



Rendiconti
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
*Memorie e Rendiconti di Chimica, Fisica,
Matematica e Scienze Naturali*
138° (2020), Vol. I, fasc. 2, pp. 183-200
ISSN 0392-4130 • ISBN 978-88-98075-40-9

Il contributo italiano alla nomenclatura mineralogica

ANNIBALE MOTTANA¹

¹ Accademia Nazionale delle scienze detta dei XL; già Professore di Mineralogia alle Università di Roma “La Sapienza” e Roma Tre. E.mail: segreteria@accademiasci.it

Abstract – *Italian contributions to mineral nomenclature.* The rigid application by IMA, the *International Mineralogical Association*, of the concept of ideal mineral species to define and to name the ever increasing number of new solid substances detected in the natural realm is certainly correct from the scientific standpoint but sometimes does not fit the real world, which is intrinsically trending toward complexity. How did the present classification arrive to include almost 5700 mineral species? Which was the Italian contribution to it, on account of the need to maintain traditional names and to adapt the orthography of new names to the Italian language?

Keywords: mineral; nomenclature; classification; orthography; history of language

Riassunto – Il modo rigido in cui attualmente la *International Mineralogical Association* (IMA) applica il concetto idealizzato di specie minerale per definire e dare un nome alle sempre più numerose sostanze solide nuove rinvenute in natura è senz'altro scientificamente corretto, ma spesso non si confà alla realtà naturale che è intrinsecamente tendente alla complessità. Come si è arrivati all'attuale classificazione che annovera quasi 5700 specie minerali? E quale è stato il contributo italiano a costruirla, mantenendo dove possibile la nomenclatura tradizionale e adattando alla nostra lingua l'ortografia di termini stranieri?

Parole chiave: minerale; nomenclatura; classificazione; ortografia; storia della lingua

Introduzione

Il fine di questo contributo è duplice: a) riassumere e precisare i criteri seguiti dalla Associazione Internazionale di Mineralogia (IMA) per riconoscere e denominare una nuova sostanza inorganica naturale e farlo in italiano, che è la nostra lingua e di cui l'Accademia si fa carico di cercare di conservarne in campo scientifico la valenza internazionale e: b) tracciare, almeno per sommi capi, come siano stati proposti e formulati nella letteratura scientifica nazionale i nomi delle specie minerali più comuni, tenendo conto del fatto che gran parte delle nuove scoperte effettuate negli ultimi tempi è frutto della ricerca sul campo di cultori appassionati della Mineralogia che spesso non conoscono nessun'altra lingua se non la propria e che, perciò, si autoescludono dalla lettura

delle cosiddette «*recommendations*» che l'IMA diffonde e periodicamente aggiorna nella lingua internazionale del momento, ossia in inglese.

Apparirà, dalla lettura di ciò che segue, che l'Italia geografica², grazie alla complessità della sua struttura geologica ossia del substrato in cui si formano e crescono i minerali, mantiene ancora una posizione prossima al primato³ e, inoltre, che sono italiani parecchi dei mineralisti di spicco che hanno formulato le 'raccomandazioni' e che hanno contribuito alla nomenclatura e alla classificazione sistematica e gerarchica della Mineralogia⁴ internazionale attuale.

1. La nomenclatura e la classificazione gerarchica raccomandate della Associazione Mineralogica Internazionale

Le ultime raccomandazioni delle varie commissioni di specialisti che sono state fatte proprie dall'IMA e che sono considerate vigenti a tutti gli effetti, sono raccolte in un corposo documento edito in occasione della XXII riunione generale dell'Associazione, tenutasi nel 2018 in Australia (Schertl *et al.* 2019). Nel presentare il loro volume, gli editori fanno rilevare come l'origine di questo insieme di regole stringenti (perché di tali si tratta, non tanto di semplici raccomandazioni) debba essere fatta risalire all'operato della 'Commission on New Minerals and Mineral Names' (CNMMN) creata all'interno del-

² Sono un convinto sostenitore del paradigma geografico che l'Italia è «*il bel paese ch'Appennin parte e 'l mar circonda e l'Alpe*» (Petrarca, *Canzoniere*, CXLVI, versi 13-14), anche se ciò può apparire sciovinistico ed è comunque antistorico date le millenarie infiltrazioni di allogeni e alloglotti distribuiti tutt'intorno ai suddetti confini. L'Italia come nazione è, invece, un'altra cosa: è un ideale basato sulla diffusione, a partire dal XII secolo, della lingua letteraria venuta a crearsi e a consolidarsi tramite, in particolare, le "Tre Corone" (Dante, Petrarca e Boccaccio). A sostegno di questa lingua e del suo ruolo nella scienza è stata fondata nel 1782 questa Accademia. Ne sarei un cattivo presidente se non ne fossi un convinto sostenitore e non mi prodigassi per essa.

³ A seconda del procedimento preferito (se per numero di specie scoperte o per numero di specie per area geografica), l'Italia è terza o quarta al mondo (Cirriotti *et al.* 2009 p. 12).

⁴ Il termine stesso di Mineralogia è stato coniato da un docente italiano, il padre Bernardo Cesi SJ, ma in latino, lingua internazionale della sua epoca (Mottana, 2017, 2018). La differenza appare solo nella pronuncia perché l'accento è piano in italiano e sdrucciolo in latino. Tuttavia, l'ortografia italiana, a differenza di quella spagnola, non contempla altre accentuazioni al di fuori di quella delle parole tronche e pertanto negli scritti la differenza non può apparire, a meno che non sia l'autore stesso che la voglia evidenziare tramite appositi procedimenti grafo-linguistici.

l'IMA nel 1959 allo scopo di razionalizzare la nomenclatura mineralogica che, all'epoca, già presentava contraddizioni e sovrapposizioni. La ricerca mineralogica si stava, infatti, sviluppando internazionalmente sempre di più, ma tramite scuole nazionali autonome e per certi versi concorrenti, per cui, oltre alle proposte di nuovi minerali avanzate nelle consuete lingue scritte in caratteri latini, l'IMA doveva prenderne in considerazione varie altre in lingue scritte in caratteri diversi (in particolare in cirillico) da trascrivere poi in una forma univoca per tutti.

Parallelamente si stavano sviluppando classificazioni impostate su criteri scientifici differenti e, per questa ragione, nel 2000 fu creata la 'Commission on Classification of Minerals' (CCM), il cui fine era di strutturare in modo gerarchico l'intera sistematica mineralogica, senza forzature derivanti da tradizioni e/o preferenze di scuola, ma piuttosto avendo cura di chiarire i criteri chimici e/o strutturali della classificazione proposta. Questo secondo fine non poté essere raggiunto, perché, secondo una precisa strategia che partiva dalla classificazione cristallochimica di Hugo Strunz (1941) rivisitata da Strunz & Nickel (1995) e poi ancora da Nickel & Grice (1998), l'IMA decise nel 2006 di far confluire in un'unica 'Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification' (CNMNC) i contributi delle sopraddette CNMMN e CCM (Burke 2006). Si pensava, ottimisticamente, di imbrigliare in uno stesso schema le differenti tradizioni e scuole e di rendere così omogenea l'intera Natura inorganica, ma alla prova dei fatti si è potuto già verificare che l'ostacolo non è rappresentato dalle tradizioni di scuola o dalle dispute nazionalistiche, ma dal fatto che esistono soluzioni solide tanto complesse da non permettere di raggiungere quella che è una condizione necessaria per l'accettazione di una proposta o di una soluzione concertata tra diversi pareri. In molti casi manca il *consensus*, se non da parte di tutti almeno delle personalità considerate più eminenti nel settore. Per questa ragione sono sati nominati in seno all'IMA i diversi 'Subcommittee on ...' che cercano di arrivare a una soluzione condivisa per diverse famiglie particolarmente complesse di minerali.

Inoltre, col passare degli anni, l'effettiva capacità di determinare in maniera accurata le caratteristiche chimico-fisiche e la cristallochimica dei minerali anche molto complessi si è affinata sempre di più, anche se in misura differenziata tra i vari paesi che afferiscono all'IMA (59 nel 2018). All'analisi chimica tradizionale per via umida si è sostituita quasi ovunque la sonda elettronica (EMPA), appoggiata spesso dalla spettroscopia di massa

(MS) e dalla *'inductively coupled plasma-mass spectrometry'* (ICP-MS) fino ad arrivare (almeno finora) alla *'nanoscale secondary ion mass spectrometry'* (nanoSIMS), di cui esistono al mondo pochi laboratori. In questo modo si è in grado di determinare in maniera quantitativa tutti gli elementi del sistema periodico presenti nel minerale. Dalla determinazione della struttura cristallografica di base tramite la diffrazione dei raggi X (XRD) e dei neutroni (ND) si è arrivati alla osservazione diretta degli atomi col microscopio a scansione a effetto tunnel (STM), poi con la microscopia elettronica a trasmissione (TEM) integrata con varie tecniche spettroscopiche secondo i più diversi spettri d'energia (MS, FTIR, XAFS, ecc.), ottenendo una visione accurata della ripartizione e dell'ordinamento dell'intorno, a lungo o a corto raggio (*'long- or short-range'*) dei vari costituenti chimici nei diversi siti strutturali, anche grazie a un acuto uso di modelli di calcolo reso possibile dalla sempre maggiore velocità (e il minor costo) dei calcolatori.

I nuovi metodi e i nuovi risultati non sono più il frutto di sforzi individuali, ma sono resi disponibili a tutti gli utenti di grandi laboratori internazionali, localizzati in modo ineguale, ma diventati più o meno accessibili alle comunità scientifiche grazie alla galoppante globalizzazione. Nel complesso, si è passati dallo studio qualitativo o, al massimo, semi-quantitativo degli elementi maggiori di campioni omogenei almeno millimetrici, possibile quasi ovunque, alla determinazione quantitativa di tutti gli elementi e degli isotopi e alla loro mappatura a una scala di meno di 50 nm, possibile solo in pochi laboratori, di solito creati da enti internazionali. In breve: sono diventati studiabili volumi di materia naturale invisibile e inaccessibile cinquant'anni fa. Come contrappasso, per raggiungere certi risultati, bisogna sapersi muovere tra diverse tecniche e laboratori e coltivare la collaborazione scientifica internazionale. Il mineralista singolo capace di individuare una specie nuova è diventato un'eccezione⁵, sostituito dal gruppo di studiosi specializzati che nell'insieme concorrono a risolvere il problema. La Mineralogia dipende sì dalla buona ricerca sul terreno, ma ancor più dall'interazione tra buoni scienziati di formazione differenziata.

È ovvio, quindi, che il numero di specie minerali da nominare e classificare sia salito da circa due migliaia del

1959 (le cosiddette *'grandfathered species'*, o *'specie ereditate'* che sono generalmente accettate nel loro nome, ma sono state anzitutto riviste nelle loro caratteristiche cristallografiche e, quindi, nella loro classificazione tramite le nuove tecnologie e perciò, spesso, sono state suddivise in varie specie nuove su basi diverse)⁶ a quasi 5700, con un aumento annuo medio superiore alle 80-100 specie. Ci si aspetta che molte altre ne saranno riconosciute quando si approfondirà la ricerca e lo studio dei quasicristalli (Bindi *et al.* 2011) e dei cosiddetti *'minerali dell'Antropocene'* sulla cui formazione e/o trasformazione ha agito direttamente o indirettamente l'uomo (soprattutto prodotti di reazione in accumuli di scarti da miniera) e di cui ben 208 sono stati identificati in prima istanza (Hazen *et al.* 2017).

Il moltiplicarsi dei nomi dei minerali non è solamente dovuto all'aver aperto all'esplorazione svariate zone della Terra mai prima adeguatamente visitate dall'uomo perché il riscaldamento climatico in corso non lo aveva ancora permesso (per esempio il substrato litoide dei ghiacciai continentali, ora finalmente di nuovo esposto all'osservazione dopo il massimo climatico olocenico culminante all'incirca nel 1300 AD), ma anche (e, tendenzialmente, soprattutto) allo studio del materiale solido presente nello spazio interplanetario. Le regole, per essere buone, devono valere in ugual misura per tutti: per la Terra, per tutti i corpi extraterrestri e per il materiale disperso nello spazio, quando è possibile raccoglierlo.

Il primo minerale non terrestre riconosciuto dall'IMA fu la *armalcolite*, raccolta sulla Luna nella regolite del Mare Tranquillitatis (Anderson *et al.* 1970). Da allora l'esplorazione dei satelliti e dei pianeti simili alla Terra ne ha prodotte meno di una decina, perché molte di esse erano già presenti sulla Terra dove erano cadute meteoriti. La meteorite Khatyrka, precipitata sulla Terra nella remota regione dei Koryak della Siberia orientale, è un caso-limite: essa ha mostrato di contenere un minerale

⁵ Rimangono, tuttavia, esempi incredibili di "fiuto", ossia di capacità di discernere un minerale raro o nuovo tra una congerie di frammenti del tutto comuni, che sono inesplicabili, ma che diventano effettivi solo dopo che uno studio appropriato ne ha messo in evidenza tutte le caratteristiche raccomandate.

⁶ Difficilissimo, in particolare, è trovare *consensus* sull'applicazione della *«dominant-constituent-rule»* (= regola del costituente dominante: Hatert & Burke 2008) a minerali che sono soluzioni solide di più di tre componenti e alla stessa modalità di ripartire il triangolo (o quadrilatero) composizionale. La formulazione del concetto di soluzione solida (o *'cristalli misti'*) si deve a E. Mitscherlich (1818-19) e, dopo due secoli, per certi casi non ha ancora trovato una soluzione condivisa. Intervengono nella sua applicazione ai casi reali sia i diversi stati di ossidazione dei cationi pesanti, sia la conformazione assunta dagli anioni presenti nella struttura, rendendo così impervio il *consensus* sul modo di calcolare la formula chimica, il che inevitabilmente si traduce sulla cristallografica e nella classificazione della sostanza.

extraterrestre strutturalmente del tutto anomalo, in quanto si tratta di un quasicristallo⁷: la *icosaedrite* (Bindi *et al.* 2011). In questa meteorite era già stata trovata e descritta una specie nuova di composizione inconsueta, ma di struttura normale (*khatyrkite*), ma la icosaedrite ha il pregio di essere il primo quasicristallo mai trovato in natura dopo oltre 30 anni di sintesi e studi di laboratorio: anni fruttuosi allo sviluppo della ricerca chimico-fisica, proprio perché molto contrastati, almeno all'inizio. Proprio per questo motivo l'icosaedrite di Khatyrka è stata studiata a fondo sotto tutti gli aspetti e con i più sofisticati metodi disponibili, riscontrando così che ha un'età uguale o maggiore di quella del nostro pianeta. Si è formata, quindi, nella stessa nebula da cui si è formata la Terra, restando sospesa in uno spazio del tutto privo di ossigeno (testimoniato dal fatto che tra gli elementi caratterizzanti ha l'alluminio, un metallo noto per essere avido di ossigeno) dove ha subito collisioni a pressione altissima fino a quando non è precipitata al suolo 20-40.000 anni fa.

Nel materiale raccolto a Khatyrka sono state trovate altre due specie di quasicristalli e, addirittura, forse, di due generazioni diverse, talché si è aperto un nuovo filone di ricerca per la Mineralogia, se vorrà appoggiarsi al centro di Astrochimica-Astrofisica, di cui possiamo vantare la presenza nella nostra Accademia. Altre nuove specie mineralogiche si affacceranno dallo spazio a mano a mano che le sonde spaziali, rientrando, porteranno sulla Terra particelle solide filtrate nello spazio attraversato durante la missione. Ad esempio, gli strumenti della missione Rosetta della 'European Space Agency' (ESA) hanno mostrato che al nucleo della cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko è presente ghiaccio amorfo frammito a un materiale definito «terroso», ma di struttura ignota (Barucci *et al.* 2016).

Nel 2000 un incauto geochimico francese affermò che la Mineralogia era morta. Non lo è: ha di fronte a sé un futuro, per ora indeterminabile, ma deve saperlo organizzare secondo una strategia di ricerca che tenga conto di metodologie strumentali sempre più precise (e sempre più costose e più difficili da utilizzare) e una rigorosa sistematica gerarchizzata.

Alla base della Mineralogia moderna rimane il concetto, mutuato dal '*Systema Naturae*' (Linnaeus 1735)

⁷ In questo contesto, è superfluo spiegare che cosa sia un quasicristallo: basta dire che ha una struttura atomica che non rispetta nessuna delle 230 distribuzioni simmetriche teoriche previste dalla teoria matematica che costituisce la base della Cristallografia (gruppi spaziali).

ma solo dopo che era stata accuratamente discusso nella sua applicazione al caso specifico, che fu espresso per la prima volta nel 1801 da Déodat Gratet de Dolomieu: quello di 'specie mineralogica' ('*mineral species*')⁸. Al presente, la definizione di minerale in quanto specie mineralogica recepita dell'IMA è ancora quella data ripetutamente, anche se con minime variazioni nei termini, da E.H. Nickel (1995a p. 346; 1995b p. 690): «*a solid chemical substance formed as a result of geological processes*» (= una sostanza chimica solida formatasi come risultato di processi geologici). Una simile definizione è troppo generica e, al tempo stesso, troppo strettamente connessa con l'essere un minerale il prodotto degli agenti geologici (temperatura, T, pressione, P, e ambiente chimico, X) e non dell'azione diretta o mediata dell'uomo o magari dei batteri, per raggiungere il *consensus* di molti cristallografi nella cui mente è impiantato il paradigma atomistico della costituzione della materia solida, cioè quello preso come assunto dalla Chimica e dalla Fisica, che hanno sviluppato anch'esse sistemi di nomenclatura e classificazione particolari e propri.

Tuttavia, una volta superata *de facto* la limitazione al tipo di genesi, ossia se si trascura il fatto che i minerali dovrebbero avere solo origine geologica inorganica, non mediata da esseri umani (cfr. il problema sollevato dai minerali dell'Antropocene di Hazen *et al.* 2019), una loro classificazione che sia basata sulle sole proprietà intrinseche (natura e distribuzione dei loro atomi) è possibile ed è proprio questa cui tende la moderna classificazione sistematica. La stessa succinta definizione data da

⁸ La definizione data da Dolomieu (p. 122) è: «*L'espèce minérale est un être distinct de tous les autres par une constitution particulière, qui reçoit de cette constitution tout ce qui doit le caractériser. Cet être existe dans la molécule intégrante; il est représenté physiquement par les masses homogènes qui ont été soumises aux lois de l'agrégation régulière, et il tient sous sa dépendance tous les êtres qui ont une semblable constitution, lors même que des vices de conformation les éloignent de la représentation physique de l'espèce, ou que des superfluités et des souillures lui font porter une livrée étrangère*». (= La specie mineralogica è un essere che si distingue da tutti gli altri a causa della sua costituzione particolare e che riceve da questa costituzione tutto ciò che serve a caratterizzarlo. Questo essere esiste nella molecola integrante; fisicamente è rappresentato da masse omogenee che sono state sottomesse alla legge dell'aggregazione regolare e tiene sotto di sé tutti gli esseri che hanno una costituzione simile e perfino quelli che hanno vizi di conformazione che li allontanano dalla rappresentazione teorica della specie, o che certi particolari superflui e certe macchie fanno portare una livrea strana e diversa). Linneo faceva della specie un gradino gerarchico sottostante il genere e la divideva inoltre in sottospecie. Dolomieu trascura ogni gerarchia e si basa solo sulla specie, che egli considera il tassello fondamentale che costituisce la Terra.

Nickel è contraddetta dall'autore che, nello stesso anno, ha pubblicato un grande testo in cui la classificazione di tutti i minerali (all'epoca ca. 3500) è basata sul criterio cristallografico (Strunz & Nickel 1995).

A maggior ragione, essa perde una ulteriore parte del suo valore quando si considera che la CNMNC approva i nuovi nomi introdotti nella nomenclatura solo quando la descrizione del minerale è eseguita secondo raccomandazioni in cui non figura praticamente nulla sulle condizioni di pressione e temperatura dell'ambiente in cui si forma una sostanza in natura (Geologia), mentre sono richieste precisissime informazioni sulla sua composizione elementare (Chimica) e sulla sua struttura atomica (Fisica). Infine, l'intera architettura della classificazione sistematica (di cui discuteremo tra poco) si basa su criteri chimico-fisici, in particolare sul catione dominante dei diversi siti strutturali considerati per la classificazione, e non tiene in alcun conto le condizioni di formazione, anzi cerca di raggiungere tale informazione per una via opposta: dedurla dalla cristallografica.

Tipico è il modo di pensare che si riflette nella formulazione della definizione di 'gruppo': «*A mineral group consists of two or more minerals with the same or essentially the same structure, and composed of chemically similar elements*»⁹ (Mills *et al.* 2009 p. 1074; cfr. Hatert *et al.* 2013). Non solo una simile definizione non prende in considerazione le tre variabili temperatura (T), pressione (P) e ambiente chimico (μ , X) fondamentali per la Geologia, così screditando la stessa definizione IMA di specie mineralogica, ma non ha raggiunto il *consensus*. Anche se sostenuta da un congruo numero di esperti ricercatori (es. Mills *et al.* 2009), ha suscitato la reazione di altri (es. Bosi *et al.* 2019)¹⁰ perché comporta una serie di dubbi sulla gerarchia effettiva di raggruppamenti a livelli maggiori e minori: (1) classe, (2) sottoclasse (3) famiglia, (4) supergruppo, (5) gruppo, (6) sottogruppo (o serie).

Va da sé che la specie mineralogica rimane sempre l'unità fondamentale, il caposaldo di tutta la costruzione gerarchica, anche se la sua definizione recepita dall'IMA è probabilmente riduttiva¹¹. Ulteriori problemi non pre-

si nella dovuta considerazione riguardano nozioni importanti come quella di 'varietà' (spesso dipendente dalla presenza di elementi in tracce che danno colorazioni particolari) che pure è utilizzato in molti esempi approvati di classificazione sistematica (cfr. Schertl *et al.* 2019 pp. 33-353) e su cui si basa la Gemmologia, branca economica della Mineralogia.

L'applicazione di gerarchie formulate solo su principi cristallografici che trascurano quelli geologici sta pian piano colonizzando la Mineralogia (Schertl *et al.* 2019), così che attualmente ci sono ancora interi raggruppamenti di minerali geologicamente molto importanti economicamente oltre che quantitativamente rilevanti sulla superficie della Terra (feldspati, miche, argille) che sono privi di una loro classificazione sistematica interna, mentre altri, per cui la comunità si è messa d'accordo, godono di una nomenclatura e di una sistematica perfettamente congruenti (granati, epidoti, anfiboli) anche se a volte difficilmente applicabili da coloro che ne dovrebbe essere i principali fruitori: i geologi, o almeno, tra questi, i petrologi e i mineralisti di campagna. Il ricercatore cristallografico teorico non se ne cura, o accetta compromessi per chiudere momentaneamente la questione irrisolta, nell'intesa che la ricerca futura la chiarirà; infatti, a queste incongruenze si può – o meglio: si potrà, prima o poi – rimediare, ma solo dopo un adeguato numero di ricerche approfondite e, forse, grazie a un cambiamento di paradigma nella mente degli operatori. L'argomento non è irrilevante, perché da oltre due secoli non è cambiato un principio fondamentale che la Mineralogia ha mutuato dalla Chimica. La composizione chimica ha altrettanta importanza nel definire i minerali quanta ne hanno i caratteri morfologici, ottici e ponderali, tanto è vero che R.J. Haüy, che pure tanto contribuì alla conoscenza dei minerali in quanto solidi costituiti dall'impilamento di 'molecole integranti' tutte uguali tra loro, ne fu influenzato e costruì la sua classificazione (1801) sul tipo di cationi metallici presenti (ossia sul 'principio elettropositivo').

Quasi subito, però, prevalse il criterio opposto, sviluppato da J.J. Berzelius (1814, 1819), che basava la classificazione sul tipo di anione presente nella formula chimica (ossia sul 'principio elettronegativo'). Questo principio ha dominato e, dopo essersi combinato col criterio strutturale, prima puramente morfologico (G. Rose

⁹ «Un gruppo minerale consiste in due o più minerali con la medesima struttura o essenzialmente la medesima struttura, ed è composto di elementi chimicamente simili».

¹⁰ Questo lavoro fornisce un buon numero di informazioni sullo stato della nomenclatura e della sistematica di altri gruppi di minerali che non sono stati considerati da Schertl *et al.* (2019).

¹¹ Maggiori informazioni su questi argomenti si ricavano dalle relazioni, ben documentate e attuali negli esempi, di Roberta Oberti e Giancarlo Della Ventura nel Quaderno n. 30 dell'Accademia delle Scienze di Torino (2019), interamente dedicato ai cri-

stalli misti. Nello stesso Quaderno, Fabrizio Nestola pone una serie di problemi sul ruolo geologico delle soluzioni solide nelle profondità della Terra.

1852), poi atomico, con la scoperta della diffrazione dei raggi X che permette di determinare la posizione degli atomi a livello submicroscopico con il relativo legame (W.L. Bragg 1913), che continua a dominare tuttora. La classificazione IMA attuale, che riprende, sostanzialmente, quelle di Strunz (1941), di Strunz & Nickel (1995) e poi ancora da Nickel & Grice (1998), divide il mondo minerale in 10 classi (1. Elementi; 2. Solfuri e Solfosali; 3. Aloidii; 4. Ossidi; 5. Carbonati e Nitrati; 6. Borati; 7. Solfati; 8. Fosfati, Arsenati e Vanadati; 9. Silicati; 10. Composti organici). Ciascuna classe è poi suddivisa al suo interno in base a criteri suoi propri, che possono essere anche divergenti. Ulteriori suddivisioni creano così numerose scale gerarchiche che hanno tutte, alla base, la specie singola, caratterizzata da una composizione e da un gruppo spaziale suoi propri.

Solo per fare un esempio, riferito ai minerali più comuni sulla Terra, citerò la suddivisione interna della classe 9. Silicati. Essa è basata sulla polimerizzazione dell'unità silicatica di base, il tetraedro $[\text{SiO}_4]^{4-}$, e comprende: A. Nesosilicati, B. Sorosilicati, C. Ciclosilicati, D. Inosilicati, E. Fillosilicati, F. Tettosilicati. La sottoclasse A. Nesosilicati si articola in 10 supergruppi (es. 9.AC) e ciascuno di questi in vari gruppi (es. 9.AC.05) che a loro volta possono comprendere famiglie o serie (es. olivine) oppure specie singole.

Attualmente, la CNMNC ritiene adeguata alle esigenze scientifiche la gerarchia sistematica formulata per un buon numero di raggruppamenti, tutti caratterizzati da uno stesso motivo strutturale anionico anche se gli anioni possono essere diversi chimicamente tra loro: granati, epidoti, tormaline, pirosseni, anfiboli, zeoliti, solfosali, perovskiti, piroclori, idrotalciti e apatiti (Schertl *et al.* 2019) ed esprime il suo augurio per ulteriori avanzamenti che, in effetti, ci sono stati, perché la letteratura contiene molte proposte di nuovi gruppi e perfino supergruppi che non sono state ancora sufficientemente vagliate dalla CNMNC e, di conseguenza, non ancora approvate dall'IMA. Io, ricercatore anziano ormai in disarmo anche se interessato a mantenermi informato sugli sviluppi della mia scienza, trovandomi citato nei documenti che sono serviti a stabilire quattro dei raggruppamenti sopraddetti, mi reputo ragionevolmente soddisfatto del lavoro compiuto e rimpiango solo di non aver insistito presso colleghi più giovani e più competenti di me affinché portassero a termine la nomenclatura e la classificazione sistematica delle nicchie, su cui esiste una gran mole di dati cristallografici e petrologici (cfr. Mottana *et al.* 2002; Brigatti & Mottana 2013).

2. Storia italiana dei nomi dei minerali

Come la maggior parte delle lingue europee, l'italiano nasce portandosi come eredità la tradizione scientifica greco-latina perché quasi tutto ciò che il mondo antico aveva elaborato è contenuto nella grande enciclopedia di Plinio il Vecchio, il cui 37° e ultimo libro, relativo alla Mineralogia¹², fu diffuso nel 77/79 AD e fu sempre disponibile durante i tempi scientificamente bui del più profondo Medioevo. Su questo sterminato trattato si basano i compendi di Solino e di Isidoro di Siviglia, ben noti nell'alto Medioevo, ma né l'originale né uno dei due compendi fu il testo più diffuso tra i cultori di minerali del basso Medioevo, cioè nel periodo in cui effettivamente si erano già distinte e andavano vieppiù differenziandosi le lingue neolatine: allora, la conoscenza dei minerali derivava piuttosto e prevalentemente dalla traduzione latina eseguita in data ignota e da un ignoto autore di un poemetto greco-alessandrino di tipo compilativo attribuito a Evace, re d'Arabia¹³. Nel 1081/1090 si basò su di esso Marbodo di Rennes per comporre il poema di 730 esametri intitolato «*Liber lapidum seu de gemmis*» (= libro delle pietre ossia sulle gemme: cfr. Riddle 1977) dal quale derivano quasi tutti i trattati italiani medievali sui minerali (e più in generale dei tre regni della Natura), fino alla profonda riconsiderazione umanistica dell'intero mondo classico.

Il primo documento letterario italiano contenente nomi di minerali è il sonetto XXXV di Giacomo da Lentini, 'il Notaro', scritto tra 1233 e 1240¹⁴, pervenutoci però non

¹² Ci sono altri riferimenti, descrizioni e termini relativi a pietre e metalli («*lapides, fossilia*»), anche nei libri precedenti, ma in un contesto non sistematico, spesso di tipo artistico.

¹³ Questa traduzione, il cui primo testimone manoscritto risale alla fine dello XI secolo («*Cavensis 3*»), aveva già subito contaminazioni da parte di un altro testo probabilmente greco-alessandrino attribuito a un certo Damigerone, un autore noto a scrittori latini del II-III secolo e, nei 20 manoscritti rimasti, dimostra di aver subito numerosi rimaneggiamenti.

¹⁴ È solo un elenco di termini, usati per esaltare la bellezza di una dama, per cui non può essere precisato da quale autore precedente l'autore sia stato influenzato nella sua scelta: probabilmente proprio da Marbodo, la conoscenza del quale è testimoniata a Montecassino, ossia in area limitrofa al regno di Sicilia, allora retto da Federico II di Svevia. I nove termini, nell'ordine in cui sono citati nella poesia, sono: «*diamante, smiraldo, zafiro, topazzo, giacinto, rubino, aritropia, amatista, carbonchio*» (Antonelli 2008 vol. I p. 524). Essi sono evidenziati in neretto nella prima colonna dell'Appendice 1, ma la loro presenza o meno (e la loro posizione relativa) già induce a ritenere che vi è una nostra carenza d'informazione su ciò che sulle gemme realmente sapevano gli scrittori del XIII secolo.

nella versione originale siciliana, ma in una trascrizione di mano fiorentina effettuata tra la fine del XIII e l'inizio del XIV secolo. Numerosi testi più lunghi, formanti un vero e proprio genere letterario detto 'lapidario', esistono in vari dialetti settentrionali a partire dal Trecento in poi, ma solo alcuni, in prosa, meritano di essere citati: il trattato in mantovano di Vivaldo Belcazer (ca. 1299/1309); il lapidario 'volgarizzato' in fiorentino da Zuccherro Bencivenni (inizio XIV secolo); il 'Lapidario Estense', in dialetto trevisano (metà XIV secolo); il lapidario fiorentino che è un autografo di Franco Sacchetti (fine del XIV secolo) e altri. Sono tutti o quasi tutti anonimi; tutti sono più o meno derivati da Marbodo, ma quasi tutti sono per lo più impostati con le gemme elencate in ordine alfabetico.

Precede tutti questi testi in prosa il poemetto in 'nona rima'¹⁵ noto come 'L'Intelligenza', della fine del XIII secolo, che, dalla 16^a alla 59^a delle sue 309 strofe descrive, nella stessa sequenza in cui le descrive Marbodo, le gemme che ornano la corona di una dama, l'Intelligenza, interpretata allegoricamente come la capacità umana di affrontare le situazioni in maniera positiva. L'autore è anonimo (Anonimo 2000; D'Angelo 1990), ma si ritiene che si tratti di un toscano sud-orientale, forse di ambiente senese, che compose il suo 'volgarizzamento' volutamente calcandone la stesura su alcuni aspetti particolari, soprattutto fonici, del suo linguaggio (Appendice 1)¹⁶.

Quasi altrettanto antico, ma molto più influente, è il poema 'Acerba', rimasto incompleto perché il suo autore, Francesco Stabili, meglio noto come Cecco d'Ascoli, fu bruciato vivo come eretico sulla piazza di Firenze nel 1327. Nelle strofe XVI, XVII e XVIII del terzo libro sono descritti 29 minerali (Appendice 1), inclusi alcuni non citati da Marbodo e senza che sia mantenuto il suo ordine, insistendo piuttosto sulle loro proprietà salutifere che trarrebbero origine dall'influenza degli astri. A differenza de 'L'Intelligenza', che è tramandata da due soli codici, 'Acerba' ebbe un'immensa diffusione: sono note oltre 70 copie medievali complete e un numero imprecisato di citazioni.

¹⁵ È un raro tipo di poesia tutta in endecasillabi divisa in strofe di nove versi rimanti ABABABCCB (D'Angelo, 1990).

¹⁶ I minerali descritti sono in realtà 56 perché alcuni sono ripetuti oppure mancano (in particolare, manca l'ottavo, che nel testo di Marbodo è la sardonica e che nell'Appendice 1 ho sostituito col cristallo). Sono tutti gemme. In aggiunta, fuori dall'elenco trascritto nello stesso ordine della fonte (che è Evace attraverso Marbodo), ci sono alcuni altri nomi di minerali usati come termini di confronto: tra questi vi è, appunto, «cristallo» usato come apposizione per sottolineare la grande trasparenza di una gemma incolore (Anonimo 2000 § 16 p. 147).

Praticamente, 'Acerba' saturò o quasi il mercato, tanto che bisogna attendere il 1476 per avere un nuovo elenco di nomi di minerali: essi sono contenuti nell'incunabolo che esibisce il primo 'volgarizzamento' completo dell'enciclopedia di Plinio, effettuato da Cristoforo Landino in una lingua volutamente fiorentineggiante (Appendice 1). Intenzione del Landino, chiaramente espressa nella dedica al suo committente, il re di Napoli Ferrante I d'Aragona, era che: «*Plinio di latino diventi toscano e di romano fiorentino*», facendo sì che la «*fiorentina lingua*», che era già una delle più ricche dal punto di vista lessicale e godeva di una prestigiosa, secolare reputazione, si arricchisse di quel lessico specialistico, scientifico e tecnico che ancora le mancava. Per questo egli trascrisse quasi immutati i nomi degli oltre 230 minerali citati, secondo norme ortografiche che preludono, ma che non sono ancora quelle di Pietro Bembo¹⁷. Con questa pubblicazione si consolidavano, da un lato, le conoscenze mineralogiche e, dall'altro lato, era arricchita e precisata la terminologia, che non dipendeva più solamente da quella mutuata dai vari 'volgarizzamenti' di Marbodo rielaborati da poeti e prosatori dialettali, ma recepiva quella latina classica, a sua volta dipendente da quella greca.

Tra i nomi dei minerali conosciuti nel Rinascimento ci sono, per quanto solo in modesta misura, anche termini derivati dall'arabo attraverso le traduzioni in latino (e i successivi 'volgarizzamenti' sia in castigliano sia in italiano)¹⁸ effettuate nel XII-XIII secolo. Molti di questi termini (oltre alla interpretazione innovativa della dottrina aristotelica che, ulteriormente riveduta in funzione cristiana, darà vita alla dottrina Scolastica) sono contenuti

¹⁷ Il programma del Landino è manifesto anche se ci sono soppressioni e chiose che non si spiegano se non con una volontà critica che eccede il concetto stesso di traduzione (Marcelli 2011). Per questo essa fu, all'epoca, aspramente criticata proprio perché fu ritenuta troppo fiorentineggiante e poco rispettosa dell'originale, talché Ferrante incaricò il suo bibliotecario Giovanni Brancati di correggerla, ma egli, dopo alcuni capitoli, declinò di farla tutta, con la scusa che avrebbe dovuto riscriverla da capo (Antonazzo 2018).

¹⁸ Tra questi, importante è il 'lapidario' attribuito ad Alfonso X 'el Sabio', re di Castiglia, ma in realtà compilato da un dotto ebreo mozarabo che utilizzò varie fonti arabe, principalmente antiche come al-Kindi, al-Biruni e Avicenna, ma in parte rielaborate da scrittori arabi andalusi suoi contemporanei. Ne esistono quattro versioni scritte entro il 1279 rielaborando la prima del 1243-1250. La traduzione italiana moderna (1997) mantiene i nomi dell'originale castigliano, che sono spesso traslitterazione del nome arabo: a volte essi sono interpretabili, a volte no. I minerali sono descritti con un criterio astrologico: secondo le costellazioni che influirebbero su di loro.

nel *'De mineralibus'*¹⁹ (= Sui minerali) composto in latino da Alberto Magno e divenuto punto di riferimento ineludibile degli scienziati successivi quando la sua dottrina fu recepita dalla chiesa cristiana ed egli fu santificato.

Ad Alberto Magno, più che a Plinio, si ricollega idealmente l'ultimo trattato mineralogico del Medioevo: lo *'Speculum lapidum'* (= Specchio delle pietre) di Camillo Leonardi, andato in stampa nel 1502 durante quello che si suole considerare il pieno Rinascimento. Vi sono elencate oltre 280 pietre, per lo più preziose, ma anche comuni, purché presentino simboli che possano fare riferimento all'astrologia. Le descrizioni sono tratte dai lapidari precedenti, in particolare da quello castigliano di Alfonso il Saggio e da quello di Alberto Magno, e a ciascuna pietra è assegnato un significato allegorico, facendone così un amuleto.

Riassumendo quanto affermato finora, la conoscenza dei minerali in Italia agli inizi del XVI secolo era limitata soprattutto alle pietre preziose e riguardava indifferente specie e varietà, soprattutto «*ex colore*», senza una sistematica ben definita, ma comunque indirizzata a esaltarne le proprietà o mediche o magiche. Questo indirizzo, prevalentemente gemmologico e di impostazione vagamente pliniana, durò per tutto il secolo (Agricola 1550²⁰; Imperato 1599; cfr. Appendice 1) e oltre, anche se nella seconda metà del Cinquecento il panorama conoscitivo era cambiato, perché la diffusione delle traduzioni italiane dei libri in latino di Agricola aveva allargato notevolmente la conoscenza facendo riferimento anche ai minerali presenti nelle miniere. Un certo influsso di termini si ebbe partendo dalle Colline Metallifere del-

la Maremma toscana, facilitando, assieme all'effettivo riconoscimento di minerali prima trascurati, l'uso di nomi locali o di quelli latini di Agricola trascritti secondo l'ortografia toscana.

Nella Toscana marittima l'uso della lingua volgare in campo minerario è testimoniato fin dal 7 giugno 1219, grazie al *'Breve di Montieri'*: un documento di carattere giuridico che regolava la vita della comunità cittadina, più o meno tutta orientata allo sfruttamento delle miniere²¹, ma in cui scarseggiano i riferimenti linguistici precisi. Termini minerari relativi ai metalli non furono mai persi dalla lingua, anche se non generarono testi specialistici: bisogna cercarli in documenti notarili, giuridici e mercantili di ogni tipo²².



Fig. 1. La più antica classificazione dei minerali e delle pietre, secondo Agricola (1550).

La traduzione in italiano dei trattati latini di mineralogia e metallurgia di Agricola fu determinante per innovare le conoscenze minerarie, petrografiche e fusorie e tutto ciò avvenne nonostante e dopo che era stato pubblicato il primo trattato italiano sull'argomento: il *'De la Pirotechnia'* del senese Vannoccio Biringuccio (1540). È impressionante constatare che, nonostante la sua priorità, il trattato di Biringuccio, in un italiano piuttosto povero dal punto di vista lessicale e grammaticale, abbia dovuto lasciar libero il campo al *'De re metallica'* di Agricola

¹⁹ Questo trattato elenca in ordine alfabetico i nomi di 99 minerali, qui non riportati perché in latino. Tra di essi, parecchi appartengono a una fonte greca di cui Plinio non poté tenere conto perché scritta più o meno contemporaneamente alla sua enciclopedia: il *'De materia medica'* di Dioscoride di Anazarba. Da lui discende un filone di termini mineralogici usato nella medicina medievale che è del tutto indipendente da quello gemmologico prevalente. Parecchi di questi minerali salutariferi non figurano in testi italiani fino a vari secoli più tardi. Non esiste, per quanto ne so, una traduzione in italiano, né umanistica né più recente, del trattato di Alberto Magno, perché non può essere considerata tale un *'Libro de le uirtu de le herbe et prede [= pietre] quale fece Alberto Magno uulgare'*, stampato a Venezia nel 1495, che è in gran parte apocriefo. Con l'Umanesimo, l'italiano scientifico regredisce, poiché il latino diventa la lingua ufficiale dell'università fino alla metà del XVIII secolo e agli stampatori conveniva finanziare massicce opere in latino in uso da parte dei dotti e imposte da loro agli studenti piuttosto che snelle operette in volgare contenenti nozioni nuove e utili.

²⁰ In questo libro è contenuta una classificazione dei minerali e delle pietre che precede ogni altra (Figura 1).

²¹ Il manoscritto fu scoperto e pubblicato da Gioachino Volpe (1908), che lo commentò sotto gli aspetti letterario, giuridico e sociale, ma non poté farlo sotto quello del linguaggio tecnico, semplicemente perché il breve non contiene termini specifici, pur se regola l'attività degli operatori di miniere di «*argentos*». Notevole è comunque la frase: «*dare, come diritto del Comune, un corbello di minerale per i primi quattro, due corbelli per i secondi quattro, un corbello per i terzi. Queste [le miniere] siano tenute a provvedere o far provvedere all'accantonamento.*» Contiene la prima attestazione scritta del termine generico «minerale» e una delle prime attestazioni del termine «miniera».

²² Questo è esattamente ciò che sta facendo l'Opera per il Vocabolario Italiano (OVI) e, più compiutamente, il Tesoro della Lingua delle Origini (TLIO), il cui progetto non è peraltro concluso.

nella traduzione eseguita nel 1563 dall'espatriato fiorentino Michelangelo Florio (*De l'arte de metalli*) e pubblicato a Basilea, ossia all'estero, dove la Controriforma non poteva arrivare. La ragione del prevalere di questa traduzione sta senz'altro nel minore uso di termini tecnici locali delle Colline Metallifere senesi, quasi gergali, dove Biringuccio aveva lavorato, e nel suo miglior uso dell'ortografia italiana, che segue le norme proposte da Pietro Bembo (1525), laddove sia Biringuccio sia, a fine secolo, Ferrante Imperato, adottano ancora costrutti e lessemi latineggianti (Appendice 1). Agricola (e, quindi, anche Florio) era a conoscenza del trattato di Biringuccio e lo loda (oltre a copiarne alcune parti), ma non esita a utilizzare la sua maggiore conoscenza del latino e del greco per coniare termini più idonei a far capire come si presenta il materiale che descrive: essi risulteranno più orecchiabili anche per il lettore italiano. Quando si trova in difficoltà con metalli o minerali i cui nomi gli erano ben noti in tedesco²³, ma non lo erano in latino, Agricola non esita a creare latinismi che, nella traduzione del Florio, diventeranno accettabilissimi per gli italiani e sostituiranno i termini tradizionali.

Nella nomenclatura, i termini usati da Plinio sopravviveranno soprattutto per le gemme, talvolta storpiati o cambiando da neutro a maschile a femminile e sono usati tuttora, benché solo in parte. Il trattato sulle gemme di Giacinto Gimma, scritto nel 1730, recepisce per quanto possibile sia i nomi tradizionali delle gemme sia quelli delle pietre e dei minerali di miniera (per altro non molti, almeno nella traduzione che riguarda più la metallurgia che la mineralogia) introdotti da Agricola (Appendice 2)²⁴,

²³ I primi trattati tedeschi di Mineralogia e Metallurgia furono dati alle stampe ca. 1505-1510 da Ulrich Rùlein von Kalbe, ma rappresentano la sintesi di una tradizione più che secolare. Il suo lavoro era ben noto ad Agricola (che lo cita come «*Calbus Freibergensis*»), ma rimase totalmente ignorato dagli italiani, che erano tagliati fuori dall'ambiente minerario tedesco anche per motivi religiosi. Agricola rimase cattolico fino alla morte, pur vivendo in una regione dove la riforma protestante aveva fatto salda presa. Il suo traduttore era un frate cattolico spretato, esule e diventato pastore protestante, ma la circostanza non era nota (o non importava) ai censori cattolici che si fidavano della correttezza dottrinale dell'autore primario e ai quali, a ogni buon conto, l'editore Froben si guardò bene di chiedere l'*imprimatur*.

²⁴ Agricola era ben conscio dell'importanza della nomenclatura e del fatto che egli metteva per iscritto nozioni in latino contenenti termini minerari non nuovi, ma mai usati in stampa fino ad allora. Al termine del «*Bermannus*» (1530) c'è un elenco latino-tedesco dei termini usati, curato dal suo assistente Plateario. Purtroppo, non c'è un analogo elenco latino-tedesco-italiano né in fondo alla traduzione del Tramezzino (1550) né in quella del Florio (1563).

ma questo è il suo ultimo spunto autonomo. Egli trascura i minerali usati dai medici, benché alcuni fossero già stati usati dalla Scuola Salernitana dei secoli XI e XII.

I due trattati italiani successivi a quello di Gimma – i primi in cui compare nel titolo il termine 'Mineralogia' oppure 'mineralogico' – sono opera di Gianvincenzo Petrini (1791-1792) e di Carlo Antonio Napione (1797) – e saranno fortemente condizionati dall'accelerazione dalle riforme didattiche, scientifiche e istituzionali volute dall'Illuminismo: le stesse che condizioneranno anche politicamente il futuro dell'Europa tramite la rivoluzione francese. Gli stessi termini minerari tedeschi prima latinizzati e poi italianizzati rimangono come congelati fino alle due grandi rivoluzioni nell'analisi dei minerali e nella conseguente terminologia apportate da Abraham Gottlob Werner e da René Just Haüy.

Werner scrisse poco²⁵, ma la nomenclatura da lui usata per indicare i minerali, tanto quelli noti quanto quelli nuovi, ci è nota tramite i suoi numerosi allievi che trasformarono l'insegnamento orale del maestro in grafici, sommari e tavole esplicative. Fra questi spicca il francese André Brochant, che fece uno sforzo per conciliare i nomi di Werner con quelli che, indipendentemente e quasi in concorrenza, stava coniando Haüy (1801, 1822), coadiuvato da Matteo Tondi²⁶ per la parte grafica del suo trattato.

Il testo di Brochant, ancorché semplificato, ebbe una traduzione italiana nel 1807 che fu una pubblicazione didattica a carattere ufficiale dell'effimero Regno d'Italia napoleonico. Essa è preziosa per delineare il linguaggio tecnico mineralogico italiano e la relativa gerarchia sistematica all'inizio e fino alla metà dell'Ottocento, quando cominciò a essere sostituito dal primo trattato di G. Omboni (1852) uscito in varie stesure e in edizioni plurime. Brochant non abbandona il criterio linneano di

²⁵ Impossibile passare sotto silenzio, tuttavia, il suo primo trattato, tutto dedicato alla diagnostica. Nelle sue 302 p. (che Brochant riassume da p. 19 a p. 92 del suo testo), Werner definitivamente abolisce il nome «fossili» per indicare minerali e pietre insieme; inoltre separa la Mineralogia (con la Gemmologia) dalla Petrografia (chiamata Orittologia) e, infine, asserisce che per denominare un nuovo minerale è necessario disporre di un campione omogeneo della nuova sostanza che sia possibile studiare tramite un'osservazione accurata delle caratteristiche esteriori, basate sui sensi (Figura 2).

²⁶ Tondi divenne poi professore a Napoli, succedendo a Gismondi (che i Borboni, ritornati al potere, rinviarono a Roma, dove il papa Pio VII lo riprese con piacere riconoscendone le qualità) e scrisse un testo molto ridotto rispetto a quello di Haüy (1827). Suo allievo fu Arcangelo Scacchi, che però afferma di non aver appreso nulla d'importante da lui.

Mineralogia di Brochant tom. I. pag. 19.

TAVOLA rappresentante il Sistema Werneriano sui caratteri esterni de' Fossili.

Caratteri esterni generici universali de' Fossili.

1. Il colore.
2. La coesione delle particelle secondo cui si distinguono i Fossili in

		Solidi		e	Fluidi
		Solidi in istretto senso	e Friabili		
		Caratteri esterni generici appartenenti ai Fossili Solidi	Caratteri esterni generici appartenenti ai Fossili Friabili	Caratteri esterni generici appartenenti ai Fossili Fluidi	
Riconoscibili alla vista	Aspetto esteriore . . .	La figura esterna . . .	La figura esterna . . .		
	Aspetto della frattura . . .	La superficie esterna . . .	La lucentezza esterna . . .	La lucentezza esterna . . .	La lucentezza esterna . . .
		La lucentezza interna . . .	La lucentezza interna . . .	La lucentezza interna . . .	La lucentezza interna . . .
	Aspetto de' pezzi aggregati . . .	La frattura . . .	L'aspetto delle particelle . . .		
La figura de' frammenti . . .					
Riconoscibili al tatto	Aspetto comune . . .	La figura de' pezzi aggregati . . .			
		La superficie di separazione dei medesimi . . .			
		La lucentezza di separazione . . .			
		La trasparenza . . .		La trasparenza . . .	
Riconoscibili all'udito	Aspetto comune . . .	La raschiatura . . .			
		La proprietà di tingere . . .	La proprietà di tingere . . .		
		La durezza . . .	La friabilità . . .	La fluidità . . .	
		L'arrendevolezza . . .			
		La frangibilità . . .			
		La flessibilità . . .			
		La aderenza alla lingua . . .			
		Il suono . . .			
		Lo stridore . . .			

Rimanenti caratteri universali

Al tatto . . .	{	3. L'untuosità al tatto.
		4. La freddezza.
		5. Il peso.
All'odorato . . .		6. L'odore.
Al gusto		7. Il sapore.

Fig. 2. I caratteri esterni dei 'fossili' sui quali si basava la classificazione di Werner (1774) (da Brochant 1807).

classe, genere e specie²⁷, ma si sforza di usare il sistema di riconoscimento di Werner (Figura 2) confrontandolo con quello di Haüy²⁸ e aggiornando entrambi sulla base del chimismo della sostanza, seguendo in questo le indicazioni della scuola mineraria svedese che era stata fatta propria sia da L.-N. Vauquelin, in Francia, sia da M.H. Klaproth, in Germania.

Brochant, nel libro di testo del 1807, non discrimina ancora tra minerali e rocce, come aveva fatto Werner, anzi raggruppa tutte le sostanze solide naturali sotto il termine astratto di «Orittognosia». Egli descrive prima un classe di terre e pietre che chiama «Semplici» con otto generi ripartiti in 98 specie, in modo ineguale e soven-

te con svariate sottospecie, poi due classi di «Sali» e di «Metalli», anch'essi divisi in generi e questi in specie. In tutto, pur con incertezze nella terminologia e nei riconoscimenti, l'elenco di Brochant va da «*Acanticonite*» (una varietà di epidoto) a «*Zolfo*» (di cui distingue come due sottospecie quello nativo comune o di miniera da quello nativo vulcanico) coprendo un amplissimo spettro di termini riferibili a ca. 500 nomi.

Tra la fine del Settecento e in tutto l'Ottocento l'Italia (unico luogo d'Europa in cui esiste un vulcano che, con la sua attività soprattutto fumarolica e di contatto, fornisce in continuazione minerali inconsueti) fu un luogo privilegiato dagli studiosi stranieri per la ricerca e la scoperta di nuove specie minerali. Prima fra tutte la *leucite*, a prima vista considerata un granato bianco, ma poi riconosciuta essere un minerale indipendente e così denominata da Werner (1791) sulla base di campioni portatigli dal Vesuvio e dal tufo di Villa Senni, nei Colli Albani. Seguirono vari altri ritrovamenti di nuove specie, soprattutto da parte di visitatori francesi del complesso Somma-Vesuvio. Fu così che il primo minerale italiano scoperto e descritto da due scienziati italiani (la *cotunnite* di Teodoro Monticelli e Nicola Covelli) comparve nel 1825, quasi 35 anni dopo la prima descrizione della *leucite* da parte di Werner, anche per la trascuratezza dimostrata dagli scienziati stranieri verso la Mineralogia ita-

²⁷ In realtà, basa tutta la nomenclatura sulla specie, definita secondo quanto affermato da Dolomieu (1801), ma raduna più specie sotto un genere, prefigurando il concetto di gruppo.

²⁸ Il nome di un minerale proposto da Haüy è spesso posto in sinonimia con quello che si ricava dall'applicazione delle norme di Werner. Il caso più eclatante è, probabilmente, «*Leucites - Amphigéne*» (Brochant 1807, vol. I p. 103). Non si tratta, da parte dell'autore francese, di voler evidenziare un carattere specifico del minerale, ma piuttosto di screditare il primo nome attribuito in base al colore (*leukós* = bianco) dal rivale tedesco al primo minerale riconosciuto dopo l'accettazione dei criteri diagnostici da lui stesso proposti. Notoriamente, quella che si ritrova è bianca, perché alterata in quella «*pseudoleucite*» che ne mantiene la forma icosaedrica anche se ne oblitera la trasparenza vitrea.

liana, che pure era in fase di ripresa, ma dipendeva ancora molto dalla scuola francese.

A titolo d'esempio: Carlo Giuseppe Gismondi, primo professore universitario di Mineralogia in Italia, essendo stato nominato da papa Pio VII a Roma nel 1806 dotando la sua cattedra di un considerevole Museo, aveva rinvenuto nel 1803 nei dintorni del lago di Nemi una specie nuova e, dal luogo di rinvenimento, correttamente aveva proposto di chiamarla *lazialite*²⁹. Il nome non attecchì tra i frequentatori stranieri del complesso vulcanico dei Colli Albani; anzi, uno meno esperto e più superficiale degli altri propose di dedicare a Haüy un minerale che egli aveva rinvenuto nel complesso M. Somma – Vesuvio e che era identico a quello trovato a Nemi. Il nome del grande mineralista-cristallografo francese ebbe facilmente il sopravvento, e così ora abbiamo la *haiüna*³⁰. Fino a quando a Napoli Arcangelo Scacchi non diede inizio a una sistematica attività di caratterizzazione dei numerosi esemplari rinvenuti nei Campi Flegrei e nel complesso vesuviano, i contributi italiani alla Mineralogia furono solo sporadici, frutto di casi fortunati più che di una valida opera di scuola. Scacchi fu il primo che creò un'attività di ricerca moderna e non per nulla è unanimemente riconosciuto come il padre della mineralogia vulcanica³¹.

Intanto la Mineralogia, benché insidiata in parte dalla Geologia, era diventata una materia fondamentale nell'insegnamento universitario, prima nello Stato Pontificio, poi nel Regno delle Due Sicilie, poi del granducato di Toscana e, infine, nel Regno d'Italia. I testi che hanno formato per decenni la base sistematica della Mineralogia nell'Italia finalmente unita furono scritti da Giovanni Omboni, professore all'università di Padova, e da Ettore Artini, professore al Politecnico di Milano³².

²⁹ La proposta, orale, fu avanzata durante una riunione della 'Accademia dei Lincei' che Feliciano Scarpellini aveva da poco rifondata unendo due accademie locali. Il nome figura pertanto nel verbale della seduta, ma non comparve a stampa su una rivista scientifica. Il danese T.C. Bruun de Neergaard, avendo trovato lo stesso minerale al Vesuvio, fu più che giustificato nel suo proporre la dedica a Haüy.

³⁰ A titolo di tardivo riconoscimento, un altro scienziato straniero, il tedesco K.C. von Leonhard, denominò *gismondina* un minerale rinvenuto nella cava di basalto di Capo di Bove presso Roma: non è il primo minerale dedicato a un mineralista italiano, perché è preceduto dalla *mascagnite*, dedicata dal tedesco D.L.G. Karsten a Paolo Mascagni (1800).

³¹ Gli vengono attribuite 21 specie valide, alcune delle quali sono di grande importanza petrogenetica (*periclasio*): tutte sono 'grandfathered', ovviamente, essendo egli scomparso nel 1893.

³² Chi, insoddisfatto di questi testi, voleva studiare su altri manuali poté avvalersi di testi più descrittivi di specie rinvenibili in

Il testo di Omboni (1867) contiene e descrive un gran numero di specie minerali, non senza aver prima esposto per 360 pagine i loro caratteri esterni, chimici e fisici e i metodi migliori per determinarli, nonché la loro distribuzione sulla Terra come minerali utili. Il criterio seguito nella descrizione delle singole specie è quello tradizionale: prima i metalli e i minerali metalliferi, poi i sali, i minerali formatori di rocce, le gemme e, ultimi, i meno conosciuti (Appendice 2). L'autore, in un apposito capitolo (pp. 606-650) mette a confronto varie classificazioni di minerali proposte, dichiarando (p. 621) di preferire tra tutte quella del francese Gabriel Delafosse (1858), perché raduna sotto un'unica specie tutti i minerali che hanno la stessa composizione chimica e la stessa forma cristallina primitiva, ma separa nettamente il concetto di molecola integrante sviluppato da Haüy da quello di molecola chimica sviluppato da Berzelius.

Il testo di Artini, dopo una lunghissima parte introduttiva che ne occupa quasi la metà anche perché tratta anche il comportamento ottico dei minerali in sezione sottile e introduce nozioni di cristallografia strutturale (pp. 1-291) segue, per la parte descrittiva (pp. 297-577), la classificazione chimica in otto classi proposta da J.D. Dana³³, pur se con piccoli spostamenti che tengono conto soprattutto della forma cristallina e dei rapporti di somiglianza di forme esistenti tra minerali diversi (isomorfismo) per istituire piccoli gruppi entro le maggiori suddivisioni (p. 295). Artini è attento a favorire minerali che siano presenti in Italia, per cui elenca un numero minore di specie di quanto non faccia Omboni (Appendice 2), ma le rappresenta con tavole fotografiche che, per l'epoca, erano da considerare senz'altro molto belle.

Il manualetto di A. Mottana *et al.* (1977), impostato per essere la spiegazione secondo la gerarchia sistematica di allora di una serie di belle fotografie di minerali a colori effettuate da R. Crespi, contiene informazioni in misura molto minore, ma in una forma schematica che ne ha facilitato l'uso didattico. Benché sia impostato secondo la classificazione cristallografica di Strunz, allora arrivata solo alla sesta edizione (grazie alla collaborazione di C. Tennyson), ha raggiunto un'ampia diffusione

località prossime all'università. Testi locali di questo tipo sono molto frequenti e spesso splendidamente illustrati. Più specifico, dedicato ai soli minerali italiani o scoperti da italiani al di fuori dei confini d'Italia, è il testo di M. Ciriotti *et al.* (2009).

³³ Artini non precisa quale delle edizioni del trattato di Dana egli prenda a riferimento: probabilmente si tratta della sesta, aggiornata e revisionata dal figlio dell'autore, E.S. Dana, nel 1892, e passata da 362 a ca. 3000 minerali.

essendo stato tradotto in sei lingue e ristampato fino alla diciottesima edizione. All'epoca, si conoscevano circa 3000 specie minerali di cui meno del 10% tali da poter dare foto di qualità apprezzabile. Attualmente se ne conoscono 5700 circa, moltissime delle quali microscopiche. Molte di esse sono state scoperte da italiani e/o nel territorio italiano. Di queste, 4714 sono solo descritte nel New Dana (1997), una compilazione di dati di ogni specie frutto della collaborazione di numerosi autori americani, che di proposito ha rinunciato a illustrarli e si limita a segnalare le località dove sono stati rinvenuti e raccolti i migliori campioni, rinviando la loro illustrazione a una miriade di pubblicazioni amatoriali.

Nell'ultimo ventennio, tuttavia, sono emerse specie sempre più complesse, grazie all'esatta conoscenza della composizione chimica, non più limitata ai componenti maggiori, ma tenente conto di quelli minori e anche (e qui sta il grande contributo della spettroscopia) dei differenti gradi di ossidazione che lo stesso elemento può presentare in uno stesso minerale qualora il suo intorno di primi vicini sia diversificato, e inoltre la grande potenza dei mezzi di calcolo attuali che permette risoluzioni di struttura impensabili fino a pochi anni fa. Ecco allora che il recentissimo lavoro di Bindi *et al.* (2020) riporta tra i cinque «*most complicated minerals*» finora scoperti almeno un minerale italiano: la *fantappièite*, la cui cella

elementare contiene ben 839 atomi, di ciascuno dei quali Cámara *et al.* (2010) hanno determinato natura, posizione, intorno di primi e secondi vicini, stabilendo che si tratta di un esempio esteso in una sola direzione di una struttura costituita da 33 strati poliatomici uguali che si impilano regolarmente ripetendosi, ma sempre diversamente orientati.

Come ho già accennato, la Mineralogia non è morta e non ha nessuna previsione di morire. Si rinnoverà, sicuramente, e continuerà a cercare il modo migliore di classificare e denominare i costituenti solidi omogenei presenti sulla Terra e dispersi nell'universo. I mineralisti italiani, accademici e non, sono tra i più attivi al mondo nel cercare di mantenerla viva e vivace. Il numero di specie nuove trovate in Italia è sorprendentemente elevato rispetto alla superficie del paese, che si è andata restringendo rispetto a quella geografica ideale. Parecchi tra i mineralisti attualmente attivi fanno o hanno fatto parte delle commissioni dell'IMA oppure contribuito alle riviste specialistiche di più elevata qualificazione con risultati ottimi, ma tutti sono ben consci che la scienza progredisce incessantemente e che nell'arco di alcuni decenni essi diventeranno «*grandfathered*» ossia saranno superati da quelli di nuove generazioni di studiosi che, probabilmente, baseranno la loro ricerca su paradigmi scientifici diversi da quelli dei loro predecessori.

Appendice 1

	Intelligenza	Acerba	Historia Naturale	Cose Fossili	Historia naturale	Storia naturale
	<i>Anonimo</i>	<i>Cecco d'Ascoli</i>	<i>Cristoforo Landino</i>	<i>Michele Tramezzino?</i>	<i>Ferrante Imperato</i>	<i>Giacinto Gimma</i>
	XIII sec. ex.	1323-1327	1476	1550	1599	1730
1	Diamante	Diamante	Diamante	Diamante	Diamante	Diamante
2	Agates	Agate	Acate	Achate	Agata	Agata
3	Allettorio	Alettrio	Alettoria	Alettorio		Alettoria Pietra del gallo
4	Diaspide	Diaspro	Iaspide	Iaspide	Diaspro	Diaspro
5	Zaffiro	Zaffiro	Saphiro	Zaffiro	Zaffiro	Zaffiro
6	Calcedonio	Calcedonio	Carchedonio	Calcedonio	Chalcedonia	Calcedonio
7	Smeraldo	Smeraldo	Smeraldo	Smeraldo	Smeraldo	Smeraldo
8	Cristallo	Cristallo	Christallo	Christallo	Cristallo	Cristallo
9	Onix		Onice	Oniche	Onicha	Onice
10	Sardonio		Sardonice	Sardoniche	Sardonicha	Sardonico Occhio di gatta
11	Grisolito		Chrisolito	Chrisolitho	Chrysolitho	Grisolito
12	Berillo	Berillo	Berillo	Berillo	Beryllo Acquamarina	Berillo

13	Topazio	Topazio	Topatio	Topatio	Topazio	Topazio
14	Grisopasso	Crisopazio	Chrisopraso	Chrisopraso	Chrysoprasio	
15	Giacinto	Giacinto	Giacintho	Hiacintho	Giacintha	Giacinto
16	Amatisto	Ametisto	Amethisto	Ametisto	Amethysto	Ametisto
17	Elidonio	Celidonio	Chelidonia	Chelidonia	—	
18	Jagatesse	Gagate	Gagate	Gagate	Gagate Succino Naphta	Gagate
19	Magnetes		Magnete	Magnete	Magnete Calamita	
20	Chelonite		Chelonitide	Chelonitide		
21	Prassio		Prasio	Prasio	Prasma Prasio	Prasio Plasma
22	Galatida		Galattite	Galattite		
23	Oritesse		Orite	Orite		
24	Liparia		Lipare	Lipare	Liparea	
25	Onigrosso					
26	Siriarco					
27	Andromada		Androdamas	Androdamante		
28	Ottalio		Opale	Opalo	Opalo Occhio di gatto	Opalle
29	Unio	Margheritia	Perla	Unione	Perla	Perla
30	Panteronno	Panterone				
31	Abiscito					
32	Calciofinòs					
33	Melochitès			Meletite?		
34	Gecolito					
35	Pirritessa		Pirite	Pirite	Pirite	
36	Diacodosse	Diacodio	Diadoco	Diadoco		
37	Dionisio		Dionisia	Dionigia		
38	Corallo	Corallo	Coralo	Corallo	Corallo	Corallo
39	Labandina			Alabandica	Alabandica	
40	Cornelio	Corniola		Carneola Corniola	Corniola	Corniola
41	Carboncello	Carbonchio	Carbonchio	Carbuncolo	Carbonchio Rubino	Rubino Carbonchio
42	Ligorio		Licurio	Lincurio	Lincurio	Lincurio
43	Ethitesse		Etite	Aethite		
44	Seleninén		Selenite	Selinite	Selenite	
45	Gagatromeo					
46	Cerauno	Ceraunio	Ceraunia	Ceraunia		
47	Elitropia	Elitropia	Heliotropio	Heliotropio	Helitropia	Elitropio
48	Geracchitesse		Hieracite	Hieracite		
49	Emaccitesse		Ematite	Hematite	Hematite Ematite	Ematite Pietra di sangue

50	Abesto	Asbesto	Asbestos	Amianto Aspesto	Amianto Fiocco di pietra	Amianto
51	Peantés		Peantide	Peantide		
52	Sada			Sagda?		
53	Medo			Medea?		
54	Galattia	Galassia	Galassia	Galassia		
55	Exacontalito		Hexecontalito	Exacontalitho		
56	Grisoletto		Chriselettro	Ambra Chriselettro	Ambra Chrysolettro	Ambra Succino Elettro
57	Grisopazio					
58		Rubino		Rubino	Rubino	Rubino
59		Calamita	Calamita	Calamita	Calamita	Calamita
60		Epistrite				
61		Entrace	Anthracitide	Antracite	Anthrace	
62			Sandastro	Sandastro	Sandastro Giacintho	
63			Myrrhina	Murrhina	Myrrhite	
64			Sarda	Sarda	Sagda Sarda	Sarda
65			Malachite		Cyano Molochite	Malachita
66			Asteria	Asteria		Stellaria
67			Iris	Iride		
68					Balassio Spinella	
69					Granata	Granata
70					Turchesa	Turchina
				Altri nomi	Altri nomi	Altri nomi

Appendice 2

	De la Pirothecnia	De l'arte de' metalli	Elementi di Mineralogia	Mineralogia	I Minerali	Minerali e Rocce
	<i>Vannoccio Biringuccio</i>	<i>Giorgio Agricola (M. Florio)</i>	<i>André Brochant (anonimo)</i>	<i>Giovanni Omboni</i>	<i>Ettore Artini</i>	<i>A. Mottana, R. Crespi & G. Liborio</i>
	1540	1563	1807	1867	1919	1977
1	Alume	Allume	Diamante	Ghiaccio	Diamante	Rame
2	Antimonio	Ambra	Giargione Giacinto	Solfo	Grafite	Argento
3	Argento vivo	Argento	Crisoberillo	Diamante	Solfo	Oro
4	Arsenico	Argento vivo	Crisolito	Grafite	Arsenico	Mercurio
5	Auricalco	Oro	Olivina	Antracite	Antimonio	Ferro-nichel
6	Calcina arida	Piombo	Augite	Torba	Bismuto	Platino
7	Carboniglia	Ferro	Vesuviana	Ambra	Oro	Arsenico

8	Ceneraccio	Stibio	Leucite	Oro	Argento	Antimonio
9	Cenere	Rame	Melanite	Argento	Rame	Bismuto
10	Colombino	Sale	Granato	Platino	Platino	Grafite
11	Confrustagno	Gagate	Spinello	Rame	Ferro	Diamante
12	Focaione	Grisocolla	Zaffiro	Ferro	Realgar	Zolfo
13	Fritta	Piombo candido	Topazo	Bismuto	Orpimento	Calcocite
14	Ghetta	Metallo	Smeraldo	Arsenico	Antimonite	Bornite
15	Giallamina	Stagno	Berillo Acquamarina	Palladio	Molibdenite	Argentite
16	Lume di rocca	Ochra	Sorlo o Scerlo Tormalina	Radio	Galena	Sfalerite
17	Luto	Zolfo	Tumite Axinitee	Stagno	Argentite	Calcopirite
18	Manganese	Cinericcio	Quarzo	Antimonio	Calcocite	Tetraedrite
19	Margassita	Quarzo	Pietra cornea Calcedonia	Telluro	Blenda	Greenockite
20	Metallina	Salnitro	Eliotropio	Mercurio	Cinabro	Enargite
21	Metallo	Terra sigillata	Crisoprasio	Pirite	Pirrotite	Pirrotina
22	Natta		Schisto	Marcassite	Pirite	Niccolite
23	Nitro		Obsidiana	Leucopirite	Marcasite	Millerite
24	Olio petrolio		Occhio di gatto	Calcopirite	Arsenopirite	Galena
25	Orpimento		Prenite	Phillipsite	Silvanite	Cinabro
26	Peperigno		Zeolite	Galena	Bornite	Covellina
27	Piombaccio		Pietra crociforme	Blenda	Calcopirite	Linneite
28	Piombo		Lapis lazuli	Smaltina	Bournonite	Antimonite
29	Piombo bianco		Lazulite	Cobaltina	Proustite	Bismutinite
30	Rame		Argilla	Stibina	Pirargirite	Silvanite
31	Rame peloso		Diaspro	Calcosina	Tetraedrite	Pirite
32	Renella		Opalo	Tetraedrite	Salgemma	Hauerite
33	Risagallo		Pietra picea	Argirosio	Silvite	Marcasite
34	Sal alcali		Spato diamantino	Argento rosso	Fluorite	Arsenopirite
35	Sale alebro		Feldspato	Cinabro	Criolite	Glaucodoto
36	Sale armoniaco		Adularia	Niccolina	Atacamite	Molibdenite
37	salnitro		Tripoli	Kermesite	Carnallite	Skutterudite
38	Smeriglio		Aluminaria	Orpimento Risigallo	Quarzo	Proustite
39	Solimato		Coticola	Magnetite	Calcedonio	Pirargirite
40	Stagno		Ardesia	Ferro oligisto	Tridimite	Emplectite
41	Terra sigillata		Lepidolite	Limonite	Opale	Polibasite
42	Tutia		Mica	Ziguelina	Cuprite	Bournonite
43	Verde azzurro		Pietra ollare	Cassiterite	Corindone	Boulangerite
44	Vitriolo		Clorite	Rutilo	Ematite	Realgar
45	Zaffara		Orneblenda	Siderosio	Cassiterite	Orpimento
46			Basalte	Azzurrite	Pollianite	Salgemma

47			Pomice	Malachite	Manganite	Silvite
48			Terra verde veronese	Smithsonite	Limonite	Cerargirite
49			Litomarga	Sal marino Sal gemma	Brucite	Fluorite
50			Ocra	Salnitro	Idrargillite	Criolite
51			Pinite	Epsomite	Bauxite	Carnallite
52			Bolo	Esantalosio	Sassolite	Atacamite
53			Nefrite	Soda	Psilomelano	Boleite
54			Steatite	Borace	Calcite	Cuprite
55			Serpentina	Anidrite	Magnesite	Zincite
			Altri nomi fino a ca. 500 Zolfo	Altri nomi fino a ca. 1960 Niobite	Altri nomi fino a ca. 1250 Wulfenite	Altri nomi fino al n. 276 Ambra

BIBLIOGRAFIA

- Agricola G. (1550) Di Giorgio Agricola *De la generatione de le cose, che sotto terra sono, e le cause de' loro effetti e nature. Lib. V. De la natura di quelle cose, che da la terra scorrono. Lib. IIII. De la natura de le cose fossili, e che sotto la terra si cauano. Lib. X. De le minere antiche e moderne. Lib. II. Il Bermanno, o de le cose metallice, dialogo recato tutto hora dal Latino in buona lingua volgare* (a cura di Michele Tramezzino), Vinegia, Sybilla, XII + 990 p.
- Agricola G. (1563) Opera di Giorgio Agricola *De l'arte de metalli partita in xii. libri, ne quali si descrivano tutte le sorti, e qualità degli uffizij, de gli strumenti, delle macchine, e di tutte l'altre cose attenenti a cotal arte, non pure con parole chiare, ma eziandio si mettano a luogbi loro le figure di dette cose, ritratte al naturale, con l'aggiunta dei nomi di quelle, cotanto chiari, e spediti, che meglio non si puo desiderare, o havere.* Aggiugnesi il libro del medesimo autore, che tratta de gl' *Animali di sottoterra*, da lui stesso corretto, & riveduto. Tradotti in lingua Toscana da M. Michelangelo Florio Fiorentino. Basilea, Hieronimo Frobenio et Nicolao Episcopio, XXXII + 542 + VI p. (riedizione anastatica, 2003, *De re metallica con in appendice De animantibus subterraneis. Bermannus ovvero un dialogo sul mondo minerale* (a cura di P. Macini & E. Mesini). Bologna, CLUEB, 502 + LXX p.
- Alberto Magno (1476) *Alberti magni philosophorum maximi de mineralibus liber primus incipit*, [Patavii], nobilis et egregii viri Antonii de albricis Bargomensis artium et medicine doctoris clarissimi impensa per me petrum mauffer normanum Rothomagensem ciuem, die 20 septembris 1476.
- Alfonso X el Sabio (2014) *Lapidario. Libro de las formas e imágenes que son en los cielos*, edito da P. Sánchez-Prieto Borja. Madrid, Biblioteca Castro, 483 p. (traduzione italiana, 1997, di L. Temolo dell'Igna: *Le gemme e gli astri. Il Lapidario di Alfonso il Saggio*. Milano, Xenia, XXXI + 287 p.).
- Anderson A.T., Bunch T.E., Cameron E.N., Haggerty S.E., Boyd F.R., Finger L.W., James O.B., Keil K., Prinz M., Ramdohr P. & El Goresy A. (1970) Armalcolite: a new mineral from the Apollo 11 samples. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **34**, Supp. 1: 55-63.
- Anonimo (2000) *L'intelligenza. Poemetto anonimo del secolo XIII*, a cura di M. Berisso (Biblioteca di scrittori italiani). Parma, Fondazione Pietro Bembo / Ugo Guanda, LXV + 702 p.
- Antonazzo A. (2018) *Il volgarizzamento pliniano di Cristoforo Landino* (Percorso dei classici, **22**), Messina, Centro Internazionale di Studi Umanistici, 274 p.
- Antonelli R. (2008, a cura di) *I Poeti della Scuola siciliana. Volume I: Giacomo da Lentini*, edizione critica e commentata (Collana i Meridiani). Milano, Mondadori, CLXVII + 688 p.
- Artini E. (1979) *I minerali*, settima edizione riveduta e ampliata (edizione originale, 1919). Milano, Hoepli, XVI + 596 p.
- Barucci M.A., Filacchione G., Fornasier S. et al. (2016) Detection of exposed H₂O ice on the nucleus of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko as observed by Rosetta OSIRIS and VIRTIS instruments. *A&A* **595**, A102, 13 p.
- Berzelius J.J. (1814) *An attempt to establish a pure scientific system of mineralogy, by the application of the electro-chemical theory and the chemical proportions* (translated from Swedish by J. Black). London, Baldwin, 156 p. (traduzione francese con miglioramenti, 1819; *Nouveau système de mineralogie, par J.J. Berzelius ... Traduit du suédois sous les yeux de l'auteur, et publié par lui-même*. Paris, Méquignon-Marvis).
- Bindi L., Steinhardt P.J., Yao Nan & Lu P.J. (2011) Icosahedrite, Al₆₃Cu₂₄Fe₁₃, the first natural quasicrystal. *American Mineralogist* **96**: 928-931.
- Bindi L., Nespolo M., Krivovichev S.V., Chapuis G. & Biagioni, C. (2020) Producing highly complicated materials. Nature does it better. *Reports on Progress in Physics* **83** 106501 (40 pp.)
- Bosi F., Biagioni C. & Oberti R. (2019) On the chemical identification and classification of minerals. *Minerals* **9** (10): 591
- Bragg W.L. (1913) The structure of some crystals as indicated by their diffraction of X rays. *Proceedings of the Royal Society of London*, ser. A., **89**: 248-277.
- Brigatti M.F. & Mottana A. (2013, eds.) Layered mineral structures and their application in advanced technologies. *EMU Notes in Mineralogy* **11**.
- Brochant [de Villiers A.J.F.M.] (1807) *Elementi di Mineralogia del Signor Brochant compendiosamente tradotti ed aumentati di nuove scoperte e di un ragionamento sulle classificazioni ad uso de' licei del Regno d'Italia*. Milano, Cairo & C., 312 p.

- Burke E.A.J. (2006) The end of CNMMN and CCM—LONG LIVE THE CNMNC! *Elements* **2**: 388.
- Cámara F., Bellatreccia F., Della Ventura G., Mottana A., Bindi L., Gunter M.E. & Sebastiani M. (2010) Fantappièite, a new mineral of the cancrinite–sodalite group with a 33-layer stacking sequence: occurrence and crystal structure *American Mineralogist* **95**: 472-480.
- Cecco d'Ascoli (2002) *L'Acerba - Acerba etas*, edizione critica, commento latino, commento volgare, sonetti (a cura di M. Albertazzi), Lavis, La Finestra Editrice (ristampata nel 2005 con un CD-Rom), 544 p.
- Ciriotti M.E., Fascio L. & Pasero M. (2009) *Italian type minerals*. Pisa, Plus-Pisa University Press, 357 p.
- Dana J.D. (1837) *A system of mineralogy: including an extended treatise on crystallography: with an appendix, containing the application of mathematics to crystallographic investigation, and a mineralogical bibliography*. New Haven, Durré & Peck e Herrick & Noyes, XIV + 452 + 119 p. (sesta edizione a cura di E.S. Dana, 1892: *The system of mineralogy of James Dwight Dana, 1837-1868: descriptive mineralogy*. New York, J. Wiley, LXIII + 1134 p.
- D'Angelo R. (1990) *Il poemetto dell'“Intelligenza”*. Urbino, Quattrocenti, 112 p.
- Delafosse G. (1858) *Nouveau cours de minéralogie, comprenant la description de toutes les espèces minérales avec leurs applications directes aux arts*. Paris, Roret, 1660 p.
- Della Ventura G. (2019) I minerali come miscele cristalline complesse: le spettroscopie vibrazionali e la prospettiva a corto raggio (short-range). *Accademia delle Scienze di Torino, Quaderni*, **30**: 49-60.
- Dolomieu D. [Gratet de, G.S.T.] ([IX] = 1801) *Sur la philosophie minéralogique, et sur l'espèce minéralogique*. Paris, Bossange, Masson & Besson, 128 p.
- Gimma G. (1730) *Della storia naturale delle gemme, delle pietre, e di tutti i minerali, ovvero della fisica sotterranea di Giacinto Gimma ... in cui delle gemme, e delle pietre stesse si spiegano la nobiltà, i nomi, i colori, le spezie, i luogbi, la figura, la generazione, la grandezza, la durezza, la madrice, l'uso, le virtù, le favole: ... divisa in libri 6. o tomi 2. colle tavole de' capitoli nel primo: de' nomi delle pietre, e delle cose notabili nel secondo*. Napoli, (I) nella stamperia di Gennaro Muzio, erede di Michele Luigi : a spese dello stesso Muzio, e di Felice Mosca, XXXVIII + 551 p.; (II) nella Stamperia di Felice Mosca: a spese dello stesso Mosca, e di Gennaro Muzio, III + 603 p.
- Hatert F. & Burke E.A.J. (2008) The IMA-CNMMNC dominant-constituent rule revisited and extended. *Canadian Mineralogist* **46**: 717-728. (DOI : 10.3749/canmin.46.3.717)
- Hatert F., Mills S.J., Pasero M. & Williams P.A. (2013) CNMNC guidelines for the use of suffixes and prefixes in mineral nomenclature, and for the preservation of historical names. *European Journal of Mineralogy* **25**: 113-115.
- Haüy R.J. (1801) *Traité de minéralogie*, par le C.en. Haüy, membre de l'Institut National des Sciences et Arts, et conservateur des collections minéralogiques de l'École des Mines. Publié par le Conseil des mines. En cinq volumes, dont un contient 86 planches. Paris, Delance, IV + 494 + 617 + 588 + 592 p. (seconda edizione, 1822, 5 volumi).
- Hazen R.M., Grew E.S., Origlieri M.J. & Downs R.T. (2017) Outlooks in Earth and Planetary Materials. On the mineralogy of the “Anthropocene Epoch”. *American Mineralogist* **102**: 595-611.
- Imperato F. (1599) *Dell'Historia Naturale di Ferrante Imperato Napolitano. Libri XXVIII. Nella quale ordinatamente si tratta della diversa condition di miniere, e pietre. Con alcune historie di Piante, & Animali; sin'hora non date in luce*. Napoli, Stamparia à Porta Reale. Per Costantino Vitale, XXIV + 791 p.
- Linnaeus C. (1735) *Caroli Linnæi, Sveci, Doctoris Medicinæ Systema Naturæ, sive Regna tria Naturæ systematicæ proposita per classes, ordines, genera, & species*. Lugduni Batavorum, apud Theodorum Haak, [4] + 823 + [1] p.
- Marcelli N. (2011) La *Naturalis Historia* di Plinio nel volgarizzamento di Cristoforo Landino. *Archives Internationales d'histoire des Sciences* **61**: 137-161.
- Mills S.J., Hatert F., Nickel E.H. & Ferraris G. (2009) The standardization of mineral group hierarchies: application to recent nomenclature proposals. *European Journal of Mineralogy* **21**: 1073-1080.
- Mitscherlich E. (1818-1819) Über die Kristallisation der Salze, in denen das Metall der Basis mit zwei Proportionen Sauerstoff verbunden ist. *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften, Berlin*, Band 1818-1819: 427-437 (traduzione francese, 1820, *Annales de Chimie et de Physique*, **14**: 172-190).
- Mottana A. (2005) “Le miracolose virtù delle pietre preziose per salute del vivere humano” di Scipione Vasolo: un trattatello rinascimentale sulle gemme come mezzi per mantenersi in salute senza ricorrere a medicina. *Rendiconti Fisici della Accademia dei Lincei*, s. 9, **16**: 19-73.
- Mottana A. (2006) *Italian gemology during the Renaissance: A step toward modern mineralogy*, in Vai, G.B. & Caldwell, W.G.E.: The origins of geology in Italy. *Geological Society of America Special Paper* 411: 1-21.
- Mottana A. (2011) Ferrante Imperato, primo traduttore italiano del trattato di Teofrasto “Sulle Pietre” (Napoli, 1599). *Atti della Accademia Pontaniana*, Napoli, N.S., **50**: 35-42.
- Mottana A. (2017) Bernardo Cesi (Cæsius) and his Mineralogia (1636): Naming a new science from an indiscriminate piling of mineral accounts. *Rendiconti Fisici della Accademia dei Lincei* **27**: 435-448. (DOI: 10.1007/s12210-017-0613-3)
- Mottana A. (2018) Bernardo Cesi (Cæsius) and his Mineralog a: an addendum. *Rendiconti Fisici della Accademia dei Lincei* **28**: 1-8. (DOI: 10.1007/s12210-018-0723-6).
- Mottana A., Crespi R. & Liborio G. (1977) *Minerali e Rocce. Forma cristallina, ambiente di formazione, rarità e altre caratteristiche*. Milano, Arnoldo Mondadori, 607 p.
- Mottana A., Sassi F.P., Thompson J.B. Jr. & Guggenheim S. (2002, eds.) *Micas: Crystal chemistry & metamorphic petrology. Review of Mineralogy and Geochemistry*, **46**.
- Napione C.A. (1797) *Elementi di mineralogia esposti a norma delle più recenti osservazioni e scoperte dal cav. Carlo Antonio Napione*. Torino, Reale Stamperia, XXII + 420 p.
- Nestola F. (2019) La soluzione (miscela) solida forsterite-faialite: dalle profondità della Terra alla mineralogia planetaria. *Accademia delle Scienze di Torino, Quaderni*, **30**: 93-109.
- Nickel E.H. (1995a) The definition of a mineral. *Mineralogical Journal* **17**: 346-349
- Nickel E.H. (1995b) The definition of a mineral. *Canadian Mineralogist* **33**: 689-690.
- Nickel E.H. & Grice J.D. (1998) The IMA Commission on New Minerals and Mineral Names: Procedures and guidelines on mineral nomenclature. *Canadian Mineralogist* **36**: 913-926.

- Oberti R. (2019) I minerali come miscele cristalline complesse: il raffinamento strutturale e la prospettiva *long-range*. *Accademia delle Scienze di Torino, Quaderni*, **30**: 37-48.
- Omboni G. (1852) *Elementi di storia naturale* (voll. 4 di cui il vol. III riguarda i minerali e le rocce). Milano, Turati, 318 p.
- Omboni G. (1867) *Nuovi elementi di storia naturale ad uso delle scuole superiori. Mineralogia*. Milano, Maisner & Co., VIII + 775 p.
- Petrini G. (1791-1792) *Gabinetto Mineralogico del Collegio Nazareno descritto secondo i caratteri esterni e distribuito a norma de' principj costitutivi* (2 vol.). Roma, Lazzarini, LII + 384; XXXIX + 387 p.
- Plinio (1476) *Historia naturale di C. Plinio secondo tradotta di lingua latina in fiorentina per Christophoro Landino fiorentino al serenissimo Ferdinando re di Napoli*. Venetiis, opus Nicolai Iansonis Gallici impressum, 415 ff.
- Riddle J.M. (1977, ed.) *Marbode of Rennes (1035-1123) De Lapidibus considered as medical treatise ... together with text and translation of Marbode's minor works on stones*. Wiesbaden, Franz Steiner, xii + 144 p.
- Rose G. (1852) *Das krystallo-chemische Mineralsystem*. Leipzig, Engelmann, v + 152 p.
- Schertl H.-P., Mills S.J. & Maresch W.V. (2019, eds.) *A Compendium of IMA-Approved Mineral Nomenclature* (XXII General Meeting of the International Mineralogical Association, Melbourne, Australia, 13-17 August 2018), Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 353 p.
- Strunz H. & Nickel E.H. (1995) *Strunz mineralogical tables. Chemical-Structural Mineral Classification System*. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 869 p.
- Tondi M. (1827) *Compendi degli elementi di Orittognosia*. Napoli, Tipografia C. Cataneo, 248 p.
- Volpe G. (1908) Montieri: costituzione politica, struttura sociale, attività economica d'una terra mineraria toscana del sec. XIII, *Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte* **6**: 315-423 (ristampa riveduta, 1924, in *Maremma I*, Grosseto, Innocenti).
- Werner A.G. (1774) *Von den äußerlichen Kennzeichen der Fossilien*. Leipzig, Crusius, 304 p.