

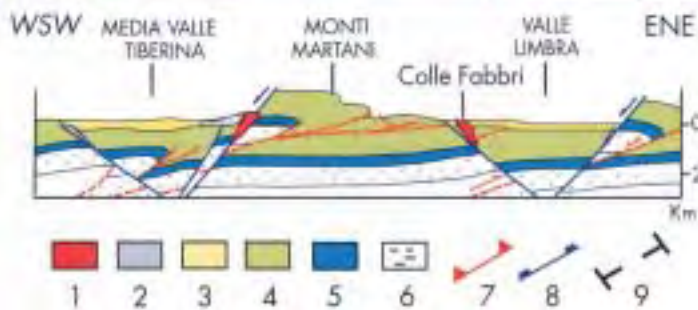
A grayscale photograph of a forest landscape. In the foreground, there is a stream or a path that flows through the scene. A large, prominent rock formation or tree trunk stands in the middle ground, partially obscuring the view of the water. The background is filled with dense trees and foliage, creating a sense of depth and a natural setting. The overall tone is muted and artistic.

# **LA FORMAZIONE DEI GIACIMENTI**

**Antonella Manni  
Bruno Mattioli  
Tiziana Ravagli**

## Condizioni geologiche generali

In Umbria i giacimenti di lignite studiati o coltivati in passato si trovano in corrispondenza dei terreni Plio-pleistocenici, nelle porzioni marginali della Valle Umbra, della media valle del Tevere e di altre depressioni vallive presenti nella regione, come la valle di Gubbio, il bordo esterno dei Monti Martani, la conca ternana, la valle del Corno tra Leonessa e Monteleone, in corrispondenza dei terreni Plio-pleistocenici presenti.



La struttura geologica di quei luoghi trae le sue origini da eventi avviati più di 200 milioni di anni addietro, quando in un ampio bacino marino indicato dai geologi col nome di Tetide iniziò un lungo processo di accumulo di materiali sedimentari. Questi acquisirono col tempo una consistenza lapidea per l'azione della pressione sviluppata dal loro proprio peso e dall'espulsione dell'acqua (diagenesi); si formarono così le rocce presenti nella serie stratigrafica umbra, che rappresenta i materiali che costituiscono le nostre montagne.

Tra il Miocene medio e il Pliocene inferiore, indicativamente tra 10 e 5 milioni di anni fa, l'azione di compressione dei sedimenti marini presenti nell'area mediterranea, sviluppata dal movimento della crosta terrestre con lo spostamento delle placche crostali, determinò l'ispessimento e il corrugamento dei materiali che emersero dal mare formando l'ossatura dell'Appennino.

Questo portò allo sviluppo di pieghe rovesciate, sovrascorrimenti sul margine orientale dei rilievi e faglie dirette, che sono generalmente presenti e ribassano i loro margini occidentali.

Si formarono depressioni tettoniche corrispondenti a valli più o meno strette e allungate generalmente da nord a sud, come la Valle Umbra tra Bastia e Spoleto, l'alta Valle del Tevere (depressione tra i Monti Martani e i Monti Amerini), la valle del Tevere da Baschi ad Orte, ecc. Le depressioni più occidentali furono interessate da acque marine o salmastre, mentre le valli interne furono occupate da distese lacustri, acquitrini o fiumi divaganti con situazioni varianti sia nel tempo sia nelle diverse porzioni delle stesse.

Carta geologica semplificata dell'area dei Monti Martani (LAVECCHIA & DI NACCIO 2004):

1. depositi piroclastici;
2. travertini;
3. sedimenti fluvio-lacustri del Pliocene sup.-Pleistocene inf.;
4. successione pelagica meso-cenozoica umbro-marchigiana e sovrastante formazione della Marnoso Arenacea;
5. Calcarea Massiccio;
6. Anidridi di Burano;
7. faglie inverse e trascorrenti;
8. faglie dirette.

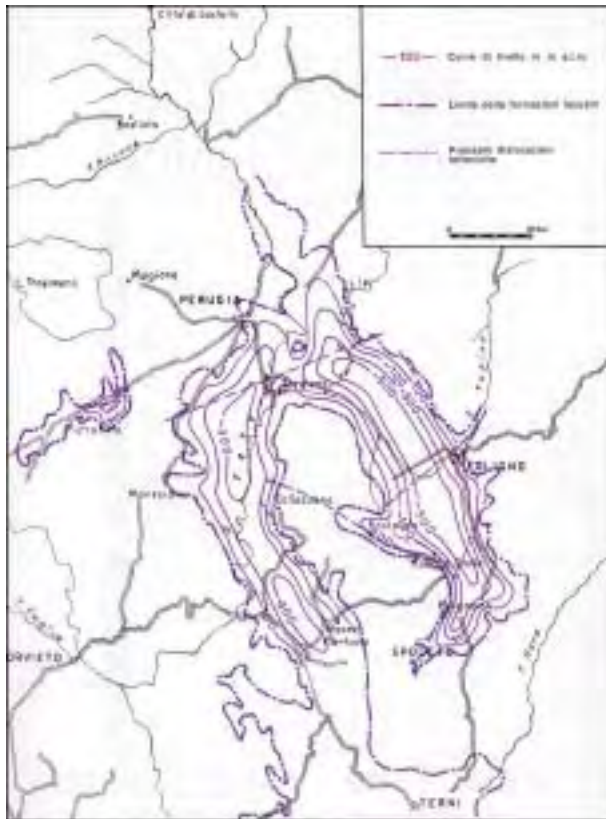
In particolare:

- ad ovest dei Monti di Amelia, vi era un'area prevalentemente marina, come testimonia ancora oggi la presenza in posto di depositi sabbiosi ricchi di conchiglie fossili tipiche di quell'ambiente;
- tra i Monti di Amelia e i Monti Martani, erano presenti vari sistemi lacustri e fluviali;
- tra i Monti Martani e quelli di Spoleto, il paesaggio era caratterizzato da laghi chiusi e paludi.

## Il lago Tiberino

È proprio in questo scenario che da circa 2,5 milioni di anni fa si svilupparono le situazioni ambientali che portarono alla formazione degli ammassi di lignite in varie porzioni dell'area e progressivamente trasformarono il paesaggio fino alle condizioni attuali.

È condivisa ormai da tempo la presenza, a partire circa da quell'epoca, di ambienti lacustri, fluviali e palustri, conosciuti complessivamente nella letteratura geologica come *lago Tiberino*; questo si estendeva nei fondovalle da Spoleto ad Assisi e da Perugia a Todi per scendere fino a San Gemini e a Terni, con i Monti Martani che sveltavano su questi ambienti e separavano l'attuale conca ternana dalla valle folignate-spoletina.



Isoipse del letto del Lago Tiberino (GEMINA 1962).



Estensione dell'antico Lago Tiberino.

L'assetto e l'evoluzione di questo bacino è stato oggetto di studi anche recenti, in particolare per le aree di Dunarobba e Pietrafitta, mentre per il ramo orientale ricordiamo:

- le indagini della Soc. GEMINA, relative all'area di Bastardo, eseguite nella seconda metà del secolo scorso;
- gli studi classici ottocenteschi dell'area spoletina, legati all'avvio dell'estrazione industriale di lignite nell'area;
- i dati acquisiti in circa ottant'anni di coltivazione delle miniere di lignite, conservati negli archivi della società esercente che chiuse gli impianti quasi cinquant'anni or sono.

Si propone di seguito una breve sintesi degli eventi succedutisi nel tempo, secondo l'interpretazione corrente.

Nella zona occidentale, un'azione tettonica avviata dal Pliocene inferiore portò ad un ribassamento dell'area. Si delineò così la depressione valliva che tra i 2,5 e 2 milioni di anni fa, cioè nel Pliocene medio, fu occupata da un ampio specchio lacustre con profondità superiore ai 50 metri nella sua porzione meridionale e generalmente superiore ai 10 metri nella restante porzione centro settentrionale.

Il lago fu interessato da una continua sedimentazione di argille limose laminate.

Queste riempivano la depressione in concomitanza del suo lento approfondimento per cause tettoniche, così da formare un deposito sedimentario potente varie centinaia di metri, in cui sono presenti anche antiche conoidi fluviali, tributate dai corsi d'acqua allora attivi, presso Sangemini, Montecastrilli e Collazzone.

In alcune parti del bacino, come ad es. Rosaro e Dunarobba, la debole acclività della costa e una minore esposizione locale al moto ondoso permisero la formazione di paludi ed acquitrini con ampio sviluppo di vegetazione erbacea e di foreste costiere a Taxodiacee (*Glyptostrobus*), simili agli attuali cipressi di palude. L'accumulo sul fondo del materiale legnoso, frammisto agli altri materiali vegetali, fu sigillato progressivamente dalla sedimentazione argillosa, creando le condizioni anossiche necessarie per lo sviluppo di processi di carbonizzazione che trasformarono quei resti vegetali in lignite.

È in quest'area che si verifica il caso particolare di Dunarobba in cui numerosi tronchi di *Glyptostrobus*, in una palude costiera, furono progressivamente sepolti in fase di crescita dal deposito di argilla, permettendone la fossilizzazione in posizione vitale.

Importanti miniere di questo bacino furono coltivate a Todi, a Collazzone e a Massa Martana.

La dinamica fluviale degli immissari nel lago concorse alla deposizione di corpi limoso-sabbiosi e di canali ghiaiosi.

Successivamente, nel Pleistocene inferiore, circa 1,7 milioni di anni fa, il paesaggio mutò progressivamente in un sistema fluviale con senso di scorrimento da nord a sud, verso Narni.

Il divagare dei canali fluviali, con depositi sabbiosi e ghiaiosi, e la deposizione di materiali più fini nelle piane di inondazione produssero una coltre di sedimenti fluviali sovrapposta ai depositi lacustri antichi.

A metà Pleistocene un sollevamento dell'area di Sangemini impedì il deflusso delle acque fluviali verso sud, rallentandole e causandone la deviazione verso Todi. Il formarsi di piccoli stagni e ruscelli insieme alla presenza di acque sorgive al piede dei Martani causò ampi depositi di travertini. Dal Pleistocene superiore iniziò a prevalere l'attività erosiva della rete di drenaggio superficiale, disarticolando la morfologia dei luoghi fino all'attuale assetto.

Diversa è la situazione del ramo orientale del Lago Tiberino. Per questo si può far riferimento a studi relativamente recenti per l'area del Bastardo (GEMINA, anni Sessanta del secolo scorso), mentre per l'area di Spoleto, dopo gli studi storici di fine Ottocento legati all'avvio dello sfruttamento industriale delle lignite, non si hanno praticamente più dati se non quelli della Soc. "Terni" in fase di esercizio dell'attività estrattiva, di cui sembrano restare solo pochissime informazioni.

Le due aree presentano differenti condizioni ambientali, cronologiche e sedimentarie.

Nell'area di Bastardo, in cui sono rilevabili sedimenti del Pleistocene inferiore (1,6-1,1 milioni di anni), non era presente un unico lago



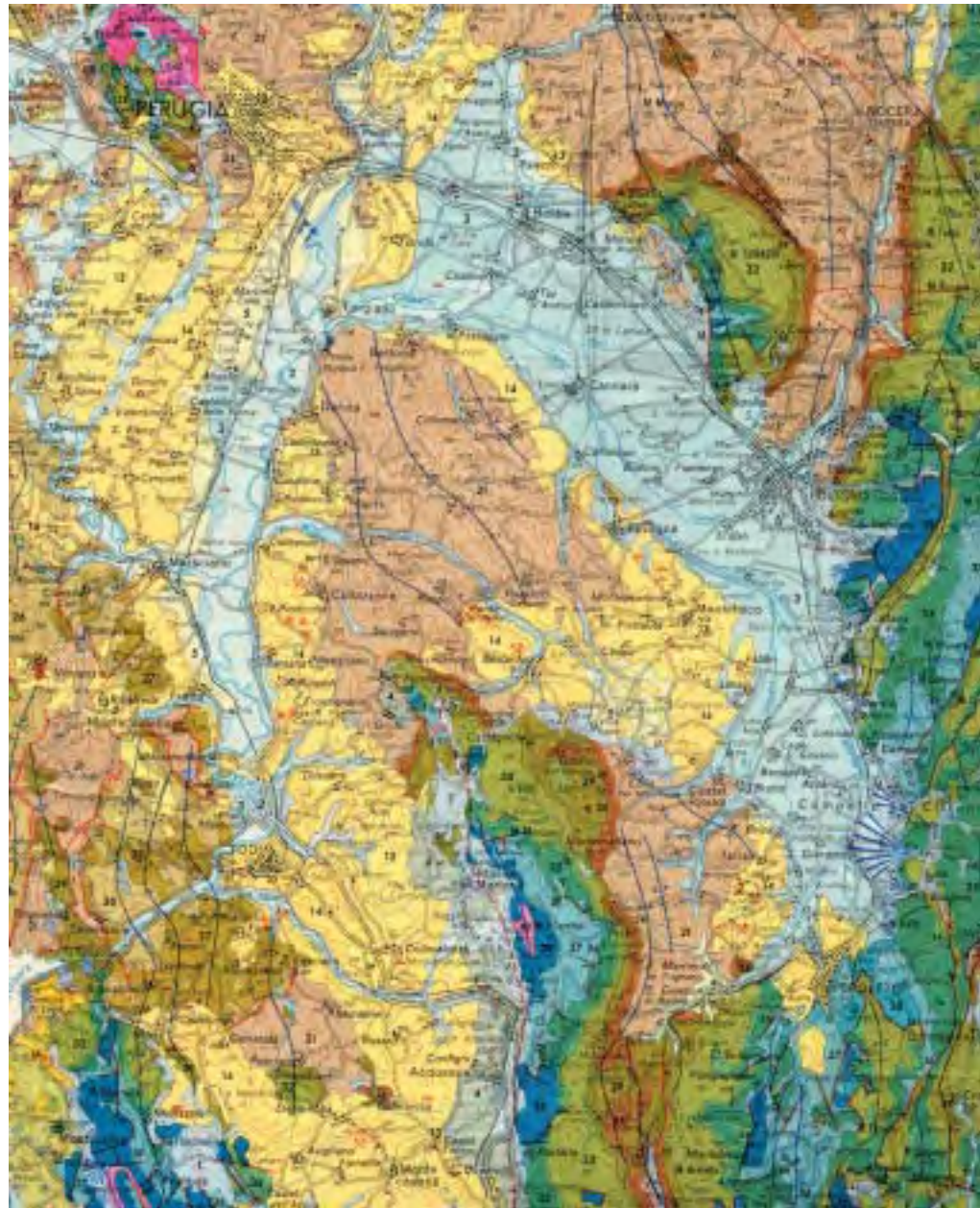
Foresta Fossile di Dunarobba (foto BASILICI).

di grandi dimensioni, ma più facilmente un insieme di ambienti lacustri, comunemente di piccola estensione, separati da aree emerse e da zone palustri. Questi piccoli bacini avevano un'altezza generalmente inferiore a 10 m; tale dato è testimoniato dal rinvenimento di molluschi fossili che vivono sotto quella profondità e dalla presenza di strutture che segnalano come il fondale risentisse dell'azione del moto ondoso. Ai bordi di questi sottili specchi d'acqua cresceva una ricca vegetazione, prevalentemente erbacea, che lasciò importanti depositi organici, trasformati nel tempo in lignite. Di questi, i cinque banchi superiori fanno riferimento al complesso argilloso e al sovrastante complesso argilloso-sabbioso (GEMINA, 1962), mentre il primo banco, più potente e profondo, è di datazione incerta.

L'area di Spoleto invece sembra presentare una situazione più somigliante al ramo occidentale del Lago Tiberino. Qui si ebbe un ampio sviluppo di sedimentazione lacustre argillosa a datare dal Pliocene medio e superiore (2,6-2,0 milioni di anni), che in questa area raggiunge il suo massimo spessore di quasi 600 metri, testimoniato dall'attività estrattiva della Terni.

I sedimenti presenti sono le argille limose grigio scure, con intercalate ghiaie, che, tributate dai corsi d'acqua confluenti (Marroggia, Tessino, ecc.), si andavano depositando dai margini verso il centro del bacino.

La presenza di banchi di lignite xiloide (piligno) costituita prevalentemente di tronchi d'albero, analogamente ai depositi di Dunarobba e Rosaro, testimonia la presenza di prossime coperture boschive in cui si aveva la prevalenza di Taxodiacee, *Pinus haploxylon* e subordinatamente *Nyssa*, *Podocarpus*, *Tsuga*, ecc. (secondo i diagrammi pollinici di GEMINA); queste attestano un clima temperato tendente al caldo. La presenza diffusa di lignite



Estratto da Carta Geologica dell'Umbria alla scala 1/250000, Serv. Geol. d'Italia, 1980).

torbosa o torboxiloide sembra indicare l'esistenza di torbiere, stagni e acquitrini in cui si aveva l'accumulo sia di materiali erbacei sia legnosi. Esaminando l'attuale distribuzione in affioramento dei sedimenti lacustri antichi, si può ipotizzare che l'estensione del lago potesse essere relativamente ampia, con acque dolci e fondali superiori ai 10 m, testimoniati dagli Ostracodi e dalla malacofauna presente.

Con il Pleistocene l'evoluzione del paesaggio assunse degli elementi di similitudine con il ramo occidentale del lago: scomparve il regime franco lacustre ed ebbe inizio una fase fluvio-palustre, con il divagare di canali fluviali e piane d'inondazione, in una valle in cui sono ancora presenti ampi specchi lacustri e palustri (*Lacus Clitorius*, *Lacus Umber*). Questi sono rimasti fino a tempi storici, per scomparire solo con le continue opere di bonificazione della valle che hanno caratterizzato gli ultimi quattro secoli di storia umbra.

## **I giacimenti di lignite**

Una ricostruzione quasi pittorica dell'assetto geologico ambientale dei luoghi ci è data dalla descrizione di Arpago Ricci, tra i primi studiosi della seconda metà dell'Ottocento, ad interessarsi delle ligniti spoletine:

*"... Dirò sovra ogni altro che dal banco carbonifero, potente... circa 9 m, e formato di combustibile importantissimo per quasi m 8 ... di lignite la quale deve portare meritatamente un tal nome, perché ricca di grossi tronchi d'alberi a fibra compatta e in quantità relativamente maggiore dell'esistente nella lignite di S. Croce (...) In vero se da un lato... la struttura delle foglie fossili che richiama le foglie di quelle appartenenti a pioppi, a platani ecc. che potevano aver vegetato nelle contigue foreste, e la costituzione effettiva di sì potenti banchi a strati distinti e vicinissimi ed a tessuto compatto, e più nero che legnoso nei più profondi, inclinano a far credere che la genesi si sia verificata al tramonto del miocene superiore; da un altro lato la colorazione azzurra delle marne assai argillose, le foglie fossili d'olmo, e l'abbondanza di giunchi nella lignite, un frammento di anodonta e varie elici intere incassate nell'argilla azzurra, una ostrica tegulata rinvenuta nel banco inferiore della lignite di S. Croce, una specie di tellina trovata nel 1° banco di S. Angelo (il tutto custodito nel gabinetto geologico dell'accusatissimo Conte F. Toni) infine l'abbondanza di paludine di limnee e di planorbie che si incontrano ovunque lavorando la marna azzurra, e soprattutto i belli avanzi di mascelle e di difese appartenenti a mastodonti (tenuti in serbo nei musei di Bologna) che il Prof. Capellini dissepellendo classificò per mastodon arvernensis, attestano irrefragabilmente una formazione del pliocene più pronunciata di quella miocenica...*

*... Ad ogni modo i due banchi di lignite sono di aspetto alquanto differente. Il primo che si incontra discendendo è costituito di strati di argilla scura più o meno impregnata di materia organica, tra cui molte foglie di dubbia struttura ed appartenenti a piante arboree dei monti vicini, quali probabilmente pioppi, pini, fors'anco platani, ecc. alternati con strati più carboniosi, ed in cui predominano delle piante lacustri, come felci, sfagni, giunchi, calici, conferve, ecc. commiste a tronchi di alberi più o meno schiacciati. Queste alternanze ben distinte nell'interno della galleria, ed ovunque incontrate nelle trivellazioni dello stesso banco, si ripetono quasi regolarmente un paio di volte, cosicché il sedimento carbonifero di 8 metri circa può bene riguardarsi formato di due altri successivi e a spessore consimile, od almeno come un unico banco originatosi prima e dopo un intervallo di tempo nel quale la vegetazione venne parzialmente a sospendersi o scarsamente a depositarsi. Ed è non solo fra mezzo alle argille azzurre, ma in ispecie nei primi sedimenti terrosi della lignite, che si riscontano conchiglie fossili varie, di paludine, di planorbie, ecc. (...).*

*Con disposizione generale non molto differente ma più estesa, sotto al 1° banco si osserva il 2°, che essendo più profondo e più antico è perciò per la qualità migliore. In vero anche qui si verificano due periodi di formazione distinti tra loro, nei quali a due massimi di vegetazione subaquea succedettero due minimi, dopo il secondo dei quali si depositarono, nello spazio di secoli, i 30 metri di argilla azzurra, dianzi segnalata sotto al 1° banco. In tale 2° banco, il primo periodo di formazione fu specialmente sì copioso di vita vegetativa e sì povero di alluvioni, che la base del banco, a cui dette luogo, è, per circa 6 metri di altezza verticale, di lignite compatta della migliore qualità; al di sopra della medesima stanno 3 o 4 metri di argilla e lignite terrosa che fanno da letto ad altro deposito di lignite più o meno pura, e della*

potenza complessiva di altri 14 metri circa, dei quali più della metà sono di lignite quasi compatta come l'inferiore. Codesto banco adunque è di non poco momento, e chiaro risulta essere in potenza alquanto. Sebbene non molto, maggiore di quello di S. Croce, di cui alla fin fine è ora ovvio che ne sia la pura e semplice continuazione (...)" (RICCI, 1882).

La stratigrafia del Ricci indica una sequenza sedimentaria più antica (2° banco del testo), poggiata direttamente sulle marne mioceniche e caratterizzata da un deposito di 6 metri di lignite xiloide compatta, costituita prevalentemente da tronchi d'albero ("lignite la quale deve portare meritatamente un tal nome, perché ricca di grossi tronchi d'alberi a fibra compatta"); a questa segue un banco di lignite torbosa, che passa superiormente ad un banco di argilla per complessivi 3-4 metri.

Succede una seconda sequenza in cui si trovano nell'ordine, dal basso in alto, circa 8÷10 metri di lignite xiloide (più della metà), 6÷4 metri di lignite torbosa, poi un intervallo consistente di 30 metri di argilla.

Queste sequenze sono rappresentative anche della situazione del giacimento di S. Croce, situato più a settentrione. Il Ricci, infatti, continua dicendo: "È vero che a S. Croce... si è trovato fra la lignite uno strato di argilla di 10 centimetri circa ... mentre a S. Angelo questo straterello avrebbe raggiunto lo spessore di un metro e poco più; ma è anche vero che a S. Croce fra il 2° banco ed il 1° s'intercalano 40 metri circa di argilla azzurra, laddove a S. Angelo verticalmente essa non è che di 30 metri: ossia che venendo al sud la lignite guadambia di tanto in spessore, di quanto nello stesso senso diminuiscono gli strati terrosi sovrastanti".

In mancanza di una documentazione e delle indagini sedimentologiche del caso, è possibile solo avanzare ipotesi, riferendosi ai dati disponibili e alle possibili analogie con il ramo occidentale del bacino.

Si ritiene confermata la presenza di un antico lago relativamente profondo e con una sedimentazione ritmica limoso-argillosa. Eventuali aree costiere, pianeggianti ed articolate rispetto allo specchio d'acqua principale, potrebbero aver favorito l'instaurarsi di ampie zone acquitrinose coperte da grandi alberi e sviluppo di vegetazione erbacea al contorno.

Variazioni eustatiche negative del bacino, per subsidenza o per incremento del regime idrico, potrebbero aver favorito la lenta morte del bosco ed il relativo accumulo di tronchi nelle aree di bassa palude. La loro rapida sottrazione alle condizioni aerobiche ne avrebbe quindi permesso la fossilizzazione e la trasformazione in lignite xiloide. L'approfondirsi della lama d'acqua avrebbe quindi favorito la crescita della vegetazione erbacea palustre con conseguente deposito di lignite torbosa in successione a quella xiloide. La sequenza è quindi chiusa dalle argille, la cui deposizione sarebbe legata allo sviluppo di un regime franco lacustre.

Un'inversione di tendenza, relativa o ad interramento più veloce della subsidenza o a variazioni negative delle precipitazioni, potrebbero giustificare le caratteristiche sedimentarie del "secondo banco", relative di nuovo ad un ambiente palustre, in cui si susseguono due sequenze di "lignite torboxiloide-argilla organica", giustificate ormai dal prevalere dello sviluppo erbaceo rispetto a quello forestale.

L'ambiente anossico e la pressione litostatica avrebbero con il tempo portato a quelle trasformazioni che caratterizzano i banchi ligniferi così come oggi si presentano: "i quali tronchi per la posizione orizzontale secondo cui giacquero, hanno subito tale uno schiacciamento da renderne il diametro orizzontale quasi doppiamente lungo di quello verticale". A quanto sopra detto è infine da aggiungere l'azione della neotettonica che nell'area di Dunarobba ha portato all'inclinazione verso est dei tronchi fossili, mentre nell'area spoletina può giustificare la forte inclinazione del banco di lignite verso valle.







## Alcune considerazioni sulle condizioni di formazione dei banchi lignitiferi

Nelle descrizioni geologiche del Ricci risulta evidente la differenza tra le ligniti del "primo" e del "secondo banco", così come rappresentate anche nella stratigrafia ricostruita sulla base di quelle descrizioni.

Entrambi gli episodi sedimentari del "primo banco" mostrano la presenza di lignite torbosa che passa superiormente ad argilla organica, indicando un ambiente di sedimentazione a bassissima energia (acquitrino, torbiera, palude) in cui hanno prosperato le piante erbacee con una presenza subordinata di piante arboree.

Nel "secondo banco" si hanno strati di 6÷10 m di lignite xiloide o piligno ("Piligno, quella formata da grossi tronchi d'alberi cementati entro un magma torboso ed elementi minuti di piante", CASTELLI, 1921), costituito per la maggior parte da tronchi di alberi, cui segue un livello di lignite torboxiloide e quindi l'argilla. Da tali premesse si ritiene utile sviluppare alcune considerazioni inerenti diversi aspetti del processo di formazione dei banchi lignitiferi, che ci permetteranno di proporre delle ipotesi di lavoro sulla formazione dei banchi di lignite xiloide.

### Presenza di argilla

La componente argillosa è importante in quanto costituisce il mezzo sigillante che favorisce lo sviluppo di condizioni anossiche necessarie per il processo di carbonizzazione. L'argilla si caratterizza come copertura o come matrice entro cui sono contenuti gli elementi organici; la sua presenza può trovare un riscontro anche nelle analisi chimiche dei diversi tipi di lignite:

Spolito	1° S. Angelo		2° banco S. Angelo		2° banco S. Croce	
	Lignite compatta	Lignite di tronco	Lignite compatta	Lignite di tronco	Lignite compatta	Lignite di tronco
Cenere %	36,58	6,41	4,45	5,20	8,51	3,01

(A. Ricci, 1882)

Betraffitta	S.S.C. Milano	C.C.M. Roma	UnIPG	UnITO	A.N.C.C.	L.W. Borken
Cenere %	25,75	27,31	15,20	13,82	26,87	5,02

(F. Roma, La centrale termoelettrica "Citta' di Roma" alimentata a lignite, Il Carbon, n. 3, 1958, Milano)

Bastardo	Bastardo 1° banco	Bastardo 2° banco	Bastardo 2° banco	Bastardo 4° banco	Bastardo 5° banco
Cenere %	46,7	39,1	32,1	45,1	52,9

(Gemina, 1962)

- la quantità delle ceneri prodotte dalla semplice combustione del legno, ove naturalmente l'argilla non è presente, somma a qualche percento (1÷3% del totale), chimicamente costituito da un miscuglio di ossidi di Calcio, Silicio, Sodio, Potassio, Magnesio e Fosforo;
- l'analisi delle ceneri dei diversi tipi di lignite, evidenzia invece percentuali molto variabili, con composizione chimica in cui è costantemente rilevata, in percentuali significative, l'allumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), indicatore della presenza di argilla.

Esaminando alcune tabelle riassuntive del contenuto in cenere di diversi tipi di lignite, riportate di seguito, si può concludere che:

- nelle ligniti torbose e torboxiloidi di S. Angelo e S. Croce, le ceneri variano indicativamente tra il 10÷50%, segnalando una presenza certa, anche se variabile, di frazione argillosa, rivelata proprio dal contenuto in allumina;
- nelle ligniti di tronco, il contenuto in ceneri è molto prossimo a quello caratteristico del legno.

### Aspetti vegetazionali ed edafici<sup>1</sup>

Le considerazioni riportate di seguito, riguardano i due potenti accumuli di tronchi che formano la lignite xiloide (o *piligno*) del secondo banco della stratigrafia illustrata nell'opera di Arpago Ricci.

Le essenze arboree che costituiscono la massa di tali ligniti, presenti anche nella foresta fossile di Dunarobba, sono state inizialmente attribuite alla specie ormai estinta del *Taxodioxilon gypsaceum*, affine alla *Sequoia sempervirens*, riconosciuta in molti giacimenti cenozoici d'Europa (Belgio, Germania, Danimarca, ecc.), con esemplari generalmente di grandi dimensioni dal diametro di oltre 1 m, altezza

<sup>1</sup> Si ringrazia vivamente il Dott. Alvaro Paggi per la lettura critica del lavoro e i preziosi suggerimenti relativi agli aspetti vegetazionali ed edafici.



Foto B. MATTIOLI.

di varie decine di metri e longevità probabilmente superiore ai 400 anni.

Più recentemente il riferimento tassonomico è stato individuato nel *Glyptostrobus*, una Taxodiacea simile al Cipresso di palude, in via di estinzione, ma presente ancora in Asia. Questo genere è rappresentato da esemplari con tronco robusto ed altezza fino a 30 m, abbastanza longevi ed adattati ad un clima subtropicale, che si possono sviluppare su stagni con profondità fino a 60 cm.

Un ipotetico paesaggio di questo ambiente potrebbe essere simile a quello riportato nelle foto. Si tratta di una foresta planiziale con una presenza boschiva di cipressi d'acqua, in associazione con altre essenze arboree, articolata in stagni poco profondi e piatte isole, mentre gli spazi più aperti sono relativi a stagni di maggiore profondità con sviluppo variabile di piante acquatiche.

Per cercare di capire il processo di accumulo dei materiali legnosi dei banchi di lignite xiloide si è ritenuto utile cercare di valutare, come ordine di grandezza, il tempo necessario alla formazione dei banchi secondo le modalità con cui questa poteva avvenire.

Ammettendo quindi che i tronchi abbiano misurato un diametro di  $1 \div 2$  m ed un'altezza di  $30 \div 40$  m, si stima un volume medio di legno pari a circa 20 mc per individuo. Le specie arboree viventi simili a quelle presenti nell'antico bacino sono generalmente longeve; supponendo allora, cautelativamente, una vita media di rinnovo del bosco di 100 anni e una distanza tra gli esemplari arborei pari alla metà dell'altezza, si può arrivare a stimare una velocità di accumulo di sostanza legnosa pari a  $0,3 \div 1$  mm ogni anno, da cui deriva, come ordine di grandezza del tempo di accumulo di 1 metro di sostanza legnosa, un periodo di circa  $1000 \div 3000$  anni.

Con tali risultati si potrebbe calcolare, per la porzione inferiore di lignite xiloide del primo banco, descritto dal Ricci con uno spessore di 6 m, un periodo di accumulo compreso tra 6000 e 18000 anni. Applicando un ragionamento analogo anche alla porzione superiore, si potrebbe ipotizzare per questo livello lignitifero un tempo compreso tra 10000 e 30000 anni.

### ***Alcune considerazioni sui reperti fossili faunistici***

Le testimonianze fossili dell'area di Spoleto sono rare e praticamente rappresentate tutte nella *Collezione Francesco Toni*: sono costituite da frammenti di Mastodonte e di Tapiro. Vi sono ancora frammenti di denti di Mastodonte nella *Collezione Favi*, recentemente pervenuta al Laboratorio di Scienze della Terra, e si è avuta visione ancora di altri frammenti nella raccolta di Luigi Percivalli.

Considerando il ruolo avuto dal Favi e dal Percivalli, di direttori delle Miniere, si può facilmente ipotizzare che eventuali ritrovamenti più importanti avrebbero lasciato traccia nelle raccolte o nella memoria, mentre non si ha notizia di altri reperti diversi da quelli citati.

Lo stato dei ritrovamenti nelle miniere spoletine contrasta molto con altre situazioni, come ad esempio quello della miniera di Pietrafitta, in cui, facendo tutte le distinzioni del caso in relazione alle diverse condizioni morfologiche e di età dei giacimenti, si può annotare che:

- i reperti faunistici sono abbondanti;
- i resti sono tra loro coerenti;
- sono stati trovati anche scheletri interi.

La cosa non sorprende in quanto l'ambiente torboxiloide si presta bene alla conservazione delle carcasse animali (basti pensare alle mummie ritrovate nelle torbiere di Tollund in Danimarca).

La situazione di Spoleto è nettamente diversa. Nelle miniere spoletine sono stati ritrovati soprattutto dei frammenti fossili, sia nelle sabbie di tetto del banco lignifero, alla profondità di 300 metri (testimonianza Percivalli), sia nella porzione superficiale delle ligniti torboxiloidi, come testimonia lo stesso Toni: *"Il signor Capponi, che esercitava la legnate di Morgniano con la direzione del professore Moro, mi scrisse che i denti erano stati tutti rinvenuti tra la legnate, un metro circa, sotto la sua superficie, dopo aver tolto il cappello ghiaioso e terroso; e che fossero entro la legnate e non superiormente, lo dimostra il colore nerastro che ha penetrato l'avorio, il quale però mantiene la sua lucentezza e l'aver trovato nel dente terzo molare superiore destro, alla sua base e negli alveoli, delle scaglie di legnate che ne indicavano il contatto e mostravano la pressione sostenuta. I denti dei due Mastodonti furono trovati allo stesso livello; per cui se il M. Borsoni appar bene allo strato inferiore pliocenico, anche l'arvernensis, appartiene allo stesso strato che si può chiamare miocene superiore o miopliocene; e lo stesso dicasi del Tapirus arvernensis"* (F. TONI, 1888).

Dalle indicazioni riportate e dalle testimonianze raccolte si può riassumere che, generalmente, i resti fossili presenti nelle miniere di Spoleto sono soprattutto frammenti di animali diversi, provenienti sia dalle ligniti torboxiloidi, appena sotto il *"cappellaccio ghiaioso e terroso"*, sia dalle sabbie presenti in altri luoghi al tetto del banco.

### ***Alcune considerazioni sulla geomorfologia dei luoghi***

Le indagini passate mostrano la presenza di giacimenti di lignite nelle porzioni costiere dell'antico lago, ma solo in corrispondenza di sue articolazioni che consentissero l'instaurarsi di ambienti a bassa energia. Nei tratti di costa rettilinea, maggiormente esposti al moto ondoso del regime lacustre, come quello ipotizzabile tra Bevagna e Bettona, non sono presenti depositi di lignite di qualche rilevanza.

Provando a riassumere la situazione ambientale e morfologica dei due bacini ligniferi in studio, risulta che:

- il bacino del Bastardo costituiva quasi un piccolo specchio lacustre a se stante;
- l'area di Sant'Angelo-Morgniano si presentava come un'ansa lacustre, sviluppata forse su di un'area a bassa acclività, con una situazione generalmente di acque calme.

L'analisi geomorfologica di questa area, però, suggerisce che l'attuale percorso del T. Tessino nella stretta tra il Colle S. Elia e il Monteluco può essere conseguenza di una cattura fluviale da parte del Fosso di S. Pietro, mentre l'originale corso doveva scendere dal Testaccio verso Ponte Bari. Analogamente il Marroggia devia bruscamente il suo corso presso Colle Pizzuto, per infiltrarsi nella stretta di Colle Ferretto; non si può escludere, anche in questo caso, una possibile cattura fluviale, mentre l'originario percorso potrebbe essere stato tra S. Angelo e Colle Ferretto. Per confermare tali ipotesi sarebbe necessario ed auspicabile un approfondimento delle indagini, pur con le inevitabili diffi-

coltà di analisi per l'antropizzazione dei luoghi e le profonde modifiche subite dal paesaggio e senza dimenticare l'influenza di fattori, talora determinanti, quali la litologia e l'assetto strutturale nel disegnare l'evoluzione morfologica di un territorio.

C'è da aggiungere ancora che i due bacini, e soprattutto il secondo, hanno dimensioni tali da poter essere interessati da eventi idrologici importanti e che le litologie dei versanti, con la diffusa presenza di marne e arenarie mioceniche potevano portare all'antico lago un contributo solido non lieve. Inoltre, le acclività elevate, ieri sicuramente più di oggi, potevano esser causa di correnti canalizzate con elevate velocità del flusso idrico.

Queste considerazioni, con le altre sopra esposte, conducono a formulare diverse ipotesi di lavoro sulla formazione dei banchi di lignite xiloide presenti nel bacino di Morgnano-Santa Croce.

### ***Ipotesi sulla formazione dei banchi di lignite xiloide***

Le considerazioni proposte, elaborate su studi precedenti, situazioni di confronto, analogie e documentazioni parziali, in assenza dei necessari approfondimenti di analisi, non permettono di giungere a delle conclusioni univoche sulla genesi dei banchi di lignite xiloide, ma consentono solo di formulare delle ipotesi di lavoro. Si propongono quindi i due seguenti scenari.

A) In un'area marginale dell'antico Lago Tiberino, caratterizzata dalla presenza di una lama d'acqua discontinua e sottile, si sviluppa una copertura arborea di *Glyptostrobus*, con presenza, al margine o nelle zone aperte, di piante erbacee; grossi tronchi schiantati, sul fondo fangoso, sono ricoperti parzialmente dall'acqua. Una veloce subsidenza, con un adeguato tasso di sedimentazione argillosa, sigilla i tronchi che via via si accumulano sul fondo; eventuali immissioni di acque fluviali potrebbero aprire dei canali con trasporto di sabbie, causando un parziale rimiscelamento dei sedimenti e giustificando una presenza discontinua di sabbie di tetto e la dispersione di frammenti di carcasse animali.

Accettando l'analogia con le condizioni edafiche del *Glyptostrobus* attuale, che può vegetare su lame d'acqua non superiori ai 60 cm, si dovrebbe ipotizzare una velocità di seppellimento dei depositi legnosi superiore ai 5 mm/anno, come proposto da altri Autori per Duna-robba (BASILICI & GENTILI, 1992), perché diversamente ci sarebbe il rischio di marcescenza dei tronchi abbattuti.

In questa ipotesi, inoltre, le condizioni dovrebbero rimanere costanti per un arco di tempo di 5000÷30000 anni, per consentire l'accumulo dei banchi di lignite esistenti.

A ciò si deve aggiungere che, ammettendo una velocità di sedimentazione argillosa pari o addirittura superiore alla velocità di accumulo del materiale legnoso (secondo l'ipotesi precedentemente proposta), l'analisi chimica delle ligniti dovrebbe presentare una frazione di ceneri con allumina coerente con questa, mentre le analisi del Ricci mostrano un contenuto in ceneri del tutto simile a quello del solo legno.

Questi ultimi elementi inducono a ritenere poco probabile questo primo scenario.

B) Nella zona costiera dell'antico Lago Tiberino, in corrispondenza di una ampia insenatura ad ovest di Spoleto, si sviluppa un'ampia copertura boschiva. Procedendo verso est, la palude arborea, caratterizzata da specchi d'acqua con vegetazione erbacea, passa progressivamente ad un regime lacustre franco. Il materiale vegetale, tra cui i fusti di *Glyptostrobus*, si accumula via via sul fondo della palude subsidente. L'area, per l'immediata vicinanza del Torrente Marroggia e del Torrente Tessino (vedi ipotesi di una loro diversione per cattura fluviale), è a rischio idrogeologico.

In questa situazione, eventuali fenomeni di piena con tempi di ritorno di 500÷1000 anni, potrebbero:

- aver trasportato verso valle abbondante materiale legnoso;
- aver scavato e rimobilizzato parte del materiale sedimentato negli stagni, liberandolo di parte dell'argilla della sedimentazione primaria e ridistribuendolo, insieme ai nuovi apporti, verso valle, nel lago, con spessori decrescenti.

Allo stato attuale delle conoscenze, questa ipotesi appare in grado di spiegare alcuni elementi, presenti nel bacino lignitifero spoletino, diffusamente descritti nei paragrafi precedenti. In particolare:

- l'accumulo di forti spessori di materiale legnoso in tempi brevi;

- lo spessore decrescente verso NE dei depositi lignitiferi, già indicato dal Ricci (*“venendo al sud la lignite guadambia di tanto in spessore, di quanto nello stesso senso diminuiscono gli strati terrosi sovrastanti”*);
- la bassa presenza di argilla e quindi di ceneri con allumina nelle ligniti xiloidi spoletine;
- il rinvenimento di soli frammenti fossili, per la dispersione casuale dei resti scheletrici;
- la presenza di lenti di conglomerati e letti di sabbia indicati dalla pratica mineraria al tetto del banco.

In assenza di necessari approfondimenti e di studi dettagliati sulla composita realtà del bacino lignitifero di Morgnano-S. Croce, non si può giungere a delle conclusioni univoche sulla genesi dei banchi di lignite xiloide presenti nell'area.

Il presente lavoro, pertanto, vuole proporsi come ipotesi operativa per un nuovo approccio all'analisi di questi temi, foriera forse d'interessanti sviluppi futuri.