

POMPEO CASATI
(a cura di)

SCIENZE DELLA TERRA

VOLUME 1
ELEMENTI DI GEOLOGIA GENERALE



CittàStudiEdizioni

INDICE

- 15 **PREFAZIONE**
- 19 **1. ELEMENTI, ATOMI E FORZE NATURALI FONDAMENTALI**
- 21 Isotopi e loro uso nelle Scienze della Terra
22 Abbondanza degli elementi
24 Origine degli elementi
27 Legami tra atomi e tra molecole
29 Le forze naturali fondamentali
- 31 **2. I MINERALI DELLE ROCCE**
- 33 Proprietà e metodi di studio dei minerali
36 I silicati
38 *Amianto: un minerale pericoloso per la salute umana*
38 Abbondanza dei minerali nella crosta terrestre
38 Gli aggregati di minerali: le rocce
- 41 **3. ROCCE IGNEE**
- 41 La solidificazione dei magmi
43 Differenziazione magmatica
44 Tempi di solidificazione
44 Tessiture delle rocce ignee
45 Criteri di nomenclatura delle rocce ignee
45 L'analisi modale
46 Classificazione adottata dall'Unione Internazionale delle Scienze Geologiche
 e altre classificazioni in base al chimismo
47 Basalti e granitoidi: le più frequenti rocce ignee
49 Giacitura delle rocce ignee
50 Particolari rocce filoniane
- 53 **4. LA DEGRADAZIONE METEORICA DELLE ROCCE E IL TRASPORTO DEI DETRITI**
- 53 Disfacimento meteorico
53 La degradazione fisica
54 L'alterazione chimica
56 L'alterazione biochimica
56 L'attività umana nell'alterazione
58 Prodotti dell'alterazione
59 I suoli

- 61 Il trasporto dei prodotti dell'alterazione
- 61 L'azione della gravità
- 62 Il trasporto fluviale
- 63 Il trasporto eolico
- 64 Il trasporto glaciale
- 64 Il trasporto sul fondo del mare
- 64 La selezione

67 5. ROCCE SEDIMENTARIE

- 67 La litificazione
- 67 Classificazione delle rocce sedimentarie
- 68 Rocce terrigene o silicoclastiche
- 72 Principali strutture sedimentarie
- 77 Rocce organogene
- 78 Rocce di deposito chimico
- 81 Principali rocce sedimentarie non terrigene
- 81 Classificazione dei calcari di origine marina
- 83 Strutture sedimentarie postdeposizionali
- 84 Gli ambienti di formazione delle rocce sedimentarie
- 86 La velocità di sedimentazione

87 6. ROCCE METAMORFICHE.

L'origine dei magmi e il ciclo delle rocce

- 88 Minerali geotermometri e geobarometri
- 89 Strutture e tessiture
- 90 Tipi di metamorfismo
- 91 Metamorfismo regionale dinamotermico e metamorfismo di alto gradiente di pressione
- 91 Isograde del metamorfismo
- 92 Le facies del metamorfismo
- 95 Metamorfismo di contatto
- 96 Metamorfismo di fondo oceanico
- 98 Polimetamorfismo
- 98 Il metamorfismo retrogrado
- 98 Anatessi, origine dei magmi e ciclo delle rocce

103 7. DALL'ORIGINE DELL'UNIVERSO ALLA FORMAZIONE DELLA TERRA

- 103 Le Galassie e l'origine dell'Universo
- 103 La radioastronomia
- 104 Forma e dimensioni delle Galassie
- 106 Origine e destino dell'Universo
- 108 Il Sole
- 109 La fotosfera
- 109 Le macchie solari
- 109 La cromosfera
- 110 I brillamenti
- 110 La corona
- 110 I campi magnetici
- 110 La vita e l'evoluzione del Sole
- 111 Le meteoriti
- 111 Condriti e acondriti
- 113 Meteoriti ferrose e ferroso-litoidi
- 113 Origine delle meteoriti
- 113 La formazione del sistema solare e della Terra
- 114 Nascita e morte delle stelle

- 115 Dalla nebulosa solare alla formazione del Sole e dei pianeti
- 116 La differenziazione interna della Terra

117 8. FORMA, DIMENSIONI, MASSA, DENSITÀ DELLA TERRA.

Movimenti del pianeta nello spazio

- 117 Forma e dimensioni della Terra
- 119 Massa e densità della Terra
- 121 Movimenti della Terra
- 122 Rotazione e rivoluzione
- 123 Variazioni della velocità di rotazione
- 124 Precessione e nutazione
- 125 Il moto dei poli
- 128 L'oscillazione di Chandler e l'oscillazione annuale
- 129 La deriva secolare
- 129 Variazioni dell'eccentricità dell'orbita e dell'inclinazione dell'asse terrestre

131 9. I TERREMOTI

- 133 Onde sismiche e sismografi
- 136 Soluzione del meccanismo focale
- 139 Intensità, magnitudo ed energia
- 144 Danni prodotti
- 144 Le accelerazioni del suolo
- 147 Fattori che determinano l'entità del danneggiamento
- 147 Tsunami
- 148 Cenno alle previsioni
- 148 La teoria della dilatanza e i segni premonitori
- 149 Il modello dei piani di faglia ad asperità
- 149 Il ruolo dell'acqua
- 150 Ricerche di paleosismicità
- 151 Difesa dai terremoti
- 153 Distribuzione dei terremoti sulla Terra
- 154 I terremoti ai limiti tra le placche litosferiche
- 154 I terremoti intraplacca
- 154 I terremoti e le esplosioni nucleari
- 155 Le oscillazioni libere della Terra

157 10. L'INTERNO DELLA TERRA

- 158 La struttura interna del pianeta
- 158 Individuazione di nucleo, mantello e crosta mediante le onde sismiche
- 159 Distribuzione delle velocità delle onde sismiche
- 160 Distribuzione delle densità
- 161 Moduli elastici, gravità, pressioni e temperature all'interno del pianeta
- 162 Il nucleo terrestre
- 163 Il mantello terrestre
- 163 Le fonti di informazioni sulla natura del mantello
- 164 Riproduzione sperimentale delle pressioni e temperature esistenti nella Terra
- 166 Il mantello superiore
- 166 La zona di bassa velocità e la litosfera
- 167 La zona di transizione
- 168 Il mantello inferiore
- 169 Lo strato D"
- 169 Disomogeneità nel mantello
- 170 La crosta terrestre
- 170 La sismologia attiva

- 170 *Sismica a rifrazione*
- 171 *Sismica a riflessione*
- 171 La discontinuità di Mohorovičić
- 175 Crosta continentale
- 176 Crosta oceanica
- 177 Le successioni ofiolitiche

181 11. LA GRAVITÀ TERRESTRE E LE SUE ANOMALIE. L'ISOSTASI

- 181 Anomalie della gravità
- 182 Le misure della gravità
- 182 Correzione in aria libera (o c. di Faye)
- 183 Correzione di Bouguer (o c. di piastra)
- 183 Correzione topografica
- 184 Le anomalie della gravità e il loro uso nelle scienze della Terra
- 186 L'isostasi
- 189 Anomalia isostatica e anomalia in aria libera nella valutazione dello stato di equilibrio di un'area
- 190 Cause della rottura dell'equilibrio isostatico

193 12. LA MAGNETIZZAZIONE DELLE ROCCE

- 193 Il campo magnetico terrestre
- 194 La magnetosfera
- 195 Intensità del campo, declinazioni e inclinazioni magnetiche
- 196 Variazioni del campo magnetico terrestre
- 196 Variazioni di breve periodo
- 198 Variazione secolare
- 198 Variazioni di lunghissimo periodo (inversioni)
- 198 Il paleomagnetismo
- 199 *Misure di paleomagnetismo*
- 201 Le inversioni del campo magnetico terrestre
- 201 Applicazione delle inversioni allo studio dei fondi oceanici
- 201 La prova dell'espansione dei fondi
- 204 La carta dell'età dei fondi e il calcolo della velocità di espansione
- 206 Correlazioni con successioni stratigrafiche in affioramento
- 207 Ricostruzione delle antiche posizioni relative dei continenti
- 208 Anomalie magnetiche sui continenti
- 210 Paleomagnetismo e deriva dei continenti
- 212 Origine del magnetismo terrestre

215 13. CRONOLOGIA GEOLOGICA

- 215 Cronologia relativa
- 217 Cronologia relativa nelle rocce intrusive
- 218 Cronologia assoluta
- 218 Datazione radiometrica
- 219 Tipi di decadimento
- 221 *Tecniche di misura fondamentali*
- 222 Metodo Potassio/Argon ($^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$)
- 224 Metodo Argon/Argon ($^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$)
- 225 Metodo Rubidio/Stronzio ($^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$)

229 14. STRATIGRAFIA

- 229 Le unità stratigrafiche e le suddivisioni del tempo geologico
- 230 Unità litostratigrafiche

- 234 Unità biostratigrafiche
- 235 Suddivisioni cronostatigrafiche e geocronologiche
- 237 Altre unità stratigrafiche
- 238 Discontinuità stratigrafiche
- 239 Significato delle discontinuità stratigrafiche
- 240 Stratigrafia ciclica e sequenziale
- 241 Ciclostrografia
- 242 Stratigrafia sequenziale
- 246 Le correlazioni stratigrafiche

249 15. LA DEFORMAZIONE DELLE ROCCE. LA REOLOGIA DELLA LITOSFERA (Franco Forcella)

- 249 Sforzi e deformazioni di un corpo roccioso
- 251 Le componenti della deformazione totale
- 253 Rappresentazione grafica dello strain
- 255 *Diagrammi sforzi-deformazioni ricavati da prove di laboratorio*
- 257 Parametri che influenzano la deformazione
- 259 Influenza della pressione litostatica
- 259 Influenza della temperatura
- 260 Influenza dei fluidi di impregnazione
- 260 Influenza della velocità di deformazione
- 261 Influenza del tipo di materiale
- 262 Comportamento globale della litosfera terrestre
- 262 Litosfera continentale
- 265 Litosfera oceanica
- 265 Considerazioni conclusive
- 266 Evoluzione nel tempo della dinamica litosferica

269 16. FRATTURE E FAGLIE (Franco Forcella)

- 270 Fratture minori e giunti tettonici
- 273 Caratteristiche da esaminare in un'analisi strutturale dei giunti
- 273 Morfologia e ornamentazione della superficie
- 273 Grado di alterazione della superficie del giunto
- 274 Giacitura delle superfici
- 274 Faglie
- 277 Principali tipi di faglie
- 278 Faglie normali
- 281 Faglie inverse
- 282 Faglie trascorrenti e trasformati
- 285 Faglie attive
- 286 Sovrascorrimenti e falde di ricoprimento
- 289 Indicatori cinematici
- 289 Strutture giacenti sulla superficie di faglia
- 291 Strutture associate alla superficie di faglia
- 293 Criteri per l'utilizzo degli indicatori
- 294 Rocce di faglia

299 17. PIEGHE E FOLIAZIONI (Franco Forcella)

- 300 Pieghe
- 300 Morfologia delle superfici piegate
- 300 Antiformi e sinformi
- 303 Anticlinali e sinclinali

- 303 Culinazioni e depressioni assiali
- 304 Classificazione basata sulle variazioni di spessore indotte dal piegamento in un multistrato
- 307 Asimmetria delle pieghe
- 308 Pieghe ripiegate
- 310 Meccanica del piegamento
- 314 Foliazioni
- 315 Clivaggio
- 315 Scistosità
- 316 Layering mineralogico differenziato
- 316 Foliazioni associate a pieghe
- 318 Trasposizione
- 320 Lineazioni
- 320 Lineazioni mineralogiche
- 322 Lineazioni da oggetti preesistenti distorti
- 323 Lineazioni definite da elementi geometrici

325 18. CARTE E SEZIONI GEOLOGICHE

- 325 Le carte geologiche
- 328 Superfici a reggipoggio (=incline in senso opposto al pendio)
- 328 Superfici a franapoggio (=incline nello stesso senso del pendio)
- 328 Superfici verticali e superfici orizzontali
- 328 Anticlinali e sinclinali
- 329 Faglie e sovrascorrimenti
- 329 Discontinuità stratigrafiche
- 330 Terminazioni laterali di formazioni
- 331 Le sezioni geologiche
- 334 Spessori delle formazioni nelle sezioni geologiche e inclinazioni apparenti
- 335 Simboli usati nelle sezioni
- 336 La costruzione delle sezioni geologiche
- 337 Sezioni bilanciate

341 19. IL FLUSSO DI CALORE TERRESTRE E LE RISORSE GEOTERMICHE

- 341 La misura del flusso geotermico
- 342 Distribuzione dei valori del flusso sulla Terra
- 344 Origine del flusso geotermico e modalità di trasporto del calore
- 345 Il calore interno della Terra quale fonte di energia per l'uomo
- 346 Sistemi geotermici
- 346 Sistemi geotermici idrotermali
- 348 Sistemi geotermici in rocce calde secche, sistemi magmatici e sistemi geopressurizzati
- 349 Usi diversi dell'energia geotermica
- 349 Riscaldamento di luoghi abitati
- 351 Altri usi
- 351 Una risorsa "sostenibile"
- 352 Ricerche di energia geotermica
- 353 Impatto ambientale dell'energia geotermica
- 353 Sviluppo delle ricerche in Italia e cenni a produzione in Italia e nel mondo

359 20. BACINI OCEANICI E DORSALI ATTIVE. Formazione ed evoluzione della litosfera oceanica

- 359 Bacini oceanici
- 359 Fisiografia
- 360 Costituzione e caratteri geofisici
- 361 Il flusso di calore

- 362 *Metodi di studio dei fondi oceanici*
- 364 Dorsali oceaniche
- 366 Caratteristiche geofisiche
- 366 Attività magmatica e idrotermale. Metamorfismo
- 366 La segmentazione degli assi di espansione oceanica
- 368 Faglie trasformi e zone di frattura
- 368 Centri di espansione affiancati
- 369 Rift in propagazione

371 21. LACERAZIONE DEI CONTINENTI E MARGINI CONTINENTALI PASSIVI. SUBDUZIONE DELLA LITOSFERA OCEANICA E MARGINI ATTIVI

- 371 Sistemi di grandi fratture continentali
- 373 Il sistema di rift dell'Africa Orientale
- 373 Altri rift e paleorift
- 374 Caratteristiche geofisiche dei rift attuali e recenti
- 374 Gli espandimenti basaltici continentali
- 376 Origine e meccanismo della fratturazione continentale
- 377 Margini continentali passivi (di tipo atlantico)
- 378 Piattaforma continentale
- 379 Scarpata continentale
- 380 Le correnti di torbidità
- 381 Rialzo continentale
- 381 Torbiditi e conturiti
- 383 I margini passivi quali aree di grandi accumuli di sedimenti
- 383 Margini continentali attivi (di tipo Pacifico) e archi insulari oceanici
- 384 Fosse oceaniche
- 385 Archi insulari
- 385 Bacini di retroarco (bacini marginali)
- 386 La distribuzione dei terremoti nei margini attivi e la subduzione
- 387 Anomalie della gravità, temperature, magmatismo, metamorfismo e deformazioni nelle zone di subduzione
- 389 I prismi di accrezione
- 389 Diapiri e vulcani di fango in zone di subduzione
- 390 "Subduzione" di litosfera continentale

391 22. LE ZONE DI CORRUGAMENTO MESOZOICO E CENOZOICO La neotettonica

- 392 Tipi di attività orogenetica
- 393 Ofioliti obdotte, mélanges e terreni di aggregazione (terrane)
- 395 Sollevamento ed evoluzione delle catene collisionali
- 397 La catena alpina
- 397 L'apertura dell'Atlantico e l'avvicinamento dell'Africa all'Eurasia
- 398 Nascita e struttura delle Alpi
- 404 Gli Appennini
- 405 L'apertura del Mediterraneo occidentale e del Tirreno
- 408 Struttura della catena appenninica
- 412 Una possibile successione di eventi
- 413 I Pirenei
- 415 L'Himalaya
- 418 Le Ande
- 420 Le cordigliere nordamericane
- 422 La neotettonica

427 23. CRATONI. CORRUGAMENTI TARDO-PROTEROZOICI E PALEOZOICI

- 427 Cratoni
- 430 Struttura delle piattaforme cratoniche
- 431 Struttura degli scudi: l'esempio dello Scudo baltico
- 433 Zone di corrugamento tardo-proterozoico e paleozoico
- 434 Il corrugamento nel Proterozoico superiore: le cinture orogenetiche panafricane
- 434 Corrugamenti nel Paleozoico inferiore
- 435 Corrugamenti nel Paleozoico superiore
- 435 Le cinture orogenetiche erciniche nell'Europa Centrale
- 437 Altre catene tardo-paleozoiche
- 438 L'Orogenesi ercinica in Italia
- 439 Sardegna
- 440 Carnia

441 24. EVOLUZIONE DELLA CROSTA TERRESTRE NEL QUADRO DELLA TETTONICA A ZOLLE.**I punti caldi**

- 441 Tipo di margini di placca
- 442 Movimento relativo tra le placche
- 443 Il ciclo di Wilson
- 445 I punti caldi
- 447 Forze che muovono le zolle
- 449 La deriva dei continenti
- 450 Categorie di prove della deriva
- 452 Riepilogo delle tappe fondamentali nello sviluppo delle conoscenze relative alla elaborazione e al perfezionamento del modello di evoluzione della crosta terrestre
- 454 Teorie alternative alla Tettonica a zolle

455 25. VULCANISMO

- 455 Prodotti dell'attività vulcanica
- 457 I gas vulcanici
- 457 Le lave
- 459 I depositi piroclastici
- 462 Depositi piroclastici di caduta
- 463 Colate piroclastiche
- 463 Surges piroclastici
- 464 Ialoclastiti
- 464 Colate di detriti e colate di fango (lahar)
- 464 Attività vulcanica
- 466 Attività parossistica
- 468 Attività persistente
- 469 Tipi di eruzioni
- 471 Forma e costituzione dei vulcani
- 474 Vulcanismo e grandi aree strutturali della crosta terrestre
- 476 Previsione delle eruzioni e tentativi per evitare i danni delle colate laviche
- 477 Sorveglianza dei vulcani attivi
- 479 Interventi sulle colate
- 481 Pericolosità dei vulcani italiani

485 26. VULCANISMO NEOGENICO E QUATERNARIO ITALIANO
(Luigina Vezzoli)

- 485 Vulcanismo pre-Cenozoico
- 485 Vulcanismo Cenozoico

- 486 Neogene
- 487 Quaternario
- 488 L'ambiente geodinamico del vulcanismo neogenico e quaternario italiano
- 489 I principali distretti vulcanici quaternari italiani
- 489 Monte Amiata
- 489 Radicofani
- 489 Distretto vulcanico dei Monti Vulsini
- 489 Distretto vulcanico dei Monti Cimini
- 490 Vulcano di Vico
- 491 Distretto vulcanico dei Monti Sabatini
- 492 Distretto vulcanico dei Colli Albani
- 492 Vulcano di Roccamonfina
- 493 Vulcano Somma-Vesuvio
- 495 Distretto vulcanico dei Campi Flegrei
- 496 Distretto vulcanico dell'isola d'Ischia
- 497 Vulcano Monte Vulture
- 498 Vulcano Monte Etna
- 499 Distretto vulcanico delle isole Eolie
- 500 Distretto vulcanico del Canale di Sicilia

503 27. STORIA GEOLOGICA DELLA TERRA

- 503 Da 4,6 a 3,8 miliardi di anni fa
- 504 L'Archeano (3,8-2,5 miliardi di anni fa)
- 506 Le prime tracce della vita
- 506 Il Proterozoico (2,5-0,54 miliardi di anni fa)
- 507 Le glaciazioni proterozoiche
- 507 Il Fanerozoico (0,54 miliardi di anni fa-Attuale)
- 507 Il Paleozoico (544-250 milioni di anni fa)
- 509 L'esplosione evolutiva cambriana
- 509 La distribuzione dei continenti e degli oceani, le più antiche glaciazioni paleozoiche e il corrugamento caledoniano
- 510 L'estinzione in massa nel Devoniano, l'orogenesi ercinica, la formazione del Pangea e le glaciazioni tardo-paleozoiche
- 511 La flora del Carbonifero e l'estinzione in massa alla fine del Permiano
- 512 Il Mesozoico (250-65 milioni di anni fa)
- 512 Lo smembramento del Pangea, la formazione del Laurasia e i primi corrugamenti del ciclo alpino
- 513 La vita e le estinzioni in massa nel Mesozoico
- 514 *Il dibattito sulle cause dell'estinzione in massa alla fine del Mesozoico*
- 515 I climi e le oscillazioni del livello del mare nel Mesozoico
- 515 Il Cenozoico (65-0 milioni di anni fa)
- 517 La riorganizzazione delle placche e l'attività orogenetica
- 517 La vita animale e vegetale nel Cenozoico
- 517 La crisi di salinità nel Mediterraneo durante il Messiniano
- 519 I climi del Cenozoico
- 520 *Valutazioni di variazioni di temperatura nel volgere del tempo geologico mediante gli isotopi dell'ossigeno*
- 521 *Variazioni globali nei rapporti isotopici dello zolfo, del carbonio e dello stronzio*
- 522 La comparsa dell'uomo

525 28. I PIANETI E I CORPI MINORI DEL SISTEMA SOLARE

- 525 Pianeti e satelliti
- 527 Crateri da impatto
- 527 Mercurio
- 528 Venere
- 531 Luna

533	Le rocce lunari e la storia del satellite
535	La struttura interna e le ipotesi sull'origine del satellite
536	Marte
539	Giove
541	I satelliti di Giove
543	Saturno
545	I satelliti di Saturno
546	Urano
547	I satelliti di Urano
548	Nettuno
548	I satelliti di Nettuno
549	Plutone
550	Gli Asteroidi
550	La fascia principale
552	Gli asteroidi vicini alla Terra
552	Origine degli asteroidi
553	Le comete
554	Le tectiti
555	Le micrometeoriti

557 APPENDICE 1 PROIEZIONI STEREOGRAFICHE

Franco Forcella

561 APPENDICE 2 CERCHI DI MOHR

Franco Forcella

565 APPENDICE 3 GLI ELEMENTI E GLI ISOTOPI NATURALI

569 BIBLIOGRAFIA

583 TAVOLE DI ROCCE

597 INDICE ANALITICO