



Fabio Marco Dalla Vecchia

# GUIDA ALLA GEOLOGIA DEL TERRITORIO DI PASIAN DI PRATO

Comune di Passignano del Tuoro - 2022



**GUIDA ALLA GEOLOGIA  
DEL TERRITORIO  
DI PASIAN DI PRATO**



Comune di  
Pasian di Prato



La presente opera non è prodotta a scopo di lucro / *this is a no-profit product.*

È stata realizzata grazie ai “Contributi per la promozione del patrimonio geologico e della geodiversità” erogati nell’anno 2021 dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia per il progetto del Comune di Pasian di Prato “Valorizzazione degli aspetti geologici del territorio di Pasian di Prato” in attuazione della Legge Regionale 14 ottobre 2016 n. 15 (*Disposizioni per la tutela e la valorizzazione della geodiversità, del patrimonio geologico e speleologico e delle aree carsiche*).

Tutte le immagini basate su quelle pubblicate in lavori scientifici sono state modificate per i fini didattici di questa pubblicazione.

### **Ringraziamenti**

Il progetto “Valorizzazione degli aspetti geologici del territorio di Pasian di Prato” è stato possibile grazie al Sindaco dott. Andrea Pozzo e all’Assessore alla Cultura ed Innovazione Paolo Montoneri che l’hanno seguito e sostenuto e al dott. Andrea Zecchin (Servizi Culturali e Bibliotecari) che lo ha coordinato. Grazie a Luigina Degano, al dott. Angelo Fantino, a Laura Franzolini, Bruno Geatti, Daniele Gorasso, all’arch. Gianni Lerussi (anche per le foto di fig. 30), a Edi Leita, Giorgio Miani, Stefano Peressini, Lucio Riva e Roberto Tomada, per le informazioni sui grandi massi estratti dal sottosuolo del Comune e al dott. Davide Rigo per le informazioni sui pozzi. Un particolare ringraziamento al dott. Sandro Venturini per le usuali proficue discussioni e al prof. Paolo Mozzi per avere condiviso il pdf della pubblicazione di cui è coautore. Ringrazio il dott. Giuseppe Muscio per l’aiuto editoriale, Roberta Bover e il dott. Andrea Mossenta per l’assistenza in campagna, il dott. Alberto Maestrini per la foto di fig. 20 e Flaviano Miani per la foto di copertina. Grazie anche alle persone che hanno reso disponibili le loro fotografie a fini culturali e divulgativi mediante il *Creative Commons*.

Si ringrazia infine la dott.ssa Chiara Piano del Servizio Geologico - Direzione centrale difesa dell’Ambiente - Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia per la collaborazione.

Fabio Marco Dalla Vecchia

**GUIDA ALLA GEOLOGIA  
DEL TERRITORIO  
DI PASIAN DI PRATO**

Comune di Pasian di Prato - 2022

*Esistono libri sulla storia di Pasian di Prato e le sue frazioni mancava un volume dedicato alla geologia del territorio comunale. Questo vuoto è stato ora colmato dal presente volume che ci svela la storia più antica della nostra terra, una storia che risale a decine di migliaia di anni fa per quanto riguarda la morfologia della zona su cui sorgono i nostri paesi (modellata dall'ultima espansione in pianura del ghiacciaio del Tagliamento) e a milioni di anni nel caso dei sassi con cui sono state costruite le loro case.*

*Due aspetti trattati in questo libro hanno una valenza particolarmente attuale oggi. Il primo è quello del cambiamento del climatico: 20.000 anni fa un ghiacciaio arrivava fino a pochi chilometri dal nostro Comune e poi si è ritirato lasciando dietro di sé una coltre di detriti. Le popolazioni del Friuli preistorico sono state testimoni di un drammatico cambiamento del paesaggio dovuto a cause climatiche. Il secondo aspetto è quello della valorizzazione degli aspetti naturalistici del territorio a fini turistici. C'è un rinnovato interesse per il turismo all'aria aperta, una fruizione "intelligente" della natura: un percorso geo-turistico attraverso il nostro territorio comunale è un prezioso contributo per conseguire il predetto scopo.*

dott. Andrea Pozzo  
Sindaco di Pasian di Prato

*La nostra regione racchiude, nel suo limitato perimetro, una serie di spettacolari evidenze geologiche e geomorfologiche distribuite in un intervallo di tempo lungo quasi mezzo miliardo di anni. Questo prezioso ed approfondito lavoro del compaesano Fabio Marco Dalla Vecchia, geologo e paleontologo riconosciuto a livello internazionale, ci accompagnerà dapprima verso la scoperta della geologia del Friuli e della sua storia evolutiva per introdurci successivamente in una dettagliata analisi del nostro territorio.*

*Scopriremo allora che tra i geositi di particolare interesse per la comprensione dell'evoluzione della Terra, Pasian di Prato è situato addirittura sopra un geomorfosito, ossia un geosito con caratteristiche geomorfologiche tali da permettere la comprensione della dinamica e della morfologia della superficie terrestre.*

*Il nostro comune poggia in parte, infatti, su un rilievo meglio conosciuto come la Dorsale di Pasian di Prato, frutto di antichi depositi di ghiaie fluvio-glaciali risalenti ad oltre 30.000 anni fa e che trae origine da una grande faglia di scorrimento.*

*Scopriremo anche un altro aspetto geologico curioso rappresentato da quei massi di grandi dimensioni (tra 60 cm a due metri) visibili nel Parco Mulino dei Palma e nella zona del Centro Studi, oltre che in alcuni giardini privati.*

*L'autore ci accompagnerà quindi attraverso un vero e proprio percorso geoturistico alla scoperta di quelle case anticamente costruite con i materiali trasportati dalle acque di scioglimento dell'ultimo ghiacciaio e dalle due lavie che attraversano il nostro territorio, ovvero la Lavia di Martignacco ed il Torrente Cormor.*

*Queste sono pagine molto importanti per conoscere il territorio in cui viviamo, ma anche, e soprattutto, per sviluppare quell'adeguata consapevolezza del rispetto di quell'ambiente che abbiamo ricevuto dai nostri genitori e che abbiamo l'obbligo morale di tutelare e proteggere affinché continui ad esistere intatto per essere fruito anche dai nostri figli.*

*Buona lettura.*

Paolo Montoneri  
Assessore alla Cultura ed alle Innovazioni Tecnologiche

*“Per la maggioranza delle persone,  
il paesaggio è sostanzialmente immutabile,  
ed il sottosuolo è informe “terreno”.  
In realtà il terreno dove poggiamo i piedi  
ha un suo spazio ed un suo tempo,  
un sopra ed un sotto, un prima e un dopo.”*  
Sandro Venturini (2016)

## Introduzione

A prima vista il territorio di Pasián di Prato non ha aspetti geologici particolarmente rilevanti essendo fondamentalmente una piatta porzione di pianura e confinando con il più grande centro abitato del Friuli. Tuttavia, qualsiasi territorio, anche quello di Pasián di Prato, ha una storia geologica e questa può essere letta nelle forme del paesaggio e nelle rocce.

Il riferimento principale per quanto riguarda gli aspetti geologici della zona in esame sono essenzialmente le *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 066 UDINE* e la relativa carta geologica a cura di A. Zanferrari, R. Avigliano, G. Monegato, G. Paiero e M.E. Poli, pubblicate nel 2008 dall'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici) e dal Servizio Geologico della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia. In questa guida, però, sono state prese in considerazione anche interpretazioni diverse o più recenti sui vari aspetti della geologia del territorio. Per quanto riguarda l'evoluzione geologica del Friuli durante l'ultima glaciazione ci si è basati sugli studi scientifici di più recente pubblicazione, che sono riportati nella bibliografia alla fine del volume. È comunque importante tenere in debita considerazione il fatto che si tratta sempre di interpretazioni ed ipotesi, anche se basate su dati oggettivi, che saranno certamente soggette a modifiche nel tempo con il progresso negli studi.

### Il territorio di Pasián di Prato in sintesi

Dal punto di vista amministrativo, Pasián di Prato è un Comune della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia ed appartiene alla Provincia di Udine. Il territorio comunale si estende per 15,34 km<sup>2</sup> nell'alta pianura friulana ad una latitudine compresa tra 46° 02' 35" e 46° 15' 10" a nord dell'Equatore ed una longitudine che spazia tra 0° 39' 03" e 0° 45' 05" ad est del meridiano di Monte Mario (Roma) e tra 13° 07' 41" e 13° 12' 16" rispetto al meridiano di Greenwich. Confina ad est con il territorio del Comune di Udine, a sud con quello del Comune di Campofornido, ad ovest con quello del Comune di Basiliano e a nord con quello del Comune di Martignacco (Figg. 1-2). Si estende principalmente in senso est-ovest per circa 5,6 chilometri, con un'ampia protrusione a meridione nell'angolo sud-orientale dove confina con il Comune di Campofornido e una stretta e lunga proiezione settentrionale nell'angolo nord-

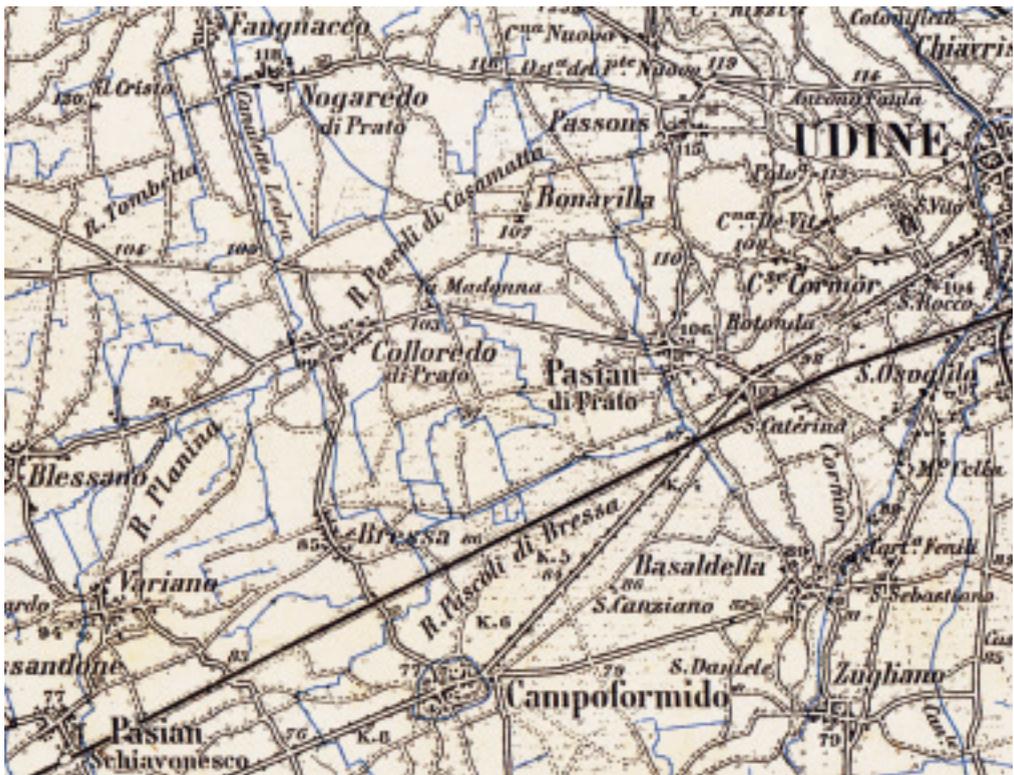


**Fig. 1** - Estensione e confini del territorio comunale di Pasian di Prato.

- *Extent and borders of the Pasian di Prato municipality.*

**Fig. 2** - Pasian di Prato e dintorni in una carta topografica di fine '800.

- *Pasian di Prato and its surroundings in a late 19<sup>th</sup> century map.*



orientale che è parallela al corso del T. Cormor e raggiunge il Quartiere Fieristico di Torreano di Martignacco.

Il territorio presenta un'altitudine che varia da 84 a 122 metri (l'altezza media sul livello del mare è di 104 metri). Morfologicamente è una zona quasi completamente piatta dell'alta pianura friulana (le due significative eccezioni saranno trattate più avanti in dettaglio) con un gradiente di pendenza da nord verso sud dello 0,5% (cinque metri ogni chilometro).

Il piccolo Torrente Lavia di Martignacco e il Torrente Cormor sono gli unici corsi d'acqua naturali, anche se effimeri, presenti nel territorio comunale e di loro si tratterà più avanti. Tre canaletti afferenti al sistema del Canale Ledra - scavato tra il 1881 e il 1886 per irrigare l'arida alta pianura friulana - sono la sola fonte superficiale di acqua corrente, ma un tempo erano attive numerose scoline (Fig. 2) oggi in gran parte in disuso. I due canaletti principali sono il Canale di Martignacco e il Canale di Passons. Il primo si origina dal canale Ledra principale nei pressi di Faugnacco e attraversa la parte occidentale di Colloredo di Prato; è riportato nella cartografia regionale come Canaletto Ledra fino a Colloredo di Prato e come Canale Ledra nel tratto oltre il paese. Il secondo si dirama dal Canale Ledra poco prima del Quartiere Fieristico, passa ad ovest di Passons, attraversa la parte occidentale di Pasian di Prato e si dirige poi verso Bressa. Il Canale di Passons è riportato nella cartografia regionale come Ledrut fino a Pasian di Prato, Canaletto Ledra nella parte sud-occidentale dell'abitato e poi come Canale di Passons nel tratto di Bressa. I due corsi d'acqua sono uniti da un canaletto che esce dal Canale di Martignacco alla periferia di Colloredo di Prato e si immette nel Canale di Passons dopo avere attraversato il paese di Bressa.

Oltre all'omonimo capoluogo comunale, Pasian di Prato (*Pasian di Prât* in Friulano) include le frazioni di Colloredo di Prato (*Colorêt*) e Passons (*Passons*). Santa Caterina (*Sante Catarine*) è ufficialmente una località ed è in continuità con il capoluogo comunale, anche se è comunemente considerata una sua frazione. Casali Bonavilla o semplicemente Bonavilla (*Cjase mate*) è un altro nucleo abitato (località) distinto all'interno del territorio comunale.

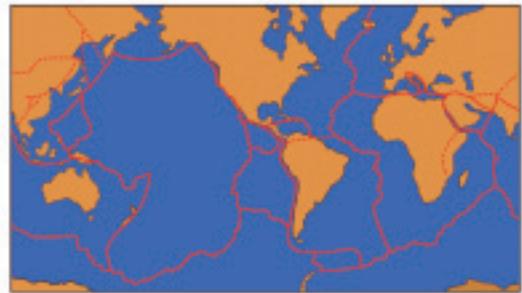
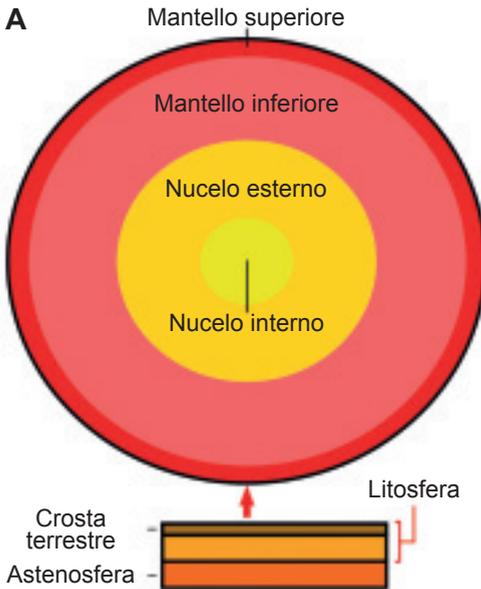
Al 31/12/2021 i residenti nel Comune erano 9282.

## La geologia, il tempo geologico e le rocce

Per comprendere al meglio l'argomento di questa guida è necessario introdurre subito, anche se brevemente, alcuni concetti basilari.

**La geologia.** La geologia è la disciplina scientifica che studia la struttura, morfologia, composizione e storia della Terra, il pianeta su cui viviamo.

La Terra è grossomodo sferica e suddivisa al proprio interno in strati concentrici, ciascuno con composizione e caratteristiche fisiche diverse (Fig. 3A). La parte centrale, il **nucleo**, è costituita da una lega di ferro-nichel ed è divisa in una parte interna solida (nucleo interno) e una parte esterna liquida (nucleo esterno). Il nucleo è ricoperto dal **mantello**, spesso circa 2800 km e costituito da rocce ricche di minerali che contengono silicio (rocce silicatiche). La parte più esterna del pianeta, quella su cui viviamo, è la **crosta terrestre**, formata principalmente da rocce silicatiche, ma più ricche di alluminio e silice rispetto a quelle del mantello. La crosta è rigida e molto sottile (5-7 km sotto gli oceani, fino a 90 km sotto le catene montuose) rispetto agli altri strati. Per avere un'idea delle proporzioni, la crosta rispetto al resto del Pianeta è come la buccia per la mela. La crosta terrestre e la parte superiore del mantello formano uno strato (la **litosfera**) che non è integro come la buccia della mela, ma è frammentato in porzioni più

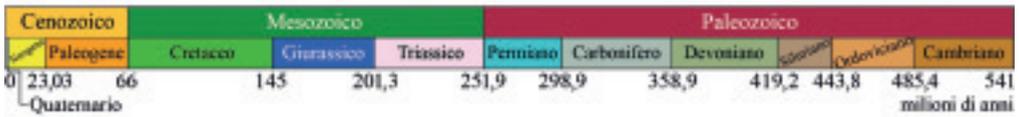


**Fig. 3** - A) Suddivisione interna della Terra. B) La frammentazione della crosta terrestre in placche tettoniche.

- A) *Internal subdivision of the Earth.* B) *The fragmentation of the Earth's crust into tectonic plates.*

o meno grandi chiamate **placche** o **zolle** (Fig. 3B) che si muovono una rispetto all'altra come se "galleggiassero" sulla parte sottostante del mantello, l'**astenosfera**, calda e in grado di deformarsi lentamente. Roccia fusa che risale continuamente dalle profondità del mantello e raggiunge la superficie attraverso fratture sul fondo degli oceani (lungo le quali si formano le **dorsali oceaniche**), raffreddandosi crea nuova litosfera che spinge a lato quella già esistente. Poiché la superficie del Pianeta deve mantenersi più o meno costante, in altre zone la litosfera si spacca, ridiscende all'interno del mantello e fonde. I continenti si trovano sulle zolle come su di un nastro trasportatore e si spostano man mano che da una parte si crea nuova litosfera e dall'altra altrettanta viene rifiuta. Quando nel loro spostamento sulla superficie terrestre - lento ma prolungato per tempi lunghissimi - i continenti collidono, i sedimenti accumulati ai loro margini e le rocce da essi originate sono compressi, deformati, spaccati e innalzati a blocchi e scaglie a formare le **catene montuose**. Le Alpi si sono innalzate nello scontro tra il Continente Africano e quello Euroasiatico, a partire da una topografia originariamente piatta. Tutto questo è avvenuto ed avviene in intervalli temporali lunghissimi, al di là della comprensione umana, il tempo geologico.

**Il tempo geologico.** Per comprendere la storia geologica di un territorio è necessario assimilare il concetto di **tempo geologico** - detto pure 'tempo profondo' (*deep time* in inglese). L'immensa dimensione del tempo geologico è di difficile comprensione. La storia della Terra è iniziata circa 4,5 miliardi di anni fa e l'unità di misura del tempo geologico - il **milione di anni** - è infinitamente più grande dei tempi relativi alla nostra esperienza personale, quindi le sue dimensioni non sono pienamente apprezzabili dalla nostra mente. Per dare un'idea della grandezza di questa unità di misura rispetto ai tempi della storia umana, un milione di anni corrisponde ad oltre 12.100 volte l'aspettativa di vita media di



**Fig. 4** - La suddivisione degli ultimi 541 milioni di anni della storia della Terra in Ere (Paleozoico, Mesozoico e Cenozoico) e Periodi, con la datazione in milioni di anni dei loro limiti.

- *The subdivision of the last 541 million years of Earth's history into Eras (Palaeozoic, Mesozoic and Cenozoic) and Periods, with the dating of their boundaries in million of years.*

un abitante del Friuli Venezia Giulia nel 2020 (82,6 anni), a 40.000 generazioni (considerando la durata di una generazione umana in 25 anni) e a circa 650 volte il tempo trascorso dalla caduta dell'Impero Romano d'Occidente (476 d.C.) ad oggi.

Il tempo geologico è suddiviso in **intervalli** gerarchicamente ordinati: Ere, Periodi, Epoche ed Età (in ordine gerarchico decrescente: un'Era è suddivisa in più Periodi, un Periodo in più Epoche, ecc.; Fig. 4). Questo non è apparentemente diverso dalla familiare suddivisione del tempo in millenni, secoli, decenni, anni, mesi, settimane e giorni, ma si basa su un concetto di suddivisione che non è legato a fattori astronomici (per esempio, il tempo impiegato dalla Terra a compiere una rotazione completa intorno al proprio asse o una rivoluzione intorno al Sole e loro multipli). Le suddivisioni del tempo geologico sono fondamentalmente basate su **eventi** (sia geologici sia biologici) occorsi durante la storia della Terra e che contraddistinguono il limite tra due suddivisioni. Tali suddivisioni, quindi, non hanno una durata regolare ma marcatamente irregolare. Per esempio, un Periodo può essere durato 79 milioni di anni come il Cretaceo (145-66 milioni di anni fa) o solo 2,58 milioni di anni come il Quaternario (quello in cui stiamo vivendo).

Ciò che è successo negli intervalli temporali del passato è essenzialmente rappresentato oggi dalle **rocce** che si sono originate durante il tempo da essi rappresentato e dai resti degli esseri viventi che durante quegli intervalli sono vissuti. Questi resti - conservati all'interno delle rocce - sono chiamati **fossili**. La datazione delle rocce sedimentarie (derivate dalla deposizione di sedimenti) si basa sul loro **contenuto fossilifero**. Gli altri due tipi principali di rocce (igne e metamorfiche) in genere non conservano fossili. La datazione mediante i fossili presenti nella roccia è basata sul fatto che alcuni gruppi di organismi si sono evoluti in modo relativamente rapido e le varie specie sono caratteristiche di ben determinati corpi rocciosi e di intervalli di tempo limitati (dal punto di vista geologico, naturalmente). In questo modo è stato possibile suddividere le successioni di rocce sedimentarie in parti di spessore più o meno ridotto e tendenzialmente sovrapposte, ciascuna caratterizzata dalla presenza esclusiva di uno o più fossili di un determinato gruppo di organismi vissuti nel passato. Questa è una **datazione relativa** o **indiretta** delle rocce, perché ci dice se una roccia è più antica di un'altra, ma non ci fornisce direttamente una datazione in unità di tempo, vale a dire una **datazione assoluta** (in anni). Quest'ultima si basa soprattutto sul decadimento di alcuni elementi radioattivi presenti nei minerali che costituiscono le rocce - per esempio, l'uranio e il potassio - nei loro isotopi o in altri elementi (gli isotopi sono gli atomi di un dato elemento che

differiscono per numero di massa - hanno dunque uno stesso numero di protoni ma un diverso numero di neutroni; gli isotopi radioattivi tendono a decadere perdendo particelle atomiche). Questo significa che un dato elemento radioattivo si trasforma nel tempo in un isotopo più stabile o in un altro elemento. Semplificando al massimo, misurando la quantità residua di un elemento radioattivo in una roccia è possibile datare la formazione di quest'ultima se si conosce la quantità dell'elemento presente inizialmente e la sua velocità di decadimento. Questo tipo di datazione si può fare principalmente nelle rocce ignee o derivate da queste (per esempio, nelle ceneri vulcaniche), mentre in linea di massima non è possibile nelle rocce sedimentarie che contengono i fossili. Di conseguenza, nelle sequenze sedimentarie la datazione assoluta si può ottenere solo se esistono intercalazioni vulcaniche o vulcanoclastiche.

Un'eccezione è la datazione mediante il **carbonio radioattivo** ( $^{14}\text{C}$ ) che si basa sulla trasformazione del  $^{14}\text{C}$  nell'isotopo stabile (vale a dire, non radioattivo)  $^{12}\text{C}$ . Tale datazione è riportata nei libri come  **$^{14}\text{C yr} \pm \text{errore BP}$** , ossia "anni prima del 1950 (anno di riferimento per il "presente": BP significa "*Before Present*", "Prima del Presente" in inglese) calcolati con il  $^{14}\text{C}$  con un errore nel calcolo  $\pm x$ ". La datazione si può effettuare solo in sedimenti o rocce sedimentarie che presentano carbonio, quindi su campioni contenenti sostanza organica, soprattutto di origine vegetale, per esempio frammenti di legno. Il  $^{14}\text{C}$  decade in  $^{12}\text{C}$  con una velocità relativamente elevata, tanto da permettere la datazione di campioni che risalgono al massimo a circa 45.000 anni fa. Con il  $^{14}\text{C}$  non è possibile datare, per esempio, un deposito di 1 milione di anni fa semplicemente perché dopo tutto quel tempo nella roccia non ce n'è più traccia: si è completamente trasformato in  $^{12}\text{C}$ . Per questo motivo il  $^{14}\text{C}$  è utilizzato soprattutto in campo archeologico. Inoltre si è visto che con l'aumentare della datazione ottenuta mediante  $^{14}\text{C}$  questa tende a sottostimare l'età reale del campione datato. È stato introdotto, perciò, un fattore di correzione per ottenere "**età calibrate**" plausibilmente più vicine all'età 'vera'. Per esempio, un'età di  $18.860 \pm 190$   $^{14}\text{C yr BP}$  ( $18.860 \pm 190$  anni dal 1950 ottenuta con il  $^{14}\text{C}$ ) corrisponde ad un'età calibrata di 22.800-21.980 anni. La calibratura non fornisce un'unica età  $\pm$  l'errore nel calcolo, ma un intervallo entro il quale la datazione 'vera' ricade. Quindi la differenza tra la datazione  $^{14}\text{C}$  non calibrata e quella calibrata può essere di migliaia di anni. Inoltre, la calibratura è applicabile in modo attendibile solo a campioni in cui la datazione basata sul  $^{14}\text{C}$  è inferiore a circa 22.000 anni. Come vedremo, questo tipo di datazioni sono state fondamentali per ricostruire gli eventi geologici occorsi in Friuli negli ultimi 30.000 anni.

**Le rocce.** Il tempo geologico è passato. Tutto quello che ci rimane a testimonianza del tempo passato sono le rocce ed i resti degli organismi in esse contenute (i fossili). Come è stato anticipato sopra, esistono tre tipi fondamentali di rocce: le rocce sedimentarie, le rocce magmatiche o ignee e le rocce metamorfiche.

Le **rocce sedimentarie** derivano dalla deposizione dei sedimenti: argille, fanghi, sabbie, ghiaie, ciottoli, pietre e massi. Questi sedimenti sono fondamentalmente depositati in ambiente acquatico (nei mari, nei fiumi, nei laghi ecc.), dalle acque in ambiente emer-

so (per esempio, durante le inondazioni) o dal vento (per esempio, durante le eruzioni vulcaniche e nei deserti). I sedimenti possono essere distinti a seconda delle dimensioni delle ‘particelle’ (granuli o frammenti, detti anche **clasti**) che li costituiscono, in argille, limi, sabbie e ghiaie. Nella **ghiaia** le ‘particelle’ hanno dimensioni comprese tra i due e i 75 millimetri, nella **sabbia** tra due millimetri e 1/16 di millimetro, nel **limo** (fango) tra 1/16 e 1/256 di millimetro. Le ‘particelle’ più piccole di 1/256 di millimetro costituiscono l’**argilla**. Se i costituenti del sedimento sono più grossolani delle ghiaie abbiamo le categorie dei **ciottoli** (dimensione maggiore compresa tra 7,5 e 25 centimetri), delle **pietre** (dimensione maggiore compresa tra i 25 e i 60 centimetri) e dei **massi** (dimensione maggiore superiore ai 60 centimetri). Le dimensioni delle particelle che formano una roccia ci forniscono informazioni sull’**energia ambientale** presente nel luogo di deposizione: più le particelle sono piccole più l’ambiente di deposizione era tranquillo e vi giungevano solo le frazioni più fini del sedimento in sospensione nelle acque, che si deponavano per lenta decantazione. Al contrario, la presenza ghiaia o ciottoli indica un’elevata energia ambientale causata da correnti od onde, oppure dall’inclinazione della superficie di deposizione e dall’instabilità creata dalla forza di gravità sui sedimenti. I sedimenti sono in origine ‘sciolti’, vale a dire che i granuli o i frammenti che li costituiscono non sono vincolati rigidamente tra loro e si possono muovere (si pensi, per esempio, alla sabbia). La **compattazione** causata dal carico dei sedimenti soprastanti e la **cementazione** del sedimento dovuto alla circolazione tra granulo e granulo di acque



**Fig. 5** - Roccia composta da frammenti (clasti) di rocce preesistenti. Quelli scuri sono a composizione silicea (selce), mentre quelli chiari sono a composizione carbonatica. La roccia è cementata e la matrice è molto scarsa, tanto che i clasti sono a contatto tra loro.

- Rock composed of fragments (clasts) of pre-existing rocks. The dark clasts have a siliceous composition (chert), while the light ones have a carbonate composition. The rock is cemented and the matrix is very scarce, so much so that the clasts are in contact with each other.

ricche di sali minerali portano alla sua trasformazione in dura roccia compatta e cementata. Il cemento che mantiene uniti i granuli e i frammenti è generalmente costituito da carbonato di calcio o da silice.

Le rocce sedimentarie possono essere classificate sia sulla base della loro **composizione chimico-mineralogica** (rocce carbonatiche, silicoclastiche, ecc.), sia sulla base delle **dimensioni dei granuli o frammenti di altre rocce** (i clasti) che le compongono (peliti, areniti, ruditi), sia sulla base del **processo che porta alla loro formazione** (rocce evaporitiche, rocce piroclastiche, ecc.). Le rocce clastiche sono quelle che traggono origine dalla sedimentazione di clasti più o meno grandi derivati dalla disgregazione di rocce preesistenti (Fig. 5). Oltre al cemento, nelle rocce clastiche ci può essere una **matrice** di sedimento molto più fine dei clasti in mezzo alla quale questi ultimi sono più o meno dispersi. Le rocce **carbonatiche** sono in gran parte derivate dallo sminuzzamento di gusci, conchiglie, teche, coralli e altre parti di organismi acquatici costituite di carbonato di calcio e dall'accumulo dei frammenti, più o meno piccoli (rocce bioclastiche). Queste rocce hanno un colore che in genere varia dal bianco latte al grigio, fino al nero. Talvolta, a causa della presenza di ossidi di ferro assumono un colore rosso o rosato, mentre gli idrossidi di ferro le colorano di giallo. La stragrande maggioranza delle rocce del Friuli è di origine sedimentaria e una buona parte di queste sono carbonatiche.

Le **rocce magmatiche o ignee** sono derivate dal raffreddamento più o meno rapido di rocce fuse provenienti dall'interno della Terra e dalla loro solidificazione. Si definiscono **effusive** se la solidificazione è avvenuta rapidamente in superficie (come nel caso delle lave nelle eruzioni vulcaniche) o in prossimità di questa (la roccia fusa si è solidificata all'interno della Terra ma non a grande profondità e in tempi relativamente rapidi), **intrusive** se la solidificazione è avvenuta più lentamente e più in profondità all'interno della crosta terrestre, lasciando ai cristalli dei vari minerali il tempo di aumentare di dimensioni. Le rocce ignee hanno fundamentalmente una composizione silicatica.

Nelle montagne del Friuli, le rocce magmatiche sono relativamente rare. Si sono originate principalmente durante due distinti intervalli di attività vulcanica verificatisi rispettivamente nel Periodo Carbonifero (intorno ai 320 milioni di anni fa) e a metà del Periodo Triassico (intorno ai 240 milioni di anni fa). Si trovano solo in ristrette zone delle Alpi Carniche (Carnia) e delle Alpi Giulie (Val Canale e Canal del Ferro).

Le **rocce metamorfiche** derivano dalla ricristallizzazione per pressione e temperature più o meno alte, ma senza fusione, di rocce presistenti, sia magmatiche sia sedimentarie sia metamorfiche ma con un diverso grado di metamorfismo (vale a dire rocce che erano già state metamorfosate in precedenza ma in condizioni di temperatura e pressione diversi). Le rocce metamorfiche sono quasi assenti in Friuli: affiorano esclusivamente nella parte nord-occidentale della regione, nelle Alpi Carniche al confine con l'Austria.

Le rocce saranno descritte in maggiore dettaglio nella parte dedicata alle case costruite con i 'sassi'.

## La conformazione geologica del Friuli

Il Friuli presenta una struttura geologica eccezionale. Le nostre montagne sono costituite da una successione di rocce che si è formata durante gli ultimi **450 milioni di anni** della storia della Terra. Si tratta per lo più di rocce **sedimentarie** originarie dalla deposizione di sedimenti soprattutto in ambiente marino, ma sono presenti anche rocce vulcaniche, sebbene siano relativamente rare.



**Fig. 6** - Mappa geologica schematica del Friuli Venezia Giulia. Legenda: 1) Paleozoico (escluso il Permiano), 541-299 milioni di anni fa; 2) Permiano e Triassico, 299-201 milioni di anni fa; 3) Giurassico, 201-145 milioni di anni fa; 4) Cretaceo, 145-66 milioni di anni fa; 5) Paleogene, 66-23 milioni di anni fa; 6) Miocene, 23-5,3 milioni di anni fa; 7) Pliocene e Quaternario, 5,3-0 milioni di anni fa (quasi interamente Quaternario, in realtà). Basata su di una cartolina dell'Università di Trieste progettata dal prof. G.B. Carulli, modificata.

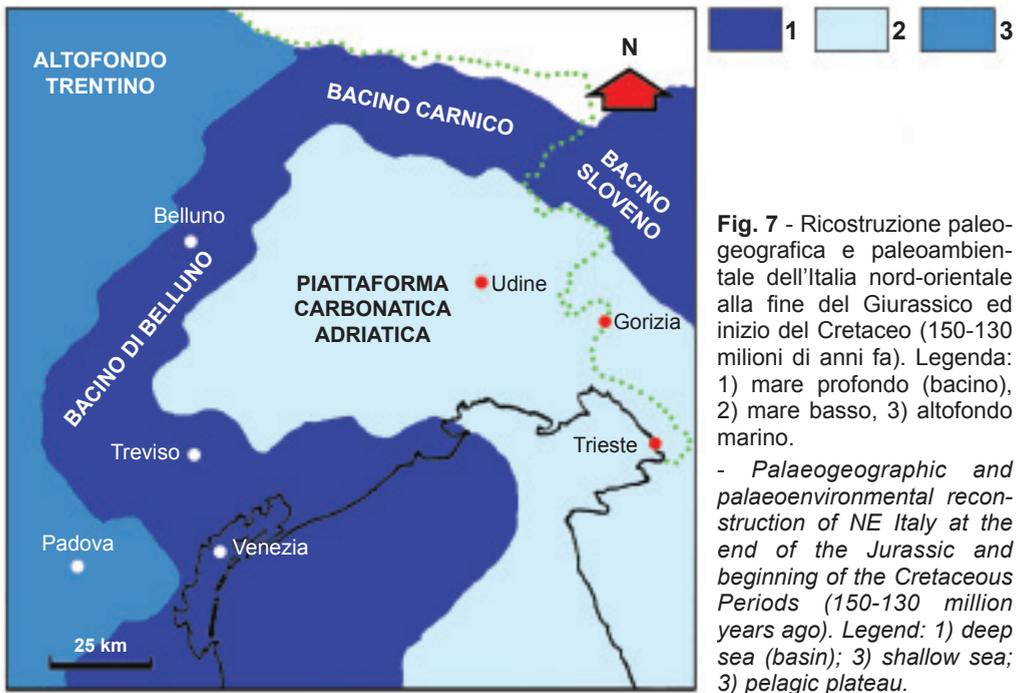
- Schematic geological map of the Friuli Venezia Giulia Region. Legend: 1) Palaeozoic (without Permian), 541-299 million years ago; 2) Permian and Triassic, 299-201 million years ago; 3) Jurassic, 201-145 million years ago; 4) Cretaceous, 145-66 million years ago; 5) Palaeogene, 66-23 million years ago; 6) Miocene, 23-5.3 million years ago; 7) Pliocene and Quaternary, 5.3-0 million years ago (nearly completely Quaternary, actually).

In Friuli abbiamo una **fascia montuosa** orientale formata dalle Alpi e Prealpi Giulie ed una fascia settentrionale - più ampia - costituita dalle Alpi e Prealpi Carniche. Queste zone montuose, soprattutto nel Pordenonese (Prealpi Carniche meridionali) e nel Friuli orientale (Colli Orientali e Collio) passano alla pianura attraverso una stretta **fascia collinare**. L'ampia pianura friulana è suddivisa in alta e bassa pianura dalla fascia delle risorgive, che si estende in senso NO-SE da Polcenigo nel Pordenonese a Monfalcone nel Goriziano passando a sud di Codroipo ed è ampia da due a circa 10 chilometri. La **fascia delle risorgive** è la zona dove la falda freatica raggiunge la superficie e l'acqua in essa contenuta forma polle e fontanai. La falda freatica è un corpo di rocce permeabili (anche non cementate, come ghiaie e sabbie) che presenta al suo interno acqua, derivata dalle precipitazioni cadute a monte e infiltrate, che fluisce lentamente verso il mare a causa della forza di gravità. L'acqua si sposta attraverso la porosità e le fratture della roccia.

Nell'alta pianura si ergono **colli isolati**, alcuni vicini alle montagne (per esempio, i colli di Osoppo e Susans e il Monte di Ragogna), ma anche più lontani (per esempio, i colli di Buia e quelli di Udine, Variano, Pozzuolo e Medea). Da questi si distingue una serie di colline disposte a semicerchio che si estende da Ragogna a Tarcento passando per San Daniele del Friuli, Fagagna, Moruzzo, Pagnacco e Tricesimo e costituisce l'**anfiteatro morenico** del Friuli.

La bassa pianura passa alla zona **lagunare** posta tra la terra emersa e la terminazione settentrionale del Mare Adriatico.

La gran parte della zona montuosa è costituita da rocce che risalgono ai Periodi **Permiano** e, soprattutto, **Triassico** (Fig. 6). Si sono originate, quindi, tra i 299 e i 201 milioni di anni fa, tra la fine dell'Era Paleozoica e l'inizio dell'Era Mesozoica (per orientarsi nel tempo geologico si veda la fig. 4). Le rocce permiane più diffuse in Carnia sono sedimentarie e costituite da arenarie rossastre di ambiente semidesertico e calcari neri marini. Le rocce triassiche - di gran lunga più comuni di quelle permiane - sono prevalentemente sedimentarie e di origine marina, ma includono anche rocce vulcaniche. Le rocce più antiche dell'**Era Paleozoica** (riferibili ai Periodi Carbonifero, Devoniano, Siluriano e Ordoviciano) affiorano solo nelle Alpi Carniche lungo il confine con l'Austria. Tra di esse prevalgono quelle sedimentarie di origine marina, ma durante il Carbonifero (359-299 milioni di anni fa) si verificò pure una intensa attività vulcanica sottomarina e la copiosa deposizione di sedimenti fluviali e deltizi. Le rocce del Periodo **Giurassico** (201-145 milioni di anni fa) si trovano soprattutto nelle Prealpi Carniche e nelle Prealpi Giulie e non costituiscono affioramenti molto estesi, se non nella parte occidentale della Regione. Si tratta per lo più di calcari di origine marina. Le rocce del Periodo **Cretaceo** (145-66 milioni di anni fa) affiorano soprattutto lungo il margine meridionale delle Prealpi Carniche e nelle Prealpi Giulie e costituiscono gran parte del Carso. Sono per lo più calcari derivati dalla deposizione di sedimenti carbonatici in bassi mari tropicali, ma non mancano calcari prodotti dalla sedimentazione in ambienti marini più profondi. Le rocce risalenti al Periodo **Paleogene** (66-23 milioni di anni fa), tutte di origine sedimentaria, costituiscono l'ossatura delle Prealpi



Giulie, i colli di Buia, i Colli Orientali e il Collio ed una porzione del margine meridionale delle Prealpi Carniche e del Carso. Si tratta soprattutto di un potente corpo roccioso chiamato *flysch* formato da strati di areniti e peliti derivate da sedimenti depositi in bacini marini profondi, ma in rapido colmamento. I calcari paleogenici originati in mare basso sono molto meno comuni. Esiste una lacuna (assenza di rocce relative) per quanto riguarda l'Epoca Oligocene (~34-23 milioni di anni fa). Le rocce dell'Epoca **Miocene** (23,03-5,33 milioni di anni fa), tutte sedimentarie e prevalentemente arenitiche o conglomeratiche di mare basso e piana fluviale, le troviamo nella parte più esterna e meridionale delle Prealpi Carniche e formano pure il Monte di Ragogna e il colle di Susans. Le rocce sicuramente riferibili all'Epoca Pliocene (5,33-2,58 milioni di anni fa) sono piuttosto rare in Friuli. Nella pianura affiorano quasi esclusivamente i depositi continentali (principalmente ghiaie, sabbie e limi) del Periodo **Quaternario** - gli ultimi 2,58 milioni di anni della storia geologica - tra i quali sono di gran lunga prevalenti quelli depositi da circa 26.000 anni fa ad oggi. Tra questi si distingue l'anfiteatro morenico, del quale tratteremo in modo esteso più avanti.

Nella lunga storia geologica documentata dalle rocce, il **paesaggio** e il **clima** in Friuli sono cambiati in continuazione.

Durante l'**Era Paleozoica** la parte di crosta terrestre corrispondente al Friuli è migrata verso nord partendo dall'emisfero meridionale e da una zona relativamente vicina al Polo Sud di allora (450 milioni di anni fa), quindi, con un clima tendenzialmente freddo, arrivando nei pressi dell'Equatore circa 300 milioni di anni fa. Fino a 320 milioni di anni fa non c'erano montagne e il territorio friulano era prevalentemente ricoperto dal

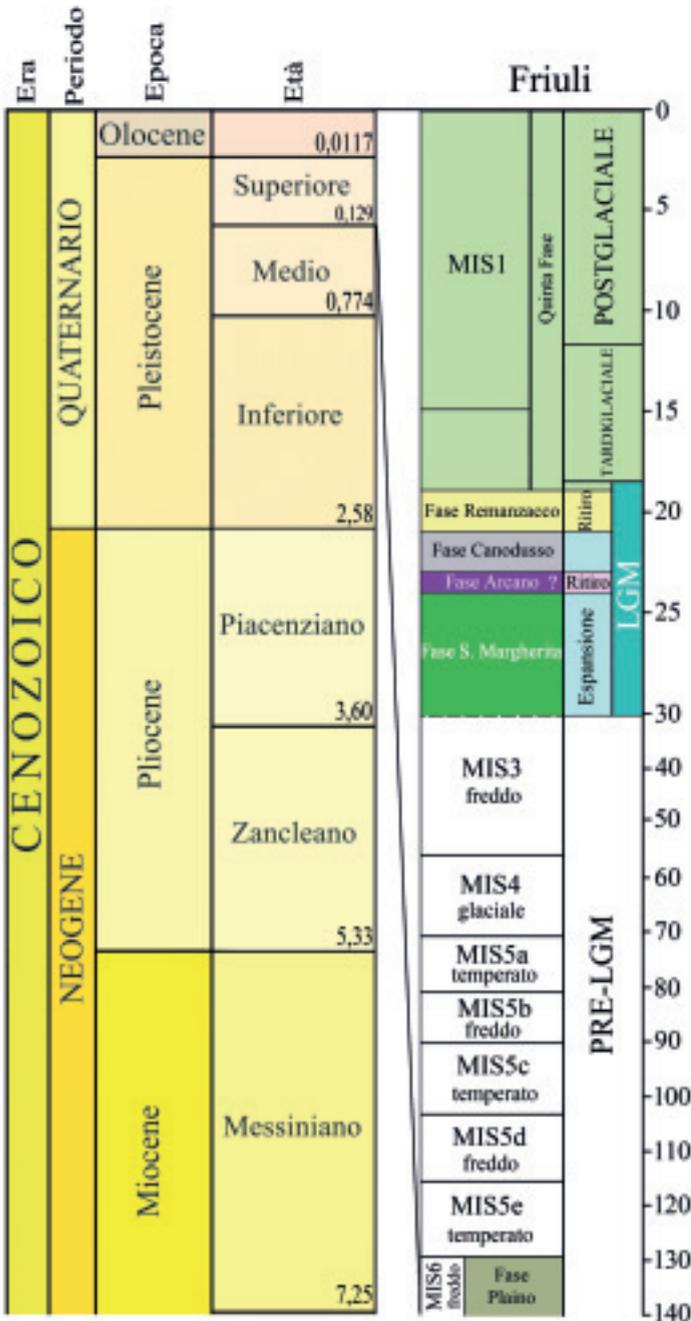
mare. Durante il Periodo **Carbonifero**, circa 340-300 milioni di anni fa, la nostra parte di mondo fu coinvolta nello scontro tra le masse continentali presenti nelle zolle in cui era suddivisa allora la litosfera (la cui conformazione era del tutto diversa da quella delle zolle attuali) che portò alla formazione di importanti catene montuose, tra le quali la Foresta Nera, il Massiccio Centrale e quello Renano in Europa e gli Appalachi nel Nord America. In Friuli si verificarono fenomeni vulcanici, soprattutto sottomarini, e poi si innalzò la **Catena Paleocarnica**, un rilievo le cui testimonianze sono presenti lungo il confine con l'Austria. Questa catena, non molto elevata, fu smantellata dall'erosione in una decina di milioni d'anni, tanto che alla fine del Carbonifero la zona compresa tra Forni Avoltri e Pontebba era un ambiente deltizio ricoperto da una rigogliosa vegetazione equatoriale al passaggio tra la pianura e il mare. La Catena Paleocarnica è stata in seguito coinvolta in un secondo evento di formazione di montagne (orogenesi), quello che ha creato l'attuale Catena Alpina. Durante il **Permiano** paesaggio e clima mutarono: il Friuli divenne una pianura semidesertica attraversata da fiumi effimeri che verso est passava ad un mare basso e soggetto ad una forte evaporazione a causa del clima arido. Alla fine, poco più di 250 milioni di anni fa, questo mare basso sommerse la pianura e per evaporazione si formarono depositi di gesso.

Durante la successiva **Era Mesozoica** (252-66 milioni di anni fa) il paesaggio rimase fondamentalmente privo di rilievi significativi e dominato dagli ambienti marini. Tensioni della crosta terrestre originarono, per sprofondamento, zone di mare più profonde circondate da quelle di mare basso e caldo (la regione si trovava a latitudini tropicali). Intorno ai 240 milioni di anni fa, queste tensioni causarono fenomeni vulcanici, sia sottomarini sia in zone emerse, di estensione limitata. Verso la fine del **Triassico** (circa 210 milioni di anni fa) a nord ed est esistevano bacini marini profondi centinaia di metri (il Bacino Carnico e il Bacino Sloveno, rispettivamente), mentre a sud si estendeva un'enorme e piatta piana di marea a sedimentazione carbonatica simile a quelle presenti oggi nelle Isole Bahamas. Su questa piana di marea passavano i dinosauri: le loro impronte fossili sono state trovate nel territorio del Parco delle Dolomiti Friulane (comuni di Claut, Cimolais e Andreis).

Durante il successivo **Giurassico** (201-145 milioni di anni fa; il nome è familiare a tutti grazie al film *Jurassic Park*), il Bacino Carnico si collegò ad ovest con quello Bellunese e si espanse verso sud a spese di una zona di mare basso e caldo, la porzione friulana della Piattaforma Carbonatica Adriatica (Fig. 7).

Questa situazione si mantenne per gran parte del lunghissimo Periodo **Cretaceo** (145-66 milioni di anni fa): mare relativamente profondo a nord e mare basso tropicale a sud. Verso la fine del Periodo (circa 70 milioni di anni fa), però, si iniziarono ad avvertire gli effetti della nuova collisione di continenti in atto, che avrebbe portato all'innalzamento della catena montuosa alpina. La causa era essenzialmente l'apertura dell'Oceano Atlantico meridionale e la 'migrazione' verso nord del continente Afro-arabico in rotta di collisione con quello Eurasiatico. Il corrugamento della crosta terrestre compressa e la **formazione delle montagne** che vediamo all'orizzonte a nord, est ed ovest del territorio di Pasion di Prato sono avvenuti a partire dalla fine del Cre-

taceo in **tre eventi** distinti separati da intervalli di relativa quiescenza e caratterizzati da cambiamenti nella direzione ed intensità della spinta esercitata dalle placche in collisione. Durante il **primo evento** (che raggiunse il suo acme nell'Eocene inferiore), i rilievi iniziarono ad emergere dal mare a nord e ad est del Friuli. Ad oriente il Bacino Giulio, una fossa marina posta davanti alla catena montuosa in innalzamento, migrava a SO verso il Friuli man mano che la crosta si deformava e si innalzavano i rilievi a causa della compressione diretta verso NE. In questo bacino marino profondo si depositarono potenti accumuli di sedimenti prodotti dall'erosione della catena in sollevamento, originando il caratteristico corpo di rocce arenitiche e pelitiche stratificate chiamato *flysch* (che vederemo in maggiore dettaglio a p. 102 trattando delle 'case di sassi'). Circa 55 milioni di anni fa (Eocene) la posizione del Bacino Giulio era all'incirca dove oggi si trova il margine esterno delle Prealpi Giulie, da Gemona del Friuli a Gorizia, ma il *flysch* si depositava pure lungo quello che oggi è il margine meridionale delle Prealpi Carniche. Queste depressioni marine migranti furono, infine, o coinvolte dal sollevamento o interamente colmate dai sedimenti. Verso la fine dell'Eocene (40 milioni di anni fa) il Friuli era emerso e il primo evento di innalzamento delle Alpi si era concluso. Il **secondo evento** iniziò una dozzina di milioni di anni dopo e durò fino a 14 milioni di anni fa. Le montagne ripresero a sollevarsi nel nord del Friuli a causa della compressione orientata ora verso NNE, mentre il conseguente lento abbassamento della crosta terrestre a sud provocò il ritorno del mare che giunse fino a quella che oggi è la parte meridionale delle Prealpi Carniche. Il principale innalzamento delle nostre montagne avvenne, però, durante il **terzo evento** e soprattutto nella sua **prima fase**, occorsa tra 14 e 5,5 milioni di anni fa con compressione orientata SSE-NNO. In corrispondenza dell'attuale margine meridionale delle Alpi Carniche il mare fu colmato da una gran quantità di sedimenti grossolani trasportati dai fiumi che scendevano da nord e formavano apparati deltizi che avanzavano verso meridione. La **seconda fase** del terzo evento di innalzamento delle nostre montagne è tutt'ora in corso, con una compressione diretta grossomodo da sud verso nord, ed è per questo che il Friuli è una zona sismica.



**Fig. 8** - Suddivisione in intervalli di tempo degli ultimi 7,25 milioni di anni della storia della Terra (colonna di sinistra) ed eventi climatici degli ultimi 140.000 anni (Pleistocene superiore e fine Pleistocene medio), con particolare riferimento al Friuli (colonna di destra). I numeri nella colonna di destra si riferiscono alle migliaia di anni, mentre quelli della colonna di sinistra rappresentano i milioni di anni. Il MIS2 non è segnato, ma è l'intervallo compreso tra MIS3 e MIS1. "Espansione" (fase pleniglaciale) e "Ritiro" (che corrisponde alla fase cataglaciale per quanto riguarda la Fase Remanzacco) si riferiscono al ghiacciaio tilaventino. LGM = Ultimo Massimo Glaciale nelle Alpi.

- Subdivision into time intervals of the last 7.25 million years of the Earth's history (left column) and climatic events of the last 140,000 years (latest Middle Pleistocene and Late Pleistocene), with particular reference to Friuli (right column). The numbers in the right column refer to thousands of years, while those in the left column represent millions of years. MIS2 is not marked, but is the interval from MIS3 to MIS1. "Expansion" (pleniglacial phase) and "Withdrawal" (which corresponds to the cataglacial phase as regards the Remanzacco Phase) refer to the Tagliamento glacier. LGM = Last Glacial Maximum in the Alps.