

## IL PATRIMONIO GEOLOGICO

Il territorio del Geoparco delle Alpi Apuane si trova all'interno della omonima subregione montuosa, nel settore nordoccidentale della Toscana, dove avviene il passaggio tra la zona biogeografica medioeuropea e quella mediterranea. In questo territorio di transizione si eleva la catena montuosa delle Apuane che, allungata da nord ovest a sud est, si distacca dall'Appennino verso occidente, stabilendo un forte isolamento geografico.

Le cime delle Apuane si sono meritate l'appellativo di Alpi per l'ardito aspetto che le distingue dall'Appennino settentrionale, dal quale differiscono anche per la litologia prevalentemente carbonatica della catena montuosa principale. Lo spartiacque morfologico divide il versante marittimo, intensamente inciso dai corsi d'acqua e con pendii impervi che scendono ripidi sui fondovalle profondi, da quello interno che degrada assai più dolcemente.

La comunità scientifica è oggi pressoché concorde nell'interpretare le Alpi Apuane e l'Appennino settentrionale come il risultato complesso di due distinti e successivi processi deformativi: il primo collisionale-compressivo e il secondo distensivo-estensionale. Alpi Apuane e Appennino settentrionale appartengono dunque alla medesima catena montuosa a *thrust* e pieghe, originatasi durante il Cenozoico per l'accavallamento del dominio interno Ligure di origine oceanica (Tetide alpina), sui domini esterni di margine continentale, Toscano ed Umbro-Marchigiano. La complessa evoluzione tettonica dell'area ha messo in luce una prima fase di deformazione e metamorfismo, che ha trovato espressione all'interno di un contesto geodinamico collisionale. È poi seguita una seconda fase in regime tettonico distensivo, caratterizzata dallo sviluppo di zone di taglio a basso angolo e faglie normali, responsabili del sollevamento e dell'esumazione delle Unità strutturali più profonde.

Proprio in corrispondenza delle Alpi Apuane si è sviluppata una grande finestra tettonica, che ha esposto il 'Complesso metamorfico delle Alpi Apuane'. Quest'ultimo costituisce il livello strutturale più profondo affiorante nelle porzioni interne dell'Appennino settentrionale e quindi rappresenta un'area chiave per la comprensione dei meccanismi e dei processi geodinamici che hanno portata alla formazione della dorsale peninsulare italiana.

In particolare, all'interno della finestra tettonica apuana è possibile distinguere due unità sovrapposte, che appartengono entrambe alla Successione metamorfica del Dominio toscano: l'Autoctono *Auct.* e l'Unità di Massa.

L'Unità di Massa, rinvenibile solo nella porzione più occidentale della finestra tettonica, comprende un basamento paleozoico sul quale poggia, in discordanza, una spessa sequenza sedimentaria triassica, caratterizzata da metavulcaniti basiche del Ladinico. La copertura mesozoica ha inizio con metaconglomerati quarzosi, associati a metarenarie, metasiltiti e filladi nere, interpretabili come depositi silicoclastici continentali e/o costieri. Verso l'alto seguono livelli di rocce prevalentemente calcaree (marmi, metabrecce, calcescisti e filladi carbonatiche), che derivano da depositi prima di piattaforma carbonatici ristretta e poi di ambiente neritico-pelagico, con intercalazioni di metabasiti alcaline. La successione si chiude nel Carnico con filladi di origine continentale-litorale e livelli di anageniti: metaconglomerati a prevalenti clasti di quarzo e quarziti.

Anche la successione dell'Autoctono *Auct.* è costituita da un basamento paleozoico, residuo di precedenti strutture orogenetiche, con un'età iniziale riferibile probabilmente al Cambriano. Una successione metasedimentaria, formatasi dal Trias sup. all'Oligocene, ricopre il basamento cristallino in discordanza, come già visto per l'Unità di Massa.

La copertura meso-cenozoica ha inizio con un "Verrucano" classico, rappresentato da metaconglomerati poligenici, metarenarie calcaree e dolomie silicoclastiche con intercalazioni di metabrecce riferibili ad un ambiente deposizionale di tipo transizionale, da continentale a marino costiero. Seguono le dolomie "grezzoni" della piattaforma carbonatica tardo-triassica che, verso l'alto, lasciano il passo ai metacalcari micritici fossiliferi dei Calcari e marne di Colonnata. È poi la volta di marmi localmente muscovitici della formazione dei Marmi a Megalodonti, intercalati a metabrecce poligeniche e scisti a cloritoide, che testimoniano episodi di emersione della piattaforma carbonatica con formazione di livelli lateritico-bauxitici e deposizione di *debris flow* ai piedi di scarpate tettonicamente attive.

Marmi più o meno dolomitizzati, dolomie cristalline, marmi e metabrecce monogeniche caratterizzano le sovrastanti formazioni dei Marmi dolomitici e dei Marmi s.s., che documentano lo sviluppo di una nuova piattaforma carbonatica successiva a quella tardo-triassica dei “Grezzoni”. La presenza, verso l’alto, di marmi rosati, metacalcari con selci, calcescisti e quarziti, è il segno di una fase di annegamento della piattaforma carbonatica dei marmi e l’avvio di una sedimentazione di tipo emipelagico.

Possibili sfasamenti cronologici tra i diversi blocchi subsidenti, determinano l’instaurarsi di ambienti deposizionali molto diversificati, con successioni lacunose e/o condensate, la cui principale testimonianza è data da metabrecce poligeniche in prevalente matrice filladica. Chiudono dunque la successione metacalcari con liste e noduli di selce, calcescisti, calcari a nummuliti, filladi sericitiche e metarenarie quarzoso-feldspatiche, riferibili rispettivamente a depositi pelagici e di avanfossa, precedenti la strutturazione dell’area apuana all’interno della catena appenninica, che raggiungono l’Oligocene superiore.

In conclusione, esiste una stretta correlazione tra le rocce del basamento paleozoico dell’Unità di Massa e quelle dell’Autoctono *Auct.*, per cui si registra anche un’analoga deformazione e un simile metamorfismo in facies scisti verdi legato all’orogenesi ercinica. La stessa corrispondenza si ripete nel confronto tra le due diverse coperture metasedimentarie – benché più ridotta la prima rispetto alla seconda – con rocce caratterizzate da analogo metamorfismo alpino, la cui paragenesi in facies scisti verdi segnala comunque differenze di condizione termica e pressione, che risulta più elevata nell’Unità di Massa.

Nel territorio del Geoparco, oltre i limiti della finestra tettonica, affiorano rocce della Successione non metamorfica del Dominio Toscano, riferibili ad un’unica unità – comunemente conosciuta come Falda Toscana – che si sovrappone geometricamente al Complesso metamorfico delle Alpi Apuane (costituiti da Unità di Massa e Autoctono *Auct.*). Le rocce della Falda Toscana appartengono tutte alla copertura mesozoica, mancando del tutto il basamento paleozoico. Esistono strette e frequenti correlazioni di litologia, ambiente deposizionale e cronologia tra le formazioni geologiche dell’Autoctono *Auct.* e quelle della Falda Toscana. La maggiore differenza sta nel grado di metamorfismo, che è assente o debolissimo nel secondo caso.

La Falda Toscana è sormontata dalle Unità Liguri *s.l.* che – in affioramento soprattutto nel settore settentrionale dell’area proposta come Geoparco – sono rappresentate da Flysch ad Elmintoidi del Cretaceo superiore, con un Complesso basale caratterizzato da breccie ofiolitiche e olistoliti e da depositi scistoscalcario e torbiditi calcaree, di un’età compresa tra il Cretaceo superiore e l’Eocene.

Il territorio del Geoparco presenta anche depositi post-orogenici, che vanno a coprire tutto l’intervallo di tempo dal Miocene sup. ad oggi. In particolare, è il caso delle Breccie poligeniche di Metato, derivate da formazioni della copertura del Dominio Toscano, dei depositi glaciali e fluvio-glaciali del Pleistocene medio-sup., nonché dei depositi olocenici alluvionali, di versante e di frana.

La complessa storia geologica delle Alpi Apuane è la causa della grande geodiversità di rocce e minerali dello stesso territorio. La combinazione tra composizione originaria dei litotipi, deformazione ercinica ed alpina, metamorfismo ed idrotermalismo ha generato una notevole varietà di giaciture mineralogiche, che si riflette direttamente nel gran numero di minerali qui identificati, circa 200. Nelle Alpi Apuane sono state scoperte e descritte per la prima volta 19 nuove specie mineralogiche [allanite-(La), apuanite, bottinoite, carraraite, dessauite, garavellite, grumiplucite, marrucciite, meneghinite, moëloite, pellouxite, pillaitite, rouxelite, scainiite, stibivanite-2O, versiliaite, volaschioite, zaccagnaite, zincalstibite], di cui gran parte mai più ritrovate in altri luoghi della Terra.

All’interno delle sequenze metasedimentarie che caratterizzano il Complesso metamorfico delle Alpi Apuane, sono presenti – a diversi livelli stratigrafici – marmi, metabrecce marmoree e calcescisti, dai quali viene estratta la vasta gamma di lapidei ornamentali di questa regione.

In circa 27 secoli di attività estrattiva sulle Alpi Apuane, la possibilità di ricavare lapidei ornamentali è stata tentata in tutte le formazioni e livelli carbonatici (o prevalentemente tali), che potevano offrire una minima possibilità di ottenere materiali adatti alla lucidatura. Impressionante è l’elenco dei nomi dei diversi marmi scavati, poiché a fronte di 14 varietà merceologiche tipo (ordinario, statuario, bianco, grigio, venato, zebrino, arabescato, calacatta, breccia rossa, fantastico, cipollino, breccia di Seravezza, rosso rubino e nero di Colonnata), sono state censite ben 279 varietà commerciali, talvolta con nomi uguali che indicano litotipi diversi in aree differenti delle Alpi Apuane, nonché nomi differenti che indicano lo stesso litotipo in zone diverse.

Nonostante le vaste superfici di affioramento di rocce carbonatiche, le Apuane non presentano un carsismo epigeo particolarmente sviluppato nelle forme di media e grande scala. L’orografia aspra ed impervia ha favorito qui altri processi morfogenetici, per cui il carsismo superficiale sopravvive soprattutto nei fenomeni

di ridotta dimensione. I fenomeni sono particolarmente diffusi su substrato calcareo più puro, in cui coincidono intensa fatturazione, elevate infiltrazioni e una scarsa copertura vegetale.

Le microforme più comuni sono i “karren”, ovvero solchi, scannellature, vaschette e creste dentellate, mentre i “campi carreggiati” abbondano nei luoghi elevati e a persistenza di manto nevoso, dove l’ammasso roccioso è più fratturato, determinando un paesaggio carsico di dettaglio a “trincee” o a “blocchi”, mentre meno frequenti risultano le doline e i pozzi superficiali, fatta eccezione per il fianco nord est del M. Tambura, in località Carcaraia, e lungo le pendici settentrionali del M. Pisanino, dove si può osservare un insolito paesaggio carsico, con numerose forme concave di dissoluzione.

A fronte di uno sviluppo di forme superficiali contenute, i fenomeni carsici profondi delle Apuane assumono un rilievo notevolissimo e di valore assoluto. Tra le cinquanta grotte più profonde d’Italia, le Alpi Apuane ne comprendono ben 19, mentre 8 cavità carsiche apuane sono indicate tra le cinquanta più lunghe del territorio nazionale. Al territorio del Geoparco appartengono, tra l’altro, anche i record assoluti italiani: l’Abisso Paolo Roversi, in qualità di grotta con maggiore dislivello (- 1350 m) e l’Antro del Corchia come complesso carsico più esteso (~ 53 km).

Per quanto riguarda il fenomeno glaciale nelle Alpi Apuane, gli eventi del quaternario hanno lasciato testimonianze evidenti e ragguardevoli, con forme diffuse di erosione e di deposito, malgrado le modeste elevazioni delle cime montuose e la loro vicinanza al mare.

I tentativi di ricostruire l’estensione glaciale sulle Apuane hanno consentito di individuare dodici grandi ghiacciai vallivi nel lato interno della catena, di cui il maggiore (Orto di Donna-Val Serenaia-La Mandria) doveva occupare una superficie di oltre 12 km<sup>2</sup>, per una lunghezza della corrente superiore di circa 6 km. Nel lato marittimo invece, si erano prodotti limitati nevai perenni, sotto forma di ghiacciai di circo, di versante, di vallone, di canalone, di sommità.

La formazione di ghiacciai sulle Apuane è unanimemente attribuita al Würm su basi deduttive, anche se è stata ipotizzata una glaciazione prewürmiana (Riss ?) sulla presenza, in alcuni depositi glaciali (Passo del Vestito, Val Terreno, Solco d’Equi), di antichi lembi cementati e ricoperti, senza transizione, da un “morenico” sciolto più recente. La cinematica della crescita glaciale non è conosciuta, mentre il ritiro è stimato rapido e non uniforme, tenuto conto del limitatissimo numero di stadi tardiglaciali qui riconoscibili.

Il glacialismo apuano ha conservato tutte le principali forme di erosione quali circhi glaciali, anche se raramente nella loro forma più tipica, selle di trasfluenza e subordinatamente di diffluenza, caratteristiche valli glaciali con sezione “a parabola”, così come conche glaciali di sovraescavazione, che hanno spesso ospitato torbiere e prati umidi. Le forme di deposito sono rappresentate in maggiore evidenza da cordoni glaciali, che indicano soprattutto morene frontali e, in misura inferiore, morene laterali e stadiali e massi erratici di dimensioni considerevoli.