



Unione Europea FESR



Repubblica Italiana



Republika Slovenija



REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA



Comune di Monrupino
Občina Repentabor

I FOSSILI DEL CARSO FOSILI NA KRASU

Progetto cofinanziato dal Programma di iniziativa comunitaria INTERREG III A Italia-Slovenia 2000-2006
Projekt sofinancira Program evropske pobude INTERREG IIIA Italija-Slovenija 2000-2006

LA MOSTRA E NOTE DI APPROFONDIMENTO

a cura di: Curiosi di natura – Soc. coop.

Il Carso e la sua struttura

L'ORIGINE

Passeggiando in Carso, senza rendersene conto, si cammina su un “pavimento” di rocce formatesi su un fondale marino tra circa i 110 e i 50 milioni di anni fa. Si tratta di rocce definite “sedimentarie”, perché composte da sedimenti, come ad esempio gusci di conchiglie, di scheletri di organismi morti, di cristalli di calcite che allora tappezzavano il fondale di un particolare ambiente marino (chiamato “*piattaforma carbonatica*”).

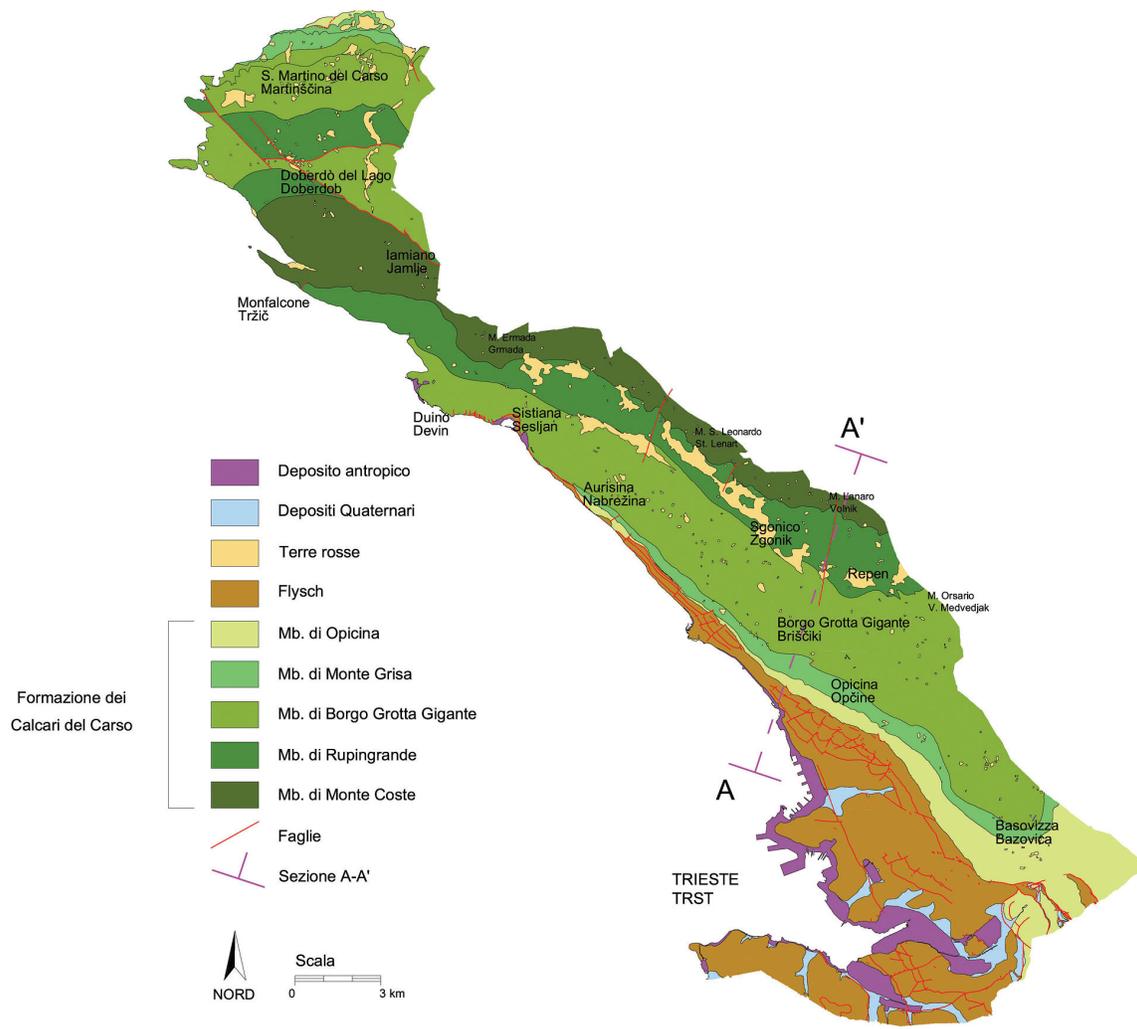
All'epoca l'aspetto o la consistenza di quelle che ora sono dure rocce era di un sedimento sciolto, molle, come la sabbia di un fiume, di una spiaggia o come il fango che giace in fondo al mare.

Le acque poco profonde, calde, ossigenate e ricche di sali disciolti (come carbonati o cloruro di sodio) ospitavano organismi quali coralli, spugne, molluschi, alghe calcaree, con il guscio o lo scheletro costituiti da un minerale composto da carbonato di calcio, la *calcite*.

Ma come ha fatto questo *sedimento carbonatico* sciolto e molle a divenire un duro calcare? Il sedimento deposto venne a poco a poco sepolto da altri strati di sedimenti, e subì una serie di trasformazioni fisiche e chimiche (aumento di temperatura e di pressione, dissoluzione di minerali, cementazione da parte dei minerali disciolti nell'acqua...) che, in tempi più o meno lunghi, lo trasformarono in una roccia vera e propria.

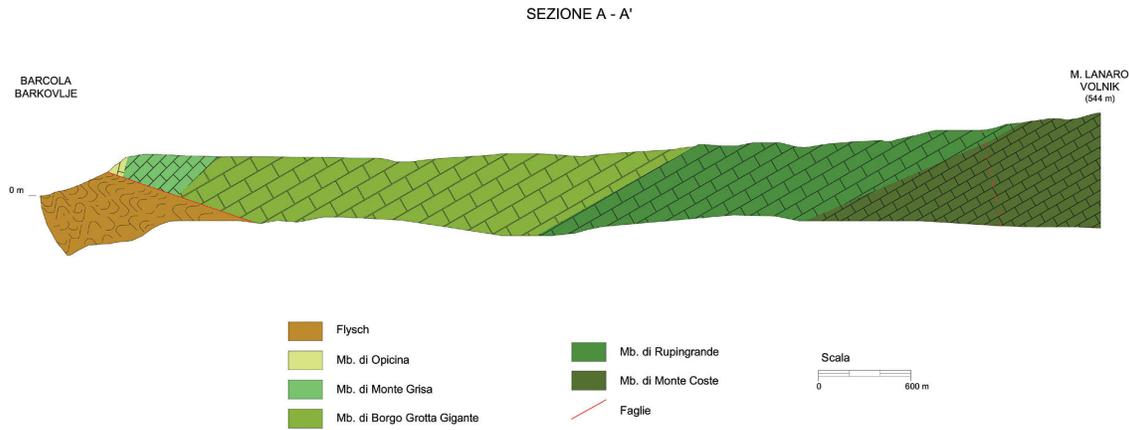


Sezione sottile di una roccia calcarea
(le forme ovali di maggiori dimensioni sono foraminiferi)



Carta geologica del Carso
Credits: Università degli Studi di Trieste

Sezione geologica del Carso triestino da Barcola al Monte Lanaro
 (la traccia della sezione è riportata sulla carta geologica)
Credits: Università degli Studi di Trieste



Gli strati rocciosi sovrapposti sono stati piegati con la concavità rivolta verso il basso (anticlinale); ciò ha fatto sì che le rocce più antiche si trovino nella parte interna, dunque nel nucleo della piega. Successivamente l'erosione ha livellato la piega, portando allo scoperto anche gli strati più antichi.

DA FONDALI MARINI A MONTAGNE

In tempi geologici, ovvero lunghissimi, i sedimenti marini divennero così rocce; che vennero poi sospinte fino ad emergere dalle acque.

Tutto ciò è avvenuto a causa della collisione tra i continenti che vanno alla deriva, come grandi zattere, sulla superficie terrestre. Le spinte generate da tale scontro (*spinte tettoniche*) hanno deformato e sollevato i materiali situati in origine in fondo al mare, e li hanno impilati l'uno sull'altro per migliaia di metri.

Il sollevamento è stato accompagnato da un processo di erosione e smantellamento ad opera di acqua, vento e ghiaccio, che hanno profondamente intaccato l'originaria disposizione degli strati rocciosi, li hanno scolpiti e modellati, formando un paesaggio vario e articolato.

Man mano che i continenti si scontravano, alle spalle di quel bacino marino si formavano le catene montuose, i fiumi che scendevano dalle montagne trasportavano grandi quantità di sabbie e fanghi, che intorbidivano l'acqua marina causando la morte degli organismi che vivevano nella piattaforma carbonatica.

Anche questi sedimenti, in milioni di anni, si sono poi trasformati in rocce, dando origine al Flysch, una formazione rocciosa composta dall'alternanza di due tipi di *litologie*, la marna e l'arenaria, entrambe con caratteristiche molto diverse dal calcare.

Le spinte tettoniche in Carso hanno fatto sì che il Flysch, l'ultimo a depositarsi in ordine di tempo, si trovi ora sotto i calcari, e non più sopra com'era sul fondale marino, quand'era ancora un sedimento. Infatti durante una delle diverse fasi di deformazione delle rocce del Carso il calcare, più antico, è "scivolato" sopra il Flysch più giovane, come possiamo osservare nella fascia costiera in cui gli strati di Flysch si trovano sotto il calcare.

I VARI TIPI DI CALCARE

Non tutti i calcari sono uguali. Osservando delle rocce calcaree si può notare che la grana o *tessitura* di alcune appare fine e omogenea, simile ad un fango: sono i cosiddetti calcari fango-sostenuti. Particelle grosse e di taglie diverse invece caratterizzano i *calcari grano-sostenuti*. Il fondale marino infatti ospitava sia fanghi che sabbie, con organismi di taglie diverse, e quindi la roccia non è altro che la "fotografia" fossile di quell'ambiente.

In base a certe caratteristiche (colore, composizione litologica, tipo di fossili presenti, spessore degli strati, ecc.) è possibile riunire le rocce in gruppi di strati, detti anche *formazioni e membri* (Mb). Le formazioni e i membri vengono definiti con un nome che fa riferimento a un abitato, a un monte o a una località dove la formazione o il membro affiorano in modo evidente o caratteristico.

Tali classificazioni servono ai geologi per realizzare le carte geologiche (come quella presente in questo poster), in cui è possibile rappresentare graficamente le caratteristiche geologiche di un territorio.



Breccia calcarea

(nella foto sono visibili i frammenti spigolosi di cui è composta)

La Formazione dei Calcari del Carso triestino è suddivisa in cinque membri, che dal più antico al più recente sono:

Membro di Monte Coste (Cretacico inferiore p.p. {p.p.: una parte di}): calcari fango-sostenuti con strati di spessore di circa 10 cm, grigio scuro-nerastri con rari fossili (rudiste). Al di sopra degli strati calcarei si trovano livelli di dolomie, un tipo di roccia composta prevalentemente dal minerale dolomite (carbonato doppio di calcio e magnesio) e di breccie carbonatiche, cioè rocce costituite da frammenti più o meno spigolosi di altre rocce, cementati assieme.

Membro di Rupingrande (Cenomaniano inferiore - Turoniano inferiore): alla base breccie calcareo-dolomitiche. Seguono dolomie dal grigio chiaro al nerastro, organizzate in strati decimetrico-metrici, e livelli di calcari e dolomie con rudiste.

Membro di Borgo Grotta Gigante (Turoniano p.p.- Maastrichtiano): con prevalenza di calcari grano-sostenuti, da grigio chiari a scuri, in strati di notevole spessore (anche più di un metro). Particolarità di questo membro è soprattutto l'abbondanza di rudiste.

Membro di Monte Grisa (Paleocene p.p.): calcari fango-sostenuti, di color nocciola scuro-nerastro, a stratificazione decimetrica, con abbondanti fossili di foraminiferi, dei microrganismi marini con guscio generalmente mineralizzato, che talvolta possono raggiungere dimensioni eccezionali (fino a 11-14 cm di lunghezza).

Membro di Opicina (Eocene inferiore. p.p.): calcari grano-sostenuti, grigio chiari, molto ricchi in foraminiferi, in strati decimetrico-metrici, a cui sopra seguono calcari molto fangosi. I foraminiferi sono facilmente riconoscibili ad esempio nei calcari lungo la Strada Napoleonica (Prosecco), dove le rocce appaiono costellate da fossili bianchi simili a chicchi di riso.

"Formazione dei Calcari del Carso triestino" [Cucchi F., Pirini Radrizzani C. & Pugliese N. (1987): "The carbonate stratigraphic sequence of the karst of Trieste (Italy)", Mem. Soc. Geol. It., 40, 35-44, Roma].

I fossili e l'ambiente di origine

L'AMBIENTE D'ORIGINE

I fossili sono resti, o anche solo tracce, di animali o vegetali dei tempi geologici passati; e sono i “documenti” sui quali si basa la paleontologia, cioè la scienza che studia la vita nel passato.

La maggior parte degli esseri viventi, quando muore, scompare lentamente senza lasciare tracce. Affinché un organismo diventi un fossile, è necessario che venga preservato dalla decomposizione e che i suoi resti non vengano smembrati e dispersi dagli agenti atmosferici (come l'acqua, o il vento...); in genere ciò accade quando viene ricoperto da dei sedimenti, in cui rimane “intrappolato” e perciò “conservato”.

I fossili si possono trovare racchiusi e conservati nelle rocce sedimentarie, costituite cioè da sedimenti: granelli di sabbia, fanghi, frammenti di rocce, ma anche di gusci o scheletri di animali.

Attraverso lo studio dei fossili è possibile ricostruire com'era l'ambiente nel passato: dove ora c'è il Carso, tra i 100 e i 50 milioni di anni fa si trovava un mare con acque basse, calde e ricche di ossigeno, un ambiente simile a quello delle attuali zone tropicali. Tali condizioni favorivano lo sviluppo di diverse forme di vita animali e vegetali; tra queste i coralli, i molluschi e i ricci di mare.

Molti di questi organismi hanno gusci o scheletri composti da carbonato di calcio, che alla morte dell'animale andavano a depositarsi sul fondo, arrivando a formare in milioni di anni dei depositi anche ingenti.

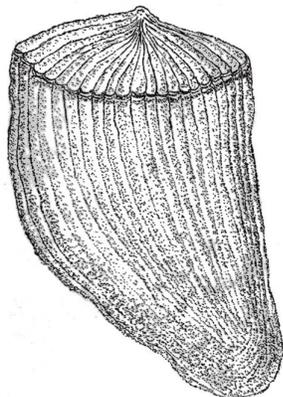
Alcuni organismi erano mobili; altri invece vivevano fissati al fondo e raggruppati in colonie di milioni di individui. Questi animali erano dotati di scheletri calcarei, e man mano che le colonie si sviluppavano formavano delle scogliere naturali, come le barriere coralline.

Al di là di queste barriere, che potevano essere molto estese ed alte anche centinaia di metri, si formavano delle lagune, collegate col mare aperto tramite dei canali, percorsi dalle maree (detti “canali di marea”).

Mentre le scogliere si innalzavano, avvenivano però anche degli abbassamenti del fondale marino; il che permise di mantenere pressoché costanti nel tempo le condizioni di vita nel mare e la varietà di ambienti naturali. Questo processo rese possibile la formazione di grandi depositi uniformi.

Le onde e le mareggiate frammentavano parti della scogliera, le maree trasportavano i detriti e gli organismi che non erano fissati al fondo all'interno delle lagune, accumulandoli nei punti in cui c'era meno corrente. Questi depositi venivano poi cementati dal carbonato di calcio, presente nell'acqua sotto forma di sale disciolto.

Dalla trasformazione di questi sedimenti marini si sono originate le rocce che oggi formano il Carso triestino. Il territorio dei comuni di Monrupino-Repentabor e Sgonico-Zgonik è costituito quasi interamente da calcari e dolomie, depositatisi in ambienti marini tra i 100 i 50 milioni di anni fa.



Hippuritidae



Radiolitidae

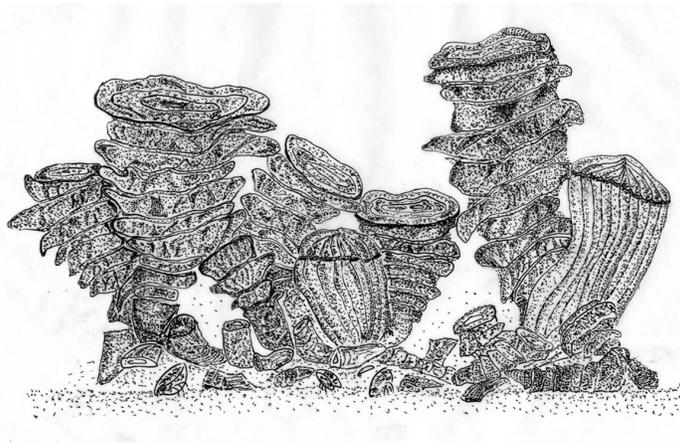
I FOSSILI

Il fossile più caratteristico del Carso - ormai estinto da 65 milioni di anni - è la rudista, un mollusco bivalve, con una valva molto allungata di forma conica e l'altra quasi piatta, l'opercolo. La valva più grande era fissata al fondale, mentre l'altra funzionava come un "coperchio", che aprendosi e chiudendosi consentiva all'acqua di entrare, permettendo al mollusco la cattura del cibo.

Tra le rudiste esisteva una forma più tozza e robusta (*Hippuritidae*), simile a una cornucopia, più adatta a resistere alla forza dei moti ondosi, e una con il guscio più sottile (*Radiolitidae*), che preferiva il più calmo ambiente di laguna.

Le correnti trasportavano attraverso i canali di marea i resti di conchiglie frantumati, e li depositavano nei punti in cui l'acqua era più calma. Su tali depositi si insediavano le colonie di rudiste. I primi individui delle colonie, a causa del passaggio delle correnti, crescevano con andamento orizzontale; poi su di essi si insediavano nuovi esemplari disposti in verticale, riuniti a forma di mazzo o di *bouquet*. Le rudiste, che avevano dimensioni di alcune decine di centimetri, ma potevano superare anche il mezzo metro, in quei tempi erano i principali costruttori delle scogliere, che oggi sono costruite prevalentemente dai coralli.

I grossi gasteropodi (*Nerineidi* e *Acteonidi*), che strisciano sul fondo, preferivano gli ambienti con acque tranquille, e perciò vivevano allo sbocco dei canali di marea e all'interno delle lagune, dove le correnti erano costanti e non troppo forti.



Ricostruzione di una colonia di rudiste

FOSSILI A COLORI

Generalmente i fossili non conservano la colorazione originaria dell'organismo vivente; ciò a causa dell'ossidazione e dell'azione del sole, che tende a scolorirli nelle parti esposte. Dalla loro colorazione si possono però ricavare delle indicazioni sul tipo di ambiente in cui vivevano, o sulle modalità in cui si sono fossilizzati.

Ad esempio i fossili colorati sono frequenti nei calcari grigi, caratteristici di un ambiente originario povero di ossigeno. Oppure i gasteropodi che presentano i colori solo sul lato ventrale indicano che si sono fossilizzati nella posizione in cui erano in vita, poiché gli agenti atmosferici hanno progressivamente scolorato le altre parti non protette.



Gasteropodi fossili con le colorazioni originali

Nei pressi di Monrupino sono stati rinvenuti molti gasteropodi i cui gusci conservavano le colorazioni originali. Sono state trovate conchiglie con diversi disegni: a linee ondulate o a zig zag, con piccoli triangoli, macchie, con una o più fasce trasversali. I colori variavano dall'ocra, il rossiccio, il brunastro, e la colorazione dipendeva in gran parte dal tipo di nutrimento che i gasteropodi avevano a disposizione.

Per tutte queste ragioni i fossili, una volta ritrovati, vanno subito protetti dall'ossidazione e dalla luce solare, altrimenti la loro colorazione tende a scomparire.

Inoltre è importante sapere che tutti i fossili, indipendentemente dalla loro grandezza, sono considerati beni paleontologici e patrimonio dello Stato, e che ogni attività a riguardo è vincolata a precise normative.



Roccia con rudiste

NON SOLO FOSSILI

Osservando con attenzione alcune rocce del Carso si possono notare delle sferette scure di 1 o 2 millimetri di diametro: le ooliti. Al microscopio mostrano una struttura "a cipolla", con un nucleo (che può essere un granello di sabbia, un frammento di guscio, un detrito di materiale organico...), circondato da strati concentrici di calcare. Si sono formate in ambienti di mare poco profondo, caratterizzato da forti correnti, soprattutto di marea.

I nuclei di origine venivano trasportati dalla marea da zone con acqua fredda ad altre con acqua più calda e satura di carbonato di calcio, che si depositava sul nucleo in uno strato uniforme. Tale processo si ripeteva con il succedersi delle correnti, producendo un ulteriore accrescimento dei granuli.

GLOSSARIO

Gasteropodi: Classe di molluschi che vivono in terra, nelle acque dolci e soprattutto di mare. Hanno una conchiglia composta di una sola valva ed hanno un piede molto spesso, costruito come una suola strisciante. Ne fanno parte le chioccioline, le lumache e numerosi animali marini, noti per le loro conchiglie.

Bivalvi: molluschi con il corpo racchiuso in una conchiglia con due valve (dal latino *bi* e *valvae-arum* 'battenti della porta'), legate tra loro da dei legamenti. Cozze e vongole sono dei bivalvi.

Coralli: minuscoli animali appartenenti al *phylum* dei Celenterati. Hanno il corpo molle, ma producono uno scheletro rigido di materiale calcareo. Vivono in colonie di milioni di individui e con i loro scheletri formano le barriere coralline. Vivono sott'acqua, ma a basse profondità, perché nei loro tessuti vivono degli organismi unicellulari vegetali, che hanno bisogno della luce per svolgere la fotosintesi.

LA PIATTAFORMA CARBONATICA

Il termine “piattaforma carbonatica” è usato in maniera generica per indicare una spessa sequenza di sedimenti carbonatici formati in acque marine poco profonde. Se molteplici sono i contesti in cui si possono sviluppare le piattaforme carbonatiche, più restrittive sono le condizioni ambientali in cui possono vivere.

Una piattaforma carbonatica è infatti un ecosistema delicato, efficiente e produttivo al perdurare delle condizioni ambientali ideali, e -al contrario- fragile al loro variare. A causa della stretta parentela con il mondo biologico, i carbonati prediligono le acque calde, chiare e illuminate dei mari tropicali, a profondità massima di alcune decine di metri. Parametri molto importanti sono anche la limpidezza e la salinità delle acque; per questo motivo la quasi totalità dei *sistemi deposizionali carbonatici* è assente nelle vicinanze dello sbocco dei grandi fiumi.

Negli oceani e nei mari tropicali e subtropicali esistono due differenti condizioni ambientali in cui si verifica un'estesa e importante deposizione di sedimenti carbonatici:

- i bassi fondali, caratterizzati da un alto tasso di sedimentazione (circa 100 cm in 1000 anni)
- le acque profonde, dove i sedimenti si accumulano lentamente (circa 10 cm in 1000 anni) mediante la decantazione (ovvero la caduta lenta attraverso la colonna d'acqua fino al fondale marino) del plancton calcareo presente nelle acque superficiali dei vari oceani

Il tasso di produzione del sedimento carbonatico rimane praticamente costante fino alla profondità di 10-15 m; al di sotto esso decresce rapidamente all'inizio, e poi più gradualmente.

I fattori che controllano produzione e la dissoluzione del sedimento carbonatico sono la concentrazione dell'anidride carbonica (CO_2), la pressione, la temperatura dell'acqua e la luce solare che riesce a filtrare nel mare.



La costiera triestina
costituita da sedimenti carbonatici

LA DOLOMITIZZAZIONE

Dolomieu, un piccolo villaggio vicino a Grenoble: a lui si deve il nome della dolomite, minerale costituito da carbonato doppio di calcio e magnesio. Infatti nel 1791 il naturalista

francese Deodat de Dolomieu per primo descrisse una roccia *dolomitica*, composta cioè prevalentemente dal minerale dolomite. L'interesse su queste rocce è aumentato in modo considerevole negli ultimi 50 anni, sia perché le dolomie costituiscono una cospicua parte delle rocce sedimentarie affioranti sulla superficie terrestre, sia per la loro importanza economica (sono i maggiori serbatoi di idrocarburi).

La dolomitizzazione è il processo attraverso il quale una roccia calcarea (roccia carbonatica costituita principalmente dal minerale *calcite*, composto da carbonato di calcio) si trasforma in dolomia (roccia carbonatica costituita principalmente dal minerale dolomite).

La dolomite, caratterizzata da una struttura cristallina rigidamente ordinata, non si forma, almeno in apparenza, nelle piattaforme carbonatiche attuali. Essa è stata sintetizzata in laboratorio soltanto in condizioni di alta pressione di anidride carbonica e di alta temperatura, inesistenti però sulla superficie terrestre. E' quindi opinione comune che la maggioranza delle dolomie antiche e attuali siano il risultato della trasformazione di un sedimento carbonatico preesistente, e che una quantità insignificante di dolomia sia primaria, cioè per precipitazione diretta dall'acqua.

La maggior parte delle dolomie deriverebbe quindi dalla sostituzione del magnesio con il calcio, e si sarebbe originata in tempi assai lunghi, sia che il sedimento fosse sciolto o già *litificato* (cioè divenuto roccia). Tale sostituzione avviene mediante la dissoluzione del carbonato di calcio, e la simultanea precipitazione di dolomite da una soluzione acquosa che attraversa il sedimento (sia che questo sia sciolto o roccia).

Sulla base delle conoscenze sui processi di dolomitizzazione recente, e dello studio delle successioni dolomitiche antiche, è possibile distinguere una dolomitizzazione precoce (o "*sindeposizionale*"), contemporanea alla deposizione del sedimento carbonatico molle sulla piattaforma, e una dolomitizzazione tardiva, che va ad intaccare invece un sedimento ormai duro.

La dolomitizzazione tardiva cancella le tessiture originarie della roccia e i fossili in essa contenuti, e produce dolomie a struttura cristallina, in genere molto grossolane.

Spesso solo una parte della roccia subisce la dolomitizzazione, ma può anche essere interamente dolomitizzata.

Le tessiture delle dolomie sono tanto eterogenee quanto eterogenei sono i processi di dolomitizzazione. In termini molto generali, le dolomie di sostituzione sono mosaici di cristalli più o meno delle stesse dimensioni.

Le rocce dolomitiche sono normalmente molto più porose dei calcari, poiché la dolomitizzazione è un processo che tende a produrre e preservare gli spazi porosi, a causa della diversa dimensione dei raggi degli ioni del calcio e del magnesio (quest'ultimo di dimensioni minori di quelle del calcio). Le dolomie che affiorano sul Carso sono generalmente cristalline, grossolane e piuttosto porose.

Riassumendo, la dolomitizzazione è un processo spesso "distruittivo", che altera i costituenti originari della roccia, trasformandoli in un mosaico cristallino poroso (da cui si ricava la maggior parte del petrolio estratto al mondo).

Bibliografia:

- Borsellini A., Mutti E., Ricci Lucchi F. (1989) “*Rocce e successioni sedimentarie*” - Utet
- Borsellini A. (1991) “*Introduzione allo studio delle rocce carbonatiche*” - Italo Bovolenta editore
- Borsellini A. (1996) “*Geologia delle Dolomiti*” – Athesia
- Cucchi F., Gerdol S. (1985) “*I marmi del carso triestino*” – Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura, Trieste
- Forti F. (1982) “*Carso triestino. Guida alla scoperta dei fenomeni carsici*” Ed. Lint, Trieste.
- Olivieri R. “*Appunti di paleontologia generale*” – Appunti per Scienze Naturali e S. Biologiche
- Tucker M.E., Wright V.P. (1990) “*Carbonate sedimentology*” – Blackwell Science

Credits cartografie: Università degli Studi di Trieste

Carta geologica del Carso (da rilievi DiSGAM – Università degli Studi di Trieste, Convenzione con R.A.F.V.G., Rep. n. 8504/2005 per la realizzazione di una Carta Geologica (Geo - CGT) alla scala 1:10.000.

Testi: Barbara Bassi, Giovanna Burelli, Ruggero Calligaris

Disegni scientifici: Ruggero Calligaris

Foto: Barbara Bassi, Giovanna Burelli

Cartografie: da Università degli Studi di Trieste

Realizzazione: Curiosi di natura – Soc. coop.