

IMMANUEL FRIEDLAENDER

SUI BRADISISMI DELLA COSTA TIRRENA MERIDIONALE

Considerazioni e osservazioni.

Il problema dei bradisismi è uno dei più importanti della geologia, perchè i bradisismi fanno parte dei pochi fenomeni che possono essere direttamente osservati in un periodo relativamente breve. La maggioranza dei fenomeni geologici richiede tanto tempo che dobbiamo dedurre dalla situazione attuale lo svolgimento di un processo molto lungo. I bradisismi però in alcuni casi ci permettono di constatare dei cambiamenti importanti in una breve serie di anni. È ovvio che tanto la formazione delle catene montuose per piegatura degli strati quanto i dislocamenti per faglia in vicinanza di una costa saranno visibili con l'abbassarsi o l'innalzarsi del livello marino. Oltre a questi bradisismi causati da un movimento di parte della crosta terrestre debbono esistere anche degli altri bradisismi causati da un vero cambiamento del livello marino. Il livello marino si cambia quando dei continenti o grandi parti di continente si affondano nel mare o quando una grande quantità di acqua viene tolta o aggiunta all'acqua di mare. Questo è accaduto in epoca piuttosto recente, quando una estesa regione polare si copriva con un enorme strato di ghiaccio diminuendo così il volume degli oceani, e poi, nei periodi interglaciali, quando la stessa acqua ritornava nuovamente ad accrescere il volume degli oceani (4). Il Daly ha voluto attribuire a questo fenomeno glaciale la formazione di diverse spiagge sui litorali di tutto il mondo. Pare però che finora non si sia riusciti a identificare questi livelli con qualche certezza. La ragione di ciò sta nel fatto che quasi in tutte le regioni del mondo abbiamo dei movimenti locali, vicino alle coste, che sono più importanti del movimento del vero livello marino, movimento che certamente ha dovuto esistere, benchè forse anche l'ampiezza del movimento stesso, calcolata dal Daly, sia stata esagerata.

Ora che dobbiamo trattare del movimento della costa tirrena meridionale nell'epoca pliocenica, vogliamo fare astrazione da tale movimento del livello oceanico, e lo potremo fare perchè, almeno

negli ultimi tempi postdiluviali, il movimento oceanico certamente è stato insignificante.

La letteratura, che tratta dei bradisismi tirrenici, è molto estesa, ma le osservazioni accurate disgraziatamente sono piuttosto scarse. I primi studi importanti furono fatti da Antonio Niccolini un centinaio di anni fa (18). Questo architetto del Re di Napoli ebbe l'incarico di evacuare, per mezzo di una fognola, l'acqua dal fondo del famoso Serapeo. Questo bellissimo fabbricato romano fu scoperto e scavato verso il 1750, e fu ritenuto essere il tempio di Giove Serapide. Oggi gli archeologi ritengono che sia stato un macello. Non è dubbio che, in comunicazione con quel tempietto, esisteva uno stabilimento di bagni, e che ivi nascevano, come oggi ancora nascono, delle sorgenti calde, usate per bagni. Oltre a ciò esisteva pure una latrina piuttosto estesa, con molti sedili, come si può concepire soltanto per un bagno o altro edificio molto frequentato.

Ora il Niccolini si accorse, nei suoi lavori, che non era facile di evacuare l'acqua, perchè il dislivello fino al mare era molto esiguo. Egli trovò pure che già in epoca romana lo stesso inconveniente si era verificato, e che i romani avevano innalzato, nel terzo e quarto secolo, il pavimento di m. 2,10 sopra il primo pavimento costruito nel primo secolo d. C. Oltre a ciò il Niccolini osservò pure che tanto le piccole colonne della parte centrale, di marmo africano, quanto le grandi colonne esterne, di marmo cipollino, fino all'altezza di m. 6,55 sul livello del mare nel 1822, mostravano dei buchi di litodomi, che provavano che l'acqua del mare in epoca post-romana era salita fino a questo livello. Il Niccolini da questi suoi studi meticolosi e accurati ricavò una tabella dei movimenti della costa, la quale per questa regione meritava ogni fiducia (19). Egli pensò che non si poteva trattare di un fenomeno puramente locale, e, cercando nelle vicinanze, trovò moltissime tracce di antiche spiagge, da Gaeta fino alla Calabria, che volle identificare con le spiagge trovate a Pozzuoli, e così venne alla conclusione che si trattasse di un fenomeno generale, almeno per questa costa. Ora, dopo i tempi di Niccolini, al tempio di Serapide e nella città di Pozzuoli, l'abbassamento della terra è continuato e continua fino ai nostri giorni. Tale zona si è ormai abbassata già di due metri e mezzo nell'ultimo secolo. Questo abbassamento, però, al Capo Miseno pare che sia già un poco meno forte, ed anche a Posillipo è alquanto inferiore. Oltre questi limiti, poi, è tanto insignificante che si può dubitare se esista. Il palazzo di Donn'Anna

a Posillipo è forse l'ultimo punto, in cui si è potuto constatare. D'altro lato il Monte di Procida si è mosso ancora, ma i laghi di Fusaro e di Patria pare che non abbiano avuto un abbassamento sensibile. Se il movimento si fosse prodotto a Napoli, la constatazione nel porto sarebbe stata non solo facilissima, ma necessaria. Anche nei piccoli porticciuoli dei paesi vesuviani e della penisola sorrentina non si sa nulla di tali movimenti. Dunque, almeno per questi ultimi movimenti, abbiamo la prova inconfutabile che, nella regione di Pozzuoli, esiste un movimento localizzato, che non si estende nelle regioni limitrofe (15). Se l'architetto Niccolini, al quale la scienza deve essere gratissima, per le sue misure accurate e per la pubblicazione della sua coraggiosa teoria, ha creduto che questi movimenti abbracciassero tutta la costa tirrena e forse tutta l'Italia, ha avuto torto, ma hanno avuto torto anche quanti geologi lo hanno seguito fino ai tempi nostri.

Sarebbe impossibile nominare qui tutti i libri e articoli che hanno menzionato il bradisismo constatato al Serapeo di Pozzuoli. Tutti quelli che hanno scritto del fenomeno dei bradisismi non hanno mancato di riferire questo esempio e, in tutti i grandi manuali di geologia, si trova anche uno schizzo di quel tempio. Ne parla Arturo Issel (12) nel suo lavoro sulle *Oscillazioni lente del suolo o bradisismi*, il Rovereto (21) nel *Trattato di geologia morfologica* e nei suoi studi di geomorfologia, Eduard Suess nella sua opera grandiosa *Das Antlitz der Erde* (22), e moltissimi altri geologi. Il poeta Wolfgang Goethe (9) ha scritto pure un articolo sul Serapeo, e forse egli è stato il primo a dubitare della esattezza della teoria del Niccolini, notando che, se si fossero verificati cambiamenti di livello così importanti in tutti i porti da Gaeta a Napoli, Salerno e la Calabria, dovrebbe trovarsi traccia nei documenti storici, cosa che invece manca del tutto.

Egli invece credette che il Serapeo sia stato coperto dalle ceneri di una eruzione vulcanica vicina, forse quella del Monte Nuovo, e che nel centro dell'edificio si sia formato uno stagno alimentato da un ruscello o dalle sorgenti locali. In tale stagno si sarebbero formati i litodomi che poi bucarono le colonne di marmo cipollino.

Non è necessario discutere qui l'impossibilità di questa ipotesi. Fra i più recenti autori che hanno scritto su questa materia, nomineremo qualcuno, a mano a mano, nella esposizione delle nostre modeste osservazioni, che si riferiscono alla zona da Roma alla punta Licosa.

La città di ROMA, come nei tempi antichi, anche oggi si trova ad una certa distanza dal mare, ad un livello piuttosto basso. Si potrebbe pensare che qui si siano verificati degli abbassamenti, perchè in moltissimi siti i pavimenti dei fori e dei fabbricati oggi si trovano parecchio sottoposti all'attuale livello stradale. Ma ciò si spiega, sia con l'ammassamento di materiali dei monumenti caduti, sia con i depositi alluvionali portati dalle inondazioni del Tevere, sia con trasporti artificiali. Che un vero abbassamento non si sia realizzato, lo possiamo dedurre dal fatto, che l'antica Cloaca Massima ancora si trova, rispetto al Tevere, ad un livello utile, e che il porto di Ostia, con le sue strade, fogne e opere portuali, non dimostra nessun cambiamento notevole di livello. Che Ostia oggi non si trovi più sul litorale non è effetto di cambiamenti di livello, ma della estensione del terreno alluvionale.

Un abbassamento di poco più di un metro si è verificato ad Ostia già durante l'epoca romana. In epoca imperiale fu alzato il livello delle strade di circa un metro e mezzo, e negli scavi in diversi punti si vedono due pavimenti: sotto quello di epoca repubblicana e sopra il nuovo imperiale. Anche le facciate di diversi fabbricati antichi coi loro ornamenti sono in relazione col livello inferiore delle strade e furono parzialmente coperte dal colmamento eseguito forse 3 o 4 secoli più tardi. Se si tratta di un movimento bradisismico, ovvero se il terreno alluvionale sia ceduto, non oso decidere. Certamente però manca ogni indizio di un abbassamento importante in epoca medioevale. I muri in parte ben conservati di diversi edifici molto alti come per esempio il tempio di Vulcano non dimostrano i segni dell'erosione marina, che pure non potrebbero mancare, se come vogliono i seguaci del Niccolini, tutta la zona fosse stata abbassata di più di sette metri.

Dell'ipotesi che la terra qui, dopo l'epoca romana, durante il medio evo, si sia abbassata e rialzata poi negli ultimi secoli fino allo antico livello, parleremo alla fine della nostra esposizione.

La regione del Capo Circeo non fu esaminata da me, e mi riferisco per tale zona alle comunicazioni gentilmente fattemi dal prof. Giuseppe Lugli, il quale meticolosamente ne ha studiato i resti archeologici. Issel (12) crede di aver potuto constatare un abbassamento dalla epoca imperiale fino ad oggi di forse un metro della piscina detta di Lucullo. Il prof. Lugli mi ha assicurato, che in tutta la zona non si trovano indizi di bradisismi posteriori all'epoca romana, almeno

di movimenti importanti, e che le diverse piscine vicino al capo Circeo ed anche le opere portuali a Terracina si trovano oggi ancora rispetto al mare nello stesso livello, nel quale furono costruite.

Nella regione di Gaeta, e propriamente a Formia, il Niccolini (19) e i suoi seguaci hanno creduto che un forte abbassamento dopo la epoca romana, sia evidente per la esistenza di ruderi romani, che oggi si trovano sotto il livello del mare. Ma propriamente a Formia l'ingegnere Jacono (13) ha dimostrato che esistono i ruderi di una piscina romana, e che il fondo dei bacini di questa piscina oggi si trova ancora allo stesso livello sott'acqua, a cui, secondo la descrizione del Vitruvio, si usava fabbricarlo. Io ho voluto visitare questi ruderi e, costeggiando, ho visto che ivi esistono ancora altre piscine; la più bella è quella descritta dallo Jacono sotto la Villa Comunale di Formia, ma, più verso Gaeta, se ne trovano altre due, delle quali la più grande è quella sottoposta alla Villa Colagrosso. Questa è particolarmente interessante per due ragioni: la prima perchè ivi sono ancora esistenti alcuni di tali pilastri che portano l'incavo caratteristico, che serviva come guida per alzare e abbassare le saracinesche, che chiudevano i canaletti per il passaggio dei pesci, la seconda perchè a terra si trovano due grandi serbatoi di acqua dolce: uno di essi ben conservato dimostra ancora, sovrapposto alla malta romana, il deposito lasciato dall'acqua dolce alquanto calcarea. Le grandi piscine romane anche in altri siti, come per esempio a Capri — ai bagni di Tiberio e al porto di Tragara — erano fornite di condotti di acqua dolce. È noto che molti pesci marini, per la proliferazione, si recano negli estuari dei fiumi, perchè in tale epoca hanno bisogno di un'acqua meno salata dell'acqua marina. I Romani, nella loro piscicoltura, provvedevano a questa necessità, immettendo nei bacini delle piscine una certa quantità di acqua dolce.

Non credo che tutti i ruderi romani oggi posti sott'acqua siano i resti di antiche piscine. In qualche caso si tratta di opere portuali e probabilmente in altri casi di pesanti sottocostruzioni, sulle quali si elevavano ville e palazzine di svago. Le costruzioni superiori furono distrutte dalle onde e rimase solo la parte inferiore non soggetta alla erosione marina. Pare che in molti casi la parte superiore di questi fabbricati fosse in legno, ciò che lasciano sospettare dei fori in genere circolari, parte verticali e parte orizzontali, che si trovano in questi ruderi romani sommersi o a fior d'acqua. Ho notato tali fori adatti a fissare dei travi sia a Formia, che ai « Bagni di Tiberio » ed allo

« Scoglio delle Sirene » di Capri e a S. Marco, presso la penisola di Licosia. A Gaeta e a Formia è molto pronunziata la cavità formata dal battito delle onde al livello attuale, ciò che prova che esso sia rimasto inalterato per molto tempo. Altre linee di spiaggia più antica si trovano all'altezza di metri +6, di +50 metri e di +150 metri.

Sulla costa, proprio dove si trovava l'antica Sinuessa vicino a Mondragone, esistono molti scogli sotto il livello attuale del mare, scogli che apparentemente non consistono di roccia naturale, ma di muratura antica. Questi scogli, che si trovano alla distanza di mezzo chilometro fino a più di un chilometro dalla costa attuale, in parte sono a cinque metri, e in parte a otto metri e anche più sotto il livello marino. Tutti questi scogli sono coperti da una folta vegetazione marina, e parte per la loro profondità, parte per la loro copertura di vegetazione, purtroppo non si sono lasciati da me minutamente esplorare. Un'altra difficoltà risulta dal fatto che qui l'acqua, anche nei giorni di calma, non è molto limpida. Un'esplorazione efficace dovrebbe essere fatta per mezzo di scafandri. Mi pare però evidente che, data la grande estensione di questi ruderi, qui non si possa trattare soltanto di ruderi di piscine e di opere portuali. Una sommersione di quella contrada, posteriore all'epoca romana, è più che probabile. Non oserei decidere se si tratti di uno slittamento locale o di un abbassamento un poco più esteso, forse dovuto alla diminuzione di volume del bacino magmatico del vulcano di Roccamonfina. A sud di Mondragone fino al lago di Patria pare che non esista traccia di un cambiamento considerevole di livello. Il Castello Volturno fu fabbricato sopra gli archi di un antico ponte romano, che traversava il fiume Volturno, e pare che non abbia sofferto un cambiamento notevole. Più a sud viene la zona di Pozzuoli, tra il Capo Miseno e Posillipo, della quale abbiamo già parlato. I movimenti verticali molto considerevoli di questa zona certamente sono in relazione con cambiamenti di volume del bacino magmatico dell'antico vulcano Flegreo.

Molti pozzi forati a Napoli e nei dintorni della città descritti dal D'Erasmo (5) provano che ivi ci siano stati dei cambiamenti importanti del livello marino, ma probabilmente tutti questi movimenti sono di data preistorica, e i ruderi del porto trovati sotto la strada Mezzocannone, di epoca romana, si trovano corrispondenti al livello attuale. Quanto alle isole del golfo di Napoli, bisogna distinguere tra il gruppo di Ischia e Capri, la quale ultima fa parte, come

origine e storia geologica, della penisola sorrentina. Ischia ha avuto diverse oscillazioni importanti in epoca plistocenica e oscillazioni molto minori in epoca storica, come hanno potuto constatare i dottori Buchner padre e figlio (3), che hanno fatto degli scavi archeologici di quest'isola. Le diverse terrazze marine più antiche di quest'isola descritte da A. Rittmann (20), sono di epoca antecedente al neolitico, benchè anche la terrazza più antica, dell'altezza di 550 metri, già nota dal Lyell, sia, come provano i fossili ritrovati, di età post-diluviana.

A Capri, poi, che è il terreno meglio studiato da me, abbiamo una quantità di terrazze e linee di spiaggia a diversi livelli. Sono notevoli le spiagge antiche a -20 metri, -10 , -7 , molto notevole la linea del livello attuale, con incavi profondi, a $+3$ metri, $+5$ e $+10$ metri, a $+30$ metri, a $+50$, a $+100$, a $+150$, $+200$ a $+300$, a $+330$ metri. Anche ad altezze superiori a $+450$ metri, a $+550$ e forse a $+580$ metri si trovano indicazioni di spiagge. Che tutta l'isola una volta sia stata sommersa è evidente dal fatto che sulla penisola sorrentina, all'altezza di $+650$ metri, si trovano delle erosioni marine indubitabili, nelle vicinanze di Agerola. Ora qui a Capri è evidente che non sempre le linee di spiagge superiori possono essere più antiche delle inferiori. Ciò è ovvio per le terrazze di abrasione oggi sottomarine, a -7 , -10 e -20 metri, che certamente sono più antiche della spiaggia attuale di 0 metro. Ma anche la terrazza a circa $+100$ metri, sulla quale si trovano i fossili diluviali e i resti paleolitici già menzionati, quasi certamente è più antica della spiaggia di $+330$ metri la quale tanto a Capri, nelle vicinanze del monte Tiberio, quanto a Anacapri, alle falde del monte Solaro, è ricca di una fauna marina recentissima; perciò riteniamo che, dopo l'epoca paleolitica contemporanea alla interglaciale, detta Riss-Wurm, sia avvenuta una immersione totale del terreno di Capri, e che in epoca molto più tarda sia venuta l'emersione con la formazione delle linee di $+550$, $+450$, $+330$, $+200$, $+150$, $+60$, $+30$, $+6$ e $+3$ metri. Forse nuovamente si è formata anche una seconda terrazza a livello di $+100$ metri circa. Le terrazze di -20 , -10 e -7 metri anche certamente sono più antiche o diciamo anteriori, non solo alla linea attuale, ma anche alla spiaggia di $+6$ e di $+3$ metri. Quanto alla spiaggia di $+6$ metri, è da notare che essa non è incavata sempre alla stessa altezza, ma che è diversa nei tre blocchi dell'isola di Capri, cioè nel blocco di Anacapri, della fossa mediana di Capri e del Monte Tiberio. Secondo i diversi punti essa cambia da un'altezza di 5 a un'altezza di 9 metri.

Questo incavo profondo, tagliato nelle rocce scoscese della costa di Capri, tra le antiche spiagge è la più impressionante e l'unica menzionata non soltanto da tutti gli studiosi di geologia, ma anche dai diversi libri di guida, in occasione della descrizione della Grotta Azzurra, dove questa spiaggia ha lasciato i propri segni, evidenti quanto fuori della grotta quanto nell'interno di essa. Seguendo sempre il Niccolini, tutti la considerano di età medioevale, anche gli scrittori più moderni come il Günther (10), il De Lorenzo (14) e il D'Erasmus (6). Già il Norman Douglas, nel suo libro *Capri* aveva notato che, vicino ai Faraglioni, in questo incavo si trova della muratura romana, e che perciò l'incavo stesso deve essere di epoca anteriore all'epoca romana. Ma esistono altre ragioni per dimostrare che questo incavo sia di un'antichità molto superiore. L'incavo della spiaggia attuale è assai forte nella roccia di Capri, ma meno pronunziato nei pochi ruderi romani dove si può vedere. Questo incavo attuale certamente fu causato da una sosta del livello attuale lungo diversi millenni, tanto che l'inizio di esso si deve considerare molto più antico dell'epoca greco-romana. L'incavo della spiaggia di 5 metri è ancora più pronunziato e, per essere tagliato dalle onde, ha avuto bisogno di un'altra sosta ancora più lunga, dunque non si può piazzare in nessuna maniera nei pochi secoli del medioevo. La linea di + 5 metri poi si può osservare — sempre con le piccole oscillazioni tra 4-9 metri — in quasi tutta la costa tirrena e fu da me osservata dalle coste del Lazio fino alla punta Licosa. Nell'isola di Ponza sulla Punta di Fieno si trova una stazione neolitica con coltelli di ossidiana e vasi, in una posizione in cui la conservazione sarebbe stata impossibile, se in epoca posteriore il mare si fosse alzato di 5 metri, perciò è certo che questa spiaggia è anteriore all'epoca neolitica (7 e 8). Anche sulla terrazza di + 6 metri della penisola di Licosa ho trovato qualche coltello di ossidiana e qualche scheggia di vasellame neolitico.

Nella penisola sorrentina che non ho tanto studiata come Capri, ho potuto identificare diverse delle spiagge constatate a Capri. La spiaggia di + 50 a + 60 metri è molto ben visibile, perchè essa forma tutto il piano di abrasione del tufo, sul quale sono situati i villaggi o le città di Meta, Sorrento, ecc. Sulla costa settentrionale della penisola le spiagge inferiori a tale quota non sono ben visibili, forse perchè le pareti del tufo, tanto dall'azione delle onde marine quanto dalla mano dell'uomo, nelle frequenti cave, sono tagliate verticalmente. Invece sul lato meridionale se ne vedono alcune, e proprio quella di

5 metri, molto bene espressa, specialmente presso la Grotta dello Smeraldo, di Amalfi. Qui l'antico livello del mare nella grotta stessa, ma molto meglio fuori della grotta, è segnato da buchi innumerevoli prodotti dai litodomi. Sotto questo livello esistono tracce di un'altra spiaggia di 3 metri di altezza, poi viene il livello attuale profondamente intagliato, tanto sulla costa quanto nella Grotta, dove ha intagliato le stalagmiti e le stalattiti. Anche i livelli sotto marini di -7 e -10 metri si trovano qui, e pare che anche il livello di -20 metri non manchi. Su tutta la costa, fino ad Amalfi e oltre, si trovano i segni di questa spiaggia marina, e la terrazza di +60 metri in molti punti è ben visibile. Tra le spiagge più alte è notevole quella di +150 metri, visibile sotto Ravello, e quella già menzionata a +650 metri presso Agerola. Quanto al movimento bradisismico, in epoca storica, tanto nei ruderi presso Sorrento, quanto sulla costa meridionale abbiamo qualche indizio che si sia verificato un piccolo abbassamento forse di un metro, dall'epoca imperiale fino ad oggi. La villa romana di Positano, che fu sepolta da uno strato di cenere, lapilli e pomici, e dopo, da una corrente di fango indurito talmente che si può usare come pietra da costruzione, non prova nessun cambiamento di livello. Come si può provare dall'analisi delle pomici, l'eruzione che distrusse quella villa fu quella del 79 d. C., cioè quella che distrusse Pompei (17). L'altra villa romana, scoperta in questa costa, cioè quella di Mimori, fu sepolta da alluvioni del fiume Sambuco. Anche qui mi è apparso che esista un piccolo abbassamento, perchè il bacino di bagno e la fognola che lo doveva evacuare stanno soltanto a un mezzo metro più in alto del livello marino. Questa misura non è stata tuttavia controllata.

Ora ci vogliamo occupare della regione di Paestum, della quale ultimamente hanno trattato il De Lorenzo (14) e il D'Erasmo (6). L'antica città di Paestum sorgeva sopra una piattaforma di travertino. I diversi fiumi di questa pianura stanno depositando carbonato di calcio ed hanno formato un esteso deposito di travertino, intercalato in molti siti da sabbie, fango e arenaria, sempre di acqua dolce. Il fiume più importante è il fiume Sele, alle foci del quale oggi si scavano i ruderi di un tempio greco più antico. Non ho ancora visitato la località, ma, da quanto mi ha affermato una persona del luogo, non vi si è vista traccia di cambiamento di livello. Meno importante come fiume, ma molto più importante come formatore di travertino, è il fiume Capodifiume il quale passa proprio pel territorio di Paestum. Questo fiume nasce da diverse sorgenti minerali al piede della mon-



Fig. 1. — Capri. Ad occidente della Grotta Rossa, al livello $+ 7$ m., si vede un conglomerato marino sovrapposto ad una terrazza di abrasione.



Fig. 2. — Capri. Presso la costa occidentale un poco a nord della Punta Carena si vedono bene tre livelli marini antichi. A sinistra, all'altezza di circa $+ 7$ m., si vede un solco nella roccia scoscesa. A destra si vede la terrazza di $+ 30$ m. ed in alto la Torre della Guardia sulla terrazza di abrasione di $+ 200$ m.

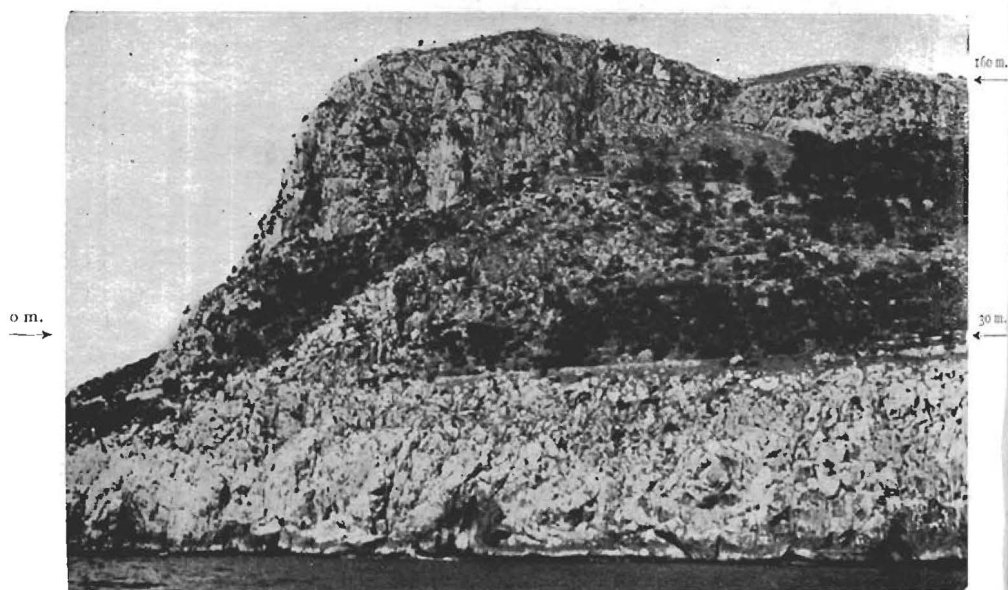


Fig. 3. — Sulla costa occidentale, vicino alla Punta Vitareto, si vedono la terrazza di Orico di + 30 m. ed in alto il piano di Damecuta di + 160 m.



Fig. 4. — Formia, Sotto la Villa Colagrosso si trova una grande piscina romana, della quale diversi pilastri mostrano ancora l'incavo delle saracinesche che chiudevano i canali fra i bacini di piscicoltura ed il mare.

tagna di Capaccio. Le acque delle sorgenti contengono molto acido carbonico e molto carbonato di calcio, e depositano il carbonato di calcio rapidamente. Queste acque erano conosciute nell'antichità e da Silio Italico furono chiamate pietrificanti. La quantità di acqua di queste sorgenti non è però rimasta costante; si sa che un secolo fa erano più copiose, e in epoca greco-romana probabilmente lo erano ancora di più. Come tutte le sorgenti simili al piede degli Appennini, hanno la tendenza a diminuire, ma probabilmente questa diminuzione non è un processo costante, e si debbono essere alternati periodi con acqua abbondante e meno abbondante. La formazione del travertino si verifica dove queste acque perdono l'acido carbonico e così debbono precipitare il carbonato di calcio. Ciò accade nella pianura pantanosa dove le acque del fiume, trattenute dalle dune costiere, formano dei laghetti e dei pantani. Nel travertino si trovano fossili di conchiglie terrestri e di acqua dolce, e impronte di piante specialmente di palude. Anche le pietre con le quali furono dai Greci costruiti i templi sono travertini di quest'origine, e con fossili simili. Ora il D'Erasmus, nel suo recente opuscolo documentato da molte illustrazioni, ha esposto come i ruderi di Paestum, recentemente scavati dimostrino che furono interrati da depositi fluviali e come alle pareti dei vecchi muri della cinta della città, ma anche altrove, siano aderenti non solo le marne e la sabbia, ma in moltissimi luoghi del travertino nuovo si è sovrapposto al travertino dei muri antichi. Il d'Erasmus da ciò ha voluto ricavare che in epoca posteriore a quella greco-romana il livello della città di Paestum si sia abbassato di 5 metri e mezzo, cioè di quanto è l'altezza di tali depositi. Ora bisogna pure considerare il fatto che tutti questi depositi sono di acqua dolce e che mancano tracce di acqua marina. Si potrebbe pensare, come ha pensato il D'Erasmus, che il livello dell'acqua dolce si sia elevato per un abbassamento del terreno, ma non abbiamo una prova che questa spiegazione sia la giusta. Un'altra spiegazione mi pare molto più verosimile. In epoca greco-romana le opere pubbliche, strade e corsi d'acqua, erano sempre ben regolate e mantenute. Ma ciò nell'epoca della decadenza dell'impero e ai tempi delle invasioni germaniche ebbe fine. I fiumi, forse anche per il diboscamento e per il cambiamento di clima, portavano più fango e arena al mare, cresceva il terreno alluvionale, avanzavano le spiagge e si formavano delle dune maggiori. Non c'era più chi regolava l'efflusso delle foci fluviali e i fiumi, dietro la diga formata dalle nuove alluvioni e dalle dune, formavano dei laghi pantani, qualche volta

superiori di pochi metri al livello del mare. Guardando dalla porta marina, dell'antica città, verso il mare, pare che l'altezza anche attuale delle dune sia più che sufficiente per trattenere le acque del fiume fino all'altezza delle incrostazioni, altezza che mi è apparsa essere inferiore a quella indicata dal D'Erasmus (6), e che io non ho potuto misurare, come probabilmente anche il D'Erasmus si è fidato di affermazioni altrui. Proprio vicino alla Porta Marina esiste pure l'antica fogna della città di Paestum, e sarebbe cosa molto interessante scavarla fino al punto dove una volta finiva nel mare. Probabilmente la distanza dal mare anticamente era più breve, e, scavando la fogna, si potrebbero avere anche dei dati utili e più precisi sui cambiamenti di livello.

A mezzogiorno della pianura di Paestum sorge il promontorio di Agropoli, dove si vedono le due spiagge di +50 e di +5 metri. Anche nella penisola di Licosa queste due spiagge sono ben marcate. Da Castellabate in poi sono frequenti le arenarie formate da dune cementate da carbonato di calcio. In tali arenarie si vedono ben marcate una terrazza a +6 e una terrazza a +3 metri.

Presso San Marco esiste un antico molo, che si dice romano e che mi pare sia della decadenza dell'impero; tale molo è nella posizione, che ancora oggi potrebbe servire al suo scopo antico. Soltanto si dovrebbe alzare un poco, perchè la sua parte superiore fu asportata dalle onde. Un po' a nord della punta Licosa si trova una bella terrazza di abrasione marina, a circa +6 metri, parte tagliata nella pietra calcarea eocenica, e parte nell'arenaria pliocenica già menzionata. Su questa terrazza ho trovato, come già ho detto, qualche coltello e qualche coccio neolitico. Fuori alla punta Licosa, a circa 200 metri di distanza, si trova una secca, formata da ruderi che si dicono romani. Non mi è stato possibile esaminarli, ma suppongo che si tratti di un'opera costruita nel livello attuale. Seguendo la costa, fino ad Ascea, ho trovato in molti punti la spiaggia di +6 metri, intagliata nell'arenaria; tracce di oscillazioni in epoca storica non ne ho visto, la linea della spiaggia però, si è molto modificata per alluvioni. Mi fu riferito da gente locale che sotto il castello di Velia, nei lavori ferroviari, furono scoperte opere portuali, con anelli per l'attacco delle navi, ad un livello corrispondente al litorale odierno.

Non ho seguito la costa tirrena più a mezzogiorno, ma dai lavori di Cortese e altri è ben conosciuta la grande quantità di terrazze marine, che nella Calabria meridionale salgono fino ad una altitudine

di 1300 metri. Le terrazze superiori certamente sono plioceniche, mentre quelle più basse sono più recenti e probabilmente in parte si potranno identificare con le terrazze che abbiamo descritte.

Prima di concludere, mi pare necessario ripetere che i cambiamenti della costa non sono sempre da attribuire a cambiamenti di livello (1 e 2). I diversi fiumi hanno accumulato molto terreno alluvionale in diversi punti dei varî delta. Le correnti marine in certi siti hanno asportato molto materiale e in altri invece hanno fatto progredire le spiagge. È noto che nelle vicinanze di Gaeta, la spiaggia di Serapo, sta in continuo aumento, mentre la spiaggia di Elena sta desaparendo. Vicino alla costa di Amalfi, in tempi non molto lontani, si poteva camminare in processione per la spiaggia fino alla chiesa di Santa Croce, mentre oggi ci vuole la barca, perchè il mare ha asportato tutta l'arena; d'altra parte, il porto nuovo, costruito da poco, si sta riempiendo di sabbia. Nella costa di Amalfi, abbiamo però un altro fenomeno; fu ricordato nella storia, che, in diverse epoche, parte della città si affondasse nel mare, e ciò in occasione di acquazzoni e tempeste. La roccia frastagliata frana e sparisce, asportando anche le case costruite, come avvenne ultimamente, nel 1924. Tali franamenti, e anche dei lenti o rapidi slittamenti di parte della costa su piani poco inclinati, non debbono essere scambiati per veri bradisismi. I bradisismi sono fenomeni tettonici, cioè sono movimenti di particelle della crosta terrestre, spesso limitati da linea di frattura. Qualche volta avviene che dei piccoli pezzi vicini eseguono dei movimenti non esattamente identici, come abbiamo visto per i tre blocchi dell'isola di Capri. In alcuni casi questi movimenti tettonici si possono attribuire ai cambiamenti di volume di un bacino magmatico, come avviene certamente nella zona flegrea, come è avvenuto nel 1860 a Torre del Greco, al piede del Vesuvio, come fu accuratamente studiato dai Giapponesi all'isola di Sakurashima, dopo la grande eruzione del 1914 e ultimamente dagli olandesi nell'isola di Krakatao.

Ora per finire parliamo ancora del problema delle paludi pontine, di Paestum e di altre regioni, fiorenti nell'epoca greco-romana, ma abbandonate e malsane dal medioevo in poi (12). I geologi almeno in maggioranza, hanno creduto che si tratti degli effetti dei cambiamenti del livello, indicati dal Niccolini e dai suoi seguaci. Gli archeologi, invece, sono sempre rimasti un po' titubanti e restii ad accettare tale teoria, perchè non hanno potuto trovare — fuori della zona di Pozzuoli — nessun indizio sicuro di tali movimenti, e perchè anche nei

documenti storici non se ne trova traccia, benchè si tratti di città e di porti importanti. Io sono convinto che anche per le paludi pontine ed altre regioni malariche, che erano salubri in epoca antica, si tratti dell'effetto del cambiamento delle spiagge per alluvioni, dune e trasporto di sabbia da parte delle correnti marine, con conseguente paludamento della pianura retrostante. Queste conseguenze funeste non si sarebbero mai effettuate, se si fosse mantenuta la cura delle strade e dei corsi fluviali. E oggi, che sono in corso di esecuzione dei lavori di bonifica, si riuscirà a rendere nuovamente sane e utili queste terre che lo erano, sotto la cura dell'impero romano.

- (1) ALBANI DINA, *Indagine preventiva sulle recenti variazioni della linea di spiaggia delle coste italiane*. Cons. Naz. Ric. Comit. Geografico. Roma 1933.
- (2) ALBANI DINA, *Variazioni di spiaggia e fenomeni bradisismici in Italia*. Atti Soc. italiana per il Progresso delle Sc. Napoli 1934, Vol. II. Pavia 1935.
- (3) BUCHNER PAUL e BUCHNER GIORGIO, *Comunicazioni orali avute nel 1935 a Ischia*.
- (4) DALY R. T., *Swinging sealevel of the Ice Age*. 1929.
- (5) D'ERASMO GEREMIA, *Studio geologico dei pozzi profondi della Campania*. Boll. Soc. Nat. XLIII 118. Napoli 1931.
- (6) D'ERASMO GEREMIA, *Il bradisismo di Paestum*. Publ. N. II. Ente per le antichità e i monumenti della provincia di Salerno. Salerno 1935.
- (7) DE FIORE OTTORINO, *Nuove notizie sulle stazioni neolitiche delle Isole Pontine*. Boll. R. Soc. Geogr. Ital. 1921.
- (8) FRIEDLAENDER IMMANUEL, *Contribuzione alla geologia delle Isole Pontine*. Boll. Società Geol. Ital. 1900, pp. 672-6.
- (9) GOETHE WOLFGANG, *Architektonisch-Naturhistorisches Problem*. In *Naturwissenschaftliche Einzelheiten*. Cotta's Ausgabe 1840. Vol. 40, p. 114.
- (10) GÜNTHER R. T., *Contributions to the study of earth movements in the bay of Naples*. The Geogr. Journ. 1903.
- (11) GÜNTHER R. T. *Pausilypon*. Oxford 1913.
- (12) ISSEL ARTURO, *Oscillazioni lente del suolo o bradisismi*. Genova 1883.
- (13) JACONO LUIGI, *Note di archeologia marittima*. «Neapolis». Città di Castello 1914.
- (14) DE LORENZO GIUSEPPE, *Sulla causa geologica della scomparsa dell'antica città di Paestum*. Rend. R. Acc. Linc. Cl. sc. fis. 6, vol. XI. Roma 1930.
- (15) MAIO ESTER, *Il bradisismo flegreo*. An. R. Oss. Ves. II. Napoli 1933.
- (16) MARZULLO ANTONIO, *Paestum*. Salerno 1933.
- (17) NARICI ENRICO, *Contributo alla petrografia chimica della provincia magmatica campana etc.* Zeitschr. f. Vulk. XIV 1931, pp. 210-239.
- (18) NICCOLINI ANTONIO, *Rapporto sulle acque che invadono il pavimento dell'antico edificio detto il Tempio di Giove Serapide*. Napoli 1829.
- (19) NICCOLINI ANTONIO, *Tavola metrico-cronologica delle varie altezze tracciate dalla superficie del mare fra la costa di Amalfi ed il promontorio di Gaeta nel corso di 19 secoli*. Napoli 1839.
- (20) RITTMANN ALFRED, *Geologie der Insel Ischia*. Ergänzungsband VI der Zeitschrift für Vulkanologie. Berlin 1930.
- (21) ROVERETO GAETANO, *Trattato di geologia morfologica*. Milano 1923.
- (22) SUSS EDUARD, *Das Antlitz der Erde*. Leipzig 1885.