

LE VARIAZIONI DELLA LINEA DI COSTA LAZIALE TRA TORRE ASTURA E IL CIRCEO

Come lo studio di qualunque altro fenomeno concernente la dinamica della morfologia terrestre, anche quello delle modificazioni a cui va soggetta la zona di contatto fra terra e mare presenta non poche né lievi difficoltà.

E' noto che nel 1933 l'Istituto di Geografia dell'Università di Pisa, allora diretto dal Prof. A.R. Toniolo, si faceva iniziatore di una indagine metodica sulle variazioni della linea di spiaggia delle coste italiane, che forniva già in partenza una prima sommaria sintesi dei dati sino a quell'epoca raccolti, sintesi da considerare soprattutto come bilancio preventivo in un campo di ricerca che rivelava fin d'allora la sua estrema complessità (1).

Nel giro di oltre un trentennio hanno veduto la luce, per iniziativa del Consiglio Nazionale delle Ricerche, quattro volumi d'assieme (2) che interessano solo una parte del perimetro costiero nazionale. Confrontando i risultati di queste indagini con la sintesi iniziale, non è difficile individuare conclusioni discordi, come d'altronde era prevedibile.

Un rilievo d'ordine generale che viene spontaneo è che non sempre si dà valore all'influenza che in un paese di antichissimo popolamento, come il nostro, può avere l'attività umana.

Recentemente è stata richiamata l'attenzione sopra le conse-

(1) D. ALBANI, *Indagine preventiva sulle recenti variazioni della linea di spiaggia delle coste italiane*. Roma, C.N.R., Comit. Naz. per la Geogr., 1933.

(2) D. ALBANI, A. GRISELLI e ALB. MORI, *Le spiagge toscane*, nella coll. «Ricerche sulle variazioni delle spiagge italiane», vol. II. Roma, C.N.R., 1940; M. VISENTINI e G. BORGHI, *Le spiagge padane*, ibid., vol. III. Bologna, C.N.R., 1938; U. BULI e M. ORTOLANI, *Le spiagge marchigiane*, ibid., vol. VI. Bologna, C.N.R., 1947; B. SPANO e M. PINNA, *Le spiagge della Sardegna*, ibid., vol. VII. Roma, C.N.R., 1958.

guenze determinate dall'innalzamento del livello marino (3), che sembra avere assunto una parte importante nell'arretramento della linea di costa. Purtroppo, però, alla determinazione dei limiti entro i quali quest'azione diventa sensibile, si oppone la carenza di osservazioni regolari, condotte per un periodo di tempo adeguato, sull'intero perimetro italiano, cosicché uno degli elementi di base per poter definire le oscillazioni che ci interessano rimane affidato a misure di carattere generale.

Ma la difficoltà più grande di tutte in questo campo di indagini, è che la dinamica morfologica è il risultato di più fattori diversi e concomitanti, tali che il concreto apporto di ognuno di essi non può generalmente venir isolato da tutti gli altri. Ed inoltre, alcuni tra questi fattori, ad esempio i venti, possono sì essere valutati, nonostante la loro capricciosa variabilità, ma solo mediante una elaborazione in base alla quale essi assumono valori medi od estremi. In tal modo sfuggono, in definitiva, proprio quei valori critici che agiscono probabilmente con più efficacia nel gioco della dinamica morfologica.

« Per tutte queste ragioni » — scriveva un quarto di secolo fa il Toniolo — « non sono possibili conclusioni generali tratte dai dati criticamente vagliati di monografie come questa » (4).

Le vicende geologiche. — Il tratto di costa che è oggetto del presente studio si stende dal promontorio di Torre Astura a quello del Monte Circeo, nella sezione meridionale del litorale laziale, formando un'ampia falcatura, la cui lunghezza è di 33,6 km., mentre la distanza in linea d'aria tra i due capisaldi estremi è di 28,5 km.

Il litorale si presenta piuttosto uniforme; solo tra Torre Astura e Torre di Foce Verde il raggio di curvatura è più breve, mentre al di là dello sbocco in mare del Fosso di Moscarello la costa si presenta pressoché rettilinea, appena interrotta dalle foci dei canali artificiali costruiti per la bonifica pontina. Parallelo alla linea di costa si svolge un cordone di dune, che si appoggia ai due aggetti rocciosi di Astura e di Capo Circeo, la cui altezza va aumentando progressivamente da nord verso sud: da meno di 10 m. in vicinanza

(3) S. POLLI, *Il graduale aumento del livello del mare lungo le coste italiane*, in « Geofis. pura e appl. », Milano, 1953, pp. 919-932.

(4) Cfr. la prefazione a D. ALBANI, A. GRISELLI e ALB. MORI, *op. cit.*, pp. 5-7.

di Torre Astura e Torre di Foce Verde si sale a 12-14 m. presso l'estremità meridionale del Lago di Fogliano, a 16 m. lungo la riva esterna del Lago di Caprolace, fino a 27 m. nei tumoleti di Sabaudia. Anche la larghezza è più rilevante nella parte meridionale della grande falcatura costiera, soprattutto nei pressi del Lido di Sabaudia, come pure lungo la sponda settentrionale del Lago di Paola. Qui il cordone dunoso si presenta chiaramente diviso in una successione di dossi allineati parallelamente alla costa, dei quali i più interni, più sviluppati, sono coperti da una fitta vegetazione, non solo arbustiva ma anche arborea, in rapporto alla loro più antica origine. Al contrario, il tratto di costa che dal Lago di Caprolace va alla foce dell'Astura accoglie una vegetazione costituita essenzialmente da piante arbustive od erbacee della macchia mediterranea. Tra la foce dell'Astura e il promontorio omonimo la duna recente manca del tutto e l'onda di tempesta batte ed incide visibilmente le sabbie del Quaternario antico, così come avviene, a nord di Torre Astura, lungo la spiaggia di Nettuno.

Separati dal mare dallo sbarramento di dune, si stendono paralleli alla costa quattro laghi dalla caratteristica forma allungata. Essi sono, da nord a sud, i laghi di Fogliano, dei Monaci, di Caprolace e di Paola (o di Sabaudia).

La forma di questi bacini, che prima dei lavori di sistemazione era soggetta a sensibili modifiche a seconda delle variazioni di portata dei relativi immissari, si presenta molto regolare; le rive, rinforzate in più punti da opere in muratura, sono rettilinee od appena incurvate, cosicché a prima vista questi laghi sembrano del tutto artificiali; soltanto il L. di Paola si presenta articolato lungo il lato interno, ove risultano evidenti alcune insenature profonde che gli conferiscono un aspetto caratteristico. Insenature dello stesso tipo, ma appena accennate, si trovano lungo il margine nord-orientale del L. di Fogliano.

I laghi sono a loro volta separati dalla pianura pontina da una larga fascia di dune, costituite in superficie da sabbie di colore rossastro, perché formate di silice e calcare, in parte eolizzate, e talvolta mescolate ad argille, con intercalazioni di ciottoli e ghiaie; esse rappresentano il termine superiore della sedimentazione avvenuta nel corso del Pleistocene. L'altezza di queste dune va crescendo, analogamente a quanto avviene per quelle litoranee

recenti, dalle vicinanze di Torre Astura alle falde del Circeo, raggiungendo un massimo di 41 m. nel Colle della Guardia; la larghezza è variabile, da un minimo di circa 4 km. in corrispondenza del L. di Fogliano, a oltre 8 km. tra il L. di Paola ed il fiume Sisto (5).

Al di là di questa regione, fino al piede dei Monti Lepini e degli Ausoni, si stende la pianura pontina, limitata a nord dal corso del fiume Astura, a sud dal Tirreno.

A differenza di quanto è avvenuto nelle altre falcature che caratterizzano il litorale tirrenico, in questo tratto di costa si è determinata precocemente una condizione altimetrica singolare, che ha influito sulle traversie poi sofferte di continuo dalla regione intermedia tra il cercine montuoso ed il mare. Infatti, per la pendenza della pianura (le quote altimetriche più basse sono a sud-est), nonché per l'abbondanza delle acque delle sorgenti che vengono a giorno ai piedi dei rilievi calcarei dei Lepini e degli Ausoni, per la particolare distribuzione di queste acque nel reticolo fluviale, per la tenace opera di sbarramento delle dune e dei tumoleti, il deflusso delle acque fu sempre reso difficile e addirittura ostacolato dalla naturale loro tendenza a ristagnare in acquitrini e paludi.

La messa a coltura delle zone circostanti, nelle quali ebbe luogo precocemente il disboscamento, rese poi ancora più facile il diffondersi ed il perdurare del regime palustre.

Il litorale pontino, ed il suo immediato entroterra, sono costituiti da terreni relativamente recenti, per la maggior parte formati nel corso della nostra era.

Le notizie relative alla struttura geologica di questi terreni erano molto scarse quando, nel 1894, in seguito ad alcune perforazioni fatte nella pianura pontina, durante la costruzione di un canale diversivo dell'Amaseno, R. Meli poté stabilire, in base ad uno studio paleontologico, che in quella zona si erano verificate variazioni di ambiente in epoca geologica abbastanza recente: da marino a salmastro fino a continentale (6). Le ulteriori trivel-

(5) *Carta Geologica d'Italia*, Foglio 158 (Latina). Roma, Serv. Geol. d'Italia, 1963; Foglio 159 (Frosinone), *ibid.*, 1960; Foglio 170 (Terracina), *ibid.*, 1960.

(6) R. MELI, *Sopra la natura geologica dei terreni rinvenuti nella fondazione del sifone che passa sotto il nuovo canale diversivo per depositare le torbide dell'Amaseno nella bassa campagna a destra del canale Portatore nelle Paludi Pontine*, in « Boll. Soc. Geol. Ital. », Roma, 1894, pp. 43-56.

lazioni per la ricerca d'acqua in varie zone della regione pontina confermarono questo primo risultato (7), mentre la costruzione di canali per la bonifica del 1928 permise di stabilire con esattezza la successione stratigrafica (8).

Durante il Pliocene il mare si spingeva sino ai monti umbrosabini e la linea di spiaggia tirrenica s'incurvava a formare due grandi archi, il cui punto d'incontro era rappresentato dalle masse cretacee dei Lepini. Il Circeo, così come il M. Romano, i Monti della Tolfa, il Soratte, i Cornicolani, era un'isola in questo mare; lungo la linea di costa, orlata da lagune, dominava un regime palustre. Con l'inizio dell'era neozoica comincia una serie di oscillazioni della linea di riva, in rapporto con le oscillazioni dei ghiacciai quaternari; ad esse corrispondono dei cicli sedimentari che, proprio lungo le pianure costiere tirreniche, assumono grande sviluppo, sì da rappresentare l'esempio tipico del Quaternario costiero (9). Lungo la costa pontina, dove il moto ascendente della linea di riva è avvenuto più lentamente e regolarmente che altrove, questi cicli sedimentari risultano molto evidenti, poiché si è resa possibile la formazione di un cordone di dune di spessore rilevante e dei laghi costieri, da queste stesse dune limitati.

Più in particolare, nella struttura geologica del litorale pontino possiamo distinguere, procedendo dalla costa verso l'interno, tre zone: la prima è formata dal cordone di dune recenti e dalla depressione che accoglie i laghi di Fogliano, dei Monaci, di Caprolace e di Paola; la seconda è costituita dalle dune di sabbia rossa e grigia del Quaternario antico; la terza va dal margine orientale di queste dune alla base dei monti Lepini ed Ausoni e rappresenta l'Agro Pontino propriamente detto.

Quest'ultimo ha forma quasi quadrangolare e costituisce un'an-

(7) Cfr. E. CLERICI, *Pozzi trivellati nella regione Pontina*, in « Boll. Soc. Geol. Ital. », Roma, 1922, pp. 625-634.

(8) A. C. BLANC, *L'Agro Pontino durante l'Era glaciale*, in « Materie prime d'Italia e dell'Impero », Roma, 1940, pp. 459-471; G. DAINELLI, *Atlante fisico-economico d'Italia*. Milano, C.T.I., 1940, cfr. tav. 3; G. DE ANGELIS D'OSSAT, *La spiaggia pliocenica sul versante occidentale dei monti Umbro-Sabini*, in « Atti Pontif. Acc. Scienze Nuovi Lincei », LXXXVI, Roma, 1933, pp. 175-183.

(9) Cfr. A. C. BLANC, *Variazioni climatiche ed oscillazioni della linea di riva nel Mediterraneo Centrale durante l'Era glaciale*, in « Geol. der Meere und Binnengewässer », Berlino, 1942, pp. 137-219; ID., *Lo studio stratigrafico di pianure costiere*, in « Boll. Soc. Geol. Ital. », Roma, 1935, pp. 277-388.

tica fossa di sprofondamento di origine piuttosto complessa, limitata da rilievi sui quali le spinte orogenetiche agirono in tempi diversi ed in diverse direzioni, perché gli strati, dapprima ripiegati, furono successivamente frantumati in un mosaico di blocchi (10). La depressione fu poi quasi completamente colmata da sedimenti databili dal Miocene al Calabriano; in seguito si depositarono sedimenti di *facies* diversa: marina abissale, neritica o litorale, lagunare o addirittura continentale.

All'inizio del Quaternario la pianura pontina era ricoperta dal mare, che raggiungeva le falde dei Lepini ed aveva una profondità di circa 60-80 m. Durante l'interglaciale Mindel-Riss questo mare cominciò a ritirarsi, e nello stesso tempo il Vulcano Laziale entrò in attività; le ceneri ed i lapilli raggiunsero anche la zona costiera, dove si formarono banchi di tufi e pozzolane, in parte sommersi (ed intercalati ai depositi marini), in parte emersi.

Una successiva trasgressione marina determinò la formazione di una spiaggia, a spese dei materiali vulcanici; in seguito si depositarono sedimenti di *facies* sempre più profonda. Lo studio dei fossili relativi a questo periodo ha portato a conclusioni interessanti. Infatti, a forme di ambiente freddo quali *Tellina perfrigida*, del Riss, segue lo *Strombus*, tipico dell'interglaciale Riss-Würm; in alcune zone depresse alla *facies* a *Strombus* corrispondono *facies* argillose. All'aumento della temperatura delle acque si associava dunque l'innalzamento del livello del mare, il che ha appunto permesso di porre in relazione con l'eustatismo i cicli sedimentari.

La glaciazione del Würm corrisponde ad una nuova regressione: dapprima si ebbe una spiaggia, poi i sedimenti che il mare aveva accumulato sul suo fondo cominciarono ad emergere dalle acque. Lagune, o laghi costieri salmastri, simili a quelli attuali, presero il posto delle depressioni.

In questo periodo cominciano a formarsi i cordoni di dune più antichi. Essi in parte si continuano anche al di sotto dei sedimenti più recenti della pianura, in parte emergono e costituiscono il primo grande sbarramento tra il retroterra pontino ed il mare; a sud essi congiungono al continente l'imponente massa calcarea del Circeo.

(10) Cfr. A. C. BLANC, A. G. SEGRE e E. TONGIORGI, *Le Quaternarie de l'Agro Pontino*. Roma, 1953.

Questo promontorio ha una storia geologica diversa da quella delle formazioni vicine, poiché è costituito in gran parte da calcari del Lias: bianchi e cristallini quelli del Lias inferiore; compatti, con noduli di selce, dolomitici, con *Terebratula*, *Rhynchonella* e gasteropodi quelli del Lias medio. Nella parte orientale sono presenti anche sedimenti eocenici, sempre di mare profondo, ma meno omogenei di quelli liassici. Gli strati si succedono in concordanza e sono inclinati verso terra di circa 60° (11).

Come già detto, le sabbie che costituiscono le dune antiche hanno colore rossastro; in esse sono stati trovati manufatti databili al Paleolitico superiore (Aurignaziano); a maggiore profondità si trovano sabbie grigie ricche di ghiaia silicea con resti di industria umana più antica (Musteriano) (12).

Il secondo sbarramento di dune delimita, tra le sabbie pleistoceniche ed il mare, la serie dei laghi costieri, alternati ai quali, da nord-ovest a sud-est, sono zone di colmamento recente, in cui alle sabbie si unisce un sedimento di origine organica, talvolta presente in spessori considerevoli (circa 12 m. presso il Canale Caterattino).

Depositi fluviali recenti si trovano a nord, in vicinanza della foce del fiume Astura, mentre lungo il corso inferiore del Moscarello e del Rio Martino si sono accumulati e continuano ad accumularsi i materiali residui delle escavazioni di canali di bonifica ed altri depositi la cui origine è strettamente connessa alle modifiche introdotte recentemente dall'uomo nell'idrografia di questa regione.

Le condizioni idrografiche. — La pianura pontina è limitata verso nord-ovest da una zona di bassi rilievi, costituiti dai tufi, più o meno cementati, che circondano il Vulcano Laziale e si addossano alle masse calcaree dei Lepini, presso Artena, Cori e Cisterna di Latina. Su questa dorsale collinosa corre lo spartiacque tra il fiume Astura ed i corsi d'acqua che interessano la pianura pontina. La linea di displuvio si continua, piegando verso sud, e passa al di sopra delle dune del Quaternario antico, separando le acque tributarie del sistema idrografico della pianura da quelle che scendono direttamente alla stretta fascia costiera (13).

(11) *Carta Geologica d'Italia*, Foglio 170 (Terracina), *cit.*

(12) *Carta Geologica d'Italia*, Foglio 158 (Latina), *cit.*

(13) Cfr. M. BARATTA, *Paludi pontine*, in « L'Universo », Firenze, 1929, pp. 245-280.

Il fiume Astura, il maggiore della regione (14), ha origine nei pressi di Carroceto. Esso decorre dapprima in direzione NO-SE, segnando press'a poco col suo corso il limite tra i tufi basaltici e leucitici da un lato e le sabbie quaternarie dall'altro, e ricevendo numerosi affluenti che raccolgono le acque delle pendici del Vulcano Laziale; quindi piega in direzione N-S e si getta in mare ad una distanza di un chilometro circa da Torre Astura. Nella parte terminale del suo corso è pressoché rettilineo; soltanto a circa 200 m. dalla linea di battigia si incurva ampiamente, sicché la foce è rivolta decisamente a sud-est.

A mezzogiorno e ad oriente dell'Astura il reticolo fluviale si presenta piuttosto complesso, perché ai pochi, incerti corsi d'acqua naturali, attraverso le secolari opere di bonifica cui è andata soggetta l'intera regione, molti altri ne sono stati aggiunti, costruiti artificialmente. Lungo tutto il litorale, fino al Circeo, questi incidono la duna costiera per trovare uno sbocco verso il mare con regolari e successivi solchi.

La struttura geologica della pianura pontina e delle aree circostanti più elevate è tale da permettere un notevole apporto di acque, relativamente povere di torbide; infatti i monti Lepini e Ausoni, che limitano ad oriente la depressione pontina, sono costituiti da calcari cretacei, e su di essi le acque meteoriche danno origine solo a pochi corsi d'acqua superficiali, poiché per la permeabilità della roccia e per la presenza di inghiottitoi, esse filtrano facilmente in profondità, e dopo una complessa circolazione sotterranea, vengono a giorno al contatto dei materiali impermeabili della pianura. Perciò, da Ninfa e Sermoneta a Piperno e alla base del Monte Leano, una successione di sorgenti, alcune delle quali molto ricche di acque, segna l'incontro dei calcari con i terreni del Quaternario recente (15). L'originaria direzione di deflusso delle acque è da nord-ovest a sud-est, ma proprio al limite sud-orientale della pianura esse trovano l'ostacolo dei tumoleti di Terracina; perciò anche qui, nel corso dei secoli, si è cercato di aprire una breccia nello sbarramento sabbioso. Le mag-

(14) Ha infatti una superficie del bacino imbrifero di kmq. 266,43 ed una lunghezza di km. 34,5.

(15) Cfr. MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI, SERVIZIO IDROGRAFICO, *Le sorgenti italiane*. Pubbl. n. 14, vol. III. *Agro Pontino e Bacino di Fondi*. Roma, Ist. Poligr. dello Stato, 1934.

giori canalizzazioni create per prosciugare la palude, si sono sempre basate su questa via di sbocco al mare; così, sia il fiume Sisto che la Linea Pio, cioè i principali collettori della pianura, sfociano a sud del Circeo, tra Torre Olevola e Terracina. Invece le acque che ristagnavano nella parte più alta della pianura, quella cioè che si raccorda insensibilmente alle fertili colline tufacee, sono state immesse con la bonifica del 1928 nel Fosso di Moscarello, che si getta in mare a sud dell'Astura, presso la Torre di Foce Verde (16). Questo fosso, che rappresenta un antico canale scavato nella duna costiera in epoca romana per accogliere le acque della zona di Cisterna e delle dune del Quaternario antico, è stato unito ad un canale di gronda, lungo 37 km., denominato Collettore delle acque alte, che corre alla base dei rilievi calcarei. Il Moscarello è collegato poi all'Astura da un sistema di canali e da un impianto idrovoro, la cui funzione è quella di liberare la zona depressa tra i due fiumi dal sovraccarico delle acque durante le piene primaverili.

Un altro canale artificiale, il Collettore delle acque medie, convoglia nel Rio Martino (17), che sfocia tra il L. di Fogliano e il L. dei Monaci, le acque che si raccolgono nei pressi di Sermoneta e Bassiano e di Latina, oltre a quelle che dal versante orientale della duna quaternaria scendono verso la parte più settentrionale della pianura.

Nel corso terminale del Rio Martino confluiscono anche i numerosi fossi che scendono dal lato occidentale esterno dello sbarramento würmiano.

A sud del Rio Martino, tutte le acque della pianura pontina sono distribuite in tre grandi sistemi: il primo è quello formato dal fiume Sisto, il secondo dalla Linea Pio, cioè dal grande canale fatto costruire nel 1777 da Papa Pio VI, il terzo è rappresentato dall'Amaseno; i quali tutti mettono foce a sud-est del Circeo.

Simile per origine e per struttura alla pianura pontina, anche se di minore estensione, è la depressione limitata verso il mare dal cordone delle dune recenti, che accoglie i laghi litoranei. Allineati con questi, e da questi quasi indistinti, erano fino a qualche anno

(16) Cfr. N. PRAMPOLINI, *La Bonifica idraulica delle Paludi Pontine*, nel vol. *La Bonifica delle Paludi Pontine*. Roma, Ist. di Studi Romani, 1935, pp. 141-158.

(17) Il Rio Martino rappresenta un antico canale costruito dai romani per rifornire di acque dolci l'allora pescosissimo L. di Fogliano.

fa una serie di acquitrini e pantani. Potenzialmente poco produttivi, questi terreni non erano mai stati presi in considerazione negli antichi progetti di bonifica, finché, stabilito il principio della bonifica integrale della regione, fu necessario provvedere a regolare anche l'idrografia della fascia costiera. Allo scopo sono stati costruiti tre impianti idrovori, che, procedendo da nord-ovest verso sud-est, sono: l'impianto idrovaro di Capoportiere, che raccoglie le acque del litorale tra Torre di Foce Verde e il L. di Fogliano, utilizzando anche il preesistente Fosso di Mastro Pietro, l'impianto Lavorazione, tra i laghi di Monaci e di Caprolace, collegato all'ultimo impianto, posto presso il margine nord-occidentale del L. di Paola.

Come il reticolo fluviale, anche i laghi litoranei sono stati interessati dalla bonifica idraulica del 1928, ma la separazione dei quattro bacini, la canalizzazione delle acque dolci che in essi affluivano, l'apertura di nuove foci a mare, hanno alla lunga determinato complesse variazioni, non solo nella forma e nell'aspetto dei singoli laghi, ma anche nelle loro caratteristiche biochimiche (18).

Il lago più settentrionale è quello di Fogliano, il cui contorno incerto ed acquitrinoso è stato regolarizzato artificialmente, scavando i margini e utilizzando i materiali di scavo per colmare i terreni circostanti, costruendo ripari in muratura dove le rive erano più soggette all'azione del vento. In seguito a queste opere le dimensioni hanno subito delle lievi variazioni; la superficie, che è la maggiore tra quelle dei laghi pontini, è oggi di 4,12 kmq. Parecchio diversa appare invece la forma del lago: mentre in passato esso presentava due frastagliature della riva interna (il Braccio della Cicerchia e il Bracciolo), che penetravano profondamente entro la duna würmiana, oggi ha una forma pressoché rettangolare, appena movimentata da qualche insenatura — rigidamente squadrata — della riva interna. Immissario naturale è il Fosso della Cicerchia; tuttavia periodicamente il lago riceve le acque del Fosso di Mastro Pietro, che gli vengono immesse per evitare il suo prosciugamento. Col mare comunica attraverso l'impianto idrovaro di Capoportiere e, a metà circa della sua lunghezza, con la

(18) Cfr. C. DELLA VALLE, *La pesca nei laghi costieri del Lazio*, in « Boll. Soc. Geogr. Ital. », Roma, 1961, pp. 48-97; A. BIANCHINI, *Il lago di Sabaudia e l'aumento del livello marino*, ibid., 1966, pp. 198-219.

Foce Nuova. La Foce Vecchia, un tempo in comunicazione col mare, lo unisce ora al Rio Martino, a poca distanza dalla linea di costa, presso Torre di Fogliano.

Vi è poi il L. dei Monaci, un piccolo bacino, all'incirca trapezoidale. Anche questo lago aveva, prima della bonifica, un perimetro incerto ed irregolare, poiché tutt'attorno si formavano periodicamente pantani ed acquitrini, che nella stagione secca si prosciugavano quasi completamente. Il Rio Martino, che un tempo era il suo principale immissario, è stato deviato verso il mare e rimane in connessione con il lago attraverso due canali.

Segue il L. di Caprolace, con una superficie di 2,28 kmq. Secondo i valori riportati dallo Strelbitski, prima della bonifica il lago aveva una superficie di 0,99 kmq., solo di poco superiore a quella del vicino L. dei Monaci. Il considerevole ampliamento del bacino è stato ottenuto includendo nel perimetro del lago una parte dei terreni paludosi vicini. Le acque selvagge che scendevano dal versante occidentale della duna würmiana e che andavano periodicamente ad invadere il lago, allargandone il perimetro e rendendone ancora più incerte le rive, sono state canalizzate e raccolte da un collettore, il fosso Nocchia, che corre parallelamente al lato più lungo del lago, a distanza costante dalla sua riva interna; da questo collettore sono convogliate al Rio Martino. Per quanto la profondità media non sia molto diversa (1 m. circa) da quella degli altri laghi, l'interruzione delle comunicazioni con questi ultimi ed il diminuito apporto di acque dolci dal versante interno, in conseguenza delle opere di sistemazione, fanno assomigliare sempre più questo specchio d'acqua ad uno stagno, in cui all'accumulo di detriti vegetali e di fanghiglie, rilevante soprattutto lungo la riva orientale, corrisponde un peggioramento delle condizioni di vita della fauna preesistente.

In relazione a ciò, nell'ultimo dopoguerra si è cercato di migliorare le condizioni della foce, che taglia la duna recente nel punto in cui essa è meno sviluppata in larghezza, cioè a metà circa della lunghezza del lago, ed è provvista di chiuse.

A sud del L. di Caprolace, si trova il più caratteristico e certamente il più bello dei quattro laghi del litorale pontino: il L. di Paola. Il cordone di dune recenti raggiunge, in corrispondenza di questo lago, le massime altezze (20 m.) ed altrettanto

si verifica per le dune rosse würmiane, fra le quali esso si spinge con caratteristiche insenature, che rendono movimentato il suo contorno. Come i laghi di Fogliano e di Caprolace, esso si presenta allungato parallelamente alla costa; la superficie è di 3,80 kmq.

Nel L. di Paola, più che in quello di Fogliano, è ben visibile la struttura della costa orientale, interna, che si differenzia nettamente da quella della costa occidentale, esterna. Quest'ultima è quasi rettilinea, mentre la prima, procedendo da nord-ovest verso sud-est, presenta diversa insenature, in origine piccole valli fluviali perpendicolari alla linea di costa, occupate dal mare in seguito all'innalzamento della linea di riva e delle quali è possibile ritrovare il prolungamento sul fondo sottomarino, anche ad una certa distanza dalla spiaggia attuale. Il L. di Paola riceve numerosi torrenti, che scendono dal margine occidentale delle dune quaternarie; col mare comunica sia all'estremità settentrionale (Canale Cateratino) sia a quella meridionale.

Il regime dei venti. — Sul clima della fascia costiera pontina esistono numerosi studi, che presentano il comune inconveniente di essere basati su dati in generale scarsi e per di più poco precisi, soprattutto per quanto riguarda la temperatura e i venti.

La prima causa di questa carenza di dati è dovuta al fatto che il litorale in esame è stato per secoli quasi completamente disabitato, cosicché, ancora alla fine del secolo scorso, quando si volevano conoscere le condizioni climatiche della regione pontina, occorreva far riferimento a stazioni meteorologiche lontane, quali quelle di Roma, Velletri, Monte Cavo.

La diversa posizione rispetto ai rilievi montuosi impedisce di utilizzare i pur recenti dati raccolti dal Viola e relativi, essenzialmente, alla stazione di Gaeta (19). Anche quelli della prima metà di questo secolo risultano scarsi e discontinui: mentre funzionano con continuità le stazioni di Velletri e Terracina, di molte altre località si conoscono valori di temperatura e piovosità relativi solo a brevi periodi. Tale è il caso di Latina, il cui clima è stato studiato da F. Eredia in un intervallo di tempo che purtroppo è molto breve

(19) G. VIOLA, *Il tempio del Sole. Dal Circeo al Garigliano. Il clima della riviera della provincia di Latina*. Latina, Ente Prov. per il Turismo di Latina, 1953.

(1934-1939) (20). Poiché l'anemografo non funzionò regolarmente durante i sei anni di osservazioni, i valori delle frequenze riportati sono considerati molto incerti dallo stesso autore. D'altra parte, anche le stazioni (ad es. quella di Terracina) che hanno funzionato con relativa continuità, hanno risentito degli avvenimenti bellici (per non parlare poi di errori di valutazione, quali quelli riferiti da A. Bianchini) (21); perciò, in definitiva, bisogna ammettere che non esiste una stazione meteorologica, abbastanza prossima al litorale, che presenti una serie completa e sicura di registrazioni.

Un altro motivo che limita alquanto l'utilizzazione dei dati, è dovuto al fatto che i criteri seguiti nell'impianto delle stazioni meteorologiche tenevano conto prima di tutto delle necessità dell'agricoltura e, sotto questo punto di vista, il tratto di litorale compreso tra Anzio e Terracina non ha mai avuto un interesse pratico tale da giustificare la creazione di stazioni meteorologiche *in situ*. Perfino quando si è intrapreso il ciclo terminale della bonifica, l'interesse delle operazioni che si dovevano condurre lasciava pressoché del tutto fuori la fascia litoranea, nella quale, per giunta, da Nettuno a S. Felice Circeo, non esisteva un centro abitato che potesse ospitare una ben attrezzata stazione meteorologica.

Solo presso al Circeo è stata istituita una stazione, che, pur risentendo delle condizioni particolari che questo promontorio presenta rispetto alla restante parte della fascia litoranea, fornisce dati abbastanza indicativi.

Una osservazione che si può fare subito a conclusione di queste premesse è che lo studio di una variazione di spiaggia in corrispondenza a variazioni di clima, quale è stato fatto da L. De Marchi per il tratto di spiaggia tra la foce del Piave e quella della Livenza (22), nello specifico caso di questo tratto del litorale laziale risulta impossibile, a meno di non ricorrere a statistiche di carattere più generale.

La mancanza assoluta di stazioni anemometriche lungo il

(20) F. EREDIA, *Sul clima di Littoria*. Roma, Min. dei Lavori Pubblici, Servizio Idrografico, 1940.

(21) Cfr. A. BIANCHINI, *Storia e paleogeografia della regione pontina nell'antichità*. Roma, Signorelli, 1932, pp. 15-21.

(22) L. DE MARCHI, *Variazioni di spiaggia in corrispondenza a variazioni di clima*, « Mem. Ist. Geol. Univ di Padova », vol. VIII, Padova, 1930.

litorale tra Torre Astura ed il Circeo, fa sì che per lo studio dei venti si debbano prendere in considerazione i dati raccolti in stazioni vicine. Tra queste ho scelto la stazione di Monte Circeo, non solo perché è la più prossima al tratto di costa in esame, ma anche perché dal 1947 ad oggi essa ha funzionato quasi regolarmente. Le schede manoscritte relative a queste osservazioni, che sono conservate nell'Ufficio Centrale di Meteorologia ed Ecologia Agraria di Roma, riportano, per i primi anni, tre osservazioni giornaliere, mentre a partire dal 1958 il numero delle osservazioni, dedotto dallo studio analitico degli anemogrammi, è più grande.

Per poter utilizzare insieme questi valori ho calcolato le frequenze percentuali medie mensili e annue per le diverse direzioni dei venti del decennio 1951-1960, come risulta dalla tabella che segue.

FREQUENZE MEDIE MENSILI E ANNUE DEI VENTI (%)
NEL DECENNIO 1951-60

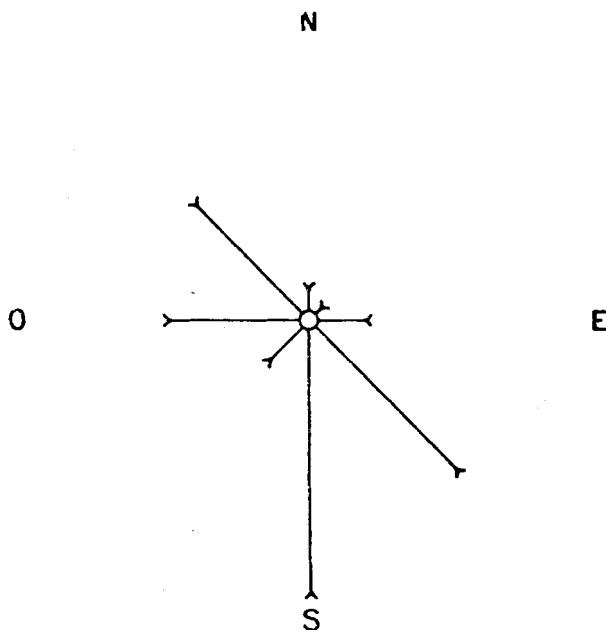
Mesi	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Calma
G	5	2	6	22	20	4	9	16	16
F	5	3	6	22	21	6	11	17	9
M	2	2	4	20	23	5	12	14	8
A	3	2	5	20	24	6	13	14	8
M	2	2	2	17	16	5	16	13	17
G	2	1	2	11	18	7	20	11	18
L	2	1	1	11	20	6	26	16	17
A	1	1	2	13	23	5	24	16	15
S	2	2	4	17	26	5	20	14	10
O	3	2	7	20	24	3	16	13	12
N	5	3	9	19	23	5	14	11	11
D	4	2	5	19	26	4	12	15	13
Anno	3	2	5	18	23	5	17	14	13

Innanzitutto si nota la scarsa frequenza, durante tutto l'anno, dei venti da nord e da nord-est, e ciò può essere messo in relazione con la presenza dei rilievi montuosi che si elevano dalla pianura pontina, a breve distanza dal mare. E la prevalenza, invece, dei venti del secondo e quarto quadrante, che fanno nettamente sentire la loro azione (in particolare il vento da sud).

I venti da ovest tendono a prevalere durante i mesi estivi, come succede lungo tutto il litorale del Lazio meridionale (23),

(23) Cfr. G. CRESTANI, *Climatologia*. Torino, U.T.E.T., 1931, pp. 103-128.

ma essi sono venti deboli e non hanno relazione con le violente mareggiate che provocano le più sensibili variazioni, in senso negativo, della linea di costa; sono piuttosto da considerare come i principali artefici del ripascimento delle spiagge sottili del Lazio.



Frequenza media annua dei venti a Monte Circeo.

A partire da settembre, invece, prevalgono i venti meridionali, a cui nei mesi invernali si aggiunge il maestro. Questi venti sono in generale violenti; ed infatti le massime velocità del vento si verificano nei mesi invernali e primaverili, con punte di 100-110 km./h. in febbraio ed aprile, e la loro azione sul litorale pontino si esercita soprattutto dove essi investono normalmente la costa: sempre però in rapporto alla pendenza più o meno accentuata della piattaforma antistante, la quale, ove si presenti sufficientemente sviluppata, e con lieve inclinazione, oppone una non trascurabile resistenza all'azione del moto ondoso, che dal vento si origina.

La copertura vegetale. — Le modifiche che la variazione di costa, positiva o negativa che sia, impone al manto vegetale sono del più grande interesse per il litorale pontino, perché, tranne un certo numero di edifici, troppo recenti perché possano rappresentare una documentazione valida, e le antiche torri di guardia che, generalmente costruite in punti elevati, possono essere difficilmente indicative di variazioni della linea di costa, non esistono in molti casi costruzioni che possano essere prese come riferimento per una misura dei mutamenti che sono avvenuti nella forma del litorale.

La vegetazione è essenzialmente di tipo mediterraneo, e nella sua distribuzione si possono stabilire, in relazione alla suddivisione pedologica, diverse zone (24).

La zona della duna litoranea presenta tipica la macchia, con ginepri soprattutto, oleastri e rovi; presso il L. di Paola, dove le sabbie si sono depositate in strati più consistenti e da più lungo tempo, la macchia è più complessa e più folta.

Questa zona trapassa insensibilmente, verso il mare, in quella delle piante erbacee annuali, che sono le prime ad approfondire le radici nella sabbia che il mare deposita, le prime a scomparire dove l'azione erosiva delle onde è più intensa. Perciò esse non sono dappertutto presenti, ma si trovano soltanto dove l'azione sedimentaria prevale o al massimo fa equilibrio all'azione demolitrice del mare, mentre dove quest'ultima si fa sentire più violenta, l'onda di tempesta incide un gradino più o meno alto nelle sabbie ancora ricoperte da erbe ed arbusti.

La duna antica è il regno, o meglio lo era prima che l'uomo intervenisse, del bosco d'alto fusto che, come si può vedere dalle carte antiche, fino al secolo scorso costituiva la Selva di Cisterna e la Selva di Terracina. Questo bosco, formato da querce, ontani, pioppi e da una straordinariamente ricca varietà di piante rampicanti, arbustive od erbacee, è rimasto intatto presso le rive del L. di Paola, e, più a nord, nella tenuta dei Borghese che circonda Torre Astura, dove, avvicinandosi gradualmente al mare la duna antica, nel tratto di spiaggia che va dal promontorio alla foce del fiume, esso è direttamente minacciato dalla erosione, sicché sembra qui

(24) Cfr. F. CORTESI, *La vegetazione e la flora della regione Pontina*, nel vol. *La Bonifica delle Paludi Pontine*. Roma, Istituto di Studi Romani, 1935, pp. 103-119.

che l'arretramento della costa sia più forte che in ogni altro punto del litorale.

Intorno ai laghi vi sono essenzialmente piante idrofile e acquatiche, residue in buona parte della vegetazione caratteristica della palude vera e propria. Quando i sistemi protettivi in atto (chiuse, ripari in muratura, canali ecc.) siano sufficienti ad impedire lo sviluppo di canneti o di piante acquatiche invadenti la superficie, questa vegetazione ha un'importanza relativa rispetto alla stabilità dei limiti dei laghi; ma poiché la sua maggiore o minore estensione è direttamente connessa alle variazioni che nel livello delle acque lacustri induce il mutare del livello del mare, con cui i laghi pontini sono in diretta comunicazione, anche questo elemento può essere preso in considerazione per stabilire la effettiva entità dei fenomeni che interessano il litorale.

Le condizioni batimetriche. — Risulta da studi recenti che la piattaforma litoranea del Lazio copre una superficie di 4405 kmq.; poiché lo sviluppo complessivo del litorale è di 299 km., la media perequata di superficie per ogni km. di sviluppo litoraneo è di 14,7 kmq./km. (25). Essa è dunque alquanto estesa, come già si poteva rilevare dall'esame della carta batilitologica edita dal Ministero dei Lavori Pubblici nel 1937 (26) e la sua profondità va aumentando più rapidamente nella parte meridionale della grande falcatura pontina. Procedendo da nord-ovest verso sud-est, vi si possono distinguere tre parti che presentano caratteri differenti: 1) la piattaforma litoranea relativa al tratto di costa compreso tra Torre Astura e Torre di Foce Verde; 2) la piattaforma litoranea antistante la linea di costa tra Torre di Foce Verde ed il L. di Caprolace; 3) la piattaforma litoranea tra il L. di Caprolace ed il margine settentrionale del Circeo.

Di queste tre sezioni l'ultima è certo quella che presenta una maggiore semplicità morfologica. La linea di costa è orientata quasi da nord a sud, la profondità del mare cresce rapidamente man mano che si va verso il largo nei primi 20 m., poi la pendenza

(25) Cfr. A. MIGLIARDI TASCO, A. MAIONE e A. D'ARRIGO, *Caratteristiche fisiografiche dei litorali italiani*, in « Giorn. Genio Civile », Roma, 1960, pp. 681-689 e 892-894.

(26) L. MANFREDONIA, *Cenni illustrativi sulla carta generale batilitologica della piattaforma litorale italiana*, in « Ann. dei Lavori Pubbl. », Roma, 1937, pp. 389-401; cfr. tav. V.

della piattaforma diminuisce, soprattutto nel tratto più settentrionale, e raggiunge lentamente i 50 m. Le isobate di 100 e 200 m. si allargano sempre più fino a circondare le Isole Pontine; oltre 200 m. la pendenza si fa di nuovo accentuata ed in breve spazio si raggiungono ed oltrepassano i 500 m.

La successione dei sedimenti comprende un primo deposito di sabbie grossolane, derivanti evidentemente dalla erosione del Circeo, a cui seguono depositi di materiali gradualmente più fini; già a profondità di 30-40 m. si incontrano i fanghi gialli terrigeni.

La prima sezione della piattaforma, cioè quella che si trova dinanzi al piccolo golfo d'Astura, ha una sua caratteristica morfologia. Estesa in superficie, raggiunge la massima ampiezza tra la foce dell'Astura e Foce Verde; davanti a Torre Astura la profondità delle acque cresce rapidamente: le isobate quindi si presentano ravvicinate. Ma già a poca distanza, dove per l'azione di trasporto e deposito del fiume si determina un certo equilibrio positivo della linea di riva, la pendenza è molto più lieve.

Il promontorio di Torre Astura si continua al di sotto del livello marino con un'ampia superficie rocciosa che costituisce le scogliere di Caprolace, la cui struttura è piuttosto complessa: scogli e secche, spesso ricche di vegetazione, talvolta mescolata a depositi fangosi tra i quali può affiorare il substrato della piattaforma litoranea. Questo ambiente è il rifugio di numerose specie di pesci che possono trovare qui favorevoli condizioni di sviluppo, sia per l'abbondanza di alimento che il mare in questo luogo offre, sia per le difficoltà che oppone alla pesca la topografia accidentata dei fondali.

Fra Torre di Foce Verde e il L. di Caprolace le condizioni batimetriche sono intermedie tra quelle dianzi descritte. Al di là dell'isobata di 10 m., che segna il limite delle sabbie, si stende un'area abbastanza vasta, in cui l'apporto di materiali terrigeni detritici ha permesso lo sviluppo di praterie di alghe verdi che costituiscono l'*habitat* tipico di molte specie di lamellibranchi e gasteropodi erbivori. Seguono i depositi fangosi, fra i quali più al largo, tra i 20 e 30 metri, si elevano scogli ed affioramenti rocciosi, continuazione delle scogliere di Caprolace.

Sebbene il confronto di documenti cartografici realizzati in epoca diversa, con diversi mezzi d'indagine o a diversa scala, possa dare risultati non sempre accettabili, anche quando sia accertata

la precisione del metodo usato nel rilevamento, mi sembra ugualmente utile esaminare qui due carte, pubblicate a distanza di ottant'anni l'una dall'altra, ricavando da esse i profili trasversali del fondo marino nel tratto di litorale in esame (27).

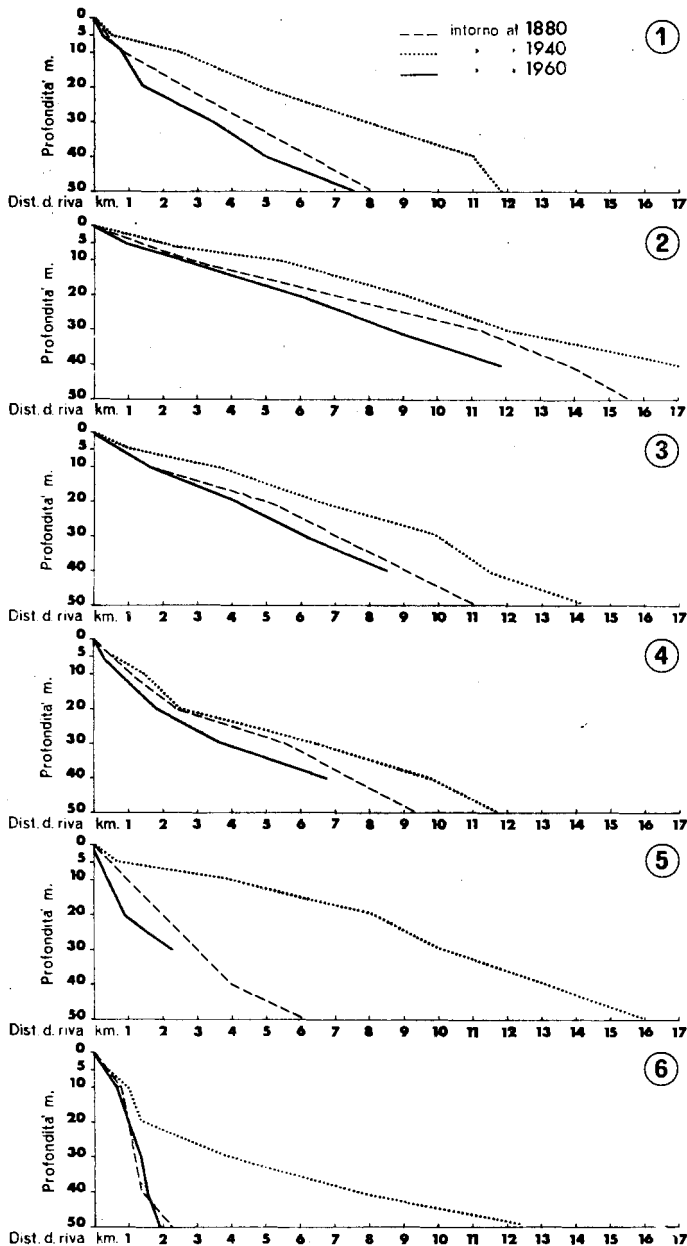
Sembrerebbe evidente un generale processo di erosione lungo tutta la costa. Presso Torre Astura la piattaforma litorale, che già nel 1883 risultava molto inclinata, ha subito una diminuzione e presenta una più marcata concavità tra i 10 ed i 40 m. Variazioni piuttosto forti sono anche quelle che si sono verificate alla foce dell'Astura, dove il profilo tendenzialmente convesso è divenuto quasi rettilineo senza tuttavia variare di troppo l'inclinazione risultante; si è verificata cioè una regolare, lenta evoluzione, probabilmente limitata dal continuo apporto di materiali fluviali convogliati verso il mare. Anche presso Foce Verde il profilo cicloidale del fondo marino è stato attaccato e ridotto a rettilineo, ed anche qui l'erosione ha trovato probabilmente un compenso nell'aumento delle portate solide del Fosso di Moscarello, in cui, è da ricordare, sono convogliate tutte le acque della parte più elevata dell'Agro Pontino. Alla foce del Rio Martino, presso Fogliano (Lido di Latina), dove la piattaforma litoranea aveva un andamento più complesso, l'erosione ha determinato un profilo parabolico, eliminando la convessità del fondo. Ora l'azione erosiva dovrebbe avere una intensità minima in rapporto alla situazione topografica che così si è venuta realizzando.

Tuttavia il confronto delle carte sopra citate con una batimetria del 1939 (28) sembrerebbe provare che a quella data tutti i punti considerati si trovassero in fase di protendimento. Tale processo di interrimento della piattaforma costiera sarebbe stato massimo nella parte meridionale del litorale, come risulterebbe dai profili relativi alla spiaggia di Caprolace e a quella di Sabaudia.

Bisognerebbe concludere che l'abrasione del litorale pontino è di data molto recente e fa seguito ad un periodo di prevalente ripascimento della costa, in alcuni punti molto accentuato.

(27) *Carta nautica. Da Fiumicino a Terracina* (secondo il rilevamento eseguito durante la crociera della nave « Washington »), scala 1 : 120.000, 1883; *Carta Geologica d'Italia*, Foglio 158 (Latina), cit.; Foglio 159 (Frosinone), cit.; Foglio 170 (Terracina), cit.

(28) Cfr. N. FUSCO, *Il fondo del mare da Fiumicino a Capo Circeo, con annessa carta da pesca*. Roma, Commissariato Generale per la Pesca, Mem. n. 11, S. B, 1941.



Profili trasversali del fondo marino in alcuni punti del litorale pontino (le fonti sono quelle citate nelle note 27 e 28).

1, dinanzi a Torre Astura; 2, dinanzi alla foce dell'Astura; 3, dinanzi a Foce Verde; 4, dinanzi al Lido di Latina; 5, dinanzi al L. di Caprolace; 6, dinanzi al L. di Sabaudia.

A questo punto, si pone il problema dell'attendibilità delle fonti e del materiale cartografico a nostra disposizione. Poiché dall'analisi degli altri fattori della dinamica costiera l'ipotesi dianzi esposta non sembra trovare conferma, mi pare logico considerare per lo meno con una certa prudenza la carta batimetrica del 1936, il cui scopo, del resto, era più pratico che scientifico.

I movimenti del mare. — L'influenza delle maree nel modellamento del litorale pontino è trascurabile, non solo perché l'ampiezza di marea nei mari interni come il Mediterraneo è piccola, e per i porti del Tirreno in generale è dell'ordine di qualche decimetro, ma anche perché la costa, ampia e regolare, non presenta quelle insenature che meglio servono a mettere in evidenza il fenomeno delle maree e delle relative correnti.

Maggiore importanza è da attribuire invece alla corrente litoranea ed al moto ondoso, tenuto conto delle condizioni batimetriche già esposte.

Il litorale pontino, è, come in generale tutto il litorale del Lazio meridionale, orientato da nord-ovest a sud-est. Tuttavia, mentre questo orientamento è netto nel tratto che da Torre di Foce Verde va al Circeo, in quello compreso tra Torre di Foce Verde e Torre Astura, la costa presenta una falcatura più marcata la cui direzione è est-ovest. Riparata dal protendersi in mare della punta d'Astura, questa sezione del litorale non può risentire il benefico effetto dei venti occidentali nel ripascimento della spiaggia, mentre è direttamente esposta all'azione demolitrice delle mareggiate da sud, sì che proprio in questo breve tratto di costa si manifesta nel modo più evidente l'arretramento, favorito anche dalle condizioni geologiche della piattaforma costiera antistante. Al contrario, la struttura della piattaforma determina nella sezione più meridionale del litorale un certo equilibrio, anche se è possibile mettere in evidenza un'ulteriore suddivisione in due settori, nei quali l'azione del moto ondoso esercita una diversa influenza. All'estremità della falcatura, il promontorio del Circeo, per il rifrangersi delle onde, ha funzionato da spartiflutti e ha favorito l'azione di deposito all'estremo sud-est della insenatura, come dimostrano le elevate quote raggiunte in questa zona, sia dalle dune würmiane, sia da quelle più recenti.

La corrente litoranea del Tirreno rappresenta una componente del complesso meccanismo della circolazione superficiale di tutto il bacino del Mediterraneo; essa può concorrere al modellamento delle spiagge solo durante l'autunno e l'inverno, poiché con l'inizio della primavera diminuisce d'intensità fino ad annullarsi, per l'intervento di un moto di deriva in direzione contraria, che si incunea tra la costa ed il ramo ascendente della corrente, e durante i mesi estivi tende ad allontanarsi dalla costa stessa proprio in prossimità del litorale laziale. Ma proprio nei mesi invernali spirano i venti da sud, e il moto ondoso fa sentire più forte la sua azione. In definitiva, perciò, la corrente litoranea ha un ruolo limitato nel tempo, e secondario rispetto al moto ondoso, che risulta invece essere il più costante ed attivo fattore, tra quelli qui considerati, degli spostamenti, positivi o negativi che siano, della linea di costa, distribuendo i materiali mobili in relazione al loro peso, alla forma ed alle dimensioni, ed in rapporto alla struttura dei fondali anti-stanti la battigia.

Si deve anche tener presente che l'azione del moto ondoso può provocare effetti via via diversi col variare del livello medio delle acque. Basta pensare, a questo proposito, alla storia geologica di questo litorale, che deve la sua stessa origine e la sua evoluzione ad un continuo alternarsi di trasgressioni e regressioni marine.

L'innalzamento del livello del mare, verificatosi dalla fine del secolo scorso ad oggi, è stato messo in evidenza da S. Polli (29). Esso risulta in media di 1,5 cm. all'anno, ma non è avvenuto sempre con lo stesso ritmo, perché si è verificato un primo rallentamento nel decennio 1901-1910, cui ha fatto seguito un aumento fino al 1940, mentre nel decennio 1951-1950 la misura dell'incremento è di poco inferiore alla media dei cinquant'anni precedenti. Recentemente (30), questo aumento del livello marino è stato posto in relazione alle variazioni nella forma e nelle caratteristiche biochimiche del L. di Paola, da secoli in comunicazione col mare; ciò può essere senz'altro avvenuto anche negli altri tre laghi pontini. Ma non è possibile stabilire una relazione altrettanto precisa e documentabile tra l'innalzamento del livello del mare e le trasformazioni recenti del perimetro costiero vero e proprio.

(29) Cfr. S. POLLI, *op. cit.*

(30) Cfr. A. BIANCHINI, *Il Lago di Sabaudia, ecc., cit.*

La documentazione cartografica. — La prima carta dello Stato Pontificio che si appoggi a misurazioni geodetiche è quella del P. Cristoforo Maire, pubblicata nel 1755 dalla Calcografia pontificia (31).

La scala è ancora piuttosto piccola (1:375.000 circa) e quindi questa carta dà piuttosto un quadro generale delle condizioni dei domini pontifici, anziché una vera rappresentazione topografica. Il che, del resto, avrebbe comportato una mole di lavoro preparatorio troppo vasta. Del resto, la fascia litoranea limitata dai depositi würmiani continua a destare scarso interesse anche quando, con l'inizio della bonifica del 1777, si rendono necessari accurati rilievi della regione pontina. Una conferma di ciò è nella *Pianta delle Paludi Pontine* di G. Ghigi (32), che vide la luce quando già i lavori di bonifica avevano avuto inizio. Tutto ciò che si trova alla destra del fiume Sisto evidentemente non interessava il cartografo, di modo che la descrizione dei laghi costieri e della spiaggia lascia molto a desiderare. Vi è poi una *Carta Corografica dell'Agro Pontino e dei territori circonvicini* disegnata in base a rilievi del 1785, ma stampata nel 1809 (33). E' probabile che in tale lasso di tempo il primo abbozzo della carta abbia subito rimaneggiamenti in rapporto ai rilievi eseguiti e pubblicati nel frattempo; comunque sia, essa rappresenta meglio di ogni altra precedente le condizioni della fascia costiera. Soprattutto è da osservare una maggior cura nel disegno del perimetro dei laghi di Fogliano e dei Monaci, indirettamente interessati alla bonifica del 1777 a causa della connessione col Rio Martino, e per i quali era stata creata una comunicazione verso il mare, per mezzo del breve canale che sbocca nella Foce Vecchia.

Solo di dieci anni più tarda è una bella *Pianta delle Paludi*

(31) *Nuova carta geografica dello Stato Ecclesiastico delineata dal P. CRISTOFORO MAIRE della Compagnia di Gesù sulle comuni osservazioni sue e del P. RUGGERO GIUSEPPE BOSCOVICH della medesima Compagnia; R. ALMAGIA', Documenti cartografici dello Stato Pontificio.* Città del Vaticano, 1960, tavv. LXXIX e LXXX; ATT. MORI, *La cartografia ufficiale in Italia e l'Istituto Geografico Militare.* Roma, Stabilim. Poligr. per l'Amministrazione della Guerra, 1922, cfr. pp. 73-83.

(32) *Pianta delle Paludi Pontine.* Roma, 1778. Per questa carta, come per le altre di cui alle note (33), (34), (35) e (36), ho consultato la Collezione Ferraioli della Biblioteca Apostolica Vaticana.

(33) *Carta Corografica dell'Agro Pontino e territori circonvicini.* Terracina - Roma, 1809.

Pontine (34), che rappresenta il miglior contributo alla conoscenza della regione pontina in tutto il secolo XVIII, e il primo documento che mostri un chiaro e decisivo progresso soprattutto nella descrizione della regione che circonda i laghi. Solo in questa carta essi infatti perdono quel carattere di semplice approssimazione, che presentavano in tutta la produzione cartografica precedente. Il disegno della linea di costa e della fascia litoranea è ricco di particolari e preciso: il lido, da Astura al Circeo, disegna una curva appena alterata da un breve aggetto costiero alla foce del Conca, che era un canale artificiale di connessione tra la regione paludosa che circondava il corso inferiore dell'Astura e il Fosso di Moscarello.

Nel complesso, il disegno dei laghi costieri non differisce molto da quello che sessanta anni dopo sarà riportato nella prima carta topografica della regione. Il L. di Fogliano ha un contorno irregolare, contrassegnato nel suo lato settentrionale da due chiari solchi vallivi; anche il contorno meridionale si presenta articolato da brevi aggetti, in relazione a due isolette che si elevano dalla superficie lacustre. Il cordone litoraneo, che si mantiene relativamente basso, compatto e stretto tra Torre Astura ed il L. di Fogliano, dopo aver subito una diminuzione di altezza e di spessore nel tratto di spiaggia antistante il braccio nord-occidentale di questo lago (dove cioè sono disegnate le capanne della Guardiola), si eleva e si complica in più serie di dune, la cui altezza, e soprattutto il cui spessore, va crescendo visibilmente da Fogliano al Circeo, presentando una seconda elevazione anche nel tratto di costa che va dal L. dei Monaci a quello di Caprolace. All'estremo meridionale della falcatura la costa bassa si appoggia al Circeo formando un'ampia spiaggia.

In regresso rispetto a questa carta è certamente la rappresentazione della regione pontina in quella che la segue in ordine di tempo (35). Di poco posteriore all'inizio della Repubblica Romana, la carta vuole mettere in evidenza i confini politici della regione, mentre il paesaggio naturale è appena accennato.

(34) *Pianta delle Paludi Pontine formata per ordine di nostro Signore Pio Papa VI.* Roma, 1795.

(35) *La Repubblica Romana divisa nei suoi otto dipartimenti.* Roma, 1798.

Anche la successiva *Carta della Campagna Romana* (36) non apporta un miglioramento alla conoscenza della regione. Tuttavia è da notare come viene raffigurato il Forte di Astura: esso ha forma all'incirca quadrangolare, è protetto da mura, e presenta all'interno cinque costruzioni, delle quali quella che si trova in posizione più avanzata, asimmetrica rispetto alle altre, è l'unica parte che oggi sia ancora evidente, cioè il castello con la torre dei Frangipane. Viceversa il muro di cinta che, al tempo in cui fu stampata la carta, doveva sussistere ancora ed adempiere alla sua funzione, è stato quasi completamente distrutto dal mare, e di esso oggi restano solo le fondamenta e scarsi ruderi sommersi.

All'incirca coeve sono alcune mappe che ho potuto trovare nell'Archivio di Stato di Roma e che rappresentano la regione attorno al L. di Paola. Tra queste, una pianta (37) raffigura la parte meridionale del lago e documenta l'esistenza di un insediamento umano presso le rive (casa, chiesa), in vicinanza delle chiuse costruite per la cattura e l'allevamento del pesce; e soprattutto disegna una spiaggia al di là dei tumoletti di Paola che in direzione del canale omonimo ha una lunghezza pari alla lunghezza del molo, sulla destra del quale raggiunge uno sperone roccioso. Di quest'ultimo oggi è presente solo un residuo che emerge dalle acque marine, le quali si spingono ben più oltre verso l'interno. Probabilmente posteriore a questa (1805) è un'altra mappa analoga, poiché in essa sono delimitati i terreni in enfiteusi presso le rive dello stesso lago (38); e della prima metà del sec. XIX è un'altra mappa che rappresenta la corografia dei laghi di Fogliano e di Paola (39). Procedendo da nord-ovest a sud-est, lungo la costa, si vedono Torre di Foce Verde e, ad 1,25 km. più a sud, la foce del Conca. Il L. di Fogliano è unito al L. dei Monaci da un canale di circa 600 m. di lunghezza e separato dal mare da una duna che in media misura 450-500 m. di larghezza. Il L. dei Monaci è disegnato come più allungato e stretto di quanto non si presentava prima dell'ultima bonifica; in corrispondenza della Fossa Papale, che univa i laghi dei Monaci e di Caprolace, la duna

(36) *Carta della Campagna Romana*. Roma, 1802.

(37) ARCHIVIO DI STATO DI ROMA, *Coll. I, mappe e piante*. Cartella 56, p. 140.

(38) ARCHIVIO DI STATO DI ROMA, *Coll. I, mappe e piante*. Cartella 56, p. 141.

(39) ARCHIVIO DI STATO DI ROMA, *Coll. II*, p. 142.

ha una larghezza di 250-300 m. Il L. di Caprolace è più vasto di quanto non figuri nelle carte successive, circondato da pantani e separato dal mare da una duna che presenta la larghezza di 200 m. e poco più a sud di soli 150 m. Dopo tale minimo, la larghezza della duna aumenta gradualmente (250-300-400 m., mentre nelle carte recenti supera i 500 m.) nei tumoletti di Paola, in relazione con l'aumento dell'altezza.

Del 1823 è l'*Atlas des marais pontins*, del quale interessano le prime due tavole. Queste rappresentano le condizioni della regione pontina prima e dopo la bonifica del 1777, e sono certamente le migliori che siano state delineate nella prima metà del secolo scorso (40). Sebbene anche in queste carte, come nelle precedenti, l'attenzione del cartografo sia rivolta principalmente all'idrografia della palude, il disegno della linea di costa è assai curato. Notevole è il fatto che Astura presenta la sagoma squadrata del Forte, come nella precedente carta del 1802; il contorno dei laghi è molto articolato, la spiaggia presso Torre Paola abbastanza sviluppata.

Altre mappe e carte che riguardano la regione pontina presentano scarso interesse ai fini di questo studio (41).

L'esame di questi documenti cartografici (dalla metà del 1700 a quella del 1800) permette di fare alcune considerazioni. Prima di tutto è chiaro che il litorale pontino non ha subito nel corso degli ultimi due secoli modifiche nel suo profilo d'equilibrio generale, ma soltanto piccole variazioni locali, delle quali è appunto possibile trovare testimonianza nelle carte esaminate. Ma le modalità con cui si sono verificate tali variazioni e soprattutto l'intensità dei fenomeni che ne sono stati la causa, non sono determinabili con facilità, perché non possiamo attribuire a questi documenti cartografici, relativamente alla regione pontina, lo stesso valore che essi presentano per altre località: e ciò a causa della scarsa conoscenza che fino al principio di questo secolo si aveva della fascia litoranea, per lungo tempo rimasta selvaggia, coperta da boschi o dalla macchia mediterranea, abitata soltanto da piccoli gruppi di pescatori, in condizioni di vita assolutamente primitive.

Il persistere di queste condizioni durante tutto il 1800 e per

(40) M. DE PRONY, *Atlas des marais pontins*. Parigi, Didot, 1823; cfr. tavv. I e II.

(41) ARCHIVIO DI STATO DI ROMA. Coll. I, cartelle 51-142; Coll. II, cartella 135; Coll. III [I, VII, 20 (229)].

I primi anni del nostro secolo, costituisce la limitazione più grave allo studio delle variazioni morfologiche del litorale pontino anche in epoca più recente. Infatti, se si escludono i documenti cartografici ufficiali che esaminerò in seguito, non esistono altre fonti, degne di fede, che ci illuminino sulla situazione di questa sezione del Lazio meridionale prima del 1928. Dopo questa data i caratteri originari della regione sono mutati, permettendo lo sviluppo di insediamenti umani anche nella fascia costiera. Tuttavia, poiché non si tratta di veri e propri centri abitati, ma piuttosto di case sparse, utilizzate solo durante la stagione estiva e per giunta di costruzione molto recente, non mi è stato possibile ricavare dalle relative mappe catastali nessuna indicazione che possa servire di complemento allo studio delle carte topografiche.

Il materiale cartografico utilizzato per la bonifica del 1928 ha servito come base alla carta topografica del 1936 ed alle molte altre che da questa derivano. Da allora non sono stati pubblicati altri documenti più aggiornati, anche perché le trasformazioni a cui è andata soggetta la regione dopo l'ultima guerra non sono tali da giustificare, ai fini pratici, un nuovo rilevamento.

Ho preso quindi in considerazione le seguenti tre carte: la carta topografica dello Stato Pontificio e del Granducato di Toscana, alla scala di 1:86.400, pubblicata nel 1851 (42), che costituisce effettivamente la prima rappresentazione moderna, su basi scientifiche, del Lazio, comparabile con le carte successive; le carte dell'Istituto Geografico Militare, che si riferiscono alla levata del 1878 ed a quella del 1936; tra queste ultime infatti non esiste altra carta del litorale, pur in un così grande intervallo di tempo, che sia stata stampata in base a nuove misure geodetiche. Per poter eseguire un confronto tra queste carte, ho riportato la scala di tutte a quella di 1:25.000. In questo modo risulta aumentato il margine di errore di cui è necessario tener conto, soprattutto per quanto riguarda il rilevamento del 1851, la cui scala si presta difficilmente ad una simile operazione. Inoltre, data la mancanza di insediamenti, e poiché le torri di guardia sono gli unici elementi del paesaggio che non possono avere subito spostamenti nel tempo, ho considerato queste ultime come i caposaldi su cui basare il confronto fra le successive carte.

(42) Cfr. ATT. MORI, *op. cit.*, pp. 67-68.

1) La linea di costa tra Torre Astura e Torre di Foce Verde.

La curvatura dell'arco è andata sempre più diminuendo dalla metà del secolo scorso ad oggi, probabilmente per l'apporto delle torbide dell'Astura. Questo fiume deve aver limitato di molto le variazioni negative della linea di costa. D'altra parte, poiché è possibile mettere in evidenza in più punti anche queste ultime, bisogna pensare che l'azione morfologica del fiume sarebbe stata più forte se avesse potuto manifestarsi da sola.

L'accrescimento della spiaggia alla foce, calcolato sulle carte, risulta tra il 1851 ed il 1936 di circa 150-250 m.; dal 1936 ad oggi ho potuto approssimativamente misurare sul luogo un accrescimento di non più di una trentina di metri.

Il corso terminale del fiume ha però subito variazioni nella direzione e nella larghezza. Nel primo dei documenti cartografici esaminati, ad una certa distanza dalla linea di costa, esso piega decisamente a sud-ovest e poi a sud, aprendo verso il mare una foce larga e priva di materiali di ingombro. Nella carta del 1878, invece, il corso del fiume è disegnato rettilineo; in quella del 1936 compare un braccio morto che isola un piccolo oggetto sabbioso sul lato destro della foce. Attualmente l'Astura si getta in mare dopo aver disegnato due ampie volute, con la foce rivolta nettamente a sud-est, in conseguenza del maggior deposito sul lato destro della spiaggia. Da questa stessa parte della foce è visibile un'area più elevata, rispetto alla spiaggia stessa, coperta di vegetazione erbacea, che probabilmente rappresenta il residuo della formazione riportata nella carta del 1936.

Interessante è osservare le trasformazioni subite dal promontorio di Astura. La carta del 1851 indica una situazione analoga a quella attuale, disegnando il castello collegato con la terra da un ponte stretto e relativamente lungo. Verso sud-est, sono due oggetti curvilinei, probabilmente corrispondenti agli scogli ed al molo del porticciolo. Non è invece raffigurato il muro di cinta quadrangolare, che le carte della prima metà del 1800 mettevano in evidenza. Nella carta del 1878 tutto il promontorio si presenta più tozzo; solo il lato rivolto ad ovest è inciso da una insenatura più profonda, mentre il lato ad est ha subito un processo di interramento con la formazione di una spiaggia, ampia poco meno di

un centinaio di metri. Questa spiaggia è presente anche nella carta del 1936, nella quale tutta la costa, dalla torre alla foce d'Astura, è pressoché rettilinea. Oggi, invece, in questo breve tratto del litorale è in corso un processo di demolizione della costa stessa, processo che è certamente la più intensa e preoccupante espressione dell'azione del mare lungo tutta la falcatura pontina. La spiaggia infatti è stata completamente distrutta, la costa si presenta suddivisa in tante piccole insenature, ed il gradino di zappamento è inciso in più punti nelle sabbie costipate della duna würmiana. La carta del 1851 non dà le quote altimetriche, ma dal tratteggio si può immaginare che la costa dovesse scendere piuttosto ripidamente verso il mare; nella carta successiva è segnata una quota di 12 m., nell'ultima di 8 m.

2) La linea di costa tra Torre di Foce Verde e Torre di Fogliano.

In questo tratto del litorale le modifiche naturali della linea di costa sono state certo meno sensibili, poiché si riducono alla regolarizzazione di quelle parti della falcatura che si trovavano più lontane dal profilo orizzontale di equilibrio.

Quello che invece colpisce, è l'entità delle trasformazioni nella rete idrografica, in seguito ai lavori della bonifica pontina. La nuova foce del Moscarello taglia decisamente il lobo sabbioso che nel corso del tempo si era accumulato alla destra della foce del Conca-Moscarello e che aveva costretto le acque fluviali a piegare verso sud prima di giungere al mare (come sta avvenendo oggi per l'Astura). Tale lobatura dal 1851 al 1878 si era accresciuta di circa 150 m. parallelamente al corso terminale del fiume. Più a sud-est, il perimetro del L. di Fogliano ha subito, prima della bonifica, delle oscillazioni forse riferibili alle condizioni variabili di livello in un lago che non presenta un sistema di ricambio idrico sufficiente a mantenerne la costanza. Delle variazioni dovute alla bonifica nella forma di questo, come degli altri laghi, ho già parlato trattando dell'idrografia. Se si considerano le altezze dei tumoleti che limitano il margine esterno del lago, si può osservare che esse sono andate aumentando, dalla fine del secolo scorso al 1936, da 3-4 m. a 8-10 m.

3) La linea di costa tra il L. di Fogliano e Torre Paola.

Dal limite meridionale del L. di Fogliano a quello settentrionale del L. di Paola la costa presenta le stesse lievissime variazioni che abbiamo osservato nel tratto precedente: demolizione degli aggetti sabbiosi, accumulo di sabbie nelle insenature, tendenza, insomma, alla regolarizzazione della falcatura. Anzi, tra Caprolace e Paola, si può dire che negli ultimi anni abbia prevalso l'azione di accumulo su quella abrasiva, poiché in alcuni punti le sabbie hanno sommerso la vegetazione. Dall'estremità settentrionale del L. di Paola la situazione si presenta più complessa. Le modifiche di questo tratto di spiaggia sono certamente in rapporto a quelle subite dal vicino promontorio del Circeo. L'erosione della imponente massa ha fornito per secoli il materiale che, distribuito dal moto ondoso, è andato a costituire i tumoleti di Paola, ma, a differenza di quanto avviene più a nord, le condizioni batimetriche e il regime dei venti non sempre hanno favorito l'accumulo. Il confronto delle carte mostra chiaramente l'erosione avvenuta al margine dei tumoleti, dal lido di Sabaudia fino al porticciolo di Paola; dal 1878 al 1936 si può osservare anche una notevole diminuzione dell'altezza dei depositi sabbiosi.

Dinamica delle trasformazioni dell'ambiente naturale. — L'impressione generale che si riporta quando si esamini nell'insieme il litorale tirrenico nel tratto compreso tra Torre Astura e Monte Circeo, dopo aver analizzato separatamente i fattori a cui può esser dovuto il modellamento della costa in tempi via via più recenti, è che questa sezione si trovi essenzialmente in una fase di equilibrio, con lieve tendenza ad un arretramento, che risulta compensato in buona parte da fenomeni di accumulo. Il mantenimento di questo stato di equilibrio, testimoniato dalla cartografia relativa a questa regione per un lungo periodo di tempo, si realizza attraverso l'intervento di tutti i fattori, naturali ed artificiali, che possono avere influenza su di esso; sicché poter determinare, con un certo margine di sicurezza, quali sono gli effetti di ognuno di essi risulta impossibile.

Bisogna in primo luogo tener conto delle variazioni del livello marino, in rapporto sia a fenomeni di carattere generale e perciò

rilevabili anche altrove (43) lungo le coste tirreniche, sia alle lente oscillazioni del suolo (44), a cui è evidentemente connessa l'attuale inclinazione degli edifici di epoca romana a Torre Astura, e le variazioni d'altezza degli accumuli sabbiosi, più a sud.

Queste variazioni di livello, quando lungo la linea di costa e sulla piattaforma litorale sia stata raggiunta una fase di equilibrio, creano condizioni favorevoli per l'aumento dell'abrasione operata dal mare. Un tale fenomeno è verificabile ovunque lungo la costa pontina ed è forse la causa delle maggiori variazioni riscontrate.

Il moto ondoso, di per sé solo, ha una importanza secondaria, perché, anche se ad una prima indagine sul posto il suo effetto sembra il più sensibile, in realtà esso ha agito, ed agisce tuttora, soltanto distribuendo sempre più regolarmente i materiali sabbiosi lungo la falcatura pontina, eliminando a poco a poco gli aggetti che localmente avevano potuto formarsi, costruendo dune o accumulando sabbie su quelle già esistenti e consolidate dalla vegetazione arbustiva. Ho già detto come sia impossibile verificare, nello specifico caso della costa pontina, variazioni di spiaggia in relazione a variazioni delle condizioni anemometriche, ma ritengo che se anche queste ultime si fossero verificate, la spiaggia ne avrebbe risentito ben poco, poiché essa è esposta ai venti di sud-ovest, sud, sud-est e protetta da tutti gli altri, e per giunta le condizioni della piattaforma litorale antistante sono tali che il moto ondoso risulta sensibilmente ostacolato nella sua propagazione ed impiega buona parte della sua energia per vincere le resistenze opposte dal fondo del mare.

Lente e continue trasformazioni si sono verificate in questo, almeno dalla fine del secolo ad oggi. Solo attraverso la forza che esercita sulla piattaforma litoranea antistante la costa, il moto ondoso modella questa spiaggia: quando il profilo di equilibrio trasversale del fondo del mare e l'orientamento rispetto ai venti dominanti favoriscono l'azione del moto ondoso, esso può provocare delle modificazioni della linea di costa, anche molto evidenti, che tuttavia costituiscono sempre un fenomeno di limitata estensione rispetto alle condizioni generali.

(43) Cfr. S. POLLI, *op. cit.*

(44) Cfr. D. ALBANI, *Variazioni di spiaggia e fenomeni bradisismici in Italia*, in « Atti Soc. Ital. per il Progresso delle Scienze, XXIII Riunione, Napoli, 1934 », vol. II, pp. 59-99

L'azione della corrente litoranea è difficilmente separabile da quella del modo ondoso; essa può essere più chiaramente messa in evidenza presso la foce dell'Astura, dove l'aumento della spiaggia si è verificato prevalentemente a nord della foce.

Contro il modellamento operato dal mare lavorano attivamente i fiumi, in particolar modo l'Astura. Questo, infatti, a differenza degli altri corsi d'acqua che lo seguono lungo il litorale, ha, come si è già visto, il suo letto nei materiali tufacei poco costipati del Vulcano Laziale, sui quali agisce intensamente, sicché giunge al mare e deposita alla foce una quantità di sedimenti ben più grande di quanto non possano depositare il Fosso di Moscarello, il Rio Martino ed il Nocchia. Questi ultimi, non solo provengono da terreni meno attaccabili dalle acque, ma sono arginati per buona parte del loro corso; ed inoltre, attraversando la pianura pontina e la depressione analoga che si trova tra essa ed il mare, si caricano di detriti organici, che causano una diminuzione della velocità della corrente e di conseguenza dell'entità del trasporto solido. Presso le loro foci non vi sono accumuli altrettanto consistenti come quello che si trova alla foce dell'Astura, anche se le condizioni batimetriche attestano una maggiore resistenza dei fondali all'azione erosiva del mare.

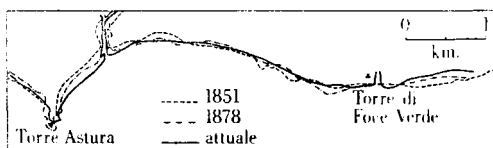
In ultimo non bisogna trascurare i possibili effetti della trasformazione che le bonifiche, in particolare quella più recente, della palude pontina, hanno determinato anche nella fascia litoranea e nella relativa idrografia. Si confrontino, a questo proposito, le successive edizioni della carta topografica dell'I.G.M. per avere un'idea di come e quanto sia stato modificato il reticolo idrografico. Certo gli effetti di queste trasformazioni, se si escludono le variazioni di livello dei laghi litoranei a cui ho già accennato, sono molto limitati e soprattutto occorrerà ancora molto tempo perché essi possano essere messi in evidenza; riguardano infatti una regione dalla morfologia e dalla struttura geologica, nelle linee generali, semplice ed assai più sensibile all'azione della natura che non a quella dell'uomo.

Conclusioni. — L'indagine condotta sul posto ed il confronto dei documenti cartografici recenti, permettono di distinguere nella fascia costiera presa in esame tre parti, nelle quali le variazioni

della linea di riva sono avvenute in maniera differente: 1) la costa tra Torre Astura e Torre di Foce Verde; 2) la costa tra Torre di Foce Verde e l'estremo settentrionale del L. di Paola; 3) la costa antistante il L. di Paola.

1) Variazioni della linea di costa tra Torre Astura e Torre di Foce Verde.

In questa parte del litorale le variazioni di costa sono piuttosto complesse. Ad un primo generale aumento della spiaggia, verificatosi dalla metà del secolo scorso al 1936, è succeduta una graduale riduzione che, mentre si mantiene entro ristretti limiti nelle vicinanze della foce dell'Astura, dove si verifica anzi un incremento (sia pur lieve), si fa più sensibile man mano che dalla foce del fiume si va verso Torre Astura.



Variazioni della linea di costa dal 1851 a oggi tra Torre Astura e Torre di Foce Verde.

Se si cerca di mettere in luce le cause possibili di tale arretramento, troviamo che tutti i fattori già presi in considerazione agiscono concordemente nel determinarlo. Innanzi tutto la stessa struttura dei fondali rocciosi antistanti la linea di costa, il cui profilo trasversale si presentava nel 1883 come una retta, inclinata di circa 45° , e che invece oggi forma una curva lievemente parabolica, soprattutto dinanzi a Torre Astura.

Ma in questa parte del litorale pontino si fanno sentire anche i venti ed il conseguente modo ondoso che, nelle mareggiate da sud, investe perpendicolarmente la riva e incide con forza le sabbie, pur costipate, della duna würmiana.

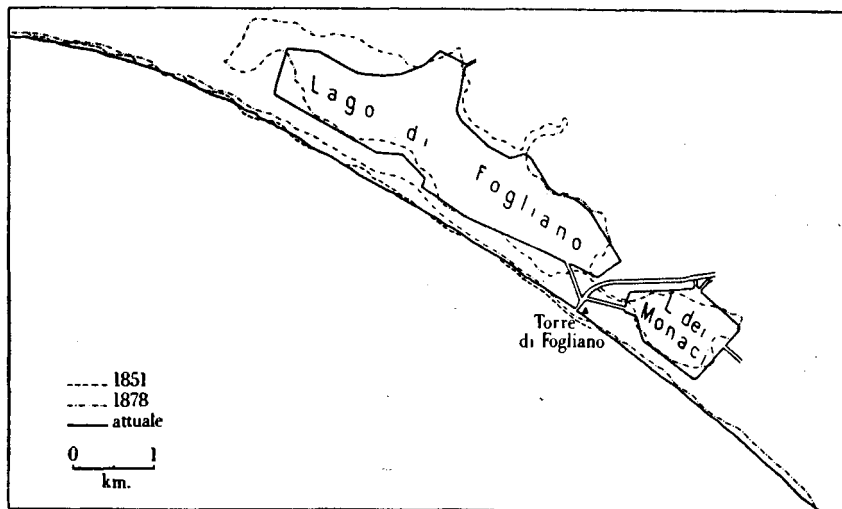
Tuttavia la causa principale dell'arretramento della costa è senza dubbio rappresentata da un costante e lento movimento di sommersione, reso ancora più evidente dal contemporaneo innalzamento del livello marino, probabilmente dovuto ad un assesta-

mento dei materiali sedimentari del litorale, relativamente giovane. Esso trova uno strumento di misura negli edifici romani — ed in parte anche in quelli medioevali — i quali si presentano non solo più o meno invasi e coperti dalle acque, ma anche variamente inclinati verso sud.

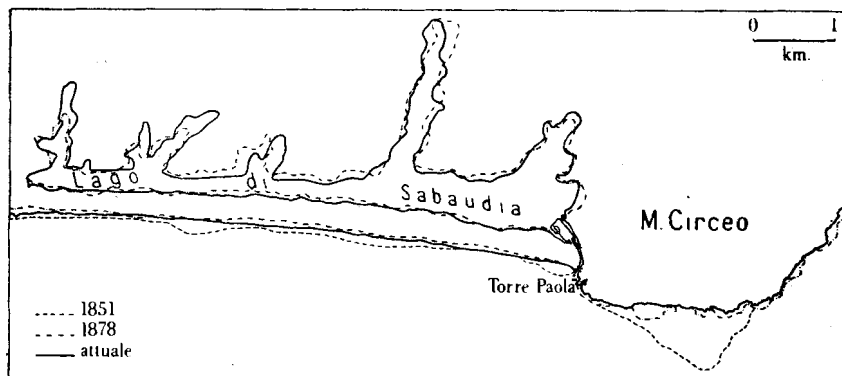
Purtroppo, mentre le variazioni in senso orizzontale della linea di costa possono essere seguite nella loro evoluzione attraverso il confronto di carte topografiche successive, non è possibile una valutazione quantitativa di questi spostamenti verticali.

2) Variazioni della linea di costa tra Torre di Foce Verde ed il L. di Paola.

Questa sezione, sia dall'indagine sul posto, sia dal confronto delle carte, appare abbastanza stabile. Le variazioni più notevoli che in essa si sono verificate, escluse quelle portate dalla bonifica, sono costituite dagli spostamenti subiti dalle sabbie lungo il litorale in rapporto alla naturale tendenza alla regolarizzazione della linea di riva. Così si può notare una diminuzione nella sporgenza che la costa formava poco prima di Foce Verde; un aumento dei tumoleti di Fogliano dal 1878 al 1936, aumento che oggi non



Variazioni della linea di costa dal 1851 a oggi dinanzi ai laghi di Fogliano e dei Monaci.



Variazioni della linea di costa dal 1851 a oggi dinanzi al L. di Sabaudia.

sembra essere ancora in atto perché non esistono depositi sabbiosi recenti lungo tutto il litorale, fin quasi al lido di Sabaudia. Anzi, l'esame delle condizioni batimetriche prospetta piuttosto la possibilità di un arretramento della costa, lungo la quale si è formato in più punti un modesto, ma sensibile gradino di zappamento.

La bonifica ha certamente provocato le maggiori variazioni, portando a sfociare in questo tratto di litorale molti dei canali costruiti. A parte la nuova distribuzione degli accumuli sabbiosi sui due lati, sopra e sottovento, delle foci, si è determinato certamente un aumento della portata solida dei fiumi, quali il Fosso di Moscarello o il Rio Martino. Ad esso è probabilmente dovuta un'azione protettiva contro l'arretramento, che qui è minimo.

3) La costa antistante il L. di Paola.

Dall'estremo settentrionale del L. di Paola al Circeo le condizioni di stabilità della spiaggia variano di nuovo. L'arretramento verificatosi nel corso di un secolo è ancora in atto e l'esame approfondito delle condizioni locali, apparentemente stabili, di questa regione offre una quantità di particolari indicativi. Ad esempio, il molo del canale di Paola entra oggi per buon tratto in mare, quando nelle piante di un secolo fa alla sua destra era rappresentata un'ampia spiaggia; davanti alle ville che sono sorte lungo il lido di Sabaudia, divenuto ormai un centro balneare, sono

stati costruiti dei recinti protettivi per limitare la distruzione della vegetazione ad opera del mare; lungo tutto il cordone dunoso coperto da vegetazione arbustiva, il mare incide un gradino di zappamento più o meno elevato.

Quello che più colpisce è però la diminuzione delle quote altimetriche della duna recente, che non è assolutamente imputabile ad uno spostamento dei materiali sabbiosi, in quanto essi sono stabilmente fissati da una vegetazione arbustiva ed in buona parte anche arborea. V'è da credere che anche qui, come presso Torre Astura, sia in atto un lento movimento discendente della costa.

Tuttavia l'esposizione del litorale fa sì che esso risenta dei venti occidentali assai più che non di quelli meridionali, di modo che l'azione erosiva del mare lungo i tumoletti di Paola risulta effettivamente limitata.

SUMMARY. — The Latial shore between the two promontories of Torre Astura and Cape Circeo forms a uniform and compact falcate stretch of sand.

So few are the variations which have taken place in its form and structure that in general this shore can be considered as going through a phasis of equilibrium. Such equilibrium, which is testified by cartographic documents over a long period of time, is not static, however, but is the combined result of several factors of the coastline dynamics.

A notable variation in the sea level has taken place in the tract around Torre Astura, while the modifications of the coast surface as a consequence of wave motion concerns the entire shore. The coast stream, on the contrary, does not seem to have been an essential factor in the shaping of the coast except around the river Astura, which is the most important river in the region and the richest with turbidity currents.