

Οργανική Πετρολογία

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

- Οργανική πετρολογία
- Macerals
- Ανακλαστικότητα του βιτρινίτη
- Φθορισμός macerals
- Άλλες αναλύσεις

Τι είναι τα macerals;

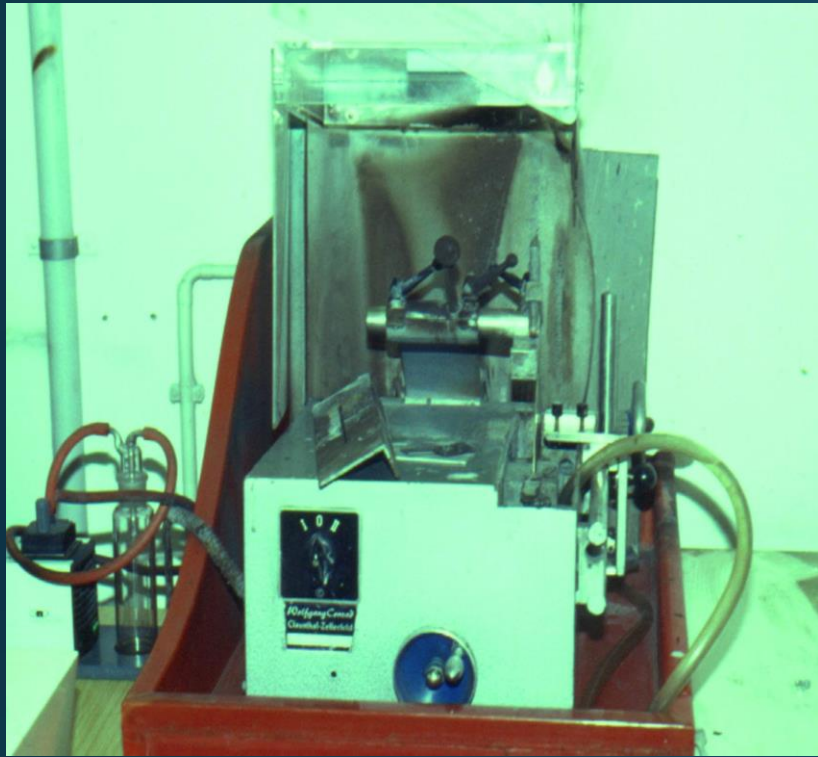
- Τα βασικά δομικά συστατικά των γαιανθράκων και της οργανικής ύλης των πετρωμάτων είναι τα macerals ή ελληνιστί φυτόκλαστα.
- Τα macerals είναι για τους γαιάνθρακες ό,τι τα ορυκτά για τα πετρώματα.
- Τρεις είναι οι κύριες ομάδες macerals: βιτρινίτης, λιπτινίτης και ινερτινίτης

ΟΜΑΔΑ MACERAL	ΥΠΟΟΜΑΔΑ MACERAL	MACERAL	ΤΥΠΟΣ MACERAL
		Τεξιτινίτης	
	Τελοχουμινίτης	Ουλμινίτης	Τεξτο-ουλμινίτης Ευ-ουλμινίτης
Χουμινίτης (Βιτρινίτης)	Ντετροχουμινίτης	Αττρινίτης Ντενζινίτης	
	Γελοχουμινίτης	Γελινίτης	Ποριγελινίτης Λεβιγελινίτης
		Κορποχουμινίτης	Φλομπαφινίτης Ψευδοφλομπαφινίτης
		Σπορινίτης	
		Κουτινίτης	
		Ρητινίτης	
Λιπτινίτης		Σουμπερινίτης	
		Αλγινίτης	
		Φθορινίτης	
		Βιτουμινίτης	
		Λιπτοντετρινίτης	
		Χλωροφυλλινίτης	
		Φουζινίτης	
		Ημιφουζινίτης	
Ινερτινίτης		Μακρινίτης	
		Σκληροτινίτης	
		Ινερτοντετρινίτης	

Ταξινόμηση των
macerals (κατά ICCP
1971, 1975,
1985, 2005).

Προετοιμασία δειγμάτων

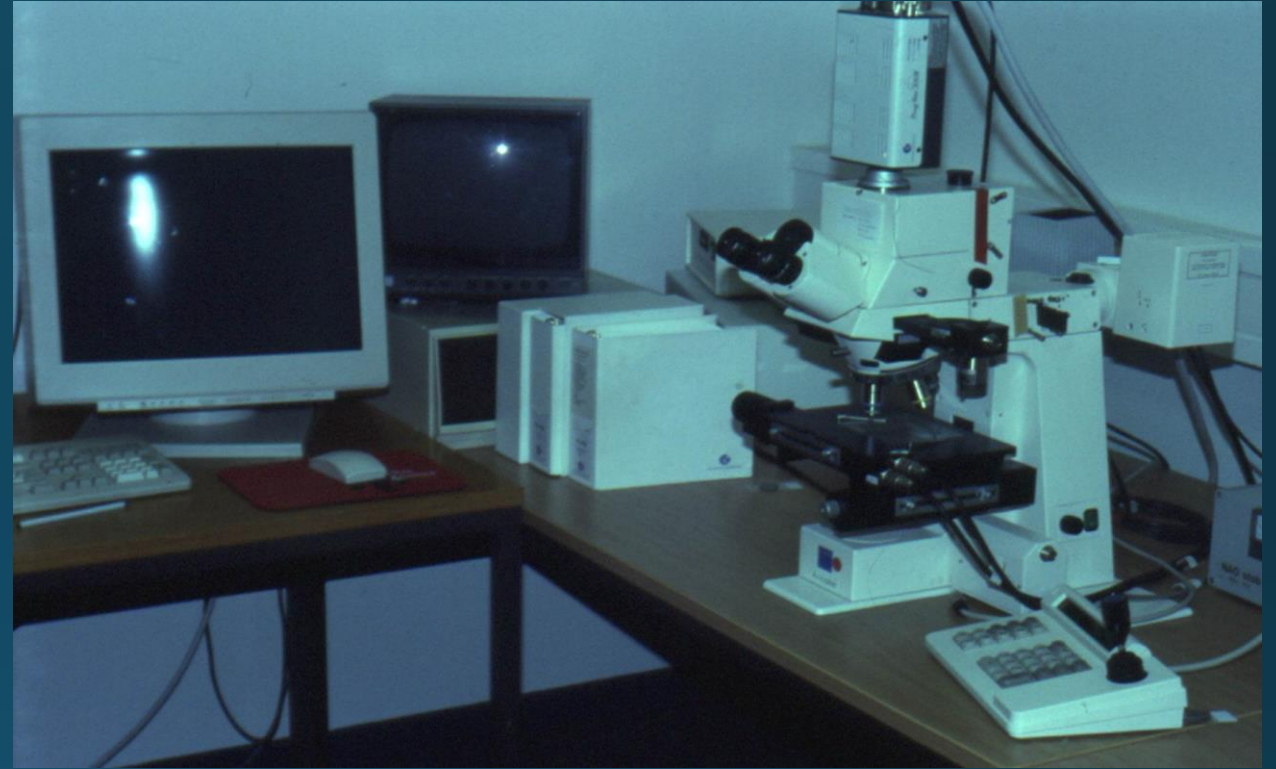
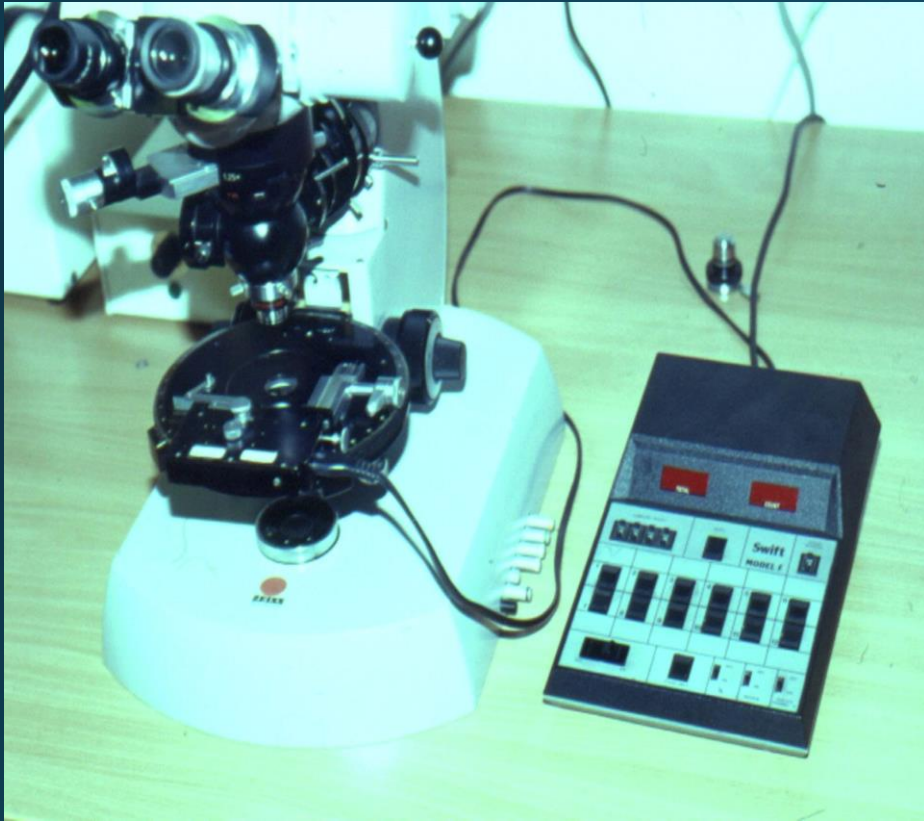
- Η προετοιμασία των στιλπνών τομών για την παρατήρηση στο μικροσκόπιο περιλαμβάνει κοπή σε τροχό, ενώ για τα εύθρυπτα κονιοποίηση σε μέγεθος κόκκων 1 έως 3 mm. Τα μεν πρώτα δίνουν στιλπνές τομές τύπου τεμάχους (block), ενώ τα δεύτερα τύπου κονιοποιημένου (particulate).
- Στη συνέχεια τοποθετούνται σε κυλινδρικές, πλαστικές θήκες, οι οποίες πληρώνονται με ειδικές εποξειδικές ρητίνες. Όταν τα δείγματα στερεοποιηθούν, οδηγούνται σε συσκευή λείανσης και στίλβωσης. Η λείανση γίνεται με διαδοχική χρήση ειδικών λειαντικών υφασμάτων.
- Για τη στίλβωση χρησιμοποιούνται ειδικά παχύρρευστα διαλύματα συνθετικών διαμαντιών.
- Οι στιλπνές τομές επικολλούνται έπειτα σε γυάλινα πλακίδια και συμπιέζονται με ειδική πρέσσα, ώστε να είναι επίπεδη η επιφάνεια παρατήρησης και να μη δημιουργούνται προβλήματα κατά την παρατήρηση στο μικροσκόπιο.



Προετοιμασία δειγμάτων για ανθρακοπετρογραφική εξέταση
[αριστερά] Τροχός κοπής,
[μέσο] Στιλπνές τομές με τη μορφή λεπτομερών ($> 1\text{mm}$) τεμαχίων λιγνίτη (particulate)[αριστερά] και με τη μορφή (block)
[δεξιά], [δεξιά] Συσκευή λείανσης και στίλβωσης των δειγμάτων

Μικροσκοπική παρατήρηση

- Οι στιλπνές τομές παρατηρούνται σε μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, στο οποίο ενσωματώνεται κατάλληλος σημειακός καταμετρητής και μετρώνται με ελαιοκατάδυση οι περιεκτικότητές σε macerals.
- Χρησιμοποιείται αρχικά λευκό προσπίπτον φως για την παρατήρηση των macerals των ομάδων του βιτρινίτη και του ινερτινίτη (πεντακόσιες μετρήσεις σε κάθε δείγμα) και στη συνέχεια μπλε φως για την παρατήρηση των macerals της ομάδας του λιπτινίτη (πεντακόσιες μετρήσεις σε κάθε δείγμα).



Ανθρακοπετρογραφική ανάλυση,
[αριστερά] Σημειακός καταμετρητής (point counter),
[δεξιά] Διάταξη λήψης και επεξεργασίας ψηφιοποιημένων
εικόνων macerals

Αναγνώριση macerals

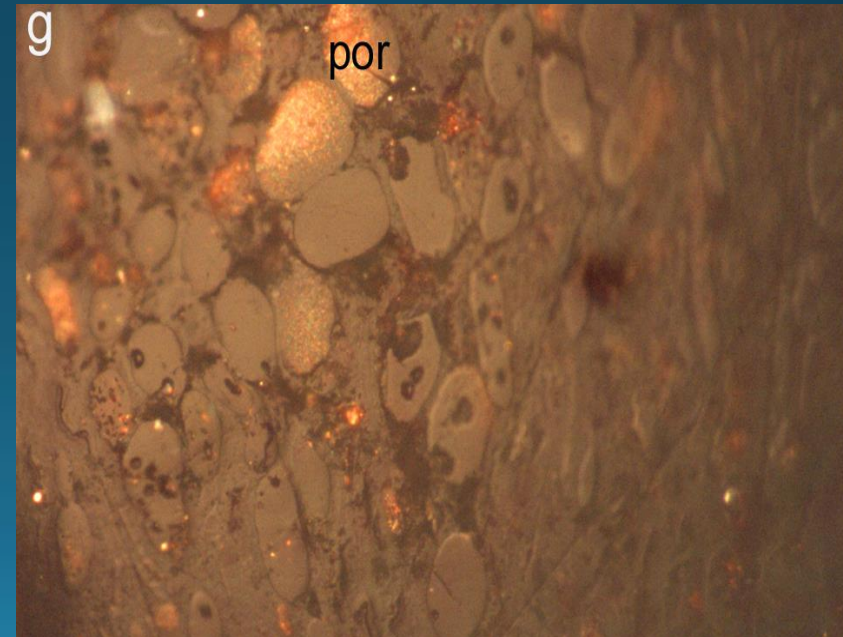
- Η διάκριση των macerals γίνεται κατά τη μικροσκοπική παρατήρηση στιλπνών τομών γαιανθράκων. Στηρίζεται στα εξής χαρακτηριστικά: χρώμα (από σκούρο γκρι έως λευκό σε ανακλώμενο λευκό φως), ανάγλυφο, μορφολογία, ανακλαστικότητα και φθορισμός (κίτρινο-πράσινο έως μαύρο σε μπλε-φθορίζον φως)

	Λευκό φως	Φθορίζον φως
Βιτρινίτης	Μέσο γκρι	Δεν φθορίζει ή ελαφρώς κίτρινο-κατσανό
Λιπτινίτης	Σκούρο γκρι, μαύρο	Πράσινο, κίτρινο, πορτοκαλί
Ινερτινίτης	Λευκό, ανοιχτό γκρι	Δεν φθορίζει

Χρώματα των ομάδων macerals κατά την παρατήρηση σε μικροσκόπιο

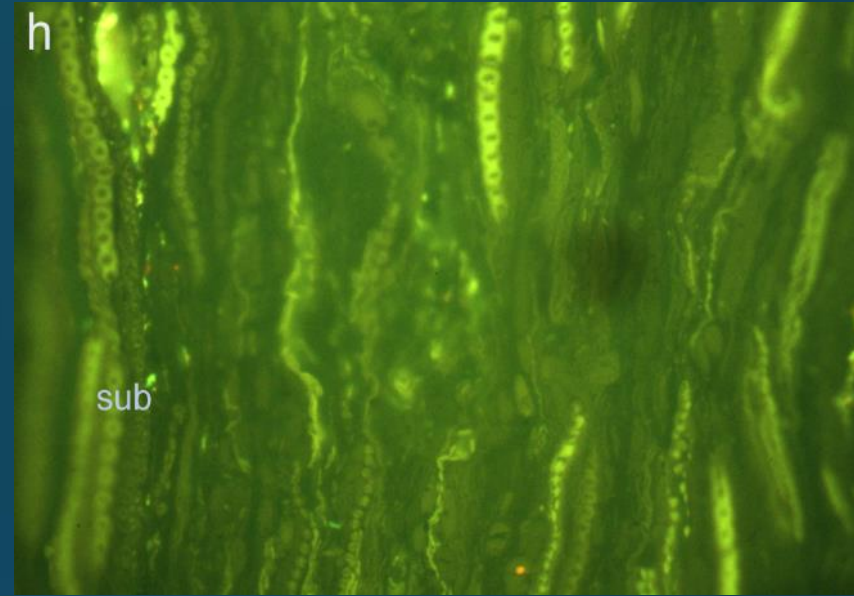
Βιτρινίτης

Η ομάδα του **βιτρινίτη** (ή χουμινίτη στους χαμηλού βαθμού γαιάνθρακες), που είναι προϊόν ενανθράκωσης χουμικών ουσιών που προέρχονται από τη λιγνίνη και την κυτταρίνη των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτών. Συχνά αναγνωρίζεται η κυτταρική δομή. Έχουν μέση ένταση ανακλαστικότητας. Είναι ομάδα πλούσια σε οξυγόνο, με μέση περιεκτικότητα υδρογόνου και πτητικών.



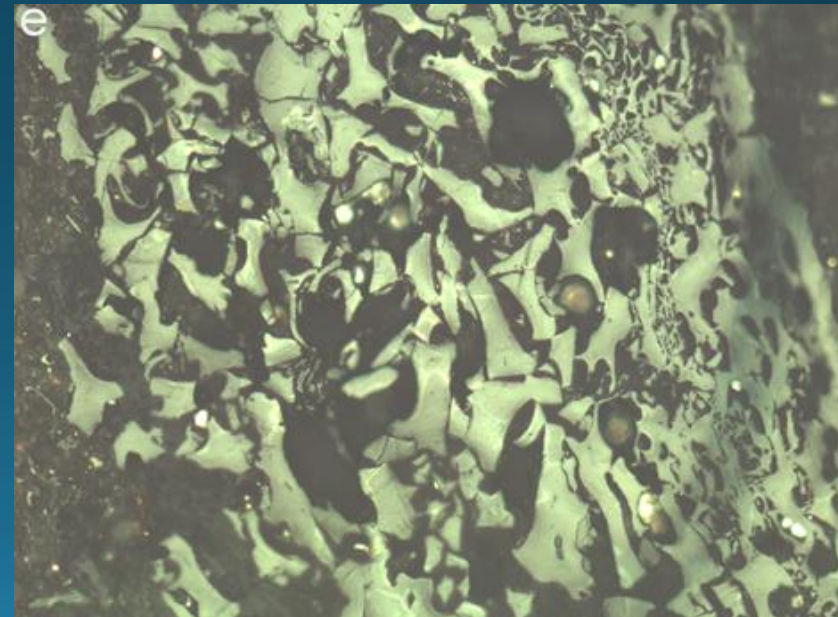
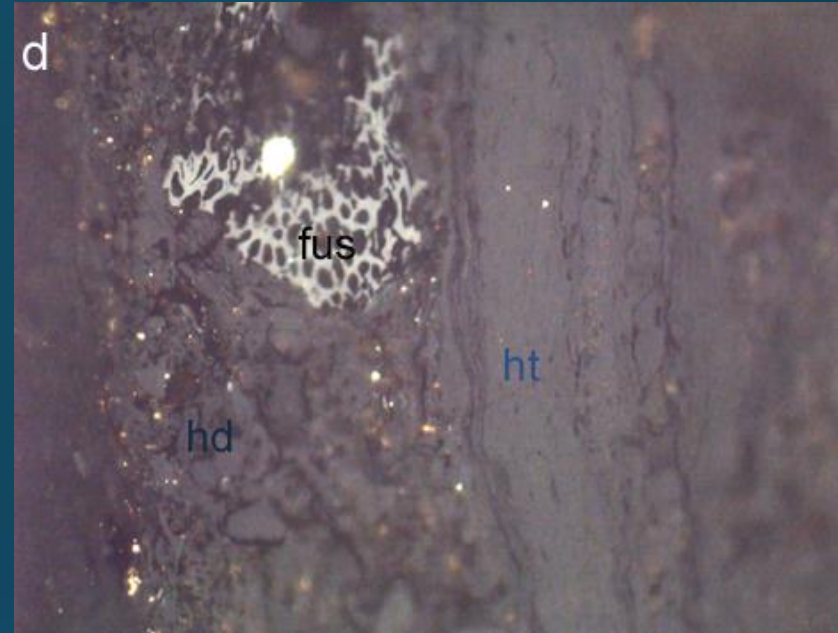
Λιπτινίτης

Η ομάδα του **λιπτινίτη** που προέρχεται από πλούσια σε υδρογόνο φυτικά δομικά υλικά, όπως οι ρητίνες, η σποροπολλενίνη, οι κηροί, οι ρητίνες και τα λίπη. Προέρχεται από μέρη φυτών που είναι ανθεκτικά στη φυσική και χημική αποδόμηση. Παρουσιάζεται σκούρος σε λευκό φως και με έντονα χρώματα (κίτρινο-πράσινο-καστανό) σε φθορίζον φως.

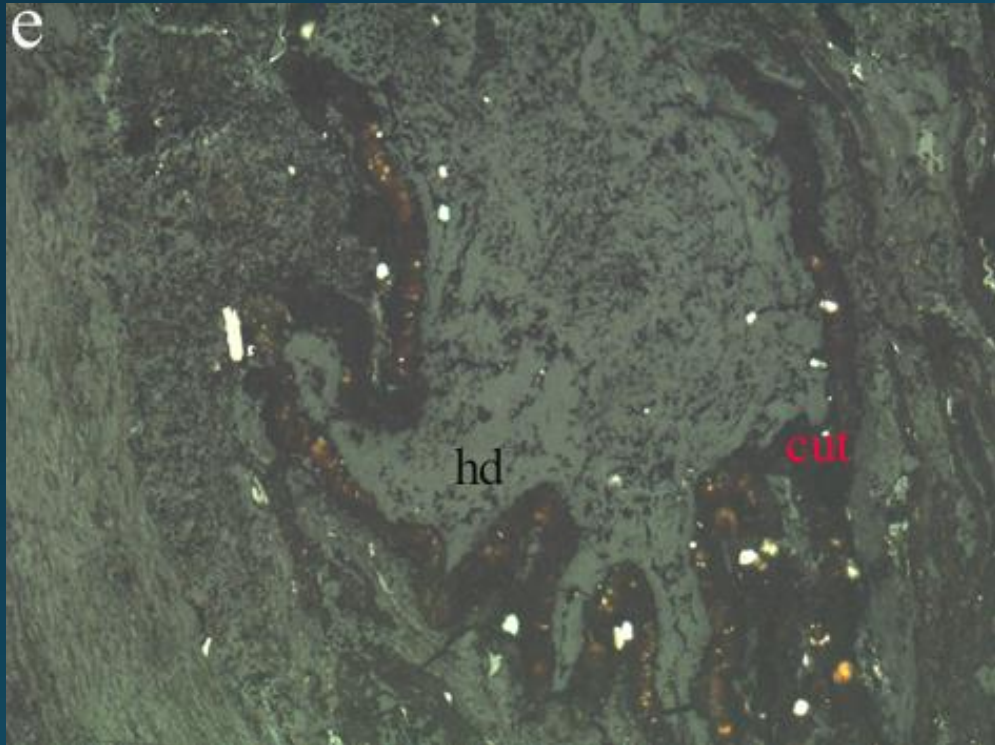


Ινερτινίτης

Τέλος, η ομάδα του **ινερτινίτη** με υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα και χαμηλή σε υδρογόνο, ο οποίος μπορεί να προέρχεται από τα ίδια με τους βιτρινίτη και λιπτινίτη φυτικά υλικά, τα οποία όμως διαφοροποιήθηκαν όταν για παράδειγμα μια δασική πυρκαγιά τα απανθράκωσε. Έχει υψηλή ανακλαστικότητα, υψηλό ποσοστό άνθρακα και χαμηλό ποσοστό υδρογόνου.

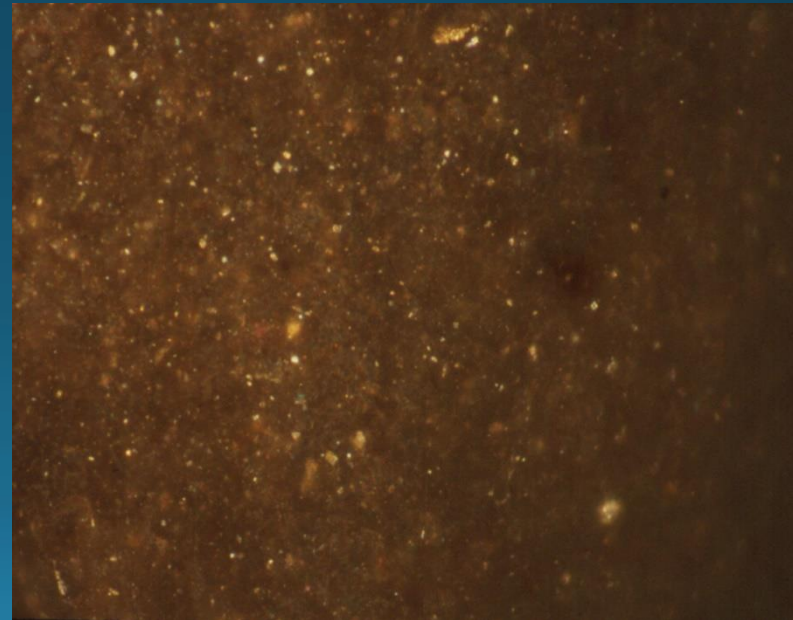
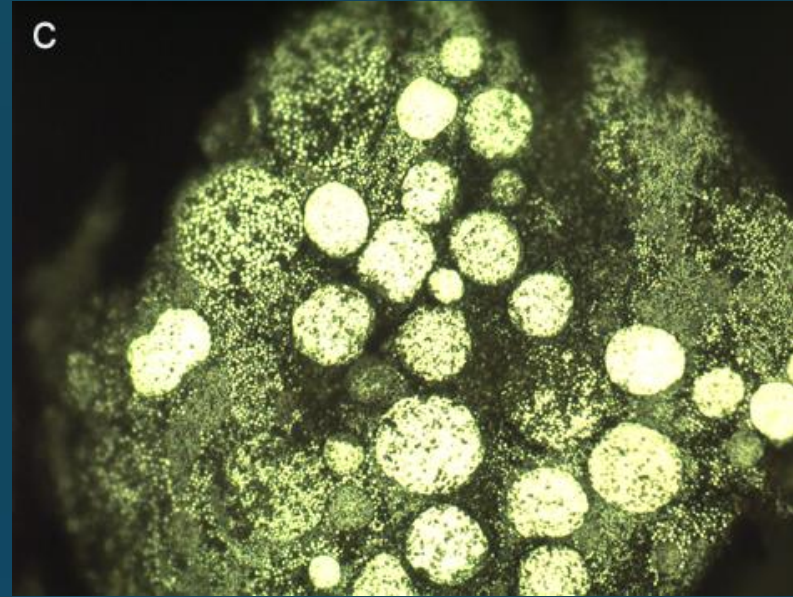


Παρατήρηση ίδιας εικόνας σε λευκό και φθορίζον φως



Ανόργανα;

Στη δομή της οργανικής
ύλης συμμετέχουν
πάντοτε ανόργανες
ενώσεις, όπως ο
σιδηροπυρίτης (pyrite)
[άνω] και τα αργιλικά
ορυκτά (clay minerals)
[κάτω] της διπλανής
φωτογραφίας



Αναλυτική Μεθοδολογία

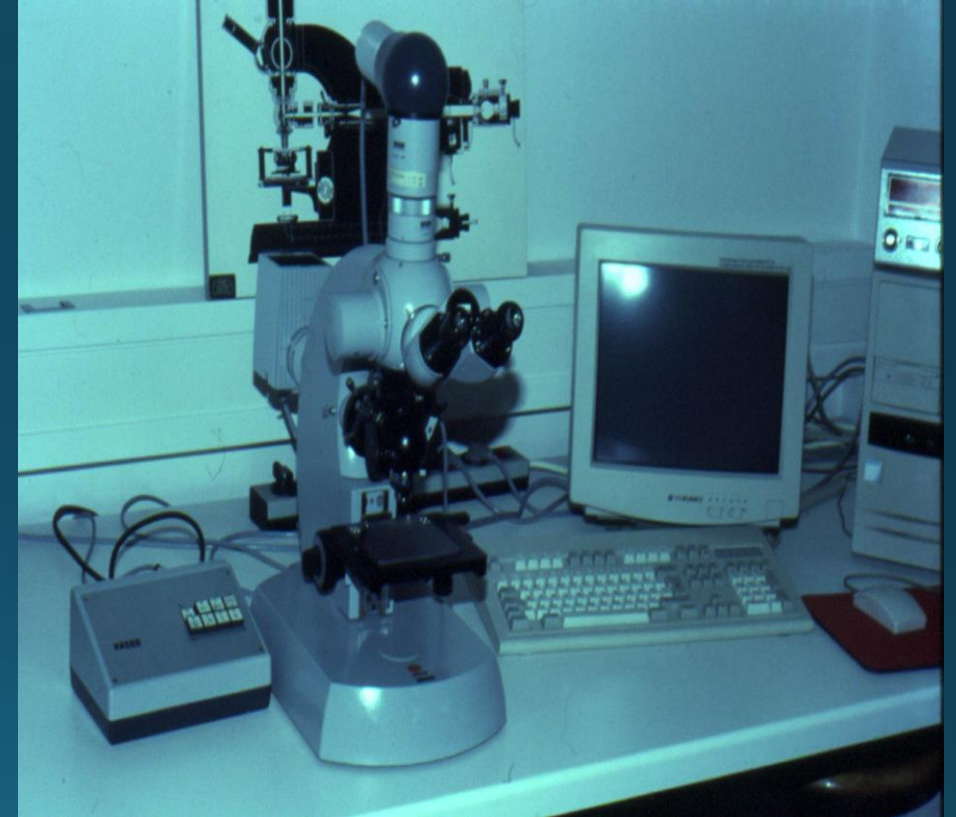
- Η ανάλυση των macerals της οργανικής ύλης αποτελεί ουσιαστικά τον ποσοτικό προσδιορισμό της περιεκτικότητάς τους σε οργανικά συστατικά (macerals), σε αναλογία με τον προσδιορισμό της ορυκτολογικής σύστασης των πετρωμάτων.
- Πραγματοποιείται με σημειακή καταμέτρηση, η οποία ανάγεται σε κατά όγκο ποσοστά %.

Παράδειγμα ανάλυσης macerals σε γαιάνθρακες

Δείγμα	Βιτρινίτης	Ινερτινίτης	Λιπτινίτης	Ανόργανες ενώσεις	Σιδηροπυρίτης
D20	44,9	3,0	26,2	23,4	2,5
D29	31,5	2,8	6,8	58,1	0,8
D33	71,3	1,6	13,2	12,8	1,1
D44	89,9	0,2	6,0	3,5	0,4
D48	74,8	4,0	11,5	9,7	0,0
D54	74,8	4,0	11,0	10,2	0,0
D59	84,0	0,5	4,0	11,5	0,0

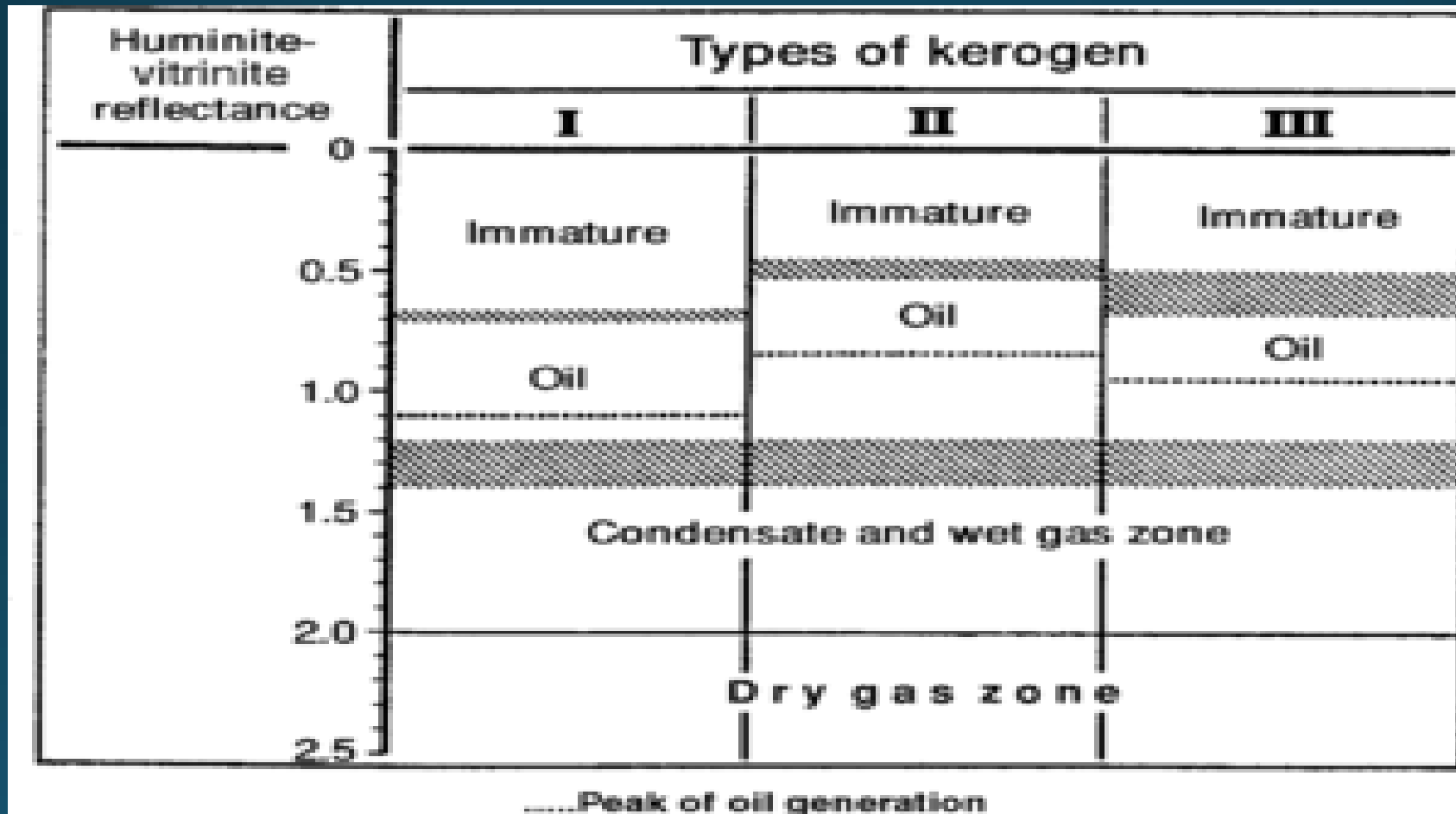
Ανακλαστικότητα του βιτρινίτη (Vitrinite Reflectance)

- Η μέτρηση της ανακλαστικότητας του βιτρινίτη αποτελεί μια από τις βασικές μεθόδους καθορισμού του βαθμού ωριμότητας (rank) της οργανικής ύλης των ιζημάτων.
- Είναι τόσο διαδεδομένη διότι γίνεται συνήθως μόνο σε ένα maceral και σε επίπεδο μm
- Πραγματοποιούνται τουλάχιστον 50 μετρήσεις σε κάθε δείγμα, συνήθως σε τυχαίες τομές (random reflectance) και λαμβάνεται η μέση τιμή.



Διάταξη μέτρησης της ανακλαστικότητας (reflectance) του βιτρινίτη

Συσχέτιση ανακλαστικότητας του βιτρινίτη, τύπων κηρογόνου και γένεσης υδρογονανθράκων



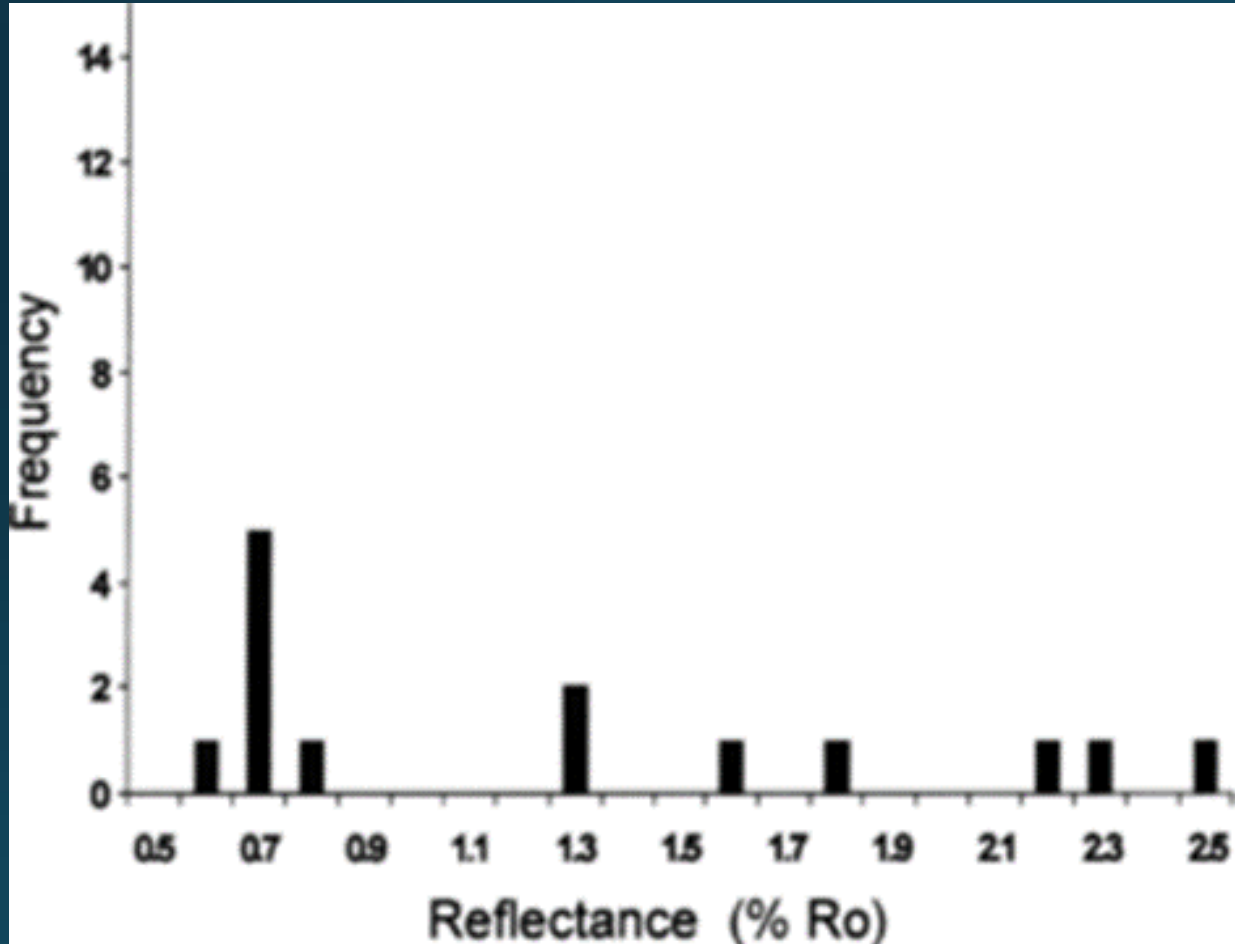
Στάδιο ωριμότητας και ανακλαστικότητα βιτρινίτη

Table 3.4. Stages of oil maturity in relation to vitrinite reflectance.

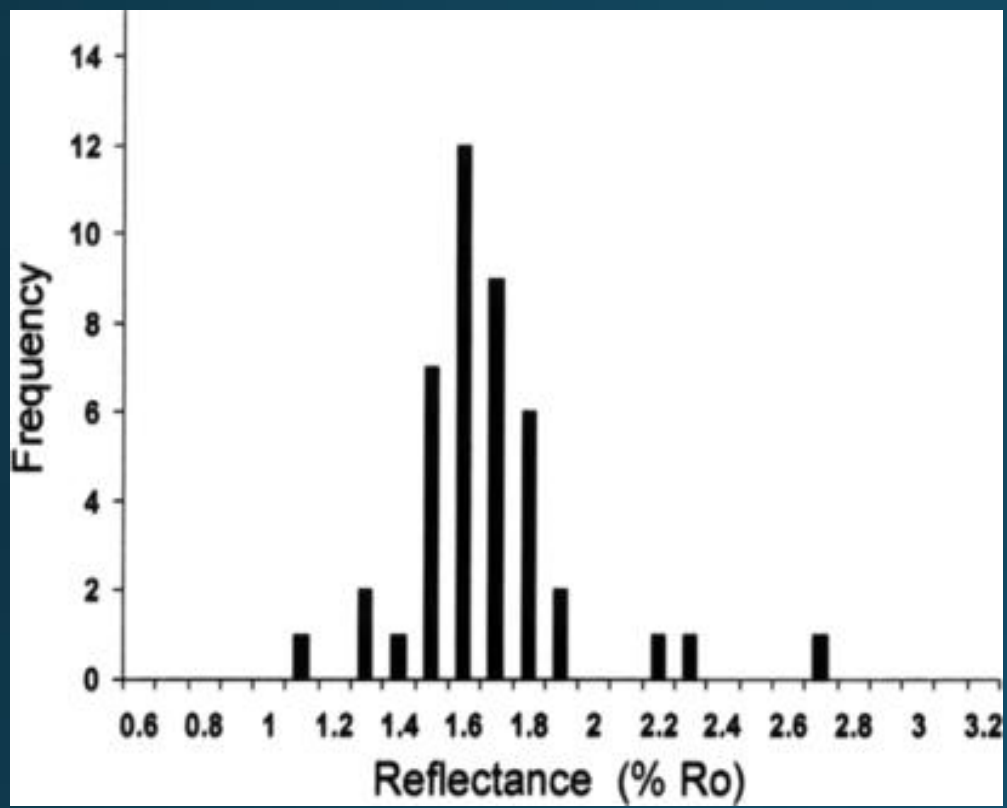
Stage of maturation	Maturity	Vitrinite reflectance % R_r
Diagenesis	immature	< 0.5–0.7
Catagenesis		
1. Main zone of oil generation (oil window)	mature	> 0.5–0.7 to < 1.3*
2. Zone of condensates and wet gases	overmature	1.3–2.2
Metagenesis	overmature	> 2.2–2.3

* Sulfur-rich kerogen may start to produce oil at a vitrinite reflectance of 0.3% R_r . (After Rullkötter et al., 1990; Baskin & Peters, 1992)

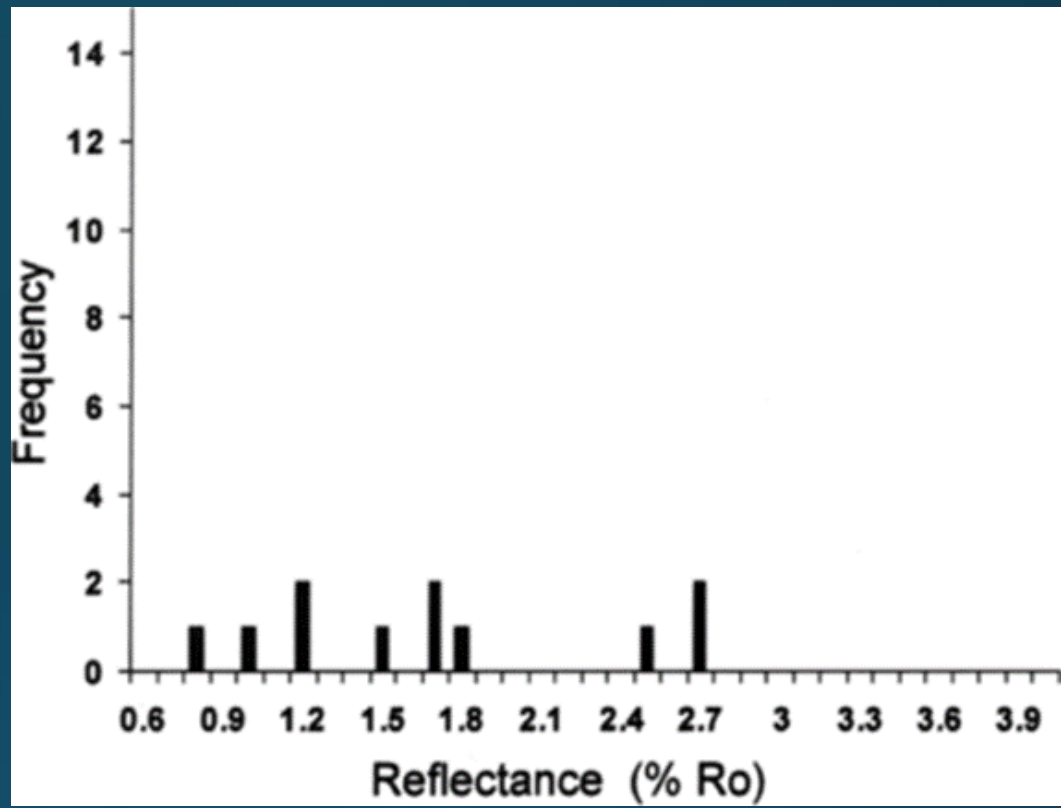
Προσοχή στις μετρήσεις !



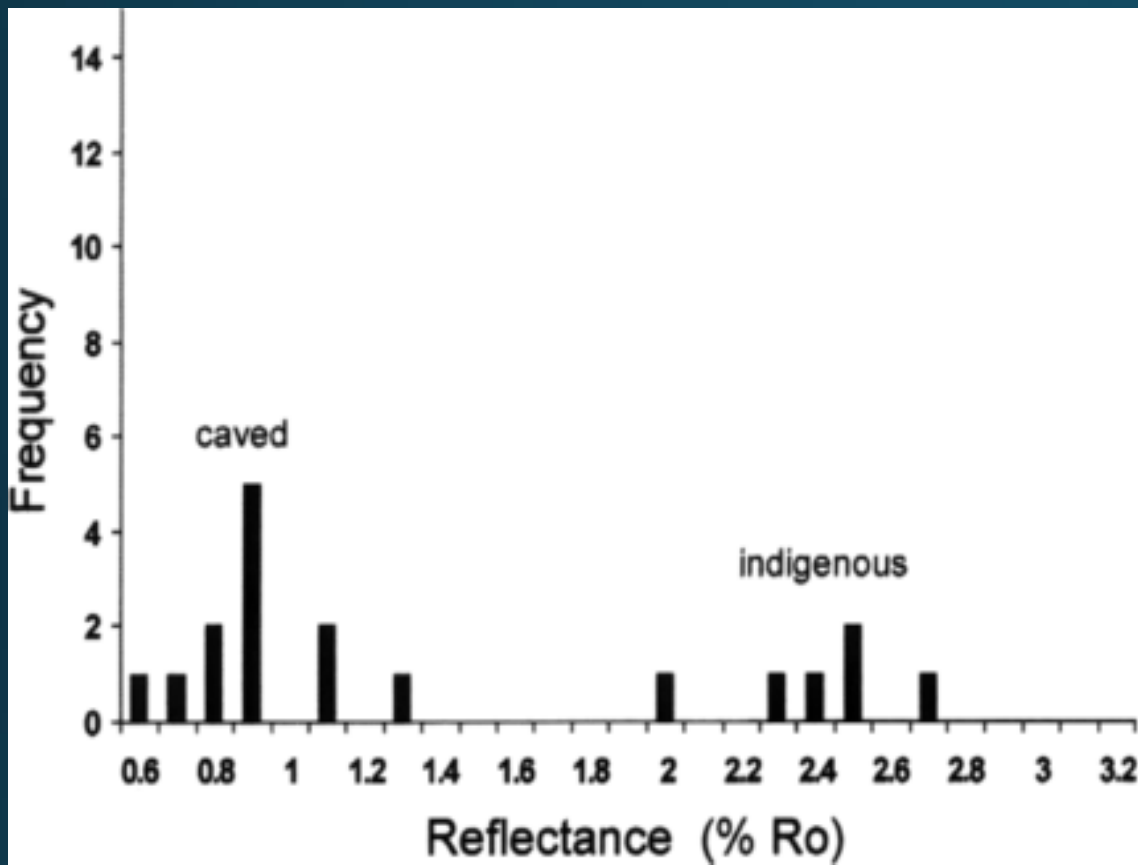
- Πολλή μεγάλη διασπορά. Ποιος είναι ο αυθιγενής βιτρινίτης; (0,7% Ro)
- Η μέση τιμή ανακλαστικότητας στο διπλανό διάγραμμα είναι πολύ μεγαλύτερη από την πραγματική (0,7), γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένη εκτίμηση της ωριμότητας της οργανικής ύλης.



Ιστόγραμμα μονοπληθυσμιακής κατανομής που δίδει αξιόπιστη μέση τιμή %Ro

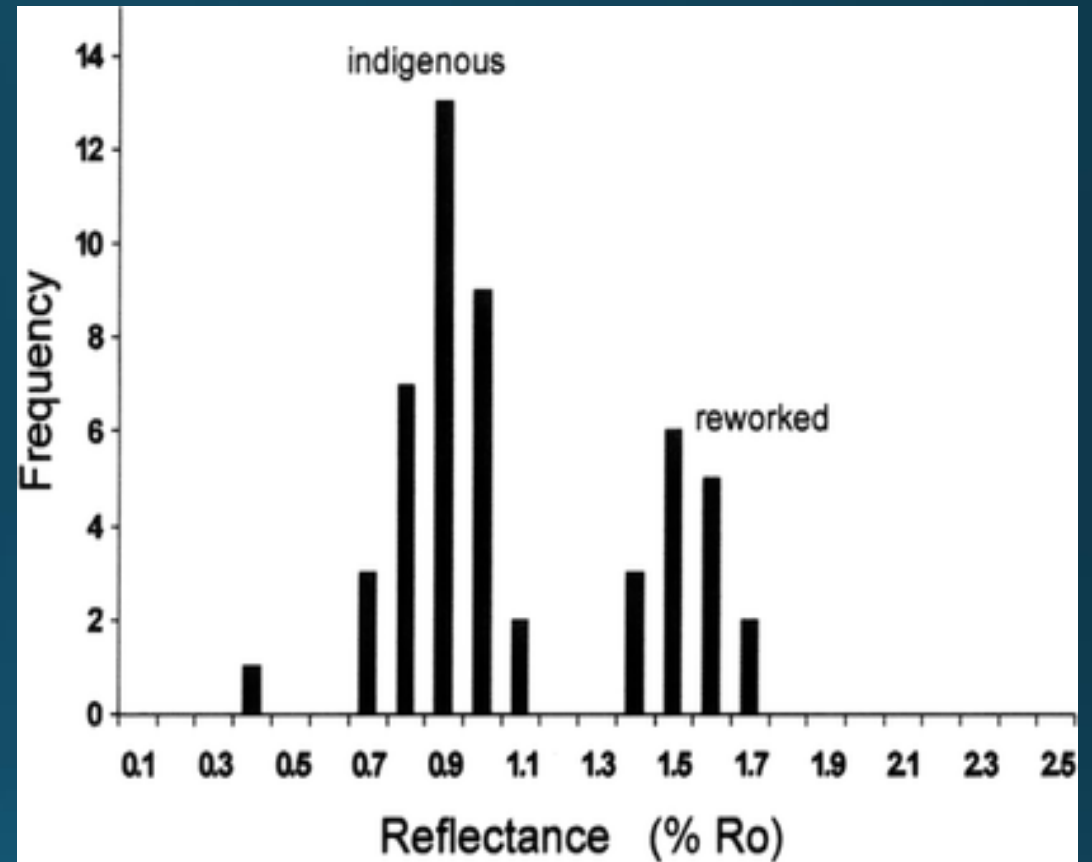


Παράδειγμα φτωχού προφίλ λόγω έλλειψης δεδομένων



Κακής ποιότητας μετρήσεις ανακλαστικότητας βιτρινίτη λόγω καθίζησης (caving).

As a result of the drilling process, immature kerogen caved into the bore-hole and mixed with drill cuttings originally containing sparse amounts of vitrinite. The indigenous vitrinite is about 2.5% Ro.



Διπληθυσμιακή κατανομή

The reworked population would have been eroded from a more mature provenance and deposited with the indigenous organic matter of this sample.

Φθορισμός των macerals

Συσχέτιση έντασης
φθορισμού και
ανακλαστικότητας του
βιτρινίτη σε μητρικό
πέτρωμα Ιουρασικής
ηλικίας

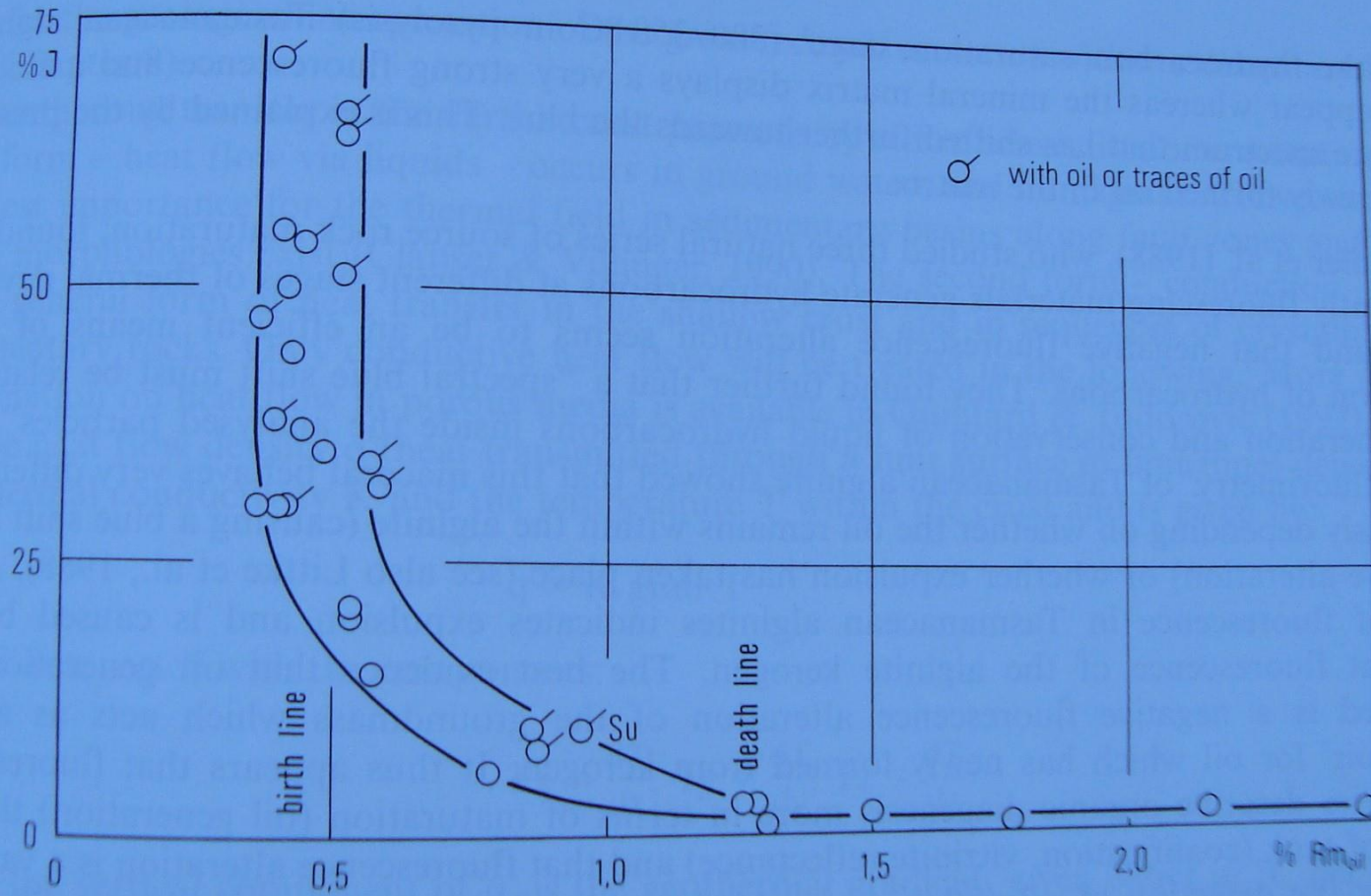
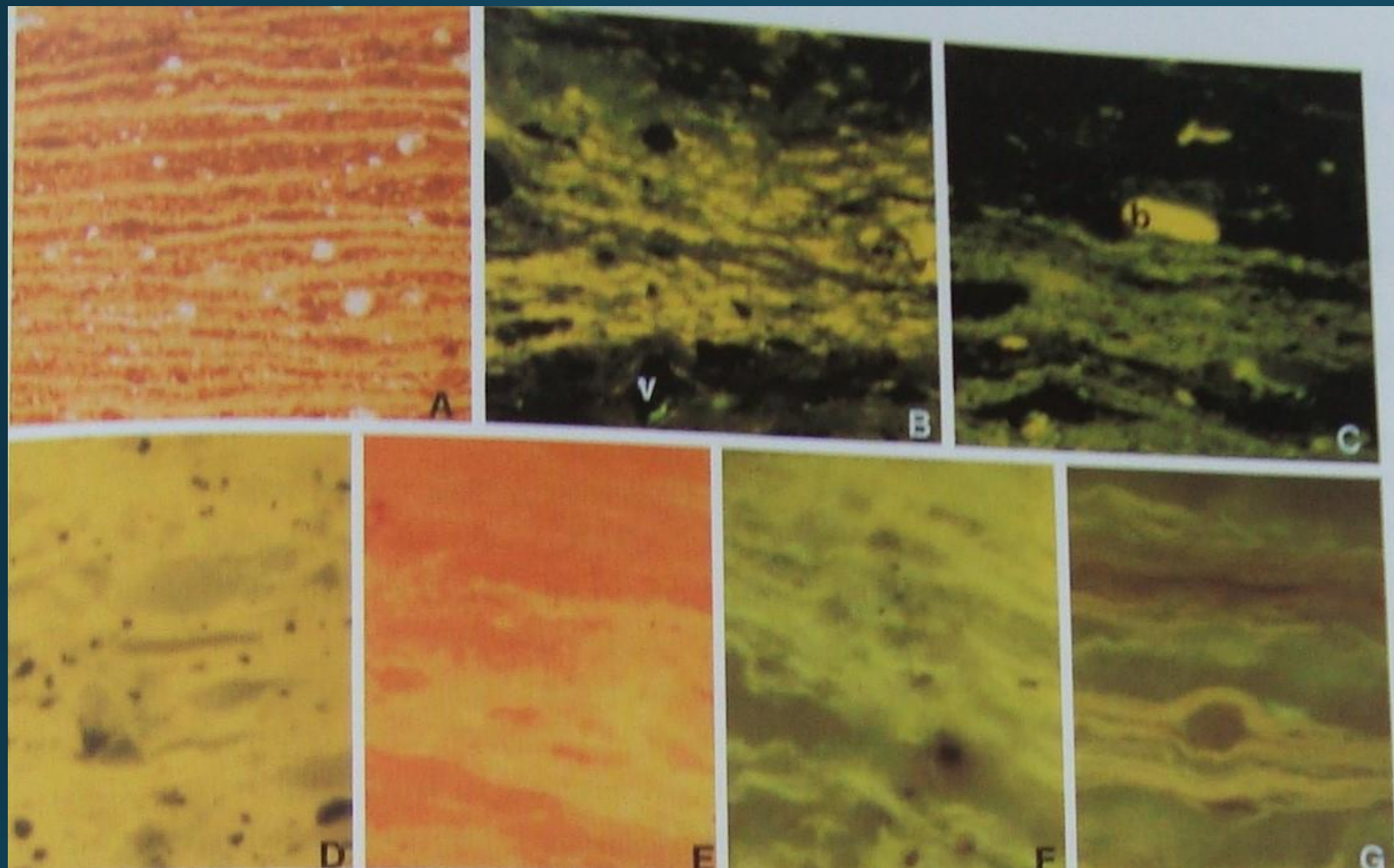


Fig. 3.43. Relationship between fluorescence intensity (I) of the 'mineral-bituminous groundmass' and vitrinite reflectance ($R_m = R_r$) in a Jurassic source rock (Posidonia Shale) of Germany. (After Teichmüller & Ottenjann, 1977).



Φθορίζοντα
macerals μέσα
στη δομή
πετρελαϊκών
σχιστών

Fig. 4.34. **A)** Lamination in the Eocene Messel Shale. Bright, yellow laminae are often about 10 μm thick and consist mainly of liptinite particles. Reddish-brown laminae are often about 100 μm thick and consist mainly of clay minerals. White spots are mineral nodules. Thin section, 1 cm = 400 μm , transmitted light.

B) Brightly fluorescing lamina, consisting mainly of small alginite particles, between dark, mineral-rich laminae in the Eocene Messel Shale. v = vitrinite; polished surface, 1 cm = 20 μm , violet light irradiation.

C) Brightly fluorescing, unstructured organic matter below a non-fluorescing, mineral-rich layer in the Eocene Messel Shale. b = *Botryococcus* alginite; polished surface, 1 cm = 20 μm , violet light irradiation.

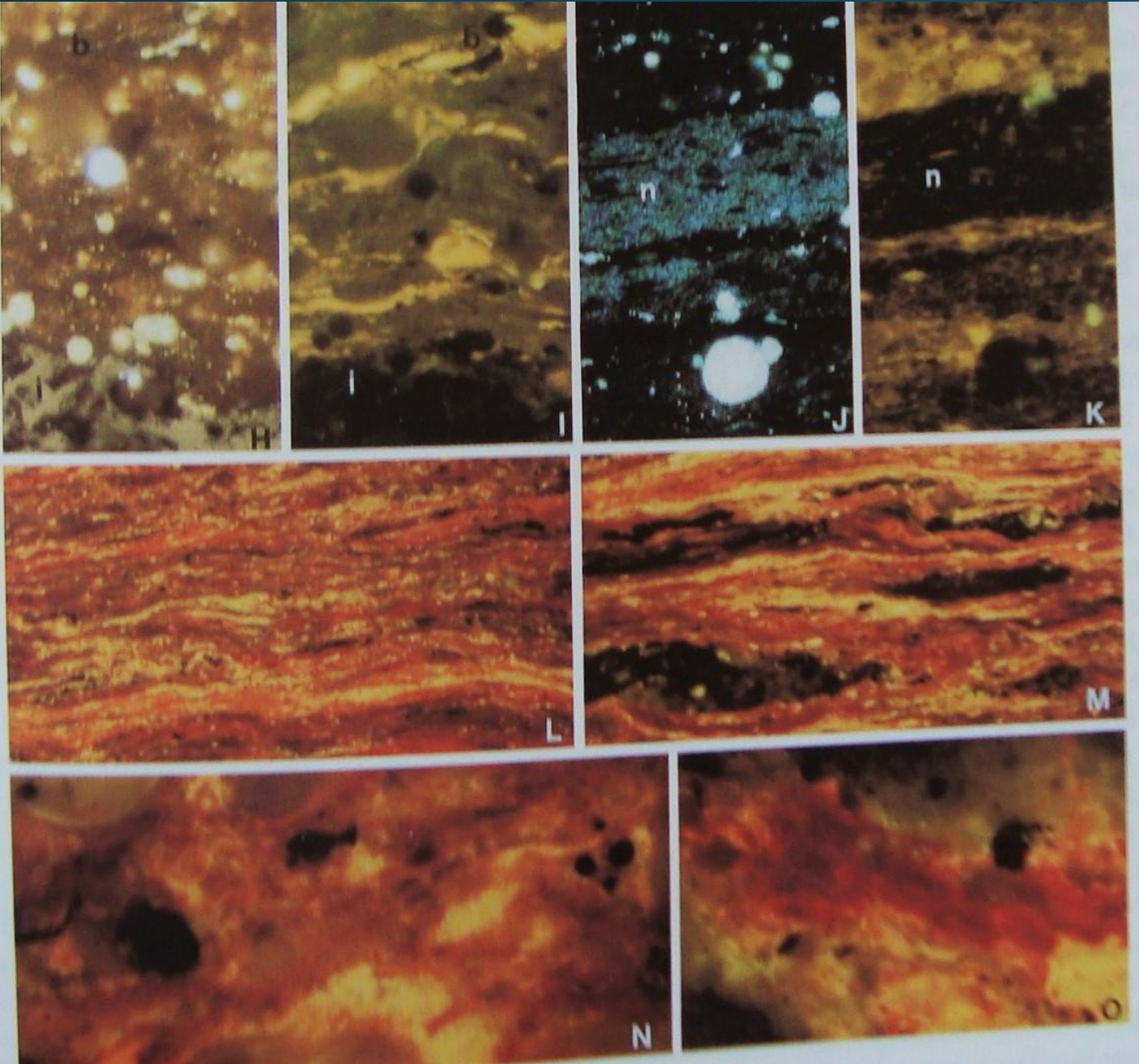
D) Brightly fluorescing, unstructured organic groundmass around mineral grains in the Nördlinger Ries Shale. Polished surface, 1 cm = 20 μm , violet light irradiation.

E) Brightly orange and yellow fluorescing unstructured organic matter, mixed with clay minerals, in the Nördlinger Ries Shale. Polished surface, 1 cm = 20 μm , violet light irradiation.

F) Lamalginite and brightly fluorescing unstructured organic matter in the Nördlinger Ries Shale. Polished surface, 1 cm = 20 μm , violet light irradiation.

G) Lamalginite in the Nördlinger Ries Shale. Polished surface, 1 cm = 20 μm , violet light irradiation.

Φθορίζοντα macerals μέσα στη δομή πετρελαϊκών σχιστών



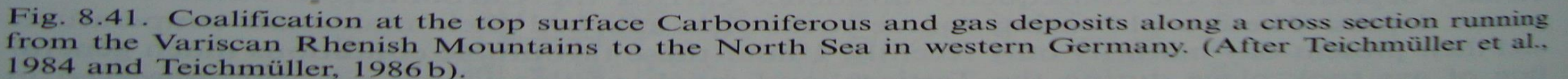
H and I) Alginite (yellow fluorescing particles), bituminite (b) and large inertinite (i) in the Kimmeridge Clay from the Brae Field, North Sea. Pyrite framboids appear white in normal reflected light. Polished section, 1 cm = 20 μ m, normal reflected light (H) and violet light irradiation (I).

J and K) Non-fluorescing unstructured organic matter (n) and small alginite (yellow fluorescing) in a Pennsylvanian Black Shale from Oklahoma, USA. Pyrite framboids appear white in normal reflected light. Polished section, 1 cm = 20 μ m, normal reflected light (J) and violet light irradiation (K).

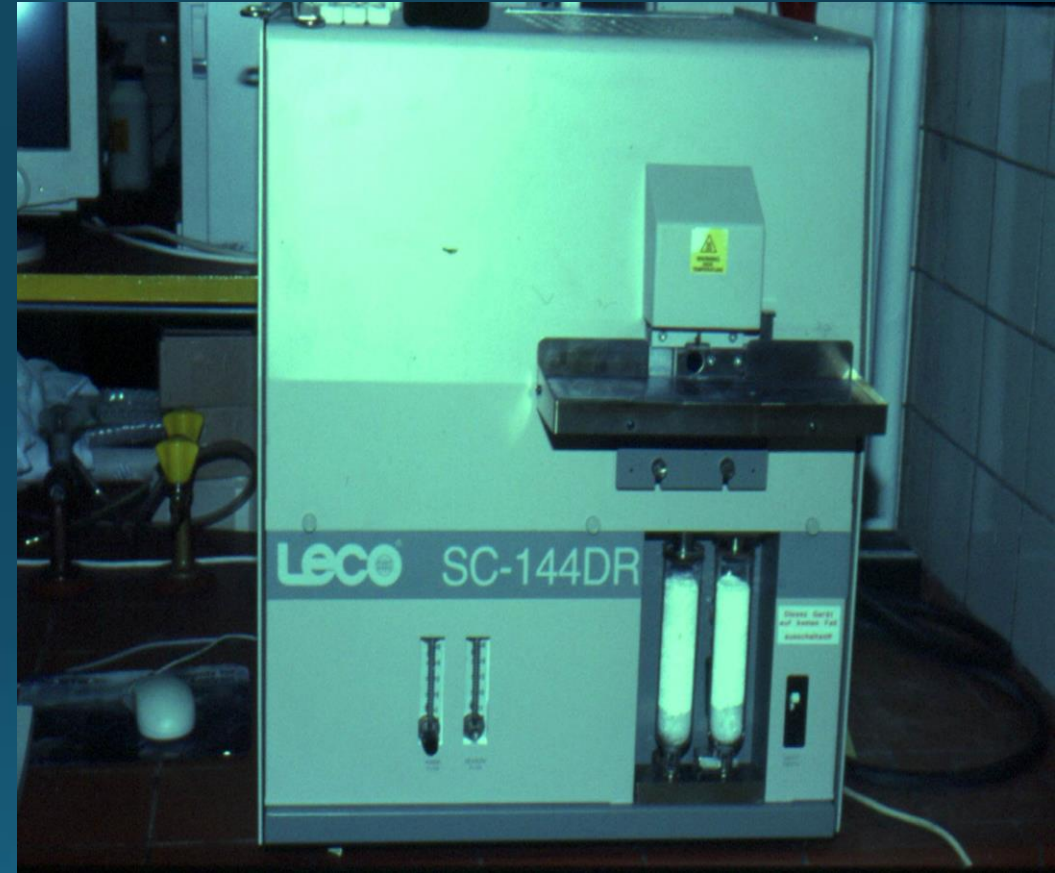
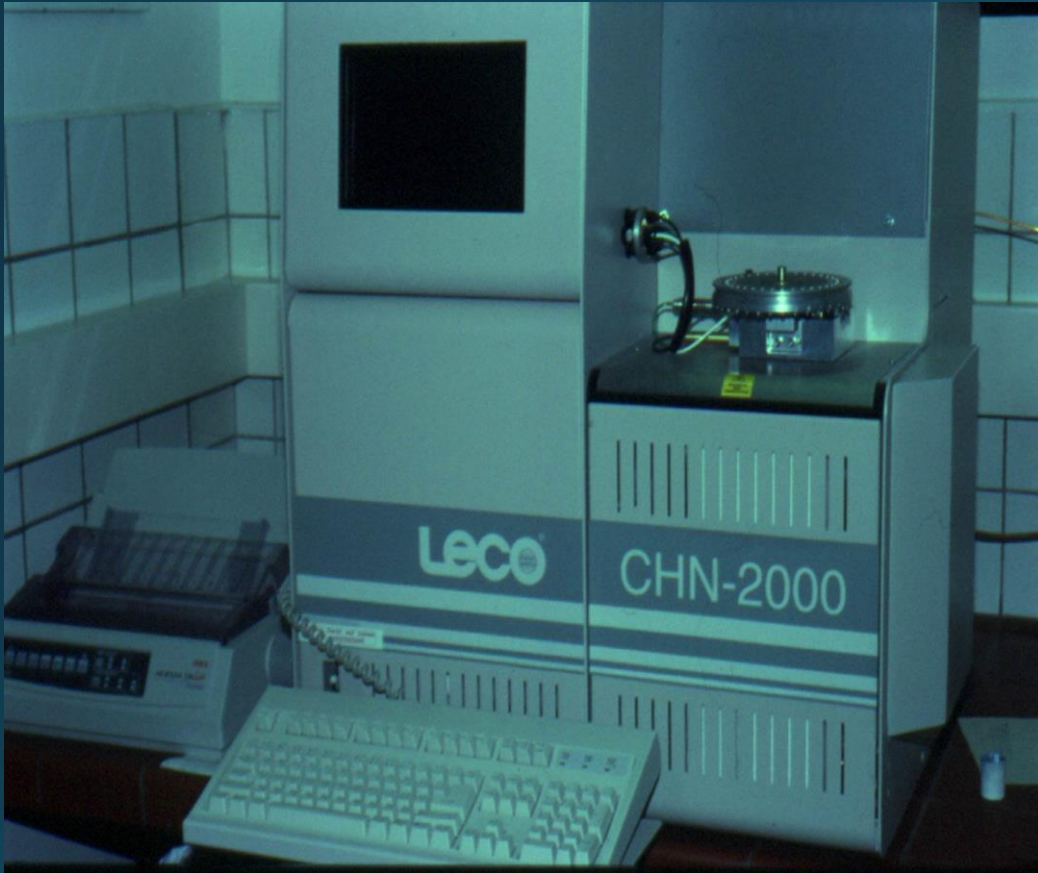
L and M) Reddish fluorescing unstructured organic matter with yellow lamalginite in Albanian oil shales extremely rich in organic matter. Polished section, 1 cm = 50 μ m (L) and 1 cm = 20 μ m (M), violet light irradiation.

N and O) Reddish fluorescing unstructured organic matter around foraminifer shells (in N) in Cenomanian-Turonian black shales from Tarfaya, Morocco (N) and from the Exmouth Plateau, off north-western Australia (O). Polished sections, 1 cm = 10 μ m, violet light irradiation.

Lower



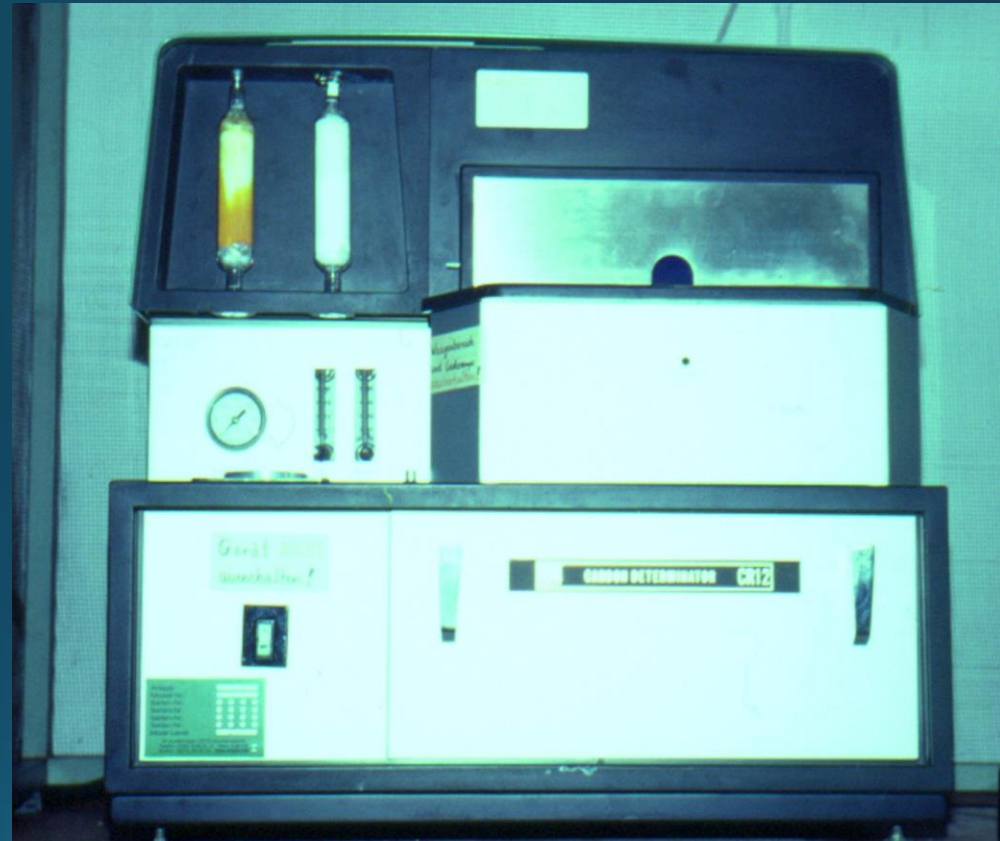
Συμπληρωματικές αναλύσεις στην Οργανική Πετρολογία



Στοιχειακή ανάλυση (C, H, O, S, N)

[αριστερά] LECO συσκευή ανάλυσης των στοιχείων C, H και N, [δεξιά] LECO συσκευή ανάλυσης του S

Συμπληρωματικές αναλύσεις στην Οργανική Πετρολογία



Ολικός Οργανικός Άνθρακας (Total organic Carbon)

[αριστερά] Ξήρανση των δειγμάτων σε θερμαινόμενη άμμο πριν την τοποθέτησή τους στη συσκευή ανάλυσης TOC

[δεξιά]) Συσκευή ανάλυσης Ολικού Οργανικού Άνθρακα (Total Organic Carbon, TOC)