Le scienze della Terra

a cura di Anna Ravazzi e Gino Bianchi

Le scienze della Terra o geoscienze rappresentano quel gruppo di discipline che ha come oggetto lo studio del sistema Terra nel suo complesso. Esse comprendono l'analisi delle caratteristiche dei terreni, lo studio dei fenomeni atmosferici e della distribuzione, circolazione e proprietà chimico-fisiche delle acque sotterranee e superficiali; si occupano della composizione interna della Terra, dell'atmosfera, degli oceani e delle relative forze magnetiche, elettriche, termiche e gravitazionali. Le scienze della Terra abbracciano molteplici interessi e numerose applicazioni pratiche. Attualmente il nostro pianeta sta affrontando molti mutamenti e sfide: ad esempio, il cambiamento climatico, l'impoverimento delle risorse e la ricerca di nuove fonti di energia, la crescita della popolazione mondiale, la prevenzione delle catastrofi naturali. Soltanto una conoscenza profonda delle scienze della Terra può fornire risposte a questi problemi.

Si propone qui una rassegna delle principali branche delle geoscienze, che permetta a chi legge un approccio ai tanti termini che si sentono spesso nominare in questo ambito tematico.

La **geologia strutturale** si occupa delle deformazioni delle rocce provocate da sollecitazioni esistenti all'interno della crosta terrestre. Gli effetti di tali forze o stress tettonici sono conservati nelle rocce sotto forma di strutture deformative permanenti quali le fratture, le faglie e le pieghe. Scopo principale della geologia strutturale è l'analisi geometrica dei corpi geologici che hanno subito deformazioni e la ricostruzione della storia degli eventi deformativi.

La **stratigrafia** ha come obiettivo la ricostruzione della storia della Terra attraverso lo studio dell'ordine in cui si sono formate nel tempo le rocce della crosta terrestre e i rapporti reciproci fra unità rocciose distinte. Essa fornisce una base per la geologia storica. È particolarmente sviluppata nell'ambito delle rocce sedimentarie, ma tratta anche le rocce ignee e quelle metamorfiche.

La **geologia storica** si occupa di organizzare i dati della geologia regionale, della stratigrafia, della tettonica, della paleontologia, della paleogeografia e della geocronologia in una sequenza di eventi che descrivono l'evoluzione della crosta terrestre e delle forme di vita, durante le ere geologiche.

La **sedimentologia** è un settore della geologia che studia i processi di sedimentazione, i depositi sedimentari antichi e recenti e i loro rapporti. Essa si occupa delle proprietà fisico-chimico-biologiche di sedimenti e rocce e dei processi implicati nella loro formazione, quali il trasporto, la deposizione e la litificazione dei sedimenti. La sedimentologia cerca di ricostruire le caratteristiche degli ambienti del passato e di individuare i fattori responsabili della sedimentazione. Le indagini sedimentologiche hanno anche notevole interesse pratico, soprattutto nella ricerca degli idrocarburi (figura 1).

FIGURA 1 Le indagini sedimentologiche trovano largo impiego nel settore della ricerca degli idrocarburi, al fine di individuare le cosiddette «rocce serbatoio» in cui si accumulano petrolio e gas naturale.

La **geologia marina** è una disciplina che studia tutti gli aspetti (geofisici, sedimentologici, paleontologici, ecc.) dei margini costieri, delle piattaforme e delle scarpate continentali e dei bacini oceanici. L'avvento del concetto di espansione dei fondi oceanici ha però allargato il suo ambito di studio, che comprende ora così anche il sistema delle dorsali oceaniche, degli archi vulcanici, delle fosse e le caratteristiche delle rocce della crosta oceanica.

La **geodinamica**, o **geologia dinamica**, ha per oggetto le cause e le modalità con cui si verificano i processi che determinano mutamenti nella composizione, nella forma e nella distribuzione delle masse terrestri, e variazioni dell'energia endogena, sia alla superficie (geodinamica esterna o esodinamica) sia all'interno (geodinamica interna o endodinamica) della Terra.

FIGURA 2 Il paleontologo Marco Avanzini misura alcune impronte fossilizzate di ominidi sulle pendici del vulcano di Roccamonfina.

La **paleontologia** è la scienza che studia le forme e gli ambienti di vita del passato, analizzando fossili di piante e di animali conservati nelle rocce (figura 2). Essa si interessa di tutti gli aspetti della biologia dei viventi del passato, quali la loro forma e struttura, i loro modelli evolutivi, le relazioni tassonomiche reciproche e confrontate con le specie moderne, la loro distribuzione geografica e le interrelazioni con l'ambiente.

La **mineralogia** è la scienza che studia la composizione chimica, la struttura cristallina, le caratteristiche fisiche (ad esempio durezza, magnetismo e proprietà ottiche) dei minerali e la loro genesi. Essa si occupa anche di classificare i minerali sia dal punto di vista rigorosamente scientifico sia dal punto di vista della loro utilità pratica come materie prime.

La **petrologia**, o scienza delle rocce, è una delle principali branche della geologia che si occupa delle proprietà fisiche, chimiche, mineralogiche delle rocce, della loro distribuzione spaziale e cronologica e dei processi che portano alla loro genesi. La ricerca petrologica si realizza sia con l'osservazione e l'analisi diretta di campioni, sia in laboratorio, dove si cerca di ottenere artificialmente i diversi tipi litologici riproducendo i processi chimico-fisici e le condizioni ambientali presenti in natura all'atto della formazione delle rocce. Il termine petrologia è anche usato come sinonimo di petrografia, ma quest'ultima disciplina si occupa soprattutto di descrivere e catalogare le rocce in base alle loro strutture, tessiture e composizioni mineralogiche.

La **geologia strutturale** si occupa delle deformazioni delle rocce provocate da sollecitazioni esistenti all'interno della crosta terrestre. Gli effetti di tali forze o stress tettonici sono conservati nelle rocce sotto forma di strutture deformative permanenti quali le fratture, le faglie e le pieghe. Scopo principale della geologia strutturale è l'analisi geometrica dei corpi geologici che hanno subito deformazioni e la ricostruzione della storia degli eventi deformativi.

Il campo della **geochimica** comprende lo studio della composizione chimica della Terra e degli altri pianeti. Essa studia la natura della Terra nel suo insieme e nelle sue parti, la distribuzione degli elementi e dei loro isotopi nello spazio e nel tempo e tutti i mutamenti chimici collegati ai fenomeni geologici. Ogni elemento chimico può, attraverso una serie di trasferimenti, passare da una condizione a un'altra e ritornare a quella di partenza, realizzando in questo modo un ciclo geochimico. Alcuni elementi subiscono poi processi ciclici assai complessi, entrando a far parte di diverse sfere geochimiche.

FIGURA 3 Un vulcanologo, bardato con casco e tuta termica, in condizioni di serio pericolo per la sua incolumità, raccoglie campioni di lava da una colata dell'Etna.

La **vulcanologia** è la scienza che studia i vulcani e i fenomeni connessi all'attività eruttiva (figura 3). Essa analizza perciò i prodotti del vulcanismo, le morfologie degli edifici, gli eventi eruttivi a questi collegati, la pericolosità e il rischio vulcanico, la distribuzione geografica dei vulcani e i legami tra vulcanesimo e tettonica. Gli obiettivi di questa scienza sono di comprendere l'origine e i meccanismi dei vulcani e dei fenomeni a essi collegati, per individuare rischi e pericoli nei quali possono imbattersi le popolazioni e le attività dell'uomo.

FIGURA 4 Sala operativa della rete sismologica nazionale presso la sede dell'INGV, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Nella sala operativa i sismologi rilevano in tempo reale i dati trasmessi dalle stazioni sismologiche distribuite su tutto il territorio nazionale (Cortesia INGV).

La **geofisica**, o fisica terrestre, studia i fenomeni fisici naturali della Terra. La disciplina tratta fenomeni geologici quali per esempio la distribuzione della temperatura all'interno della Terra, l'origine, la configurazione e le variazioni del campo magnetico terrestre, le caratteristiche a grande scala della crosta. Oggetti di studio della geofisica sono oltre alla componente solida della Terra (litofisica), la componente liquida (idrofisica) e quella gassosa (aerofisica).

La **sismologia** è una parte della geofisica che studia l'origine, le caratteristiche e la distribuzione spaziale e temporale dei terremoti, le proprietà e la propagazione delle onde sismiche da essi generate nella litosfera e nell'interno terrestre. Tale disciplina si interessa anche dello studio di eventi quali i maremoti e in generale delle aree di instabilità della Terra (figura 4). La sismologia è il principale mezzo d'indagine per lo studio dell'interno terrestre.

FIGURA 5 La Joides Resolution è una nave oceanografica che dal 1984 sta solcando mari e oceani, perforando tutti i fondi oceanici del globo. Lunga più di 150 m e capace di effettuare trivellazioni fino a profondità di 9000 m, ha un equipaggio di 65 marinai e uno staff tecnico e scientifico di 50 persone.

Nella ricerca geografica si possono distinguere fenomeni e processi di origine naturale e di origine umana. La **geografia fisica** descrive la superficie della Terra e affronta lo studio dei processi naturali che avvengono nella geosfera, nell'idrosfera e nell'atmosfera. Essa non si interessa direttamente delle attività umane, che sono appannaggio della geografia umana.

La **geomorfologia** è una disciplina che studia e interpreta la morfologia della superficie della Terra, cioè le forme che costituiscono il rilievo del territorio, investigandone l'origine e l'evoluzione. In particolare, studia le correlazioni tra la morfologia del terreno, le sue caratteristiche litologiche e gli agenti che lo hanno modellato. I metodi d'indagine della geomorfologia comprendono l'indagine diretta sul terreno e l'uso sistematico della fotografia, che permettono di evidenziare le caratteristiche peculiari delle forme in studio, e inoltre le foto aeree e le carte.

La **geologia ambientale** è un settore multidisciplinare delle scienze applicate che si occupa dei rapporti e delle interazioni esistenti tra le attività dell'uomo e l'ambiente fisico. La geologia ambientale è in stretta relazione con varie discipline, quali ad esempio l'ingegneria ambientale e le scienze ambientali, materie rivolte allo studio delle interazioni tra esseri umani e biosfera, litosfera, idrosfera e atmosfera. Essa analizza problemi legati alle georisorse, all'impatto dello sviluppo sull'ambiente e ai rischi geologici.

L'**oceanografia** è la scienza che ha per oggetto lo studio degli oceani e dei mari dal punto di vista geomorfologico, chimico-fisico e biologico (figura 5). Essa si suddivide in quattro vasti ambiti: biologia marina, chimica marina, fisica marina e geologia marina. La prima affronta lo studio degli organismi marini e dei loro rapporti ecologici con l'oceano. La seconda si occupa della chimica oceanica e delle interazioni tra oceano e atmosfera. La terza studia le caratteristiche fisiche dell'oceano, quali la temperatura, la salinità delle acque e i loro movimenti. La quarta è rivolta allo studio della geologia dei fondi oceanici, compreso la morfologia dei bacini, la natura e i tipi di sedimenti e gli aspetti inerenti alla tettonica delle placche e alla paleoceanografia.

La **geodesia** è la scienza che studia la conformazione, le dimensioni e la riproduzione grafica del globo terrestre. Si occupa quindi delle misure e della forma della Terra, di alcuni dei suoi aspetti di carattere gravitazionale, del rilevamento di porzioni della sua superficie (topografia) e delle loro rappresentazioni su mappe (cartografia).

FIGURA 4 Un meteorologo controlla una stazione di rilevamento meteorologico, alimentata a energia solare. Le stazioni meteorologiche sono dotate di centraline elettroniche che raccolgono i dati di numerosi strumenti, tra cui piranometri per la rilevazione dell'irradiamento solare, igrometri per la misura dell'umidità dell'aria, termometri, anemometri e banderuole per la misura della velocità e della direzione del vento.

L'**idrologia** è la scienza che si occupa della disposizione nel tempo e nello spazio delle masse d'acqua del pianeta, dei loro movimenti, della loro chimica e biologia. Si compone di diversi campi di studio come l'idrografia, l'idrogeologia, l'idrogeochimica e l'idrobiologia. L'idrologia si interessa soprattutto della quantità e della qualità dell'acqua che si muove e si accumula sulla superficie terrestre, nel suolo e nelle rocce presso la superficie durante tutte le fasi del ciclo idrologico. Si interessa quindi di oceani, fiumi, laghi, acquiferi e ghiacciai.

La **meteorologia** è la scienza che studia l'atmosfera e i suoi fenomeni, che sono responsabili del tempo atmosferico (figura 6). Essa si occupa dei parametri fondamentali dell'atmosfera (temperatura dell'aria, umidità atmosferica, pressione atmosferica, radiazione solare, vento) e dei processi fisici che intercorrono tra essi. Si tratta di uno studio sia sperimentale, che utilizza ampiamente osservazioni e misurazioni dirette e indirette, sia teorico, che utilizza le leggi della fisica e applicazioni matematiche alla fisica dell'atmosfera per analizzare i rapporti tra le variabili considerate, per descrivere matematicamente i fenomeni e per prevedere l'evoluzione dei comportamenti dell'atmosfera e l'andamento dei fenomeni atmosferici in un intervallo cronologico di ore e di giorni.

La **climatologia** è la scienza che si occupa delle interazioni fra i vari fattori che determinano un clima, come pure delle caratteristiche e della distribuzione dei diversi tipi climatici nelle varie zone della Terra e nel tempo. Si ricorda che, secondo l'Organizzazione Meteorologica Mondiale, per clima si intende l'insieme delle condizioni fisico-meteorologiche (temperatura, umidità, pressione, venti, ecc.) che caratterizzano per almeno trent'anni una determinata zona terrestre. La climatologia studia gli scambi energetici tra la superficie terrestre e l'atmosfera in funzione della frequenza degli eventi meteorologici, la cui azione influisce sulla vita degli esseri che li subiscono.