

Il ruolo del geologo in gemmologia

Un caso di studio relativo alle procedure di analisi avanzate per il riconoscimento del trattamento HPHT su diamanti tagliati

Gianluca Poli¹, Gabriele Tarabusi²

¹ Laureato in scienze geologiche, [Istituto Gemmologico del Diamante IT di Bologna]

² Geologo, libero professionista, [Istituto Gemmologico del Diamante IT di Bologna]

1. INTRODUZIONE

L'identificazione e la valutazione delle caratteristiche delle diverse specie mineralogiche figura tra le competenze riconosciute al geologo professionista. Già nella legge n.112 del 3 febbraio 1963 si indicavano come oggetto dell'attività professionale del geologo le ricerche di carattere mineralogico.

Nello specifico, l'analisi gemmologica è divenuta oggi, come vedremo, materia molto complessa e richiede approfondite competenze, maturate in genere attraverso corsi presso Istituti gemmologici internazionali. Chi segue questi corsi e si propone sul mercato come gemmologo, non sempre, o non necessariamente, è un geologo. Come vedremo però, le conoscenze di geologia, mineralogia e petrografia, che ogni laureato in scienze geologiche possiede, rappresentano una base tecnica e culturale solida che si rivela spesso determinante per la risoluzione dei casi più complessi di identificazione dei più moderni trattamenti e imitazioni delle pietre naturali.

1.1 La gemmologia

La gemmologia è la scienza che studia le gemme. Per gemma si intende un minerale od altra sostanza naturale, più o meno raro, spesso suscettibile di taglio e polimento, con caratteri fisici tali da renderlo ricercato ed apprezzato, soprattutto come ornamento della persona. Il pregio di una gemma si basa su di un insieme di caratteri oggettivi (durezza, rarità, lavorabilità, durezza) e soggettivi (colore, trasparenza, lucentezza, effetti ottici, tradizioni e cultura). Benché in senso stretto le gemme vengano intese come specie minerali, si considerano di interesse gemmologico anche alcuni materiali di origine organica o fossile come corallo, avorio, ambra e giaietto (Rolandi & Cavagna, 1996).

1.2 Il gemmologo

Un gemmologo è un esperto conoscitore di pietre preziose, che identifica e certifica, con opportuni strumenti tecnici e scientifici, le caratteristiche delle pietre preziose.

Oltre ai corsi universitari in cui si possono apprendere le basi della mineralogia, esistono nel mondo numerosi Istituti atti a formare gemmologi attraverso corsi di durata variabile che prevedono nozioni teoriche ed esercitazioni pratiche; tra i più conosciuti quelli proposti da GIA (Gemological Institute of America), HRD (Hoge Raad Voor - Diamond High Council), IGI-International (International Gemological Institute) e IGI (Istituto Gemmologico Italiano). In ogni caso, per le ragioni che vedremo, per chi volesse frequentare corsi di gemmologia, si consiglia di privilegiare Istituti che si avvalgono di docenti laureati in geologia e che abbiano contatti con le strutture universitarie.

Un gemmologo può trovare impiego come analista di laboratorio in Istituti pubblici o privati, docente nella didattica gemmologica, libero professionista nello studio e valutazione di gemme e gioielli, buyer di pietre preziose grezze e sfaccettate, tagliatore e commerciante di preziosi.

E' stato fondato a Milano, negli anni Ottanta, il Collegio Italiano Gemmologi, un'associazione professionale senza fini di lucro che raccoglie i gemmologi diplomati presso Istituti di formazione italiani e stranieri.

1.3 L'analisi gemmologica

L'analisi gemmologica ha per scopo l'identificazione di una specie o varietà mineralogica usata come gemma, l'individuazione della sua origine naturale o artificiale e la valutazione delle caratteristiche della stessa (figura 1).



Figura 1 - Esempi di certificazione per diamanti tagliati emessi dall'Istituto Gemmologico del Diamante LT di Bologna. A sinistra quello relativo al campione 003, a destra quello del campione 001, entrambi discussi approfonditamente di seguito. In essi vengono descritte caratteristiche tecniche e merceologiche e indicati eventuali trattamenti artificiali

In uno studio sulle gemme non si possono ignorare i prodotti sintetici, dato che uno dei più difficili compiti del gemmologo è proprio quello di determinare se una pietra sia di genesi naturale o artificiale. Tale determinazione è fondamentale poiché, chiaramente, una gemma naturale può avere un valore centinaia di volte superiore a quello di una equivalente gemma sintetica; per arrivare alla diagnosi esatta occorre quindi conoscere le principali proprietà dei minerali ed i metodi per il loro riconoscimento.

La valutazione degli elementi qualitativi di una gemma costituisce un altro aspetto fondamentale dell'analisi gemmologica: dopo aver, con ragionevole sicurezza, determinato di essere in presenza di una gemma naturale occorre esaminarla alla ricerca di trattamenti volti a migliorarne l'aspetto (colore, limpidezza), oppure evidenziarne caratteristiche di pregio (colore, saturazione, trasparenza, effetti ottici).



Figura 2 - Esempio di trattamento evidente al microscopio: tracce di foratura laser e fratture riempite con materiale estraneo

Tradizionalmente la gemmologia utilizza principalmente strumenti e metodi sviluppati per lo studio dei minerali (Klein, 2001). Microscopio binoculare, spettroscopio, rifrattometro, polariscopio, dicroscopio e lampada di Wood sono strumenti di base imprescindibili per qualsiasi Laboratorio gemmologico e si dimostrano efficaci per identificare un buon numero di gemme.

Il microscopio (stereomicroscopio "binoculare") costituisce lo strumento indubbiamente più efficace perché, attraverso diverse tecniche di illuminazione (luce trasmessa o riflessa, campo oscuro, ecc.), consente di investigare una gemma a ingrandimento variabile alla ricerca di caratteristiche quali inclusioni tipiche di un processo naturale o artificiale oppure indicazioni di trattamento (figura 2).

Nozioni di mineralogia e petrografia, comuni a tutti i laureati in scienze geologiche, applicate allo studio dei minerali presenti come inclusioni all'interno di una gemma consentono inoltre di trarre considerazioni riguardo la possibile origine geografica di questa stessa. Si potranno distinguere, ad esempio, zaffiri e rubini (varietà blu e rosse di corindone) di cosiddetta origine metamorfica classica (es. da marmi, come nei giacimenti del Myanmar - ex Birmania) da quelli magmatici classici (es. da basalti o altre rocce eruttive, Thailandia o Laos).

In mancanza di prove risolutive, ricavabili con la normale strumentazione di laboratorio, che consentano di escludere il trattamento e di accertare l'origine naturale di una gemma, si è soliti procedere con le cosiddette tecniche di gemmologia avanzata moderna. Ci si avvale di strumenti fondati sull'analisi della struttura chimica e fisica dei materiali, svelando così sintesi e trattamenti sempre più evoluti e sofisticati.

Nello specifico, le tecniche di spettroscopia si basano sullo studio di picchi e assorbimenti legati a particolari difetti o caratteristiche di un materiale in una particolare porzione dello spettro elettromagnetico (figura 3).



Figura 3 - Spettrometro

Tradizionalmente si raccolgono spettri nell'infrarosso a trasformata di Fourier (FTIR), nell'ultravioletto-visibile-infrarosso vicino (UV-vis-NIR) e di fotoluminescenza Raman (Raman PL). Lo studio di picchi e assorbimenti in un tracciato può evidenziare i difetti e le caratteristiche di un materiale alla scala atomica quali centri di colore naturali o indotti, difetti puntuali o estesi, presenza di sostanze estranee o tinture. Si possono inoltre ottenere informazioni sulla provenienza geografica delle gemme attraverso il confronto con dati di letteratura sul pattern spettroscopico di un certo giacimento.

Con la tecnica di ablazione laser (LA ICP-MS) (Laser Ablation and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) si ottengono dati qualitativi e quantitativi degli elementi chimici presenti in un solido (nel nostro caso una gemma) mediante un laser di potenza adeguata che "scava" una cavità investigativa misurante appena qualche micron. E' una tecnica molto sensibile e consente di individuare la presenza di sostanze anche in concentrazioni molto basse. Questo metodo costituisce la tecnica migliore per la determinazione di processi di diffusione dall'esterno di elementi chimici usati come coloranti nei corindoni (ad esempio Berillo o Titanio).

I metodi di fluorescenza dei raggi-X (EDXRF) forniscono dati qualitativi e semiquantitativi in modo totalmente non distruttivo. Attraverso la composizione chimica si identifica il materiale in esame e allo stesso tempo vengono evidenziate sostanze estranee quali riempitivi di fessure e cavità o coperture con patine coloranti.

Esistono inoltre dispositivi in grado di generare immagini digitali ad alto ingrandimento dei pattern di fluorescenza di una gemma, causati da diverse concentrazioni di impurità nei settori di crescita. Queste immagini evidenziano le diverse modalità di accrescimento di diamanti naturali e sintetici e la presenza di particolari centri ottici eccitati dalla modulazione di fluorescenza ad onde corte (figura 4).



Figura 4 - Diamante con forte fluorescenza blu ai raggi UV

2. GENESI E GIACIMENTOLOGIA DEI DIAMANTI

Studi di geobarometria e geotermometria hanno fornito utili indicazioni sulle condizioni e sull'ambiente di formazione del diamante. La maggior parte dei diamanti si è formata, a elevate pressioni e temperature, da due tipi di magmi: peridotitici ed eclogitici. Queste condizioni si trovano a centinaia di chilometri di profondità sotto la superficie terrestre, nel mantello superiore, o meglio ancora al di sotto di cratoni, antichi blocchi rocciosi continentali non soggetti ad orogenesi da lunghi intervalli di tempo geologico.

I diamanti peridotitici hanno avuto origine da una sorgente di carbonio omogenea all'interno del mantello terrestre, mentre probabilmente il carbonio dei diamanti eclogitici è di origine crostale ed è stato trasportato sotto i cratoni per effetto di processi di subduzione di sezioni di crosta oceanica.

Meyer (1985) ha stabilito che la temperatura di cristallizzazione delle inclusioni peridotitiche oscilla tra 900°C e 1300°C e pressione di 45–60 Kbar. Noto il gradiente geotermico, ciò si traduce in una profondità di 150-200 km. La temperatura di cristallizzazione delle inclusioni eclogitiche è molto simile, ma non si è ancora determinata con esattezza la pressione di formazione. Nel lasso di tempo tra la loro formazione ed il trasporto in superficie i diamanti sono rimasti custoditi alla base dei cratoni, dove le alte pressioni e le temperature relativamente basse hanno contribuito a preservarli in fase stabile.

Attività vulcaniche rapide e intense permettono ai diamanti di risalire dalle profondità del mantello verso la superficie della Terra. Questi processi, affinché il diamante non si trasformi in grafite, debbono essere molto rapidi e hanno inizio quando il magma risale verso l'alto attraverso fratture e faglie profonde, trasportando con sé i diamanti. La diminuzione del carico litostatico causa un aumento di velocità, fino a 300 km/h negli ultimi 2.5 km; la pressione decrescente causa la trasformazione in gas di vapore acqueo e CO₂ contenuti del magma. Questa espansione dei gas previene la trasformazione in grafite dei diamanti poiché li sottrae rapidamente a condizioni in cui non sopravviverebbero.

Le rocce primarie entro cui il diamante si rinviene sulla superficie terrestre sono kimberliti e lamproiti, entrambe di origine vulcanica. Meccanismi di eruzione non del tutto chiariti le rendono vettore di trasporto in superficie per i diamanti, ma non sono in nessun modo collegate alla formazione degli stessi.

La kimberlite è una roccia che compare al centro dei cratoni, ignea, alcalina, ultrabasica potassica contenente megacristalli di ilmenite, granato piropo, olivina, clinopi-

rosseno, mica flogopite, enstatite e cromite, in una matrice complessa di olivina, flogopite, perowskite, spinello e diopside (Klein, 2001).

Le lamproiti sono rocce vulcaniche o ipoabissali potassiche contenenti associazioni mineralogiche di fenocristalli di leucite, Ti-flogopite, clinopirosseno, anfibolo, olivina e sanidino, con numerosi accessori quali apatite, nefelina, spinello e ilmenite; al contrario delle kimberliti, possiedono uno scarso contenuto in volatili e sono più ricche in silice ed allumina.

L'età dei diamanti è di primaria importanza nella ricerca degli stessi ed è stata per lungo tempo una questione dibattuta per gli studiosi della materia.

Le indicazioni più importanti sulla genesi e sulla datazione del diamante si sono ottenute mediante lo studio delle inclusioni minerali singenetiche, formatesi e inglobate nei diamanti contemporaneamente alla loro cristallizzazione. Ad oggi si contano circa 30 specie minerali, derivanti da meccanismi di paragenesi ultramafica o eclogitica, che hanno permesso di stabilire che i diamanti si sono formati con cadenza episodica per un periodo che si estende tra 0,99 e 3,3 miliardi di anni.

Le località estrattive con attualmente il maggior interesse minerario-commerciale sono Russia, Botswana, Congo, Australia, Canada, Brasile e India.

3. IL TRATTAMENTO HPHT SUI DIAMANTI TAGLIATI – LO STATO DELLE CONOSCENZE E GLI STRUMENTI DI LABORATORIO

Il trattamento HPHT (high pressure, high temperature) si basa sulla correzione artificiale di difetti a scala atomica dei diamanti per eliminarne o modificarne il colore. Ricreando condizioni fisiche simili a quelle in cui i diamanti si formano in natura, i difetti nella struttura cristallina possono essere riposizionati, creati o corretti; come risultato di questo riarrangiamento atomico si ha un cambiamento di colore. Il processo prevede l'esposizione a temperature dell'ordine di 1.500°C e pressioni di circa 50.000 atm, con una certa variabilità in base al materiale di partenza e al risultato che si intende ottenere (De Weerd, 2007). In generale, diamanti giallo brunastri di tipo Ia e Ib (contenenti, rispettivamente, azoto in aggregati di atomi e come atomi singoli) possono diventare gialli, arancio e verde intenso; quelli bruni di tipo IIa (privi di azoto e possedenti deformazioni plastiche) incolore e rosa, mentre quelli bruni di tipo IIb (contenenti boro) di colore blu. Nel Marzo 1999 la General Electric (GE) annunciò la riuscita e la fattibilità commerciale del trattamento HPHT per sbiancare diamanti brunici. Queste pietre, commer-

cializzate con il nome GE-POL (General Electric-Pegasus Overseas Limited), non furono inizialmente riconosciute dai primari Istituti gemmologici a cui erano state inviate per ottenere documenti di certificazione (Chalain, 1999). Negli anni a seguire numerosi Laboratori nel mondo hanno messo a punto apparati (es. BARS e BELT) e protocolli di trattamento HPHT per i diamanti, con caratteristiche proprie che costituiscono spesso segreti industriali.

3.1 Trattamento HPHT per produrre diamanti incolori

Il principio su cui si basa il trattamento è la correzione delle deformazioni plastiche caratteristiche dei diamanti bruni di tipo IIa; l'esposizione controllata ad alte pressioni e temperature è in grado di riportarli vicini all'equilibrio e di decolorarli. Circa il 2% dei diamanti di qualità gemma è di tipo IIa; di questi solo una parte è bruniccia e di questa parte sono candidati al trattamento soltanto gli esemplari con inclusioni modeste, tali da sopportare le condizioni estreme che si generano negli apparati HPHT. I diamanti trattati si presentano con aspetto del tutto simile a quello dei naturali, con ottimo grado di colore e non sono generalmente riconoscibili con le normali osservazioni di laboratorio. Nel corso degli anni, in risposta all'allarmismo dei mercati e dei Laboratori di analisi, sono stati sviluppati diversi strumenti in grado di fornire una risposta preliminare ed identificare diamanti incolori "sicuramente non trattati" (incolori di tipo I, con assorbimento ultravioletto a 415nm, la cosiddetta linea del Capo) da altri "potenzialmente trattati o trattabili" (incolori di tipo II o comunque privi dell'assorbimento di cui sopra). Un esempio di uno dei più diffusi strumenti di questo tipo è riportato in figura 5. Qualora lo strumento indicasse la seconda possibilità si dovrebbero ricercare,



Figura 5 - HRD D-Screen, strumento di recente realizzazione che consente di distinguere rapidamente in laboratorio i diamanti incolori sicuramente non trattati, da quelli "potenzialmente trattati o trattabili"

avvalendosi della normale strumentazione di laboratorio, prove indiziarie del trattamento, come inclusioni grafitizzate o attorniate da aloni di tensione, linee di struttura evidenti con caratteristica disposizione "a tatami" se osservate al microscopio con polarizzatori incrociati e fluorescenza anomala. Nella maggior parte dei casi, tuttavia, occorre procedere con tecniche avanzate di analisi per ottenere una precisa identificazione del possibile trattamento, attraverso l'utilizzo di strumentazione specifica presente presso le strutture universitarie che si occupano di analisi mineralogiche e chimico-fisiche.

4. I CASI DI STUDIO E LE TECNICHE DI ANALISI AVANZATE

Nel corso delle analisi di routine su due distinti lotti di diamanti svolte presso il laboratorio dell'Istituto Gemmologico del Diamante LT di Bologna, il test preliminare con l'apparecchio HRD D-Screen ha segnalato la presenza di 4 campioni su cui si rendevano necessari ulteriori accertamenti:

n°001 0,40 carati

n°002 0,40 carati

n°003 0,55 carati

n°004 0,61 carati

Una prima analisi al microscopio 10-70x ha evidenziato alcune particolarità: tutte le pietre contenevano un certo numero di inclusioni, anche piuttosto estese; campioni di questo tipo sono generalmente esclusi dal trattamento HPHT a causa del rischio di espansione delle fratture con conseguente rottura (figura 6). Due diamanti presentavano birifrangenza anomala con effetto "a tatami", con linee fittamente incrociate a graticcio e medi-alti colori di



Figura 6 - Campione n°003: aspetto microscopico ad ingrandimento 10X con evidenza di inclusioni a frattura



Figura 7 - Campione n°002: effetto tataki visibile al microscopio



Figura 8 - Campione n°004: fluorescenza verde irregolare della pietra sottoposta a raggi UV 366nm

interferenza (figura 7). Il campione n°004 esibiva inoltre una anomala fluorescenza verde intensa agli ultravioletti lunghi, distribuita nella porzione centrale della gemma stessa (figura 8). Successivamente sono state eseguite analisi di spettroscopia all'infrarosso (FTIR) per determinare il tipo chimico dei quattro diamanti, espresso in funzione del contenuto di azoto e della forma di aggregazione in cui esso si presenta: i campioni 001, 002 e 003 sono risultati essere di tipo IIa puro (pressoché privi di azoto), il rimanente di tipo Ia, con scarse quantità di azoto in aggregati A e B (cosiddetto tipo IaAB). Sono stati quindi raccolti gli spettri di assorbimento nel campo ultravioletto-visibile-infrarosso vicino (UV-vis-NIR) per ricercare i difetti puntuali nel reticolo cristallino. Questi difetti possono comprovare l'origine naturale o artificiale del colore.

Al fine di ottenere uno spettro quanto più attendibile possibile, si sono raffreddati campioni e cella portacampioni alla temperatura dell'azoto liquido per cancellare il disturbo dell'energia termica; in modo da poter registrare assorbimenti anche molto minuti. Tutti i campioni non mostravano regioni di assorbimento significativo, a parte un modesto contenuto di azoto espresso da deboli assorbimenti tra 210 e 500nm circa (Zaitsev, 2001). In accordo con quanto rilevato dal tester preliminare, nessun campione, neppure quello di tipo chimico I, esibiva il caratteristico assorbimento della linea del Capo a 415nm.

Non avendo ottenuto chiari elementi diagnostici dalle precedenti metodologie, sono stati eseguiti spettri di fotoluminescenza Raman in condizioni di vuoto spinto e temperatura dell'azoto liquido. Questo metodo risulta molto efficace nell'evidenziare difetti non otticamente attivi nelle altre tecniche di spettroscopia e rivela differenze anche tra diamanti con assorbimenti IR simili (Lim et al., 2010). L'interpretazione degli spettri di fotoluminescenza si basa tradizionalmente sul criterio proposto da Chalain et al. nel 1999, dopo l'immissione sul mercato dei primi diamanti GEPOL. La teoria afferma che, in seguito al trattamento HPHT, alcuni vuoti molecolari generatisi presso le dislocazioni atomiche si combinano con atomi singoli di azoto producendo centri NV, in stato di carica neutro (NV0, assorbimento a 575nm) o negativo (NV-, assorbimento a 637nm); si ritiene inoltre che il trattamento induca principalmente centri negativamente carichi, per cui un rapporto di altezza dei picchi a 637 e 575nm superiore a 2,8 è indicativo di trattamento. Basandosi su queste interpretazioni, il campione 002 mostrava chiare indicazioni di trattamento HPHT, con linea 637 >> 575nm. Anche in altre pubblicazioni coeve (Chalain et al., 2000; Fisher & Spits 2000, Collins et al., 2000) sono indicate osservazioni simili, che possono quindi essere ritenute caratteristiche dei diamanti frutto dei primi processi HPHT a larga scala. Un più recente criterio interpretativo è stato presentato da Lim et al. nel 2010. Fondato su una più ampia popolazione di campioni, si basa sullo studio della vicendevole presenza o assenza di numerose linee di assorbimento in fotoluminescenza, alcune legate a difetti noti (GR1, NV0, NV-, H3, H4), altre ignote ma sistematicamente presenti; le osservazioni sono raccolte in uno schema a diagramma di flusso che consente una veloce interpretazione degli spettri. Il metodo possiede una attendibilità statistica del 99% e ritiene il criterio di Chalain et al. inefficace poiché occasionalmente non rispettato persino in diamanti sicuramente non trattati. Secondo questo recente studio, che considera tra l'altro le più recenti evoluzioni tecniche, sono state riconosciute evidenze di trattamento HPHT su due campioni (001 e 002).

	CAMPIONE 001	CAMPIONE 002	CAMPIONE 003	CAMPIONE 004
massa	0.40 ct	0.40 ct	0.55 ct	0.61 ct
dimensioni	4.62 – 4.67 x 2.88mm	4.65 – 4.67 x 2.92mm	5.37 – 5.40 x 3.10mm	5.36 – 5.38 x 3.34mm
colore	incolore	incolore	quasi incolore	incolore
caratteristiche interne	fratture	fratture	fratture, inclusioni puntiformi, piccoli cristalli	fratture, inclusioni puntiformi, inclusioni cristalline chiare e scure
linee di struttura	deboli	deboli	pronunciate, brune	deboli, incolori e riflettenti
effetto tatami	pronunciato, alti colori di interferenza	pronunciato, alti colori di interferenza	debole, alti colori di interferenza	assente
fluorescenza UV 366nm	molto debole arancione	molto debole arancione	nil	forte, verde, disposta irregolarmente
tipo chimico	Ila puro	Ila puro	Ila puro	IaAB debole
FTIR (cm-1)	//	//	//	1010, 1096, 1172, 1282, 1331, 1359, 1405, 3107
Uv-vis-NIR (nm)	218, 270, 320, 450	218, 250, 310, 450	218, 250, 320, 478, 560	270, 519
Raman PL (nm)	560, 575, 637, 741	575, 637, 700, 715, 741, 780	550	550

5. CONCLUSIONI

Il riconoscimento del trattamento HPHT in diamanti incolori richiede l'utilizzo integrato di tecniche di analisi gemmologica tradizionale di laboratorio, spettroscopia nell'infrarosso, ultravioletto-visibile e specialmente fotoluminescenza Raman.

L'utilizzo di una singola metodologia di indagine può restituire indicazioni utili ma non fornisce nella maggior parte dei casi prove diagnostiche.

Le procedure avanzate illustrate nel caso di studio richiedono all'analista una formazione specifica di tipo universitario, con nozioni di chimica, fisica e mineralogia quale quella di un geologo. Solo con tale preparazione si possono affrontare tematiche così complesse, non rilevabili con le attrezzature e le conoscenze in genere presenti in un comune Laboratorio gemmologico.

Dalle osservazioni raccolte è emerso come possano essere sottoposti a trattamento HPHT diamanti tradizionalmente considerati in letteratura non idonei, poiché di piccole dimensioni e relativamente ricchi di inclusioni. Questo comporta che un numero significativo nella seppur esigua percentuale di diamanti di tipo Ila può essere sottoposto a trattamento HPHT con successo, per cui diventa indispensabile che ogni analista abbia la possibilità di eseguire accurati controlli sui campioni secondo le procedure e attraverso le strumentazioni precedentemente descritte, o quantomeno facendo riferimento a Laboratori e Istituti che ne siano dotati.

Per chi volesse frequentare corsi di gemmologia, si consiglia di privilegiare Istituti che si avvalgono di docenti laureati in geologia, che abbiano contatti con le strutture universitarie, alle quali poter accedere per consulenze ed uso di tutte le strumentazioni necessarie allo studio approfondito delle diverse specie mineralogiche, in particolare allo scopo di accertarne l'effettiva origine naturale e di identificare eventuali trattamenti.

RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo per i preziosi suggerimenti il prof. Giorgio Gasparotto del Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali (BiGeA) dell'Università di Bologna.

BIBLIOGRAFIA

- Chalain J-P, Fritsch E, Hänni H (1999) "Détection des diamants GE POL: une première étape."- Revue de Gemmologie a.f.g. 138/139: 2-11
- Chalain J-P, Fritsch E, Hänni H (2000) "Identification of GE POL diamonds: a second step."- Journal of Gemmology 27, 73-78
- Collins AT, Kanda H, Kitawaki H (2000) "Colour changes produced in natural brown diamonds by high-pressure, high-temperature treatment." - Diamond & Related Materials 9, 113-122
- Costantini L. (2010) "Come identificare i diamanti HPHT" – L'orafo Italiano, maggio 2009
- De Weerd F., Collins A.T. (2007) "HPHT Annealing of Natural Diamond - New Diamond and Frontier Carbon Technology, Vol. 17, No. 2, pp. 91-103
- Fisher D., Spits R.A. (2000) "Spectroscopic evidence of GEPOL HPHT-Treated Natural Type Ila Diamonds - Gems & Gemology, Vol. 36, No.1, pp. 42-49
- Klein C. (2001) "Gemmologia" - Zanichelli
- Lim H., Park S., Cheong H., Choi H., Kim Y.C., (2010) "Discrimination between natural and HPHT-treated type Ila diamonds using photoluminescence spectroscopy. – Diamond & Related Materials, 19, 1254-1258
- Meyer H.O.A. (1985) "Genesis of Diamond: a Mantle Saga." American Mineralogist, 70, pp.344-355
- Rolandi V., Cavagna S. (1996) "Gemmologia Tecnica" - Ed. Gold
- Zaitsev A. (2001) "Optical properties of diamond – a data handbook." Springer, 502 pp