



G.M.P.E.

GRUPPO MINERALOGICO PALEONTOLOGICO EUGANEO

NOTIZIARIO

N. 69 - dicembre 2014



PARCO
REGIONALE
dei COLLI
EUGANEI

GMPE 2014



Ametista – cava Calton - Montegrotto (PD). 24x20x5cm. Coll. G. Sanco 1968 (Foto Damiano Contin)

GRUPPO MINERALOGICO PALEONTOLOGICO EUGANEO

NOTIZIARIO

N. 69 - dicembre 2014

INDICE

Il colore dei minerali

Luciano Secco pag. 1

Alcune osservazioni sui *marmi colorati* della chiesa di San Marco

Fabrizio Bizzarini pag. 9

Per le *Spigolature paleontologiche euganee* (uno scritto inedito di Giuliano Piccoli)

Franco Colombara – Giuliano Piccoli pag. 14

I marmi antichi della Basilica di S. Antonio

Giamberto Astolfi pag. 26

Le terre rare e i loro minerali

Paolo Rodighiero pag. 41

Andar per sassi...e non solo...un anno (2014) di uscite GMPE

Paolo Rodighiero, Paolo Liberati, Bruno Simoni pag. 78

Il colore dei minerali

Luciano Secco

Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova

Introduzione

Osservando un qualsiasi oggetto, la prima cosa che tendiamo a descrivere e memorizzare è il colore; provate a pensare come descriviamo solitamente gli oggetti che ci circondano:

“aveva una maglietta rossa con le maniche corte” oppure “da giovane guidavo una Dyane verde con cambio a catenaccio” e ancora “passami quel quaderno giallo con la foto di un gatto” e infine “che bella quella pietra viola a forma di cubo”.

Parlando di minerali, bisogna però distinguere le esigenze di un mineralogista, che sa bene come il colore, seppure importante, non sia un elemento diagnostico decisivo per il riconoscimento del cristallo, da quelle di un collezionista o di un gemmologo per i quali il colore diventa un importantissimo elemento per la descrizione, catalogazione e valutazione dei campioni cristallini. Diventa così importante conoscere, anche se in modo semplice, i principi fisici che determinano il colore dei cristalli.

Intanto dobbiamo chiederci perché cristalli diversi presentano colori diversi, come l'ematite, la malachite e l'azzurrite; oppure, perché cristalli diversi presentano lo stesso colore, come il piropo, lo spinello e il cinabro. Ma ci dobbiamo anche chiedere come è possibile che lo stesso minerale possa colorarsi in modo diverso, come nel caso delle innumerevoli varietà di quarzo.

Ma non basta; dobbiamo anche capire che il colore dei minerali lo determiniamo sulla base della luce bianca che caratterizza la luce solare e la luce artificiale che utilizziamo nelle nostre abitazioni; ma se dovessimo cambiare la sorgente luminosa, cosa accadrebbe?

Le onde

Per trattare i fenomeni che portano alle differenti colorazioni dei minerali dobbiamo prendere confidenza con le onde (fig. 1)



Con il termine onda si indica una perturbazione che nasce da una sorgente e si propaga nel tempo e nello spazio, trasportando energia senza comportare uno spostamento della materia. Tale trasferimento di energia può avvenire sia in attraverso un materiale che nel vuoto.

fig. 1- Treno di onde in una superficie lacustre

Per capire cosa significa trasferimento di energia ma non di materia proviamo a seguire quello che diceva Einstein, per descrivere un'onda:

“Un po' di pettegolezzo che parte da Washington raggiunge molto rapidamente New York, anche se nessun singolo individuo che prende parte allo spargimento della voce viaggia fra queste due città”.

Noi conosciamo varie tipologie di onde, come quelle sismiche, ma quelle che a noi interessano sono le onde elettromagnetiche, che possono propagarsi anche nel vuoto e che presentano lunghezze d'onda variabili dall'ordine delle migliaia di chilometri all'ordine del milionesimo di millimetro (fig. 2); inoltre, di tutto lo spettro elettromagnetico, ci interessa solo la piccola porzione di lunghezze d'onda compresa fra 750 e 380 nanometri (un nanometro equivale a un milionesimo di millimetro) che viene percepita dall'occhio umano.

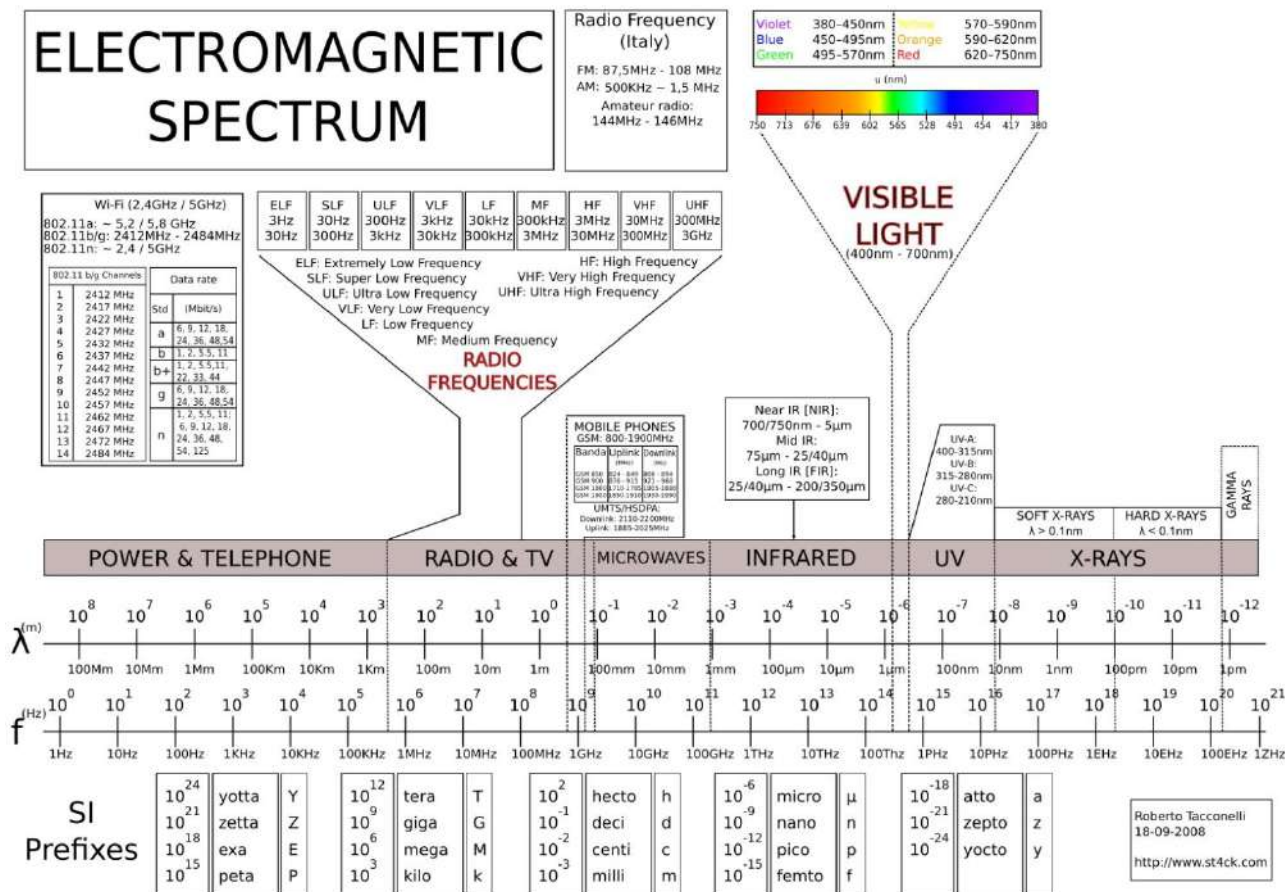
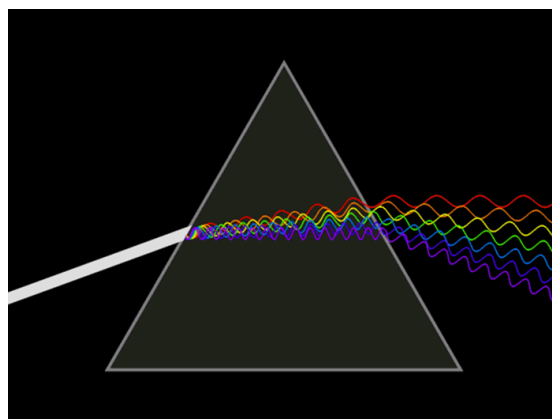


fig. 2 - Spettro elettromagnetico con ingrandimento della porzione dello spettro visibile

Tranne che in alcuni casi particolari (diffrazione e interferenza), il colore deriva da fenomeni di assorbimento della luce; lo spettro luminoso è costituito da luce bianca, che rappresenta l'insieme di tutte le lunghezze d'onda comprese fra i 380 nm del violetto e i 750 nm del rosso (fig. 3).

Se per qualche motivo parte dello spettro luminoso viene assorbito, noi vedremo un colore che rappresenta l'insieme delle lunghezze d'onda trasmesse (cioè, non assorbite).

fig. 3. - Dispersione della luce bianca nelle sue singole componenti



Quali possono essere i fenomeni di assorbimento che portano alla colorazione dei minerali?

Possiamo riassumerli in fenomeni legati alla composizione chimica, alle difettualità strutturali e alla contaminazione.

Assorbimento dovuto alla composizione chimica.

In questi casi, l'assorbimento e la conseguente comparsa di un colore è dovuto alla presenza di uno o più ioni (per ione si intende un atomo che ha acquisito o perso elettroni periferici), detti cromofori; gli elementi che possono dar luogo a ioni cromofori sono i metalli di transizione.

Transizione del campo cristallino.

Si tratta di un fenomeno che avviene a livello atomico e che è causa di assorbimento della luce e comparsa di colore in alcuni minerali.

Il fenomeno è piuttosto complesso, ma cerchiamo di semplificarne la trattazione.

Se consideriamo corindone (Al_2O_3 ; fig. 4) e berillo ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$; fig. 5) possiamo notare che non sono presenti ioni cromofori; spesso piccole quantità (anche meno dell'un percento) di Cr^{3+} possono sostituire Al nel reticolo cristallino di questi due minerali; nel caso del corindone, l'entrata di Cr^{3+} genera il colore rosso del rubino (fig. 4), mentre nel caso del berillo genera il colore verde dello smeraldo (fig. 5).



fig. 4 - Cristalli di corindone (Al_2O_3) incolore



... e rosso, varietà rubino



fig. 5 - Cristalli di berillo $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ incolore



... e verde, varietà smeraldo

Allora, se da una parte è chiaro che il colore è causato dall'entrata nel reticolo cristallino del Cr^{3+} , dall'altra è altrettanto chiaro che il tipo di colore dipende anche da altri fattori.

Negli elementi di transizione sono presenti orbitali elettronici d che presentano una spiccata direzionalità (fig. 6) e che non sono necessariamente tutti occupati da elettroni.

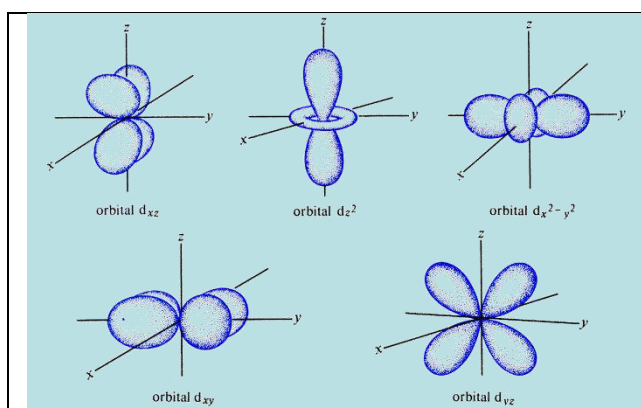


fig. 6 - Schema dell'orientazione degli orbitali d dei metalli di transizione

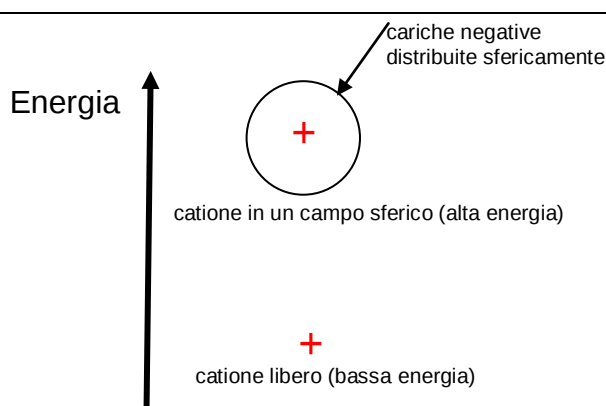


fig. 7. Schema energetico di un catione libero e in un campo sferico

Se consideriamo il cromo, abbiamo a che fare con un elemento di transizione con alcuni orbitali d liberi, cioè non occupati da elettroni; se consideriamo lo ione Cr^{3+} (perdita di tre elettroni esterni) isolato, esso sarà caratterizzato da bassa energia (fig. 7); se lo stesso Cr^{3+} lo circondiamo con una sfera di cariche negative, l'attrazione cui è soggetto comporta un aumento di energia che è uguale in tutte le direzioni (campo sferico; fig. 7).

Se il Cr^{3+} è invece all'interno di un poliedro di coordinazione di una struttura cristallina, esso sarà soggetto a una maggiore attrazione lungo le direzioni in cui sono presenti le cariche negative (dovute all'ossigeno) e minore lungo le altre direzioni; ne deriva che gli orbitali d direzionati verso le cariche negative saranno dotati di maggiore energia rispetto agli altri, generando così un campo che non sarà più sferico; la differenza di energia fra le due tipologie di orbitali elettronici è conosciuta col termine di **separazione del campo cristallino** (fig. 8).

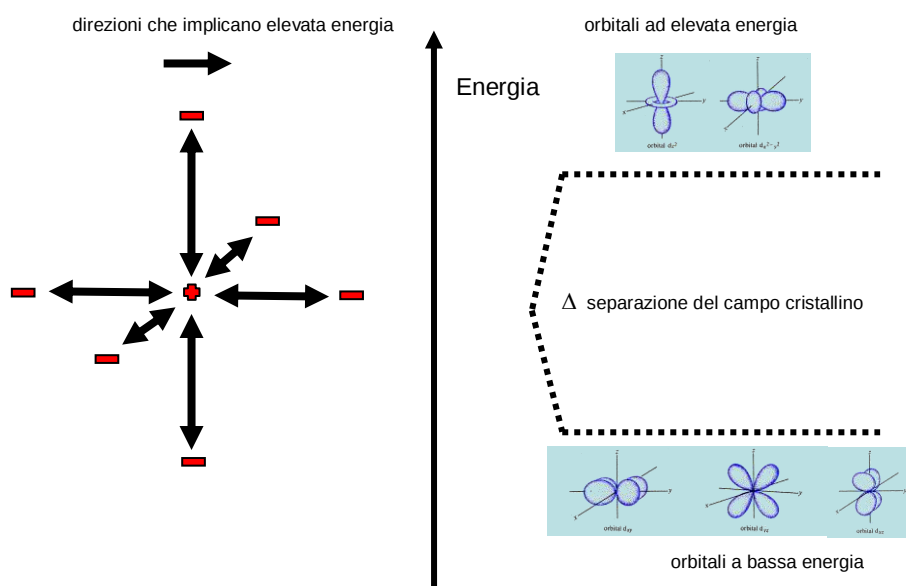


fig. 8 - Schema esemplificativo di separazione del campo cristallino.

Se un fascio di luce bianca colpisce il minerale in cui abbiamo il Cr^{3+} all'interno di un poliedro di coordinazione (nella maggior parte dei casi si tratta di un ottaedro), le lunghezze d'onda aventi energia pari al valore di differenza di energia che costituisce la separazione del campo cristallino vengono sfruttate per far passare elettroni da livelli energetici più bassi a livelli energetici più alti; tali lunghezze d'onda, sfruttate per il salto energetico, vengono assorbite e, pertanto, non saranno trasmesse; ne deriva che saranno sottratte determinate lunghezze d'onda e vedremo quindi il colore derivante dalla sottrazione di alcuni colori alla luce bianca.

Da quanto sopra esposto, si capisce che il colore di un minerale non dipende solo dal tipo di ione presente nel reticolo cristallino, ma anche dal reticolo cristallino che lo ospita; rubino e smeraldo presentano colori diversi, nonostante lo ione cromoforo sia lo stesso, perché le strutture di corindone e berillo sono differenti e la separazione del campo cristallino è diversa nelle due fasi mineralogiche.

Molti minerali devono il loro colore a questo fenomeno: oltre ai già citati smeraldo e rubino, ricordiamo la spessartina, la morganite e la rubellite, caratterizzate da colorazione rosa per la presenza di Mn; andradite, crisoberillo e peridoto, le cui colorazioni sono dovute a Fe bivalente o trivalente; il turchese deve il suo caratteristico colore al Cu.

Transizione degli orbitali molecolari.

Come possiamo spiegare il colore dell'acquamarina rappresentata in fig. 9?

Gli elettroni di valenza possono sfruttare l'energia fornita da determinate lunghezze d'onda della luce per migrare dall'orbitale di un nucleo a quello di un altro nucleo; tale transizione degli orbitali molecolari causa quindi l'assorbimento di determinate lunghezze d'onda e il colore che osserviamo altro non è che l'insieme delle rimanenti lunghezze d'onda trasmesse (Fig. 10).

In questo modo, oltre all'acquamarina e alla cordierite, azzurre per transizione di elettroni da Fe^{2+} a Fe^{3+} , si colorano: lo zaffiro blu e la cianite per transizione di elettroni da Fe^{2+} a Ti^{4+} , la crocoite per transizione di elettroni da Cr^{6+} a O^{2-} , l'eliodoro, giallo per transizione di elettroni da Fe^{3+} a O^{2-} .



fig. 9. Cristallo di berillo azzurro, varietà acquamarina.

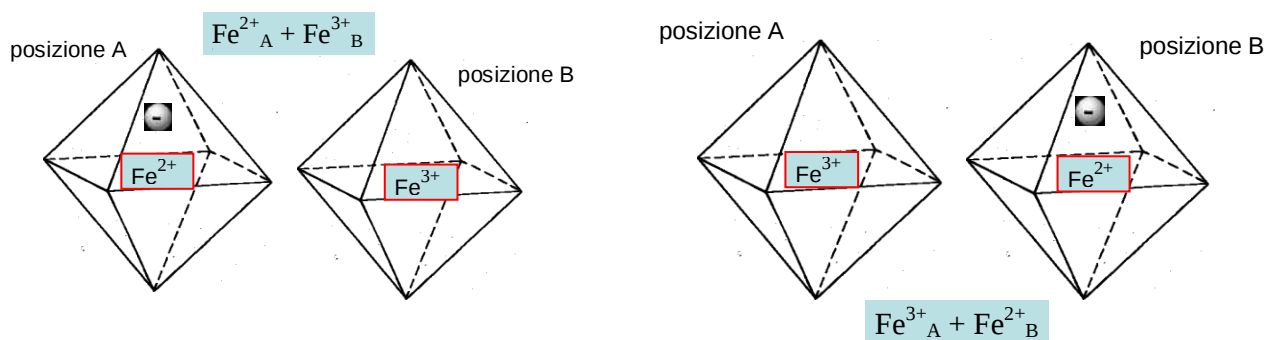
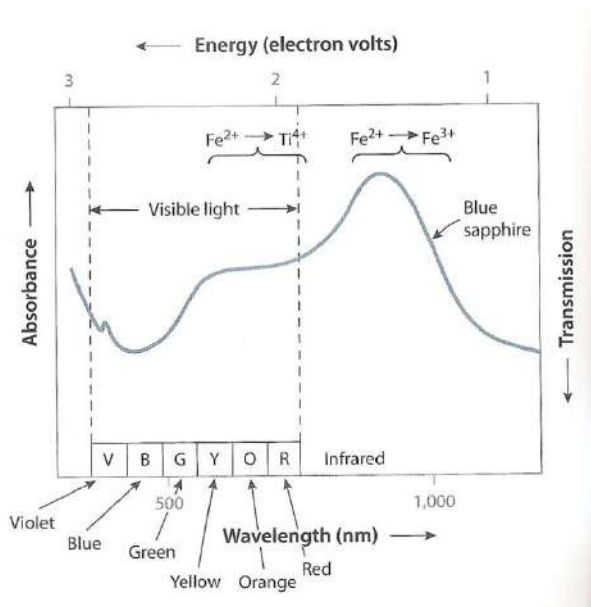


fig. 10. Esempificazione del fenomeno di transizione degli orbitali molecolari.

I colori dei minerali li osserviamo generalmente in luce bianca; e se utilizzassimo un'altra sorgente luminosa?

Abbiamo visto che lo zaffiro blu si colora per transizione degli orbitali molecolari ($\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Ti}^{4+}$); lo zaffiro assorbe le lunghezze d'onda comprese fra 380 e 450 nm (violetto) e fra 495 e 759 nm

(praticamente dal verde al rosso); le uniche lunghezze d'onda trasmesse sono quelle fra 450 e 495 nm, corrispondenti al blu, da cui il colore caratteristico dello zaffiro (Fig. 11).



Se osservassimo lo stesso zaffiro alla luce di una candela osserveremmo che il colore del minerale diventerà grigio; infatti, la luce della candela è caratterizzata da uno spettro avente lunghezze d'onda comprese fra 620 e 750 nm (arancione-rosso), tutte assorbite dallo zaffiro; ecco che noi osserviamo solo una debolissima trasmissione di luce che comporta il colore grigio.

fig. 11 - Spettro di assorbanza di uno zaffiro blu.

Difetti reticolari.

Le strutture dei minerali sono generalmente imperfette e queste imperfezioni possono causare assorbimento di alcune lunghezze d'onda dello spettro luminoso, causando tipici colori di molti minerali, quali, ad esempio, la fluorite viola (fig. 12).

fig. 12 - Fluorite viola per presenza di difetti strutturali (a destra).

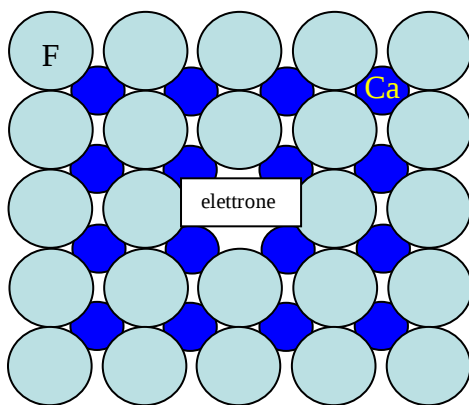


fig. 13 - Schema della struttura di una fluorite con difettualità strutturale (ione F- sostituito da un elettrone) (sopra).

Spesso la fluorite, CaF_2 , è caratterizzata dall'assenza di ioni F^- a causa dell'interazione con radiazioni ionizzanti (ad esempio, il fondo radioattivo naturale); le cavità lasciate libere dal fluoro vengono occupate da elettroni che, colpiti da un fascio di luce, possono sfruttare lunghezze d'onda, caratterizzate da una certa energia, per passare da uno stato a bassa eccitazione ad uno stato altamente eccitato; ecco che anche in questo caso parte della luce bianca viene assorbita e osserviamo il colore caratterizzato dall'insieme delle lunghezze d'onda trasmesse (fig. 13).

Effetti di contaminazione.

Spesso si hanno fenomeni di crescita di microcristalli di determinate fasi mineralogiche entro piani reticolari di altre fasi cristalline; ecco che abbiamo una differente tipologia di colore dei minerali. Tipiche colorazioni dovute a questo fenomeno sono quella rossa del quarzo ematoide (fig. 14), per

accrescimento di piccole lamelle di ematite; a volte queste contaminazioni seguono le regole cristallografiche di simmetria, come nel caso della chiastolite (fig. 15), per inclusioni di grafite.



fig. 14 - Quarzo ematoide.



fig. 15 - Andalusite varietà chiastolite.

Spesso si determinano anche curiosi giochi di colore, come nello zaffiro, osservabili in tagli a cabochon in modo che l'asse ternario emerga dalla sommità della pietra; in tal caso, a causa dell'inclusione di aghi di rutilo entro piani reticolari giacenti regolarmente a 60° l'uno rispetto all'altro, si forma la caratteristica stella che dà nome al fenomeno dell'asterismo (fig. 16).



fig. 16 - Fenomeno dell'asterismo in uno zaffiro tagliato a cabochon.

Diffrazione della luce.

In questo caso non abbiamo un fenomeno di assorbimento della luce, ma di trasmissione della luce solo lungo determinate direzioni. Se consideriamo un opale nobile, possiamo vedere come le sue colorazioni variano modificando l'inclinazione della pietra rispetto alla direzione di propagazione del raggio luminoso; infatti l'opale, che non è un cristallo, ma una sostanza amorfa, è caratterizzato da microsferule di SiO_2 , cementate da H_2O ; queste microsferule sono tutte allineate a formare strati sovrapposti di silice.

La luce bianca che incide sulla superficie della pietra è caratterizzata da lunghezze d'onda che, per una certa inclinazione, possono essere trasmesse perché in concordanza di fase e altre che invece non si trasmettono perché in discordanza di fase. Osserveremo pertanto chiazze colorate in continuo cambiamento modificando l'orientazione della pietra, dal momento che per angoli diversi si trasmetteranno lunghezze d'onda diverse (fig. 17).

fig. 17 - Giochi di colore in un opale.



Molti altri sono i fenomeni che causano il colore dei minerali, come ad esempio l'interferenza, che genera i cosiddetti *colori di interferenza* in microscopia a luce polarizzata, ma questo fenomeno richiede una trattazione più ampia e complessa che potrebbe essere oggetto di futuri interventi.



Alcune osservazioni sui *marmi colorati* della Chiesa di San Marco

di Fabrizio Bizzarini

La Chiesa di San Marco è stata considerata *in assoluto tra le fabbriche mediterranee più ricca di marmi e pietre antiche di tradizione romana e bizantina* (Lazzarini 2007). Questi provengono in buona parte da Costantinopoli, bottino di guerra della IV crociata e della breve dominazione veneziana del XIII secolo; vi sono però anche *marmi* provenienti da Aquileia, Altino o da altri centri lagunari. Poi, con la fine del XIII secolo e l'annessione dell'Istria alla Serenissima l'interesse per i *marmi colorati* diminuì, e i palazzi di Venezia e le sue chiese furono il trionfo della Pietra d'Istria.

I *marmi colorati* ebbero una grande diffusione nel periodo ellenistico, ma si diffusero nell'impero romano e in occidente solo dopo la conquista dell'Egitto. Nei palazzi romani il loro uso e la loro qualità era indice di prestigio e segnava le differenze sociali. Tiberio si innamorò del Porfido rosso d'Egitto, Traiano del Granito di Siene, Adriano del *Marmo* verde di Tessaglia, tutti materiali lapidei che, dal XIII secolo, si possono ammirare nella Piazza San Marco e nella sua Chiesa.

Se ci avviciniamo all'entrata principale della Chiesa di San Marco notiamo subito il *Marmo* verde di Tessaglia, le colonne di Porfido rosso d'Egitto e di *Marmo Proconnesio*. Non so cosa comunichi questo insieme di *marmi* pregiati ai turisti, che avidamente visitano e fotografano la Serenissima, ma per noi sono una preziosa testimonianza della nostra storia e della nostra cultura. Le due colonne di *Marmo Proconnesio*, ad esempio, pur essendo fra i più umili marmi nell'editto dei prezzi dell'imperatore Diocleziano (284 – 305*), ci ricordano che da questa roccia metamorfica deriva il nome *Marmo*. Le cave del *marmor proconnesium* si trovavano nell'isola di Proconneso, nel mar di Marmara, e da qui questa roccia metamorfica era esportata in tutto il bacino del Mediterraneo. Talmente apprezzata e diffusa che dal greco *marmaros*, che ne indicava la provenienza, derivò il termine *marmo*, prima ad indicare una pietra le cui caratteristiche vengono valorizzate dalla lucidatura e poi una roccia metamorfica di origine carbonatica, come appunto quella dell'isola di Proconneso. Qui il metamorfismo regionale, prodotto dalla deriva dell'area anatolica, ha trasformato le rocce carbonatiche in un marmo bianco, con sfumature cerulee e venature grigio-bluestre, utilizzato anche a San Marco per rivestimenti e colonne, come quelle del portale principale della chiesa, che furono portate a Venezia nel XIII secolo da Costantinopoli. Da Costantinopoli provengono anche le quattro colonne di Porfido rosso d'Egitto. Petrograficamente è una roccia eruttiva, un'andesite a tessitura porfirica con evidenti fenocristalli, ma l'uso umano ne ha fatta una delle pietre più preziose del bacino del Mediterraneo. Le sue cave si trovano nel deserto orientale egiziano, nel massiccio montuoso di Gebel Dokhan un tempo noto come *Mons Porphyrites* o *Mons Igneus*. La dinastia egiziana dei Tolomei utilizzò il porfido rosso come simbolo del potere regale e dopo la conquista romana, sotto l'imperatore Augusto (27 a.C. – 14 d. C.*), il porfido rosso egiziano fu associato definitivamente alla dignità imperiale. Non meraviglia perciò che su questa pietra siano scolpite le figure dei Tetrarchi, un tempo a Costantinopoli e oggi poste fra la Chiesa di San Marco e il Palazzo Ducale. Le cave di Gebel Dokhan, *Mons Porphyrites*, divennero subito di proprietà imperiale e Tiberio (14 – 37*) le difese con un fortino per evitare l'estrazione non controllata del *Lapis porphyrites*. Il porfido rosso egiziano divenne perciò di uso esclusivo degli imperatori romano-bizantini; il sarcofago della madre di Costantino, Sant'Elena, fu fatto con questa pietra, nella chiesa di Santa Sofia di Costantinopoli la posizione dell'Imperatore era segnata da un disco di porfido rosso, e non meraviglia che a San Marco la posizione del Doge sia indicata in questo stesso modo. In seguito il porfido rosso egiziano fu associato anche al Corpo di Cristo, ma a Venezia, come a Bisanzio, fu sempre associato al potere imperiale o dogale.



Fig. 1 Colonne del portale d'ingresso

Dietro queste colonne, all'ingresso della Chiesa di San Marco, troviamo il *Marmo verde* di Tessaglia, il verde antico o *lapis atracius* perché estratto nelle cave, di proprietà imperiale, di Atrax in Tessaglia. La sua valorizzazione si deve ad Adriano (117 -138*) che lo utilizzò per la villa di Tivoli e per il suo mausoleo di Roma, oggi Castel Sant'Angelo. Marco Aurelio (161-180*) lo utilizzò nel suo arco di trionfo e Diocleziano nel suo palazzo di Salona in Dalmazia. Poi in età bizantina il *marmo verde* di Tessaglia fu associato alla resurrezione. Lo troviamo perciò nelle colonne all'ingresso del Santo Sepolcro a Gerusalemme e sempre con questo simbolismo fu utilizzato per fare i sarcofagi di molti imperatori bizantini; anche il primo sarcofago dove fu deposto il corpo di San Marco a Venezia fu fatto con questa pietra. Il *marmo* di Tessaglia è uno dei materiali lapidei più usati nella Chiesa di San Marco, vi sono decine di colonne, lastre che ricoprono le pareti e una bellissima mensa sigmoidale d'altare murata in uno degli arconi del lato nord della chiesa, quello che guarda la Piazzetta dei Leoni. Anche se una piccola parte del marmo di Tessaglia proviene da Aquileia e forse da Altino, la quasi totalità delle colonne e delle lastre che adornano la Chiesa di San Marco provengono da Costantinopoli, a seguito della IV crociata. Il *marmo* di Tessaglia però non è un marmo, ma una breccia poligenica a cemento calcareo depositatasi nel "graben" di Larissa – Termaikos durante le fasi orogenetiche che fra la fine del Cretaceo e l'inizio del Terziario segnarono l'innalzamento del complesso montuoso Olimpo – Ossa – Pelio.

Spostiamoci ora verso il portale destro della chiesa per soffermarci su sei colonne di marmo chiaro venato. Provengono dall'Isola di Eubea, il Negroponte dei veneziani; qui infatti, nella sua parte meridionale, si aprono le cave dove si estraeva questo marmo. La sua origine è dovuta ad un metamorfismo regionale di bassa temperatura e alta pressione avvenuto probabilmente fra la fine del Cretaceo e l'inizio del Terziario. Questo marmo è noto con il nome di Cipollino verde; sembra che a darglielo fu il Vasari colpito da quell'alternarsi di fasce di calcare e di mica, che al taglio ricordano appunto una sezione di cipolla. Altri autori sostengono invece che il nome gli fu attribuito dai marmisti, che riciclavano le pietre da costruzione romane, perché gli strati di mica permettevano quasi di sfogliarlo come una cipolla. Comunque gli strati di mica furono la fortuna di questa roccia metamorfica, prima perché questa caratteristica fu molto apprezzata in periodo romano, poi perché la presenza di mica lo rendeva poco calcinabile. A Roma ed in genere in Italia, specie dopo la caduta dell'Impero romano d'occidente, si utilizzarono i marmi degli edifici classici per produrre calce, altrimenti difficilmente reperibile. È così andato perduto molto materiale lapideo pregiato come statue o fregi in marmo bianco, ma non il cipollino verde perché, appunto, poco adatto per produrre calce. Nell'impero romano d'oriente, e nelle aree sotto l'influenza culturale bizantina, la varietà di cipollino verde con gli strati di calcare e di mica a sviluppo parallelo fu associata al legno della croce, assumendo con ciò un forte significato simbolico. Le colonne del portale a destra dell'ingresso di San Marco presentano ancora incisa una croce, un tempo rivestita in piombo, o i segni dei fori dove venivano fissate le croci di bronzo, a ricordarci, se ce ne fosse bisogno, la loro provenienza da Costantinopoli.

Concludiamo questo breve percorso con alcune considerazioni su uno degli arconi della facciata meridionale della Chiesa di San Marco. Il fondo dell'arcone è rivestito dal *marmo verde* di Tessaglia che fa risaltare la mensa d'altare sigmoidale di Rosso Antico Tenario con ai lati due tondi di Marmo Iassense. Il Rosso Antico Tenario è una roccia metamorfica, a volte scistosa, che si è formata nella fase principale dell'orogenesi ellenica, circa 40-35 milioni di anni fa. Questo marmo si estraeva nel Peloponneso, nelle cave di Mani e di capo Tenaro, da cui ha preso il nome. Fu ampiamente usato sia nel periodo classico, ad esempio dagli Spartani che governavano quest'area, sia nel periodo romano – bizantino. Al museo archeologico di Altino, ad esempio, sono visibili tre piccole colonne ed un'epigrafe scritta su questo marmo. Di origine altinate sono probabilmente anche i frammenti di Rosso Antico Tenario rinvenuti nel pavimento antico che si trova sotto l'attuale piano di calpestio della Chiesa di San Marco. Ma la mensa d'altare qui murata resta uno dei migliori esempi di Rosso Antico Tenario conservati in occidente.



Fig. 2 Colonne in marmo "cipollino"

Il Marmo Iassense, prodotto per metamorfismo regionale da un calcare impuro contenente ematite, proviene invece dall'Asia Minore. Le sue cave si trovano nella costa Caria. Il Marmo Iassense fu utilizzato a Mileto prima della conquista persiana; in epoca ellenistica ebbe ampio uso soprattutto nell'area greco-orientale, a Roma si diffuse sotto l'imperatore Severo (193-211*), a Costantinopoli soprattutto nel periodo di Giustiniano (527-565*), a Venezia è raro e probabilmente tutto di origine bizantina.



Fig. 3 Arcone

Molti altri materiali lapidei pregiati si rinvenivano all'esterno e all'interno della Chiesa di San Marco, ma noi terminiamo questa nostra breve rassegna osservando la facciata settentrionale della chiesa, al lato opposto a quello dei tetrarchi. Qui, alla sua estremità orientale, i veneziani hanno voluto onorare nel 1868 Daniele Manin deponendovi le ceneri in un sarcofago con un forte significato simbolico. In esso infatti si accosta al verde Alpi, simile al *marmo* di Tessaglia, il *marmo* rosso di Verzegnis, in realtà un calcare ad entrochi, cioè ricco di resti fossili di crinoidi, ma così simile al porfido rosso d'Egitto da trarre in inganno più di qualcuno, e non solo fra i turisti.

* le date riportate accanto al nome degli imperatori romani indicano il periodo di regno.

Lecture consigliate:

Braga Gp. (2005) *Le pietre da costruzione naturali della città di Padova: passeggiate fra Arte e Geologia*. Ed. Società Veneziana di Scienze Naturali, pp. 64, Venezia.

Colombara F. (2013) *Pietre e Marmi del Veneto, geologia, arte, storia*. Ed Papergraf, pp.189. Padova.

Lazzarini L. (2007) *Poikiloi lithoi, versiculores maculae: i marmi colorati della Grecia antica*. *Marmora* 2/2006, sopp.1. Ed. F. Serra, pp.287. Pisa – Roma.

Per le *Spigolature paleontologiche euganee*

Uno scritto inedito di Giuliano Piccoli
a cura di Franco Colombara socio GMPE

Nell'anno accademico 1995 Giuliano Piccoli, professore ordinario di Paleontologia nell'Università di Padova, assegnò due tesi di laurea ai laureandi in Scienze Naturali Damiana Donato e Marco Pavarin, inerenti ad argomenti di paleontologia euganea. Poiché una parte consistente del lavoro dei due laureandi riguardava lo studio dei fossili dei Colli Euganei conservati nel Museo Geopaleontologico Cava Bomba a Cinto Euganeo, di cui all'epoca ero il conservatore, il Prof. Piccoli mi affidò il compito di correlatore per entrambe le tesi.

La tesi di Damiana Donato riguardava lo studio dei fossili della formazione delle Marne Euganee e l'elaborazione di un percorso didattico che consentisse di vedere sul terreno la successione delle rocce sedimentarie della serie stratigrafica euganea. Il percorso doveva quindi essere testato con un'escursione di una scolaresca per valutarne l'efficacia didattica. L'esperienza riscosse il vivace interesse degli allievi e l'ottimo apprezzamento degli insegnanti. Anche il lavoro scientifico della tesi ha portato a risultati notevoli: è stata aggiornata la classificazione dei fossili delle marne presenti nelle collezioni del Museo Geopaleontologico Cava Bomba e, nel corso di riscontri sul terreno, sono stati trovati alcuni fossili, tra cui l'echinide *Echinolampas* cf. *beaumonti* AGASSIZ, segnalato per la prima volta nei Colli Euganei.

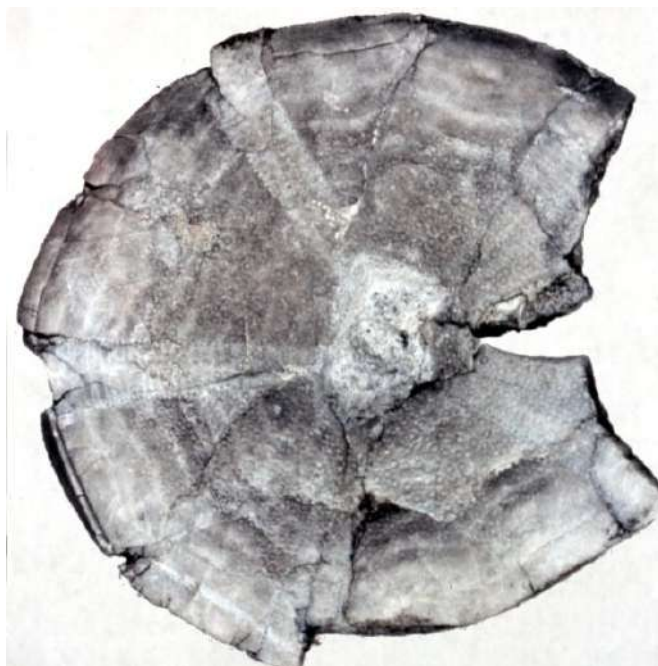


Fig. 1 *Echinolampas* cf. *beaumonti*. Eocene medio di Monte Ricco (grandezza naturale).

Marco Pavarin svolse la sua tesi sulla fauna della Scaglia cretacea euganea, con applicazione didattica. La ricca collezione di echinidi della Scaglia presente nel museo Cava Bomba consentì al laureando di effettuare lo studio biometrico di alcune specie di questi fossili. Marco Pavarin ha determinato anche alcuni esemplari di brachiopodi, riconoscendo la specie *Erymnaria polymorpha* (MASSALONGO), segnalata quindi per la prima volta nei Colli Euganei. La datazione della roccia inglobante, eseguita con l'analisi micropaleontologica dalla Dott. ssa Eliana Fornaciari, ha stabilito l'età cretacea superiore dei fossili in parola; è da sottolineare che precedentemente *Erymnaria polymorpha* non era mai stata segnalata in livelli sottostanti al limite K/T.



Fig. 2 *Recurvoides manfredii*. Maastrichtiano superiore di Monte Ricco (circa 2x).

Un'altra puntualizzazione paleontologica nella tesi di Pavarin riguarda il macroforaminifero bentonico *Recurvoides manfredii* CATI, segnalato da Franco Cati nel Senoniano vicentino. Questi minuscoli fossili, raccolti da appassionati (Trentin, Colombara e altri) erano già stati interpretati come macroforaminiferi, ma solo in questa sede sono stati segnalati per i Colli Euganei, classificati a livello specifico. La determinazione si deve alla Prof. ssa Franca Proto Decima.



Fig. 3 *Erymnaria polymorpha*. Maastrichtiano superiore di Monte Ricco (circa 2x).

Anche la tesi di Marco Pavarin comprendeva una parte didattica. Il laureando ha impartito una lezione preparatoria ad una scolaresca, con la presenza del Prof. Piccoli, a cui sono seguite visita al museo Cava Bomba, escursione sul campo in particolari siti di interesse geologico e una verifica finale dei risultati tramite apposito questionario.

Le due tesi risultarono di ottimo livello, tanto che al Prof. Piccoli venne l'idea di sfruttare questo materiale inedito per realizzare una pubblicazione aggiornata, di taglio didattico – divulgativo, sulla paleontologia dei Colli Euganei. Pensò di intitolare il lavoro *Spigolature paleontologiche euganee*. Il suo progetto prevedeva la partecipazione dei due neolaureati per gli argomenti di competenza delle loro tesi e dello scrivente per le faune del Rosso Ammonitico, del Biancone e del Livello

Bonarelli. Il professore si sarebbe occupato invece dell'introduzione, consistente in una sintesi storica ragionata sulle ricerche paleontologiche nei Colli Euganei, e della bibliografia. Con la prontezza e precisione che gli erano congeniali, nel giro di una settimana mi consegnò la bozza degli argomenti di sua competenza.

Le *Spigolature* dovevano essere prodotte nell'ambito delle attività didattico – divulgative del Museo Provinciale Cava Bomba e pertanto le spese di stampa dovrebbero essere state sostenute dalla Provincia di Padova. Purtroppo il momento non era dei più propizi e il finanziamento fu più volte rimandato; ciò ha scoraggiato i potenziali autori, che si sono ritirati ed il progetto non è più andato in porto. Sono passati molti anni e recentemente, riordinando le mie carte, ho ritrovato la bozza che a suo tempo il Prof. Piccoli mi aveva affidato.

Si tratta di un riepilogo agile ma esaustivo sulle scoperte paleontologiche relative ai Colli Euganei, a cui fa seguito un corposo elenco bibliografico.

Ritengo sia cosa utile far conoscere ad un pubblico di appassionati questo bel lavoro e rendere così un doveroso omaggio ad uno studioso che ha dato importanti contributi alla conoscenza geopaleontologica del nostro territorio e che nel suo ruolo di professore ha formato centinaia di laureati, con passione, entusiasmo e indiscussa competenza.

Cenni biografici



Fig. 4 Il Prof. Giuliano Piccoli durante una ricerca sul campo.

Giuliano Piccoli (Buie d'Istria 1927 – Padova 2010), si è laureato in Ingegneria Meccanica (1953) e in Scienze Geologiche (1957) nell'Università di Padova.

Allievo del Prof. Giambattista Dal Piaz, intraprese la carriera universitaria presso l'Istituto di Geologia dell'Università di Padova, ricoprendo diversi incarichi d'insegnamento. Conseguì quindi la cattedra di Geologia e dal 1967 fu professore ordinario di Paleontologia per Scienze Naturali e Scienze Biologiche.

Fu direttore dell'Istituto di Geologia, Paleontologia e Geologia applicata e dell'annesso Museo Geologico e Paleontologico (01/11/1970 – 31/10/1974), succedendo al suo maestro Prof. Gb. Dal Piaz. Giuliano Piccoli ha svolto una imponente attività di ricerca scientifica, di cui accenno soltanto alcuni punti. Partecipò ai rilevamenti geologici per la Carta Geologica d'Italia al 100.000 (Veneto, Trentino. Sardegna orientale).



Fig. 5 Il Prof. Giuliano Piccoli, nel museo Cava Bomba, presenta la storica collezione geologica Nicolò Da Rio ai convenuti del XIII Simposio dell'INHGEO (1987).

Negli anni settanta coordinò un gruppo di lavoro per lo studio del termalismo e la geologia dei Colli Euganei ed il rilevamento della relativa carta geologica al 25.000. Questi studi chiarirono finalmente la natura del termalismo euganeo.

In campo geologico studiò particolarmente il vulcanesimo terziario del Veneto e del Trentino.

Tra i numerosi lavori paleontologici sono di particolare rilievo quelli relativi ai molluschi terziari del Veneto, soprattutto per le implicazioni paleobiogeografiche applicate allo studio dell'evoluzione della Tetide.

Giuliano Piccoli, membro di numerose associazioni scientifiche, fu un organizzatore infaticabile di gruppi di lavoro e di convegni, tra cui mi piace ricordare – solo perché mi riguarda da vicino – il XIII Simposio Internazionale dell'INHGEO (International Commission on the History of Geological Sciences), che si svolse tra Padova e Pisa nel 1987. In quell'occasione organizzammo insieme la visita dei convenuti al Museo Cava Bomba, dove presentammo la storica collezione geologica Nicolò Da Rio, trasferita in questa sede proprio per la circostanza.

Nella sua lunga carriera di professore Giuliano Piccoli fu relatore di più di trecento tesi di laurea e dottorato.

Ricordo infine che il Prof. Giuliano Piccoli era socio onorario del nostro gruppo.

Per una biografia approfondita di Giuliano Piccoli e la bibliografia dei suoi lavori si veda:

BRAGA Gp., Mg. FORNASIERO, (2011). In memoria – Prof. Giuliano Piccoli 1927 – 2010. Lavori Soc. Ven. Sc. Nat. - vol. 36; 121 -126.

Estremi delle due tesi sopracitate

DONATO DAMIANA, 1997. Un itinerario geologico – paleontologico nei Colli Euganei con applicazione didattica e studio di una fauna fossile della Marna euganea. Tesi di laurea inedita. Università degli Studi di Padova. Corso di laurea in Scienze Naturali. Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica. Anno accademico 1996 -1997.

PAVARIN MARCO, 1996. Studio di una fauna cretacea euganea con applicazione didattica. Tesi di laurea inedita. Università degli Studi di Padova. Corso di laurea in Scienze Naturali. Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica. Anno accademico 1995 -1996.

[Per le spigolature paleontologiche euganee]

Giuliano Piccoli

Cenni sulle ricerche paleontologiche riguardanti i Colli Euganei.

I Colli Euganei non sono sede di giacimenti fossiliferi particolarmente ricchi e vistosi. I fossili, piuttosto scarsi, non furono la fonte della maggiore curiosità scientifica, soprattutto all'inizio dello sviluppo della geologia moderna, attorno alla metà del Settecento. Lo sono stati invece i processi eruttivi, testimoniati dalla forma conica e acuta dei rilievi maggiori, richiamante quella dei vulcani, sia pure privi di cratere. Anche il vivace fenomeno delle acque termali, che si sviluppa attorno all'area collinare con ampia e antica utilizzazione terapeutica, attrasse l'attenzione dei primi studiosi che si occuparono della geologia dei monti padovani. Una volta riconosciuta l'origine eruttiva dei rilievi maggiori, sembrava ovvio collegare il termalismo al vulcanesimo, ormai esausto e capace solo di produrre acque calde, fino a caldissime. Gli studi più recenti dimostreranno poi che non vi è un legame così diretto fra eruzioni euganee, antiche, di età oligocenica, e fenomeni idrotermali, tuttora in atto. Si tratta infatti di un circuito geotermale a largo giro, con le acque piovane che dagli altipiani vicentino-trentini scendono fino alla parte sommitale del basamento cristallino e risalgono in superficie nell'area euganea attraversando la serie carbonatica tardopaleozoica e mesozoica, grazie alle particolari condizioni geoidrologiche dei Colli. Di tali complessi fenomeni non è il caso di trattare in questa sede.

Dei fossili rinvenuti nei nostri colli si è cominciato a parlare verso la fine del Settecento e più ampiamente nell'Ottocento, quando furono riconosciuti alcuni luoghi con numerosi macrofossili nella formazione del Rosso ammonitico, in alcuni livelli ed aree del Biancone e della Scaglia rossa e in particolari zone della Marna euganea. Lo studio dei microfossili, conquista scientifica recente, nonché dei nannofossili, argomento ancor più nuovo negli studi paleontologici, hanno reso ora gli Euganei oggetto di un'intensa attività di studi per quanto riguarda la paleontologia. Poiché questi ultimi gruppi di fossili richiedono particolari tecniche di studio e un'adeguata strumentazione, che non è alla portata di tutti, ai microfossili verranno dedicati qui cenni più brevi che ai macrofossili. Non si potranno ignorare tuttavia alcuni contributi micropaleontologici significativi per l'attribuzione della sequenza stratigrafica locale alla biocronologia, a partire dalle pubblicazioni di József Szabó (1866), che contengono alcuni cenni sui foraminiferi, di Miksa von Hantken (1884), con le ricerche sugli strati a "Clavulina" szabói dell'Eocene e di Senofonte Squinabol (1904), che studiò i radiolari cretacei inclusi nei noduli e nei livelli di selce intercalati alla Scaglia rossa del Monte Grande e del Monte Cero.

Il nome di maggiore spicco fra i macropaleontologi euganei è quello del barone Achille De Zigno, in particolare con la sua pubblicazione del 1861, dal titolo: "Sulla costituzione geologica dei Monti Euganei", preceduta da alcune note minori (1845, 1846). Prima di lui (1829) aveva trattato dei "petrefatti" euganei (così erano chiamati allora i fossili) il prof. Tomaso Antonio Catullo, titolare della cattedra di Storia Naturale nell'Università di Padova. Egli aveva discusso le segnalazioni di fossili del prof. Domenico Vandelli (1761), docente universitario a Coimbra in Portogallo, del marchese Antonio Carlo Dondi Orologio (1789) e del monaco cassinese Ab. Basilio Terzi (1791). La paleontologia era allora ai suoi primordi e nella letteratura si trovavano ancora tracce delle polemiche relative alla vera natura dei reperti

fossili e alla loro origine e formazione. Si pensi che uno dei primi resti citati per la fauna fossile euganea è stato un corallo *Astrea* "vagante ne' campi di Brusegana, vicino a Padova" lavorato a forma di amuleto. Concrezioni calcaree mammellonari generate dall'acqua piovana nelle fessure della trachite presso Cereda vennero scambiate per nicchi di "ostriche e altri capparozzoli" involuppati nella roccia vulcanica, peraltro allora non riconosciuta come tale. A onor del vero, errori simili avvengono anche oggi e succede talora che profani della paleontologia scambino noduli o ammassi di selce per ossa di dinosauri, rimanendo delusi quando viene svelata loro la vera natura delle pietre esibite con l'orgoglio di una presunta clamorosa scoperta. Un esame critico dei resti di animali impietriti si trova anche nell' "Orittologia Euganea" del conte Nicolò da Rio (1836), che dà un quadro generale delle scoperte.

Solo negli ultimi tempi la raccolta di molti esemplari da parte del dott. Franco Colombara, direttore del Museo di Cava Bomba in Cinto Euganeo e dei suoi collaboratori, fra i quali sono da menzionare gli appassionati del Gruppo Mineralogico e Paleontologico Euganeo e gli studi tuttora in corso hanno rinverdito le ricerche paleontologiche sui Colli. Alcuni fra i nuovi risultati sono esposti nelle presenti "spigolature". Sono degne di particolare menzione le note del prof. Iginio Dieni e della prof. Franca Proto

Decima, che hanno potuto datare per via paleontologica, soprattutto micropaleontologica, sia le prime fasi eruttive, basaltiche, dell'Eocene superiore, sia quelle successive, riolitico-trachitico-latitiche, dell'Oligocene inferiore, con le quali si conclusero i cicli vulcanici nell'area euganea (1963, 1970). Altre datazioni micropaleontologiche si devono al prof. Giuseppe Perin (1960) per i dintorni di Teolo e al dr. Alberto Chino (1960) per il sottosuolo di Abano Terme. I. Dieni e F.A. Middlemiss (1981) studiarono i brachiopodi pygopidi del Rosso ammonitico di Fontanafredda e del Biancone di Villa di Teolo. Giuliano Piccoli e Rossana Serandrei Barbero descrissero alcuni molluschi provenienti dai tufi riolitici affioranti nel gruppo del Monte Ceva (1966); lo stesso Piccoli ed Elisa Traverso trattarono l'echinofauna cretacea del Monte Lovertino (1962). Franca Proto Decima svolse importanti studi micropaleontologici, assieme ai proff. Francesco Ferasin e Roberto Sedeà fra il 1954 e il 1970, con segnalazione di lacune stratigrafiche fra Cretaceo e Terziario*. Uno dei temi più attuali di questi studi è il riconoscimento del limite fra Cretaceo e Terziario, il limite K/T della letteratura internazionale, corrispondente al tempo di estinzione dei dinosauri e delle ammoniti, circa 66 milioni di anni fa. Con questo tipo di indagini il dott. Fabio Medizza dimostrò la prosecuzione del deposito della Scaglia rossa anche durante il Terziario inferiore negli Euganei meridionali (1976). Nella pubblicazione dovuta a molti autori (1976), che rappresenta una memoria generale sulla geologia euganea e sul termalismo e nella quale è contenuto anche il suddetto contributo di Fabio Medizza, viene data notizia di vari macrofossili, fra cui un resto di tartaruga trovato assieme ad ammoniti filloceratini nella Scaglia rossa de Le Fiorine, fra il Monte della Madonna e il Monte Grande. Il dott. Senofonte Squinabol studiò la flora fossile dell'Oligocene (oggi riferita all'Eocene) di Teolo (1899) e il prof. Fausto Lona prese in esame i pollini dei depositi lacustri perieuganei e le vicende climatiche del Quaternario da essi testimoniate (1957); la prof. Daria Bertolani Marchetti esaminò i pollini del sottosuolo di Montegrotto Terme (1961). Il dott. Lorenzo Sorbini illustrò la fauna di pesci del Cretaceo superiore di Cinto Euganeo (1974,1976); il prof. Giovanni Canestrini (1888), il dott. Emilio Catterina (1889), quindi il prof. Ramiro Fabiani (1915a,1919), il prof. Bruno Martinis (1948) e il prof. Bruno Accordi (1952) trattarono dei mammiferi quaternari rinvenuti nelle torbiere e nelle palafitte situate ai piedi dei Colli o nelle loro vicinanze. I canidi fossili vennero riesaminati da Alessandra Piasentini Piovan (1994). Di questo tipo di studi e dei loro risultati viene riferito compiutamente in una monografia dei dott. Giamberto Astolfi e Franco Colombara (1990), la quale contiene anche molti dati nuovi, compreso l'aggiornamento della classificazione dei fossili euganei noti fino ad allora.

Dopo questa breve rassegna di pubblicazioni riguardanti la paleontologia euganea, sembra interessante richiamare almeno i maggiori risultati raggiunti e le scoperte più significative. Innanzitutto viene confermata l'estensione dal Giurassico superiore (Malm) all'Oligocene inferiore della serie stratigrafica affiorante, estesa dai 160 ai 30 milioni di anni avanti al momento presente. La base di questa cronologia è rappresentata dai fossili, congiunta alle datazioni radiometriche dei sedimenti fossiliferi. Queste vengono ottenute con metodi geochimici di esame degli isotopi radioattivi nei minerali delle rocce, tramite i loro tempi di decadimento. Nel sottosuolo i sondaggi per acque termali (e con la speranza di rinvenimento di vapor acqueo per la produzione di energia geotermica) hanno raggiunto livelli del Triassico medio, databili fino a circa 230 milioni di anni addietro. Dalle perforazioni non si ottengono macrofossili determinabili, poiché i metodi di sondaggio frantumano le rocce e i fossili e solo microfossili e nannofossili sono recuperabili indenni a scopo di studio e utilizzazione biostratigrafica. Ove manchino anche questi, la datazione viene fatta per confronto con le rocce di altre aree e con la loro successione (criterio litostratigrafico), ma il metodo ha prodotto in passato errori anche grossolani, dimostrando i propri limiti e la fondamentale inadeguatezza.

Non verranno ripetute qui le liste e le raffigurazioni contenute in Astolfi e Colombara (1990), rinviando direttamente alla loro pubblicazione. I fossili euganei, anche se non abbondanti, rivelano con la loro sequenza il succedersi delle faune marine del Mesozoico e del Cenozoico. Il Mesozoico, com'è ben noto, è l'era dei grandi rettili e delle ammoniti. L'ambiente marino che allora occupava l'area degli odierni Colli non permette di aspettarsi la scoperta di dinosauri o di altri rettili terrestri, ma fra i grandi animali di questa classe sono rappresentate le gigantesche "lucertole" marine del gruppo dei Mosasauri, che si sono estinti alla fine del Cretaceo, ultimo periodo del Mesozoico, in contemporaneità con la scomparsa dei Dinosauri. Anche qualche piccola tartaruga di mare va ad aggiungersi ai rettili cretacei rinvenuti finora (Giovanni Sima, Fabio Marco Dalla Vecchia, Giuseppe Muscio, Giuliano Piccoli, 1994). Per rimanere fra i vertebrati non dovremo dimenticare i pesci. Tra quelli cartilaginei, gli squali, di antica origine paleozoica, hanno lasciato i loro denti (e alcune vertebre) in molte rocce mesozoiche, nonché in quelle posteriori, terziarie; anche i parenti delle razze hanno lasciato i loro resti, con denti zigrinati caratteristici degli animali conchigliofagi (Paolo Roccaforte, Lorenzo Sorbini, Giuliano Piccoli, 1994). Fra i pesci ossei, le specie rinvenute nei livelli di mame carboniose intercalati fra il Biancone e la Scaglia rossa, con il giacimento più

ricco situato presso Cinto Euganeo, hanno rivelato una stretta affinità con specie presenti nel Marocco e in Sicilia; hanno permesso inoltre di riconoscere il carattere tropicale della fauna, per analogia con i rappresentanti odierni degli stessi generi. Nell'ittiofauna di Cinto si trovano specie di mare profondo, abitanti delle scogliere coralline e pesci che vivono nel mare aperto. Resti ittici di così diversa provenienza testimoniano un accumulo dovuto alle correnti marine in un'area povera di ossigeno, dove si conservavano le sostanze organiche che colorano di nero il giacimento ed hanno permesso la preservazione di tanti ittioliti.

Gli invertebrati mesozoici sono rappresentati soprattutto da ammoniti e da ricci di mare. Le prime, la cui estinzione segna la fine del Mesozoico, mostrano negli Euganei un'interessante sequenza evolutiva, dalle forme a spirale stretta del Giurassico a quelle a spirale aperta del Cretaceo. La rapida successione di specie diverse dovuta ai fenomeni evolutivi permette di usare questi resti come specie "guida", ossia indicatori di età geologica, data la loro limitata estensione nel tempo. Fra i cefalopodi vanno menzionate anche le belemniti del Biancone, nonché gli aptici, opercoli di ammoniti. Fra i bivalvi cretacei euganei sono conosciuti inocerami e rudiste; R. Hoernes (1877) segnalò bivalvi oligocenici presso Cornoleda. Un singolare crinoide o "giglio di mare" galleggiante, Saccocoma, è noto dal Biancone di Fontanafredda (R. Verniory, 1956) e di Monte Vignola. Un altro gruppo abbondante di fossili, come detto poc'anzi, è quello dei ricci di mare o echinidi, diffusi nel Cretaceo nei livelli della Scaglia rossa, ma presenti anche nella Marna euganea, che è di età terziaria inferiore. In quest'ultima formazione sono stati rinvenuti inoltre molluschi gasteropodi e bivalvi, brachiopodi, già conosciuti dal Mesozoico euganeo, briozoi, crinoidi e crostacei. Fra i crostacei è da ricordare, per la sua rarità e le grandi dimensioni, *Bathynomus catulli* (De Zigno, 1861), isopode che ha rappresentanti analoghi odierni nelle acque profonde della regione tropicale dei Caraibi.

Per rimanere nel regno animale sarà utile un cenno alle datazioni geologiche quanto mai precise consentite dai foraminiferi, organismi unicellulari (protozoi). I foraminiferi planctonici sono oggi molto ben conosciuti in seguito agli studi collegati con le ricerche per idrocarburi. Ramiro Fabiani aveva considerato i nummuliti e gli altri grandi foraminiferi eocenici dei dintorni di Teolo nella sua monografia sul Paleogene del Veneto, del 1915; su questa base assegnava le marne e i soprastanti livelli calcarei con nummuliti alla parte iniziale dell'Eocene medio. La successione delle specie di piccoli foraminiferi galleggianti nella parte superiore delle acque e le cui spoglie si depositarono sul fondo del mare ha permesso invece di analizzare con estremo dettaglio i livelli del Cretaceo e del Paleogene o Terziario inferiore. Fabio Medizza e i suoi collaboratori hanno utilizzato le seguenti biozonazioni per suddividere la Scaglia rossa e la soprastante Marna euganea: si tratta delle scale biostratigrafiche mondiali che seguono. Cretaceo superiore: Turoniano: *Globotruncana helvetica*; Turoniano superiore-Coniaciano inferiore: *Globotruncana coronata*; Coniaciano-Santoniano: *Globotruncana concavata*; Campaniano: in successione *Globotruncana elevata* - *Globotruncana calcarata*; Maastrichtiano: *Globotruncana arca* - *Abathomphalus mayaroensis*. Paleocene: manca per lacuna il Paleocene inferiore; per il Paleocene superiore: *Globorotalia velascoensis*. Eocene: Eocene inferiore: *Globorotalia subbotinae* - *Globorotalia formosa formosa* - *Globorotalia aragonensis* - *Globorotalia pentacamerata*, Eocene medio: *Globorotalia cerroazulensis frontosa* - *Globorotalia cerroazulensis possagnoensis* - *Globorotalia cerroazulensis pomeroli*; Eocene superiore: *Globorotalia cerroazulensis cerroazulensis* - *Globorotalia cerroazulensis cocoaensis* - *Globorotalia cerroazulensis cunialensis*. Oligocene inferiore: *Globigerina tapuriensis*. Come si può notare, per le datazioni è stato necessario individuare la varianti sottospecifiche, poiché le divisioni temporali sono così fitte (dell'ordine dei due milioni di anni) che le specie persistono oltre i loro limiti e solo le sottospecie permettono di distinguere i vari livelli di diffusione cronologica. Per chi disponesse di un buon microscopio e di adeguata pazienza, potrebbe essere un esercizio interessante osservare le globotruncane, munite di una doppia carena marginale, le globorotalie, che ne portano una sola e le globigerine, che ne sono prive. Già questa distinzione consente di riconoscere, ad esempio, la parte cretacea della Scaglia rossa da quella paleocenico-eocenica, nelle aree dove la sua sedimentazione è continuata anche dopo la fine del Cretaceo. I nummuliti e gli altri macroforaminiferi rinvenuti nei livelli calcarei intercalati alle marne terziarie dei dintorni di Teolo, in particolare presso il campo sportivo e il cimitero, nonché ad oriente di Monte Pirio, vicino al Monte delle Forche del Diavolo, presso Valnogaredo e in poche altre località, non sono di origine locale. Il mare euganeo era allora troppo profondo per permettere la vita a questi animali bentonici, che necessitano di nutrimento e luce adeguati: si tratta infatti di grandi foraminiferi che vivevano nella zona degli attuali Colli Berici, dove i fondali erano più bassi. Per frane sottomarine essi sono poi caduti nel più profondo bacino euganeo, scivolando lungo la scarpata che separava sott'acqua le due aree contigue. Una prova di quest'origine è costituita dalla disposizione degli esemplari più grandi nella parte inferiore del sedimento, più grossolana e di quelli via via più piccoli verso l'alto, dove la grana del deposito è minore, come avviene quando un sedimento si decanta nell'acqua.

Le flore fossili nei Colli Euganei non sono abbondanti, come non lo sono le faune fossili, se si escludono gli organismi più minuti, microfossili e nannofossili. La flora cretacea di Cinto Euganeo, associata al ricco giacimento di pesci di cui si è detto, è rappresentata da equiseti** e fanerogame, perciò da piante continentali e non marine, situate al letto del livello con i pesci. Altra flora interessante è quella dei pressi di Teolo, medioeocenica, nella quale alle najadacee marine costiere sono associate piante terrestri trasportate qui da un'area emersa, come Quercus, Cassia, Cinnamomum, secondo la classificazione di Senofonte Squinabol. Durante il Miocene nelle aree circostanti i Colli Euganei e Berici si trova documentata la diffusione di Fagus feroniae, simile al faggio attuale (Antonio Mazzetti, 1987). Le vicende floristiche plio-quadernarie degli Euganei sono inquadrare in un contesto regionale più ampio da A. Paganelli (1984). In un pozzo perforato vicino a Montegrotto Terme la serie stratigrafica, poggiante sulle vulcaniti sepolte a 142 m di profondità, testimonia la presenza di un'antica laguna quadernaria, formata durante il ritiro del mare che lambiva i Colli, secondo le analisi palinologiche svolte da D. Bertolani Marchetti (1961). A Cartura i depositi quadernari, ricchi invece in foraminiferi e molluschi marini, poggiano sulle vulcaniti euganee del sottosuolo a 305 m di profondità dalla bocca del pozzo (B. Accordi, 1950). I pollini della torbiera di Arquà Petrarca hanno rivelato l'alternanza di periodi freddi e di fasi più calde, a partire dall'ultima glaciazione, la würmiana, fino all'età del ferro, secondo gli studi di Fausto Lona. Così alla diffusione di querce, olmi, tigli e aceri, avvenuta nei primi tempi postglaciali, segue quella del nocciolo, poi del faggio, del carpino e dell'abete bianco, quindi dell'abete rosso in un periodo di rinfrescamento del clima (periodo Atlantico iniziale, nella nomenclatura degli studiosi di paleoclimi). Nel successivo periodo Subboreale si afferma il castagno, quando nella pianura padana si diffondono le palafitte dell'età del bronzo, nel corso del secondo millennio avanti Cristo. Ma qui ormai paleontologia e archeologia si intrecciano e sulla vegetazione si impone sempre più intenso l'intervento umano.

La stessa affermazione vale per i resti di mammiferi quadernari, a partire dall'orso delle caverne, contemporaneo all'ultima glaciazione. La mammalofauna delle torbiere e poi delle stazioni preistoriche, come le palafitte, rivela un clima temperato, sia pure con alterne vicende e la diffusione di animali selvatici (talpa, tasso, lontra, volpe, castoreo, capriolo, capra bezoar e pecore selvatiche, cervo, uro, cinghiale) e poi di animali domestici (cane, pecora, capra, bue delle torbiere, cavallo), in concomitanza con la diffusione dell'agricoltura. Notizie dettagliate si trovano al riguardo nelle opere di Alfredo Riedel (1951), di Giorgio Marcuzzi (1993) e in quella di Astolfi e Colombara (1990) già più volte citata, per cui non è necessario ripeterle in questa rapida panoramica della paleontologia euganea.

E' lecito sperare che il lettore delle pagine soprastanti, anche se brevi e molto riassuntive rispetto all'argomento trattato, abbia potuto ricavare la convinzione che le ultime scoperte paleontologiche hanno reso i Colli Euganei un'area degna di attenzione per la storia della vita del passato nella nostra regione, nel contesto più vasto dello sviluppo della vita sul pianeta Terra.

Note del curatore

* Il termine Terziario è stato abolito dall'ICS (International Commission on Stratigraphy) e sostituito dal termine Cenozoico. La locuzione *limite K/T* è ancora in uso, anche se il termine ufficiale è K/Pg (Cretaceo/Paleogene).

** *Equisetites* sp. venne segnalato da Astolfi & Colombara (1990), ma si trattava di un errore di determinazione. Gli stessi Autori (2003) rividero i fossili in parola, classificandoli correttamente come conifere della famiglia delle Cheirolepidiaceae, appartenenti al genere *Frenelopsis*. Gli equiseti pertanto non possono essere annoverati nella flora fossile cretacea di Cinto Euganeo.

[Bibliografia per la spigolatura paleontologica euganea]

ACCORDI B., 1950 - Esame geologico-paleontologico di un pozzo terebrato a Cartura (Padova). Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, v. 16, 22 pp., 1 f., 1 tav., Padova.

ACCORDI B., 1952 - Ulteriori reperti di Castor fiber L. nelle torbiere degli Euganei e dei Belici, Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, v. 17, 12 pp., 6 tabb., 2 tavv., Padova.

ASTOLFI G., COLOMBARA F., 1990 - La geologia dei Colli Euganei. 213 pp., 263 ff, 3 tabb., 5 tav., Ed. Programma, Padova.

BERTOLANI MARCHETTI D., 1961 - Vicende di un'antichissima laguna veneta messe in luce da ricerche palinologiche. Mem. Biogeogr. Adriatica, v. 5 (1957-1963), pp. 155-187, 1 f., 1 tab., 9 tavv., Venezia.

BORSI S., FERRARA G., PICCOLI G., 1969 - Determinazione paleontologica col metodo K/Ar

dell'età delle eruzioni euganee. Rend. Soc. Ital. Miner. Petrol., v. 25, pp. 27-34, 1 f., Pavia.

CALVINO F., 1969 - Sistemazione delle cave in relazione al paesaggio. Il punto di vista di un ingegnere-geologo. Il Frantoio, v. 7, 4 pp., 3 ff., Parma.

CANESTRINI G., 1888 - Cenni sugli avanzi animali della palafitta di Arquà. Bull. Paleont. Ital., v. 14 (11-12), pp. 197-204, 3 tabb., Parma.

CATTERINA E., 1889 - Avanzi di animali scavati nelle palafitte di Arquà. Bull. Soc. Veneto-Trentina Se. Nat., v. 4, pp. 199-226, 45 tabb., Padova.

CATULLO T. A. , 1829 - Memoria epistolare sopra i petrefatti dei Colli Euganei. Giom. Sc. Lett. Prov. Venete, v. 16, pp. 22-29 e 79-88, Venezia.

CATULLO T. A. 1844 - Trattato sopra la costituzione geognosico-fisica dei terreni alluvionali postdiluviani delle Provincie Venete. 465 pp., Sicca, Padova.

CHINO A., 1960 - Studio micropaleontologico e granulometrico del pozzo N. 55 (P. Nazionale) di Abano Terme, Padova. Mem. Acc. Patavina Sc. Lett. Arti, Cl. Sc. Mat. Nat., v. 72, pp. 167-178, 1 tav., Padova.

COLOMBARA F., 1986 - Colli Euganei. Note naturalistiche. 35 pp., 4 ff, 1 tab., 7 tav., Pavan, Valdagno.

COLOMBARA F., ASTOLFI G., 1994 - Cava Bomba a Cinto Euganeo: La Fornace - Il Museo Geopaleontologico. 50 pp., 45 ff, 1 tab., Ed. Programma, Padova.

DA RIO N., 1836 - Oritologia Euganea. 179 pp., 2 tavv. (1 carta geognostica 1.48.000 circa), Cartallier, Padova.

DA RIO N., 1844 - Intorno ad una ippurite trovata nella scaglia dei Monti Euganei. Atti Ist. Veneto Sc. Lett. Arti, v. 1843-1844, p. 366, Venezia.

DAL PIAZ G., 1935 - La costituzione geologica dei Colli Euganei. Atti Mem. Acc. Sc. Lett. Arti Padova, v. 51, pp. 11-19, Padova.

DALLA FIOR G., 1937 - Sopra una serie di analisi polliniche della bassa pianura veneta. N. Giom. Bot. Ital., v. 44, pp. 607- 608, Firenze

DE TONI A., 1911 - Di alcuni recenti lavori sui Colli Euganei. Atti Mem. Acc. Sc. Lett. Padova, v. 27, pp. 167-178, Padova.

DE ZIGNO A., 1845 - Sopra due fossili rinvenuti nella calcarea dei Monti Padovani. 8 pp, 1 tav., Sicca, Padova.

DE ZIGNO A., 1846 - Sul marmo di Fontanafredda nei Monti Euganei. Atti Ist. Veneto Se. Lett. Arti, v. 1845-1846, 6 pp., Venezia.

DE ZIGNO A., 1861 - Sulla costituzione geologica dei Monti Euganei. Acc. Sc. Lett. Arti Padova, v. 1861, 20 pp., Padova.

DIENI I., PROTO DECIMA F., 1961 - Studio paleontologico-stratigrafico di un pozzo perforato nell'Orto Botanico dell'Università di Padova. Mem. Acc. Patavina Sc. Lett. Arti, Cl. Sc. Mat. Nat., v. 73, pp. 3-20, 1 f., 1 tab., Padova.

DIENI I., PROTO DECIMA F., 1963 - Eruzioni sottomarine con lave a cuscini nell'Eocene superiore dei Colli Euganei. Mem. Acc. Patavina Sc. Lett. Arti, Cl. Sc. Mat. Nat., v. 80, pp. 315-325, 3 ff, 2 tavv., Padova.

DIENI I., PROTO DECIMA F., 1964a- Analisi statistica multidimensionale di due gruppi di Cribrohantkenina dell'Eocene superiore di Castelnuovo (Colli Euganei), Rend. Acc. Naz. Lincei, Cl. Se. Fis. Mat. Nat., VIII s., v. 36, pp. 395-399, 4 ff, Roma.

DIENI I., PROTO DECIMA F., 1964b - Cribrohantkenina ed altri Hantkeninidae nell'Eocene superiore di Castelnuovo (Colli Euganei). Riv. Ital. Paleont. Stratigr., v. 70, pp. 555-592, 8 ff., 2 tav., Milano.

DIENI I., PROTO DECIMA F., 1970 - Documentazione paleontologica dell'età oligocenica inferiore del vulcanismo euganeo. Atti Mem. Acc. Patavina Sc. Lett. Arti, Cl. Sc. Mat. Nat., v. 82, pp. 321-360, 7 ff., 2 tavv., Padova.

- DIENI I., MIDDLEMISS F. A., 1981 - Pygopid brachiopods from the Venetian Alps. Boll. Soc. Paleont. Ital., v. 20, pp. 19-48, 7 ff, 6 tavv., Modena.
- DONDI OROLOGIO A. C., 1789 - Saggio di liltologia euganea. Saggi Sc.Lett. Acc. Padova, v. 2, pp. 164-184, Padova.
- FABIANI R., 1915a - Nota preventiva sui Mammiferi quaternari della regione veneta. Atti Acc. Se. Veneto-Trentino-Istria, III s., v.7 (1914), pp. 271-278, Padova.
- FABIANI R., 1915b - II Paleogene del Veneto. Mem. 1st. Geol. R. Univ. Padova, v. 3, pp. 1-336, 36 ff, 9 tavv., Padova.
- FABIANI R., 1919 - I Mammiferi quaternari della Regione Veneta. Mem. Ist. Geol. R. Univ. Padova, v. 5, pp. 1-174, 16 ff, 30 tavv., Padova.
- FERASIN F., PROTO DECIMA F., 1954 - Micropaleontologia dei terreni cretaceo-eocenici del M. Ceva (Colli Euganei). Mem. Acc. Patavina Sc. Lett. Arti, Cl. Sc. Mat. Nat., v. 66, pp. 1-18, Padova.
- VON HANTKEN M., 1884 - Die Clavulina Szabó-Schichten im Gebiete der Euganeen und der Meeralpen und die cretacische Scaglia in den Euganeen. Math. Naturwiss. Ber. Ungarn, v. 2, pp. 121-169, 1 tab., 4 tavv., Budapest.
- HOERNES R., 1877 - Il primo piano mediterraneo nella Valsugana e nei Monti Euganei. Boll. Comit. Geol. Italia, v. 8, pp. 372-375, Roma.
- LONA F., 1957 - I depositi lacustri euganei: archivio paleontologico del tardo glaciale e del periodo postglaciale. Mem. Biogeogr. Adriatica, v. 5, pp. 1-11, 2 ff, Venezia.
- MARCHESONI V., PAGANELLI A., 1960 - Ricerche sul Quaternario della Pianura Padana. I. Analisi polliniche di sedimenti torbo-lacustri di Padova e Sacile. Rend. Ist. Scient. Univ. Camerino, v. 1, pp. 47-54, 1 tab., Camerino.
- MARCUZZI G., 1993 - La fauna dei Colli Euganei. 205 pp., 378 ff, 1 tab., Ed. Programma, Padova.
- MARTINIS B., 1948 - Resti di castoreo (*Castor fiber* L.) nei terreni torbosi presso Pernumia (Padova). Riv. Ital. Paleont. Stratigr., v. 54, pp. 29-35, 4 ff., Milano.
- MASSARI F., MEDIZZA F., SEDEA R., 1976 - L'evoluzione geologica dell'area euganea tra il Giurese e l'Oligocene. In: PICCOLI G. et al. Il sistema idrotermale euganeo-berico e la geologia dei Colli Euganei, pp. 174-197, ff. 73-81, Padova.
- MAZZETTI A., 1987 - La flora dei Colli Euganei. 323 pp., 282 ff, Ed. Programma, Padova.
- PAGANELLI A., 1961 - E graduale impoverimento della flora forestale nel Quaternario della Pianura Padana. N. Giom. Bot. Ital., v. 68, pp. 109-117, 1 f, Firenze.
- PAGANELLI A., 1984 - Storia climatico-forestale del Pliocene e del Quaternario. In A. ASPES, Il Veneto nell'antichità. Preistoria e protostoria pp. 69-94, 11 ff., Verona.
- PAGANELLI A., 1996 - A palynological study of forest vegetation in the Veneto-Po Plain. Allonia, Boll. Dipart. Biol. Veget. Univ. Torino, v. 34, pp. 189-216, 3 ff, Torino.
- PERIN G., 1960 - Studio di una microfauna paleogenica di Teolo nei Colli Euganei. Mem. Acc. Patavina Sc. Lett. Arti, Cl. Sc. Mat. Nat., v. 72, pp. 156-166, Padova.
- PIASENTINI PIOVAN A., 1994 - Studio di canidi fossili conservati nel museo paleontologico universitario di Padova. Atti Mem. Acc. Patavina Sc. Lett. Arti, Cl. Sc. Mat. Nat., v. 106, pp. 5-29, 6 ff, 7 tabb., 3 tavv., Padova.
- PICCOLI G., 1958 - La costituzione geologica dei Colli Euganei e l'origine della acque termali. Riv. Euganea, v. 1 (8-9), pp. 7-10, 6 ff., Padova.
- PICCOLI G., TRAVERSO E., 1962 - La fauna di echinidi del M. Lovertino (Colli Euganei). Mem. Acc. Patavina Sc. Lett. Arti, Cl. Sc. Mat. Nat., v. 74, pp. 49-68, 1 tav., Padova.
- PICCOLI G., 1963 - Cenni di geologia euganea. Colli Euganei, Guida Alpin.- Turist., C.A.I. Padova, 29-38, 1 tav., Tip. Antoniana, Padova.
- PICCOLI G., SERANDREI BARBERO R., 1966 - Determinazione dell'età delle prime eruzioni acide euganee. Boll. Soc. Geol. Ital., v. 85, pp. 133-149, 2 ff, Roma.
- PICCOLI G., SEDEA R., BELLATI R., DI LALLO E., 1975 - Note illustrative della Carta Geologica

dei Colli Euganei alla scala 1:25.000. 38 pp., 12 ff, 3 tavv., 1 carta geol. 1:25.000, Soc. Coop. Tip., Padova.

PICCOLI G., BELLATI R., BINOTTI C., DI LALLO E., SEDEA R., DAL PRA' A., CATALDI R., GATTO G. O., GHEZZI G., MARCHETTI M., BULGARELLI G., SCHIESARO G., PANICHI C., TONGIORGI E., BALDI P., FERRARA G. C., MASSARI F., MEDIZZA F., ILICETO V., NORINELLI A., DE VECCHI Gp., GREGNANIN A., PICCIRILLO E. M., SBETTEGA G., 1976 - Il sistema idrotermale euganeo-berico e la geologia dei Colli Euganei. Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, v. 30, 266 pp., 97 ff., 15 tavv., 1 carta geol. 1:25.000, Padova.

PICCOLI G., SEDEA R., BELLATI R., DI LALLO E., 1976 - Presentazione della nuova carta geologica dei Colli Euganei alla scala 1:25.000. Boll. Soc. Geol. Ital., v. 94, pp. 1349-1352, 1 f., Roma.

PICCOLI G. SEDEA R., BELLATI R., DI LALLO E., MEDIZZA F.†, GIRARDI A., DE PIERI R., DE VECCHI Gp. GREGNANIN A., PICCIRILLO E. M., NORINELLI A., DAL PRA' A., 1981 - Note illustrative della carta geologica dei Colli Euganei alla scala 1:25.000. II edizione. Mem. Sc. Geol. v.34, pp.523-566, 18 ff, 1 tav., 1 carta geol. 1:25.000., Padova.

PROTO DECIMA F., FERASIN F., 1954 - Nuove specie di foraminiferi nell'Eocene del Monte Ceva (Colli Euganei). Riv. Ital. Paleont. Stratigr., v. 60, pp. 247- 252, 1 f., 1 tav., Milano.

PROTO DECIMA F., 1966 - Note stratigrafiche sul sottosuolo di Abano Terme (Padova). Mem. Acc. Patavina Sc. Lett. Arti, Cl. Sc. Mat. Nat., v. 78, pp. 347-371, 2 ff, Padova.

PROTO DECIMA F., SEDEA R., 1966 - Lacune stratigrafiche fra Cretaceo e Terziario nei Colli Euganei (Padova). Boll. Soc. Geol. Ital., v. 85, pp. 203-208, 2 ff, Roma.

PROTO DECIMA F., SEDEA R., 1970 - Segnalazione di Oligocene marino nei Colli Euganei (Padova). Acc. Naz. Lincei, Rend. Cl. Sc. Fis. Mat. Nat., VIII s., v. 48, pp. 156-163, 1 tav., Roma.

RIEDEL A., 1950 - Geologia degli Euganei nord-occidentali. Mem. Museo Civ. St. Nat. Verona, v. 2, pp. 107-124, 2 tavv., Verona.

RIEDEL A., 1951 - Risultati e significato degli studi di paleontologia degli animali domestici. Riv. Sc. Nat. "Natura", v. 42, pp. 101-106, Milano.

ROCCAFORTE P., SORBINI L., PICCOLI G., 1994 - The fossiliferous sites with Tertiary Vertebrates in Northeastern Italy. Mem. Sc. Geol., v. 46, pp. 373-400, 4 ff, Padova.

SIRNA G., DALLA VECCHIA F.M., MUSCIO G., PICCOLI G., 1994 - Catalogue of Paleozoic and Mesozoic Vertebrates and Vertebrate localities of the Tre Venezie area (North Eastern Italy). Mem. Sc. Geol., v. 46, pp. 255-281, 5 ff., Padova.

SORBINI L., 1974 - Un nuovo giacimento di pesci fossili cretacei nel territorio di Cinto Euganeo - Nota preliminare. Boll. Museo Civ. St. Nat. Verona, v. 1, pp. 538-540, 1 f., Verona.

SORBINI L., 1976 - L'ittiofauna cretacea di Cinto Euganeo (Padova - Nord Italia). Boll. Museo Civ. St. Nat. Verona, v. 3, pp. 479-567, 23 ff, 31 tavv, Verona.

SORBINI L., 1980 - Il giacimento di Cinto Euganeo (Padova). In: I Vertebrati fossili italiani - Catalogo della Mostra - Verona, pp. 119-122, 4 ff, Verona.

SQUINABOL S., 1899 - Revisione della florula fossile di Teolo. Atti Soc. Veneto- Trentina Sc. Nat., II s., v. 4, pp. 40-47, 1 tav., Padova.

SQUINABOL S., 1902 - Le depressioni peri-euganee. Atti Mem. Acc. Sc. Lett. Padova, v. 18, pp. 243-248, Padova.

SQUINABOL S., 1904 - Radiolarie cretacee degli Euganei. 76 pp., 2 ff., 10 tavv., Tip. Randi, Padova.

SZABO' J., 1866 - Jelentés az Euganeákban. Magyar Tudományos Akad., Math.Termész. Közlem., v. 4, pp. 479-511, Pest.

TERZI B., 1791 - Memoria intorno alle produzioni fossili de' Monti Euganei. 68 pp., 1 tav., Stamp. Seminario, Padova,

VANDELLI D., 1761 - Tractatus De Thermis Agri Patavini. 235 pp., 1 f., 2 tabb., 6 tavv., Typ. Conzatti, Patavii.

VERNIOREY R. 1956 - Observations sur le Jurassique supérieur et le Crétacé inférieur des Monts Euganéens, Padova (Saccocomas et Tintinnoidiens). Arch, des Sciences, v. 9, pp. 127-130, Genève.

I marmi antichi della Basilica di S. Antonio

di Giamberto Astolfi socio GMPE



Basilica di S. Antonio a Padova (foto dal web)

Premessa

La Basilica di S. Antonio è stata realizzata nel XIII secolo ma i lavori di completamento interno sono proseguiti nei secoli successivi. Al Trecento risale il completamento della Cappella di S. Giacomo, al Quattrocento la Cappella del Santissimo, mentre risale al Cinquecento l'allestimento definitivo della Cappella dell'Arca di S. Antonio.

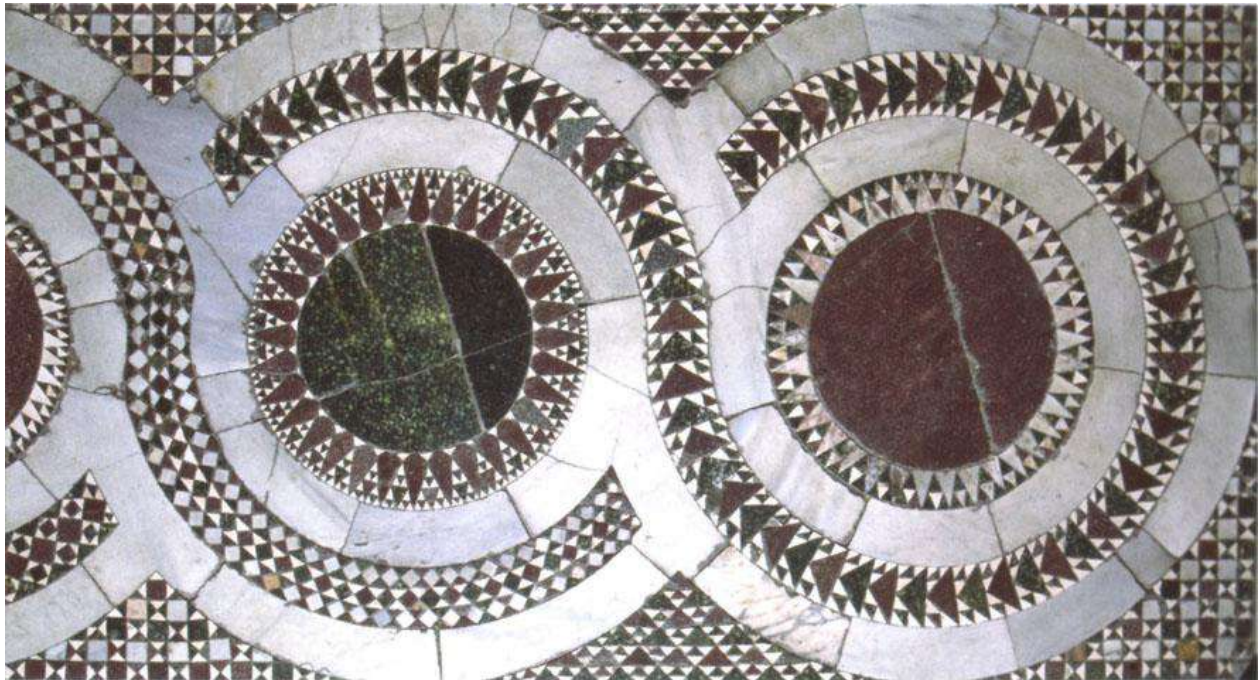
L'interno della Basilica è sontuosamente rivestito di marmi medioevali provenienti in maggior parte dalle vicine Prealpi veronesi, tuttavia, per abbellire ed impreziosire alcune parti della Basilica, come ad esempio appunto le cappelle del Santissimo, di S. Giacomo oppure dell'Arca, sono state inserite, nel pavimento o nelle pareti, alcune lastre e formelle di marmi antichi, di epoca romana, di recupero, provenienti dallo spoglio di qualche palazzo o tempio abbandonato dopo la caduta dell'Impero.



*Basilica di S. Antonio. La trecentesca Cappella di S. Giacomo
con inserti di marmi antichi in corrispondenza dell'altare
centrale e delle arche pensili laterali.*

In epoca imperiale romana era molto diffuso l'uso di rivestire le pareti dei palazzi importanti o dei templi con lastre di marmi colorati provenienti da tutto il bacino mediterraneo, in particolare dall'Egitto, dalla Grecia e dell'Asia minore.

In epoca medioevale poi, a Roma, le basiliche romaniche sono state tutte decorate nei pavimenti e nei rivestimenti interni con pregiati marmi antichi di riutilizzo provenienti dallo spoglio di terme, palazzi, basiliche di epoca imperiale. Ne è nata addirittura una tecnica decorativa, chiamata "cosmatesca", dal nome di una famosa famiglia di marmorari, i Cosma, che operarono a Roma tra il XII ed il XIII secolo.



*Pavimento cosmatesco realizzato con l'impiego di marmi antichi di spoglio e messi in opera secondo una geometria che ha caratterizzato il medioevo romano (Roma - S. Clemente)
(foto dal web)*

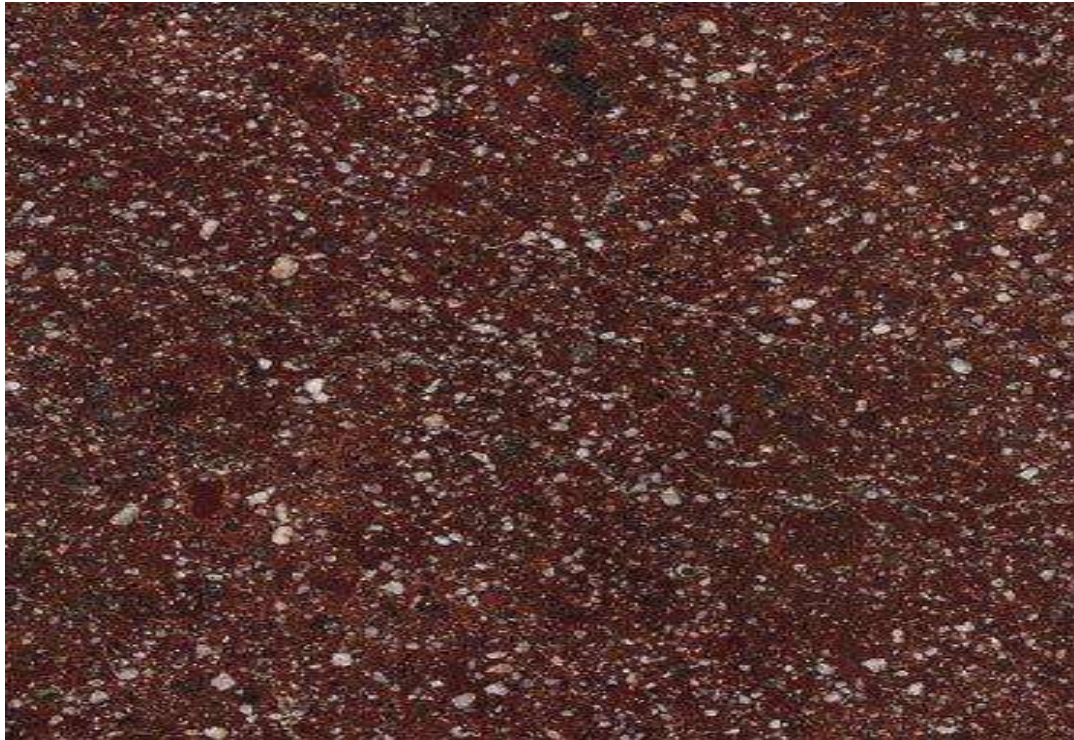
Editto dei prezzi

All'inizio del IV° secolo, l'imperatore Diocleziano promulgò un famoso editto, l'Editto dei prezzi, con il quale, nell'intento poi fallito di frenare l'inflazione, elencò una infinità di prodotti, alimentari e non, tra i quali anche una serie di marmi, il cui costo massimo non avrebbe dovuto superare il limite fissato dall'Editto stesso.

I marmi più pregiati al tempo di Diocleziano erano il Porfido Rosso egiziano (*Lapis Porphirites*) ed il Porfido Verde greco (*Lapis Lacedaemonius*), il cui prezzo massimo fu fissato in 250 denari al piede (30 cm) cubo, oppure il Pavonazzetto (*Marmor Phrygium*) dalla Turchia od il Giallo antico (*Marmor Numidicum*) dalla Tunisia, che valevano 200 denari al piede cubo, od ancora il Verde antico greco (*Marmor Thessalicum*) che non doveva costare più di 150 denari. Tra i marmi bianchi, molto gradito era il *Marmor Proconnesium* proveniente dall'isola di Marmara e che valeva, nell'Editto, 40 denari.

Indicativamente possiamo stimare, più o meno, che 5 denari di Diocleziano siano paragonabili al potere di acquisto di 1 Euro dei nostri giorni.

IL Porfido Rosso antico



Porfido Rosso antico (foto dal web)

I romani antichi lo chiamavano *Lapis Porphyrites* da *porphyra* (porpora) per il suo uniforme e caratteristico colore rosso porpora. Nel Medioevo, i marmorari romani, lo soprannominarono Porfido Rosso antico.

Il Porfido Rosso antico è una roccia vulcanica effusiva, di particolare struttura cristallina, durissima e ben lucidabile, che deve la sua colorazione alla presenza di Ematite (ossido di ferro) e Piemontite (silicato di ferro e manganese) disperse nella sua massa di fondo. Il Porfido Rosso veniva estratto dalle cave del Mons Porphyrites, ubicato nel deserto orientale egiziano, 60 Km ad ovest di Urgada.

Il nome "porfido", originariamente utilizzato solo per il Porfido Rosso, è stato esteso, nel linguaggio moderno, a tutte le rocce di struttura cristallina analoga anche se di colore diverso: conosciamo così porfidi grigi, verdi, neri.

Nell'antichità, ma anche ai nostri giorni, il colore della porpora era indice di importanza e di distinzione ed era riservato agli imperatori ed alle massime cariche dello Stato. Anche il Porfido Rosso non sfuggiva a questa legge e le cave di tale roccia erano di proprietà imperiale ed il materiale estratto riservato per manufatti importanti (urne e sepolture imperiali) e per oggetti particolari o come rivestimento nelle residenze sempre imperiali. Il valore della pietra era elevato ed al tempo di Diocleziano un piede cubo di tale materiale valeva 250 denari contro, ad esempio, i 40 denari del pur pregiato marmo bianco Proconnesio proveniente dall'isola di Marmara (Turchia).

L'estrazione ed il trasporto dei blocchi di roccia, da un posto così scomodo come il deserto orientale egiziano, richiedeva una organizzazione straordinaria che solo la Roma imperiale poteva garantire. Infatti con la caduta dell'impero, verso la metà del V° secolo, cessò l'estrazione di tale pregiato materiale e la sua successiva utilizzazione, nel Medioevo, è avvenuta sfruttando materiale recuperato proveniente dalle demolizioni dei palazzi di Roma o da blocchi di roccia non ancora utilizzati ed abbandonati nei depositi imperiali.

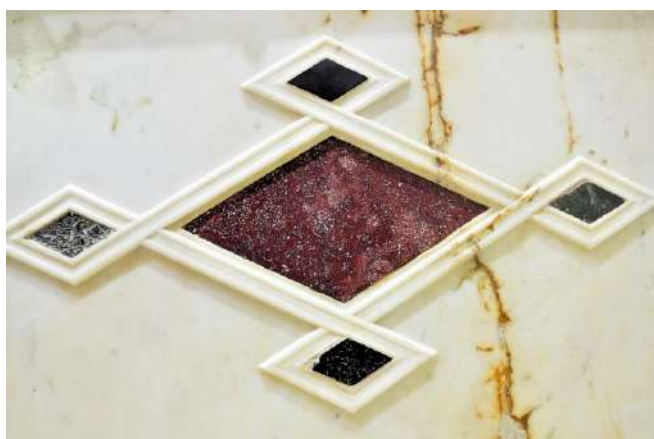
Durante l'impero bizantino il colore della porpora, e di conseguenza anche il Porfido Rosso, acquistarono particolare significato cerimoniale. L'erede al trono dell'imperatore veniva fatto nascere in una apposita stanza rivestita di Porfido Rosso ed il nascituro assumeva il titolo di *Porfirogenito*, cioè "nato nella porpora", per evidenziarne l'importanza quale discendente dell'imperatore.

Anche nei cerimoniali di corte e religiosi la posizione del trono imperiale era evidenziata da ampi tondi pavimentali di Porfido Rosso, entro ai quali sostava l'augusto personaggio. L'uso improprio del colore della porpora, da parte di persone non autorizzate, era severamente punito.



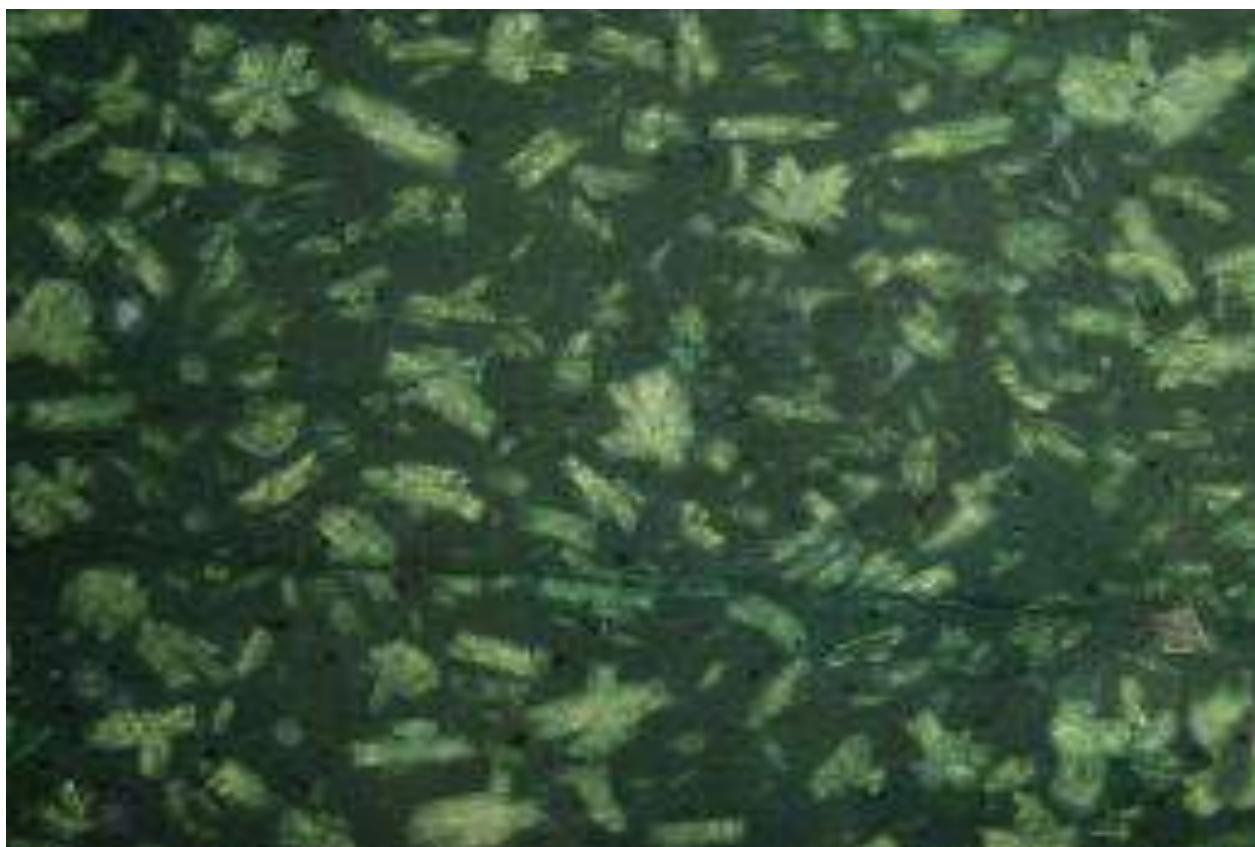
Basilica di S. Antonio. Pavimento antistante la Cappella del Santissimo. Tondo in Porfido Rosso antico egiziano immerso in marmo rosso di Verona e bordato da fregio in marmo Proconnesio

Il significato regale del Porfido Rosso, che dalla Roma imperiale si era trasferito a Bisanzio, mantenne, anche nell'occidente medioevale, pur con minore enfasi, una valenza di autorevolezza. Il Porfido Rosso antico è il litotipo più utilizzato, sottoforma di tondi o inserti di varia forma e dimensione, nelle decorazioni pavimentali e parietali medioevali ed assieme al Porfido Verde antico caratterizza le principali tonalità cromatiche delle opere cosmatesche.



*Basilica di S. Antonio. Cappella dell'Arca. Pareti retrostanti
l'Arca del Santo, inserti in Porfido Rosso antico egiziano*

Il Porfido Verde antico (Serpentino)

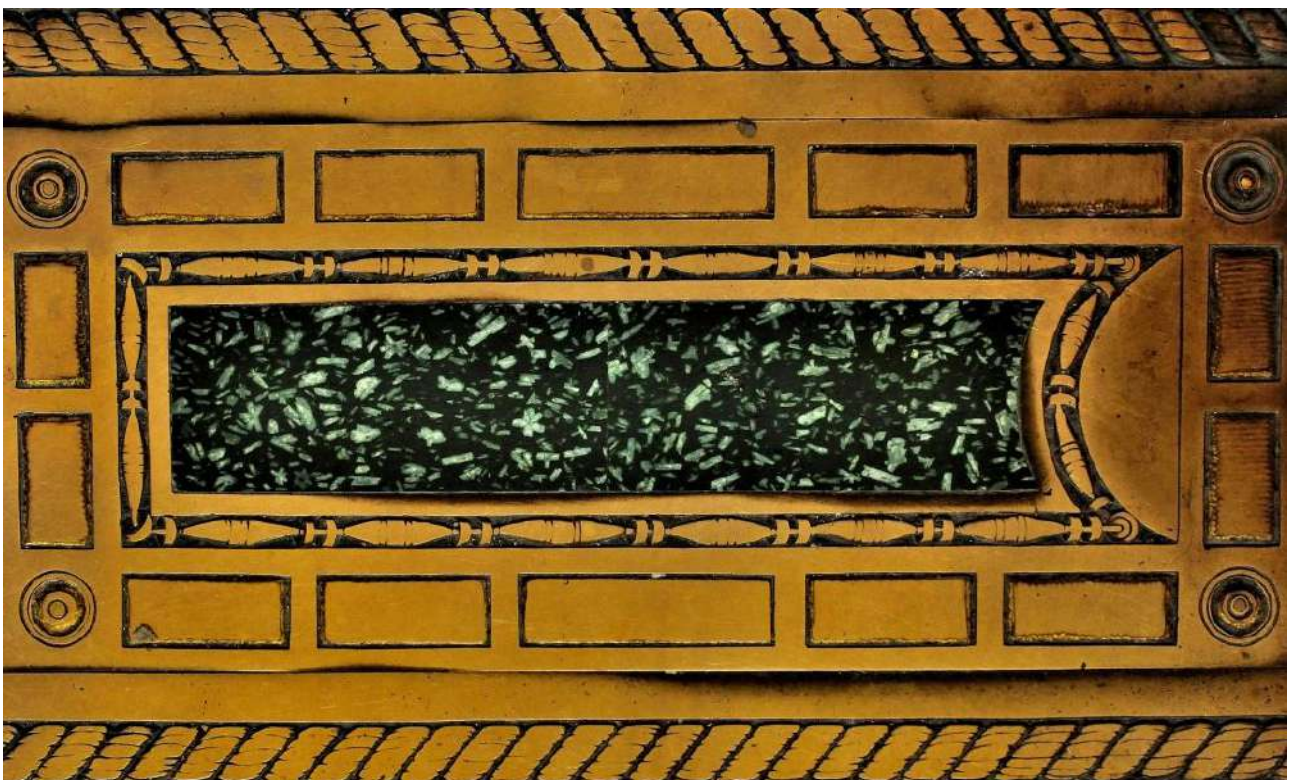


Porfido Verde antico (foto dal web)

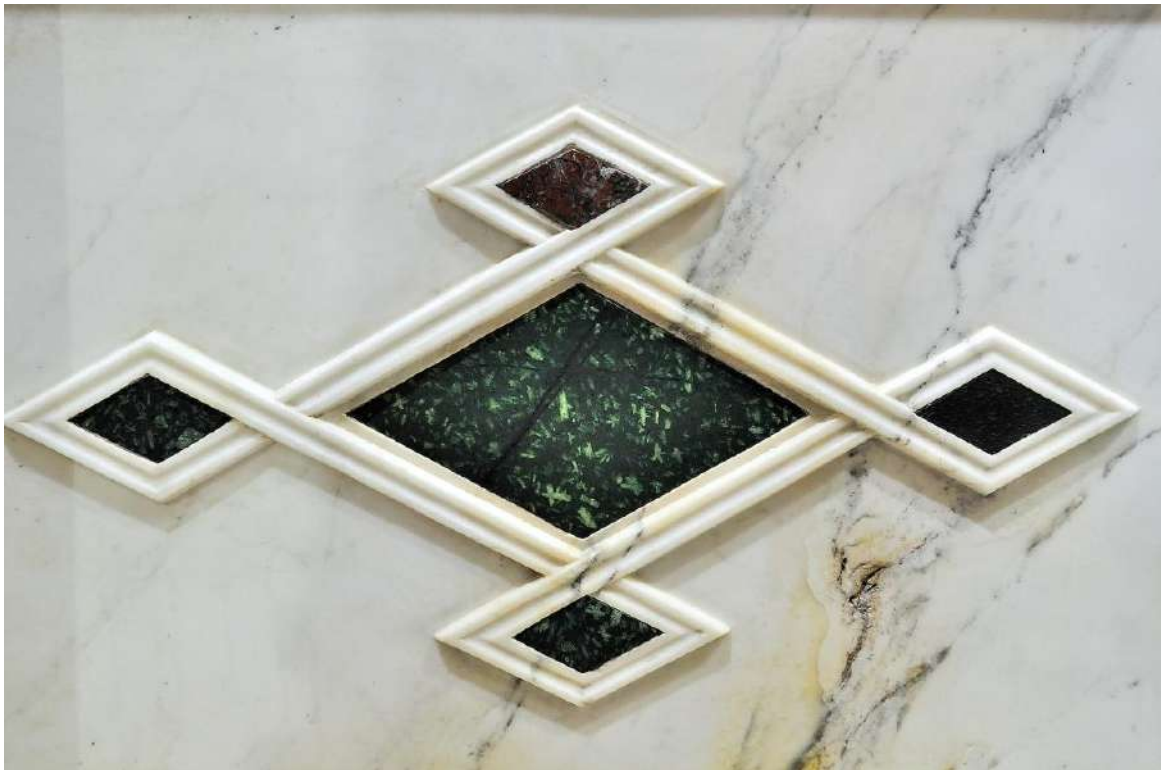
Nella Roma antica venivano chiamavano *Marmor Lacedemonius*, cioè marmo di Sparta, e solo in epoca medioevale ha assunto il nome volgare di Porfido Verde o "serpentino" per le curiose macchie biancastre sul fondo verde che lo caratterizzano. Veniva estratto da un corpo filoniano lungo circa 5 Km che si estende a sud di Sparta, in Laconia, nella Grecia meridionale, che però affiora in superficie in modo irregolare consentendo perciò scavi di modeste dimensioni.

Il Porfido Verde greco è una roccia vulcanica effusiva, di particolare struttura cristallina, dura e ben lucidabile, che deve la sua colorazione verde alla presenza di Clorite (fillosilicato di magnesio, ferro ed alluminio) e le macchie bianche al Plagioclasio (silicato di sodio, calcio ed alluminio). Il Porfido Verde greco è tra le rocce colorate più antiche perché è stato usato già in età minoica (17° sec. a. C.) per ricavarne vasetti rituali e sigilli. A Roma ha fatto la sua comparsa in età repubblicana, nel I° sec. a.C. e fu molto apprezzato durante tutto il periodo imperiale. Era, assieme al Porfido Rosso egiziano, la pietra più costosa. Al tempo di Diocleziano (301 d. C.) valeva 250 denari al piede cubo.

Non essendo disponibile in grossi blocchi, il Serpentino veniva usato soprattutto per ottenere lastre sottili da inserire in *opus sectili*. Anche in epoca medievale ebbe grande utilizzo, come materiale di recupero da monumenti romani, nelle opere cosmatesche assieme al Porfido Rosso; tondi e lastre in Porfido Verde antico caratterizzarono, fino al 1400, i pavimenti delle principali basiliche romaniche.



Basilica di S. Antonio. Pavimento antistante la Cappella del Santissimo. Inserto di Porfido Verde antico greco



*Basilica di S. Antonio. Cappella dell'Arca. Pareti retrostanti
l'Arca del Santo, inserto in Porfido Verde antico greco*



*Basilica di S. Antonio. Cappella di S. Giacomo. Altare centrale.
Inserto in Porfido Verde antico greco*

Il Giallo antico



Giallo antico (foto dal web)

Il nome medioevale, Giallo antico, di questo marmo ne definisce il colore prevalente, mentre quello latino, *Marmor Numidicum*, la provenienza. Le cave antiche, che divennero presto proprietà imperiale, erano situate presso l'antica Chemtou, in Numidia (Tunisia). Si tratta di un calcare micritico, spesso con tessitura brecciata, che contiene Limonite (idrossido di ferro), che gli conferisce il classico colore giallo.

Il Giallo antico viene annoverato, nell'Editto dei prezzi di Diocleziano, tra i marmi più costosi; valeva infatti 200 Denari. Le cave erano sfruttate già dai Cartaginesi e con la conquista romana furono probabilmente appaltate alla gens Emilia; successivamente, come per tutti i marmi più pregiati, l'estrazione e lo sfruttamento divennero completo appannaggio dell'Imperatore. A Roma fu impiegato a partire dalla metà del II° secolo a.C. e fino a tutto il III° secolo d.C.

Talvolta gli antichi marmorari sottoponevano questa pietra al fuoco, per sfruttarne la variazione del colore accentuandone la tonalità: con il riscaldamento la Limonite vira in Ematite conferendo alla roccia un colore più rosso. Tale tecnica venne impiegata principalmente nell'*opus sectile* per ottenere sfumature di diverso cromatismo. Molto usato nei rivestimenti cosmateschi delle basiliche medievali romane.



*Basilica di S. Antonio. Cappella dell'Arca. Pareti retrostanti
l'Arca del Santo, inserto in Giallo antico numidico*

Il Verde antico



Verde antico (foto dal web)

Il nome latino era *Marmor Thessalicum*, cioè della Tessaglia, Grecia centrale, mentre il nome volgare medioevale era di Verde antico perché legato al colore della pietra. Si tratta di una breccia oficalcica ad elementi da verde scuro a quasi nero di serpentino Antigorite (silicato di ferro e magnesio) e bianchi di marmo (Calcite), immersi in una matrice verde chiaro.

Il Verde antico veniva estratto nei pressi di Larissa nella zona centrale della Tessaglia. Già utilizzato al tempo di Tiberio fu ampiamente usato a partire dal II° secolo d.C. sia in occidente che in oriente.

Molto apprezzato in epoca bizantina, soprattutto nel VI° secolo d.C., al tempo di Giustiniano, ma poi fino anche al VIII° secolo. Il marmo di Tessaglia sostituì il Porfido Rosso come pietra per sarcofagi importanti quando quest'ultimo, a partire dal V° secolo, non venne più estratto.



Basilica di S. Antonio, Arca del Santo in Verde antico greco

Il Verde tessalico è stato spesso utilizzato in epoca medioevale dai marmorari romani per decorare pavimenti e pareti secondo lo stile cosmatesco. Nell'Editto dei prezzi era elencato tra i marmi più pregiati a 150 denari al piede cubo.



*Basilica di S. Antonio, Cappella dell'Arca. Pareti retrostanti
l'Arca del Santo, inserto in Verde antico greco*

Il Pavonazzetto



Pavonazzetto (foto dal web)

Marmor Phrygium, soprannominato Pavonazzetto, proveniva da Afyon, nella zona centrale della Frigia (Turchia). Si tratta di una breccia calcarea tettonica leggermente metamorfosata ad elementi chiari in matrice da rossastra a violacea più o meno scura. E' stato uno dei marmi più diffusi e ricercati durante tutta l'età imperiale, presente comunque a Roma già in epoca tardo repubblicana. Molto impiegato per sculture ma soprattutto in lastre per rivestimenti parietali e pavimentali ma anche per la realizzazione di sarcofaghi in periodo bizantino. Nell'Editto di Diocleziano era valutato 200 denari al pari del Giallo antico. Abbondantemente usato in epoca medioevale per colonne e rivestimenti nelle basiliche romaniche cristiane.

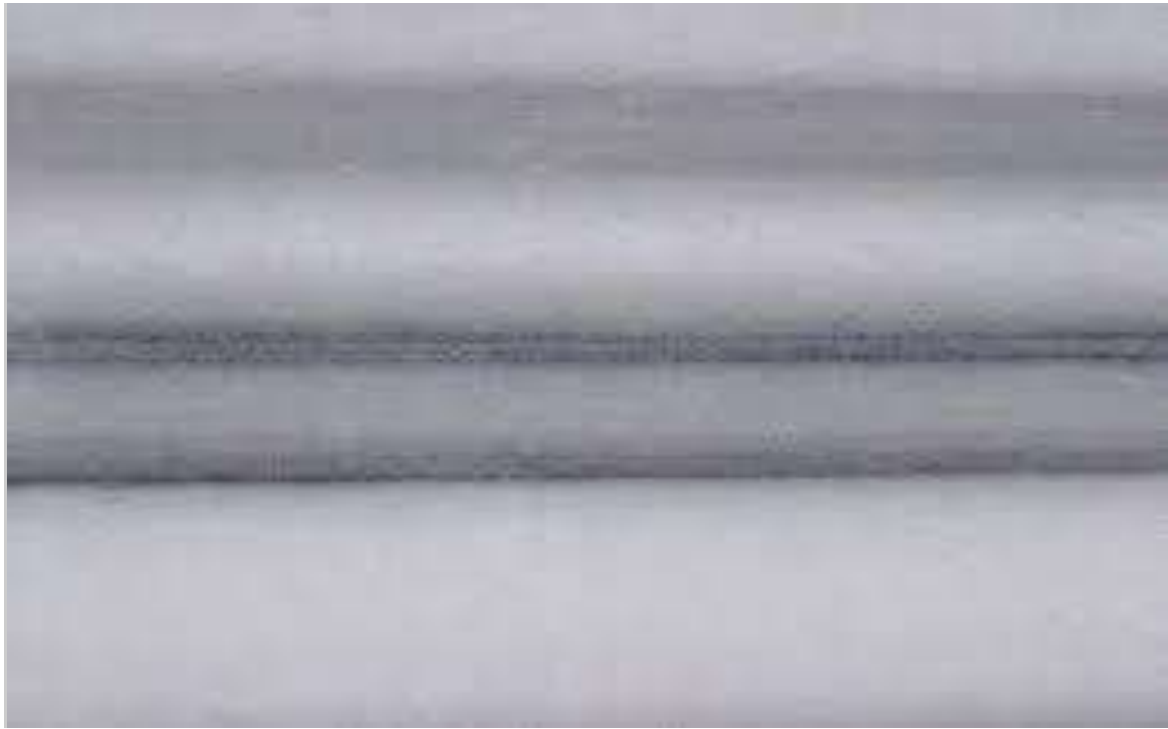


Basilica di S. Antonio, Cappella dell'Arca. Pareti retrostanti l'Arca del Santo, inserti in Pavonazzetto della Turchia



Basilica di S. Antonio. Cappella di S. Giacomo. Altare centrale. Specchiature laterali in Pavonazzetto della Turchia e centrale in Porfido Rosso antico egiziano

Il Marmo Proconnesio



Proconnesio (foto dal web)

Assieme ai marmi Pentelico e Pario, il *Marmor Proconnesium*, proveniente dall'isola di Marmara, antica Prokonnesos, nell'attuale Turchia, era tra i marmi bianchi più ricercati ed era noto in Grecia fin dall'antichità classica. Si tratta di un calcare ricristallizzato bianco, a grana media, con caratteristiche bande grigio-azzurrognole, piano parallele, più o meno sfumate.

Conosciuto a Roma nel I° secolo d.C. il suo uso si diffuse rapidamente in tutto il mondo romano e le cave divennero presto di proprietà imperiale. Al tempo di Diocleziano valeva 40 denari al piede cubo ed il prezzo, relativamente basso, era dovuto anche al fatto che le cave erano ubicate vicino al mare pertanto il materiale poteva essere caricato sulle navi senza costi di trasporto.

Fu molto usato soprattutto al tempo di Costantino e poi in epoca bizantina, sia per rivestimenti parietali ma anche per la realizzazione di sarcofaghi, sculture, colonne e capitelli. Molto usato inoltre in epoca medioevale per l'abbellimento delle chiese cristiane.

Per la presenza di bande colorate e per l'odore caratteristico rilasciato alla percussione, i marmorari medioevali lo chiamavano anche "marmo cipolla".



Basilica di S. Antonio. Pavimento antistante la Cappella del Santissimo. Fregio in Marmo Proconnesio, con le caratteristiche sfumature grigio-azzurrognole, inserito tra marmi rossi e bianchi veronesi di epoca medioevale.

Per saperne di più:

AA.VV. (2000): *Marmi della Basilca di San Marco*. Rizzoli

AA.VV. (2001): *Marmi antichi*. Ediz. De Luca

AA.VV. (2002): *I Marmi colorati della Roma Imperiale*. Marsilio

GNOLI RANIERO (1988): *Marmora Romana*. Edizioni dell'Elefante

LAZZARINI LORENZO (2004): *Pietre e Marmi Antichi*. Cedam

Foto, ove non specificato, a cura di Mauro Amagliani

Le terre rare e i loro minerali

Paolo Rodighiero

Presidente Gruppo Mineralogico Paleontologico Euganeo

Si chiamano terre rare o lantanidi quegli elementi che nella tavola periodica vanno dal lantanio al lutezio e cioè dal numero atomico 57 al 71 (vedi frecce rosse).

group	1*	2											13	14	15	16	17	18
period	Ia	IIa											IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	IIIa**	IVa	Va	VIa	VIIa	VIIIa	IXa	Xa	XIa	IIb	Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
			58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71		
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
			90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103		
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

* Numbering system recommended by the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)
 ** Previous IUPAC numbering system
 *** Numbering system recommended by the Chemical Abstracts Service
 **** For the names of elements 104–112, see table.

© 2000 Encyclopædia Britannica, Inc.

La definizione terre rare è decisamente fuorviante. Infatti, non sono rare. Sono molto più diffuse di quanto non si pensi. Sono presenti in percentuali paragonabili ad elementi sfruttati da tanto tempo a livello industriale come cromo, nichel, rame, zinco, molibdeno, tungsteno, stagno o piombo. Tulio e lutezio, i più rari, sono presenti in quantità duecento volte superiori all'oro. Solo il promezio è stato prodotto artificialmente in quantità dell'ordine di milligrammi e i suoi isotopi naturali sono presenti tra i prodotti di fissione dell'uranio.

Oltre a non essere rare non sono neppure terre. Sono, infatti, metalli con il classico aspetto lucente. Il motivo per cui si sono guadagnate questo nome è che i loro ossidi di consistenza terrosa sono simili a quello d'alluminio. Sempre mescolate insieme hanno resistito a lungo ai vari tentativi dell'uomo di separazione negli elementi puri. Questa loro straordinaria tenacia a nascondersi l'un con l'altro per non farsi vedere singolarmente liberi è legata a una fratellanza che è unica in tutta la tavola periodica. Le similitudini chimiche di questi elementi li rendono, infatti, saldamente legati gli uni agli altri e solo l'infinita pazienza del chimico e più recentemente le moderne tecniche hanno avuto il sopravvento.

Quindi più che rare direi sono per tutta una serie di motivi poco conosciute. Persino la posizione nella Tavola Periodica non rende onore a questi elementi che sono relegati in una riga al fondo subito sopra agli ancor meno noti Attinidi.

Tuttavia apparentemente la rarità è reale, perchè la distribuzione di questi elementi è diffusa ma mai in concentrazione elevata. Ai treni giornalieri carichi di materiale estratto dai filoni metalliferi, così cari ai minatori che vedono in tal modo gratificato il loro duro lavoro, si contrappongono i vagoni di materiale che contengono percentuali molto spesso inferiori all'1% di queste terre rare. E questo in quei rari giacimenti dove un caso quasi fortuito ha voluto concentrarle un po' più abbondantemente. Si diceva che l'isolamento è costato un duro lavoro chimico, senza dipendere da qualche tecnologia più vicina alla fisica, come accadde per Humphry Davy (1778-1829) nell'isolamento dei metalli da lui scoperti per via elettrolitica o per William Ramsay (1852-1916) che scoprì i gas inerti per via spettroscopica e verificando le luci emesse nei tubi elettronici o ancor più per gli elementi transuranici ottenuti nei modernissimi acceleratori di particelle.

L'isolamento delle terre rare è il frutto del sudore della fronte del chimico che pazientemente ha proceduto alla solubilizzazione del minerale, alla successiva precipitazione degli ossidi, alla cristallizzazione frazionata degli stessi, ripetendo "enne volte" questa procedura fino ad ottenere pochi mg di un materiale su cui poi si doveva isolare l'elemento. Un lavoro, monotono, paziente e molte volte concluso con ingannevoli risultati. Tra tutti quelli che hanno affrontato questo problema è doveroso ricordare il chimico svedese Carl Gustav Mosander (1797-1858). Benché preparato, si definiva ignorante, ma a questa grave lacuna lui stesso diceva di sopperire con la tenacia di ore e ore davanti al banco di laboratorio a solubilizzare, precipitare, concentrare, filtrare, risciegliere e così via. Queste sono state e sono tutt'oggi le terre rare. La differenza sta nel fatto che allora l'isolamento era una battaglia per la conoscenza, oggi invece resta una battaglia, ma questa volta per l'isolamento degli elementi visto il loro importante e spesso unico utilizzo che se ne fa.

Per anticipare qualcosa sul loro impiego pensate che la Comunità Europea nella stampa della nostra nuova cartamoneta ha utilizzato sali di terre rare per evitare falsificazioni. La prima banconota stampata da cinque euro reca sul dritto del biglietto delle stelle gialle che tagliano l'arco di trionfo. Ebbene, sotto la luce UV s'accendono di un colore rosso vivo. Sul retro poi l'acquedotto romano grigio in luce normale diviene d'un verde spettrale sotto gli ultravioletti. E, casualità o scelta, si tratta di sali di Europio, lantanide che ricorda il nome della Comunità di Stati di cui siamo soci fondatori.

A queste cosiddette "terre rare" vengono solitamente aggiunti lo scandio e l'ittrio tenuto conto delle somiglianze chimico-fisiche e soprattutto perché si trovano negli stessi depositi minerari.

Storia della scoperta delle terre rare

Ma vediamo ora di descrivere l'avventurosa storia della loro scoperta. Tutto ha inizio con il rilevamento del minerale nero itterbite, oggi noto come gadolinite, da parte del chimico svedese Carl Axel Arrhenius (1757-1824) nel 1787 in una cava nei pressi del villaggio svedese di Ytterby dell'isola di Resarö nell'Arcipelago di Stoccolma.

Questa piccola cittadina divenne in seguito famosa appunto per questa singolare concentrazione di terre rare.

Questo francobollo svedese dedicato al grande chimico Carl Wilhelm Scheele (1742-1786) porta il timbro della cittadina di Ytterby.



Arrhenius inviò il reperto al mineralogista e chimico finlandese Johan Gadolin (1760-1852) dell'Università di Åbo, allora città svedese, oggi finlandese. Gadolin con accurati esperimenti isolò l'ossido di una terra rara da lui scambiata per un nuovo elemento e che battezzò *yttria*. La polvere non era un elemento ma piuttosto l'ossido di ittrio. Il lavoro fu pubblicato nel 1794 e il minerale che Gadolin aveva esaminato venne chiamato nel 1800 gadolinite in suo onore.

A questo punto ritengo doveroso fermarmi per ricordare qualche evento della vita di questo chimico che può essere considerato a tutti gli effetti il padre scopritore di questa grande famiglia di elementi. Johan Gadolin nacque nel 1760 in una famiglia di tradizione accademica. Il padre aveva la cattedra di fisica e teologia e il nonno era stato professore di fisica e contemporaneamente vescovo, che non era cosa da poco.

Iniziò a studiare matematica, ma passò poco dopo alla chimica, ritenendo la prima troppo arida. Nel 1779 Gadolin passò all'Università di Uppsala dove ebbe come insegnante Torbern Bergman.

Nel 1790 venne eletto membro dell'Accademia Reale Svedese delle Scienze.



Dopo aver girato l'Europa ritornò in Finlandia a Turku, sua città natale, che s'affaccia sul Baltico proprio di fronte a Stoccolma. Qui Gadolin diventò professore di chimica all'Accademia Reale nel 1797.

*Francobollo commemorativo
nei 200 anni della nascita di Johan Gadolin*

La sete di conoscenza e la sua competenza geochimica lo portarono ben presto a interessarsi del giacimento sito nei pressi di Ytterby, che fu subito riconosciuto come la Mecca mineralogica da mineralogisti e chimici del tempo. Allora mancavano le conoscenze e gli strumenti per districare quella matassa di quattordici elementi, tuttavia Gadolin si era appassionato a quella ricerca tanto che quel tipo di caccia era diventata più che un passatempo, quasi una vocazione. Il suo accanimento non fu sufficiente a condurlo all'isolamento di un qualche lantanide, tuttavia lo portò a suddividere sia pure grossolanamente alcuni di essi, creando così le basi per facilitare lo studio futuro.

Fu certamente il primo a rendere immortale Ytterby chiamando *yttria* una delle sostanze misteriose da lui scoperte. Una riflessione mi spinge a dire che l'intelligenza e la caparbietà del grande Mendeleev avrebbero potuto portare il chimico russo a riempire quei buchi vuoti, che lui aveva ritenuto troppo problematici per la sua tavola, se solo avesse affrontato il viaggio attraversando il Mar Baltico per approdare in questo mitico paese di terre rare.

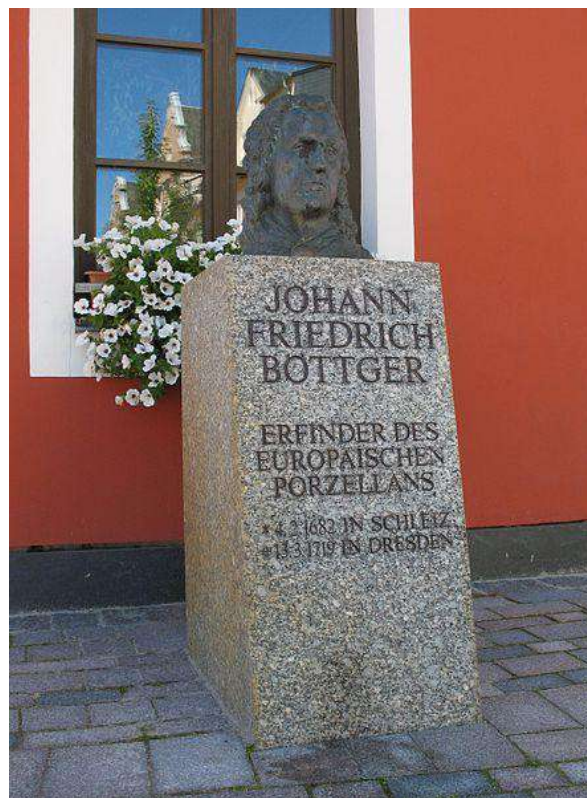
Un altro aneddoto curioso sempre riferentisi alla miniera di Ytterby ci ricorda che nella prima metà del '700 nella cima di una collina all'estremità sudoccidentale dell'isola iniziarono degli scavi per estrarre feldspato che opportunamente mescolato al caolino e riscaldato in forni ad alta temperatura forniva una stupenda porcellana. La tecnica per la preparazione di queste suppellettili era stata messa a punto da Johann Friedrich Böttger (1672-1719). La procedura prevedeva di cuocere a 1300-1400 °C e invetriare la porcellana in un solo passaggio e non in due come si era dapprima tentato di fare. L'alta temperatura fondeva i minerali e la creta rendeva l'oggetto lucente. I prodotti di alta qualità ottenuti divennero subito di moda soprattutto presso la nobiltà, che si considerava tanto più ricca quanto più vasellame dimostrava di possedere.

L'abilità di Böttger non fu ricambiata da onore e gloria presso la corte di Augusto il Forte, Principe elettore di Sassonia e re di Polonia, dove il giovane tedesco aveva trovato ricovero dopo avventurose mascalzonate giovanili.

Infatti dopo questo successo a Böttger fu impedito di allontanarsi perché il re voleva che la tecnica restasse segreta. Ma la prigionia, solo apparentemente dorata dell'artista, non fu sufficiente a evitare che la notizia dilagasse rapidamente. Ed egli morì prigioniero, prematuramente a soli 47 anni.

Tuttavia c'era un fatto curioso, mentre le porcellane preparate con feldspati di altre miniere restavano rigorosamente candide, con i minerali estratti da quella località scandinava si ottenevano stravaganti colorazioni, che rendevano unici quegli oggetti.

*Cippo in onore di Böttger
Inventore delle porcellane europee*



Oggi sappiamo che questo è uno dei segni di presenza di lantanidi, quasi tutti elementi che in forma ionica presentano colori pastello e che arricchivano abbondantemente quel sottosuolo.



Ossidi di terre rare

Ritornando alla storia della scoperta delle terre rare, dalla gadolinite $(\text{Ce,La,Nd,Y})_2\text{Fe}^{2+}\text{Be}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$ il chimico svedese Anders Gustav Ekeberg (1767-1813) isolò il berillio, ma non riuscì a riconoscere

gli altri elementi contenuti nel minerale. Dopo questa scoperta nel 1794 dal minerale trovato a Bastnäs vicino a Riddarhyttan in Svezia, ritenuto un minerale di ferro e tungsteno, fu riesaminato da Jöns Jacob Berzelius (1779-1848), allievo di Ekeberg, e da Wilhelm Hisinger (1766-1852).

I due chimici svedesi nel 1803 isolarono un ossido sconosciuto in cui individuarono la presenza di un nuovo elemento che chiamarono cerio in onore dell'asteroide Cerere scoperto due anni prima. Il cerio scoperto dai chimici svedesi si rivelò poi essere una miscela di cerio e lantanio. Parallelamente e in modo indipendente la stessa scoperta fu fatta dal chimico tedesco Martin Heinrich Klaproth (1743-1817).

Nel 1804 Hisinger fu eletto membro della Royal Swedish Academy of Sciences e in seguito vide riconosciuto il suo lavoro con il nome di un minerale: la hisingerite un silicato di ferro di formula $\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Esiste anche l'allumino-hisingerite dove gli ioni Fe^{3+} sono sostituiti da Al^{3+} .

Il 1803 segna dunque la data della scoperta della prima terra rara, il cerio e dell'elemento ittrio. Fu necessario un secolo per arrivare a separare e scoprire tutti gli altri lantanidi.

Oggi vengono usate abbreviazioni per questo interessantissimo gruppo di elementi. Più precisamente le sigle: RE significa *Rare Earths* (terre rare), REE: *Rare Earth Elements* (elementi delle terre rare) o REM: *Rare Earth Metals* (metalli delle terre rare). Le stesse vengono suddivise in terre rare leggere (LREE, dal lantanio al promezio), terre rare medie (MREE, dal samario all'olmio) e pesanti (HREE, dall'erbio al lutezio).

Più semplicemente vengono distinte le terre rare leggere, e cioè quelle dal lantanio al gadolinio, da quelle pesanti che vanno dal terbio al lutezio.

Situazione elettronica e proprietà chimiche dei lantanidi

I quindici elementi che vanno dal lantanio al lutezio hanno da 0 a 14 elettroni nel sottolivello 4f. Procedendo lungo il gruppo, infatti, si va riempiendo il guscio 4f. Questo evento porta grosse novità rispetto agli elementi dei gruppi classici dove si parlava di orbitali s e p, ma anche rispetto ai metalli di transizione dove le novità erano legate agli orbitali d che andavano riempiendosi. La configurazione elettronica è per tutti gli elementi $6s^2$, con l'eccezione del lantanio che presenta il guscio 4f vuoto e configurazione esterna $5d^1 6s^2$, del gadolinio che ha configurazione $4f^7 5d^1 6s^2$ e del lutezio che ha il guscio 4f pieno con configurazione $4f^{14} 5d^1 6s^2$. All'aumentare del numero atomico, quindi gli elettroni che si aggiungono sono relativamente interni, non di guscio esterno. Tale caratteristica provoca la cosiddetta "contrazione lantanidica", ovvero una diminuzione del raggio atomico al crescere del numero atomico, che è quanto accade in tutti i periodi della Tavola. Solo che in questo caso la contrazione è sensibilmente maggiore rispetto alla variazione riscontrata lungo gli altri periodi della tavola periodica.

L'effetto di questo restringimento genera una marginale differenza dei raggi atomici tra questi elementi con la conseguente similitudine delle proprietà chimiche. A titolo di esempio gli idrossidi dei lantanidi presentano una basicità che cresce di pochissimo passando dal lantanio al lutezio.

Come già ricordato le proprietà chimiche molto simili ha reso difficilissimo per i mezzi e le conoscenze di quel tempo il districare questo groviglio di elementi, quasi fossero piante rampicanti intrecciate disordinatamente. Questa difficoltà di separazione ha ritardato il loro riconoscimento e la loro preparazione. La spettroscopia, che è stata la tecnica principe per la scoperta di molti elementi ben poco poteva fare in questo miscuglio. Di fronte all'individuazione di nuove righe spettrali lo scienziato non era in grado di definire il numero di elementi che vi si potevano nascondere.

Perfino i tempi geologici non sono riusciti nell'intento di dividere in qualche modo le terre rare. La separazione geochimica dei lantanidi si è limitata infatti a una grossolana ripartizione tra le terre rare leggere e quelle pesanti. Questo spartiacque geochimico si riflette nei primi due elementi scoperti in quegli anni, l'ittrio nel 1794 e il cerio, prima terra rara, nel 1803.

Distribuzione geologica

Le terre rare non tendono, diversamente dai metalli più o meno preziosi, a depositarsi in concentrazioni utili per essere sfruttati. Pertanto la maggior parte delle riserve mondiali di terre rare provengono da pochi giacimenti, dove c'è stato un minimo di arricchimento.

I minerali delle terre rare generalmente sono costituiti prevalentemente o dal gruppo di lantanidi leggeri o da quello dei cosiddetti pesanti e questo proprio per una questione di dimensione ottimale del catione per il reticolo strutturale. Così, tra i fosfati anidri delle terre rare, il minerale xenotimo, fosfato di ittrio, cristallizzato nel sistema tetragonale, incorpora terre rare pesanti, mentre la monazite, fosfato di cerio, che cristallizza nel sistema monoclinico incorpora preferenzialmente terre rare leggere.



Giacimento di terre rare in Cina

Inoltre le dimensioni minori delle terre rare pesanti conferiscono loro una maggiore solubilità nei minerali che costituiscono le rocce del mantello terrestre, mentre presentano minore arricchimento nella crosta terrestre. Viceversa per le terre rare leggere. Ciò comporta una differenza sostanziale nell'attività estrattiva. Sono noti e molto sfruttati grandi depositi minerari delle terre rare leggere, mentre quelli delle terre rare pesanti tendono a essere più rari, piccoli e meno concentrati.

Le differenze nell'abbondanza relativa delle terre rare nella crosta terrestre superiore è causata dalla sovrapposizione di due effetti, uno nucleare ed uno geofisico.

L'effetto nucleare mostra come le terre rare con numero atomico pari (^{58}Ce , ^{60}Nd , ...) hanno abbondanza cosmica e terrestre maggiore delle terre rare con numeri atomici dispari (^{57}La , ^{59}Pr , ...). In secondo luogo, le terre rare più leggere, avendo raggio ionico maggiore, sono più fortemente concentrate nella crosta continentale rispetto alle terre rare più pesanti. Nella maggior parte dei depositi di terre rare, i primi quattro elementi - La, Ce, Pr, e Nd - costituiscono dall'80 al 99% del totale.

Ricerca mineraria

La maggior parte della fornitura attuale di ittrio si origina da depositi di argille della Cina meridionale.

Alcune di queste argille forniscono concentrati contenenti circa il 65% di ossido di ittrio, con le terre rare pesanti presenti in rapporti che riflettono la regola di Oddo-Harkins. Tale regola che porta anche il nome dal chimico italiano Giuseppe Oddo sostiene che gli elementi con numero atomico pari (come ad esempio il carbonio) sono molto più comuni nell'Universo di quelli con numero atomico dispari. Per ciò che riguarda le terre rare quelle con numero atomico pari presenterebbero

una abbondanza del 5% circa, quelle di numero atomico dispari una abbondanza dell'1%. Composizioni simili si trovano nello xenotimo o nella gadolinite.

I minerali che contengono ittrio e le terre rare pesanti sono prevalentemente gadolinite, xenotimo, samarskite, euxenite, fergusonite, ittriotantalite, ittriotungstite, ittriofluorite, thalenite, yttrialite.

*Xenotimo su monazite (base 1,0 mm)
Passo di Vizze (BZ)*

Collezione e foto Bruno Fassina



Piccole quantità si trovano anche nello zirconio (che deve la sua tipica fluorescenza gialla ad alcune terre rare pesanti) e nell'eudialite. I depositi di uranio in Ontario hanno occasionalmente prodotto ittrio come sottoprodotto.



*Zirconio (base 2,2 mm)
Monte Cavalluccio (Roma)*

Collezione e foto Bruno Fassina

Tra i minerali che contengono cerio e le terre rare leggere vanno ricordati la bastnäsite, la monazite, l'allanite, la loparite, l'ancilite, la parisite, la lantanite, la chevkinite, la cerite, la stillwellite, la britholite, la fluocerite-(Ce) e la cerianite.

*Bastnäsite (base 1,6 mm)
Grube Clara (D)*

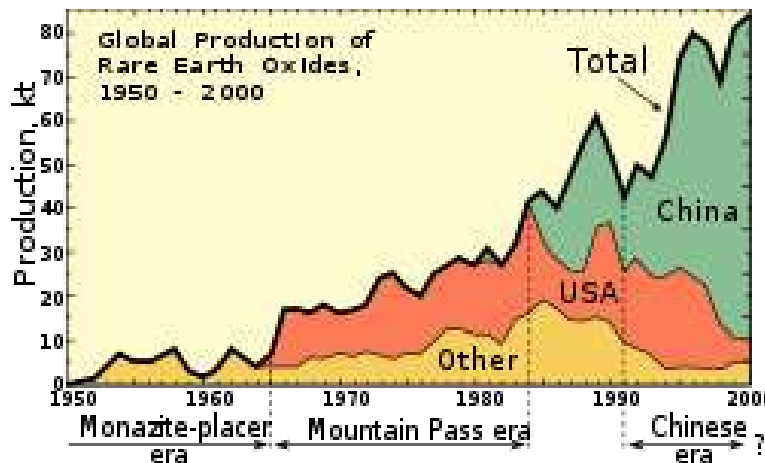
Collezione e foto Bruno Fassina



La monazite presente in alcune sabbie marine del Brasile, India e Australia, in alcune rocce del Sudafrica, la bastnäsite di Mountain Pass in California e di numerose località della Cina oltre alla loparite tipica della Penisola di Kola in Russia sono state per anni le principali fonti di cerio e delle terre rare leggere. Dal punto di vista della distribuzione mondiale, fino al 1948 la maggior parte delle terre rare del mondo provenivano dai depositi di sabbia indiani e brasiliani.

Negli anni cinquanta il Sudafrica divenne la principale fonte di terre rare. Furono scoperti anche notevoli giacimenti negli U.S.A. a Mountain Pass in California, che tra il 1965 e il 1985 divennero i giacimenti più produttivi del mondo.

Poi si impose sempre più la Cina, che oggi produce il 95% della fornitura mondiale di terre rare.



Produzione mondiale di terre rare dal 1950 al 2000

La miniera Mountain Pass è stata recentemente riaperta. È una fossa aperta a 20 km da Las Vegas circondata da un paesaggio di montagne di color mattone.



Giacimento di Mountain Pass

California (U.S.A)

Per evitare carenze e il monopolio cinese sono state cercate altre fonti di terre rare, specialmente in Sudafrica, Brasile, Canada e Stati Uniti. Oltre alla miniera californiana di Mountain Pass aperta altri siti importanti sono quelli a Thor Lake nei Territori del Nord-Ovest in Quebec e nelle province occidentali e in alcune zone del Vietnam.

Nel 2013 è stato scoperto un grande deposito di terre rare in una miniera in Malesia, la Merapoh mine di Pahang. Il giacimento sembra contenere grandi quantità di ossidi di terre rare quali lantanio, cerio, praseodimio, neodimio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, olmio, erbio, tulio, itterbio, lutezio e ittrio. I calcoli effettuati prevedono un'estrazione annua di 2 tonnellate di terre rare per un profitto lordo dell'azienda competente di circa 50 milioni di dollari all'anno.

Etimologia delle terre rare

N atomico	Simbolo	Nome	Etimologia
57	La	Lantanio	Dal greco <i>lanthanein</i> il cui significato è nascondere
58	Ce	Cerio	Da <i>Cerere</i> , l'asteroide scoperto 2 anni prima
59	Pr	Praseodimio	Dal greco <i>prasios</i> ("verde") e <i>didymos</i> ("gemello")
60	Nd	Neodimio	Dal greco <i>neo</i> ("nuovo") e <i>didymos</i> ("gemello")
61	Pm	Promezio	Dal <i>Titano Prometeo</i> , che portò il fuoco agli uomini
62	Sm	Samario	Da Vasilij Samarskij-Bychovec, che scoprì il minerale <i>samarskite</i>
63	Eu	Europio	Dal continente <i>Europa</i>
64	Gd	Gadolinio	Da <i>Johan Gadolin</i> (1760-1852), per onorare i suoi studi sulle terre rare
65	Tb	Terbio	Dal villaggio di <i>Ytterby</i>
66	Dy	Disprosio	Dal greco <i>dysprositos</i> (difficile da arrivarci)
67	Ho	Olmio	Dal latino <i>Olmia</i> (<i>Stoccolma</i>), città natale dei suoi scopritori.
68	Er	Erbio	Dal villaggio di <i>Ytterby</i>
69	Tm	Tulio	Dalla terra mitologica di <i>Thule</i> , probabilmente la Scandinavia
70	Yb	Itterbio	Dal villaggio di <i>Ytterby</i>
71	Lu	Lutezio	Da <i>Lutetia</i> , città che divenne poi Parigi



Foto di elementi di terre rare della collezione di Daniele Paglialunga

La nomenclatura degli elementi e ancor più quella dei minerali è frutto sovente di scelte emotive degli scopritori che hanno voluto seguire criteri personali lasciando un complesso di nomi che sconcerta sovente il neofita che affronta questo studio.

In Europa molto spesso gli elementi o i minerali venivano battezzati con nomi che ricordano personaggi illustri o che si associavano al luogo di ritrovamento. Basti citare lo stronzio che ci ricorda la località mineraria Strontian in Scozia che ha portato alla luce la stronzianite, il famoso quanto raro carbonato di stronzio.

E così, quando la scienza e la tecnologia resero possibile l'isolamento dei lantanidi ben sette degli elementi di questa famiglia, ricevettero un nome che in qualche modo li lega alla cittadina di Ytterby. Itterbio, terbio, erbio e ittrio portano una chiara derivazione. Per gli altri, forse esauriti i termini fantasiosi che finivano in -erio, furono conati nomi più sofisticati. Si tratta dell'olmio che ricorda Stoccolma. Il simbolo chimico Ho deriva infatti da Stock-Holm e il tulio da Thule, nome antico e mitico della terra scandinava. Infine il gadolinio fu battezzato dal chimico francese Lecoq de Boisbaudran in onore di Gadolin. Di questi sette elementi scoperti nei minerali di Ytterby solo l'ittrio non fa parte delle terre rare.

Quasi per contrapposizione negli Stati Uniti con la loro storia così recente sono stati gli elementi a dare il nome a località. Possiamo citare Iron (ferro) in Georgia e nel Tennessee, Iron County nel Missouri, Leadville (città di piombo) in Colorado, Copper Center (Centro Rame) in Alaska, Sulphur in Oklahoma e Boron in California.

Mappa delle scoperte degli elementi chimici

L'osservazione di dove siano stati scoperti gli elementi chimici porta ad una mappa alquanto curiosa.

La scoperta di molti elementi, battezzati solo in seguito con il nome che oggi conosciamo, si perde nella notte dei tempi. L'oro e l'argento sono noti fin dall'antichità. Lo zinco era estratto ovviamente impuro già nel 1000 a.C. in Cina e India, il platino era già noto dalle civiltà precolombiane del Sudamerica e il rame e il ferro hanno addirittura dato il nome ad età della preistoria.

Ma per quasi tutti gli altri elementi oggi conosciuti la mappa del loro ingresso ufficiale nella scienza è condensato in poche località, quasi tutte europee, come è da aspettarsi vista la crescita scientifica sviluppatasi negli ultimi duecento anni proprio in Europa. Fa eccezione il minuscolo gruppo di elementi transuranici scoperti attraverso un processo sintetico a metà del secolo scorso dallo straordinario gruppo di ricercatori guidato dal chimico statunitense Glenn Theodore Seaborg (1912-1999) nel laboratorio chimico di Berkeley in California. A questo gruppo di ricerca si è contrapposto in tempi paralleli un altro grande gruppo di ricerca, quello di Dubna, località a nord di Mosca, dove sono stati sintetizzati alcuni dei più recenti elementi radioattivi.

Ma per tornare agli elementi naturali della tavola periodica la mappa delle loro scoperte prevede essenzialmente quattro siti.

Il primo è inglese. Londra si poteva fregiare dei numerosi successi dovuti a Humphry Davy (1778-1829) prevalentemente per i metalli alcalino ed alcalino terrosi e William Ramsay (1852-1916) per i gas nobili.

Il secondo è Parigi con una dozzina di elementi (gallio, berillio, cromo, radio, polonio, ecc.). Su tutti è giusto citare Paul Emile Lecoq de Boisbaudran (1838-1912), Louis Nicolas Vauquelin (1763-1829) e Marie Curie (1867-1934).

A seguire ma più distanziate sono le città tedesche di Berlino, Ginevra ed Edimburgo.

Ma prima di queste vengono appunto le due località svedesi di Uppsala con la sua antica Università e la capitale Stoccolma. La scienza svedese può vantare la scoperta di almeno 19 elementi, cioè più di un quinto degli elementi naturali. Solo che poco sa la gente di questi elementi. Se qualcosa si conosce del manganese e molibdeno, delle cosiddette terre rare nessuno sa niente.

La maggiore notorietà degli elementi scoperti a Parigi, a Londra o nelle località tedesche è dovuta all'utilizzo comune di quegli elementi. Conosciamo il neon e il sodio perché ci ricordano le luci, lo iodio lo associamo alla tintura rosso-bruna utilizzata come antisettico per uso esterno, altri elementi come arsenico, zolfo, plutonio sono ricordati per la loro reputazione non sempre edificante. L'uso invece degli elementi scoperti nel territorio svedese resta per i più ancora un mistero.

Va inoltre evidenziato che Parigi e Londra comunicarono al mondo queste scoperte perché centri di cultura avanzati, i siti americano e russo furono scelti dai loro rispettivi paesi come centri di

installazione di grosse apparecchiature che portarono ai successi sopra ricordati. Nel caso della Svezia invece è stato il suo sottosuolo con quella modesta, ma pur sempre significativa abbondanza di terre rare a creare il primo passo per la fama dei suoi studiosi e del sito stesso.

Processo lavorativo per l'isolamento dei lantanidi

Come già detto, nonostante la loro abbondanza relativamente alta, le terre rare sono più difficili da preparare rispetto alle equivalenti fonti dei metalli di transizione proprio per la loro similitudine delle proprietà chimico fisiche.

L'estrazione degli elementi delle terre rare dai minerali che li contengono inizia con la preparazione di concentrati mediante l'eliminazione di gran parte dei componenti estranei. Il sistema seguito non può essere lo stesso per tutti i minerali: in quelli ricchi di carbonati (bastnäsite) si può procedere a trattamenti con acidi minerali (cloridrico ecc.), specie a caldo, o a calcinazione. Nel caso di minerali contenenti fosfati (monaziti) si può ricorrere a sistemi di flottazione.

Il trattamento con acido sul minerale direttamente o sul prodotto ottenuto per calcinazione porta alla solubilizzazione dei lantanidi, che vengono liberati da una serie di impurezze insolubili per filtrazione. Dalle soluzioni, contenenti oltre agli elementi delle terre rare anche gli altri componenti solubilizzati, si procede all'ottenimento dei primi mediante precipitazione, per lo più sotto forma di idrati. Questi ultimi isolati per filtrazione e sottoposti a calcinazione forniscono miscele di ossidi che in alcuni casi possono essere utilizzate tal quali o possono essere poi frazionate, con sistemi diversi (cristallizzazione frazionata, scambio ionico, estrazione con solvente), per fornire i singoli componenti, a gradi piuttosto elevati di purezza.

Uso delle terre rare

Per secoli, neodimio, ittrio e lantanio sembravano non avere valore. L'uso delle terre era limitato alle reticelle per le lampade a gas, alle pietrine degli accendini, ai vetri usati in ottica.

Oggi l'uso si è molto sviluppato e diversificato in applicazioni sempre più sofisticate.

Quasi tutte le terre rare possiedono proprietà magnetiche, ottiche, elettriche e sono ottimi catalizzatori. Sono importantissime per la fabbricazione di prodotti altamente tecnologici come telefoni cellulari, pannelli solari, tv a schermo piatto e persino missili. La televisione, ad esempio, è a colori grazie all'Europio che dà il rosso e il blu, e al Terbio e Ittrio che contribuiscono a dare il giallo e il verde. La lampadina a risparmio energetico illumina in virtù del rivestimento interno di Lantanio, Cerio, Europio e Terbio. Ogni anno, solo negli Stati Uniti, servono centinaia di chili di scandio per produrre tutte le lampadine di cui abbiamo bisogno. Le auto ibride che sfrecciano nelle nostre città sono composte da ferro, neodimio e boro. Se la musica che ascoltiamo negli auricolari suona bene è perché il neodimio offre una qualità sonora eccellente. La struttura microscopica delle terre rare conferisce a questo gruppo di metalli delle proprietà fisiche particolarmente interessanti, rendendole indispensabili in svariate applicazioni di alta tecnologia. In particolare, grazie alle proprietà magnetiche, questi metalli sono utilizzati nelle calamite permanenti di tipo neodimio-ferro-boro, le più potenti oggi conosciute e nei generatori associati a pale eoliche di elevata potenza. Queste tecnologie assorbono da sole diverse centinaia di chilogrammi di terre rare. Ma se ne troviamo piccole quantità in molte applicazioni di uso divenuto comune: apparecchi elettrici ed elettronici di grande consumo, sistemi audio, sensori e dischi rigidi, l'utilizzo maggiore di questi metalli riguarda tecnologie meno conosciute. Tra queste citiamo grandi processi industriali come la raffinazione del petrolio (nel procedimento di cracking catalitico a letto fluido), l'industria del vetro o la produzione di polveri di lucidatura delle gemme. Questi processi ricoprono il 62% dell'utilizzo attuale delle terre rare. Altre tecnologie che impiegano in minor quantità terre rare sono le marmitte catalitiche, le pile a combustibile, i superconduttori ad alta temperatura e le nanotecnologie.

Grazie alle proprietà ottiche, invece, sono impiegati nelle lampade di nuova generazione e nelle lampade a fluorescenza.

E la luce laser! Questa tecnologia moderna, anch'essa dovuta a terre rare, ha trovato impiego in lavorazioni industriali come strumento per incidere e marcare tutta una serie di metalli e plastiche,

per tagliare e saldare lamiere d'acciaio e di altre leghe, ma anche in campo medico, in odontoiatria e soprattutto in oculistica.

Ma cos'è questa luce! Il laser è uno strumento in grado di emettere un fascio di luce monodirezionale e monocromatica, concentrata in un raggio rettilineo veramente collimato, a differenza dalle semplici sorgenti luminose ad incandescenza, che emettono una luce con un numero maggiore di colori dello spettro luminoso che si espandono in tutte le direzioni.

Per noi comuni mortali la luce è il mezzo che ci consente di vedere, per i fisici è un qualcosa di più complicato e in parte ambiguo. Normalmente viene concepita come una onda luminosa. Einstein ci ha fatto sobbalzare con il paradosso dei gemelli. Nel formulare la sua teoria ci ha confermato il normale invecchiamento, come accade per tutti i mortali, per il gemello che avesse proseguito la sua vita normale. L'altro gemello invece avrebbe goduto di eterna giovinezza se solo avesse potuto cavalcare un'onda luminosa. Ma lo stesso Einstein ci propose la luce come fotoni dimostrandoci questa apparente ambiguità nel dualismo onda-particella. Ma la luce non è né l'una né l'altra cosa, dipende dal contesto. È tuttavia e resta la cosa più veloce dell'universo.

I laser cambiano il comportamento della luce in modo diverso e più sofisticato. Ma vediamo come! I livelli energetici di un atomo, dove si sistemano gli elettroni sono come i piani di un condominio e l'ascensore, come nella realtà, ferma solo ai piani senza rendere possibili fermate intermedie. Se un elettrone viene eccitato, cioè lanciato per qualche motivo ad un piano superiore, lo stesso tenderà a ritornare nel suo posto originario, restituendo l'energia acquisita. Ciò avverrà attraverso una emissione di luce, che sarà monocromatica per i vincoli dei piani. Ma se ai nostri occhi la luce è uniforme, a livello microscopico è piuttosto un guazzabuglio di spostamenti. I salti non sono, in effetti, così precisi come li sto descrivendo, anche se apparentemente il colore che vediamo è unico. Il laser in qualche modo mette ordine ed esalta il fenomeno dell'intensità e della monocromaticità. Vediamo come. I laser a cristalli di ittrio drogati di neodimio, una delle quattordici terre rare, emettono una luce di incredibile potenza. In questi strumenti gli elettroni del neodimio sono eccitati da un bagno di energia che li spinge fino all'ultimo piano del condominio. I poveri elettroni, impauriti e ubriachi di vertigini si ributtano a capofitto verso il basso in cerca di sicurezza e tremando di paura disperdono l'eccesso di energia acquisita in calore anziché in luce. Sotto shock si fermano al primo piano assaporando la serenità di quel posto e, tranquilli, girano nel pianerottolo, soddisfatti dello scampato pericolo. Prima di prendere con calma l'ascensore che li porterebbe al piano terra, cioè al loro posto naturale, altri elettroni di neodimio vengono eccitati e subiscono la sorte dei loro fratelli e così via. Ad un certo momento accade che questo pianerottolo condominiale diventa invivibile per la ressa e questo crea un nuovo e improvviso panico che provoca una repentina caduta dal primo al piano terra. Questo salto è più potente perché gli elettroni sono una folla enorme e quindi l'intensità della radiazione è maggiore. Ma il salto è anche uguale per tutti perché si va dal 1° piano al piano terra e quindi la frequenza della radiazione emessa è unica e la luce perfettamente monocromatica. Questa è la chiave del funzionamento del laser. La luce che ne deriva da questo processo è coerente e concentrata, tanto potente da innescare la fusione termonucleare, quanto cioè avviene nel sole, e così precisa da incidere la cornea senza bruciare il resto dell'occhio.

Come s'è visto le terre rare sono presenti in molti prodotti industriali, e nella maggior parte dei casi sono insostituibili e chissà quante altre tecnologie potranno ancora dischiudersi all'orizzonte. La dipendenza della nostra economia nei confronti di questi metalli è perciò importante, come lo dimostrano l'aumento della produzione e l'esplosione del peso del mercato nel corso degli ultimi dieci anni. Oggi infatti il mercato è stimato tra i 5 ed i 10 miliardi di dollari, contro i soli 500 milioni del 2003 ed i circa 2 miliardi di due anni fa.

Descrizione proprietà chimiche e usi dei singoli elementi

Scandio e Ittrio non appartengono al gruppo delle terre rare ma vengono inclusi perché i minerali che li contengono sono gli stessi.

Va sottolineato inoltre che in questi minerali sono proprio questi due elementi ad essere in percentuale più elevata.

Scandio

Nel 1869 Dmitrij Ivanovič Mendeleev costruendo la sua tavola periodica, predisse l'esistenza dello scandio ed alcune delle proprietà che avrebbe dovuto avere. Lo battezzò ekaboro. Nel 1879 il chimico svedese Lars Fredrick Nilson lo scoprì attraverso l'analisi spettroscopica dell'euxenite-(Y) e della gadolinite. Per ottenere due grammi di un composto che si rivelò essere l'ossido di scandio (Sc_2O_3) egli lavorò ben 10 kg di euxenite, impura di numerose altre terre rare. Parallelamente l'eclettico chimico svedese Per Teodor Cleve isolò l'ossido di scandio autonomamente, ma diversamente da Nilson lui confermò che lo scandio era identico all'ekaboro di Mendeleev. Questo elemento fu in seguito rinominato scandio, dal latino Scandia, "Scandinavia", poiché il suo principale minerale, la thortveitite, viene appunto da quella regione nordica.

Per il suo isolamento come metallo puro si dovette aspettare il 1937. Il processo fu ottenuto per elettrolisi di una fusione eutettica di potassio, litio e ScCl_3 a 700-800 °C. La produzione di quantità rilevanti di scandio metallico e puro al 99% ha inizio solo dopo il 1960.

Lo scandio non si trova mai puro in natura. Sebbene piccole quantità di scandio siano contenute in moltissimi minerali, in particolare in quelli contenenti lantanidi e ittrio, il solo minerale praticamente utilizzabile per la sua estrazione è la thortveitite, silicato corrispondente approssimativamente alla formula $(\text{Sc,Y})_2\text{Si}_2\text{O}_7$, contenente anche ittrio, lantanio e lantanidi, nonché alluminio e ferro.



Altri minerali utili sono la euxenite-(Y) e la gadolinite, provenienti prevalentemente dalla Scandinavia e Malesia.

Euxenite - Beronono, Betapho, Madagascar

Photograph by Theodore Gray

Lo scandio è il 23° elemento in ordine di abbondanza nel sole e nelle stelle, così come sul suolo lunare, ma solo il 50° sulla Terra raggiungendo una concentrazione pari allo 0,002%, e soprattutto non è mai concentrato in luoghi precisi. Lo scandio naturale è composto di un isotopo stabile, il ^{45}Sc .

Le sue proprietà chimiche sono più simili all'ittrio e alle terre rare piuttosto che all'alluminio, come verrebbe da pensare.



Scandio metallico in fiala chiusa
Photograph by Theodore Gray

Si pensa che il colore blu della varietà acquamarina del berillo sia dovuto allo scandio in esso contenuto, più che al ferro. È un elemento di transizione bianco-argenteo. Si presenta come un metallo leggero lucente, che si ossida rapidamente all'aria ricoprendosi di una patina di ossido giallo-rosa. La polvere del metallo si infiamma facilmente.

E veniamo ora agli usi più importanti di questo metallo. Il suo utilizzo più importante è legato alla produzione di leghe per l'industria di attrezzi sportivi: biciclette, mazza da baseball, ecc. La lega alluminio-scandio conserva la leggerezza del mezzo e aumenta resistenza e duttilità. Sempre in lega con l'alluminio è utilizzato per la fabbricazione di particolari strutture aerospaziali ad alte prestazioni.

L'ossido di scandio Sc_2O_3 è utilizzato per la costruzione di lampade ad alta intensità.

Inoltre aggiungendo ioduro di scandio ad una lampada a vapori di mercurio si ottiene una fonte di luce molto simile alla luce solare, energeticamente molto efficiente e per questo usate negli studi televisivi. L'isotopo sintetico radioattivo ^{46}Sc viene usato nelle raffinerie di petrolio come tracciante radioattivo.

Ittrio

L'ittrio fu scoperto nel 1794 da Johan Gadolin nella gadolinite. Nel 1828 fu isolato come estratto impuro di ittrite (Y_2O_3) dal chimico tedesco Friedrich Wöhler. Nel 1843 il chimico svedese Carl Gustaf Mosander separò la *ittrite* pura composto più basilico dai meno basilici ossidi del terbio e dell'erbio, chiamati rispettivamente *terbite* ed *erbite*.

Ricordo ancora una volta che molti minerali contenenti terre rare e altri elementi poco diffusi in natura si trovano concentrati in una cava vicino a Ytterby.



Ingresso della cava di Ytterby

Per celebrare la miniera di Ytterby, che ha un posto particolare nella storia della chimica e dei materiali, nel 1989 la Società ASM International (American Society for Metals), che opera nel campo della informazione-formazione e servizi su materiali e nanomateriali, fondata nel 1913) ha installato una targa su una roccia della zona.



Quattro elementi della tavola periodica ittrio, terbio, erbio e itterbio furono isolati dalla gadolinite minerale nero locale, e furono battezzati con una chiara derivazione della miniera di Ytterby, come già precedentemente ricordato.

Una curiosa segnaletica stradale nei pressi della miniera di Ytterby che letteralmente indica la via Terbio (a sinistra) e la via della miniera a destra.



L'ittrio è un metallo di transizione poco abbondante in natura, essendo presente nella crosta terrestre, mai libero, ma in composti corrispondenti al suo stato di ossidazione +3 in quantità pari a circa lo 0,003%. Si trova in quasi tutti i minerali delle terre rare e dell'uranio. Si estrae prevalentemente dalla sabbia di monazite (un orto fosfato di lantanidi che ne contiene circa il 3%) e dalla bastnäsite (un carbonato di lantanidi che ne contiene circa lo 0,2%).

Oggi viene preparato per riduzione del fluoruro di ittrio con calcio metallico. È piuttosto difficile separarlo dalle altre terre rare. Una volta isolato, presenta un aspetto argenteo.

I campioni di rocce lunari prelevati dalle varie missioni Apollo mostrano un contenuto di ittrio relativamente alto.

L'ittrio in natura si compone di un solo isotopo stabile ^{89}Y .

L'ittrio è un metallo che, presentando un carattere di elettropositività intermedio tra quella del magnesio e dell'alluminio, si comporta da energico riducente, e reagisce facilmente con quasi tutti i non-metalli, formando composti (generalmente con legame ionico) corrispondenti al suo stato di ossidazione +3. A temperature abbastanza elevate si incendia all'aria formando il triossido di ittrio Y_2O_3 .



YAG è l'acronimo di *Yttrium Aluminium Garnet* (in italiano *Granato di ittrio ed alluminio*) di formula $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ è un minerale sintetico con gli stessi parametri di cella del gruppo dei granati da cui si differenzia per la sostituzione completa del silicio con l'alluminio, ha una durezza di 8,5 ed è usato come gemma, uno dei tanti sintetici che simulano molto da vicino il diamante.

Grosso cristallo di YAG drogato con erbio.

Lo YAG, drogato con l'1% di neodimio, ma anche erbio o cerio diviene mezzo attivo nei laser a stato solido operanti nell'infrarosso (laser Nd:YAG).

laser



I granati a base di ittrio, ferro, alluminio e gadolinio (ad esempio $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ e $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$) hanno interessanti proprietà magnetiche. Il granato di ittrio e ferro è un efficace filtro di microonde e un efficiente trasduttore di energia acustica.

L'ittrio è anche usato per rinforzare le leghe di alluminio e magnesio. Trova impiego come catalizzatore nella polimerizzazione dell'etilene.

L'ossido di ittrio trova applicazione nella produzione di ceramiche e vetri speciali conferendo resistenza agli urti e basso coefficiente di espansione termica. E' inoltre impiegato per produrre i fosfori $\text{YVO}_4\text{-Eu}$ e $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-Eu}$ usati per generare il colore rosso nei tubi catodici dei televisori.

Nel settore medico, l'ittrio serve come composto per la realizzazione di terapie antidolorifiche.

Le terre rare vere e proprie

Lantanio ☢

L'elemento chimico lantanio è stato scoperto dallo svedese Carl Gustav Mosander nel 1839, ma fu isolato puro solo nel 1929. E' un elemento leggero, metallico, di colore bianco-argento, malleabile e duttile. È anche molto tenero, tanto che si può tagliare con un coltello.

Il lantanio si trova in particolare nei minerali di monazite e bastnäsite in percentuale fino al 25 % nel primo e 38% nel secondo.



Il lantanio in natura è composto di un isotopo stabile, ^{139}La e uno radioattivo, ^{138}La con tempo di dimezzamento di $1,05 \times 10^{11}$ anni. Il ^{139}La è il più abbondante dei due (99,91%).

*Bastnäsite (base 2mm)
Grube Clara (D)*

Collezione e foto Bruno Fassina

È utilizzato per le fonti di illuminazione a carboni, soprattutto nell'industria cinematografica, per l'illuminazione di teatri di posa e proiezione di pellicole.

L'ossido di lantanio (La_2O_3) aumenta la resistenza del vetro. È utilizzato per creare vetri assorbenti ai raggi infrarossi, per la fabbricazione di lenti per occhiali, fotocamere e telescopi.

Piccole quantità di lantanio aggiunte all'acciaio ne migliorano malleabilità, duttilità e resilienza.

Trova impiego nella fabbricazione di auto ibride. Le batterie al nichel-lantanio si sono dimostrate essere un'alternativa più efficiente alle batterie per auto tradizionali. Le leghe che fungono da "spugne di idrogeno", sono capaci di adsorbire reversibilmente fino a 400 volte il loro volume di idrogeno gassoso e contengono elevate quantità di lantanio (es. LaNi_5).

Il lantanio, come altri lantanidi, è infine usato nel cracking del petrolio.

Cerio ☢

Il cerio, come già accennato, fu scoperto nel 1803 in Svezia da Jöns Jacob Berzelius e Wilhelm von Hisinger e indipendentemente, in Germania da Martin Heinrich Klaproth. Il nome cerio venne dato da Berzelius per ricordare l'asteroide Cerere scoperto due anni prima.

Fra gli elementi delle terre rare, il cerio è l'elemento più abbondante nella crosta terrestre, nella percentuale approssimativa dello 0,0046% (49 ppm).

In natura il cerio è composto di tre isotopi stabili, ^{136}Ce , ^{138}Ce e ^{140}Ce e uno radioattivo, ^{142}Ce . Il più abbondante è il ^{140}Ce con il 88.48%. Il tempo di dimezzamento dell'isotopo radioattivo naturale ^{142}Ce è di 5×10^{16} anni.

I minerali più importanti sono l'allanite-(Ce) $(\text{Ca}, \text{Ce}, \text{La}, \text{Y})_2(\text{Al}, \text{Fe})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$, la monazite $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Th}, \text{Nd}, \text{Y})\text{PO}_4$, la bastnäsite-(Ce) $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Y})\text{CO}_3\text{F}$, l'idrossi-bastnäsite-(Ce) $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd})\text{CO}_3(\text{OH}, \text{F})$, il rabdofane-(Ce) $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd})\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ e la synchisite-(Ce) $\text{Ca}(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Y})(\text{CO}_3)_2\text{F}$.



*Allanite-(Ce) (base 2mm)
Monte Cavalluccio (Roma)*

Collezione e foto Bruno Fassina

Fra tutti questi, i più importanti industrialmente sono la monazite (prevalentemente sotto forma di giacimenti di sabbie monazitiche, ricche cioè di monazite) e la bastnäsite.

Nella maggior parte dei casi, la preparazione del cerio avviene per mezzo di processi di separazione a scambio ionico.



*Bastnäsite (base 1,6 mm)
Grube Clara (D)*

Collezione e foto Bruno Fassina

Fra gli elementi delle terre rare, solo l'eurobio è più reattivo del cerio. È attaccato rapidamente da soluzioni alcaline e da acidi, sia diluiti sia concentrati. Il metallo puro può facilmente prender fuoco se graffiato con una lama.

Esistono depositi di cerio in Brasile, in India e nel sud della California. Come il lantanio, il cerio è ampiamente utilizzato nell'industria cinematografica per l'illuminazione al carbonio. Ha anche applicazioni nella produzione e nel trattamento di vetro, così come nella produzione di accendini e di forni auto-pulenti. Il cerio è aggiunto al vetro per colorarlo e per aumentare il suo assorbimento di luce ultravioletta. Questa applicazione è assai importante nell'edilizia, dove vengono usate le finestre che non permettono alla luce ultravioletta di entrare. Viene anche usato come alligante per acciaio o ferro. Anche se viene impiegato in moltissime applicazioni, il mercato del cerio è abbastanza equilibrato e caratterizzato da una forte domanda e da una relativa abbondanza del minerale nel mondo.

Praseodimio

Il praseodimio fu isolato come ossido nel 1885 da Auer von Welsbach (1858-1929) a partire dalla *didimia*, miscela di ossidi di lantanidi (soprattutto neodimio e praseodimio) isolata nel corso dell'estrazione del lantanio e cerio. Il metallo fu preparato per la prima volta nel 1902 da Muthman per elettrolisi del cloruro fuso. In natura è presente un solo isotopo, il ^{141}Pr , stabile.

È un elemento piuttosto raro, essendo presente nella crosta terrestre (mai libero, ma in composti corrispondenti al suo stato di ossidazione +3) in quantità di circa 5 ppm. Insieme a vari lantanidi e al lantanio stesso è presente nella monazite-Ce e nella bastnäsite-Ce e nei silicati allanite e cerite. Il praseodimio in natura è composto di un solo isotopo stabile, il ^{141}Pr .

Il praseodimio deve il suo nome (gemello verde) al colore dei suoi Sali (vedi sotto a destra il colore dello ioduro di praseodimio).



Proprio per questo fatto lo ione praseodimio viene usato in tracce per colorare la zirconia cubica rendendola simile alla ben nota gemma peridoto (a sinistra)



Oggi la separazione del praseodimio dagli altri lantanidi con cui si accompagna avviene con l'ausilio del metodo di scambio ionico su resine in presenza di acido etilendiamminotetracetico (EDTA) come complessante. Il praseodimio metallico può essere ottenuto per riduzione del trifluoruro anidro con calcio metallico, a 1000-1500 °C e sotto vuoto.

Il praseodimio è un metallo argenteo, paramagnetico a tutte le temperature, abbastanza tenero, duttile e malleabile. Chimicamente è assai reattivo e si ossida all'aria umida a temperatura ambiente, per cui va mantenuto in atmosfera inerte. Reagisce con gli acidi e anche con l'acqua liberando idrogeno, mentre a temperature più elevate reagisce violentemente con gli alogeni e con quasi tutti i non metalli.

Forma composti (generalmente con legame ionico) in corrispondenza degli stati di ossidazione +2, +3, +4; mentre lo stato +2 è poco stabile, lo stato +3 (nel quale il praseodimio rassomiglia molto a lantanio, cerio e neodimio) è quello che corrisponde alla maggior parte dei composti stabili (anche in soluzione acquosa), generalmente di colore verde chiaro. I composti del praseodimio corrispondenti al suo stato +4 (che non possono esistere in soluzione acquosa) sono invece poco stabili (meno dei corrispondenti composti del cerio) e agiscono da fortissimi ossidanti.

Per elettrolisi di miscele fuse di alogenuri di lantanidi si possono ottenere direttamente le leghe come il cosiddetto didimio (circa 24% Pr, 76% Nd) e il mischmetal (circa 50% Ce, 22% La, 18% Nd, 5% Pr più altri lantanidi e Fe), quest'ultimo utilizzato quale agente disossidante e desolforante in metallurgia e in leghe piroforiche.

Come il cerio, anche il praseodimio può essere utilizzata nella produzione del vetro. Viene usato per la produzione degli occhiali per saldatori. In lega con il magnesio, produce un metallo molto forte che viene utilizzato nei motori degli aeroplani. Il praseodimio è anche presente nei televisori a colori, nelle luci fluorescenti e nelle lampadine a risparmio energetico. Inoltre è impiegato nel settore delle telecomunicazioni e per scopi decorativi.

Neodimio ☸

Il neodimio fu scoperto dal chimico austriaco barone Karl Auer von Welsbach nel 1885, il quale lo ottenne (insieme al praseodimio) dal *didimio*, fino ad allora ritenuto un elemento. Dopo il cerio è l'elemento più abbondante del gruppo ed è molto simile, chimicamente, al lantanio e al praseodimio. Si trova in natura nella cerite e nelle sabbie monazitiche.

Il neodimio in natura si presenta come una miscela di cinque isotopi stabili, ^{142}Nd , ^{143}Nd , ^{145}Nd , ^{146}Nd e ^{148}Nd , di cui il ^{142}Nd è il più abbondante con il 27,2%, e due isotopi radioattivi, ^{144}Nd e ^{150}Nd .

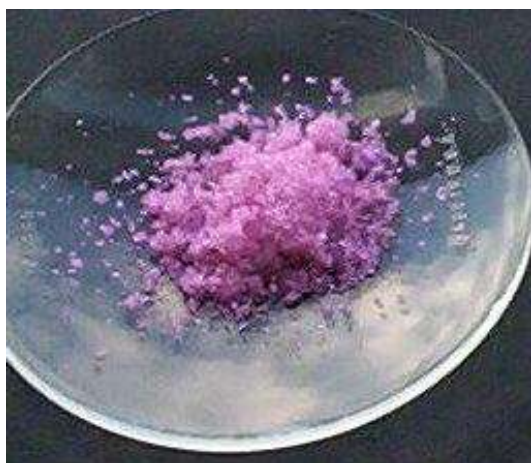
*Cerite-(Ce) in masse rosa su matrice
Bastnäs, Riddarhyttan, Västmanland, Svezia*

Photograph by Theodore Gray



Dai minerali i sali dei vari elementi sono separati per cristallizzazione frazionata o per scambio ionico. Il metallo si ottiene per elettrolisi del cloruro anidro fuso o per riduzione dell'ossido. Il colore argenteo del metallo fresco degenera rapidamente in giallo chiaro a causa dell'ossidazione che subisce all'aria.

E' paramagnetico e ha proprietà piroforiche. Insieme con altre terre rare costituisce leghe per pietrine da accendini; trova anche impiego in leghe per magneti.



Nei composti il metallo è trivalente e i sali sono in genere colorati in rosso-viola. La polvere di neodimio metallico è reattiva all'aria e può incendiarsi spontaneamente.

Cloruro di Nd^{3+} dal caratteristico colore viola.

Il neodimio trova impiego per colorare vetri in delicate tonalità che variano dal violetto al rosso-vino sino a tonalità calde di grigio. Questi vetri sono utilizzati per produrre filtri ottici. Il neodimio consente di compensare il colore verde dei vetri, impartito dal ferro come contaminante. Trova impiego per la fabbricazione di occhiali per saldatori, di auricolari ergonomici in cui la presenza di magneti in neodimio offre una qualità sonora eccellente.

E' utilizzato come drogante in alcuni materiali trasparenti impiegati nei laser all'infrarosso. Tra questi il più importante è il granato di ittrio e alluminio drogato appunto con neodimio (NdYAG).

I sali di neodimio sono usati come coloranti per smalti.

Il principale uso del neodimio è rivolto alla produzione di supermagneti. Magneti al neodimio sono utilizzati nei computer, negli strumenti a risonanza magnetica, nei treni a levitazione magnetica, nei separatori magnetici e nei televisori a raggi catodici. Un altro impiego assai importante di questo metallo è nelle turbine eoliche. Questi materiali sono meno costosi dei magneti al samario-cobalto.

Probabilmente a causa di affinità con Ca^{2+} , è stato citato l'utilizzo di Nd^{3+} come agente di crescita per le piante. In Cina, il più grande paese produttore di terre rare, è frequente l'utilizzo di composti delle terre rare come fertilizzanti.

Viene utilizzato per la produzione di altoparlanti particolarmente sensibili alle frequenze alte, ad esempio i tweeter al neodimio si caratterizzano per l'elevata brillantezza del suono.

Infine viene utilizzato nella produzione di componenti magnetici di diversi tipi di microfoni professionali per la sua particolare struttura magnetica che assicura una maggiore sensibilità, un miglior rapporto segnale/rumore e una gamma estesa delle frequenze con i toni alti molto limpidi.

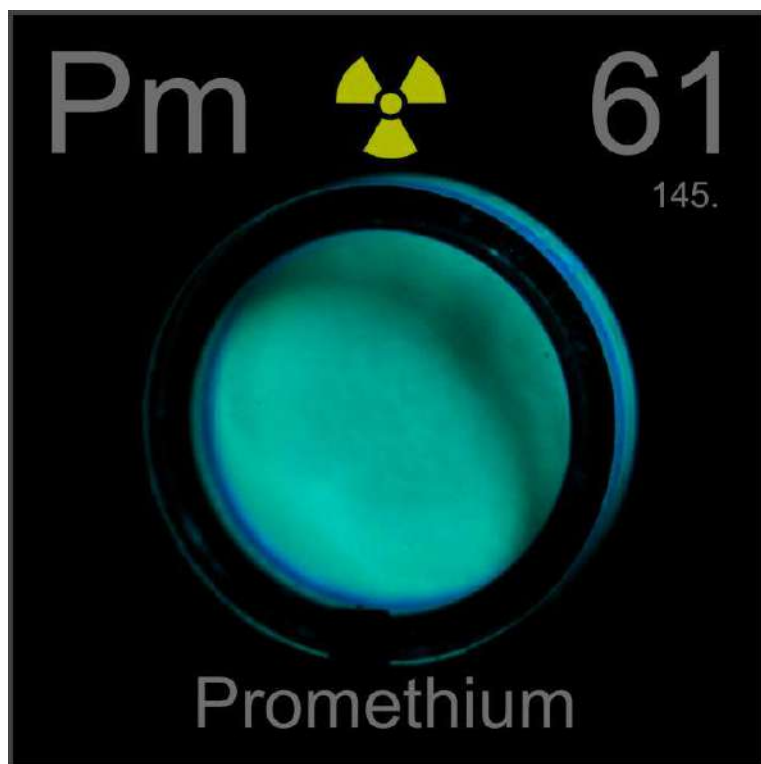
Il promezio ☢

Il chimico cecoslovacco Bohuslav Brauner nel 1902 predisse l'esistenza del promezio, che venne confermata dal fisico inglese Henry Moseley nel 1914. Tuttavia la dimostrazione dell'esistenza del promezio fu ottenuta solo nel 1945 ad opera di Jacob A. Marinsky, Lawrence E. Glendenin e Charles D. Corvell dell'Oak Ridge National Laboratory, durante l'analisi di alcuni sottoprodotti della fissione dell'uranio. Tuttavia i tre scienziati, impegnati in quel momento nelle ricerche belliche, annunciarono la loro scoperta nel 1947.

L'etimologia del nome deriva da Prometeo, uno dei titani della mitologia greca, che rubò il fuoco agli dei per donarlo ai mortali.

Non esiste promezio puro in tutta la crosta terrestre.

Nel 1963 metodi moderni basati sullo scambio ionico hanno consentito di separare da combustibile esaurito di reattori nucleari circa 10 grammi di promezio. Gli isotopi del promezio sono tutti radioattivi, il più comune è il ^{147}Pm con tempo di dimezzamento di 2,6 anni. È un elemento sintetico che emette particelle beta.



È un metallo tenero. Delle sue proprietà si sa poco. Ne esistono due forme allotropiche ed i suoi sali manifestano al buio una luminescenza azzurro-verde per via della loro elevata radioattività.

In passato il cloruro di promezio è stato utilizzato come vernice luminosa per i quadranti di strumenti, di orologi o come il bottone luminoso qui a fianco proposto da Theodore Gray nella sua Tavola Periodica.

Il promezio potrebbe avere applicazioni nel settore energetico, essendo utilizzabile per creare batterie a propulsione nucleare, che potrebbero durare fino a cinque anni.

Potrebbe venire impiegato anche come generatore termoelettrico per fornire elettricità ai satelliti ed agli altri veicoli spaziali. Per il momento queste applicazioni sono confinate in un ambito solo teorico.

Nella realtà lo si usa in campo medico come sorgente di raggi X e in campo militare per dispositivi di comunicazione per i sottomarini.

Samario ☢

Il samario fu evidenziato nel 1879 dal chimico francese Paul Emile Lecoq de Boisbaudran nel 1879. Fu isolato separandolo dall'europio nel 1901 dal chimico francese Eugène Anatole Demarçay. Il metallo puro fu preparato l'anno successivo da Muthman.

È un elemento piuttosto raro, essendo presente nella crosta terrestre (mai libero ma in composti corrispondenti generalmente al suo stato di ossidazione +3) in concentrazione pari a circa $5 \cdot 10^{-4}\%$.

Il samario è un metallo dall'aspetto argenteo, abbastanza stabile all'aria a temperature inferiori a $150\text{ }^{\circ}\text{C}$; al di sopra di tale limite si incendia spontaneamente.

Il samario non si trova in natura allo stato nativo. Come gli altri elementi delle terre rare è contenuto in diversi minerali, tra cui la monazite, la bastnäsite e la samarskite. Il samario in natura si compone di 4 isotopi stabili: ^{144}Sm , ^{150}Sm , ^{152}Sm , ^{154}Sm e di 3 isotopi radioattivi: ^{147}Sm , ^{148}Sm , ^{149}Sm . Di questi, ^{152}Sm è l'isotopo più abbondante e rappresenta in 26,75% del totale.

La monazite, che contiene fino al 2,8% di questo lantanide e la bastnäsite sono le principali fonti industriali di questo elemento.

Il nome ricorda il minerale samarskite. Il nome di quest'ultimo fu proposto nel 1847 dal mineralogista e chimico tedesco Heinrich Rose in omaggio al capo del servizio minerario dell'impero russo, Vasilij Samarskij-Bychovec, che scoprì il minerale samarskite.

Samarskite - Divino de Ubá, Minas Gerais, Brasile

Photograph by John Betts - Fine Mineral



Esiste in tre forme cristalline differenti. Le temperature di conversione tra le varie forme sono piuttosto alte e precisamente $734\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $922\text{ }^{\circ}\text{C}$. Solo in tempi relativamente recenti è stato possibile isolare il samario in forma abbastanza pura attraverso tecniche di scambio ionico, estrazione in solvente e deposizione elettrochimica. Il samario metallico puro è preparato per elettrolisi del cloruro di samario in presenza di cloruro sodico e cloruro di calcio.

Il samario e i suoi composti hanno per ora solo limitati impieghi.

È utilizzato per la produzione di lampade ad arco per cinematografia, insieme ad altri elementi delle terre rare. Leghe di samario sono impiegate nelle auto ibride e nei finali dei pick-up per le chitarre elettriche. Tutte le apparecchiature audio di fascia alta, utilizzano il samario.

Il samario si utilizza nell'industria vetraria per rendere il vetro resistente alle radiazioni infrarosse.

Il principale utilizzo del samario si concretizza nella preparazione di magneti permanenti al samario- cobalto. Questi magneti sono resistenti alla smagnetizzazione, alle temperature estremamente elevate e a condizioni ambientali estreme.

Infine esiste un farmaco al samario-153, che serve per il trattamento del dolore nei casi di tumori alle ossa.

Europio

“Europio, via dei Lantanidi 63”. Così Giorgio Nebbia, chimico e professore emerito all’Università di Bari intitola la descrizione di questo elemento nella “Chimica in Italia, 150 anni fortune e sfortune”. E subito dopo scrive: “Ha un nome di sicura fede europeista questo elemento, il numero 63 della tabella di Mendeleev, con peso atomico 152, un membro della famiglia di elementi che prendono il nome di lantanidi, o terre rare”.

L'eurobio fu scoperto nel 1890 dal chimico-fisico Paul Emile Lecoq de Boisbaudran (1838-1912) che, analizzando delle miscele di samario e gadolinio, le altre due terre rare che si trovano accanto all'eurobio, osservò delle righe spettrali che non appartenevano né all'uno né all'altro. La preparazione dell'eurobio puro è attribuita a Eugene Anatole Demarçay (1852-1904) che ottenne e descrisse l'elemento nel 1901, “all'inizio di un secolo che prometteva successi e benessere e forse a questo è dovuta l'assegnazione del nome dell'Europa al nuovo elemento” (parole di Nebbia).

La preparazione dell'eurobio puro viene però attribuita a Eugene Anatole Demarçay (1852-1904), che ottenne e descrisse l'elemento nel 1901.



Questo lantanide non esiste libero in natura, ma è contenuto nei minerali: monazite, bastnäsite e xenotimo.

L'elemento è costituito da una miscela di due isotopi stabili, ^{151}Eu e ^{153}Eu , con quest'ultimo leggermente più abbondante (52,2%).

Monazite - Slocum Quarry, East Hampton, Connecticut (U.S.A)

Photograph by John Betts - Fine Minerals

È un elemento molto reattivo. Il suo comportamento chimico si distacca parzialmente da quello degli altri lantanidi, avvicinandosi molto a quello dei metalli alcalino terrosi. Brucia all'aria (anche spontaneamente) formando Eu_2O_3 , reagisce rapidamente anche a freddo con gli acidi anche non ossidanti e deboli dando inizialmente i composti corrispondenti allo stato di ossidazione +2 che facilmente si ossidano al più stabile stato +3. Con acqua fredda reagisce lentamente liberando idrogeno e formando inizialmente $\text{Eu}(\text{OH})_2$ che si ossida poi a $\text{Eu}(\text{OH})_3$.

Anche l'eurobio, come per tutte le terre rare la svolta nella produzione industriale si ebbe con la tecnica di separazione mediante lo scambio ionico.

L'eurobio ha assunto grande importanza negli ultimi decenni come ingrediente dei "fosfori", cioè di quel sottile strato che si trova all'interno dei tubi o schermi elettronici su cui appaiono le immagini e le scritte dei televisori e dei calcolatori elettronici. Il successo dell'eurobio come merce deriva dal

fatto che sulla parete interna del video a colori dei televisori e dei calcolatori elettronici vi sono tre "fosfori": uno rosso, uno verde e uno blu.

L'aggiunta di un po' di europio alle lampade a vapore di mercurio garantisce una luce più naturale e potente alla illuminazione stradale.

L'europio ha applicazioni commerciali e industriali nel campo del drogaggio di alcuni materiali vetrosi per la realizzazione di laser.

Sali di ittrio attivati con europio sono utilizzati come sostanze fosforescenti.

Sali chirali* di europio vengono usati nell'analisi NMR (risonanza magnetica nucleare) per semplificare spettri in cui molti segnali risuonano in una regione stretta e affollata.

Per la sua capacità di assorbire neutroni può essere impiegato in barre di regolazione nei reattori nucleari.

* Una molecola è chirale se non possiede un piano di simmetria. I due enantiomeri, così si chiamano i due possibili composti, hanno le stesse proprietà chimiche e fisiche con l'eccezione della capacità di deviare il piano della luce polarizzata uno a destra e il secondo a sinistra.

Gadolinio ☢

Nel 1880 il chimico svizzero Jean Charles Galissard de Marignac (1817-1894) osservò le linee spettrali del gadolinio in un campione di didimio e nel minerale gadolinite. Fu il francese Paul Emile Lecoq de Boisbaudran a separare la gadolinia (ovvero l'ossido di gadolinio III (GdO_3)) dall'ittria (ossido di ittrio III, YO_3) di Mosander nel 1886. L'elemento puro è stato isolato solo in tempi relativamente recenti. È abbondante nella crosta terrestre nella stessa misura del nichel e dell'arsenico. Il gadolinio in natura si presenta come una miscela di 5 isotopi stabili, ^{154}Gd , ^{155}Gd , ^{156}Gd , ^{157}Gd , ^{158}Gd , e di due radioattivi, ^{152}Gd e ^{160}Gd . Il ^{158}Gd è il più abbondante (24,84%).

Il gadolinio, come il minerale gadolinite deve il suo nome al chimico e geologo finlandese Johan Gadolin.



Gadolinio metallico
Photograph by Theodore Gray



Gadolinite - Skien, Oslo, Norway
Photograph by John Betts - Fine Minerals

Il gadolinio è un metallo dall'aspetto bianco-argenteo, è duttile e malleabile. A differenza degli altri lantanidi, il gadolinio è relativamente stabile all'aria, purché secca. In presenza di umidità, si copre rapidamente del proprio ossido che, scrostandosi, analogamente a quanto fa il ferro espone all'attacco nuove superfici di metallo vivo. Reagisce lentamente con l'acqua e si scioglie negli acidi

anche diluiti. È fortemente magnetico a temperatura ambiente ed è l'unico metallo non appartenente al gruppo dei metalli di transizione. Per questa sua proprietà è usato in soluzione come mezzo di contrasto intravenoso nella risonanza magnetica a scopo diagnostico.

Il gadolinio ha una capacità di cattura di neutroni più alta di qualsiasi materiale noto, ma parallelamente ha anche un'elevata velocità di esaurimento che ne limita l'utilità come materiale utile per la fabbricazione delle barre di controllo dei reattori nucleari.

Questo elemento è anche usato per produrre granati all'ittrio-gadolinio, utilizzati nei dispositivi a microonde. I sali di gadolinio sono impiegati anche per produrre fosfori per i televisori a colori.

Il gadolinio è inoltre usato per la produzione di compact disc e di dispositivi di memoria per computer.

Il gadolinio possiede insolite proprietà metallurgiche. Per aggiunta dell'1% al ferro, al cromo ed alle loro leghe se ne migliora la lavorabilità e la resistenza alle alte temperature e all'ossidazione.

Le terre rare pesanti

Come già accennato le terre rare presentano similitudini così elevate da rendere difficile delle distinzioni chiare. Tra i tanti tentativi fatti per raggrupparle secondo criteri distintivi, quello che appare più conveniente è la suddivisione di questi elementi in due gruppi: del cerio e dell'ittrio, anche se quest'ultimo non appartiene alle terre rare, ma si trova in natura molto spesso con esse. Questa suddivisione trova una linea di demarcazione in corrispondenza del numero atomico 64, il gadolinio. Il gruppo che si chiude con questo elemento raggruppa le terre rare leggere, che comprende gli elementi più abbondanti in natura, i cui idrossidi sono basi medio forti. Il secondo raggruppa le terre rare pesanti, assai più rare in natura e le cui basi sono un po' più deboli.

Secondo un recente studio condotto dalla *Goldman Sachs*, una delle più grandi banche del mondo le terre rare pesanti (HREEs - Heavy Rare Earth Elements) continueranno ad accusare un deficit tra domanda e offerta mondiale, diventando sempre più preziose.

Le riserve mondiali di tutti i lantanidi sono stimate dall'Istituto geologico americano in circa 114 milioni di tonnellate. La Cina avrebbe circa la metà delle riserve mondiali, ma il suo ruolo nella produzione è oggi ben al di sopra delle sue riserve, garantendo oltre il 95% della produzione mondiale.

I due principali giacimenti cinesi sono la miniera di Bayan Obo, nella Mongolia Interiore, e le riserve di argilla del Guangdong, nella Cina sud-orientale. Questo secondo giacimento è particolarmente ricco di terre rare pesanti, le meno diffuse appunto e tra le più richieste. Tuttavia anche di fronte ad una forte intensificazione della produzione da parte della Cina e degli altri produttori di terre rare a livello mondiale continua ad esserci ancora una grave carenza di questi elementi.

Terbio

Con il terbio inizia il gruppo delle terre rare pesanti.

Il terbio fu scoperto dal chimico svedese Carl Gustav Mosander nel 1843 come impurità nell'ossido di ittrio (Y_2O_3). Fu battezzato con il nome del villaggio svedese Ytterby. È stato isolato puro solo in tempi molto recenti, dopo l'avvento delle tecnologie di scambio ionico.

Il terbio non si trova in natura come elemento puro, ma contenuto in molti minerali, come la cerite, la gadolinite, la monazite (Ce, La, Th, Nd, Y) PO_4 , che contiene fino allo 0.03% di terbio, lo xenotimo-Y (YPO_4) e la euxenite-Y (Y, Ca, Er, La, Ce, U, Th)(Nb, Ta, Ti) $_2O_6$, che contiene l'1% o più di terbio.

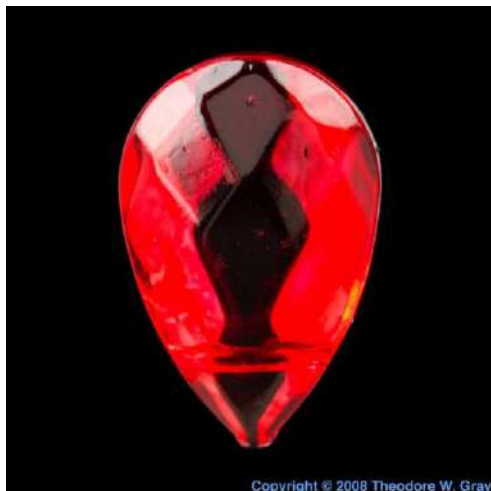
È un elemento relativamente raro (tra i meno abbondanti dei lantanidi), essendo presente nella crosta terrestre (mai libero, ma in composti corrispondenti al suo stato di ossidazione +3) in quantità pari a circa 1,5 ppm. Il terbio naturale è composto da un solo isotopo stabile, il ^{159}Tb .

Il terbio è un metallo argenteo, paramagnetico a temperatura ambiente. È duttile, malleabile e tenero a sufficienza da poter essere tagliato con un coltello. Chimicamente è assai reattivo.

Abbastanza stabile all'aria, esiste in due forme cristalline; la temperatura di transizione tra esse è di 1289 °C. Forma composti corrispondenti agli stati di ossidazione +2, +3, +4. I sali di terbio 3+ sono bianchi, quelli 4+ sono colorati.

Il terbio come elemento viene usato in leghe metalliche.

E' inoltre utilizzato per drogare il fluoruro di calcio, il tungstato di calcio e il molibdato di stronzio, materiali usati nella realizzazione di transistor e altri componenti elettronici.



Mescolato all'ossido di zinco viene utilizzato come stabilizzante delle celle a combustibile che operano ad alta temperatura.

E ancora il suo ossido è impiegato per la preparazione dei fosfori verdi delle lampade a fluorescenza e degli schermi televisivi.

Vetro con tracce terbio che gli conferiscono questo splendido colore rosso

Photograph by Theodore Gray

Il borato di terbio e sodio è un materiale che emette luce laser alla lunghezza d'onda di 546 nm.

Disprosio

Il disprosio fu identificato per la prima volta a Parigi nel 1886 da Paul Emile Lecoq de Boisbaudran. L'elemento puro tuttavia è stato isolato solo negli anni cinquanta del secolo scorso facendo ricorso a tecniche di scambio ionico.

Il nome deriva dal greco *dysprositos*, che significa "difficile arrivarci".

Il disprosio è uno degli elementi più abbondanti dei lantanidi ed è più di due volte più abbondante dello stagno. Il disprosio non si trova mai come elemento libero, ma è presente in molti minerali.

Il disprosio non si trova mai puro in natura, ma si estrae dai minerali monazite e bastnäsite, che sono i più importanti ma anche da: xenotimo-(Y), xenotimo-(Yb), fergusonite, gadolinite-(Ce), gadolinite-(Y), l'euxenite-(Y), il policrasio-(Y), la blomstradina. Spesso è mescolato a erbio, olmio e altre terre rare. Il disprosio è costituito in natura di una miscela di sette isotopi stabili: ^{156}Dy , ^{158}Dy , ^{160}Dy , ^{161}Dy , ^{162}Dy , ^{163}Dy e ^{164}Dy , dei quali il ^{164}Dy è il più abbondante con il 28,18% del totale.

Il disprosio ha un aspetto metallico lucente. Relativamente stabile all'aria a temperatura ambiente, si scioglie rapidamente in soluzioni anche diluite di acidi minerali, liberando idrogeno e dando origine a soluzioni giallo-verdi.

È tenero a sufficienza da poter essere tagliato con un coltello e può essere lavorato senza emissione di scintille, se si ha cura di evitarne il surriscaldamento.

Disprosio metallico

Photograph by Theodore Gray



Ha proprietà paramagnetiche. Le caratteristiche reologiche del disprosio sono molto influenzate dalla presenza di impurità, anche in tracce.

Il disprosio se aggiunto ai magneti al neodimio-ferro-boro ne aumenta l'intervallo di temperatura di funzionamento e può essere usato sulle auto ibride ed elettriche. Ma viene anche impiegato nella produzione dei sensori per i sonar e per gli attuatori di posizionamento.

Il disprosio trova impiego col vanadio e altri elementi nella realizzazione di materiali per laser; la sua elevata capacità d'assorbimento dei neutroni termici e il suo elevato punto di fusione lo rendono potenzialmente utile anche per farne barre di controllo per reattori nucleari.

Cementi speciali contenenti ossido di disprosio (noto anche come *disprosia*) e nichel assorbono facilmente i neutroni senza collassare o contrarsi anche dopo un prolungato bombardamento di neutroni.

Alcuni sali di disprosio e cadmio sono usati come sorgenti di radiazione infrarossa per lo studio delle reazioni nucleari, inoltre il disprosio trova impiego anche nella produzione dei compact disc.

Olmio

L'olmio fu scoperto nel 1878 dai due chimici svizzeri Marc Delafontaine e Jacques Louis Soret per via spettroscopica

Nello stesso anno anche il chimico e geologo svedese Per Teodor Cleve (1840-1905) individuò la presenza di questo nuovo elemento lavorando su un campione di *erbia*, ovvero di ossido di erbio. Usando il metodo messo a punto da Carl Gustav Mosander, Cleve riuscì a separare dall'erbia i suoi inquinanti e si ritrovò con due nuovi composti, uno bruno ed uno verde. Chiamò quello bruno *holmia* (dal nome latino della sua città natale, Stoccolma) e quello verde *tulia*. In seguito fu dimostrato che l'*holmia* era ossido di olmio e la *tulia* ossido di tulio.

Anche l'olmio, come tutti gli altri lantanidi, non esiste allo stato nativo, ma è presente con altre terre rare in alcuni minerali, in particolare la gadolinite e la monazite. Con l'eurobio è il lantanide meno abbondante, ma è pur sempre venti volte più abbondante dell'argento. La sua abbondanza nella crosta terrestre è stimata in 0,78 ppm, ovvero meno di un grammo per tonnellata di materiale. L'olmio naturale è composto da un unico isotopo stabile, ^{165}Ho .

Oggi, non senza difficoltà, viene ottenuto puro attraverso tecniche di scambio ionico dalla monazite (che ne contiene lo 0,05%). L'elemento puro viene isolato per riduzione del cloruro o fluoruro anidri con calcio metallico.

E' un metallo è un elemento metallico di colore bianco argenteo, tenero e malleabile.

L'olmio è un metallo malleabile, morbido, brillante con un colore argenteo. È stabile in aria secca e a temperatura ambiente, si scioglie in acidi. All'aria umida e a temperature elevate si ossida rapidamente ricoprendosi di un ossido giallo che diventa rosso fuoco sotto un fascio di luce tricolore. Tale variazione è dovuta alle sottili bande di emissione degli ioni trivalenti di questo elemento che agiscono come fosfori.

E' un elemento paramagnetico che possiede il momento magnetico più alto di qualsiasi elemento. A temperature inferiori ai -253°C è ferromagnetico. Combinato con l'itrio forma un composto altamente magnetico.

Per le sue proprietà magnetiche l'olmio è utilizzato per produrre i più intensi campi magnetici artificiali. Dato che può anche assorbire facilmente i neutroni prodotti dalla fissione nucleare, viene usato anche per produrre barre di controllo per reattori nucleari.



I sali di olmio assumono due tonalità di colore, rosa carico se illuminati con lampade a fluorescenza, giallino con lampade normali.

Solfato di olmio in luce solare (sinistra) e con lampade a fluorescenza (a destra)



I laser a olmio sono utilizzati in urologia e come tecnica endoscopica per eliminare gli adenomi prostatici. L'utilizzo di questi laser permette l'asportazione degli adenomi senza bisogno di alcuna incisione cutanea con conseguente minor perdita di sangue e riduzione di degenza ospedaliera. Il laser ad olmio è anche usato per rimuovere calcoli renali e trova impiego nelle cure dentarie ed oculistiche.

Il suo elevato momento magnetico viene utilizzato nei granati di ittrio e ferro e nel fluoruro di ittrio e lantanio, che sono materiali di base per la realizzazione di laser a microonde.

L'ossido di olmio infine è un colorante giallo per il vetro: Vetri colorati con l'ossido di olmio sono usati come standard per la taratura degli spettrofotometri che lavorano nel campo della luce UV-visibile.

Erbio

L'erbio fu scoperto dal chimico e mineralogista svedese Carl Gustav Mosander nel 1843. Mosander separò dalla gadolinite l'ossido di ittrio, che a sua volta riuscì a separare in tre distinte frazioni, che chiamò *ittria*, *erbia* e *terbia*. Sui composti erbia e terbia c'era però ancora molta confusione. Solo dopo il 1860 fu fatta chiarezza e quella che era nota come terbia fu rinominata erbia e nel 1877 quella che era nota come erbia fu rinominata terbia.

Un campione di erbia (Er_2O_3) abbastanza pura fu isolata indipendentemente nel 1905 dal chimico francese e professore alla Sorbona Georges Urbain e dal chimico americano Charles James.

Per l'isolamento del metallo puro si dovette attendere fino al 1934, quando fu preparato per la prima volta per riduzione del suo cloruro anidro con vapori di potassio.

L'erbio non si trova in natura come elemento puro, bensì combinato con altri lantanidi in diversi minerali, in particolare lo xenotimo-(Y), l'euxenite-(Y) e la monazite. È un elemento piuttosto raro, essendo presente nella crosta terrestre in quantità di circa 2 ppm.

L'erbio in natura è una miscela di 6 isotopi stabili, ^{162}Er , ^{164}Er , ^{166}Er , ^{167}Er , ^{168}Er e ^{170}Er . Di essi, ^{166}Er è il più abbondante con una percentuale del 33,6.

La sua separazione e purificazione da terbio e altri lantanidi ha sempre costituito un processo molto laborioso e costoso. Solo le tecniche di separazione basate sullo scambio ionico sviluppate negli ultimi 50 anni hanno di fatto reso possibile il loro isolamento.

L'erbio è un metallo bianco, malleabile, tenero, abbastanza stabile all'aria. Resiste più degli altri lantanidi all'ossidazione. L'erbio metallico in polvere può incendiarsi spontaneamente. Presenta, come il disprosio, successivamente un comportamento ferromagnetico, antiferromagnetico e paramagnetico al crescere della temperatura da valori vicino allo zero assoluto fino a quella ambiente.

Dal punto di vista chimico è trivalente, ovvero tende ad assumere nei suoi composti il numero di ossidazione +3. I suoi sali sono di colore rosa e il suo sesquiossido (Er_2O_3) viene chiamato erbia.

Analogamente all'olmio anche i sali di erbio assumono toni di colore piuttosto diversi se visti illuminati da lampade a fluorescenza (sinistra) o a incandescenza (destra).



Le sue proprietà reologiche sono molto influenzate dalle impurità presenti in esso.

Viene utilizzato anche nell'industria nucleare per la sua capacità di assorbire neutroni.

L'industria delle fibre ottiche che è esplosa dopo l'avvento di internet, è il principale ambito di applicazione dell'Erbio.

Gli usi dell'erbio sono svariati, e alcuni molto comuni: soprattutto come filtro in fotografia e, per via della sua ottima resilienza, come additivo in metallurgia.



Aggiunto a vanadio, l'erbio ne abbassa la durezza e ne migliora la lavorabilità.

L'ossido di erbio ha un bel colore rosa e per questo si usa a volte come colorante per smalti lucidi per vetro o ceramica.

Ossido di erbio Er_2O_3

Il vetro all'erbio si usa spesso per lenti di occhiali da sole. Viene utilizzato inoltre come elemento drogante per le fibre ottiche nella realizzazione di amplificatori di segnale in fibra (amplificatore coassiale).

Tulio

Il tulio fu scoperto dal chimico svedese Per Teodor Cleve nel 1879 mentre cercava impurità negli ossidi di altri elementi del gruppo delle terre rare (lo stesso metodo che aveva usato Carl Gustav Mosander per scoprire alcuni altri elementi delle terre rare). Cleve iniziò rimuovendo tutti i contaminanti noti dell'*erbia* (Er_2O_3) e dopo alcuni trattamenti addizionali ottenne due nuove sostanze, una marrone e una verde. La sostanza marrone si rivelò essere ossido di olmio e venne perciò da lui battezzata *olmia*, mentre la sostanza verde era l'ossido di un elemento sconosciuto. Cleve battezzò *tulia* l'ossido e tulio l'elemento, in onore di Thule, un antico nome Romano che indicava una leggendaria terra all'estremo nord, forse la Scandinavia.

Si estrae soprattutto dalle sabbie fluviali di monazite (dove è presente ~0.007%) con metodi di scambio ionico.



Nuove tecniche di scambio ionico e di estrazione con uso di solventi hanno condotto ad una più facile separazione delle terre rare, per cui di recente il costo del tulio si è notevolmente ridotto.

Il tulio metallico proposto da Theodor Gray nella sua Tavola Periodica

Il metallo si può isolare tramite riduzione del suo ossido con lantanio metallico o con calcio in un recipiente chiuso. Il tulio di elevata purezza fu isolato puro solo una trentina d'anni fa. Nessun composto del tulio ha finora importanza commerciale.

È il lantanide più raro, dopo il lutezio, essendo presente nella crosta terrestre in minerali con numero di ossidazione +3, in quantità di circa 0,5 ppm. In natura il tulio è composto interamente dell'unico isotopo stabile ^{169}Tm .

È un metallo argenteo, paramagnetico fino a bassissime temperature. Molto tenero, è duttile e facilmente lavorabile. È abbastanza stabile all'aria secca. La polvere di tulio metallico può incendiarsi ed esplodere.

Per la sua scarsità e l'elevato costo di preparazione è un metallo che viene poco usato rispetto alle altre terre rare.

Il tulio può essere potenzialmente usato nei materiali magnetici ceramici detti ferriti, usate nei dispositivi a microonde.

L'isotopo radioattivo ^{170}Tm (ottenibile dal ^{169}Tm per irradiazione neutronica) ha applicazioni come sorgente portatile di raggi X.

L'isotopo instabile ^{171}Tm può essere usato come fonte di energia.

Itterbio

L'itterbio è stato scoperto dal chimico svizzero Jean Charles Galissard de Marignac nel 1878. Marignac individuò un nuovo componente nella terra nota come *erbia* e lo chiamò *itterbia*, dal nome della cittadina svedese di Ytterby.

Nel 1907 il chimico francese Georges Urbain separò l'*itterbia* di Marignac in due frazioni: la *neoitterbia* e la *lutezia*. La *neoitterbia* venne successivamente identificata come l'elemento itterbio e la *lutezia* venne riconosciuta essere l'elemento lutezio. Anche Auer von Welsbach isolò indipendentemente questi elementi dall'itterbia in un periodo simile e li chiamò aldebaranio e cassiopeio, poi abbandonati. Tuttavia le proprietà chimiche e fisiche dell'itterbio non furono determinate in dettaglio fino al 1953 quando venne prodotto puro per la prima volta attraverso tecniche di estrazione e scambio ionico.

L'itterbio si trova in alcuni rari minerali, accompagnato ad altri elementi del gruppo delle 'terre rare. La sua principale fonte commerciale è la monazite che ne contiene lo 0,03%.

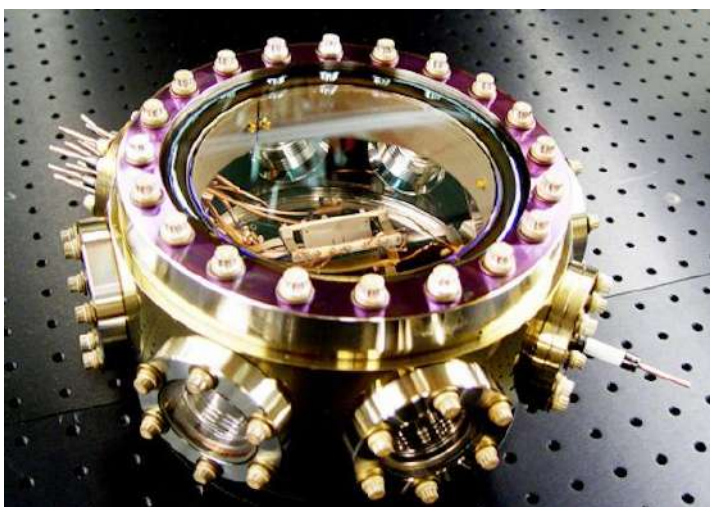
L'itterbio in natura si compone di 7 isotopi stabili; ^{168}Yb , ^{170}Yb , ^{171}Yb , ^{172}Yb , ^{173}Yb , ^{174}Yb , ^{176}Yb , di cui il più abbondante è ^{174}Yb (31,8%).

Su Science è apparso l'esito del progetto del Nist al quale hanno lavorato anche due ricercatori italiani.

Gli orologi ottenuti con atomi di itterbio e con l'impiego del laser, sono in grado di misurare il tempo senza un ritardo in miliardi di anni.

*A fianco questo strumento
di assoluta precisione*

*per gentile concessione
del dott. Alessandro Nanni*



L'itterbio è un elemento di aspetto metallico lucente; è tenero, malleabile e abbastanza duttile. Viene facilmente disciolto dagli acidi, lentamente reagisce con l'acqua e si ossida all'aria. A temperature elevate si incendia spontaneamente convertendosi nel suo ossido.

Dell'itterbio esistono tre forme allotropiche α , β e γ , le cui temperature di conversione sono $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $795\text{ }^{\circ}\text{C}$. La forma β , che esiste a temperatura ambiente, ha un reticolo cristallino cubico a corpo centrato.

Serve anche come additivo all'acciaio inossidabile per migliorarne la forza. Alcune leghe del metallo raro sono usate anche in campo odontotecnico.

E' un metallo utile nella produzione di laser, e nella produzione di componenti dell'industria dell'energia solare.

Un isotopo dell'itterbio trova uso come fonte di raggi gamma in dispositivi portatili per controlli non distruttivi.

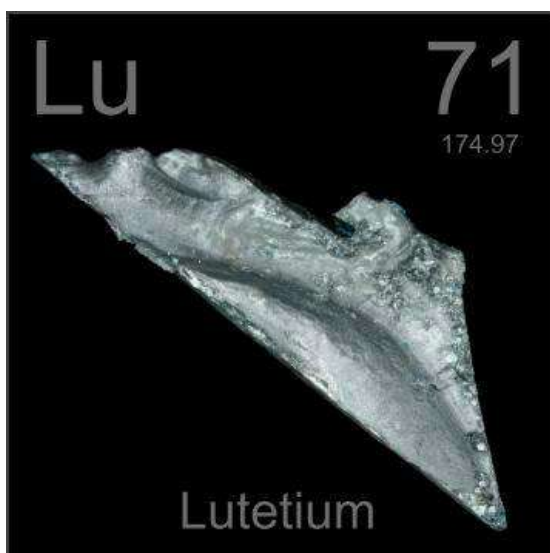
Lutezio ☢

Il lutezio fu scoperto indipendentemente nel 1907 dal chimico francese Georges Urbain e dal mineralogista austriaco Carl Auer von Welsbach. Entrambi trovarono il lutezio come impurità nell'itterbia, che il chimico svizzero Jean Charles Galissard de Marignac e molti altri ritenevano consistesse interamente nell'elemento itterbio. Fu lui a descrivere per primo il processo di separazione del lutezio dall'itterbio e a lui spettò l'onore di battezzare il nuovo elemento. Egli scelse il nome di neoitterbio e lutecium, ma col tempo il nome neoitterbio cadde in disuso, sostituito nel 1949 con lutezio (dal latino Lutetia: il nome dell'odierna Parigi).

Si trova associato a quasi tutti gli altri metalli delle terre rare, mai da solo: il lutezio è particolarmente difficile da separare dagli altri elementi ed è il meno abbondante di tutti i 92 elementi in natura. Per questo è anche uno dei più costosi: un grammo di lutezio vale circa sei volte un grammo d'oro.

Il lutezio naturale è composto di due isotopi: il ^{175}Lu (abbondanza naturale 97,41%) stabile e il ^{176}Lu instabile con tempo di dimezzamento di $3,78 \times 10^{10}$ anni (2,59% abbondanza naturale).

Il più importante minerale di lutezio sfruttato commercialmente è la monazite, che contiene lo 0,003% di tale elemento. Il lutezio puro metallico è stato isolato solo recentemente, ed è molto difficile da preparare. Si separa dagli altri lantanidi per scambio ionico e riduzione del cloruro di lutezio (LuCl_3) o fluoruro di lutezio (LuF_3) con un metallo alcalino o alcalino terroso.



Il lutezio è un metallo bianco-argenteo resistente alla corrosione e relativamente stabile all'aria. La polvere metallica di lutezio può incendiarsi ed esplodere, se riscaldata.

Il lutezio metallico proposto da Theodor Gray nella sua Tavola Periodica

È il più pesante dei metalli rari, è utile per le memorie dei computer, le radiografie, le radioterapie anti cancro, per i processi di raffinazione del petrolio. Elevati costi di preparazione e la scarsa disponibilità del metallo ne limitano l'uso, che è comunque in netta ascesa.

I più importanti minerali delle terre rare

Xenotimo-(Y) Il minerale ha formula chimica YPO_4 ma spesso contiene anche terre rare pesanti oltre a Ca, U, Th, Si, F e altri ancora. Cristallizza nel sistema tetragonale in cristalli di colore giallo, giallo-bruno, rossastro fino a marrone, talora anche verdastro con durezza 4-5. Lo striscio è bianco ma i cristalli fortemente colorati lasciano uno segno bruno scuro. Le superfici del cristallo presentano lucentezza da vitrea a resinosa. L'etimologia del nome deriva dalle parole greche *xenos* e *time* che significano rispettivamente inesistente e onore in allusione al fatto che l'ittrio contenuto fu confuso per un altro elemento. La sfaldatura è imperfetta e la frattura irregolare. Si presenta normalmente in prismi allungati, ma anche in cristalli bipiramidali o più comunemente in aggregati raggiati o in geminati a rosetta. La tipica località di ritrovamento è Hidra (Hitterø), Flekkefjord, Vest-Agder, Norvegia.



*Xenotimo-(Y) su quarzo rutilato
Minas Gerais, Brasile
Collezione Bruno Simoni
foto di Damiano Contin*

*Xenotimo-(Y) con Euxenite-(Y)
Tuftane, Frikstad, Iveland, Aust-Agder, Norway
Photograph by John Betts - Fine Minerals*

Bastnäsite

Il minerale bastnäsite racchiude una famiglia di 3 fluorocarbonati distinti a seconda del contenuto variabile di tre lantanidi e precisamente: la bastnäsite-(Ce) che risponde alla formula $(\text{Ce}, \text{La})\text{CO}_3\text{F}$, la bastnäsite-(La) che ha formula $(\text{La}, \text{Ce})\text{CO}_3\text{F}$, e la bastnäsite-(Y) con formula $(\text{Y}, \text{Ce})\text{CO}_3\text{F}$. Ciò testimonia come, grazie alle simili dimensioni dei raggi ionici di questi elementi le vicarianze oltre che possibili siano oltremodo frequenti. Il minerale più comune è la bastnäsite-(Ce) e il cerio è il più comune tra tutte le terre rare. Prende il nome dalla miniera Bastnäs, situata nei pressi di Riddarhyttan nel Västmanland in Svezia.

Cristallizza nel sistema esagonale. Il colore varia dal giallo al bruno, la lucentezza è vitrea, talora madreperlacea, la frattura irregolare e lo striscio è bianco.

*Bastnäsite-(Ce)
Monti Zagi, Peshawar, Pakistan*

Photograph by John Betts - Fine Minerals



La bastnäsite rappresenta una sorgente esclusivamente per le terre rare legate al cerio. Il minerale si rinviene prevalentemente in masse granulari, più raramente in cristalli prismatici.

È uno dei più classici minerali di terre rare ed è relativamente abbondante, frequente nelle fasi idrotermali delle rocce magmatiche. È diffuso anche in graniti, in sieniti alcaline, in pegmatiti, carbonatiti e in depositi di metamorfismo di contatto.

In cristalli pregevoli viene oggi dai Monti Zagi in Pakistan. Il minerale è comune in graniti alcalini, in sieniti, in pegmatiti, ma anche in carbonatiti e altre rocce metasomatiche.

Monazite

Come nel caso precedente il termine monazite non definisce un minerale vero e proprio se non è accompagnato dal suffisso dell'elemento più abbondante presente nella complessa miscela delle terre rare. Quindi si parlerà di monazite-(Ce), monazite-(La), monazite-(Nd), monazite-(Sm) e monazite-(Gd).

La lucentezza è prevalentemente resinosa, talvolta vitrea. La frattura è irregolare e lo striscio bianco.



*Monazite (base 1,6 mm)
Passo Vizzo (BZ)*

Collezione e foto Bruno Fassina

Sono, infatti, il cerio, il lantanio, il neodimio, il samario e il gadolinio gli elementi più significativi di questo minerale. È bene ricordare che in questi composti naturali è quasi sempre presente thorio e uranio che ne conferiscono quindi una certa radioattività.

Il minerale è un fosfato rispondente alla formula $(\text{Ce,La,Nd,Th})(\text{PO}_4)$, che cristallizza nel sistema monoclinico.

Il minerale si presenta in masse, raramente in cristalli di colore variabile dal bianco, al giallo al rosso.

Il cristallo presenta una frattura netta. Si rinviene in pegmatiti associate a graniti o sieniti. L'etimologia del minerale viene dal greco *monazei* che significa solitario in allusione alla rarità del minerale nelle prime località di ritrovamento.

Loparite-(Ce)

Il nome ricorda i lapponi abitanti della regione russa della Penisola di Kola. La tipica località di ritrovamento è situata infatti nel massiccio di Khibiny e Lovozero nella Penisola di Kola appunto. Chimicamente è un ossido di formula $(\text{Na,Ce,Ca,Sr,Th})(\text{Ti,Nb,Fe})\text{O}_3$ più comunemente conosciuto come niobato o tantalato contenente terre rare. Appartiene al gruppo della perovskite. Cristallizza nel sistema cubico.

Il minerale si presenta normalmente in masse granulari, più raramente in cristalli cubici, sovente geminati per compenetrazione di colore nero.

La lucentezza varia dall'adamantino al metallico. La sfaldatura è irregolare e lo striscio rosso-bruno.



*Loparite - Massiccio Khibiny,
Penisola di Kola, Murmanskaja
Oblast', Northern Region, Russia*

(località tipica per questo minerale)

*Photograph by John Betts
Fine Minerals*

Gadolinite-(Y)

La gadolinite reca a fianco del nome il simbolo del cerio o dell'ittrio a seconda dell'abbondanza relativa dei due, tuttavia è quella di ittrio ad essere più comune. Può contenere fino al 35% di ittrio e poco più del 2% di cerio. Risponde alla formula chimica $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Y})_2\text{Fe}^{2+}\text{Be}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$. Cristallizza nel sistema monoclinico. Appartiene al gruppo della gadolinite-datolite. La gadolinite e l'euxenite rappresentano una sorgente esclusivamente per le terre rare legate all'ittrio. Diffusa in vene pegmatitiche dove si presenta quasi sempre in masse compatte.

I rari cristalli sono bruni, verdi di toni più o meno scuri fino a neri, privi di sfaldatura. La lucentezza è prevalentemente vitrea, più raramente grassa e lo striscio verdolino. Il nome ricorda il mineralogista Gadolin, anche se contiene solo tracce di gadolinio.

Gadolinite - Hittero, Flekkefjord, Norway

Photograph by John Betts - Fine Minerals



Euxenite

L'euxenite-(Y) prende il nome dal greco *euxenos*, che vuol dire "ospitale verso gli stranieri", per descrivere la sua caratteristica di contenere spesso elementi rari. È un minerale di formula chimica $(\text{Y}, \text{Ca}, \text{Ce}, \text{U}, \text{Th})(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti})_2\text{O}_6$. È quindi un ossido che contiene ittrio, calcio, cerio, niobio, tantalio ma molto spesso anche uranio e torio. È dimorfo della Aeschynite-(Y). Appartiene alla serie dell'euxenite-(Y)-policroasio-(Y) che sono i più diffusi niobati dopo la columbite-(Fe) e il pirocloro. Il minerale si presenta normalmente in masse e solo raramente in cristalli ed è diffuso in

graniti pegmatitici e nelle sabbie nere. Cristallizza nel sistema ortorombico.

Il minerale presenta una lucentezza da grassa a vitrea, presenta frattura concoide, il colore varia molto dal grigio, verdolino fino a nero. Lo striscio è giallo, verdolino o rossastro.



Euxenite-(Y)
An Kazobe, Madagascar

Photograph by John Betts
Fine Minerals

Eudialite

Il nome deriva dal greco *eudialitos* che significa facilmente decomponibile per la sua rapida solubilità in acidi. È un metasilicato a composizione chimica molto variabile che può essere rappresentato, nel modo più semplice, con la formula $R_4'R_3''Zr(SiO_3)_7$, dove R' per la maggior parte è Na, ma anche K e H, $R'' = Ca$ e secondariamente Fe, Mn, Ce, (OH). Parte di SiO_2 può inoltre essere sostituita dal gruppo $ZrOCl_2$. E' presente nelle sieniti nefeliniche e in graniti alcalini. La località classica di ritrovamento è Kangerluarsuk Fjord, Ilímaussaq, Narsaq, Kujalled, Groenlandia.

Cristallizza nel sistema trigonale, ha colore dal rosa al bruno-rossastro ed presenta lucentezza vitrea. Viene utilizzato anche come pietra dura con il classico taglio a cabochon.



Eudialite
Penisola di Kola (Russia)
Collezione Bruno Simoni
foto di Damiano Contin

Aeschynite-(Y)

È un raro minerale di terre rare. Chimicamente è un ossido contenente ittrio, calcio, ferro, torio, titanio, niobio, ossigeno e ossidrili e rispondente alla formula: $(Y,Ca,Fe,Th)(Ti,Nb)_2(O,OH)_6$.

Il nome del minerale fu scelto da Berzelius dalla parola greca *aeschine*, che significa vergogna in allusione all'incapacità della scienza del XIX secolo di isolare i vari elementi dal minerale. Cristallizza nel sistema ortorombico.

È dimorfo della Euxenite-(Y). È raro in cristalli che presentano un colore giallo bruno fino a nero con lucentezza grassa. Sono privi di sfaldatura e lo striscio è giallo-bruno.

*Aeschnite (base 1,2 mm)
Morena del Miage (Ao)*

Collezione e foto Bruno Fassina



Considerazioni sull'attività estrattiva delle terre rare

Come ricordato in precedenza il mercato delle terre rare è reso difficile non tanto dalla loro diffusione nella crosta terrestre che è tutt'altro che rara, quanto piuttosto dalla dispersione in piccole quantità e dalla difficoltà di isolamento degli elementi puri, vista l'enorme somiglianza chimica presentata dalle terre rare. Sono oltre 200 i minerali che contengono terre rare, ma solo in quattro di questi le concentrazioni sono sufficientemente elevate da rendere l'estrazione economicamente conveniente.

Le riserve mondiali sono stimate dal U.S. Geological Survey (Istituto geologico americano) in circa 114 milioni di tonnellate, il che garantirebbe il consumo attuale per 800 anni.

Di tutte le riserve mondiali fino ad ora conosciute l'80% delle appartiene alla Cina, il 17% alla Russia, l'11% agli Stati Uniti, il 3% all'India e l'1,4% all'Australia. Il restante 19% è ripartito tra Canada, Groenlandia, Malesia, Brasile, Sudafrica, Malawi, Vietnam, Thailandia, Indonesia e altri paesi.

La Cina detiene perciò quasi la metà delle riserve mondiali, ma il suo ruolo nella produzione è oggi ben al di sopra delle sue riserve, garantendo oltre il 95% della produzione mondiale.

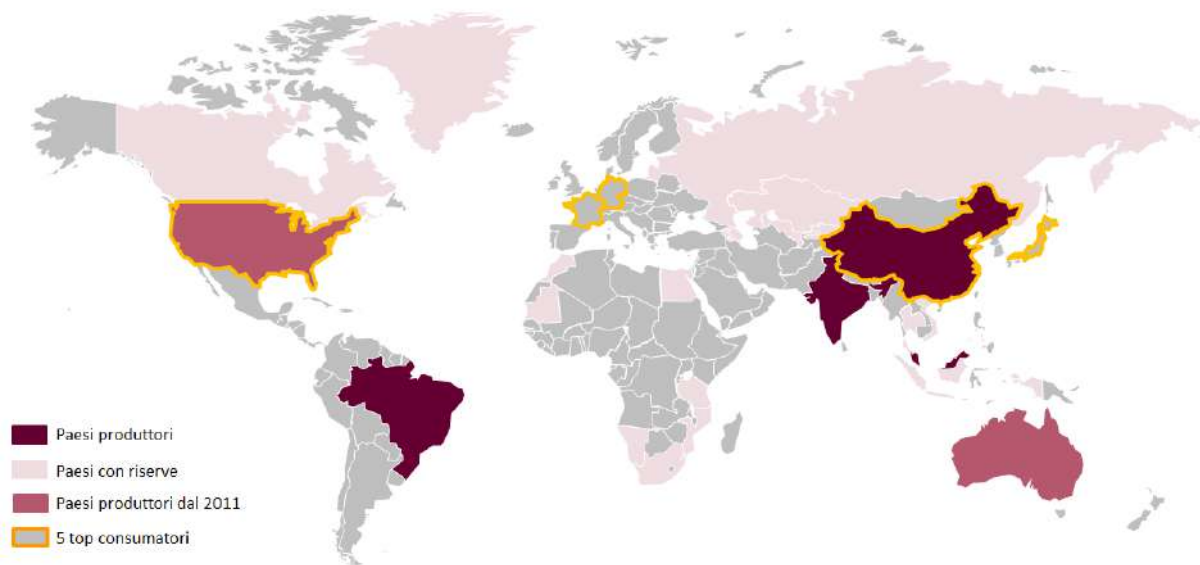
Le due principali risorse del paese sono la miniera di Bayan Obo, nella Mongolia Interiore, e le riserve di argilla del Guangdong nella Cina sud-orientale. Questo secondo giacimento è particolarmente ricco di terre rare dette pesanti.

Di tutti gli altri che possiedono riserve di terre rare, solo India, Brasile, Malesia e Stati Uniti ne producono costantemente, sebbene in piccole quantità.

L'articolo da Espansione - La voce delle imprese, pubblicato il 6 settembre 2012, ci segnala ancora: *In questo contesto di quasi monopolio cinese, se l'approvvigionamento di terre rare dovesse essere messo in discussione, il rischio di una pesante crisi economica sarebbe elevato per i settori industriali che ne fanno uso. Negli ultimi anni, la Cina sta incentivando lo spostamento delle proprie competenze a monte dei processi produttivi, ed è riuscita a passare dalla produzione di semplice concentrati minerali alla produzione di metalli raffinati, fino ad arrivare all'esportazione di componenti elettroniche o addirittura prodotti finiti. Dal 2007, inoltre, sono state varate diverse misure per proteggere l'approvvigionamento domestico in lantanidi. L'ondata di protezionismo ha così interdetto gli investimenti stranieri diretti, ha introdotto il controllo dei prezzi, ha congelato i diritti di sfruttamento delle miniere ed ha concentrato l'industria in un numero ristretto di grandi compagnie controllate dallo stato. La misura più importante, introdotta già nel 1999, riguarda le quote di esportazione, che si sono via via ridotte nel corso degli ultimi 10 anni e che hanno subito un taglio drastico del 40% tra il 2009 ed il 2010.*

Parallelamente le terre rare rivestono un ruolo centrale nell'industria dei paesi sviluppati. Non solo sono indispensabili per molti processi industriali, ma sono parte insostituibile di molti prodotti tecnologici la cui domanda è destinata a crescere esponenzialmente nei prossimi anni, come le auto elettriche o le installazioni eoliche. La concentrazione delle risorse e della

produzione di tali metalli in un unico paese, la Cina, oltre a mettere a rischio interi settori industriali, potrebbe compromettere la rivoluzione verde legata all'utilizzo di energie rinnovabili ed auto elettriche.



*Localizzazione geografica di riserve, produzione e consumo di terre rare
(da Espansione - La voce delle imprese pubblicato il 6 settembre 2012)*

La SRE Minerals Limited, società con sede nel Regno Unito, ha da poco annunciato la scoperta di un grande deposito di terre rare (REE - Rare Earth Elements) in Corea del Nord.

La scoperta potrebbe essere uno dei più grandi depositi di terre rare del mondo, ma sono ancora in corso ulteriori esplorazioni nelle zone interessate.

Inoltre la società ha stretto un accordo di joint venture, della durata di 25 anni, con la Korea Natural Resources Trading per i diritti sullo sfruttamento del nuovo deposito di terre rare di Jongju, a nord di Pyongyang. La joint venture ha dato vita ad una nuova società, con sede alle Isole Vergini Britanniche, che prende il nome di Pacific Century Rare Earth Minerals Ltd.

Secondo le stime iniziali, il deposito ammonta a circa 6 miliardi di tonnellate di minerali, comprendenti sia terre rare leggere che terre rare pesanti. Il valore del deposito è di migliaia di miliardi di dollari e potrà produrre, come sottoprodotti, anche fluorite, apatite, zircone, nefelina, feldspato e ilmenite.

Il nuovo deposito in Corea del Nord, porta a raddoppiare le attuali riserve mondiali conosciute di ossidi di terre rare.

Per l'Asia Times, una scoperta di riserve di terre rare tanto importante, significa un grosso miglioramento delle prospettive economiche per tutta la Corea del Nord. Infatti, secondo gli analisti, anche senza riforme o cambiamenti strutturali nel paese, i nuovi giacimenti di terre rare porteranno ad un miglioramento delle condizioni economiche e ad una maggiore prosperità per tutta la popolazione. Inoltre, i benefici economici attesi, potranno portare a relazioni internazionali più distese.

Anche se l'interesse degli investitori esteri per la Corea del Nord è recentemente cresciuto grazie a nuove infrastrutture, l'entità della nuova scoperta ha acceso un vero e proprio interesse internazionale per investire nel paese.

Certamente, è ancora molto difficile per le imprese straniere fare affari con la Corea del Nord. Ad esempio, il paese non ha relazioni con il Giappone ed è ancora tecnicamente in guerra con la Corea del Sud.

Inoltre le strutture del paese, benché in miglioramento, sono ancora molto scarse, con la conseguenza di rendere assai più costoso qualsiasi investimento, soprattutto nel settore minerario. Ma l'interesse di moltissimi paesi ad infrangere il monopolio della Cina nel settore delle terre

rare, che controlla oltre il 95% della produzione mondiale, potrebbe portare al superamento di tutte le difficoltà.

☢ La presenza di questo simbolo significa che l'elemento è radioattivo perché contiene almeno un isotopo instabile.

Ringraziamenti

Ringrazio in modo particolare l'amico Bruno Fassina, socio del GMPE, per avermi offerto le macrofotografie di minerali di terre rare da lui stesso eseguite su campioni rinvenuti nelle sue escursioni di ricerca.

Ringrazio per la disponibilità concessami per l'uso delle foto presentate nei loro siti:

John Betts <http://johnbetts-fineminerals.com/>

Theodore Gray <http://www.periodictable.com/>

Daniele Paglialunga <http://www.tavolaperiodica.it/progetto.html>

Johan Simu e Jitka Zakova <http://nuclearpoweryesplease.org/blog/2012/07/17/radioactive-tourism-a-trip-to-the-ytterby-mine/>

Alessandro Nanni <http://scienzaweb.blogspot.it/2013/08/ecco-gli-orologi-atomici-piu-precisi-al.html>

Le foto dei Sali sono prese dal sito

Forum su Chimica e Scienza <http://myttex.net/forum/>

Bibliografia

Francesco Borgese - *Gli elementi della tavola periodica. Rinvenimento, proprietà, usi. Prontuario chimico, fisico, geologico*, Roma, Cisu Editore, 1993

Albert Frank Cotton, Geoffrey Wilkinson - *Chimica inorganica*, CEA Editore, 1984

Theodore Gray - *Gli elementi*, Rizzoli Editore, Anno 2011

James E. Brady, John R. Holum - *Fondamenti di chimica*, Bologna, Zanichelli Editore, 1985

Sam Kean - *Il cucchiaino scomparso*, Adelphi Edizioni, Milano, 2012

Hugh Aldersey-Williams - *Favole periodiche*, Milano, Rcs Libri S.p.A, 2011



Aeschnynite (base 1mm)
Ghiacciaio Triolet (AO)

Collezione e foto Bruno Fassina



Allanite (base 1,2 mm)
Torre di Stracciapappe (RM)

collezione e foto Bruno Fassina

Andar per sassi...e non solo...un anno (2014) di uscite GMPE

IYCr2014 l'Anno Internazionale della Cristallografia 2014 di Paolo Rodighiero



CRISTALLI !

Uno sguardo sul mondo della cristallografia

Scolecite su stilbite rosa – minerale simbolo della mostra

La mostra “Cristalli!” è stata curata da un qualificato gruppo di docenti dell’Università di Padova e di Pisa ed è stata allestita nel periodo ottobre 2013-Febbraio 2014 nelle sale espositive del Centro Ateneo per i Musei dell’Università di Padova, presso l’Orto Botanico. Fortemente voluta dal Prof. Gilberto Artioli ha voluto celebrare aspetti teorici ed applicativi della cristallografia in occasione dell’Anno Internazionale ad essa dedicato. I cristalli – certamente noti a tutti sotto forma di gemme, fiocchi di neve, o grani di sale – sono ovunque in natura. Lo studio della loro struttura e delle loro proprietà permette uno sguardo approfondito nell’intimo delle geometrie degli atomi – uno sguardo che contribuisce allo sviluppo scientifico nella chimica, nella fisica dello stato solido, nelle scienze della terra, ed anche, a sorpresa di molti, nella biologia e in medicina. È trascorso un secolo da quando i cristalli hanno dischiuso i loro segreti. Nel frattempo, la cristallografia è diventata la struttura portante della scienza delle strutture atomiche e molecolari, mostrandoci la struttura del DNA, permettendo la comprensione e lo sviluppo delle memorie dei calcolatori, fornendo la visione di come le proteine si formano nelle cellule, e aiutandoci a produrre nuovi materiali e nuovi farmaci.

Ecco perché nel luglio 2012, la risoluzione 66/284 dell’Assemblea Generale delle Nazioni Unite ha dichiarato il 2014 - a 100 anni dall’assegnazione del primo Premio Nobel per la scoperta della diffrazione dei raggi X da parte dei cristalli - Anno Internazionale.

Gli argomenti della mostra, curata da un qualificato gruppo di docenti, includono: cristalli come oggetti del desiderio, storia della cristallografia, la vita dei cristalli: nascita, crescita, morte; strutture dei cristalli, aspetti tecnologici e applicazioni i cristalli nelle scienze della terra, i cristalli nell’arte.

Il Gruppo Mineralogico Paleontologico Euganeo ha partecipato attivamente offrendo campioni mineralogici e gemme delle collezioni dei soci e garantendo nel corso della manifestazione visite guidate.

COMITATO ORGANIZZATORE

Gilberto Artioli, Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova
Ross John Angel, Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova
Antonella Cancellier, Dipartimento di Scienze Politiche, Giuridiche e Studi Internazionali, Università di Padova
Alberto Carnera, Dipartimento di Fisica e Astronomia “Galileo Galilei”, Università di Padova
Alessandro Guastoni, Curatore del Museo di Mineralogia, Università di Padova
Gianmario Molin, Dipartimento dei Beni Culturali, Università di Padova
Giulio Peruzzi, Dipartimento di Fisica e Astronomia “Galileo Galilei”, Università di Padova
Luciano Secco, Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova
Giuseppe Zanotti, Dipartimento di Scienze Biomediche, Università di Padova

Con il contributo di:

Renato Pagano, Milano
Federico Pezzotta, Museo di Storia Naturale, Milano
GMPE, Gruppo Mineralogico e Paleontologico Euganeo

Una “zingarata” di Paolo Liberati

Bruno mi chiama al telefono e mi dice: “BISOGNA” accompagnare Franco al museo Geopaleontologico di Camposilvano perché deve fare una ricerca sul fondatore.

Ci siamo ritrovati in 5, Paolo, Marco, Bruno, Gian Carlo e Franco e siamo partiti da Monselice verso Camposilvano.

Prima sosta nella cava di Selva di Tregnago, poco a nord di Selva di Progno, per cercare un tipo di pietra, una dolomia variegata chiamata “*fioriti di val di Tregnago*”, che Franco vuole utilizzare per farne una “PALLA” per la sua collezione di “PALLE”.



“fioriti di val di Tregnago” (aut. Franco Colombara)



“appassionati” cercatori di rocce (aut. Paolo Liberati)

Arrivati a Camposilvano abbiamo fatto un giro per il paese e per comprare le vettovaglie.

Abbiamo trovato una macelleria che vende anche panini e ce ne siamo fatti preparare 15 con formaggi, speck e salami locali (non si sa mai ci rimanesse un po’ di fame....).

Dopo la visita al paese siamo andati verso il museo e purtroppo l’abbiamo trovato chiuso.

Non ci siamo persi d’animo ed abbiamo deciso di visitare “la Valle delle Sfingi” sempre nel comune di Camposilvano/Velo Veronese.

La Valle delle Sfingi è lunga circa 800 metri e presenta una serie di grossi monoliti in calcare (Rosso Ammonitico ed Oolite di San Vigilio), variamente modellati dalla disgregazione e dall'erosione, allineati longitudinalmente sul fondovalle e regolarmente distanziati l'uno dall'altro. Si sono originati per l'erosione e la dissoluzione di uno strato di Rosso Ammonitico che spesso poggia su di una base di Dogger selcioso (più facilmente erodibile), composto da Oolite di San Vigilio, formando così delle forme a fungo. Il Rosso Ammonitico che compone i monoliti è stratificato in senso orizzontale mostrando così le varie fasi di sedimentazione a cui è andato soggetto, ciascuna delle quali può essere durata migliaia di anni. Da ammirare sono alcuni monoliti posti a meridione della contrada vicino ad una pozza, ed alcune formazioni caratteristiche a "Prua di nave".



La “palla”!!!... (aut. Franco Colombara)



Formazioni a “Prua di nave” (aut. Paolo Liberati)

Arrivati in fondo alla valle abbiamo deciso di mangiare i “pochi” panini che abbiamo comprato e detto tra noi erano proprio speciali.



i partecipanti occupati a “spolverare panini” (aut. Paolo Liberati)

Dopo esserci rifocillati abbiamo deciso di visitare la località di GIAZZA un piccolo paese molto caratteristico.



Immagini di Giazza (aut. Paolo Liberati)

Sempre nei dintorni abbiamo visitato altre 2 cave in cerca di minerali ma non siamo stati fortunati. Nel tardo pomeriggio abbiamo deciso di ritornare verso casa e per la strada ci siamo fermati per comprare le ciliegie che in questi posti sono veramente buone.

Ultima sosta in un bar per una bella birra..... Da notare l'ultimo modello di borsello da uomo utilizzato dal Bruno per mettere gli occhiali ed il portafoglio, pensate che l'ha "portato a spasso" tutta la giornata.



La nuova versione di borsello "BRUNELLO" (aut. Paolo Liberati)

Mostra “Luci e colori della terra” di Paolo Rodighiero

Il lusinghiero incontro tra una delegazione del GMPE e l'Assessore alla cultura della Provincia di Padova ci ha consentito la realizzazione di una esposizione di gemme.

La mostra “Luci e colori della terra”, allestita a tempo di record, è durata un mese e precisamente dall'8 aprile all'8 maggio 2014. Per l'occasione abbiamo potuto godere di una sala del Palazzo S. Stefano, Sede della Provincia di Padova, in Piazza Antenore nel pieno centro cittadino.

L'itinerario espositivo iniziava con la presentazione di alcuni minerali particolarmente estetici in grado quindi di catturare l'attenzione del visitatore. Una breve descrizione evidenziava l'importanza del minerale e l'eventuale uso come gemma.

Con le vetrine successive si entrava nel vivo della mostra.

Berillo acquamarina – Hunza Valley (Pakistan)



Sono state presentate, infatti, gemme allo stato grezzo e tagliate. Dapprima le più importanti e conosciute quali: il diamante, i corindoni nelle varietà rubino e zaffiro, i berilli nelle varietà azzurra (acquamarina), verde (smeraldo) e rosa (morganite) e l'opale così ricercato nelle gioiellerie attuali e successivamente le gemme semipreziose: topazio, tormaline, spodumene, spinello, opale, zoisite, olivina, danburite, zircone, scapolite, cordierite, granati, ortoclasio, ecc.

In altre vetrine sono state proposte le pietre dure allo stato grezzo e lavorato, quali turchese, lapislazzuli, giada, rodocrosite, malachite che sono le più conosciute, ed inoltre alcune meno note, quali serpentino, ematite, rodonite, amazzonite, adularia, labradorite, sodalite, unakite, chiasolite, diopside, cianite, diopside, cromodiopside e la pectolite dominicana conosciuta con il nome di larimar.

Gli espositori successivi presentavano le varietà di quarzo impiegate in gioielleria, da quelle colorate a tutta una serie interminabile di quarzi con le più svariate inclusioni che giocano effetti assolutamente straordinari.



Sopra: tanzanite ct 6,44 - (Arusha, Tanzania)



Sopra: tanzanite grezzo - (Arusha, Tanzania)

Sotto: opale di fuoco - Querétaro (Messico)



Sotto: opale di fuoco ct 3,26 - Querétaro (Messico)



Nella sezione dedicata alle gemme organogene sono state proposte alcune varietà di perle con le relative descrizioni delle tecniche di allevamento delle ostriche, e di corallo con i relativi luoghi di ricerca. Per quanto riguarda le gemme organogene di terra sono stati presentati e descritti monili o oggetti finemente lavorati in avorio e in ambra. Il primo ricavato dalle zanne di elefante o del suo antenato mammoth, la seconda pescata nelle rive del Mar Baltico. Di questi materiali così ricchi di storia sono state inoltre descritte alcune curiose storie mitologiche.

Non poteva mancare la gemma che contraddistingue il territorio dei nostri Colli Euganei. Tra le numerose località estrattive è ancora chiaramente visibile nella zona di Montegrotto la cava di perlite che ha garantito in passato ma che ancora oggi offre una varietà di calcedonio. In certi campioni il rosso acceso di questa pietra le garantisce una bellezza paragonabile con le migliori corniole.



Calcedonio-cava di perlite (Montegrotto)



Corniola- cava di perlite (Montegrotto)

L'esposizione si è allargata inoltre ad altre gemme del Veneto e in particolare del Vicentino quali la johannsenite, la xonotlite, minerali rari e poco conosciuti ma che tagliati e lucidati presentano una bellezza per nulla inferiore a tante altre pietre più conosciute e da sempre nel mercato.

Una accurata serie di cartelloni illustravano al visitatore le definizioni di roccia, minerale e cristallo e principali proprietà fisiche dei cristalli (durezza, lucentezza, sfaldatura, birifrangenza, trasparenza, colore, pleocroismo) così importanti nel settore della gioielleria.

La mostra ha avuto un discreto numero di visitatori che hanno potuto godere della guida garantita da un socio del GMPE sempre presente nell'orario di apertura.



Una vetrina con minerali grezzi di grandi dimensioni

Ret@venti
2014 cultura

Regione
Veneto
Provincia
di Padova

Ricerca di minerali presso la cava di Perlite di Monte Alto di Paolo Liberati

Con Bruno e Gian Carlo ci siamo organizzati per fare un giro di ricerca presso la cava di Perlite. Dopo una buona colazione al bar vicino a casa di Bruno, siamo partiti verso la cava. Abbiamo fatta un po' di fatica a trovarla perché nessuno si ricordava bene la strada ma dopo aver chiesto ad un passante siamo riusciti a localizzarla.

Scaricati gli attrezzi e presi i 2 carrellini abbiamo iniziato la salita. Arrivati "in loco" con mazzette e scalpelli ci siamo messi a "spaccare" pietre.

All'inizio non abbiamo trovato tanto ma poi..... tante pietre da far tagliare e ridurre con alcuni pezzi veramente belli.



*Gian Carlo e Bruno ed il carrellino "stracarico" di sassi.
(aut. Paolo Liberati)*



Gian Carlo e Paolo contenti della splendida e proficua giornata (aut. Bruno Simoni)

Per chi non la conoscesse ancora alcuni accenni sulla cava. Il Monte Alto (207 m), vicino a Montegrotto, si è formato in seguito ad una eruzione sottomarina di lava riolitica, brecciata al contatto con l'acqua. Il brusco raffreddamento ha formato microsfele di feldspati in facies vetrosa (perlite), osservabili nella cava abbandonata.

UBICAZIONE: comune di Montegrotto Terme.

DESCRIZIONE: dalla strada Torreglia-Galzignano, prima dei tornanti, si imbocca via Volti e la si percorre costeggiando il versante est dei Monti Zogo e Alto fino oltre le ex cave di trachite. Si imbocca a destra un sentiero sconnesso che permette di raggiungere l'ex cava di perlite. Questa presenta un fronte piuttosto ampio e visibilmente instabile. La roccia affiorante (riolite) assume aspetti assai diversi: è visibile riolite vetrosa di colore verdino, riolite perlitica (aggregato di forme subsferiche di vetro), riolite fluidale talvolta alternata a perlite pulverulenta. Anche i colori sono molto vari: verdino, verde bottiglia, bianco, giallino e rosato. La tendenza a solidificare sotto forma di vetro è dovuta al rapido raffreddamento delle lave in ambiente sottomarino, che non permette la formazione di cristalli. La perlite veniva utilizzata in edilizia come materiale isolante termico-acustico.

Gita sul Monte Corno a casa del Presidente di Paolo Liberati

Anche quest'anno siamo stati invitati dal presidente ed abbiamo accettato ben volentieri. Giornata è stata splendida, un po' freddina ma non è piovuto ed abbiamo mangiato come lupi. Varie insalate fredde, di riso e di farro, un favoloso cous cous preparato da Maddalena, come primi e grigliata come secondi e per finire dolci a volontà. Alcune istantanee per documentano la giornata:



L'assistente fuochista (Bepi) che si prodiga ad asciugare il primo fuochista (aut. Marzia Bazzacco)



Le due "comari" (aut. Marzia Bazzacco)



Le costine promettono bene (aut. Marzia Bazzacco)



I più coraggiosi che mangiano all'aperto (aut. Paolo Liberati)



Bepi «....ghe xè gnente altro da magnare????!!» (aut. Paolo Liberati)



I meno temerari che mangiano al caldo della stube (aut. Paolo Liberati)



La giusta pausa dopo la pappatoria (aut. Paolo Liberati)



La pausa sigaretta(aut. Paolo Liberati)

Quest'anno abbiamo avuto anche la visita di un ospite "indesiderato" dal Presidente ma molto apprezzato dagli ospiti, una bella viperetta:



Appena scovata (aut. Paolo Liberati)



poi se ne va perché disturbata (aut. Paolo Liberati)



Pronta all'attacco.....(aut. Paolo Liberati)

Dopo aver salutato Paolo e Francesca ringraziandoli della loro squisita ospitalità siamo andati a fare una passeggiata per i boschi di Monte Corno.



Alcune gitanti (aut. Paolo Liberati)



Bepi con il caschetto, la mazzetta ed un reperto mineralogico (aut. Paolo Liberati)

Come al solito ringraziamo tutti i partecipanti per la splendida giornata e specialmente Paolo e Francesca .

Una mostra di icone di Bruno Simoni

Cosa c'entra il GMPE con le icone? È andata così: una mattina di inizio giugno alle 7,30! del mattino mi chiama sul cellulare Bepi Sanco... penso *“che catastrofe sarà accaduta?”* per chiamare a quest'ora, ma lui, come se fosse la cosa più che normale mi dice *“ho sentito don Antonio e mi ha chiesto se gli allestiamo una mostra in occasione della sagra parrocchiale di inizio settembre, ma non di fossili o minerali perché oramai ci ripeteremmo fatti venire in mente qualcosa e parlane con lui quando dopodomani vai alla riunione del venerdì sera”*. E lì mi ha lasciato basito, come si dice. Poi mi è venuta in mente un'amica di famiglia, Vilma Pegoraro, che è maestra iconografa presso il Laboratorio iconografico parrocchiale San Paolo Apostolo in Padova e ho provato a contattarla per capire se aveva la possibilità di proporre qualcosa.... non mi ha detto né sì né no, ma solo *“vediamo di capirne di più”*.



Una panoramica della Mostra



Vilma Pegoraro al lavoro nel mini laboratorio

Così al venerdì ho sentito don Antonio che mi fa *“no, una mostra di icone no, è già stata fatta una mostra a soggetto religioso l'anno scorso!”*. Nei momenti di panico interviene qualcosa che la scienza non è ancora riuscita a spiegare: in rapida successione mi è venuto in mente che le icone si fanno con i colori, che i colori si fanno con i pigmenti? e che i pigmenti sono in maggior parte di origine **minerale**? **Risolto!**

Dico a don Antonio *“e se oltre alle icone allestissimo anche tutta la parte tecnica: materiali, strumenti, modalità di realizzazione, e inoltre predisporre un mini laboratorio e realizzare un'icona durante la mostra?”*, *“ah sì”* mi risponde lui *“in questo caso sì...”*. Evito tutto il resto, la mostra si è fatta dal 30 di agosto al 7 settembre.

Nella bellissima sala del patronato di S. Lorenzo di Abano, che è anche la sede del GMPE sono state esposte una cinquantina di opere dei maestri e degli allievi del Laboratorio inoltre è stato predisposta un'area con ampia illustrazione degli aspetti tecnici che stanno alla base di quest'arte affascinante e si può affermare con tranquillità che non meno di un migliaio di persone ha visitato la mostra dimostrando spesso notevole interesse.

E il GMPE? Innanzi tutto alcuni soci, Giancarlo Casarini in particolare, si sono resi disponibili per il servizio di sorveglianza e assistenza in sala, qualcuno ha messo a disposizione minerali e pigmenti e infine, cosa davvero bella, molti soci sono venuti a visitare la mostra... compreso il Bebi e la Maddalena.

Voglio cogliere l'occasione di queste righe per ringraziare in primis don Antonio Toigo, gli organizzatori della sagra, in particolare il signor Gianni, inoltre il GRAZIE più grande voglio dirlo a don Luca Milani per tutto quello che ha fatto durante la mostra, per la sua disponibilità e per la sua gentilezza.



Il tavolo "tecnico"



Gabriella e Giancarlo Casarini visitatori interessatissimi

Gita a Monaco per l'annuale "Munich Mineral Show" di Paolo Liberati

Anche quest'anno gli amici del gruppo mineralogico di Verona hanno organizzato l'annuale gita a Monaco in occasione del **"Munich Mineral Show"**, il cui tema quest'anno era incentrato sulle meteoriti. Del gruppo GMPE hanno preso parte Bruno, Mauro, Libero, Marco Erica e Giovanni, Marzia, Paolo. La partenza all'alba è stata un po' pesante ma poi, arrivati in Fiera dopo diverse ore di viaggio, tutto è passato. Minerali e fossili di ogni tipo e genere ci hanno accompagnato per due giornate. Per Giovanni, la nostra mascotte che oramai è cresciuto ed è più grande di me, è stata un'esperienza unica. Domenica a notte fonda, anzi lunedì a mattino presto (erano le 02.30) siamo ritornati alle nostre case stanchissimi ma carichi di sassi e felici della splendida gita fatta. Grazie agli organizzatori e a tutti i partecipanti.



*Libero, Marco, Giovanni, Erica e Marzia
(aut. Paolo Liberati)*



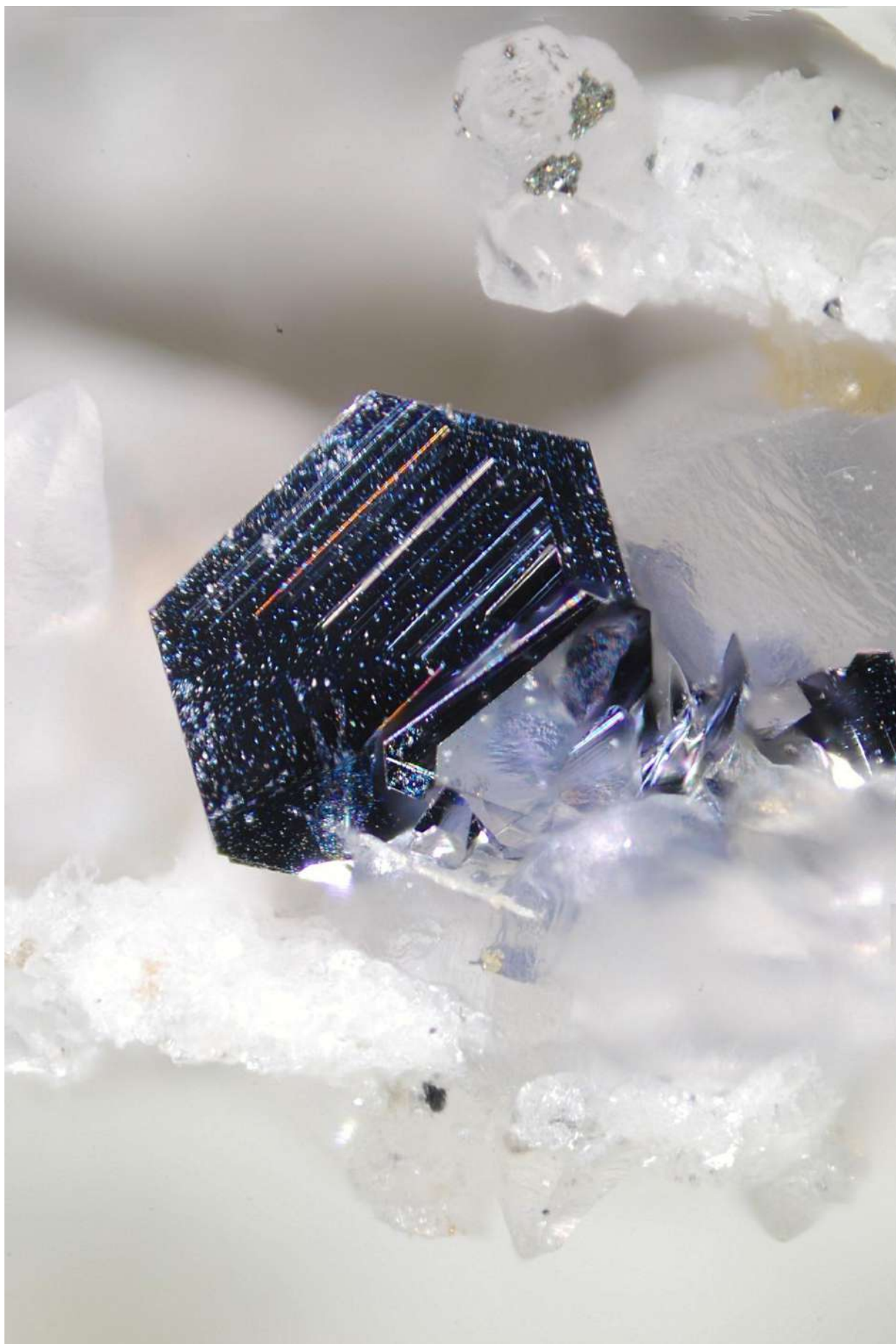
Mauro e Bruno (aut. Paolo Liberati)



Fossili di pigne di araucaria (aut. Mauro Leonetti)



Un frammento della meteorite caduta a Chelyabinsk in Russia il 15 febbraio 2013 (aut. Mauro Leonetti)



Molibdenite - Zovon - colli Euganei (foto Bruno Fassina)