

METODOLOGIE E PRIMI RISULTATI DI NEOTETTONICA NEL MODENESE E TERRITORI LIMITROFI

Memoria dell' ISTITUTO DI GEOLOGIA DELL'UNIVERSITÀ DI MODENA

RIASSUNTO

Questa nota, che rappresenta la sintesi dei risultati conseguiti da ricercatori dell'Istituto di Geologia dell'Università di Modena, riguarda tutta la provincia di Modena, dal crinale appenninico sino alla bassa pianura, comprendendo anche le parti confinanti delle province di Reggio Emilia, Mantova, Ferrara e Bologna. I ricercatori che hanno collaborato allo studio hanno seguito metodologie differenti: da quelle tradizionali geologiche, a quelle morfoneotettoniche, idrogeologiche e idrochimiche. Alcune di queste, che trovano scarso riscontro in letteratura, almeno in Italia, hanno fornito interessanti risultati e per esse si può prevedere uno sviluppo sistematico in altre aree, come ad esempio per lo studio della litologia di superficie e per la chimica delle acque di falda nelle aree di pianura. L'area studiata è stata suddivisa in tre settori, differenziati da un punto di vista altimetrico (montagna, collina, pianura), per i quali sono stati impiegati criteri d'indagine diversi.

Per l'area di montagna, studiata essenzialmente con metodologia geomorfologica da parte di A. CARTON, D. CASTALDINI, F. MANTOVANI, M. PANIZZA e R. SPINA, vengono illustrati schematicamente i criteri metodologici, che consistono in analisi preliminari su fotografie aeree a scala 1.66.000 e in verifiche e rilevamenti sul terreno, che hanno consentito una sintesi morfoneotettonica. Si sono riscontrati sicuri indizi di movimenti tettonici recenti e in parte ancora in atto; questi, costituiti da faglie con rigetto verticali e/o orizzontali, evidenziano una neotettonica con direzioni di fratture ricalcanti gli antichi movimenti ad orientamento appenninico a antiappenninico.

Nell'area di collina, sino ad ora studiata da A. ANNOVI, P. FREGNI e G. GASPERI dal punto di vista stratigrafico e strutturale, sono state prese in considerazione essenzialmente le sequenze post-orogene plio-quaternarie. La ricostruzione della stratigrafia ha portato a riconoscere una successione marina del Pleistocene potente oltre 600 m e che quindi indica una forte subsidenza durante il Quaternario antico. Attualmente il Pleistocene si presenta dislocato da faglie e da pieghe, anche rovesciate e sovrascorse verso NNE. I depositi alluvionali, ricoperti da un paleosuolo Mindel-Riss non sono stati invece interessati dalla tettonica plicativa.

L'area di pianura è stata studiata da D. CASTALDINI, A. COLOMBETTI, P. FAZZINI, G. GASPERI, R. GELMINI, G. LOSCHI, M. PANIZZA, M. PELLEGRINI e G. SIGHINOLFI. Lo studio della distribuzione delle diverse classi granulometriche dei depositi alluvionali e l'interpretazione delle fotografie aeree hanno consentito di trarre utili indicazioni per la ricostruzione dell'evoluzione dell'idrografia. Le correlazioni litografiche di pozzi per acqua hanno permesso di

evidenziare disturbi tettonici fino a circa 200 m di profondità. In superficie sono stati rilevati movimenti riferibili a faglie attive. Lo studio del chimismo delle acque di falda ha permesso di evidenziare stretti rapporti con le aree di tettonica attiva: ad esempio tutte le falde idriche dei materiali alluvionali, posti al di sopra della « Dorsale ferrarese », sono caratterizzati da acque ad elevato contenuto alogenico e, saltuariamente, ad elevata concentrazione di elementi tipici di acque profonde o di sistemi geotermici, quali silicio, K, etc.

ABSTRACT

This work representing the synthesis of the results obtained by three groups of researchers of the Institute of Geology of the University of Modena, concerns all the province of Modena from the crest of the Apennines to the lower plain, including also the bordering areas of the provinces of Reggio Emilia, Mantova, Ferrara and Bologna. The researchers who took part in the study followed different methodologies ranging from those of traditional geology to those of morphoneotectonics, hydrogeology and hydrochemistry. Some of these, which are scarcely found in literature, at least in Italy, have given interesting results and they are likely to undergo a systematic development in other areas, like to study of surface lithology and the chemistry of the waters of the water table in the plain. The area studied was divided into three sectors, distinguished altimetrically (mountain, hill and plain), for which different criteria of investigation were applied.

For the mountain area, essentially studied with a geomorphological methodology, the methodological criteria are schematically illustrated, consisting in preliminary analysis of aerial photographs, scale 1.66.000, and ground surveys and tests which permitted morphoneotectonics synthesis. Sure indications were found of recent and, in part, still present tectonic movements which, composed of faults, have been synthesized in some morphoneotectonic maps with vertical and/or horizontal lines. There has been shown to be tectonic activity with fractures following the direction of the ancient appennine and antiappennine oriented movements.

In the hill area, studied until now stratigraphically and structurally, the post-orogene plio-quaternary sequences have essentially been considered. The stratigraphy reconstruction has led to the recognition of a Calabrian marine succession evident over 600 m, therefore indicating strong subsidence during the ancient Quaternary. At present, the Calabrian is seen to be dislocated by faults and folds, also overfolds towards NNE. The alluvial

deposits, covered with Mindel-Riss paleosol were, however, unaffected by plicative tectonics.

The plain was the area studied with most methodologies. The surface examination showed the distribution of the different granulometric classes of alluvial deposits, thus consenting the individuation of useful indications for hydrography evolution reconstruction. For example, some ancient meanders of the River Po, individuated from lithological and aerophotographical studies, are shown to be in line with present bends controlled by an antiappennine oriented fault. Still in the plain area, some deformations caused by faults, have been observed directly on the surface in correspondence with the apices of the "Ferrara Ridge". Analogous disjunctive phenomena have been individuated in depth according to the structural reconstruction of the aquifers near the margin of the hills and corresponding to the "Ferrara Ridge".

The study of the chemistry of the water of the water table, put into evidence the close connection between the areas of tectonic activity: for example, all the water tables of alluvial materials, above the Ferrara Ridge, are characterized by waters with an elevated halogenic content and, occasionally, by high concentrations of elements typical of deep waters or geothermic systems, like silicon, K, etc.

1. GENERALITA'

Questa nota rappresenta la sintesi dei risultati conseguiti nel Modenese dagli operatori dell'U.O. 6.2.13 (resp. M. PANIZZA) del sottoprogetto « Neotettonica », nell'ambito del Progetto finalizzato « Geodinamica » (1). L'area studiata riguarda tutta la provincia di Modena, dal crinale appenninico sino alla bassa pianura, comprendendo anche alcune parti confinanti delle province di Reggio Emilia, Mantova, Ferrara e Bologna. I ricercatori che hanno collaborato allo studio hanno seguito metodologie differenti: da quelle tradizionali geologiche, a quelle morfoneotettoniche, idrogeologiche e idrochimiche. Alcune di queste, che trovano scarso riscontro in letteratura, almeno in Italia, hanno fornito interessanti risultati e per essi si può prevedere uno sviluppo sistematico in altre aree: come ad esempio lo studio della litologia di superficie e la chimica delle acque di falda, nella pianura. L'area è stata suddivisa in tre settori, differenziati da un punto di vista altimetrico (montagna, collina, pianura), per i quali sono stati impiegati criteri d'indagine generalmente diversi.

Il settore di montagna appenninica è stato studiato essenzialmente con metodologia geomorfologica, cioè con studi di morfoneotettonica (2) e con rilevamenti sul terreno. Quello collinare è stato analizzato sia dai punti di vista stratigrafico e strutturale, che da quello

morfologico. L'area di pianura è stata quella studiata con il maggior numero di metodologie: analisi granulometrica dei depositi superficiali, studio fotogeomorfologico per l'individuazione di paleoalvei, correlazioni stratigrafiche di sondaggi per acqua e studio del chimismo delle acque di falda. Per questo settore si è fatto riferimento anche ai dati acquisiti dall'ENI per la ricerca di idrocarburi e a ricostruzioni di eventi storici.

Gran parte delle ricerche sono state condotte nell'ambito del Progetto finalizzato « Geodinamica » e in particolare del sottoprogetto « Neotettonica »; altre sono state eseguite nel quadro del programma I.R.S.A. sulle falde acquifere o di altri programmi sia del C.N.R. che di Enti pubblici o privati. Ad esse hanno collaborato i ricercatori seguenti, suddivisi in tre settori. Per l'area appenninica: A. CARTON, D. CASTALDINI, F. MANTOVANI, M. PANIZZA e R. SPINA; per quella collinare: A. ANNOVI, P. FREGNI e G. GASPERI; per quella di pianura: D. CASTALDINI, A. COLOMBETTI, P. FAZZINI, G. GASPERI, R. GELMINI, G. LOSCHI, M. PANIZZA, M. PELLEGRINI e G. SIGHINOLFI (3).

2. NEOTETTONICA DELL'AREA APPENNINICA

L'area presa in considerazione è limitata a S dal crinale appenninico, fra il monte Poggio dei Lagoni (a SE) e il Passo Pradarena (a SW), e a N dalle colline del margine appenninico, tra Savigno (a NE) e Pietre (a NW).

Le indagini impiegate in quest'area sono basate essenzialmente su criteri geomorfologici secondo le norme contenute nel fascicolo *Proposta per un progetto operativo per l'elaborazione della Carta Neotettonica d'Italia* (P. F. « Geodinamica », Roma, 30-11-1976) e successivamente modificate e integrate dall'esperienza di lavoro durante i vari momenti della ricerca.

In particolare le fasi dell'elaborazione sono state tre. Una prima fase è consistita nel censimento di particolarità morfologiche dedotte da foto aeree alla scala 1:66.000, secondo l'elenco riportato nelle pagine 9 e 10 della « Proposta » sopracitata e secondo la legenda contenuta nell'allegato 2 dello stesso documento. Durante questa fase non è stato intenzionalmente affrontato l'aspetto genetico delle morfosculture censite, per partire da un documento di base il più obiettivo possibile e quindi uniforme per tutto il territorio.

Una seconda operazione è stata la selezione,

(1) Pubblicazione del P.F. « Geodinamica » n. 143.

(2) Per *morfoneotettonica* si intende lo studio delle relazioni fra forme del rilievo e neotettonica (PANIZZA & PIACENTE, 1976).

(3) Tutti i ricercatori afferiscono all'Istituto di Geologia dell'Università degli Studi di Modena, ad eccezione di G. SIGHINOLFI che è dell'Istituto di Mineralogia e Petrologia della stessa Università.

in base a documenti geologici (carte, pubblicazioni), delle forme del rilievo dovute alla struttura passiva, cioè al contatto tra rocce con diversa coerenza o a giaciture tettoniche particolari: sono state cioè scartate le morfosculture legate all'erosione selettiva in quanto questa è risultata inversamente proporzionale alla vivacità neotettonica. Durante questa fase è stato anche affrontato il problema della genesi delle forme censite.

Una terza fase è consistita in controlli o rilevamenti di dettaglio sul terreno, atti a verificare se le forme del rilievo considerate avevano un'effettiva causa neotettonica. In particolare, nel caso di un fenomeno di tipo lineare, come ad esempio una faglia, questa conferma è stata fornita dalla constatazione sul terreno della dislocazione, oppure, nel caso di impossibilità di questa verifica, per mancanza ad esempio di affioramenti, dalla convergenza spaziale di più indizi congruenti e dall'assenza di prove contrarie. Nel caso di un fenomeno di tipo areale, come ad esempio un sollevamento, è stata la convergenza spaziale di numerosi indizi a convalidare l'ipotesi neotettonica. A conclusione di questa terza fase è stato cartografato il fenomeno tettonico secondo una legenda di sintesi (pag. 19 della « Proposta » sopra ricordata, parzialmente modificata).

E' noto dalla letteratura che l'Appennino settentrionale, del quale fa parte l'area qui presa in esame, ha continuato a sollevarsi anche nel Quaternario, con movimenti differenziali e fasi di stasi; questi movimenti e fasi, tuttavia, sono poco o per niente conosciuti. Scopo della ricerca è stato quello di precisare questi dettagli, nel contesto del generale sollevamento, la sua differenziazione spaziale e temporale, e le linee tettoniche lungo le quali si è verificata maggiore attività dall'inizio del Pliocene all'Attuale.

Lo studio eseguito secondo la metodologia descritta ha condotto all'individuazione di numerose linee tettoniche, di cui le più importanti sono qui di seguito illustrate. La fig. 1 sintetizza il quadro neotettonico dal Pliocene all'Attuale, con indicazione dei principali movimenti dislocativi. In essa sono indicate anche altre dislocazioni meno significative.

Faglia del F. Secchia. Importante dislocazione che attraversa la formazione triassica dei gessi e dolomie calcaree (G.S.U.E.G., 1976). In base agli elementi raccolti finora, gli indizi geomorfologici relativi soprattutto all'idrografia, non appaiono sufficienti a chiarire i movimenti, che sembrano discontinui sia nel tempo che nello spazio (verso del movimento). Sembra comunque che la dislocazione non si sia mossa recentemente.

Faglia di S. Andrea Pelago. Si tratta di una faglia a prevalente componente orizzontale, evidenziata da una serie di morfosculture particolari e di allineamenti morfologici tra loro in relazione, quali gomiti doppi, confluenze controcorrente, discontinuità palmoaltimetriche di crinale, contropendenze allineate e terrazzi incisi in più ordini (5 ordini). Questa linea tettonica non ha potuto trovare un riscontro sul terreno, in quanto completamente mascherata da copertura detritica; tuttavia l'inesistenza di elementi contrari ha potuto confermare l'ipotesi. E' stata riferita al Würm, non può escludersi un'attività precedente.

Faglie Civago-Lago Santo. Coppia di faglie a direzione NW-SE dotate di componente verticale, con innalzamento del labbro meridionale. Un sollevamento differenziale interessa la conca di Civago. I movimenti sono stati riferiti all'Olocene ma non può essere esclusa un'attività anche precedente.

Faglie Monte Cimone-Cresta del Gallo. Coppia di faglie a componente verticale che ha portato ad un abbassamento dell'area Fellicarolo-Riolunato. Al riconoscimento del fenomeno concorrono più elementi tra cui: valli ad andamento rettilineo, fenomeni di frana allineati, corpi di frana in massa, gomiti fluviali, crinali rettilinei, discontinuità planimetriche. Poiché queste dislocazioni interessano depositi morenici würmiani, esse sono state riferite all'Olocene. La faglia più settentrionale disloca una linea tettonica impostata lungo la valle dell'Ospitale.

Faglia del T. Scoltenna. Faglia a direzione NW-SE dotata di componente sia orizzontale che verticale. Alla sua precisa ubicazione concorrono vari elementi: area soggetta ad intensi fenomeni di frana, crinali ad andamento rettilineo, gomiti doppi e valli ad andamento rettilineo. I fenomeni di degradazione attuale fanno ritenere questo movimento tuttora attivo.

Faglie del T. Rossenna. Faglia ad andamento NW-SE subparallela al corso del T. Rossenna. L'innalzamento della parte nord-orientale è marcata da un allineamento di contropendenze, aree in erosione ed aree in frana. I fenomeni in frana, tuttora in atto, la fanno ritenere in attività.

Faglia del T. Dolo. Faglia EW con movimenti sia orizzontali che verticali ma con prevalenza di questi ultimi ed innalzamento del labbro meridionale. Lungo il T. Dolo è riportata dalla carta geologica 1:100.000, mentre nel tratto Monzone-Costabona è evidenziata da una serie di contropendenze allineate. Appare tuttora attiva.

Faglia di Pavullo. Si tratta di una dislocazione a prevalente direzione NS, dotata di componente verticale, che ha portato ad un innalzamento del labbro orientale. Tale movimento tettonico ha provocato la cattura del fiume Scoltenna-Panaro da parte del T. Leo; l'età della cattura è stata attribuita al Pleistocene medio (PANIZZA, 1975).

Faglie Sestola-Fanano. Fascio di faglie a direzione prevalente NE-SW. Si distingue un fascio di faglie a componente verticale ubicato nell'area Sestola-Fanano ed una faglia a prevalente componente orizzontale disposta nella valle dell'Ospitale. Questo fascio di dislocazioni è stato riferito al Würm sulla base delle osservazioni compiute sui depositi terrazzati conseguenti ai movimenti tettonici (PANIZZA *et al.*, in corso di stampa).

Faglie M. Acuto-M. Mocogno. Serie di faglie subparallele a direzione NE-SW, a prevalente componente verticale, che delimita l'area di M. Mocogno-M. Acuto, in abbassamento. Una di queste dislocazioni ha trovato riscontro sul terreno, mentre l'altra mascherata da copertura detritica, è confermata dall'inesistenza di prove geologiche contrarie.

Dall'analisi dei primi risultati ottenuti si è notato un aumento degli elementi neotettonici lineari dai periodi più antichi all'Olocene. Questa tendenza è accompagnata da un'orientazione preferenziale degli elementi stessi in senso appenninico. Questi risultati possono trovare anche spiegazioni nella particolare costituzione geolitologica dell'Appennino. Infatti la natura prevalentemente marnoso-argillosa delle rocce condiziona in modo determinante la degradazione del rilievo, di conseguenza antiche paleoforme, indizi di tettonica non attuale, possono venire cancellate dai fenomeni di erosione. E' naturale dunque che tracce morfologiche di neotettonica siano tanto più evidenti quanto più recenti, mentre quelle più antiche restano scolpite soltanto nelle rocce più resistenti.

L'estensione degli studi in tutto l'arco appenninico settentrionale probabilmente permetterà di risolvere questo problema.

3. NEOTETTONICA DELL'AREA COLLINARE

Questo territorio dell'Appennino modenese coincide con l'area di affioramento del Pliocene e del Quaternario, cioè del «Neoautoctono» o meglio del Complesso Postorogeno dell'Appennino. Gli studi di Neotettonica in questo settore hanno utilizzato soprattutto il metodo stratigrafico, oltre al rilevamento di campagna e a controlli morfologici su foto aeree. Dal punto

di vista stratigrafico è stata studiata in dettaglio una potente sezione quaternaria marina, campionata sul T. Tiepido: sono state eseguite analisi paleontologiche su Foraminiferi, nannoplancton e pollini, oltre a ricerche pedologiche e sedimentologiche. Gli studi paleontologici sono stati estesi anche a campioni raccolti nell'area far il F. Panaro e F. Secchia per una comparazione con la sezione del T. Tiepido.

I rilevamenti sul terreno e lo studio delle foto aeree sono stati rivolti soprattutto alle forme terrazzate: la comparazione dei dati sulla morfologia, l'ubicazione, l'altimetria, l'inclinazione e la litologia, ha messo in evidenza alcune dislocazioni che hanno trovato continuazione e conferma nell'area appenninica precedentemente descritta. Comunque le ricerche nell'area collinare ed in particolare i raccordi con il settore appenninico sono ancora in corso.

Lo studio della stratigrafia e della tettonica dei sedimenti tardorogeni del tratto di Appennino tra il F. Secchia e il F. Panaro ha messo in evidenza dati nuovi, che consentono di delineare un quadro della geologia di quest'area assai diverso da quello già noto e soprattutto interessante per la ricostruzione dell'evoluzione recente.

Dal punto di vista stratigrafico è stata presa in esame dettagliatamente una successione affiorante lungo l'alveo del T. Tiepido (ANNOVI *et al.*, 1978) oltre a un gran numero di campioni distribuiti in tutta l'area. Da questi dati emerge che l'ampia fascia di affioramento delle argille indicate come plioceniche-quaternarie nel foglio «Modena» della Carta Geologica d'Italia non è più antica del Quaternario basale ed è direttamente trasgressiva sui Complessi liguri o su quelli emiliani; hanno invece grande estensione le argille pleistoceniche inferiori (cenozona a *Globigerina pachyderma*; cenozona a *Hyalinea balthica*). Il Pliocene superiore (zona a *Globorotalia inflata*) è limitato a un piccolo tratto tra il F. Panaro e Villabianca e il Pliocene inferiore (zona a *Globorotalia margaritae*) affiora in lembi separati e ricoperti dalle argille del Pliocene superiore-Quaternario tra il T. Tiepido e il F. Secchia.

La sezione del T. Tiepido è caratterizzata da uno spessore relativamente alto (circa 600 m) di una monotona sequenza di sedimenti marini argillo-siltosi, a cui fanno seguito sabbie e ghiaie litorali e quindi depositi continentali anche grossolani per meno di 100 m di potenza. L'età della base della successione è collocabile al Quaternario basale, l'età del tetto della parte marina, per ora definito solo in base ai Foraminiferi, è riferibile alla parte alta del Pleistocene inferiore, ma fors'anche più recente. La sezione abbraccia, al massimo, un intervallo di tempo di circa un milione di anni.

Le caratteristiche sedimentologiche, oltre che faunistiche, suggeriscono un ambiente di sedimentazione di mare chiuso, poco profondo, neritico infralitorale, con scarsa energia e a sedimentazione clastica per lo più fine. Così infatti doveva essere nel Pleistocene inferiore il mare nell'area in oggetto: chiuso a SW dal Paleo-Appennino, da cui venivano gli apporti detritici, e verso nord, cioè verso la pianura padana, da un rosario di isole che segnavano le zone strutturalmente più elevate della « Dorsale Ferrarese », sommersa solo nel Pleistocene superiore (AGIP MINERARIA, 1959). La subsidenza è abbastanza elevata (0,7 mm/anno) e paragonabile con le zone maggiormente subsidenti della pianura padana.

Dal punto di vista tettonico tra il F. Panaro e il F. Secchia, sono state individuate alcune strutture tettoniche, che dislocano i sedimenti quaternari. Tra queste importante appare la flessura, in alcuni tratti passante a piega-faglia, che, con andamento appenninico, è posta proprio al margine delle colline ed è causa, in alcuni tratti, del rovesciamento verso NE delle argille calabrianne. Il fianco N di questa piega è quasi ovunque coperto dai depositi alluvionali dell'alta pianura. Questa struttura è stata seguita per una decina di chilometri dal F. Secchia sino a E del T. Tiepido.

A est della flessura descritta e parallela ad essa compaiono due faglie, che sembrano arrestarsi in prossimità del F. Panaro mentre a W sono interrotte da una faglia a direzione antiappenninica. Esse dislocano le argille pleistoceniche disposte a dolce monoclinale immersa verso NE. La più settentrionale di queste faglie, posta al margine delle colline verso l'alta pianura, ha provocato un relativo abbassamento del blocco posto a nord e un basculamento di quello a sud, con abbassamento del labbro orientale. Questo basculamento deve essere stato piuttosto recente o è ancora in atto, come sembrano testimoniare le valli, che, con andamento SSW-NNE, appaiono asimmetriche, con il fianco orientale più ripido: la litologia e le condizioni di giacitura sono d'altra parte simili sui due fianchi vallivi.

Basculamenti di blocchi del tipo ora accennato (relativo abbassamento del lato orientale per mezzo di faglie antiappenniniche e migrazioni dei corsi d'acqua verso est) sono probabilmente la causa della conservazione dei terrazzi solo sul lato sinistro dei fiumi maggiori Secchia e Panaro. Le strutture individuate sono indizio di movimenti tettonici recenti o recentissimi non solo dovuti a movimenti verticali, ma anche a dislocazioni con notevole componente orizzontale, come la flessura prima descritta. Questa piega, a luoghi rovesciata verso la pianura, è imputabile a movimenti di ti-

po gravitativo, che hanno dato luogo ad un avanzamento del Pleistocene inferiore verso settentrione. L'entità del movimento è probabilmente molto maggiore di quanto non sia misurabile dallo sviluppo della piega stessa, forse ne è seguito un raddoppio nella serie pleistocenica. L'età di questa tetto-genesi potrebbe essere collocabile tra il Pleistocene inferiore (età dei sedimenti coinvolti) e l'interglaciale Mindel-Riss: infatti dei depositi continentali con un paleosuolo mindel-rissiano sembrano troncarsi, con andamento suborizzontale, la struttura.

Riguardo all'entità di movimenti verticali si può notare che la base trasgressiva dei sedimenti pleistocenici affiora con assetto prossimo alla verticale in parecchi punti, a circa 400 m di quota; lo spessore dei sedimenti depositi dall'inizio del Quaternario è, come si è visto, di circa 700 m. Ciò significa che la linea ove affiora la base ha subito durante il Pleistocene inferiore una subsidenza di 700 m (cioè circa 0,7 mm/anno) e nel Pleistocene superiore-Olocene un sollevamento di 1.100 m con una velocità media di 1,4 mm/anno, circa.

4. NEOTETTONICA DELL'AREA DI PIANURA

Le uniche notizie pubblicate sulla geologia del substrato prequaternario della pianura studiata risalgono essenzialmente ai dati acquisiti dall'ENI negli anni '50 per la ricerca di idrocarburi (AGIP MINERARIA, 1959); le prospezioni più recenti sono state solo parzialmente pubblicate (ENI, 1972) e riguardano stratigrafie di pozzi, logs elettrici e termici. Pur nella convinzione che i dati acquisiti dopo il 1957 abbiano modificato il quadro geologico della regione, tuttavia come schema generale si può assumere il seguente: dal margine collinare alla via Emilia (alta pianura) si ha la « zona delle pieghe pede-appenniniche », cioè una successione di sinclinali e anticlinali con asse e vergenza appenninica, spesso fagliate e sovrascorse sul fianco nord; l'area di media pianura, corrispondente a quella grande struttura depressa (« sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia ») dove il Quaternario raggiunge uno dei massimi spessori della Pianura Padana (2.000 metri); la bassa pianura a N di Mirandola, o Pianura del Po in senso stretto, corrispondente alla struttura positiva della « Dorsale Ferrarese » dove, in talune culminazioni, il Quaternario si assottiglia sino a poche decine di metri. Questa struttura ha andamento anti-meridiano e solo a W di Mirandola, assume, almeno in apparenza, direzione NE-SW, raggiungendo la zona di Correggio.

La ricostruzione stratigrafica e strutturale del Quaternario, la distribuzione delle classi



Fig. 2 - Schema neotettonico dell'area della Pianura padana compresa tra i fiumi Enza, Po e Panaro. **Legenda:** 1) faglie rilevabili sul terreno; 2) faglie rilevabili nei primi 200 metri di profondità, mediante correlazione fra litostratigrafie di pozzi per acqua; 3) faglie rilevabili da riprese da satellite; 4) tracce di paleo-alvei rilevabili direttamente sul terreno e/o da fotografie aeree; 5) principali strutture anticlinali; 6) principali strutture sinclinali; 7) tracce delle sezioni; 8) affioramenti di terreni marini di età quaternaria e prequaternaria (margine collinare appenninico).

granulometriche in superficie e l'evoluzione della rete idrografica dimostrano chiaramente che queste strutture hanno subito movimenti tettonici, in parte tuttora in atto. Già nel 1968 GASPARI & PELLEGRINI avevano individuato nella zona di Mirandola, sulla base di alcune stratigrafie con descrizione litologica particolarmente dettagliata, alcuni dislivelli tra orizzonti analoghi (70 m in 800 m). Questi si attenuano via via verso la superficie e sono comunque anco-

ra evidenti intorno ai 40 m di profondità; essi sono stati imputati a faglie, tenuto conto che nella medesima zona i rilievi sismici avevano evidenziato faglie e che si aveva presenza di abbondante gas metano a poca profondità, sfruttato localmente sino a qualche anno fa, e che ora, cessato il pompaggio, dà luogo a manifestazioni superficiali tipo « salse » (località varie del Comune di Mirandola). I successivi studi promossi dall'IRSA sulle falde acquifere

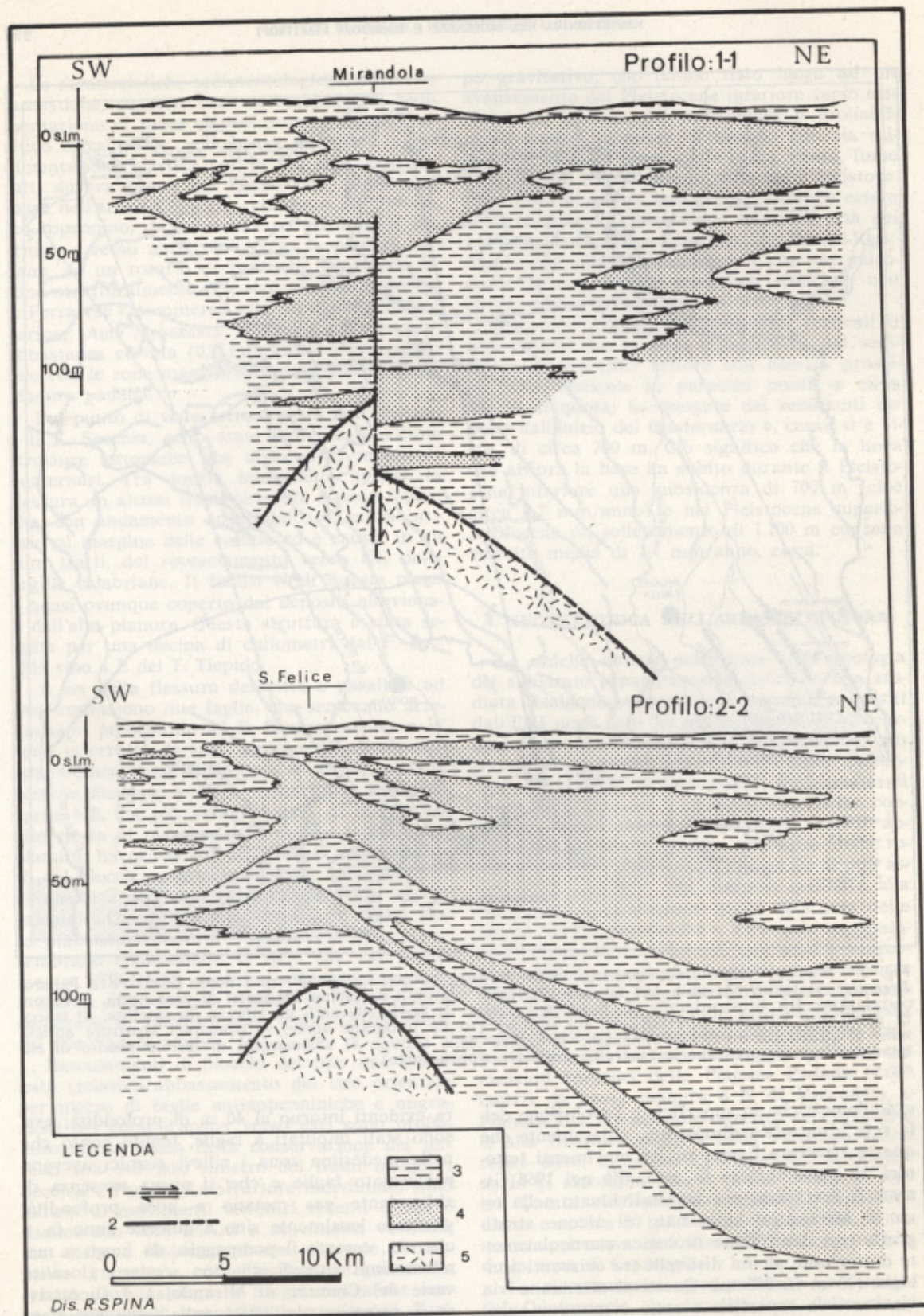


Fig. 3 - Sezioni geologiche 1-1 e 2-2, relative allo schema della Fig. 2. *Legenda:* 1) faglie probabili; 2) top del substrato marino, di età compresa tra il Messiniano e il Calabrianiano; 3) depositi alluvionali limo-argillosi; 4) depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi con livelli di ghiaie; 5) substrato marino, generalmente costituito da argilliti e marne con rare intercalazioni sabbioso-conglomeratiche.

nella Pianura Padana (PELLEGRINI *et al.*, 1976) riconfermarono il fatto, mentre rivelarono una situazione analoga a Vallalta di Concordia sul Secchia e a San Felice sul Panaro: si tratta di deformazioni antiformi nella copertura alluvionale sempre in corrispondenza delle culminazioni della « Dorsale Ferrarese ».

Analoghe corrispondenze tra strutture del substrato e quelle della copertura alluvionale, rilevate sempre mediante correlazioni tra litostratigrafie, si hanno presso il margine collinare, generalmente in prosecuzione delle strutture affioranti nel prede-Appennino: così presso Castelnuovo Rangone (Modena), Montecchio, Bibbiano, Quattro Castella (Reggio Emilia) si riscontrano deformazioni per faglia o piega. Nell'alta pianura reggiana, sulla destra del F. Enza, nelle forme terrazzate comprese tra Cavriago e Quattro Castella si hanno ondulazioni e dislivelli del substrato marino, Calabriano secondo CREMASCHI & PAPANI (1975), che si accompagnano ad analoghe deformazioni della copertura alluvionale più recente (ghiaie e limi-argille del F. Enza). Interessante sottolineare che per quest'area CREMASCHI & PAPANI (1975) e PELLEGRINI *et al.*, (1976) arrivarono alle medesime conclusioni quasi contemporaneamente e indipendentemente tra loro, seguendo metodologie diversissime: i primi mediante uno studio geomorfologico, i secondi studiando le condizioni idrogeologiche profonde. CREMASCHI & PAPANI (1975) riconoscono nell'area citata una serie quaternaria così costituita: argille marine del Calabriano, depositi lacustri del Villafranchiano, depositi fluviali pre-würmiani e depositi würmiani (conoidi dei fiumi). Secondo gli Autori i terreni pre-würmiani sono stati chiaramente dislocati da movimenti tettonici, che hanno provocato un loro blando piegamento; inoltre sono presenti in superficie alcune importanti scarpate, orientate SW-NE, che vengono interpretate come scarpate di faglia. La fase tettonica più importante sembra collocabile nel pre-Riss, mentre è dubitativamente ammessa una fase pre-Mindel; tuttavia, alcune deviazioni dei corsi d'acqua (F. Enza e altri minori) suggerirebbero la possibilità di riconoscere anche fasi tettoniche più tardive. Alle medesime conclusioni pervennero anche PELLEGRINI *et al.* (1976): correlando le stratigrafie dei pozzi per acqua si possono infatti rilevare ondulazioni e dislivelli del *top* marino Calabriano, che controllano strettamente quelle delle lenti ghiaiose alluvionali e della stessa superficie topografica, mentre si possono individuare faglie in corrispondenza di quelle ipotizzate da CREMASCHI & PAPANI (1975).

Sono stati poi raccolti dati che, seppur non ancora sufficientemente analizzati, testimonierebbero oscillazioni e movimenti nei primi livelli del sottosuolo, legati a fatti neotettonici

o di marcata subsidenza in periodi molto recenti: a Crespellano e Bazzano, tra il F. Reno e il F. Panaro, praticamente al di sotto dello strato pedogenizzato o di 5-6 m di alluvioni grossolane (conoide del T. Samoggia) si hanno sabbie con conchiglie di Lamellibranchi marini. Presso Fiorano, nell'alta pianura modenese, a quota 110 m s.l.m., FONTANA (1976) ha poi segnalato probabili episodi marini alternati nei livelli continentali degli strati più superficiali e di età posteriore all'interglaciale Mindel-Riss. Anche presso Bomporto, una ventina di Km a N di Modena, COLOMBETTI & PELLEGRINI (1975), durante la perforazione di un pozzo per acqua, hanno rinvenuto intercalazioni di sedimenti marini (sabbie) entro livelli continentali a partire già da 30 m dal p.c. (= 20 m s.l.m.) sino ai 202 m (microfauna di *Globigerina pachyderma* Ehrenberg, *Globigerina bulloides* d'Orbigny), mentre nella medesima zona lo strato archeologico romano è a 8 ÷ 12 m di profondità. Ciò significa che la subsidenza della zona si è continuata in tempi recenti: la sinclinale di Bologna-Reggio Emilia costituiva, probabilmente, un ultimo braccio di mare o lagunare del « Golfo Padano ».

L'esame litostratigrafico e strutturale della copertura alluvionale permette già di differenziare alcuni settori tettonicamente più attivi e coincidenti con le maggiori strutture del substrato, da altri nettamente « tranquilli »: ad esempio nella vicina provincia di Mantova, a N della « Dorsale Ferrarese » la ricostruzione strutturale degli acquiferi non mette in evidenza dislocazioni, ma le correlazioni tra livelli omologhi avvengono sempre secondo linee sub-orizzontali o comunque con le medesime inclinazioni della superficie topografica, in accordo con la « tranquillità » del substrato pliocenico e pre-pliocenico, costituente la « monoclinale Lombardo Veneto ». Un'analoga situazione si ha nella bassa pianura reggiana a E e NE dell'anticlinale di Correggio (ultima propaggine della « Dorsale Ferrarese » e in quella modenese tra la zona assiale della sinclinale di Bomporto (Reggio Emilia-Bologna) e la « Dorsale Ferrarese »).

Anche l'analisi delle caratteristiche geologiche e morfologiche dello strato superficiale hanno consentito una ricostruzione sufficientemente esatta dell'evoluzione della pianura e della rete idrografica.

Da un punto di vista litologico nella pianura compresa tra Enza e Reno si possono riconoscere tre fasce. L'alta pianura, con forme terrazzate spesso anche molto elevate (q. 150 m nel Reggiano) di età rissiana (ghiaie con matrice limo-sabbiosa, a paleosuolo argilloso giallo arancio) e würmiana, è occupata dai detriti alluvionali delle conoidi dei fiumi appenninici

ed è caratterizzata da classi granulometriche che tendono a passare dalle ghiaie a S alle peliti a N. La media pianura, a N della via Emilia (q. 50 m circa), è caratterizzata da argille e limi con lingue sabbiose corrispondenti ai paleoalvei dei fiumi appenninici, quasi sempre riconoscibili, morfologicamente, almeno i più recenti, da forme rilevati («dossi») e allungate in senso N-S o NE-SW. La bassa pianura, a N della direttrice Guastalla-Mirandola-Finale Emilia (da q. 20 m), è infine caratterizzata da sabbie e limi-argille del F. Po, con elementi morfologici (dossi e depressioni) sviluppati in senso E-W. Tra questa direttrice e il F. Po, distante da essa fino a 20 Km, si ha l'asse morfologico della pianura con quote minime di 7-8 m circa. Ad esempio una sezione topografica tracciata tra Mirandola (q. 18 m) e Revere sul F. Po (15 m) mostra al centro un'ampia depressione con l'asse a circa 9 m s.l.m.

Nell'alta pianura l'esame della distribuzione granulometrica, l'andamento morfologico e le stesse notizie storiche sull'idrografia antica hanno permesso di evidenziare dislocazioni tettoniche recenti: a parte l'ormai noto spostamento verso W dei fiumi appenninici rispetto alle loro conoidi più recenti a seguito di basculaggio, si sono evidenziate alcune faglie. La conoide del Secchia ad esempio è vistosamente controllata, lungo il suo margine W, da una faglia antiappenninica, peraltro già nota (AGIP MINERARIA, 1959) e individuabile anche dalla distribuzione dei sedimenti fluviali nel sottosuolo. Nelle forme terrazzate di Cavriago e di Quattro Castella, già prima citate, sono forse riconoscibili paleoalvei del F. Enza, di epoca storica o proto-storica. Anche la conoide del T. Tiepido è interessata da una faglia appenninica che ne ha sollevato l'apice originario (probabilmente di età rissiana), determinando la formazione di un nuovo apice a valle di essa.

Per mezzo delle fotografie aeree sono stati individuati i paleoalvei della media pianura e sono stati riferiti a ciascun cono d'acqua che attualmente attraversa l'area studiata o confinante. I paleoalvei stessi e i depositi più superficiali sono stati in via preliminare suddivisi secondo intervalli di tempo compresi circa fra il X secolo a.C. e oggi; sono serviti di base gli studi di CIABATTI (1966), di PELLEGRINI (1969) e di VEGGIANI (1974), nonché le notizie storiche.

Lo studio di paleoalvei nella media pianura ha rivelato che questi mostrano due direzioni prevalenti. Una direzione da W ed E dei paleoalvei del Po e di quelli più a valle del Secchia; una direzione più o meno da SW a NE per tutti gli altri.

In relazione alle strutture tettoniche dell'area esaminata, si può osservare, in via preliminare,

che i corsi d'acqua hanno subito due tipi di deviazioni principali. Gli antichi corsi d'acqua compresi nella fascia tra Reggio Emilia, Novellara, Concordia, Bondeno e Ferrara sembrano abbiano subito una tendenza a sfuggire alla «Dorsale Ferrarese»: il Po si è spostato verso N, il Crostolo verso W, il Secchia verso N seguendo il corso del Po, il Reno verso S (deviazione artificiale imposta da cause naturali); per quanto riguarda il Panaro, esso taglia la struttura anticlinale per fenomeno di «antecedenza», seguendo antichi alvei del Po e del Secchia. Una deviazione caratteristica è quella dei tratti più meridionali del Secchia e del Panaro: questi convergono entrambi verso Modena, deviando dai tracciati Carpi-Concordia (Secchia) e S. Agata B. Finale E. (Panaro), tracciati che continuano le rispettive direzioni fluviali dell'area appenninica e dell'alta pianura. Queste deviazioni sembrano legate ad una struttura anticlinale fagliata con asse E-W ad andamento concavo verso Modena e situata tra Campogalliano e Nonantola (PANIZZA, 1975) e tendere a convergere verso la struttura sinclinale di Reggio E.-Bologna situata poco più a N (PELLEGRINI, 1969), dove si continuerebbe la subsidenza massima.

Per quanto riguarda la suddivisione cronologica dei vari paleoalvei, essa è soprattutto basata su due importanti modificazioni dell'idrografia: la rotta del Po tra Brescello e Gustalla, con successiva deviazione da E verso N (VIII sec. a.C. circa); la rotta del Po a Ficarolo, con successiva deviazione da SE verso E (XII sec. d.C., circa). Secondo PELLEGRINI (1969), a partire da un'epoca immediatamente pre-romana ad oggi, vi è stata una migrazione rapida e recente del Po verso N: nel 1600 sembra che qualche ramo fosse ancora attivo ad una decina di Km a S del percorso attuale. A questa migrazione potrebbe non essere stata del tutto estranea l'influenza della «Dorsale Ferrarese»: d'altra parte la brusca deviazione che il Po compie verso N a Guastalla non è spiegabile con un diverso equilibrio di sedimentazione determinato dai fiumi appenninici da una parte e da quelli alpini dall'altra, nè da un punto di vista altimetrico.

In superficie sono poi state rilevate, due faglie attive che danno luogo a manifestazioni disgiuntive direttamente rilevabili mediante l'osservazione diretta: l'una, a direzione N-S, che interessa il centro abitato di Correggio e che viene descritta in una nota in corso di stampa da parte di PELLEGRINI & VEZZANI; l'altra, a direzione E-W, presso la località Canalazzo di Finale Emilia. Entrambe erano state rilevate in profondità coi metodi sismici per la ricerca di idrocarburi (AGIP e SP1). Il movimento a Correggio si manifesta con un netto movimento differenziale tra blocchi che provoca lesioni a strade, muret-

ti, edifici ecc.; a Canalazzo si formano invece fenditure verticali «a pozzo» di diametro variabile da pochi decimetri al metro, che si mantengono sempre aperte o si riformano e risultano più o meno allineate in senso E-W (almeno a partire dal 1971). Questi fenomeni hanno condotto a questa conclusione di tipo tettonico, d'altra parte giustificata dalla posizione stessa, corrispondente alla «Dorsale Ferrarese», e a faglie individuate su base geologica; d'altra parte non si potevano invocare altri fattori, ad esempio di tipo geotecnico o idrogeologico.

L'osservazione delle immagini da satellite evidenzia la presenza, su tutte le immagini derivate, di almeno tre lineazioni, tutte anti-appenniniche, perfettamente coincidenti con le strutture neotettoniche osservate sul terreno: la faglia dell'Enza, che controlla sul lato E l'area terrazzata di Bibbiano-Cavriago-Quattro Castella e si segue sino alla città di Mantova, e alla quale potrebbe non essere estranea la brusca deviazione verso N che compie il F. Po presso Guastalla, per innalzamento del blocco ovest. La faglia del F. Secchia, che attraversa l'abitato di Correggio, oltre a movimenti verticali, provocherebbe spostamenti orizzontali, per cui la struttura positiva di Correggio non sarebbe altro che la terminazione occidentale della «Dorsale Ferrarese» spostata verso S. Una terza faglia, sempre antiappenninica, dipartendosi dal margine appenninico nei pressi della valle del Panaro, sembra controllare antichi meandri del Po, rilevati anche su base litologica nei pressi di S. Martino Spino (Mirandola) e Massa Finalese (Finale Emilia), oltre all'ansa attuale che il Po forma poco a E di Carbonara Po: il movimento tettonico recente potrebbe essere interpretato come un basculaggio verso W, in accordo con quello riscontrato nelle aree di conoide dell'alta pianura appenninica.

I dati idrochimici delle acque di falda hanno consentito di caratterizzare diverse unità idrogeologiche e le modalità di alimentazione degli acquiferi: così nella pianura appenninica le diverse unità idrogeologiche corrispondenti alle conoidi dei corsi d'acqua, sono permeate da acque sotterranee di caratteristiche chimiche sempre dipendenti da quelle del corso d'acqua da cui proviene l'alimentazione. In profondità e a distanze maggiori (media pianura a nord della via Emilia), per la lontananza dalle aree di alimentazione e per la conseguente maggiore influenza esercitata dagli scambi tra terreno e acqua, il chimismo cambia (ad esempio riduzione dei solfati o solfuri), ma sempre in maniera coerente e facilmente spiegabile. A profondità ancora maggiori, variabili da zona a zona, ma in genere dipendenti dalle strutture profonde, compaiono le acque di fondo, residui dell'originario bacino di sedimentazione,

ad elevato contenuto alogenico e isolate da qualsiasi circuito idrodinamico attivo (PELLEGRINI *et alii*, 1976, 1977). L'interfaccia acque dolci-acque salate, pur seguendo a grandi linee il top del Quaternario marino, se ne discosta sensibilmente, tendendo ad abbassarsi rispetto ad esso al margine collinare e nell'alta pianura, e invece a sollevarsi nella media e bassa pianura.

Una zona di notevole anomalia del chimismo delle acque di falda corrisponde a tutta la «Dorsale Ferrarese»: nel Comune di Mirandola si hanno manifestazioni superficiali di acque ad elevato contenuto alogenico (Cl sino a 3,7 gr/l) la cui salienza, secondo GASPERI e PELLEGRINI (1968) e PELLEGRINI *et alii* (1977), sarebbe da imputarsi ad emulsioni con gas metano lungo fratture interessanti la copertura alluvionale più recente. Queste acque, contenenti tra l'altro Br⁻ e I⁻, sembrano mostrare un'anomalia termica positiva, non spiegabile con processi di torbificazione, peraltro sicuramente in atto anche altrove. Anche se nelle restanti parti della «Dorsale Ferrarese» non si hanno caratterizzazioni così particolari (assenza di solfati Mg/Ca I, ecc.), pur tuttavia le falde acquifere sono caratterizzate da acque presentanti un chimismo non spiegabile con un'alimentazione superficiale (zone di Correggio, Rolo, Novi e Concordia).

Analisi chimiche più sofisticate, che prendono in considerazione elementi quali Si, K, (Al), Ca, Mg, (Li), (Sr), Mn, Cd, (B), (Zn), ecc., indicano una composizione molto ben accordabile alla composizione delle «Acque di Petrolio» anche se sono evidenti marcate differenziazioni, soprattutto relative a quegli elementi che possono reagire con le argille specialmente se queste ultime sono sottoposte a compressione, ecc. Il contenuto in silice elevatissimo (80-100 ppm) riscontrato in alcuni pozzi (prof. 100 m) delle zone di Correggio, Mirandola, Novi è però di almeno tre volte maggiore del contenuto in SiO₂ delle «Acque di Petrolio» (30 ppm). In diversi campi petroliferi però RITTENHOUSE *et alii* (1969) trovarono contenuti in SiO₂ fino a 500 ppm anche se si trattò di casi isolati. Se l'alto contenuto in SiO₂ non è riportabile all'ultimo esempio citato, diventa allora più probabile una origine «profonda», «juvenile» di queste acque la cui salienza sarebbe stata facilitata dalle faglie di cui si è parlato sopra. E' bene ricordare che forti variazioni di pH nelle argille dovute a scambi ionici potrebbero avere un ruolo determinante nella genesi dell'anomalia in SiO₂ in questione. Forti subsidenze, sforzi compressivi, ecc. ricollegabili alla neotettonica in atto potrebbero quindi essere all'origine dei fenomeni chimici esaminati. Una analisi mineralogica dettagliata delle argille, l'impiego di

metodi isotopici, l'analisi geochimica di altri elementi in tracce sono probabilmente i mezzi più indicati per una migliore comprensione del fenomeno.

Se le perforazioni e le prospezioni sismiche condotte per la ricerca di idrocarburi avevano evidenziato deformazioni (pieghe e faglie) nei depositi marini plio-quadernari, anche con hiatus di sedimentazione, ed episodi regressivi (ad esempio Pliocene medio) il presente studio ha consentito di stabilire, attraverso una serie di osservazioni, in qualche caso, ciascuna, se considerata isolatamente, di scarso significato, ma nell'insieme convergenti alla definizione di un quadro assai convincente e coerente, che questi movimenti si sono continuati in tempi recenti od attuali, come nel caso delle faglie della « Dorsale Ferrarese ». Altre zone invece sembrano tettonicamente tranquille, mentre altre sono caratterizzate solo da una marcata subsidenza (sinclinale di Bologna-Reggio Emilia-Bologna). La correlazione con la sismicità della regione (ELMI & ZECCHI, 1974) risulta infine abbastanza interessante: mentre nell'alta pianura e nella zona collinare si manifestano sismi di notevole intensità (anche X Mercalli), sulla « Dorsale Ferrarese » tra Finale Emilia e Correggio si hanno sismi di media e debole intensità, scaricandosi l'energia accumulata negli strati del terreno con continui, ma lenti spostamenti.

OPERE CITATE

- AGIP MINERARIA (1959) - *I giacimenti gassiferi dell'Europa occidentale*. Atti Conv. di Milano 30 sett.-5 ott. 1957, indetto dall'Accad. Naz. Lincei e dall'ENI.
- AGIP MINERARIA (1977) - *Temperature sotterranee. Inventario dei dati raccolti dall'AGIP durante la ricerca e la produzione di idrocarburi in Italia*. F.lli Brugora, Segrate (Milano).
- ANNOVI A., CREMASCHI M., FREGNI P. & GASPERI G. (1978) - *La sezione pleistocenica del T. Tiepido (Appennino Modenese)*. In corso di stampa.
- CIABATTI M. (1966) - *Ricerche sull'evoluzione del delta padano*. Gior. di Geologia, ser. 2, 34.
- COLOMBETTI A. & PELLEGRINI M. (1975) - *Problemi connessi alla ricerca e utilizzazione di acquiferi profondi nella Pianura padana: un esempio a nord di Modena*. Atti 3° Conv. Internaz. s. acque sotterranee. Palermo 1-5 novembre 1975.
- CREMASCHI M. & PAPANI G. (1975) - *Contributo preliminare alla neotettonica del margine padano dell'Appennino: le forme terrazzate comprese tra Cavriago e Quattro Castella (Reggio Emilia)*. Ateneo Parmense, Acta Nat., 11 (2).
- ELMI C. & ZECCHI R. (1974) - *Caratteri sismotettonici dell'Emilia-Romagna*. Camera di Commercio Bologna, Quad. La Mercanzia, 21.
- ENI (1972) - *Acque dolci sotterranee. Inventario dei dati raccolti dall'AGIP durante la ricerca di idrocarburi in Italia*. Grafica Palombi, Roma.
- FONTANA D. (1976) - *Contributo alla conoscenza della stratigrafia del Quaternario nell'alta pianura modenese*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, 107.
- GASPERI G. & PELLEGRINI M. (1968) - *Movimenti tettonici recenti nella zona di Mirandola (Pianura modenese)*. Atti Soc. Nat. e Mat. di Modena, 99.
- GRUPPO DI STUDIO DELLE UNIVERSITÀ EMILIANE PER LA GEOMORFOLOGIA (1976) - *Geomorfologia dell'area circostante la Pietra di Bismantova (Appennino reggiano)*. Boll. Serv. Geol. d'It., 97.
- PANIZZA M. (1975) - *Neotectonic and lithologic implications in the course of the Secchia and Panaro (Northern Italy)*. Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica, 9, Krakow.
- PANIZZA M., CARTON A., CASTALDINI D., MANTOVANI F. & SPINA R. (1978) - *Esempi di morfoneotettonica nelle Dolomiti occidentali e nell'Appennino modenese*. Geografia fisica e Dinamica quaternaria, 1.
- PANIZZA M. & PIACENTE S. (1976) - *Convergenza geomorfologica di morfosculture eterogeneiche. Messa a punto per ricerche di neotettonica*. Quad. Gr. St. Quat. Pad., 3, 39-44.
- PELLEGRINI M. (1969) - *La pianura del Secchia e del Panaro*. Atti Soc. Nat. e Mat. di Modena, 100.
- PELLEGRINI M., COLOMBETTI A., DE NEGRI G. & ZAROTTI L. (1976) - *Le falde acquifere della pianura di Reggio Emilia: I° - Ricostruzione strutturale*. Quad. I.R.S.A., 28 (8).
- PELLEGRINI M., GEMELLI F., GILIBERTI NEVIANI E. & RAGNI A. (1977) - *Le acque sotterranee ad elevato contenuto alogenico della bassa pianura modenese-mantovana (Pianura padana)*. Quad. I.R.S.A., 34 (1).
- PELLEGRINI M. & VEZZANI L. (1979) - *Faglie attive di superficie nella Pianura Padana presso Correggio (Reggio Emilia) e Massa Finalese (Modena)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 2.
- RITTENHOUSE G., FULTON R.B., GRABOWSKY R.J. & BERNARD J. L. (1969) - *Minor elements in oil-field water*. Chemical Geology, 4.
- VEGGIANI A. (1974) - *Le variazioni idrografiche del bassocorso del fiume Po negli ultimi 3.000 anni*. PADUSA. Riv. C. Polesano St. Stor., Arch. e Etr., Rovigo, 1-2.