

Davide Leoni

L'AMBRA SICILIANA

Caratterizzazione del più importante
materiale gemmologico italiano
del Museo di Mineralogia della Sapienza

Roma 2011

SOMMARIO

CAPITOLO I – CARATTERI GENERALI DELL’AMBRA	4
Introduzione	4
Composizione chimica e unità strutturali	4
Classificazione delle ambre	6
Le principali imitazioni dell’ambra	7
Le plastiche	7
Il copale	8
Il vetro	9
I trattamenti possibili sull’ambra	9
Ambra pressata	9
Ambra chiarificata	9
Importanza commerciale dell’ambra	9
CAPITOLO II – I GIACIMENTI DI AMBRA BALTICA E SICILIANA	11
L’ambra baltica	11
Classificazione ed origine paleobotanica	11
Età	11
Depositi	11
Proprietà	12
CAPITOLO III – L’AMBRA SICILIANA: LA SIMETITE	14
Classificazione ed origine paleobotanica	14
Età	14
Proprietà	14
La lavorazione	17

CAPITOLO IV – LA COLLEZIONE DI AMBRE SICILIANE (SIMETITI) E BALTICHE DEL MUSEO DI MINERALOGIA DEL DIPARTIMENTO DI SCIENZE GEOLOGICHE DELL’UNIVERSITÀ DI ROMA “LA SAPIENZA”	18
CAPITOLO V – CARATTERIZZAZIONE DEI CAMPIONI	21
Le analisi gemmologiche di tipo standard	21
Descrizione dei materiali e dei metodi impiegati	21
Descrizione dei materiali e dei metodi che non sono stati impiegati	21
Le analisi di chimica strumentale	22
La scelta dei metodi	22
Cenni sui fenomeni chimico – fisici caratterizzanti della spettroscopia Raman e FT-IR	22
Descrizione della strumentazione	24
Interpretazione delle analisi	25
FT-IR spectroscopy	25
Raman spectroscopy	29
Scanning electron microscope (S.E.M.) FEI Quanta 400	31
CONCLUSIONI	34
BIBLIOGRAFIA	35
SITOGRAFIA	36
ALLEGATO	37
APPENDICE – CENNI STORICI SULL’AMBRA	48

CAPITOLO 1 – CARATTERI GENERALI DELL'AMBRA

Introduzione

L'ambra è una resina fossilizzata proveniente dalla secrezione di alberi specifici ad alto fusto, appartenenti a specie oggi estinte. Durante la fossilizzazione della pianta, le resine subiscono cambiamenti fisico-chimici, delle vere e proprie modifiche strutturali. Secondo i geochimici statunitensi K.B. Anderson e J.C. Crelling (1995), il grado di maturazione di una resina dipende dal tempo, dalla temperatura e dalla pressione a cui si trovano i sedimenti che la contengono. Inoltre, è anche importante che l'ambiente deposizionale sia caratterizzato da una scarsa presenza di ossigeno, ossia oligo-ossico. Le resine sono una miscela composta essenzialmente da acqua, complessi insolubili e idrocarburi aromatici, per lo più polimeri chiamati diterpeni labdanoidi¹ e/o composti fenolici² secondari che induriscono a contatto con l'aria. Le trasformazioni chimico-fisiche che permettono la maturazione della resina in ambra sono molto complesse e coinvolgono la polimerizzazione delle componenti isoprenoidi e fenoliche delle resine, nonché l'espulsione dei componenti volatili. La composizione della resina originale, il grado e la portata della maturazione durante la fossilizzazione determinano la natura del prodotto finale (D. M. Colchester, G. Webb, P. Emseis, 2006). Affinché si arrivi alla formazione dell'ambra, l'end-member delle trasformazioni chimico-fisiche che avvengono durante la fossilizzazione, la resina subisce un'evoluzione che si sviluppa a partire dalla formazione di diverse molecole che, legandosi tra loro, danno origine a polimeri. Secondo G.L. Cattaneo (2006), la resina comincia così ad indurirsi, formando un prodotto semifossile denominato copale. Il processo chimico si chiude con la polimerizzazione e la conseguente stabilità chimica.

Composizione chimica e unità strutturali

Da un punto di vista chimico, l'ambra è un idrocarburo organico. La sua composizione chimica rispetto al peso molecolare complessivo degli elementi è la seguente: 75-84% C; 10-11% H; 5-15% O; 0,02-1,74% per S e N. Questi sono valori che possono variare a seconda del tipo di giacimento di provenienza dell'ambra.

La formula chimica generale è $C_{10}H_{16}O$.

¹ I terpeni sono biomolecole costituite da multipli dell'unità isoprenica (C_5H_8 , chiamati anche isoprenoidi); possono essere lineari, ciclici o entrambi. Quando i terpeni sono modificati con reazioni tali da portare alla formazione di gruppi funzionali contenenti atomi diversi dal carbonio, come gruppi idrossilici, carbonilici o contenenti azoto, sono chiamati terpenoidi.

² I fenoli sono sostanze derivate dagli idrocarburi aromatici per la sostituzione di uno o più atomi di idrogeno con gruppi ossidrilici OH.

A livello molecolare, le ambre sono composte da unità strutturali unite tramite catene di lunghezza variabile. Come già accennato, le unità precorritriche che compongono le ambre sono principalmente i labdanoidi diterpeni.

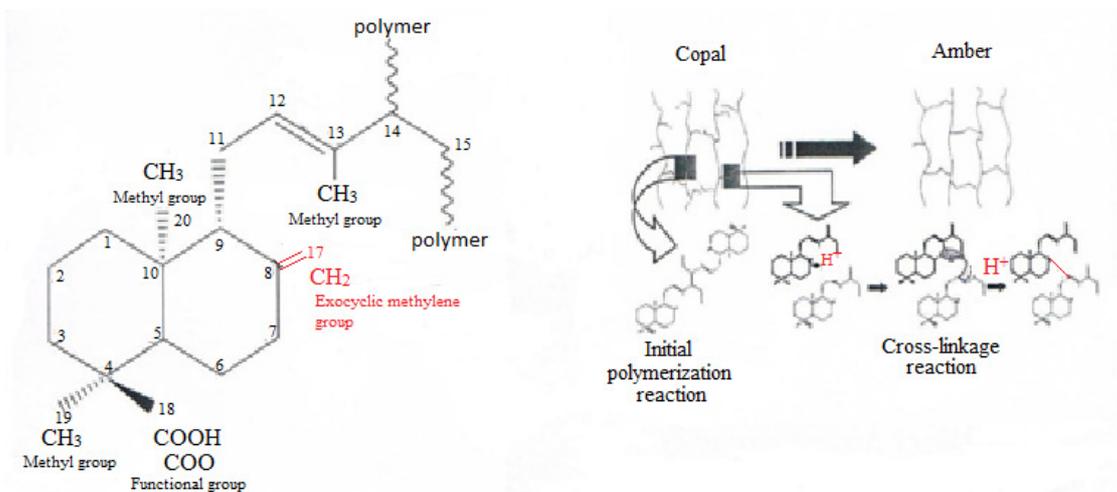


Immagine 1 – A sinistra è riportato un esempio della struttura dei labdanoidi diterpeni non ancora polimerizzata che compone il copale; a destra si nota il processo di polimerizzazione delle catene dovuto essenzialmente alla rottura del legame C=H₂ del metilene esociclico che provoca l'allontanamento di un catione H⁺ e la conseguente unione delle catene tramite il *crosslinkage*, legame a croce. (Abduriyim A et al., 2009)

Nell'immagine 1 sono mostrati i legami tra gli atomi di carbonio: una sola linea rappresenta un legame singolo, chiamato anche legame saturo; una linea doppia rappresenta invece un doppio legame o legame insaturo.

In generale, gli atomi di carbonio nel nucleo della struttura non sono coinvolti nelle reazioni di polimerizzazione e devolatilizzazione che permettono l'evoluzione del copale in ambra. I siti strutturali terminali dell'unità polilabdanoide sono occupati da atomi di carbonio che si legano con altri atomi per formare i gruppi terminali; questi sono importanti per determinare le differenze strutturali tra copale ed ambra, perché coinvolti nelle reazioni di maturazione e trasformazione delle molecole. Un'unità polilabdanoide contiene anche tre gruppi metilici caratterizzati da un carbonio terminale legato a tre atomi di idrogeno (-CH₃). Inoltre, per discriminare il copale dall'ambra, è importante considerare il gruppo funzionale formato da acido carbossilico (-COOH) ed estere (-COO-): l'acido carbossilico è presente nella struttura del copale, ma non in quella dell'ambra. L'estere, invece, è stato ritrovato soltanto nella struttura di alcuni tipi di ambra, come quella baltica ed ucraina, perciò può essere considerato come indicatore della provenienza geografica di queste varietà (A. Abduriyim et al., 2009).

Il gruppo funzionale che si occupa delle reazioni di polimerizzazione che trasformano il copale in ambra è il metilene (=CH₂). Da un punto di vista strutturale, esso è caratterizzato da un carbonio terminale legato a due atomi di un carbonio (C-C) presenti nell'unità strutturale e a due atomi di idrogeno (C=H).

In termini generali, le reazioni di polimerizzazione determinano la conversione dei legami insaturi (legami doppi) in legami saturi (legami singoli). Tale processo coinvolge la rottura dei legami contrassegnati nel diagramma dai numeri 8 e 17 (Figura 1) e la successiva espulsione di un catione H⁺; ciò permette la sostituzione delle molecole di metilene esociclico con molecole polilabdanoide

che si uniscono tra di loro nella struttura tramite legami chiamati “cross-linkage” (legami a croce). Perciò, le quantità residue dei doppi legami di metilene esociclico nella struttura molecolare dell’ambra sono un indicatore approssimativo della sua maturità: maggiore è la loro abbondanza, minore sarà il grado di maturazione.

In natura, il processo di amberizzazione procede molto lentamente, ad elevata temperatura e pressione: occorrono circa 17 milioni di anni affinché il copale diventi ambra (Kimura et al., 2006).

Tramite lo studio delle bande spettrali rilevate dalle analisi effettuate con la spettroscopia FT-IR su campioni di ambra baltica, ambra di Cape York e gomma del Kauri (una varietà di copale), David M. Colchester, G. Webb, P. Emesis (2006), hanno riconosciuto tre bande intorno agli 890 cm^{-1} , 1660 cm^{-1} e 3080 cm^{-1} che corrispondono ai doppi legami delle molecole di metilene esociclico, facilmente riscontrabili nei campioni più giovani (quelli della gomma del Kauri) ed assenti nei campioni di resina fossile del baltico. Tuttavia, la polimerizzazione delle molecole polilabdanoide non coinvolge tutta la struttura dell’ambra.

Citando G.L. Cattaneo (2007), “*l’ambra è una sostanza amorfa, in altri termini è priva di ordine a lungo raggio*”. A conferma di questo, lo stesso autore si preoccupa di evidenziare le difficoltà per la caratterizzazione di questa gemma, riportando diverse classificazioni, frutto degli studi di importanti associazioni e commissioni mineralogiche a livello mondiale che la pongono a cavallo tra il mondo minerale e quello organico.

Classificazione delle ambre

Anderson e Crelling nel 1995 hanno compilato una classificazione delle ambre, riconoscendo otto classi principali che forniscono un’indicazione sulla loro chimica ed origine botanica. Questa classificazione è stata integrata con altri aspetti che potessero conferire un quadro più dettagliato: la collocazione geografica dei giacimenti in cui sono estratte le varietà di ambra più commercializzate, l’aspetto, le proprietà fisico-chimiche e il grado di maturazione. Le metodologie di analisi chimica strutturale che sono state impiegate per questi studi sono la Spettrometria di Massa, la Nuclear Magnetic Resonance (NMR), la Fourier Transform Infrared (FT-IR) e la Microsonda Raman.

Classe 1: resiniti derivanti da polimeri diterpenici e da acidi carbossilici², alcoli³ e idrocarburi. Sono ambre con uno scheletro labdanoide che mostrano un’affinità con la famiglia delle Araucariaceae⁴.

² Gli acidi carbossilici (o acidi organici) sono composti organici che contengono il gruppo carbossilico o carbossile (-COOH), ovvero un gruppo ossidrilico (-OH) legato ad un gruppo carbonilico (C=O).

³ Gli alcoli sono composti organici di struttura simile agli alcani, in cui un atomo di idrogeno è sostituito da un gruppo ossidrilico

(-OH). Esempi comuni di alcoli sono il metanolo ($\text{CH}_3\text{-OH}$) e l’etanolo ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$).

⁴ La famiglia delle Araucariaceae (Araucariaceae) è una famiglia di conifere che si originò nel Triassico ed ebbe grande splendore nel Giurassico e nel Cretaceo. Le Araucariaceae si estinsero in corrispondenza del limite K-T, circa 65 milioni di anni fa, eccetto per limitate presenze nella flora antartica o neozelandese come la specie *Agathis australis*.

Classe 1 A: polimeri e copolimeri diterpeni labdanoidi normalmente associati ad acido comunico e ad una gran quantità di acido succinico⁵.

Classe 1 B: sono presenti polimeri e copolimeri di diterpeni labdanoidi, ma non limitati ai soli acidi comunico e biformene⁶. Assenza di acido succinico.

Classe 1 C: sono normalmente presenti sia polimeri e copolimeri di diterpeni labdanoidi, sia acido ozico e biformene.

Classe 2: polimeri di idrocarburi biciclici, ossia sesquiterpeni.

Classe 3: polistireni naturali fossili.

Classe 4: cedreni non polimerici⁷

Classe 5: acidi carbossilici diterpenoidi non polimerici abietadenici⁸.

Le principali imitazioni dell'ambra

Le plastiche

Secondo T.S. Tay, Z.X. Shen e S.L. Yee (1998), sulla base di analisi alla Microsonda Raman relative a 100 campioni di imitazioni di ambra in plastica, è possibile distinguere tre grandi tipi di plastica (tabella 1):

Type I Epoxy resin		Type II Polystyrene		Type III Perspex	
Frequency (cm ⁻¹)	Intensity Raman	Frequency (cm ⁻¹)	Intensity Raman	Frequency (cm ⁻¹)	Intensity Raman
779	2.5	790	1.8	808	2.7
954	1.7	855	2.2	-	-
995	1.7	996	10.5	986	1.0
1037	0.7	1033	6.5	-	-
1147	0.7	-	-	-	-
1291	2.0	1289	1.5	-	-
1452	1.0	1445	1.0	1447	1.0
-	-	1574	1.0	-	-
1604	5.0	1595	5.0	-	-
1639	0.4	-	-	-	-
-	-	1721	2.1	1725	0.5
3001	-	2992	-	2992	-

Tabella 1 – Valori di lunghezze d'onda dei picchi caratteristici delle plastiche, misurati tramite spettroscopia Raman. (Brown G., Snow J., 1988)

⁵ L'acido succinico è un acido carbossilico. Fa parte della classe degli acidi bicarbossilici in quanto presenta la funzione carbossilica -COOH- su entrambi i terminali della molecola. La formula è COOH(CH₂)₂ COOH.

⁶ È un copolimero di formula C₂₀ H₃₂. Un copolimero è una catena polimerica che contiene monomeri (piccole molecole reagenti) di due o più specie differenti.

⁷ Sesquiterpene contenuto tipicamente nell'olio essenziale di cedro.

⁸ Acido aromatico presente in alcune oleoresine.

Tipo 1: è caratterizzato da due picchi distintivi alle frequenze di 1604 cm^{-1} e 1452 cm^{-1} , differenti da quelli dell'ambra baltica relativi alle regioni dei 1640 e 1440 cm^{-1} . Tramite queste caratteristiche spettrali è stato possibile identificare questi materiali come resine epossidiche.

Tipo 2: presenta due bande molto intense a 996 cm^{-1} e 1033 cm^{-1} , corrispondenti a quelle della resina di polistirene.

Tipo 3: è possibile distinguere un picco molto intenso a 808 cm^{-1} che ha permesso di identificare questi campioni come polimetilmetacrilato o perspex⁹.

Il copale

Il copale presenta molte proprietà gemmologiche che assomigliano a quelle dell'ambra. Ai fini discriminatori è importante ricordare che sebbene il copale abbia un indice di rifrazione (1.54) simile a quello dell'ambra, tuttavia si differenzia dall'ambra per il suo peso specifico variabile da 1.06 a 1.08 che è differente rispetto ai valori riscontrabili nelle ambre. Inoltre, la solubilità in etere del copale risulta maggiore rispetto a quella dell'ambra (tabella 2):

Proprietà Fisico-Chimiche	Copale	Ambra
Peso specifico (g/cm^3)	1,040 – 1,080	1,050 – 1,100
Durezza (scala di Mohs)	2,0	2,5 – 3,5
Punto di fusione	$\leq 150^\circ\text{C}$	$200^\circ - 380^\circ\text{C}$
Indice di rifrazione	1,520 – 1,540	1,540
Reazioni alla fiamma: 1) fumo 2) odore	biancastro resinoso - dolciastro	grigiastro resinoso – acre
Reazioni al solvente (per 30 secondi): 1) etanolo 2) etere etilico 3) acetone	solubile solubile solubile	insolubile insolubile insolubile
Reazioni ai raggi LWUV (*9)	da nulla a lieve	da lieve a forte (talvolta a zone nulla) generalmente blu, giallo. Raro verde, arancione, bianco.

Non è corretto considerare assoluti i dati medi delle proprietà fisico-chimiche di ambra e copale, essendo la casistica esaminata ancora incompleta (non sono state sufficientemente analizzate le diverse varietà).

Tabella 2 – Confronto tra le proprietà fisico-chimiche dell'ambra e del copale (G. L. Cattaneo, 2006)

⁹ Il polimetilmetacrilato (in forma abbreviata PMMA) è una materia plastica formata da polimeri del metacrilato di metilene, estere dell'acido metacrilico. Chimicamente è il polimero del metacrilato di metilene.

Il vetro

È facilmente riconoscibile perché più freddo al tatto e più pesante rispetto all'ambra. Molti vetri sono colorati artificialmente di giallo (con ossido di uranio) o di rosso (con manganese); essi si riconoscono bene ai raggi ultravioletti (UV), perché la fluorescenza è rispettivamente verde-gialla brillante e verdastra, molto diversa dalla caratteristica fluorescenza dell'ambra (C. Zilli, 1996-97).

I trattamenti possibili sull'ambra

Ambra pressata

Questo trattamento viene effettuato su prodotti di scarto derivanti dal taglio delle pietre grezze. L'ambra pressata o ambroide, è prodotta applicando forti pressioni abbinate all'aggiunta di coloranti. Tuttavia, è abbastanza semplice capire se la pietra sia stata trattata in questo modo, in quanto si riconoscono facilmente gli effetti prodotti dalla pressione e dall'aggiunta di coloranti: le bolle della componente volatile si presentano allungate; la distribuzione del colore è irregolare, non omogenea; si notano facilmente occasionali fratture da stress.

Ambra chiarificata

I campioni più utilizzati per questo trattamento sono quelli che presentano un'alta percentuale di bolle d'aria e un colore relativamente chiaro. Le pietre vengono riscaldate in un olio opportunamente colorato che ha lo stesso indice di rifrazione dell'ambra naturale, in modo tale da riempire le fessure e le bolle d'aria. Una volta raffreddato e solidificato, si nota visibilmente come l'olio migliori notevolmente la diafanità e l'intensità del colore dell'ambra originale. L'ambra chiarificata è facilmente identificabile, riscontrando la presenza di fratture da stress visivamente attraenti e altamente riflettenti.

In allegato sono presenti due fotografie di ambre in cui sono stati applicati questi trattamenti.

Importanza commerciale dell'ambra

I motivi per i quali questo materiale sia stato oggetto di grande interesse sin dall'antichità e citato nell'ambito di miti, leggende e culti è senz'altro da attribuire alle sue proprietà chimico-fisiche: gli innumerevoli colori e le tonalità che può assumere; la presenza in alcuni campioni di inclusioni biologiche; la particolare fluorescenza riscontrabile in alcune varietà; la capacità di elettrizzarsi per attrito; l'emanazione di odori aromatici se riscaldato o bruciato; il basso peso specifico e la durezza che ne hanno reso possibile la lavorabilità. Considerando tutti questi

aspetti, l'importanza dell'ambra a livello commerciale deriva dalla sua domanda sul mercato, condizionata essenzialmente dalla rarità di alcune sue varietà, nonché dalla provenienza geografica e dalla sua portabilità se montata su gioielli.

Riguardo alla qualità, i termini più frequentemente usati in gioielleria per classificare un'ambra sono riportati da C. Zilli (1996-97):

- a- Ambra chiara: si tratta di un'ambra limpida e trasparente;
- b- Ambra grassa: è un'ambra lievemente torbida a causa dell'inclusione di numerose bolle gassose;
- c- Ambra ossea: è bianca, opaca, formata da una resina chiara; si presenta con numerose bolle d'aria; è più ricca in acido succinico rispetto all'ambra più comune;
- d- Ambra schiumosa: presenta un aspetto gessoso. I frammenti troppo piccoli per essere usati in commercio vengono sottoposti a trattamento termico per ottenere acido succinico, olio d'ambra e colofonia; quest'ultimo componente è usato nella preparazione di vernici.

CAPITOLO 2 – I GIACIMENTI DI AMBRA BALTICA E SICILIANA

L'ambra baltica

Classificazione ed origine paleobotanica

Secondo la classificazione chimica delle resine fossili di K.B. Anderson et al. (1995) questa varietà di ambra rientra nella classe Ia. Il carattere distintivo più importante è sicuramente la percentuale di acido succinico compresa tra 3% e 8% rispetto al peso complessivo. Per ciò che concerne l'origine botanica, ad oggi, non si sono ancora raggiunti risultati definitivi, in quanto risalire alla filogenesi precisa delle piante che abbiano prodotto le paleoresine dell'ambra baltica, risulta molto complicato. Citando le ricerche di G. L. Cattaneo (2007) sull'evoluzione degli studi più importanti a riguardo che abbracciano un intervallo temporale che va dalla prima metà del 1800 alla fine 1900, vorrei riportare le ipotesi sviluppate da C.I. Millar (1998) secondo cui le famiglie di piante più accreditate come progenitrici dell'ambra baltica, quella delle Araucariaceae appartenente alla specie *Agathis australis*¹⁰ e quella delle Pinaceae, sarebbero polifiletiche: le Araucariaceae "arcaiche" e le attuali Pinaceae¹¹ potrebbero essere considerate "sorelle di gruppo" con un probabile progenitore comune. Precedentemente, Larsson (1978) aveva già ipotizzato l'esistenza di una pianta arcaica con le caratteristiche morfologiche delle attuali Pinaceae, ma con il chimismo delle Araucariaceae. A fronte di tutto questo, il vero problema da risolvere è quello di capire il motivo dell'assenza di acido succinico nell'*Agathis* (Langenheim, 1995) che, come già detto, risulta essere un componente discriminatorio di questa varietà di ambra.

Età

L'età geologica dell'ambra baltica è tuttora oggetto di numerosi dibattiti scientifici; tuttavia, sarebbe da attribuire ad un intervallo temporale che va dall'Eocene medio/superiore all'Oligocene inferiore (Bartoniano – Rupeliano, circa 45-35 M.A.).

Depositi

Depositi secondari del Terziario: il deposito principale è localizzato lungo le coste meridionali del baltico ed interessa tre paesi: Russia, Polonia e Lituania. In Russia comprende la parte occidentale della penisola di Sambia, in un'area di

¹⁰ Il genere *Agathis* comprende 21 specie di alberi sempreverdi della famiglia delle Araucariaceae. La sua distribuzione geografica è limitata all'Oceania e all'Asia sud-orientale (Malesia, Indonesia, Filippine).

¹¹ Le Pinacee (*Pinaceae*) sono una famiglia di alberi che hanno in comune il fatto che le foglie sono aghiformi.

1280 Km²; in Polonia è situato nella penisola di Chlapowo; infine, in Lituania, è ubicato nella laguna di Kurskij.

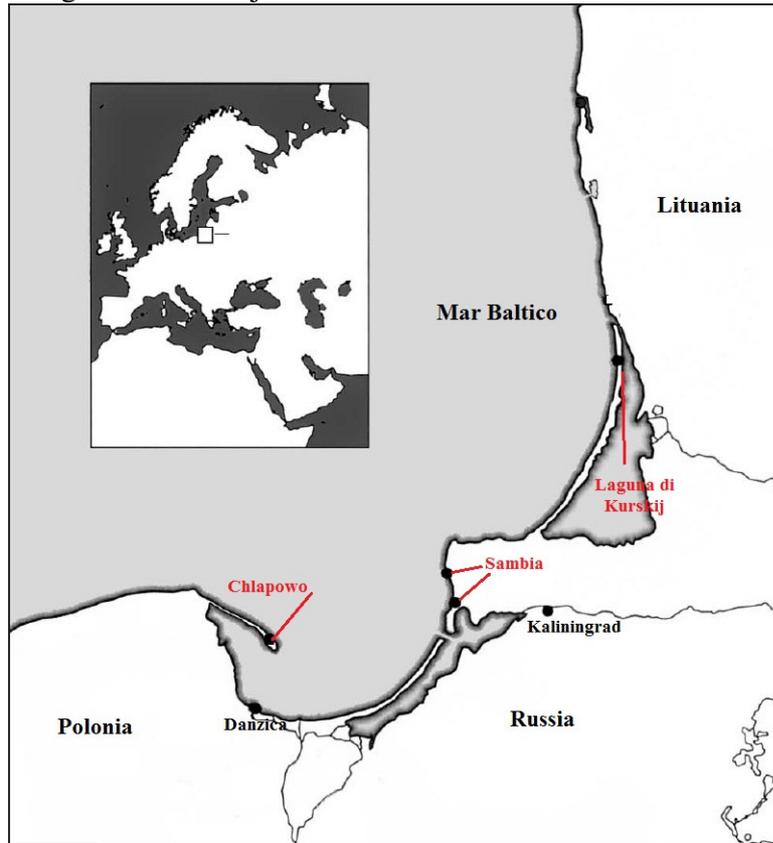


Immagine 2 – Ubicazione dei depositi secondari di ambra baltica del Terziario

L'ambra si rinviene principalmente all'interno della formazione litostratigrafica delle "Blaue Erde" ("Terre Blu") caratterizzata da argille sabbiose grigio-verdi, ricche in fillosilicati (Eocene superiore – Oligocene inferiore); in quantità minore si rinviene all'interno della formazione del "Grüne Mauer" (Muro Verde) costituita da arenarie fosforitiche e glauconitiche verde-scure risalenti all'Oligocene superiore (G.L. Cattaneo, 2007).

Depositi secondari del Quaternario: le fasi glaciali avvenute in Europa centro-settentrionale tra 455.000 e 12.000 anni fa spiegano il motivo per il quale l'ambra baltica si rinviene anche in depositi morenici limo-argillosi secondari, distribuiti tra Polonia, Estonia, Lettonia, Lituania, Bielorussia, Ucraina e Germania fino alla costa orientale del Regno Unito, alle isole Frisoni, alla penisola dello Jutland e alle coste meridionali della Scandinavia (G.L. Cattaneo, 2007).

Proprietà

Le analisi FT-IR (Fourier Transform Infrared) svolte Beck et al. (1965), mostrano che l'ambra baltica mostra un picco caratteristico in corrispondenza di circa 1160 cm⁻¹ e testimonia l'allungamento del legame C-O (stretching) delle molecole di acido succinico; questo valore di lunghezza d'onda è preceduto da un'ampia spalla orizzontale conosciuta come la "spalla baltica", indicativa del grado di

degradazione ossidativa e compresa nel campo di lunghezze d'onda dei 1100-1300 cm⁻¹ (Beck et al., 1965).

Facendo riferimento ad una classificazione dell'ambra baltica proposta da K. Leciejewicz, G.L. Cattaneo (2007) ne riporta i caratteri fondamentali, mettendo in evidenza le caratteristiche fisiche dell'ambra baltica primaria e secondaria. La principale differenza tra queste due classi è determinata dall'effetto dell'alterazione subaerea che colpisce la superficie esterna delle ambre. I campioni in cui gli effetti dei fenomeni di weathering ambientale sono impercettibili rientrano nella varietà primaria; se le ambre risultassero caratterizzate, al contrario, da evidenti segni di alterazione subaerea, rientrerebbero nelle varietà secondarie.

Caratteristiche delle ambre baltiche primarie:

- fenomeni di fluorescenza;
- in base al grado di trasparenza e al colore che dipende dalla concentrazione delle bolle di vapore (di acqua e aria) all'interno della struttura, secondo K. Leciejewicz (1997), si distinguono in:
 - 1- ambre trasparenti che non contengono bolle di vapore;
 - 2- ambre traslucide che presentano al loro interno alcune zone di forte concentrazione di vapore;
 - 3- ambre giallo opache il cui numero di bolle può arrivare a 25.000/mm² per sezione. Il colore varia da giallo a beige;
 - 4- ambre bianco opache che possono contenere fino a 900.000 bolle per mm² di sezione.

Secondo le ipotesi di Larsson (1978) riportate da G.L. Cattaneo (2007), la presenza di queste bolle sarebbe giustificata dall'acqua contenuta nella linfa che a contatto con la resina non si sarebbe miscelata, ma dispersa sotto forma di piccole gocce; successivamente le radiazioni solari e l'effetto della temperatura avrebbero causato l'evaporazione della componente acquosa e, a causa della viscosità della resina, il vapore sarebbe rimasto intrappolato creando delle zone che appaiono all'occhio umano simili a delle "nuvole".

Caratteristiche delle ambre baltiche secondarie: di norma queste varietà d'ambra presentano una maglia di cracks superficiali che si genera a causa dell'esposizione agli agenti esogeni quali aria, umidità, luce, perciò assumono un aspetto simile a dei "cristalli" di zucchero (G.L. Cattaneo, 2007). Talvolta, invece, si genera una crosta di alterazione superficiale esterna ruvida e scabrosa (weathering crust) con struttura opaca o trasparente a seconda dello spessore.

CAPITOLO 3 – L’AMBRA SICILIANA: LA SIMETITE

Classificazione ed origine paleobotanica

Gli studi botanici effettuati su campioni di simetite sono estremamente rari, perché è difficilissimo trovare frammenti di foglie e fiori di dimensioni tali da permettere di risalire alle specie del loro albero di origine. C. Zilli (1996-97) riporta le ricerche di Goeppert (1879) pubblicate negli “Atti della R. Accademia dei Lincei” riguardo un incluso vegetale (un frammento di foglia) di un campione di simetite attualmente conservato nel Museo di Geologia di Palermo. Egli riuscì ad identificare questa inclusione, riconoscendo la sua appartenenza al genere *Laurus* e più precisamente alla specie *Laurus Gemellariana*.

Età

Dai dati riportati da G.L. Cattaneo (2007), D. Schelee attribuisce all’ambra siciliana un’età compresa tra il Miocene inf. pp. e Miocene sup. pp. (Burdigaliano – Tortoniano, circa 20-12 M.A.).

Proprietà

Colore

La simetite si presenta sotto una gamma di colori che va dal giallo limpido, all’arancione, al rosso così scuro da sembrare quasi nero.

Il carattere che condizionerebbe le diverse tonalità di colore nelle ambre, secondo Helm (1866), sarebbe lo zolfo assorbito da soluzioni ricche in solfati che percolavano nei giacimenti. A conferma di questo, molti dei campioni studiati da C. Zilli (1996-97) presentano una patina sulfurea superficiale.

Helm (1866) mise a confronto le concentrazioni di diversi componenti (C, H, O, S) misurate su campioni di ambra baltica, di ambra siciliana rosso scura e di ambra siciliana nera, prestando attenzione alla percentuale di zolfo (tabella 3). Nella varietà nera egli osservò che la quantità di ossigeno era esattamente la metà e quella di zolfo era il doppio delle rispettive quantità di ossigeno e zolfo dell’ambra siciliana rosso scura e di quella baltica. Questi dati potrebbero essere la conferma del fatto che, a seconda del diverso grado di esposizione del campione agli agenti atmosferici ossidanti, esso appaia più o meno scuro. Di conseguenza, maggiore è la quantità di zolfo nel campione e più il pezzo d’ambra si presenta scuro (C. Zilli, 1996-97).

	Ambra Baltica	Ambra Siciliana	Ambra Siciliana Nera
Carbonio	77,27%	78,63%	82,30%
Idrogeno	9,94%	10,48%	9,08%
Ossigeno	12,12%	10,47%	6,16%
Zolfo	0,42%	0,67%	2,46%

Tabella 3 - percentuali degli elementi caratterizzanti la composizione dell'ambra baltica, siciliana e ambra siciliana nera. (Helm, 1866)

Fluorescenza: spazia dall'azzurro, al verde e al violetto (C. Zilli, 1996-97).

Peso specifico: secondo i dati riportati da Zilli (1996-97) sulla misura del peso specifico effettuata da Helm (1866), questo risulta essere di circa 1,125 g/cm³ per le varietà nere; per le varietà arancioni o rosse questo valore risultava leggermente più basso, intorno ai 1,056-1,068 g/cm³.

Temperatura di fusione: la simetite brucia intorno ai 300-350 °C.

Colore	giallo limpido; arancione; rosso scuro
Fluorescenza	azzurro; verde; violetto
Peso specifico (g/cm ³)	<ul style="list-style-type: none"> • 1,125 per le varietà nere • 1,056-1,068 per le varietà arancioni o rosse
Durezza (misurata con la scala di Mohs)	<ul style="list-style-type: none"> • 1,5-2 per le varietà nere • 2,5-3 per le varietà arancioni e rosse
Temperature di fusione (°C)	300-350 °C
Percentuale di zolfo	<ul style="list-style-type: none"> • varietà nera: 2,46% • varietà rossa scura: 0,67% • varietà rossa chiara: 0,52%

Tabella 4 – Quadro riassuntivo delle proprietà chimico-fisiche delle tre varietà di ambra considerate dallo studio di Helm (1866)

L'ambra siciliana, detta anche simetite perché è stata trovata più frequentemente lungo le coste orientali della Sicilia, a circa 40 Km da Catania sotto la foce del Simeto, ha origini antichissime. Si ipotizza che fosse conosciuta già alla fine dell'Età del Ferro, ma che non fosse né lavorata né commercializzata (C. Zilli 1996-97), perché si preferiva importare l'ambra baltica che di solito aveva dimensioni maggiori.

Attualmente, non esiste nessun tipo di giacimento di simetite conosciuto. Le uniche fonti storiche a riguardo sono raccolte all'interno di un opuscolo (C.E. Fiore, 1996, *Dell'ambra siciliana. Testi di antichi autori siciliani 1639-1805*. Quaderni di Biblioteca, I. Boemi Ed., Catania) nel quale sono elencate in ordine cronologico a partire dai primi anni del 1600 fino ai primi anni del 1800 tutte le ricerche effettuate da antichi autori inerenti sia l'ubicazione geografica dei presunti giacimenti di simetite in Sicilia, sia le descrizioni di questo materiale gemmologico e la sua origine.

Tra il 1639 e il 1641 Pietro Carrera nell'opera "Delle memorie storiche della città di Catania" scrive: "*ne' nostri mari di Catania buon numero se n'è ritrovato*". P.S. Boccone (1697) riporta più precisamente i toponimi: "*Io sono testimone di veduta, per averlo trovato nella spiaggia di mare fra la città d'Agrigento, Leocata e Terranova, ch'è dirimpetto all'isola di Malta: li fanciulli di quelle contrade lo raccolgono in mezzo all'alga [...] questo ritrovamento di succino è attualmente in vicinanza delle città di Agrigento, di Catanea, Leocata e simili [...] che poi dalle tempeste e flutti viene distaccato dalle sue sorgenti e portato al lido in mezzo all'alga*" (C. E. Fiore, 1996). A partire dai giacimenti primari ubicati nell'entroterra siciliano, l'ambra veniva rimossa in occasione di intensi eventi piovosi che causavano frane e dissesti; in queste occasioni l'azione erosiva dell'acqua staccava pezzi di diversa grandezza dalla loro sede naturale e li disperdeva nelle campagne vicine o nei corsi d'acqua e da questi al mare dove si rinvenivano piaggiati attorno a Catania e sulla costa meridionale della Sicilia (C. Zilli, 1996-97). L'abate Francesco Ferrara (1805) scrive: "*Le copiose raccolte si fanno dopo le piogge dirotte, che hanno avuto la forza d'estrarre e condurre via i pezzi dell'ambra da' loro siti, e dopo le tempeste durante le quali il fiotto dell'onde impetuose ha rigettato sopra lidi con l'alga e la sabbia l'ambra che i fiumi vi avevano trasportato*" (C. E. Fiore, 1996), riferendosi al Simeto, Imera meridionale e al Salso. Dopo una descrizione minuziosa riguardo all'ubicazione delle sorgenti e il talweg di questi due fiumi, egli delimita un'area ritrovamenti di simetite: "*l'ambra dunque si ritrova nelle campagne vicine ai luoghi centrali dell'isola ed in quelle limitrofe al corso di tutte queste acque. Si trovano de' grossi pezzi nelle campagne di Centorbi, Asaro, Leonforte, S. Filippo d'Argirò, etc*". Nelle coste, sempre secondo l'abate Ferrara, la simetite sarebbe stata raccolta nelle spiagge di "*Sicili, Spaccaforno, Ragusa, Terranova. Licata, ed altre del contado di Modica, ed indi a Girgenti, Siculiana, ed altri luoghi di quelle spiagge meridionali*" (C. E. Fiore, 1996).



Immagine 3 – Carta geografica della Sicilia che rappresenta i luoghi, delimitati in rosso, in cui sono stati fatti i maggiori ritrovamenti di simetite rispetto ai dati riportati dalla letteratura.

Su comunicazione verbale di G.L. Cattaneo, le ultime fonti non scritte a riguardo risalirebbero all'attività dei "carsolari" a sud di Catania (così erano chiamati i raccoglitori di ambra in Sicilia) nel 1970. Il motivo per il quale non si abbiano più notizie del ritrovamento di campioni di ambra dopo gli anni '70 è ancora oscuro, ma potrebbe essere attribuito all'impatto antropico sul territorio che ha modificato il talweg dei corsi d'acqua che regolavano il trasporto di questo materiale, a causa della costruzione di dighe e sbarramenti; ad oggi, tuttavia, non sono state ancora svolte delle ricerche scientifiche per individuare la collocazione geografica precisa sia dei giacimenti primari sia di quelli secondari regolati dal trasporto fluviale.

La lavorazione

La lavorazione dell'ambra in Sicilia risale ai primi del XIX secolo. I pezzi erano lavorati al tornio o ad intaglio per produrre oggetti come collane, pendagli, anelli, rosari o scatole, cammei anche di 4-5 cm (Ferrara, 1805). Oggi gli artigiani levigano i grezzi con carta abrasiva a grana sempre più piccola, dopodiché, l'ambra viene osservata al microscopio dal gioielliere che individua la parte del campione più interessante da un punto di vista commerciale, stabilendo a tale proposito il tipo di taglio più adatto per evidenziare le caratteristiche estetiche del campione. Infine, si procede con la lucidatura, utilizzando della pasta abrasiva (C. Zilli, 1997).

CAPITOLO 4 - LA COLLEZIONE DI AMBRE SICILIANE (SIMETITI) E BALTICHE DEL MUSEO DI MINERALOGIA DEL DIPARTIMENTO DI SCIENZE GEOLOGICHE DELL'UNIVERSITÀ DI ROMA "LA SAPIENZA"

La caratterizzazione gemmologica è stata effettuata su una gamma di campioni scelti tra quelli disponibili nella collezione di ambre del museo di mineralogia, creata grazie alle donazioni elargite da diversi privati. La selezione delle gemme prese in esame è stata fatta dal Dott. M. Macrì. I pezzi analizzati sono complessivamente quattordici. La loro provenienza geografica, secondo i registri del museo, è la seguente: nove di questi sono stati catalogati come succiniti provenienti dalla Sicilia; i rimanenti quattro, invece, sono stati riconosciuti come succiniti di provenienza baltica. Di seguito sono riportate le fotografie dei cinque campioni oggetto delle analisi di chimica strumentale; le altre sono raccolte nell'allegato.



Foto 1

Numero del campione : 13323/41
Collezione: Spada.
Peso: 2.076 g.
Dimensioni degli assi: maggiore 2,70 cm; minore 1,35 cm
Descrizione del cartellino del museo: succinite giallo-trasparente; provenienza Baltico (2 pezzi).
Caratteristiche: il campione si presenta di colore arancione con sfumature gialle; appare trasparente; è levigato e lucidato; si distingue una maglia di cracks poligonali e superficiali ben articolata.



Foto 2

Numero del campione: 13323/ 41 (bis)
Collezione: Spada.
Peso: 1,200 g.
Descrizione del cartellino del museo: ibidem.
Dimensioni degli assi: maggiore 1,83 cm; minore 1,40 cm
Caratteristiche: il campione si presenta di colore arancione scuro con sfumature rosse; appare trasparente; è levigato e lucidato; si notano delle fratture interne; la maglia di cracks poligonali e superficiali è poco articolata; è insettifero.



Foto 3 e 4

Numero del campione: 13305/23

Collezione: Spada.

Peso: 2,580 g.

Dimensioni degli assi: maggiore 1,70 cm;
minore 1,50 cm.

Descrizione del cartellino del museo:
succinite rosso vinato trasparente a
macchie opache giallognole; provenienza
Sicilia.

Caratteristiche: il campione si presenta di
color rosso intenso lì dove non sia
coperto da una patina opaca color giallo-
bruno con una struttura a ragnatela; è
levigato e lucidato; nelle zone trasparenti
si distingue una maglia di cracks
poligonali e superficiali.

Foto 5

Numero del campione: 13290/8

Collezione: F.C. Borgia.

Peso: 1,088 g.

Dimensioni degli assi: maggiore 1,36 cm;
minore 1,16 cm.

Descrizione del cartellino del museo:
succinite giallo-bruna, trasparente ed insetti
fera; provenienza Sicilia (2 pezzi).

Caratteristiche: si presenta di color rosso
tendente al bruno; appare trasparente; è
levigato e lucidato; si distingue una maglia
di cracks poligonali e superficiali; al suo
interno si notano facilmente delle bolle.



Foto 6

Numero del campione: 13290/8 (bis)

Collezione: F.C. Borgia.

Peso: 0,528 g.

Dimensioni degli assi: maggiore 1,38 cm;
minore 1,10 cm.

Descrizione del cartellino del museo:
ibidem.

Caratteristiche: si presenta di color
arancione tendente al rosso; appare
trasparente; taglio cabochon; si distingue
una maglia di cracks poligonali e
superficiali ed alcune fratture interne.

CAPITOLO 5 – CARATTERIZZAZIONE DEI CAMPIONI

Le analisi gemmologiche di tipo standard

Descrizione dei materiali e dei metodi impiegati

Il peso (in grammi): la misura è stata effettuata con una bilancia digitale; il margine d'errore ricade sulla terza cifra decimale.

Le dimensioni (in centimetri): sono state misurate utilizzando un calibro d'ottone; il margine d'errore ricade nella seconda cifra decimale.

Le analisi al microscopio: l'uso del microscopio ha permesso di distinguere le inclusioni, le fratture interne, il colore, la trasparenza e le caratteristiche superficiali dei diversi campioni.

Descrizione dei metodi e dei materiali che non sono stati impiegati

Per mantenere l'integrità dei campioni, alcune delle metodologie di analisi gemmologica standard non sono state effettuate in quanto distruttive. Tuttavia, poiché i risultati ricavati da queste analisi sono essenziali per poter caratterizzare le gemme, ovvero la misura della durezza, dell'indice di rifrazione e della densità, saranno riportati in merito i dati ricavati dalla letteratura.

La durezza dei minerali è misurata con una scala numerica che va da uno (il più morbido) a dieci (il più duro) ideata dal mineralogista tedesco Friedrich Mohs. Gli strumenti impiegati sono dei set di punte di durezza, grandezza e forma standard, caricate con pesi noti, in grado di lasciare delle impronte sui minerali che per ovvie ragioni non sono stati utilizzati.

Non è stato possibile misurare l'indice di rifrazione con il rifrattometro, in quanto il liquido di contatto da impiegare avrebbe potuto danneggiare i campioni.

La misura della densità con la bilancia idrostatica: questa metodologia sfrutta il principio di Archimede secondo cui i corpi che vengono immersi in un liquido ricevono una spinta dal basso verso l'alto che ha una forza pari alla massa del volume di liquido spostato. Perciò, la gemma spostata un volume di acqua uguale al proprio e quindi, se si misura la massa di una pietra prima all'aria e poi mentre si trova immersa in acqua, si avranno tutti i dati necessari per ricavare la densità (B. W. Anderson, 1996). Si può calcolare considerando due possibilità:

$d = \text{massa della pietra} / \text{massa di ugual volume d'acqua};$

$d = \text{massa della pietra} / \text{perdita apparente di massa della pietra in acqua}$.

La densità non è stata calcolata, in quanto i campioni sono provvisti di relativo cartellino di catalogazione adesivo che non è stato possibile togliere.

Le analisi di chimica strumentale: descrizione dei materiali e dei metodi impiegati

La scelta dei metodi

La scelta delle metodologie di analisi chimico-strutturali da impiegare è stata effettuata basandosi su due prerogative: la prima ha rispettato l'esigenza di non alterare i campioni storici del Museo da un punto di vista sia fisico che chimico, evitando un qualsiasi tipo di trattamento sulle gemme al fine di renderle idonee per essere analizzate; la seconda ha riguardato la necessità di eseguire le analisi in tempi relativamente brevi. Sulla base di questi due vincoli, i metodi di indagine ritenuti idonei per completare la caratterizzazione gemmologica delle pietre da un punto di vista chimico-strutturale, nonché per discriminare le due varietà d'ambra oggetto di studio (baltica e siciliana) sono stati quello della spettroscopia Raman e FT-IR. Gli strumenti sono stati messi a disposizione dal dipartimento di Ingegneria chimica materiali e ambiente dell'Università degli studi di Roma "La Sapienza", v. Eudossiana, 18. Inoltre, è stato anche necessario sottoporre i campioni ad analisi svolte con microscopio elettronico a scansione (SEM) del nostro Dipartimento, predisposto per lavorare in modalità basso vuoto.

Cenni sui fenomeni chimico-fisici caratterizzanti i metodi della spettroscopia Raman ed FT-IR

Spettroscopia Raman

La spettroscopia Raman è un metodo di analisi chimico-strumentale basato sul fenomeno della dispersione (scattering) per il quale i campioni analizzati dalla microsonda sono colpiti da una radiazione elettromagnetica monocromatica iniziale (una luce laser nel campo del visibile, dell'infrarosso o ultravioletto) di intensità e frequenza nota che, interferendo con i livelli energetici degli atomi, provoca l'allontanamento degli elettroni dai livelli energetici interni, generando uno squilibrio di carica all'interno del sistema: quando un sistema, sia esso una molecola o atomo assorbe fotoni da un fascio energetico esterno, guadagna energia ed entra in uno stato eccitato. Un atomo, nel suo stato normale, ha ogni elettrone che occupa la posizione a più basso contenuto di energia disponibile. Gli orbitali a più alta energia sono vacanti. Lo stato normale rappresenta lo stato più stabile per un atomo ed è quello in cui solitamente si trova a basse temperature. Se all'atomo è fornita energia, sotto

forma di calore, fotoni incidenti o particelle energetiche, questo può passare ad uno stato eccitato in cui gli elettroni occupano orbitali (livelli energetici) a più alta energia o sono del tutto espulsi dall'atomo. Lo stato eccitato è instabile e istantaneamente gli elettroni tornano ad occupare gli orbitali a più bassa energia. In questo passaggio, l'atomo emette una certa quantità di energia, sotto forma di radiazioni elettromagnetiche che corrispondono alla differenza di energia tra uno stato eccitato e quello normale. Nell'ambito della spettrometria Raman, questa differenza energetica o effetto Raman è chiamata spostamento di Stokes e la radiazione emessa è detta radiazione Stokes Raman (www.enco-journal.com). La radiazione può essere diffusa in tre modi: Stokes, anti-Stokes e Rayleigh (scattering elastico). Lo spostamento di Stokes è la differenza (in unità di lunghezza d'onda o frequenza) tra le posizioni dei massimi degli spettri di assorbimento e di emissione (ad esempio spettri di fluorescenza e Raman) della stessa transizione elettronica. Se il fotone emesso ha più energia, la differenza di energia è chiamata spostamento anti-Stokes; questa energia in più proviene dalla dissipazione termica nel reticolo di un cristallo e comporta il raffreddamento del cristallo durante il processo. Lo scattering di Rayleigh è lo scattering elastico (o diffusione) che avviene quando la radiazione elettromagnetica diffusa dalla particella ha la stessa lunghezza d'onda della radiazione incidente; in questo caso, poiché la diffusione è elastica, la radiazione diffusa ha la stessa frequenza e lunghezza d'onda di quella incidente (Immagine 4).

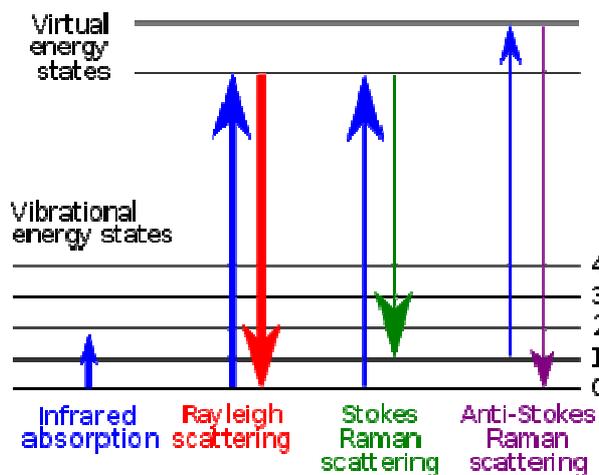


Immagine 4 - Diagramma dei differenti livelli energetici implicati nelle transizioni studiate dalla spettroscopia Raman. (www.enco-journal.com)

Spettroscopia FT-IR (Fourier Transform - Infrared Spectroscopy)

La radiazione infrarossa si riferisce, in generale, a quella parte dello spettro elettromagnetico che si trova tra le regioni del visibile e delle microonde. La regione dello spettro infrarosso comprende i numeri d'onda nell'intervallo 14000-20 cm^{-1} e viene usualmente distinta in tre parti: vicino infrarosso (14000-4000 cm^{-1}), medio infrarosso (4000-500 cm^{-1}) e lontano infrarosso (500-20 cm^{-1}). La

spettroscopia IR, come la Roman, sono tecniche analitiche che si basano sull'interazione fra una radiazione elettromagnetica e la materia.

Più precisamente, però, questa è una spettroscopia di vibrazione; infatti, quando una molecola è investita da una radiazione infrarossa la cui frequenza sia compresa fra 10.000 e 100 cm^{-1} , l'energia ceduta dalla radiazione stessa è convertita in energia vibrazionale. L'assorbimento della radiazione infrarossa produce nelle molecole dei moti vibrazionali caratteristici definiti come stretching (stiramento) e bending (piegamento). Come illustrato nell'immagine 5, lo stiramento è il risultato di una continua variazione delle distanze di legame tra due atomi e può essere simmetrico o antisimmetrico; il piegamento, invece, si riferisce alla modifica dell'angolo di legame sullo stesso piano o fuori dal piano su cui sono situati gli atomi considerati (www.chimica.unipd.it). L'apporto di energia necessario per produrre ciascun tipo di moto vibrazionale dipende direttamente dalla forza e dalla polarità dei legami tra gli atomi della molecola analizzata.

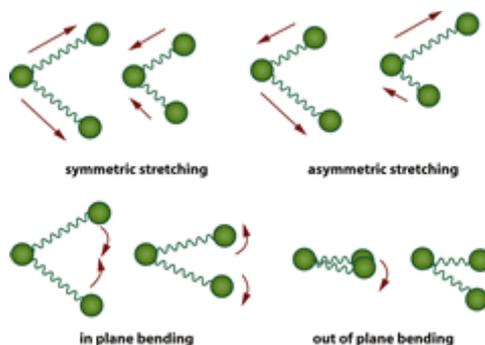


Immagine 5 – I quattro tipi di moti vibrazionali che avvengono tra le molecole colpite da una radiazione IR. (www.chimica.unipd.it)

Lo spettro IR, ottenuto diagrammando l'intensità dell'assorbimento in funzione della lunghezza d'onda, è caratterizzato da picchi riferibili a gruppi funzionali specifici, sia organici che inorganici, facenti parte della sua struttura. La caratterizzazione è effettuata sia per confronto con gli spettri presenti nelle banche dati sia andando ad attribuire ciascun picco alla vibrazione di uno specifico gruppo funzionale. Le vibrazioni fondamentali delle molecole organiche si trovano nella zona dello spettro tra i 400 cm^{-1} e i 4000 cm^{-1} .

È proprio grazie alla riproducibilità di questi picchi e soprattutto dei valori caratteristici di assorbimento che siamo in grado di risalire alla struttura della molecola in esame.

Descrizione della strumentazione

Spettrometro FT-IR Hyperion 2000

Il microscopio Hyperion 2000 IR è collegato a uno spettrometro FT-IR Bruker (modello Tensor 27) ed è dotato di un palco campione mobile e di un rivelatore MCT. Si tratta di un microscopio confocale che può effettuare le analisi sia in trasmissione che in riflessione per una gamma spettrale che abbraccia il campo che va dal NIR ($1\text{-}5\text{ }\mu\text{m}$) al FIR ($40\text{-}350\text{ }\mu\text{m}$). Le funzioni di acquisizione,

elaborazione e valutazione dei dati sono controllate da un software OPUS (www.bruker.com).

Scanning Electron Microscope (SEM) FEI Quanta 400

Il microscopio è equipaggiato con detector di elettroni secondari, sensore di elettroni diffusi ed analizzatore Energy Dispersive X-Ray (0-40 KeV). Esso permette di studiare la morfologia della superficie dei campioni con risoluzione fino a 5 nm; può operare in modalità eSEM (environmental SEM), ovvero consente lo studio morfologico di campioni non conduttivi o biologici senza richiedere la metallizzazione preventiva (www.fis.unical.it).

Interpretazione delle analisi

Il primo passo per poter diagnosticare le gemme utilizzando i metodi di analisi chimica strumentale è stato quello di effettuare una seconda selezione sui quindici campioni a disposizione, in quanto non tutti si prestavano ad essere inseriti all'interno degli strumenti descritti precedentemente in ragione della loro forma e dimensioni. Inoltre, è stato necessario individuare i campioni che superficialmente presentassero i caratteri più evidenti delle alterazioni legate a fenomeni di weathering subaereo, riscontrati con le analisi al microscopio ottico e con le foto ad alta risoluzione.

In funzione di questi vincoli, la Prof.ssa Maras ha scelto cinque campioni dei quali due catalogati come ambre baltiche (n. 13323/41; n. 13323/41 bis) e tre come ambre siciliane (n. 13305/23; n. 13290/8; n. 13290/8 bis).

Tale selezione ha soddisfatto le migliori aspettative, in quanto le analisi hanno messo ben in evidenza le prerogative che abbiamo ritenuto fossero necessarie per poter caratterizzare queste due varietà di ambra: l'identificazione dei caratteri strutturali necessari per appurare l'autenticità dei campioni, facendo riferimento ai dati ricavati dalla letteratura, nonché l'individuazione degli elementi che discriminano l'ambra siciliana da quella baltica.

FT-IR spectroscopy

I dati numerici ricavati dalle analisi all'infrarosso, rappresentati graficamente utilizzando il programma Origin (versione 8.1), hanno prodotto una serie di spettri che hanno fornito le informazioni riguardanti i gruppi funzionali delle molecole che costituiscono le catene a corto raggio determinanti la struttura delle ambre. Per poter attribuire ad ogni picco il relativo gruppo funzionale, ho utilizzato come riferimento uno spettro IR di ambra baltica rappresentato nella sottostante immagine 6.

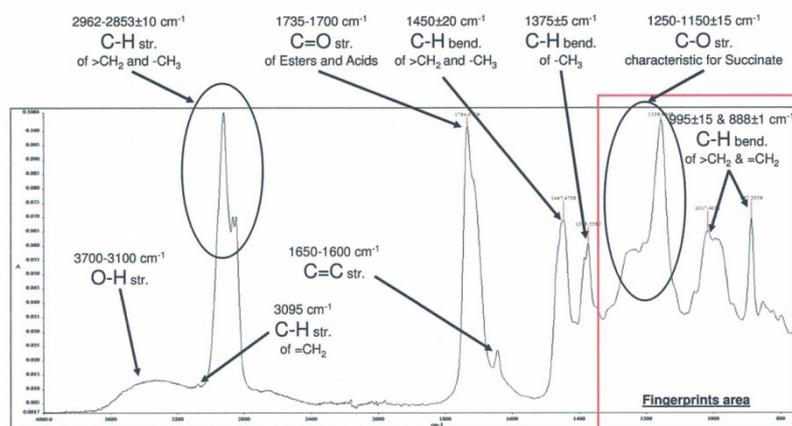


Immagine 6 - Spettro IR di un campione di ambra baltica; è delimitata in rosso la Fingerprints area, porzione di spettro in cui si trovano le bande di assorbimento caratteristiche di questa varietà (G. Pastorelli, 2009).

L'immagine 7 riporta i due spettri IR relativi ai campioni n. 13323/41 e n. 13290/8 del Museo di Mineralogia.

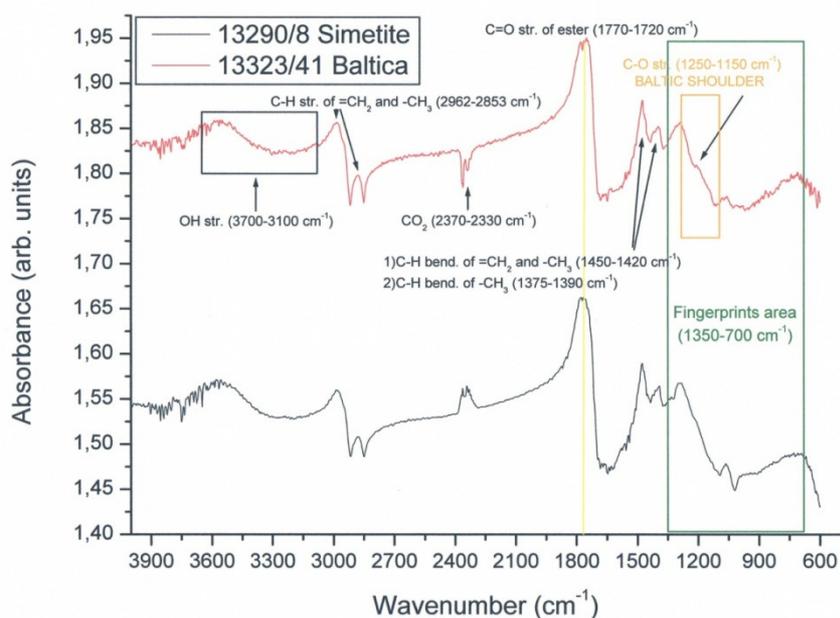


Immagine 7 – Confronto tra gli spettri IR dei campioni n. 13323/41 e n. 13290/8 catalogati rispettivamente come simetite e ambra del Baltico.

Nel campo di lunghezze d'onda compreso tra i 3700 cm^{-1} e i 3100 cm^{-1} si nota il picco relativo al gruppo OH la cui intensità aumenta in funzione della quantità d'acqua adsorbita nei processi di devolatilizzazione che avvengono durante la trasformazione del copale in ambra (G. Pastorelli, 2009). Il picco corrispondente ai 2853 cm^{-1} fa riferimento al gruppo funzionale del metilene esociclico $=\text{CH}_2$ che, come descritto nel capitolo 1, regola la polimerizzazione delle unità polilabdanoidi.

Tra i 2370 cm^{-1} e i 2330 cm^{-1} è ben evidente il picco della CO_2 che non sarebbe dovuto essere presente nello spettro, in quanto lo strumento non ha operato sottovuoto: il diverso andamento ed intensità della banda relativa all'anidrite carbonica è dipendente dal continuo mutare delle condizioni dell'ambiente esterno, ma la sua posizione nel campo spettrale abbraccia sempre quel range di lunghezze d'onda.

Il picco corrispondente al gruppo funzionale $\text{C}=\text{O}$ (1770 cm^{-1} - 1720 cm^{-1}) relativo all'estere è presente in entrambi gli spettri. C. Zilli (1997) sostiene che questa banda di assorbimento sia presente in tutte le resine fossili, aggiungendo però che i risultati delle proprie analisi all'IR condotte su campioni di simetite ed ambre baltiche non abbiano permesso di fare alcuna deduzione sulla natura di questo gruppo: l'estere è considerato come indicatore dell'origine paleogeografica delle ambre, in particolar modo per le varietà baltiche ed ucraine (Abduriyim A. et al., 2009).

Spostandoci verso la regione compresa tra i 1350 cm^{-1} e i 700 cm^{-1} (delimitata in verde) denominata *fingerprints area* (G. Pastorelli, 2009), si nota il carattere discriminante l'ambra baltica e la simetite. Nello slope negativo (contrassegnato in arancione) che abbraccia le lunghezze d'onda che vanno dai 1250 cm^{-1} ai 1150 cm^{-1} è piuttosto evidente la presenza di una spalla orizzontale denominata "spalla del baltico" che attesta la presenza del gruppo funzionale $-\text{CO}-\text{O}-$ tipico dell'acido succinico e messa in risalto nell'immagine 8. Secondo diversi autori, il profilo orizzontale tenderebbe a verticalizzarsi proporzionalmente all'aumento del grado di ossidazione del campione.

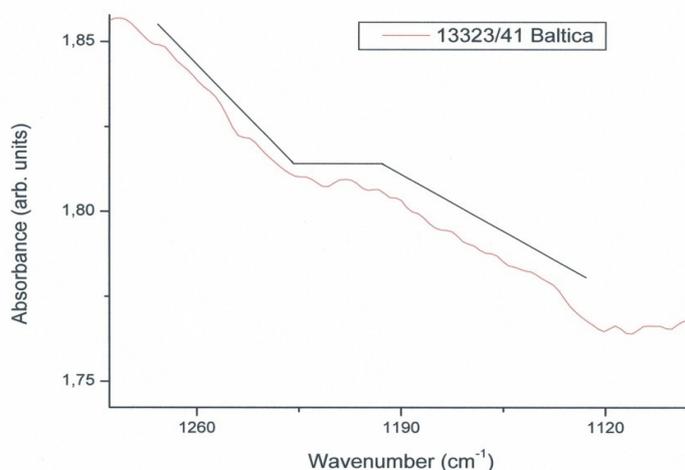


Immagine 8 – Particolare dello spettro del campione n. 13323/41 rappresentante la regione di lunghezze d'onda compresa tra 1270 cm^{-1} - 1120 cm^{-1} nella quale si riscontra la spalla baltica (in rosso) il cui andamento è messo in evidenza dalla spezzata (in nero).

Rispetto ai riferimenti bibliografici, l'acido succinico è considerato come un componente secondario, in quanto la sua concentrazione è compresa tra il 3% e l'8%, ma riscontrarlo nelle analisi vuol dire appurare che il campione in esame rientri nella classe Ia della classificazione di Anderson e Crelling (1995) in cui appunto ritroviamo anche le ambre baltiche

Questo carattere, invece, non è presente nello spettro della simetite (Immagine 9), perciò è possibile ipotizzare che il campione non rientri in quella classe.

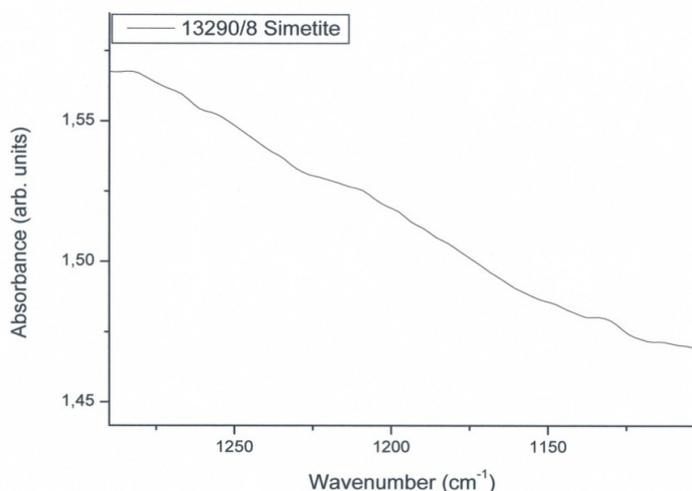


Immagine 9 - Particolare dello spettro del campione n. 13290/8 rappresentante la regione di lunghezze d'onda compresa tra 1270-1120 cm⁻¹ per il campione catalogato come simetite; l'andamento dello slope risulta abbastanza regolare.

Il grafico sottostante (Immagine 10) riporta gli spettri relativi al campione n. 13305/23 che è stato analizzato in due punti diversi: in rosso la parte non alterata; in nero la parte alterata. Non si notano differenze tali da poter effettuare una distinzione sia per quanto riguarda l'intensità dei picchi, sia per la distribuzione delle bande.

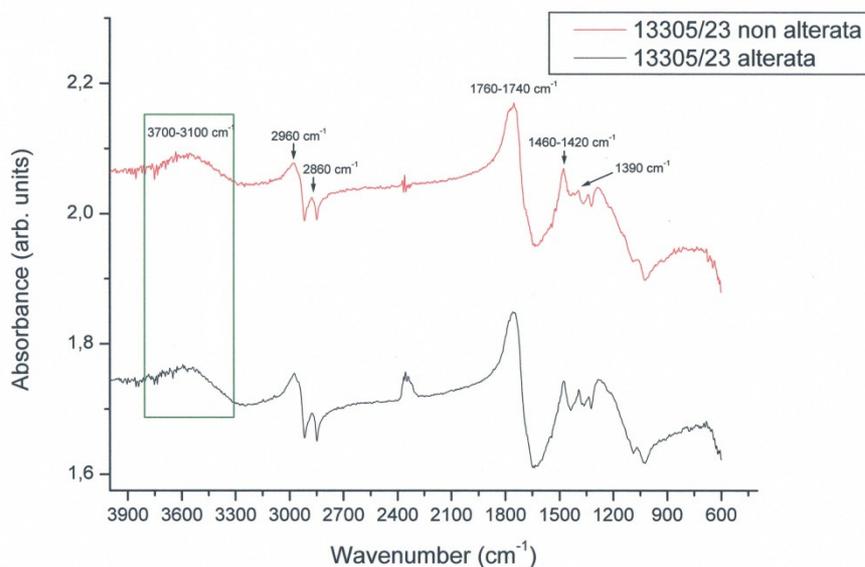


Immagine 10 – Sovrapposizione di due spettri IR concernenti due zone diverse dello stesso campione, n. 13305/23, al fine di verificare se la parte alterata presentasse delle differenze rispetto a quella non alterata.

Per un confronto visivo, ho ritenuto opportuno sovrapporre tutti gli spettri ricavati dalle analisi (Immagine 11), per mostrare che la posizione delle bande

relative ai gruppi funzionali rispetto alle lunghezze d'onda sia uguale per ogni campione.

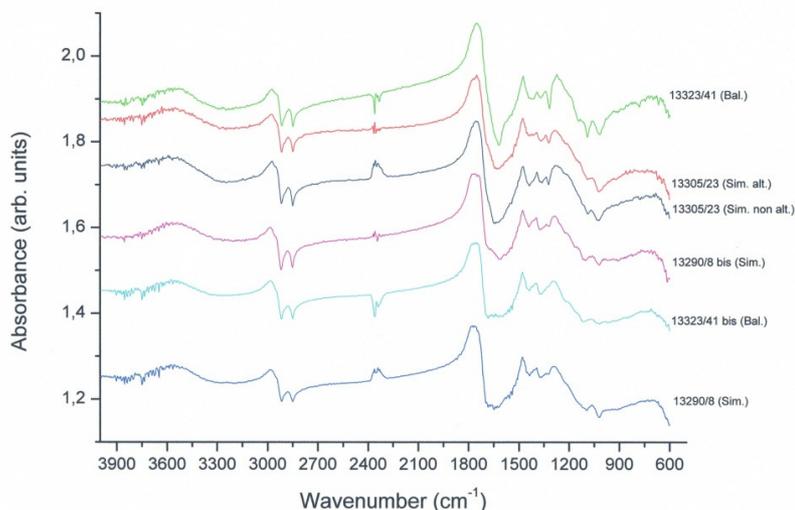


Immagine 11 – Confronto visivo tra tutte le analisi IR svolte sui cinque campioni oggetto d'esame: non risultano sostanziali differenze rispetto all'andamento complessivo degli spettri, cioè alla distribuzione dei gruppi funzionali.

Raman spectroscopy

Per poter studiare gli spettri relativi all'ambra siciliana, ho utilizzato come confronto le analisi volte a discriminare l'ambra baltica e il copale proveniente dal Madagascar, ricavate dall'articolo "On the identification of amber and its imitations using raman spectroscopy – Preliminary results, 1988" della rivista "The Australian Gemmologist" (Immagine 12).

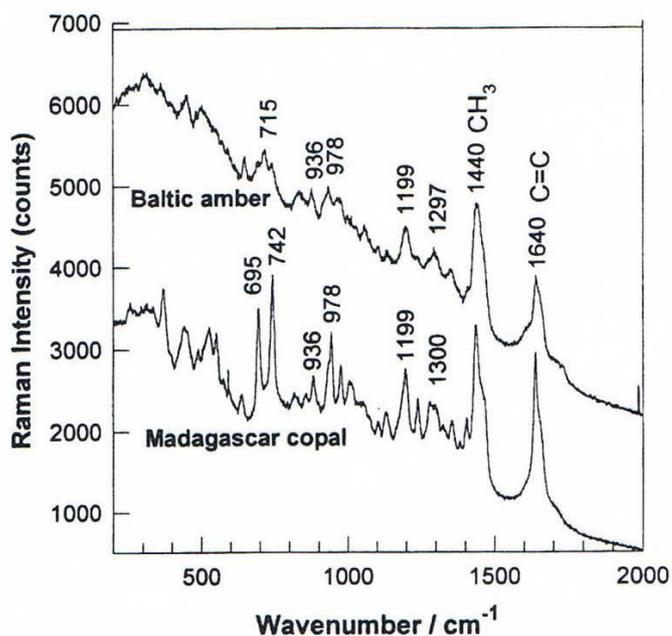
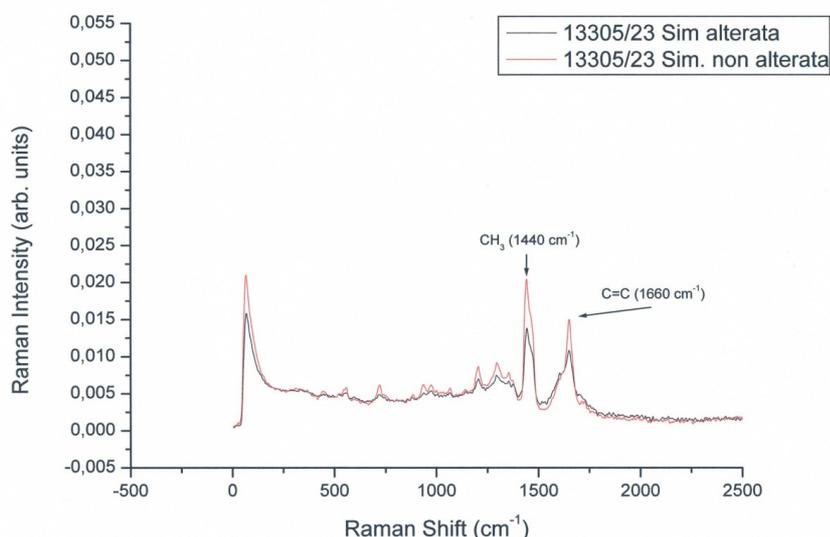


Immagine 12 – Spettri Raman di un campione di ambra baltica e copale del Madagascar (Tay T.S., Shen Z.X., Yee S.I., 1998).

Lo spettro dell'ambra baltica mostra due picchi ben definiti intorno alle lunghezze d'onda dei 1640 cm^{-1} e 1440 cm^{-1} : il primo rappresenta i doppi legami C=C del gruppo degli idrocarburi alifatici¹² (C-CH₂); il secondo picco è dovuto sia alla deformazione asimmetrica del gruppo metilico CH₃, sia alle deformazioni relative al gruppo del metilene esociclico, =CH₂. A differenza dell'ambra, il copale è debolmente polimerizzato, quindi il picco corrispondente ai 1640 cm^{-1} risulta più intenso rispetto a quello dell'ambra (precisamente di due volte); inoltre, si nota che il rapporto di intensità tra le bande 1640 cm^{-1} e 1440 cm^{-1} nell'ambra baltica risulta pari a 0,5:1, mentre nel copale è uguale a 1:1.

Gli spettri Raman relativi al campione di ambra siciliana n. 13305/23 derivano dalle analisi mirate su due punti diversi della stesa gemma (Immagine 13) in corrispondenza della zona alterata (in nero) e della zona non alterata (in rosso). La sovrapposizione dei due spettri mostra anche in questo le bande caratteristiche intorno alle lunghezze d'onda dei 1640 cm^{-1} e 1440 cm^{-1} : il confronto non mostra sostanziali differenze nella distribuzione delle bande (anche rispetto all'ambra baltica), ma è interessante notare che l'intensità di questi due picchi sia diversa, maggiore nelle zone non alterate rispetto a quelle alterate. Non posso fare delle considerazioni a riguardo, in quanto non ho trovato alcun confronto in letteratura; inoltre, sarebbe opportuno effettuare molteplici analisi su parti diverse del campione, per poter capire se effettivamente le intensità rilevate e la posizione dei gruppi funzionali nello spettro non presentino variazioni.



1

Immagine 13 – Sovrapposizione degli spettri Raman relativi allo stesso campione n. 13305/23 finalizzata a cercare delle differenze tra la superficie alterata e quella non altera

¹² Idrocarburi alifatici: una classe di idrocarburi privi di aromaticità. A seconda dei tipi di legame C-C presenti nella molecola (singolo, doppio o triplo) e della loro geometria (lineare, ramificata, ciclica), gli idrocarburi alifatici si dividono inoltre in: idrocarburi saturi (con soli legami singoli C-C.) ed idrocarburi insaturi (che contengono almeno un legame C-C multiplo cioè doppio o triplo). Di questo gruppo fanno parte gli alcheni o olefine che non hanno strutture cicliche e presentano un legame doppio C=C. La formula generale è C_nH_{2n}.

Scanning Electron Microscope (SEM)

Per mantenere l'integrità delle gemme, non è stato effettuato alcun tipo di pretrattamento e di pulizia. Dall'impossibilità di metallizzare i campioni con una patina di grafite, procedimento necessario per renderli elettricamente conduttori, le analisi sono state svolte in condizioni di basso vuoto. Lo strumento è stato messo a disposizione dal Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università degli studi di Roma "La Sapienza".

L'impiego di questo metodo è stato necessario per i seguenti motivi:

Appurare che sulla superficie dei campioni sia presente lo zolfo per confermare la teoria di Helm (1866) secondo la quale questo elemento sia il principale responsabile della variazione di tonalità di colore nelle ambre, in particolar modo in quelle siciliane.

Mostrare le strutture da disseccamento della weathering crust tramite fotografie ad alta risoluzione.

Riporto gli spettri e le fotografie del campione n. 13305/23 (simetite) e del campione n. 13323/41 (ambra baltica), poiché i risultati sono simili a quelli riscontrabili nelle analisi degli altri tre campioni (n. 13323/41 bis; n.13290/8; n. 13290/8 bis), consultabili nell'allegato.

Da sinistra verso destra le immagini 14 e 15 mostrano le bande relative al carbonio, ossigeno, sodio, zolfo e cloro. La costante presenza di zolfo in tutti i campioni, sia nelle varietà baltiche che in quelle siciliane, conferma la teoria sopracitata. Tuttavia, occorre precisare che le analisi al SEM, nel nostro caso, sono state effettuate soltanto su porzioni di superficie scelte casualmente, senza alcun tipo di mappatura, perciò il dato non può essere considerato assoluto, ma comunque indicativo.

Le bande del Na e del Cl compaiono in tutti gli spettri, perciò si potrebbe escludere che siano legati ad impurità depositatesi sulla superficie dei campioni che, come già detto, non sono stati puliti prima di essere introdotti nel SEM. Tuttavia, nei testi consultati non ho trovato alcun riscontro a riguardo, perciò mi astengo dal fare altre considerazioni.

Nelle fotografie a cinquanta ingrandimenti scattate dallo strumento (Foto 7 e 8) risalta subito all'occhio la maglia di cracks poligonali superficiali, legati ai processi di weatering chimico-fisico subaerei descritti in letteratura.

Occorre precisare che le immagini mostrano solo le condizioni superficiali, perciò non è possibile escludere che queste strutture si estendano anche all'interno delle ambre; in questo caso la loro genesi non sarebbe legata agli agenti esogeni, ma al naturale e lento processo di trasformazione delle resine in ambre che prevede, tra le altre cose, la devolatizzazione delle componenti gassose.

Label A:

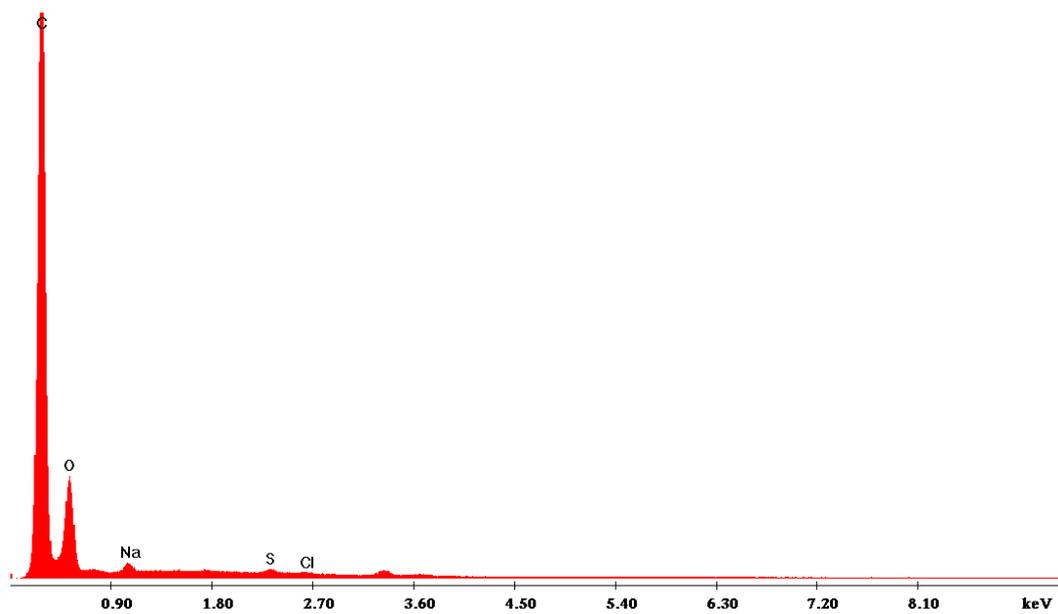


Immagine 14 – Spettro SEM relativo al campione di n.13305/23 catalogato come ambra siciliana

Label A:

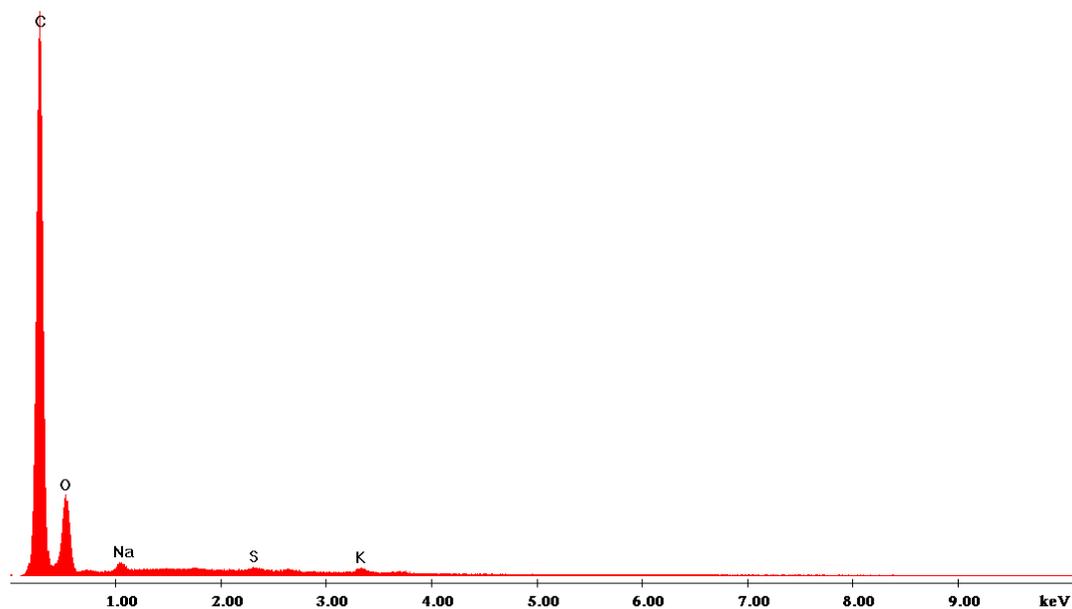


Immagine 15 – Spettro SEM relativo al campione n. 13323/41 catalogato come ambra baltica

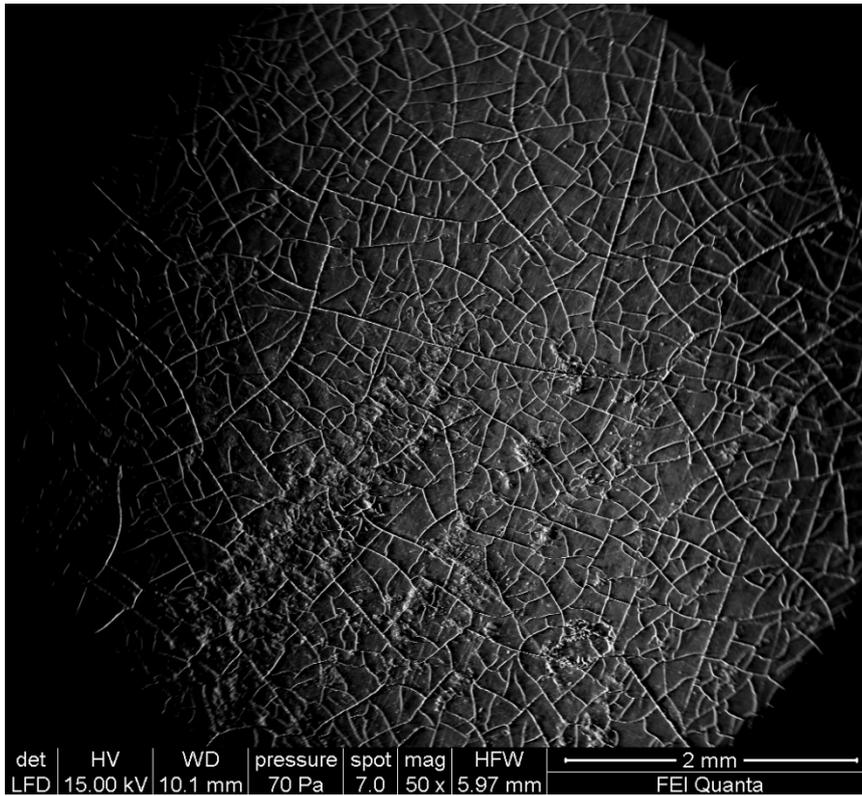


Foto 7 – Fotografia scattata dal SEM rappresentante un punto casuale sulla superficie del campione di simetite n. 13305/23

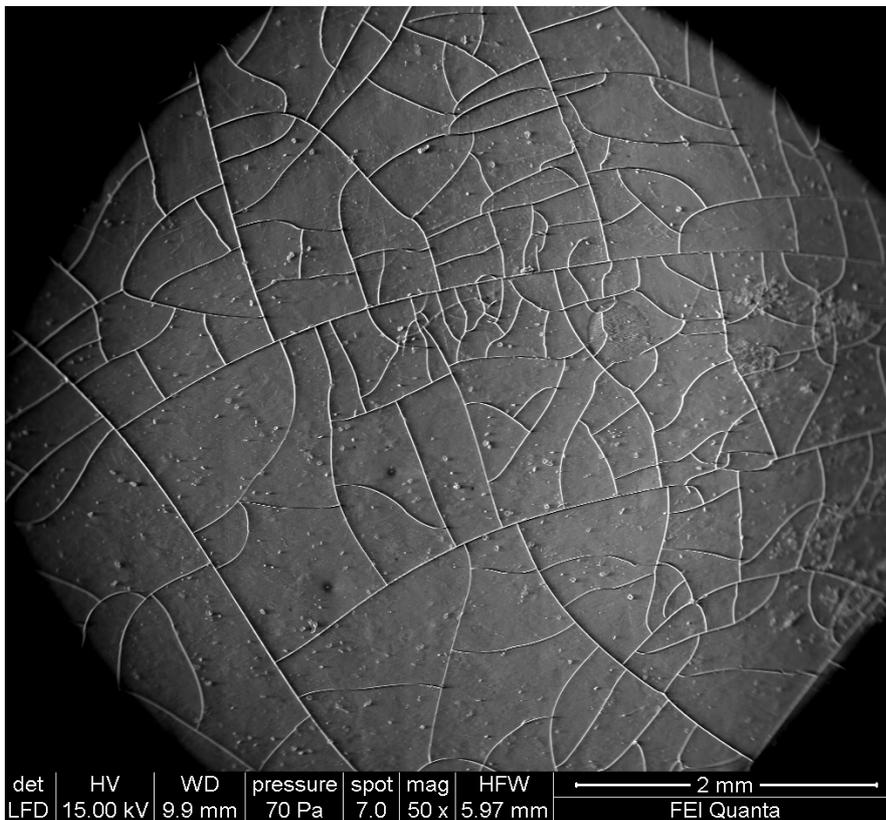


Foto 8 – Fotografia scattata dal SEM rappresentante un punto casuale sulla superficie del campione di ambra baltica n. 13323/41

CONCLUSIONI

Il confronto tra i risultati delle analisi effettuate tramite spettroscopia Raman ed IR con quelli ricavati dalla letteratura ha permesso di identificare le gemme, appurandone l'autenticità: si è riscontrata una corrispondenza sia nella posizione, sia nella distribuzione generale delle bande relative ai diversi gruppi funzionali caratterizzanti le ambre.

Un'ulteriore conferma sull'originalità dei campioni è stata data dalle analisi al microscopio ottico e dalle foto ad elevato ingrandimento e risoluzione del SEM che ne hanno reso visibili le caratteristiche superficiali, fortunatamente diverse da quelle che ci saremmo aspettati se fossero state trattate. Tuttavia, la caratterizzazione non è stata completata, perché parte delle analisi di tipo standard non sono state svolte (la misura della densità, indice di rifrazione, durezza e odore emanato al contatto con una punta calda), in quanto la preservazione delle ambre è stato il vincolo principale da rispettare. Inoltre, non abbiamo avuto gli strumenti necessari per poter identificare i campioni di simetite rispetto alla classificazione delle ambre attualmente più accreditata proposta da Anderson K.B. & Crelling J.C. (1995). A tal fine, le prospettive per una prosecuzione del lavoro, a mio avviso, potrebbero essere le seguenti:

- effettuare analisi di tipo chimico-botanico abbinate a studi paleogeografici e climatici per risalire alla specie di pianta che ha secreto la resina da cui si sono formati i nostri campioni di simetite, al fine di poterli classificare correttamente;
- estendere le analisi di chimica strumentale anche al resto delle gemme per poter apprezzare le eventuali differenze nei campioni di simetite che non sono stati analizzati.

BIBLIOGRAFIA

Abduriyim A. et al., 2009, *Gems & Gemology*, Characterization of “Green Amber” With Infrared and Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy, pp. 158-177.

Anderson K.B., Crelling J.C., 1995, *Amber Resinite, and Fossil Resins: American Chemical Society, Washington-DC*, p 297.

Anderson B.W., Trossarelli C., (a cura di), 1996, *Gemmologia Pratica*, 3^a edizione italiana, Istituto Gemmologico Italiano Ed., Milano, pp. 85, 105, 223, 283.

Beck et al., 1965, The infrared spectra of amber and the identification of Baltic amber: *Archaeometry, Columbia Missouri's*, Vol. 9, pp. 97-100.

Brown G., Snow J., 1988, *The Australian Gemmologist*, It is amber?, p. 409-416.

Cattaneo G.L., 2006, *Rivista Gemmologica Italiana*, L'Ambra (parte I), Roma, Vol. 1, Numero 1, pp. 5-12.

Cattaneo G.L. , 2007, *Rivista Gemmologica Italiana*, L'Ambra (parte II), Roma, Vol. 2, Numero 1, pp. 37-41.

Cattaneo G.L. , 2007, *Rivista Gemmologica Italiana*, L'Ambra (parte III), Roma, Vol. 2, Numero 3, pp. 197-205.

Chetnik A., 1981, *Maly słownik odmian bursztynu polskiego: Prace Muzeum Ziemi, Warszawa*, v.34, pp. 34-38.

Colchester D.M., Webb G., Emseis P., 2006, *The Australian Gemmologist*, Amber-like fossil resin from north Queensland, Australia, riv. n. 22, pp. 378-386.

Fiore C.E. (a cura di), 1996, *Dell'ambra siciliana. Testi di antichi autori siciliani 1639-1805. Quaderni di Biblioteca*, I. Boemi Ed., Catania, pp. 17-27; 63-83.

Goeppert H.R., 1879, *Sull'ambra di Sicilia e sugli oggetti in essa rinchiusi. R. Acc. Dei Lincei, Memorie della classe di scienze fisiche, matematiche e naturali*, Roma, pp. 56-62.

Helm O. & Conwentz H., 1866, *Sull'ambra di Sicilia. Malpighia*, 1, pp. 49-56.

Kimura H. et al., 2006a, Structural study of amber by high-resolution solid-state NMR. *Amber Reports, Society of Amber Studies of Japan*, pp. 1-4.

Langenheim J.H., 1995, *Biology of Amber-Producing Trees, Focus on Case Studies of Hymenaea and Agathis. Symposium Series 617, American Chemical Society publications, Washington, DC*, pp. 10-12.

Larsson S.G., 1978, *Baltic Amber: A Palaeobiological Study: Entomograph, Scandinavian Sciences Press, Klampenborg*, Vol.1, pp. 192.

Leciejewicz K., 1997, Varieties of Baltic amber, in: B. Kosmowska - Ceranowicz, Amber-Treasure of ancient Seas, Oficyna Wydawnicza, "Sadyba", Warszawa, pp. 13-16.

Millar C.I., 1998, Early evolution of pines, in: D.M. Richardson, Ecology and biogeography of Pinus, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 69-71.

Pastorelli G., 2009, Tesi, Archeological baltic amber: degradation mechanisms and conservation measures, Bologna, pp. 18-22.

Tay T.S., Shen Z.X., Yee S.I., 1998, The Australian Gemmologist, On the identification of amber and its imitations using raman spectroscopy – Preliminary results, riv. n. 20, pp. 114-123.

Zilli C., 1996-97, Tesi, Studio sull'ambra siciliana (simetite) del museo di mineralogia "L. Bombicci", Bologna, pp. 61-67.

Sitografia

www.bruker.com

www.chimica.unipd.it

www.enco-journal.com

www.fis.unical.it

ALLEGATO

- Fotografie dei campioni di ambre:
 - siciliane: n. 13310/28; n. 13325/43; n. 13302/20; n. 13301/19; n. 13292/10; n. 13303/21;
 - baltiche: n. 13325/43; n. 13321/39.
- Fotografie di ambra chiarificata e pressata.
- Strumentazioni
- Spettri SEM:
 - campioni n. 13323/8; n. 13323/8 bis; 13323/41 bis.
- Fotografie ad alti ingrandimenti e risoluzione effettuate con il SEM:
 - campioni n. 13323/8; n. 13323/8 bis; 13323/41 bis.

Fotografie

Campioni di ambre siciliane

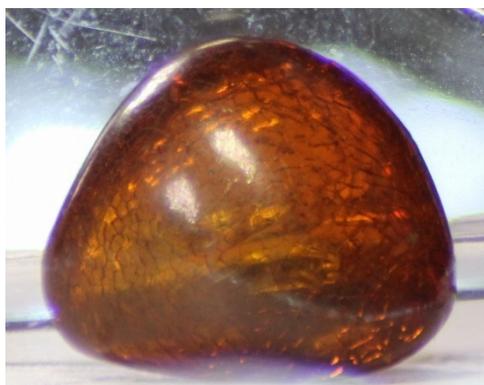


Foto 1
Numero del campione: 13310/28
Collezione: Corvelli
Peso: 5,516 g
Dimensioni degli assi: maggiore 2,60 cm;
minore 2,10cm
Descrizione del cartellino del museo: succinite rosso-nera; quasi opaca; provenienza Sicilia
Caratteristiche: il campione si presenta con un colore rosso scuro; appare traslucido a causa di diffuse inclusioni scure che non siamo stati in grado di riconoscere; è levigato e lucidato.



Foto 2
Numero del campione: 13302/20
Collezione: F.C. Borgia
Peso: 4,648 g
Dimensioni degli assi: maggiore 2,45 cm;
minore 1,85 cm
Descrizione del cartellino del museo: succinite giallo limpida; provenienza Sicilia
Caratteristiche: il campione si presenta di color arancione chiaro; appare trasparente; è levigato e lucidato; si distingue una maglia di cracks poligonali e superficiali ben articolata.



Foto 3
Numero del campione: 13301/19
Collezione: F.C. Borgia
Peso: 1,594 g
Dimensioni degli assi: maggiore 2,70 cm; minore 1,90 cm
Descrizione del cartellino del museo: succinite giallo chiaro; provenienza Sicilia.
Caratteristiche: il campione si presenta di color arancione chiaro tendente al giallo; appare trasparente; taglio cabochon di forma ovale.



Foto 4

Numero del campione: 13292/10

Collezione: P. Maravigna.

Peso: 2,838 g

Dimensioni degli assi: maggiore 1,80 cm;
minore 1,76 cm

Descrizione del cartellino del museo:
succinite giallo chiara limpida; provenienza
Sicilia.

Caratteristiche: il campione si presenta di
color arancine chiaro; appare trasparente; è
lucidato e levigato; si distingue una maglia
di cracks poligonali e superficiali.



Foto 5

Numero del campione: 13303/21

Collezione: F. C. Borgia

Peso: 1,354 g

Dimensioni degli assi: maggiore 2,04 cm;
minore 0,80 cm

Descrizione del cartellino del museo:
succinite giallo-rossastra limpida;
provenienza Sicilia.

Caratteristiche: si presenta di color
arancione chiaro; appare trasparente; è
levigato e lucidato; si distingue una maglia
di cracks poligonali e superficiali.



Foto 6

Numero del campione: 13309/27

Collezione: Spada

Peso: 1,816 g

Dimensioni degli assi: maggiore 1,60 cm; minore
1,00 cm

Descrizione del cartellino del museo: succinite a
zone giallognole e brune; opaca; provenienza fiume
Simeto.

Caratteristiche: il campione si presenta di color
arancione lì dove non sia coperto da striature opache
color giallo bruno; è levigato e lucidato.

Campioni di ambre baltiche



Foto 7

Numero del campione: 13325/43

Collezione: Spada

Peso: 1,008 g

Dimensioni degli assi: maggiore 1,40 cm; minore 1,10 cm

Descrizione del cartellino del museo: succinite giallo limpido; insetti fera; provenienza Baltico.

Caratteristiche: il campione si presenta di color rosso scuro; appare trasparente; tagliato a briolette; si distingue una maglia di cracks poligonali e superficiali ben articolata; è stato forato internamente per poterlo montare su una collana.



Foto 8

Numero del campione: 13321/39

Collezione: Spada

Peso: 5,568 g

Dimensioni degli assi: maggiore 3,34 cm; minore 1,85 cm

Descrizione del cartellino del museo: succinite giallo-trasparente a macchie color zacinio; provenienza Baltico.

Esempio di ambra chiarificata



Esempio di ambra pressata



Strumentazioni



S.E.M.



Spettrometro FT-IR Hyperion 2000



Spettrometro FT-IR VERTEX 7
abbinato ad un modulo Raman RAMII

Spettri SEM

Label A:

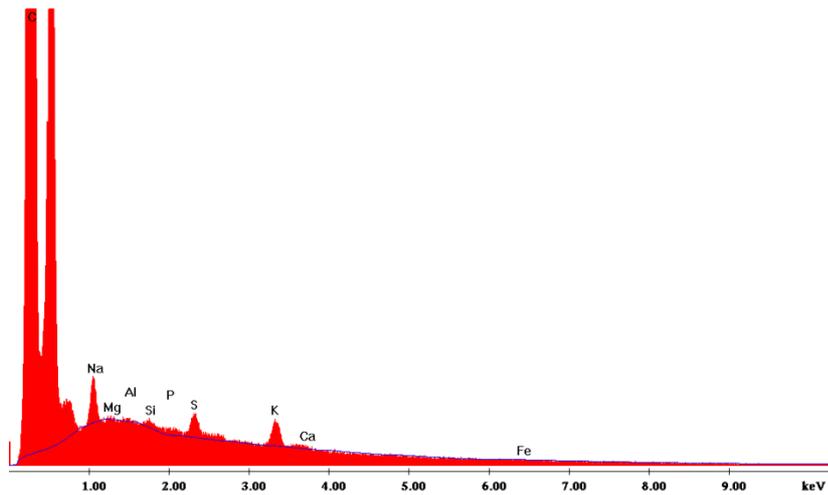


Immagine 1 – Lo spettro del campione n. 13290/8 mostra la presenza di elementi (Mg, Al, P, Si, Ca, Fe) legati alla presenza di impurità sulla superficie delle gemme, in quanto non sono state pulite prima di essere state analizzate. La linea in blu distingue il rumore di fondo.

Label A:

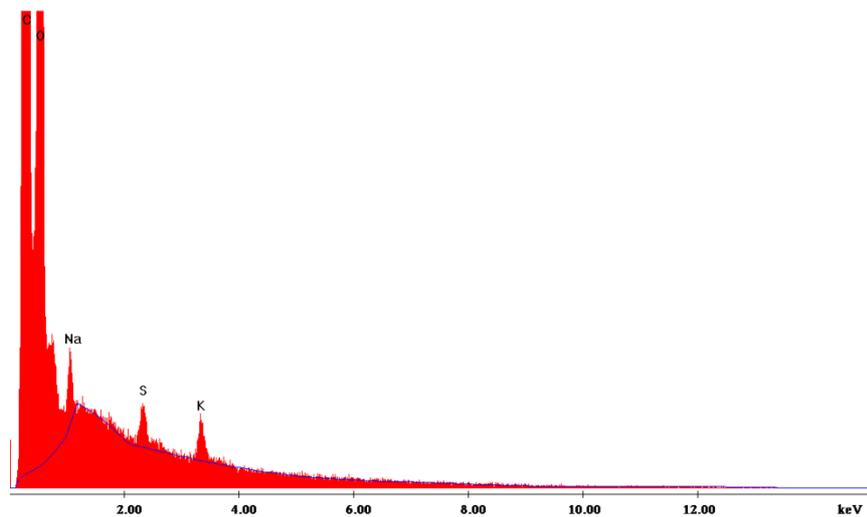


Immagine 2 – Spettro del campione n. 13290/8 bis.

Label A:

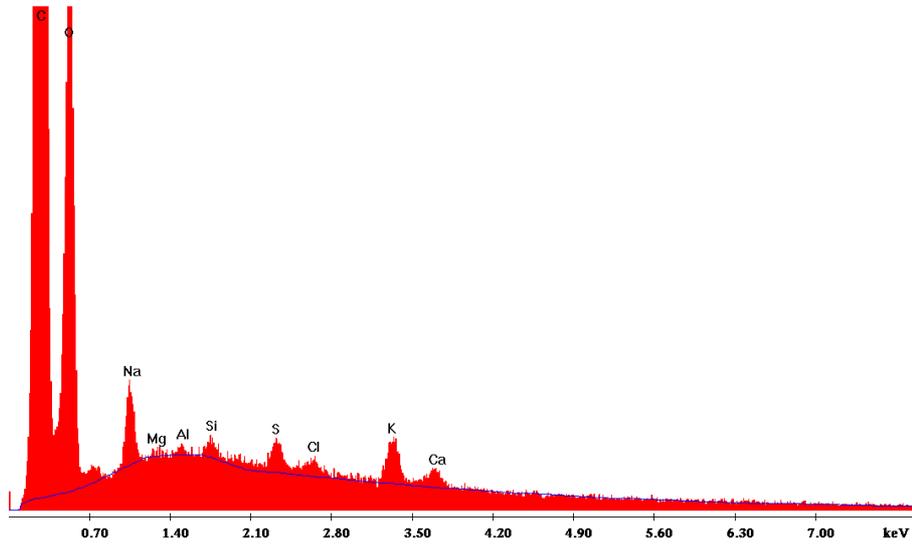


Immagine 3 – Spettro del campione n. 13323/41 bis.

Fotografie ad alti ingrandimenti e risoluzione
effettuate con il SEM

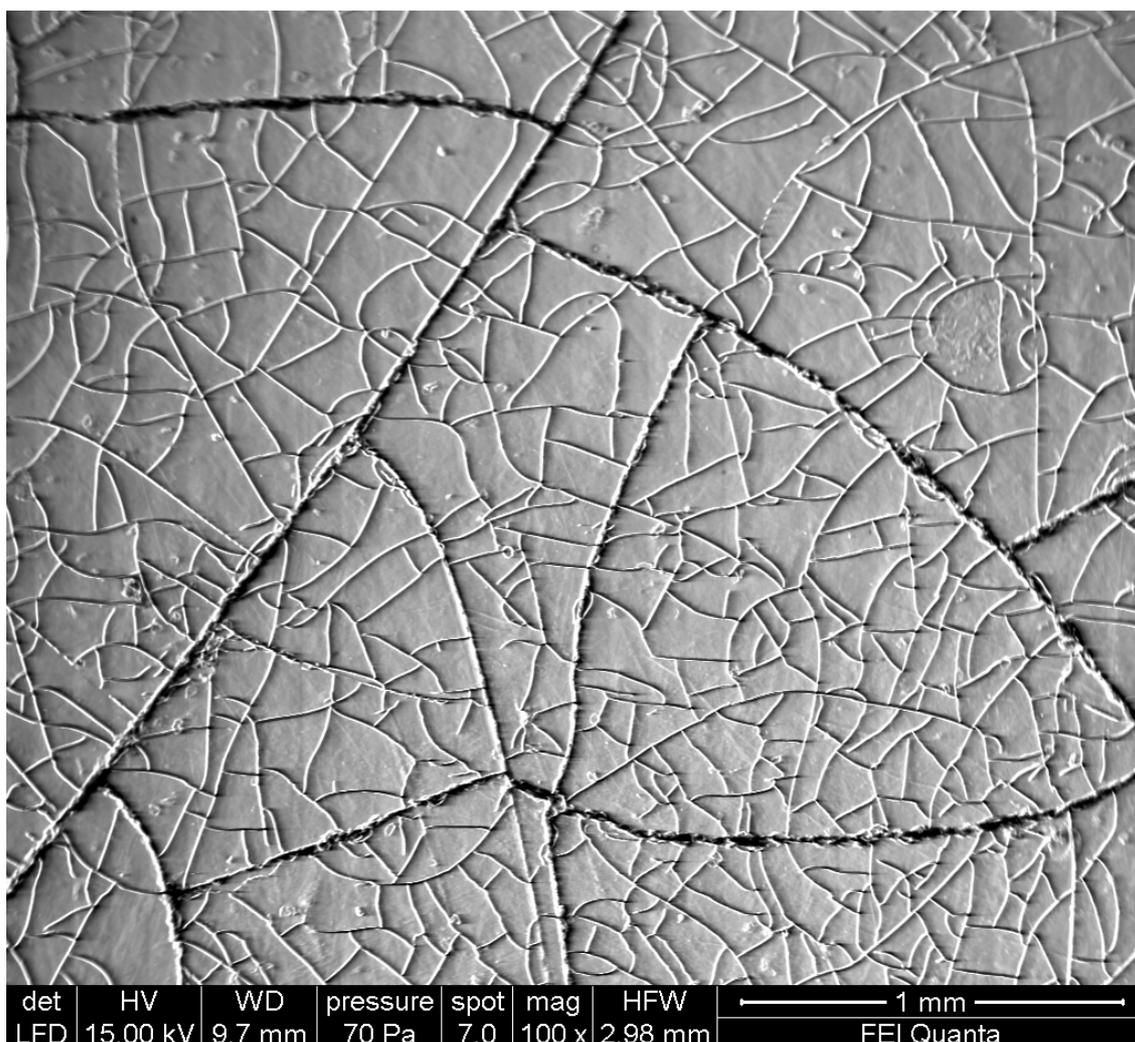


Foto 9 – Fotografia a 100 ingrandimenti su un punto casuale della superficie del campione n. 13290/8. Si notano le maglie di cracks poligonali superficiali, legati ai processi di weatering chimico-fisico subaerei.

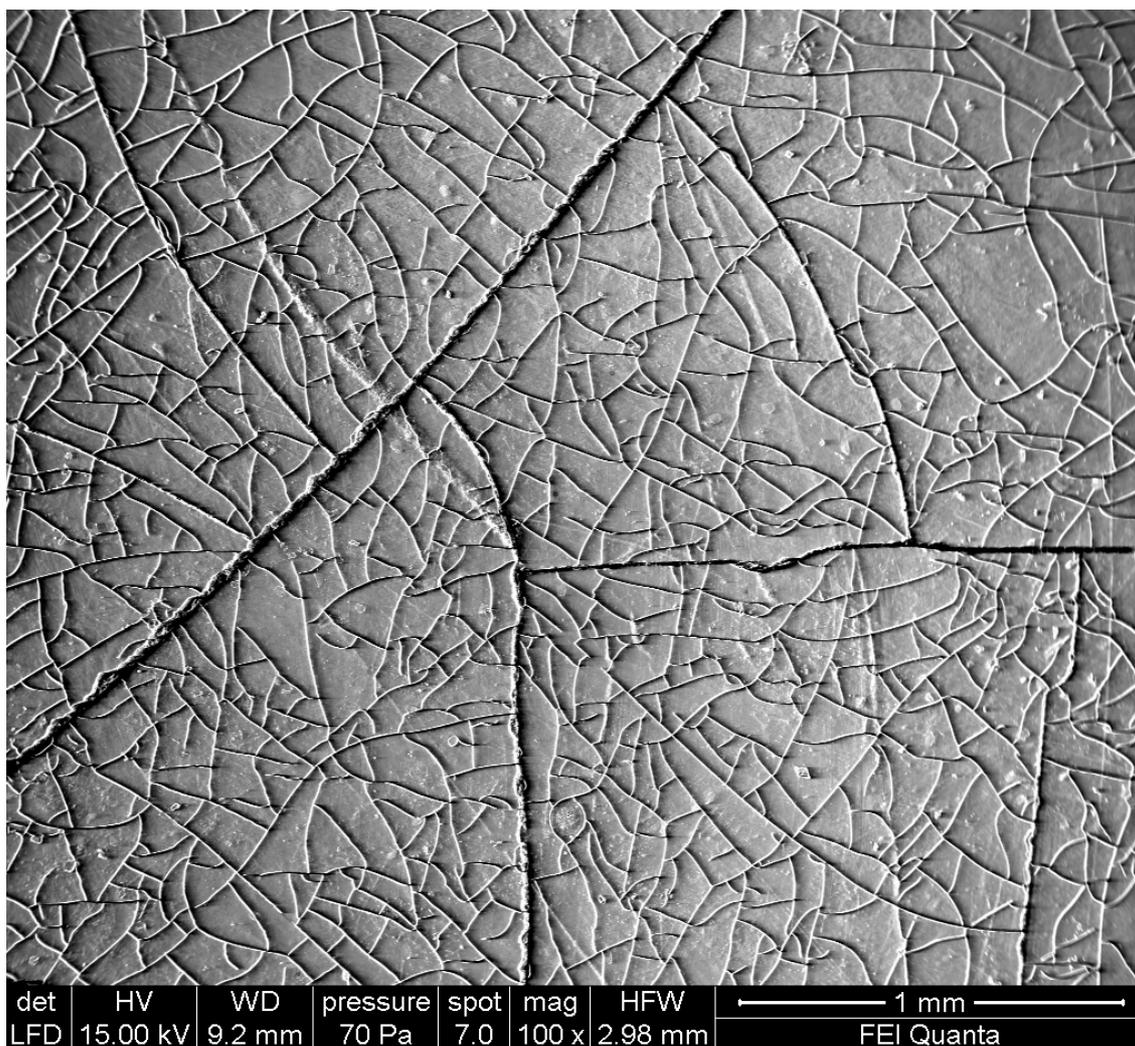


Foto 10 – Fotografia a 100 ingrandimenti del campione n. 133290/8 bis.

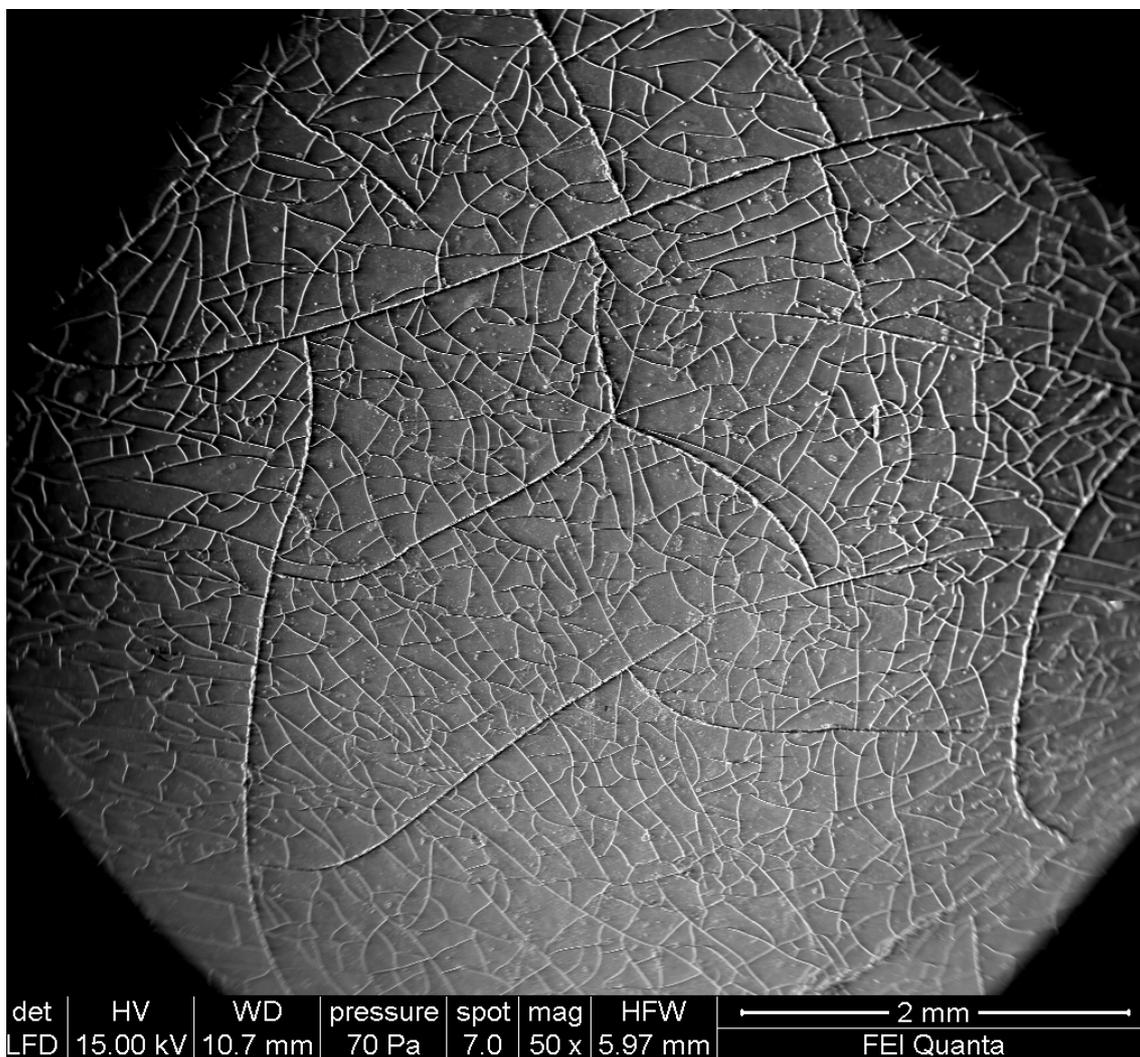


Foto 11 – Fotografia a 50 ingrandimenti del campione n. 13323/41 bis.

APPENDICE

Cenni storici

Le antiche popolazioni attribuivano all'ambra poteri soprannaturali ed oltre ad indossarla, spesso la adoravano. Sin da tempo immemorabile si credeva che l'ambra avesse proprietà magiche e medicamentose. Veniva utilizzata come incenso durante i rituali e come disinfettante per combattere le malattie infettive. Gli amuleti d'ambra avrebbero dovuto proteggere chi li indossava dalle forze maligne ed assicurare loro fertilità e successo nella caccia, mentre i gioielli d'ambra adornavano il corpo sia in vita che dopo la morte, con lo scopo di sottolineare lo stato sociale della persona.

Molti sono i miti che circondano le origini dell'ambra: Ovidio scrive che Fetonte, figlio di Febo, convinse il padre a permettergli di guidare il carro del sole attraverso il cielo per un giorno. Egli però si avvicinò troppo alla terra, incendiandola. Il padre per salvarla colpì il carro con un fulmine, e Fetonte morì precipitando in mare. La madre e la sorella lo trasformarono in alberi e le lacrime che piansero, asciugate poi dal sole, divennero l'ambra.

I Greci la chiamavano “elektron” (fatto dal sole, elettrico); Omero nell'Odissea cita come dono principesco dei gioielli in ambra; Nicia, V secolo a.C., sosteneva che l'ambra fosse l'essenza del sole che tramontando si raffredda nel mare e viene trasportato a riva.

Gli antichi romani si riferivano all'ambra con il termine “sucinum, i” (da “sucus, i”, succo), tramandandone la conoscenza di generazione in generazione, inviando eserciti per conquistare e controllare i giacimenti allora conosciuti. Nella seconda metà del I secolo a.C. l'espansione dell'impero romano raggiunse i territori attorno al Reno e al Danubio, mettendo fine, in questo modo, al dominio celtico del mercato dell'ambra. Negli ultimi anni del regno dell'imperatore Nerone (37-68 d.C.), secondo Plinio il Vecchio (23/24-79 d.C.) venne inviata una spedizione in direzione delle coste della Germania dalle quali venne riportata una gran quantità d'ambra che avrebbe avuto lo scopo di decorare un'intera arena. Lo stesso storico, nell'opera “*Naturalis historia*”, riferisce che l'ambra desse beneficio all'uomo grazie alle sue proprietà medicinali. Così elevato era il suo prezzo, che una pepita d'ambra, non importa quanto piccola, superava quello di uno schiavo in buona salute. Nel I secolo d.C., il traffico dell'Ambra attraverso l'Europa centrale iniziava dalla foce del Vistola da cui, navigando alcuni fiumi come il Warta, il Prosna, l'Oder e la Morava, si giungeva al Danubio. In prossimità della confluenza del Morava con il Danubio si trovava Carnutum (l'attuale Petronell nell'Austria sudorientale) importantissimo crocevia di quasi tutte le rotte commerciali europee. Da Carnutum, l'ambra veniva smerciata verso la Pannonia (l'attuale Ungheria), nella Jugoslavia settentrionale e ad Aquileia, in Italia, dove erano ubicati dei centri manifatturieri molto importanti.

Dal X al XIII secolo, Danzica divenne il fulcro della lavorazione dell'ambra in Polonia. Quest'arte veniva praticata nella fortezza ducale. Testimonianze archeologiche dimostrano che diverse generazioni di lavoratori d'ambra vissero qui. L'ambra veniva tagliata e modellata con l'aiuto di coltelli, trapani, ceselli e

torni manuali. Rispetto ad altri centri di produzione di beni d'ambra, la varietà di manufatti lavorati a Danzica era insolitamente diversa: amuleti, un vasto assortimento di collane, ciondoli antropomorfi e zoomorfi, anelli e grosse perle singole, usate come decorazioni per acconciature per capelli. Dopo che la Polonia si convertì al Cristianesimo, nel 966, croci d'ambra si aggiunsero a questo elenco.

Dopo il 1308, quando i cavalieri teutonici conquistarono Danzica, l'arte manuale della lavorazione dell'ambra passò sotto il loro controllo. Essi commissionarono la produzione di beni d'ambra ed imposero alcune regolamentazioni, stabilendo che tutta l'ambra rinvenuta in spiagge locali dovesse essere consegnata a loro in cambio di un pagamento fisso, ad esempio, un barile di birra o due scellini per un giorno di lavoro. Camminare lungo le spiagge senza la presenza di una guardia assegnata era punibile con la fustigazione o la reclusione.

Nel XVI secolo, l'interesse dell'Europa per l'ambra e per l'ubicazione dei suoi giacimenti cominciarono a crescere. Questo portò i geografi a produrre carte dettagliate della costa baltica, "produttrice" d'ambra. Dalle molte carte redatte, la più importante è quella di Olanus Magnus: "Carta marina er descriptio sempentrinalium terrarum ac mirabilium rerum in eis contenta rum deligentissime elaborata", pubblicata a Venezia nel 1539.

Nella seconda metà del XVII secolo, sotto l'influenza del periodo barocco, gli articoli d'ambra divennero molto più elaborati: i manufatti venivano decorati con materiali quali l'avorio e la madreperla. Per citarne un esempio, il maestro artigiano Michel Redlin, di Danzica, progettò una serie di articoli in ambra per la regina di Svezia, Eleonora Ulrika. Questo set comprendeva una cornice da specchio, candelieri, cofanetti per gioielli, una brocca e una ciotola.

I maestri artigiani Ernest Schacht e Gotfryt Turau lavorarono insieme alla creazione della celebre "Stanza d'ambra", progettata da un architetto di Danzica, Andrzej Schluter, nel 1699 per il re prussiano Federico I: durante la ricostruzione del Palazzo Reale di Berlino, l'architetto Andrzej Schluter propose l'idea di utilizzare l'ambra per rivestire le pareti di una delle sale del palazzo. Il successore di Federico I, Federico Guglielmo, decise di smontare tutti i pezzi che componevano la camera e di metterli da parte. Quando, nel 1716, il nuovo Re di Prussia incontrò l'Imperatore Pietro I di Russia, gli donò i pezzi della "Stanza d'Ambra" per ricevere in cambio dei soldati. Successivamente, durante la seconda guerra mondiale, le truppe tedesche, nel corso dell'invasione della Russia, smantellarono l'intera camera che venne riportata in Germania ed esposta poi nel museo di Königsberg. Alla fine della guerra, tuttavia, la camera fu nuovamente smantellata e da quel momento se ne persero le tracce.

I motivi per i quali questo materiale sia stato oggetto di grande interesse sin dall'antichità e citato nell'ambito di miti, leggende e culti è senz'altro da attribuire alle sue proprietà chimico-fisiche: gli innumerevoli colori e le tonalità che può assumere; la presenza in alcuni campioni di inclusioni biologiche; la particolare fluorescenza riscontrabile in alcune varietà; la capacità di elettrizzarsi per attrito; l'emanazione di odori aromatici se riscaldato o bruciato; il basso peso specifico e la durezza che ne hanno reso possibile la lavorabilità e quindi anche la portabilità in termini di gioielli.