	Th	Thorium	2.5593	0.00003 %	0.00002 %
92	U	Uranium	8.3264	< 0.00003 %	(0.00001) %

Sample Name **MNTS wine Litani Begleri Ikaria no sulfite** Receipt 07/15/2022
 Description Method TurboQuant-Pellets

Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na2O	Sodium	12.0738	0.1304 %	0.0047 %
12	MgO	Magnesium	2.9294	< 0.0034 %	(0.0) %
13	Al2O3	Aluminum	4.5425	< 0.0038 %	(0.0) %
14	SiO2	Silicon	17.5910	0.02256 %	0.00045 %
15	P2O5	Phosphorus	80.2231	0.04708 %	0.00027 %
16	SO3	Sulfur	91.6750	0.01812 %	0.00010 %
17	Cl	Chlorine	496.9022	0.02766 %	0.00006 %
19	K2O	Potassium	62.0009	0.1335 %	0.0009 %
20	CaO	Calcium	8.9551	< 0.00048 %	(0.00018) %
22	TiO2	Titanium	0.7626	0.00090 %	0.00073 %
23	V2O5	Vanadium	1.8032	0.00269 %	0.00091 %
24	Cr2O3	Chromium	2.7582	< 0.00015 %	(0.0) %
25	MnO	Manganese	3.8986	0.00072 %	0.00012 %
26	Fe2O3	Iron	15.9720	< 0.00014 %	(0.0) %
27	CoO	Cobalt	0.3492	< 0.00039 %	(0.0) %
28	NiO	Nickel	6.1935	0.00022 %	0.00002 %
29	CuO	Copper	0.0000	< 0.00006 %	(0.0) %
30	ZnO	Zinc	2.5016	0.00006 %	0.00002 %
31	Ga	Gallium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
32	Ge	Germanium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
33	As2O3	Arsenic	0.0000	< 0.00007 %	(0.0) %
34	Se	Selenium	3.0291	0.00002 %	0.00001 %
35	Br	Bromine	7.7971	0.00006 %	0.00001 %
37	Rb2O	Rubidium	51.3229	0.00025 %	0.00001 %
38	SrO	Strontium	31.0603	0.00015 %	0.00001 %
39	Y	Yttrium	28.4874	0.00011 %	0.00001 %
40	ZrO2	Zirconium	0.0000	< 0.00014 %	(0.0) %
41	Nb2O5	Niobium	0.0000	< 0.00014 %	(0.0) %
42	Mo	Molybdenum	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
47	Ag	Silver	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
48	Cd	Cadmium	2.1089	0.00002 %	0.00001 %
50	SnO2	Tin	13.1880	0.00156 %	0.00009 %
51	Sb2O5	Antimony	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
52	Te	Tellurium	2.4116	< 0.00030 %	(0.0) %
53	I	Iodine	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
55	Cs	Cesium	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
56	Ba	Barium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
57	La	Lanthanum	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
58	Ce	Cerium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
72	Hf	Hafnium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
73	Ta2O5	Tantalum	0.0000	< 0.00012 %	(0.0) %
74	WO3	Tungsten	0.0000	< 0.00013 %	(0.0) %
80	Hg	Mercury	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
81	Tl	Thallium	0.1354	< 0.00010 %	(0.0) %
82	PbO	Lead	0.3920	0.00001 %	0.00001 %
83	Bi	Bismuth	0.5559	0.00001 %	0.00001 %
90	Th	Thorium	1.8103	0.00002 %	0.00001 %
92	U	Uranium	10.3701	0.00003 %	0.00001 %
Sum of concentration				0.39 %	

Sample Name **MNTS wine Litani Begleri Ikaria no sulfite** Receipt
 Description Method 07/15/2022
 TurboQuant-Pellets

Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na	Sodium	12.0738	0.0967 %	0.0035 %
12	Mg	Magnesium	2.9294	< 0.0020 %	(0.0) %
13	Al	Aluminum	4.5425	< 0.0020 %	(0.0) %
14	Si	Silicon	17.5910	0.01054 %	0.00021 %
15	P	Phosphorus	80.2231	0.02054 %	0.00012 %
16	S	Sulfur	91.6750	0.00726 %	0.00004 %
17	Cl	Chlorine	496.9022	0.02766 %	0.00006 %
19	K	Potassium	62.0009	0.1108 %	0.0007 %
20	Ca	Calcium	8.9551	< 0.00034 %	(0.00013) %
22	Ti	Titanium	0.7626	0.00054 %	0.00044 %
23	V	Vanadium	1.8032	0.00151 %	0.00051 %
24	Cr	Chromium	2.7582	< 0.00010 %	(0.0) %
25	Mn	Manganese	3.8986	0.00056 %	0.00009 %
26	Fe	Iron	15.9720	< 0.00010 %	(0.0) %
27	Co	Cobalt	0.3492	< 0.00030 %	(0.0) %
28	Ni	Nickel	6.1935	0.00017 %	0.00002 %
29	Cu	Copper	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
30	Zn	Zinc	2.5016	0.00005 %	0.00002 %
31	Ga	Gallium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
32	Ge	Germanium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
33	As	Arsenic	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
34	Se	Selenium	3.0291	0.00002 %	0.00001 %
35	Br	Bromine	7.7971	0.00006 %	0.00001 %
37	Rb	Rubidium	51.3229	0.00023 %	0.00001 %
38	Sr	Strontium	31.0603	0.00012 %	0.00001 %
39	Y	Yttrium	28.4874	0.00011 %	0.00001 %
40	Zr	Zirconium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
41	Nb	Niobium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
42	Mo	Molybdenum	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
47	Ag	Silver	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
48	Cd	Cadmium	2.1089	0.00002 %	0.00001 %
50	Sn	Tin	13.1880	0.00123 %	0.00007 %
51	Sb	Antimony	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
52	Te	Tellurium	2.4116	< 0.00030 %	(0.0) %
53	I	Iodine	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
55	Cs	Cesium	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
56	Ba	Barium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
57	La	Lanthanum	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
58	Ce	Cerium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
72	Hf	Hafnium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
73	Ta	Tantalum	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
74	W	Tungsten	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
80	Hg	Mercury	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
81	Tl	Thallium	0.1354	< 0.00010 %	(0.0) %
82	Pb	Lead	0.3920	0.00001 %	0.00001 %
83	Bi	Bismuth	0.5559	0.00001 %	0.00001 %
90	Th	Thorium	1.8103	0.00002 %	0.00001 %
92	U	Uranium	10.3701	0.00003 %	0.00001 %

Sample Name **MNTS wine Assyrtiko Limnos** Date of Receipt 07/15/2022
 Description Method TurboQuant-Pellets

Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na2O	Sodium	11.8794	0.1285 %	0.0046 %
12	MgO	Magnesium	3.5300	< 0.0034 %	(0.0) %
13	Al2O3	Aluminum	3.7535	< 0.0038 %	(0.0) %
14	SiO2	Silicon	18.9081	0.02526 %	0.00047 %
15	P2O5	Phosphorus	102.4336	0.06275 %	0.00030 %
16	SO3	Sulfur	142.9246	0.03706 %	0.00015 %
17	Cl	Chlorine	158.8679	0.00710 %	0.00003 %
19	K2O	Potassium	30.0579	0.06787 %	0.00070 %
20	CaO	Calcium	14.8830	0.01109 %	0.00015 %
22	TiO2	Titanium	0.0000	< 0.00034 %	(0.0) %
23	V2O5	Vanadium	1.5625	0.00244 %	0.00094 %
24	Cr2O3	Chromium	3.8537	< 0.00015 %	(0.0) %
25	MnO	Manganese	3.5244	0.00069 %	0.00012 %
26	Fe2O3	Iron	17.5729	< 0.00014 %	(0.0) %
27	CoO	Cobalt	0.9039	< 0.00039 %	(0.0) %
28	NiO	Nickel	6.8806	0.00026 %	0.00003 %
29	CuO	Copper	0.0000	< 0.00006 %	(0.0) %
30	ZnO	Zinc	1.4294	0.00004 %	0.00002 %
31	Ga	Gallium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
32	Ge	Germanium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
33	As2O3	Arsenic	0.0000	< 0.00007 %	(0.0) %
34	Se	Selenium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
35	Br	Bromine	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
37	Rb2O	Rubidium	36.9815	0.00019 %	0.00001 %
38	SrO	Strontium	32.8686	0.00016 %	0.00001 %
39	Y	Yttrium	31.3271	0.00013 %	0.00001 %
40	ZrO2	Zirconium	0.0000	< 0.00014 %	(0.0) %
41	Nb2O5	Niobium	0.0000	< 0.00014 %	(0.0) %
42	Mo	Molybdenum	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
47	Ag	Silver	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
48	Cd	Cadmium	2.9342	0.00008 %	0.00002 %
50	SnO2	Tin	12.7604	0.00150 %	0.00009 %
51	Sb2O5	Antimony	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
52	Te	Tellurium	3.0905	< 0.00030 %	(0.0) %
53	I	Iodine	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
55	Cs	Cesium	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
56	Ba	Barium	4.4770	0.00092 %	0.00026 %
57	La	Lanthanum	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
58	Ce	Cerium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
72	Hf	Hafnium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
73	Ta2O5	Tantalum	0.0000	< 0.00012 %	(0.0) %
74	WO3	Tungsten	0.0000	< 0.00013 %	(0.0) %
80	Hg	Mercury	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
81	Tl	Thallium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
82	PbO	Lead	1.2472	0.00002 %	0.00002 %
83	Bi	Bismuth	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
90	Th	Thorium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
92	U	Uranium	11.0076	0.00004 %	0.00001 %
Sum of concentration				0.35 %	

Sample Name **MNTS wine Assyrtiko Limnos** Date of Receipt **07/15/2022**
 Description TurboQuant-Pellets Method

Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na	Sodium	11.8794	0.0953 %	0.0034 %
12	Mg	Magnesium	3.5300	< 0.0020 %	(0.0) %
13	Al	Aluminum	3.7535	< 0.0020 %	(0.0) %
14	Si	Silicon	18.9081	0.01181 %	0.00022 %
15	P	Phosphorus	102.4336	0.02739 %	0.00013 %
16	S	Sulfur	142.9246	0.01484 %	0.00006 %
17	Cl	Chlorine	158.8679	0.00710 %	0.00003 %
19	K	Potassium	30.0579	0.05634 %	0.00058 %
20	Ca	Calcium	14.8830	0.00793 %	0.00011 %
22	Ti	Titanium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
23	V	Vanadium	1.5625	0.00137 %	0.00053 %
24	Cr	Chromium	3.8537	< 0.00010 %	(0.0) %
25	Mn	Manganese	3.5244	0.00053 %	0.00009 %
26	Fe	Iron	17.5729	< 0.00010 %	(0.0) %
27	Co	Cobalt	0.9039	< 0.00030 %	(0.0) %
28	Ni	Nickel	6.8806	0.00020 %	0.00002 %
29	Cu	Copper	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
30	Zn	Zinc	1.4294	0.00003 %	0.00002 %
31	Ga	Gallium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
32	Ge	Germanium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
33	As	Arsenic	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
34	Se	Selenium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
35	Br	Bromine	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
37	Rb	Rubidium	36.9815	0.00017 %	0.00001 %
38	Sr	Strontium	32.8686	0.00014 %	0.00001 %
39	Y	Yttrium	31.3271	0.00013 %	0.00001 %
40	Zr	Zirconium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
41	Nb	Niobium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
42	Mo	Molybdenum	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
47	Ag	Silver	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
48	Cd	Cadmium	2.9342	0.00008 %	0.00002 %
50	Sn	Tin	12.7604	0.00118 %	0.00007 %
51	Sb	Antimony	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
52	Te	Tellurium	3.0905	< 0.00030 %	(0.0) %
53	I	Iodine	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
55	Cs	Cesium	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
56	Ba	Barium	4.4770	0.00092 %	0.00026 %
57	La	Lanthanum	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
58	Ce	Cerium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
72	Hf	Hafnium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
73	Ta	Tantalum	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
74	W	Tungsten	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
80	Hg	Mercury	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
81	Tl	Thallium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
82	Pb	Lead	1.2472	0.00002 %	0.00002 %
83	Bi	Bismuth	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
90	Th	Thorium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
92	U	Uranium	11.0076	0.00004 %	0.00001 %

Sample Name **MNTS wine Moschato Alakandreias Limnos Avros Nikol** 07/15/2022
 Description Method TurboQuant-Pellets

Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na2O	Sodium	12.5331	0.1440 %	0.0050 %
12	MgO	Magnesium	3.0180	< 0.0034 %	(0.0) %
13	Al2O3	Aluminum	4.0882	< 0.0038 %	(0.0) %
14	SiO2	Silicon	10.3872	0.01327 %	0.00042 %
15	P2O5	Phosphorus	61.2678	0.03581 %	0.00025 %
16	SO3	Sulfur	258.5116	0.07420 %	0.00021 %
17	Cl	Chlorine	156.1357	0.00659 %	0.00003 %
19	K2O	Potassium	82.7550	0.1775 %	0.0010 %
20	CaO	Calcium	17.5360	0.01523 %	0.00021 %
22	TiO2	Titanium	0.5638	0.00067 %	0.00067 %
23	V2O5	Vanadium	0.0000	0.0013 %	0.0013 %
24	Cr2O3	Chromium	3.5538	< 0.00015 %	(0.0) %
25	MnO	Manganese	4.1175	0.00076 %	0.00012 %
26	Fe2O3	Iron	16.8698	< 0.00014 %	(0.0) %
27	CoO	Cobalt	0.0000	< 0.00039 %	(0.0) %
28	NiO	Nickel	4.6456	0.00014 %	0.00002 %
29	CuO	Copper	0.6993	0.00002 %	0.00002 %
30	ZnO	Zinc	5.7517	0.00015 %	0.00002 %
31	Ga	Gallium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
32	Ge	Germanium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
33	As2O3	Arsenic	0.0000	< 0.00007 %	(0.0) %
34	Se	Selenium	1.6913	0.00001 %	0.00001 %
35	Br	Bromine	6.2370	0.00005 %	0.00001 %
37	Rb2O	Rubidium	49.2178	0.00024 %	0.00001 %
38	SrO	Strontium	27.6239	0.00013 %	0.00001 %
39	Y	Yttrium	27.2314	0.00011 %	0.00001 %
40	ZrO2	Zirconium	0.2215	0.00002 %	0.00002 %
41	Nb2O5	Niobium	0.3775	0.00003 %	0.00002 %
42	Mo	Molybdenum	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
47	Ag	Silver	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
48	Cd	Cadmium	1.9078	< 0.00020 %	(0.0) %
50	SnO2	Tin	13.4304	0.00160 %	0.00009 %
51	Sb2O5	Antimony	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
52	Te	Tellurium	2.8844	< 0.00030 %	(0.0) %
53	I	Iodine	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
55	Cs	Cesium	2.6378	0.00102 %	0.00049 %
56	Ba	Barium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
57	La	Lanthanum	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
58	Ce	Cerium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
72	Hf	Hafnium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
73	Ta2O5	Tantalum	0.0000	< 0.00012 %	(0.0) %
74	WO3	Tungsten	0.0000	< 0.00013 %	(0.0) %
80	Hg	Mercury	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
81	Tl	Thallium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
82	PbO	Lead	0.0000	< 0.00011 %	(0.0) %
83	Bi	Bismuth	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
90	Th	Thorium	0.8635	0.00001 %	0.00001 %
92	U	Uranium	8.3635	< 0.00003 %	(0.00001) %
Sum of concentration				0.47 %	

Sample Name **MNTS wine Moschato Alakandreias Limnos Avros Nikol** 07/15/2022
 Description Method TurboQuant-Pellets

Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na	Sodium	12.5331	0.1068 %	0.0037 %
12	Mg	Magnesium	3.0180	< 0.0020 %	(0.0) %
13	Al	Aluminum	4.0882	< 0.0020 %	(0.0) %
14	Si	Silicon	10.3872	0.00620 %	0.00020 %
15	P	Phosphorus	61.2678	0.01563 %	0.00011 %
16	S	Sulfur	258.5116	0.02972 %	0.00008 %
17	Cl	Chlorine	156.1357	0.00659 %	0.00003 %
19	K	Potassium	82.7550	0.1473 %	0.0008 %
20	Ca	Calcium	17.5360	0.01089 %	0.00015 %
22	Ti	Titanium	0.5638	0.00040 %	0.00040 %
23	V	Vanadium	0.0000	0.00075 %	0.00075 %
24	Cr	Chromium	3.5538	< 0.00010 %	(0.0) %
25	Mn	Manganese	4.1175	0.00059 %	0.00009 %
26	Fe	Iron	16.8698	< 0.00010 %	(0.0) %
27	Co	Cobalt	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
28	Ni	Nickel	4.6456	0.00011 %	0.00002 %
29	Cu	Copper	0.6993	0.00002 %	0.00002 %
30	Zn	Zinc	5.7517	0.00012 %	0.00002 %
31	Ga	Gallium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
32	Ge	Germanium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
33	As	Arsenic	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
34	Se	Selenium	1.6913	0.00001 %	0.00001 %
35	Br	Bromine	6.2370	0.00005 %	0.00001 %
37	Rb	Rubidium	49.2178	0.00022 %	0.00001 %
38	Sr	Strontium	27.6239	0.00011 %	0.00001 %
39	Y	Yttrium	27.2314	0.00011 %	0.00001 %
40	Zr	Zirconium	0.2215	0.00002 %	0.00002 %
41	Nb	Niobium	0.3775	0.00002 %	0.00002 %
42	Mo	Molybdenum	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
47	Ag	Silver	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
48	Cd	Cadmium	1.9078	< 0.00020 %	(0.0) %
50	Sn	Tin	13.4304	0.00126 %	0.00007 %
51	Sb	Antimony	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
52	Te	Tellurium	2.8844	< 0.00030 %	(0.0) %
53	I	Iodine	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
55	Cs	Cesium	2.6378	0.00102 %	0.00049 %
56	Ba	Barium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
57	La	Lanthanum	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
58	Ce	Cerium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
72	Hf	Hafnium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
73	Ta	Tantalum	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
74	W	Tungsten	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
80	Hg	Mercury	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
81	Tl	Thallium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
82	Pb	Lead	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
83	Bi	Bismuth	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
90	Th	Thorium	0.8635	0.00001 %	0.00001 %
92	U	Uranium	8.3635	< 0.00003 %	(0.00001) %

Sample Name **MNTS wine Moschato Alakandreias Limnos** Receipt
 Description Method 07/15/2022
 TurboQuant-Pellets

Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na2O	Sodium	11.3901	0.1123 %	0.0042 %
12	MgO	Magnesium	3.2548	< 0.0034 %	(0.0) %
13	Al2O3	Aluminum	3.0440	< 0.0038 %	(0.0) %
14	SiO2	Silicon	4.3940	0.00582 %	0.00041 %
15	P2O5	Phosphorus	71.0666	0.04313 %	0.00027 %
16	SO3	Sulfur	231.4417	0.06767 %	0.00020 %
17	Cl	Chlorine	172.9654	0.00794 %	0.00003 %
19	K2O	Potassium	53.0928	0.1187 %	0.0008 %
20	CaO	Calcium	11.8469	0.00546 %	0.00009 %
22	TiO2	Titanium	0.3932	0.00048 %	0.00048 %
23	V2O5	Vanadium	0.0000	0.0014 %	0.0014 %
24	Cr2O3	Chromium	4.1641	< 0.00015 %	(0.0) %
25	MnO	Manganese	1.7696	0.00034 %	0.00012 %
26	Fe2O3	Iron	17.4711	< 0.00014 %	(0.0) %
27	CoO	Cobalt	0.3511	< 0.00039 %	(0.0) %
28	NiO	Nickel	5.9197	0.00021 %	0.00003 %
29	CuO	Copper	0.0000	< 0.00006 %	(0.0) %
30	ZnO	Zinc	2.3384	0.00006 %	0.00002 %
31	Ga	Gallium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
32	Ge	Germanium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
33	As2O3	Arsenic	0.0000	< 0.00007 %	(0.0) %
34	Se	Selenium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
35	Br	Bromine	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
37	Rb2O	Rubidium	45.2017	0.00023 %	0.00001 %
38	SrO	Strontium	30.1110	0.00015 %	0.00001 %
39	Y	Yttrium	31.4804	0.00013 %	0.00001 %
40	ZrO2	Zirconium	0.0000	< 0.00014 %	(0.0) %
41	Nb2O5	Niobium	0.0000	< 0.00014 %	(0.0) %
42	Mo	Molybdenum	1.1030	0.00003 %	0.00001 %
47	Ag	Silver	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
48	Cd	Cadmium	1.6671	< 0.00020 %	(0.0) %
50	SnO2	Tin	13.3667	0.00160 %	0.00009 %
51	Sb2O5	Antimony	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
52	Te	Tellurium	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
53	I	Iodine	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
55	Cs	Cesium	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
56	Ba	Barium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
57	La	Lanthanum	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
58	Ce	Cerium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
72	Hf	Hafnium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
73	Ta2O5	Tantalum	0.0000	< 0.00012 %	(0.0) %
74	WO3	Tungsten	0.0000	< 0.00013 %	(0.0) %
80	Hg	Mercury	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
81	Tl	Thallium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
82	PbO	Lead	0.0000	< 0.00011 %	(0.0) %
83	Bi	Bismuth	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
90	Th	Thorium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
92	U	Uranium	11.1372	0.00004 %	0.00001 %
Sum of concentration				0.37 %	

Sample Name **MNTS wine Moschato Alakandreias Limnosa** Receipt
 Description Method 07/15/2022
 TurboQuant-Pellets

Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na	Sodium	11.3901	0.0833 %	0.0031 %
12	Mg	Magnesium	3.2548	< 0.0020 %	(0.0) %
13	Al	Aluminum	3.0440	< 0.0020 %	(0.0) %
14	Si	Silicon	4.3940	0.00272 %	0.00019 %
15	P	Phosphorus	71.0666	0.01882 %	0.00012 %
16	S	Sulfur	231.4417	0.02710 %	0.00008 %
17	Cl	Chlorine	172.9654	0.00794 %	0.00003 %
19	K	Potassium	53.0928	0.09851 %	0.00069 %
20	Ca	Calcium	11.8469	0.00390 %	0.00007 %
22	Ti	Titanium	0.3932	0.00029 %	0.00029 %
23	V	Vanadium	0.0000	0.00078 %	0.00078 %
24	Cr	Chromium	4.1641	< 0.00010 %	(0.0) %
25	Mn	Manganese	1.7696	0.00026 %	0.00009 %
26	Fe	Iron	17.4711	< 0.00010 %	(0.0) %
27	Co	Cobalt	0.3511	< 0.00030 %	(0.0) %
28	Ni	Nickel	5.9197	0.00017 %	0.00002 %
29	Cu	Copper	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
30	Zn	Zinc	2.3384	0.00005 %	0.00002 %
31	Ga	Gallium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
32	Ge	Germanium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
33	As	Arsenic	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
34	Se	Selenium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
35	Br	Bromine	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
37	Rb	Rubidium	45.2017	0.00021 %	0.00001 %
38	Sr	Strontium	30.1110	0.00012 %	0.00001 %
39	Y	Yttrium	31.4804	0.00013 %	0.00001 %
40	Zr	Zirconium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
41	Nb	Niobium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
42	Mo	Molybdenum	1.1030	0.00003 %	0.00001 %
47	Ag	Silver	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
48	Cd	Cadmium	1.6671	< 0.00020 %	(0.0) %
50	Sn	Tin	13.3667	0.00126 %	0.00007 %
51	Sb	Antimony	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
52	Te	Tellurium	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
53	I	Iodine	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
55	Cs	Cesium	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
56	Ba	Barium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
57	La	Lanthanum	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
58	Ce	Cerium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
72	Hf	Hafnium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
73	Ta	Tantalum	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
74	W	Tungsten	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
80	Hg	Mercury	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
81	Tl	Thallium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
82	Pb	Lead	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
83	Bi	Bismuth	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
90	Th	Thorium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
92	U	Uranium	11.1372	0.00004 %	0.00001 %

Sample Name **MNTS wine Robola San Gerasimo** Date of Receipt 07/13/2022
 Description Method TurboQuant-Pellets

Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na2O	Sodium	11.5643	0.1143 %	0.0042 %
12	MgO	Magnesium	3.6348	< 0.0034 %	(0.0) %
13	Al2O3	Aluminum	3.2975	< 0.0038 %	(0.0) %
14	SiO2	Silicon	5.8135	0.00741 %	0.00039 %
15	P2O5	Phosphorus	77.6142	0.04523 %	0.00026 %
16	SO3	Sulfur	150.8471	0.03785 %	0.00015 %
17	Cl	Chlorine	117.9825	0.00423 %	0.00002 %
19	K2O	Potassium	27.8824	0.05949 %	0.00064 %
20	CaO	Calcium	12.1007	0.00564 %	0.00009 %
22	TiO2	Titanium	0.8035	0.00094 %	0.00073 %
23	V2O5	Vanadium	0.7604	0.0017 %	0.0013 %
24	Cr2O3	Chromium	3.4721	< 0.00015 %	(0.0) %
25	MnO	Manganese	2.0445	0.00037 %	0.00011 %
26	Fe2O3	Iron	16.7005	< 0.00014 %	(0.0) %
27	CoO	Cobalt	0.0000	< 0.00039 %	(0.0) %
28	NiO	Nickel	6.0403	0.00021 %	0.00002 %
29	CuO	Copper	0.0000	< 0.00006 %	(0.0) %
30	ZnO	Zinc	5.1149	0.00013 %	0.00002 %
31	Ga	Gallium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
32	Ge	Germanium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
33	As2O3	Arsenic	0.0000	< 0.00007 %	(0.0) %
34	Se	Selenium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
35	Br	Bromine	5.6529	0.00004 %	0.00001 %
37	Rb2O	Rubidium	30.7897	0.00015 %	0.00001 %
38	SrO	Strontium	17.1955	0.00008 %	0.00001 %
39	Y	Yttrium	27.9130	0.00011 %	0.00001 %
40	ZrO2	Zirconium	0.3529	0.00003 %	0.00002 %
41	Nb2O5	Niobium	0.3227	0.00003 %	0.00002 %
42	Mo	Molybdenum	0.3580	< 0.00010 %	(0.0) %
47	Ag	Silver	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
48	Cd	Cadmium	1.0790	< 0.00020 %	(0.0) %
50	SnO2	Tin	11.7527	0.00133 %	0.00009 %
51	Sb2O5	Antimony	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
52	Te	Tellurium	3.4638	< 0.00030 %	(0.0) %
53	I	Iodine	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
55	Cs	Cesium	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
56	Ba	Barium	5.4957	0.00143 %	0.00033 %
57	La	Lanthanum	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
58	Ce	Cerium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
72	Hf	Hafnium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
73	Ta2O5	Tantalum	3.1995	0.00012 %	0.00003 %
74	WO3	Tungsten	0.0000	< 0.00013 %	(0.0) %
80	Hg	Mercury	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
81	Tl	Thallium	0.2869	< 0.00010 %	(0.0) %
82	PbO	Lead	0.0502	< 0.00011 %	(0.0) %
83	Bi	Bismuth	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
90	Th	Thorium	1.8508	0.00002 %	0.00001 %
92	U	Uranium	9.7061	< 0.00003 %	(0.00002) %
Sum of concentration				0.28 %	

Sample Name **MNTS wine Robola San Gerasimo** Date of Receipt 07/13/2022
 Description Method TurboQuant-Pellets

Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na	Sodium	11.5643	0.0848 %	0.0031 %
12	Mg	Magnesium	3.6348	< 0.0020 %	(0.0) %
13	Al	Aluminum	3.2975	< 0.0020 %	(0.0) %
14	Si	Silicon	5.8135	0.00346 %	0.00018 %
15	P	Phosphorus	77.6142	0.01974 %	0.00011 %
16	S	Sulfur	150.8471	0.01516 %	0.00006 %
17	Cl	Chlorine	117.9825	0.00423 %	0.00002 %
19	K	Potassium	27.8824	0.04938 %	0.00053 %
20	Ca	Calcium	12.1007	0.00403 %	0.00006 %
22	Ti	Titanium	0.8035	0.00056 %	0.00044 %
23	V	Vanadium	0.7604	0.00093 %	0.00074 %
24	Cr	Chromium	3.4721	< 0.00010 %	(0.0) %
25	Mn	Manganese	2.0445	0.00029 %	0.00009 %
26	Fe	Iron	16.7005	< 0.00010 %	(0.0) %
27	Co	Cobalt	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
28	Ni	Nickel	6.0403	0.00016 %	0.00002 %
29	Cu	Copper	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
30	Zn	Zinc	5.1149	0.00010 %	0.00002 %
31	Ga	Gallium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
32	Ge	Germanium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
33	As	Arsenic	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
34	Se	Selenium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
35	Br	Bromine	5.6529	0.00004 %	0.00001 %
37	Rb	Rubidium	30.7897	0.00013 %	0.00001 %
38	Sr	Strontium	17.1955	0.00007 %	0.00001 %
39	Y	Yttrium	27.9130	0.00011 %	0.00001 %
40	Zr	Zirconium	0.3529	0.00002 %	0.00002 %
41	Nb	Niobium	0.3227	0.00002 %	0.00002 %
42	Mo	Molybdenum	0.3580	< 0.00010 %	(0.0) %
47	Ag	Silver	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
48	Cd	Cadmium	1.0790	< 0.00020 %	(0.0) %
50	Sn	Tin	11.7527	0.00105 %	0.00007 %
51	Sb	Antimony	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
52	Te	Tellurium	3.4638	< 0.00030 %	(0.0) %
53	I	Iodine	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
55	Cs	Cesium	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
56	Ba	Barium	5.4957	0.00143 %	0.00033 %
57	La	Lanthanum	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
58	Ce	Cerium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
72	Hf	Hafnium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
73	Ta	Tantalum	3.1995	0.00010 %	0.00002 %
74	W	Tungsten	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
80	Hg	Mercury	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
81	Tl	Thallium	0.2869	< 0.00010 %	(0.0) %
82	Pb	Lead	0.0502	< 0.00010 %	(0.0) %
83	Bi	Bismuth	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
90	Th	Thorium	1.8508	0.00002 %	0.00001 %
92	U	Uranium	9.7061	< 0.00003 %	(0.00002) %

Sample Name **MNTS wine Robola San Sarris** Date of Receipt 07/13/2022
 Description Method TurboQuant-Pellets

Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na2O	Sodium	11.8032	0.1269 %	0.0046 %
12	MgO	Magnesium	3.0934	< 0.0034 %	(0.0) %
13	Al2O3	Aluminum	3.6877	< 0.0038 %	(0.0) %
14	SiO2	Silicon	6.7534	0.00910 %	0.00041 %
15	P2O5	Phosphorus	60.5385	0.03739 %	0.00026 %
16	SO3	Sulfur	173.8063	0.04837 %	0.00017 %
17	Cl	Chlorine	115.3202	0.00432 %	0.00002 %
19	K2O	Potassium	68.3826	0.1559 %	0.0009 %
20	CaO	Calcium	14.4609	0.01046 %	0.00016 %
22	TiO2	Titanium	0.6408	0.00081 %	0.00075 %
23	V2O5	Vanadium	1.1004	0.0023 %	0.0013 %
24	Cr2O3	Chromium	4.5480	< 0.00028 %	(0.0) %
25	MnO	Manganese	3.4894	0.00069 %	0.00012 %
26	Fe2O3	Iron	17.2798	< 0.00014 %	(0.0) %
27	CoO	Cobalt	0.4318	< 0.00039 %	(0.0) %
28	NiO	Nickel	6.3798	0.00024 %	0.00003 %
29	CuO	Copper	0.0000	< 0.00006 %	(0.0) %
30	ZnO	Zinc	5.0147	0.00014 %	0.00002 %
31	Ga	Gallium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
32	Ge	Germanium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
33	As2O3	Arsenic	0.0000	< 0.00007 %	(0.0) %
34	Se	Selenium	2.5491	0.00002 %	0.00001 %
35	Br	Bromine	6.3798	0.00005 %	0.00001 %
37	Rb2O	Rubidium	56.5685	0.00029 %	0.00001 %
38	SrO	Strontium	16.9942	0.00009 %	0.00001 %
39	Y	Yttrium	24.1889	0.00010 %	0.00001 %
40	ZrO2	Zirconium	0.6856	0.00007 %	0.00003 %
41	Nb2O5	Niobium	0.2319	0.00002 %	0.00002 %
42	Mo	Molybdenum	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
47	Ag	Silver	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
48	Cd	Cadmium	4.5776	0.00021 %	0.00004 %
50	SnO2	Tin	14.6250	0.00182 %	0.00010 %
51	Sb2O5	Antimony	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
52	Te	Tellurium	4.3759	< 0.00030 %	(0.0) %
53	I	Iodine	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
55	Cs	Cesium	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
56	Ba	Barium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
57	La	Lanthanum	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
58	Ce	Cerium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
72	Hf	Hafnium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
73	Ta2O5	Tantalum	0.0000	< 0.00012 %	(0.0) %
74	WO3	Tungsten	0.0000	< 0.00013 %	(0.0) %
80	Hg	Mercury	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
81	Tl	Thallium	0.5850	0.00001 %	0.00001 %
82	PbO	Lead	0.0000	< 0.00011 %	(0.0) %
83	Bi	Bismuth	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
90	Th	Thorium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
92	U	Uranium	7.9399	< 0.00010 %	(0.0) %
Sum of concentration				0.40 %	

Sample Name **MNTS wine Robola San Sarris** Date of Receipt 07/13/2022
 Description Method TurboQuant-Pellets

Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na	Sodium	11.8032	0.0941 %	0.0034 %
12	Mg	Magnesium	3.0934	< 0.0020 %	(0.0) %
13	Al	Aluminum	3.6877	< 0.0020 %	(0.0) %
14	Si	Silicon	6.7534	0.00425 %	0.00019 %
15	P	Phosphorus	60.5385	0.01632 %	0.00011 %
16	S	Sulfur	173.8063	0.01937 %	0.00007 %
17	Cl	Chlorine	115.3202	0.00432 %	0.00002 %
19	K	Potassium	68.3826	0.1294 %	0.0008 %
20	Ca	Calcium	14.4609	0.00748 %	0.00011 %
22	Ti	Titanium	0.6408	0.00048 %	0.00045 %
23	V	Vanadium	1.1004	0.00129 %	0.00070 %
24	Cr	Chromium	4.5480	< 0.00019 %	(0.0) %
25	Mn	Manganese	3.4894	0.00053 %	0.00010 %
26	Fe	Iron	17.2798	< 0.00010 %	(0.0) %
27	Co	Cobalt	0.4318	< 0.00030 %	(0.0) %
28	Ni	Nickel	6.3798	0.00019 %	0.00002 %
29	Cu	Copper	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
30	Zn	Zinc	5.0147	0.00011 %	0.00002 %
31	Ga	Gallium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
32	Ge	Germanium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
33	As	Arsenic	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %
34	Se	Selenium	2.5491	0.00002 %	0.00001 %
35	Br	Bromine	6.3798	0.00005 %	0.00001 %
37	Rb	Rubidium	56.5685	0.00027 %	0.00001 %
38	Sr	Strontium	16.9942	0.00007 %	0.00001 %
39	Y	Yttrium	24.1889	0.00010 %	0.00001 %
40	Zr	Zirconium	0.6856	0.00005 %	0.00002 %
41	Nb	Niobium	0.2319	0.00001 %	0.00001 %
42	Mo	Molybdenum	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
47	Ag	Silver	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
48	Cd	Cadmium	4.5776	0.00021 %	0.00004 %
50	Sn	Tin	14.6250	0.00143 %	0.00008 %
51	Sb	Antimony	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
52	Te	Tellurium	4.3759	< 0.00030 %	(0.0) %
53	I	Iodine	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %
55	Cs	Cesium	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %
56	Ba	Barium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
57	La	Lanthanum	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
58	Ce	Cerium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %
72	Hf	Hafnium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
73	Ta	Tantalum	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
74	W	Tungsten	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
80	Hg	Mercury	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
81	Tl	Thallium	0.5850	0.00001 %	0.00001 %
82	Pb	Lead	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
83	Bi	Bismuth	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
90	Th	Thorium	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %
92	U	Uranium	7.9399	< 0.00010 %	(0.0) %