

ALBERTO PUCCINELLI (\*)

## NUOVI ASPETTI DELL'EVOLUZIONE PALEOGEOGRAFICA E TETTONICA AL PLIO-QUATERNARIO DELLA PIANA DI LUCCA (TOSCANA)

**Abstract:** PUCCINELLI A., *New aspects of the paleogeographic and tectonic evolution of the plain of Lucca during Pliocene and Quaternary (Tuscany)*. (IT ISSN 0391-9838, 1991).

The paleogeographic and tectonic evolution of the Plain of Lucca (Lower valley of the Serchio river, in the north-western Tuscany) during the Pliocene and the Pleistocene are shown. In the investigated area, extended between Lucca, Vinci and the Arno river, sediments referred to some sedimentary cycles, that are both continental and marine, outcrop: in particular between Lucca and Vinci there is a first lacustrine cycle, in the past referred to an Early Villafranchian age; the Author takes a new dating of the basal clays of this cycle, indicating a Late Ruscinian, as a starting point in order to revise and to sketch the picture of the main stages of the evolution in this area:

— after the paroxysmal phase, in Northern Apennine an extensional tectonics takes place; lacustrine basins form in Garfagnana (Middle-Upper Serchio Valley) between Barga and Castelnuovo (Early Villafranchian) and between Lucca, Montecarlo and Vinci (Late Ruscinian). A transgression in the South-East of Lucca occurs and is confined by a barrier beach that separates it from the lacustrine basin;

— during Middle Villafranchian in the South-East area an uplift begins and a regression occurs; this uplift is not remarkable between Lucca, Montecarlo and Vinci and so there lacustrine sedimentation continues;

— during Late Villafranchian lacustrine sedimentation spaces itself with fluvial events. The area corresponding to actual upland named «Le Pizzorne», which separates the Plain of Lucca from Garfagnana, begins to uplift and a stream that flows down from Le Pizzorne captures the Serchio river; the river, that previously had an endorheic drainage confined to Garfagnana, so enters the plain of Lucca and the lake. Towards the end of Villafranchian, the lacustrine sedimentation between Lucca, Montecarlo and Vinci terminates; an erosion occurs and then a fluvial cycle takes place between Lucca and Montecarlo. In the South-East area a new transgression occurs;

— during Middle Pleistocene another fluvial cycle takes place in the area now named «Le Cerbaie» and a second lacustrine cycle, confined in an area close to Lucca, takes place. Owing to further uplift of Le Pizzorne the Serchio river diverts its course to South-West;

— during the Riss-Würm interval the Serchio river and the Arno river overflow their valleys; particularly the Serchio, after eroding the

fill of the lake of Lucca, at this point extinguished, goes towards South and becomes a tributary of the Arno;

— during Würm II, with a new phase of overflowing, the Serchio diverts the course of the Arno towards South-West.

**KEY WORDS:** Paleogeography, Tectonics, Pliocene, Quaternary, Lucca Plain, Tuscany.

**Riassunto:** PUCCINELLI A., *Nuovi aspetti dell'evoluzione paleogeografica e tettonica al Plio-Quaternario della Piana di Lucca (Toscana)*. (IT ISSN 0391-9838, 1991).

Sulla base di una nuova datazione, che attribuisce le argille basali del primo ciclo lacustre di Lucca-Montecarlo-Vinci al Rusciniano superiore, viene proposto uno schema aggiornato degli avvenimenti paleogeografici e tettonici nell'area compresa tra la valle del Serchio a Nord e la bassa valle dell'Arno a Sud. In depressioni tettoniche, formatesi in seguito alla fase distensiva dell'Appennino settentrionale, si impostano nel Rusciniano superiore il bacino lacustre di Lucca-Montecarlo-Vinci e nel Villafranchiano inferiore i bacini lacustri della Garfagnana (Castelnuovo-Barga); il primo bacino era diviso da un sistema di lidi, che si estendevano tra S. Ginese e Vinci, dal bacino marino-salmastro delle Cerbaie e della Val d'Era-Val d'Elsa. Si ipotizza che il bacino del fiume Serchio era stato di tipo prevalentemente endoreico e limitato alla zona dei laghi della Garfagnana. Nel Villafranchiano medio cominciano rilevanti sollevamenti nell'area meridionale, che viene così interessata da una regressione marina, mentre in quella settentrionale essi sono più limitati e non si verifica l'estinzione dei laghi. Al Villafranchiano superiore si ha una nuova ingressione marina a sud, mentre a nord continua la sedimentazione lacustre, seppur intervallata da depositi fluviali; il Serchio, catturato da uno dei torrenti che discendono dall'area delle Pizzorne in sollevamento, raggiunge il lago di Lucca-Montecarlo-Vinci. Nella parte alta del Villafranchiano superiore, dopo il sollevamento e l'erosione dei depositi del 1° ciclo lacustre, si ha la deposizione dei Ciottoli di Montecarlo. Nel Pleistocene medio, intervallo di tempo in cui si assiste ad un forte sollevamento delle aree circostanti, si sviluppa il ciclo fluviale delle Cerbaie e prende origine il lago di Lucca (2° ciclo lacustre); a causa del pronunciato sollevamento delle Pizzorne, il Serchio, che nel frattempo ha catturato il torrente Lima, è obbligato ad orientare il suo corso verso Sud-Ovest. Nell'interglaciale Riss-Würm, dopo che in fasi precedenti l'Arno e il Serchio avevano approfondito il loro corso, allineato prevalentemente secondo direttrici tettoniche, i due fiumi sovralluviano le proprie vallate; in particolare il Serchio, dopo avere eroso la soglia tra S. Ginese e Montecarlo dirige il suo corso verso Sud, divenendo così tributario dell'Arno. Al Würm II si ha una nuova fase di sovralluvionamento dei due fiumi sopraddetti ed in particolare del Serchio che con il suo carico solido condiziona il corso dell'Arno, spingendolo a ridosso delle colline livornesi.

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra, Via S. Maria, 53, 56100 Pisa.

Comunicazione presentata al «2° Seminario sulle Pianure minori italiane» (Urbino, 9-10 Gennaio 1991) nell'ambito del Progetto del M.P.I. (fondi 40%) «Genesi ed evoluzione geomorfologica delle pianure dell'Italia peninsulare ed insulare» (Resp. Naz. prof. P.R. Federici; Resp. U.O. prof. P.R. Federici) e eseguito anche con fondi M.U.R.S.T. 60% (Resp. A. Puccinelli).

## PREMESSA

Sebbene l'area compresa tra il Monte Albano a Est, il Monte Pisano a Ovest e la montagna lucchese e pistoiese a Nord sia stata oggetto di studio da parte di numerosi autori (TREVISAN & *alii*, 1971; BARTOLINI & PRANZINI, 1979 e 1980; BARTOLINI & *alii*, 1983; FEDERICI, 1987; FEDERICI & MAZZANTI, 1988), tuttavia il ritrovamento di un metacarpo appartenente ad un prebovide del genere *Alephbis* e riferibile al Rusciniano superiore (DALLAN, 1988) nelle argille basali del 1° ciclo lacustre ha portato necessariamente ad una rilettura delle vicende paleogeografiche e tettoniche dell'area suddetta; gli autori precedenti infatti partivano dal presupposto che l'età del bacino continentale fosse del Villafranchiano superiore.

## I SEDIMENTI DELLA PIANA DI LUCCA

Prima di descrivere il nuovo quadro evolutivo della piana di Lucca, è opportuno riassumere le conoscenze stratigrafiche e tettoniche dell'area rappresentata in fig. 1, a partire dalla base della sedimentazione lacustre <sup>(1)</sup>.

A causa della tettonica distensiva che interessò vaste porzioni dell'Appennino settentrionale e quello tirrenico in particolare, si formarono depressioni tettoniche, limitate da faglie dirette <sup>(2)</sup>, entro cui si svilupparono dei bacini lacustri (Sarzana, Aulla, Pontremoli, Castelnuovo Garfagnana, Barga). Anche la depressione di Lucca-Montecarlo-Vinci, che rappresenta la continuazione dello stesso motivo strutturale, che si estende nella Val d'Era e nella Val d'Elsa, si originò per le stesse vicende tettoniche.

Nel bacino di sedimentazione, estendentesi da Volterra fino alle pendici meridionali dell'altopiano delle Pizzorne, si differenziarono due ambienti di sedimentazione diversi: infatti sedimenti francamente marini e salmastri del Pliocene inferiore e medio (cfr. Carta geologica d'Italia, foglio 105, Lucca, 1969) si deposero da Sud fino alla congiungente S. Ginese-Vinci; mentre a Nord di questa ipotetica linea, essi furono di tipo continentale, come risulta dagli affioramenti di superficie (fig. 1) e da tutti i sondaggi per ricerche d'acqua nella piana di Lucca, che hanno sempre incontrato argille e sabbie lacustri talora con faune a gasteropodi e molluschi dulciacquicoli. I due bacini di sedimentazione, uno marino a Sud e uno continentale

<sup>(1)</sup> Nella piana di Lucca al di sopra del substrato, come risulta dagli studi di GHELARDONI & *alii* (1968) e di NARDI & *alii* (1987), non è mai stata segnalata la presenza del Miocene; esso invece è stato segnalato in facies continentale, al di sotto dei depositi marini del Pliocene inferiore (cfr. il pozzo «Cerbaie» 1 nel citato lavoro di GHELARDONI & *alii*), in un'area che si estende a sud dell'allineamento S. Ginese-Vinci.

<sup>(2)</sup> Non risulta sempre vero che le faglie maestre, secondo quanto affermato da EVA & *alii*, (1978) e da BOCCALETTI & COLI (1985), si ubichino solo ai margini orientali delle depressioni tettoniche; esse si trovano anche, soprattutto in Garfagnana (DALLAN & *alii*, in stampa), ai margini occidentali, essendo connesse al sollevamento delle Alpi Apuane (Villafranchiano inferiore), che ha preceduto quello dell'Appennino settentrionale (Pleistocene medio).

le a Nord, furono probabilmente separati da depositi dunari, estendentisi da S. Ginese, la cui collina omonima potrebbe rappresentare un alto tettonico relitto, a Vinci sul fianco occidentale di Monte Albano, secondo una direttrice decorrente Est-Ovest.

I sedimenti di Lucca-Montecarlo-Vinci, appartenenti al «1° ciclo lacustre» (TREVISAN & *alii*, 1971) e costituiti da argille grigie lignitifere, argille sabbiose e sabbie con livelli di ciottoli ad elementi di Verrucano, di Macigno e subordinatamente ad elementi appartenenti alle formazioni preoligoceniche della Successione toscana, erano stati attribuiti al Villafranchiano superiore (Pleistocene inferiore) per la presenza di associazioni polliniche (in prevalenza: *Pinus*, *Abies*, *Picea* e *Betula*) e di vertebrati quali *Equus stbelini* (RICCIARDI, 1952). Più recentemente DALLAN (1988) sulla base di un metacarpo attribuito alla specie *Alephbis lyrix* <sup>(3)</sup>, rinvenuto presso la fornace di Lappato, ha datato le argille basali del ciclo lacustre Lucca-Montecarlo-Vinci al Rusciniano superiore; l'età villafranchiana superiore, che i precedenti Autori avevano dato a tale ciclo non viene smentita, ma viene confermata per la presenza nei livelli più alti della serie di *Melanopsis narzolina* ARCHIAC, *Emmericia umbra* DE STEFANI, *Prososthenia etrusca* DE STEFANI, *Theodoxus (Neritea) groyanus* FERUSSAC (RISTORI, 1984; DALLAN, 1988): il suddetto ciclo lacustre è compreso dunque in un intervallo di tempo che va dal Rusciniano superiore al Villafranchiano superiore.

Al di sopra dei sedimenti citati si sono depositi sedimenti di un ciclo fluviale comprendente la formazione dei Ciottoli di Montecarlo; essa è costituita da elementi di Verrucano nell'area di affioramento più meridionale e da elementi della Successione toscana e della Successione ligure s.l. in quella più settentrionale (Lappato, Gragnano). Poiché questa formazione si sovrappone alle argille sottostanti secondo livelli stratigrafici diversi, già interessati da fasi erosive (DALLAN, 1988) e soggiace al ciclo fluviale delle Cerbaie del Pleistocene medio, si ritiene abbastanza fondata l'ipotesi, in mancanza di documenti paleontologici, che essa appartenga ad un Pleistocene inferiore molto alto.

Discordante sui depositi lacustri del primo ciclo e sulla formazione dei Ciottoli di Montecarlo si trovano i sedimenti alluvionali appartenenti al ciclo fluviale delle Cerbaie, costituito da «sabbie arrossate, conglomerati e ciottoli di Verrucano» (cfr. Carta geologica d'Italia, foglio 105, Lucca, 1969). Tale ciclo, denominato da DALLAN (1988) di Altopascio-Cerbaie, forma un ampio terrazzo, inciso da torrenti che drenano verso i quadranti sudoccidentali. A tale ciclo è stata attribuita un'età pleistocenica media per la presenza di tufiti cineritiche, rinvenute in analoghi depositi continentali affioranti in aree a Sud dell'Arno al di sopra dei depositi marini trasgressivi del Pliocene inferiore e del Pleistocene inferiore (segnalate da SQUARCI & TAFFI, 1967, da NENCINI, 1983, da MARRONI & *alii*, 1990 e datate radiometricamente da ARIAS & *alii*, 1981).

<sup>(3)</sup> Questa specie è compresa nell'associazione a Mammiferi dell'«unità faunistica» di Perpignan, corrispondente alla parte medio alta del Pliocene inferiore (biozona a Foraminiferi planctonici, caratterizzata dalla presenza di *Globorotalia puncticulata*).

All'estremità nordoccidentale della pianura di Lucca (fig. 1) è stato segnalato da TREVISAN & *alii* (1971) un secondo ciclo lacustre e fluvio-lacustre, comprendente sab-

bie, argille e ciottoli. L'età di questo ciclo, attribuita dai suddetti Autori ad un generico. Quaternario, viene considerata come rissiana da FEDERICI (1987).

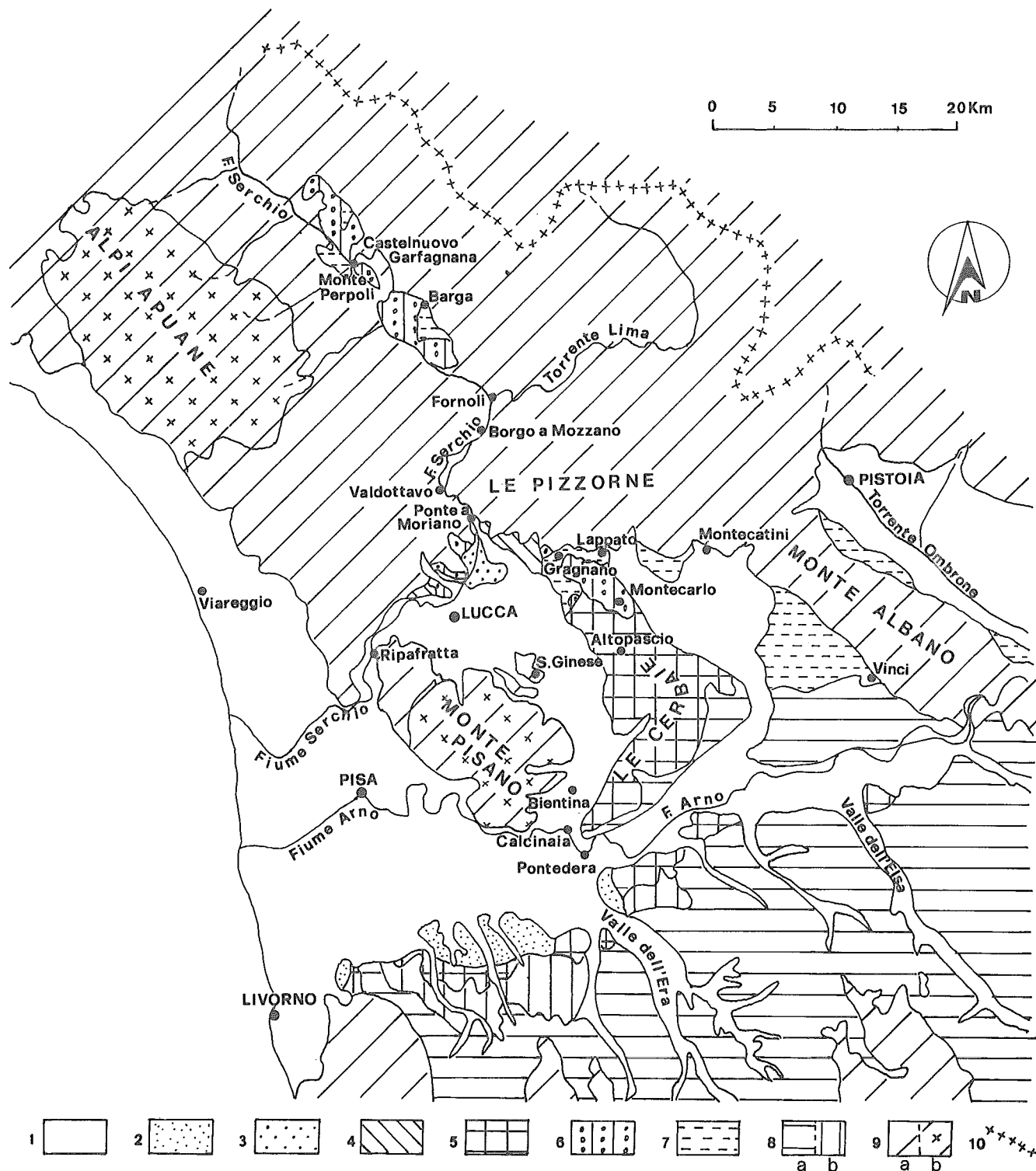


Fig. 1 - Carta geologica schematica. 1) Depositi alluvionali post-wurmiani; 2) Sabbie di Vicarello (Pleistocene superiore); 3) Ghiaie del Serchio (Würm II); 4) Depositi lacustri e fluvio-lacustri del II ciclo (Pleistocene Medio); 5) Depositi fluviali di Altopascio-Cerbaie (Pleistocene medio); 6) Ciottoli di Montecarlo e ciottoli di Macigno della Garfagnana (Post-Villafranchiano); 7) Depositi lacustri del I ciclo (Rusciniano superiore-Villafranchiano superiore); 8) Depositi marini (a: Pliocene inferiore-medio; b: Pleistocene inferiore); 9) Substrato (a: sedimenti neoautoctoni miocenici, Serie Toscana non metamorfica; unità Liguri s.l.; b: metamorfiti delle Alpi Apuane e del Monte Pisano); 10) Spartiacque appenninico.

## L'EVOLUZIONE PLIO-QUATERNARIA DELLA PIANA DI LUCCA

Alla luce del nuovo elemento cronologico precedentemente esposto e tenendo presente naturalmente quanto detto dai precedenti Autori riguardo alla piana di Lucca, viene proposta una nuova successione degli eventi tettonici e paleogeografici, che si sono verificati nella piana suddetta a partire dal Rusciniense superiore.

Tra il Rusciniense superiore e il Villafranchiano inferiore si individua la depressione delimitata dal Monte Pisano a Ovest, dal Monte Albano a Est e dalle Pizzorne a Nord (fig. 2) <sup>(4)</sup>; essa, divisa in due zone dall'ipotizzato lido tra S. Ginese e Vinci, costituisce, come messo in evidenza precedentemente, la continuazione dei *graben* della Val d'Èra e della Val d'Elsa e, attraverso la soglia delle Pizzorne, si ricollega alla depressione della Garfagnana. Si originano così il bacino della Val d'Elsa-Val d'Èra-Cerbaie, caratterizzato da una sedimentazione marina e salmastra e i bacini di Lucca-Montecarlo-Vinci e della Garfagnana (Castelnuovo Garfagnana-Pieve di Fosciana, Barga-Ghivizzano) con sedimentazione di tipo continentale. In base ai dati esistenti non è possibile stabilire se il Serchio, quale emissario dei due laghi garfagnini, raggiungesse il lago di Lucca-Montecarlo-Vinci con un percorso che attraversasse le Pizzorne, oppure le aggirasse, spostandosi verso Ovest; non sembra priva di fondamento l'ipotesi che il Serchio costituisse prevalentemente un bacino endoreico, senza uno sbocco nella Piana di Lucca: infatti nell'area settentrionale i ciottoli di natura fluviale intercalati nelle argille lacustri di Montecarlo-Lucca non raggiungono mai spessori notevoli, facendo presupporre che i torrenti, provenienti da Nord, da Nord-Est e da Nord-Ovest, avessero un modesto bacino imbrifero alle spalle; nell'area meridionale le intercalazioni di ciottoli sono altrettanto poco potenti, e formate esclusivamente da Verrucano, provenienti dal Monte Pisano.

Nel Villafranchiano medio il bacino continentale di Lucca-Montecarlo-Vinci e quello marino più a sud (zona della Cerbaie), che hanno avuto la stessa origine tettonica e che si sono evoluti diversamente in relazione agli ambienti di sedimentazione, seguono sorti differenti: nel bacino di Lucca-Montecarlo-Vinci continua la sedimentazione lacustre con un incremento degli apporti fluviali da Nord e da Sud-SudOvest (fig. 3) a testimonianza che anche in questo settore il reticolo idrografico si sta approfondendo in conseguenza del sollevamento ormai generalizzato della regione; invece nell'area delle Cerbaie, come in quelle più meridionali, si ha una emersione ed una erosione dei sedimenti marini e salmastrini.

Mentre la trasgressione marina del Santerniano-Emiliano si estende a Sud e ad occidente del Monte Pisa-

no, la zona delle Cerbaie è ormai diventata stabilmente un dominio di tipo continentale.

Nel Villafranchiano superiore (fig. 4) nel lago di Lucca-Montecarlo-Vinci continua una sedimentazione di ambiente lacustre con sempre più frequenti apporti fluviali; alla fine del Villafranchiano superiore tra le Pizzorne a Nord e la collina di S. Ginese a Sud, area già interessata da fasi di sollevamento, si ha l'espansione di due grandi conoidi di natura fluvio-deltizia. La composizione della formazione dei Ciottoli di Montecarlo, costituiti da Macigno e da Verrucano e in subordine da elementi della Successione toscana e delle Successioni liguri s.l., fa presupporre che nel lago si immettano torrenti provenienti sia dall'area del Monte Pisano sia da quella delle Pizzorne. Un tale incremento dell'attività fluviale è da mettere in relazione con un sollevamento dei settori meridionale, occidentale e settentrionale; se diamo credibilità all'ipotesi che il bacino del Serchio sia stato circoscritto alla Garfagnana in età precedenti al Villafranchiano superiore, è probabile allora che posteriormente, per effetto dei movimenti epirogenetici sopra menzionati, uno dei torrenti del versante meridionale delle Pizzorne si approfondisca a tal punto da riuscire a catturare il Serchio, che può così raggiungere direttamente la Piana di Lucca, andando a formare il conoide settentrionale di Montecarlo. Nel caso in cui il Serchio sia considerato invece un corso d'acqua antecedente, ipotesi peraltro condivisa da altri Autori, esso approfondirebbe allora il suo corso attraverso le Pizzorne, continuando ad avere una direzione appenninica.

Nel Pleistocene medio (fig. 5) nella zona di Altopascio-Le Cerbaie si sviluppa un importante ciclo fluviale con limitati episodi lacustri; la superficie erosiva basale taglia sia i depositi lacustri di Lucca-Montecarlo-Vinci sia quelli fluviali (Ciottoli di Montecarlo) sia infine quelli marini più meridionali (DALLAN, 1988). Tale episodio interessa soprattutto un'area intorno al Monte Pisano, dove si sono accumulati sedimenti costituiti da elementi di Verrucano. Questo ciclo, in base alla ricostruzione e alla correlazione litostratigrafica, ricavata dai numerosi pozzi per acqua (NARDI & *alii*, 1987), non ha coinvolto la piana di Lucca propriamente detta, dove invece si è impostato un nuovo bacino lacustre (2° ciclo lacustre di TREVISAN & *alii*, 1971); tale lago potrebbe avere avuto origine in seguito allo sbarramento delle acque del Serchio da parte della collina di S. Ginese a Sud e dal rilievo costituito dai Ciottoli di Montecarlo a Est, che erano stati interessati da una precedente fase di sollevamento da collocare probabilmente tra la fine del Pleistocene inferiore e l'inizio del Pleistocene medio (FEDERICI & MAZZANTI, 1988).

Sempre al Pleistocene medio si ha il definitivo sollevamento delle Pizzorne, come era stato già segnalato da BARTOLINI & *alii* (1980), da BARTOLINI & NISHIWAKI (1985) e da BARTOLINI & *alii* (1984); questi ultimi, correlando le screziature riscontrate alla base delle paleosuperfici delle Pizzorne con quelle presenti nei suoli a plintite dei depositi lacustri e affermando che tali suoli richiedono per il loro sviluppo una morfologia a debole energia di rilievo, ipotizzano che tale area si sia sollevata in un periodo di

<sup>(4)</sup> La ricostruzione paleogeografica dell'area meridionale, sviluppantesi a Sud della linea S. Ginese-Vinci, come è rappresentata nelle figure, non si discosta molto dalle illustrazioni contenute nel lavoro di FEDERICI & MAZZANTI (1988). I figurati delle ricostruzioni paleogeografiche fanno riferimento alla legenda della Fig. 1.

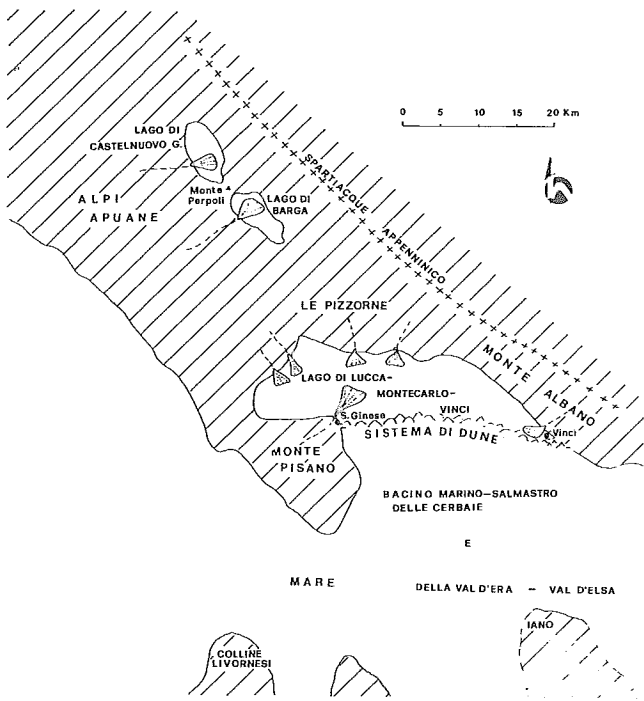


FIG. 2 - La ricostruzione paleogeografica al Rusciniano superiore-Villafranchiano inferiore.

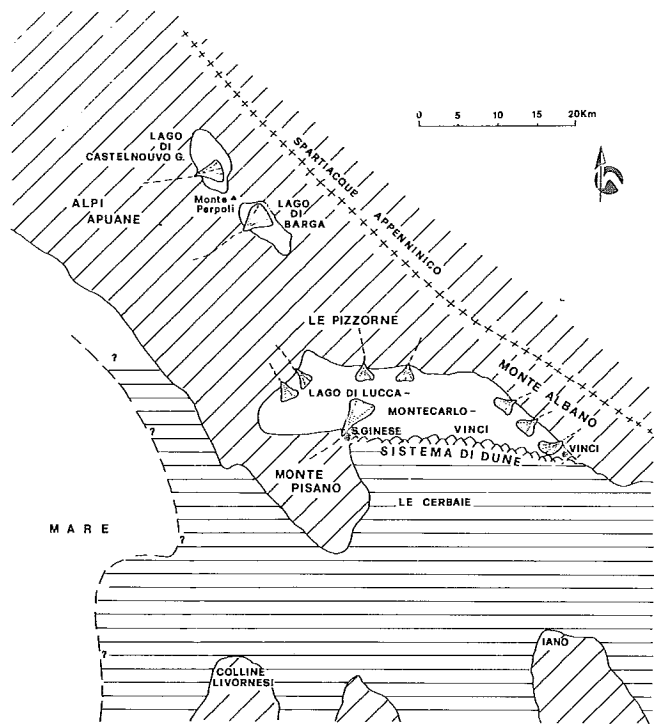


FIG. 3 - La ricostruzione paleogeografica al Villafranchiano medio.

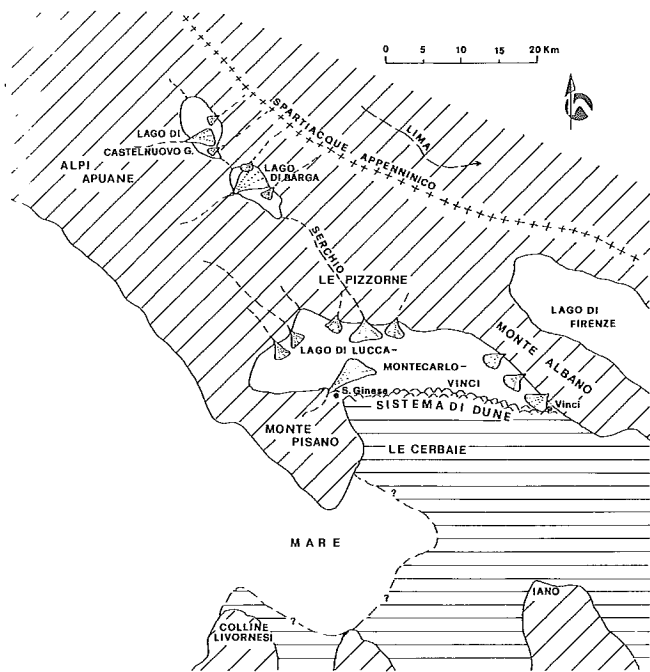


FIG. 4 - La ricostruzione paleogeografica al Villafranchiano superiore.

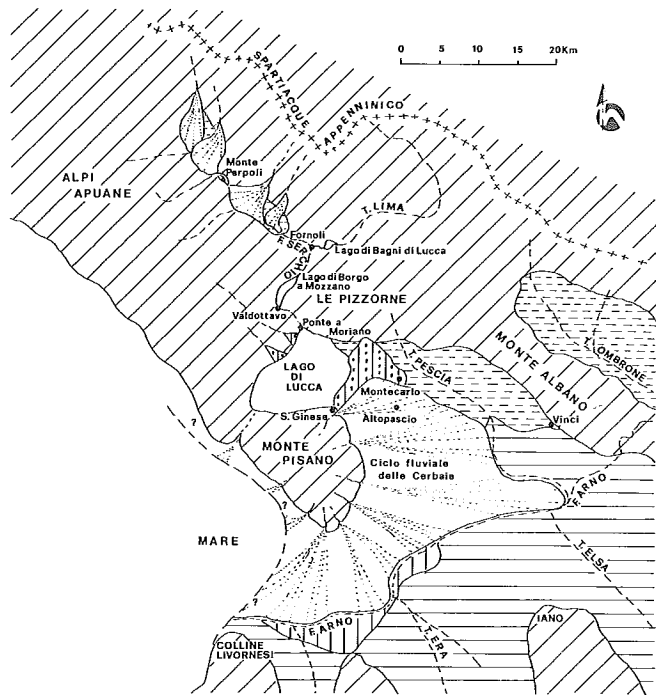


FIG. 5 - La ricostruzione paleogeografica al Pleistocene medio.

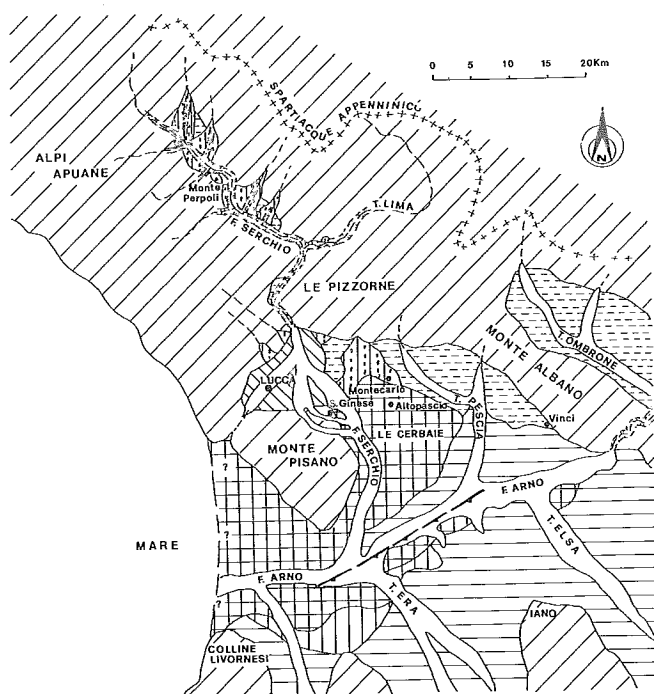


FIG. 6 - La ricostruzione paleogeografica all'interglaciale Riss-Würm.

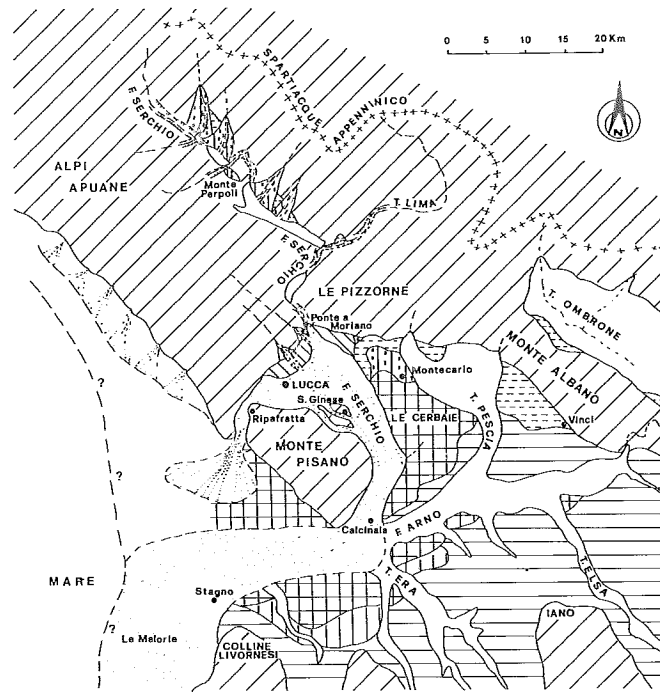


FIG. 7 - La ricostruzione paleogeografica al Würm II (l'area a puntini è caratterizzata dalla presenza di ciottoli provenienti dal bacino del Serchio).

tempo corrispondente alla parte basale del Pleistocene medio. Il sollevamento dell'area suddetta obbliga il Serchio e la Lima, ormai entrata stabilmente nel bacino imbrifero del Serchio (BARTOLINI & PRANZINI, 1988), a cercarsi un nuovo corso; così da un andamento NO-SE, condizionato dalle strutture appenniniche (depressione della Garfagnana), all'altezza di Fornoli il Serchio prende un andamento NE-SO antiappenninico, parallelo al margine settentrionale del sollevamento dell'area delle Pizzorne. Il fiume presenta un percorso «anomalo» fino all'altezza di Valdottavo, da dove incomincia a piegare nuovamente verso Sud-Est, sfruttando probabilmente l'alveo già tracciato di un torrente preesistente; all'altezza di Ponte a Moriano sfocia poi nel lago di Lucca. Il fiume, incontrando nel suo nuovo percorso condizioni strutturali, che favoriscono l'instaurarsi di una soglia, dà luogo al lago di Borgo a Mozzano; altrettanto fa la Lima prima di Bagni di Lucca, originando il lago omonimo.

All'interglaciale Riss-Würm (fig. 6) cominciano a delinearsi i motivi tettonici che individuano il pianalto delle Cerbaie: esso è limitato a Sud da una faglia trasversale e le direttrici tettoniche dell'Appennino settentrionale e decorrente parallelamente alla bassa valle dell'Arno (SESTINI, 1929; GHELARDONI & *alii*, 1968; TREVISAN & *alii*, 1971; MAZZANTI & NENCINI, 1988; DALLAN, 1988; FEDERICI & MAZZANTI, 1988); tale faglia innalza il complesso delle Cerbaie per più di cento metri rispetto a formazioni analoghe poste in sinistra dell'Arno; lo stesso complesso risulta, oltreché sollevato, anche basculato verso NO, secondo un asse di rotazione disposto NE-SO (FEDERICI, 1987).

I sedimenti continentali del Ciclo di Altopascio-Cerbaie non presentano tracce di suoli a plintite, essendosi formati in aree non ancora emerse al Mindel-Riss, ma mostrano invece Acrisols, sviluppatasi su formazioni emerse in condizioni climatiche riferibili al Riss-Würm (MAGALDI & *alii*, 1983).

Secondo FEDERICI & MAZZANTI (1988) si assiste, per la risalita del livello di base dell'Arno, al sovralluvionamento della vallata stessa, posta già in un'area tettonicamente ribassata e incisa precedentemente, durante le fasi glaciali rissiane, da un'attività erosiva, determinata dal glacioeustatismo negativo, che aveva portato a quote più basse il suddetto livello di base. Mentre il Serchio sovralluviona la piana di Lucca, il suo corso meridionale, dopo avere oltrepassato la soglia di Montecatini, si dirige verso Sud lungo un *talweg*, che il fiume stesso aveva modellato, durante le ultime fasi glaciali del Riss, in una zona depressa, compresa tra il fianco occidentale del Monte Pisano e quello delle Cerbaie, diventando tributario dell'Arno.

Dopo Ponte a Moriano (fig. 7) il Serchio, che aveva approfondito il suo corso precedentemente, conosce una nuova fase di alluvionamento riferibile al Würm II (MAZZANTI, 1983; BOSSIO & *alii*, 1986), imputabile ad una fase climatica molto umida, anglaciale (FEDERICI & MAZZANTI, 1988); esso si spinge soprattutto in direzione Sud fino alla confluenza dell'Arno a Calcinaia; a causa dell'impetuosità delle sue acque, che trasportano un notevole carico solido, il Serchio condiziona il corso dell'Arno, spingendolo a ridosso delle colline livornesi. Ghiaie comprendenti elementi quarzitici, calcarei e calcareo-metamorfici,

affioranti attualmente nella parte settentrionale della piana di Lucca (NARDI & *alii*, 1987) e rinvenute a profondità crescenti dal piano di campagna man mano che ci si allontana in direzione Sud e Sud-Ovest (– 23 a Calcinaia, – 57 a Stagno), denotano che il bacino idrologico del Serchio si è molto ampliato, ricevendo torrenti sia dal Monte Pisano sia dal massiccio apuano sia dal versante appenninico. FEDERICI & MAZZANTI (1988), attribuendo al Würm II un livello di ghiaie presente ad una profondità di 26 metri dal piano campagna nella stretta di Ripafratta, ipotizzano che il Serchio abbia seguito anche un percorso più occidentale, coincidente del resto con quello attuale, sfruttando il paleocorso di un torrente a destinazione orientale, che si era individuato in epoche precedenti al Villafranchiano inferiore.

Per quanto riguarda infine gli avvenimenti che hanno interessato la piana di Lucca in relazione allo sviluppo e alle variazioni del corso del Serchio dal Würm III ad oggi si rimanda ai già citati lavori di FEDERICI (1987), FEDERICI & MAZZANTI (1988), NARDI & *alii* (1987), che hanno trattato in maniera esauriente tale argomento.

#### BIBLIOGRAFIA

- ARIAS C., BIGAZZI G. & BONADONNA F.P. (1981) - *Studio cronologico e paleontologico di alcune serie sedimentarie dell'Italia Appenninica*. C.N.R., Progr. Fin. Geodinamica, Pubbl. 356, 1441-1448.
- BARTOLINI C. (1980) - *Su alcune superfici sommitali dell'Appennino settentrionale (prov. di Lucca e Pistoia)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 3, 42-60.
- BARTOLINI C., BERNINI M., CARLONI G.C., COSTANTINI A., FEDERICI P.R., GASPERI G., LAZZAROTTO A., MARCHETTI G., MAZZANTI R., PAPANI G., PRANZINI G., RAU A., SANDRELLI F., VERCESI P.L., CASTALDINI D., FRANCAVILLA F. (1983) - *Carta neotettonica dell'Appennino settentrionale. Note illustrative*. Boll. Soc. Geol. It., 101 (1982), 523-549.
- BARTOLINI C., BIDINI D., FERRARI G.A. & MAGALDI D. (1984) - *Pedostratigrafia e morfostatigrafia nello studio delle superfici sommitali situate fra Serchio e Ombrone Pistoiese*. Geogr. Fis. Dinam. Quat. 7, 3-9.
- BARTOLINI C. & NISHIWAKI N. (1985) - *Uplift model by analysis of an Apennine region lying south of the Lima river (Northern Tuscany)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 14-22.
- BARTOLINI C. & PRANZINI G. (1979) - *Dati preliminari sulla neotettonica dei F. 97, 105 e 106*. C.N.R. Prog. Fin. Geodinamica, Pubbl. 251, 481-523.
- BARTOLINI C. & PRANZINI G. (1980) - *Dati preliminari sulla neotettonica dei F. 105, 107, 113, 114, 115, 121, 123*. C.N.R. Prog. Fin. Geodinamica, Pubbl. 356, 1011-1071.
- BARTOLINI C. & PRANZINI G. (1988) - *Evoluzione dell'idrografia nella Toscana centro-settentrionale*. Boll. Mus. St. Nat. Lunigiana, 6-7, (1986-1987), Aulla, 79-83.
- BOCCALETTI M. & COLI M. (1985) - *La tettonica della Toscana: assetto ed evoluzione*. Mem. Soc. Geol. It., 25 (1983), 51-62.
- BOSSIO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., NENCINI C., PASQUINUCCI M., SALVATORINI G. & SANESI G. (1986) - *Schéma stratigraphique et morphologique du Pleistocène et de l'Holocène de la Toscane côtière à l'aide de la paléontologie, de la palethnologie, de la pédologie, de l'archéologie et de la cartographie pré-géodésique*. L'Antropologie, 90 (1), Paris, 3-8.
- DALLAN L. (1988) - *Ritrovamento di *Alephis lyrix* nelle argille della serie lacustre di Montecarlo (Lucca) e considerazioni stratigrafiche sui depositi continentali dell'area tra il Monte Albano e il Monte Pisano*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., Ser. A, 95, 1-17.
- DALLAN L., NARDI R., PUCCINELLI A., D'AMATO AVANZI G. & TRIVELLINI M. (1991) - *Valutazione del rischio da frana in Garfagnana e nella media valle del Serchio (Lucca)*. 3) *Carta geologica e carta della franosità degli elementi «Sillano», «Corfino», «Fosciandora» e «Coreglia»*. Boll. Soc. Geol. It. (in stampa).
- EVA C., GIGLIA G., GRAZIANO F. & MERLANTI F. (1978) - *Seismicity and its relation with surface structures in the North-Western Apennines*. Boll. Geof. Teor. Appl., 20, 263-277.
- FEDERICI P.R. (1987) - *Il territorio del Bientina: dalla Geologia alla Storia*. In: *Il padule di Bientina: aspetti naturalistici ed agronomici*. 23-54. Pacini Ed., Pisa.
- FEDERICI P.R. & MAZZANTI R. (1988) - *Paleogeographic features of the drainage pattern in the Lower Arno Valley and the Serchio Valley in Tuscany (Italy)*. J. Meeting on Geom. Hazard, I.G.U.; (Versione italiana: *L'evoluzione della paleogeografia e della rete idrografica del Valdarno inferiore*). Boll. Soc. Geogr. It., ser. XI, 5, 573-615.
- GHELARDONI R., GIANNINI E. & NARDI R. (1968) - *Ricostruzione paleogeografica dei bacini neogenici e quaternari della bassa valle dell'Arno sulla base dei sondaggi e dei rilievi sismici*. Mem. Soc. Geol. It., 7, 91-106.
- MAGALDI D., BIDINI D., CALZOLARI C. & RODOLFI G. (1983) - *Geomorfologia, suoli e valutazione del territorio tra la piana di Lucca e il padule di Fuocchio*. Annali Ist. Sper. Difesa del suolo, 14, 21-108.
- MARRONI M., MAZZANTI R. & NENCINI C. (1990) - *Geologia e morfologia delle Colline Pisane*. Suppl. n. 1 ai Quad. Mus. Stor. Nat. di Livorno, 11, 1-40.
- MAZZANTI R. (1983) - *Il punto sul Quaternario della fascia costiera e dell'arcipelago di Toscana*. Boll. Soc. Geol. It., 102, 419-556.
- MAZZANTI R. & NENCINI C. (1986) - *Geologia della Val d'Era*. Quad. Mus. Stor. Nat. di Livorno, 7, 1-37.
- NARDI R., NOLLEDI G. & ROSSI F. (1987) - *Geologia e idrogeologia della piana di Lucca*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 10, 1-30.
- NENCINI C. (1983) - *Il passaggio Plio-Pleistocene e i sedimenti plio-pleistocenici delle colline di Monte Castello (Pisa)*. Boll. Soc. Geol. It., 102, 391-398.
- RICCIARDI E. (1952) - *Studio geologico del Quaternario della regione di Altopascio-Montecarlo in Lucchesia*. Tesi di laurea Fac. Sc. M. F. N., Univ. Pisa (inedita).
- RISTORI E. (1984) - *Studio geologico del Quaternario delle Colline di Montecarlo (Lucca)*. Rilevamento e Paleontologia. Tesi di laurea Fac. Sc. M. F. N., Univ. Firenze (inedita).
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969) - *Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000: Foglio 105 Lucca*. Litografia Artistica e Cartografica, Firenze.
- SESTINI A. (1929) - *Appunti morfologici sulla regione «Le Cerbaie»*. Boll. Soc. Geogr. It., ser. VI, 6, 318-325.
- SQUARCI P. & TAFFI L. (1967) - *Sulla presenza di tufiti in depositi fluvio-lacustri del Valdarno inferiore*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. Ser. A, 74, (1), 37-42.
- TREVISAN L., BRANDI G.P., DALLAN L., NARDI R., RAGGI G., RAU A., SQUARCI P., TAFFI L. & TONGIORGI M. (1971) - *Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 105 Lucca*. 1-51. Min. Ind. Comm. Art., Serv. Geol. d'It., 51 pp.