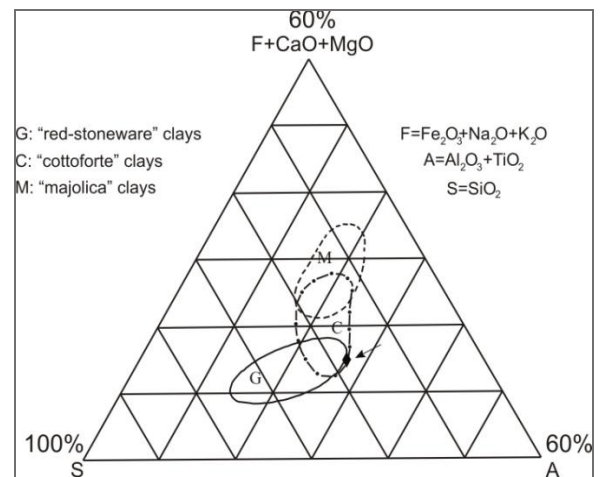
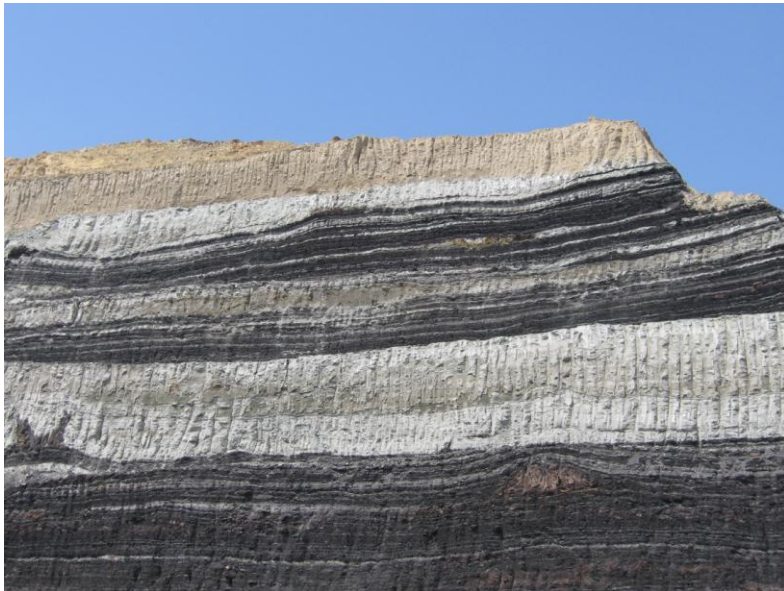




**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ
ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ**

Αξιοποίηση αργιλικών οριζόντων από λιγνιτικά κοιτάσματα των περιοχών Φλώρινας και Πτολεμαΐδας, για χρήση τους στην κεραμική.



*Διπλωματική εργασία
Αναστασία Γ. Καραχάλιου*

Επιβλέπουσα: Θεοδώρα Περράκη, Καθηγήτρια ΕΜΠ

Αθήνα, 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με θέμα: “**Αξιοποίηση αργιλικών οριζόντων από λιγνιτικά κοιτάσματα των περιοχών Φλώρινας και Πτολεμαΐδας, για χρήση τους στην κεραμική**”, πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια των διπλωματικών εργασιών που εκπονούνται στο ΕΜΠ.

Σημαντικό κίνητρο για την εκπόνηση της εργασίας αυτής υπήρξε το ενδιαφέρον για τη μελέτη της ορυκτολογικής σύστασης αργιλικών οριζόντων (στείρων) από διάφορα λιγνιτωρυχεία και η δυνατότητα χρήσης τους στην κεραμική βιομηχανία.

Δεδομένου ότι η δυνατότητα χρήσης τέτοιων σχηματισμών στην κεραμική εξαρτάται, κύρια, από το είδος και την ποσότητα των **αργιλικών ορυκτών** λόγω της κρυσταλλικής δομής τους, είναι καθοριστική η εξέταση της ορυκτολογικής σύστασης, των εν λόγω, σχηματισμών.

Αντικείμενο της συγκεκριμένης διπλωματικής είναι να διερευνηθεί η αξιοποίηση αργιλικών οριζόντων που προέρχονται από λιγνιτικά κοιτάσματα των περιοχών Φλώρινας και Πτολεμαΐδας για χρήση τους στην κεραμική.

Η ενασχόληση μου με το πειραματικό μέρος της διπλωματικής εργασίας καθ’ όλη τη διάρκεια του εξαμήνου και σχεδόν σε καθημερινή βάση, με έκανε να κατανοήσω καλύτερα το αντικείμενο και να αποκτήσω πολύτιμες γνώσεις.

Γι’ αυτό το λόγο αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα Καθηγήτρια κα Θεοδώρα Περράκη για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος, καθώς και για την πολύτιμη βοήθεια της και τις επιστημονικές γνώσεις που μου μετέδωσε και με βοήθησε για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω πολύ τον Δρ. Γιάννη Οικονομόπουλο για τη συνεχή καθοδήγηση και βοήθεια του, καθώς και για το χρόνο που αφιέρωσε για την ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα Δραγουμάνη Σταυρούλα (Ε.Τ.Ε.Π.) από το εργαστήριο Γεωλογίας και τον κ Μπούσουλα Ιωάννη (Ι.Δ.Α.Χ.) από το εργαστήριο Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών για τη βοήθεια τους κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω το συνάδελφο και καλό μου φίλο Παναγιώτη Βεργούλη για τη στήριξη και τη συμπαράσταση σε αυτή την προσπάθεια καθώς δουλεύαμε παράλληλα τις διπλωματικές μας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ-ΛΙΓΝΙΤΗΣ.....	6
1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΛΙΓΝΙΤΗ.....	7
1.2. ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟΥΣ ΚΑΦΕΤΙ ΟΡΥΤΚΟΥΣ ΑΝΘΡΑΚΕΣ (ΛΙΓΝΙΤΗΣ).....	9
1.3. Η ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	11
1.3.1. ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΛΙΓΝΙΤΗ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ.....	15
1.4. ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	20
1.5. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ- ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ.....	25
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ-ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΙΓΝΙΤΟΦΟΡΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ.....	27
2.1. ΓΕΩΛΟΓΙΑ-ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ..	35
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ -ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΑ ΑΡΓΙΛΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ.....	41
3.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	42
3.2. ΟΡΥΚΤΑ ΤΩΝ ΑΡΓΙΛΩΝ.....	43
3.3. ΟΡΥΚΤΑ ΔΙΟΚΤΑΕΔΡΙΚΗΣ&ΤΡΙΟΚΤΑΕΔΡΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ.....	46
3.4. ΙΣΟΜΟΡΦΕΣ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.....	48
3.5. ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΑΡΓΙΛΩΝ.....	52
4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	60
4.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	61
4.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	62

4.2.1. ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΜΕΤΡΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ (XRD).....	62
4.2.2. ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (TG/DTG/DTA).....	62
4.2.3. ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (FT-IR).....	63
4.2.3.1 ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΤΡΟΠΟΙ ΔΟΝΗΣΗΣ.....	63
4.3. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	65
4.3.1. ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΕ ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΜΕΤΡΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ.....	66
4.3.2. ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΕ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (TG, DTG ΚΑΙ DTA).....	83
4.3.3. ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (FT-IR).....	85
4.4. ΤΡΙΓΩΝΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ.....	87
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	92
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	99

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

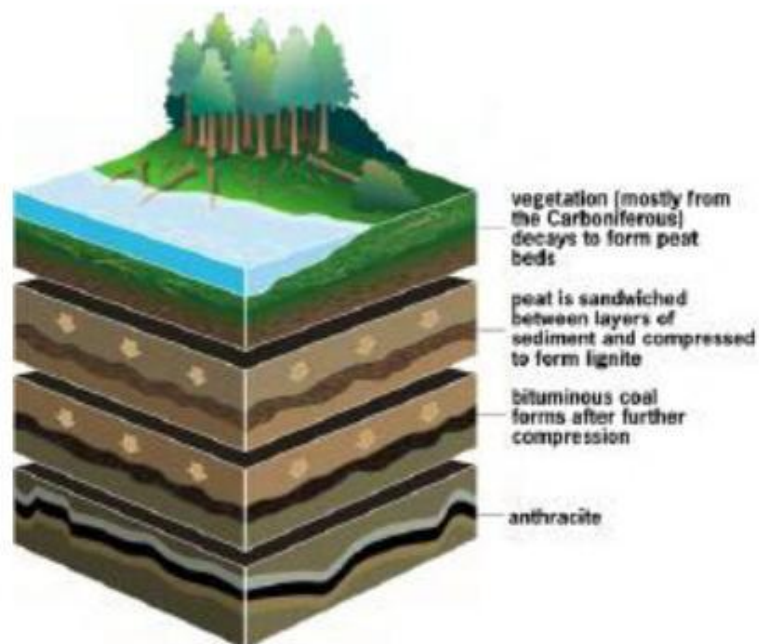
ΛΙΓΝΙΤΗΣ

1.ΛΙΓΝΙΤΗΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΛΙΓΝΙΤΗ

Ο λιγνίτης είναι γαιάνθρακας που σχηματίζεται στα πρώτα στάδια της ενανθράκωσης, δηλαδή αμέσως μετά την τυρφογένεση, η οποία χαρακτηρίζεται κυρίως από διαγενετικές μόνο διεργασίες. Ανήκει στην ομάδα των Braunkohle (κατά την γερμανική ορολογία), χωρίς να την καλύπτει πλήρως, ή αντίστοιχα στην ομάδα των Lignite- Subbituminous (κατά την αμερικανική ορολογία).

Οι «λιγνίτες» (υπό την έννοια των Braunkohle= γαιάνθρακες καστανού χρώματος) περιέχουν υγρασία 60-10%, C=65-80% και πτητικά 60-45% (οι τιμές καύσιμης ύλης εννοούνται επί ξηρού). Η θερμαντική ικανότητα των «λιγνιτών» κυμαίνεται από 1800-7000 kcal/kg ή 7650-29400 kJ/kg.



Σχ. 1.1.α: Στρωμάτωση στερεού φλοιού της Γης, (Πηγή: <http://www.allaboutenergy.gr/Gaianthrakes.html>)

Τα διάφορα είδη των λιγνιτών διακρίνονται κυρίως βάση των μακροσκοπικών τους γνωρισμάτων. Έτσι διακρίνουμε: α) κοινούς λιγνίτες, β) γαιώδεις και γ) συμπαιγείς. Οι πρώτοι είναι μαλακοί και μερικές φορές σχιστώδεις σχηματίζουν δε την υποομάδα των μαλακών Weichbraunkohle) και κοινών

καστανών «λιγνιτών» Braunkohle (κατά την γερμανική ορολογία) ή αυτή των Lignite (κατά την αμερικανική ορολογία). Περιέχουν υγρασία από 60-30%, πτητικά 60-50%, C 65-70% και τα ίδια- αλλά σε διαφορετικά ποσοστά χημικά συστατικά με την τύρφη. Οι τελευταίοι είναι γενικά σκληροί (δεν κόβονται με κοινό μαχαίρι) και αποτελούν την υποομάδα των Hartbraunkohle (κατά την γερμανική ορολογία ή αυτή των Subbituminous (κατά την αμερικανική ορολογία). Διακρίνονται σε λαμπερούς και αλαμπίς. Περιέχουν υγρασία 30-10%, πτητικά 50-45% και μόνιμο άνθρακα (C fix) 70-80%. Τα χημικά συστατικά που τους συνιστούν είναι: χουμίνη, λιγνίνη και βιτούμινα.

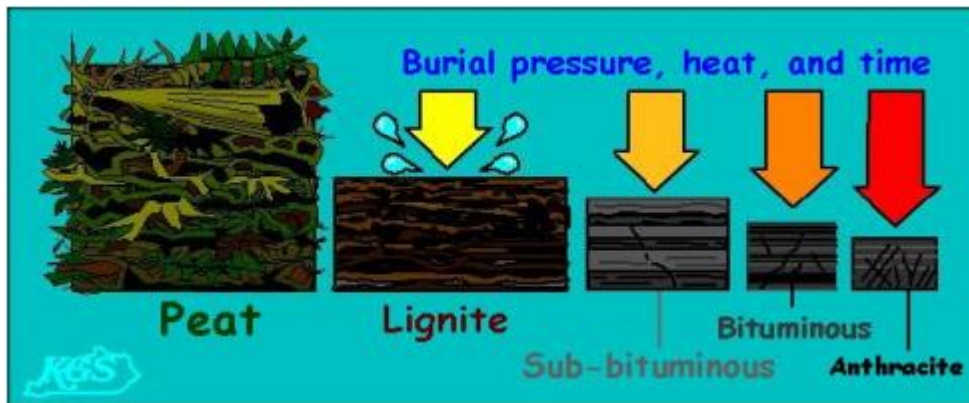
Εκτός αυτών υπάρχουν και «λιγνίτες» με την ονομασία ξυλίτης, πισσάνθρακας και γαγάτης. Ο ξυλίτης είναι «κοινός λιγνίτης» που έχει διατηρήσει τον ξυλώδη ιστό και περιέχει περισσότερα πτητικά από τους κοινούς λιγνίτες αντίστοιχης θερμαντικής ικανότητας. Ο πισσάνθρακας είναι ανώτερης ποιότητας απ' όλα τα είδη των κοινών λιγνιτών γιατί είναι βιτουμενιούχος. Ο γαγάτης είναι «λιγνίτης» λαμπερός, ομοιογενής και σκληρός. Λόγω της σκληρότητας του ο γαγάτης επιδέχεται επεξεργασία για κατασκευή κομψοτεχνημάτων. Στο μικροσκόπιο παρουσιάζει ξυλώδη ιστό. Εμφανίσεις γαγάτη έχουμε στο Γιόρκσαϊρ της Αγγλίας, γνωστές από τους προρωμαϊκούς χρόνους.

Οι λαμπεροί καστανοί άνθρακες, ενώ χημικά ταξινομούνται σαφώς στην κατηγορία των καστανών ανθράκων πετρογραφικά παρουσιάζουν πολλά κοινά σημεία με τους λιθάνθρακες και αποτελούν εν πολλοίς τη μετάβαση από τους μαλακούς- αλαμπίς καστανούς ορυκτούς άνθρακες προς τους λιθάνθρακες. Πετρογραφικά μάλιστα, οι λαμπεροί καστανοί ορυκτοί άνθρακες μελετώνται μαζί με τους λιθάνθρακες και συμπεριλαμβάνονται στους τελευταίους. Κριτήριο στην περίπτωση αυτή είναι το τέλος της ζελατινοποίησης των χουμινιτικών οργανικών δομικών συστατικών και η απαρχή της βιτρινοποίησης. Η μικροσκοπική εικόνα των λαμπερών ορυκτών ανθράκων «ταυτίζεται» με αυτή των λιθανθράκων, καθ' όσον η σημαντική ομάδα των χουμινιτικών δομικών συστατικών προσομοιάζει με αυτή των βιτρινιτικών, που αντιστοιχεί στους λιθάνθρακες.

Οι τιμές ανακλαστικότητας, που σχετίζονται πάντα με την τιμή του βιτρινίτη, καθορίζουν πλέον τα όρια μεταξύ λαμπερών ορυκτών ανθράκων και λιθανθράκων.



Σχ. 1.1.β: Είδη γαιανθράκων: Τύρφη- Καφετί άνθρακας- Υποβιτουμενιούχος – Βιτουμενιούχος, (Πηγή: World Coal Institute, "What is coal")



Σχ. 1.1.γ: Με την μετάβαση από την τύρφη στον ανθρακίτη αυξάνεται η θερμογόνος ικανότητα των ανθράκων και βεβαίως η ποιότητά τους ως πηγή ενέργειας., (Πηγή: <http://www.allaboutenergy.gr/Gaianthrakas.html>)

1.2 ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟΥΣ ΚΑΦΕΤΙ ΟΡΥΚΤΟΥΣ ΑΝΘΡΑΚΕΣ (ΛΙΓΝΙΤΗΣ)

Καφετί ορυκτοί άνθρακες, με βάση τις διεργασίες της ενανθράκωσης, είναι τα προϊόντα που σχηματίζονται στα πρώτα στάδια τους, μετά από αυτά της τυρφογένεσης και με την έναρξη του παράγοντα της διαγένεσης. Με την επίδραση της διαγένεσης έχουμε βαθμιαία αύξηση της περιεκτικότητας σε C και συγχρόνως μείωση της περιεκτικότητας σε νερό, σε πτητικά συστατικά όπως O₂, CO₂, όπως επίσης και σε μεθάνιο (CH₄), αλλά σε πολύ μικρές ποσότητες. Με αυτές τις διεργασίες γίνεται η μετάβαση από το βιοχημικό στάδιο στο γεωχημικό.

Σε αυτή την κατηγορία υπάρχουν ακόμη χουμικά οξέα αλλά το μεγαλύτερο μέρος μεταπηδά στις χημικά ουδέτερες χουμίνες.

Οι λιγνίτες ανήκουν στην ομάδα των καφετί ορυκτών ανθράκων (Braunkohle κατά την γερμανική ορολογία) χωρίς να την καλύπτουν πλήρως ή αντίστοιχα, κατά την αμερικανική ορολογία, αποτελούν ομάδα μεταξύ της τύρφης και των υποβιτουμενιούχων ορυκτών ανθράκων.

Προσδιοριστικά στοιχεία:

- Συγκριτικά με το προηγούμενο στάδιο η περιεκτικότητα σε C άνθρακα αυξάνεται βαθμιαία, ενώ η αντίστοιχη περιεκτικότητα σε O₂ μειώνεται. Η περιεκτικότητα του H διατηρείται.

C=70%

H=5% και O₂=24%

Υγρασία=60-10%

Πτητικά=60-45%

Μον. C=60-85%

Οι τιμές της καύσιμης ύλης εννοούνται επί ξηρού.

Η θερμαντική ικανότητα κυμαίνεται μεταξύ 1800-7000 kcal/kg ή 7650-29400 kJ/kg.

- Φυσικές μεταβολές: Αλλαγή του χρώματος από ανοιχτό καφετί έως σκούρο. Βαθμιαία αύξηση της ανακλαστικότητας, μεγαλύτερη πυκνότητα και σκληρότητα με σύγχρονη μείωση του όγκου. Κατά τη μεταβολή από την τύρφη σε καφετί ορυκτό άνθρακα (λιγνίτη) μειώνεται ο όγκος περίπου κατά το ήμισυ.

Ένα κοίτασμα σήμερα πάχους περίπου 10 m προϋποθέτει συσσώρευση τύρφης πάχους 20 m έως 30 m.

- Γραμμή κόνεως σε πορσελάνινο πίνακα: καφετί.

- Αντίδραση της χουμίνης: Διάλυμα με χρώμα καφετί.

Οι καφετί ορυκτοί άνθρακες ή λιγνίτες καταλαμβάνουν ένα σχετικά μεγάλο φάσμα των διεργασιών της ενανθράκωσης και διαχωρίζονται σε 4 τουλάχιστον κατηγορίες ανάλογα με το βαθμό ενανθράκωσης:

1. Μαλακοί καφετί ορυκτοί άνθρακες
2. Σκληροί καφετί ορυκτοί άνθρακες
 - a) Αλαμπείς καφετί ορυκτοί άνθρακες
 - b) Λαμπεροί καφετί ορυκτοί άνθρακες

Στην ομάδα των μαλακών καφετί ορυκτών ανθράκων ανήκουν οι λιγνίτες χαμηλού βαθμού ενανθράκωσης και η πιο κοντινή προς την τύρφη υποομάδα λιγνιτών. Ονομάζεται ομάδα γεωδών καφετί χρώματος ορυκτών ανθράκων και χαρακτηρίζεται από την ιδιαίτερα χαλαρή υφή τους και την εύκολη αποπομπή σκόνης. Οι λιγότεροι ώριμοι από αυτούς ονομάζονται και τυρφοειδείς λιγνίτες. Στον τύπο αυτό θα μπορούσαν να καταταγούν οι λιγνίτες Μεγαλόπολης (τυρφοειδείς λιγνίτες) ενώ στην ευρύτερη ομάδα των λιγνιτών, οι αντίστοιχοι ορυκτοί άνθρακες

της Πτολεμαΐδας. Οι ορυκτοί άνθρακες της Δράμας, στην κατηγοριοποίηση αυτή καταλαμβάνουν έναν ενδιάμεσο χώρο.

Μια δεύτερη ομάδα των καφετί ορυκτών ανθράκων απαρτίζουν οι σχιστώδεις λιγνίτες (Moorkohle) που έχουν σαν χαρακτηριστικό γνώρισμα την μη αποπομπή σκόνης και τη σχετικά δύσκολη χρωμάτιση κατά την επαφή. Συνήθως περιέχουν σε μεγάλο ποσοστό ξυλιτικά υπολείμματα και θεωρείται ότι σχηματίστηκαν σε «υγρότερο» περιβάλλον απ' ό,τι οι γαιώδεις αντίστοιχοι λιγνίτες.

Τα στοιχεία των μαλακών καφετί ανθράκων έχουν ως εξής:

Υγρασία: 60-30%

Πτητικά: 60-50%

C-fix: 65-70% και τα ίδια χημικά συστατικά με την τύρφη, αλλά σε διαφορετικά ποσοστά.

Στην ομάδα των σκληρών καφετί ορυκτών ανθράκων ανήκουν οι λιγνίτες, οι οποίοι είναι γενικά σκληροί (δεν κόβονται με κοινό μαχαίρι) και παρουσιάζουν μεγαλύτερο βαθμό ενανθράκωσης από εκείνους της προηγούμενης υποομάδας. Αντιστοιχούν με την κατηγορία των Hartbraunkohle (κατά τη γερμανική ορολογία) ή αυτή των Subbituminous (κατά την αμερικανική ορολογία). Διακρίνονται σε λαμπερούς και αλαμπείς. Οι πρώτοι, λόγω της λαμπερής τους εμφάνισης, ονομάζονται και ευγενείς καφετί ορυκτοί άνθρακες (Edelbraunkohle). Κατέχουν μαύρο λαμπερό χρώμα (Βιτρίτης) και θραύονται με κατακερματισμό. Οι δεύτεροι (αλαμπείς είναι σκούρου καφετί έως μαυρωπού χρώματος με συχνές γκρίζες ενστρώσεις, είναι σκληροί και δεν χάνουν εύκολα τη σκόνη τους. Επίσης δεν περιλαμβάνουν ξυλιτικά υπολείμματα και περιέχουν πολύ δουρίτη. (Τα παραπάνω δεδομένα πάρθηκαν από: Αντωνιάδης, Π. 2008).

1.3 Η ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η λιγνιτογένεση σημειώνεται στον Ελληνικό χώρο από το Ηώκαινο μέχρι και το Κατώτερο Πλειστόκαινο.

Τα περισσότερα και σημαντικότερα λιγνιτικά κοιτάσματα της χώρας μας σχηματίστηκαν κατά το Νεογενές και το Πλειστόκαινο. Οι περίοδοι αυτές συνδέονται με την έντονη μεταλπική ρηξιγενή τεκτονική και ταφρογένεση. Δημιουργούνται πολυάριθμες ηπειρωτικές λεκάνες, που είτε δεν έχουν καμιά

επικοινωνία με τη θάλασσα (ενδοηπειρωτικές) είτε επικοινωνούν παροδικά μόνο κατά τη διάρκεια της εξέλιξής τους με αυτήν (περιηπειρωτικές). Στις ηπειρωτικές λεκάνες πληρούνταν οι προϋποθέσεις για τον σχηματισμό εκτεταμένων κατω-τυρφώνων και τη διατήρηση της τυρφογένεσης για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να προκύψουν λιγνιτικά στρώματα με σχετικά μεγάλη εξάπλωση και πάχος, όπως αυτά της Φλώρινας, της Πτολεμαΐδας, του Αλιβερίου, της Μεγαλόπολης κ.ά. Αντίθετα, οι λιγνιτικές αποθέσεις αυτών των περιόδων σε παράκτιες λεκάνες (Κατερίνη, Πρέβεζα-Ακαρνανία, Πύργος-Ολυμπία, Κρήτη) παρουσιάζουν μικρό πάχος, αν και συχνά η έκτασή τους είναι σημαντική.

Στους νεότερους λιγνίτες (Πλειστόκαινο) ανήκει ο (τυρφοειδούς μορφής) μαλακός λιγνίτης της Μεγαλόπολης. Στους Παλαιογενείς σχηματισμούς (Ηώκαινο-Ολιγόκαινο) ανήκουν κυρίως κοιτάσματα παράκτιων λεκανών, π.χ. της Αλεξανδρούπολης, του Πενταλόφου (Ν. Κοζάνης), των Γρεβενών, των Ζαγοριών (Ν. Ιωαννίνων) κ.ά. Μέσα σε θαλάσσια ιζήματα παρεμβάλλονται λιμναίες και τελματικές αποθέσεις, από τις οποίες (τελματικές) προέκυψαν φακοειδή στρώματα λιγνίτη καλής ποιότητας. Λόγω των γενικά περιορισμένων διαστάσεών τους τα κοιτάσματα αυτά δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερο μεταλλευτικό ενδιαφέρον.



Σχ. 1.3: Σχηματικός χάρτης της Ελλάδας με τις θέσεις των κυριότερων κοιτασμάτων γαιανθράκων:

1:Ορεστιάδα, 2:Αλεξανδρούπολη, 3:Δράμα,Κορμίστα,Ηλιοκώμη, Πρώτη, 4:Σέρρες, 5:Αλμωπία, 6:Λεκάνη Φλώρινας (Βεύη, Αχλάδα, Λόφοι), 7: Λεκάνη Πτολεμαΐδας (Αμύνταιο, Ανάργυροι, Βεγόρα, Κομνηνά, Καρυσχώρι, Πτολεμαΐδα), 8:Λεκάνη Κοζάνης (Τριγωνικό, Προσήλιο, Λάβα, Σέρβια), 9: Ελασσόνα, 10:Μοσχοπόταμος, Κατερίνη, 11:Μεσοελληνική Αύλακα, 12: Ιωάννινα, 13:Πρέβεζα, 14:Αλμυρός, 15:Ζέλι, 16:Πάλιουρας, 17:Αλιβέρι, Κύμη, 18:Βοιωτία, 19:Αττική, 20:Καλάβρυτα, 21:Πύργος,Ολυμπία,Βασιλάκι, 22: Χωματερό -Κορώνη, 23:Μεγαλόπολη, 24:Μονεμβασία, 25:Κάνδακος, 26:Σάμος, 27: Χίος, 28:Ρόδος

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται η εξέλιξη της Ελληνικής παραγωγής λιγνίτη:

Έτος	Παραγωγή λιγνίτη σε (t)
1896	14.000
1914	20.000
1930	129.600
1950	163.000
1975	18.000.000
1991	50.600.000
1997	60.000.000

Τα σημαντικότερα παράκτια κοιτάσματα είναι τα εξής:

Πύργος-Ολυμπία και Πρέβεζα-Ακαρνανία: Στην ευρύτερη παράκτια λεκάνη, που εκτείνεται κατά μήκος της δυτικής ακτής της Στερεάς Ελλάδας και της Πελοποννήσου, από τη Φιλιπιάδα μέχρι την Κυπαρισσία, είναι γνωστές 50 περίπου θέσεις με λιγνιτικές αποθέσεις. Ο λιγνίτης εμφανίζεται μέσα σε Νεογενή ιζήματα, αργίλους και μάργες κυρίως Πλειοκαινικής ηλικίας, με πάχη μέχρι 2 m. Είναι μαλακός με Κ.Θ.Ι. 2.000-2.500 kcal/kg, τα αποθέματα εκτιμώνται στους 40 Mt, ενώ είναι κατανομημένα σε πολλές θέσεις. Κατά περιόδους λειτούργησαν και λειτουργούν ακόμα, μικρά ιδιωτικά ορυχεία στην περιοχή.

Μικρά φακοειδή λιγνιτικά σώματα αλλά περιορισμένης σημασίας υπάρχουν ακόμα στα Ζαγόρια (Ν. Ιωαννίνων) μέσα στον φλύσχη Ηωκαινικής ηλικίας, καθώς και στο Πεντάλοφο (Ν. Κοζάνης). Επίσης στα Γρεβενά, απαντάται λιγνίτης Ολιγοκαινικής ηλικίας, στα μολασσικά ιζήματα της Μεσελληνικής αύλακας.

Στην Αλεξανδρούπολη ο λιγνίτης απαντάται μέσα σε Ηωκαινικά στρώματα μάργας, αργίλου, καθώς και ψαμμίτη, και είναι στιλπνός με Κ.Θ.Ι. 5.200 kcal/kg. Τα αποθέματα ανέρχονται σε μερικές εκατοντάδες χιλιάδες τόνους ενώ κατά καιρούς λειτούργησαν στην περιοχή μικρές εκμεταλλεύσεις.

Όσον αφορά στα κοιτάσματα σε ηπειρωτικές λεκάνες τα μεγαλύτερα λιγνιτικά αποθέματα της χώρας βρίσκονται στην τεκτονική τάφρο της Δυτικής Μακεδονίας. Σημαντικά είναι ακόμα τα κοιτάσματα των λεκανών Δράμας, Μεγαλόπολης και – παλαιότερα – Αλιβερίου.

1.3.1. ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΛΙΓΝΙΤΗ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Οι Νεογενείς αποθέσεις των λιγνιτοφόρων γεωλογικών λεκανών της Δυτικής Μακεδονίας διακρίνονται στην κατώτερη, τη μεσαία και την ανώτερη σειρά, οι οποίες περιλαμβάνουν τον λιγνίτη της κατώτερης, και της μεσαίας σειράς.

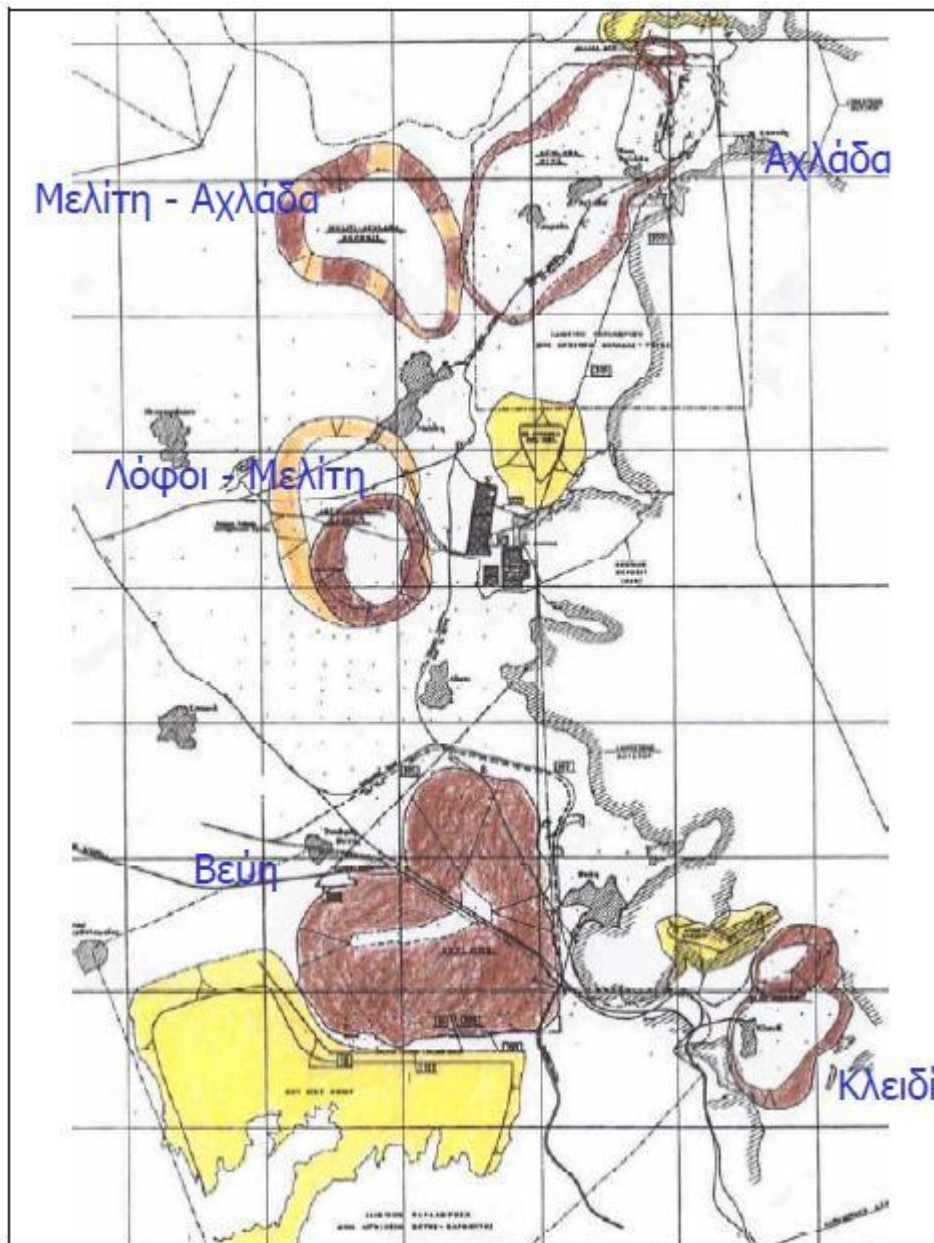
- Ο λιγνίτης της κατώτερης σειράς

Ο λιγνίτης του κατώτερου σχηματισμού είναι σκληρός, καστανόχρωμος, και εμφανίζει έντονα τη δομή και υφή του ξύλου, πρόκειται δηλαδή για ξυλιτικό λιθότυπο. Τα ιζήματα στα οποία φιλοξενείται είναι κυρίως ιλύες, μέσα στις οποίες υπάρχουν κατά θέσεις φακοί άμμου, αργίλου και μάργας. Απαντάται στα ανατολικά περιθώρια των λεκανών Φλώρινας-Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας. Δεν σχηματίζει εκτεταμένα στρώματα, αλλά λόγω τεκτονισμού έχει αποθεθεί σε πολλά μικρά τμήματα των λεκανών, γειτονικά μεταξύ τους. Ο ξυλίτης προήλθε από δασοτυρφώνες με κωνοφόρα κυρίως δένδρα, που αναπτύσσονταν σε ένα σχετικά πιο θερμό και υγρό κλίμα από το σημερινό.

Στη λεκάνη της Φλώρινας κυριαρχεί ο ξυλιτικός λιγνίτης. Τα βέβαια αποθέματα ξυλίτη ανέρχονται σε 270 Mt, τα τεχνικοοικονομικά απολήψιμα σε 200 Mt. Η εκμετάλλευση γίνεται από δυο ιδιωτικές εταιρίες, που διαθέτουν λιγνιτωρυχεία στις περιοχές της Βεύης και της Αχλάδας αντίστοιχα. Η ετήσια παραγωγή ανέρχεται σε 2 Mt περίπου, που τροφοδοτούν τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς (Α.Η.Σ.) Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου της Δ.Ε.Η.

Πρόσφατα ανακαλύφθηκε μεταξύ Βεύης και Αχλάδας το κοίτασμα Λόφων με ξυλιτικού τύπου λιγνίτη, η εκμετάλλευση του οποίου θα ξεκινήσει σύντομα.

Στο ακόλουθο σχήμα βλέπουμε τη διάταξη των ορυχείων της Φλώρινας όπου το κοίτασμα Λόφων βρίσκεται μεταξύ Βεύης και Αχλάδας.



Σχ. 1.3.1.α: Διάταξη ορυχείων Φλώρινας, (Kavouridis et al., 2005)

Από πλευράς βαθμού ενανθράκωσης ο ξυλίτης της Φλώρινας κατατάσσεται στους μαλακούς λιγνίτες. Είναι καλής ποιότητας με μέση υγρασία 30%, τέφρα (επί ξηρού) 27% και κατώτερη θερμαντική ικανότητα (σε φυσική κατάσταση) 2.700 kcal/kg.

Στα ανατολικά περιθώρια της λεκάνης Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου υπάρχουν τρία ξυλιτικά κοιτάσματα: των Κομνηνών, του Ανατολικού-Καρυχωρίου και της Βεγόρας.

Το κοιτάσμα Κομνηνών έχει βέβαια αποθέματα 264 Mt, από τα οποία απολήψιμα θεωρούνται 153 Mt. Ο ξυλίτης έχει υγρασία 40%, τέφρα (επί

ξηρού) 30%, κατώτερη θερμαντική ικανότητα (σε φυσική κατάσταση) 2.400 kcal/kg. Η εκμετάλλευση προβλέπεται να αρχίσει σύντομα.

Το κοίτασμα Ανατολικού-Καρνοχωρίου διαθέτει βέβαια αποθέματα 205 Mt, τεχνικοοικονομικά απολήψιμα 152 Mt. Ο ξυλίτης έχει την ίδια ποιότητα με αυτόν των Κομνηνών, λόγω όμως του μεγάλου βάθους στο οποίο απαντάται το κοίτασμα, η εκμετάλλευση κρίνεται προς το παρόν οικονομικά ασύμφορη.

Το κοίτασμα της Βεγόρας έχει παρόμοια ποιοτικά χαρακτηριστικά. Τα αποθέματα είναι της τάξης των 40 Mt. Την εκμετάλλευση διενεργεί ιδιωτική εταιρία.

- Ο λιγνίτης της μεσαίας σειράς

Οι Πλειοκαινικοί λιγνίτες εμφανίζονται κυρίως στη λεκάνη Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου. Πρόκειται για στιβάδες, που αποτελούνται από εναλλαγές στρωμάτων μικρού πάχους λιγνίτη με αργίλους και μάργες. Ο λιγνίτης είναι καστανόχρωμος μέχρι μαύρος, μαλακός και αποτέθηκε σε τοπογενείς τυρφώνες με χαμηλή βλάστηση (πόωδη).

Η μέση υγρασία του λιγνίτη Πτολεμαΐδας είναι 50-60%, η τέφρα (επί ξηρού) 35% και η κατώτερη θερμαντική ικανότητα 1.370 kcal/kg. Παρόμοια ποιοτικά χαρακτηριστικά διαθέτει και ο λιγνίτης Αναργύρων-Αμυνταίου με ελαφρά μικρότερη θερμαντική ικανότητα (1.250 kcal/kg).

Τα συνολικά αποθέματα ανέρχονται σε 3.100 Mt, από τα οποία 60% περίπου είναι εκμεταλλεύσιμα. Ας σημειωθεί, ότι στη λεκάνη Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου υπάρχει το 67% των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων λιγνίτη της χώρας. Η εκμετάλλευση γίνεται από τη Δ.Ε.Η. Η παραγωγή λιγνίτη το 1993 έφθασε τους 42 Mt. Μικρή ποσότητα (<2%) χρησιμοποιείται για παρασκευή λιγνιτοπλίνθων (μπρικεττών), λιγνιτόσκονης και λιπασμάτων, ενώ ο κύριος όγκος της παραγωγής τροφοδοτεί τους Α.Η.Σ. της Δ.Ε.Η. στην περιοχή. Το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος των Α.Η.Σ. στο Λιγνιτικό Κέντρο Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου είναι 4.048 MW και αποτελεί το 50% της ολικής εγκατεστημένης ισχύος της Δ.Ε.Η. Εδώ παράγεται το 70% της ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας.

Τα ορυχεία στη λεκάνη Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου είναι τα ακόλουθα:

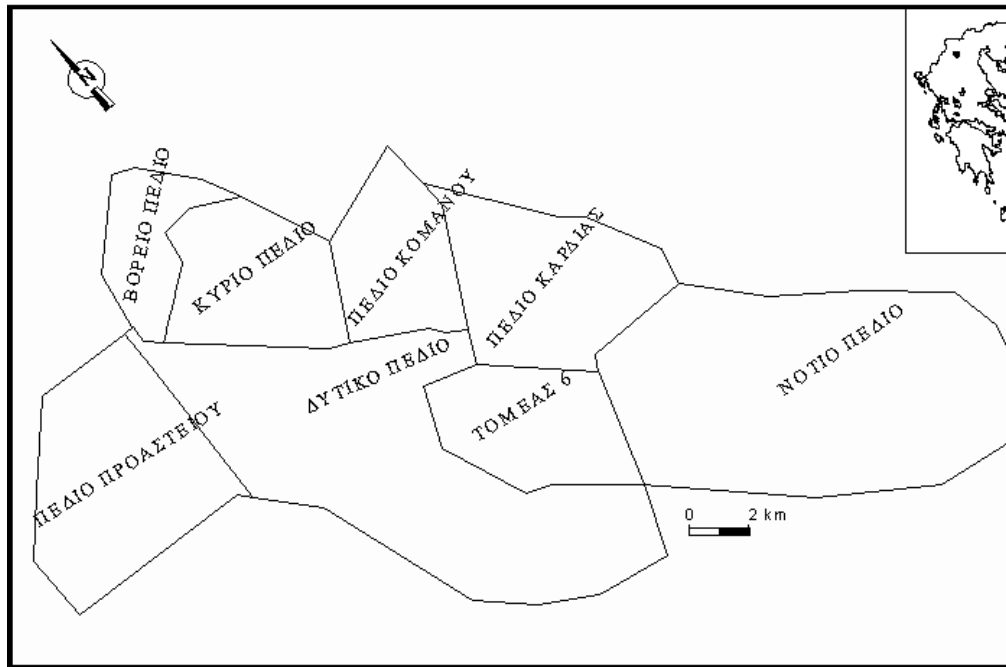
1. Το **Κύριο** Πεδίο του οποίου η εξόρυξη άρχισε το 1955 και η παραγωγή τροφοδότησε τους πρώτους Α.Η.Σ της Δ.Ε.Η. Το κοιτάσμα έχει εξοφληθεί αλλά η εξόρυξη συνεχίζεται στα δυο γειτονικά ορυχεία τα οποία είναι: το **Βόρειο** Πεδίο, του οποίου η εξόρυξη άρχισε το 1981 και το Πεδίο **Κομάνου**, του οποίου η εξόρυξη άρχισε το 1982. Η συνολική ετήσια παραγωγή τους φθάνει τους 6 Mt περίπου και η εκμετάλλευση προβλέπεται να ολοκληρωθεί το 2005.

2. Το λιγνιτωρυχείο **Καρδιάς** του οποίου η εξόρυξη άρχισε το 1970, με ετήσια παραγωγή 10 Mt και η εκμετάλλευση του οποίου έχει ήδη ολοκληρωθεί. Έχει ξεκινήσει η αποκατάσταση του τοπίου, ενώ η εξόρυξη συνεχίζεται στον **Τομέα 6**, που βρίσκεται ΝΔ του ορυχείου Καρδιάς και αναμένεται να περατωθεί μέχρι το 2010. Η ετήσια παραγωγή του Τομέα 6 ανέρχεται σε 16 Mt περίπου.

3. Το **Νότιο** Πεδίο του οποίου η εξόρυξη άρχισε το 1979 και αναμένεται να διαρκέσει μέχρι το 2040. Η ετήσια παραγωγή του σήμερα είναι 16 Mt και αναμένεται να φθάσει τους 20 Mt. Τα απολήψιμα αποθέματα ανέρχονται σε 900 Mt και συνιστούν το 50% των αποθεμάτων του κοιτάσματος Πτολεμαΐδας. Η λιγνιτική στιβάδα έχει μέσο πάχος 35 m με μέγιστο πάχος τα 140 m, ενώ το μέσο πάχος των υπερκειμένων αγόνων είναι 160 m. Το ολικό βάθος της τελικής εκσκαφής θα φθάσει τα 250 m. Να σημειωθεί ότι είναι το μεγαλύτερο λιγνιτωρυχείο της Ελλάδας και ένα από τα μεγαλύτερα στον κόσμο.

4. Στην περιοχή **Αναργύρων-Αμυνταίου** λειτουργεί από το 1987 ένα ακόμα λιγνιτωρυχείο τα βέβαια αποθέματα του οποίου ανέρχονται σε 489 Mt, ενώ τα απολήψιμα σε 288 Mt. Η ετήσια παραγωγή φθάνει τους 8 Mt και εκτιμάται ότι η εξόρυξη θα συνεχιστεί μέχρι το 2025.

5. Στο **Δυτικό Πεδίο**, που βρίσκεται κοντά στα δυτικά περιθώρια της λεκάνης, αναμένεται να αρχίσει η εξόρυξη σύντομα. Τα αποθέματα ανέρχονται σε 500 Mt αλλά ο έντονος τεκτονισμός και το μεγάλο βάθος, στο οποίο απαντάται το κοιτάσμα, καθιστούν την εκμετάλλευση προβληματική.



Σχ. 1.3.1.β: Τα λιγνιτωρυχεία στη λεκάνη της Πτολεμαΐδας

Τέλος στη λεκάνη Πτολεμαΐδας υπάρχει το κοίτασμα **Προαστείου** με βέβαια αποθέματα 337 Mt, από τα οποία 230 Mt κρίνονται απολήψιμα. Το πάχος της λιγνιτικής στιβάδας είναι 33 m και η κατώτερη θερμαντική ικανότητα 2.000 kcal/kg. Λόγω του σημαντικού πάχους των υπερκειμένων (178 m) η εξόρυξη θα αντιμετωπιστεί μετά την εξόφληση του Βόρειου Πεδίου και του Πεδίου Κομάνου.

Νοτιότερα, στη λεκάνη Κοζάνης-Σερβίων, η επιφανειακή εξάπλωση των Νεογενών και Τεταρτογενών ιζημάτων έχει έκταση 400 km². Λιγνιτοφορία διαπιστώθηκε σε έκταση 80 km², από τα οποία ενδιαφέρον από πλευράς εκμετάλλευσης παρουσιάζουν μόνο τα 26 km². Ποιοτικά ο λιγνίτης είναι κατώτερος εκείνου της Πτολεμαΐδας, γιατί έχει χαμηλότερη Κ.Θ.Ι. (1.400 kcal/kg) και περισσότερη τέφρα. Τα βέβαια γεωλογικά αποθέματα ανέρχονται σε 508 Mt, τα απολήψιμα σε 290 Mt. Το μέγιστο συνολικό πάχος των λιγνιτικών στρωμάτων είναι 16 m, ενώ το μέσο πάχος του απολήψιμου λιγνίτη 9,2 m. Το μέσο πάχος των υπερκειμένων ανέρχεται σε 121 m. Η σχέση αγόνων/λιγνίτη δεν επιτρέπει επιφανειακή εκμετάλλευση, ενώ ενδεχόμενη υπόγεια εξόρυξη θα αντιμετωπίσει προβλήματα από υπόγεια νερά, που θα προέρχονται από τον ταμιευτήρα γειτονικού φράγματος στον Αλιάκμονα ποταμό.

Στη λεκάνη της Ελασσόνας ανακαλύφθηκε επίσης σημαντικό κοιτάσμα λιγνίτη τα αποθέματα του οποίου ανέρχονται σε 150 Mt, ενώ η έρευνα του ολοκληρώθηκε το 1999.

Μικρά κοιτάσματα τυρφοειδούς λιγνίτη βρέθηκαν στις περιοχές της Αρδάσσας, καθώς και ΒΑ της λίμνης Χειμαδίτιδας. Πρόκειται για αποθέσεις μικρού πάχους, αλλά σημαντικής οριζόντιας εξάπλωσης με πολλά ενδιάμεσα στείρα υλικά. Η ηλικία των σχηματισμών τοποθετείται στο Μέσο και Ανώτερο Πλειστόκαινο. Τα αποθέματα δεν υπερβαίνουν τους 100 Mt, αλλά η εξόρυξη κρίνεται ασύμφορη.

Τέλος, Ολοκαινικές αποθέσεις τύρφης υπήρχαν μέχρι πρόσφατα σε αρκετές περιοχές της λεκάνης Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου. Για παράδειγμα, ΒΑ της λίμνης Χειμαδίτιδας εκτεινόταν τυρφώνας σε έκταση 25 km² περίπου. Το πάχος της τύρφης έφθανε μέχρι 3,5 m, ενώ τα αποθέματα ήταν 1.000.000 m³. Λόγω της αποξήρανσης του τυρφώνα και της εντατικής καλλιέργειας του εδάφους, η τύρφη οξειδώθηκε και ανεφλέγη (αυτανάφλεξη), με αποτέλεσμα όλο το κοιτάσμα να χαθεί μέσα στα τελευταία 10-15 χρόνια. Τα παραπάνω δεδομένα έχουν παρθεί από: (<http://lithos.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm>).

1.4. ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η Ελλάδα διαθέτει σημαντικές ποσότητες λιγνιτικών κοιτασμάτων, που η μέχρι σήμερα αξιοποίησή τους συμβάλλει αποφασιστικά στην ενεργειακή της ανάπτυξη.

Σήμερα, οι εκτιμήσεις για τα ελληνικά αποθέματα υποστηρίζουν την ύπαρξη σχεδόν 5 δισεκατομμυρίων τόνων λιγνίτη διασκορπισμένο σε ολόκληρο τον ελληνικό χώρο (Koukouzas et al., 1998). Εν τούτοις, σύμφωνα με τη σημερινή τεchnο-οικονομική κατάσταση η πιθανή ποσότητα λιγνίτη που χρησιμοποιείται είναι ίση με 3,2 δισεκατομμύρια τόνους (Greek Public Corporation, 2006) , 63% των οποίων αποκλειστικά δικαιώματα έχουν χορηγηθεί στη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού(ΔΕΗ) της Ελλάδας. Οι κύριες αποθέσεις βρίσκονται στις περιοχές της Πτολεμαΐδας, Αμυνταίου και Φλώρινας με συνολικά 1,9 δισεκατομμύρια τόνους, ενώ οι αντίστοιχες αποθέσεις της Δράμας και της Ελασσόνας περιέχουν 900 και 700 εκατομμύρια τόνους αντίστοιχα. Επιπλέον, στην περιοχή της

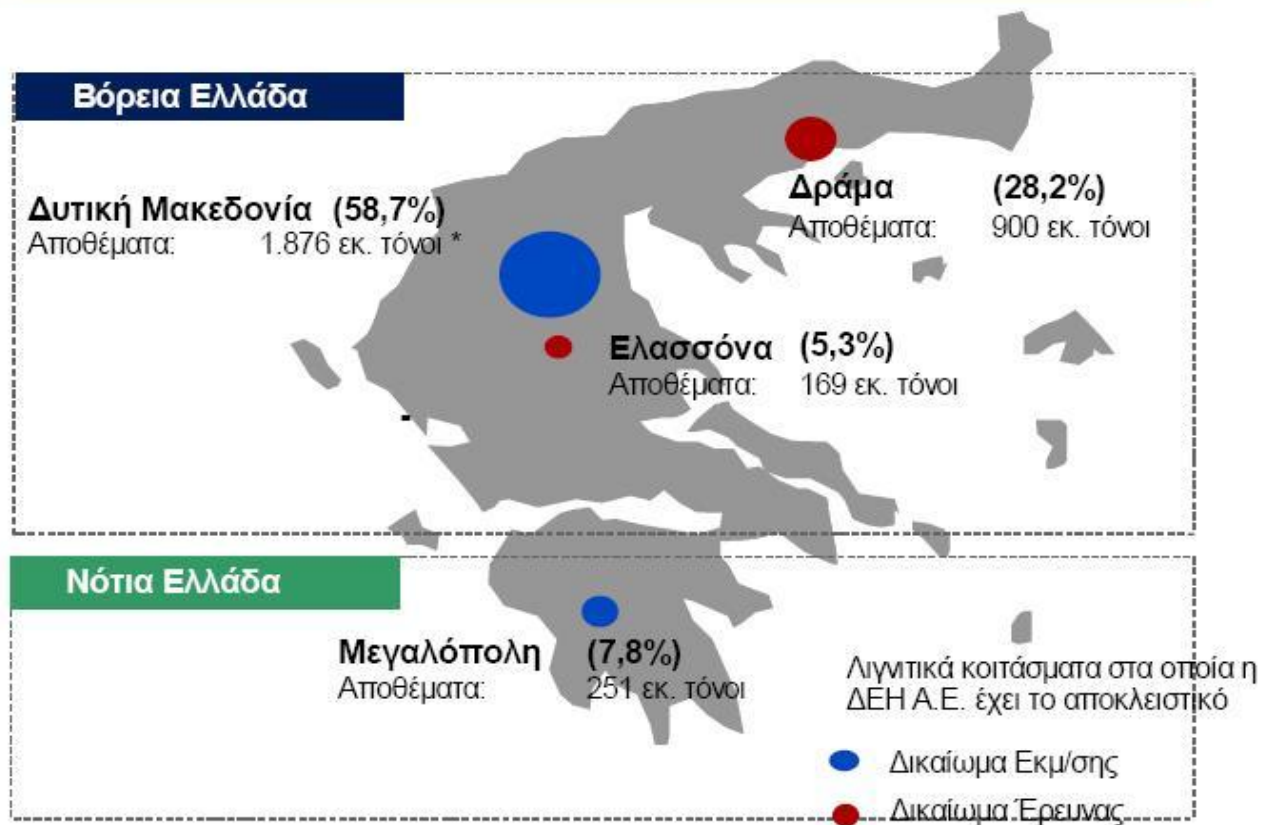
Μεγαλόπολης στην Πελοπόννησο το ποσό του υπάρχοντος λιγνίτη ανέρχεται στους 240 εκατομμύρια τόνους.

Το 2005 η Ελλάδα καθώς ήταν δεύτερος μεγαλύτερος παραγωγός λιγνίτη στην Ε.Ε. και έκτος παγκοσμίως, εξήγαγε 70 εκατομμύρια τόνους λιγνίτη (World Coal Institute, 2006). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να καταταγεί δέκατη στην ταξινόμηση των χωρών σχετικά με το μερίδιο συμβολής ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη. Εν τω μεταξύ, η μέχρι τώρα εθνική συσσωρευτική παραγωγή λιγνίτη αντιπροσωπεύει το 1/3 περίπου των συνολικών αποθεματικών πηγών.

Στον παρακάτω χάρτη δίνεται η γεωγραφική κατανομή κοιτασμάτων λιγνίτη στον ελλαδικό χώρο (Σχ. 1.4.α), όπου φαίνεται ότι στη Δυτική Μακεδονία και συγκεκριμένα στον άξονα **Φλώρινα – Πτολεμαΐδα – Κοζάνη** είναι συγκεντρωμένο το μεγαλύτερο λιγνιτικό δυναμικό της χώρας.



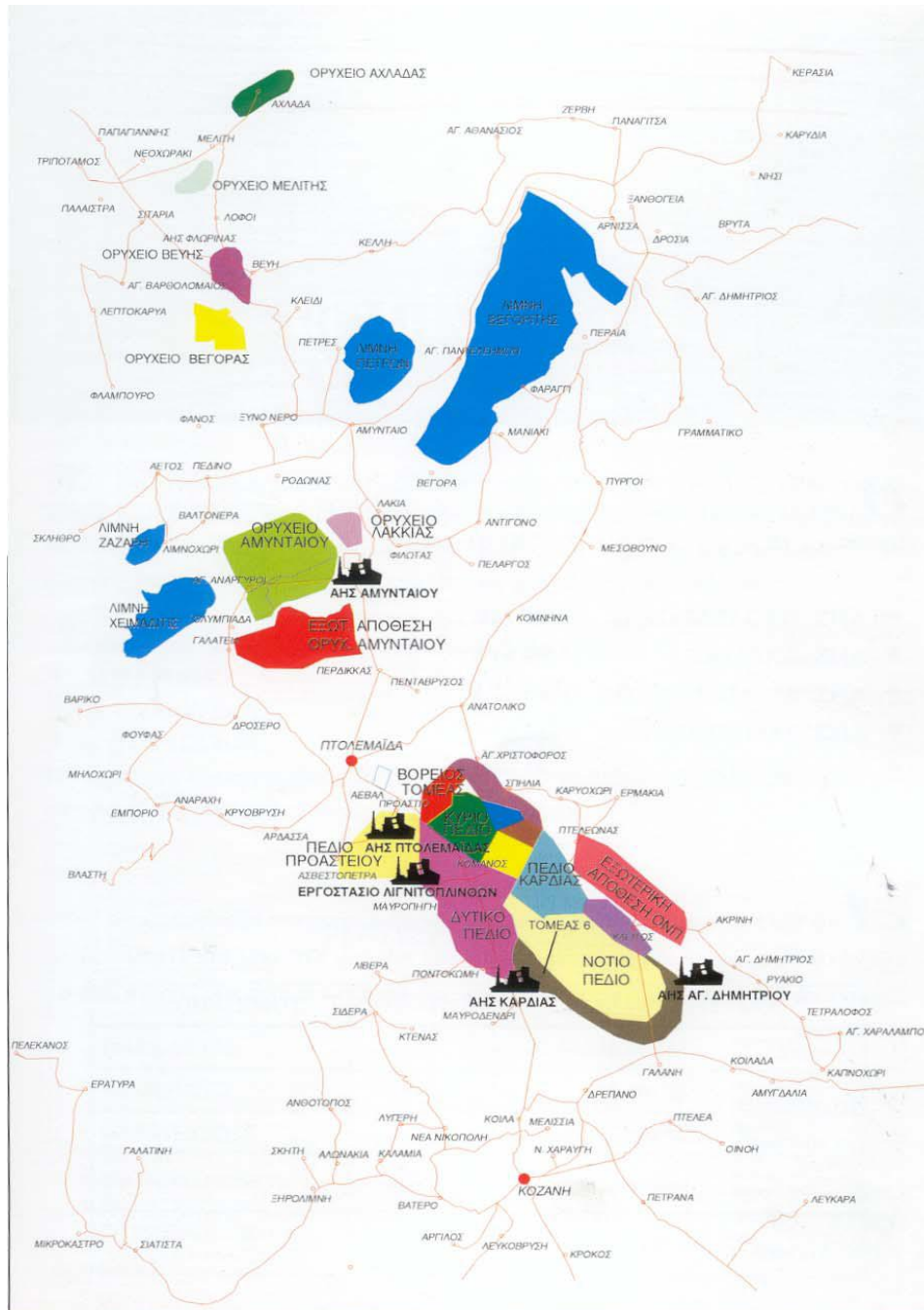
ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΙΜΩΝ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ



*191 εκ. τόνοι ανήκουν σε ιδιωτικές παραχωρήσεις

Σχ. 1.4.α: Κατανομή εκμεταλλεύσιμων κοιτασμάτων λιγνίτη στον ελλαδικό χώρο

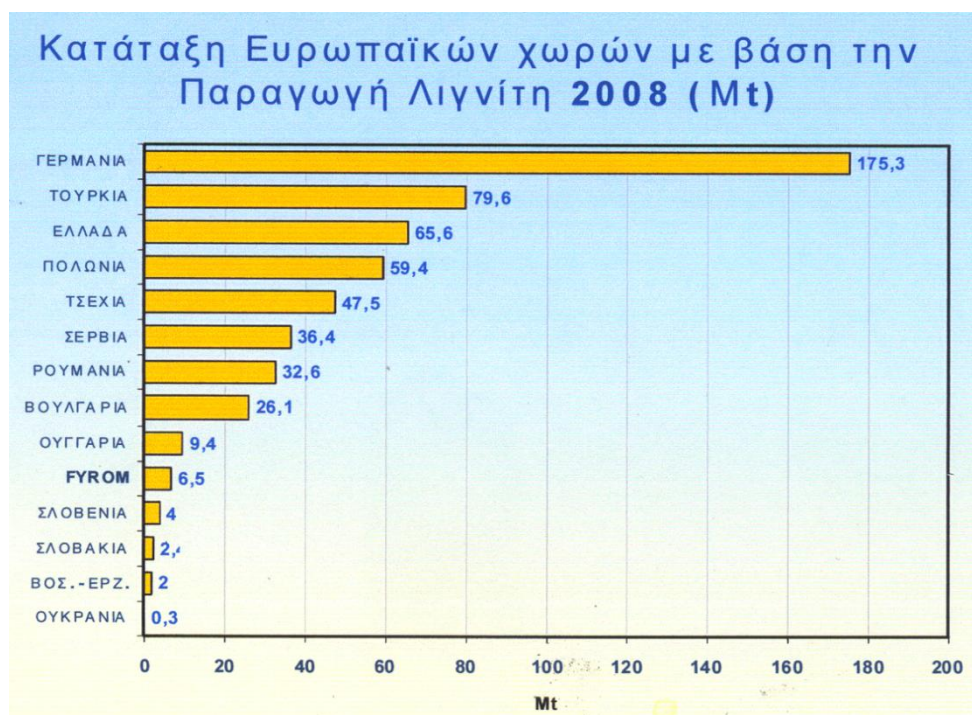
Στο χάρτη του σχήματος 1.4.β, φαίνεται η κατανομή των εκμεταλλεύσιμων λιγνιτικών κοιτασμάτων στη Δ. Μακεδονία (Σχ. 1.4.β).



Σχ. 1.4.β: Κατανομή εκμεταλλεύσιμων λιγνιτικών κοιτασμάτων στη Δ. Μακεδονία

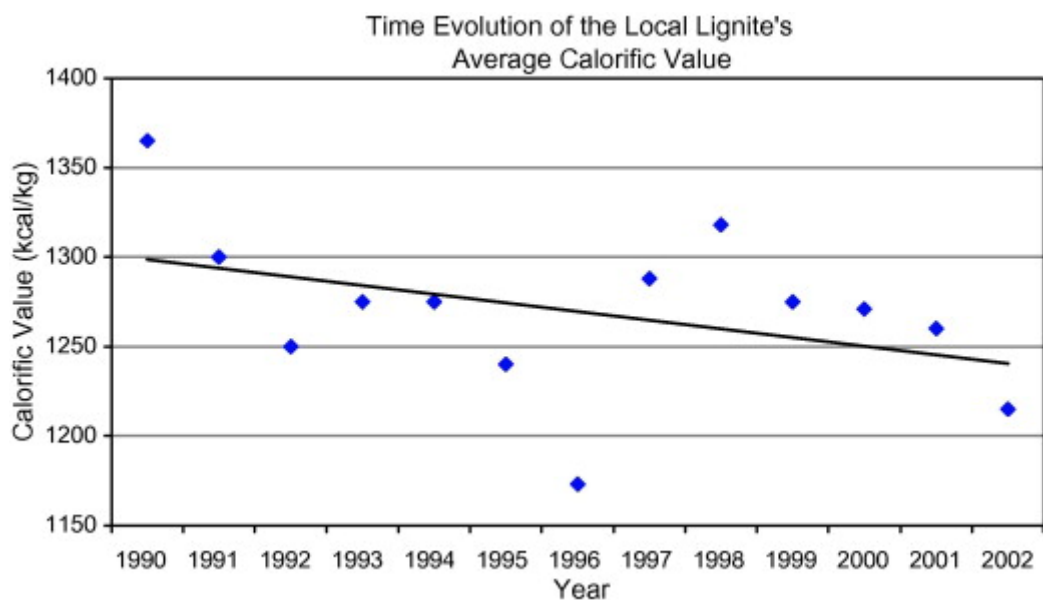
Από στοιχεία του έτους 2008, τα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ είχαν μέσο ετήσιο ρυθμό παραγωγής περίπου 70 εκ. τόνους.

Με την παραγωγή αυτή η Ελλάδα κατατάσσεται ως 3^η λιγνιτοπαραγωγός χώρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Σχ. 1.4.γ) και 5^η σ' όλο τον κόσμο.



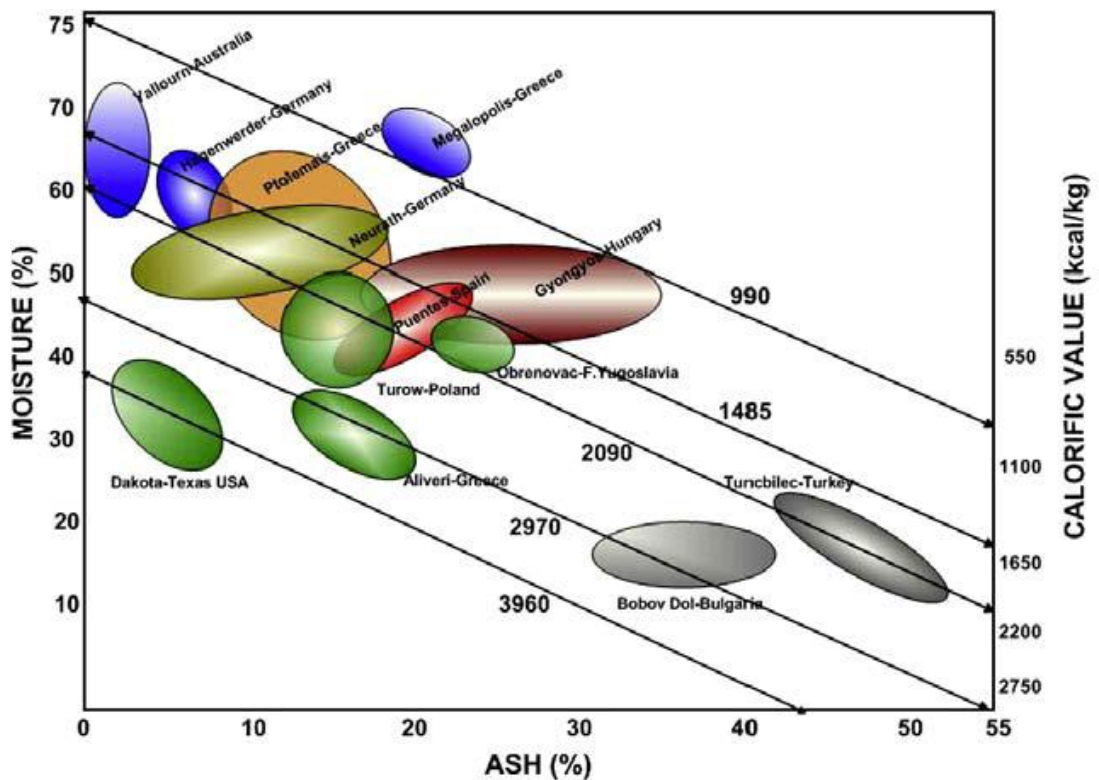
Σχ. 1.4.γ: Κατάταξη Ευρωπαϊκών χωρών με βάση την παραγωγή λιγνίτη.

Όσον αφορά στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ελληνικού λιγνίτη, η θερμαντική του αξία διατηρείται αρκετά χαμηλή, κυμαινόμενη από 900 έως 1.100 kcal/kg στις περιοχές της Μεγαλόπολης, Αμύνταιου και Δράμας, και από 1.800 έως 2.300 kcal/kg στη Φλώρινα και την Ελασσόνα με τον λιγνίτη της Πτολεμαΐδας να παρουσιάζει θερμαντικές τιμές μεταξύ 1.250 και 350 kcal/kg. Εν τω μεταξύ, η μέση χρονική εξέλιξη της θερμαντικής αξίας, αποδεικνύει τη βαθμιαία υποβάθμιση των τοπικών αποθεμάτων (Greek Ministry for the Environment, 2004). Ένα παράδειγμα αντιμετωπίζει την περίπτωση της Δυτικής Μακεδονίας στην οποία τα τοπικά αποθέματα τείνουν να παρουσιάσουν μία μείωση των 100 kcal/kg (από έναν μέσο όρο 1.200-1300 σε έναν 1.100-1.200 kcal/kg αντίστοιχα). Η πιθανή λειτουργία νέων ορυχείων (Δράμας, Ελασσόνας) αφ' ετέρου μπορεί να υποσχεθεί την ελάχιστη βελτίωση του ενεργειακού περιεχομένου του τοπικού λιγνίτη (Efthimiadis et al., 2005).



Σχ. 1.4.δ: Χρονική μεταβολή της μέσης θερμαντικής αξίας του τοπικού λιγνίτη.

Ένας άλλος παράγοντας που περιγράφει την ποιότητα των υπάρχοντων αποθεμάτων είναι η περιεκτικότητα σε υγρασία. Ένα ευρύ φάσμα των τιμών περιεκτικότητας σε υγρασία, ανάλογα με την περιοχή της εξαγωγής, ποικίλλει από 9% έως 66% και δίνει έναν μέσο όρο δειγμάτων στο 38%. Εκτός αυτού, η αντίστοιχη διακύμανση τέφρας μπορεί να καθοριστεί με ένα μέσο ποσοστό 22% για 14 εξεταζόμενες περιοχές (Foscolos et al., 1998, Papanicolaou, 2001 and Adamidou et al., 2007). Αφ' ετέρου, η χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, που αποτελεί ένα από τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα (Kaldellis et al., 2004) του τοπικού λιγνίτη, κυμαίνεται από 1% έως 6,4% με την Μεγαλόπολη να δίνει τη μέγιστη αναλογία σε πτητικό θείο (μεγαλύτερη από 86%) και τη λεκάνη Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου να παρουσιάζει τη μικρότερη αντίστοιχα. Στο σχήμα 1.4.ε δίνονται τα κύρια χαρακτηριστικά λιγνιτών σε παγκόσμια κλίμακα (Kavouridis et al 1991).



Σχ. 1.4.ε: Κύρια χαρακτηριστικά λιγνιτών σε παγκόσμια κλίμακα.

Ο λιγνίτης που εξορύσσεται από τις περιοχές Πτολεμαΐδας και Μεγαλόπολης (οι δύο μεγαλύτερες λιγνιτοφόρες περιοχές της Ελλάδας), χαρακτηρίζεται από υψηλά επίπεδα υγρασίας, χαμηλή θερμογόνο δύναμη και μέτρια περιεκτικότητα τέφρας. Όσον αφορά στο λιγνίτη του Αλιβερίου (Εύβοια) θεωρείται ότι είναι η καλύτερη ποιότητα του εγχώριου λιγνίτη. Εντούτοις, τα αντίστοιχα αποθέματα έχουν, ήδη, εξαντληθεί (Kaldellis et al., 2008)

1.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

Τα πλεονεκτήματα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την αξιοποίηση του ελληνικού λιγνίτη, οφείλονται κυρίως στα μεγάλα αποθέματα λιγνίτη στον ελλαδικό χώρο, περιορίζοντας με αυτό τον τρόπο την ανάγκη εισαγωγής στερεών καυσίμων από το εξωτερικό.

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την εξασφάλιση μίας αρκετά ωφέλιμης και σταθερής τιμής ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται προς κατανάλωση (52% μικρότερη από το μέσο όρο της λιανικής τιμής στην ΕΕ). Μία επίσης σημαντική παράμετρος που βοήθησε στην αξιοποίηση του ελληνικού λιγνίτη είναι το τεχνολογικό υπόβαθρο που δημιουργήθηκε.

Έτσι με βάση τα παραπάνω, διαπιστώνεται ότι με την αξιοποίηση των ελληνικών αποθεμάτων λιγνίτη, το μακροοικονομικό κόστος για την εισαγωγή καυσίμων αυτή τη στιγμή μηδενίζεται.

Σύμφωνα με μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από την European Commission, κατά το έτος 2003, και αφορούν στη σύγκριση μεταξύ διαφόρων χωρών και πηγών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το μειονέκτημα της αξιοποίησης του εγχώριου λιγνίτη είναι το κοινωνικό-περιβαλλοντικό κόστος (ειδικά σε σύγκριση με τον σημερινό ανταγωνιστή του στην αγορά, το φυσικό αέριο).

Η παροχή όμως ηλεκτρισμού με το μικρότερο δυνατό κόστος, σε συνδυασμό με την περιφερειακή ανάπτυξη που παρατηρείται στις περιοχές εκμετάλλευσης, έχει αντισταθμίσει, εν μέρει, τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις.(Kaldellis et al., 2008).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΙΓΝΙΤΟΦΟΡΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΙΓΝΙΤΟΦΟΡΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Μετά το πέρας του αλπικού ορογενετικού κύκλου και κατά τη διάρκεια του κατώτερου Μειόκαινου, στην περιοχή της ΒΔ Μακεδονίας- όπως και σε όλο τον Ελλαδικό χώρο- αρχίζει ένας έντονος ρηγματογόνος τεκτονισμός. Αποτέλεσμα αυτού και εξαιτίας της δράσης μεγάλων και βαθιών ρηγμάτων, κύριας διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, δημιουργείται η Τάφος Φλώρινας, Πτολεμαΐδας- Αμυνταίου, Κοζάνης-Σερβίων και Νοτιότερα η λεκάνη Σαρανταπόρου. Η τεκτονική αυτή Τάφος επεκτείνεται πέραν των Ελληνικών συνόρων προς Βορρά και έχει μήκος μεγαλύτερο των 150 km. (Σχ. 2.α)



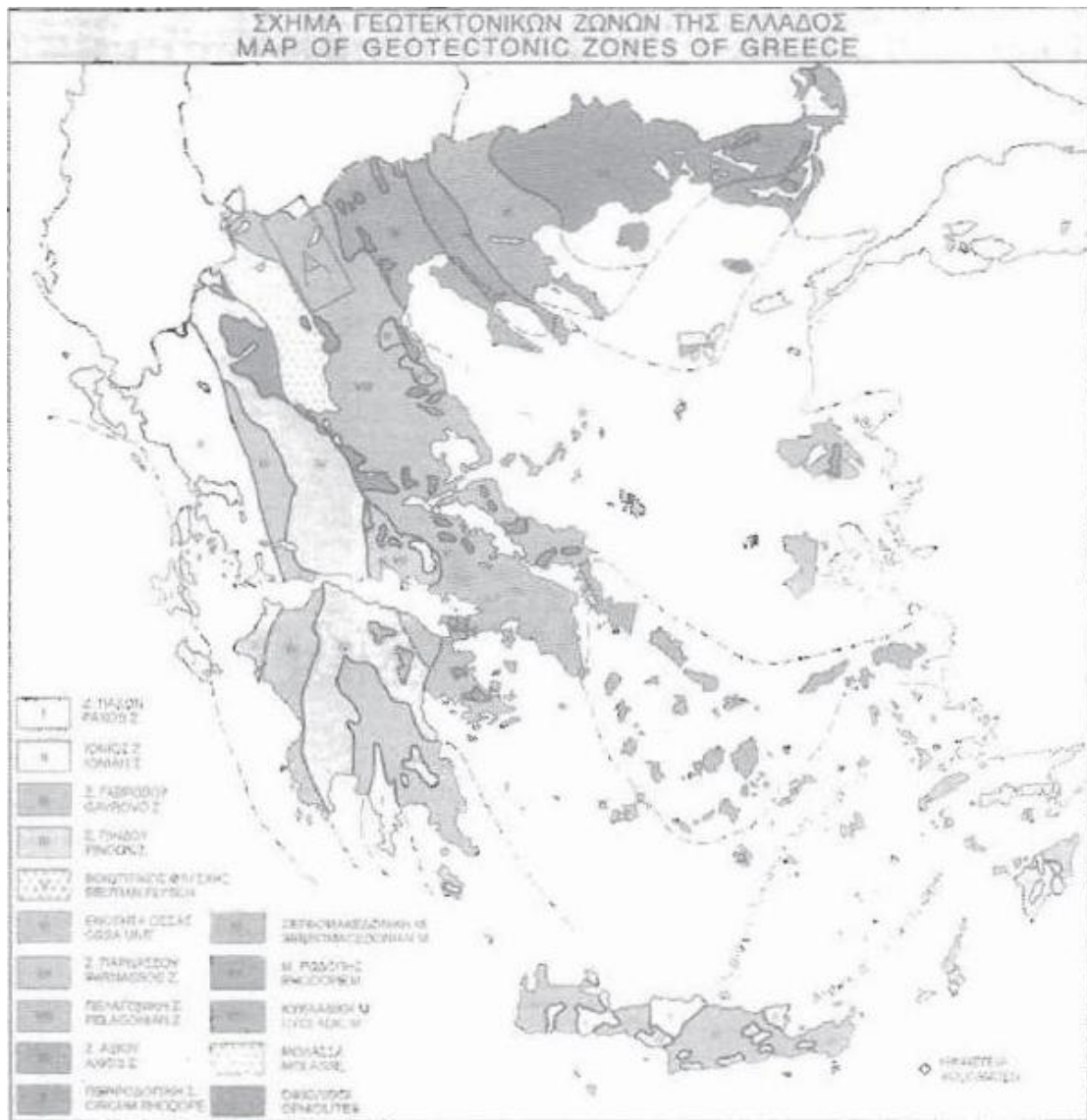
Σχ. 2.α: Χάρτης των Λεκανών Φλώρινας, Πτολεμαΐδας, Κοζάνης και Σαρανταπόρου.

Σε αυτή την πρόσφατα δημιουργημένη τεκτονική τάφρο κάποιες περιοχές, όπως η Κοζάνη, το Ξυνό Νερό- Κλειδί και άλλες, είναι προϋπάρχουσες ανυψώσεις, οι οποίες κάτω από την επιρροή ρηγμάτων (BA-ND) με διευθύνσεις κάθετες στις προηγούμενες συμπεριφέρονται σαν ανυψώσεις, ή ως σταθερές και μάζες, αναφορικά με τις άλλες περιοχές της τεκτονικής τάφρου. Αυτές οι ανυψώσεις διαχώρισαν την τεκτονική τάφρο σε πολλές λεκάνες (Φλώρινα, Αμύνταιο, Πτολεμαΐδα, Κοζάνη και Σαραντάπορο), που μερικές φορές ήταν αυτόνομες και άλλες φορές επικοινωνούσαν, με αποτέλεσμα να έχουν κοινή γεωλογική ανάπτυξη. Και στις δύο περιπτώσεις, παρατηρούμε κατά τη διάρκεια του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς, ίδιους ή ομόλογους σχηματισμούς κατά μήκος της τεκτονικής τάφρου.

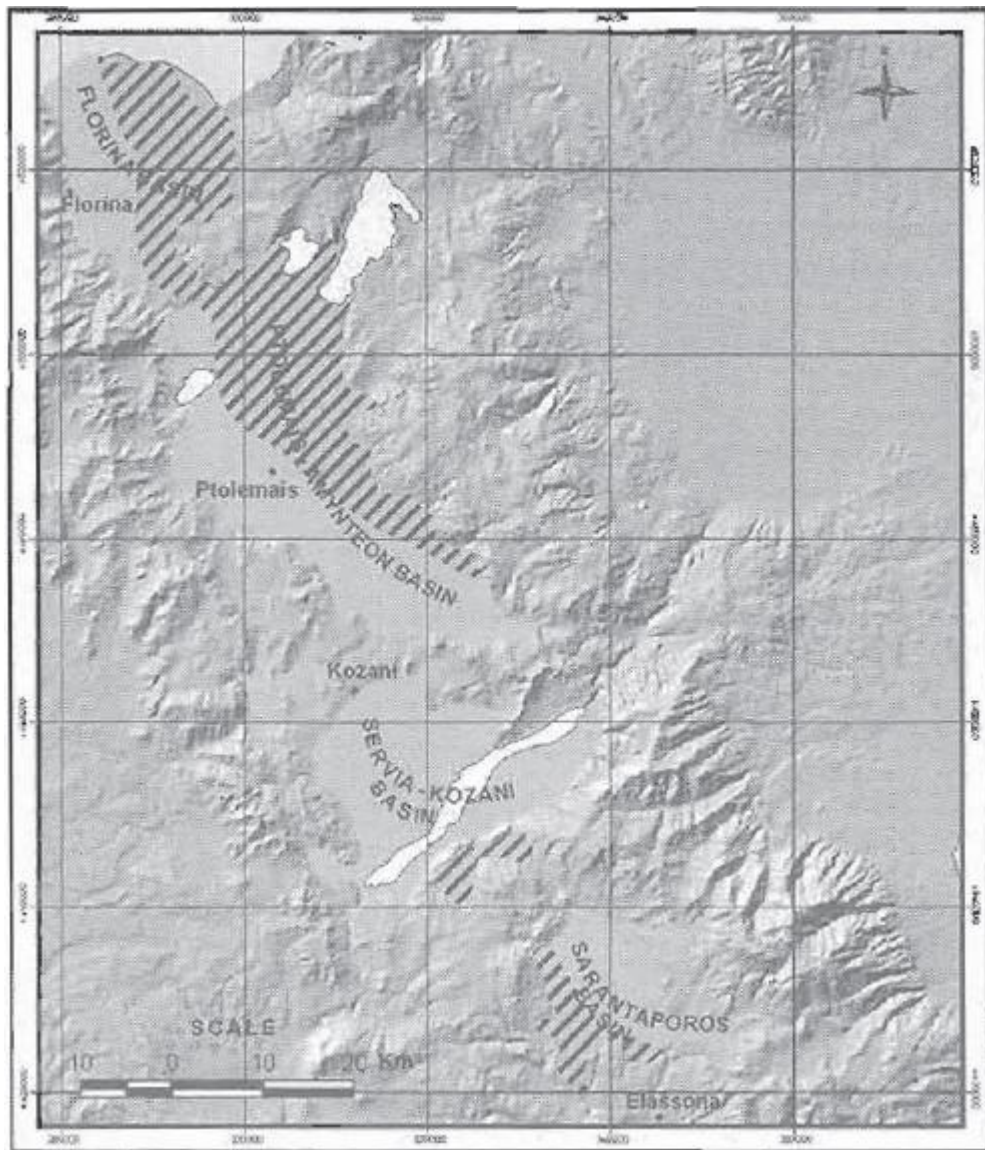
Το υπόβαθρο και τα περιθώρια του βυθίσματος, γεωτεκτονικά, ανήκουν στην Πελαγονική ζώνη (Σχ. 2.β). Αυτοί οι σχηματισμοί καταλαμβάνουν κυρίως τα ανατολικά και τα νότια – νοτιοδυτικά περιθώρια της τεκτονικής τάφρου. Τα δυτικά και βορειοανατολικά περιθώρια αποτελούνται από τους σχηματισμούς του Παλαιοζωικού και από το κρυσταλλικό υπόβαθρο της Πελαγονικής μάζας.

Κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Μειόκαινου- Κατώτερου Πλειόκαινου η τεκτονική τάφρος και κυρίως οι λεκάνες της αρχίζουν να γεμίζουν με λιμναίες, χερσαίες και ελώδεις αποθέσεις. Κατά συνέπεια έχουμε την απόθεση των σχηματισμών της κατώτερης Νεογενούς σειράς στην οποία βρίσκουμε μεγάλα λιγνιτικά αποθέματα «ξυλιτικού τύπου».

Η απόθεση της κατώτερης Νεογενούς σειράς επεκτείνεται σε ολόκληρη την τεκτονική τάφρο. Ο κύριος όγκος της αναπτύσσεται στα ανατολικά περιθώρια της λεκάνης Πτολεμαΐδας – Αμύνταιου, στη λεκάνη της Φλώρινας, στο νότιο μέρος της λεκάνης Κοζάνης – Σερβίων, όπως επίσης και στη λεκάνη του Σαραντάπορου. Όπως στο σχήμα 2.γ, ο σχηματισμός ο οποίος περιλαμβάνει το λιγνίτη του Κατώτερου νεογενούς αναπτύσσεται στα ανατολικά περιθώρια της τεκτονικής τάφρου, με τα γνωστά λιγνιτικά αποθέματα της Φλώρινας, Κομνινών, Λάβας κλπ, όπου το πάχος του μειώνεται βαθμιαία προς τη δύση.



Σχ. 2.β: Η θέση της Τάφρου (περιοχή «Α» στον χάρτη) σε σχέση με τις γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδος.

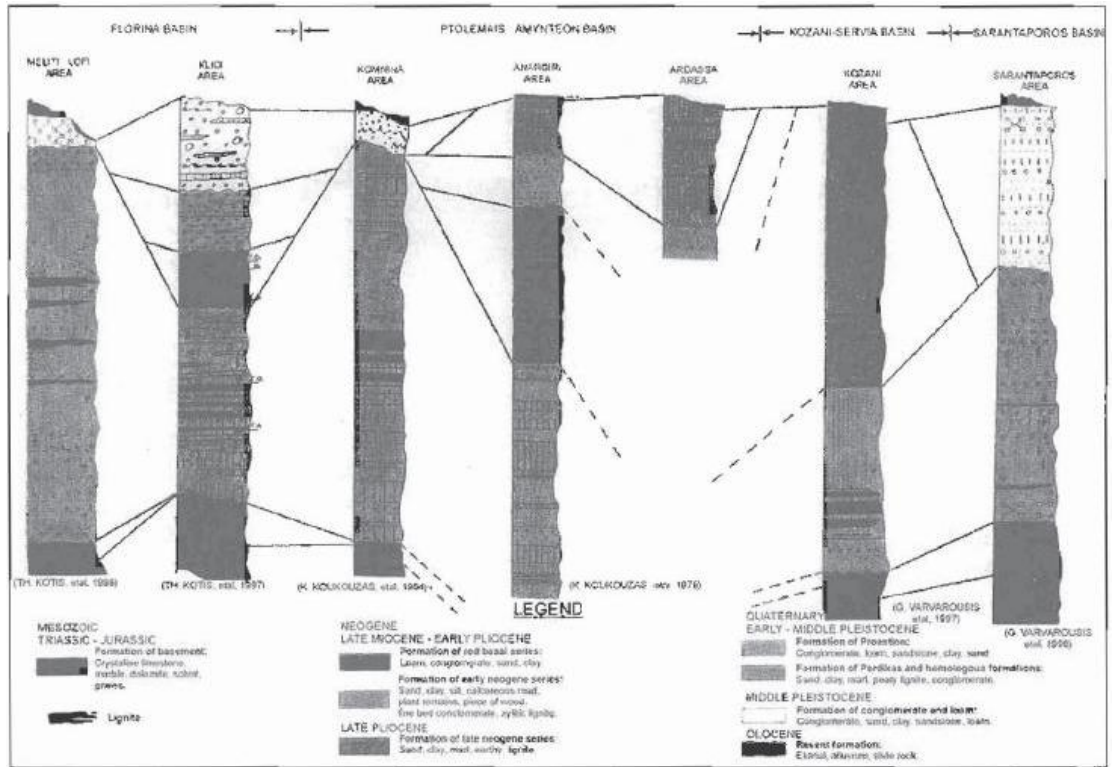


Σχ. 2.γ: Χάρτης των λιγνιτικών αποθέσεων της κατώτερης Νεογενούς σειράς.

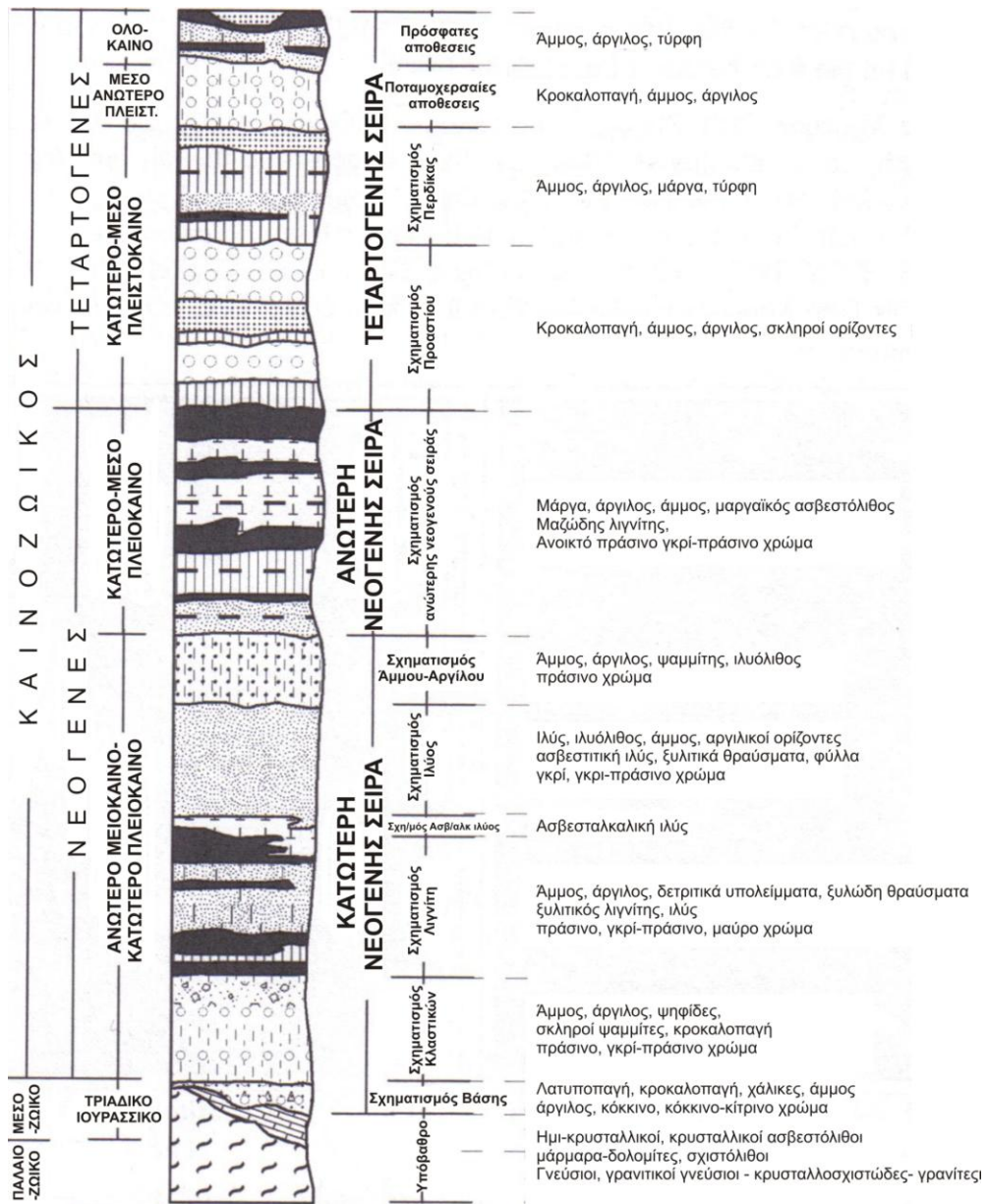
Κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Πλειόκαινου η σειρά που αναφέρθηκε νωρίτερα αναπτύσσεται σε ένα λιμναίο – ελώδες σύστημα με αποτέλεσμα την απόθεση των σχηματισμών της ανώτερης Νεογενούς σειράς (Σχ. 2.δ.,2.ε).

Λόγω της τεκτονικής δραστηριότητας και των παλαιογεωγραφικών και παλαιογεωμορφολογικών συνθηκών που επικράτησαν αυτή την περίοδο, αυτό το σύστημα καταλαμβάνει όλη τη λεκάνη Πτολεμαΐδας – Αμύνταιου με εξαίρεση την ανατολική – βορειοανατολική περιοχή, τη λεκάνη Κοζάνης – Σερβιών και τελικά φθάνει στις μικρές καταλήξεις της νοτιοανατολικής περιοχής της λεκάνης της Φλώρινας.

Αυτοί οι σχηματισμοί είναι λιμναία, ελώδη και τελματώδη ιζήματα. Η ηλικία τους καθορίζεται στα όρια του κατώτερου και ανώτερου Πλειόκαινου.



Σχ. 2.δ: Στρωματογραφική συσχέτιση ανάμεσα στις λιγνιτοφόρες λεκάνες Φλώρινας, Πτολεμαΐδας- Αμυνταίου, Κοζάνης και Σαρανταπόρου.



Σχ. 2.ε: Σύνθετη στρωματογραφική στήλη της Τάφρου Φλώρινας, Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου, Κοζάνης και Σαρανταπόρου

Σε αυτή τη σειρά σχηματισμών βρίσκουμε τα γνωστά μεγάλα λιγνιτικά αποθέματα των λεκανών Πτολεμαΐδας – Αμύνταιου και Κοζάνης, καθώς και αυτά του Νότιου Πεδίου, Αμύνταιου, κλπ.

Τα παχύτερα σημεία αυτής της σειράς σχηματισμών, τα οποία είναι γύρω στα 500 μέτρα, παρατηρήθηκαν στην κεντρική και δυτική περιοχή της λεκάνης Πτολεμαΐδας – Αμύνταιου (Σχηματισμός Προαστείου). Σε αυτή την περιοχή παρατηρήθηκε επίσης η παχύτερη λιγνιτική φλέβα (385 μέτρα) και υπόστρωμα λιγνίτη (60 μέτρα). Αυτό είναι το αποτέλεσμα των ιδανικών συνθηκών που αφορούν τη σχέση της σύναψης και της απόθεσης των ιζημάτων.

Παρατηρείται μία κανονική μετάβαση από τους υποκείμενους σχηματισμούς της κατώτερης Νεογενούς σειράς στους υπερκείμενους σχηματισμούς της ανώτερης Νεογενούς σειράς (Κατώτερο – Ανώτερο Πλειόκαινο). Η απουσία αυτών των σχηματισμών από τη λεκάνη της Φλώρινας, του Σαρανταπόρου και της ανατολικής – βορειοανατολικής περιοχής της λεκάνης Πτολεμαΐδας – Αμύνταιου, οφείλεται στην τεκτονική δραστηριότητα αυτής της περιόδου η οποία οδήγησε στην άνοδο αυτών των τμημάτων της τεκτονικής τάφρου.

Μετά την απόθεση των Νεογενών σχηματισμών αρχίζει η απόθεση του σχηματισμού του Προαστίου (Σχ. 2.δ.,2.ε) κατά τη διάρκεια του Κατώτερου – Μέσου Πλειστόκενου (Βίλαφράγγιο). Είναι ποτάμιες και ποτάμιες - χειμαρρώδεις αποθέσεις.

Αυτός ο σχηματισμός είναι περιορισμένος κυρίως στη λεκάνη Πτολεμαΐδας- Αμύνταιου και στο νοτιοανατολικό τμήμα της λεκάνης της Φλώρινας (Περιοχή Κλειδί). Ο κύριος όγκος αυτού του σχηματισμού καθώς επίσης και η στρωματογραφία του παρατηρείται στην ομώνυμη περιοχή του Προαστίου.

Μετά την απόθεση του σχηματισμού του Προαστίου παρατηρείται ένας δυνατός ρηγματογόνος τεκτονισμός με κύρια κατεύθυνση βορειοανατολικά- νοτιοδυτικά και ανατολικά- δυτικά, εξαιτίας του οποίου νέες μικρότερες λεκάνες σχηματίστηκαν μέσα στις προηγούμενες, όπως αυτές της Αρδάσσας – Βεγορίτιδας και Αναργύρων- Πετρών. Συγχρόνως σχηματίζονται ανυψώσεις και αυτές που υπάρχουν ήδη ανέρχονται περισσότερο. Γενικά αυτός ο τεκτονισμός μαζί με τον προϋπάρχοντα δημιούργησαν τη σημερινή μορφολογία της τεκτονικής τάφρου.

Η απόθεση του σχηματισμού της Πέρδικας παρατηρείται κυρίως στις νέες λεκάνες που σχηματίστηκαν μέσα στη λεκάνη Πτολεμαΐδας- Αμυνταίου μετά από τις τεκτονικές κινήσεις που έχουν ήδη περιγραφεί (Σχ. 2.δ.,2.ε). Είναι ποτάμιες- χειμαρρώδεις και λιμναίες-ελώδεις αποθέσεις. Επίσης παρατηρείται μία νέα φάση μεγάλου πάχους λιγνιτογένεσης με μικρά υποστρώματα λιγνίτη και μεγάλου πάχους ενδιάμεσα στείρα.

Κατά τη διάρκεια του Μέσου Πλειστόκενου έχουμε την απόθεση ενός χερσαίου, ποτάμιου- χερσαίου σχηματισμού (Σχ. 2.ε).

Αυτός ο σχηματισμός εκτείνεται στη νοτιοανατολική περιοχή της λεκάνης της Φλώρινας, στο μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης του Σαρανταπόρου, στα νοτιοανατολικά σύνορα της λεκάνης της Πτολεμαΐδας και γύρω από τη λεκάνη

Κοζάνης- Σερβίων. Στο μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης του Σαρανταπόρου, αυτός ο σχηματισμός διαβρώνει τους σχηματισμούς του κατώτερου νεογενούς και αποκτά σημαντικό πάχος.

Στην επιφάνεια παρατηρήθηκαν σύγχρονες μικρού πάχους χερσαίες αποθέσεις, όπως ελουβιακοί μανδύες, αλλουβιακές αποθέσεις και προσχωσιγενείς αλλουβιακές αποθέσεις (σχήμα βεντάλιας).

Επιπλέον κατά τη διάρκεια του Ολόκαινου έχουμε την απόθεση της τύρφης στις λίμνες Χειμαδίτιδα, Ζάζαρη και Βεγορίτιδα όπου παρατηρούμε την τελευταία φάση της λιγνιτογένεσης.

Μια σχηματική παρουσίαση της παλαιογεωγραφικής εξέλιξης της λεκάνης Κοζάνης- Σερβίων μέσα στις διαφορετικές γεωλογικές περιόδους δίνεται στο Σχ. 2.στ. Η εξέλιξη ολόκληρης της τεκτονικής τάφρου είναι σχεδόν ίδια.

2.1 Γεωλογία – Στρωματογραφία της τεκτονικής τάφρου

Το υπόβαθρο και τα όρια της τάφρου ανήκουν ,όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στην Πελαγονική ζώνη και αποτελούνται από ημικρυσταλικούς έως κρυσταλλικούς Τριαδικό-Ιουρασικούς ασβεστόλιθους, μάρμαρα, δολομίτες και σχιστόλιθους. Σε πολλά σημεία υπάρχουν φακοειδείς ενστρώσεις από φυλλίτες, όπως στο ύψωμα της Κοζάνης. Επίσης γύρω από την πόλη της Κοζάνης και στα νοτιοδυτικά της λεκάνης Κοζάνη- Σερβία, παρατηρούμε ιουρασικά οφιολιθικά πετρώματα. Οι σχηματισμοί της πελαγονικής ζώνης επίσης αποτελούνται και από άλλα πετρώματα και καταλαμβάνουν κυρίως τα ανατολικά και τα νοτιο-νοτιοδυτικά όρια της τεκτονικής τάφρου. Τα δυτικά και τα βορειότερα όρια αποτελούνται από σχηματισμούς του παλαιοζωικού κρυσταλλικού υποβάθρου της πελαγονικής μάζας, και κυρίως αποτελούνται από γνευσιοσχιστόλιθους, γρανιτογενείς και κρυσταλλικούς σχιστόλιθους. Παρόμοια πετρώματα βρίσκονται επίσης στα όρια της λεκάνης του Σαραντάπορου. Εκτός των άλλων πρέπει να αναφέρουμε τους γνωστούς γρανίτες οι οποίοι μπορούν να παρατηρηθούν στα δυτικά όρια της λεκάνης της Φλώρινας.

Κατά τη διάρκεια του τέλους του μειόκαινου- αρχές Πλειόκαινου (Late Miocene-Early Pliocene) το τεκτονικό βύθισμα και ως επί το πλείστον οι λεκάνες που περιέχονται σε αυτό, άρχισαν να γεμίζουν με χερσαίες, ποταμοχειμάρειες, ποτάμιες, λιμναίες και ελώδεις αποθέσεις. Έτσι σημειώθηκαν οι αποθέσεις της πρώιμης νεογενούς σειράς (Σχ. 2.γ,2.δ,2.ε). Η ηλικία των σχηματισμών προσδιορίστηκε από

την εξέταση διατόμων (E. Velitzelos 1977) και από παλιοβοτανικούς (Schneider and Velitzelos 1973, 1976, 1977) και παλυνολογικούς προσδιορισμούς (Ioakeim and Vasileiou 1982, Ioakeim 1985) ως κατώτερο Μειόκαινο - ανώτερο Πλειόκαινο. Η ακολουθία, από τη βάση μέχρι την κορυφή συνίσταται από τους ακόλουθους σχηματισμούς:

Σχηματισμός βάσης ο οποίος περιλαμβάνει λατυποπαγή και κροκαλοπαγή που συνίστανται από κροκάλες/λατύπες οι οποίες προέρχονται από τα υποκείμενα ή τα κοντινά προς το υπόβαθρο πετρώματα. Τα λατυποπαγή και κροκαλοπαγή βρίσκονται σε εναλλαγή με άμμους, αργίλους και ιλύες. Το κυρίαρχο χρώμα είναι το κόκκινο- κόκκινο καφέ.

Ο σχηματισμός Βάσης εξομαλύνει την ανώμαλη επιφάνεια του υπόβαθρου της τάφρου, ενώ το πάχος του ποικίλει από περιοχή σε περιοχή και μερικές φορές μπορεί να μεταβάλλεται από ελάχιστα έως αρκετές δεκάδες μέτρα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το πάχος στην περιοχή Κομινιά είναι 80 m. Ο κατώτερος σχηματισμός (σχηματισμός βάσης) εκτίνεται σε ολόκληρη την επιφάνεια της τεκτονικής τάφρου.

Στρωματογραφικά, ποτάμιες αποθέσεις επικάθονται πάνω στον προηγούμενο σχηματισμό (Σχ. 2.ε), οι οποίες αποτελούνται από λεπτόκοκκες έως χοντρόκοκκες άμμους μερικές φορές αργιλώδεις, και αργίλους σε ορισμένα σημεία αμμούχες. Παρατηρούνται παρεμβολές από χαλικώδη στρώματα, ορίζοντες σκληρού ψαμμίτη, καθώς και συσσωρευμένες στρώσεις κροκαλοπαγών (Σχ. 2.ε). Το πράσινο και το πρασινο-γκρί είναι τα χρώματα που επικρατούν, ενώ Σε κάθε τμήμα του ποτάμιου συστήματος, βρίσκουμε τα αντίστοιχα ιζήματα.

Οι ποταμολιμναίες και ελώδεις αποθέσεις (σχηματισμός ο οποίος περιλαμβάνει το λιγνίτη) (Σχ. 2.ε), υπέρκεινται του προηγούμενου σχηματισμού και αποτελούνται από άμμους, αργίλους με φυτικά υπολείμματα, κομμάτια ξυλίτη και λιγνιτικά κοιτάσματα «ξυλιτικού τύπου» σε εναλλαγή με ιλύ και σπάνια μάργα. Το πράσινο και το πρασινο-γκρί είναι τα χρώματα που επικρατούν. Τα μεγαλύτερα «ξυλιτικού τύπου» λιγνιτικά κοιτάσματα απαντώνται σε αυτόν τον σχηματισμό, όπως είναι αυτά της Φλώρινας (Kotis et al. 1992, 1995, 1996, 1997), των Κομινιών (Koukouzas et al. 1984), της Λάβας κτλ.

Αυτό το σύστημα αναπτύσσεται σε ένα καθαρά λιμναίο οικοσύστημα και καταλαμβάνει σχεδόν ολόκληρη την τεκτονική τάφρο. Έτσι υπάρχει η απόθεση των ιλύων (σχηματισμός ιλύος) (Σχ. 2.δ.,2.ε), με υπόστρωμα από άμμους και αργίλους

κατά θέσεις. Συχνά παρατηρούμε παρεμβολές ανθρακικών ιλύων –ασβεστώδων ιλύων. Σε αυτά τα ιζήματα παρατηρούνται κομμάτια ξύλου, φυτικά υπολείμματα και φύλλα. Το γκρι και πράσινο-γκρι είναι τα χρώματα που επικρατούν. Στην κορυφή του σχηματισμού, ο οποίος περιλαμβάνει το λιγνίτη, επικάθεται ένα λεπτό στρώμα ανθρακική ιλύς με οστρακοειδή και *operculum* (σχηματισμός ασβεσταλκαλικής ιλύος) (Σχ. 2.ε).

Αυτό το λιμναίο σύστημα υπερισχύει κυρίως στη λεκάνη του Σαραντάπορου, στο νότιο νοτιο-ανατολικό τμήμα της λεκάνης Κοζάνη- Σερβία και στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης Πτολεμαίδα- Αμύνταιο. Στα δυτικά αυτής και στη λεκάνη της Φλώρινας παρατηρείται η επικράτηση ενός ποτάμιου- ποταμολιμναίου οικοσυστήματος με τα αντίστοιχα ιζήματα. Αντί για ιλύες απαντώνται λεπτόκοκκες έως χοντρόκοκκες άμμοι, με εναλλαγές αργίλων και σπάνια ιλύες.

Ποτάμιες αποθέσεις, οι οποίες υπέρκεινται τους προηγούμενους σχηματισμούς, αποτελούνται από εναλλαγή άμμων, αργίλων και στρώματα ψαμμιτών και ιλυολίθων (αγριλο-αμμώδης σχηματισμός) (Σχ. 2.ε). Το χρώμα που επικρατεί είναι το πράσινο.

Στη συνέχεια και κατά την διάρκεια του ανώτερου Πλειόκαινου, το προαναφερθέν λιμναίο σύστημα εξελίσσεται σε ένα λιμναίο-ελώδες σύστημα με αποτέλεσμα την απόθεση του σχηματισμού της ανώτερης νεογενούς σειράς (Σχ. 2.δ.,2.ε).

Λόγω της τεκτονικής δραστηριότητας και των παλαιογεωγραφικών και παλαιογεωμορφολογικών συνθηκών που επικρατούσαν αυτήν την περίοδο, αυτό το σύστημα καταλαμβάνει ολόκληρη την λεκάνη Πτολεμαίδα- Αμύνταιο, με εξαίρεση το ανατολικό-βορειοανατολικό τμήμα, την λεκάνη Κοζάνη- Σερβία και τελικά φτάνει σε μικρές απολήξεις το νοτιοανατολικό τμήμα της λεκάνης της Φλώρινας.

Τα ιζήματα που παρατηρούνται στο σχηματισμό της ανώτερης νεογενούς σειράς (Σχ. 2.δ.,2.ε) είναι μάργες, άργιλοι, άμμοι, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και γαιώδης λιγνίτης, εναλλασσόμενα και συνδυαζόμενα. Τα χρώματα που επικρατούν είναι το ανοιχτό γκρι και το γκριζοπράσινο.

Από την μελέτη ζωικών απολιθωμάτων όπως τα γαστερόποδα *Theodoxus macedonicus* (Neritina), *Valvata piscinalis* κτλ. (Vetoulis 1956, Gramman 1960), το lamel gills (μύδια) *Unio* sp. κτλ. (Gramman 1960), τα οστρακοειδή *Candolla neglecta*, *Iliocypris gibba* κτλ. και τα Rodents (van de Weerd, 1979) αλλά και σε συνδυασμό με τη μελέτη απολιθωμένων γυρεόκοκκων (Ioakim, 1985)

προσδιορίστηκε η ηλικία αυτών των σχηματισμών και τοποθετείται στο όριο κατώτερου και ανώτερου Πλειόκαινου.

Στην ανώτερη νεογενή σειρά βρέθηκαν τα μεγαλύτερα γνωστά λιγνιτικά κοιτάσματα των λεκανών Πτολεμαΐδας- Αμύνταιου και Κοζάνης, όπως αυτά του “Νότιου Πεδίου” (Anastopoulos and Koukolizas 1972), του Αμύνταιου (Koukouzas et al. 1979), Περανα (Anastopoulos and Brousoulis 1973), κτλ.

Μετά την απόθεση των σχηματισμών του Νεογενούς και κατά τη διάρκεια του Κατώτερου- Μέσου Πλειστόκενου (Βιλαφράγγιο) αρχίζει η απόθεση των σχηματισμών του Προαστίου (Σχ. 2.ε). Υπάρχουν ποτάμιες, ποταμοχερσαίες αποθέσεις που αποτελούνται από κροκαλοπαγή, ανάμεικτα με στρογγυλεμένες κροκάλες διαφόρων μεγεθών και κατά τόπους εναλλαγές άμμων και αργίλων. Αυτές οι αποθέσεις χαρακτηρίζονται από διασταυρούμενη στρώση και τραχείς οριζόντες. Το μεγαλύτερο πάχος αυτών των αποθέσεων είναι 150 m, ενώ δεν έχουν βρεθεί απολιθώματα στην τεκτονική τάφρο, με εξαίρεση κάποια μύδια του γλυκού νερού του είδους *Unio* που έχουν βρεθεί σε συγκεκριμένα μέρη. Λεπτά στρώματα λιγνίτη ή ελώδεις σχηματισμοί έχουν παρατηρηθεί τοπικά αλλά η έκτασή τους είναι μικρή και δεν έχει κανένα οικονομικό ενδιαφέρον.

Ο συγκεκριμένος σχηματισμός περιορίζεται κυρίως στη λεκάνη Πτολεμαΐδας- Αμυνταίου και στη νοτιοανατολική περιοχή της λεκάνης της Φλώρινας (περιοχή Κλειδί) και είναι σε ασυμφωνία με τους υποκείμενους Νεογενείς σχηματισμούς. Η περιοχή στην οποία ο συγκεκριμένος σχηματισμός εμφανίζει τον μεγαλύτερο όγκο του βρίσκεται στην περιοχή Προάστιο, από την οποία πήρε και το όνομα του.

Στη συνέχεια ακολουθεί η απόθεση του σχηματισμού Πέρδικα (Σχήμα 2.ε), και κυρίως μέσα στη λεκάνη Πτολεμαΐδας- Αμυνταίου. Αυτές οι αποθέσεις είναι ποτάμιες, ποταμοχειμάρειες, λιμναίες και ελώδεις. Αποτελούνται από άμμους, αργίλους, ασβεστολιθικά θραύσματα και στρώματα λιγνίτη.

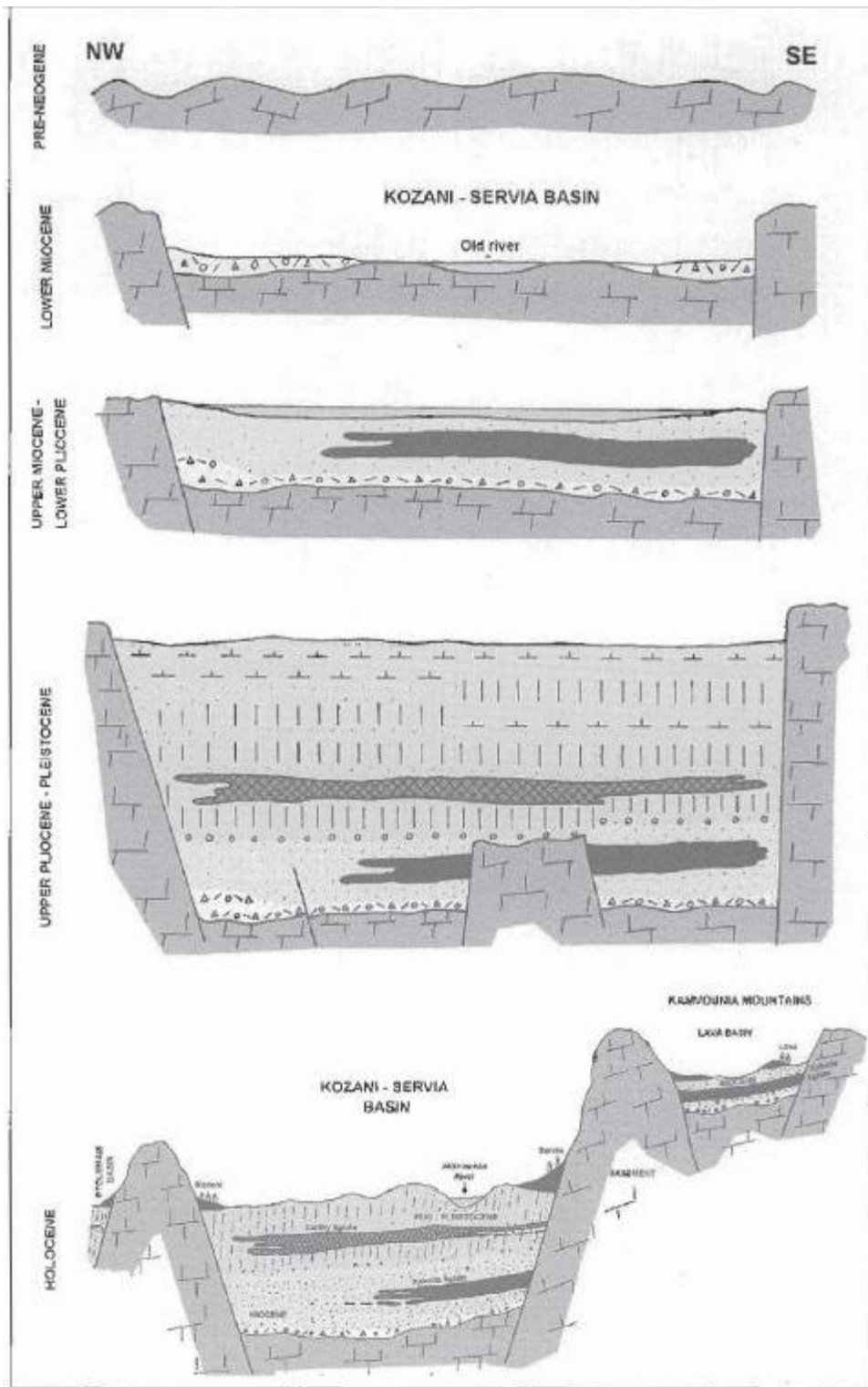
Η τεκτονική δραστηριότητα συνεχίστηκε με εκτεταμένες κινήσεις κατά τη διάρκεια της απόθεσης του σχηματισμού Πέρδικα, και έτσι παχιά στρώματα λιγνίτη δεν παρατηρούνται. Αντιθέτως παρατηρούνται πολλά λεπτά στρώματα λιγνίτη με μεγάλου πάχους παρεμβολές στειρών οριζόντων. Για το λόγο αυτό τα αποθέματα λιγνίτη αυτής της περιόδου δεν έχουν κανένα οικονομικό ενδιαφέρον. Στην περιοχή της Αρδάσσας ο σχηματισμός φτάνει το μεγαλύτερο πάχος του στα 350 m.

Κατά τη διάρκεια του Μέσου Πλειστόκαινου γίνεται η απόθεση ενός χερσαίου, ποταμοχερσαίου σχηματισμού (Σχ. 2.ε) ο οποίος αποτελείται από κροκαλοπαγή, με διαφόρων μεγεθών στρογγυλεμένες κροκάλες, ένα κόκκινο στρώμα ιλύος, αργίλους και άμμους. Αυτός ο σχηματισμός εκτείνεται στη λεκάνη της Φλώρινας, όπως επίσης στη λεκάνη του Σαρανταπόρου, όπου και αποκτά το μέγιστο πάχος του, στα νοτιοανατολικά σύνορα της λεκάνης Πτολεμαΐδας- Αμυνταίου και στα όρια της λεκάνης Κοζάνης- Σερβιών.

Στην κορυφή της ακολουθίας απαντώνται λεπτές σύγχρονες χερσαίες αποθέσεις όπως ελουβιακοί μανδύες, αλλουβιακές αποθέσεις και προσχωσιγενείς αλλουβιακές αποθέσεις (σχήμα βεντάλιας).

Πρέπει επίσης να αναφέρουμε ότι κατά τη διάρκεια του Ολόκαινου γίνεται απόθεση τύρφης στις λίμνες Χειμαδίτιδα, Ζάζαρη και Βεγορίτιδα όπου παρατηρούμε την τελευταία φάση της λιγνιτογένεσης

Στο Σχ. 2.στ. βλέπουμε την εξέλιξη της λεκάνης Κοζάνης- Σερβιών από το κατώτερο Μειόκαινο μέχρι σήμερα.



Σχ. 2.στ: Εξέλιξη της λεκάνης Κοζάνης-Σερβίων από το κατώτερο Μειόκαινο μέχρι σήμερα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΑ ΑΡΓΙΛΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

3. ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΑ ΑΡΓΙΛΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

Στην παρούσα εργασία γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στα αργιλικά ορυκτά, δεδομένου ότι κρίνεται ιδιαίτερα καθοριστικός ο ρόλος τους στην κεραμική.

3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Ο όρος "*αργίλος*" (clay) δεν είναι μονοσήμαντος. Είναι δυνατό να σημαίνει, είτε ένα κλάσμα ορισμένου μεγέθους κόκκων (αργιλικό κλάσμα), είτε ένα ιζηματογενές πέτρωμα, με ορισμένο ποσοστό αργιλικού κλάσματος.

Ως "αργιλικό κλάσμα" χαρακτηρίζεται, συνήθως, το υλικό, το οποίο αποτελείται από κόκκους με διάμετρο $\delta < 2 \mu\text{m}$ και αυτός ο όρος είναι γενικότερα αποδεκτός, παρ' όλο που μερικές φορές χαρακτηρίζεται, έτσι, το κλάσμα με διάμετρο κόκκων $\delta < 4 \mu\text{m}$. Σε κάθε αργιλικό πέτρωμα, εκτός από το "*αργιλικό κλάσμα*", απαντούν και "*ιλύς*" και "*άμμος*" (Σχ. 3.1).

Ως "ιλύς", ορίζεται το υλικό με διάμετρο κόκκων $\delta : 0.002-0.020 \text{ mm}$, σύμφωνα με το διεθνές σύστημα ταξινόμησης, ενώ σύμφωνα με το Αμερικάνικο σύστημα ταξινόμησης, ως ιλύς, ορίζεται το κλάσμα με διάμετρο κόκκων $\delta : 0.002 \text{ mm}-0.050 \text{ mm}$.

Ως "άμμος", ορίζεται το υλικό με διάμετρο κόκκων πάνω από $20 \mu\text{m}$ (0.02 mm), ή πάνω από $53 \mu\text{m}$ (0.053 mm , Αμερικάνικο σύστημα ταξινόμησης).

Συνήθως, ακολουθείται το Αμερικάνικο σύστημα ταξινόμησης σύμφωνα με το οποίο ορίζονται:

Άργιλος: κλάσμα με διάμετρο κόκκων $\delta < 2 \mu\text{m}$.

Ιλύς: κλάσμα με διάμετρο κόκκων $\delta < 2-53 \mu\text{m}$.

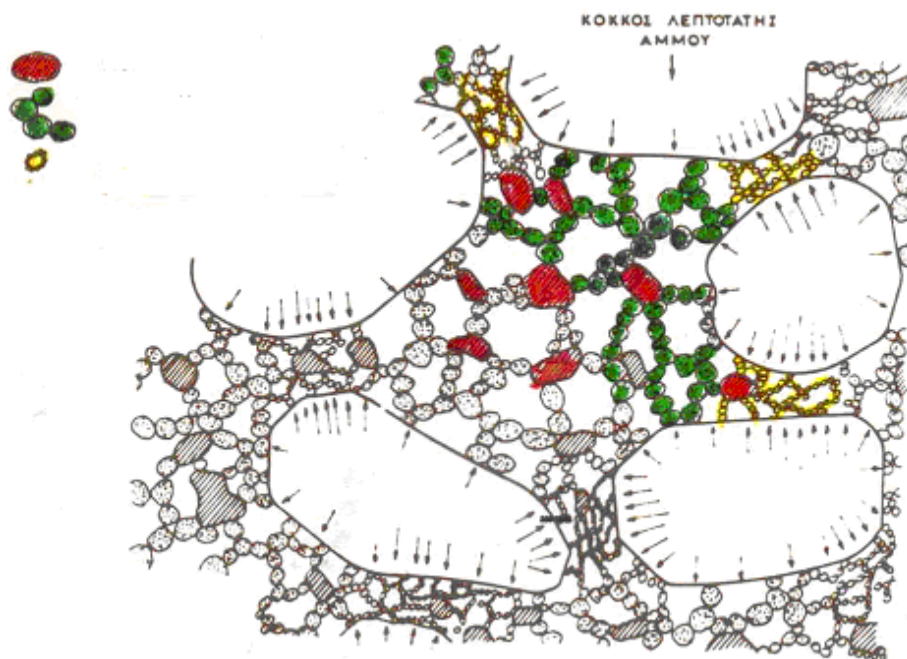
Άμμος: κλάσμα με διάμετρο κόκκων $\delta > 53 \mu\text{m}$.

Στη Γεωλογία γενικότερα, ως "*άργιλος*" χαρακτηρίζεται κάθε ιζηματογενές πέτρωμα με μεγάλα ποσοστά υλικού που έχουν διάμετρο κόκκων $\delta < 2 \mu\text{m}$, ενώ στην Κεραμική, "*άργιλοι*" λέγονται όλα τ' αργιλοχώματα που χρησιμοποιούνται, ως

πρώτες ύλες, για κατασκευή κεραμικών προϊόντων και τα οποία έχουν, τουλάχιστον, δύο από τις ιδιότητες:

- α) μεγάλη πλαστικότητα
- β) μικρό μέγεθος κόκκων και
- γ) σκλήρυνση κατά το ψήσιμο.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 3.1), δίδεται μία τομή αργιλικού πετρώματος, όπου διακρίνονται τα κύρια συστατικά του.



Σχ. 1. Άργιλικόν έδαφος κατά A. Casagrande (Μεγέθυνσις 10.000).

Σχ. 3.1: Τομή αργιλικού πετρώματος, με “αργιλικό κλάσμα”, “ιλύ” και “άμμο”.

3.2. ΟΡΥΚΤΑ ΤΩΝ ΑΡΓΙΩΝ

Τα ορυκτά των αργίλων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

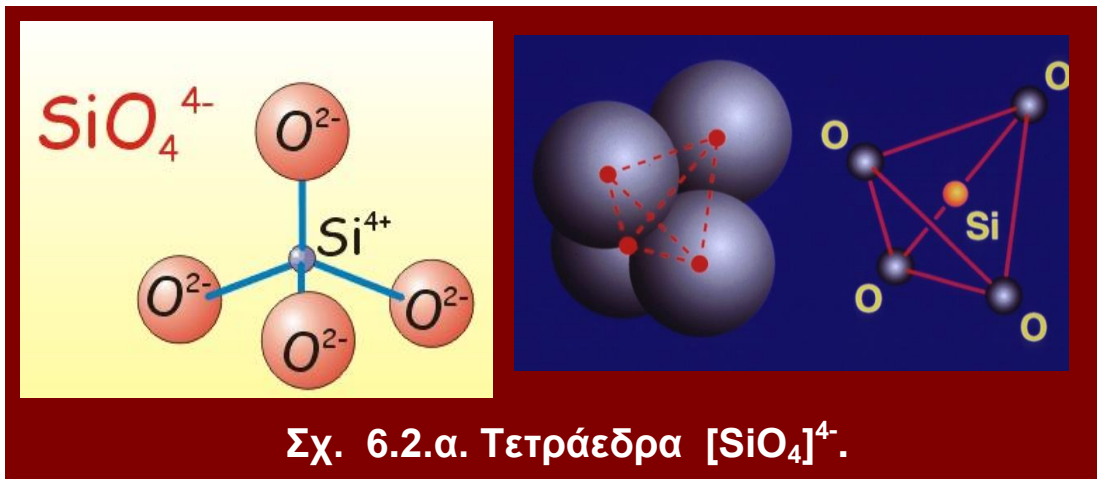
- α) Τα **αργιλικά ορυκτά** (*clay minerals*) (κύρια: καολινίτης, ιλλίτης, μοντμοριλλονίτης, σαπονίτης, εκτορίτης) και

β) Τα **μη αργιλικά ορυκτά** (*non clay minerals*), όπως π.χ. ο χαλαζίας, οι άστριοι, τα ανθρακικά ορυκτά (ασβεστίτης, δολομίτης), οξείδια και υδροξείδια του Fe, Ti, Mn, θειούχες ενώσεις, οργανικά υλικά

3.2.α Τα αργιλικά ορυκτά και η κρυσταλλική τους δομή

Τα αργιλικά ορυκτά υποδιαιρούνται στις παρακάτω ομάδες:

- Την ομάδα του *καολινίτη*, με αντιπροσωπευτικό ορυκτό τον καολινίτη [$Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ή $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$].
- Την ομάδα του *ιλλίτη*, με κύριο ορυκτό τον ιλλίτη [$K_yAl_4(Si_{8-y})O_{20}(OH)_4$ ή $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$].
- Την ομάδα του *μοντμοριλλονίτη* ή των *σμεκτιτών*, με κύριο ορυκτό τον μοντμοριλλονίτη [$Al_4Si_8O_{20}(OH)_4 \cdot nH_2O$ ή $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$].

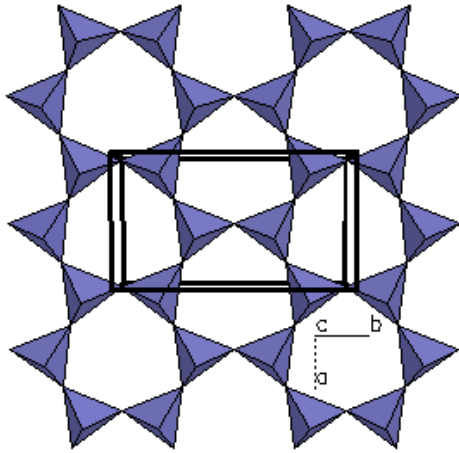


Σχ. 3.2.α: Τετράεδρο $[SiO_4]^{4-}$

Τα ορυκτά και των τριών ομάδων χαρακτηρίζονται από παρόμοια χημική σύσταση και παρόμοιες φυσικοχημικές ιδιότητες.

Είναι υδρο-αργιλο-πυριτικά ορυκτά και ανήκουν στην κατηγορία των φυλλοπυριτικών, στα οποία βασική δομική μονάδα είναι το τετράεδρο $[SiO_4]^{4-}$ (Σχ. 3.2.α).

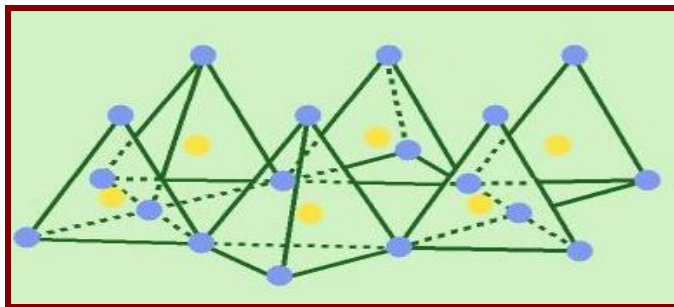
Τετράεδρα $[SiO_4]^{4-}$ ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν εξαμελείς δακτύλιους (Σχ. 3.2.β).



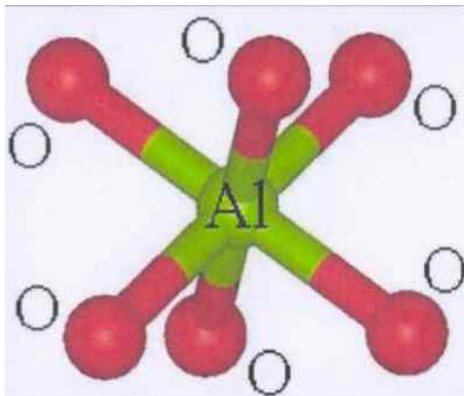
Σχ. 3.2. β: Εξαγωνική διάταξη τετραέδρων στο χώρο

Στο σχήμα 3.2.γ φαίνεται η εξαγωνική διάταξη τετραέδρων στο χώρο. Με τη διάταξη αυτή δημιουργούνται οκταεδρικά κενά, το κέντρο των οποίων καταλαμβάνεται, συνήθως, από Al^{3+} (ή Mg^{2+} ή Fe^{2+}), ενώ οι κορυφές τους καταλαμβάνονται από οξυγόνα ή υδροξύλια.

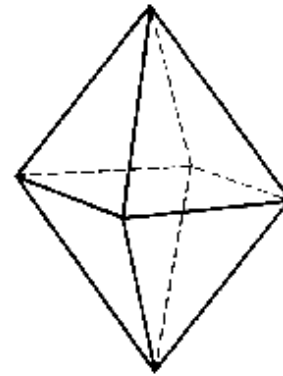
Έτσι, δημιουργούνται φύλλα τετραέδρων $[SiO_4]^{4-}$ και φύλλα οκταέδρων Al^{3+} .



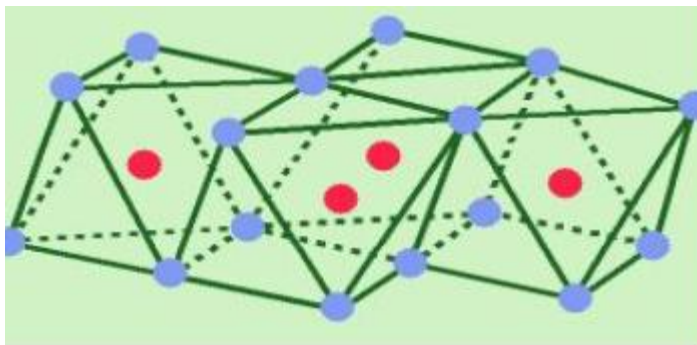
Σχ. 3.2.γ: Εξαγωνική διάταξη τετραέδρων στο χώρο



Σχ. 3.2.δ: Οκτάεδρα Al^{3+} .



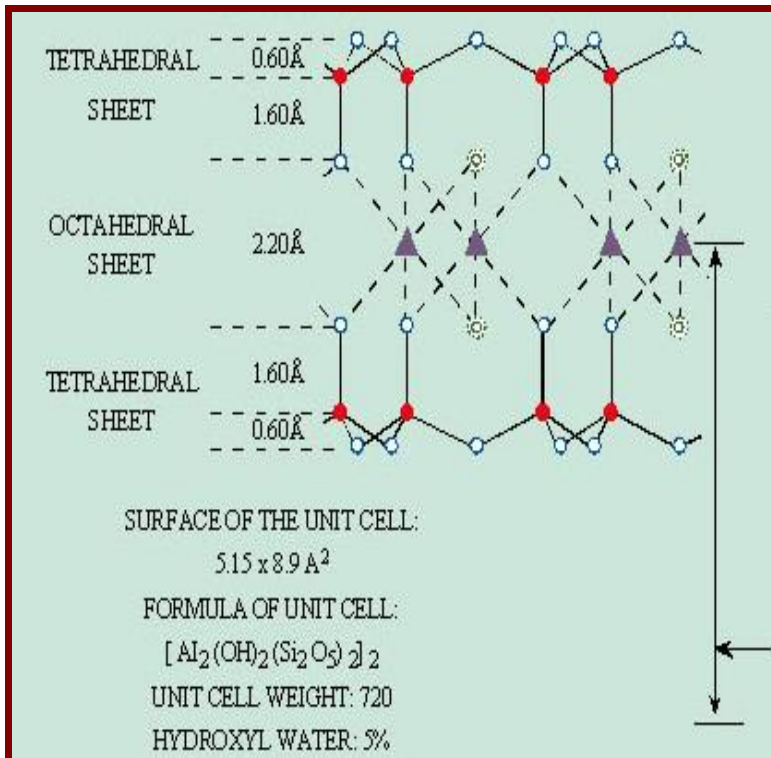
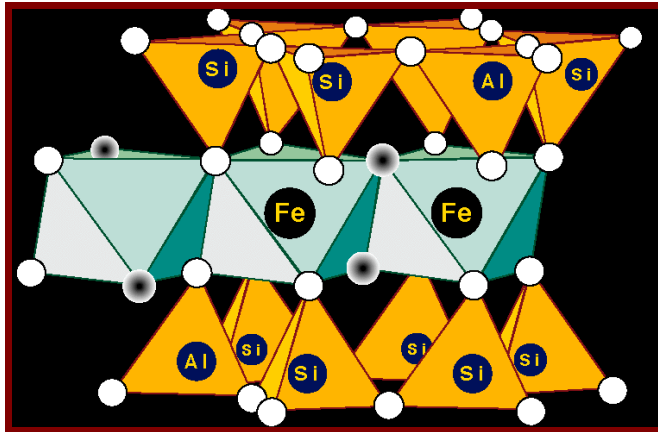
Octahedron



Σχ. 3.2.ε: Εξαγωνική διάταξη οκταέδρων στο χώρο.

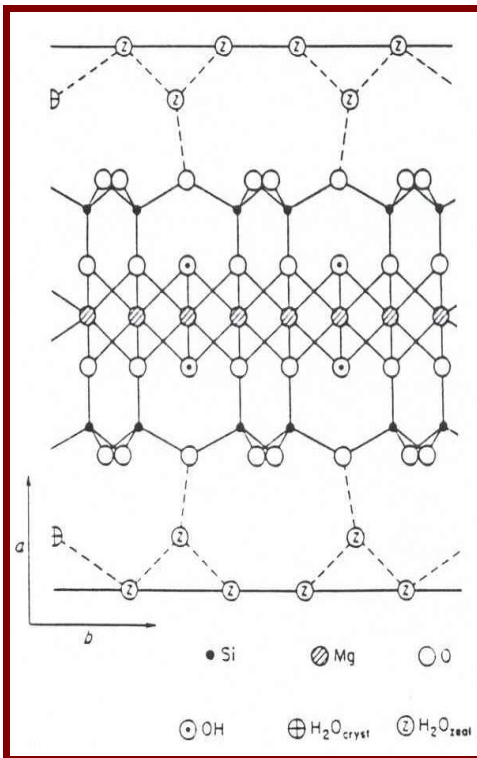
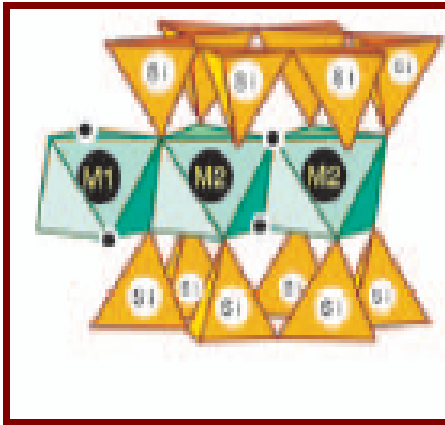
3.3. ΟΡΥΚΤΑ ΔΙΟΚΤΑΕΔΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΡΙΟΚΤΑΕΔΡΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ

Όταν οι οκταεδρικές θέσεις του πλέγματος των αργλικών ορυκτών καταλαμβάνονται από δύο τρισθενή κατιόντα (ως επί το πλείστον Al^{3+}), τότε καλύπτονται, μόνο, τα $2/3$ αυτών των θέσεων με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ορυκτά διοκταεδρικής δομής (Σχ. 3.3.α).



Σχ. 3.3. α: Ορυκτά διοκταεδρικής δομής.

Αντίθετα, όταν οι οκταεδρικές θέσεις καταλαμβάνονται από τρία δισθενή κατιόντα (Mg^{2+} ή Fe^{2+} κ.λ.π.), τότε καλύπτονται όλες οι διαθέσιμες θέσεις με αποτέλεσμα τη δημιουργία ορυκτών τριοκταεδρικής δομής (Σχ. 3.3.β).



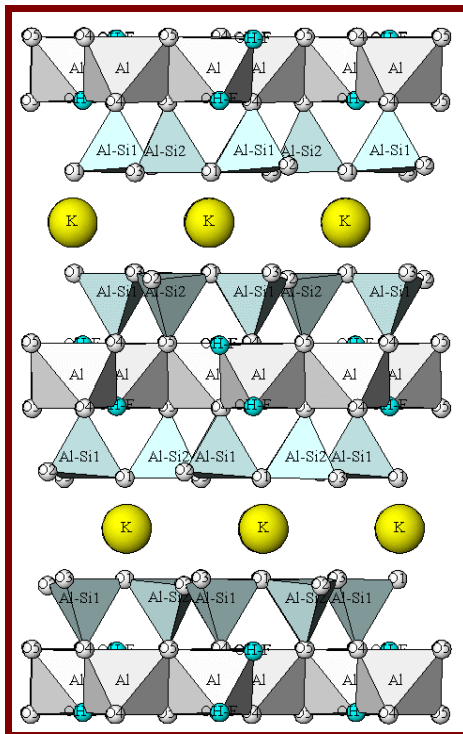
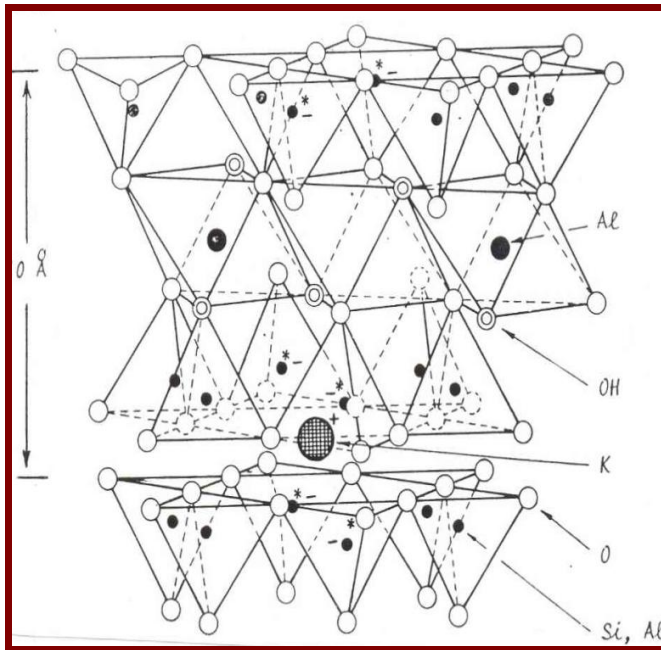
Σχ. 3.3. β: Ορυκτά τριοκταεδρικής δομής.

3.4. ΙΣΟΜΟΡΦΕΣ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

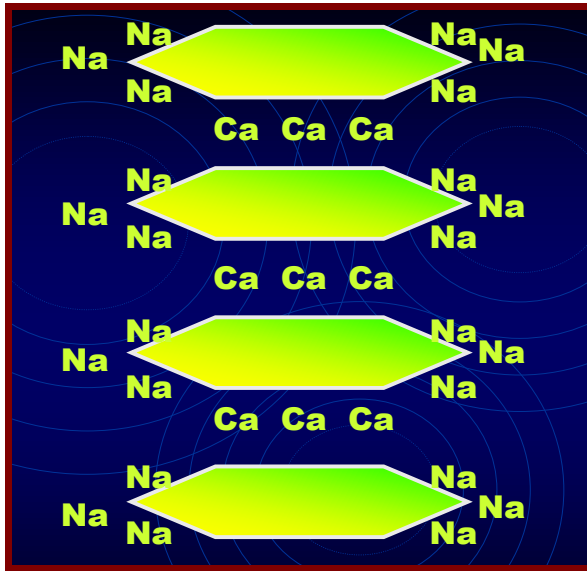
Το κρυσταλλικό πλέγμα των αργιλικών ορυκτών χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ηλεκτρικών φορτίων, κύρια αρνητικών, η δημιουργία των οποίων ερμηνεύεται ως εξής:

Στο πλέγμα των αργιλικών ορυκτών, συμβαίνουν ισόμορφες υποκαταστάσεις, τόσο του Si^{4+} των τετραεδρικών θέσεων, όσο και του Al^{3+} των οκταεδρικών θέσεων, από ιόντα μικρότερου σθένους (Al^{3+} , Fe^{3+} και Mg^{2+} , Fe^{2+}). Με

τις υποκαταστάσεις αυτές δημιουργείται *περίσσεια αρνητικών φορτίων*, τα οποία εξουδετερώνονται, είτε με *δέσμευση* ορισμένων κατιόντων π.χ. K^+ , όπως συμβαίνει στα ορυκτά της ομάδας του ιλλίτη-μοσχοβίτη (Σχ. 3.4.α), είτε με *προσρόφηση*, κατιόντων υπό *ανταλλάξιμη μορφή*, π.χ. Na^+ , Ca^{++} , τόσο από τις εσωτερικές, όσο και από τις εξωτερικές επιφάνειες του κρυστάλλου, όπως συμβαίνει (Σχ. 3.4.β) στα ορυκτά της ομάδας του μοντμοριλλονίτη.

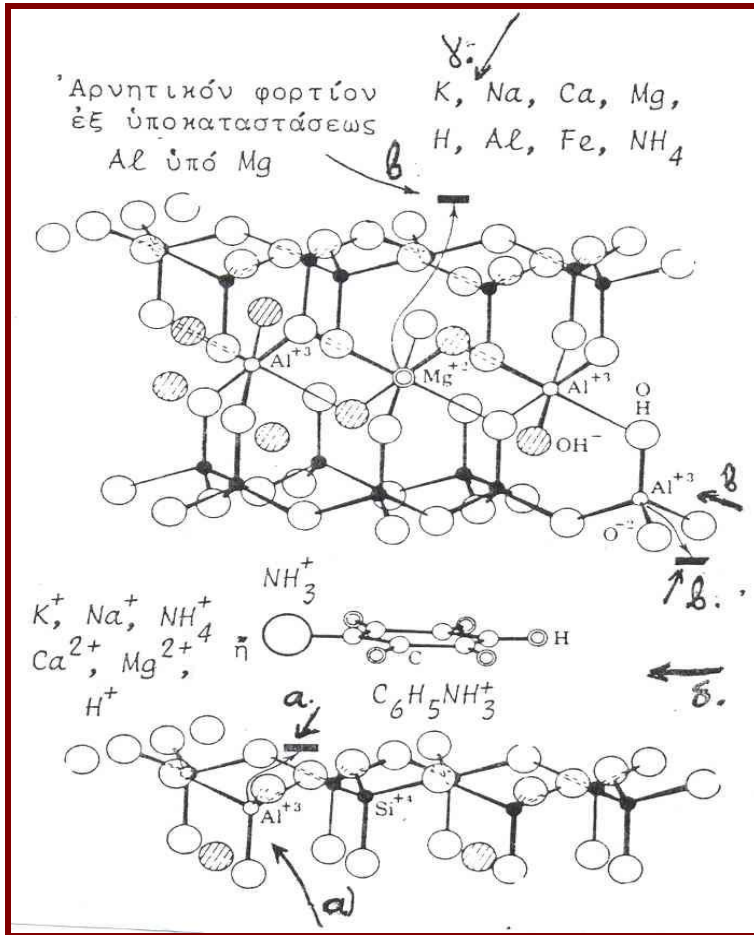


Σχ. 3.4.α: Κρυσταλλική δομή ιλλίτη-μοσχοβίτη



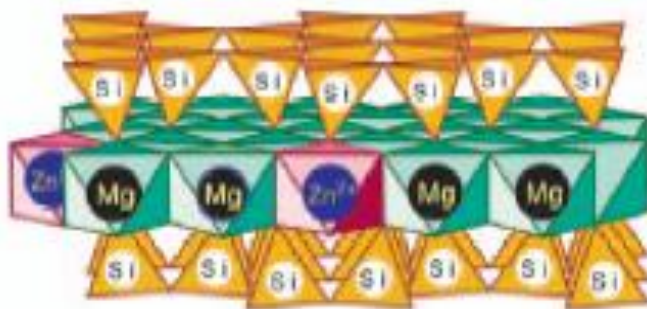
Σχ. 3.4.β: Προσρόφιση Na⁺, Ca²⁺ στις εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες του κρυστάλλου

Η διαφορά *ιλλίτη-μοντμοριλλονίτη* έγκειται στο ότι, στον *ιλλίτη* η περίσσεια αρνητικών φορτίων που προκύπτει από υποκαταστάσεις Si από Al^{iv} εξουδετερώνεται, με *δέσμευση* K⁺, στο διαστρωματικό του χώρο, ενώ στον *μοντμοριλλονίτη* η περίσσεια αρνητικών φορτίων που προκύπτει, κύρια, από υποκαταστάσεις Al^{vi} από Mg εξουδετερώνεται με προσρόφιση, υπό *ανταλλάξιμη μορφή*, κατιόντων Na⁺, Ca²⁺ κλπ, τόσο από τις εσωτερικές, όσο και από τις εξωτερικές επιφάνειες του κρυστάλλου (Σχ. 3.4.γ).



Σχ. 3.4.γ: Κρυσταλλικὸ πλέγμα μοντμοριλλονίτη

- α) Ὑποκατάσταση Si⁴⁺ ἀπὸ Al³⁺ καὶ δημιουργία ἀρνητικῶν φορτίων.
- β) Ὑποκατάσταση Al³⁺ ἀπὸ Mg²⁺, καὶ δημιουργία ἀρνητικῶν φορτίων.
- γ) Κατιόντα ὑπὸ ἀνταλλάξιμη μορφή, προσροφημένα στὴν ἐξωτερικὴ ἐπιφάνεια τοῦ κρυστάλλου.
- δ) Ὄργανικὲς ἐνώσεις καὶ κατιόντα προσροφημένα στὸ διαστρωματικὸ χῶρο τοῦ ορυκτοῦ.

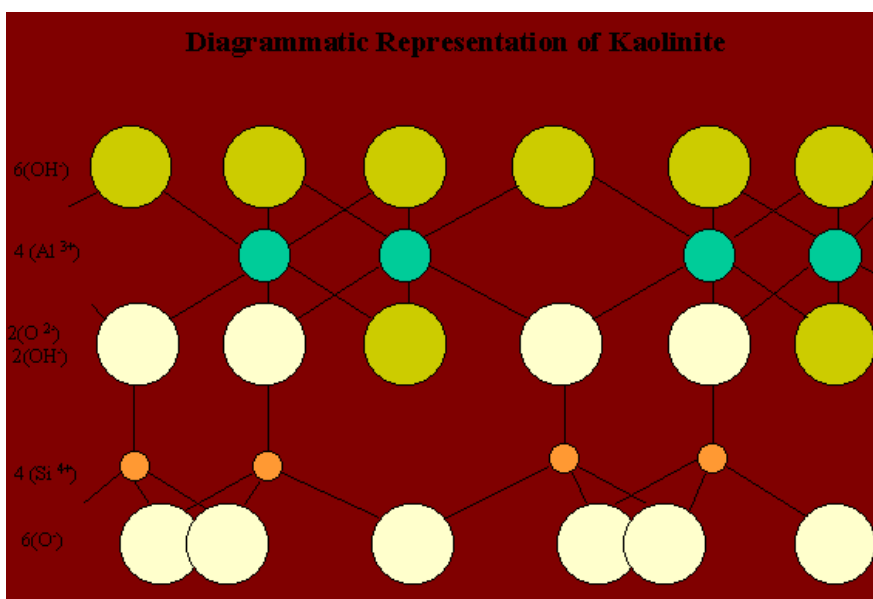
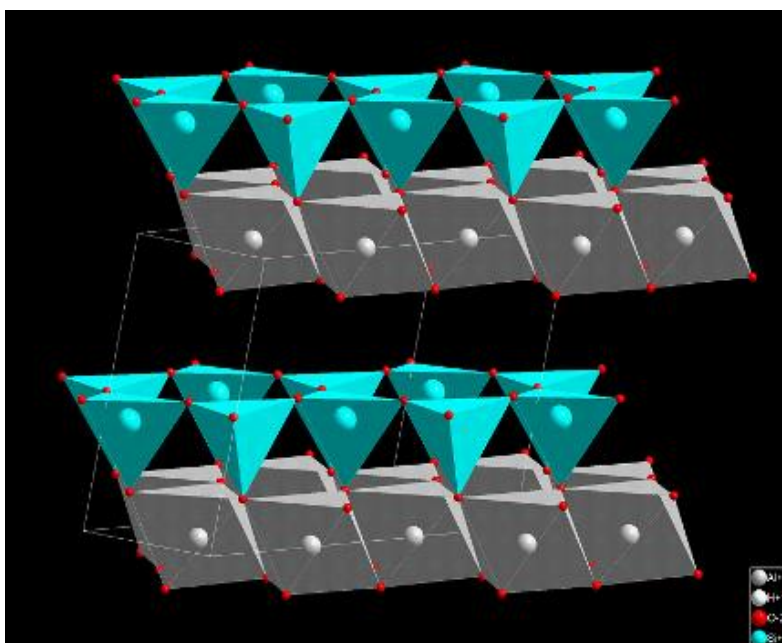


Σχ. 3.4.δ: Ὑποκατάσταση Mg ἀπὸ Zn.

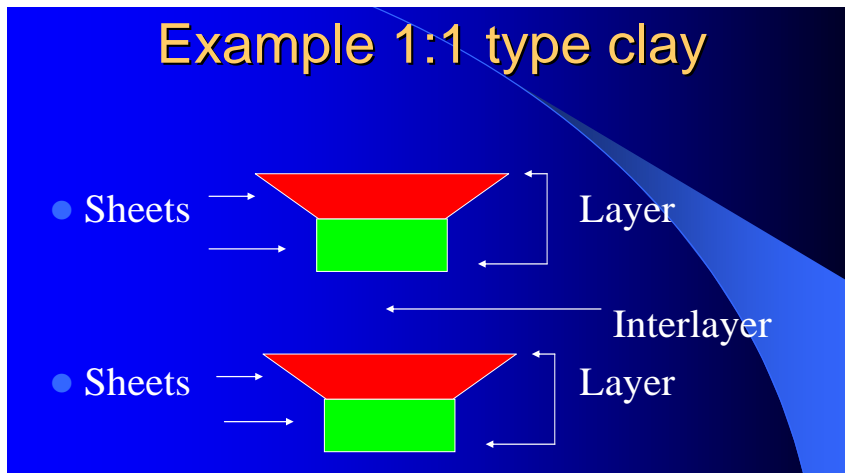
3. 5. ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΑΡΓΙΛΩΝ

Τα αργιλικά ορυκτά, σύμφωνα με τη διάταξη των τετραεδρικών και των οκταεδρικών φύλλων στο πλέγμα τους, υποδιαιρούνται:

1. *Ορυκτά δομής 1:1*. Σχηματίζονται από την εναλλαγή ενός φύλλου τετραέδρων και ενός φύλλου οκταέδρων, τα οποία εκτείνονται στο επίπεδο που ορίζεται από τις διευθύνσεις των κρυσταλλογραφικών αξόνων a και b και εναλλάσσονται το ένα επί του άλλου κατά τη διεύθυνση του άξονα c (Σχ. 3.5α, β).



Σχ. 3.5.α: Ορυκτά δομής 1:1.



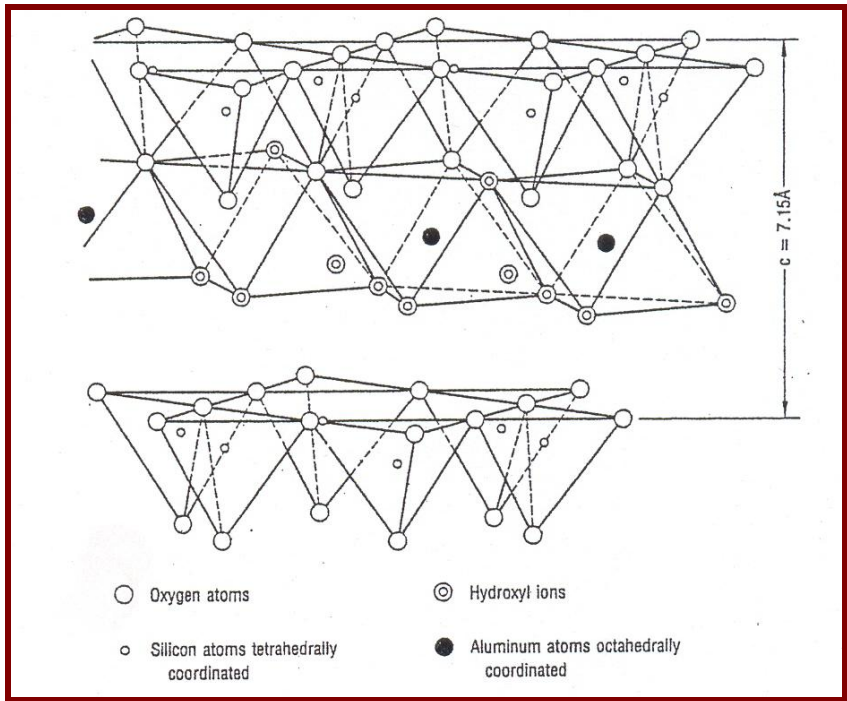
Σχ. 3.5.β: Σχηματική διάταξη Ορυκτών δομής 1:1.

Τα ορυκτά δομής 1:1 διακρίνονται σε:

- ❖ Διοκταεδρικά ορυκτά δομής 1:1, με αντιπροσωπευτικό ορυκτό τον καολινίτη (σχ.2.5.γ) και,
- ❖ Τριοκταεδρικά ορυκτά δομής 1:1, με αντιπροσωπευτικό ορυκτό τον σερπεντίνη.

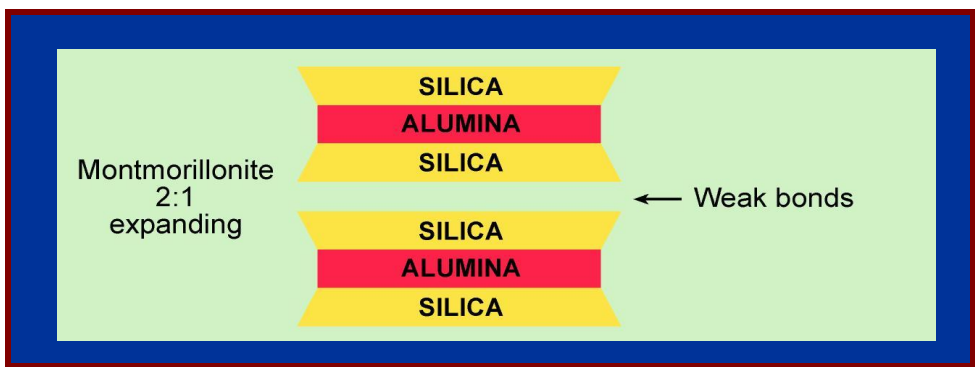
Στα διοκταεδρικά ορυκτά δομής 1:1, ανήκουν τα ορυκτά της ομάδας του καολινίτη $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ (Kaolinite group). Παλαιότερα τα ορυκτά αυτά ήταν γνωστά και ως “ομάδα των καντιτών” (candites group), αλλά ο όρος αυτός δεν ισχύει σήμερα. Τα σπουδαιότερα ορυκτά της ομάδας αυτής είναι τα:

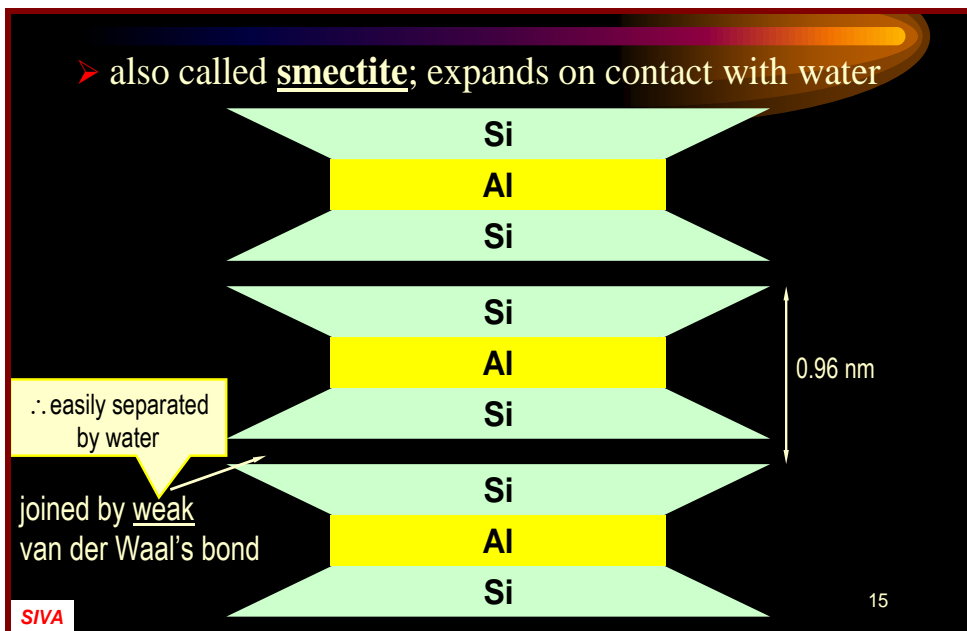
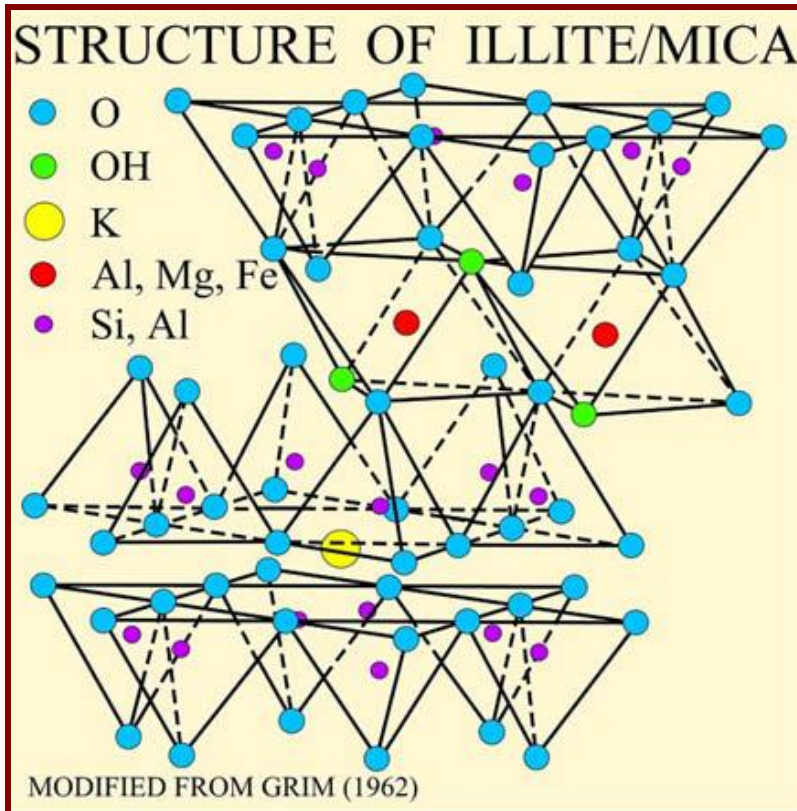
καολινίτης:	$\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
αλλουϊσίτης:	$\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.
μετα-αλλουϊσίτης:	$\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$].
ντικίτης:	$2[\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$
νακρίτης:	$6[\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$



Σχ. 3.5.γ : Διοκταεδρικό ορυκτό δομής 1:1 (πλέγμα καολινίτη).

Τα ορυκτά δομής **2:1** αποτελούνται από ένα φύλλο οκταέδρων που βρίσκεται ανάμεσα σε δύο φύλλα τετραέδρων (Σχ. 3.5.δ).





Σχ. 3.5.δ.: Ορυκτά δομής 2:1.

Αντιπροσωπευτικό διοκταεδρικό ορυκτό της δομής 2:1, είναι ο πυροφυλλίτης $[Al_2Si_4O_{10}(OH)_2]$, από τον οποίο, προκύπτουν τόσο τα ορυκτά της ομάδας του ιλλίτη, όσο και τα ορυκτά της ομάδας των διοκταεδρικών σμεκτιτών έπειτα από τις κατάλληλες υποκαταστάσεις, αφ' ενός μεν Si από Al^{IV} , αφ' ετέρου

δε Al^{VI} από Mg ή Fe^{2+} (Brindley et al, 1984). Με τις υποκαταστάσεις αυτές δημιουργείται περίσσεια ηλεκτρικών φορτίων, τα οποία εξουδετερώνονται με δέσμευση $(x+y)$ κατιόντων M (όπου M:Ca, Na, Mg, K κ.λ.π), υπό ανταλλάξιμη μορφή, προκειμένου να επέλθει ηλεκτροστατική ισορροπία (Σχ. 3.5.ε).

Στα ορυκτά δομής **2:1**, ανήκουν εκτός από τα ορυκτά της ομάδας των σμεκτιτών $Al_4Si_8O_{20}(OH)_4 \cdot nH_2O$, και τα ορυκτά της ομάδας του ιλλίτη $K_yAl_4(Si_{8-y}Al_y)O_{20}(OH)_4$, όπου $1 < y < 1.5$, καθώς και οι βερμικουλίτες (vermicullite group)

Διακρίνονται σε:

Διοκταεδρικά ορυκτά δομής 2:1 (π.χ. ιλλίτης, μοντμοριλλονίτης)

Τριοκταεδρικά ορυκτά δομής 2:1 (π.χ. σαπονίτης)

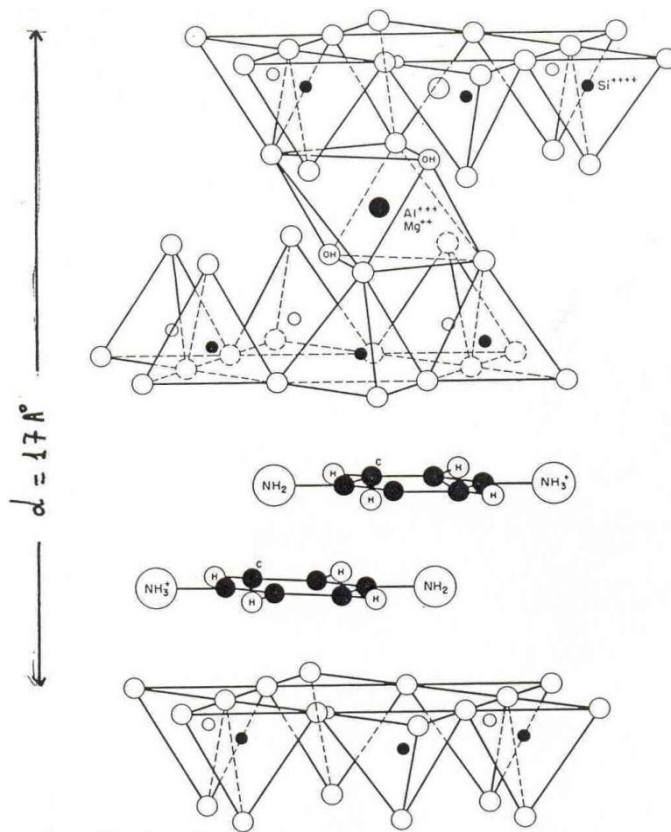
Τα ορυκτά της ομάδας των σμεκτιτών είναι:

1. *Οι διοκταεδρικοί σμεκτίτες:*

- μοντμοριλλονίτης: $(Mg_yAl_{2-y})Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$
- μπαϊντελλίτης: $Al_2(Al_xSi_{4-x})O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$
- νοντρονίτης: $Fe_2^{3+}(Al_xSi_{4-x})O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$

2. *Οι τριοκταεδρικοί σμεκτίτες:*

- σαπονίτης: $(Si_{3.67}Al_{0.33})MgO_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$
- εκτορίτης: $Si_4(Mg_{2.67}Li_{0.33})O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$



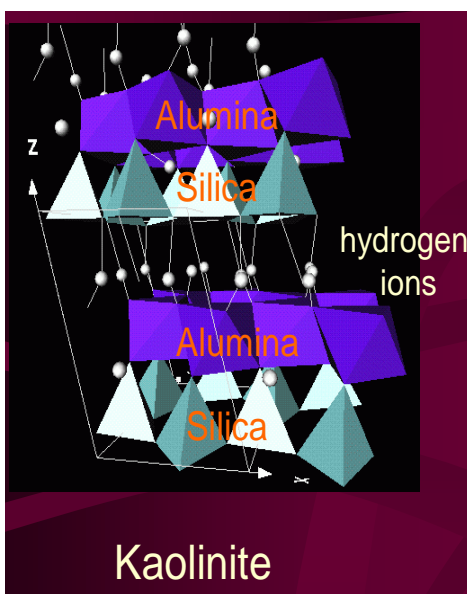
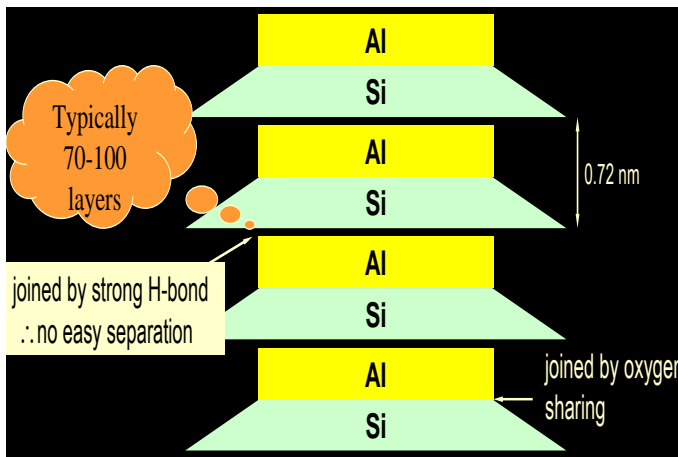
Σχ. 3.5.ε.: Κρυσταλλική δομή του μοντμοριλλονίτη, με μεγαλομόρια οργανικών ενώσεων προσροφημένα στο διαστρωματικό του χώρο.

Οι τρεις ομάδες των αργιλικών ορυκτών διαφέρουν ως προς το είδος και ως προς τη διάταξη στο χώρο, των ατόμων από τα οποία αποτελούνται.

Αποτέλεσμα της διαφοράς αυτής είναι και η ανάπτυξη διαφορετικών τρόπων σύνδεσης μεταξύ των στρωμάτων των διαφόρων ομάδων.

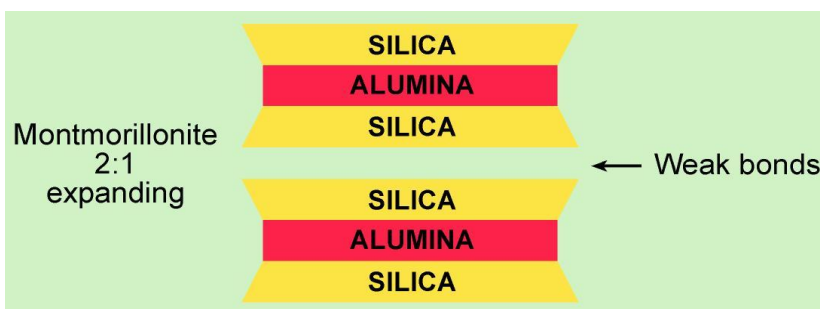
Γενικά, στα αργιλικά ορυκτά τα στρώματα συγκρατούνται μεταξύ τους, με ασθενείς δεσμούς (δεσμό υδρογόνου και δεσμό *van deer waals*).

Ο δεσμός υδρογόνου είναι ένας ασθενής δεσμός ηλεκτροστατικής φύσεως μεταξύ H^+ και O^{2-} . Στα ορυκτά της ομάδας του καολινίτη, τα άτομα του υδρογόνου (του επιπέδου των OH^- , που ανήκει στο φύλλο των οκταέδρων), τείνουν να σχηματίσουν δεσμούς υδρογόνου με τα οξυγόνα των παρακείμενων οκταεδρικών φύλλων (Σχ. 3.5.στ).

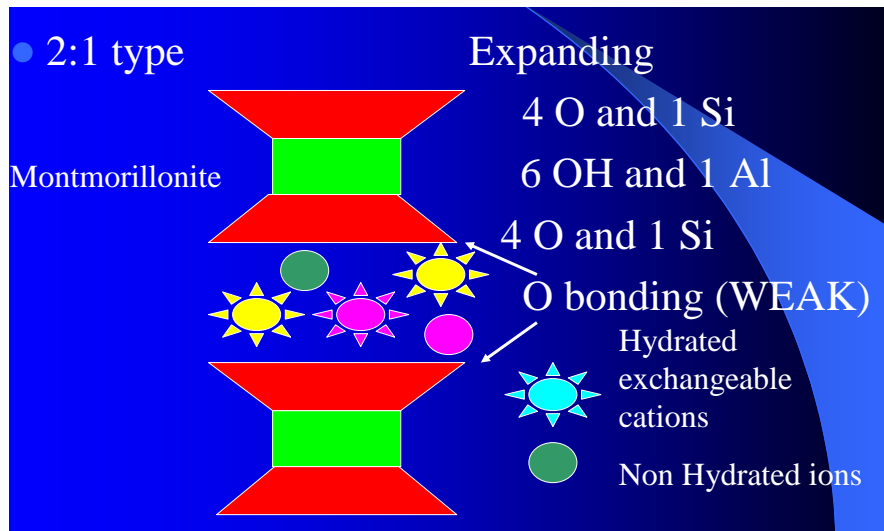


Σχ. 3.5.στ: Δεσμοί υδρογόνου σε ορυκτά δομής 1:1.

Ο δεσμός “*van deer waals*” είναι ο ασθενέστερος απ’ όλους τους δεσμούς (Σχ. 3.5. ζ, η) και δεν συναντάται πολύ συχνά στα ορυκτά. Αναπτύσσεται μεταξύ ουδέτερων μορίων, τα οποία επιφανειακά και στιγμιαία παρουσιάζουν μικρά υπολειμματικά φορτία δημιουργώντας, έτσι, δίπολα.



Σχ. 3.5.ζ: Δεσμοί “*van deer waals*” σε ορυκτά δομής 2:1.



Σχ. 3.5.η: Δεσμοί “van deer waals” σε ορυκτά δομής 2:1.

Οι δεσμοί *υδρογόνου* σχηματίζουν ισχυρότερο σύνδεσμο από τους δεσμούς *van deer waals*.

Ο τρόπος σύνδεσης επηρεάζει πολύ τις ιδιότητες των ορυκτών. Έτσι, όσο ασθενέστερος είναι ο δεσμός τόσο μικρότερη η σκληρότητα τους, ασθενέστερος ο σχισμός τους κλπ.

(Τα παραπάνω δεδομένα πάρθηκαν από: Περράκη, Θ., 2007)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σημαντικό κίνητρο για την εκπόνηση αυτής της εργασίας υπήρξε το ενδιαφέρον για τη μελέτη της ορυκτολογικής σύστασης στείρων υλικών από διάφορα Λιγνιτωρυχεία, δεδομένου ότι κρίνεται ιδιαίτερα καθοριστική για τη χρήση αυτών των υλικών στην κεραμική.

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η ορυκτολογική σύσταση δειγμάτων, τα οποία ελήφθησαν από διερευνητικές γεωτρήσεις, σε Λιγνιτωρυχεία της Δ. Μακεδονίας.



Σχ. 4.1.: Άποψη του λιγνιτικού κοιτάσματος του Νότιου Πεδίου.

4.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Προκειμένου να προσδιοριστεί η ορυκτολογική σύσταση των δειγμάτων, τα οποία ελήφθησαν από μέτωπο εκσκαφής και διερευνητικές γεωτρήσεις, σε Λιγνιτωρυχεία της Δ. Μακεδονίας, εφαρμόστηκαν οι ακόλουθες μέθοδοι έρευνας:

4.2.1. ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΜΕΤΡΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ-X

Τα δείγματα εξετάστηκαν με περιθλασιμετρία ακτίνων-X (X-rays diffraction). Για τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιήθηκε περιθλασίμετρο τύπου Siemens D-5000, με τις ακόλουθες συνθήκες λειτουργίας: ακτινοβολία CuK α ($\lambda=1.5405 \text{ \AA}$), φίλτρο Ni, ένταση 30 mA, τάση 40 Kv και ταχύτητα γωνιόμετρου $1^{\circ}2\theta/\text{min}$. Η ταυτοποίηση των διαφόρων ορυκτολογικών φάσεων και των προϊόντων που προέκυψαν από τις μεταξύ τους αντιδράσεις, πραγματοποιήθηκε με βάση τις χαρακτηριστικές τους ανακλάσεις.

4.2.2. ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (TG/DTG/DTA)

Η διαφορική θερμική (DTA) και θερμοβαρυτομετρική (TG/DTG) ανάλυση έγινε με όργανο Mettler Toledo 851. Τα δείγματα πυρώθηκαν έως τους $1200 \text{ }^{\circ}\text{C}$, με ταχύτητα αύξησης της θερμοκρασίας $10 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$.

Η αξιολόγηση των καμπυλών έγινε με βάση τα δεδομένα της βιβλιογραφίας (Mackenzie, R., 1957, Smykatz-Kloss, W., 1974.)

Η μέθοδος της διαφορικής θερμικής ανάλυσης (Differential Thermal Analysis ή D.T.A.), βασίζεται στο γεγονός ότι, όταν μια ουσία θερμαίνεται, υφίσταται διάφορες μετατροπές. Οι μετατροπές αυτές συνοδεύονται από πρόσληψη ή απώλεια θερμότητας, με αποτέλεσμα την εμφάνιση χαρακτηριστικών peaks (κορυφών) στο διάγραμμα D. T. A.

4.2.3. ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (FT-IR)

Η φασματοσκοπία υπέρυθρης ακτινοβολίας (Infrared spectroscopy), βασίζεται στο γεγονός ότι, όταν οι δεσμοί μιας κρυσταλλικής φάσης εκτεθούν σε υπέρυθη ακτινοβολία, θα απορροφήσουν από το φάσμα IR, εκείνες τις συχνότητες, τις οποίες εκπέμπουν και οι ίδιοι δονούμενοι και θα αφήσουν να περάσει η υπόλοιπη ακτινοβολία. Η απορροφούμενη (absorbed) ή η διερχόμενη (transmitted) ακτινοβολία είναι, επομένως, χαρακτηριστική του ορυκτού που την προκαλεί. Έτσι, ένα διάγραμμα FT-IR είναι δυνατό να δώσει πληροφορίες αφ' ενός για το είδος ενός ορυκτού (καολινίτης, κ.λ.π.) και αφ' ετέρου για τους χαρακτηριστικούς δεσμούς στο κρυσταλλικό του πλέγμα (Si-O-Si, Si-O-Al^{vi}, κλπ) (Farmer, 1974, Madejova J., 2003).

Η μελέτη με υπέρυθη ακτινοβολία (FT-IR), έγινε με τη χρήση φασματόμετρου (Perkin Elmer GX-1).

Το δοκίμιο (παστίλια), το οποίο ακτινοβολούμε, έχει πάχος 1-15 μm και παρασκευάζεται ως ακολούθως:

Κονιοποιούμε ένα ελάχιστο τμήμα του υλικού μας (<50 mgr). Αναμιγνύουμε ένα μικρό τμήμα του κονιοποιημένου υλικού με KBr (αναλογία 1:200) και αφού το βάλουμε σε ειδική μήτρα του εξασκούμε πίεση (8 tn/cm²) προκειμένου να μετατραπεί σε παστίλια.

Ένα διάγραμμα IR, έχει ως τεταγμένη, την σχετική ένταση της ακτινοβολίας που απορροφάται ή διέρχεται από το δοκίμιο και ως τεταγμένη το μήκος κύματος ή τη συχνότητα (cm⁻¹) της υπέρυθρης ακτινοβολίας (σύνθετο φάσμα, από 400 cm⁻¹ έως 4.000 cm⁻¹).

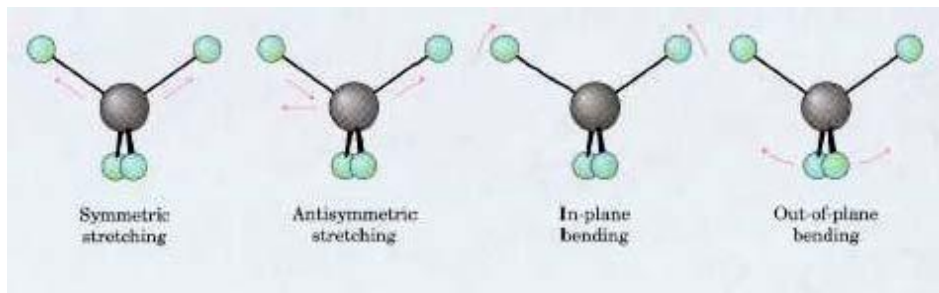
4.2.3.1. ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΤΡΟΠΟΙ ΔΟΝΗΣΗΣ

Κάθε είδος χημικού δεσμού σε ένα μόριο, έχει διαφορετικές τιμές σταθερής δύναμης και ανηγμένης μάζας και επομένως, η απορρόφηση της ακτινοβολίας θα συμβεί σε ορισμένη σε ορισμένη περιοχή συχνοτήτων (δηλ. διαφορετικοί χημικοί δεσμοί απορροφούν ακτινοβολία σε διαφορετική περιοχή συχνοτήτων).

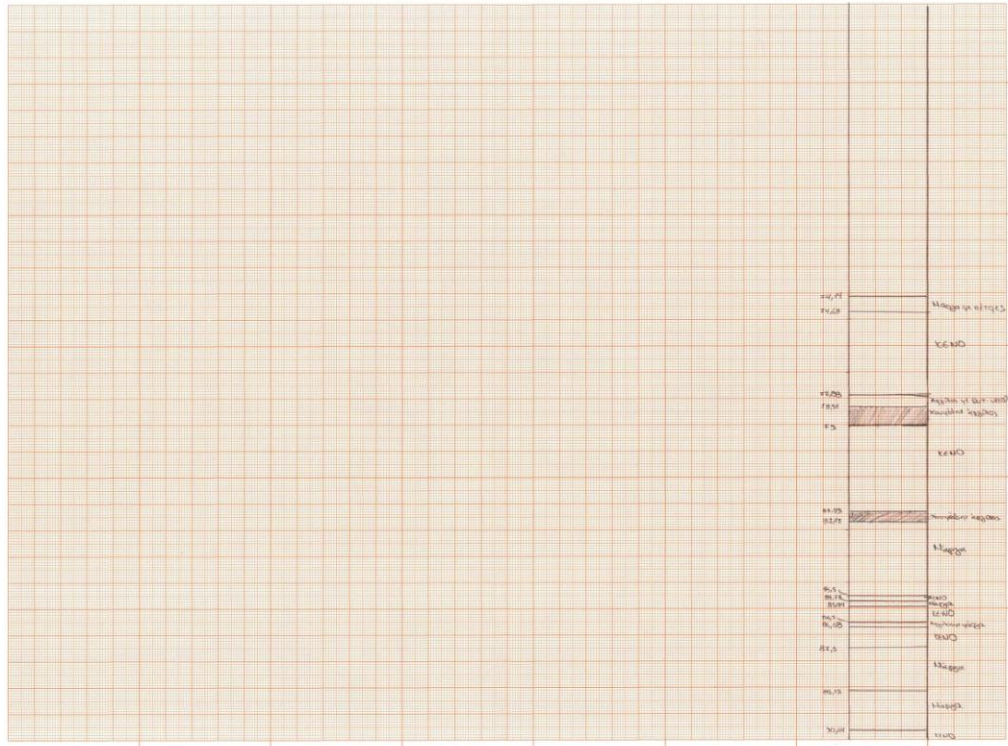
Αν λοιπόν, από ένα δείγμα περάσουν διαφορετικές συχνότητες υπέρυθρης ακτινοβολίας, θα εμφανιστούν μία σειρά από ζώνες δόνησης, οι οποίες αντιστοιχούν στους εξής θεμελιώδεις τρόπους δόνησης:

- 1) Δονήσεις τάσης (stretching vibration)
- 2) Δονήσεις κάμψης (bending vibration)
- 3) Δονήσεις σείσης (wagging vibration)
- 4) Δονήσεις αιώρησης (rocking vibration)
- 5) Δονήσεις συστροφής (twisting vibration)
- 6) Δονήσεις ψαλιδιού (scissoring vibration)

Στην παρακάτω εικόνα (Σχ. 4.2.3.1) φαίνονται οι κύριοι τύποι δονήσεων.



Σχ. 4.2.3.1: Κύριοι τύποι δονήσεων



Σχ. 4.3: (Στρωματογραφική ακολουθία από τη γεώτρηση του κοιτάσματος Αμυνταίου “AMY”)

4.3.1. Εξέταση με περιθλασιμετρία ακτίνων-X

Η εξέταση των δειγμάτων έγινε σε προσανατολισμένα και σε μη προσανατολισμένα παρασκευάσματα. Τα ακτινοδιαγράμματα, τα οποία ελήφθησαν από μη προσανατολισμένα παρασκευάσματα χρησιμοποιήθηκαν ως βάση για την ημιποσοτική εκτίμηση της ορυκτολογικής σύστασης των δειγμάτων, σύμφωνα με τους Cook et al., (1980).

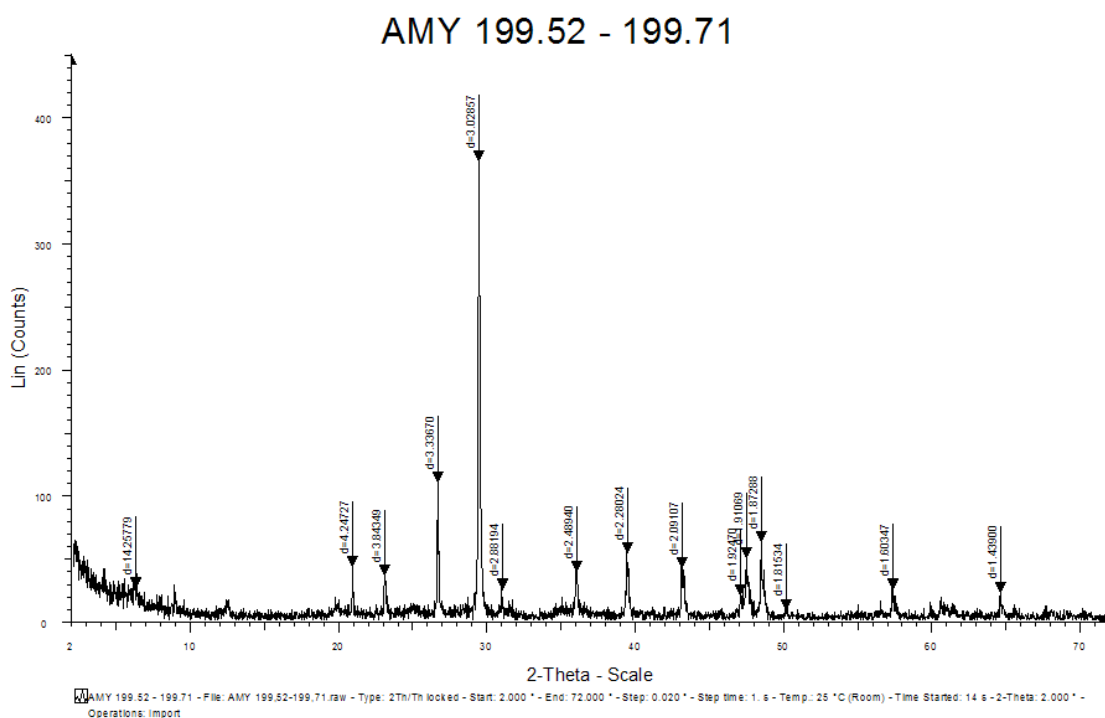
Κάθε δείγμα εξετάστηκε:

1. Μετά από ξήρανση στους 65 °C, ώστε να είναι απαλλαγμένο από την υγρασία
2. Μετά από κορεσμό με γλυκόλη, προκειμένου να γίνει έλεγχος για πιθανή ύπαρξη διογκούμενων ορυκτών (σμεκτίτες).
3. Μετά από θέρμανση στους 550 °C, για δύο ώρες, προκειμένου να διακριθούν τα ορυκτά καολινίτης και χλωρίτης των οποίων οι ανακλάσεις 001 και 002, αντίστοιχα, συμπίπτουν (Grim 1968, Thorez 1975, Brindley & Brown 1980).

Η ταυτοποίηση των διαφόρων ορυκτών δειγμάτων από τις προαναφερθείσες περιοχές, έγινε με βάση τις χαρακτηριστικές τους ανακλάσεις (Σχ. 4.3.1.α). Οι παραπάνω επεξεργασίες είναι απαραίτητες προκειμένου να διακριθούν τα αργιλικά ορυκτά, των οποίων οι ανακλάσεις συμπίπτουν.

➤ “AMY 199,52-199,7”

- Σε δείγματα της γεώτρησης, τα οποία έχουν ληφθεί από βάθος “AMY 199,52-199,71” είναι έντονη η παρουσία ανθρακικών ορυκτών. Ταυτοποιήθηκε ασβεστίτης, λίγος δολομίτης, όπως επίσης και χαλαζίας, αλλά και ελάχιστοι άστριοι .



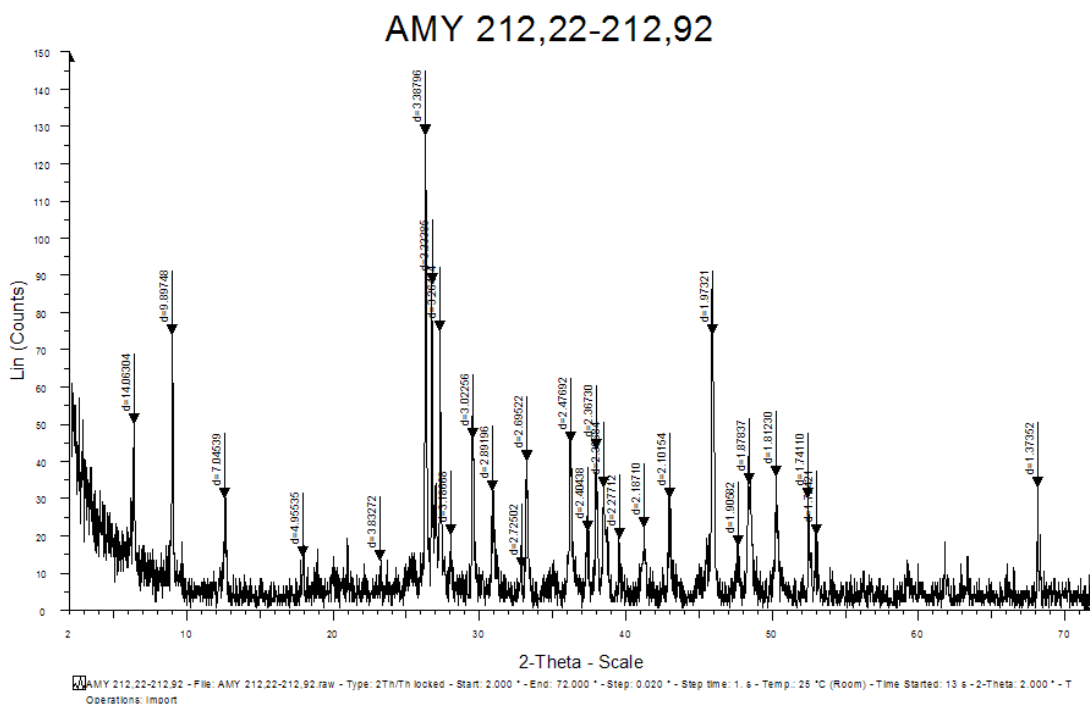
Σχ. 4.3.1.α: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Αμυνταίου Πτολεμαΐδας “AMY 199,52-199,71”

- Για τον προσδιορισμό του ασβεστίτη, χρησιμοποιήθηκαν οι ανακλάσεις hkl: (104) στα $d=3.03 \text{ \AA}$, (113) στα $d=2.28 \text{ \AA}$, (202) στα $d=2.09 \text{ \AA}$, (102) στα $d=3.84 \text{ \AA}$ κ.λ.π. (Σχ. 4.3.1.α)

- Για τον προσδιορισμό του χαλαζία, χρησιμοποιήθηκαν οι ανακλάσεις (1011) στα $d=3.33 \text{ \AA}$, και (1010) στα $d=4.26 \text{ \AA}$.
- Για τον προσδιορισμό του δολομίτη χρησιμοποιήθηκε, μόνο, η κύρια ανάκλαση hkl: (104) στα $d=2.89 \text{ \AA}$, δεδομένου ότι η περιεκτικότητά του στο συγκεκριμένο δείγμα είναι πολύ μικρή.

➤ “AMY 212,22-212,92”

- Σε δείγματα της ίδιας γεώτρησης, τα οποία όμως έχουν ληφθεί από μεγαλύτερο βάθος “AMY 212,22-212,92”, ιδιαίτερα έντονη είναι η παρουσία αργιλικών ορυκτών, όπως επίσης και ανθρακικών ορυκτών από τα οποία επικρατεί ο αραγωνίτης (Σχ. 4.3.1.β).

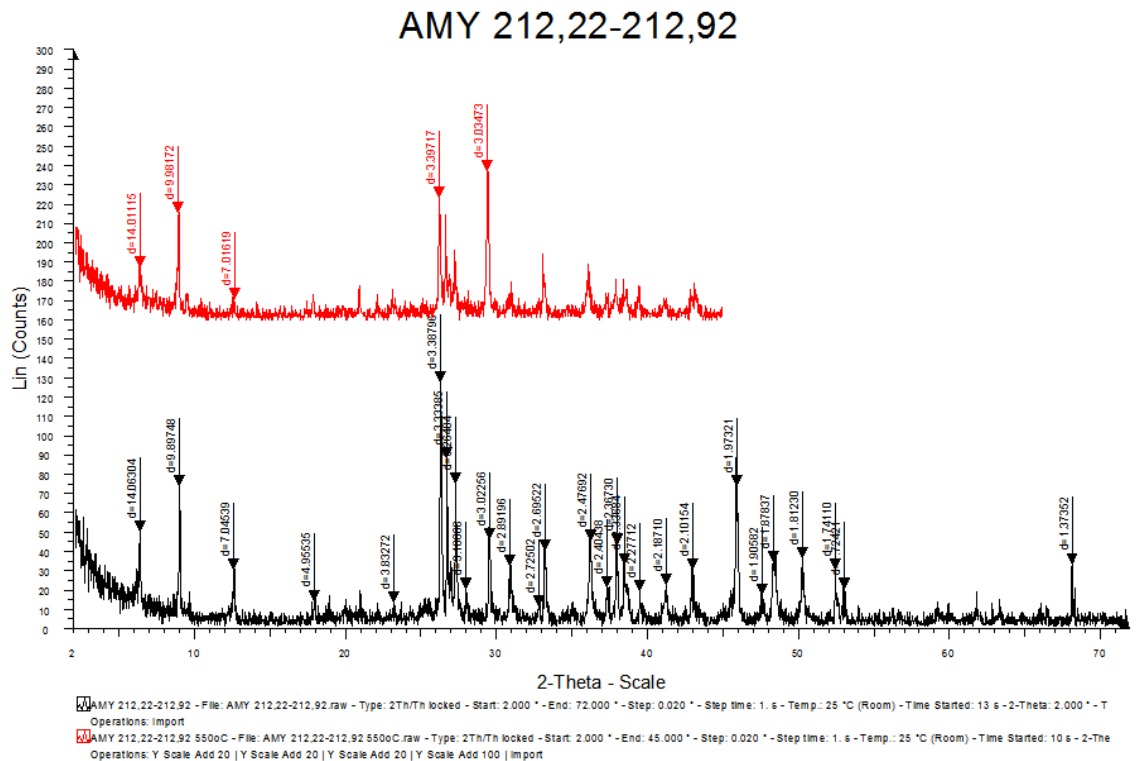


Σχ. 4.3.1.β: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-X αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Αμυνταίου Πτολεμαΐδας “AMY 212,22-212,92”

- Ο ιλλίτης-μοσχοβίτης προσδιορίστηκε, με βάση τις κύριες ανακλάσεις του (001) στα $d \sim 10 \text{ \AA}$ και (003) $d \sim 3.34 \text{ \AA}$.

Ο όρος “ιλλίτης” χρησιμοποιείται ως ένα συλλογικό όνομα για όλα τα μη διογκούμενα αργιλικά ορυκτά με ανάκλαση (001) στα $d=10 \text{ \AA}$, περίπου.

- Ο καολινίτης προσδιορίστηκε έπειτα από έψηση του υλικού στους $\sim 550 \text{ }^\circ\text{C}$. Συγκεκριμένα, το peak (001) στα $d=7.15 \text{ \AA}$, σμικρύνθηκε κατά την έψηση για 2 h (Σχ. 4.3.1.γ, κόκκινη καμπύλη), γεγονός που υποδηλώνει την ύπαρξη καολινίτη στο συγκεκριμένο υλικό.

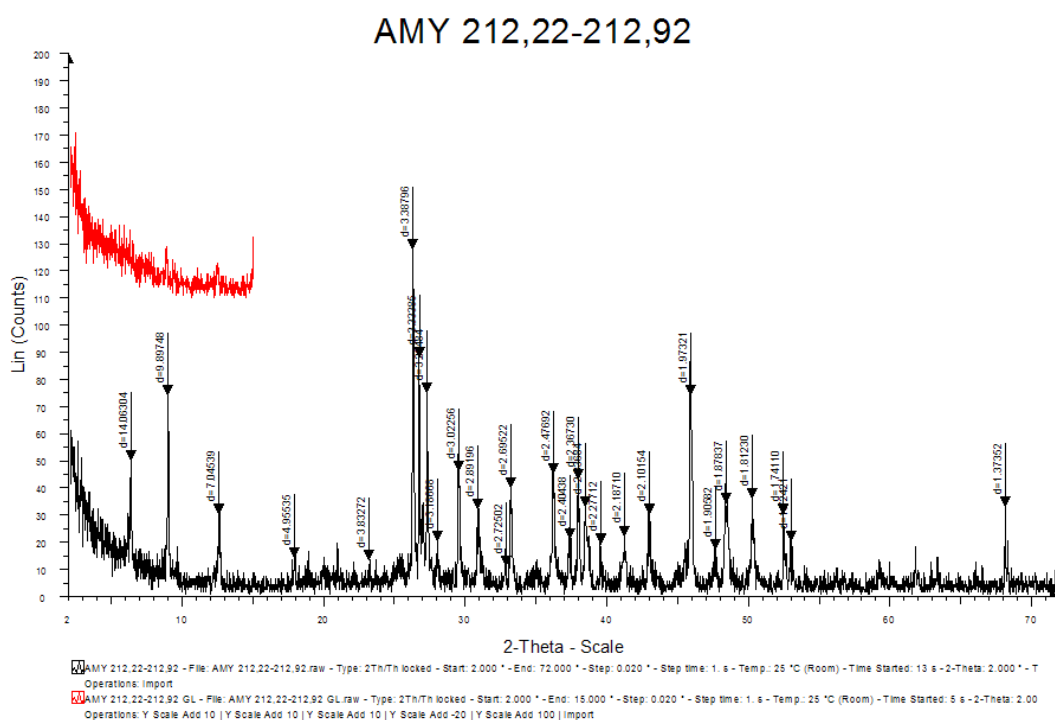


Σχ. 4.3.1.γ: Συγκριτικό διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-X αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Αμυνταίου Πτολεμαΐδας “AMY 212,22-212,92”, έπειτα από έψηση του υλικού στους $550 \text{ }^\circ\text{C}$.

Η παρουσία ή μη διογκούμενων ορυκτών διαπιστώνεται με βάση την χαρακτηριστική ιδιότητα του μοντμοριλλονίτη (κύριου ορυκτού της ομάδας των σμεκτιτών) να διογκώνεται κατόπιν επεξεργασίας του με γλυκόλη. Μοντμοριλλονίτης κορεσμένος με γλυκόλη παρουσιάζει μετατόπιση της κύριας ανάκλασης του (100) από τα $d \sim 14 \text{ \AA}$ στα $d \sim 17 \text{ \AA}$.

Δεδομένου ότι η συγκεκριμένη ανάκλαση δεν μετατοπίζεται από τα $d \sim 14 \text{ \AA}$ στα $d \sim 17 \text{ \AA}$ (Σχ. 4.3.1.δ), έπειτα από την επεξεργασία του υλικού με γλυκόλη, συμπεραίνεται ότι το υλικό δεν περιέχει μοντμοριλλονίτη.

Επομένως, η ανάκλαση στα $d \sim 14 \text{ \AA}$, όπως επίσης και η σμίκρυνση της ανάκλασης στα $d \sim 7.15 \text{ \AA}$, κατά τη θερμική επεξεργασία, αποδίδονται στον χλωρίτη.



Σχ. 4.3.1.δ: Συγκριτικό διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-X αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Αμυνταίου Πτολεμαΐδας “ AMY 212,22-212,92”, έπειτα από επεξεργασία του υλικού με γλυκόλη.

Από τα μη αργιλικά ορυκτά επικρατούν τα ανθρακικά και συγκεκριμένα ο αραγωνίτης, για τον προσδιορισμό του οποίου χρησιμοποιήθηκαν οι ανακλάσεις hkl: (111) στα $d=3.40 \text{ \AA}$, (100) στα $d=4.26 \text{ \AA}$, (112) στα $d=1.82 \text{ \AA}$, (110) στα $d=2.45 \text{ \AA}$ κ.λ.π. Στα συγκεκριμένα δείγματα απαντά, επίσης, ασβεσίτης σε σχετικά μικρό ποσοστό. Για τον προσδιορισμό του ασβεσίτη, χρησιμοποιήθηκαν οι ανακλάσεις

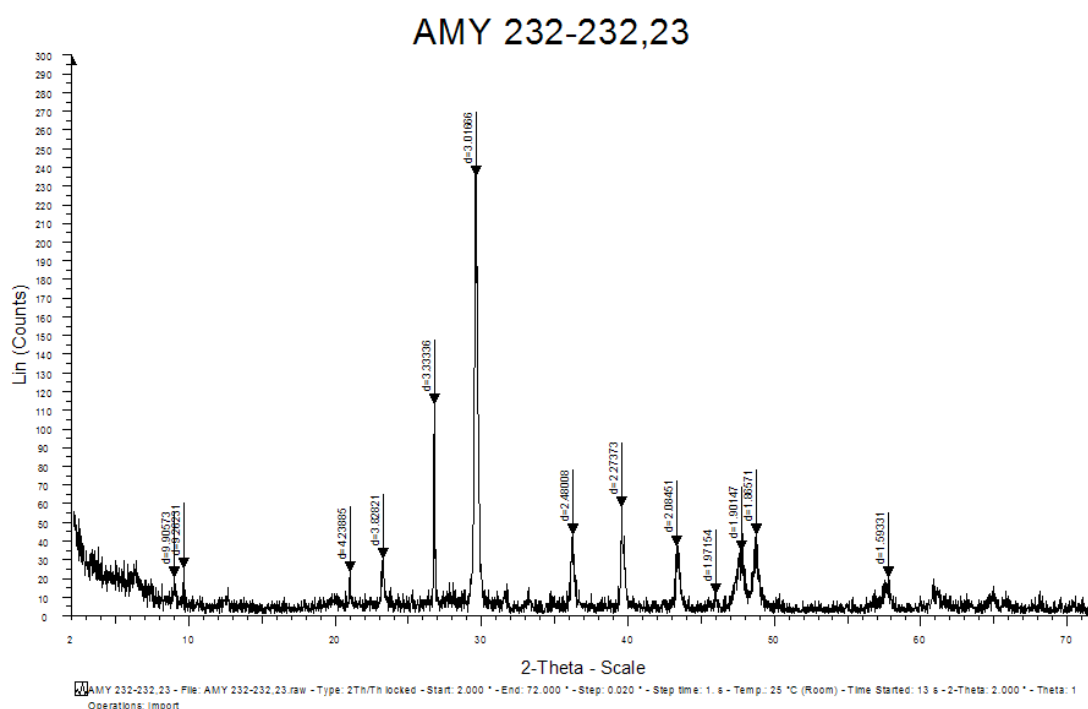
hkl: (104) στα $d=3.03 \text{ \AA}$, (113) στα $d=2.28 \text{ \AA}$, (202) στα $d=2.09 \text{ \AA}$, (102) στα $d=3.84 \text{ \AA}$ κ.λ.π.

Ταυτοποιήθηκε, επίσης, σε μικρότερο ποσοστό χαλαζίας, για τον προσδιορισμό του οποίου χρησιμοποιήθηκαν οι ανακλάσεις (1011) στα $d=3.33 \text{ \AA}$, και (1010) στα $d=4.26 \text{ \AA}$. Επειδή, η ισχυρότερη ανάκλαση του χαλαζία στα $d=3.33 \text{ \AA}$, συμπίπτει, σχεδόν, με την ισχυρή ανάκλαση (003) του ιλλίτη, για τον ημιποσοτικό προσδιορισμό, ως σχετικό μέτρο, για την περιεκτικότητα του χαλαζία, χρησιμοποιήθηκε η ανάκλαση στα $d=4.26 \text{ \AA}$.

Προσδιορίστηκαν, επίσης, άστριοι από την χαρακτηριστική τους ανάκλαση (002) στα $d=3.19 \text{ \AA}$.

➤ “AMY 232-232,23”

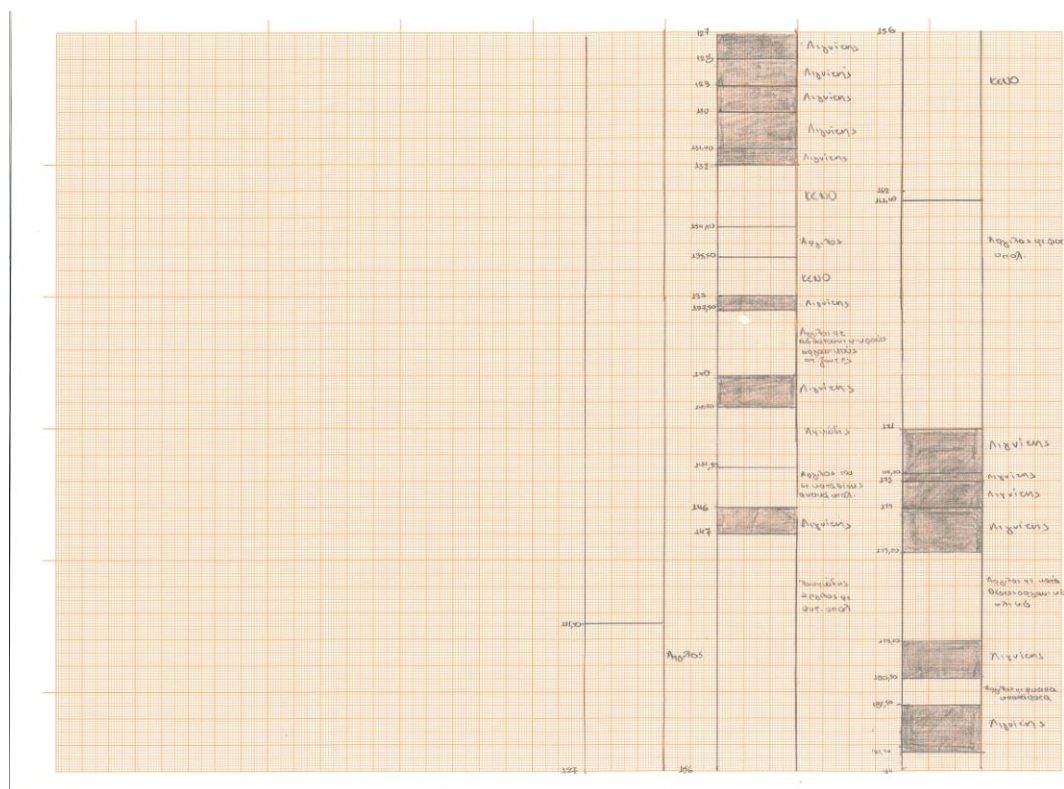
Σε ακόμα μεγαλύτερο βάθος “AMY 232-232,23”, η επικρατούσα ορυκτολογική φάση είναι ο ασβεστίτης αντί του αραγωνίτη.(Σχ. 4.3.1.ε)



Σχ. 4.3.1.ε: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-X αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Αμυνταίου Πτολεμαΐδας “AMY 228,44-228,75”.

Δείγματα από την περιοχή ΛΟΦΟΙ

Για το λιγνιτικό κοιτάσμα των Λόφων μελετήθηκαν δείγματα προερχόμενα από την γεώτρηση LF-1, η τομή της οποίας φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



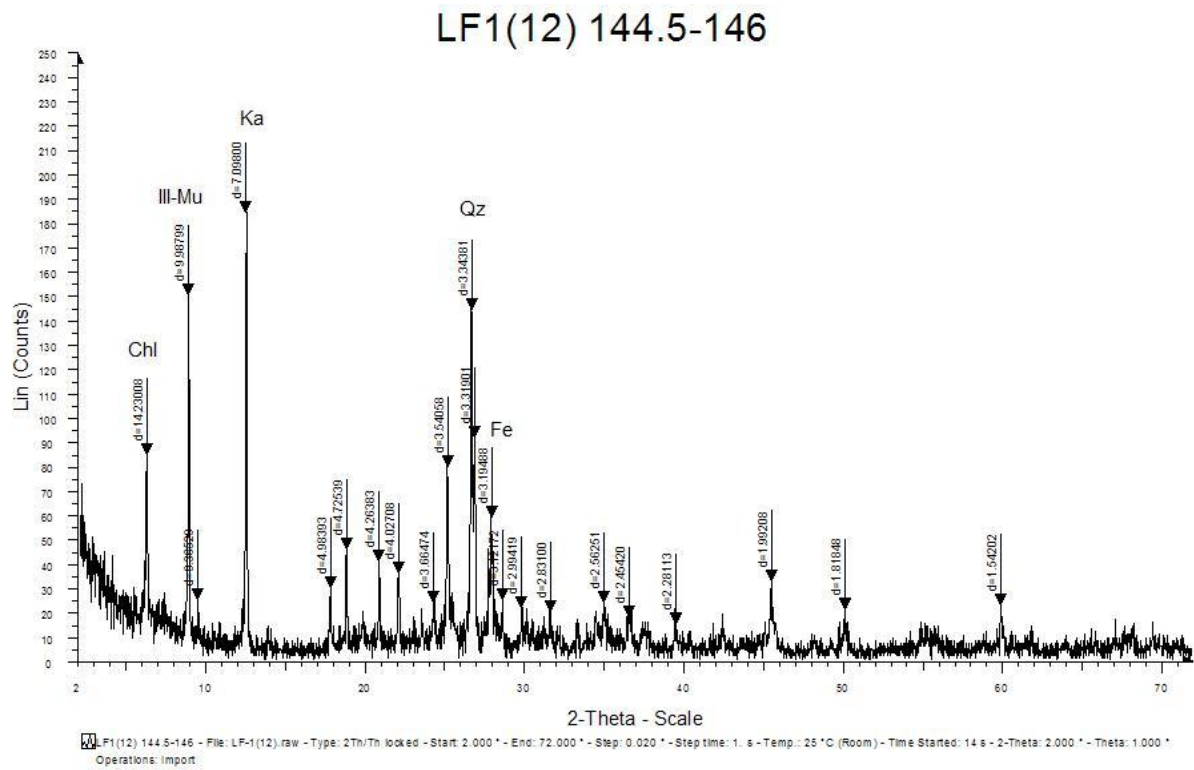
Σχ. 4.3.1.στ: (Στρωματογραφική ακολουθία από τη γεώτρηση του κοιτάσματος των Λόφων “LF-1”)

Εξέταση με περιθλασιμετρία ακτίνων-X

Η εξέταση των δειγμάτων και από την περιοχή “Λόφοι” έγινε με τον ίδιο τρόπο, όπως και για τα δείγματα από το Αμύνταιο και αξιολογήθηκαν, αντίστοιχα, τα ακτινοδιαγράμματα τα οποία ελήφθησαν πριν και μετά τις κατάλληλες επεξεργασίες. Από την αξιολόγηση των συγκεκριμένων ακτινοδιαγραμμάτων προκύπτει ότι και στα δείγματα από τους “Λόφους” ιδιαίτερα έντονη είναι η παρουσία αργλικών ορυκτών.

- “LF-1 (12) 144,5-146”

Τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε αργιλικά έχουν τα δείγματα τα οποία έχουν ληφθεί από βάθος 144,5-146 “LF-1(12)” (Σχ. 4.3.1.ζ).



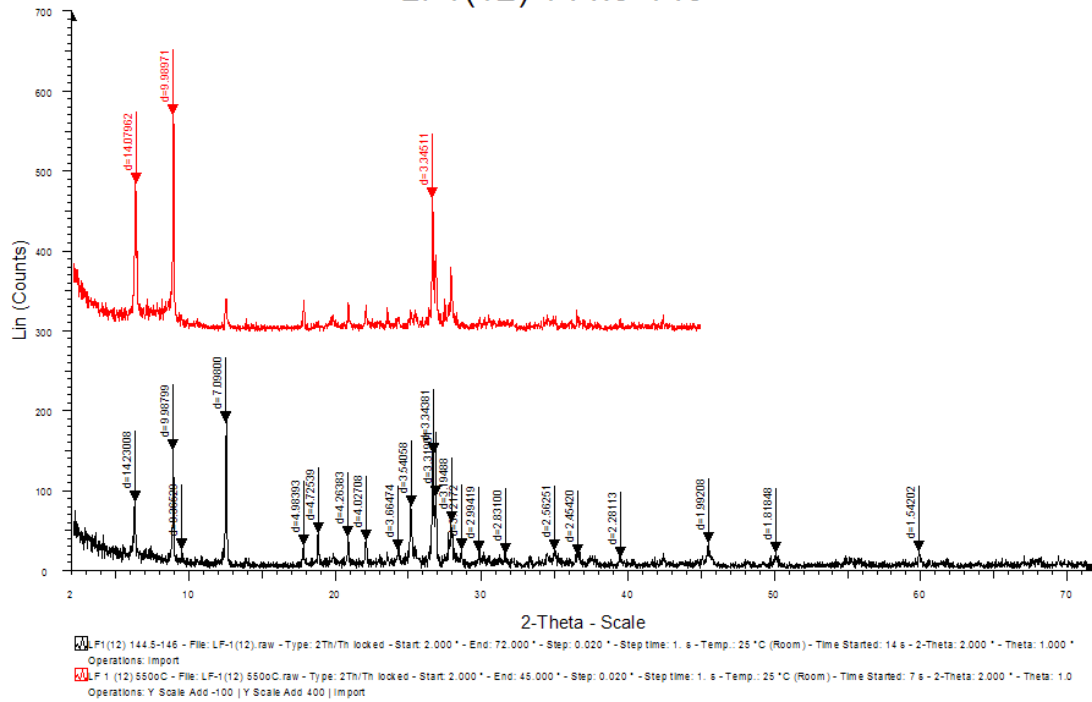
Σχ. 4.3.1.ζ: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-X αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Λόφοι Φλώρινας “LF-1(12) 144.5-146”

*Qz=Χαλαζίας, Fe=Άστριοι, Ill-Mu=Ιλλίτης-Μοσχοβίτης, Ka=Καολινίτης, Chl=Χλωρίτης

Πιο αναλυτικά, στο δείγμα “ **LF-1(12) 144.5-146**” ταυτοποιήθηκε:

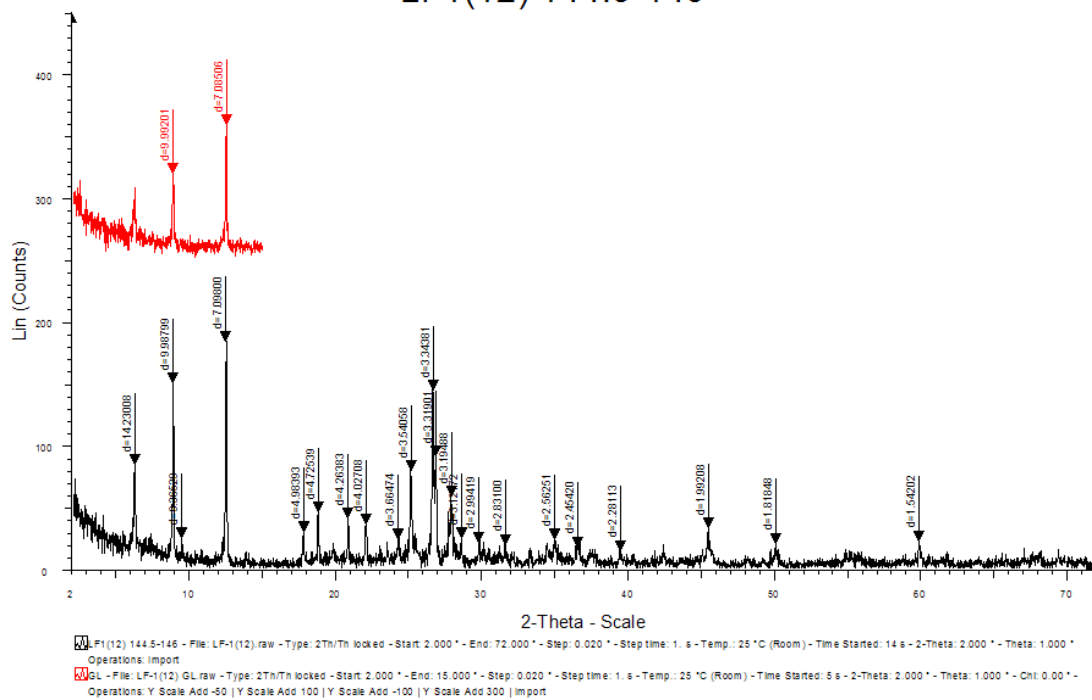
- Ιλλίτης-μοσχοβίτης με βάση την ανάκλαση στα $d \sim 10 \text{ \AA}$
- Καολινίτης, η παρουσία του οποίου επιβεβαιώθηκε από τη συμπεριφορά του κατά τη θερμική επεξεργασία, όπως φαίνεται από το ακτινοδιάγραμμα, το οποίο ελήφθη έπειτα από έψηση του συγκεκριμένου δείγματος στους $\sim 550 \text{ }^\circ\text{C}$ για 2 h (Σχ. 4.4.1.η), όπου ελλείπει, εντελώς, η ανάκλαση στα $d=7.15 \text{ \AA}$.
- Χλωρίτης, με βάση την ανάκλαση στα $d \sim 14 \text{ \AA}$, και τη συμπεριφορά του υλικού στη θέρμανση (Σχ. 4.3.1.η).

LF1(12) 144.5-146



Σχ. 4.3.1.η: Συγκριτικό διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-X αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Λόφοι Φλώρινας “ LF-1(12) 144.5-146”, έπειτα από έψηση του υλικού στους 550 °C.

LF1(12) 144.5-146



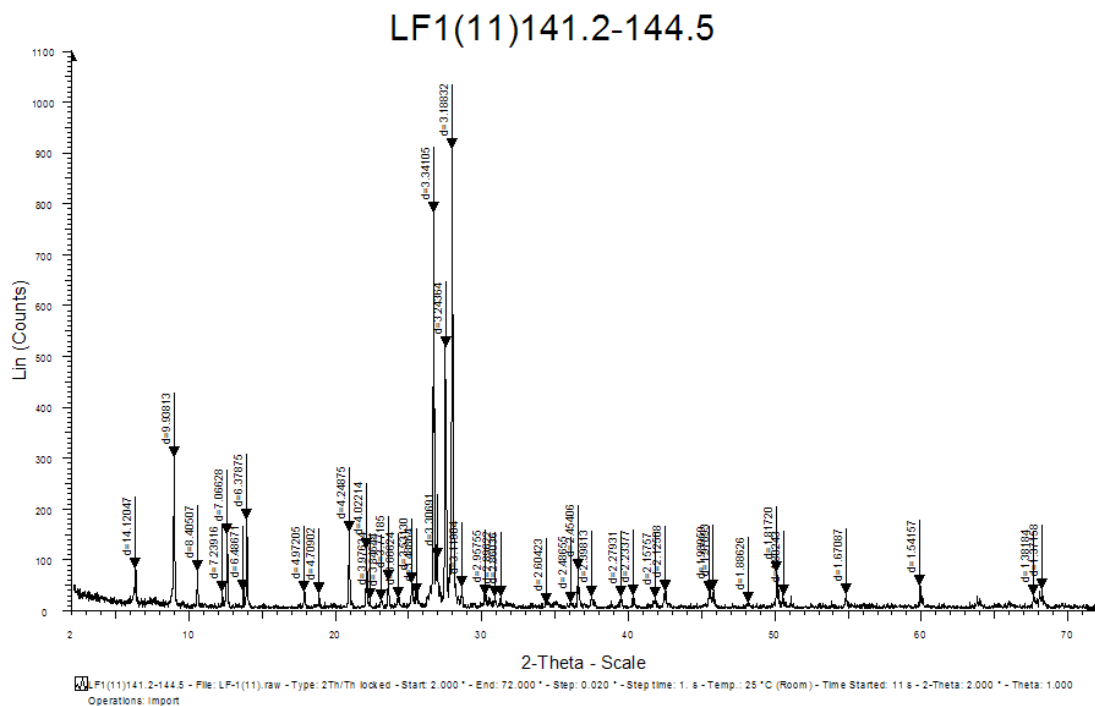
Σχ. 4.3.1.θ: Συγκριτικό διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-X αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Λόφοι Φλώρινας “ LF-1(12) 144.5-146”, έπειτα από επεξεργασία του υλικού με γλυκόλη.

Δεδομένου ότι η ανάκλαση στα $d=14.4 \text{ \AA}$ δεν μετατοπίζεται προς μικρότερες γωνίες, έπειτα από την επεξεργασία του υλικού με γλυκόλη, συμπεραίνεται ότι το υλικό δεν περιέχει μοντομιλλονίτη

Από τα μη αργιλικά ορυκτά επικρατούν ο χαλαζίας, για τον προσδιορισμό του οποίου χρησιμοποιήθηκε η ανάκλαση στα $d=3.33 \text{ \AA}$

➤ “LF-1(11) 141,2-144,5”

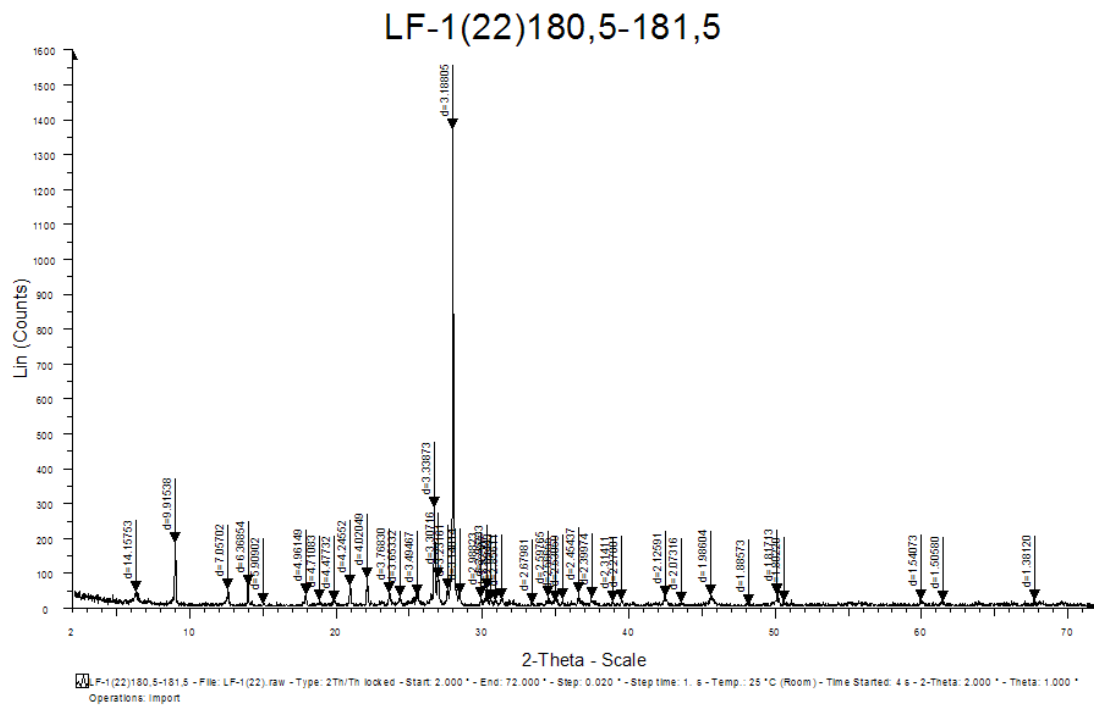
- Σε δείγματα της ίδιας γεώτρησης, τα οποία όμως έχουν ληφθεί από μικρότερο βάθος “141,2-144,5” LF-1(11), επικρατούν τα μη αργιλικά ορυκτά κυρίως άστριοι και χαλαζίας, ενώ τα αργιλικά ορυκτά απαντούν σε μικρότερο ποσοστό, σύμφωνα με τις χαρακτηριστικές τους ανακλάσεις, όπως έχει προαφερθεί.



Σχ. 4.3.1.ι: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-X αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Λόφοι Φλώρινας “LF-1(11) 141,2-144,5”

➤ “LF-1(22) 180,5-181,5”

Σε δείγματα της ίδιας γεώτρησης, τα οποία όμως έχουν ληφθεί από μεγαλύτερο βάθος “180,5-181,5” LF-1(22), η κύρια ορυκτολογική φάση είναι οι άστριοι. Ταυτοποιήθηκε, επίσης, και μικρό ποσοστό χαλαζία, όπως και μικρό ποσοστό αργιλικών ορυκτών.



Σχ. 4.3.1.κ: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-X αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Λόφοι Φλώρινας “LF-1(22) 180,5-181,5”

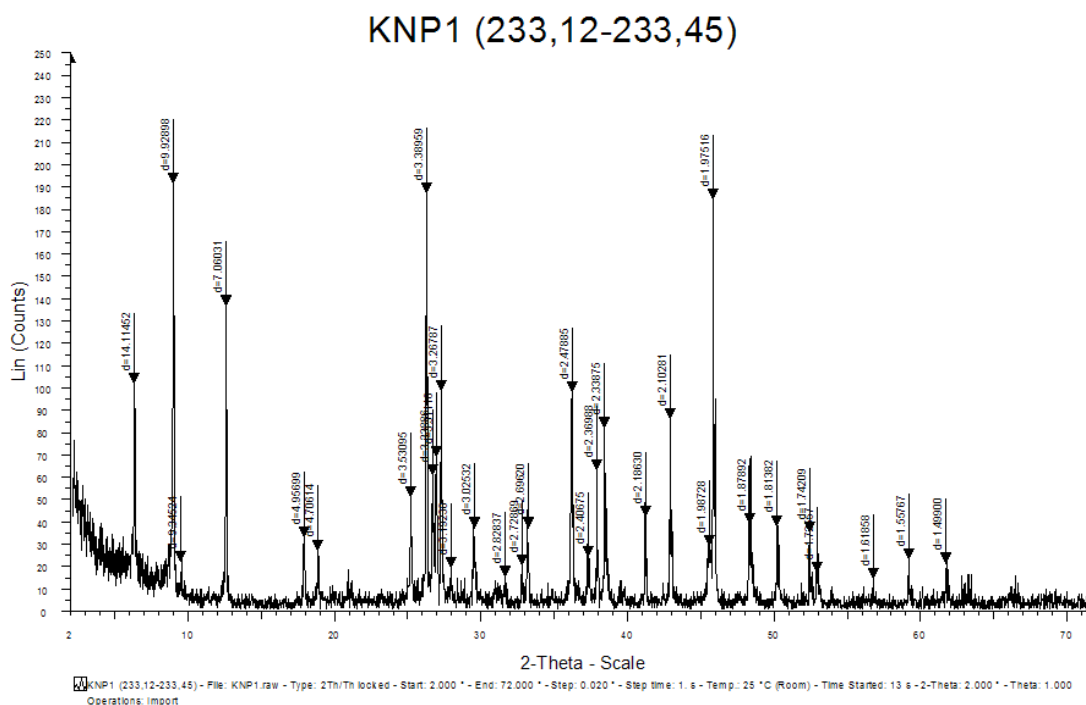
Δείγματα από την περιοχή ΝΟΤΙΟ ΠΕΔΙΟ

Για το λιγνιτικό κοίτασμα του Νότιου Πεδίου μελετήθηκαν τα υποκείμενα ανόργανα στρώματα του ανώτερου λιγνιτοφόρου ορίζοντα της γεώτρησης.

Εξέταση με περιθλασιμετρία ακτίνων-X

Επίσης, και η εξέταση των δειγμάτων από την περιοχή “ΝΟΤΙΟ ΠΕΔΙΟ” (KNP) έγινε με τις παραπάνω μεθόδους.

Στα μικρότερα βάθη των δειγμάτων που εξετάστηκαν από το Νότιο Πεδίο (KNP 1,2,3,4,5) παρατηρείται κυρίως η συνύπαρξη των αργλικών ορυκτών με αραγωνίτη (Σχ. 4.3.1.λ)



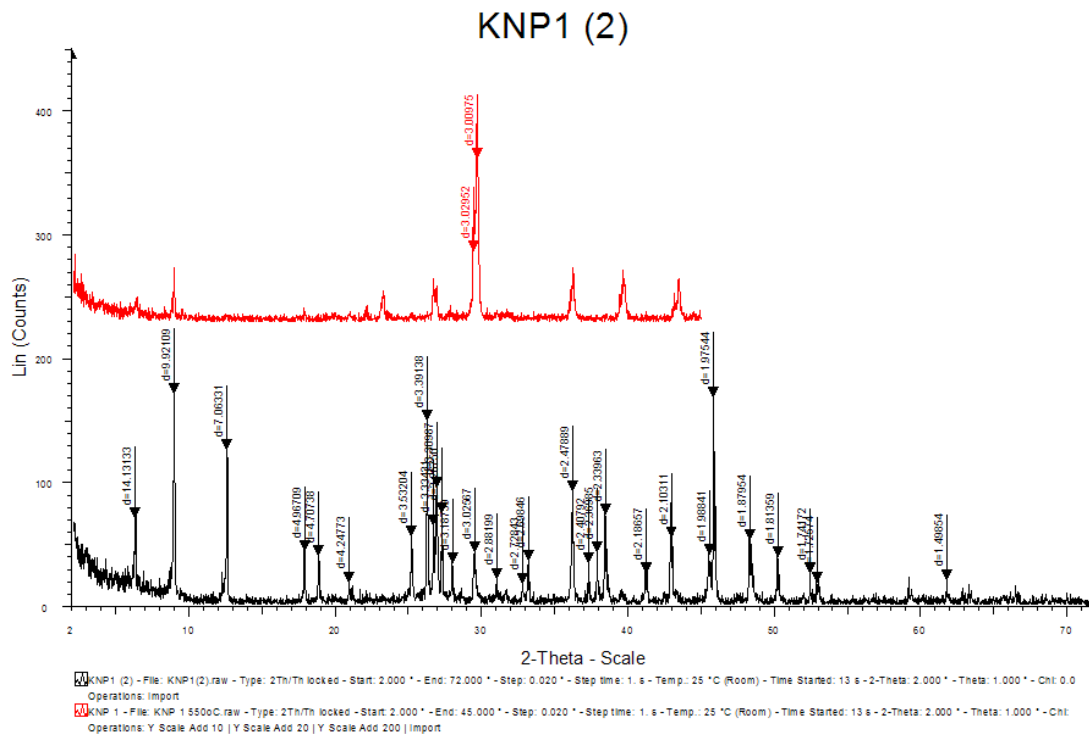
Σχ.4.3.1.λ: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-X αντιπροσωπευτικού δείγματος «ως έχου» από την περιοχή Νότιο Πεδίο “KNP1 (233,12-233,45)”.

➤ “ KNP1 (233,12-233,45)”

Πιο αναλυτικά, στο δείγμα “ KNP1 (233,12-233,45)” ταυτοποιήθηκε:

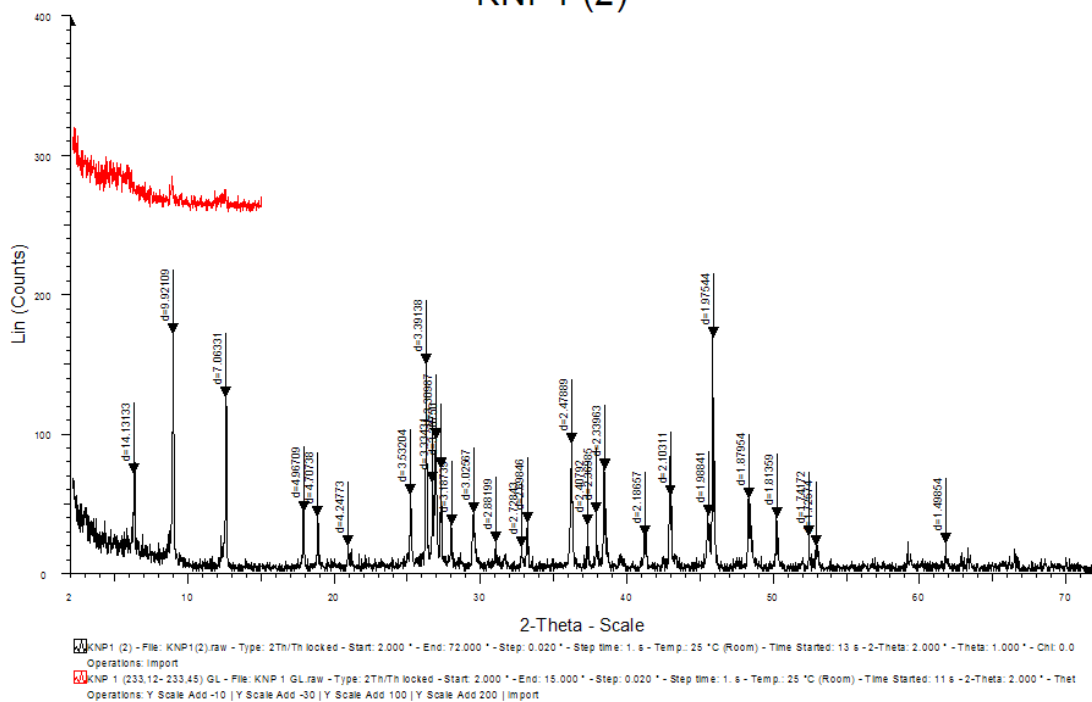
- Αραγωνίτης με βάση την ανάκλαση στα $d=3.39 \text{ \AA}$
- Χαλαζίας με βάση την ανάκλαση στα $d=3.33 \text{ \AA}$
- Άστριοι με βάση την ανάκλαση (002) στα $d=3.19 \text{ \AA}$.
- Ο ιλλίτης-μοσχοβίτης προσδιορίστηκε, με βάση την κύρια ανάκλαση του στα $d \sim 10 \text{ \AA}$.

- Η παρουσία του καολινίτη στα εξετασθέντα δείγματα διαπιστώθηκε από το peak (001) στα $d=7.15 \text{ \AA}$, όπως επίσης και από τη συμπεριφορά του κατά τη θέρμανση.



Σχ.4.3.1.μ: Συγκριτικό διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-X αντιπροσωπευτικού δείγματος «ως έχει» από την περιοχή Νότιο Πεδίο “KNP1 (233,12-233,45)”, έπειτα από έψηση του υλικού στους 550 °C.

KNP1 (2)



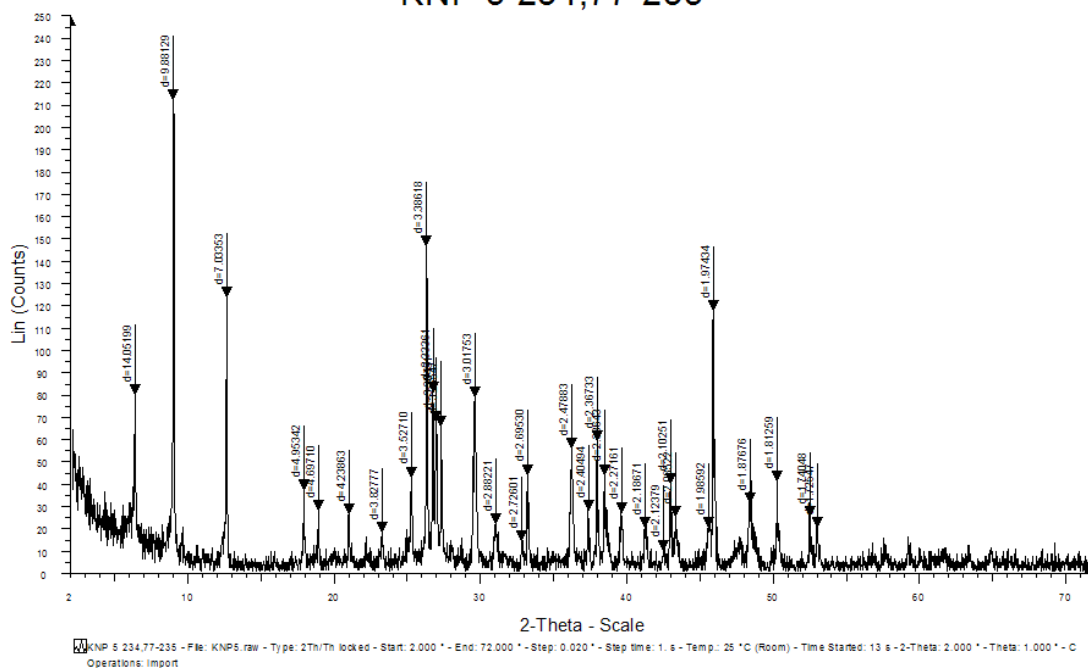
Σχ. 4.3.1.v: Συγκριτικό διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-X αντιπροσωπευτικού δείγματος «ως έχει» από την περιοχή Νότιο Πεδίο “KNP1 (233,12-233,45)”, έπειτα από επεξεργασία του υλικού με γλυκόλη.

Δεδομένου ότι η ανάκλαση (100) δεν μετατοπίζεται από τα $d \sim 14 \text{ \AA}$ στα $d \sim 17 \text{ \AA}$, έπειτα από την επεξεργασία του υλικού με γλυκόλη, ενώ έπειτα από την έψηση του δείγματος στους $550 \text{ }^\circ\text{C}$ εξαφανίζεται η ανάκλαση (100) στα $d \sim 7.15 \text{ \AA}$, συμπεραίνεται ότι το υλικό περιέχει καολίνη, ενώ απουσιάζει ο μοντμοριλλονίτης και ο χλωρίτης.

➤ “KNP5 234,77-235”

Σε δείγματα της ίδιας γεώτρησης, τα οποία όμως έχουν ληφθεί από μεγαλύτερο βάθος “KNP5 234,77-235”, ιδιαίτερα έντονη είναι η παρουσία αργιλικών ορυκτών ενώ η συμμετοχή του αραγωνίτη περιορίζεται.

KNP 5 234,77-235

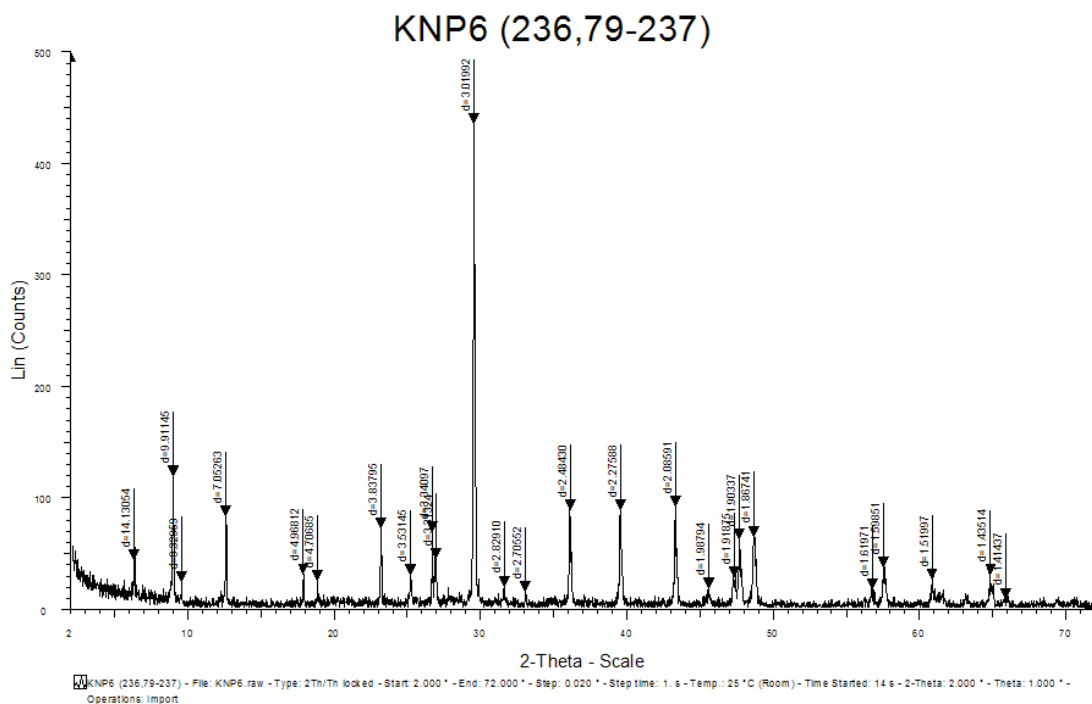


Σχ. 4.3.1.ξ: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος «ως έχει» από την περιοχή Νότιο Πεδίο "KNP5 (234,77-235)".

Στα δείγματα αυτά σύμφωνα με τις επεξεργασίες που αναπτύχθηκαν παραπάνω, δηλαδή έπειτα από έψηση του υλικού στους 550°C και έπειτα από επεξεργασία του υλικού με γλυκόλη, συμπεραίνεται ότι το υλικό περιέχει каолинίτη, ενώ απουσιάζουν ο χλωρίτης και ο μοντμοριλλονίτης.

➤ “KNP6 236,79-237”

Σε ακόμα μεγαλύτερο βάθος “ KNP6 236,79-237”, κυριαρχούν τα ανθρακικά ορυκτά με κύριο αντιπρόσωπο τον ασβεστίτη (Σχ. 4.3.1.ο).



Σχ. 4.3.1.ο: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος «ως έχει» από την περιοχή Νότιο Πεδίο “KNP1 (236,79-237)”

- Για τον προσδιορισμό του ασβεστίτη, χρησιμοποιήθηκαν οι ανακλάσεις hkl: (104) στα $d=3.03 \text{ \AA}$, (113) στα $d=2.28 \text{ \AA}$, (202) στα $d=2.09 \text{ \AA}$, (102) στα $d=3.84 \text{ \AA}$ κ.λ.π.

Από την αξιολόγηση των ακτινοδιαγραμμάτων που προέκυψαν από την εξέταση με περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ, διαπιστώθηκε ότι, τα δείγματα από τα λιγνιτικά κοιτάσματα που μελετήθηκαν, παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις όσον αφορά στην ορυκτολογική τους σύσταση.

Συγκεκριμένα:

Τα δείγματα από τη γεώτρηση του Αμύνταιου “AMY”, χαρακτηρίζονται από εναλλαγές καθαρά ανθρακικών εμφανίσεων, όπου επικρατεί ο ασβεστίτης, όπως επίσης και στρωμάτων με μεγάλη περιεκτικότητα σε αργιλικά ορυκτά (ιλλίτη-μοσχοβίτη, χλωρίτη και καολινίτη), τα οποία, όμως, περιέχουν και μεγάλο ποσοστό ανθρακικών ορυκτών.

Το είδος των ανθρακικών διαφοροποιείται με το βάθος.

Έτσι, σε βάθος 212,22-212,92 συνυπάρχουν τα αργιλικά με αραγωνίτη, ενώ σε βάθος 232-232,23 με ασβεστίτη.

Η περιεκτικότητα σε χαλαζία και άστριους είναι σχετικά χαμηλή.

Τα δείγματα από τη γεώτρηση των Λόφων “LF”, χαρακτηρίζονται από εναλλαγές στρωμάτων τα οποία έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε αργιλικά ορυκτά (ιλλίτη-μοσχοβίτη, χλωρίτη και καολινίτη) και στρωμάτων τα οποία περιέχουν, κυρίως, άστριους και χαλαζία. Ας σημειωθεί η απουσία ανθρακικών ορυκτών από τη συγκεκριμένη περιοχή.

Έτσι, σε βάθος 144,5-146 επικρατούν τα αργιλικά, σε βάθος 141,2-144,5 επικρατούν κυρίως άστριοι και χαλαζίας με μικρό ποσοστό αργιλικών ορυκτων, και τέλος σε βάθος 180,5-181,5 η κύρια ορυκτολογική φάση είναι οι άστριοι με μικρό ποσοστό χαλαζία και αργιλικών ορυκτών.

Τα δείγματα από το Νότιο Πεδίο “KNP”, χαρακτηρίζονται από την έντονη παρουσία αργιλικών ορυκτών (ιλλίτη-μοσχοβίτη, καολινίτη), τα οποία συνυπάρχουν με ανθρακικά.

Έτσι, σε βάθος 233,12-233,45 συνυπάρχουν τα αργιλικά με αραγωνίτη, σε βάθος 234,77-235 η συμμετοχή του αραγωνίτη περιορίζεται, ενώ σε βάθος 236,79-237 από τα ανθρακικά ορυκτά επικρατεί ο ασβεστίτης.

Τα συγκεκριμένα δείγματα χαρακτηρίζονται από την έλλειψη διογκούμενων ορυκτών (μοντμοριλλονίτη).

Οι παραπάνω διαφοροποιήσεις της ορυκτολογικής σύστασης των εξετασθέντων δειγμάτων επιβεβαιώνονται και από τη μελέτη τους, με διαφορική θερμική (DTA) και θερμοβαρτομετρική (TG/DTG) ανάλυση, όπως επίσης και με φασματοσκοπία υπέρυθρης ακτινοβολίας (FT-IR).

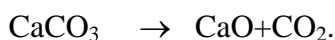
Ας σημειωθεί, ότι τα δείγματα που εξετάστηκαν και με τις παραπάνω μεθόδους, είναι τα δείγματα που επελέγησαν για πιθανή χρήση τους στην κεραμική, δεδομένου ότι χαρακτηρίζονται από έντονη παρουσία αργιλικών ορυκτών.

Αντιπροσωπευτικά διαγράμματα με βάση τις συγκεκριμένες μεθόδους δίνονται στα σχήματα 4.3.2. και 4.3.3.

4.3.2. Εξέταση με Θερμική Ανάλυση (TG, DTG και DTA).

Η μέθοδος της θερμικής ανάλυσης βασίζεται στο γεγονός ότι, όταν μία ουσία, θερμαίνεται, εμφανίζει διάφορες μετατροπές. Οι μετατροπές αυτές συνοδεύονται από πρόσληψη ή απώλεια θερμότητας, με αποτέλεσμα την εμφάνιση χαρακτηριστικών peaks στο διάγραμμα της D.T.A. (κόκκινη καμπύλη).

Η καμπύλη T.G. (μαύρη καμπύλη) μας δίνει τις, τυχόν, μεταβολές βάρους που εκδηλώνονται κατά τη διάρκεια κάθε φαινομένου. Από τη μεταβολή αυτή του βάρους, όπως, π.χ. από την έκλυση του CO₂, είναι δυνατό να υπολογίσουμε τον περιεχόμενο, στο δείγμα μας, ασβεστίτη, σύμφωνα με την αντίδραση:

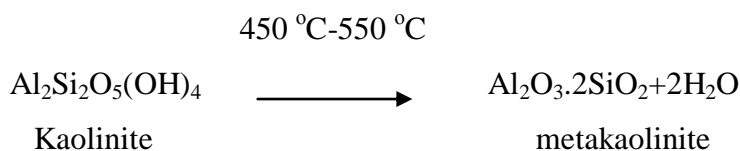


Το εύρος της θερμοκρασίας διάσπασης, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες (κρυσταλλικότητα, κοκκομετρία κ.λ.π.).

Οι καμπύλες T.G. και D.T.G. και D.T.A ελήφθησαν, έπειτα από πύρωση αντιπροσωπευτικών δειγμάτων, έως τους 1200 °C, με ταχύτητα αύξησης της θερμοκρασίας 10 °C/min. Η αξιολόγηση των καμπυλών έγινε με βάση τα δεδομένα της βιβλιογραφίας (Mackenzie, R., 1957; Smykatz-Kloss, W., 1974).

Από τη αξιολόγηση των παραπάνω καμπυλών (Σχ. 4.3.2), διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

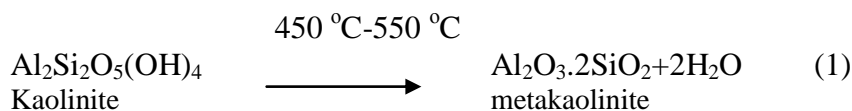
- Στη θερμοκρασία μεταξύ 25 °C και 100 °C, το υλικό παρουσιάζει μικρή απώλεια βάρους, η οποία οφείλεται στο υγροσκοπικό νερό.
- Από τους 450 °C έως τους 550 °C, παρατηρείται, επίσης, μικρή απώλεια βάρους, η οποία οφείλεται στη μετατροπή του καολινίτη σε μετακαολινίτη, με βάση την αντίδραση:



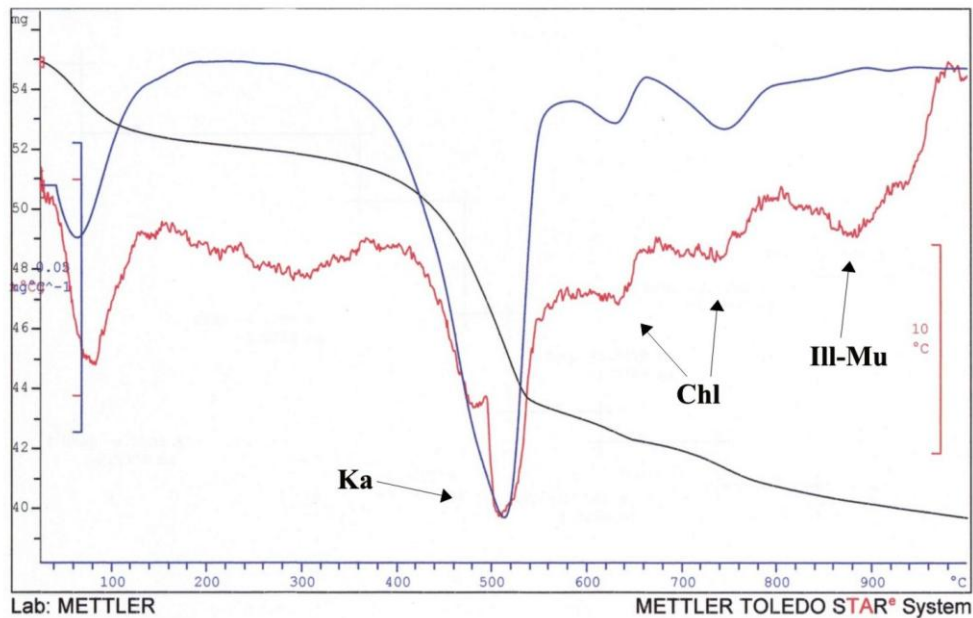
- Από τους ~600 °C έως τους 850 °C, παρατηρείται σημαντική απώλεια βάρους. Ας σημειωθεί ότι, σ' αυτήν τη θερμοκρασιακή περιοχή, συνυπάρχουν και μικρά ενδόθερμα peaks (Σχ. 4.3.2), τα οποία οφείλονται στη διάσπαση του χλωρίτη και του ιλλίτη.

Συγκεκριμένα, από τη μελέτη με θερμική ανάλυση (TG/DTG και DTA) αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από Λόφους “LF12” (Σχ. 4.3.2) (Smykatz-Kloss, 1974) διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

- Απότομη απώλεια βάρους (~13.3%) στη θερμοκρασιακή περιοχή μεταξύ 400 και 650 °C (καμπύλη TG) και ένα ενδόθερμο peak στους ~550 °C (καμπύλη DTA), τα οποία οφείλονται τόσο στην αφυδροξυλίωση του καολινίτη, σύμφωνα με την αντίδραση 1:



- Τα ενδόθερμα peaks στις υψηλότερες θερμοκρασίες οφείλονται στη διάσπαση του χλωρίτη και του μοσχοβίτη.
- Το εξώθερμο peak στους ~980 °C, με βάση την καμπύλη DTA, υποδηλώνει το μετασχηματισμό των κρυσταλλικών φάσεων.



Σχ. 4.3.2: Διάγραμμα θερμικής ανάλυσης (TG/DTG και DTA) αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από Λόφους “LF12”.

4.3.3. Εξέταση με φασματοσκοπία υπέρυθρης ακτινοβολίας (FT-IR)

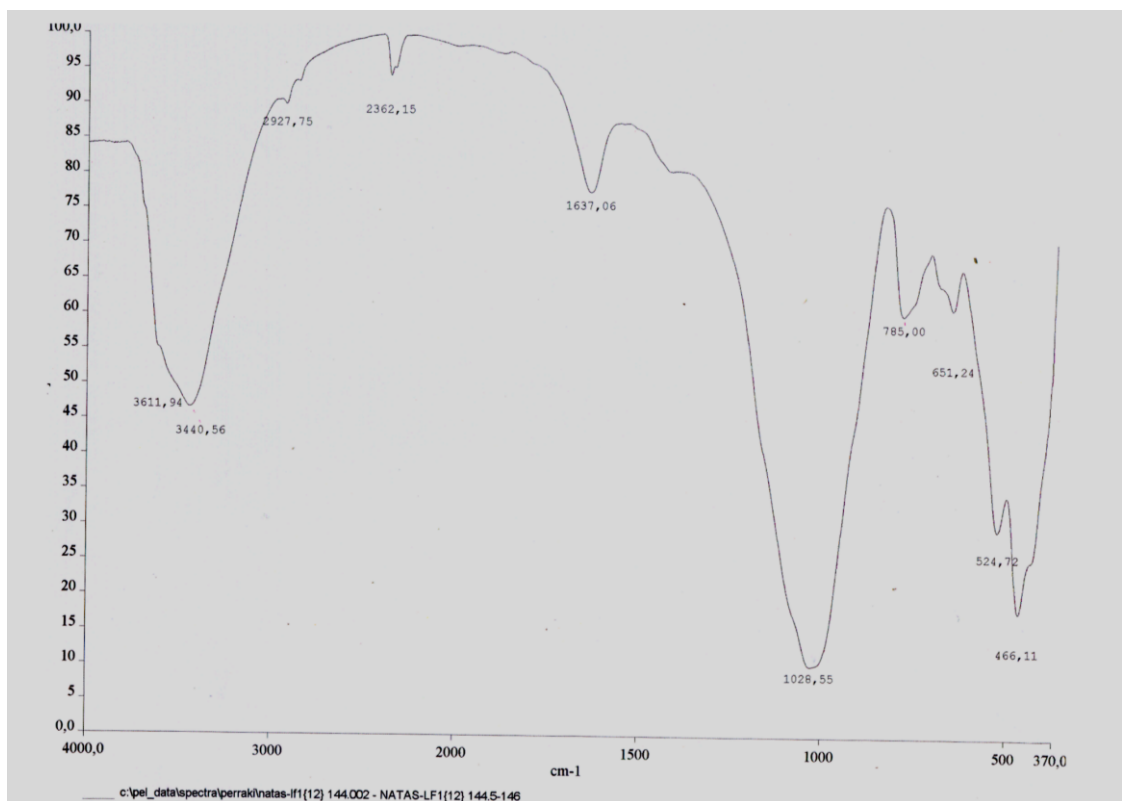
Η αξιολόγηση φασμάτων FT-IR δειγμάτων από την περιοχή “Λόφοι” “LF12”, έγινε με βάση τα δεδομένα της βιβλιογραφίας (Van der Marel, 1976.; Van Olphen and Fripiat, 1979).

Από τη μελέτη με φασματοσκοπία υπέρυθρης ακτινοβολίας της καμπύλης FT-IR δειγμάτων από τους Λόφους “LF1”, (Σχ. 4.3.3) διαπιστώθηκε, επίσης, η παρουσία των ορυκτών ιλλίτη, καολινίτη και χλωρίτη με βάση τις χαρακτηριστικές τους δονήσεις.

Συγκεκριμένα:

- Τα ίχνη των peaks στα $\sim 651, 524 \text{ cm}^{-1}$ οφείλονται στις δονήσεις $\text{Si-O-Al}^{\text{VI}}$ (το Al σε οκταεδρική διάταξη), ενώ το ίχνος στα $\sim 466 \text{ cm}^{-1}$ οφείλεται στις δονήσεις τάσης Si-O-Si του πλέγματος των αργλικών ορυκτών (Van Jaarsveld et al, 2002, Madejova J., 2002).
- Η δόνηση στα $\sim 1029 \text{ cm}^{-1}$ οφείλεται στους δεσμούς Si-O-Si και $\text{Si-O-Al}^{\text{VI}}$.
- Το peak στα $\sim 1104 \text{ cm}^{-1}$ οφείλεται στη δόνηση τάσης $\text{Si-O}_{\text{apical}}$.

- Το ισχυρό peak στα 3699 cm^{-1} αποδίδεται στις, εντός επιπέδου, συμμετρικές δονήσεις τάσης των ΟΗ-ομάδων, των οκταεδρικών φύλλων, τα οποία σχηματίζουν ασθενείς δεσμούς υδρογόνου με τα οξυγόνα της βάσης του επόμενου στρώματος (Balan et al., 2001), ενώ αυτό στα 3618 cm^{-1} αποδίδεται δονήσεις τάσης των ΟΗ-ομάδων που βρίσκονται μεταξύ των τετραεδρικών και οκταεδρικών φύλλων (Madejona, J., 2002).
- Οι δονήσεις τάσης και κάμψης των ΟΗ του προσροφημένου νερού απαντούν στα ~ 3441 και $\sim 1637\text{ cm}^{-1}$, αντίστοιχα.
- Τέλος, η δόνηση στα $\sim 785\text{ cm}^{-1}$ αποδίδεται στην παρουσία του χαλαζία.



Σχ. 4.3.3: Διάγραμμα υπέρυθρης ακτινοβολίας (FT-IR) αντιπροσωπευτικού δείγματος από τους Λόφους “LF12”.

4.4 Τριγωνικά διαγράμματα για την παρασκευή παραδοσιακών κεραμικών προϊόντων

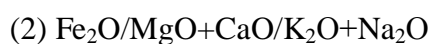
Τα ενδιάμεσα στείρα, τα οποία χαρακτηρίζονται από έντονη παρουσία αργιλικών ορυκτών είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή κεραμικών προϊόντων.

Έτσι, με βάση την ορυκτολογική και χημική τους σύσταση μπορεί να γίνει μία, κατ' αρχήν, εκτίμηση της καταλληλότητά τους για βιομηχανική χρήση και συγκεκριμένα για την παρασκευή παραδοσιακών κεραμικών προϊόντων.

Πίνακας 1: Χημική σύσταση δειγμάτων από τα ενδιάμεσα ανόργανα ιζήματα της λιγνιτοφόρου ακολουθίας των λόφων (% w/w).

	LF-12	LF-14	LF-15	LF-20
SiO₂	49,7	47,2	51,2	51,5
Al₂O₃	24,5	27,8	22,5	23,1
Fe₂O₃	6,7	9,7	6,9	5,1
MgO	3,4	4,6	4,3	2,8
CaO	2,9	2,5	2,1	1,2
K₂O	3,7	5,2	3,6	4,4
L.O.I	10,1	2,9	10,3	9,7

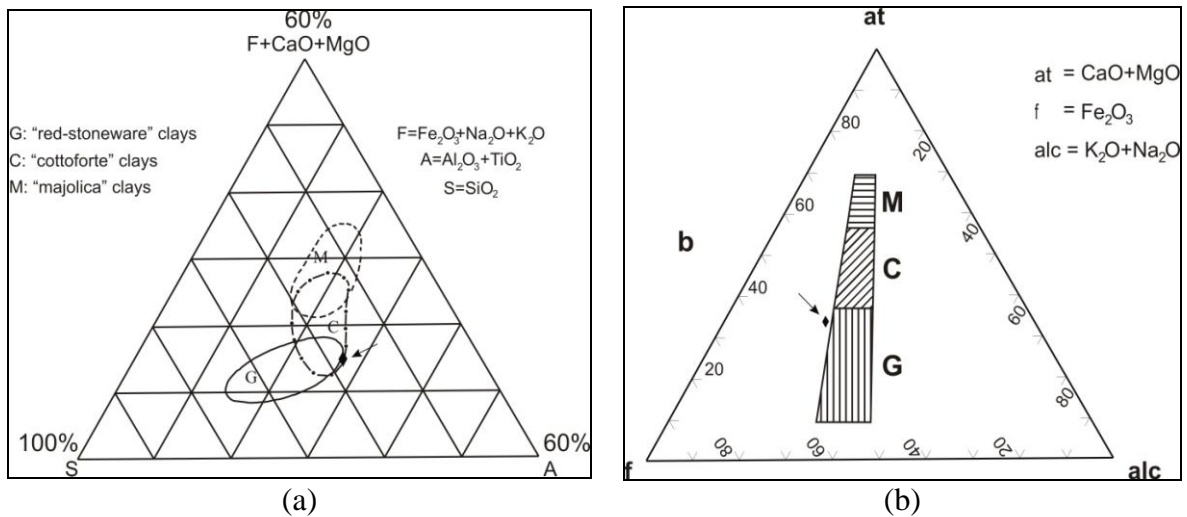
Με βάση τη χημική (Πίν. 1) και ορυκτολογική σύσταση των αργιλικών πρώτων υλών, που εξετάζονται, κατασκευάστηκαν τριγωνικά διαγράμματα για τη χρήση των εν λόγω υλικών στην παρασκευή παραδοσιακών κεραμικών προϊόντων: “red-stoneware”, “cottoforte” and “majolica” (Fabbri and Fiori, 1985). Τα τριγωνικά αυτά διαγράμματα θεωρούνται τα πιο κατάλληλα για τον κατ' αρχήν προσδιορισμό της καταλληλότητας των πρώτων υλών για συγκεκριμένη χρήση και οι κορυφές τους έχουν την ακόλουθη σύσταση:



Η ημιποσοτική ανάλυση των ορυκτών φάσεων σε κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκε με το αντίστοιχο ακτινοδιάγραμμα, λαμβάνοντας υπόψη του συντελεστές απορρόφησης της ακτινοβολίας για κάθε ορυκτό, σύμφωνα με τους Cook et al., (1980). Όπου κρίθηκε απαραίτητο, λήφθηκε υπόψη η χημική σύσταση των δειγμάτων.

Τα ποσοστά συμμετοχής του ιλλίτη-μοσχοβίτη και του αλβίτη προσδιορίστηκαν με βάση την περιεκτικότητα των δειγμάτων σε K_2O και Na_2O αντίστοιχα, δεδομένου ότι από την ανάλυση με περιθλασιμετρία ακτίνων-X δεν διαπιστώθηκε η παρουσία άλλης K-ούχου ή Na-ούχου φάσης. Για τον ιλλίτη-μοσχοβίτη ως μέση περιεκτικότητα σε K_2O ελήφθη η τιμή 9% και για τον αλβίτη ως μέση περιεκτικότητα σε Na_2O η τιμή 11% (Grim, 1968).

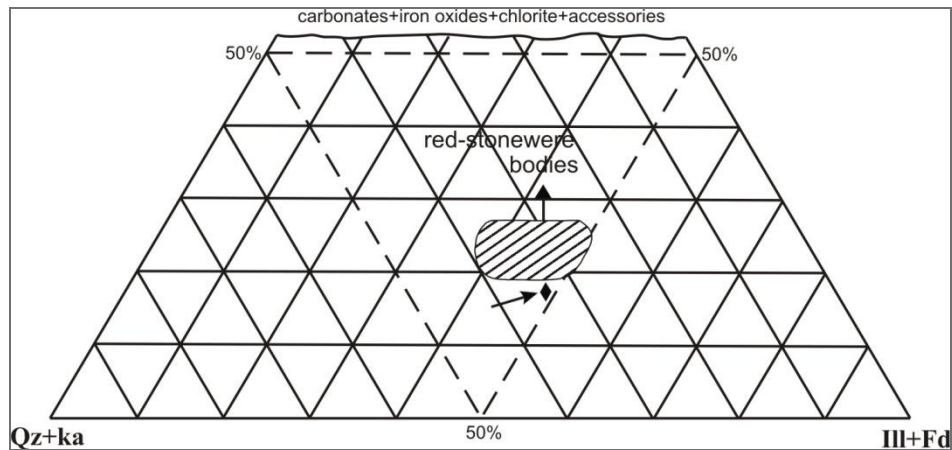
Από τους παραπάνω υπολογισμούς προέκυψε ότι τα δείγματα που εξετάστηκαν, περιέχουν ιλλίτη σε ποσοστό ~30%, χλωρίτη και καολινίτη ~19% και ~20% αντίστοιχα, χαλαζία ~10% και άστριους ~20%.



Σχ. 4.4.α: (α) Τριγωνικό διάγραμμα $SiO_2/Al_2O_3+TiO_2/Fe_2O_3+MgO+CaO+K_2O+Na_2O$, (β) Τριγωνικό διάγραμμα $Fe_2O_3/MgO+CaO/K_2O+Na_2O$

Το διάγραμμα του Σχήματος 4.4α θεωρείται το πιο αντιπροσωπευτικό, προκειμένου να καθοριστούν τα πεδία, στα οποία εμπίπτουν τα υπό εξέταση υλικά, αφού περιλαμβάνει το σύνολο της χημικής σύστασης των πρώτων υλών. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα, όπως επίσης και στο διάγραμμα του Σχήματος 4.4α.α,β, τα δείγματα, τα οποία εξετάστηκαν, προβάλλονται κοντά στα γενικά πεδία “red-stoneware” και “cottoforte”.

Επιπλέον η μέση ορυκτολογική σύσταση των υπό εξέταση δειγμάτων αποτυπώνεται στο τριγωνικό διάγραμμα του Σχήματος 4.4β, τις κορυφές του οποίου συνιστούν τα ορυκτά: “χαλαζία + καολινίτης/χλωρίτης + ανθρακικά + οξείδια του σιδήρου/ιλλίτης-μοσχοβίτης + άστριοι” (Fiori and Guarini, 1990).



Σχ. 4.4.β: Τριγωνικό διάγραμμα για κεραμικά σώματα: “χαλαζίας + καολινίτης/χλωρίτης + ανθρακικά + οξείδια του σιδήρου/ιλλίτης-μοσχοβίτης + άστριοι”

Ας σημειωθεί ότι η συμμετοχή των αστρίων είναι σημαντική, δεδομένου ότι βοηθούν στη δημιουργία υαλώδους φάσης, η οποία δρα ως συγκολλητικό υλικό για τις υπόλοιπες ορυκτολογικές φάσεις (Buhman and Fey, 1988).

Πηγή κειμένου

Α δημοσίευτα στοιχεία από: **Οικονομόπουλος 2010**. Ορυκτολογική, Ανθρακοπετρογραφική και Παλαιοβοτανική έρευνα του Λιγνιτικού Κοιτάσματος Αγλάδας Ν. Φλωρίνης. *Διδ. Διατρ.* 280 σελ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από όσα αναλυτικά εκτέθηκαν ανωτέρω, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Τα δείγματα από το Αμύνταιο και τους Λόφους “AMY και LF”, όπως επίσης και τα δείγματα από το κοίτασμα του Νοτίου Πεδίου της Πτολεμαΐδας “KNP”, διαφοροποιούνται όσον αφορά την ορυκτολογική τους σύσταση.

Συγκεκριμένα:

Τα δείγματα από τη γεώτρηση του Αμύνταιου “AMY”, χαρακτηρίζονται από εναλλαγές καθαρά ανθρακικών εμφανίσεων, όπου επικρατεί ο ασβεστίτης, όπως επίσης και στρωμάτων με μεγάλη περιεκτικότητα σε αργιλικά ορυκτά (ιλλίτη-μοσχοβίτη, γλωρίτη και καολινίτη), τα οποία, όμως, περιέχουν και μεγάλο ποσοστό ανθρακικών ορυκτών.

Το είδος των ανθρακικών διαφοροποιείται με το βάθος.

Έτσι, σε βάθος 212,22-212,92 συνυπάρχουν τα αργιλικά με αραγωνίτη, ενώ σε βάθος 232-232,23 με ασβεστίτη.

Η περιεκτικότητα σε χαλαζία και άστριους είναι σχετικά χαμηλή.

Τα δείγματα από τους Λόφους “LF”, χαρακτηρίζονται από εναλλαγές στρωμάτων εκ των οποίων άλλα έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε αργιλικά ορυκτά (ιλλίτη-μοσχοβίτη, γλωρίτη και καολινίτη), ενώ άλλα περιέχουν, κυρίως, άστριους και χαλαζία.

Έτσι, σε βάθος 144,5-146 επικρατούν τα αργιλικά, σε βάθος 141,2-144,5 επικρατούν κυρίως άστριοι και χαλαζίας με μικρό ποσοστό αργιλικών, και τέλος σε βάθος 180,5-181,5 η κύρια ορυκτολογική φάση είναι οι άστριοι με μικρό ποσοστό χαλαζία και αργιλικών.

Ας σημειωθεί η έλλειψη ανθρακικών ορυκτών από τη συγκεκριμένη περιοχή.

Τα δείγματα από το Νότιο Πεδίο “KNP”, χαρακτηρίζονται από έντονη παρουσία αργιλικών ορυκτών (ιλλίτη-μοσχοβίτη, καολινίτη), τα οποία συνυπάρχουν με ανθρακικά.

Έτσι, σε βάθος 233,12-233,45 συνυπάρχουν τα αργιλικά με αραγωνίτη, σε βάθος 234,77-235 η συμμετοχή του αραγωνίτη περιορίζεται, ενώ σε βάθος 236,79-237 από τα ανθρακικά ορυκτά επικρατεί ο ασβεστίτης.

Τα συγκεκριμένα δείγματα χαρακτηρίζονται από την έλλειψη διογκούμενων ορυκτών (μοντμοριλλονίτη).

Από την προβολή της ορυκτολογικής και χημικής σύστασης, υλικών από συγκεκριμένο ορίζοντα της περιοχής λόφων, όπου επικρατούν κυρίως τα αργιλικά ορυκτά, σε κατάλληλα τριγωνικά διαγράμματα, προκύπτει ότι οι συγκεκριμένες πρώτες ύλες κρίνονται, κατ' αρχήν, κατάλληλες για την παρασκευή έγχρωμων κεραμικών προϊόντων τύπου “γκρε”.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αντωνιάδης, Π., 2008: Στερεές ορυκτές καύσιμες ύλες, σελ 379-382.
- Adamidou, K. , Kassoli-Fournaraki, A. , Filippidis, A., Christanis, K., Amanatidou, E. and Tsikritzis, L. et al., 2007: Chemical investigation of lignite samples and their ashing products from Kardias lignite field of Ptolemais, Northern Greece, Fuel 86 ,pp. 2502– 2508
- Anastopoulos, J.c., and Brousoulis, I., 1973: Lignite bearing Kozani-Servia basin, (Geology Economic Geology -Drilling study), NI G.M.E., 1-77pp., Athens. (in Greek)
- Anastopoulos, J.e., and Koukouzas, C.N., 1972: Economic geology of the southern part of Ptolemais lignite basin LG.S.R., Geological and Geophysical research, XVI (I), 1-189. (in Greek)
- Barrabe, L., and Feys, R., 1965: Geologie du carbon et des basins Houillers, Masson et cie, Paris.
- Brindley, G., Brown, G., 1984 : Crystal Structures of Clay Minerals and their X-ray Identification. The Mineralogical Society, London.
- Buhman, M. and Fey, V., 1988: The mineralogy of four heaving clays. Applied Clay Science, Vol. 3, No. 3: 219-236.
- Efthimiadis, A., Virvili, I., Porfiris, G., 2005: Comparative evaluation of electricity generation technologies in terms of financial and environmental efficiency. National conference for the lignite and natural gas in the national electricity generation. Technical chamber of Greece, Athens, 9–10 June, Greece.
- Ehlers, H., 1960-62. Expertise Ptolemai 21 Bder. (Bericht nverof -fentlicht)
- Fabbri, B. and Fiori, C., 1985: Clays and complementary raw materials for stoneware tiles. Miner. Petrog. Acta, 29A: 535 pp.
- Fiori, C., and Guarini, G., 1990: Italian red clays for Stoneware Tile Production: Statistical study of the mineralogical composition. Industrial ceramics, Vol. 10, No 4: 151-157.
- Foscolos, A.E., Goodarzi, F., Koukouzas, C.N. and Hatziyannis, G., 1998: Assessment of environment impact of coal exploration and exploitation in the Drama basin, North-eastern Greek-Macedonia, Energ Source 20, pp. 795–820

- Gramann, F., 1960: Die Fossilien des Braunkohlenbeckens in Ptolemais - Komanos, Unpublished report. Archive 22625, "Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe", 1-11, Hannover, Institute of Geology and Mineral Exploration, 1983. Geological map of Greece, Map of Geotectonic Zones of Greece, Echelle 1:500.000.
- Gersonde, R., and Velitzelos, E., 1978: Diatomeenpaläoökologie im neogenen Becken von Vegora NW Mazedonien (vollständige Mitteilung), Ann. Geol. Pays Hell., 29(1), 373-382.
- Greek Ministry for the Environment, 2004: Physical Planning and Public Works. National Emissions Inventory for the Years 1990–2002. National Observatory of Athens, Athens, Greece, <http://www.climate.noa.gr/Reports/CC_reports.htm>
- Greek Public Power Corporation, 2006, Business activities, Athens, Greece, <<http://www.ppc.gr>>
- Grim, R.E., 1967. Atlas of electron microscopy of clay minerals and their admixtures. Beutelspacher, H. and van der Marel, H.W., 1967, Elsevier, Amsterdam, Vol. 4, Issue 2: 333 pp.
- Ioakim, Ch., 1985: Analyse palynologique des dépôts lacustres du Pliocène de Ptolemais, Grèce septentrionale: un élément nouveau dans la reconstitution de l'histoire paléoclimatique des régions méditerranéennes orientales, Paleobibliologie Continentale, XIV(2), 315-332.
- Ioakim, Ch., and Vassiliou, D., 1982: Correlation of the drill cores ATII4, ATI4, P6, P7, 11TI21 and 11TI 2s of the Ptolemaida basin, Stratigraphy of the Greek lignites, No 7, 1-48. (in Greek)
- Kaldellis, J.K., Voutsinas, M., Paliatsos, A.G. and Koronakis, P.S., 2004: Temporal evolution of the sulfur oxides emissions from Greek electricity generation sector, J Environ Technol **25**, pp. 1371–1384.
- Kaldellis, J., Zafirakis, D., and Kondili, E., 2009: Contribution of lignite in the Greek electricity generation: Review and future prospects, Fuel, Vol. 88, Issue 3, pp:475-489.
- Καβουρίδης, Κ., Χαλούλος, Κ., Λεοντίδης, Μ., Ρούμπος, Χ., 2005: Η εκμετάλλευση του λιγνίτη στην Ελλάδα με οικονομικά και περιβαλλοντικά

κριτήρια. Σημερινή κατάσταση-Προοπτικές, Δημερίδα του Τ.Ε.Ε «Λιγνίτης και φυσικό αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας», Αθήνα 9-10 Ιουνίου

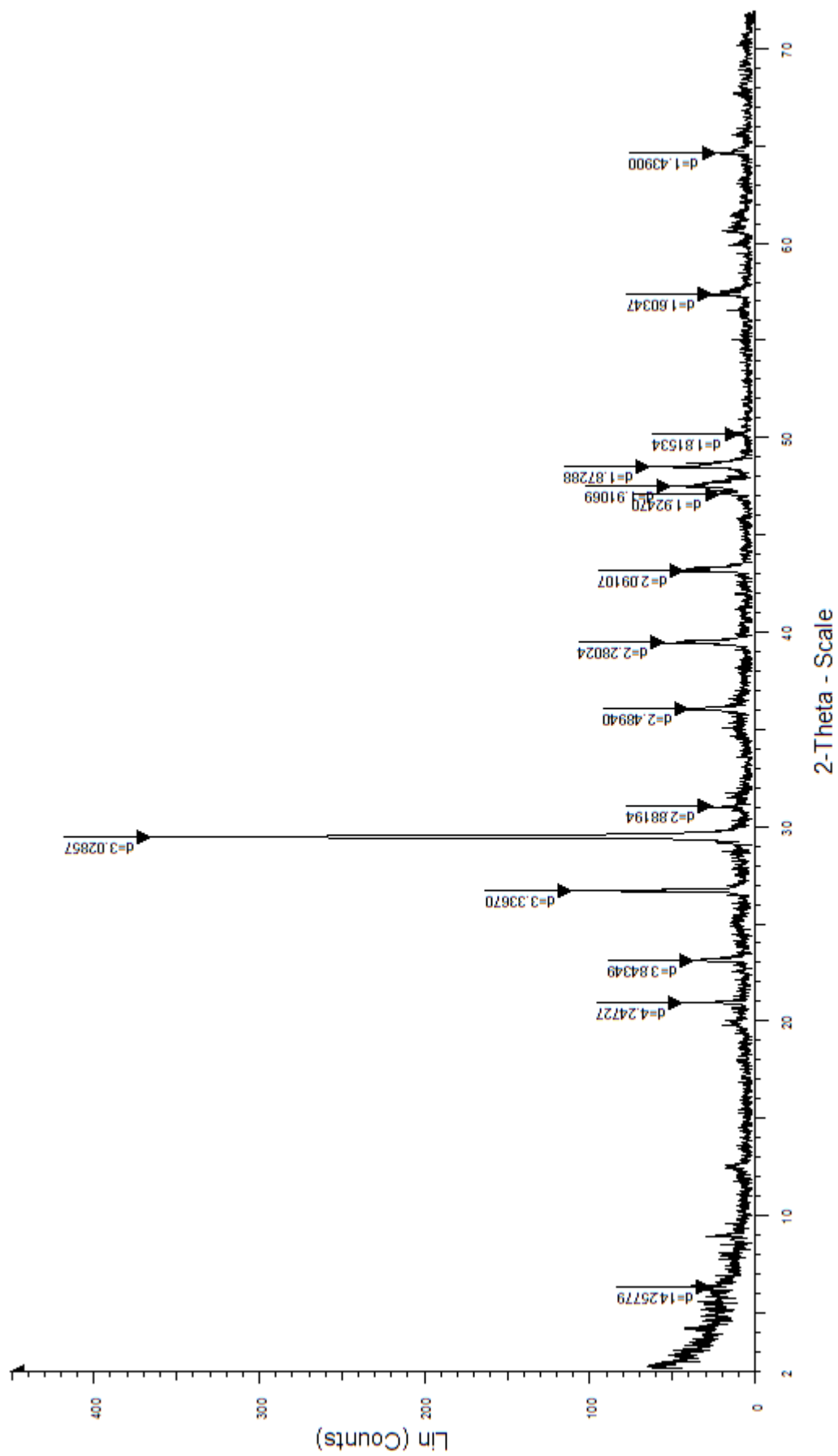
- Kavouridis K, Kostakis G, Foscolos AE., 1991: Coal-mines of Greece: Prospects, Problems and the Future. National conference for the importance of lignite's quality in the optimum operation of thermal-electric power stations, Libr. Public Power Co. S.A., June, Athens, Greece.
- Kotis, Th., Metaxas A., Ploumidis M., and Varvarousis, G., 1995: Exploration of lignite deposits in the eastern region of the Florina basin, subarea Achlada-Meliti, I.G.M.E., Ip., Annex I 1-1 Opp., Athens. (in Greek)
- Kotis, Th., Ploumidis, M., Metaxas A., and Varvarousis, G., 1992: Exploration of lignite deposits in the Florina basin, subarea Vevi (W. Macedonia). I.G.M.E., 1-97pp., Annex I 1-45pp., Annex II p. 1-10, Athens. (in Greek)
- Kotis, Th., Ploumidis, M., Metaxas, A., and Varvarousis, G., 1996: Exploration of lignite deposits in the eastern region of the Florina basin, subarea Meliti-Lofi, I.G.M.E., 1-91pp., Annex I, Athens. (in Greek)
- Kotis, Th, Ploumidis, M., Metaxas, A., and Varvarousis, G., 1997: Exploration of lignite deposits in the area of Klidi Florina. I.G.M.E., 1-87pp., Athens. (in Greek)
- Koukouzas, K., Kotis, Th., Ploumidis M., Metaxas A, 1979: Coal exploration of AnargiriAmynteon area, I.G.M.E., Mineral deposit research, No9, 1-69. (in Greek)
- Koukouzas, K., Kotis, Th., Ploumidis M., and Metaxas A., 1981: Coal exploration of "Apophisis" field of Anargiri-Amynteon area, I.G.M.E., Research for energy resources, No1, 1-52. (in Greek)
- Koukouzas, K., Kotis, Th., Ploumidis M., Metaxas A, and Dimitriou, D., 1984: Coal exploration of Komnina area, Ptolemais district (W. Macedonia). I.G.M.E., Research for energy resources, No2, 1-103. (in Greek)
- Koukouzas, K., Kotis, Th., Ploumidis M., Metaxas A., and Dimitriou, D., 1985: Lignite deposits of Ptolemaida trench. Proceedings of the International meeting/or the exploitation of low energy solid fuel, 1-10pp, Deh, Ptolemaida. (in Greek)
- Koukouzas, N., 1988: Distribution of Greek area lignite reserves based on their age, characteristics and reserves, Miner Wealth **106**, pp. 53-68.

- Mackenzie, R., 1957: The Differential Thermal Investigation of clays. Mineralogical Society (clay mineral group), London
- Metaxas, A., Karageorgiou D. E., Varvarousis G., Kotis, Th., Ploumidis, M., and Papanikolaou, G., 2007: Geological evolution –stratigraphy of Florina, Ptolmeadida, Kozani and Saradaporo Graben, Bul. Geol. Soc. of Greece, vol. XXXX, pp: 161-172.
- Οικονομόπουλος, Ι., 2010: Ορυκτολογική, Ανθρακοπετρογραφική και Παλαιοβοτανική έρευνα του Λιγνιτικού Κοιτάσματος Αχλάδας Ν. Φλωρίνης. Διδ. Διατρ. , Σελ.280.
- Papanicolaou, C., 2001: Coal-lithology: parameters, quality, bio-recipients. Atlas of Greek Coals, Libr. Inst of Geol. and Miner Explor., Athens, Greece.
- Περράκη, Θ., 2007: Βιομηχανικά Ορυκτά και Πετρώματα.
- Schneider, H., and Velitzelos, E., 1973: Jungtertiäre pflanzenfunde aus dem Becken von Vegora in West Mazedonien (Griechenland). Ann. Mus. Goulandris, I, Athens, 245-249 pp.
- Schneider, H., and Velitzelos, E., 1976: Eine Neogenflora im Becken von Vegora (NW-Mazedonien), Bulletins de la Societe Geologique de France periode, 1971-1980.
- Smykatz-Kloss, W., 1974: Differential Thermal Analysis. Application and results in Mineralogy. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Vasiliou, D., 1982: Palynologic research of the drill core t.IT2L of Kornnina area, Ptolemais district, Unpublished report. LG.M.E., 29pp., Athens. (in Greek)
- Varvarousis, G., Metaxas, A, Kotis, TH., Ploumidis, M., and Vrettos, K., 1997: Wilfulness report for geological works for the lignite deposits of the Kozani-Servia basin, 1. G.M.E., 1-41 pp., Athens. (in Greek)
- Varvarousis, G., Metaxas, A., Kotis, TH., Ploumidis, M., and Vrettos, K., 1998: Exploration of lignite deposit of the Saradaporo basin. LG.M.E., 1-30pp., Annex I 10pp., Athens. (in Greek)
- Velitzelos, E., and Schneider, H.E., 1977: Jungtertiäre Pflanzenfunde aus dem Becken von Vegora in West-Mazedonien (Griechenland) In 8vo, offp., 8pp. con 7 flgS. Naturama. Italy.

- Vetoulis, D.G., 1956: Contribution of the geology knowledge of the Ptolemaida basin, Ann. Geol. Pays Hell., 8,48-79. (in Greek)
- Weerd Van de, A., 1979: Palynology of some Upper Miocene and Lower Pliocene Sections in Greece. Preliminary results, biostratigraphic implications. Ann. Geol. Pays Hell., Hors series, fasc. 3, 1253-1262pp., Athens.
- World Coal Institute, 2006: Coal Facts – Edition with 2005 data, London, UK, <<http://www.worldcoal.org>>
- <http://lithos.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm>
- <http://www.allaboutenergy.gr/Gaianthrakes.html>

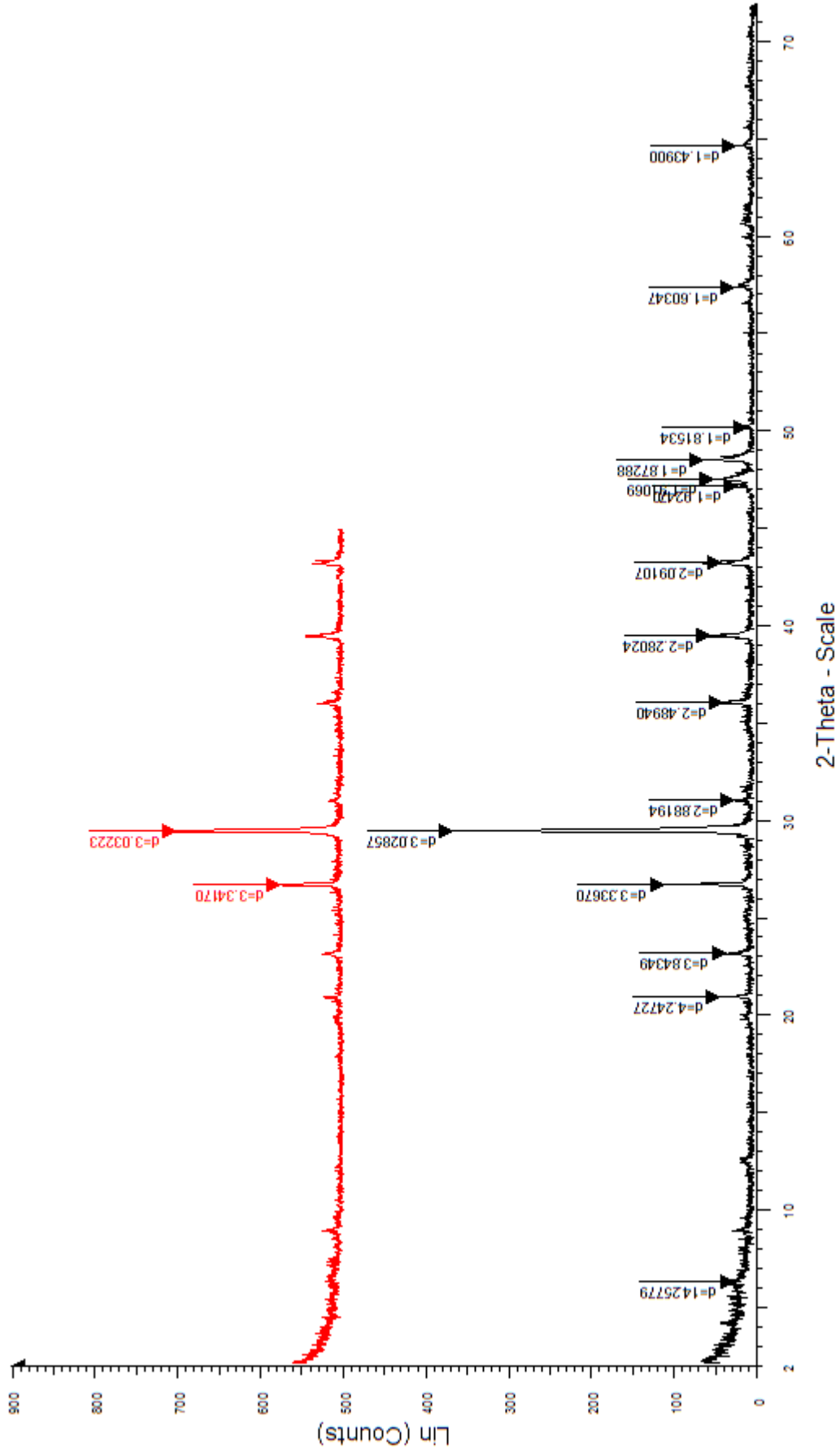
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

AMY 199.52 - 199.71

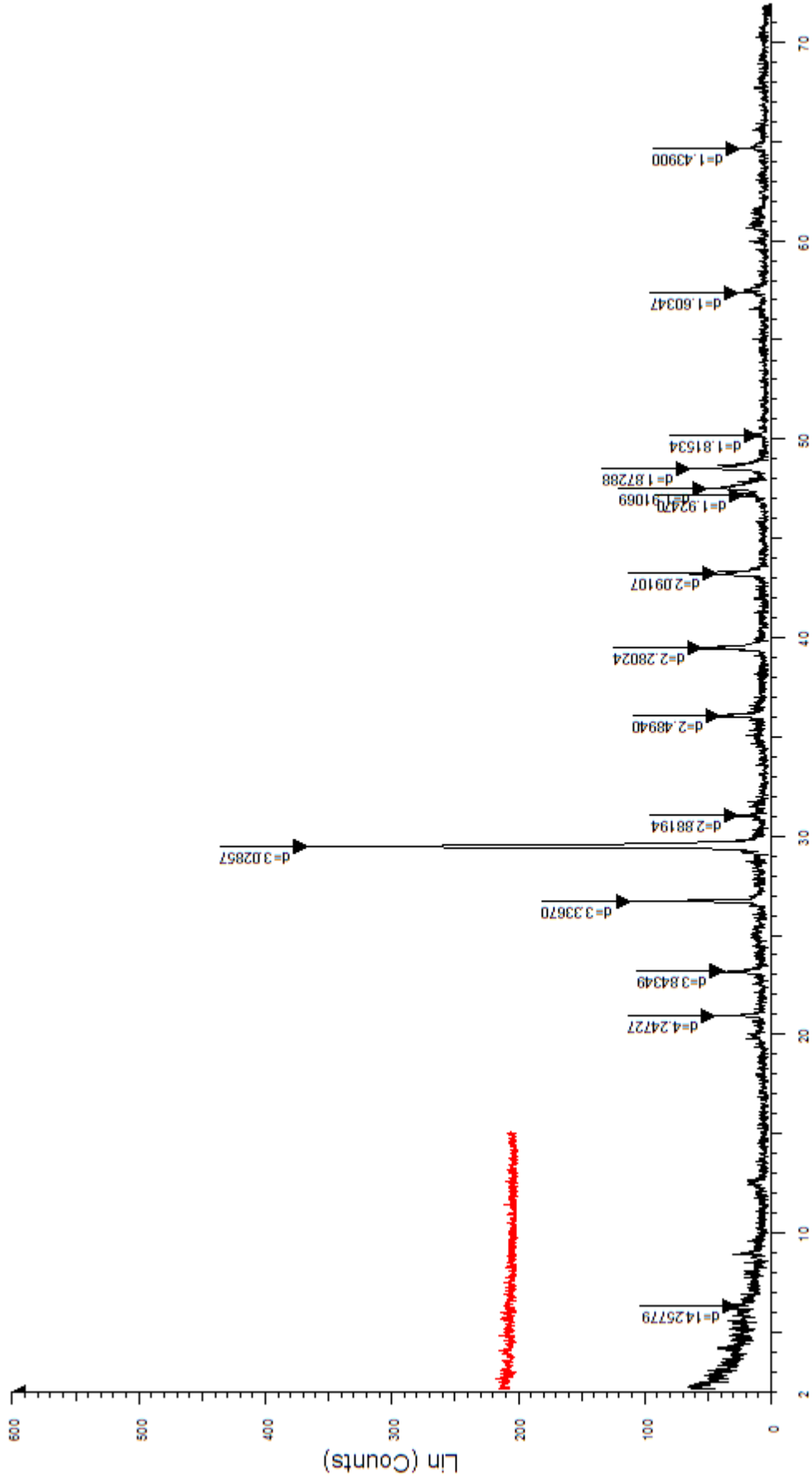


AMY 199.52 - 199.71 - File: AMY 199.52-199.71.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Stamped: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Operations: Import

AMY 199.52 - 199.71

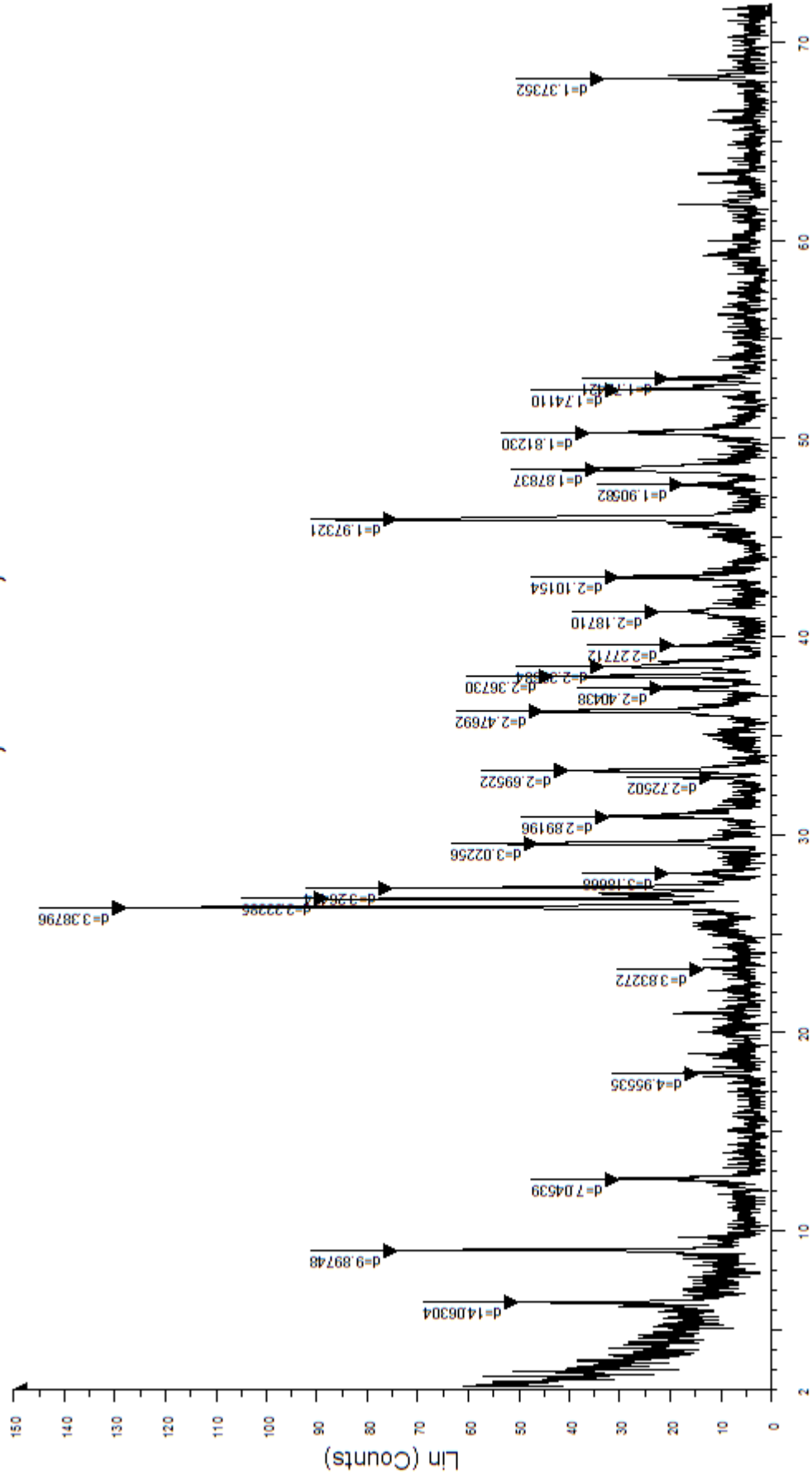


AMY 199.52 - 199.71



AMY 199.52 - 199.71 - File: AMY 199.52-199.71.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Operations: Import
AMY 199.52-199.71 VS GL - File: AMY 199.52-199.71 VS GL.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 15.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Y Scale Add: -200 | Y Scale Add: 400 | Import

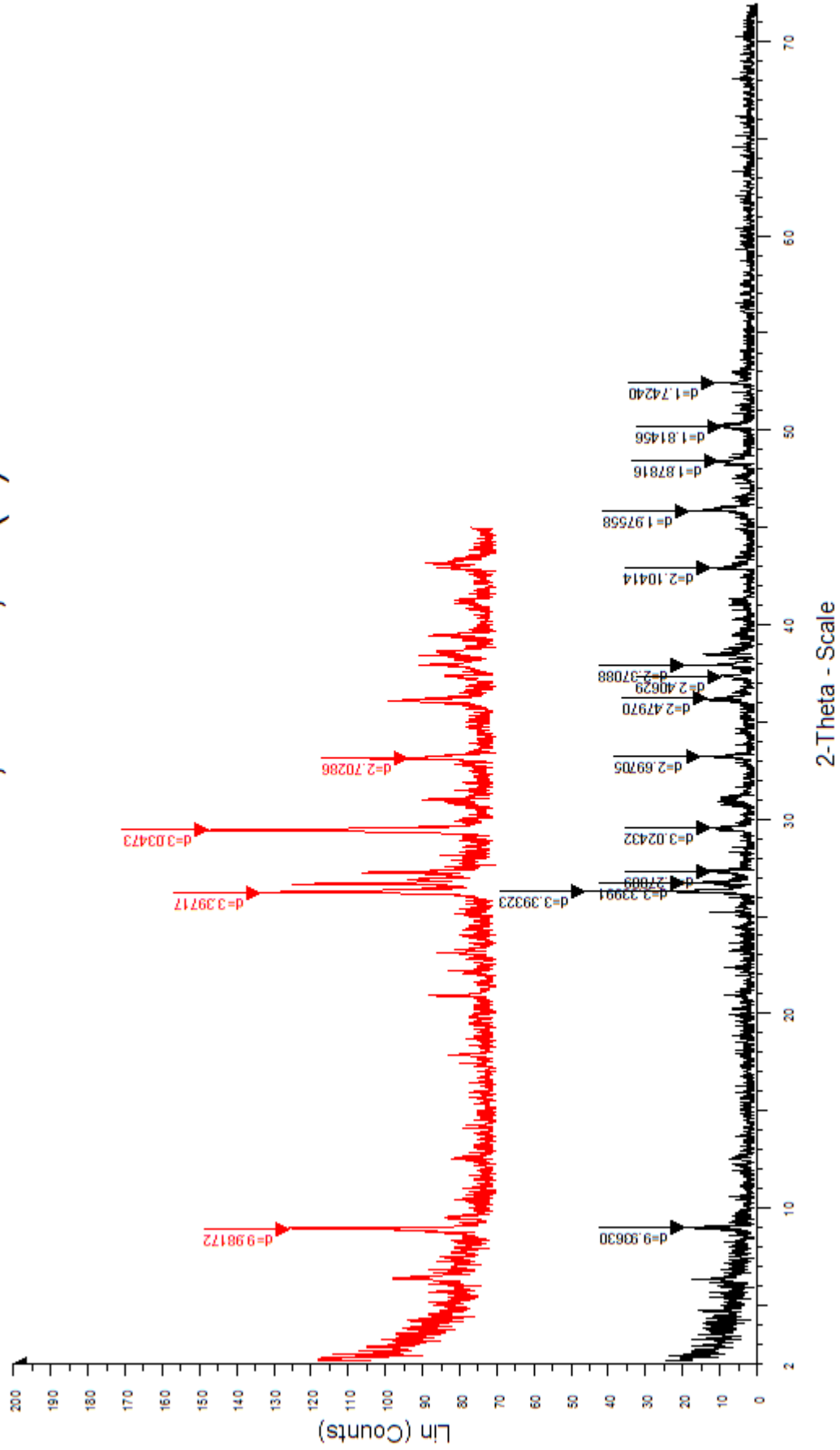
AMY 212,22-212,92



2-Theta - Scale

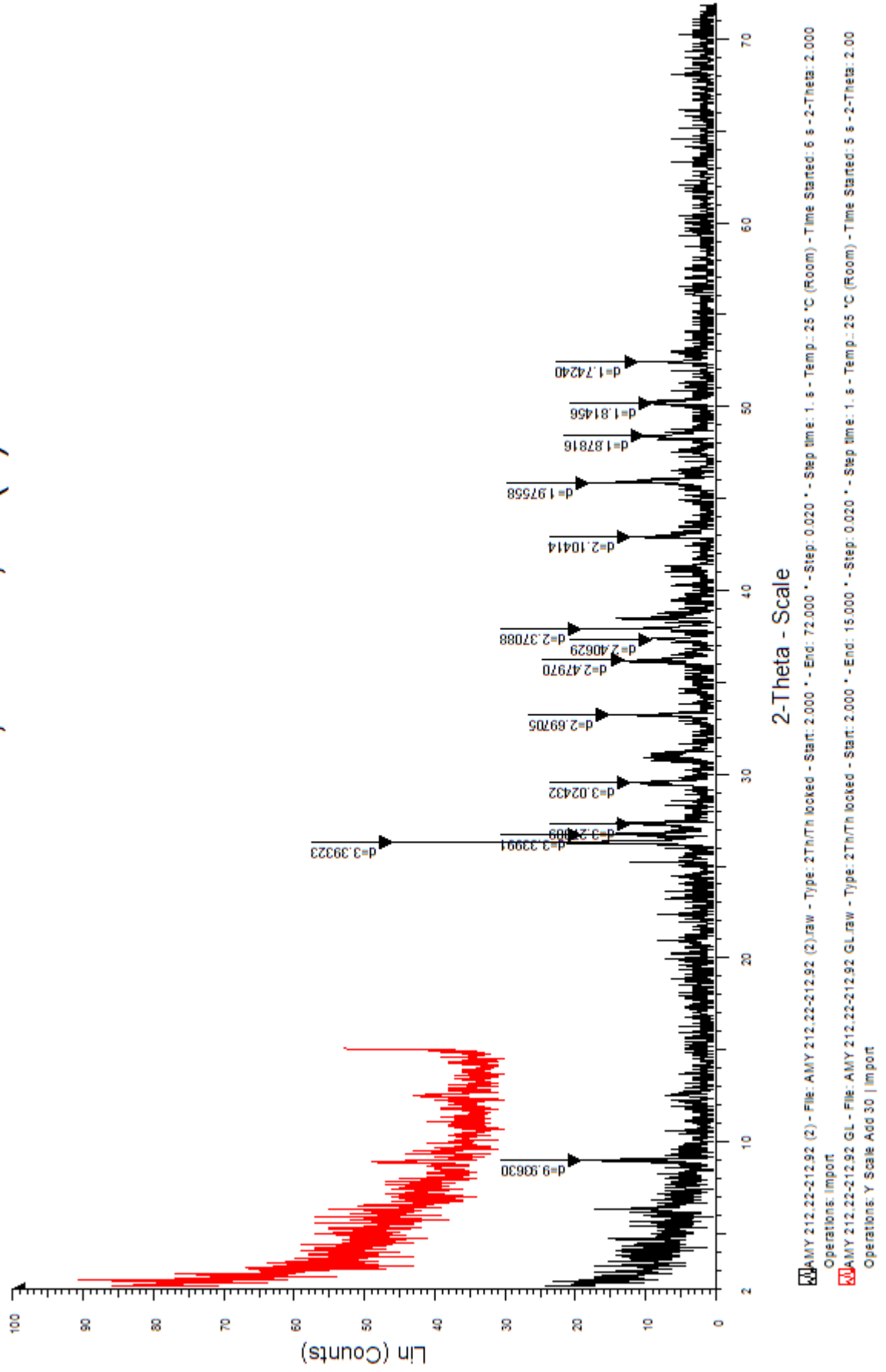
AMY 212,22-212,92 - File: AMY 212,22-212,92.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Stated: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - T
Operations: Import

AMY 212,22-212,92 (2)

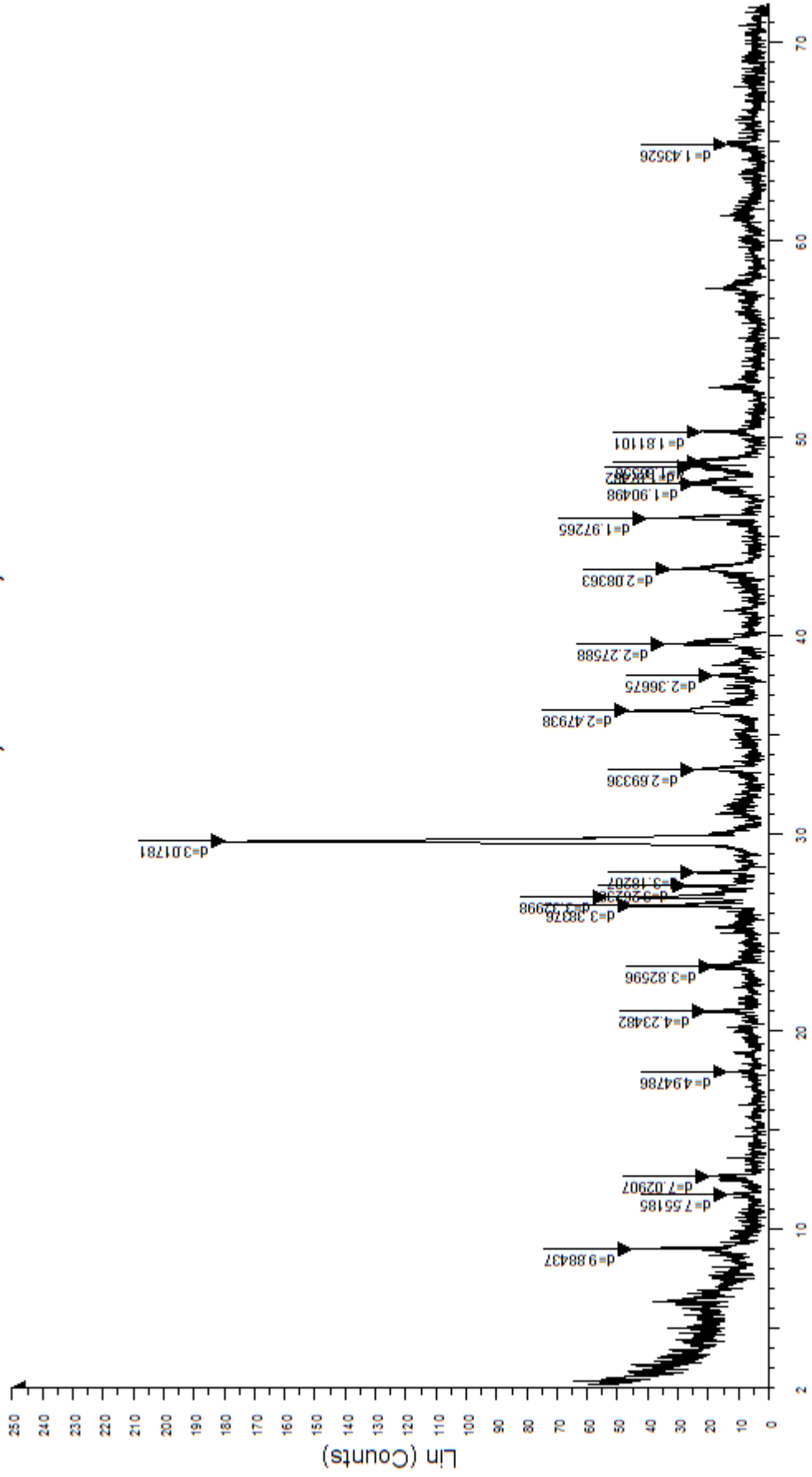


AMY 212,22-212,92 (2) - File: AMY 212,22-212,92 (2).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 6 s - 2-Theta: 2.000
Operations: Import
AMY 212,22-212,92 5500C - File: AMY 212,22-212,92 5500C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 45.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 10 s - 2-Theta: 2.000
Operations: Y Scale Add 20 | Y Scale Add -50 | Y Scale Add 100 | Import

AMY 212,22-212,92 (2)



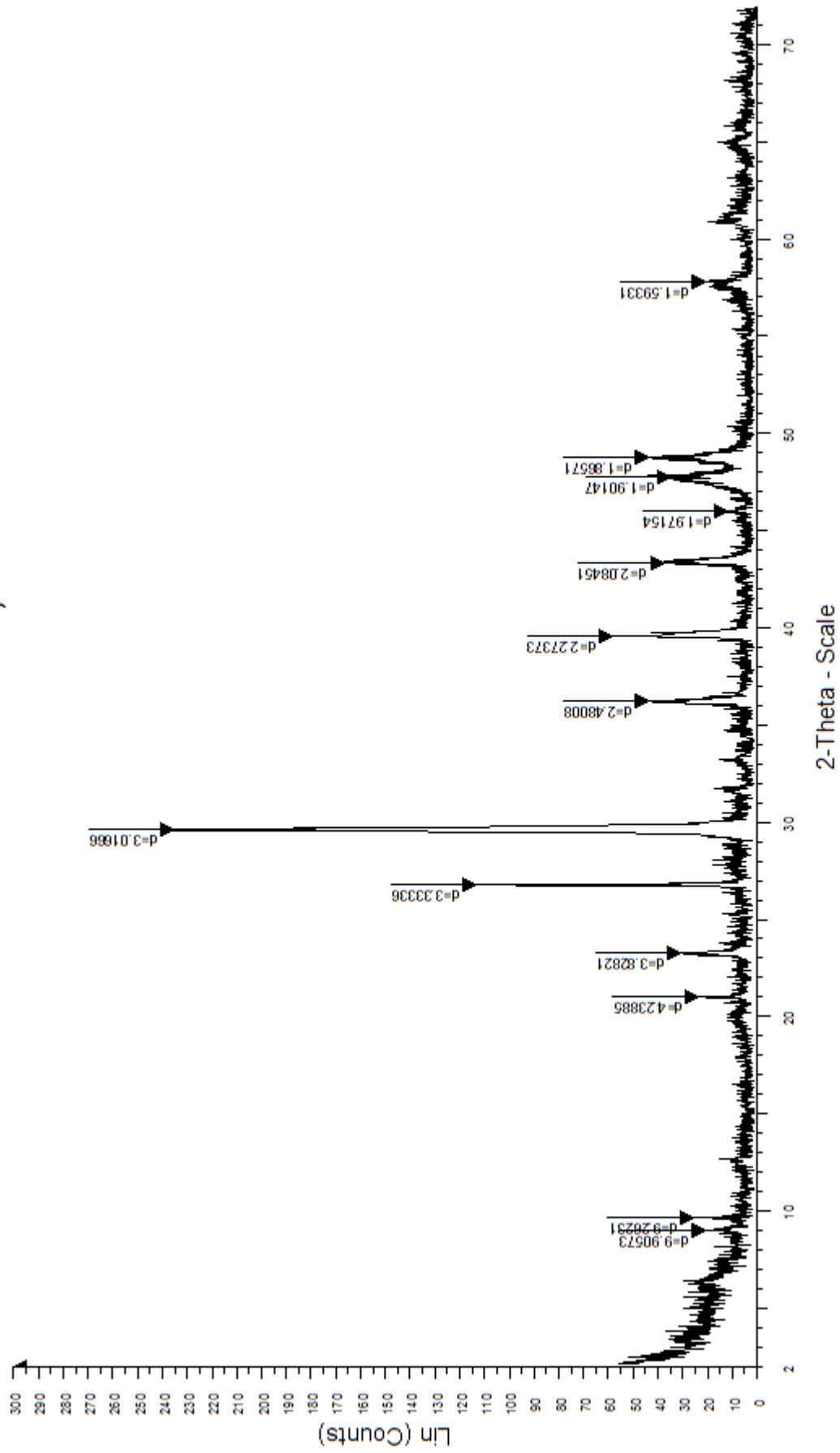
AMY 228,44-228,75



2-Theta - Scale

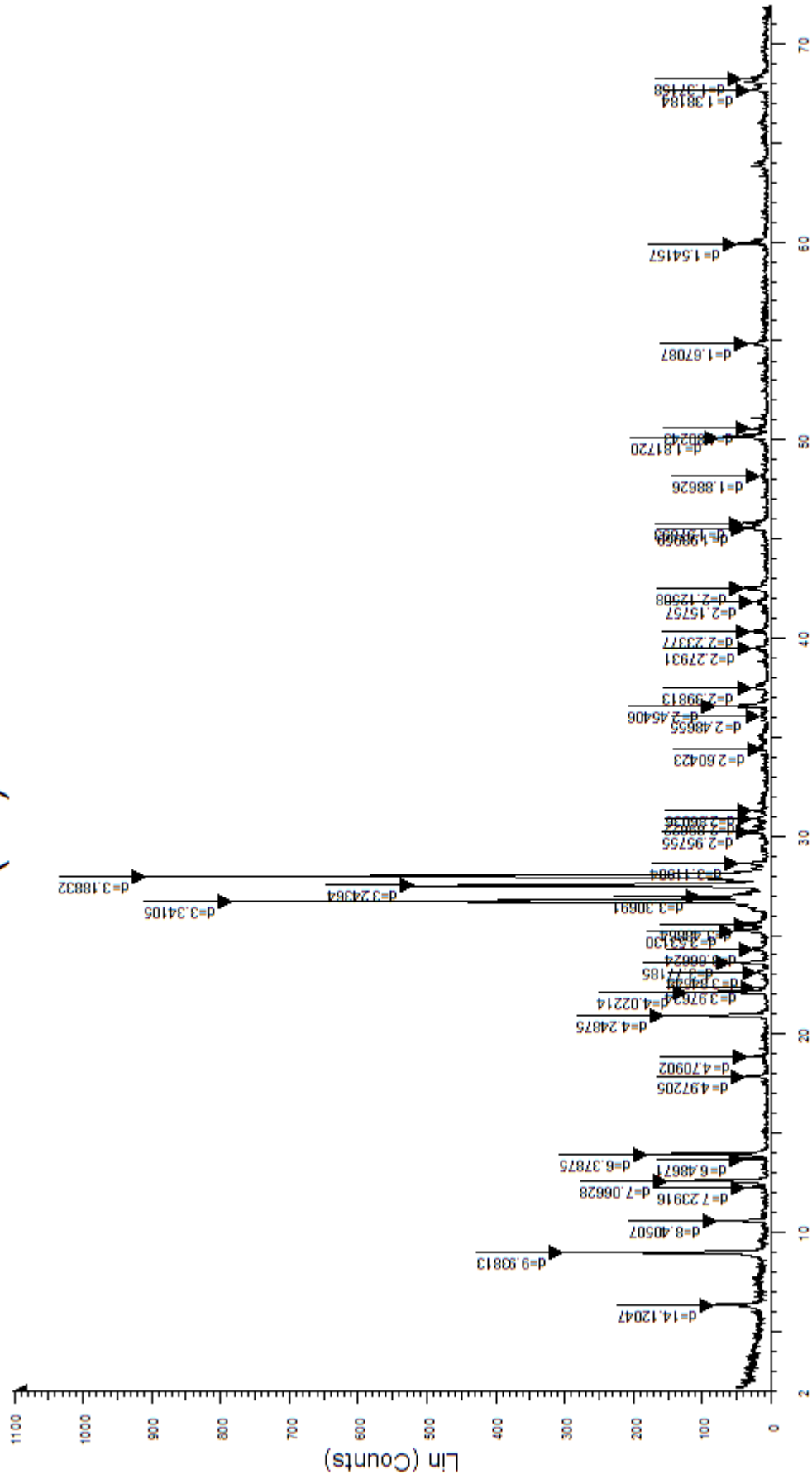
AMY 228,44-228,75 - File: AMY 228,44-228,75.raw - Type: 2Theta locked - Start: 2.000 - End: 72.000 - Step: 0.020 - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 - T
Operations: Import

AMY 232-232,23



AMY 232-232,23 - File: AMY 232-232,23.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1 Operations: Import

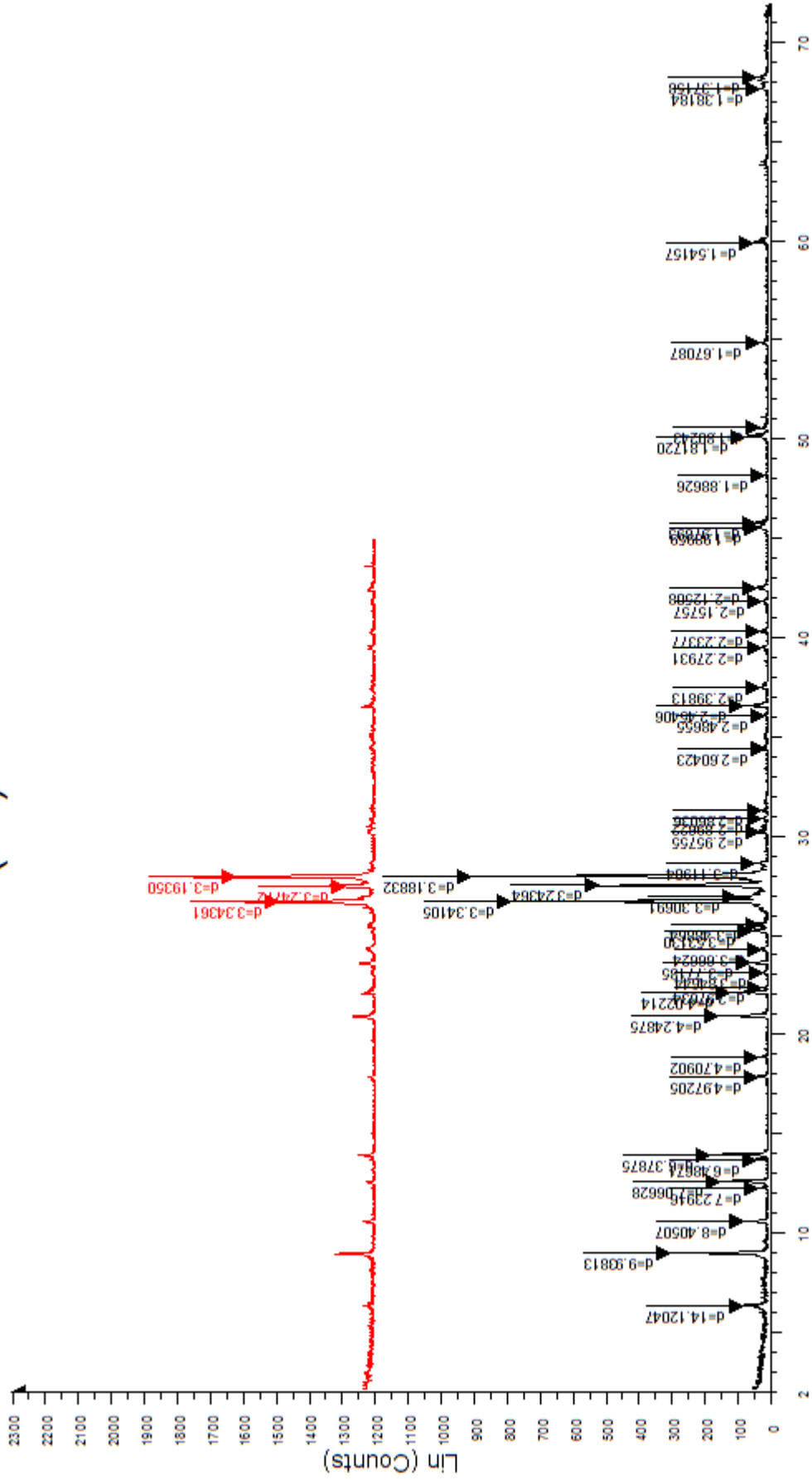
LF1(11)141.2-144.5



2-Theta - Scale

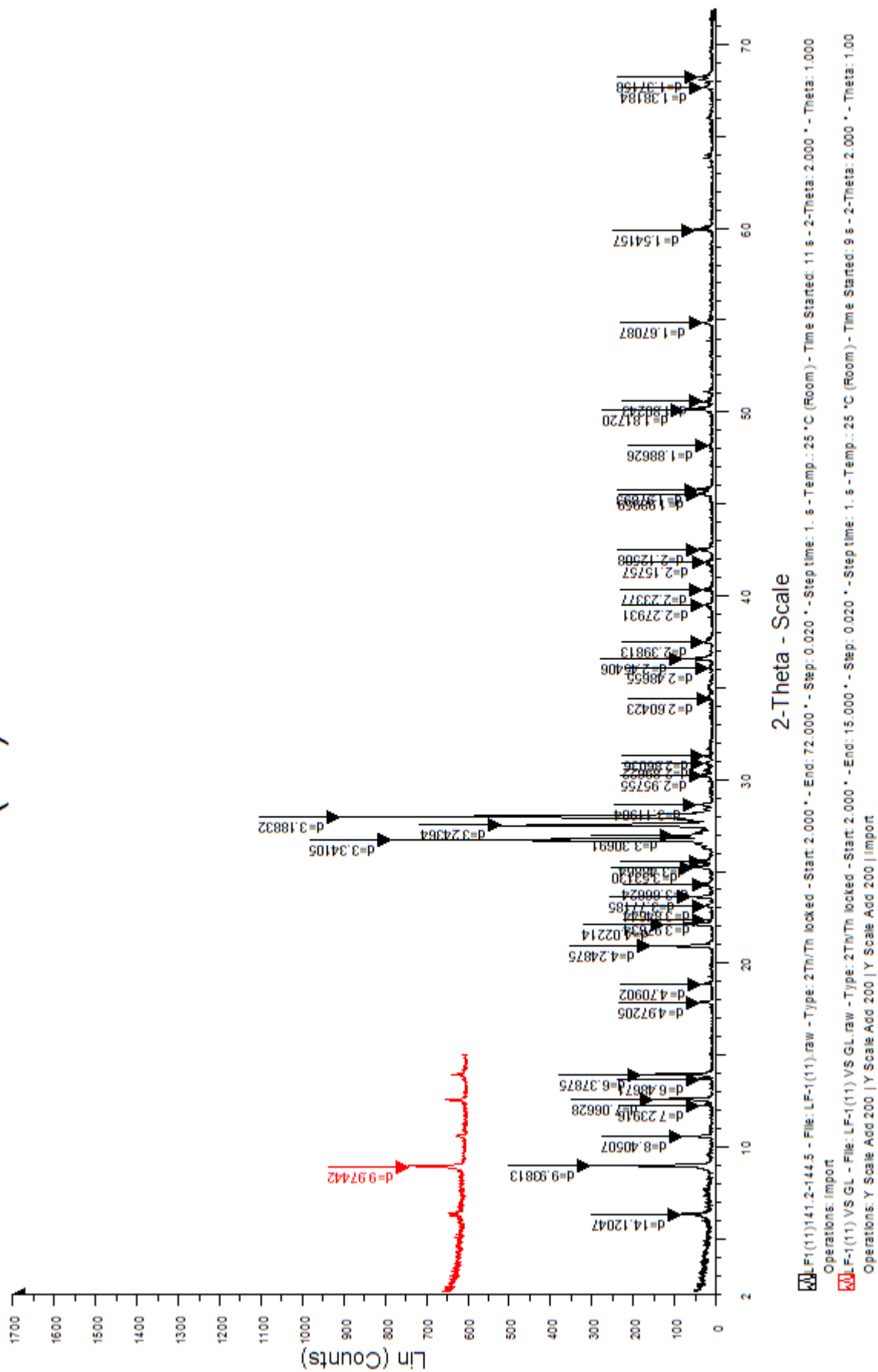
LF1(11)141.2-144.5 - File: LF-1(11).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000
 Operations: Import

LF1(11)141.2-144.5

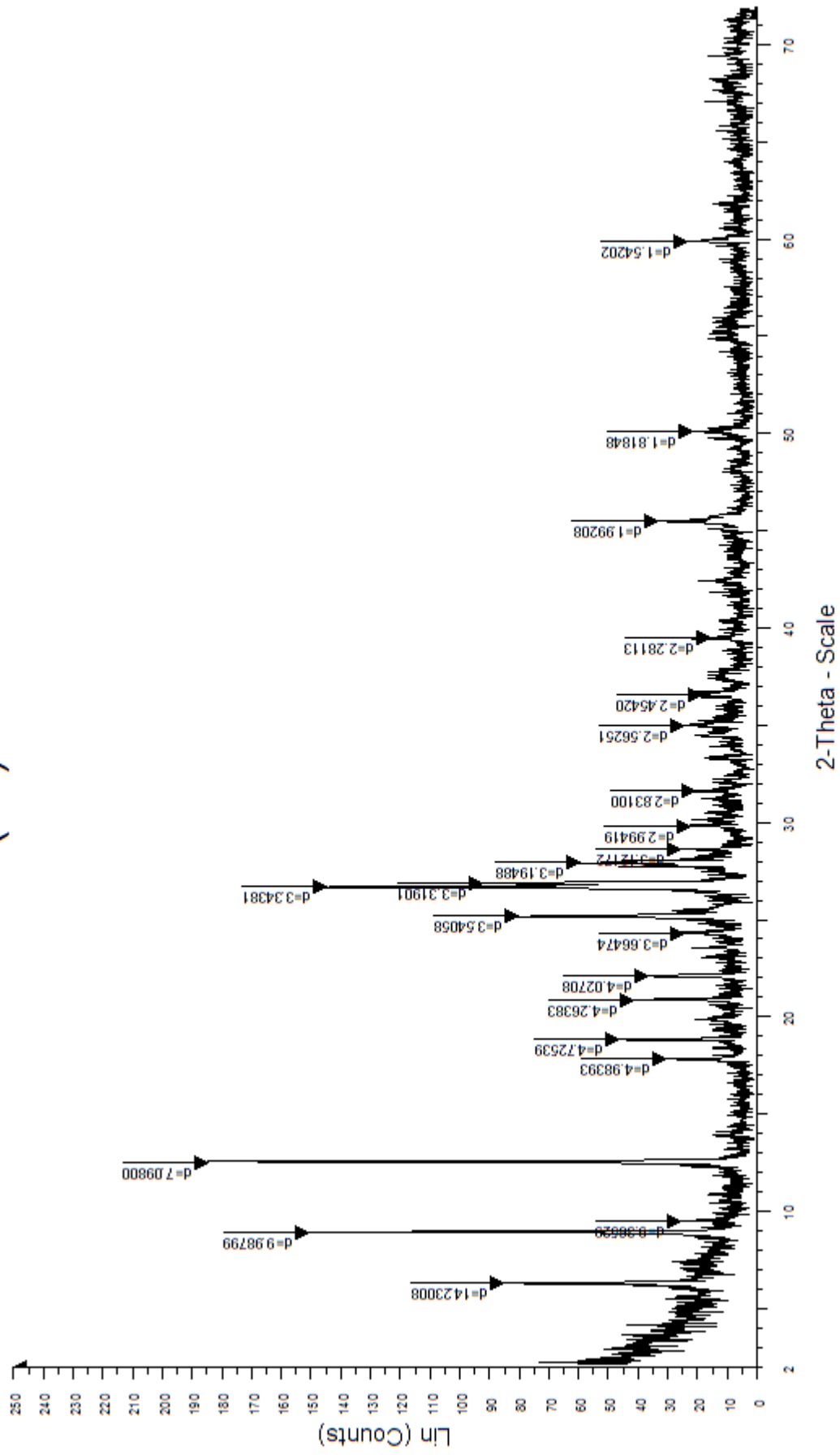


LF1(11)141.2-144.5 - File: LF-1(11).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000
 Operations: Import
 LF1(11) VS 5500C - File: LF1(11) VS 5500C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 45.000 ° - Step: 0.020 ° - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 9 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000
 Operations: Y Scale Add 50 | Y Scale Add 100 | Y Scale Add 300 | Y Scale Add 100 | Y Scale Add 300 | Y Scale Add 300 | Imp

LF1(11)141.2-144.5

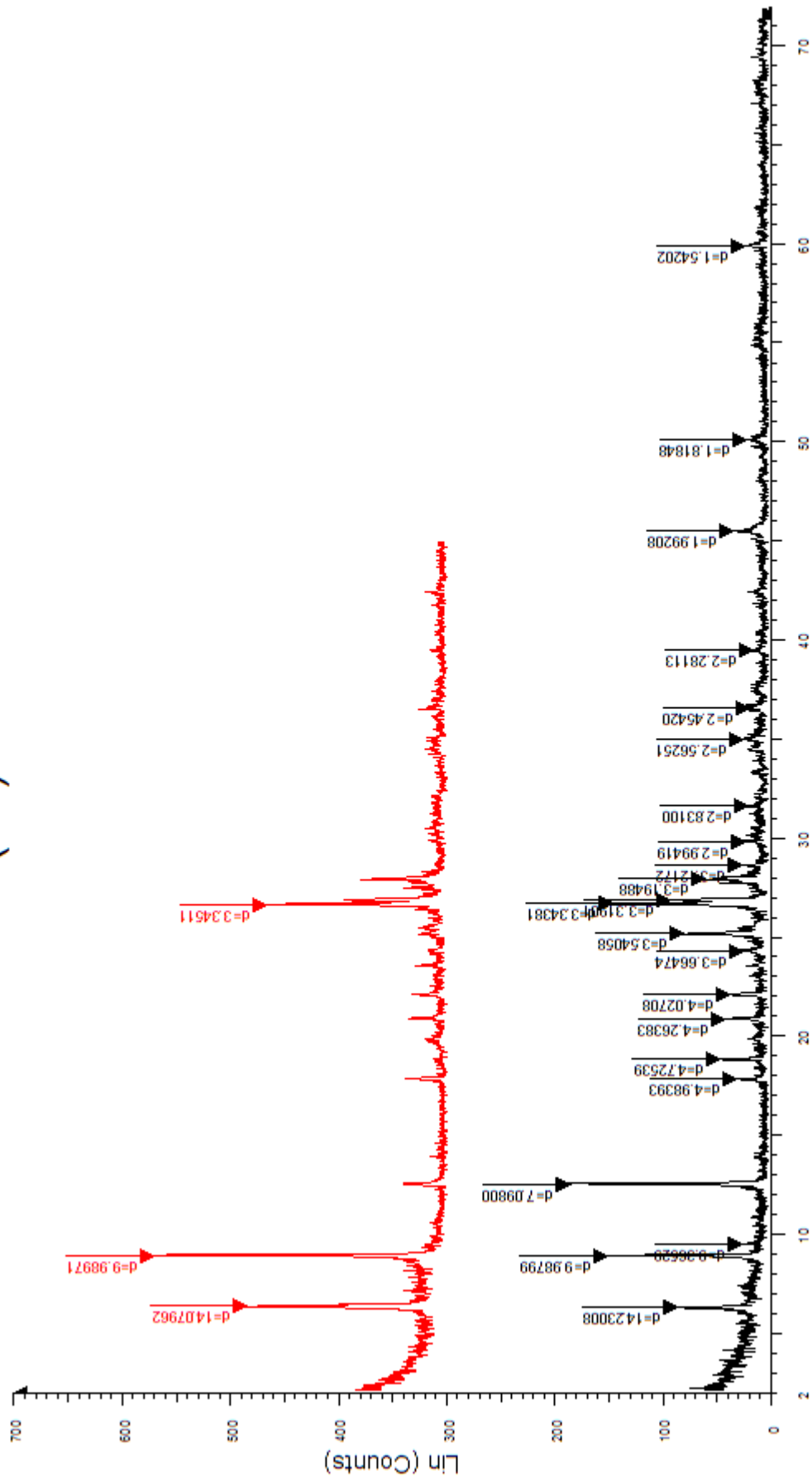


LF1(12) 144.5-146



LF1(12) 144.5-146 - File: LF-1(12).raw - Type: 2Th:Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 °
 Operations: import

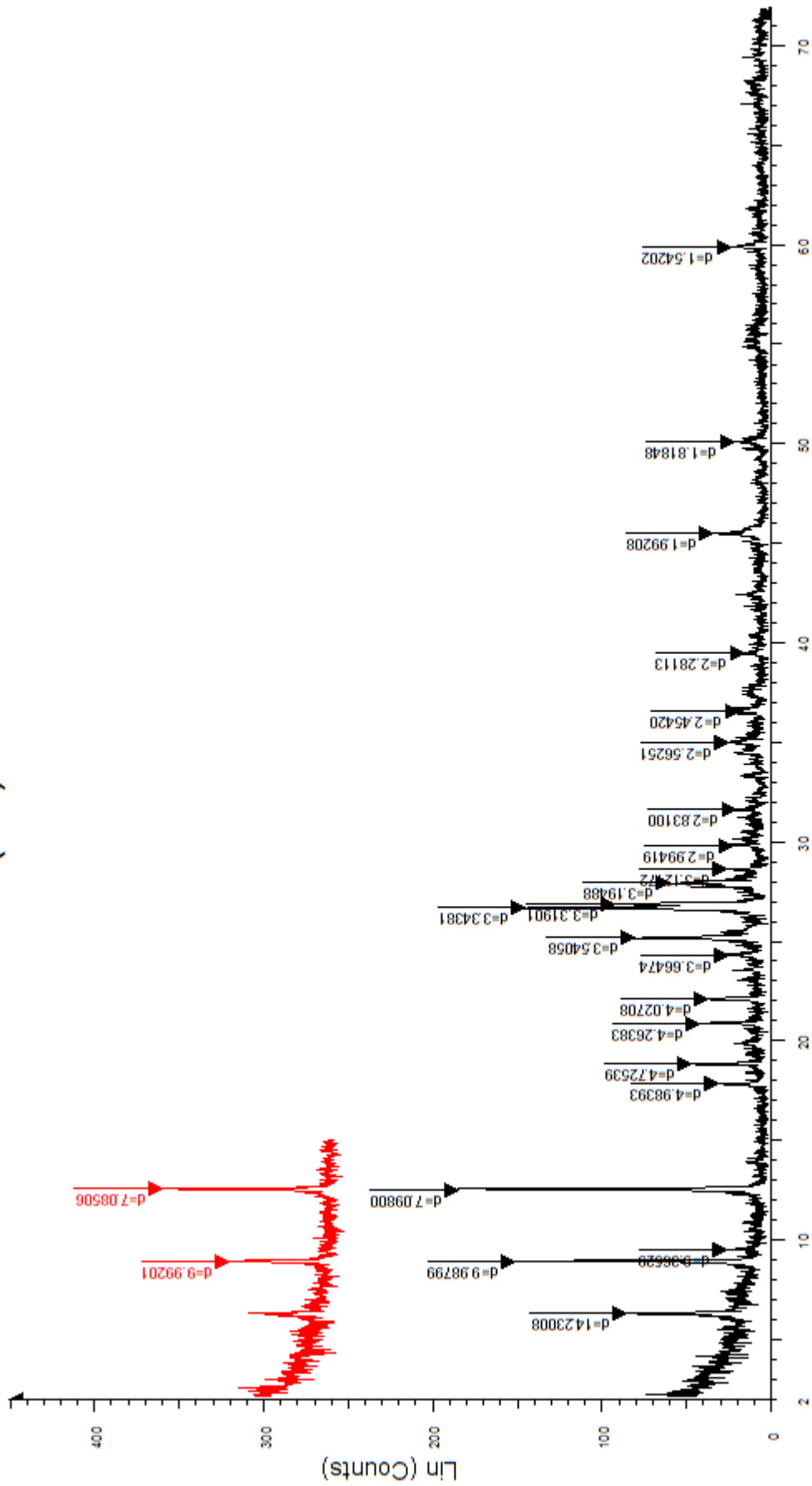
LF1(12) 144.5-146



2-Theta - Scale

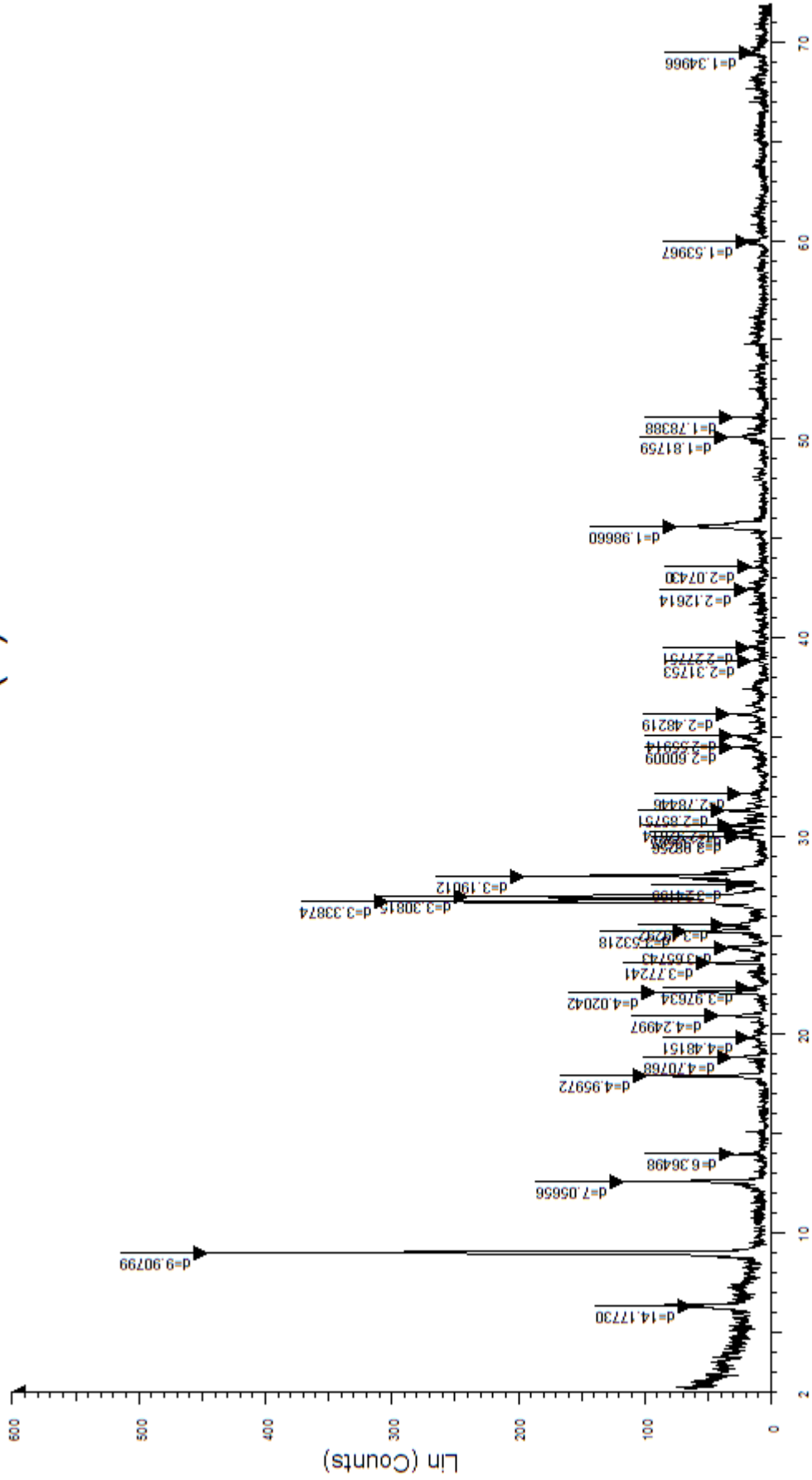
LF1(12) 144.5-146 - File: LF-1(12).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 °
 Operations: Import
 LF 1 (12) 5500C - File: LF-1(12) 5500C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 45.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 7 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.0
 Operations: Y Scale Add -100 | Y Scale Add 400 | Import

LF1(12) 144.5-146



F1(12) 144.5-146 - File: LF-1(12).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 °
 Operations: Import
 GL - File: LF-1(12).GL.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 15.000 ° - Step: 0.020 ° - Time Started: 5 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Chit: 0.00 ° -
 Operations: Y Scale Add -50 | Y Scale Add 100 | Y Scale Add -100 | Y Scale Add 300 | Import

LF1-14(2)



2-Theta - Scale

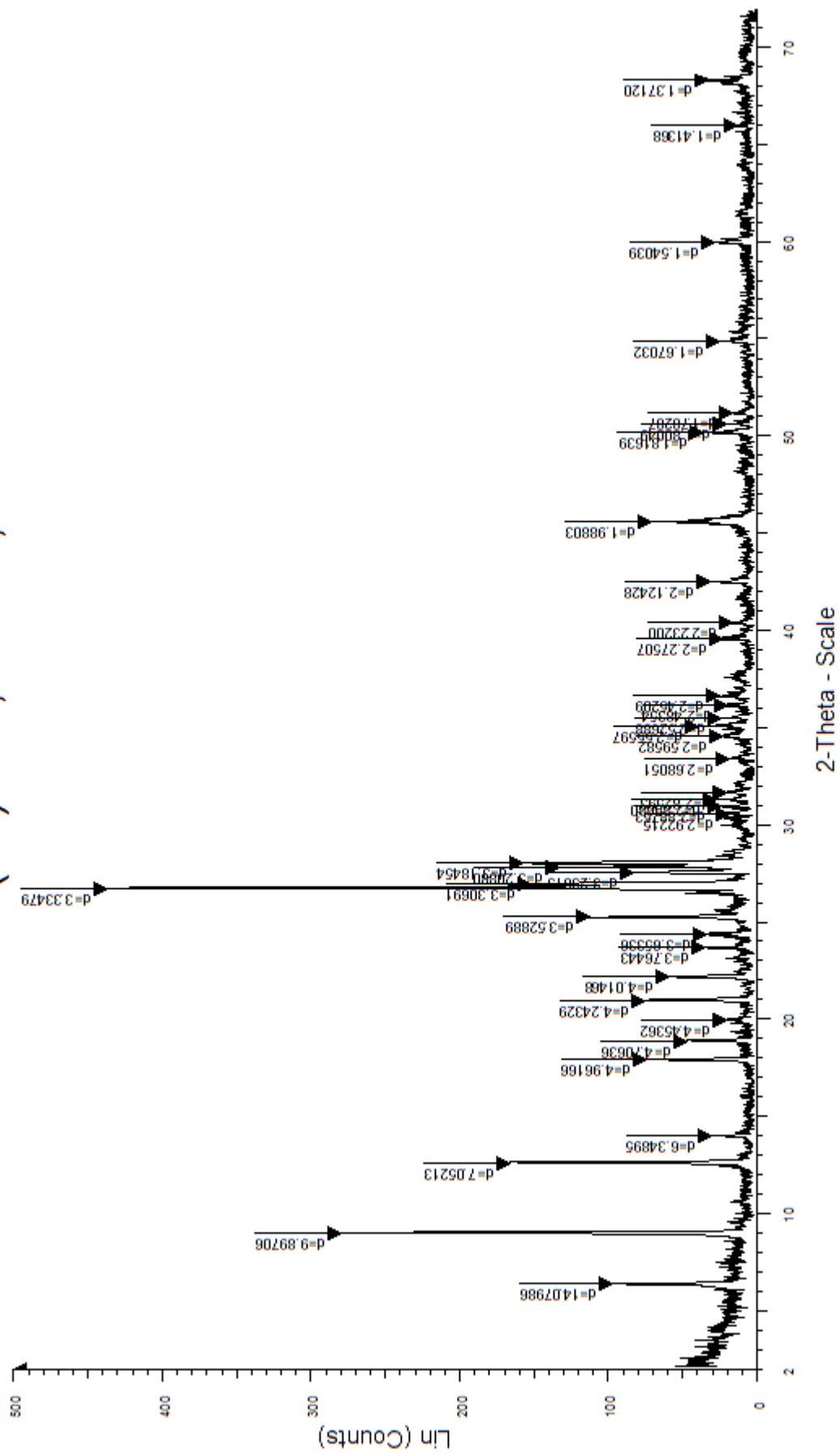
LF1-14(2) - File: LF1-14(2).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Cht: 0
 Operations: Import

LF1(15)162,40-171



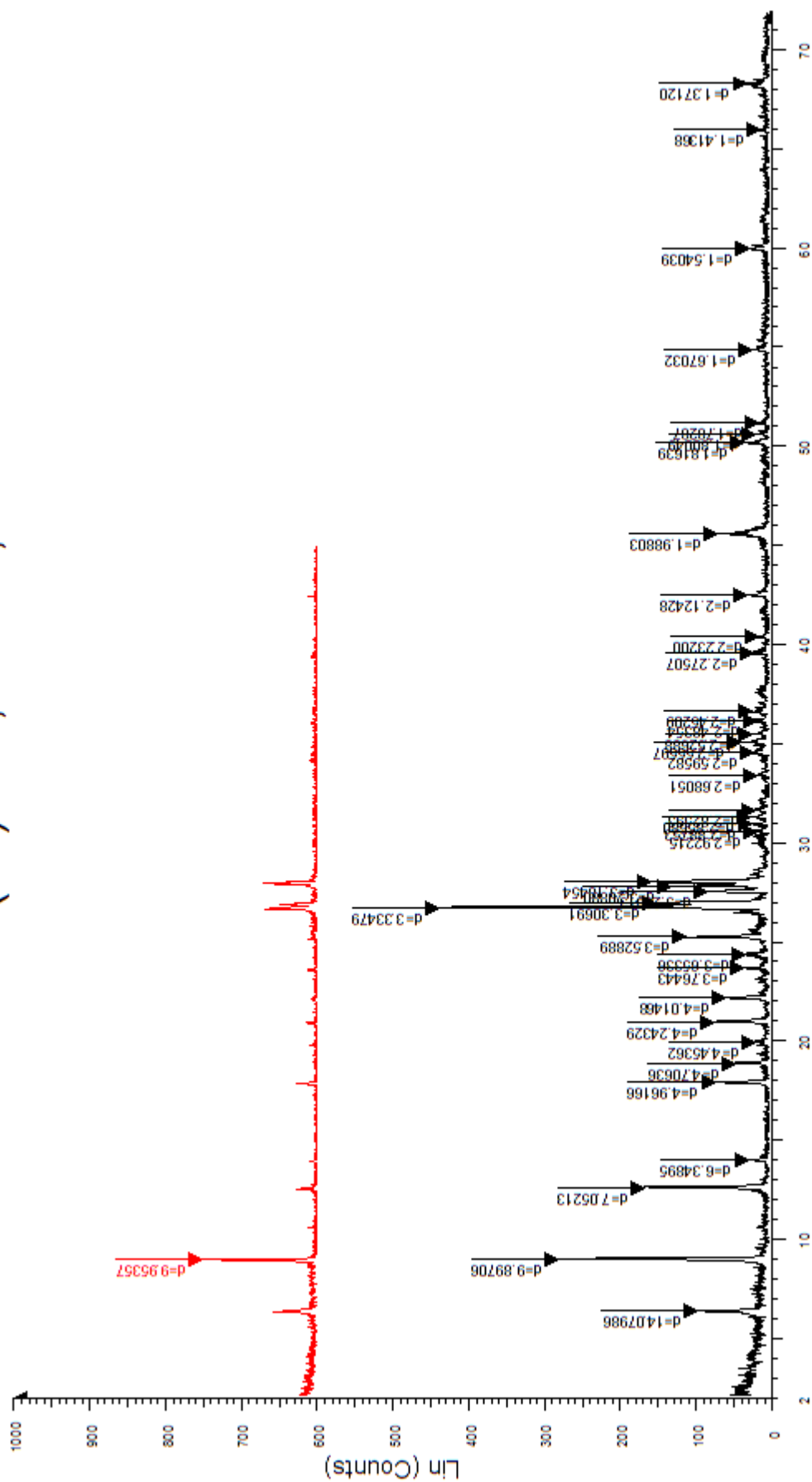
LF1(15)162,40-171 - File: LF1(15).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 °
Operations: Import

LF-1(20) 175,70-179,10



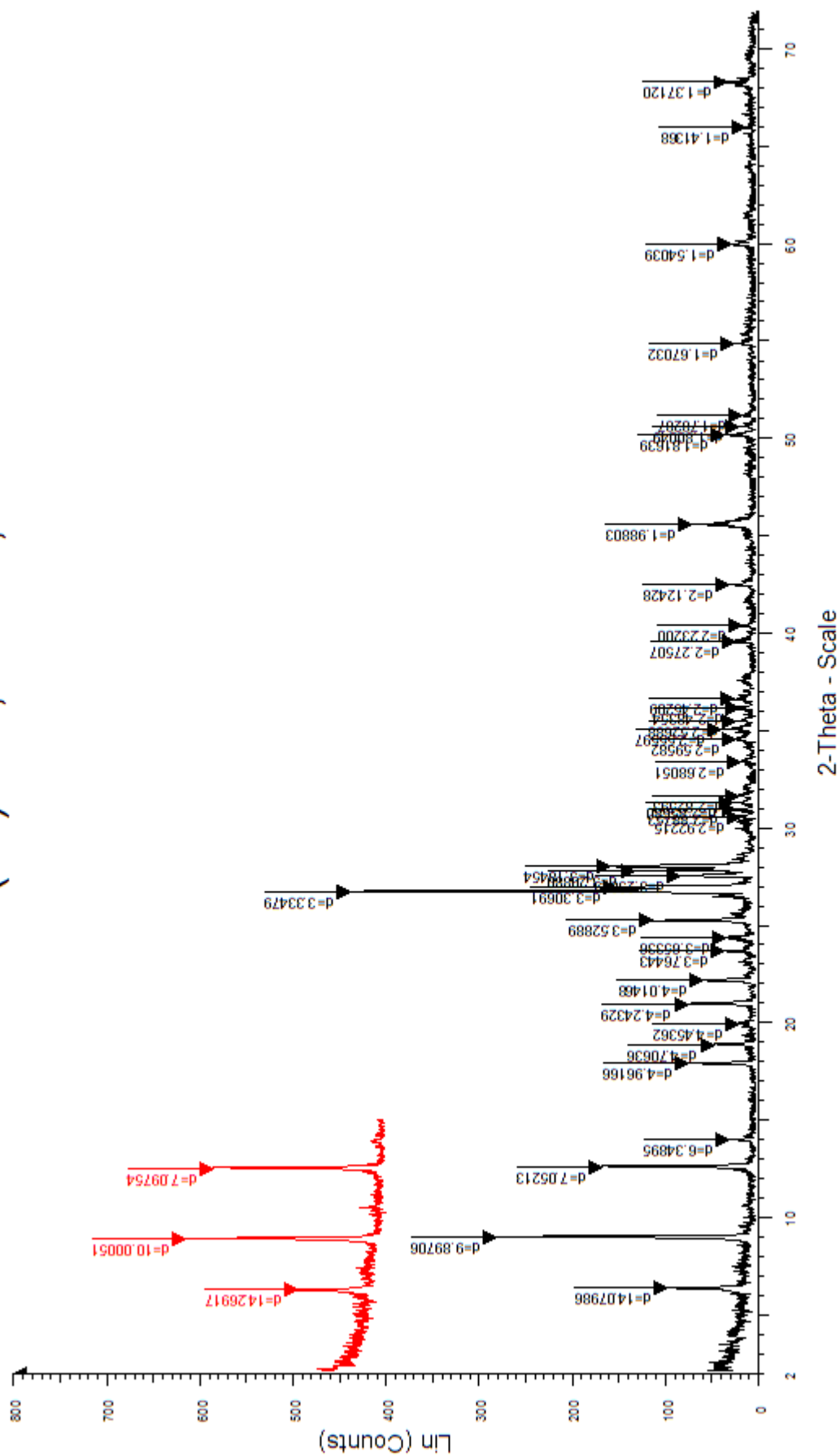
LF-1(20) 175,70-179,10 - File: LF-1(20).raw - Type: 2Theta locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1. Operations: Import

LF-1(20) 175,70-179,10



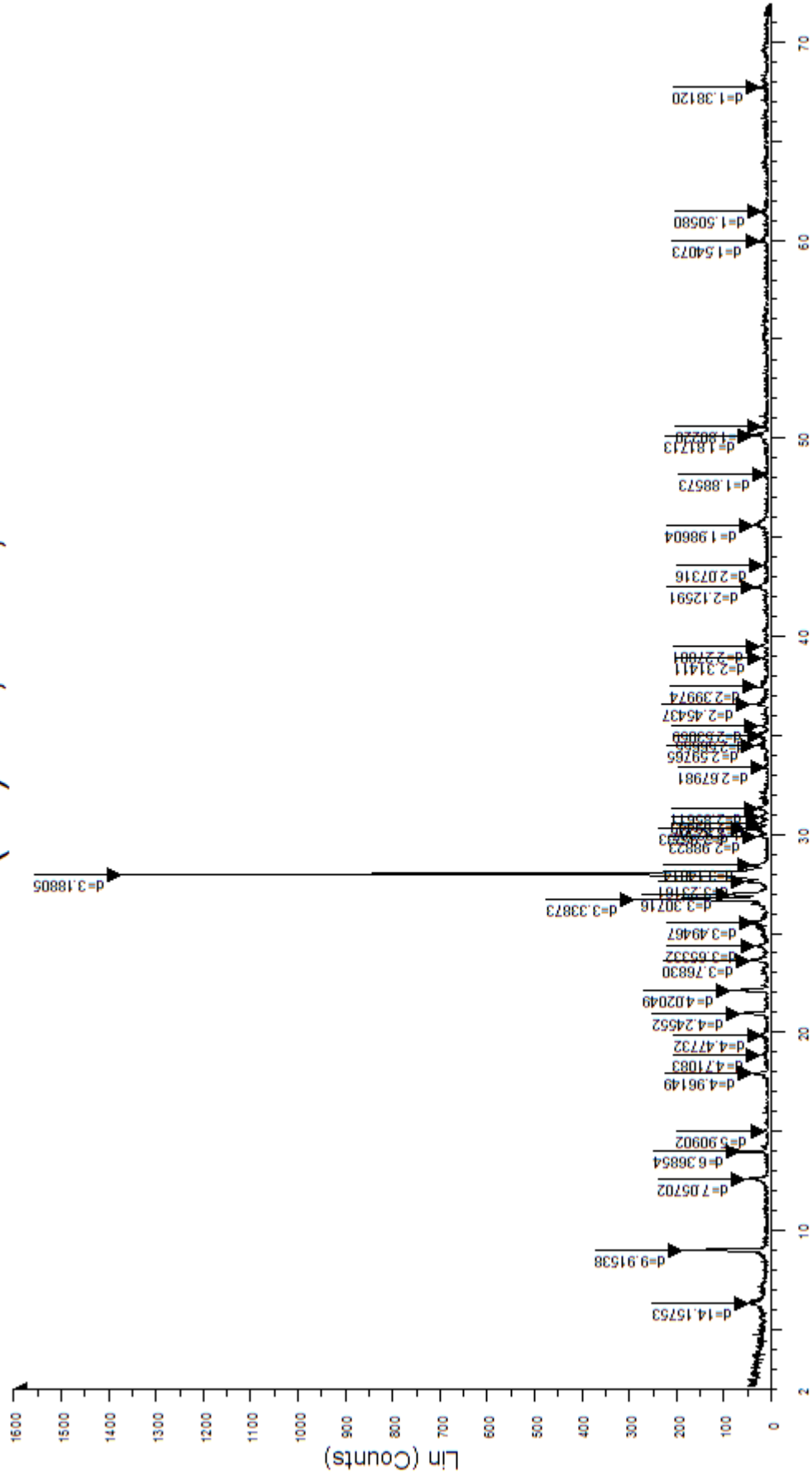
LF-1(20) 175,70-179,10 - File: LF-1(20).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1. Operations: Import
LF1(20) VS 5500C - File: LF1(20) VS 5500C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 45.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 9 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta Operations: Y Scale Add 100 | Y Scale Add 200 | Y Scale Add 300 | Import

LF-1(20) 175,70-179,10



LF-1(20) 175,70-179,10 - File: LF-1(20).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 °
 Operations: Import
 LF-1(20) VS GL - File: LF-1(20) VS GL.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 15.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 5 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 °
 Operations: Y Scale Add 50 | Y Scale Add 350 | Import

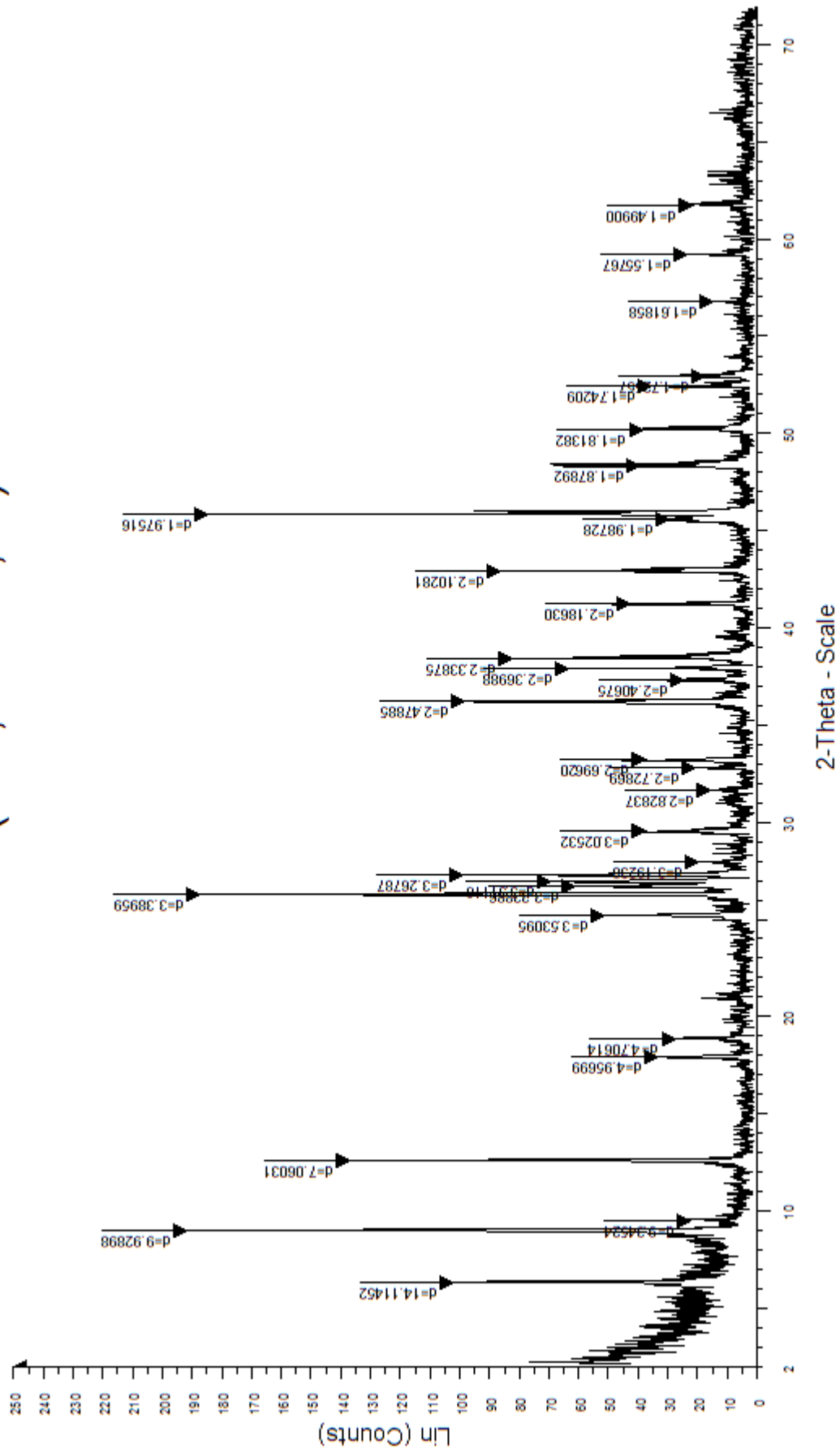
LF-1(22)180,5-181,5



2-Theta - Scale

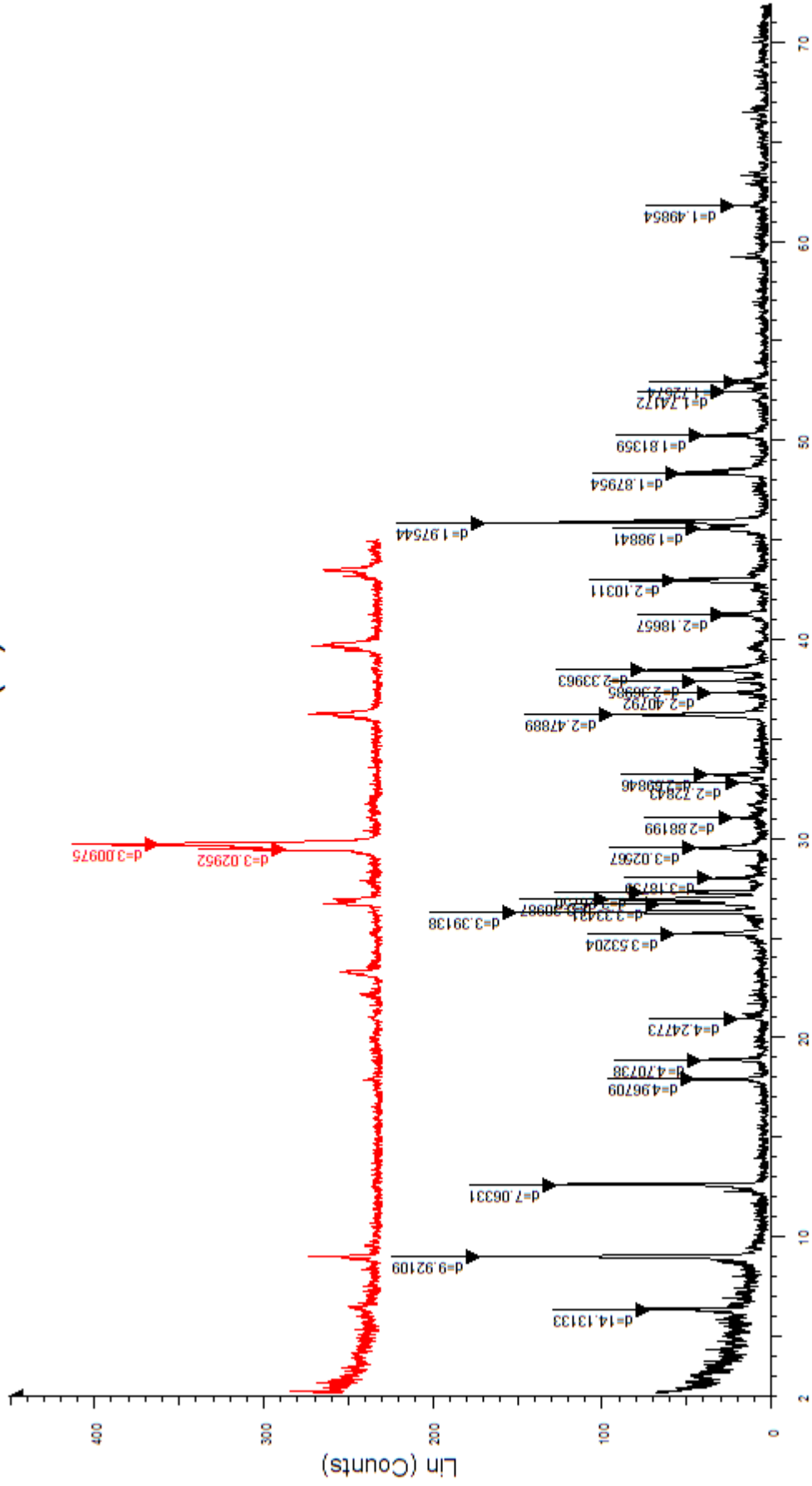
LF-1(22)180,5-181,5 - File: LF-1(22).raw - Type: 2Th:Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 4 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 °
 Operations: Import

KNP1 (233,12-233,45)



KNP1 (233,12-233,45) - File: KNP1.raw - Type: 2Theta locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000
 Operations: Import

KNP1 (2)



2-Theta - Scale

KNP1 (2) - File: KNP1(2).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Cnt: 0.0
 Operations: Import
 KNP 1 - File: KNP 1 5500C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 45.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Cnt:
 Operations: Y Scale Add 10 | Y Scale Add 20 | Y Scale Add 200 | Import

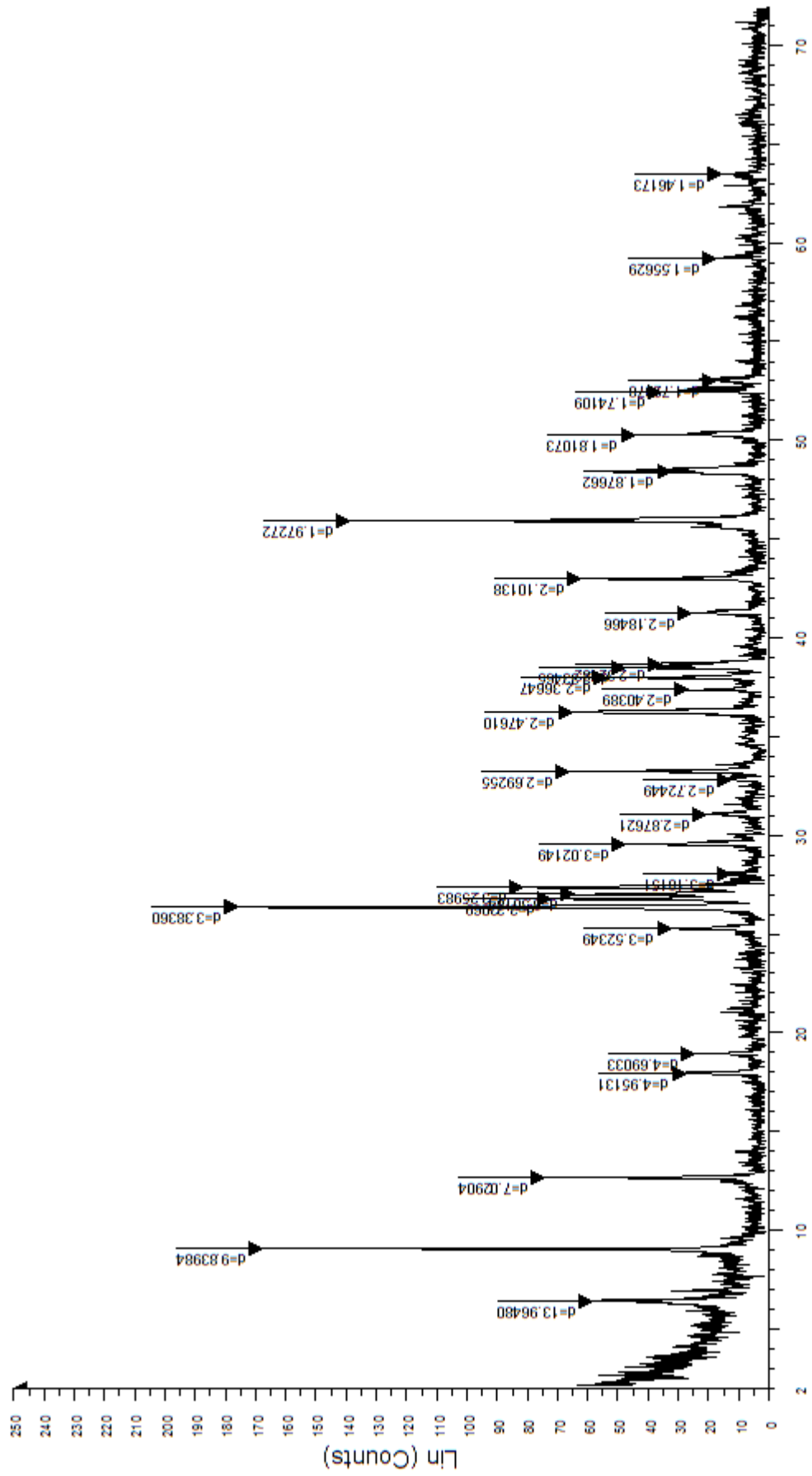
KNP1 (2)



2-Theta - Scale

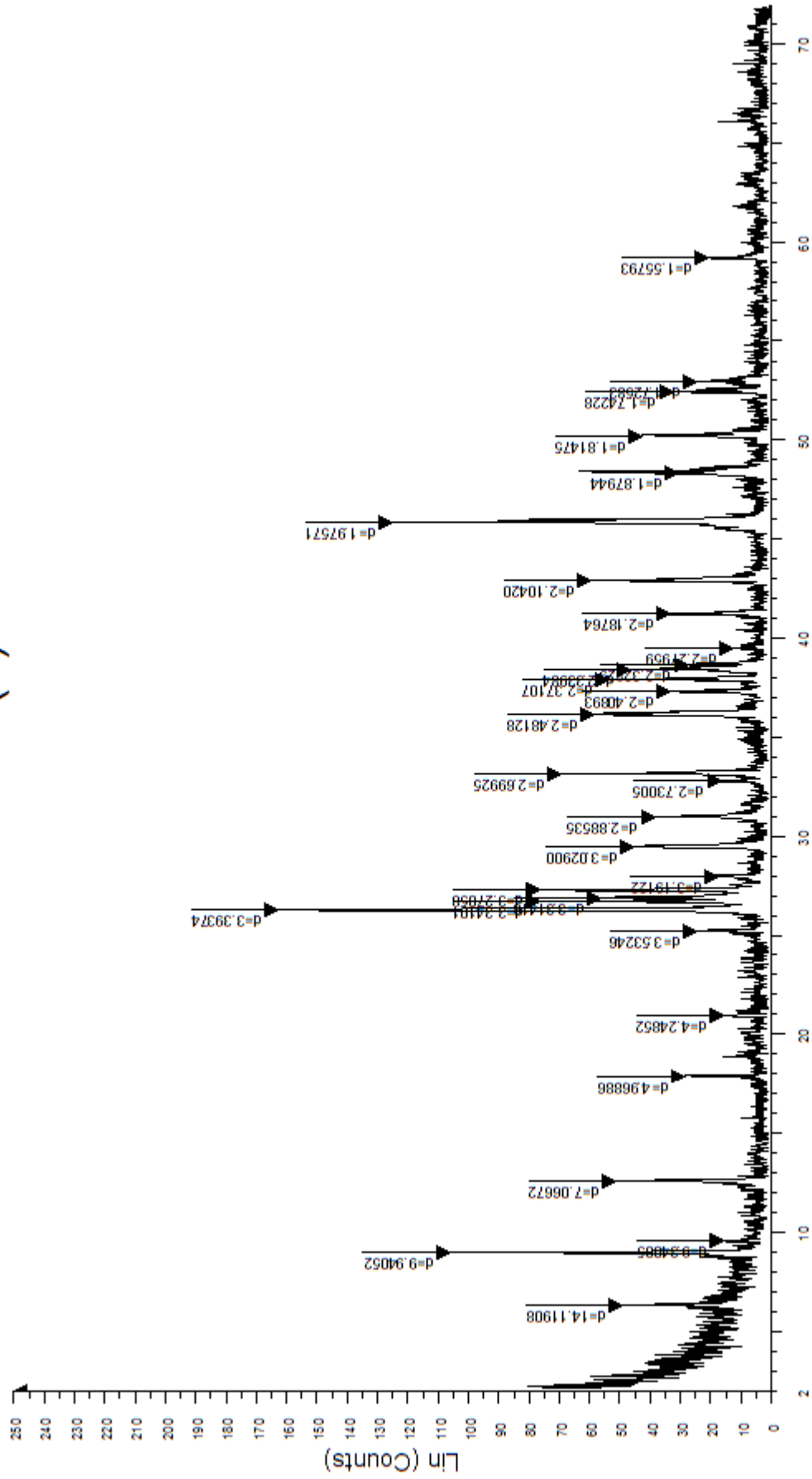
KNP1 (2) - File: KNP1(2).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Stated: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Cnt: 0.0
 Operations: Import
 KNP 1 (233.12-233.45) GL - File: KNP 1 GL.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 15.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Stated: 11 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Cnt: 0.0
 Operations: Y Scale Add -10 | Y Scale Add 100 | Y Scale Add 200 | Import

KNP2



KNP2 - File: KNP2.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Cnt: 0.00 ° - P
Operations: import

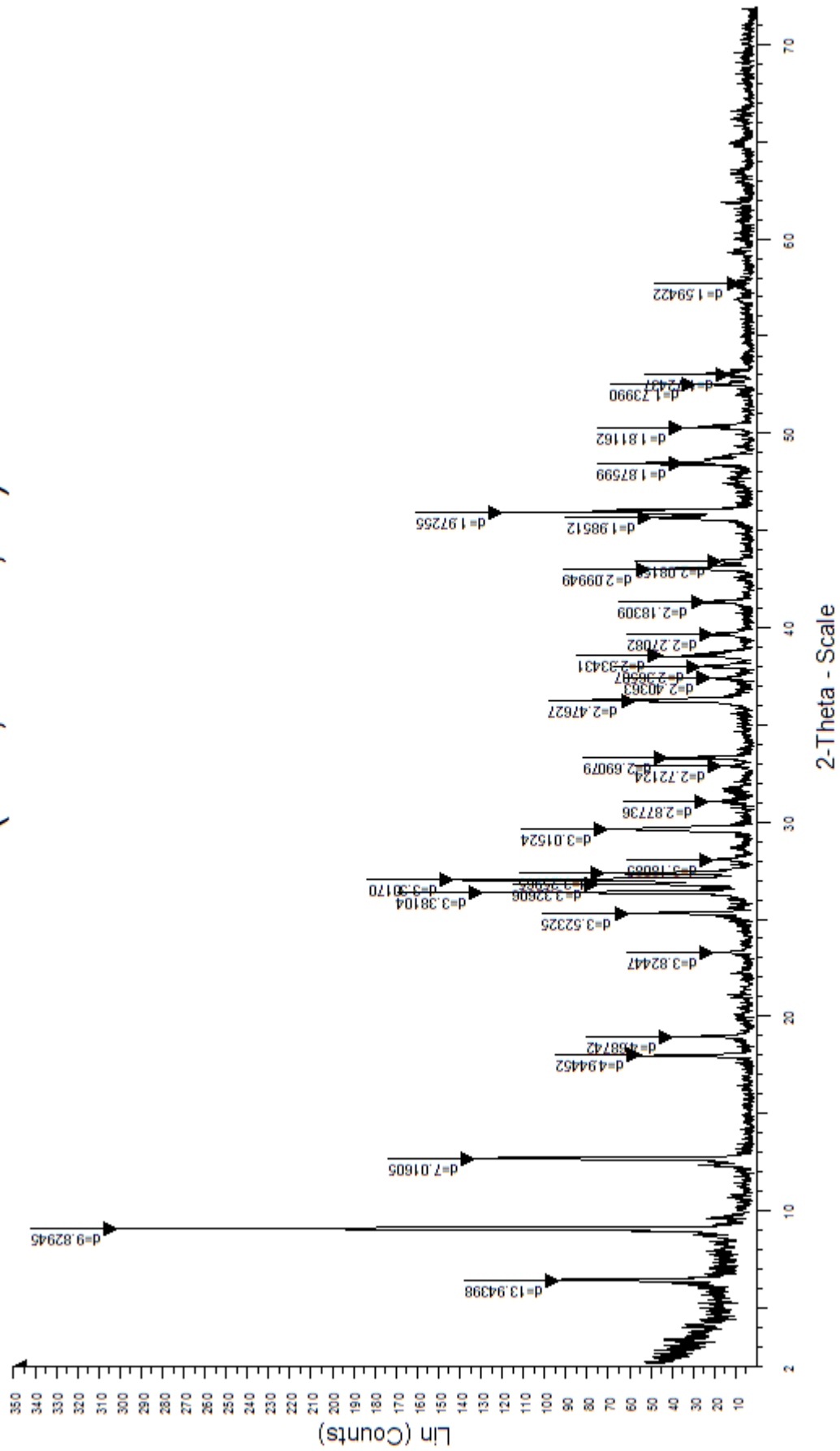
KNP3(2)



2-Theta - Scale

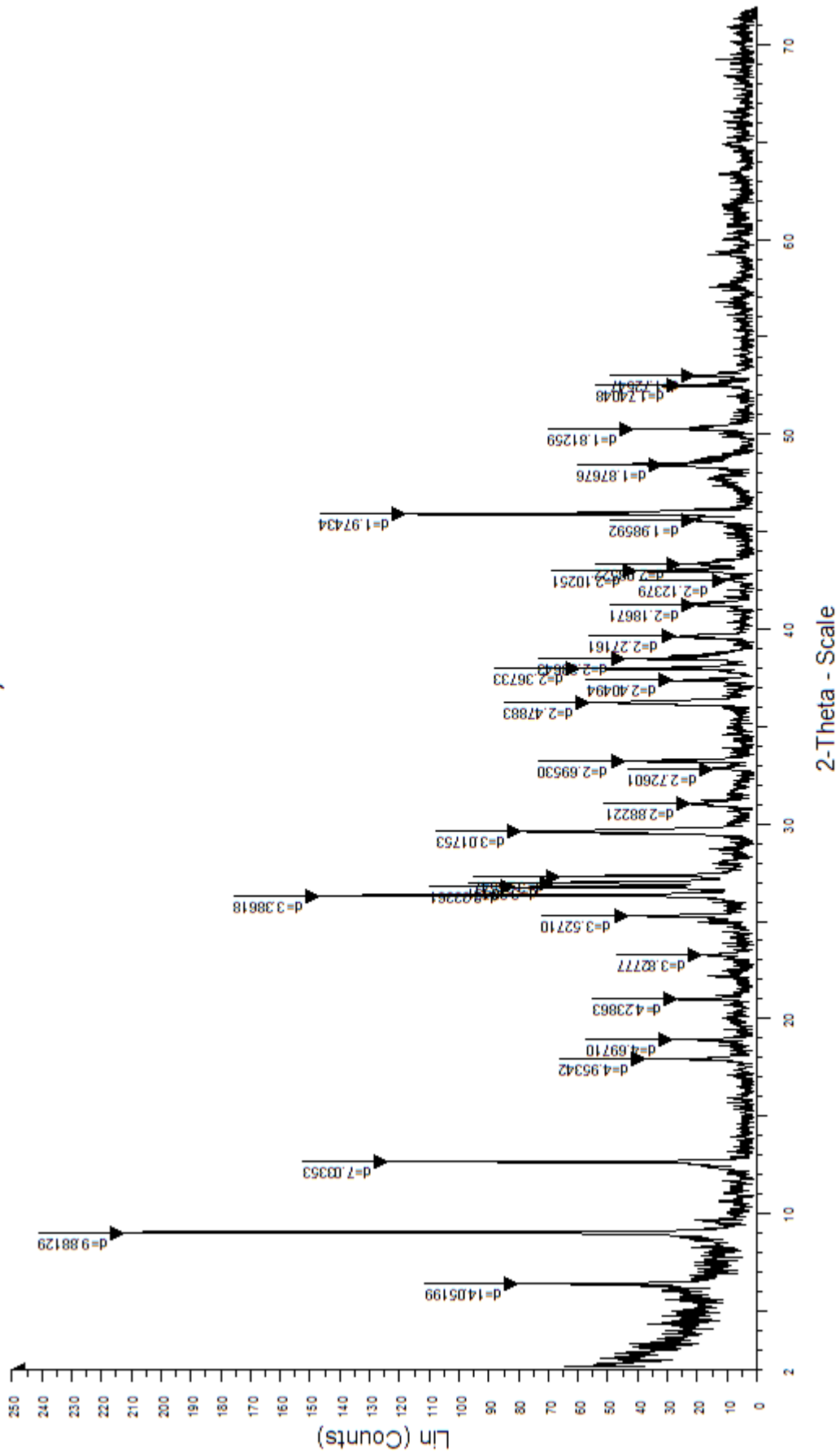
KNP3(2) - File: KNP3(2).raw - Type: 2Th:Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Cht: 0.0
Operations: Import

KNP4 (234,47-234,71)



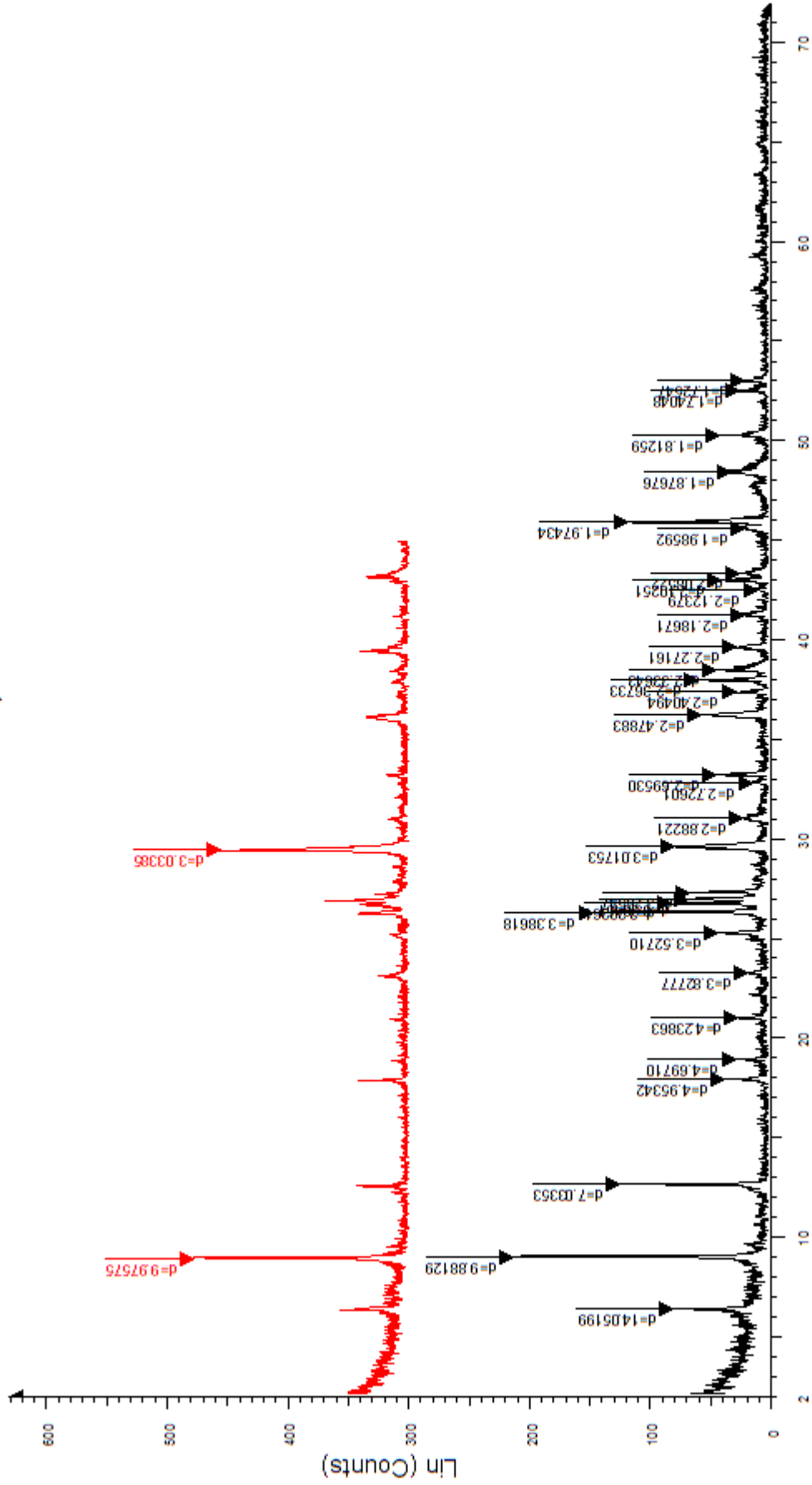
KNP4 (234,47-234,71) - File: KNP4.raw - Type: 2Th/Theta locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Stamped: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000
Operations: Import

KNP 5 234,77-235



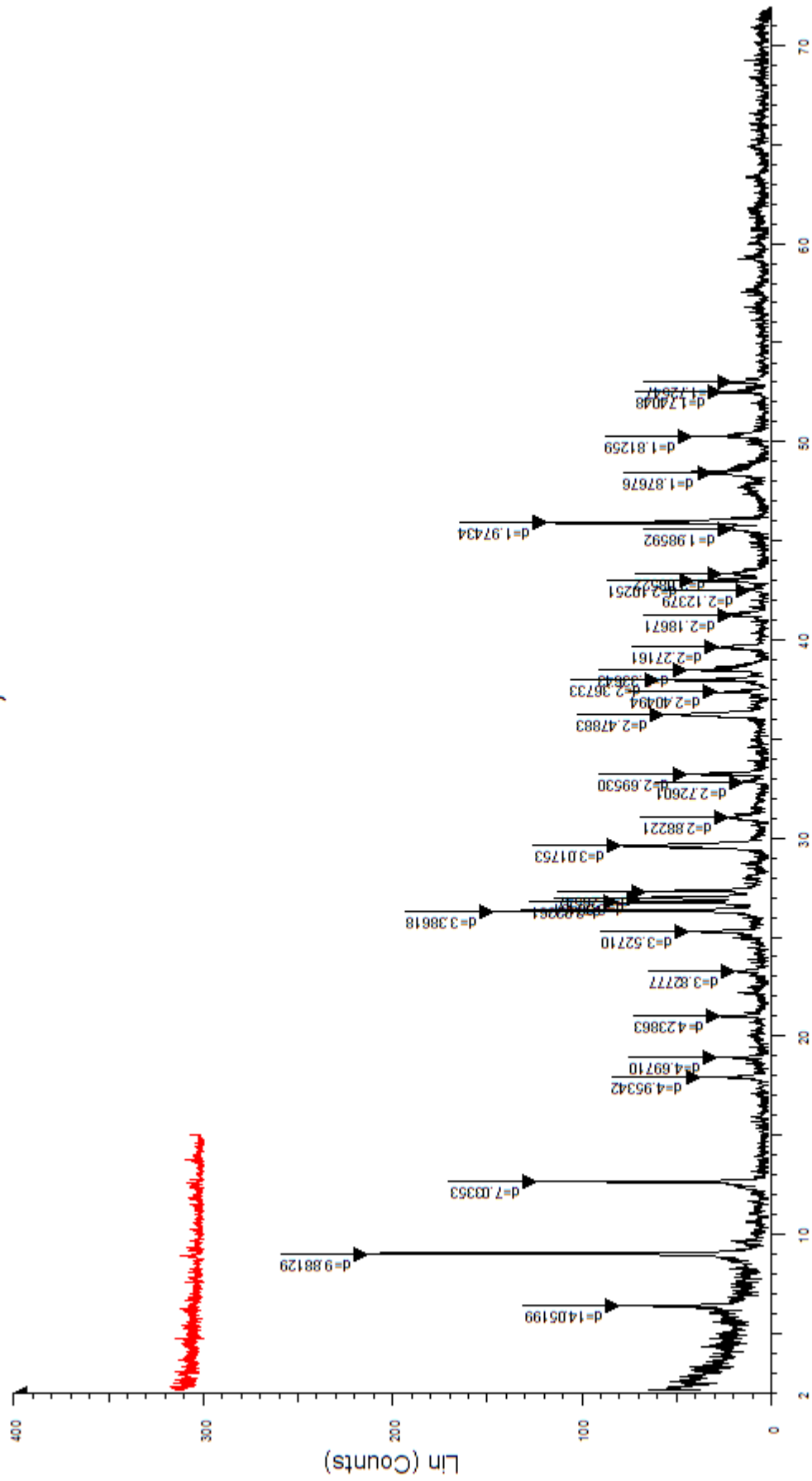
KNP 5 234,77-235 - File: KNP5.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - C
Operations: Import

KNP 5 234,77-235



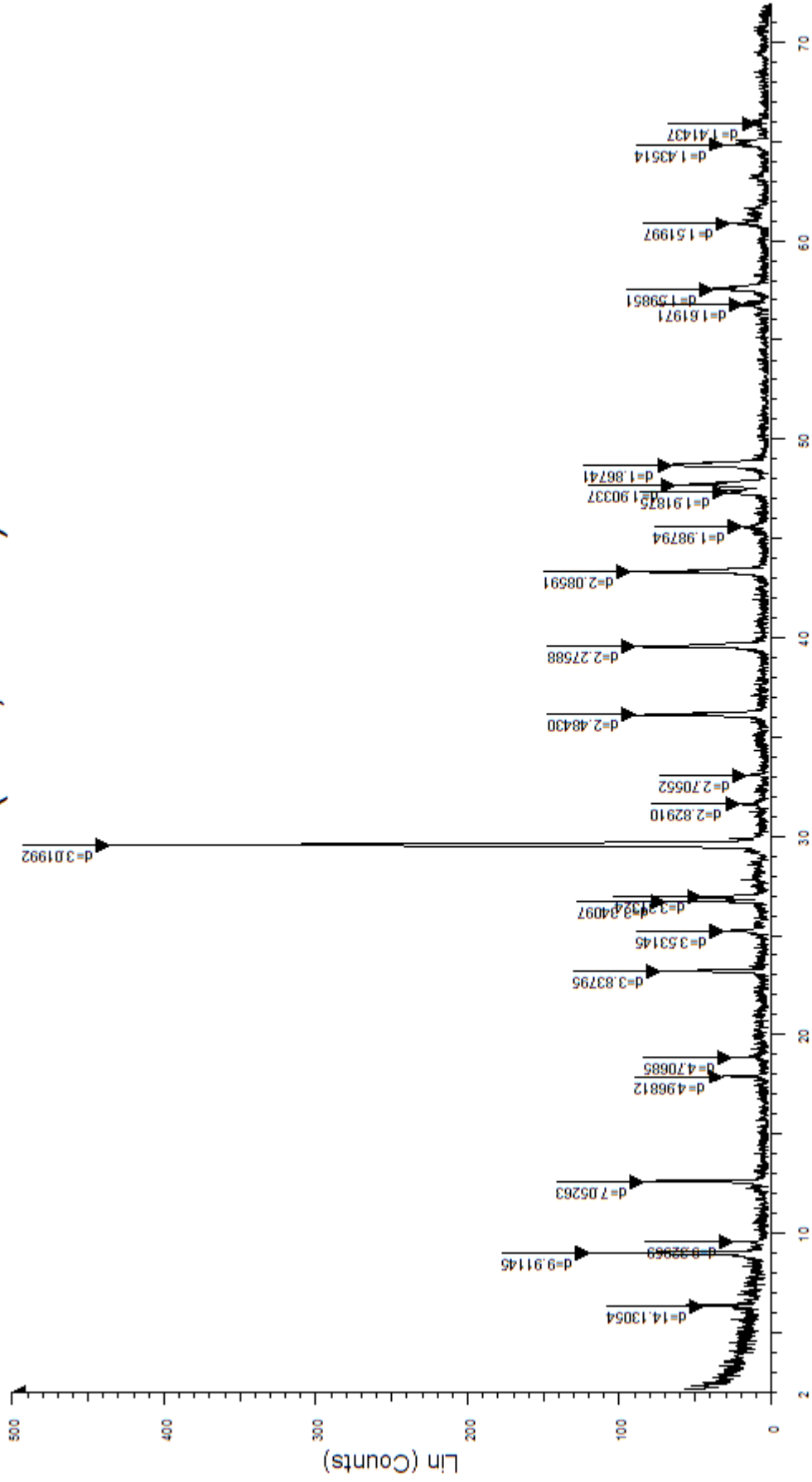
KNP 5 234,77-235 - File: KNP5.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - C
 Operations: Import
 KNP5 VS 5500C - File: KNP5 VS 5500C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 45.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1
 Operations: Y Scale Add 100 | Y Scale Add 200 | Import

KNP 5 234,77-235



KNP 5 234,77-235 - File: KNP5.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - C
Operations: Import
KNP 5 VS GL - File: KNP 5 VS GL.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 15.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 5 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° -
Operations: Y Scale Add 300 | Import

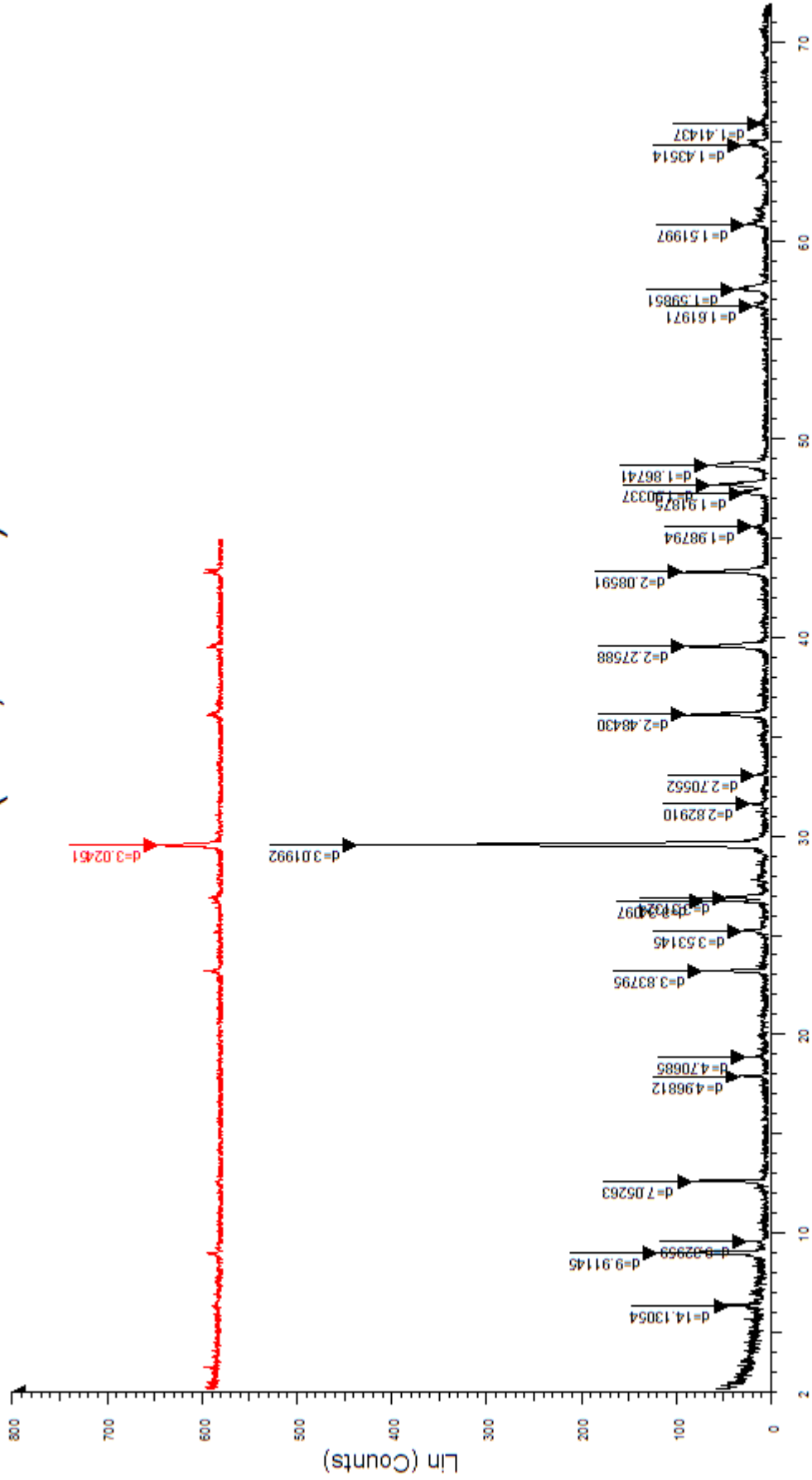
KNP6 (236,79-237)



2-Theta - Scale

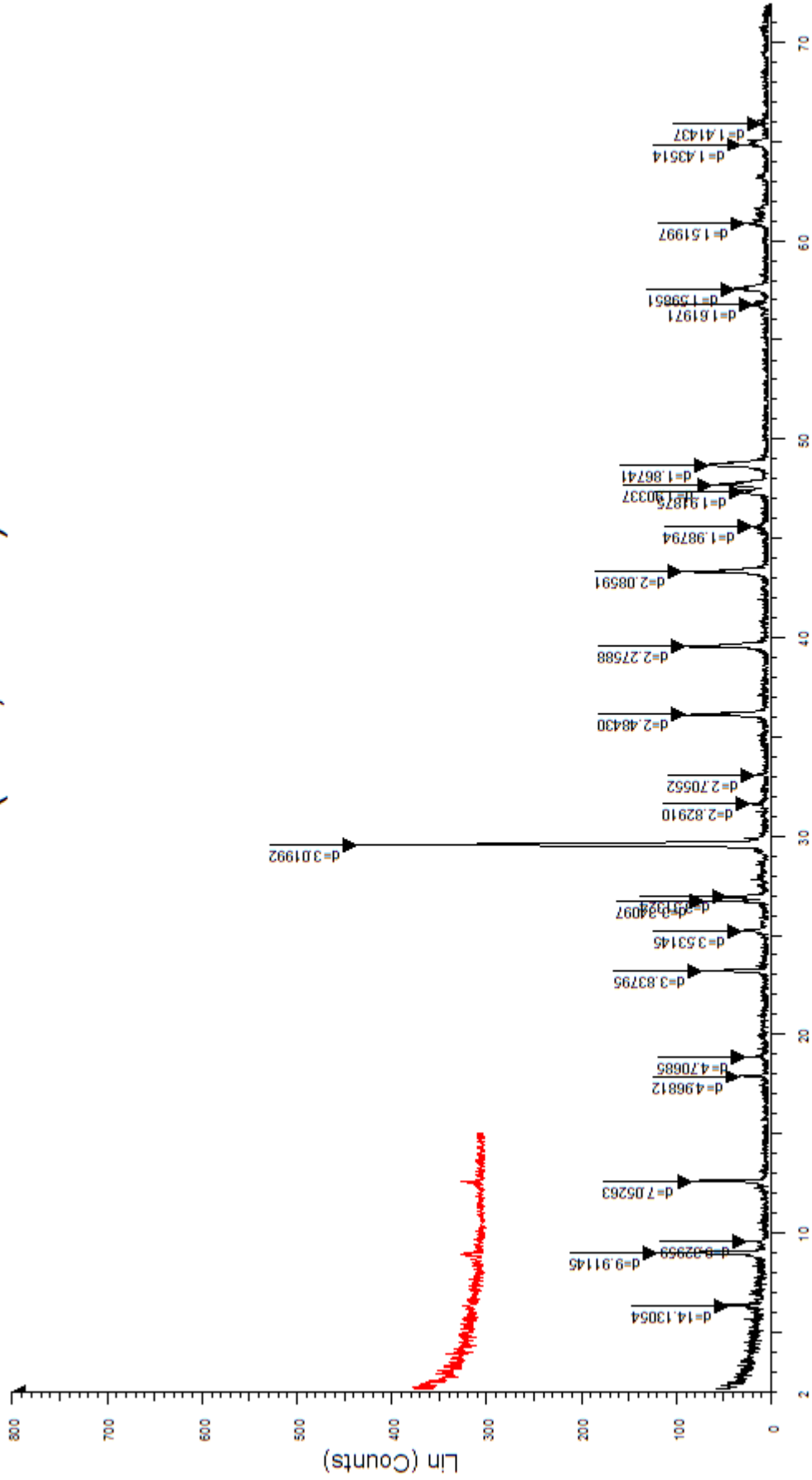
KNP6 (236,79-237) - File: KNP6.raw - Type: 2Th:Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Operations: Import

KNP6 (236,79-237)



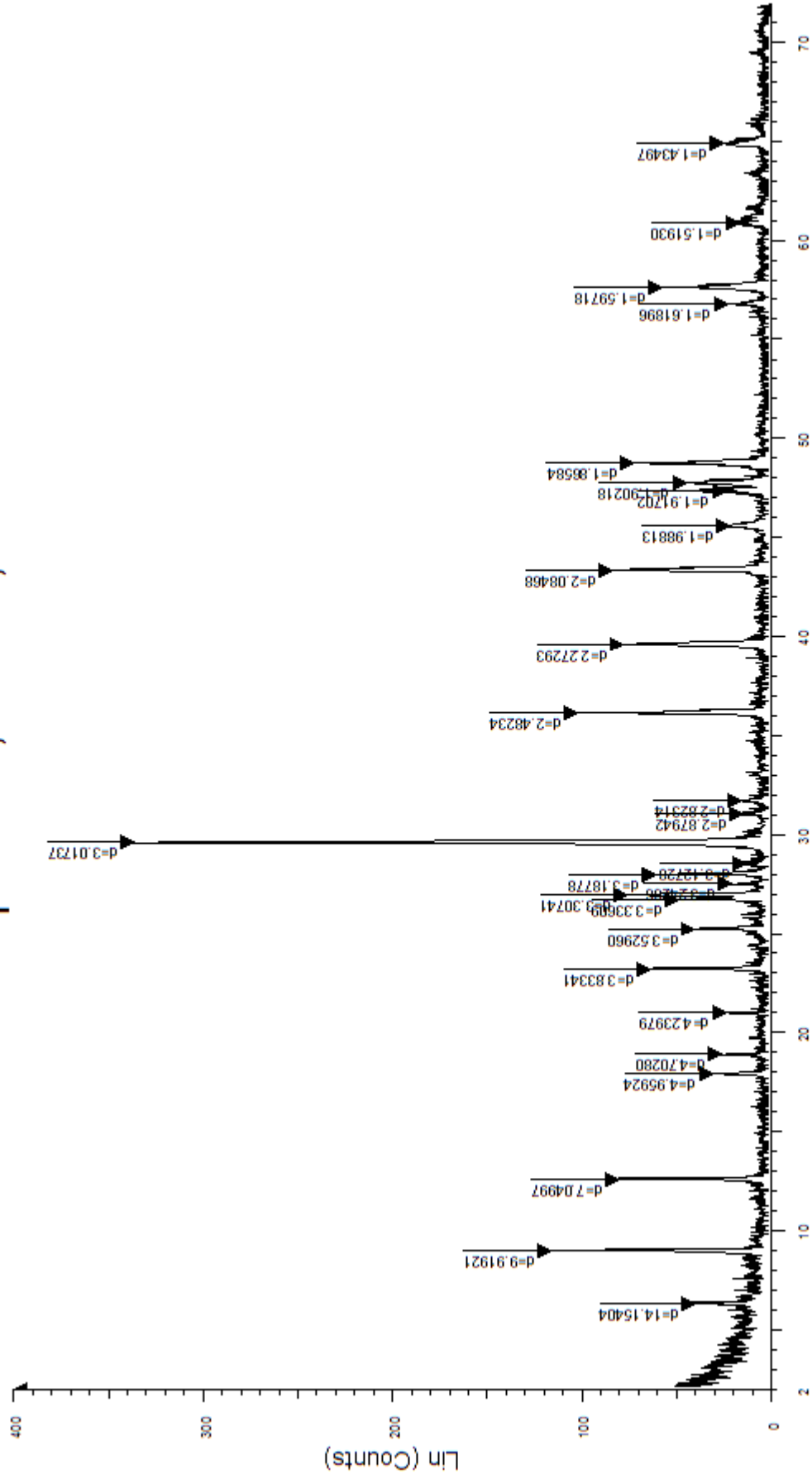
KNP6 (236,79-237) - File: KNP6.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Operations: Import
 KNP6 VS 5500C - File: KNP6 VS 5500C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 45.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 10 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Operations: Y Scale Add 100 | Y Scale Add 200 | Y Scale Add 80 | Import

KNP6 (236,79-237)



KNP6 (236,79-237) - File: KNP6.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Operations: Import
 KNP6 VS GL - File: KNP6 VS GL.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 15.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 5 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Operations: Y Scale Add 300 | Import

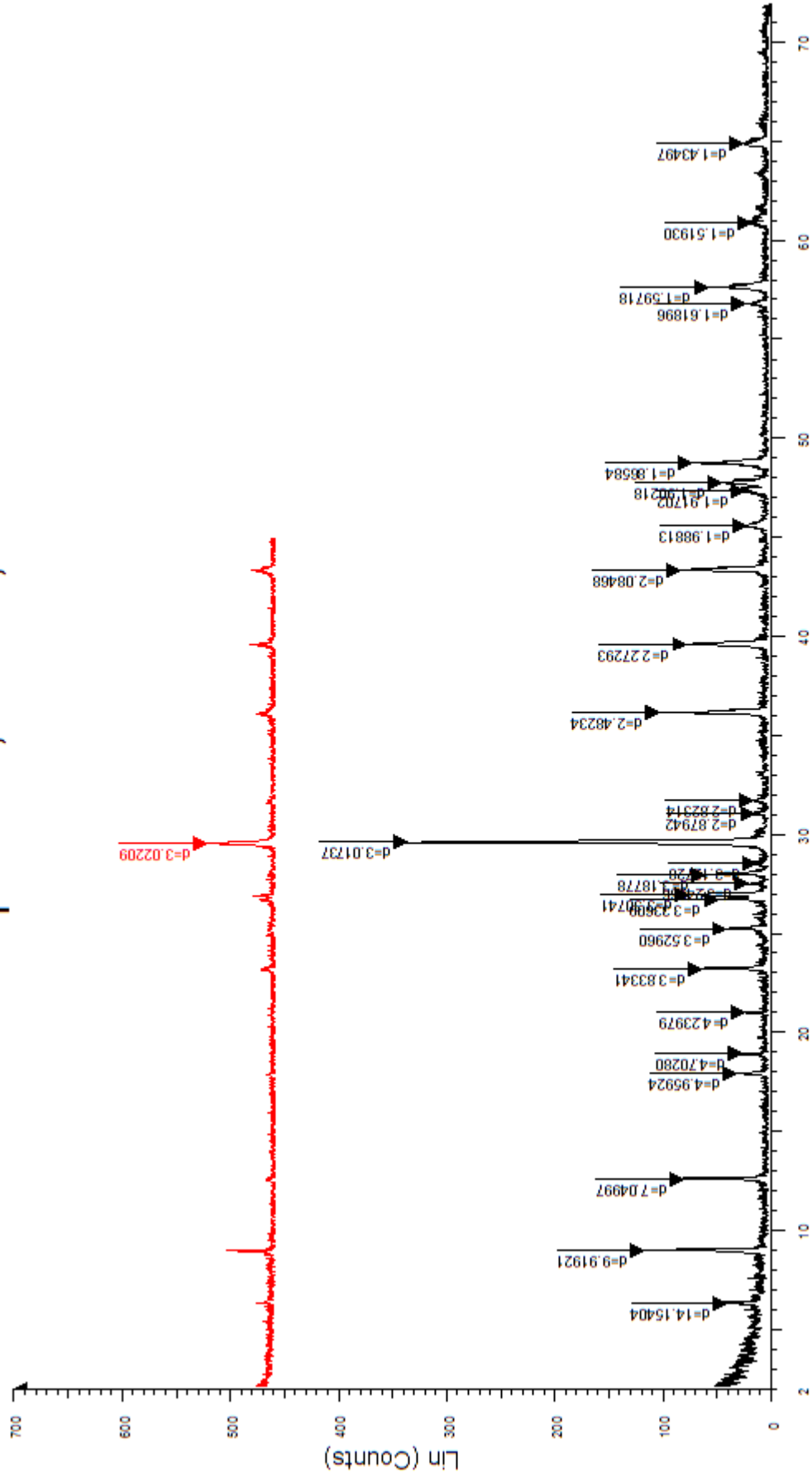
knp 7 237,17-237,39



2-Theta - Scale

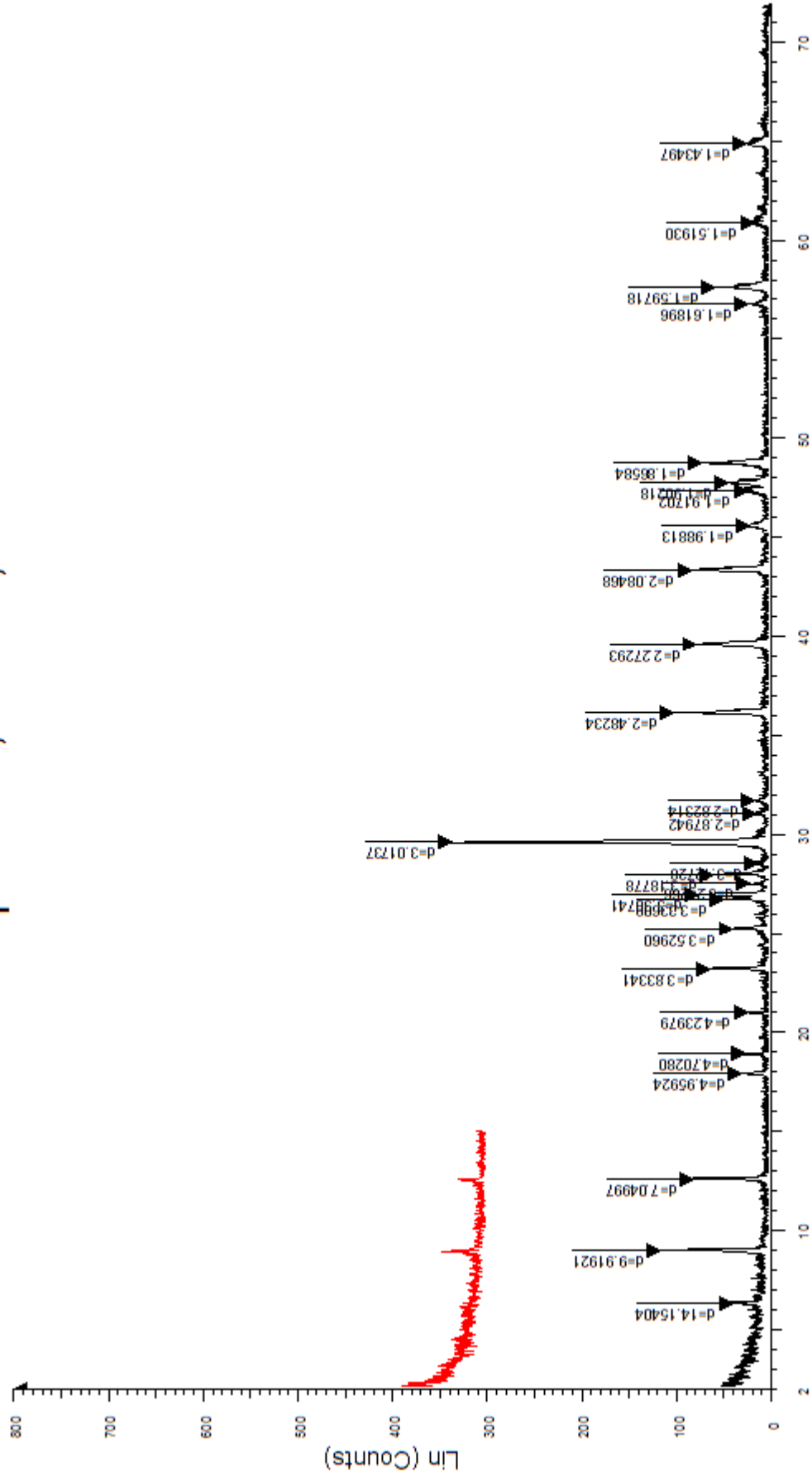
knp 7 237,17-237,39 - File: knp7.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Operations: Import

knp 7 237,17-237,39



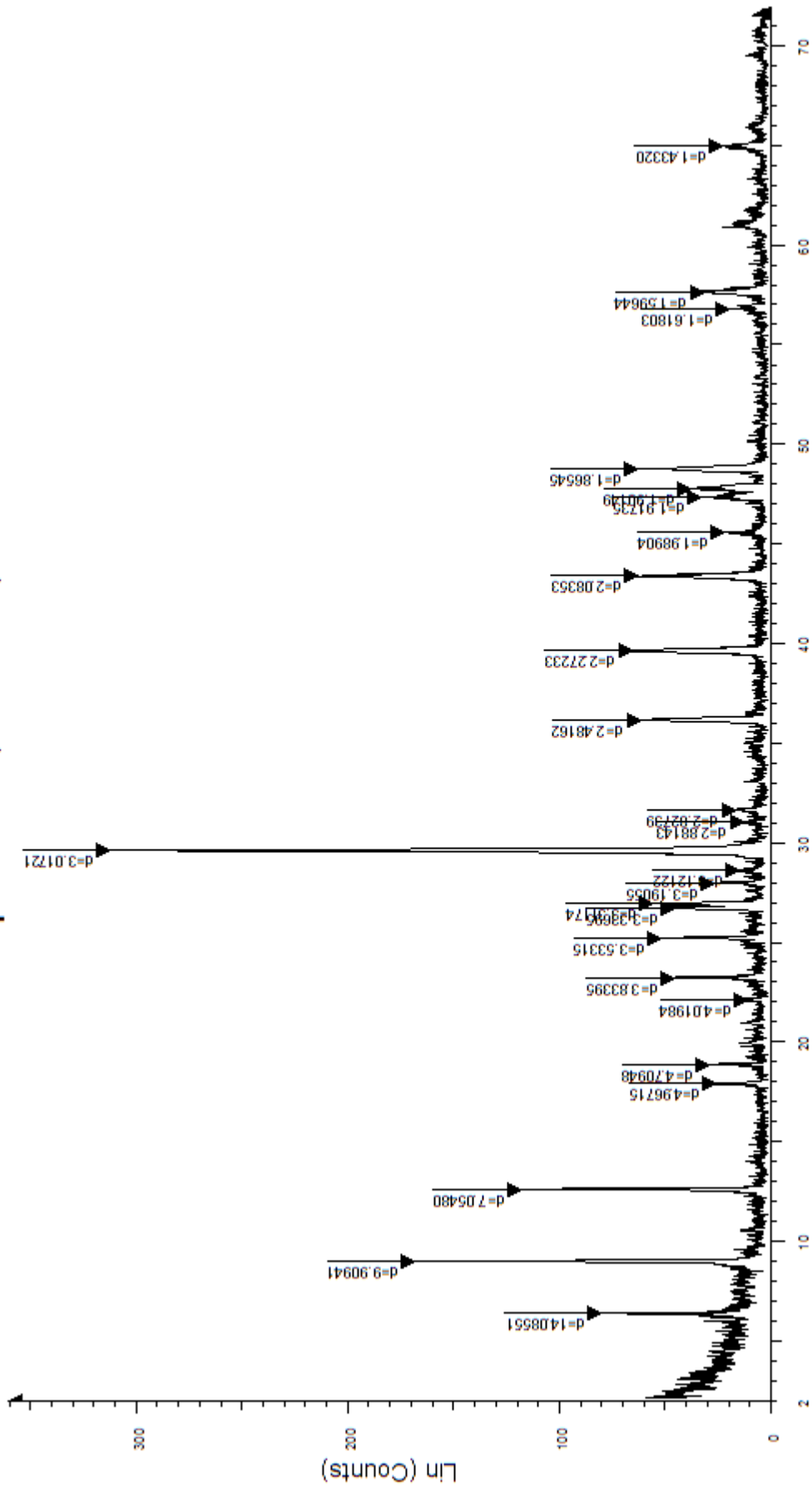
knp 7 237,17-237,39 - File: knp7.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° -
 Operations: Import
 KNP7 VS 5500C - File: KNP7 VS 5500C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 45.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° -
 Operations: Y Scale Add 100 | Y Scale Add 100 | Y Scale Add 250 | Import

knp 7 237,17-237,39



knp 7 237,17-237,39 - File: knp7.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Operations: Import
 KNP 7 VS GL - File: KNP 7 VS GL.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 15.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Operations: Y Scale Add 300 | Import

knp 8 237,55-237,71



2-Theta - Scale

File: knp 8 237,55-237,71 - Type: 2Th;Tn locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 °
Operations: Import