

GNB CORSO BASE GEOLOGIA 2013
I FOSSILI (Manolo Piat)

Un **fossile** (dal latino, *fodere*, *fossilis* = che si cava dalla terra) è ogni resto di organismo animale o vegetale vissuto in tempi geologici passati e conservato nelle rocce (sedimentarie). Anche qualsiasi evidenza fisica che testimoni una forma di vita geologicamente passata (uova, orme, tane, escrementi...) è un fossile. I fossili sono quindi le sole testimonianze rimaste degli organismi che popolarono la Terra nelle ere geologiche; permettono di conoscere le caratteristiche morfologiche di questi organismi, forniscono dati per la ricostruzione delle condizioni ambientali del passato e quindi permettono di ricostruire la storia geologica e biologica del pianeta.

I fossili sono oggetto di studio della **paleontologia** (dal greco *Palaios* = antico, *on* = ente, *logos* = discorso). Si suddivide in diverse discipline:

- Paleontologia sistematica: distinta in sistematica degli invertebrati, sistematica dei vertebrati e micropaleontologia;
- Paleobotanica: comprendente la branca particolare della palinologia;
- Paleoecologia: sfrutta i reperti fossili e i dati sedimentologici per ricostruire gli ambienti di vita delle ere passate;
- Paleobiogeografia: ricostruisce la posizione e gli spostamenti degli organismi e delle masse continentali utilizzando dati geologici e geofisici;
- Biostratigrafia: parte integrante della stratigrafia, essenziale per le datazioni cronologiche;
- Paleontologia evolutiva: permette di seguire gli effetti esercitati sui diversi organismi dai continui cambiamenti ambientali.

La **fossilizzazione** (o tafonomia) è l'insieme di fenomeni che modificano l'originale struttura, tessitura, composizione chimica e morfologia di un organismo dal momento della sua morte a quello della litificazione. Oppure, lo studio degli eventi che coinvolgono il passaggio di un organismo dalla biosfera alla litosfera. Questi processi sono distinti in due momenti: biostratinomia e diagenesi.

La **biostratinomia** è quel ramo della paleontologia che si occupa degli eventi (fisici, chimici e biologici) che coinvolgono gli organismi dalla morte sino alla loro definitiva inclusione nel sedimento, prima dell'inizio dei processi di diagenesi. Comprende lo studio delle cause di morte, dei processi di decomposizione, delle rotture di origine meccanica, ecc. I processi biostratinomici sono:

- Necrolisi
 - a. Decomposizione della materia organica (putrefazione)
 - b. Disarticolazione
 - c. Macerazione (Microdisarticolazione)
 - d. Predazione e bioconfezione
 - e. Combustione (Carbonizzazione)
- Bioerosione (Micritizzazione)
- Dissoluzione prediagenetica
- Trasporto
 - a. Logorio meccanico (abrasione, frantumazione)
 - b. Selezione meccanica
 - c. Deposizione orientata
- Prefossilizzazione

La **diagenesi dei fossili** comprende tutti i processi litogenetici che avvengono dal seppellimento dell'organismo in un sedimento alla formazione del fossile. Le possibilità di conservazione di un organismo allo stato fossile sono legate a fattori interni ed esterni all'organismo. I fattori interni dipendono dal possedere delle strutture adatte alla conservazione (es. scheletro, guscio). I fattori esterni comprendono le condizioni chimico-fisiche e la natura dei sedimenti.

La fossilizzazione è un processo influenzato in modo determinante dal fattore **sedimentazione**: sedimenti fini e sedimentazione rapida forniscono una miglior conservazione. Tipi di sedimentazione:

- Seppellimento in detriti minerali (caso più frequente)
- Seppellimento in detriti ricchi di materia organica
- Inglobamento in fluidi
 - a. petrolio greggio
 - b. resine vegetali
 - c. sabbie mobili e fanghi organici
- Incrostazione
 - a. incrostazione s.s.
 - b. bioimmurazione

Processi diagenetici

Dissoluzione: è legata alla compattazione del sedimento con espulsione dell'acqua, che causa la dissoluzione di molti minerali. La dissoluzione di un guscio tende a diminuirne lo spessore, cancella gli ornamenti ed è più intensa sui gusci fratturati. I resti che subiscono con maggior facilità l'azione dissolvente sono quelli aragonitici. Può portare alla distruzione totale del guscio, dando origine a determinati tipi di fossili (es. pseudoguscio). È condizionata dalla composizione chimica, dalla microstruttura, dalla percentuale di componente organica presente nei resti, oltre che dallo stato chimico-fisico delle soluzioni percolanti.

Impregnazione: i pori lasciati vuoti dalla decomposizione della sostanza organica sono riempiti da sali minerali; i resti fossili vengono impregnati, permineralizzati e resi più compatti, più pesanti e resistenti. Solo la microstruttura è compromessa. In assenza di impregnazione i pori si allargano rendendo fragile il reperto. Favorisce la fossilizzazione degli scheletri dei vertebrati.

Incrostazione: il materiale a contatto di sorgenti minerali calcaree viene ricoperto da una pellicola di carbonato di calcio (CaCO_3). Quando i resti (vegetali) si dissolvono lasciano una cavità che riproduce le caratteristiche esterne del corpo; molto ben conservate sono di solito le impronte di foglie. L'accumulo di successive incrostazioni dà origine a una roccia sedimentaria di natura chimica, il travertino. Spesso contiene gusci di organismi terrestri, a testimonianza della genesi subaerea.

Concrezioni nodulari: si formano attorno a un resto organico che diventa il centro della concrezione e si fossilizza isolato dal resto del sedimento. Il nodulo si accresce per sovrapposizione di particelle sedimentarie più fini che si spostano per diffusione nell'acqua attraverso i pori del sedimento. Questo processo di fossilizzazione sembra preferire organismi con alto contenuto di fosfati, come pesci e crostacei (es. granchi oligocenici).

Sostituzione: durante i processi diagenetici, la pressione e la temperatura possono creare nuovi equilibri molecolari tra gli elementi che compongono i sedimenti e i resti organici. Le modificazioni più ricorrenti sono la cristallizzazione, la trasformazione e la metasomatosi.

-Ricristallizzazione: è legata alla circolazione di soluzioni acquose nel sedimento ed è controllata dalla solubilità, dalle dimensioni dei granuli, dalla temperatura e dalla pressione. Oltre a causare un cambiamento di forma e dimensioni dei granuli, provoca un nuovo orientamento di alcuni minerali, può portare allo sviluppo di un mosaico cristallino grossolano che cancella l'originale struttura. In alcuni casi facilita l'isolamento dei fossili dalla matrice e può aumentare la durezza dei gusci.

-Trasformazione di sostanze polimorfe: è la trasformazione di un minerale nel suo stato polimorfo più stabile (es. aragonite in calcite). La frequenza dei fossili aragonitici diminuisce con l'età delle rocce (frequenti nel Cenozoico, eccezionali nel Paleozoico) e si conservano meglio nei sedimenti marnosi, argillosi e bituminosi che in quelli calcarei. La trasformazione dell'aragonite provoca la distruzione della struttura originale.

-Metasomatosi: È la graduale sostituzione di una sostanza minerale con un'altra di diversa composizione chimica ("molecola per molecola"). È spesso un processo selettivo che porta alla sostituzione dei minerali meno stabili da parte di quelli più stabili. A seconda del nuovo minerale si ha:

- Calcitizzazione: sostituzione del minerale originario (calcite, aragonite, silice, fosfato di calcio) da parte di calcite.
- Dolomitizzazione: sostituzione delle parti scheletriche aragonitiche e calcitiche da parte della dolomite. Perdita della struttura originaria.
- Silicizzazione: sostituzione del carbonato di calcio da parte della silice (beekite). Provoca la distruzione della struttura originaria, ma facilita l'isolamento dalla matrice.
- Piritizzazione: è la sostituzione ad opera di pirite (FeS_2); conserva le più minute caratteristiche morfologiche, fa assumere un caratteristico colore giallo e lucentezza metallica, distrugge completamente la struttura originale.

Altri minerali: carbonato di zinco, malachite, fosfato di zinco o piombo, solfato di calcio, di bario, di piombo, di stronzio, rame e argento nativo.

Carbonizzazione: è un processo legato all'accumulo e al seppellimento di materiale organico soprattutto vegetale. I sedimenti organici non si litificano per cementazione e per sola disidratazione, ma per lo sviluppo e per la perdita di sostanze volatili (H_2O , anidride carbonica CO_2 , ossido di carbonio CO , metano CH_4 , ecc) la cui scomparsa determina un arricchimento in carbonio, con distruzione della struttura originale. A temperatura e pressione elevate forma carboni fossili e idrocarburi.

Distillazione: è simile alla carbonizzazione. Ossigeno, azoto e idrogeno vengono volatilizzati, mentre rimane una sottile pellicola di carbonio condensato che riproduce fedelmente la forma del corpo e anche i più delicati dettagli degli organi. Interessa di solito i tessuti più delicati dei vegetali, i carapaci degli Artropodi, l'esoscheletro dei Graptoliti e le parti molli dei vertebrati.

Conservazione delle parti molli: è possibile quando l'organismo viene sepolto immediatamente dopo la morte in un sedimento a grana finissima. In questo caso le parti molli subiscono un processo rallentato di semiputrefazione, tanto da permettere il formarsi delle loro impronte esterne nel sedimento fine. Oltre ai tessuti muscolari, diffuse sono le impronte dei tessuti epidermici ed eccezionalmente il colore.

Conservazione integrale: in particolari condizioni ambientali possono conservarsi anche i tessuti molli nella costituzione organica originale. Ad es. gli insetti intrappolati nella resina di copale, da cui possono essere liberati integralmente. Diverse invece le condizioni degli organismi inclusi nell'ambra, conservati solo come impronte esterne. Un altro processo di fossilizzazione che può permettere la conservazione integrale delle parti molli è la fosfatizzazione. Un altro tipo di processo è la mummificazione, che può avvenire per il freddo che determina il congelamento (crioconservazione, es. Mammuto) o per il caldo che provoca la disidratazione e l'essiccamento; mummificati per impregnazione di sali sono gli animali intrappolati nelle acque associate al petrolio, nelle paludi e nei laghi di asfalto. Il ritardo della putrefazione permette la conservazione di tessuti muscolari ed epidermici, solo che nei processi di congelamento il volume originale del corpo viene mantenuto, mentre in quello della disidratazione si verifica una riduzione.

Principali tipi di fossili

I vari processi diagenetici visti sopra, iniziando dopo il seppellimento dei resti di un organismo nel sedimento, portano alla sua litificazione e alla formazione di diversi tipi di fossili:

Modello interno. Corrisponde al sedimento che, dopo aver riempito la cavità interna, si litifica; esso riproduce l'immagine negativa della superficie interna. Il riempimento può avvenire per opera del sedimento o per opera di soluzioni percolanti. I modelli interni sono diffusi negli organismi provvisti di uno scheletro esterno ("guscio") che protegge le parti molli interne, come i molluschi. In genere poco utili ai fini sistematici, in quanto non riproducono le caratteristiche morfologiche esterne, con eccezione delle ammoniti, poiché gli ornamenti esterni vengono riprodotti sul modello, inoltre sono messe in evidenza le linee di sutura, cioè le linee di intersezione tra i setti e la parete interna.

Impronta esterna. Corrisponde all'immagine in negativo lasciata dalla superficie esterna del resto incluso nel sedimento. Di solito si ricostruisce la superficie originale per mezzo di calchi. Quando la granulometria della roccia è sufficientemente fine si conservano tutti i particolari degli ornamenti e l'impronta ha lo stesso valore del guscio originale.

Modello interno con impronta esterna. È un tipo di fossile particolare presente di solito nei sedimenti arenacei o arenaceo-marnosi. Nei sedimenti plastici, non ancora diagenizzati, la graduale dissoluzione del guscio permette l'avvicinamento dell'impronta esterna al modello interno, sino alla loro sovrapposizione. In questi casi i fossili sono privi di guscio, hanno le dimensioni del modello interno e sono spesso deformati.

Calco naturale. La conchiglia inclusa nel sedimento può rimanere vuota e subire, dopo aver lasciato la sua impronta esterna, una dissoluzione. All'interno della roccia rimane una cavità vuota con l'impronta esterna; se successivamente questa cavità si riempie di sedimento o sali, si formerà una replica o calco naturale. Nel caso la cavità rimanga vuota potrà venire riempita artificialmente.

Pseudoguscio o modello esterno. Si forma in seguito alla dissoluzione del guscio in un sedimento ormai diagenizzato. Tra il modello interno e l'impronta esterna rimane uno spazio vuoto che viene riempito da sali in soluzione. Riproduce la forma e le dimensioni del guscio scomparso, ma non la struttura e la composizione originali.

Guscio sostituito o pseudomorfo. In seguito alla sostituzione del guscio originale ad opera di possibili diversi minerali, si ha la formazione di un guscio pseudomorfo. Rappresenta la forma del guscio originario e può mantenerne la microstruttura, mentre la composizione molto spesso cambia.

Casi particolari

Pseudofossile: uno pseudofossile è un oggetto inorganico, un segno o una traccia che può essere interpretato come un fossile, sebbene si tratti solamente di oggetti naturali (formazioni cristalline o altro), non generati da un processo di fossilizzazione. (es. dendriti, noduli, concrezioni, ecc.)

Fossile problematico (*incertae sedis*): organismo conosciuto solo allo stato fossile le cui affinità filogenetiche non sono riconoscibili con sicurezza. Alcuni di questi organismi non sono ascrivibili nemmeno a grandi gruppi noti. L'espressione latina *incertae sedis* è usata in tassonomia per indicare la incapacità di collocare esattamente una specie o genere in uno schema di classificazione. (es. *Archeociati*, *Wiwaxia*, ecc.)

Fossil-Lagerstätten

Una Fossil-Lagerstätte (dal tedesco, f.s. Lagerstätte = giacimento) è un corpo sedimentario che offre un'eccezionale quantità di informazioni paleontologiche grazie all'abbondanza degli esemplari contenuti e/o al loro straordinario stato di conservazione. Possono essere classificate in due categorie:

Konzentrat-Lagerstätten («giacimenti per accumulo»), in cui sono presenti grandi quantità di parti dure degli organismi, per es. tessuto osseo o cartilagineo, in ottimo stato di conservazione. Per definizione, accumuli di gusci calcarei (conchiglie) non definiscono una Lagerstätte. Classici esempi sono i cosiddetti *bone beds*, ovvero letti ossiferi derivanti dall'accumulo di ossa di vertebrati, e le *coquinas*, ovvero grandi quantità di conchiglie, coralli, briozoi, echinoidi e foraminiferi.

Konservat-Lagerstätten («giacimenti per conservazione»), giacimenti in cui prevalgono esemplari in eccezionale stato di conservazione, con molti resti di vertebrati ancora con le articolazioni in posa come se fossero vivi e anche con buona conservazione dei tessuti molli e più delicati sotto forma di impronte o mineralizzate. La loro importanza è enorme: ciò che sappiamo sulla storia evolutiva degli invertebrati, delle piante e degli stessi vertebrati si deve in gran parte alle Konservat-Lagerstätten. Esistono diversi tipi di depositi di conservazione:

-Depositi di stagnazione: sono quei depositi che si formano conseguentemente all'assenza di fattori fisici (moto ondoso, escursione di marea, vento, ecc.) che possano perturbare il bacino. I resti organici si accumulano stagnando sul fondo, dove sono presenti acque poco ossigenate e quindi prive di vita, originando un deposito caratterizzato da fossili generalmente in ottimo stato di conservazione. Esempi: Bolca (Vr, Eocene), Solnhofen (GER, Giurassico).

-Trappole di soffocamento: si tratta di depositi originati dal seppellimento repentino di organismi (prima o immediatamente dopo la morte), che si verifica in conseguenza di frane o correnti di torbida. Conseguenza del seppellimento è l'ottimo stato di conservazione dei fossili, che vengono sottrat-

ti immediatamente all'azione degli organismi o degli agenti in grado di decomporre il reperto. Esempi: Burgess Shale (CAN, Cambriano), Hunsrück (GER, Devoniano).

-Trappole di conservazione: sono così definiti i depositi in cui gli organismi viventi restano intrappolati negli ultimi istanti di vita, e dove conseguentemente ha luogo la fossilizzazione. La resina degli alberi, ad esempio, è in grado di intrappolare insetti e piccoli vertebrati, per poi fossilizzare dando origine all'ambra. Laghetti caratterizzati da risalite di idrocarburi, paludi e sabbie mobili, costituiscono trappole di conservazione in cui spesso si rinvencono splendidi esemplari di vertebrati, anche di considerevoli dimensioni. Esempi: Ambra, Rancho La Brea (USA, Pleistocene).

Utilizzo dei fossili in geologia

I dati paleontologici sono utilizzati per lo studio della stratigrafia, per la geologia del sedimentario e per le ricostruzioni paleoambientali e paleogeografiche; in particolare, sono essenziali per datare le rocce sedimentarie (datazione relativa) e per le correlazioni biostratigrafiche, ossia per stabilire la contemporaneità di eventi biologici e geologici. Rocce diverse contenenti gli stessi fossili sono infatti coeve, anche se geograficamente distanti. A tal fine i fossili vengono distinti in diversi tipi, a seconda della loro utilità.

Cattivi fossili: detti anche forme durevoli o persistenti (fossili viventi), comprendono specie con caratteristiche morfologiche costanti e immutabili nel tempo, per questo non sono utili per le datazioni e le correlazioni.

Fossili di facies: forme soggette a stretto controllo ecologico. Sono utili per le ricostruzioni paleoambientali e paleogeografiche, mentre hanno importanza limitata e locale in stratigrafia.

Fossili guida: definiti anche fossili indici, caratteristici o marker. Sono forme a rapida evoluzione (ridotta diffusione temporale), non soggetti a controlli ecologici e con vasta diffusione geografica. Essi permettono di determinare l'età relativa delle rocce che li contengono e quindi di effettuare le correlazioni a grande scala.

Fossili rimaneggiati: resti fossili contenuti in sedimenti di una data età, che in seguito all'erosione sono trasportati e rideposti in sedimenti più recenti. Si distinguono dagli altri, oltre che per l'età diversa, per tracce di usura e fratture dovute al processo erosivo e di trasporto. Non sono utili per datare le rocce che li contengono, ma danno indicazioni sull'età delle fasi erosive.

Fossili infiltrati: resti di organismi infiltrati nelle fessure e nelle cavità di rocce più antiche e quindi sono di età più recente del sedimento che li include. Non determinano l'età della roccia, ma possono dare indicazioni sull'età dei fenomeni carsici/tettonici che hanno creato le fratture.

I fossili guida

I fossili guida sono usati per la datazione relativa delle rocce, per il "criterio di sovrapposizione stratigrafica": i fossili trovati alla base di una serie di strati saranno più antichi di quelli trovati alla sommità. Grazie a questo è stato possibile suddividere la storia della Terra in intervalli di tempo che prescindono dal tipo di roccia che si incontra nelle differenti serie stratigrafiche. I fossili guida, per essere tali, devono avere:

→ ampia distribuzione geografica

→ ampia abbondanza (quindi essere facilmente rinvenibili)

→ evoluzione rapida (quindi durata temporale molto limitata)

alcuni esempi

Paleozoico: Trilobiti, Graptoliti, Conodonti, Fusulinidi

Mesozoico: Ammoniti, Foraminiferi, Tintinnidi

Cenozoico: Foraminiferi (nummuliti), nannofossili calcarei

Fossili del Bellunese

Sono riportate alcune immagini relative ai più significativi fossili trovati nelle rocce del Bellunese: graptoliti e coralli rugosa del basamento cristallino di Agordo (i più antichi fossili del Sudalpino); i fossili della Formazione di San Cassiano, che si trovano in varie località specie nei dintorni di Cor-

tina e che sono diventati famosi a livello mondiale per lo stato di conservazione, grazie agli studi di Rinaldo Zardini; l'ambra triassica delle Dolomiti (formazione di Heiligkreuz), con resti di organismi perfettamente conservati; i megalodonti, modelli interni di molluschi bivalvi del Triassico, del museo di Cortina, noti in decine di specie e anche di dimensioni notevoli; le spugne del M. Serva, risalenti al Giurassico e contenute negli strati del Calcare del Vajont; il coccodrillo fossile del Rosso Ammonitico di Ponte Serra, reperto rarissimo che testimonia la presenza di terre emerse durante il Giurassico; i fossili di molluschi e denti di squalo della successione molassica (in particolare, Arenaria Glauconitica di Belluno); gli odontoceti dell'Arenaria di Libano (Miocene, 20 Milioni di anni), 150 esemplari di 16 specie differenti, di cui 12 esclusive del Bellunese.