

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCXCI.

1894

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME III.

2° SEMESTRE



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1894

Fisica terrestre. — *Orientazione ed intensità del magnetismo permanente nelle rocce vulcaniche del Lazio* ⁽¹⁾. Nota del dott. GIUSEPPE FOLGHERAITER, presentata dal Socio BLASERNA.

« La sistematica distribuzione del magnetismo nei giacimenti vulcanici del Lazio nel senso voluto dall'azione induttrice della Terra è l'effetto della risultante del magnetismo permanente di essi e di quello temporaneo. Ora può darsi, che tale distribuzione sia dovuta alla prevalenza del magnetismo temporaneo, mentre il magnetismo permanente può avere un'orientazione bensì sistematica ma diversa, o può essere distribuito irregolarmente e mascherato da quello indotto, o non esistere affatto; può però anche darsi che la sua orientazione sia identica a quella del magnetismo temporaneo, e che le due azioni si sommino.

« Naturalmente per risolvere tale questione si devono dividere gli effetti dovuti alle due diverse cause. A tal uopo ho staccato dalle rocce delle piccole colonnette di forma più o meno regolare avendo l'unica avvertenza, che la dimensione nel senso dell'altezza, o se mi era possibile, nella direzione dell'ago d'inclinazione fosse più marcata che quelle nelle altre direzioni.

« Merita appena che io accenni, che nello staccare le colonnette ho usate tutte le precauzioni per evitare scosse od urti, che per conto loro avrebbero potuto influire molto sulla magnetizzazione: e per questo vennero presi quasi sempre dei pezzi, che o per l'azione delle vicende atmosferiche o per altre cause si sono un po' staccati dal resto della massa rocciosa.

« Appena staccata una colonnetta, aveva l'avvertenza di segnarne subito col gesso la parte superiore, e notava poi l'orientazione e l'altezza nel banco del punto da cui era stata levata.

« Le colonnette raccolte sono 75 e provengono dalle moltissime cave e giacimenti di rocce, che si trovano sparpagliate per la Campagna romana e sui Colli laziali. Ve ne sono di tutte le categorie, nelle quali il Keller ha suddiviso le rocce vulcaniche del Lazio: la loro lunghezza varia tra 9 e 16 cm.; il peso da 100 gr. ad un kilogrammo. Nella forma non sono punto confrontabili fra loro: ora terminano verso le estremità superiore ed inferiore (stabilite dalla loro posizione sulla roccia) in superfici grossolanamente piane, ora in piramidi od altre forme, in modo che non è certamente lecito fare dei seri confronti quantitativi sulla loro intensità magnetica. Del resto per me questa è una questione di poca importanza, ed ho rinunciato assai volentieri alla forma regolare delle colonnette piuttosto che potesse sorgere il dubbio,

(1) Vedi questi Rendiconti pag. 117.

se la lavorazione e pulitura abbia alterato la distribuzione ed intensità magnetica.

« L'esame dell'orientazione del magnetismo nelle colonnette venne fatto coll'avvicinarle ad un ago calamitato liberamente sospeso in modo, che il loro presunto asse magnetico fosse normale all'asse dell'ago, come si usa nella misura dell'intensità magnetica col metodo delle deflessioni (est-ovest); in tal maniera si evita completamente il pericolo di un'induzione reciproca tra l'ago calamitato e le colonnette.

« Il risultato di tale esame fu uniforme per tutte le colonnette raccolte, *senza alcuna eccezione*: esse si manifestarono perfette calamite col polo Nord dalla parte, che sulla roccia stava in basso e col polo Sud in alto. Questa uniformità e regolarità non mi sorpresero punto, anzi si dovevano aspettare, perchè sono conformi e corrispondenti alla distribuzione del magnetismo nei giacimenti vulcanici.

« Eseguito questo primo esame, e segnata la deflessione prodotta dall'avvicinamento all'intensimetro dei due poli di ciascuna colonnetta, rovesciai quasi tutte le colonnette in modo, che il loro polo Sud venisse a trovarsi in basso ed il loro polo Nord in alto. Dopo alcuni giorni determinai nuovamente la polarità e l'intensità magnetica delle diverse colonnette, e continuai poi ad intervalli questo esame per circa tre mesi, e tuttora continua.

« Non posso qui riportare la lunghissima tabella di valori avuti dall'esame di tutte le colonnette, ma per mostrare come sia variata l'intensità magnetica per effetto del loro rovesciamento, riassumerò nella Tabella I i risultati ottenuti dall'esame assai accurato di 4 colonnette, scelte fra quelle che mostrarono maggior intensità magnetica. Ciascuna di queste colonnette venne fissata solidamente sopra una propria tavoletta, e questa poi si faceva terminare ad un punto fisso e costante del braccio dell'intensimetro a deflessione, sul quale poteva scorrere a coulisse. In questo modo era sicuro, che la distanza e la posizione relativa tra l'ago e le colonnette restavano nelle varie misure fatte ad epoche diverse sempre costanti ed invariate, e quindi le varie misure erano paragonabili tra loro.

« Per avere un'idea dell'errore che si poteva commettere nella misura dell'angolo di deflessione nel togliere e rimettere allo stesso punto le colonnette, feci una serie di 6 misure, dalla quale mi risulta, che l'errore medio di ciascuna determinazione ha il valore angolare di 0',38. L'esattezza che si raggiunge è più che sufficiente, come vedremo, per dedurre con certezza in che rapporto stiano il magnetismo permanente ed il magnetismo indotto dalla Terra nelle rocce.

« Le determinazioni fatte della deflessione prodotta dalle colonnette furono rese indipendenti dalle variazioni della declinazione procedendo nel seguente modo: si leggeva con cannocchiale e scala la posizione d'equilibrio dell'ago dell'intensimetro: veniva avvicinato alla voluta distanza un polo della

colonna e si notava la nuova posizione del reticolo sulla scala: si allontanava la colonna e si rileggeva la posizione d'equilibrio dell'ago. La differenza tra la media delle due posizioni d'equilibrio dell'ago senza colonna e la sua posizione sotto l'influenza di questa dà lo spostamento dovuto al magnetismo della roccia. Il processo si ripeteva per lo stesso polo tre volte, e dalla media dei tre spostamenti veniva calcolato l'angolo di deflessione.

« Coll' identico procedimento veniva determinato l'angolo di deflessione prodotto dall'altro polo della colonna.

« I risultati ottenuti sono raccolti nella seguente:

TABELLA I.

	30 Marzo	2 Aprile	6 Aprile	10 Apr.	17 Apr.	28 Apr.	10 Mag.	11 Giug.
A	0° 58.63	0° 57.50	0° 56.62	0° 55.53	0° 53.93	0° 54.40	0° 54.45	0° 54.1
B	0.56.77	0.56.87	0.55.87	0.54.50	0.53.60	0.53.93	0.53.99	0.53.8
C	1.47.77	1.47.02	1.45.22	1.42.66	1.40.20	1.41.06	1.41.05	1.40.35
D	—	—	3.47.47	3.39.07	3.39.27	3.39.32	3.39.32	3.39.0

« Nella 1^a riga sono segnate le varie date dell'esame: le righe successive contengono i valori ottenuti nelle diverse date per ciascuna delle 4 colonne; questi rappresentano la somma dei due angoli di deflessione dovuti all'avvicinamento dei due poli, e quindi sono sensibilmente proporzionali all'intensità magnetica. Le colonne A, B, C sono di tufo litoide, la D è di lava basaltina.

« Da questa tabella si scorge chiaramente, che col rovesciamento l'intensità magnetica delle colonne ha diminuito sensibilmente, e sembra per di più che ora tale diminuzione si sia quasi arrestata. Il magnetismo permanente è quindi di gran lunga più intenso del magnetismo temporaneo, ed ha la stessa orientazione di questo, come se anch'esso fosse dovuto all'azione induttrice della Terra.

« Per accertarmi che l'indebolimento subito dalle colonne è dovuto realmente al fatto, che nelle colonne rovesciate il magnetismo indotto dalla Terra agisce in senso contrario al magnetismo permanente, mentre prima del rovesciamento agiva nello stesso senso, e non dipende in modo sensibile da altre cause, ho determinato collo stesso metodo più sopra esposto l'intensità magnetica di altre due colonne di tufo, che ebbi cura di tenere sempre verticali e diritte, come cioè erano disposte sulla roccia viva. I risultati ot-

tenuti nelle varie date sono esposte nella seguente tabella: il significato delle cifre raccolte nelle diverse righe è eguale a quello della tabella antecedente.

TABELLA II.

	6 Aprile	10 Aprile	17 Aprile	28 Aprile	10 Maggio	11 Giugno
A'	0.54.65	0.55.15	0.54.40	0.54.40	0.54.52	0.54.18
B'	1.26.63	1.26.87	1.25.97	1.26.63	1.26.73	1.26.0

« Da questa tabella si scorge, che l'intensità magnetica non ha in questo caso variato, o al più le variazioni sono così piccole, che cadono entro i limiti degli errori d'osservazione: però con ciò non viene escluso il caso, che a periodo più lungo possa aver luogo qualche diminuzione, come succede nelle calamite comuni.

« Senza volere dare troppo peso o troppa generalità ai risultati sopra esposti faccio notare, che il rapporto fra le intensità magnetiche delle colonnette di tufo prima e dopo il rovesciamento è in media 16:15 mentre che per la lava basaltina è 28:27; queste cifre possono dare luce del rapporto, che esiste tra il magnetismo permanente e quello indotto dalla Terra, in queste due specie di rocce vulcaniche.

« Come è stato di già detto, le colonnette scelte per questo accurato esame del loro magnetismo sono fortemente magnetiche: ma anche tutte le altre colonnette di queste due specie di rocce (30 di tufo e 12 di lava basaltina ⁽¹⁾) sono state trovate abbastanza fortemente magnetizzate, e si sono comportate tutte nel medesimo modo: il rapporto cioè tra il magnetismo temporaneo e quello permanente è piccolo, ed il magnetismo permanente è indistintamente per tutte le colonnette orientato, come se fosse stato prodotto sotto l'azione del magnetismo terrestre.

« Anche i vari campioni (in numero di 5) di sperone si sono comportati perfettamente nello stesso modo, e furono trovati di un'intensità magnetica abbastanza grande. Ho fatto pure alcune misure con delle piccole colonnette di pozzolana, che con grande difficoltà ho potuto trasportare intere dalla cava in laboratorio attesa la loro grande friabilità, ed ho riscontrato anche per questa specie di prodotto vulcanico la stessa orientazione nel magnetismo ed il rapporto tra il magnetismo indotto e permanente a presso a poco della grandezza di quello del tufo.

⁽¹⁾ Riguardo alla lava basaltina devo ricordare, che non ho mai sperimentato su pezzi staccati in vicinanza a punti distinti.

« I campioni di peperino (in numero di 6) furono trovati magnetizzati assai debolmente (viene così confermata completamente la tabella di graduazione stabilita dal Keller per l'intensità magnetica delle varie specie di rocce vulcaniche) (1), ed anche qui si verificò una diminuzione di intensità dopo che sono stati capovolti. Ora dopo tre mesi e mezzo dacchè queste colonnette furono sottoposte ad esame, tre di esse sono talmente indebolite, che è difficile stabilire con precisione, se il magnetismo attuale sia ancora orientato come sulla roccia viva o se i poli siano invertiti. Ad ogni modo il magnetismo permanente, se pure esiste nel peperino, è ora quasi completamente mascherato, se non superato dal magnetismo indotto dalla Terra.

« Resta così accertato, che una delle cause che ha prodotto il magnetismo permanente nelle rocce vulcaniche del Lazio, è stata l'induzione terrestre, e se essa non è l'unica, perchè non spiega la formazione dei punti distinti, è però certamente la più potente delle cause: sarebbe altrimenti assai difficile il trovare la ragione di una orientazione del magnetismo così sistematica.

« Ora l'azione induttrice della Terra può aver agito sulle rocce vulcaniche in due modi diversi: o nel periodo del raffreddamento e consolidamento delle materie vulcaniche eruttate, e quindi in un tempo relativamente breve dopo avvenuta l'eruzione, oppure per effetto della lenta ma continuata induzione del magnetismo terrestre sulle rocce di già raffreddate. Il Melloni (2) era dell'opinione, che il magnetismo delle lave fosse dovuto all'induzione della

(1) Rendiconti della R. Accad. dei Lincei, vol. V, 1° sem. 1889, pag. 519.

(2) Memorie della R. Accad. delle Scienze di Napoli, vol. I, 1853, pag. 121; C. R., vol. XXXVII, 1853, pag. 229. A proposito della calamitazione, che acquistano le rocce vulcaniche durante il loro raffreddamento, voglio ricordare una lettera di C. Romme inserita nel giornale « Observations sur la Physique ecc. », vol. X, 1777, pag. 14, nella quale l'A. rivendica a Roberto Boyle la scoperta della calamitazione dei mattoni, durante il loro raffreddamento, per effetto dell'induzione terrestre. Ecco l'esperienza di Boyle tradotta da Romme letteralmente dall'inglese:

« Une brique qui n'avoit point servi, fut sciée dans sa longueur en deux parties égales. « Chacune d'elles (en différens tems), fut poussée au feu, jusqu'au rouge, pendant un tems « assez long, et ensuite refroidie, en la dirigeant du Nord au Sud. Elle acquit par là, « comme je l'attendois, une vertu magnétique. Son extrémité, qui, en refroidissant, regardoit le Sud, attira un peu, quoique foiblement, la fleur-de-lys, dirigée au Nord d'une « aiguille de boussole. Son autre extrémité repoussoit un peu plus vigoureusement la fleur-de-lys, et attiroit un peu l'autre pointe de l'aiguille ».

Per quante ricerche io abbia fatto nelle opere di R. Boyle, non ho potuto ritrovare questo brano, che secondo il Romme sarebbe stato pubblicato in un'Opera scritta in inglese nel 1691, un anno dopo che Boyle fece l'esperienza citata. Neppure nell'edizione dell'« Opera Omnia R. Boyli » Venetiis, sumptibus Io: Iacob: Hertz, 1697 si parla di quest'esperienza; soltanto nel vol. III al capitolo « Experimenta et notae circa mechanicam magneticarum qualitatuum productionem » pag. 404, viene citato un altro trattato, che non trovai da consultare « De magnetismo Terrae ».

Terra nel periodo del loro consolidamento e raffreddamento, e non all'azione secolare di essa sulle rocce già fredde. Egli ha basato la sua ipotesi sul fatto, che le lave consolidate ai suoi giorni non erano punto inferiori in forza magnetica a quelle dei vulcani estinti dalla più remota antichità, e riteneva come altra prova evidente della calamitazione delle lave nei primi tempi della loro formazione *la tenacità* colla quale conservano il proprio stato magnetico. Egli ha a questo proposito ricordato che dei pezzi di leucitofiro e di altre qualità di lave estratti dalle pareti dell'Anfiteatro di Pompei si mostrarono calamitati sotto qualunque inclinazione rispetto all'orizzonte: prova questa che essi conservarono i loro assi magnetici nelle posizioni primitive indipendentemente dalla nuova orientazione, in cui furono posti come materiali di fabbrica.

« Io credo che l'ipotesi di Melloni sia giusta fino a che si parla di lave, ossia di rocce vulcaniche, le quali a forma di colate sono scese dalle pendici dei vulcani, poi si sono ancora caldissime fermate e consolidate e quindi si sono lentamente raffreddate, conservando la posizione già presa, e che ancora conservano. Se invece si prende in considerazione il modo di formazione delle altre specie di rocce vulcaniche non si può in generale ammettere tale ipotesi, e per spiegare l'orientazione attuale del loro magnetismo, si deve ricorrere anche alla secolare azione induttrice della Terra sulle rocce già fredde.

« I tufi e le pozzolane sono generalmente originate dalle ceneri vulcaniche, che durante un'eruzione vengono lanciate ad enorme altezza, e che poi vengono dal vento trasportate a distanze, che talvolta superano il centinaio di chilometri (1). È poco ammissibile che queste ceneri vulcaniche si siano conservate, durante tutto il tempo che rimasero in balia del vento in regioni relativamente fredde, ad una temperatura sufficientemente alta, perchè dopo depositate abbiano potuto subire la calamitazione, dirò così, istantanea; nè è possibile, che se esse furono magnetizzate dall'azione induttrice della Terra ancor quando si trovavano nell'aria a temperatura alta, si siano poi cadendo depositate tutte in modo così uniforme da costituire una calamita: a maggior ragione poi non è possibile attribuire all'induzione del magnetismo terrestre durante il periodo di raffreddamento, in epoca quindi poco posteriore all'eruzione, l'orientazione attuale del magnetismo nelle rocce che provengono dal trasporto e deposito delle acque: chi sa quante volte per il rimescolamento delle ceneri è stato distrutto ed orientato diversamente il loro magnetismo.

« È necessario come ben si vede, ammettere che alcune specie di rocce vulcaniche, non hanno una forza coercitiva così grande come la lava del Ve-

(1) Si ha una prova di ciò nel fatto, che talvolta trovansi dei giacimenti più o meno considerevoli di rocce vulcaniche a distanze grandissime dal focolare eruttivo. Così per esempio nei dintorni di Roma, a Scurcola, nel bacino del Fucino ed a Papigno trovansi dei banchi di pozzolana; e questi luoghi son ben distanti dai vulcani.

svio, ma che in esse tale forza ha ceduto all'azione continuata dell'induzione terrestre: in caso contrario l'orientazione attuale del loro magnetismo sarebbe inesplicabile. Del resto vi sono dei fatti, che danno valore a quest'ipotesi: dalle mie ricerche più sopra riportate risulta, che 3 fra le sei colonnette di peperino tenute rovesciate hanno perduto completamente il loro magnetismo dopo soli 3 mesi, dacchè furono staccate dalla roccia: dal prof. Keller ⁽¹⁾ ebbi un frammento di tufo terroso formato entro una fessura naturale di un giacimento di pozzolana presso il ponte della Foce sulla strada Tivoli-Zagarolo. L'origine di questo tufo è dovuta alla terra tufacea sovrapposta alla pozzolana, che per l'azione delle acque andò riempiendo gradatamente la fenditura. Quel frammento fu trovato calamitato come al solito col polo Nord alla parte inferiore e col polo Sud alla parte superiore; e qui non può cader dubbio che quel tufo si sia ricomposto lì dentro in tempi relativamente recenti rispetto all'epoca dell'eruzione.

« Come si vede da questi esempi non si deve prendere come regola fissa, che la calamitazione delle rocce abbia avuto luogo prima del loro completo raffreddamento, ma in molti casi bisogna ammettere, che la calamitazione ha avuto luogo a freddo. Io ho voluto insistere su questo punto per mostrare che non vi è motivo di concludere, che la regolare orientazione del magnetismo nei tufi, pozzolane e peperino si possa ritenere come un indizio, che tali rocce si trovino ora, ove originariamente caddero le ceneri vulcaniche di cui sono formate.

« Una questione che ancora non è stata risolta, e che io pure lascierò senza tentare di darne una spiegazione, è quella della formazione dei punti distinti nelle lave.

« Colla *Guida itineraria* del prof. Keller ⁽²⁾ ritrovai molti punti distinti da lui descritti, ed esaminai l'orientazione del loro magnetismo. Mi resi così persuaso che non era possibile stabilire per essi una relazione qualsiasi colla direzione del campo terrestre. Voglio qui riportare due soli esempi assai caratteristici. Il blocco con punto distinto presso il ponte Buttero ha superiormente una superficie quasi piana ed orizzontale: a press'a poco nel mezzo di questa trovasi un punto distinto Nord: nella penultima grande cava a sinistra della via Appia Antica a circa km. 4,6 dalla Porta S. Sebastiano ho trovato un punto distinto Sud a circa cm. 40 dalla base di una parete di lava alta circa m. 9; questo punto distinto è venuto alla luce forse un anno fa in seguito all'escavazione della selce: non è possibile spiegare la sua formazione neppure coll'azione delle scariche elettriche dell'atmosfera; e se quest'ipotesi può valere per i punti che si trovano in cima ad alture, e che possono per la loro ubi-

(1) Devo ringraziare vivamente il chiarissimo prof. Keller dei molti favori e consigli, di cui mi è stato largo nel condurre a termine questo mio lavoro.

(2) Rendiconti della R. Accad. dei Lincei, vol. VI, 2° sem., 1890, pag. 17.

cazione venire facilmente fulminati, non è ammissibile per questo punto nè per altri pochi, che trovansi in simili condizioni.

« Non sembra probabile neppure, che l'ipotesi di una diversa costituzione chimica e mineralogica e di proprietà fisiche diverse sia sufficiente a spiegare la formazione di questi punti distinti, che occupano una regione talvolta pochissimo estesa in mezzo ad una massa rocciosa assai grande originata tutta in modo uniforme e che ha ovunque lo stesso aspetto.

« *Conclusioni.* — Da quanto ho esposto risulta:

« 1° Tutte le rocce vulcaniche del Lazio esaminate posseggono una certa quantità di magnetismo indotto dalla Terra, che come nel ferro dolce, sebbene più lentamente, varia di posizione col variare l'orientazione delle rocce.

« 2° Tutte le rocce vulcaniche in parola posseggono una certa quantità di magnetismo permanente, che in generale è distribuito come se fosse dovuto all'induzione terrestre. Nella lava basaltina, sperone, tufo e pozzolana ed in generale nelle rocce fortemente calamitate la quantità di magnetismo permanente è di gran lunga maggiore di quella di posizione. Nelle rocce invece debolmente magnetiche, come il peperino, il magnetismo temporaneo può essere in quantità maggiore del magnetismo permanente, e forse questo talvolta nel vero senso della parola non esiste.

« 3. Tutte le rocce vulcaniche sono dotate di forza coercitiva come l'acciaio, ma in grado assai diverso: nelle lave essa ha impedito, che si rovesci anche dopo molti secoli il magnetismo in origine indotto dalla Terra; nelle pozzolane tufi ecc., la forza coercitiva è in grado minore, ed in molti casi il magnetismo in origine indotto dalla Terra è stato certamente rovesciato. Nel peperino tale forza è in grado assai piccolo.

« 4. Il magnetismo delle rocce vulcaniche (se si eccettuano i punti distinti) è dovuto unicamente all'azione induttrice della Terra. Talvolta come nelle lave tale azione è stata assai rapida, mentre esse trovavansi ancora a temperatura elevata; talvolta tale azione ha dovuto agire forse per molti secoli ed a freddo.

5. Il modo in cui si sono formati i punti distinti non è ancora noto. Le ipotesi finora emesse non spiegano l'origine di tutti questi punti ».