

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCXII.

1915

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXIV.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1915

Geologia. — *Ambiente geologico del terremoto della Marsica*
(13 gennaio 1915). Nota del Socio CARLO DE STEFANI.

Il terremoto del 13 gennaio 1915, che turbò sì gravemente la Marsica, si è manifestato particolarmente nel versante tirreno come gli altri terremoti più violenti che in questo e nel passato secolo hanno devastato regioni italiane (Liguria, Calabria), e si è manifestato ora nella più massiccia e più elevata regione dell'Appennino, e assai dappresso al termine meridionale della medesima di fronte alle ampie valli del Volturno e del Gari-gliano.

Infatti le montagne del Velino e del Sirente, i massicci della montagna Grande, del monte Genzana, del monte Greco, compresi nell'area delle più violente manifestazioni, superano i 2000 metri.

Il maggiore massiccio del Gran Sasso, e quelli, pure ragguardevoli, del Terminillo, del Pizzo di Sivo, del Morrone, della Maiella, della Meta, dei monti Simbruini ed Ernici, pur superiori ai 4000 metri, sono rimasti fuori dell'area epicentrale, sebbene in gran parte compresi nell'area sismica.

Quest'area epicentrale della Marsica è costituita da rocce tutte sedimentarie e con grande prevalenza da rocce del Secondario superiore e del Terziario. Infatti gli strati più antichi, per quanto finora si conosce, appartengono al Lias inferiore o forse al Retico. Prevalgono, come in tutta la parte centrale dell'Appennino, i calcari a scogliera della Creta.

Come si verifica il più delle volte nelle contrade i cui fondi marini, per lunghe età, non furono eccessivamente disturbati, i terreni successivi fino al Miocene medio sono quasi esclusivamente calcarei con qualche elemento organogenico siliceo, qua e là disperso. Una volta principata la *facies* calcarea nel Trias, che talora apparisce nell'ambito dell'Appennino centrale, la *facies* si è perpetuata nel Lias, nel Giura superiore, nella Creta, nell'Eocene, perfino nel Miocene medio, ed ebbe la sua culminazione appunto nelle scogliere a *rudiste* dei mari cretacei a temperature subtropicali. Lungi dalle Alpi e dalle isole cristalline od altrimenti antiche, oggi in molta parte seppellite e scomparse, del Tirreno, della Toscana, dell'Italia centrale, delle Calabrie, le materie avventizie d'origine meccanica, grosse o sottili, tanto estese nell'Appennino settentrionale ed un poco meno nella parte meridionale che si avvicina alle Calabrie, mancarono alla parte centrale dell'Appennino della quale ora si ragiona, onde questa è quasi interamente calcarea.

Le montagne dianzi accennate e le altre minori della regione percossa, sono tutte conformate a pieghe regolari, talora lunghissime come quella che

dai monti di Fossombrone termina ai Sibillini ed al Pizzo di Sevo, talora più brevi come quella della Maiella che è quasi fuori del campo sismico.

Le dette pieghe sono costituite da alternanze di anticlinali e di sinclinali. Esse sono in massima parallele fra loro e dirette da nord-ovest a sudest, con leggere deviazioni locali come in tutto l'Appennino a partire dal Colle di Cadibona: però nel caso nostro la loro direzione coincide con la direzione geografica dell'Appennino; anzi dà il motivo a questa, mentre da Cardibona alla Val di Magra, nell'Appennino settentrionale, esse sono normali alla direzione geografica. Non è bensì da credere che le circostanze tettoniche si manifestino sempre con assoluta semplicità, poichè anzi le pieghe si decompongono in ellissoidi allungate, isolate o reciprocamente incastrate secondo la direzione dominante, talora con fitti ripiegamenti secondari, specie quando si tratti delle rocce più plastiche, e con parziali rovesciamenti estesi fino ai terreni Miocenici e prevalentemente, sebbene non esclusivamente, secondo i due versanti adriatico o tirreno, verificatisi verso i due mari che cingono l'Appennino. Se pur nella presente regione sismica si hanno esempi di locale immersione di strati, mancano però sicuramente quei carreggiamenti di rocce da lontane regioni, sia occidentali, sia orientali, che alcuni scienziati stranieri vollero applicare più specialmente, a dir vero, agli Appennini adiacenti, fondandosi sopra le carte geologiche e sopra frasi fatte, piuttosto che sullo studio dei terreni.

Nella regione sismica della Marsica e delle contrade confinanti, come del resto in tutto l'Appennino fra la Liguria occidentale e le Calabrie, ma più assai che non nella parte settentrionale di esso, il sollevamento ha grandemente spostato i terreni del Miocene medio. Questi, nella Catena del Pizzo di Sivo sono sollevati fin sopra 2000 metri, e, oltre a ciò, prendono parte a quasi tutte le pieghe, stretti nei sinclinali, con strati non rare volte anche verticali e parzialmente invertiti. Giudico che la prima emersione della regione abbia avuto luogo durante il Miocene superiore o poco innanzi, perchè strati di tale età, poco spostati, occupano i *piani* o *campi* perfettamente eguali ai *polja* Balcanici, alquanto sopra 1000 m., in mezzo ai calcari secondari del Gran Sasso e della Maiella. Essi sono costituiti, per quel poco che se ne conosce, da argille d'acqua dolce o salmastra, talora gessifere e lignitifere. Non avrebbero potuto originarsi altro che in una regione emersa e per di più, ritengo, ancor poco alta sopra il livello del mare, perchè altrimenti i campi carsici, invece di riempirsi d'acqua e di sedimenti fangosi, si sarebbero vuotati per condotti interni, come avviene nei campi carsici più alti. Lo stesso fatto si verificò in mezzo ai calcari della penisola Balcanica; ma questa è alquanto più antica, ed i campi furono riempiti da formazioni continentali, per lo meno del Miocene medio.

Adunque nella regione nostra, dal Miocene superiore in poi, calcolo sia stato un sollevamento di alquanto più che 1000 metri.

Il Pliocene marino non litorale, nel versante adriatico, in regione rispondente alla Marsica, sale in taluni punti, verso 600 metri, e, come in tutto quel versante dell'Appennino, inclina regolarmente dal monte verso il mare. Verso il Tirreno, da quelle parti, lo stesso Pliocene sale ad altezze alquanto minori ed è, come nel rimanente versante tirreno, orizzontale o inclinato in direzioni differenti, forse anche per il maggiore frastagliamento del versante, ma non, in ogni modo, con regolarità costante, da mare a monte.

Vi è dunque una dissimetria fra i due versanti, dalla Liguria alla Calabria, dissimetria che non vien meno nè manca in rispondenza alla regione sismica in parola.

Cotali circostanze dimostrano, in conclusione, che il corrugamento di questa parte, come del rimanente Appennino, è relativamente recentissimo; si sarebbe anticipata di 30 anni la geologia generale dell'Appennino, qualora si fossero da 30 anni ammesse la predetta osservazione e quella estensione del Miocene da altri notata e che solo ora troppo lentamente va facendosi strada.

Risulta, inoltre che il corrugamento ha avuto per conseguenza un innalzamento degli strati, meno intenso però e con modi diversi da quelli di Liguria e di Calabria; e risulta che insieme coll'innalzamento la massa dell'Appennino, da un capo all'altro, alzandosi, descrive — si direbbe — una specie di rotazione dalla parte dell'Adriatico, avente per fulcro l'asse di questo mare. Non è escluso che tutto l'insieme di questi vari movimenti vada verificandosi tuttora, quantunque con quella lentezza che è insita a tutti i movimenti geologici misurabili solo con cicli di tempi.

Cominciata l'emersione dell'Appennino, data la concavità dei sinclinali interposti fra ogni singola piega e catena montuosa, data la natura assai più friabile ed erodibile delle rocce terziarie che ne riempiono il fondo, le acque superficiali si fecero strada in mezzo ai medesimi, entro valli longitudinali secondanti le pieghe e la direzione geografica dell'Appennino da NO a SE. In molti casi formarono anche laghi e paduli: p. es. sull'Aterno, sul Gizio, sul Liri, ecc. ecc.

Tale è il caso della più alta parte di tutte le valli principali e dei torrenti secondari del versante Adriatico e del versante Tirreno a ponente del Gran Sasso e della Maiella (alto Sangro, Gizio, Aterno, Sagittario, Salto, Turano, Liri, Amaseno). Pur finalmente le acque dovevano andare al mare; e quando non poterono uscire per emissari di bacini lacustri precedentemente formati (come nel grande bacino del Tevere e in quello del Liri), si aprirono la strada a traverso qualche svasamento più basso, incidendolo sempre più e formandovi delle valli trasversali, *sovrimposte* come dicono i geografi, ed hanno seguito il loro cammino riunendo *a croce* (*crosswise* secondo il Davis) le valli longitudinali confluenti incontrate per via. Così ad attestare la relativa antichità della erosione e della concomitante

degradazione meteorica principiate almeno verso la fine del Pliocene, rimangono le dette valli trasversali a V amplissimamente aperte come quelle del Pescara a valle di Popoli, del Sagittario, del Sangro, del Velino, della Nera, valli che interrompono lungamente gli anticlinali in modo da farli quasi ritenere appartenenti a catene geograficamente diverse, benchè geologicamente une.

In questo modo ritengo che, almeno nella regione presente (come del resto nell'Appennino settentrionale dalla Liguria sino alla Toscana dove il versante Tirreno è più ripido), questo versante, per mezzo di lente catture, si sia gradatamente avanzato e si vada avanzando a spese del versante adriatico. Contemporaneamente alla corrosione meccanica si è avanzata la dissoluzione chimica dei calcari, che ha dato e dà luogo ai fenomeni carsici ed alle cavità interne così generali nelle masse montuose delle quali parliamo.

Il fenomeno deve essere cominciato, pur esso, almeno al finire del Pliocene: ma ad ogni modo è assai meno progredito del fenomeno carsico della penisola Balcanica oltre l'Adriatico, perchè questa è più antica della nostra.

Tali sono i lineamenti generali litologici, stratigrafici, tettonici e morfologici della regione, e le differenze essenziali dalle altre regioni sismiche accennate, Ligure e Calabrese, dove fra altre cose i fenomeni carsici mancano o sono ben più limitati.

Queste premesse sono indispensabili per chi si proponesse tentare l'indagine sulle cause del terremoto.

Se osserviamo le località denunciate come più colpite dal terremoto, o epicentrali, queste sono situate nel fondo delle vallate, sopra i terreni più recenti dei sinclinali, perciò costituiti da terreni avventizii, con materiali mobili, relativamente poco alti sopra il fondo dei rispettivi sinclinali, quindi franosi, specialmente qualora siano in pendio. Questi terreni appunto furono turbati da fenditure, da faglie e da rovinose frane. Una linea con numerose ramificazioni, appunto come il ramo secco di un albero, riunirebbe i vari paesi più danneggiati. Questa è la conseguenza; ma non certo la disposizione dei sismi. I luoghi abitati sono lungo il pendio delle valli; solo per rara eccezione sull'alto dei pendii e sulla roccia solida. Però anche paesi situati sopra roccia solida non franosa, salvo alcune eccezioni, ebbero danni per la franosità e risentirono egualmente l'energia delle scosse. È indubitabile che le vibrazioni investirono con eguale energia tutte le località vallive e montagnose, salvo forse la maggiore dispersione avvenuta verso le alture maggiori.

Non risulta, per ora, che le cavità carsiche interne abbiano in uno od in altro punto ammortito le vibrazioni, come sarebbe da aspettarsi: ma forse ciò deriva, come accennavo, dalla poca estensione delle cavità e dall'età del fenomeno carsico.

Se delimitiamo l'area di massima intensità o epicentrale, come suol farsi con varia approssimazione per ogni terremoto, vediamo che essa descrive una ellisse limitata ad O dai monti Simbruini ed Ernici, ad E dalle catene del monte Rotella, del Morrone, del Gran Sasso, sulle cui solide pendici occidentali sono pur tanti paesi che sentirono relativamente meno danni per la solidità del sottosuolo; a N dai monti di Cittaducale e d'Antrodoco; a S dal massiccio della Meta e dagli ampî bacini inferiori del Volturno e del Garigliano i cui terreni avventizii assai alti contribuirono forse a disperdere l'energia. L'area ellittica così descritta investe non piccolo numero di pieghe appenniniche, ed investe anche la linea di spartiacque fra Adriatico e Tirreno e la parte assiale della Penisola, specialmente qualora si prescindano dai terreni vulcanici geologicamente recenti, tanto estesi lungo il litorale a ponente. Il suo asse maggiore, senza coincidere col detto spartiacque poichè rimane tutto nel versante Tirreno, diretto da NO a SE, è parallelo alla direzione geografica della Penisola e dell'Appennino ed alla direzione tettonica delle pieghe che costituiscono la regione. Quest'area sismica coincide dunque con una regione di massimo e regolare corrugamento altresì soggetta a sollevamento recente e notevole, quantunque di origine non recentissima e di velocità non grande, corrugamento e sollevamento che verosimilmente sono tuttora in azione.

Le circostanze della Calabria e della Liguria occidentale sono parte molto, parte poco differenti. La Calabria è regione di rocce eminentemente cristalline ed antiche. Le montagne vi sono antichissime, e le manifestazioni dei relativi perturbamenti tettonici, se ve ne furono, furono scontate e cessate da cicli geologici; inoltre, dopo svariate vicende geologiche, il sollevamento e l'emersione dal mare, fra i maggiori finora notati, sono geologicamente recentissimi e rapidissimi.

La Liguria occidentale è costituita pur essa prevalentemente da rocce antiche e da terreni del Paleozoico e del Secondario più antico plasmate e ripiegate, a quanto sembra, in età posteriori alla prima formazione delle montagne Calabresi e Peloritane. Ivi dunque i movimenti orogenetici, più recenti che non nella Calabria, sono più antichi che non nella Marsica. Essa pure fu soggetta ad un sollevamento abbastanza notevole dalla parte del Tirreno, con emersione dei terreni pliocenici di mare abbastanza profondo in strati orizzontali o quasi, disposti lungo il litorale odierno; ma il sollevamento successivo, atto ad innalzare strati postpliocenici relativamente recenti, è incomparabilmente minore che non in Calabria e forse alquanto minore che non nelle regioni periferiche alla Marsica. In genere il sollevamento della Penisola lungo il mare Tirreno va diminuendo d'intensità da mezzogiorno verso settentrione.

Tutte e tre le principali regioni sismiche italiane di questo e del secolo scorso combinano nel trovarsi dalla parte del mare Tirreno che dal Miocene

in poi fu ed è sede della più intensa vulcanicità. Tutte e tre le regioni, per la accennata circostanza della dissimmetria esistente fra i due versanti, presentano la particolarità che le vibrazioni sismiche provenienti a dirittura dal Tirreno in Liguria e in Calabria, o dalla parte di questo nella Marsica, rimangono attutite quando passano al versante adriatico oltre che dalla distanza anche e principalmente dalla alta veste dei terreni appartenenti al Terziario superiore, i quali, non più orizzontali o quasi, ma sempre dal più al meno inclinati, costeggiano l'Adriatico.

Dalle coincidenze sopra notate dell'area sismica della Marsica con una regione appenninica di intensissimo corrugamento e di sollevamento non antico, non ci sembra senz'altro si possa arrivare ad una origine così detta tettonica del terremoto, come si trattasse di causa ed effetto.

Nelle rocce compatte della regione scossa non fu indizio di fratture e di faglie tali da dar pretesto a considerarle come cause del sisma.

Le rocce calcaree che prendono parte alle pieghe dell'Appennino si può supporre si estendano, al più, di 3 a 4000 metri sotto il fondo dei sinclinali, p. es. sotto la valle del Liri o il lago del Fucino. Al di sotto potranno essere altri 4 a 5 km. di rocce cristalline antiche, pari a quelle di Calabria. Per quanto si può dedurre dall'osservazione, le massime piegature degli strati terrestri si originano non proprio alla superficie ma a poca distanza da questa, e si vanno perdendo a profondità non grandi, anche per la variata plasticità delle rocce e per l'aumento delle temperature e delle pressioni. Ora un terremoto così energico, e che ha avuto così estesa ripercussione come quello del 13 gennaio scorso, non può essere derivato da frattura di strati rocciosi interni non manifestatasi al di fuori, conseguente al ripiegamento loro entro una diecina di km. di profondità. Per un terremoto come questo, originatosi a profondità maggiori, occorre cercare altra causa: e questa, al solito, mi pare non possa essere che la vulcanicità.

Il mare Tirreno, dal Miocene in poi, dal Capo d'Aglio a Ustica, fu tutto un campo vulcanico, tuttora attivissimo. Il versante tirreno della Marsica, tutto lungo il litorale, dal vulcano Laziale, a Bracciano, alla Tolfa, al Cimino, a Bolsena e oltre, è accompagnato da numerosa serie di vulcani spenti, alcuni dei quali per lo meno, come i Cimini e quello di Bolsena, principiarono durante il Pliocene per terminare nel Postpliocene superiore in tempi geologicamente recentissimi. Un'altra serie di numerosi piccoli vulcani, dovuti a singole o per lo meno a brevi eruzioni posteriori al Pliocene, sta più internamente e quasi al limitare della regione epicentrale, parallelamente a questa, lungo la valle del Sacco situata in ampio sinclinale fra monti calcarei pure cretacei e terziarii. Essa termina a sud col grandioso vulcano di Rocca Monfina, situato in mezzo a rocce calcaree, probabilmente in parte sventrate ed esplose.

A settentrione poi della stessa regione epicentrale, presso Rieti, sono i due vulcanetti d'età recente ma non esattamente determinata, di Coppaeli e di San Venanzio, la cui roccia a Mellilite, rarissima altrove, merita essere ricordata perchè ricchissima di calcio; ed essendosi manifestata in mezzo a potenti masse calcaree verrebbe fatto di credere che il magma vulcanico locale interno sia sgorgato da profondità di sì pochi chilometri da assimilare parti calcaree di quelle. Ambedue i vulcani sorgono, in sostanza, come quelli della Valle del Sacco, in mezzo alle stesse rocce calcaree scosse dal presente sisma e ravvicinati assai all'asse o spartiacque dell'Appennino. Tutti questi vulcani, situati nel fondo delle depressioni, danno l'idea di essersi così manifestati nei luoghi di minore resistenza.

Secondo logiche induzioni si può ritenere che la formazione dei detti vulcani della Valle del Sacco e del territorio Reatino in mezzo ad una regione simile a quella epicentrale del terremoto attuale e soggetta essa pure alle scosse, in contrade nelle quali mai prima del Posplocene si erano manifestati vulcani, si può ritenere, dico, che sia stata preceduta da violenti terremoti che molti, se ne fossero stati testimoni, avrebbero attribuito a causa tettonica. Quando un condotto vulcanico è aperto, i terremoti circostanti sono leggeri; se il condotto è fortemente otturato, come l'Epomeo in occasione dei terremoti di Casamicciola del secolo scorso, come il Vesuvio nell'anno 79, i terremoti sono violenti, e così può essere se la così detta crosta terrestre presenta resistenze sufficienti ad impedire la nuova apertura di un vulcano. Io credo, in sostanza, che il terremoto del 13 gennaio non possa attribuirsi ad altra causa che non sia vulcanica.

Qualora la superficie terrestre avesse dovuto rompersi sotto l'energia delle scosse, ciò avrebbe avuto luogo, come nelle regioni contigue precedentemente citate, nei luoghi *minoris resistentiae*. Dice il Martinelli, in un suo lavoro preliminare ⁽¹⁾, che di esso terremoto « viene esclusa in modo assoluto l'origine vulcanica intesa come tentativo di eruzione in un edificio vulcanico, e suggerita invece una causa determinante nella tettonica della regione, *modificata, se si vuole, da trasformazione meccanica dell'energia termica degli strati sottostanti alla crosta* ». Ma con ciò appunto si rientra nella causa vulcanica.

Già dai più antichi tempi, dopo studi del Darwin e del Dana, si ammette la coincidenza delle regioni vulcaniche con regioni di sollevamento: tale coincidenza ho ammessa da gran tempo anche in Italia, e verosimilmente andrà estesa, oltre che ai sollevamenti, anche ai corrugamenti della crosta superficiale. Le eruzioni basiche nei mari profondissimi dell'Eocene superiore dell'Appennino, là dove nei cicli geologici immediatamente prece-

⁽¹⁾ G. Martinelli, *Prime osservazioni sul terremoto italiano del 13 gennaio 1915* (Bull. Soc. sismol. ital., vol. XVIII).

denti non era stato indizio di vulcanicità, segnalano il primo inizio della formazione dell'Appennino e della Penisola italiana. La coincidenza del lento sollevamento e dell'intenso corrugamento, probabilmente permanenti, e della sismicità della Marsica, l'abbiamo già notata. Verosimilmente si tratta di manifestazioni multiformi di attività endogena unica, e sotto tale punto di vista la causa vulcanica può essere ricondotta alla causa tettonica. Ma se per causa tettonica si intendano faglie e fratture o frane esterne od interne di strati appartenenti alla crosta superficiale solida, questa, secondo me, si deve nei casi nostri presenti escludere senz'altro. Cotali difficilissime questioni sono più sollecitamente e più recisamente definite dai profani: troppo si pretende col chiedere agli scienziati la *vera* interpretazione di tutto; ed in casi incerti val meglio rispondere: *ignoramus*.

Meccanica. — *Sulla teoria delle distorsioni elastiche*. Nota II del Socio CARLO SOMIGLIANA.

Matematica. — *Sulla risoluzione di certe equazioni integrali di Volterra*. Nota del Corrisp. O. TEDONE.

Le Note precedenti saranno pubblicate nel prossimo fascicolo.

Petrografia. — *Su alcune rocce della Terra del Fuoco: II, Scisti cristallini* ⁽¹⁾. Nota del Corrisp. FEDERICO MILLOSEVICH.

Gli scisti cristallini sono largamente rappresentati nella collezione del dottor De Gasperi, perchè formano parte importante della costituzione geologica della regione della Terra del Fuoco da lui percorsa ⁽²⁾. Fra le rocce di questo gruppo predominano per abbondanza le filladi tipiche o rocce affini; abbastanza comuni gli scisti cloritici ed i micascisti; piuttosto scarsamente rappresentati sono gli gneiss, e tutti da rocce del tipo dei paragneiss. Maggior diffusione hanno gli scisti con anfibolo, che compaiono con rocce delle due

⁽¹⁾ Lavoro eseguito nel Gabinetto di mineralogia del R. Istituto di studi superiori di Firenze.

⁽²⁾ In altre regioni della Terra del Fuoco è stata notata la prevalenza di siffatta formazione geologica. Vedansi fra gli altri gli studi geologici di D. Lovisato nelle opere: G. Bove, *Expedicion austral argentina: informes preliminares*, Buenos Aires 1883; idem, *La spedizione antartica* in Boll. Soc. geogr. ital., 1883, pag. 5; D. Lovisato, *Una escursione geologica nella Patagonia e nella Terra del Fuoco*, ibidem, 333.