



**A P A T**

*Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici*

---



DIPARTIMENTO DIFESA DEL SUOLO

*Servizio Geologico d'Italia*

Organo Cartografico dello Stato (legge n. 68 del 2.2.1960)

# **NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:50.000**

foglio 203

## **POGGIO RENATICO**

A cura di

**U. Cibin** <sup>(1)</sup>, **S. Segadelli** <sup>(1)</sup>

*con i contributi di:*

Petrografia: **C. Albertini** <sup>(2)</sup>, **A. Ceriani** <sup>(2)</sup>, **A. Di Giulio** <sup>(2)</sup>

Archeologia: **I. Di Cocco** <sup>(1)</sup>

Micropaleontologia: **M.L. Colalongo** <sup>(3)</sup>, **F. Fiorini** <sup>(3)</sup>, **S.C. Vaiani** <sup>(3)</sup>

<sup>1)</sup> Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna

<sup>2)</sup> Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pavia

<sup>3)</sup> Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Università di Bologna

Ente realizzatore:



**Regione Emilia-Romagna**

Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli

*Direttore del Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia:*  
**Leonello Serva.**

*Responsabile del Progetto CARG per il Dipartimento Difesa del Suolo -  
Servizio Geologico d'Italia:* **Fabrizio Galluzzo.**

*Responsabile del Progetto CARG per la Regione Emilia-Romagna:*  
**Raffaele Pignone.**

DIPARTIMENTO DIFESA DEL SUOLO-SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA

*Revisione scientifica*

*Coordinamento cartografico*

*(coord.),*

*Revisione informatizzazione dei dati geologici*

REGIONE EMILIA-ROMAGNA - SERVIZIO GEOLOGICO, SISMICO E DEI SUOLI

*Coordinamento informatizzazione*

**M. Grandi** (direzione lavori), **I. Pellegrino**

*Coordinamento allestimento cartografico per la stampa*

**A. Angelelli** (direzione lavori), **S. Scappini**

*Informatizzazione e allestimento cartografico per la stampa  
a cura di SYSTEMCART - ROMA*

GESTIONE TECNICO-AMMINISTRATIVA DEL PROGETTO CARG

**M.T. Lettieri** - Dipartimento Difesa del Suolo - *Servizio Geologico d'Italia*

**G. Falanga, S. Stagni** - Regione Emilia-Romagna - *Servizio Geologico,  
Sismico e dei Suoli*

*Si ringraziano i componenti dei Comitati Geologici per il loro contributo scientifico.*

Stampa

## INDICE

<b>I</b>	<b>- INTRODUZIONE</b> .....	pag. 5
<b>II</b>	<b>- INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO</b> .....	« 7
1.	- GEOMORFOLOGIA.....	« 7
2.	- GEOLOGIA DI SOTTOSUOLO.....	« 9
<b>III</b>	<b>- STUDI PRECEDENTI</b> .....	« 11
<b>IV</b>	<b>- METODOLOGIA DI STUDIO</b> .....	« 15
1.	- CARTOGRAFIA DI SUPERFICIE .....	« 15
2.	- CARTOGRAFIA DEL SOTTOSUOLO E ANALISI STRATIGRAFICA .....	« 18
2.1.	- ANALISI DEI DATI GEOFISICI.....	« 18
2.2.	- REALIZZAZIONE DELLA BANCA DATI GEOGNOSTICI.....	« 20
2.3.	- LA RICOSTRUZIONE PRELIMINARE DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI.....	« 23
2.4.	- ESECUZIONE DI NUOVE INDAGINI DI SOTTOSUOLO .....	« 23
<b>V</b>	<b>- STRATIGRAFIA</b> .....	« 27
1.	- DEFINIZIONE DEL CRITERIO STRATIGRAFICO UTILIZZATO .....	« 27
2.	- ASSETTO STRATIGRAFICO STRUTTURALE.....	« 29
3.	- SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO.....	« 31
3.1.	- SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE.....	« 32
3.1.1.	- <i>Subsintema di Bazzano</i> .....	« 35
3.1.2.	- <i>Subsintema di Villa Verucchio</i> .....	« 36
3.1.3.	- <i>Subsintema di Ravenna</i> .....	« 37
<b>VI</b>	<b>- SISTEMI DEPOSIZIONALI E LITOLOGIE</b> .....	« 41
1.	- DEPOSITI DI PIANA ALLUVIONALE.....	« 41
1.1.	- SABBIE DI RIEMPIMENTO DI CANALE E DI ROTTA FLUVIALE.....	« 41
1.2.	- ALTERNANZE DI SABBIE E LIMI DI ARGINE, CANALE E ROTTA FLUVIALE.....	« 42
1.3.	- ARGILLE E LIMI DI PIANA INONDABILE .....	« 43
2.	- DEPOSITI DI PIANA DELTIZIA.....	« 43
2.1.	- ALTERNANZE DI SABBIE E LIMI DI ARGINE E CANALE DISTRIBUTORE	« 43
2.2.	- ARGILLE E LIMI CON SOSTANZA ORGANICA DI PALUDE.....	« 44
3.	- DEPOSITI FLUVIO-DELTIZI E DI PIATTAFORMA INDIFFERENZIATI.....	« 45

<b>VII</b>	<b>- CARTOGRAFIA</b> .....	«	47
1.	- CARTA GEOLOGICA.....	«	47
2.	- FOGLIO ALLEGATO ALLA CARTA GEOLOGICA - GEOLOGIA DI SOTTOSUOLO .....	«	49
<b>VIII</b>	<b>- CENNI DI IDROGEOLOGIA</b> .....	«	53
1.	- DATI DI NUOVA ACQUISIZIONE.....	«	53
2.	- LE RISORSE IDRICHE DI SOTTOSUOLO.....	«	53
<b>APPENDICE 1</b>			
	<b>STRATIGRAFIA DEI SONDAGGI</b> .....	«	57
<b>APPENDICE 2</b>			
	<b>MICROPALEONTOLOGIA DEL SONDAGGIO PROFONDO 203-S9</b> .....	«	65
<b>APPENDICE 3</b>			
	<b>ARCHEOLOGIA</b> .....	«	73
<b>APPENDICE 4</b>			
	<b>PETROGRAFIA</b> .....	«	87
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	«	100

### **Ringraziamenti**

Si ringrazia ENI - Divisione AGIP per la consultazione e la parziale divulgazione dei dati di sottosuolo che hanno consentito lo studio, a scala regionale, dell'architettura dei depositi quaternari di sottosuolo e hanno contribuito alla costruzione delle sezioni geologiche riportate nel Foglio allegato.

Si ringraziano tutti gli Enti pubblici, Privati e liberi professionisti che hanno fornito i dati raccolti nella banca dati geognostici del Foglio 203. In particolare, dato il cospicuo numero di dati forniti, si ricorda la Provincia di Bologna e Ferrara, Autostrade S.p.A., liberi professionisti e i comuni il cui territorio ricade all'interno del Foglio 203.

## I – INTRODUZIONE

L'analisi del Foglio 203 Poggio Renatico è stata affrontata con l'obiettivo di ricostruire l'assetto tridimensionale dei depositi della pianura e di rappresentarlo tramite la carta geologica di superficie e le due sezioni A-A' e B-B' (Carta Geologica *sensu stricto*), la carta di sottosuolo e le sezioni geologiche C-C', D-D', E-E' e F-F' realizzate con diversi gradi di dettaglio (Foglio Allegato alla Carta Geologica - Geologia di Sottosuolo). Per questo motivo il rilevamento geologico del Foglio è stato condotto attraverso l'analisi integrata di dati di superficie e di sottosuolo e, nell'ambito della Carta Geologica d'Italia, proprio la cartografia di sottosuolo qui prodotta costituisce un elemento di novità che viene considerato dai realizzatori del Foglio un importante strumento propedeutico per le analisi geologiche delle aree di pianura. Questo lavoro è stato realizzato grazie alla disponibilità di un archivio di dati stratigrafici: la banca dati geognostici, realizzata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. La banca dati, inoltre, è stata arricchita di nuove prove geognostiche: sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche e trivellate manuali, eseguite *ad hoc* durante il rilevamento del Foglio.



## II - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

### 1. - GEOMORFOLOGIA

L'area rappresentata nel Foglio 203 è compresa interamente nella Pianura Padana e interessa le province di Bologna e Ferrara (fig. 1). Comprende a sud gli abitati di Minerbio, Baricella e S. Giorgio di Piano, a nord S. Agostino e Poggio Renatico, ad ovest S. Pietro in Casale e ad est Spinazzino. Questo territorio è caratterizzato da una superficie topografica piuttosto regolare a cui corrispondono due settori distinti: un settore di alta pianura e uno di bassa pianura. L'alta pianura si sviluppa a ridosso del margine appenninico a sud dell'allineamento Baricella – S. Pietro in Casale ed è caratterizzata da quote comprese tra 30 e 15 m s.l.m. e da un reticolo idrografico non inciso con andamento secondo il gradiente regionale tipico della pianura appenninica (circa 5 metri ogni 2.5 km da SO verso NE). Le quote topografiche più elevate si registrano nell'angolo di SO del Foglio a sud dell'abitato di S. Giorgio di Piano.

La bassa pianura si sviluppa a nord dell'allineamento Baricella – S. Pietro in Casale ed è caratterizzata da quote comprese tra 15 e 10 m s.l.m., da gradienti bassi e da un reticolo idrografico non inciso composito e diretto secondo la direttrice della pianura padana ovvero da ovest a est.

Il reticolo dei corsi d'acqua è piuttosto denso. Il fiume principale è un tratto artificializzato del Reno che scorre nella porzione settentrionale del Foglio con andamento NO-SE. Sempre in questo settore del Foglio nella porzione nord-est è presente un paleopercorso appartenente al Po Morto di Primaro. I corsi d'acqua secondari sono costituiti da una fitta rete di torrenti, fossi, scoli e canali di bonifica che drenano gran parte del Foglio e che scorrono seguendo il gradiente topogra-

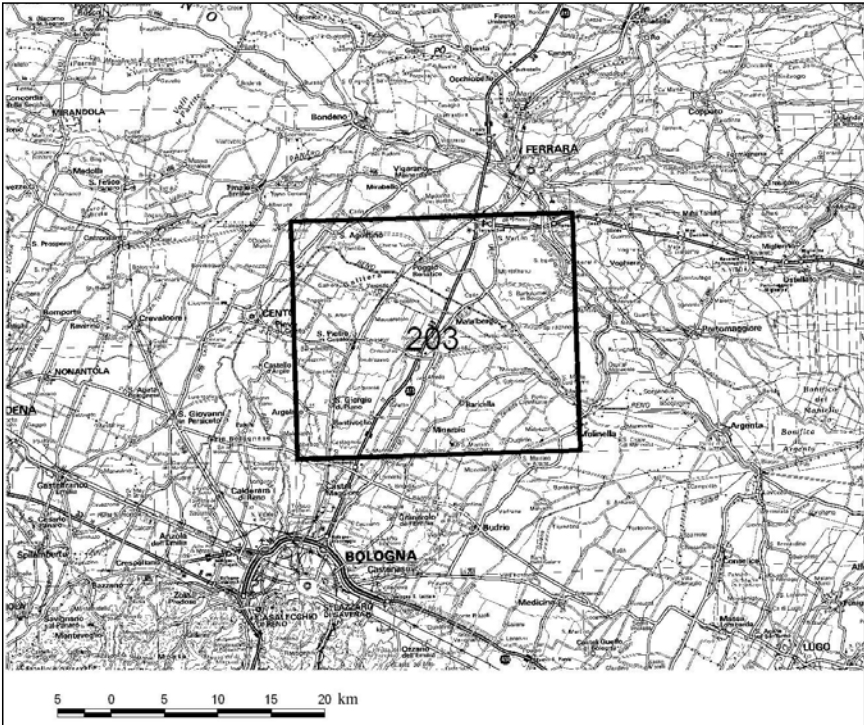


Fig. 1 - Ubicazione del Foglio 203 Poggio Renatico.

fico locale. L'area in esame è prevalentemente occupata dai depositi di piana alluvionale tardo-quaternari della Pianura Padana e da una piccola parte di depositi di piana deltizia del Po confinati nel settore NE del Foglio (fig. 2). In particolare, la piana alluvionale si caratterizza per una morfologia articolata in ampie zone depresse (aree di intercanale o valli) separate da rilevati e dossi di forma convessa (argini e canali) legati alla evoluzione di antichi paleoalvei. Per quanto riguarda il F. Reno è ben evidente, dal punto di vista geomorfologico, un antico alveo lungo la direttrice S. Giorgio di Piano - S. Pietro in Casale.

Infine, si sottolinea il fatto che le forme dei depositi e i processi sedimentari legati all'attività dei corsi d'acqua sono stati profondamente modificati dall'intervento antropico (la bonifica delle valli, la rettificazione degli alvei, ecc.). L'attuale aspetto geomorfologico del Foglio, come per la maggior parte della pianura emiliano romagnola, è quindi il prodotto dell'interazione tra l'evoluzione naturale della piana alluvionale e l'attività dell'uomo.

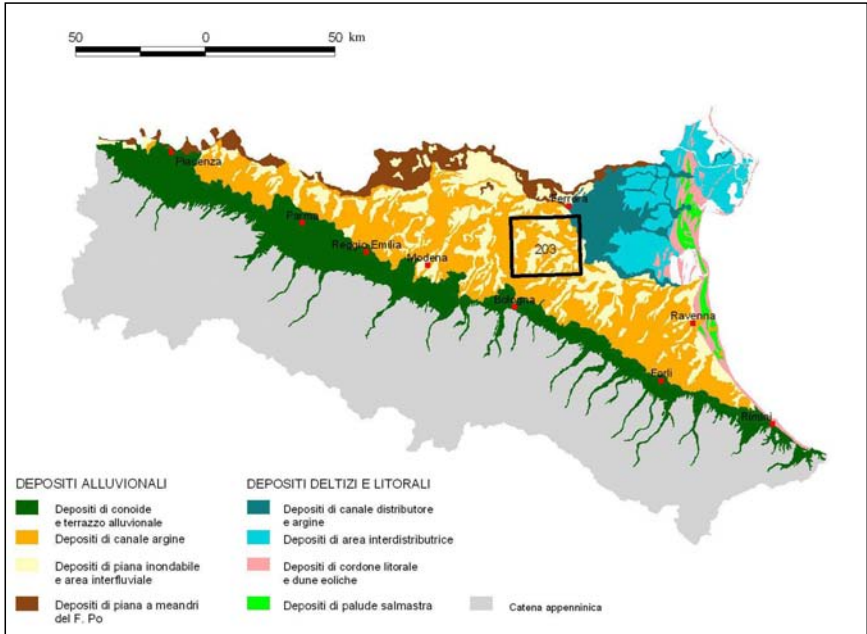


Fig. 2 - Inquadramento dei principali ambienti deposizionali del Foglio 203. Tratto dalla “Carta geologica di pianura dell’Emilia-Romagna, in scala 1:250.000”, REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 1999.

## 2. - GEOLOGIA DI SOTTOSUOLO

L’assetto strutturale delle successioni sepolte plio-pleistoceniche nel settore di pianura in esame è dato da una serie di pieghe e *thrust* ad andamento parallelo con orientazione circa NO-SE ed è stato descritto a scala regionale nei lavori di PIERI & GROPPi (1981), CNR (1990) e REGIONE EMILIA-ROMAGNA – CNR (2002, 2003). Il Foglio 203 (fig. 3) si estende in un settore caratterizzato da un prima fascia meridionale di pieghe e sovrascorrimenti sepolti lungo la direzione Minerbio - S. Giorgio di Piano, più prossima al margine appenninico e circa parallela ad esso (“pieghe romagnole” in PIERI & GROPPi, 1981) e da una seconda fascia settentrionale, più esterna e ampia, che si sviluppa a nord della direttrice S. Pietro in Casale - Pieve di Cento con forma arcuata e concavità rivolta verso il margine appenninico (“pieghe ferraresi”, *op. cit.*). L’insieme di questi elementi rappresentano la culminazione strutturale che delimita verso nord un ampio bacino di *piggy-back* all’interno del quale si sono depositi cospicui spessori di sedimento della successione pliocenica e quaternaria continentale a ridosso del margine appenninico (fig. 4).

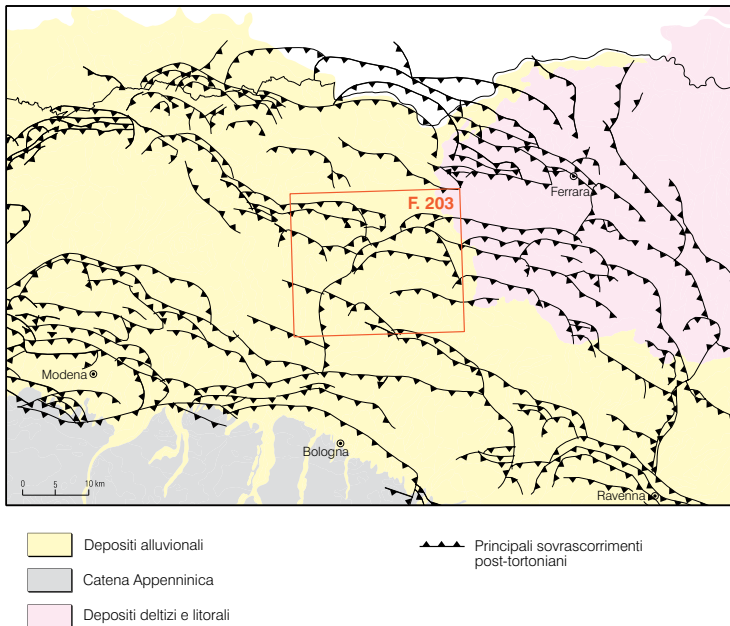


Fig. 3 - *Inquadramento strutturale del Foglio 203.*

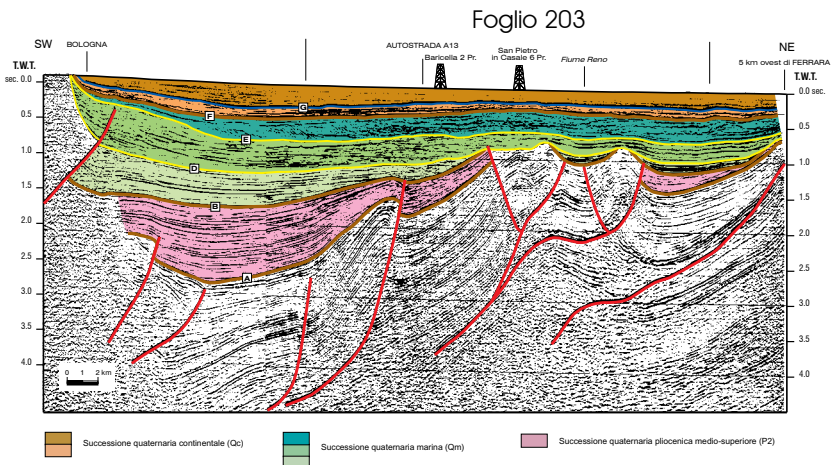


Fig. 4 - *Profilo sismico interpretato ENI-AGIP che mostra le principali caratteristiche del sottosuolo del Foglio 203 e delle aree limitrofe. Per i dettagli sul significato di colori e simboli si rimanda alla figura 5 (da REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).*

### III – STUDI PRECEDENTI

Nella stesura del Foglio 203 e delle note illustrative ci si è ampiamente basati su alcuni lavori di cartografia e stratigrafia dei depositi alluvionali quaternari (sia di superficie che di sottosuolo) che non riguardano specificamente questo settore della pianura emiliano romagnola ma che costituiscono un riferimento essenziale per l'inquadramento regionale dei depositi alluvionali padani.

Nell'ambito della cartografia geologica ufficiale, i seguenti lavori hanno costituito un documento di riferimento basilare:

- 1) la CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:100.000 Foglio 87 Bologna (1963), Foglio 88 Imola (1958), Foglio 76 Ferrara (1955) e Foglio 75 Mirandola (1956). In questi Fogli sono distinti depositi appartenenti al "Quaternario", al "Terziario" e al "Secondario" e sono riportate indicazioni sommarie riguardanti la presenza di stazioni preistoriche, la morfologia e la litologia di superficie sulla base della prevalenza in percentuale di sabbie e argille. Sono inoltre fornite indicazioni sulla "tettonica profonda" come assi di anticlinali, assi di sinclinali, linee principali di dislocazioni e le isobate della base del Pliocene riferite al livello del mare. Infine, sono riportati informazioni di stratigrafia profonda mediante sezioni geologiche allegate ai Fogli, dove l'andamento dei depositi quaternari continentali e marini e delle successioni pre-pleistoceniche è ricostruito secondo la prospezione sismica e i pozzi per idrocarburi;
- 2) la Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna scala 1:250.000 (REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 1999) e la Carta Geomorfologica della Pianura Padana scala 1:250.000 (CASTIGLIONI *et alii*, 1998) che forniscono una sintesi delle conoscenze geomorfologiche relative all'intera pianura;
- 3) i fogli geologici della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:50.000 in corso

di completamento e di stampa, e in particolare i Fogli 201-Modena, 202-S. Giovanni in Persiceto, 222-Lugo e 240-241 Forlì-Cervia (2005), sono stati utilizzati come esempi di cartografia geologica sia di superficie e sia di sottosuolo;

Per quanto riguarda i lavori relativi all'evoluzione storico-geologica del paesaggio della pianura del foglio 203 si ricordano quelli di ricostruzione paleoambientale di ORTALLI (1995) e CASTALDINI & RAIMONDI (1985). In particolare quest'ultimo lavoro fornisce una completa rassegna bibliografica sull'evoluzione recente dei territori della bassa pianura compresa fra Bologna e il fiume Po.

Per l'inquadramento stratigrafico regionale si segnala il lavoro di RICCI LUCCHI *et alii* (1982) che utilizza un criterio di tipo sequenziale per lo studio della successione quaternaria affiorante nel margine appenninico, suddividendola in due cicli sedimentari principali: uno marino (Qm) e uno continentale (Qc). A questo lavoro si aggiunge FARABEGOLI *et alii* (1997) che riconoscono nel sottosuolo della pianura dei cicli deposizionali costituiti da alternanze a scala pluridecimetrica di depositi alluvionali grossolani e fini. I caratteri interni di questi cicli vengono rappresentati tramite carte di sottosuolo con isobate e isopache. In questi lavori viene anche presentato un tentativo di correlazione fra i cicli di sottosuolo e i depositi terrazzati affioranti, classificati sulla base della loro giacitura, tipo di alterazione superficiale ed età archeologica.

A partire dal lavoro di RICCI LUCCHI *et alii* (1982), REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) propongono uno schema stratigrafico regionale dei depositi quaternari di sottosuolo per tutto il Pleistocene-Olocene (fig. 5), largamente basato su dati di stratigrafia sismica e perforazioni petrolifere. In questo studio i principali cicli sedimentari Qm e Qc (ridefinito quest'ultimo come Supersistema Emiliano-Romagnolo) vengono ulteriormente suddivisi in sequenze deposizionali (in particolare i Sintemi Emiliano-Romagnolo Superiore e Inferiore), in cui sono riconosciute delle unità di rango ancora minore con durata di c.a. 100.000 anni. Ciascuna di queste rappresenta l'unità base, a scala regionale, in cui si organizzano i depositi di riempimento della Pianura Padana. Si ricordano inoltre AMOROSI & FARINA (1995), AMOROSI *et alii* (1996) e AMOROSI *et alii* (2000) per lo studio dei cicli deposizionali pluridecimetrici nel sottosuolo della pianura bolognese e per le ipotesi di correlazioni fra questi e i depositi terrazzati affioranti e AMOROSI *et alii* (1999a, 1999b, 2003, 2004) per lo studio dell'evoluzione tardo-pleistocenica e olocenica della pianura costiera romagnola.

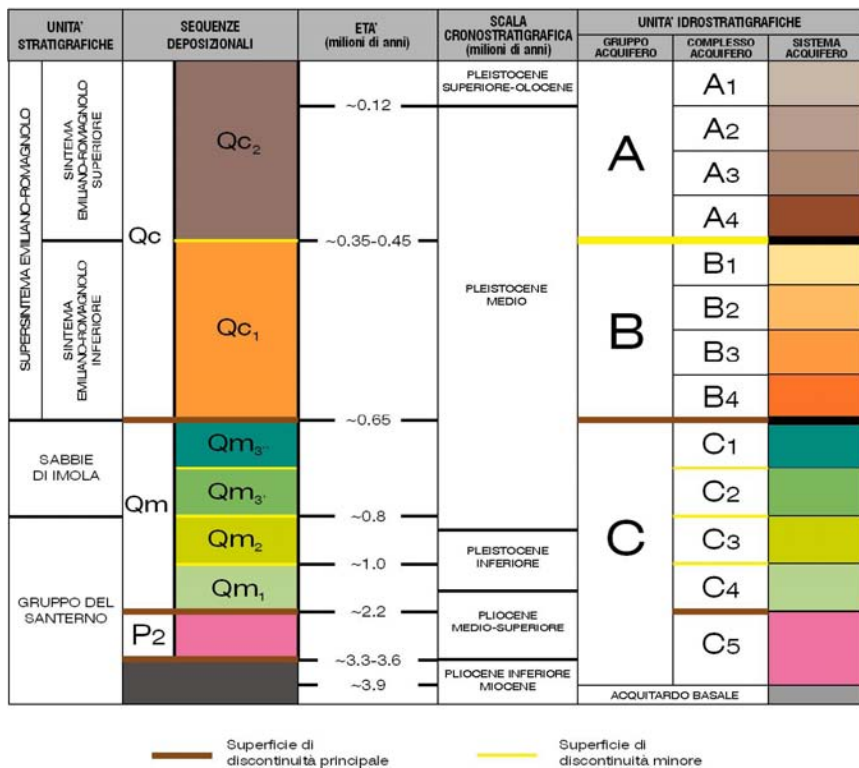


Fig. 5 - Schema stratigrafico dei depositi plio-quadernari del bacino padano, con indicazione delle principali unità stratigrafiche e superfici di discontinuità, sequenze deposizionali e unità idrostratigrafiche (da REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).



## IV – METODOLOGIA DI STUDIO

La progettazione dei rilievi delle aree di pianura nell'ambito della realizzazione della carta geologica in scala 1:50.000 relativa al Foglio 203 è stata eseguita nel rispetto delle linee guida per il rilevamento e la cartografia, dettate dal SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1992).

### 1. - CARTOGRAFIA DI SUPERFICIE

Lo studio dei terreni di superficie si è effettuato preliminarmente attraverso l'analisi di foto aeree pancromatiche alle scale 1:30.000 (volo RER 1985), 1:75.000 (volo Italia 1994) e ortofoto digitalizzate, georeferenziate e geometricamente corrette (volo AIMA 1996). L'analisi del colore, del tono e del suo *pattern*, della tessitura e densità del drenaggio, dell'uso del suolo e l'analisi morfologica dedotta dall'altimetria hanno permesso:

- a) il riconoscimento in via preliminare delle principali unità geomorfologiche quali canali e argini naturali, ventagli di rotta, piane inondabili, ecc.;
- b) una valutazione sulla litologia dei sedimenti associati a queste unità;
- c) una valutazione sul grado di alterazione degli stessi (FAO, 1967; REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 1994).

Una seconda fase di lavoro ha riguardato l'analisi di immagini da satellite in formato digitale, anch'esse georeferenziate e geometricamente corrette (fig. 6) attraverso le quali è stato possibile verificare e approfondire i risultati ottenuti dalla fotointerpretazione.

Le informazioni geomorfologiche, litologiche e pedologiche dedotte dall'ana-

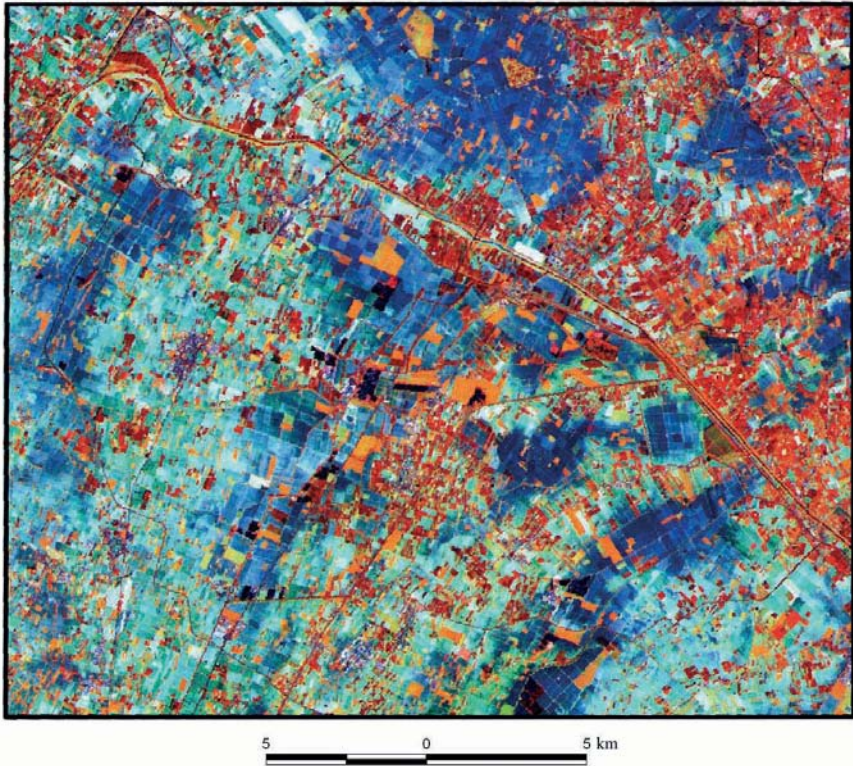


Fig. 6 - Immagine da satellite della pianura emiliano romagnola dell'area del Foglio 203. Acquisizione del 12 ottobre 1986; sensore Thematic Mapper (TM); satellite Landsat 5; bande 4,5,3; sono state effettuate correzioni geometriche e elaborazioni cromatiche sull'immagine originaria per migliorare il contrasto cromatico al fine di evidenziare quelle variazioni meglio relazionabili ai caratteri geologici superficiali del terreno.

Copyright ESA 1986, distribuzione Eurimage, Telespazio per l'Italia.

lisi delle foto aeree e delle immagini da satellite sono poi state controllate e completate attraverso osservazioni dirette del terreno tramite trivellate manuali spinte sino alla profondità di 1,5 metri dal piano campagna, sondaggi e dati pedologici (fig. 7). Le informazioni pedologiche (tessitura e grado di alterazione dei suoli affioranti) sono state tratte dalla Banca Dati dei Suoli 1:50.000 della Regione Emilia-Romagna. L'analisi delle tessiture ha permesso di verificare e caratterizzare dal punto di vista litologico le unità morfologiche individuate dalle foto aeree e dalle immagini da satellite; mentre l'analisi del grado di alterazione ha consentito la stima dell'età minima del sedimento.

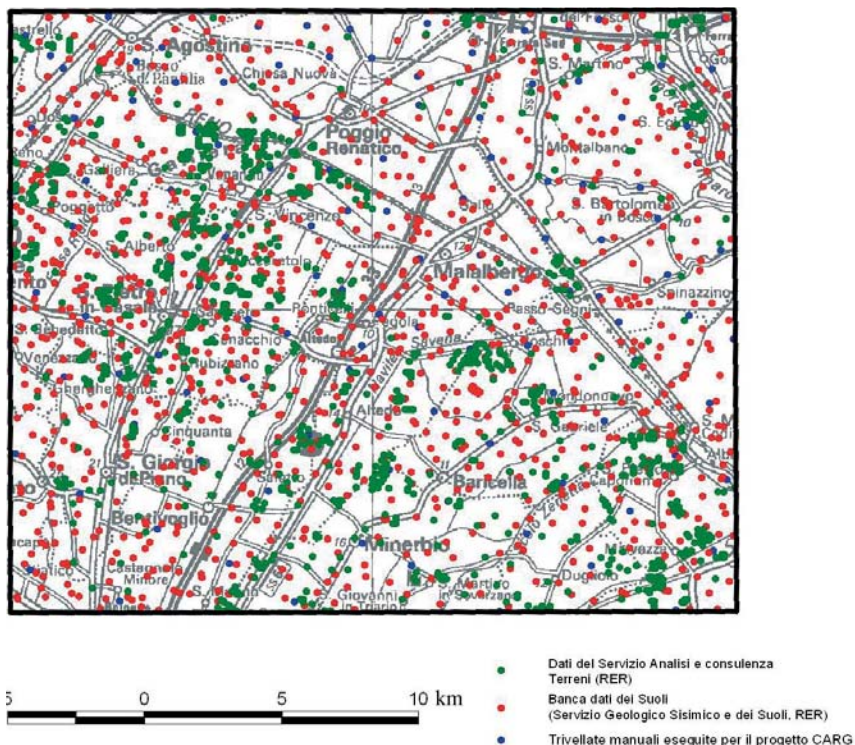


Fig. 7 - Distribuzione in pianta dei dati pedologici utilizzati per la carta geologica (Banca Dati dei Suoli della Regione Emilia-Romagna).

Informazioni sull'età effettiva dei sedimenti affioranti sono state dedotte dall'analisi della bibliografia archeologica. A tal fine è stata realizzata, in collaborazione con la Soprintendenza Archeologica dell'Emilia-Romagna, una raccolta bibliografica dei reperti archeologici, alla quale è seguita la compilazione di una banca dati e una rappresentazione cartografica degli stessi sul territorio (fig. 8 e Appendice 3).

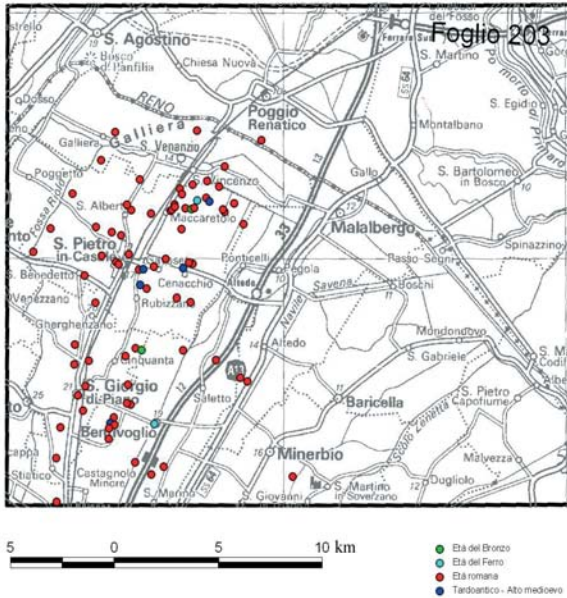


Fig. 8 - Distribuzione in pianta dei siti archeologici utilizzati per la carta geologica (raccolta dati a cura della Soprintendenza Archeologica dell'Emilia-Romagna). Le classi di datazione sono riportate in modo sintetico, in funzione dell'età delle unità stratigrafiche rappresentate nel Foglio. I punti si riferiscono sia a reperti affioranti che sepolti.

## 2. - CARTOGRAFIA DI SOTTOSUOLO E ANALISI STRATIGRAFICA

Lo studio del sottosuolo si è articolato in più fasi di lavoro comprendenti l'analisi dei dati geofisici, la realizzazione di una banca dati geognostici e la sua interpretazione, la ricostruzione preliminare dei rapporti stratigrafici e l'esecuzione di nuove indagini appositamente predisposte per l'affinamento del modello geologico.

### 2.1. - ANALISI DEI DATI GEOFISICI

L'esperienza maturata in questi anni dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia - Romagna nell'ambito degli studi sulla Pianura Padana ha posto in rilievo il fatto che la conoscenza dell'assetto strutturale del sottosuolo, anche nelle sue porzioni più profonde, è fondamentale per la ricostruzione dei rapporti latero-verticali della successione di pianura più superficiale. L'an-



solo marginalmente dalle prove geognostiche puntuali, quali sondaggi e pozzi. Questo ha permesso di acquisire un quadro regionale sull'evoluzione stratigrafica e strutturale della Pianura Padana.

## 2.2. - REALIZZAZIONE DELLA BANCA DATI GEOGNOSTICI

Alla base della cartografia geologica di sottosuolo c'è stata la creazione della Banca Dati Geognostici della Regione Emilia-Romagna (fig. 10, tab. 1, tab. 2) la cui struttura e organizzazione interne è già stata illustrata nel dettaglio nelle note illustrative dei diversi Fogli già realizzati e in particolare in CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 223-Ravenna (2002) a cui si rimanda per ogni precisazione. Per quanto riguarda il Foglio 203 la densità dei dati geognostici disponibili è di 2,5 dati per km<sup>2</sup>. Come si evince dalla figura 10, la densità delle informazioni è maggiore in prossimità dei principali centri urbani (esempio le località di Poggio Renatico e S. Agostino) e è inferiore nelle circostanti aree agricole (ad es. nel settore nord-orientale e centrale).

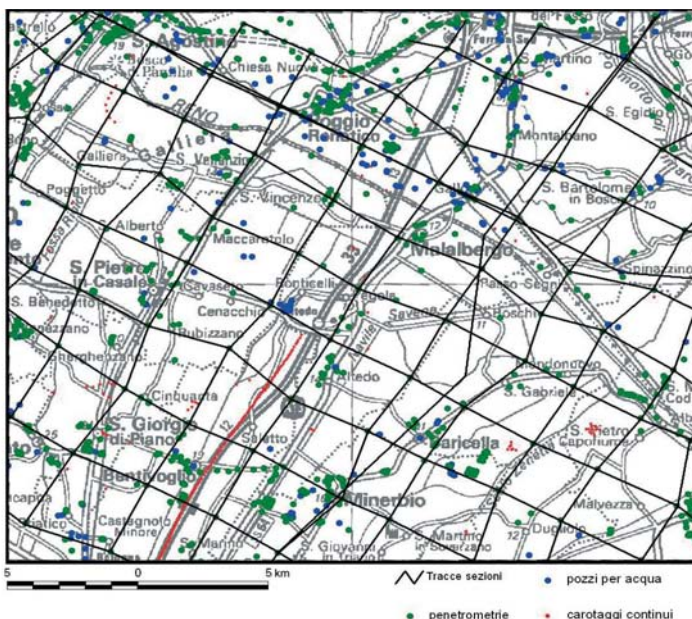


Fig. 10 - Distribuzione in pianta delle indagini geognostiche raccolte nella banca dati del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna e utilizzate per la cartografia geologica del sottosuolo; tracce di tutte le sezioni geologiche costruite per la ricostruzione tridimensionale dei corpi e delle unità da cui sono tratte le 4 sezioni del Foglio Allegato.

TAB. 1 - Banca dati geognostici del Foglio 203. I principali enti fornitori dei dati sono la Regione Emilia-Romagna, le Province, i Comuni, il consorzio del Canale Emiliano-Romagnolo, i Consorzi di bonifica, le Ferrovie dello Stato, Autostrade S.p.A., l'Azienda Multiservizi Intercomunale di Imola e alcune industrie.

TIPO DI DATI	N° DATI	%	Prof. media	Prof. min.	Prof. max.
Prove penetrometriche statiche	689	46,10	13,47	4	39
Prove penetrometriche dinamiche	9	0,60	10,17	9,8	10,7
Sondaggio a distruzione	96	6,42	9,52	2,5	48
Sondaggi a carotaggio continuo	281	18,79	13,52	1,05	60
Sondaggi esaminati dai rilevatori	15	1,00	58,50	10	220
Pozzi per acqua	227	15,18	131,06	7	450
Prove penetrometriche con punta elettrica e piezocono (di cui 118 del Programma CARG)	152	10,17	34,81	20,1	50,4
Sondaggi elettrici verticali	26	1,74			

TAB. 2 - I principali dati presenti nella Banca dati geognostici del Foglio 203

ENTI FORNITORI	N° DATI	%
LIBERI PROFESSIONISTI	443	29,64
COMUNI	257	17,2
RER	228	15,26
PROVINCIA-BO	154	10,3
AUTOSTRAD-SPA	108	7,22
PROVINCIA-FE	99	6,62
GENIO-CIVILE-BO	67	4,48
SNAM-SPA	49	3,27
FF.SS.	18	1,2
CONS.BONIFICA-RENANA	18	1,2
C.E.R.	17	1,14
GENIO-CIVILE-FE	16	1,07
CONS.VALLI.VEC.RENO	14	0,94
ACOSEA	4	0,26
A.M.SE.F.C.	3	0,2
TOTALE	1495	100

### 2.3. - LA RICOSTRUZIONE PRELIMINARE DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI

La ricostruzione preliminare dei rapporti stratigrafici del sottosuolo si è basata sullo studio di una rete di 26 sezioni geologiche orientate parallelamente e perpendicolarmente al margine appenninico (e alle strutture geologiche sepolte) e costruite con tutti i dati geognostici disponibili, con particolare attenzione per i più profondi e/o dettagliati. In particolare è stata realizzata una maglia di quattro sezioni profonde, delle quali due rappresentate nel Foglio Allegato, e rese alla scala 1:100.000 con esagerazione verticale 25x, e 22 sezioni superficiali, delle quali due rappresentate nel Foglio Allegato e rese alla scala 1:50.000 con esagerazione verticale 50x. Le sezioni geologiche profonde si spingono ad una profondità massima di circa 400 metri e forniscono informazioni riguardo le geometrie e l'organizzazione stratigrafica della successione a scala regionale. Le sezioni superficiali si spingono ad una profondità massima di circa 50 metri e forniscono maggiori dettagli sulla distribuzione degli ambienti deposizionali dell'intervallo stratigrafico olocenico e tardo-pleistocenico.

Le superfici di correlazione sono state tracciate sulla base di criteri geometrici e litologici, guidati dall'individuazione di orizzonti guida, quali ad esempio corpi ghiaiosi di conoide alluvionale, intervalli fini di piana alluvionale ben sviluppati oppure orizzonti di torba e di argilla organica palustri e lagunari ben riconoscibili e lateralmente estesi. Le linee di correlazione sono poi state verificate in tutti gli incroci delle sezioni per la taratura geometrica.

### 2.4. - ESECUZIONE DI NUOVE INDAGINI DI SOTTOSUOLO

Le nuove indagini di sottosuolo appositamente eseguite sono i sondaggi a carotaggio continuo e le prove penetrometriche che hanno consentito di definire e mettere a punto il modello geologico del sottosuolo elaborato dalla banca dati (fig. 11). I sondaggi a carotaggio continuo rappresentano l'unico strumento di osservazione diretta dei depositi di sottosuolo e sono quindi di fondamentale importanza per la loro caratterizzazione litologica e per il riconoscimento degli ambienti deposizionali attraverso l'analisi di facies (fig. 12). Essi inoltre permettono il campionamento dei terreni per analisi specifiche che sono strumenti indispensabili per la verifica delle correlazioni stratigrafiche proposte. In particolare, per il rilevamento del Foglio 203 sono state eseguite datazioni  $^{14}\text{C}$  dei sedimenti organici (tab. 3), analisi micropaleontologiche (Appendice 2) e analisi petrografiche delle sabbie (Appendice 4), nonché prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati (titolo VIII). Grazie alle numerose informazioni che si possono ottenere dai sondaggi a carotaggio continuo, è stato inoltre possibile utilizzarli per l'interpretazione in chiave stratigrafico-sedimentologica dei log elettrici dei pozzi per idrocarburi e i log delle prove penetrometriche.

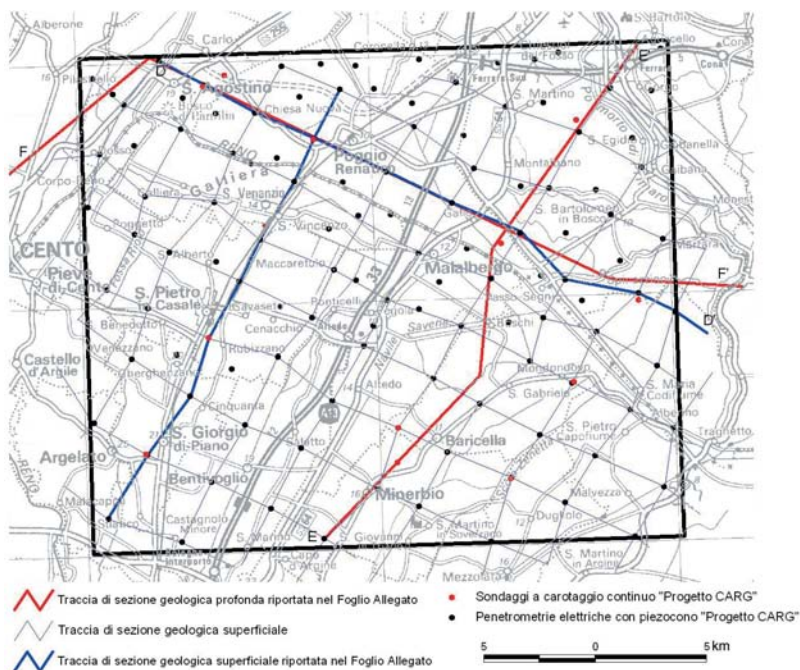


Fig. 11 - Distribuzione delle nuove prove geognostiche (sondaggi a carotaggio continuo e prove CPTU eseguite ad hoc per il rilevamento del Foglio 203, traccia delle sezioni geologiche realizzate per il foglio e di quelle selezionate per la rappresentazione del sottosuolo nel Foglio Allegato).



Fig. 12 - Analisi di facies eseguita sul materiale di perforazione del sondaggio a carotaggio continuo 203-S9

TAB. 3 - Tabella dei risultati ottenuti dalle analisi radiometriche (metodo  $^{14}\text{C}$ ) su campioni di materiale organico prelevati da sondaggi del progetto CARG. L'ubicazione dei sondaggi è illustrata in fig. 10 e la stratigrafia dei sondaggi CARG in Appendice 1. La profondità dei campioni è riferita al piano campagna. L'età è espressa in anni. BP Before Present (per "present" si intende il 1950).

CODICE BANCA DATI	QUOTA SONDAGGIO	PROFONDITA' CAMPIONE	UNITA'	ETA' $^{14}\text{C}$	RANGE	TECNICA DI DATAZIONE	TIPO DI MATERIALE	LABORATORIO
203 S1	9	12.9	AES7	18000	230	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	ENEA (BOLOGNA)
203 S1	9	17.2	AES7	24680	420	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	ENEA (BOLOGNA)
203 S1	9	23.4	AES7	41940	1520	AMS	ARGILLA ORGANICA	BETA ANALYTIC MIAMI-FI-USA
203 S2	6.9	3.8	AES8	550	80	Radiometrica	TORBA	BETA ANALYTIC MIAMI-FI-USA
203 S2	6.9	13.4	AES8	10230	100	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	BETA ANALYTIC MIAMI-FI-USA
203 S2	6.9	22.9	AES7	30450	650	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	BETA ANALYTIC MIAMI-FI-USA
203 S2	6.9	33.7	AES7	>41440		Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	BETA ANALYTIC MIAMI-FI-USA
203 S3	16	15.9	AES8	12640	160	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	ENEA (BOLOGNA)
203 S3	16	21.8	AES7	18200	2390	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	ENEA (BOLOGNA)
203 S4	11.5	11.8	AES8	5550	230	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	ENEA (BOLOGNA)
203 S4	11.5	18.6	AES7	22140	220	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	BETA ANALYTIC MIAMI-FI-USA
203 S5	22	16.9	AES8	10420	130	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	BETA ANALYTIC MIAMI-FI-USA
203 S5	22	22.3	AES8	11400	70	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	BETA ANALYTIC MIAMI-FI-USA
203 S5	22	31.9	AES7	32940	810	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	BETA ANALYTIC MIAMI-FI-USA
203 S6	13.5	13.8	AES8	4440	40	AMS	LEGNO	BETA ANALYTIC MIAMI-FI-USA
203 S6	13.5	20.2	AES7	19860	480	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	ENEA (BOLOGNA)
203 S9	9	11.45	AES8	4350	80	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	ENEA (BOLOGNA)
203 S9	9	20.25	AES8	13450	320	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	ENEA (BOLOGNA)

Per la realizzazione di questo Foglio sono stati eseguiti 13 sondaggi a carotaggio continuo. Fra questi, 10 hanno profondità comprese fra 34 e 41.5 m e sono stati utilizzati specificamente per analizzare i primi depositi del sottosuolo (riferibili prevalentemente alle unità AES8 e AES7, titolo V), mentre 3 sondaggi hanno profondità variabili da 65.5 a 220 m e sono stati progettati per caratterizzare anche gli intervalli più profondi della successione sedimentaria. Per avere un quadro più completo nel modello geologico e nelle sezioni, sono stati considerati anche i sondaggi più significativi delle aree limitrofe e in particolare i Fogli 202-S. Giovanni in Persiceto, 204-Portomaggiore e 221-Bologna.

I carotaggi, per quanto determinanti per la ricostruzione del quadro stratigrafico, sono estremamente costosi e possono essere effettuati solo in numero limitato, rendendo talora difficile l'extrapolazione su base areale del modello geologico ricostruito. Per questo motivo sono state realizzate *ad hoc* per il progetto CARG n.118 prove penetrometriche (CPT) a spaziatura relativamente regolare e sull'intero areale del Foglio. Le CPT per la quasi totalità sono state eseguite con punta elettrica e piezocono (CPTU) e hanno raggiunto una profondità massima di c.a. 35 metri. Le prove penetrometriche sono state utilizzate per interpretare le litologie dei terreni attraversati sulla base dei risultati di diversi studi precedenti (AMOROSI & MARCHI, 1999; CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 223-Ravenna, 2002) e con l'ausilio di alcune tarature fatte in questo lavoro tramite i sondaggi a carotaggio continuo ad esse adiacenti. Nell'Appendice 1 sono riportate le descrizioni dei sondaggi con la relativa interpretazione stratigrafico-sedimentologica adottata; nell'Appendice 2 sono illustrati i risultati delle analisi micropaleontologiche effettuate sul sondaggio 203-S9; nell'Appendice 3 è descritta la documentazione archeologica relativa al Foglio 203 e nell'Appendice 4 i risultati delle analisi petrografiche e tessiturali eseguite sui sondaggi 203-S4, 203-S5, 203-S8, 203-S9, 203-S10 e 203-S13



## V - STRATIGRAFIA

### 1. - DEFINIZIONE DEL CRITERIO STRATIGRAFICO UTILIZZATO

La successione sedimentaria che è stata oggetto di studio nel rilevamento del Foglio 203 fa parte della Successione post-evaporitica del margine padano-adriatico. In particolare, è stata analizzata con maggior dettaglio la successione del Pleistocene medio e superiore e quella dell'Olocene. Nel Foglio 203 affiorano unicamente i depositi olocenici e quindi la successione pleistocenica è stata investigata attraverso lo studio del sottosuolo.

I criteri utilizzati per l'analisi stratigrafica di questa successione sono quelli propri della stratigrafia fisica, in accordo con quanto definito dalle linee guida per il rilevamento della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1992) e le successive integrazioni e con quanto realizzato nei Fogli limitrofi. La stratigrafia fisica, nel corso degli ultimi trenta anni, ha posto l'accento sull'identificazione di pacchi di strati delimitati da superfici-tempo e sulle relazioni genetiche tra sistemi deposizionali coevi e ha favorito il progressivo utilizzo di unità stratigrafiche delimitate da superfici di discontinuità (*Unconformity Bounded Stratigraphic Units* – UBSU, SALVADOR, 1994 e Unità allostratigrafiche, NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE, 1983; POAG & WARD, 1993) o comunque legate a cicli di eventi, come le unità stratigrafico-deposizionali (VAIL, 1987; POSAMENTIER *et alii*, 1988, GALLOWAY, 1989). Queste unità presentano un forte connotato operativo (MUTTI *et alii*, 1994) e trovano un impiego naturale nella cartografia geologica dei depositi quaternari.

In particolare nei depositi continentali l'impiego delle UBSU, definite come unità limitate alla base e al tetto da superfici di discontinuità dimostrabili, si-

gnificative e specificamente designate (*angular unconformities, discon-formities, ecc.*), di estensione preferibilmente regionale o interregionale, trova la sua applicazione ottimale nella rappresentazione cartografica di depositi di terrazzo affioranti nei settori intravallivi della pianura (cfr. BLUM, 1993) che, per loro natura, sono compresi tra superfici di discontinuità corrispondenti a scarpate di erosione fluviale e a suoli. Nelle aree della pianura alluvionale sono stati utilizzati come potenziali limiti di UBSU i suoli, sia affioranti che sepolti, poiché materializzano per la loro stessa natura delle superfici di discontinuità non deposizionali (PRETI & GUERMANDI, 1991).

L'individuazione di limiti inconformi nei depositi di sottosuolo della Pianura Padana risulta tuttavia non sempre agevole. Ciò principalmente a causa di più fattori: l'assenza di linee sismiche ad alta risoluzione che permettano di individuare la geometria della stratificazione di questi depositi; la difficoltà di tracciare tali superfici quando ci si trovi di fronte a blandi o assenti contrasti di facies; il progressivo passaggio delle superfici di discontinuità alle relative superfici di continuità stratigrafica. Un tentativo in tal senso è stato operato alla scala di tutta la pianura emiliano romagnola mediante l'analisi dei dati di pozzo e l'interpretazione della sismica industriale (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998). Lavori di maggior dettaglio, come quelli operati per la realizzazione del presente Foglio, basati sulla correlazione di dati di pozzi e di sondaggi appositamente eseguiti e supportati da approfonditi studi sedimentologici e micropaleontologici (es. AMOROSI *et alii*, 1999b, CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 223-Ravenna, 2002; Foglio 256-Rimini, 2005; Foglio 240-241 Forlì-Cervia, 2005), permettono di migliorare ulteriormente il quadro stratigrafico e concorrono ad individuare le principali superfici di discontinuità stratigrafica e la loro correlazione a scala di bacino.

La successione del Foglio 203 è stata quindi suddivisa in UBSU ma per poter essere applicate interamente e ubiquitariamente al contesto geologico del sottosuolo della Pianura Padana, queste unità sono state interpretate in chiave flessibile ovvero, nella realizzazione del Foglio, sono state cartografate anche dove le discontinuità erano localmente non più perfettamente riconoscibili e verificabili lungo il tracciato delle superfici ad esse correlate. Si ritiene quindi che le unità utilizzate soddisfino complessivamente e regionalmente il requisito di base inconforme (necessario per l'attribuzione alla categoria delle UBSU) sebbene non si escluda che tali superfici possano localmente passare a superfici di continuità stratigrafica.

La nomenclatura stratigrafica utilizzata nelle presenti note si basa largamente su quanto riportato in REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) e i depositi studiati sono stati raggruppati nel Supersintema Emiliano-Romagnolo, suddiviso nel Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) e nel Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (fig. 5). All'interno di quest'ultimo sono state distinte unità di

rango inferiore (subsintemi) corrispondenti nei settori intravallivi (affioranti nel Foglio 221-Bologna) a depositi alluvionali di un singolo terrazzo o di un gruppo di terrazzi e nel sottosuolo della pianura a cicli sedimentari, generalmente *coarse-ning-upward*, di tipo trasgressivo-regressivo.

## 2. - ASSETTO STRATIGRAFICO - STRUTTURALE

L'analisi dei profili sismici e dei pozzi per idrocarburi effettuata per il rilevamento del Foglio 203 ed esteso ai fogli limitrofi per un quadro regionale più completo (fig. 9) ha consentito l'elaborazione di un nuovo schema tettonico di dettaglio (fig. 13). Nello schema vengono più precisamente riconosciute e dettagliate le due importanti culminazioni strutturali già illustrate nel Titolo II.2 (figg. 3 e 4). E' quindi possibile osservare l'articolazione interna delle strutture e la loro geometria d'insieme che evidenzia come l'allineamento Selva - Minerbio - S. Giorgio di Piano immerga verso NO, mentre l'allineamento Malalbergo - S. Pietro in Casale salga verso NO fino a raggiungere la culminazione strutturale di Cento nel Foglio 202-S. Giovanni in Persiceto. Contrariamente a quanto accade

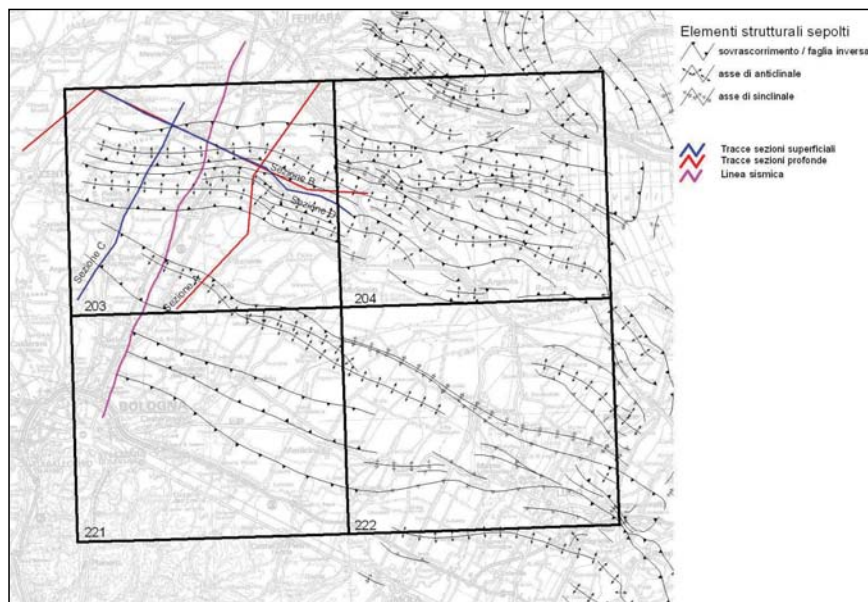


Fig. 13 - Schema dei principali elementi strutturali plio-pleistocenici sepolti, traccia delle sezioni geologiche superficiali e profonde riportate nel Foglio Allegato e traccia della linea sismica portata ad esempio dell'assetto strutturale in fig. 4.

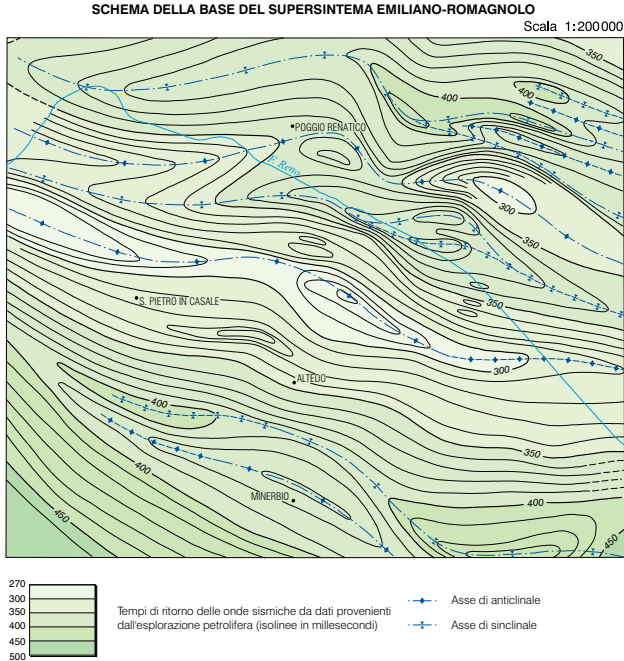


Fig. 14 - *Mappa in tempi relativa al limite basale del Supersistema Emiliano-Romagnolo, derivante dall'analisi dei dati sismici.*

nei fogli limitrofi le aree depocentrali sono scarse e di limitata estensione areale.

Dall'analisi di questi dati (figg. 4 e 9) risulta che la prima importante superficie di *onlap* al tetto delle strutture che sutura la fase tettonica che le ha generate corrisponde approssimativamente alla base del Pliocene medio (base successione P2, PIERI & GROPPI, 1981). Questa raggiunge la profondità di circa 2800 metri nel nucleo della sinclinale del bacino di *piggy back* compreso fra il Foglio e il margine appenninico per poi risalire a profondità di circa 1000 metri nelle zone di alto strutturale del Foglio.

L'analisi dei dati sismici relativi al Supersistema Emiliano-Romagnolo è stata approfondita per consentire la stesura di una mappa in tempi relativa al suo limite basale corrispondente a quello del Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) (fig. 14). Si osservi come anche la geometria di tale superficie rifletta l'andamento delle strutture plio-pleistoceniche più profonde.

### 3. – SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO

Il Supersintema Emiliano-Romagnolo è l'unità stratigrafica che comprende l'insieme dei depositi quaternari di origine continentale affioranti in corrispondenza del margine appenninico padano (ciclo Qc di RICCI LUCCHI *et alii*, 1982) e i sedimenti ad essi correlati nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola. Il limite inferiore del Supersintema Emiliano-Romagnolo affiora solamente a ridosso del margine appenninico e nei settori intravallivi nell'area del Foglio 221 dove è fortemente discordante sui depositi marini del Pleistocene medio (Sabbie di Imola, IMO) e mio-pliocenici. Questa discordanza angolare si realizza anche nel sottosuolo più prossimo al margine appenninico ed è espressa dal contatto netto fra i depositi fluvio-deltizi alla base del supersintema e i depositi sabbioso-ghiaiosi litorali e di delta-conoide riferiti al tetto di IMO. Il limite superiore coincide col piano topografico. L'età dell'unità è Pleistocene medio-attuale (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998), spessore complessivo di circa 500 m..

Nei fogli della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 della pianura emiliano romagnola, realizzati e in corso di realizzazione da parte del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, questa unità comprende due sistemi distinti (Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, AEI e Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, AES) che sono stati riconosciuti e tracciati anche nelle porzioni di sottosuolo (AMOROSI & FARINA, 1995; REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998; CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 223-Ravenna, 2002; Foglio 256-Rimini, 2005; Foglio 240-241 Forlì-Cervia, 2005). Nel Foglio 203 affiorano solo i depositi di AES mentre i depositi di AEI sono stati individuati solo nel sottosuolo della pianura sulla base dei dati geognostici (qualche sondaggio e soprattutto diversi log di pozzo per idrocarburi) e delle geometrie delle unità stratigrafiche ricostruite attraverso le sezioni geologiche profonde. Al suo interno il sistema AEI è costituito da alternanze cicliche di depositi fini (prevalentemente argille e limi) e depositi prevalentemente sabbiosi riferibili ad associazioni di facies di piana alluvionale e soprattutto di piana fluvio-deltizia, costiera e di piattaforma (sondaggio 203-S9 e pozzi per idrocarburi appartenenti ai seguenti campi pozzi: Baricella, Cona, Marrana, Minerbio, Montalbano, Pieve di Cento, S. Pietro in Casale, Selva, Spinazzino). L'età dell'unità è attribuita, per posizione stratigrafica, al Pleistocene medio (tra 350-450.000 anni e 650.000 anni, REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).

Per migliorare la ricostruzione delle geometrie e del significato stratigrafico dei principali corpi sabbiosi del Supersintema Emiliano-Romagnolo è stato fatto il tentativo di distinguere l'area d'origine ("provenienza") dei sedimenti in essi contenuti per caratterizzare il sistema fluviale e/o deltizio di appartenenza, in accordo con quanto fatto nell'interpretazione di altri fogli della pianura emilia-

no romagnola (es. CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 240-241 Forlì-Cervia, 2005). I corpi sabbiosi lateralmente più continui (scala delle decine di km) e spessi (10-50 m), di granulometria media e grossolana, omogenea sulle lunghe distanze, di geometria tabulare e con tendenza a chiudersi verso il margine appenninico, sono stati attribuiti alla provenienza padana (ovvero depositi dal F. Po). I corpi sabbiosi più discontinui e sottili, di granulometria più variabile e mediamente intorno alle classi delle sabbie medie e fini, con geometrie più irregolari e con la tendenza a saldarsi verso il margine appenninico con i corpi ghiaiosi di conoide, sono stati attribuiti alla provenienza appenninica (quindi depositi prevalentemente dal F. Reno nell'area del Foglio 203). Tale distinzione è stata operata tramite: a) la facies elettrica dei log di pozzo; b) la facies osservata nei carotaggi e l'analisi petrografica qualitativa di terreno eseguita sulle carote; c) le geometrie di correlazione dei corpi.

Di fondamentale importanza è stata la taratura dell'interpretazione di provenienza effettuata tramite l'analisi petrografica quantitativa al microscopio di diversi campioni di sabbie prelevati dalle carote dei sondaggi (Appendice 4, MARCHESE *et alii*, 2000).

Nelle sezioni geologiche profonde del Foglio Allegato alla Carta Geologica si osserva che il supersintema si caratterizza, nel suo complesso, per la progradazione dei sistemi deposizionali alluvionali da SO verso NE e il conseguente arretramento dei depositi fluvio-deltizi e costieri. Tale progradazione mostra due fasi di sviluppo distinte a cui sono stati attribuiti, rispettivamente, i due sintemi in cui il supersintema è stato suddiviso: AEI e AES. Il primo è dominato da facies fluvio-deltizie per lo più costituite da sabbie di provenienza padana, mentre nel secondo si sviluppano prevalentemente le facies francamente fluviali di piana alluvionale legate a sistemi di provenienza prevalentemente appenninica. Questa progradazione è ben visibile nella sequenza di facies del sondaggio 203-S9 (Appendici 1 e 2) e nell'evoluzione delle microfaune, passanti da associazioni di mare basso e aperto (alla base del sondaggio) ad associazioni francamente continentali (al tetto).

L'organizzazione spaziale di questi depositi viene interpretata come il prodotto del riempimento del bacino Padano che avviene in concomitanza al sollevamento del margine appenninico e con il conseguente avanzamento verso NE dei sistemi deposizionali ad esso associati.

### 3.1. – SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) costituisce la porzione superiore del Supersintema Emiliano-Romagnolo. Le caratteristiche dei sedimenti affioranti sono descritte nella carta geologica di superficie. Le caratteristiche dei

sedimenti di sottosuolo sono illustrate nelle sezioni geologiche profonde del Foglio Allegato e nella descrizione stratigrafica del sondaggio 203-S9 (Appendice 1) in cui la successione è stata attraversata per intero.

In affioramento AES è costituito da depositi di pianura alluvionale e, in parte, di piana deltizia. Nel sottosuolo i depositi di piana deltizia e costiera sono più abbondanti.

Il limite inferiore del sistema non affiora nel Foglio 203. Nei Fogli immediatamente a sud il limite basale è dato da un contatto erosivo e fortemente discordante sui depositi marini mio-pliocenici dell'Appennino e su IMO e corrisponde a quello dell'intero supersistema. Nel settore meridionale del sottosuolo del foglio in esame, a sud della direttrice Molinella-Baricella-S. Pietro in Casale, il limite inferiore si fa via via meno marcato da un punto di vista litologico ed è riconoscibile come superficie di avanzamento a scala regionale dei sistemi deposizionali più prossimali. Verso NE questo contatto si fa nuovamente più marcato e risulta dal forte contrasto di facies tra depositi sabbiosi fluvio-deltizi e di piattaforma sottostanti appartenenti ad AEI con i depositi fini di piana deltizia e costiera soprastanti di AES. Il limite superiore corrisponde all'attuale superficie topografica.

#### *La ciclicità sedimentaria*

Nel sottosuolo della pianura AES è costituito dalla sovrapposizione di cicli deposizionali di diverso ordine gerarchico. I cicli riconoscibili con maggior chiarezza hanno uno spessore di varie decine di metri e risultano generalmente organizzati verticalmente in sequenze *coarsening-upward* (CU) e in sequenze *fining-upward/coarsening upward* (FU/CU) entrambe caratterizzate da un'evoluzione di tipo trasgressivo-regressivo (T-R).

La porzione trasgressiva basale di ciascun ciclo è caratterizzata dalla frequente presenza di argille organiche di piana alluvionale, palude e piana costiera con eventualmente intercalazioni di sabbie di spiaggia. Queste poggiano con un contatto generalmente netto sui depositi sabbiosi fluviali e deltizi del ciclo sottostante. Il limite inferiore di ognuno di questi cicli rappresenta una superficie di disattivazione della sedimentazione grossolana. Essa ha una espressione fisica evidente ed è riconoscibile nel sottosuolo come un forte contrasto di facies. In particolare, le facies trasgressive marino-marginali non sembrano estendersi in AES più a sud dell'allineamento Molinella-Altedo-S. Pietro in Casale.

La porzione regressiva di ciascun ciclo consiste di depositi di piana alluvionale costituiti da sedimenti fini di tracimazione fluviale in cui le sabbie di canale fluviale sono subordinate e presenti solo come corpi lenticolari isolati. Al tetto del ciclo le sabbie di canale fluviale si fanno più abbondanti fino a formare corpi compositi e lateralmente estesi in tutto il sottosuolo del foglio.

Il ciclo più superficiale rappresenta l'unico ciclo affiorante nel Foglio 203, è incompleto ed è rappresentato dalla porzione trasgressiva seguita dalla parte iniziale di quella regressiva.

Sulla base dei caratteri trasgressivo-regressivi dei cicli deposizionali riconosciuti nel sottosuolo, della loro durata temporale e della loro estensione a scala regionale (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998) essi sono considerati il prodotto della ciclicità elementare climatico-eustatica di quarto ordine che caratterizza l'evoluzione del periodo Quaternario (i.e. MARTINSON *et alii*, 1987).

#### *La definizione dei subsintemi*

Nei settori intravallivi e pedecollinari affioranti nei Fogli limitrofi (es. Foglio 221-Bologna) AES è suddiviso in subsintemi (AES<sub>5-8</sub>), ognuno dei quali è costituito da depositi alluvionali di un singolo terrazzo o di un gruppo di terrazzi separati da quelli immediatamente sopra e sottostanti da scarpate di erosione particolarmente ampie, che delimitano depositi geometricamente discordanti tra loro (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:50.000 Foglio 219-Sassuolo, 2005; Foglio 256-Rimini, 2005; Foglio 240-241 Forlì-Cervia, 2005; si vedano inoltre gli altri Fogli in stampa della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA relativi al margine appenninico: Fogli 220-Casalecchio di Reno, 239-Faenza e 255-Cesena). La superficie sommitale affiorante dei diversi subsintemi è caratterizzata da uno specifico grado di alterazione dei suoli.

Sulla base della prosecuzione fisica e/o geometrica dei corpi ghiaiosi di terrazzo e di conoide alluvionale, i 3 subsintemi più recenti (AES<sub>6</sub>, AES<sub>7</sub>, AES<sub>8</sub>) sono stati correlati con i 3 cicli deposizionali più superficiali riconosciuti all'interno di AES nel sottosuolo della pianura. Questi tre cicli più superficiali del sottosuolo sono quelli meglio definiti a scala regionale dato il numero relativamente alto di pozzi che li attraversano, compresi diversi carotaggi appositamente eseguiti per la cartografia geologica.

Nei depositi sepolti di AES al di sotto dei primi 3 cicli / subsintemi sono presenti altri 2 cicli deposizionali che tuttavia, diversamente da quelli già illustrati, sono conosciuti in modo più approssimativo dato il numero esiguo di informazioni geognostiche disponibili e sono stati attribuiti ad AES indifferenziato. Il sondaggio 203-S9, che ha attraversato interamente tutta l'unità AES, e le sezioni geologiche profonde, mostrano che questi 2 cicli più bassi hanno caratteri simili ai cicli sovrastanti. In futuro l'acquisizione di nuovi dati, soprattutto cronologici, su questi due cicli inferiori potrebbe consentirne la correlazione con i subsintemi AES<sub>5</sub> e AES<sub>4</sub> affioranti al margine appenninico.

Nel Foglio 203 AES è costituito, in affioramento, dal solo AES<sub>8</sub>.

Dal punto di vista micropaleontologico (Appendice 2) il Sintema è caratterizzato da una evoluzione complessivamente *shallowing upward* con dominanza di associazioni micrafaunistiche di baia, laguna e palude salmastra nella porzione inferiore (con locali episodi litorali) e di associazioni esclusivamente ipoline palustri nella porzione superiore.

Lo spessore di AES varia da circa 300 metri presso il limite meridionale del

Foglio 203 (sezione E-E') fino a circa 180-150 metri nel settore centrale e settentrionale del Foglio in corrispondenza della culminazione strutturale.

L'età della base del sistema è attribuita, per posizione stratigrafica e per confronto coi cicli climatico-eustatici, al Pleistocene medio (circa 400-430 ka, REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998). I depositi del tetto dell'unità sono attualmente in evoluzione e pertanto la loro età è olocenica.

### 3.1.1. – *Subsistema di Bazzano (AES<sub>6</sub>)* (solo sottosuolo)

L'unità è presente nel Foglio solo nel sottosuolo (attraversata interamente dal sondaggio profondo 203-S9 e parzialmente in 203-S10 e 203-S13, Appendice 1) dove è costituita da un ciclo trasgressivo-regressivo di tipo *coarsening-upward* con le caratteristiche interne tipiche della ciclicità decametrica di AES mentre affiora a sud sottoforma di estesi depositi fluviali terrazzati nella località tipo appartenente al Foglio 221. La correlazione fra depositi affioranti e sepolti è stata effettuata su base geometrica attraverso l'utilizzo della rete di sezioni geologiche profonde illustrata nel titolo IV, cap. 2.

I depositi di AES<sub>6</sub> poggiano in contatto netto sulle sabbie di canale fluviale oppure sui depositi di piana alluvionale e argine del ciclo sottostante. La base del ciclo è costituita da depositi fini alluvionali, talora con sostanza organica, di origine palustre dulcicola (contenente ostracodi ipoalini in 203-S9, Appendice 2) che passano a depositi costituiti da alternanze di sabbie limose, limi sabbiosi, limi e argille di argine, rotta e piana inondabile. La porzione intermedia del ciclo è costituita da fitte alternanze di sabbie limose, limi sabbiosi, limi e argille di argine, rotta e piana inondabile. La parte superiore è data da sedimenti prevalentemente sabbiosi di canale fluviale in corpi lateralmente estesi di spessore fino a 20m e caratterizzati da contatti netti ed erosivi sui depositi sottostanti. I campioni micropaleontologici di queste sabbie di tetto di AES<sub>6</sub> sono risultati sterili (Appendice 2). I campioni petrografici (Appendice 4) indicano una provenienza padana per i corpi presenti nel sondaggio 203-S9 (settore di NE), una provenienza appenninica per i depositi appartenenti al carotaggio 203-S10 (settore sud) e una provenienza mista (porzione basale di provenienza padana e una porzione sommitale di provenienza appenninica) per i depositi presenti nel carotaggio 203-S13 (settore NW). La linea di separazione dei due domini di provenienza appenninica e padana segue approssimativamente la direttrice NW-SE Baricella - S. Pietro in Casale. I depositi grossolani di questo intervallo (in particolare quelli di provenienza padana) sono sede della più importante falda acquifera ampiamente sfruttata nel territorio di pianura del Foglio 203 corrispondente al sistema acquifero A2 in REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) che ne fanno un orizzonte stratigrafico di importanza strategica. In esso si concentra la gran parte dei pozzi

per acqua raccolti nella banca dati geognostici della Regione Emilia-Romagna (sezioni geologiche profonde del Foglio Allegato).

L'unità è sigillata al tetto, con contatto netto, dai depositi argillosi di piana alluvionale non drenata e palude del ciclo sovrastante.

Il subsintema raggiunge lo spessore massimo di 60 m nel settore centrale del Foglio per poi diminuire verso NE ad uno spessore di circa 30 metri in corrispondenza della culminazione strutturale di Corpo Reno - Malbergo. La sua età, desunta dalla posizione stratigrafica, è riferibile al Pleistocene medio. Sulla base della correlazione della successione con la scala dei cicli climatico-eustatici di PETIT *et alii* (1999) si può presupporre un'età compresa fra c.a. 230-240 ka e 120-130 ka.

### 3.1.2. – *Subsintema di Villa Verucchio (AES7)* (solo sottosuolo)

L'unità è presente nel Foglio 203 solo nel sottosuolo mentre affiora a sud nel Foglio limitrofo 221, dove è costituita da depositi fluviali terrazzati di piana intravalliva e di conoide alluvionale. I depositi fluviali ghiaiosi di AES7 del foglio meridionale si immergono rapidamente nel sottosuolo della pianura del Foglio 203 dove passano alle sabbie sommitali di un ciclo deposizionale trasgressivo-regressivo di tipo *coarsening-upward* con le caratteristiche interne tipiche della ciclicità decametrica di AES. I depositi di questo ciclo sono descritti, in toto od in parte, in un numero relativamente alto di indagini geognostiche della Banca Dati Geologici, nonché da tre sondaggi profondi (203-S9, 203-S10 e 203-S13, Appendice 1), eseguiti appositamente dalla Regione Emilia-Romagna, che ne attraversano l'intera successione stratigrafica.

La base di AES7, che corrisponde alla porzione trasgressiva del ciclo, è costituita da depositi fini di tracimazione fluviale e piana inondabile contenenti livelli metrici di argille e limi localmente ricchi di sostanza organica, di origine palustre poggianti, in contatto netto, sulle sabbie fluviali del tetto di AES6. La porzione intermedia del ciclo è costituita da fitte alternanze di sabbie limose, limi sabbiosi, limi e argille di argine, rotta e piana inondabile dove sono frequenti livelli pedogenizzati, parzialmente o totalmente decarbonatati.

La porzione regressiva sommitale è costituita da depositi sabbiosi di riempimento di canale fluviale che formano dei corpi composti a geometria nastriforme, spessi fino a 13 metri (sezioni geologiche profonde del Foglio Allegato) di composizione petrografia riferibile prevalentemente al F. Reno (Appendice 4). Lateralmente e/o sottocorrente, questi depositi grossolani di canale fluviale passano a depositi fini di tracimazione fluviale che, al tetto, sono generalmente ben ossidati o interessati da pedogenesi e riferibili ad un ambiente di piana alluvionale drenata. Sebbene di granulometria mediamente più fine, di estensione areale e

spessore meno importante rispetto alle sabbie fluviali padane dell'unità AES<sub>6</sub>, questi depositi sabbiosi di AES<sub>7</sub> sono comunque sede di una falda acquifera significativamente sfruttata del Foglio 203 (complesso acquifero A1 in REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).

Il limite di tetto di AES<sub>7</sub> non affiora nel Foglio 203. Esso corrisponde al tetto dei depositi grossolani di canale fluviale sopra descritti o, dove questi sono assenti, al tetto delle tracimazioni di piana alluvionale ben drenata lateralmente corrispondenti. Nella gran parte del Foglio tale superficie è ricoperta dai depositi organici di piana alluvionale e di palude, appartenenti alla base, trasgressiva, del subsistema sovrastante (AES<sub>8</sub>).

Le datazioni radiometriche <sup>14</sup>C (tab. 3) eseguite nei depositi organici e nei frammenti legnosi presenti in questo intervallo stratigrafico sommitale di AES<sub>7</sub> hanno dato età comprese fra 18.200±2.390 e 32.940±810. I depositi grossolani del tetto di AES<sub>7</sub> sono stati oggetto della cartografia in pianta in scala 1:50.000 del Foglio Allegato.

Le analisi micropaleontologiche eseguite entro l'unità (Appendice 2) hanno individuato esclusivamente ostracodi tipici di acqua dolce.

AES<sub>7</sub> generalmente raggiunge spessori di 60-70 m nella porzione meridionale del Foglio, mentre si ha una diminuzione progressiva in corrispondenza della culminazione strutturale di Corpo Reno – Malalbergo dove l'unità presenta uno spessore minimo di circa 40-45 m.

La correlazione del subsistema con aree limitrofe attraverso una maglia di sezioni a scala regionale e le età radiometriche <sup>14</sup>C consentono di correlare AES<sub>7</sub> con il ciclo climatico-eustatico compreso fra gli stadi isotopici 5e (Tirreniano *Auct.*) e 2 della curva degli isotopi dell'ossigeno di MARTINSON *et alii* (1987). Sulla base di questa considerazione l'età del subsistema è attribuita all'intervallo compreso fra c.a. 120-130 ka e c.a. 18.000 anni B.P. (Pleistocene superiore).

### 3.1.3. – *Subsistema di Ravenna (AES<sub>8</sub>)*

Tutti i depositi quaternari affioranti nel Foglio 203 sono stati attribuiti a questo subsistema. Esso è attraversato per intero dalla gran parte delle indagini geognostiche della banca dati geologici. Trattandosi dell'unità affiorante e spesso solo una ventina di metri è l'unità meglio caratterizzata fra i depositi quaternari della pianura, per quanto riguarda sia la superficie sia il sottosuolo. La continuità fisica dei suoi depositi e delle superfici che la definiscono lungo tutta la pianura emiliano-romagnola orientale, la posizione stratigrafica e l'età hanno consentito di correlare questa unità con quella affiorante nell'area tipo (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 223 Ravenna, 2002). Nei settori intravallivi e allo sbocco delle valli dei Fogli immediatamente a sud del Foglio 203, AES<sub>8</sub> è

dato da depositi fluviali organizzati in vari ordini di terrazzo, costituiti da ghiaie di canale fluviale ricoperte da tracimazioni fluviali argillose, limose e sabbiose, variamente pedogenizzate. Questi depositi passano, nel settore di pianura alluvionale del Foglio 203, a depositi di tracimazione fluviale (all'interno dei quali è stato possibile distinguere depositi sabbioso-limosi di canale, argine e rotta fluviale dai depositi argillosi e limosi di piana inondabile) che caratterizzano quasi tutta l'area in esame. Nel margine NE del Foglio questi depositi alluvionali passano ai depositi limosi-sabbiosi e argillosi di canale distributore dell'apparato deltizio più meridionale del fiume Po.

L'organizzazione interna di AES8 e i rapporti con il subsintema sottostante AES7 sono stati ricostruiti con l'ausilio di dati geognostici di sottosuolo (vedi sezioni allegate alla Carta Geologica e al Foglio Allegato di sottosuolo). Sulla base di questi dati è stato possibile osservare che i depositi di AES8 poggiano in contatto netto sui depositi di canale e di tracimazione fluviale del ciclo sottostante e costituiscono la porzione trasgressiva e quella iniziale regressiva di un ciclo trasgressivo-regressivo, simile a quelli descritti in precedenza, ma incompleto perché attualmente in corso di evoluzione.

La descrizione dei depositi sepolti di questo ciclo deposizionale si riferisce a due distinti settori della pianura limitati dalla direttrice Molinella (Foglio 222) - Altedo-Galliera-Corpo Reno (Foglio 202).

Nel settore nord di questa direttrice la porzione basale trasgressiva del ciclo è caratterizzata da un potente corpo di depositi palustri in un ambiente di piana deltizia non drenata (sezioni geologiche superficiali del Foglio Allegato). Le datazioni radiometriche  $^{14}\text{C}$  (tab. 3) eseguite nei depositi organici e nei frammenti legnosi presenti in questo intervallo stratigrafico hanno dato età comprese fra  $550 \pm 80$  per il tetto e  $13.450 \pm 320$  anni B.P. per la base. Per maggiori dettagli su questa porzione stratigrafica e relativa interpretazione si veda paragrafo VI.2.1. Questo intervallo stratigrafico ha come equivalente laterale verso le zone costiere i depositi lagunari e marino-marginali dei Fogli 204 e 205 in preparazione, e costituisce un orizzonte stratigrafico di correlazione molto importante che caratterizza la base del subsintema in settori della pianura anche diversi e lontani fra loro.

La transizione alla porzione regressiva del ciclo è generalmente graduale ed è espressa essenzialmente da una sedimentazione prevalentemente fine di argine, rotta fluviale e piana inondabile caratterizzati da colori grigiastri che tendono a diventare gialli screziati per effetto dell'aumento dei livelli ossidati. Questo passaggio rappresenta l'evoluzione da una piana alluvionale non drenata ad una piana alluvionale ben drenata. A profondità variabili questi depositi fini di piana alluvionale contengono lenti sabbiose di riempimento di canale fluviale di estensione limitata e con geometria complessivamente nastriforme (settore NE del Foglio).

Le analisi micropaleontologiche (Appendice 2) hanno individuato esclusiva-

mente una microfauna composta da ostracodi ipoalini tipici di ambienti palustri, associati generalmente ai livelli organici.

Nel settore sud della citata direttrice Molinella-Altedo-Galliera-Corpo Reno, in direzione del margine appenninico, la porzione basale trasgressiva del ciclo presenta ancora i caratteri tipici della pianura non drenata (frequenti livelli palustri, buona preservazione della sostanza organica, colori grigi, assenza di pedogenesi) sebbene comincino a comparire e farsi via via più frequenti i depositi fini di piana drenata con suoli. La transizione alla porzione regressiva del ciclo è generalmente graduale ed è espressa essenzialmente dall'incremento progressivo dei livelli di colore giallo screziato, ossidati e variamente pedogenizzati. A profondità variabili questi depositi fini di piana alluvionale, contengono lenti sabbiose di riempimento di canale fluviale di estensione limitata con geometria complessivamente nastriforme, concentrati nelle aree prossime al F. Reno e T. Savena.

Il tetto del subsistema, che affiora e coincide con il piano topografico, presenta suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei affiorano prevalentemente nel margine meridionale del Foglio. Essi hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro (Hue 10YR-2.5Y, Value 3-5, Chroma 2-4) e uno spessore degli orizzonti decarbonatati da qualche decina di centimetri ad 1 m. Al di sotto dell'orizzonte decarbonatato si sviluppano orizzonti ad accumulo di carbonato di calcio sotto forma di concrezioni o concentrazioni soffici (profilo tipo Inceptisuolo A-Bw-Bk). Questi suoli sono associati a ritrovamenti di reperti archeologici di età variabile dal Neolitico al Romano e si sviluppano sui depositi di canale-argine di un antico percorso del F. Reno affiorante nel settore SO del Foglio, lungo la direttrice S. Giorgio di Piano - S. Pietro in Casale (Appendice 3).

I suoli calcarei, che occupano la gran parte della superficie affiorante, appartengono all'unità di Modena (AES<sub>8a</sub>) e sono descritti nel paragrafo corrispondente.

Sulla base dei dati radiometrici <sup>14</sup>C l'età del subsistema è compresa fra c.a. 13.450 anni (B.P. non calibrata) e l'attuale e corrisponde con la fase di rapida risalita eustatica e di miglioramento climatico che si sviluppa a partire dal tardo Pleistocene fino a tutto l'Olocene (cfr. con CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 223-Ravenna, 2002; Foglio 256-Rimini, 2005; Foglio 240-241 Forlì-Cervia, 2005).

Analogamente a ciò che è stato fatto negli altri Fogli della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 in corso di realizzazione e di stampa della pianura emiliano-romagnola, in questo subsistema è stata distinta una unità di rango gerarchico inferiore, l'unità di Modena (AES<sub>8a</sub>). Essa contiene i depositi più superficiali e più recenti del Foglio, compresi i depositi fluviali attualmente in evoluzione che

però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente.

*unità di Modena (AES<sub>8a</sub>)*. E' un'unità pellicolare, di pochi metri di spessore, che raggiunge circa i 10 m solo localmente, in corrispondenza dei dossi fluviali. Gli affioramenti relativi a questa unità che consentono osservazioni di tipo stratigrafico sono molto rari (occasionalmente scavi e fronti di cava) pertanto i dati stratigrafici di seguito illustrati sono basati su dati ricavati dai carotaggi e trivellate appositamente realizzati per questo Foglio.

Il limite inferiore di AES<sub>8a</sub> è dato dal contatto, in discontinuità, delle sue tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo o scarsamente calcareo di AES<sub>8</sub> che contiene i reperti di epoca romana o più antica in posto. Il tetto di AES<sub>8a</sub> è dato da un suolo poco evoluto, calcareo, di pochi decimetri di spessore e generalmente di colore bruno olivastro o bruno grigiastro (Hue 2.5Y, Value 3-5, Chroma 2-6; profilo Ap-Bw/C: Entisuolo). Questa superficie di tetto è priva di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati ed è caratterizzata da una buona preservazione delle forme deposizionali originarie.

In carta AES<sub>8a</sub> consiste di depositi di tracimazione fluviale, all'interno dei quali è stato possibile distinguere i depositi sabbioso-limosi di argine, canale e rotta fluviale dai depositi argillosi e limosi di piana inondabile. Nel settore NE del Foglio, AES<sub>8a</sub> è costituita da depositi limoso-sabbiosi di canale distributore appartenenti al sistema deltizio padano: il Po Morto di Primaro.

L'età di AES<sub>8a</sub> è riferita all'epoca post-romana, sulla base dei seguenti caratteri:

- 1) la presenza di abbondanti e frequenti reperti romani (e più antichi) al tetto dei depositi sottostanti, fra i quali si segnalano numerosi elementi infrastrutturali (edifici, strade, ecc.);
- 2) l'assenza di questi reperti all'interno dei depositi di AES<sub>8a</sub> o la loro presenza esclusivamente come elementi rimaneggiati;
- 3) l'alterazione pedogenetica modesta o del tutto assente della superficie affiorante.

Più in dettaglio i dati storici e archeologici indicano che l'unità si è deposta a partire dal IV-VI secolo d.C. (BONDESAN, 1986, CIABATTI & VEGGIANI, 1990; MONTEVECCHI & NOVARA, 2000; VEGGIANI, 1982, 1987).

## **VI – SISTEMI DEPOSIZIONALI E LITOLOGIE**

Secondo la normativa sul rilevamento e cartografia geologica dei depositi quaternari le UBSU descritte in carta vengono caratterizzate anche sulla base delle litologie e degli ambienti deposizionali (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1992). Nella carta geologica di superficie questa caratterizzazione viene fatta con l'ausilio di sovrassegni che si accompagnano alla tradizionale colorazione delle unità stratigrafiche. Per questo motivo nelle presenti note viene inserito un capitolo per la descrizione delle litologie e degli ambienti deposizionali che completa le informazioni già riportate nello spazio dedicato alla stratigrafia. In queste pagine sono state inserite anche le descrizioni delle litologie e degli ambienti non affioranti (con la dicitura “solo sottosuolo”), ma estesamente presenti nella pianura sepolta e rappresentati negli elaborati del Foglio allegato alla Carta geologica poiché sono considerati strategici per la comprensione dell'architettura stratigrafica di tutta la geologia dell'area di pianura. Per la metodologia utilizzata nella loro caratterizzazione si fa riferimento al Titolo IV, cap. 2.).

### **1. - DEPOSITI DI PIANA ALLUVIONALE**

#### **1.1. - SABBIE DI RIEMPIMENTO DI CANALE E DI ROTTA FLUVIALE (solo sottosuolo)**

Depositi costituiti da sabbie variabili da grossolane a fini organizzate in sequenze positive con al tetto, tramite passaggio netto o graduale, sedimenti limosi e argillosi di argine e piana inondabile.

Nelle CPTU questi depositi si caratterizzano per gli alti valori di resistenza alla punta ( $> 100 \text{ kg/cm}^2$ ), il basso rapporto fra l'attrito laterale e la resistenza alla punta, i valori negativi di sovrappressione interstiziale e il tipico andamento della curva della resistenza alla punta con il brusco aumento dei valori alla base e la progressiva diminuzione verso l'alto (AMOROSI & MARCHI, 1999). Questi depositi sono presenti con due diverse tipologie:

- 1) sabbie medie e fini poco classate e massive in strati spessi tra 2 e 6 m, spesso interessate da una colorazione giallo ocra dei granuli. Si caratterizzano per la composizione petrografica relativamente povera di quarzo e feldspati e ricca di frammenti di roccia sedimentari (in gran parte calcarei) che indica una provenienza da fiumi appenninici (Appendice 4). Questi depositi formano corpi a geometria nastriforme, larghi da qualche centinaio di metri a più di un chilometro, che incidono con contatto netto ed erosivo i depositi di piana inondabile adiacenti. Sono stati interpretati come sequenze di riempimento di canale e rotta fluviale e costituiscono la prosecuzione fisica sottocorrente dei lobi ghiaiosi delle conoidi alluvionali appenniniche (in gran parte del F. Reno.
- 2) sabbie medie e grossolane ben classate di colore grigio chiaro, con abbondanti granuli micacei ben visibili anche al campione a mano. Presenti ciottoli di 0,2-2 cm soprattutto alla base degli strati. Gli strati possono anche amalgamarsi fra loro fino a raggiungere lo spessore massimo di 20 m senza alcuna intercalazione di materiale fine (sezioni geologiche profonde nel Foglio Allegato e sondaggio 203-S9 in Appendice 1). I ciottoli provengono da rocce metamorfiche e ignee e la composizione delle sabbie è ricca di quarzo e feldspati e relativamente povera di frammenti di roccia (in gran parte metamorfiche). Tali elementi indicano una provenienza padana (Appendice 4). Questi depositi sono interpretati come sequenze di riempimento di canale sabbioso di antichi apparati del fiume Po.

Gli orizzonti più superficiali di queste sabbie, appartenenti a AES7 (tipologia 1 sopra descritta), ove fossero sufficientemente spessi e arealmente estesi sono stati cartografati in pianta nel Foglio Allegato.

## 1.2. - ALTERNANZE DI SABBIE E LIMI DI ARGINE, CANALE E ROTTA FLUVIALE

Depositi costituiti da alternanze di sabbie fini e finissime, spesso limose, in strati da sottili a spessi, e limi, limi sabbiosi e limi argillosi, in strati da molto sottili a medi. Gli strati sono organizzati in sequenze con gradazione positiva o negativo-positiva. Localmente sono presenti sabbie medio-grossolane alla base delle sequenze positive e intercalazioni di argilla al tetto. Sono interpretati come depositi di argine e di rotta fluviale e, subordinatamente, di riempimento di canale

(quando gli strati sono relativamente più spessi e grossolani). Sono stati cartografati solo in superficie dove formano dei dossi a geometria nastriforme, di larghezza variabile (da poche centinaia di metri ad un massimo di circa 6 km) e possono essere formati da un singolo sistema fluviale o da più sistemi coalescenti. In foto aerea sulla loro superficie sono spesso visibili le tracce di canali abbandonati e di ventagli di rotta. Lo spessore massimo è di circa 7-8 m. Passano lateralmente a depositi di piana inondabile con contatti graduali (sezioni A-A' e B-B' della carta geologica).

### 1.3. - ARGILLE E LIMI DI PIANA INONDABILE

Argille e limi in strati medi e spessi con rare intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose in strati da molto sottili a medi. Presenti anche livelli di argille e limi ricchi in sostanza organica. Spesso le argille e i limi sono bioturbati e non sono visibili la stratificazione e le strutture sedimentarie; altrove è presente una fitta laminazione piano-parallela. Depositi di piana inondabile.

Sono stati cartografati solo in superficie, all'interno di AES<sub>8a</sub>, dove formano corpi di geometria allungata nelle aree depresse interposte ai depositi di argine o di geometria complessa dove queste si saldano fra loro. Spessore variabile da 1 a 3 m. Passano lateralmente a depositi di argine, canale e rotta fluviale con contatti graduali (sezioni A-A' e B-B' della carta geologica).

Nel sottosuolo i depositi di argine, canale e rotta e quelli di piana inondabile sono spesso difficili da distinguere e cartografare separatamente per cui sono generalmente accorpati in un'unica voce: *alternanze di sabbie, limi e argille di tracimazione fluviale indifferenziata*.

## 2. - DEPOSITI DI PIANA DELTIZIA

### 2.1. - ALTERNANZE DI SABBIE E LIMI DI ARGINE E CANALE DISTRIBUTORE

Depositi costituiti da sabbie fini e finissime in strati da sottili a spessi, alternate a limi, limi sabbiosi e subordinatamente limi argillosi, in strati molto sottili e sottili, spesso laminati, associati a concentrazioni di sostanza organica. La provenienza delle sabbie è padana. Affiorano solo marginalmente nel settore NE del foglio dove formano un corpo sedimentario complesso di geometria nastriforme (canale/argine) spesso fino a 7m e largo fino a qualche chilometro che costituisce il ramo più meridionale del delta padano. Passa lateralmente con contatto transizionale a depositi di piana inondabile.

Sono interpretati come depositi di argine e canale distributore sulla base delle relazioni geometriche con gli altri depositi del sistema deltizio padano (CARTA GEOLOGICA DI PIANURA DELL'EMILIA-ROMAGNA IN SCALA 1:250.000, 1999).

## 2.2. - ARGILLE E LIMI CON SOSTANZA ORGANICA DI PALUDE (solo sottosuolo)

Depositi costituiti da argille e, in minor misura, da limi variamente arricchiti in sostanza organica indecomposta in strati da sottilissimi a medi (raramente spessi) alternati ad argille, limi e, raramente, limi sabbiosi, in cui la sostanza organica è subordinata o assente. La presenza di sostanza organica indecomposta conferisce a questi depositi un colore grigio-nerastro che viene spesso segnalato anche nelle descrizioni di indagini geognostiche e nei pozzi per acqua non particolarmente dettagliate (per esempio come “argille nere” e “torbe”). La sostanza organica può essere presente in lamine millimetriche, come frammenti vegetali o essere diffusa nell'argilla (fig. 15). Talora sono presenti diffusi fenomeni di bioturbazione che hanno obliterato tutte le strutture sedimentarie interne. Spesso sono anche presenti resti di gasteropodi continentali diluiti nella matrice argillosa, spessore massimo di circa 10 m.

Nelle CPTU questi depositi si caratterizzano per i valori particolarmente bassi

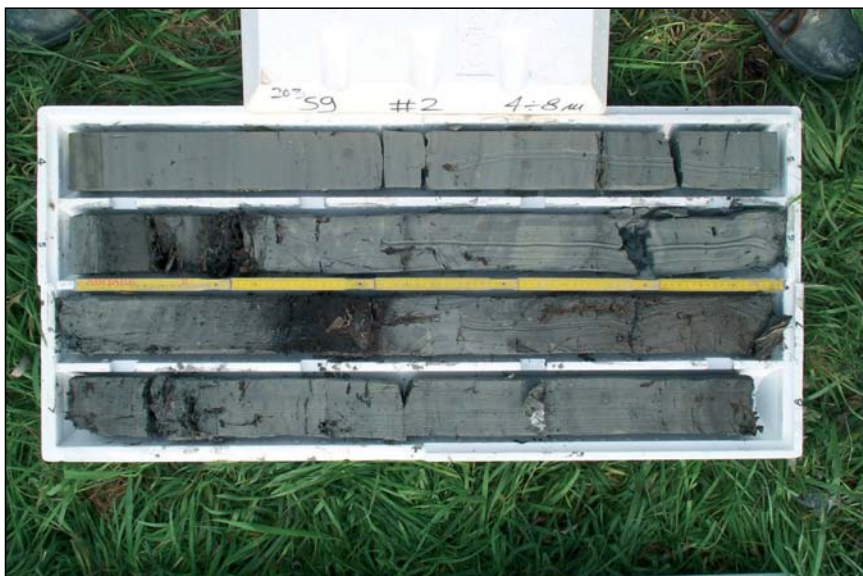


Fig. 15 - Argille e limi con sostanza organica di palude, sondaggio a carotaggio continuo 203-S9.

di resistenza alla punta ( $<10 \text{ kg/cm}^2$ ) e di attrito laterale, nonché valori molto alti di sovrappressione interstiziale che si accompagnano a tempi di dissipazione particolarmente lunghi (AMOROSI & MARCHI, 1999).

Le analisi micropaleontologiche eseguite nel sondaggio 203-S9 (Appendice 2) hanno individuato esclusivamente ostracodi ipoalini di ambiente palustre.

### 3. - DEPOSITI FLUVIO-DELTIZI E DI PIATTAFORMA INDIFFERENZIATI (solo sottosuolo)

Depositi costituiti prevalentemente da sabbie medie e fini in strati amalgamati di diversi metri di spessore e subordinate sabbie limose e limi, organizzati in sequenze di tipo *coarsening upward* (CU) di spessore complessivo massimo di 30-40 m. Sono frequenti resti conchigliari di organismi marini sia sparsi sia concentrati in sottili livelli, generalmente nella porzione inferiore della sequenze CU.

Nell'area del Foglio questi depositi sono presenti a partire da profondità dell'ordine di 200 metri e quindi sono descritti solo da pozzi per ricerche idrocarburi, da pochi pozzi per acqua e sono stati raggiunti da un carotaggio eseguito *ad hoc* per il progetto (203-S9, Appendice 1). Nei log elettrici dei pozzi per idrocarburi questi corpi si caratterizzano per un caratteristico andamento dei valori di resistività progressivamente crescente dalla base al tetto della sequenza per tutti i 30-40 metri di spessore (sezioni geologiche profonde del Foglio Allegato). Dal punto di vista micropaleontologico il corpo campionato nel sondaggio 203-S9 (Appendice 2) è caratterizzato dalla presenza di faune passanti da associazioni di mare basso e aperto (a fondo foro) ad associazioni litorali (al centro del corpo), per passare a campioni completamente sterili al tetto.

Nel complesso questi depositi sono interpretati come successioni sedimentarie di tipo regressivo che evolvono da depositi fini di piattaforma e/o prodelta a sabbie di fronte deltizio e litorali e quindi a sabbie pienamente continentali di riempimento di canale fluviale al tetto, tutte riferibili al sistema di alimentazione padano (come confermato dalle analisi petrografiche effettuate sui campioni prelevati nel sondaggio 203-S9, Appendice 4). Le sequenze si chiudono bruscamente al tetto con depositi fini di piana alluvionale drenata. Formano corpi a geometria tabulare estesi arealmente per decine di chilometri, tendenti a chiudersi verso la pianura meridionale dove passano a depositi continentali della pianura appenninica. I limiti settentrionali e orientali non sono stati osservati all'interno del Foglio.



## VII – CARTOGRAFIA

Nella cartografia geologica in scala 1:50.000 dell'area padana il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna ha scelto di aggiungere alla Carta Geologica (che, nel caso di aree di pianura, diviene una sorta di "geologia di superficie") un Foglio Allegato alla Carta Geologica, che esprime, attraverso oggetti diversi, la "geologia di sottosuolo". Le informazioni ricavabili dal Foglio Allegato alla Carta Geologica, combinate con quelle derivate dalla lettura della Carta Geologica e delle sezioni geologiche, consentono la ricostruzione tridimensionale dei corpi sedimentari di maggiore interesse geologico.

Nei due paragrafi seguenti vengono evidenziate le caratteristiche principali dei prodotti cartografici presentati in questa edizione del Foglio 203.

### 1. - CARTA GEOLOGICA

La Carta Geologica, in scala 1:50.000, descrive la distribuzione e le caratteristiche litologiche e di facies delle unità stratigrafiche contenute nel sistema Emiliano-Romagnolo superiore (AES), affioranti e subaffioranti nell'area del Foglio 203. E' basata su rilevamenti di terreno, integrati con l'interpretazione di dati provenienti da fotointerpretazione, analisi di immagini da satellite, trivellate a mano, sondaggi a carotaggio continuo e prove penetrometriche (si veda titolo IV).

I depositi di superficie cartografati si riferiscono interamente al subsistema più recente (subsistema di Ravenna - AESg) e sono illustrati in dettaglio nel Titolo V, par. 3.1.3. L'unità cartografata di rango gerarchico più piccolo è l'unità

di Modena (AES<sub>8a</sub>) che costituisce la parte sommitale di AES<sub>8</sub>. Essa affiora in gran parte dell'area del Foglio, ad eccezione di alcuni settori del quadrante sud-occidentale. Le sezioni geologiche superficiali illustrano i rapporti stratigrafici fra AES<sub>8a</sub> e AES<sub>8</sub>.

All'interno di queste unità geologiche sono state distinte le litologie dominanti corrispondenti ad associazioni di facies che riflettono distinte unità morfologico-deposizionali e caratterizzano i diversi sistemi deposizionali presenti. La loro distribuzione all'interno di AES<sub>8</sub> e AES<sub>8a</sub> viene così riassunta:

#### *La piana alluvionale.*

Occupava la gran parte del Foglio e presenta alcune caratteristiche leggermente differenziate nelle due unità stratigrafiche. In AES<sub>8</sub> la piana alluvionale affiorante è costituita da una coltre di depositi sabbiosi, limosi e argillosi di argine, canale e rotta fluviale la cui superficie sommitale presenta suoli variabilmente impoveriti dal carbonato di calcio (Inceptisuoli A-Bw-Bk). All'interno di questo deposito è stata riconosciuta la traccia di un antico percorso del fiume Reno lungo l'allineamento S. Giorgio di Piano-S. Pietro in Casale.

In AES<sub>8a</sub> è stato possibile ricostruire con maggiore dettaglio l'evoluzione sottocorrente dei depositi della pianura alluvionale. In particolare si riconoscono:

- 1) aree dominate dai dossi fluviali riferibili ai percorsi attuali e antichi del F. Reno e del T. Savena;
- 2) aree interfluviali, caratterizzate da depositi argillosi e limosi di piana inondabile. Queste aree formano dei nastri allungati parallelamente ai sistemi fluviali sopra citati, che si saldano tra loro fino ad isolare, talora, le aree dei dossi fluviali abbandonati.

#### *La piana deltizia.*

Questi depositi affiorano solo marginalmente nel quadrante NE del foglio dove formano un corpo sedimentario di spessore massimo di 3,5 m. Comprendono in affioramento solo depositi appartenenti ad AES<sub>8a</sub> e riferiti al canale distributore, argine e rotta del Po morto di Primaro (oggi abbandonato) che si attivò nel VIII secolo (CIABATTI & VEGGIANI, 1990) e fu utilizzato come collettore dei fiumi appenninici (VEGGIANI, 1974; BONDESAN, 1986; CASTIGLIONI *et alii*, 1990) anche dopo la rotta di Ficarolo (1152 d. C.) a cui corrispose l'abbandono del delta meridionale a favore dei rami deltizi settentrionali.

Informazioni aggiuntive presenti sulla Carta Geologica sono l'ubicazione dei sondaggi a carotaggio continuo eseguiti dalla Regione Emilia-Romagna e le tracce di elementi morfologici notevoli come canali abbandonati e ventagli di rotta.

## 2. - FOGLIO ALLEGATO ALLA CARTA GEOLOGICA - GEOLOGIA DI SOTTOSUOLO

La cartografia geologica di sottosuolo si realizza sulla base di dati puntuali e su processi di interpolazione, volti all'identificazione delle relazioni spaziali tra corpi sedimentari. L'obiettivo delle carte di sottosuolo è la definizione dell'architettura stratigrafica di una data area, attraverso l'identificazione e la caratterizzazione di superfici di discontinuità e dei confini tra associazioni di facies. La definizione dettagliata dell'assetto stratigrafico nel sottosuolo ha una grande importanza a fini pratici, divenendo la base scientifica fondamentale per studi legati a subsidenza, protezione del suolo, ricerca e sfruttamento delle risorse idriche, ecc.

Nel Foglio Allegato alla Carta Geologica sono riportati i seguenti tipi di elaborati cartografici:

- a) due sezioni geologiche profonde;
- b) due sezioni geologiche superficiali;
- c) una carta di sottosuolo;
- d) uno schema della base del Supersistema Emiliano Romagnolo.

Le due “*sezioni geologiche profonde*”, alla scala 1:100.000 sono costruite con un'esagerazione verticale di 25x (ovvero la scala verticale è 1:4.000 contro una scala orizzontale di 1:100.000). Queste sezioni “profonde”, le cui tracce sono riportate in fig. 11, risultano allineate con orientazione circa SSO-NNE (sezione E-E') lungo la direttrice Minerbio-Baricella-Malabergo (ovvero circa perpendicolare al margine appenninico e agli elementi strutturali sepolti), e l'altra con orientazione ONO-ESE circa (sezione F-F') lungo la direttrice S.Agostino-Poggio Renatico-Malalbergo-Spinazzino (ovvero circa parallela ai lineamenti sopra citati). Per chiarire adeguatamente le relazioni stratigrafiche fra le unità e le geometrie interne dei corpi cartografati le sezioni includono anche aree adiacenti al Foglio 203 (Fogli 202 e 204).

Esse descrivono tutte le unità stratigrafiche relative al Supersistema Emiliano-Romagnolo, con un grado di dettaglio progressivamente minore mano a mano che si va in profondità nella successione stratigrafica. Nelle sezioni, oltre alle unità stratigrafiche utilizzate, sono riportate delle indicazioni sulla geometria dei principali corpi litologici di rilevanza stratigrafica, le stratigrafie schematiche delle indagini geognostiche della Banca Dati Geologici e dei sondaggi appositamente realizzati per il progetto CARG e i log elettrici dei pozzi AGIP utilizzati per l'allestimento delle sezioni (AGIP, 1972, 1994; REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998). Queste due sezioni hanno beneficiato dei dati provenienti dai profili sismici e stratigrafie di pozzi per idrocarburi AGIP soprattutto per ciò che riguarda i limiti fra i terreni del substrato pleistocenico e i sistemi AEI e AES nonché l'interfaccia acqua dolce-salmastra rilevata in pozzo.

Nell'intenzione degli autori queste sezioni rappresentano un tassello importante nella ricostruzione tridimensionale della stratigrafia dei depositi quaternari continentali (e in parte marini) della pianura Padana a scala regionale, nonché per la progettazione di applicazioni pratiche ad essi collegate (per esempio la ricerca, lo sfruttamento e la conservazione delle risorse idriche sotterranee, REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).

Le due “sezioni geologiche superficiali” alla scala 1:50.000 sono caratterizzate da una esagerazione verticale di 50x (ovvero la scala verticale è 1:1.000 contro una scala orizzontale di 1:50.000). Queste sezioni “superficiali” descrivono le unità stratigrafiche dell'immediato sottosuolo (in modo particolare il subsistema di Ravenna - AES8 e la parte superiore del subsistema di Villa Verucchio - AES7) in termini di geometrie dei principali corpi litologici e associazioni di facies. Le due sezioni, ortogonali fra loro (sezione C-C' orientata in direzione SSO-NNE, in senso longitudinale agli assi fluviali; sezione D-D' orientata in direzione ONO-ESE in senso trasversale agli assi fluviali), consentono una visione tridimensionale dei corpi rappresentati. Altre informazioni riportate in queste sezioni riguardano la stratigrafia dei sondaggi appositamente realizzati per il progetto CARG, le età radiometriche ottenute sui campioni di materiale organico, la curva di variazione della resistenza alla punta delle penetrometrie realizzate per il progetto CARG e l'ubicazione (con la profondità raggiunta) delle indagini geognostiche della Banca Dati Geologica.

Data la scala e la modalità di rappresentazione queste sezioni costituiscono la base di partenza per la comprensione e la caratterizzazione di AES8 e di AES7, nonché dei rapporti stratigrafici e geometrici dei principali corpi litologici in essi contenuti e rappresentati nel Foglio Allegato alla Carta Geologica.

Per quanto riguarda la cartografia del sottosuolo è stato scelto di dare enfasi a quei corpi litologici che rivestono una particolare rilevanza dal punto di vista stratigrafico, paleogeografico e applicativo. Essi sono rappresentati nella carta del “tetto delle sabbie alluvionali e delle argille organiche deltizie - subsistemi di Ravenna (AES8) e di Villa Verucchio (AES7)” in scala 1:50.000. Questa carta descrive, mediante l'utilizzo di isobate riferite al livello del mare, la geometria della superficie sommitale di due corpi composti distinti.

1) Le sabbie di riempimento di canale e di rotta fluviale di AES7 (per i dettagli dei caratteri litologici si veda il titolo VI, par. 1.1.) aventi estensione e continuità laterale significativa e spessore minimo di 4 m. Essi rappresentano la massima fase di attività e di progredazione dei sistemi fluviali durante il deterioramento climatico dell'ultima fase glaciale (Titolo IV, par. 3.1.). Va aggiunto che sono stati osservati anche corpi analoghi riferibili per età e posizione stratigrafica

ad AESg, che però si caratterizzano per una troppo modesta continuità laterale e pertanto non hanno i requisiti per la loro cartografia in pianta.

La superficie mappata rappresenta l'involuppo del tetto di diversi corpi sabbiosi fluviali su cui si concentra una parte importante dei pozzi per acqua presenti nel Foglio (vedi titolo VIII) e per questo motivo ricoprono un interesse applicativo per quanto concerne la salvaguardia e lo sfruttamento delle risorse idriche sotterranee. La loro distribuzione in pianta indica una notevole articolazione legata alla giustapposizione in senso laterale e verticale di singoli corpi di riempimento di canale, ciascuno dei quali ha geometria nastriforme con ampiezze in senso trasversale da diverse centinaia di metri a qualche chilometro. Questi depositi alluvionali sabbiosi si concentrano nei quadranti sud-occidentale e settentrionale del foglio e rappresentano la prosecuzione, sottocorrente, in piana alluvionale degli estesi lobi di conoide alluvionale sepolta del F. Reno (settori occidentale e settentrionale) e in modesta misura del T. Savena (settore meridionale) presenti nel sottosuolo del Foglio 221. L'area complessivamente occupata da questi depositi sabbiosi risulta di c.a. 200 km<sup>2</sup>.

2) Le argille elimi organici di palude dulcicola della piana delizia di AESg (per i dettagli dei caratteri litologici si veda il Titolo VI, par. 2.1.) aventi spessore minimo di 2 m, estensione areale minima di alcuni km. Essi si sono sviluppati durante la rapida risalita del mare olocenica, il suo stazionamento alto e le prime fasi di progradazione della pianura delizia e costiera verso l'Adriatico. Dal punto di vista paleogeografico la loro distribuzione in pianta rappresenta l'area complessiva d'influenza dell'ingressione marina olocenica nell'entroterra padano sia in termini di massima estensione della piana costiera che della piana delizia (del fiume Po e, in minor misura, dei fiumi appenninici) ad essa collegata. Questi depositi hanno una certa rilevanza dal punto di vista applicativo perché individuano una fascia di sedimenti sepolti contraddistinti da caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti, alta comprimibilità e da una sostanziale impermeabilità. I depositi cartografati occupano una buona parte del settore settentrionale della pianura del Foglio, sono limitati a sud dalla direttrice Molinella-Baricella- Altedo-S. Pietro in Casale- e raggiungono un'estensione di circa 300 km<sup>2</sup> e spessore massimo di 8 m (sondaggio 203-S9, Appendice 1).

La carta del Foglio Allegato rappresenta la distribuzione, in pianta, di questi depositi fluviali e deltizi intercettati nel sottosuolo dalle indagini geognostiche della banca dati regionale. La natura dei depositi è definita sia in modo diretto sulla base delle descrizioni riportate nelle stratigrafie dei pozzi e carotaggi, sia in modo indiretto, sulla base della risposta dei terreni nelle prove penetrometriche. La carta quindi è costruita interpolando, in pianta, le quote relative a dati puntuali che si riferiscono alla superficie di tetto di depositi riferibili alla medesima associazione di facies, anche aventi differenti età (pur all'interno della stessa unità

stratigrafica). Essa quindi rappresenta, di fatto, le aree e le quote in cui vi è la probabilità massima di intercettare i primi depositi in esame a partire dalla superficie, in base al set di dati disponibili al momento del suo allestimento.

L'attribuzione stratigrafica dei depositi è stata fatta sulla base del quadro stratigrafico ricostruito nelle sezioni geologiche e ampiamente illustrato nel paragrafo relativo alla stratigrafia dei depositi di pianura. Per questa attribuzione sono stati di fondamentale importanza le datazioni  $^{14}\text{C}$  effettuate sulle carote dei sondaggi a carotaggio continuo appositamente realizzati per il progetto CARG.

Come schema cartografico di sottosuolo è stata riportata una rappresentazione sintetica dell'andamento della base del Supersistema Emiliano-Romagnolo elaborata in tempi di ritorno delle onde sismiche, così come si evince dallo studio della stratigrafia sismica derivante dall'esplorazione petrolifera (sezioni sismiche e log di pozzo AGIP). La geometria di tale superficie risulta coerente con l'andamento delle strutture tettoniche più profonde.

## VIII - CENNI DI IDROGEOLOGIA

### 1. - DATI DI NUOVA ACQUISIZIONE

Durante le campagne di perforazione dei sondaggi 203-S9 e 203-S10 sono state effettuate misure della conducibilità idraulica media, attraverso l'esecuzione di alcune prove di permeabilità in foro (prova Lefranc a carico variabile) entro le sabbie del tetto di AES<sub>6</sub> (acquifero A2 di REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998) in corpi di provenienza padana (203-S9) e appenninica (203-S10); i valori sono riportati nella tabella 4. Precedentemente all'esecuzione delle prove, in questi stessi corpi sono state campionate le acque naturali contenute al loro interno per le analisi chimiche i cui risultati sono riportati in tabella 5. Inoltre sono stati prelevati alcuni campioni indisturbati nei terreni fini degli acquitardi che sigillano verso l'alto l'acquifero (base di AES<sub>7</sub>) per l'esecuzione di analisi granulometriche con il metodo del densimetro e la misura della conducibilità idraulica per via edometrica. I risultati sono riportati in tabella 6.

### 2. - LE RISORSE IDRICHE DI SOTTOSUOLO

Le principali risorse idrogeologiche di sottosuolo del Foglio 203, utilizzabili per fini idropotabili e/o agricoli e industriali sono di due tipi:

*le sabbie di riempimento di canale fluviale.* Sono presenti in due importanti orizzonti idrostratigrafici:

TAB. 4 - Valori della conducibilità idraulica orizzontale (prova Lefranc a carico variabile) misurati in alcuni orizzonti sabbiosi durante la campagna geognostica.

Sondaggio	Profondità (m)	Unità stratigrafica	Tessitura	Provenienza	Conducibilità idraulica orizzontale (m/sec)
203-S9	-73	AES6	Sabbia media	Padana	$5.01 - 5.82 \cdot 10^{-5}$
203-S10	-109.5	AES6	Sabbia media	Appenninica	$7.23 - 9.8 \cdot 10^{-5}$

TAB. 5 - Risultati dell'analisi chimica relativa ai campioni d'acqua prelevati negli stessi livelli sabbiosi di tabella 4.

Sondaggio e profondità campione	pH	Conducibilità elettrica $\mu\text{cm a } 20^\circ$	Silice Si reattiva mg/l	Nitrati $\text{NO}_3$ mg/l	Solfati $\text{SO}_4$ mg/l	Cloruri Cl mg/l	Bicarbonato $\text{HCO}_3$ mg/l	Calcio Ca mg/l	Magnesio Mg mg/l	Sodio Na mg/l	Potassio K mg/l	$^{18}\text{O}$ $\delta\text{‰}$	$2\text{H}$ $\delta\text{‰}$
203-S9 73 m	7.7	678	19.8	< 0.5	9.1	16.5	500	47	25	78	1.7	-9.99	-68.4
203-S10 109.5 m	7.6	996	19.0	0.4	105.0	39.4	591	63	41	115	8.0	-9.83	-67.8

TAB. 6 - Valori della conducibilità idraulica e di granulometria misurati in laboratorio da alcuni campioni prelevati in orizzonti limoso-argillosi durante la campagna geognostica.

Sondaggio	Profondità (m)	Unità stratigrafica	Conducibilità idraulica (m/sec)	Granulometria (misure effettuate con il metodo del densimetro)
203-S9	60.5 - 61	AES7	$1.97 \cdot 10^{09}$	Limo 63% - Argilla 37%
203-S9	92.5 - 93	AES6	$8.74 \cdot 10^{-10}$	Limo 13% - Argilla 87%
203-S13	47.0 - 48	AES7	$4.3 \cdot 10^{-08}$	Limo 72% - Argilla 28%

1) i corpi di provenienza appenninica (prevalentemente originati dal F. Reno, Appendice 4) appartenenti al Subsistema di Villa Verucchio - AES7 (oggetto della cartografia del Foglio Allegato). Corrispondono alla prima significativa falda acquifera sfruttata nel sottosuolo di pianura e fanno parte del complesso acquifero A1 di REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998);

2) i corpi di provenienza padana (Appendice 4) appartenenti al Subsistema di Bazzano - AES6. Sono sede della più importante falda acquifera del sottosuolo del Foglio e fanno parte del complesso acquifero A2 di REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998);

*le sabbie fluvio-deltizie e di piattaforma di provenienza padana* (Appendice 4). Sono presenti in diversi orizzonti idrostratigrafici all'interno del Sistema Emiliano Romagnolo inferiore (AEI) e rappresentano l'insieme delle falde acquifere più profonde del sottosuolo corrispondenti al gruppo acquifero B di REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998). In esse, per esempio, si concentrano i più importanti campi pozzi ad uso industriale del Foglio (zuccherificio Eridania e Agricola Industriale Emiliana).

Di seguito si elencano alcuni peculiari caratteri di questi acquiferi.

- Tutti gli acquiferi sono separati fra loro da potenti e continui depositi fini (che li separano anche dalla superficie topografica) e hanno quindi i caratteri di acquiferi confinati. Gli acquitardi sono depositi compositi che contengono, al loro interno, importanti livelli di argille e limi organici di palude-laguna di piana deltizia (in AES) e argille e limi di prodelta e di piattaforma (in AEI).
- L'acquifero A1 è costituito da depositi sabbiosi che formano dei corpi compositi di tipo nastriforme che, per la loro intrinseca geometria, hanno contatti idrogeologici non sempre ottimali e uno spessore complessivo massimo di 10-15 m. A sud sono geneticamente e geometricamente legati ai depositi di conioide del margine appenninico e quindi hanno una buona connessione con l'area di ricarica (i terrazzi dell'alta pianura e lo stesso alveo del F. Reno, REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998). A nord si sfrangiano e si assottigliano verso il margine del Foglio.
- L'acquifero A2 consiste di depositi sabbiosi più tabulari e molto più ampi dei precedenti, raggiungendo lo spessore massimo complessivo di c.a. 20 m ed estensione dell'ordine delle decine di km. Verso sud sono limitati dalla direttrice Baricella - S. Pietro in Casale dove lasciano il posto ai corrispondenti depositi di provenienza dai fiumi appenninici (con cui solo localmente entrano in contatto idraulico Appendice 4). A nord si sviluppano per tutto il Foglio e il loro limite fisico non è osservabile (forse anche oltre l'attuale posizione del F. Po). L'area di ricarica per questo acquifero è presumibilmente molto lontana e va ricercata nei settori occidentali e settentrionali della Pianura Padana.

- Il gruppo acquifero B è esteso su tutto il Foglio. Per questo acquifero le conoscenze sono piuttosto scarse, soprattutto per quanto riguarda le aree di ricarica. Le relazioni con i corpi fluviali di origine appenninica meridionali e le eventuali connessioni con l'area di ricarica appenninica non sono chiari così come quelle riguardanti la ricarica padana.

All'interno di questo gruppo acquifero o al contatto con l'acquifero sottostante (gruppo C di REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998) risiede l'interfaccia fra le acque dolci e salate posto convenzionalmente in corrispondenza del valore di 10 ohmxm nei log di resistività dei pozzi Agip (AGIP, 1972, 1994), equivalente ad una conducibilità di 1000 mS/cm. Nel complesso questo acquifero composito è poco sfruttato e certamente molto interessante per la sua eventuale produttività.

## APPENDICE 1









### STRATIGRAFIA DEI SONDAGGI

In questa appendice sono riportate le stratigrafie descrittive dei 13 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti appositamente per la realizzazione della Carta Geologica (sondaggi del progetto CARG). L'ubicazione dei sondaggi è illustrata in figura 11.

Nelle stratigrafie riportate in appendice è illustrato:

- il profilo granulometrico in termini di contenuto in argilla, limo e sabbia;
- il contenuto in sostanza organica;
- i paleosuoli;
- la presenza di alcuni costituenti particolari (es. fossili e legni);
- le strutture sedimentarie;
- l'età rilevata al carbonio  $^{14}\text{C}$ ;
- le associazioni di facies;
- le unità stratigrafiche a cui viene riferito il singolo intervallo.

## LEGENDA DELLE STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI

4m s.l.m.	QUOTA DEL PIANO DI CAMPAGNA RIFERITA AL LIVELLO DEL MARE
	INTERVALLO NON RECUPERATO O FORTEMENTE DISTURBATO
■	TRACCE DI SOSTANZA ORGANICA
■	ABBONDANTE SOSTANZA ORGANICA DIFFUSA E TORBE
	FRUSTOLI VEGETALI
	FRAMMENTI DI LEGNO
	FOSSILI
	FOSSILI CONTINENTALI
	FOSSILI MARINI
√	RADICI
o	BIOTURBAZIONE DIFFUSA
••	CLASTI DI ARGILLA
	FESSURE DI ESSICCAZIONE
≡	FITTA LAMINAZIONE PIANOPARALLELA
≧ 20°	LAMINAZIONE OBLIQUA E ANGOLO MASSIMO OSSERVATO
	SUOLO EVOLUTO (PARZIALMENTE O TOTALMENTE DECARBONATO)
7420 ± 60	ETA' 14C IN ANNI B.P. NON CALIBRATA
A	ARGILLE
L	LIMI
S	SABBIE
G	GHIAIE

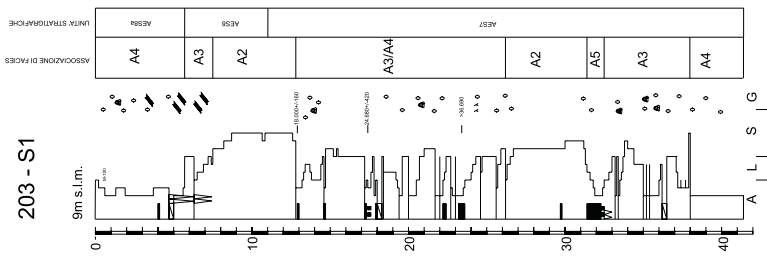
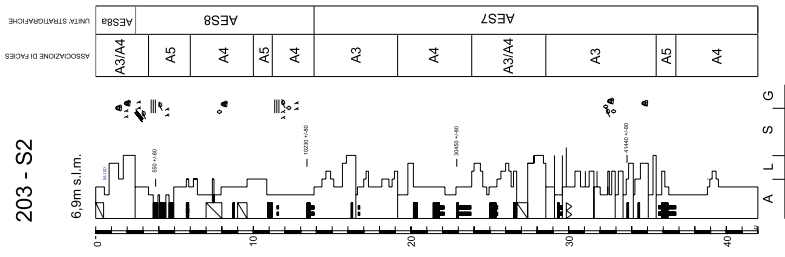
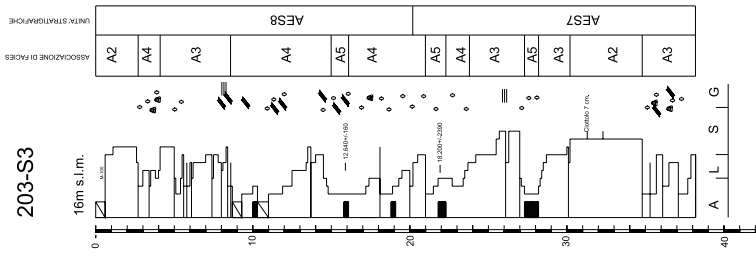
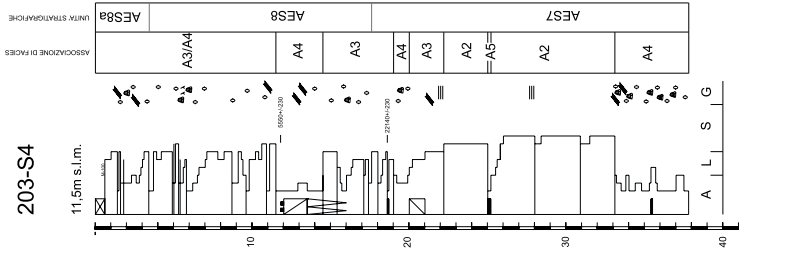
associazioni di facies

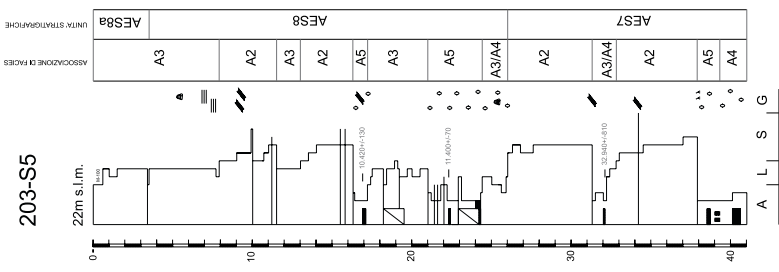
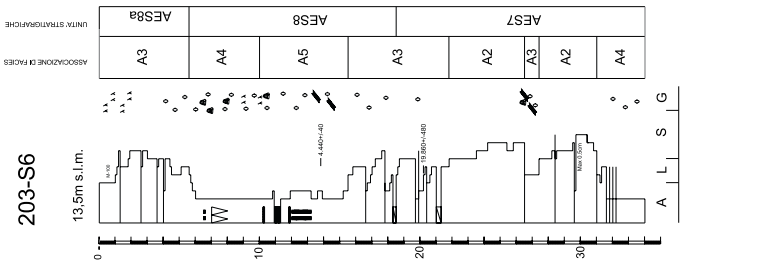
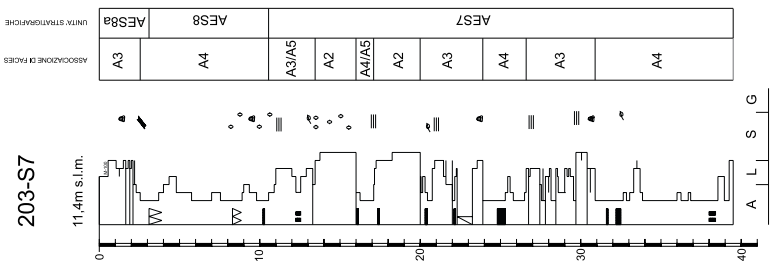
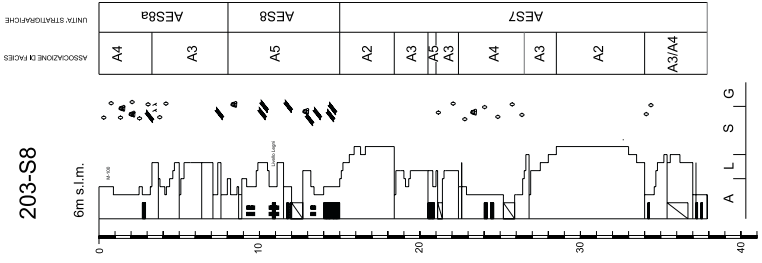
### DEPOSITI ALLUVIONALI

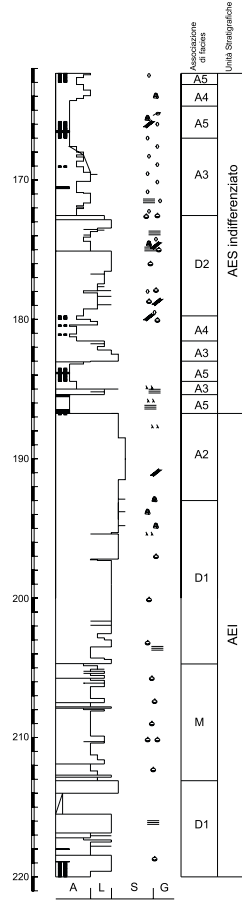
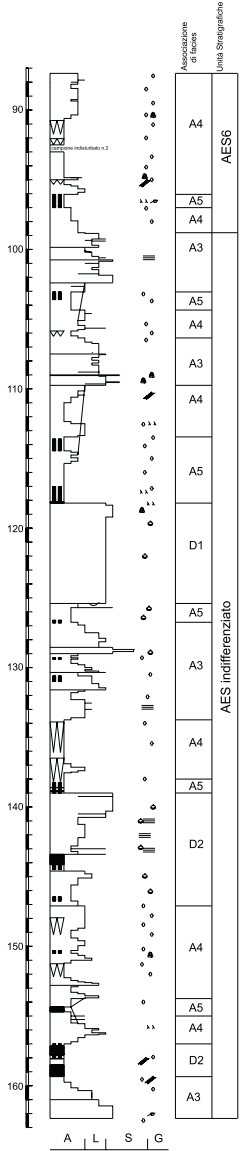
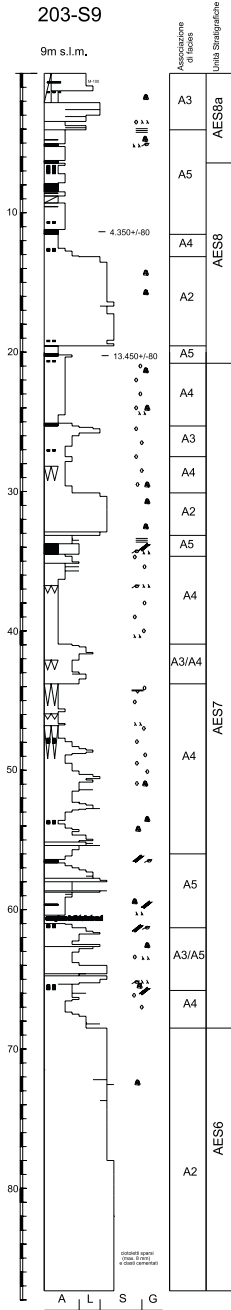
- A1 GHIAIE DI RIEMPIMENTO DI CANALE FLUVIALE
- A2 SABBIE DI RIEMPIMENTO DI CANALE FLUVIALE
- A3 ALTERNANZE DI SABBIE, LIMI E ARGILLE DI ARGINE E DI ROTTA FLUVIALE
- A4 ARGILLE E LIMI DI PIANA INONDABILE
- A5 ARGILLE E LIMI CON SOSTANZA ORGANICA DI PALUDE

### DEPOSITI DELTIZI, LITORALI E MARINI

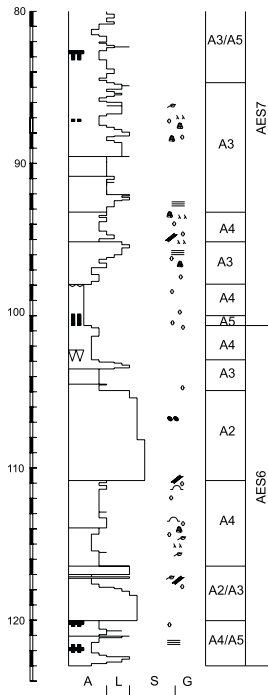
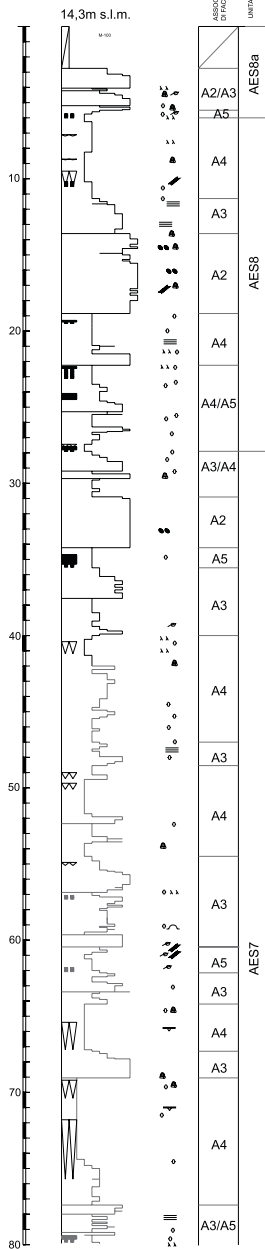
- D1 SABBIE DI FRONTE DELTIZIA E DI PIATTAFORMA
- D2 ALTERNANZE DI ARGILLE, LIMI E SABBIE FINI CON SOSTANZA ORGANICA DI PALUDE-LAGUNA
- M ALTERNANZE DI ARGILLE, LIMI E SABBIE DI PRODELTA E PIATTAFORMA

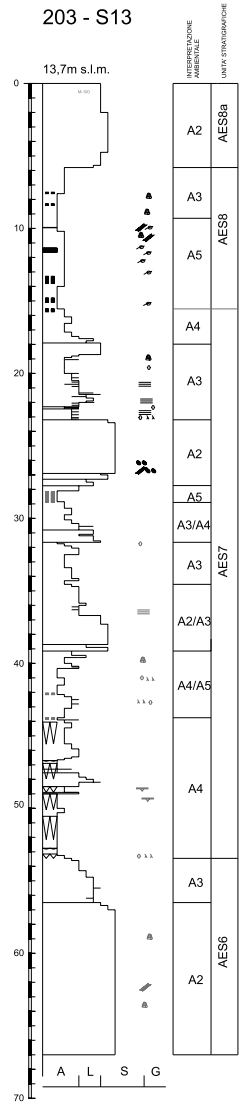
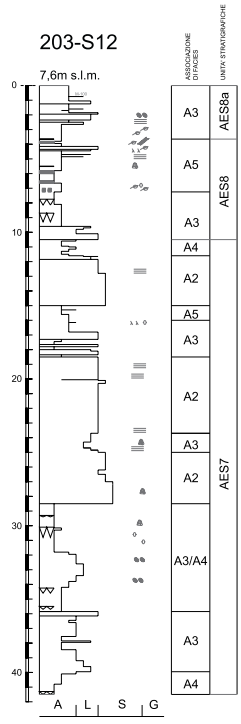
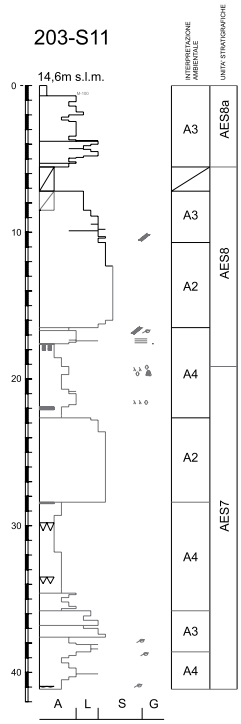






203-S10







## APPENDICE 2

### MICROPALEONTOLOGIA DEL SONDAGGIO 203-S9

(a cura di F. Fiorini e M.L. Colalongo)

#### 1. - INTRODUZIONE

Nella presente appendice sono riportati i dati riguardanti la distribuzione e la frequenza di foraminiferi bentonici e ostracodi nel sondaggio 203-S9 emersi dall'analisi di 207 campioni. Le analisi micropaleontologiche hanno permesso di attribuire i depositi esaminati a sedimenti di ambiente lacustre-palustre, lagunare o marino. La ricostruzione paleoambientale è basata sul confronto delle associazioni a foraminiferi e ostracodi rinvenute nel sondaggio S9 con la microfauna presente in sedimenti paralici e marino-marginali attuali in Mediterraneo. L'interpretazione paleoambientale delle associazioni che viene proposta è inoltre basata sul confronto con alcuni lavori di micropaleontologia eseguiti su altri sondaggi della pianura padana sud-orientale (AMOROSI *et alii* 2000; FIORINI & VAIANI, 2001; AMOROSI *et alii*, 2004; FIORINI, 2004; AMOROSI *et alii*, 2005) che costituiscono un riferimento essenziale per la definizione di associazioni microfaunistiche e l'attribuzione di queste a diversi ambienti deposizionali.

Si è utilizzata la lettera F per l'associazione "freshwater" che attualmente si rinviene in laghi o paludi, la lettera B per le associazioni "brackish" di ambiente lagunare, la lettera R "reworked" per le associazioni di cordone litorale e la lettera M per quelle tipiche di acque marine. Uno schema della distribuzione ambientale delle associazioni è proposto in figura 16 (da AMOROSI *et alii*, 2005). La localizzazione stratigrafica delle associazioni individuate all'interno del sondaggio analizzato e del loro significato paleoambientale è riportata in figura 17.



## 2. - ASSOCIAZIONI A FORAMINIFERI E OSTRACODI

### Associazione F

*Taxon* dominante: *Candona* spp.

Questa associazione è caratterizzata esclusivamente da ostracodi tipicamente ipoalini per la maggior parte appartenenti al genere *Candona* (prevalentemente *C. neglecta* e *C. angulata*). Subordinatamente si trovano *Cyclocypris laevis*, *C. ovum*, *Cypria ophthalmica*, *Cypridopsis vidua*, *Cytherissa lacustris*, *Ilyocypris bradyi*, *I. gibba*, *Pseudocandona* aff. *P. sucki*, e *Limnocythere inopinata*.

### Associazione Ba

*Taxon* dominante: *Trochammina inflata*

L'associazione Ba è caratterizzata dalla presenza quasi esclusiva di foraminiferi agglutinanti appartenenti alla specie *Trochammina inflata*, che nella maggior parte dei casi ne costituisce il 100% dell'associazione.

### Associazioni Bb-d

*Taxa* dominanti: *Ammonia tepida*, *A. parkinsoniana* e *Cyprideis torosa*

In alcuni casi nella tanatocenosi sono prevalenti i foraminiferi bentonici (associazione Bd), che possono arrivare a rappresentare anche il 100% della microfauna a foraminiferi con le specie *Ammonia tepida* e *A. parkinsoniana*. Subordinatamente tra i foraminiferi sono presenti *Criboelphidium* spp. (*C. granosum*, *C. lagunensis*, *C. pauciloculum*, *C. venetum*, *C. decipiens*, *C. traslucens*), *Trochammina inflata*, *Nonion depressulum*, *N. politum*, *Ammonia perlucida* e rari Miliolidae spp.

In altri casi (associazione Bb) la microfauna a foraminiferi, oltre che essere oligotipica, presenta un basso numero di individui o è assente; in tali casi sono prevalenti gli ostracodi, sempre caratterizzati da alte percentuali di *Cyprideis torosa* e - subordinatamente - da *Loxoconcha elliptica*, *Leptocythere lagunae* e *Cytherissa lacustris*. Sono inoltre presenti basse percentuali di *Leptocythere bacescoi*, *L. cf. L. multipunctata*, *Loxoconcha exagona* e *L. stellifera*.

Nella situazione intermedia tra le due associazioni sopra elencate (associazione Bc), la microfauna a foraminiferi è oligotipica e gli ostracodi sono presenti principalmente con le specie *Cyprideis torosa*, *Loxoconcha elliptica*, *Leptocythere lagunae* e *Cytherissa lacustris*.

### Associazione Rb

L'associazione è caratterizzata da foraminiferi rimaneggiati che si rinvencono insieme a foraminiferi di grosse dimensioni (*Elphidium crispum*, *E. macellum*, *Ammonia beccarii*, *A. papillosa* e alcune specie di Miliolidae), in alcuni casi abrasati o in frammenti. Sono inoltre presenti esemplari di *Ammonia parkinsoniana*, *A. tepida* e rari *Cyprideis torosa*.

### Associazione Rm

Rm è costituita da foraminiferi rimaneggiati che si rinvencono insieme a Miliolidae, *Elphidium crispum*, *E. macellum*, *Ammonia beccarii* e *A. papillosa*, in esemplari di grosse dimensioni, abrasi o in frammenti.

### Associazione Ma

*Taxa* dominanti: *Ammonia tepida*, *A. parkinsoniana*, *Pontocythere turbida* e *Loxoconcha stellifera*

L'associazione, povera di individui e di specie, è caratterizzata da altissime percentuali di *Ammonia tepida* e *A. parkinsoniana*. Che possono arrivare a costituire anche l'80-90% della microfauna a foraminiferi. Subordinatamente sono presenti *Criboelphidium* spp. (*C. granosum*, *C. decipiens*, *C. pauciloculum*, *C. incertum*, *C. poeyanum* e *C. traslucens*) e *Nonion depressulum*. Occasionalmente si possono trovare anche alcune specie di Miliolidae. I foraminiferi in alcuni casi sono presenti in individui di piccole dimensioni. L'associazione a ostracodi è principalmente dominata da *Pontocythere turbida* e *Loxoconcha stellifera*.

### Associazione Mb

*Taxa* dominanti: *Ammonia tepida*, *A. parkinsoniana*, *Criboelphidium* spp., *Semicytherura* spp., *Pontocythere turbida* e *Loxoconcha stellifera*

I foraminiferi bentonici che caratterizzano questa associazione sono le specie opportuniste *Ammonia tepida* e *A. parkinsoniana*, sempre presenti con elevate percentuali. Sono inoltre presenti, in percentuali variabili, *Criboelphidium* spp. (*C. granosum*, *C. lidoensis*, *C. poeyanum*, *C. decipiens*, *C. pauciloculum*, *C. semistriatum*, *C. excavatum*), *Elphidium advenum*, *Nonion depressulum* e *N. politum*. Si rinvencono inoltre alcuni Miliolidae (*Miliolinella elongata*, *M. subrotunda*, *Triloculina affinis*, *Quinqueloculina seminula*, *Q. stelligera*, *Adelosina cliarensis* e *A. longirostra*),

L'ostracofauna è dominata da *Semicytherura incongruens*, *Pontocythere turbida*, *Loxoconcha stellifera* e, subordinatamente, da *S. acuticostata*, *S. costata*, *S. rarecostata*, *Neocytherideis fasciata*, *Loxoconcha exagona*, *L. rhomboidea*, *L. rubritincta*, *L. tumida*, *L. elliptica*, *Leptocythere* cf. *L. multipunctata*, *Callistocythere adriatica* e *C.* cf. *C. flavidofusca*.

### Associazione Mc

*Taxa* dominanti: *Ammonia* spp., *Elphidium* spp. e *Pontocythere turbida*

Questa associazione risulta essere povera di generi e di specie. I foraminiferi che caratterizzano l'associazione sono: *Ammonia beccarii*, *A. papillosa*, *Elphidium crispum* ed *E. macellum*. Altre specie localmente presenti sono *Criboelphidium granosum*, *Quinqueloculina stelligera*, *Pseudotriloculina oblonga*, *Siphonaperta aspera*, *Triloculina plicata* e *T. trigonula*.

L'ostracofauna è poco diversificata e per la maggior parte costituita da *Pontocythere turbida*.

### 3. - SIGNIFICATO PALEOAMBIENTALE DELLE ASSOCIAZIONI

Le associazioni a foraminiferi e ostracodi sopra descritte permettono di individuare depositi lacustri, palustri, di laguna o baia di cordone litorale e marini.

L'associazione F si rinviene in sedimenti argillosi e in alcuni casi ricchi di materia organica. È composta da ostracodi ipotalini, testimoni di ambienti palustri o lacustri, che si rinvencono generalmente nei livelli a torbe.

L'associazione Ba si trova sempre in sedimenti argillosi ricchi di materia organica, e contiene forme tipiche di palude salmastra. Questa associazione è presente abitualmente nelle zone palustri situate al margine interno delle lagune e degli estuari.

Le associazioni Bb-d si rinvencono in sedimenti fini e sono caratterizzate da foraminiferi che tollerano basse salinità e ostracodi salmastrici. Questa microfauna è tipica di ambienti di baia o laguna ad acque leggermente (Bd) o decisamente (Bb) mesoaline. Il rinvenimento piuttosto frequente di basse diversità specifiche nei foraminiferi e della prevalenza degli ostracodi salmastrici (che arrivano fino a caratterizzare esclusivamente l'associazione), viene attribuita a diminuzione della salinità e quindi a minore influenza di acque marine.

L'associazione Rb viene rinvenuta in depositi sabbiosi. La presenza di una microfauna tipica di acque salmastre insieme a foraminiferi di ambiente marino marginale con tracce di abrasione (indicativa di trasporto) fa ipotizzare un apporto di microfossili marini che si vanno a depositare in laguna a causa di processi di tempesta. L'ambiente attribuito a questa associazione è quello di retrobarriera.

L'associazione Rm viene rinvenuta in sedimenti sabbiosi contenenti foraminiferi rimaneggiati e foraminiferi in individui abrasati e di grosse dimensioni che sembrano essere trasportati dai vicini ambienti litorali in condizioni di alta energia. L'associazione viene interpretata come tipica di cordone litorale e parte superiore della spiaggia.

L'associazione Ma si rinviene in sedimenti sabbiosi o fini: le alte percentuali di specie opportuniste, la diversità specifica molto bassa e la presenza di foraminiferi in individui di piccole dimensioni fanno attribuire questa associazione ad ambienti marino marginali fortemente influenzati dalle acque fluviali.

L'associazione Mb si rinviene in sedimenti fini o sabbiosi ed è caratterizzata da specie opportuniste e da una bassa diversità specifica. Tali caratteristiche sono tipiche di ambienti marini infralitorali a influenza fluviale, con fondali fini o mediamente sabbiosi.

L'associazione Mc si rinviene in sedimenti sabbiosi ed è caratterizzata da un

basso numero di individui e da una bassa diversità specifica. Le specie presenti sono tipiche di ambiente infralittorale e fondali sabbiosi ad alta energia.

#### 4. - DISTRIBUZIONE DELLE ASSOCIAZIONI ALL'INTERNO DEL SONDAGGIO E INTERPRETAZIONE PALEOAMBIENTALE

La successione analizzata risulta essere composta principalmente da sedimenti continentali. A questi si alternano depositi caratterizzati da microfauna di ambienti parali e marino-marginali attribuibili a ingressioni marine.

La base del sondaggio (219,65 – 202,95 m) è caratterizzata da una microfauna di ambiente infralittorale, scarsa, formata interamente da specie con gusci spessi e di grosse dimensioni in alcuni casi erosi o ossidati. I microfossili che si rinvennero in questo intervallo (attribuito all'associazione Mc) indicano condizioni di mare basso (ambiente infralittorale) caratterizzato da alta energia di onde e correnti che possono produrre selezione e abrasione dei gusci. Su questi depositi si sovrappone, fino al metro 195,40, un intervallo sabbioso caratterizzato esclusivamente da foraminiferi di mare basso trasportati e rimaneggiati (associazione Rm). L'assenza di microfauna in posto e la presenza di foraminiferi trasportati da ambienti vicini permettono di attribuire questo intervallo a un cordone litorale.

I campioni tra 197,70 e 180,65 m non contengono microfauna.

L'intervallo tra 179,50 e 172,55 m, ad eccezione del campione a 173,50 m che risulta essere sterile, è caratterizzato dalla presenza di foraminiferi (*Ammonia tepida* e *A. parkinsoniana*) che hanno un buon adattamento a condizioni di bassa salinità e ostracodi di ambiente salmastro. Questa associazione è tipica di ambiente di laguna o baia (associazioni Bc e Bd).

L'intervallo compreso tra 171,45 m e 166,55 m risulta essere costituito da depositi continentali: i campioni analizzati all'interno di questo risultano infatti essere sterili.

A 166,55 m si rinviene un livello ricco di materia organica caratterizzato dalla presenza di ostracodi dulcicoli e attribuibile a una palude dulcicola (associazione F). Su questo livello si depositano (fino al metro 159,30) sedimenti sterili.

A 158,50 m si rinviene un'associazione a foraminiferi agglutinanti tipica di palude salmastra (associazione Ba) seguita da un intervallo sterile fino al metro 152,80.

Il campione 151,60 contiene microfossili di acque salmastre. In questo campione i foraminiferi che sono poco frequenti e di piccole dimensioni sono indicativi della porzione più interna della laguna (associazione Bb). Questo livello è nuovamente seguito da depositi continentali fino all'intervallo tra 146,50 e 145,95 m in cui si rinviene una microfauna (costituita da foraminiferi che si adattano a basse salinità e ostracodi salmastri) caratteristica di laguna o baia (associazioni Bc e Bd).

I campioni a 144,10 m e 143,90 m risultano essere sterili.

Tra 142,10 m e 141,10 m si rinviene una microfauna caratteristica di depositi di laguna con ostracodi salmastri in associazione con foraminiferi che tollerano condizioni di bassa salinità (associazione Bc). Su questo intervallo si depositano sedimenti sabbiosi (campioni 140,50 e 139,30) in cui associati ad una microfauna di laguna, si rinvengono foraminiferi di ambiente marino infralitorale con tracce di abrasione. Questa associazione è tipica di ambiente di retrobarriera (associazione Rb).

L'intervallo tra 138,60 e 126,40 m è formato quasi esclusivamente da campioni sterili attribuibili nuovamente a depositi continentali, come dimostrato anche dal rinvenimento (a 133,75 e 131,85 m) di una microfauna a ostracodi dulcicoli (associazione F).

Il campione a 125,95 m è caratterizzato da microfauna a ostracodi dulcicoli (associazione F). I sedimenti che si depositano sopra questo livello sono caratterizzati da una microfauna di ambiente marino infralitorale a leggera influenza fluviale (tra 125,95 e 124,30 m, associazione Mb) che passa tra 123,20 e 121,50 m a un intervallo marino a forte influenza fluviale come dimostrato dalla presenza di *Ammonia tepida* e *A. parkinsoniana* in altissime percentuali (associazione Ma). Sopra a questo intervallo, tra 120,10 m e 119,20 m, si rinviene una associazione a microfossili trasportati e rimaneggiati tipica di cordone litorale (associazione Rm).

Dal metro 118,20 al top del sondaggio si rinvengono esclusivamente depositi continentali sterili o caratterizzati da microfauna a ostracodi dulcicoli (associazione F).



**APPENDICE 3****L'APPLICAZIONE DELLA BANCA DATI ARCHEOLOGICA  
ALLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA DI PIANURA**

(a cura di I. Di Cocco)

**1. - INQUADRAMENTO REGIONALE**

L'origine relativamente recente della pianura e il ruolo che l'uomo ha avuto nella sua sistemazione e nel suo sfruttamento fanno sì che uno studio storico sul popolamento antico rivesta grande importanza nell'interpretazione e datazione delle unità geologiche di superficie. La presenza o meno dell'uomo e la diversa profondità dei resti archeologici sono, infatti, elementi che aiutano a comprendere e datare i processi di formazione dei suoli e delle morfologie, specialmente se il dato archeologico non è utilizzato in modo meccanico come indicazione sulla profondità dei resti antichi, ma se si procede ad una sua contestualizzazione all'interno della storia del popolamento del territorio e delle diverse forme di occupazione e insediamento.

In questo modo è possibile giungere ad una lettura approfondita delle dinamiche insediative antiche e delle trasformazioni del territorio, riconoscendo le tracce dei cambiamenti ambientali che, a diversa scala, hanno causato la cancellazione o al contrario la conservazione degli assetti territoriali antichi. Tale lettura, svolta con una metodologia storico-topografica che valorizzi tutte le fonti a nostra disposizione per la comprensione dei fenomeni a monte delle trasformazioni del territorio, permette di cogliere i fattori antropici che ne hanno condizionato l'evoluzione, evitando un rigido determinismo legato all'analisi univoca delle condizioni ambientali e climatiche.

Il settore preso in esame corrisponde sostanzialmente a zone di bassa e media pianura, a valle della via Emilia, in cui il paesaggio è stato modellato nei secoli principalmente dall'azione dei fiumi, che con i loro mutamenti di corso e l'apporto dei loro sedimenti hanno profondamente modificato l'assetto territoriale. Solo negli ultimi secoli infatti si è giunti a determinare la situazione che possiamo osservare attualmente, spesso intervenendo artificialmente con opere di grande portata. Si pensi ad esempio al corso odierno del Reno, che solo dopo la Rotta Panfilia, nella prima metà del XVIII secolo, ha iniziato a delinearsi, con l'immissione di uno dei canali di rotta nel Cavo Passardo; sistemazione completata nel 1771-2 con il drizzagno tra Rotta Panfilia e Cavo Passardo e inalveamento da questo al Cavo Benedettino.

È necessario quindi soprattutto cercare di ricostruire i mutamenti della rete idrografica per riuscire a datare le unità geologiche affioranti, distinguendo le zone in cui i suoli antichi si sono conservati sostanzialmente stabili, grazie alla presenza di macrostrutture sopraelevate e all'assenza di imponenti mutamenti della rete idrografica, da quelle in cui gli antichi piani di calpestio sono coperti da metri e metri di nuovi strati alluvionali.

Per tale studio sono preziose da un lato le testimonianze di documenti d'archivio e della cartografia storica, che forniscono numerosi elementi dal Medioevo ad oggi, mentre dall'altro è necessario rivolgersi soprattutto alle fonti classiche e all'archeologia per la ricostruzione dei mutamenti più antichi.

In questo senso il progetto ha raccolto tutti i dati archeologici editi riferibili a siti ubicabili con precisione sufficiente, ponendo particolare attenzione a quelli di cui era nota la profondità dei ritrovamenti e l'eventuale individuazione di piani di calpestio antichi. È stato così possibile individuare, all'interno di un territorio caratterizzato da suoli piuttosto recenti, aree in cui al contrario i suoli antichi sono sostanzialmente affioranti, come l'ampia conoide compresa tra la via Emilia, Nontanola e S. Giovanni in Persiceto o il dosso che si snoda a nord di Bologna verso S. Giorgio di Piano e S. Pietro in Casale, fino a S. Vincenzo (fig. 18).

È stato inoltre possibile distinguere fra zone in cui l'attività alluvionale dei fiumi ha completamente cancellato le tracce del paesaggio antico, con eventi spesso rovinosi, da altre in cui nonostante il piano antico risulti sepolto da più di un metro di depositi sono sopravvissute tracce della centuriazione anche consistenti, segno di processi meno catastrofici e più gradualmente, che hanno permesso il periodico ripristino di canali d'irrigazione e limiti catastali che non avevano perduto la loro funzionalità per l'organizzazione delle campagne. Sono questi i casi rispettivamente dell'area centese, dove le numerose rotte del Reno medievale hanno sepolto con 3-5 metri di depositi il piano antico, e di quella di Crevalcore, dove pur in assenza di siti antichi affioranti la centuriazione romana risulta progressivamente risistemata, tanto che anche il centro urbano, fondato ex-novo intorno al 1227, la assume come riferimento per il proprio sviluppo urbanistico (fig. 19).

FOGLIO 202

FOGLIO 203

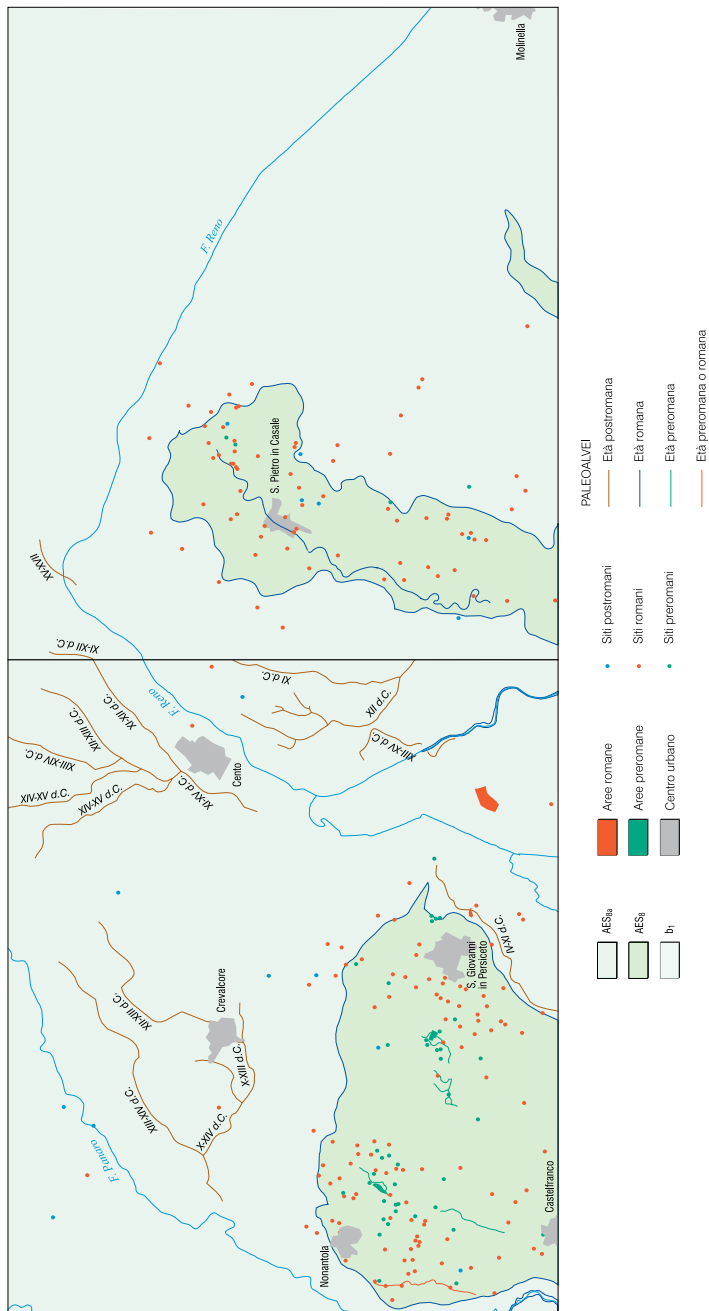


Fig. 18 - Distribuzione dei siti archeologici, affioranti e sepolti, nell'area considerata e nel limitrofo Foglio 202 San Giovanni in Persiceto. I ritrovamenti sono naturalmente più frequenti nelle aree dove il suolo antico è meglio conservato.



Fig. 19 - Diversa conservazione della centuriazione romana nelle zone di Crevalcore e di Cento, condizionata dai mutamenti di corso rispettivamente del Panaro e del Reno

Lo studio della distribuzione dei siti antichi, delle fonti scritte classiche e medievali e delle tracce geomorfologiche degli antichi alvei ha inoltre permesso di delineare la datazione dei principali cambiamenti di percorso dei fiumi presenti nell'area di esame. Molti di questi dati sono già stati presentati da studi specialistici, talora con risultati e posizioni contrastanti;<sup>1</sup> si ritiene dunque utile darne una panoramica di sintesi, non priva peraltro di alcuni elementi di novità.

PANARO. Il fiume, chiamato in età romana *Scoltenna*<sup>2</sup> e dal corso sostanzialmente stabile fino a Vignola, ha depositato un'ampia conoide che si estende a valle della via Emilia da Nonantola a S. Giovanni in Persiceto. La superficie di questa appare sostanzialmente stabile, come anticipato, ed era probabilmente solcata in antico dal fiume, come mostrano numerosi dossi sopra cui affiorano resti archeologici. In particolare è stato ipotizzato di riconoscere un corso più antico, databile al II millennio a.C., per Piumazzo – Manzolino - San Giovanni in Persiceto, lungo cui si dispongono importanti insediamenti dell'età del bronzo come Rastellino

<sup>1</sup> Si vedano specialmente CREMASCHI *et alii* (1980); UGGERI (1987); GASPERI *et alii* (1987); CASTALDINI (1989); CALZOLARI (1989); FUOCO *et alii* (1999); CASTALDINI (2001); MAZZERI (2004).

<sup>2</sup> Il nuovo nome, già attestato nel IX secolo d.C., potrebbe essere legato ad uno dei cambiamenti di corso del fiume, probabilmente ad uno dei più importanti, ad esempio all'abbandono del percorso romano per Panzano per quello più occidentale ai margini della conoide.

e Montironi di S. Agata (siti F202\_030 e 010, fig. 20). Il fiume quindi avrebbe proseguito la sua corsa nella zona di Cento, negli alvei che saranno ripercorsi dal Reno a partire dal X secolo d.C. Studi più recenti hanno portato ad ipotizzare che il paleoalveo di Manzolino sia ancora più antico, e sostanzialmente non più attivo nell'età del bronzo, quando avrebbe catturato solo acque di risorgive.<sup>3</sup> Tale ipotesi appare confermata dal fatto che è possibile individuare un altro paleoalveo più occidentale, tra Panzano e Nonantola, che può essere identificato come il Panaro dell'età del Bronzo. Tra Castelfranco e Nonantola infatti il fiume ha lasciato alcuni dossi ben marcati, in passato generalmente attribuiti ad età romana. Tuttavia la presenza di molti siti affioranti in superficie, tra cui numerosi databili all'età del Bronzo, alcuni di recente scoperta, come la terramara di Gaggio (F202\_156),<sup>4</sup>

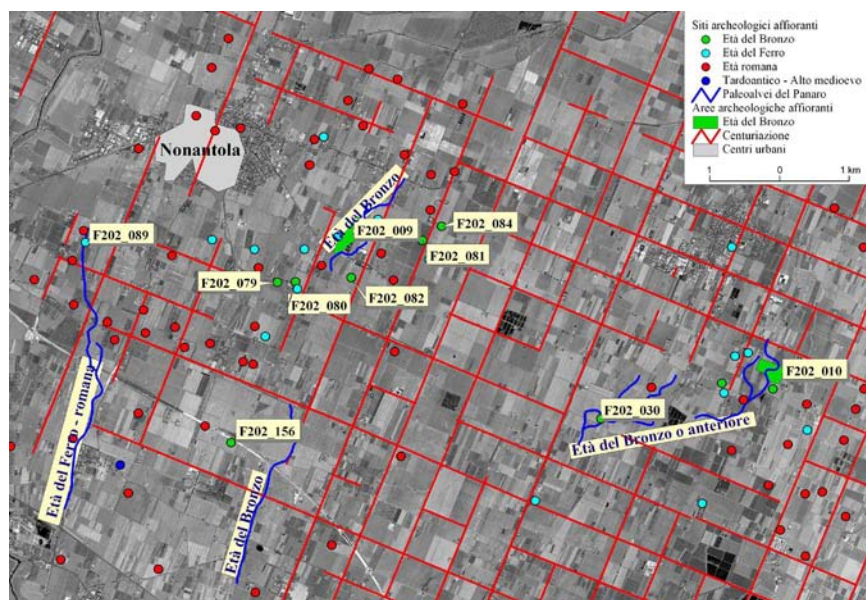


Fig. 20 - Proposta di datazione dei paleoalvei del Panaro tra la via Emilia e Nonantola

<sup>3</sup> Tale funzione di cattura si mantenne nel tempo, tanto che anche la centuriazione romana risulta danneggiata in quest'area limitata, mentre un "Rivo Mortuo" è ancora attestato in documenti di età longobarda (BOTTAZZI, 1997, p. 181).

<sup>4</sup> La piccola terramara, individuata da recentissimi scavi, è coeva alla fase più antica di quella di Redù (AA.VV. *Atlante* 2003, p. 108). In una relazione preliminare alla pubblicazione degli scavi si è già ipotizzato che sia Gaggio sia Redù fossero toccati nell'età del bronzo dal medesimo paleoalveo del Panaro (BALISTA *et alii*, 2003), tesi presentata anche nell'Atlante Storico Ambientale Urbano di Modena (MAZZERI, 2004) e che concorda con le nostre conclusioni.

altri ben noti da tempo, come la terramara di Redù (F202\_009),<sup>5</sup> portano ad una datazione più antica di tale dossi, e in particolare del paleoalveo di Panzano, che avrebbe attratto il popolamento attorno alle sue sponde, e che avrebbe mantenuto tale attrattiva nell'età del Ferro (fig. 20). Il Panaro poi si sarebbe spostato verso il margine occidentale della conoide, forse già nella stessa età del Ferro, a cui si data il sito F202\_089, localizzato nei pressi di un ulteriore paleoalveo che da Gaggio si dirige verso Bagazzano, affiancato a sua volta da insediamenti romani. È quindi ricostruibile una progressiva migrazione verso ovest del fiume in epoca pre-protostorica, continuata in età romana e recente. In particolare concordiamo sull'identificazione del Panaro romano con la direttrice che da San Cesario passa ad est di Villa Graziosa, e che intersecava la via Emilia nella zona della Madonna degli Angeli, dove è stata rinvenuta una grande quantità di anfore conficcate nel terreno, che costituivano probabilmente il sottofondo dell'Emilia in un tratto dal difficile drenaggio, e dove la via consolare cambia leggermente il suo orientamento, verosimilmente in corrispondenza dell'attraversamento del fiume.<sup>6</sup> A nostro parere poi, a valle della Madonna degli Angeli, il fiume si dirigeva proprio verso la zona di Gaggio, ai margini della conoide, verso il paleoalveo occidentale sopra identificato. Lo spostamento del Panaro in questo settore è provato anche dalla cancellazione della centuriazione nella zona attorno all'alveo attuale, che ha costretto anche la via Emilia ad effettuare una deviazione dal suo tracciato originale, mentre tutta l'area a sud-est di Nonantola appare caratterizzata dall'affioramento di numerosissimi siti, e quindi da una sostanziale conservazione del piano di calpestio antico, tutt'al più disturbata dalla presenza di scoli superficiali come lo Scolo Sanaro/Fossetta Rubbiara (si veda ancora la figura 20).

Il fiume poi poteva proseguire verso le valli di Crevalcore, oppure continuare verso nord in direzione di Solara e San Felice, lungo un dosso caratterizzato dalla presenza di qualche sito romano affiorante non distante dalle sue sponde nei pressi di S. Felice, e di siti altomedievali e medievali sui suoi spalti.

La ricostruzione dei cambiamenti di alveo del Panaro non appare semplice, anche per la presenza di numerose citazioni dello Scoltenna, non sempre riferibili al corso principale del fiume, ma a suoi rami secondari.

Si può ritenere comunque che in età tardoantica o altomedievale il fiume sia andato dapprima a sfruttare tratti di antichi canali della centuriazione, salendo da Navicello (dove è attestato già nel 1009) a Bomporto lungo un cardine e di lì a Ravarino (dove è presente nel 1030) e Guisa Pepoli lungo due decumani. In questa zona il Panaro avrebbe seguito diversi tracciati tra il IX e il XIV secolo, spostan-

---

<sup>5</sup> Alcuni siti di recente scoperta sono prossimi alla terramara di Redù (F202\_078-082): è molto probabile quindi che i resti individuati nelle ricognizioni di superficie siano stati spostati con il terriccio tolto dalla cava legata alla terramara stessa, secondo un uso ben noto e documentato.

<sup>6</sup> PELLEGRINI (1995), pp. 145-146.

dosi progressivamente verso ovest e lasciando numerose citazioni nei documenti e numerose tracce sul terreno), fino a che attorno al 1347 venne inalveato nel vecchio canale di Modena, corrispondente al percorso Bomporto – Solara – Camposanto – Finale Emilia – Bondeno e, in linea di massima, al percorso attuale del fiume. Infine non ci sono elementi per datare la sistemazione attuale del tratto tra Solara e Finale, mentre il taglio del “Ramo della Lunga”, ossia dell’ampia curva che il Panaro descriveva tra Finale e Santa Bianca, risale al XIX secolo.

**SAMOGGIA.** Il corso del torrente non è stato tanto studiato quanto i vicini e più importanti alvei del Panaro e del Reno, anche se ad esso sono stati dedicati alcuni studi recenti.

Per quanto riguarda le fasi più antiche, è stato ipotizzato che proprio il Samoggia, piuttosto che il Panaro, abbia lasciato nell’età del bronzo il dosso di Piumazzo e le sue continuazioni. Esso secondo un’altra lettura avrebbe percorso i tre dossi ad occidente di quello del Panaro, che solcano il territorio tra Manzolino, Tivoli ed Amola. In effetti questa zona è caratterizzata da una perfetta conservazione della centuriazione e molti siti romani affioranti, quindi sicuramente essa è morfologicamente stabile da millenni. Tale caratteristica di zona rilevata e difficilmente inondabile spiega anche il concentrarsi del popolamento. In epoca romana probabilmente il Samoggia doveva costituire per un tratto il confine fra i territori di Modena e Bologna, e scorrere all’altezza della via Emilia non distante dall’attuale Ponte Samoggia, probabilmente poco più ad ovest, nella fossa Vecchia, che ancora oggi costituisce il confine provinciale. In prossimità dell’incontro tra la via Emilia e il Samoggia doveva trovarsi la stazione di *Ad Medias*, posta, come dice il nome, a metà distanza tra Modena e Bologna. Il corso attuale del Samoggia invece a Calcara si immette in un cardine della centuriazione, e quindi è ad esso posteriore. Più a valle il percorso doveva ricalcare il lungo dosso di Castagnolo, la cui datazione oscilla tra l’epoca romana e quella medievale. Tuttavia la discreta conservazione di un cardine centuriale alla sua sommità fa propendere verso la prima ipotesi, mentre successivamente il Samoggia deve aver cambiato frequentemente percorso, anche se con spostamenti dell’ordine di qualche centinaio di metri o al massimo di un paio di chilometri. I suoi spostamenti hanno causato la totale cancellazione della centuriazione a est e sud-est di S. Giovanni in Persiceto, mentre ad ovest essa risulta perfettamente conservata. La stessa azione ha inoltre naturalmente causato l’interro del piano di campagna antico, confermato da alcuni scavi, che hanno portato alla scoperta di consistenti depositi sabbiosi lasciati dal fiume (fig. 21).

**RENO.** Il fiume Reno è sicuramente il responsabile dei maggiori cambiamenti del tratto di pianura in esame, e la sua sistemazione idraulica ha causato numerosissimi problemi fino a tempi molto recenti, specialmente per la difficoltà del suo deflusso nel Po o in mare.

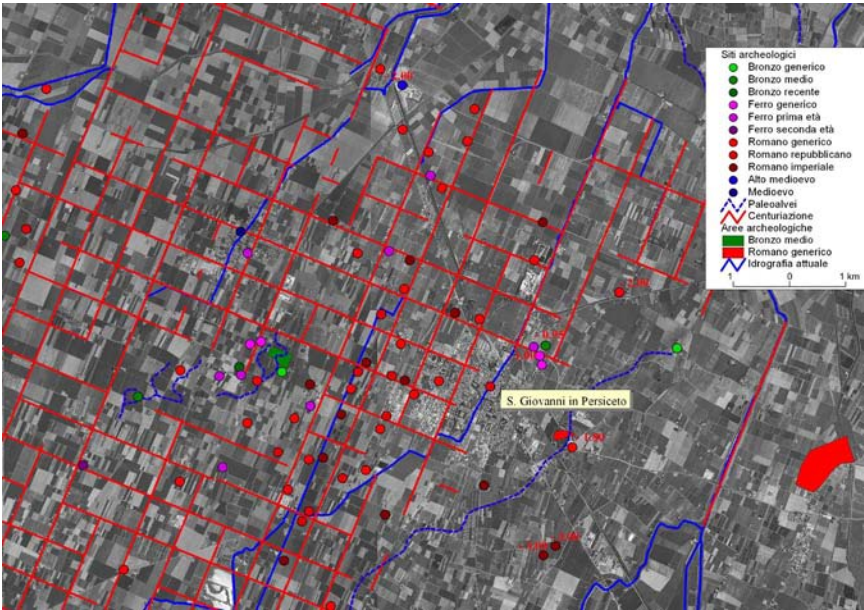


Fig. 21 - I cambiamenti di corso del T. Samoggia hanno cancellato la centuriazione e sepolto i siti archeologici ad est e sud-est di San Giovanni in Persiceto (sono evidenziate le quote dei siti rinvenuti ad 1 m o più di profondità).

In età romana il Reno scorreva più ad est di oggi, in corrispondenza dell'imponente dosso che corre dalla periferia nord-occidentale di Bologna fino a S. Vincenzo: il fiume era superato dalla via Emilia dal ponte sito subito ad ovest di S. Viola, 300 m ad est dell'attuale, e proseguiva verso Pescarola (dove nel X secolo è ancora attestato un porto bolognese), Corticella, Castelmaggiore, Funo, S. Giorgio di Piano, S. Pietro in Casale, S. Vincenzo, S. Prospero, Poggio Renatico. Come anticipato infatti questa è una delle poche zone del foglio 203 in cui si sono conservati i suoli antichi, per l'imponenza dei depositi fluviali lasciati in epoca romana, che hanno creato una zona rialzata e non più esondabile, come mostra anche l'andamento dell'idrografia attuale. Più in particolare sembra che il Reno abbia più volte mutato leggermente di corso, come paiono indicare le numerose tracce di paleocanali e di ventagli di rotta,<sup>7</sup> di cui sono stati riportati solo i principali (fig. 22). La lettura di alcune di queste tracce è resa difficoltosa dagli insediamenti attuali, che si collocano sui maggiori alti morfologici, corrispondenti forse agli apici di piccoli ventagli di rotta e alla sommità di antichi dossi fluviali. I depositi lasciati dal Reno possono essere genericamente riferiti ad età antica, spe-

<sup>7</sup> Alcuni di essi sono certamente molto antichi, in quanto sui loro depositi affiorano materiali romani.

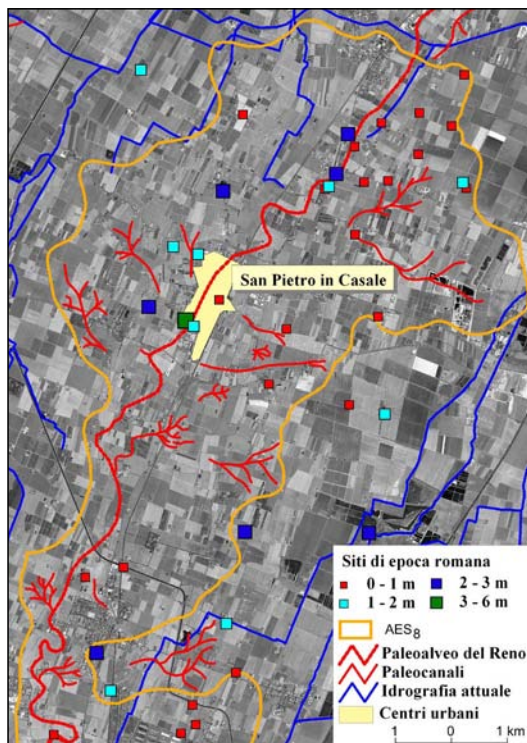


Fig. 22 - Dosso corrispondente ai depositi del Reno di età romana

cialmente sulla base del grado di alterazione riscontrato nei dati pedologici. Il definitivo allontanamento del fiume verso ovest è infatti databile tra l'età tardoantica e l'altomedioevo, in corrispondenza del peggioramento climatico che colpì buona parte dell'Italia e che ebbe forti conseguenze sull'assetto del territorio a causa della concomitante crisi economica, demografica e sociale, che impedì di porvi rimedio in modo efficace. Tuttavia eventi di rotta e mutamenti d'alveo dovettero verificarsi già nei secoli precedenti, come hanno provato alcuni recenti ritrovamenti (si veda *infra*, siti F203\_26 e F203\_29, fig. 23). Tali circostanze possono spiegare l'apparente contraddittorietà dei dati archeologici, che documentano la presenza di siti affioranti, specialmente in destra del Reno romano, ma anche di siti coperti da consistenti coltri alluvionali, in particolare sulla sinistra.

Il definitivo allontanamento del Reno potrebbe datarsi addirittura al X secolo, poiché un documento del 972 ricorda che il fiume passava non lontano da S. Pietro in Casale. Nel 1075 in appezzamento *in fundo Sulixano* (Soresana presso Maccaretolo) nella pieve di S. Vincenzo confinava con il Reno "antico", testimoniando l'avvenuto spostamento, ma anche che si aveva ancora memoria dell'antico corso; nello stesso anno nella medesima zona è ricordato un "fondo Reno",

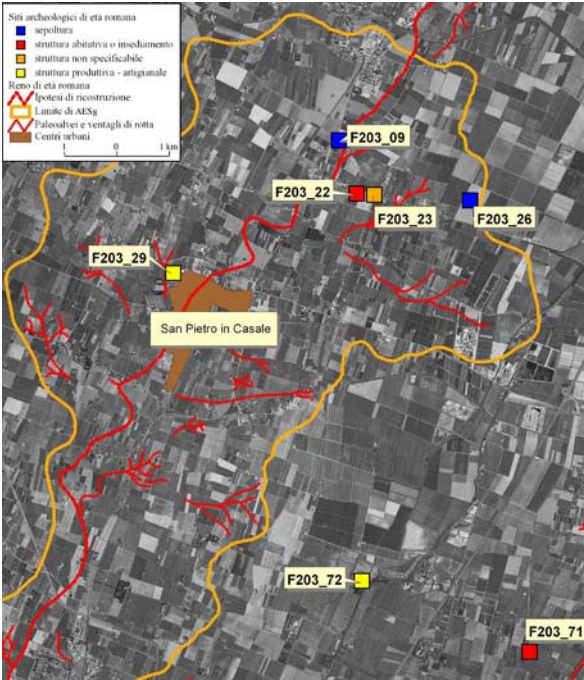


Fig. 23 - Localizzazione dei siti archeologici citati nel testo

probabilmente ricavato dalle terre abbandonate dal fiume.

Nell'alto medioevo il corso romano dovette essere sostituito da un alveo corrispondente all'attuale fosso Riolo da Bologna ad Argelato; presso questa località infatti nel 1200 sono attestati un *Renus veclus* e più ad est un *Renus mortuus*. Infatti da qui verso Sant'Agostino sono riconoscibili due alvei, uno verso Santa Maria di Venezzano e Galliera (nel 1009 il Reno attraversava terre vicine a Galliera, situazione compatibile sia con questo alveo che con quello romano) e uno che si dirigeva verso Volta Reno e Castello d'Argile. Ancora nel XIII secolo il Reno seguiva il corso attuale da Casalecchio al passo di Padulle, dove voltava più ad est nel paleoalveo di Volta Reno verso Castello d'Argile, dove confluivano Samoggia e Lavino<sup>8</sup>; quindi proseguiva verso Cento e di qui a nord, verso Finale Emilia dove raggiungeva il Panaro. Quest'ultimo tratto è segnato da numerosi paleoalvei corrispondenti a toponimi quali Corpo Reno, Renazzo, Reno Centese e Reno Finalese ed attivi tra l'XI e il XV secolo. In tutto questo periodo la confluenza del Reno in Po doveva avvenire nella zona di Santa Bianca, mentre l'instabilità del

<sup>8</sup> Il Lavino in particolare si sarebbe staccato dal corso attuale a Sacerno, proseguendo per Sala Bolognese e Padulle, con un percorso forse risalente già ad età romana, come proverebbero i siti affioranti ai suoi margini (traccia 35).

fiume è ricordata anche da un documento del 1312, in cui il vescovo di Bologna concede ai Centesi alcune terre “per quod flumen Reni diversos habet alveos et decursus”.

Anche la storia recente del Reno è assai complessa. Tra la fine XV e l’inizio del XVI secolo, dopo una rotta avvenuta presso Palazzo Ariosto, 2,5 km a sud-ovest di Cento, il Reno viene inalveato tra Cento e Pieve, dove passa tuttora; più a valle il Reno attuale cominciò a delinearsi solo nella prima metà del XVIII secolo, con la Rotta Panfilia, due km a sud di Sant’Agostino, quando uno dei canali di rotta fu immesso nel Cavo Passardo; la sistemazione fu completata nel 1771-2, con un drizzagno tra Rotta Panfilia e Cavo Passardo e con l’inalveamento da questo al Cavo Benedettino.

SAVENA. Anche il Savena risulta aver modificato notevolmente il suo corso. In età romana passava sotto l’Emilia più ad occidente del Ponte Vecchio (dove passava un suo alveo posteriore, ma comunque precedente all’attuale), quindi lambiva Bologna ad est; di qui è incerto se confluisse nel Reno o seguisse l’attuale “Scolo Savena Abbandonata”, in cui di certo passava in età altomedievale, come ricorda un documento del 1065 che ricorda un *alveum de Savena antiqua qui vocatur Arcovegio* (l’Arcoveggio). L’appellativo *antiqua* prova che il Savena si era già allontanato, come conferma un documento del 1068 che ricorda nei pressi di Lovoleto una *via publica que fuit fluvio Savina*. Il Savena altomedievale proseguiva verso Minerbio, seguendo un percorso più occidentale di quello successivo, posteriore alla rettificazione dell’alveo a valle di Capo d’Argine, per Minerbio ed Altedo, per poi perdersi nelle paludi di Baricella. Solo nel XVII secolo le acque del torrente furono convogliate in quelle dell’Idice.

## 2. - OSSERVAZIONI SUI DATI ARCHEOLOGICI RELATIVI AL FOGLIO 203 E SUI SITI DI MAGGIOR INTERESSE PALEOAMBIENTALE

Il territorio considerato appare caratterizzato da una documentazione archeologica abbastanza consistente, corrispondente sia a ritrovamenti dei secoli scorsi sia a scoperte recenti, spesso documentate da archeologi professionisti e, nei casi più favorevoli, legate all’effettuazione di scavi archeologici veri e propri, che spesso hanno portato all’individuazione del piano di calpestio antico, offrendo così indicazioni particolarmente utili e affidabili per l’analisi dell’evoluzione dei suoli.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> In particolare il comune di S. Pietro in Casale, è stato oggetto di un convegno di studi abbastanza recente (AA.VV., 1991) che ha fatto il punto sul popolamento antico, esaminando anche i dati geomorfologici e paleoambientali, nonché entrando nel dettaglio degli scavi più recenti e importanti. Specialmente la zona di Maccaretolo, a NE del capoluogo comunale, ha visto negli ultimi anni di

Tuttavia non tutto il territorio esaminato presenta una documentazione archeologica ugualmente ricca, specialmente perché i diversi caratteri ambientali hanno portato ad una maggiore conservazione delle strutture del paesaggio antico nel settore occidentale, come testimoniato, ad esempio, dalle cospicue tracce centuriali, mentre quello orientale, sottoposto a più intense trasformazioni idrogeologiche, conseguentemente presenta minori tracce degli insediamenti antichi; è anche possibile che parte di questa zona, per le medesime caratteristiche, conoscesse fin da epoca antica forme di sfruttamento diverse e meno intense, ad esempio legate ad un'economia dell'incolto. Anche per questa zona tuttavia sono disponibili alcuni dati recenti, che sono stati presentati e pubblicati in occasione di una mostra organizzata dal Comune di Malalbergo (AA.VV. 1993; ORTALLI 1994).

Rimangono comunque ampie zone in cui la documentazione risulta estremamente lacunosa o totalmente mancante, specialmente nella parte orientale del foglio. Risulta quindi importante segnalare, per quanto il sito risulti appena esterno ai limiti del foglio, la notizia del rinvenimento a Molinella di abbondanti materiali romani a 6-6,5 m di profondità, quota che indica che l'antico piano di calpestio è prossimo all'attuale livello marino<sup>10</sup>.

Analogamente nella zona di S. Agostino, compresa fra l'attuale corso del Reno a sud e il prolungamento del Dosso di Finale tra Casumaro e Vigarano a nord, non sono presenti testimonianze archeologiche anteriori all'età medievale né è facilmente ricostruibile l'antica morfologia, perché la zona ha costituito per millenni il bacino di colmata delle esondazioni del Reno (UGGERI, 1987, p. 88 e tav. Foglio II NE).

In generale comunque il riesame della documentazione edita ha permesso di verificare che sono noti 82 siti localizzabili sul foglio 203, di cui 61 corrispondenti a ritrovamenti quotati e quindi direttamente utilizzabili per l'analisi delle profondità dei suoli antichi, mentre i restanti 21 contribuiscono a definire il quadro del popolamento storico.

Particolarmente complessa risulta la definizione dei limiti del dosso fluviale corrispondente al corso del Reno romano, come già illustrato nel paragrafo dedicato ai mutamenti di alveo di questo fiume. Si è visto infatti come le vicende paleoidrografiche abbiano comportato ad un parziale seppellimento del piano di campagna già in età tardoimperiale romana, e quindi all'interno dei limiti cro-

---

un'intensa attività di prospezioni geopedologiche e di ricerche archeologiche, con indagini di superficie e numerosi scavi in profondità, che hanno documentato ampiamente la situazione di età romana, con interessanti ritrovamenti legati all'età pre-protostorica e medievale. Tali scoperte, oggetto di una recentissima pubblicazione (CREMONINI, 2003), permettono di arricchire notevolmente le conoscenze su una zona prossima al corso antico del Reno, e quindi sottoposta ad importanti trasformazioni ambientali, nonché caratterizzata da una morfologia estremamente articolata, per la presenza di dossi naturali e di argini artificiali, nonché di notevoli strati alluvionali.

<sup>10</sup> CREMONINI (1992, pp. 243-244).

nologici di AESg. Le alluvioni infatti possono essere messe in relazione con un corso del Reno ancora in attività, prima dell'abbandono dell'alveo, avvenuto con ogni probabilità in età tardoantica.

Tali eventi di rotta ebbero perlopiù una portata limitata, specialmente in destra Reno, e quindi si può riscontrare la presenza di siti romani affioranti accanto ad altri già sepolti, quali quelli brevemente ricordati qui di seguito (fig. 23):

1. Sito F203\_09: Monumento funerario a cuspidato costituito da un basamento in laterizi con cella praticabile e da statua soprastante di togato (fine I secolo a.C.), rinvenuto in ottime condizioni nel 1839 ad una profondità di circa 3 m, ad indicare un suo seppellimento prima che i suoi materiali potessero essere riutilizzati, pratica diffusissima in epoca tardoantica. Il monumento era probabilmente collocato nei pressi dell'argine del Reno antico (BOTTAZZI, in CREMONINI, 2003, pp. 111-112)
2. Sito "F203\_26", dove un sarcofago perfettamente conservato poggiava su un podio, alla cui base, a 1,80 m di profondità, era possibile riconoscere il piano di campagna originario, ricco di frammenti ceramici e altri materiali, indici di un'intensa frequentazione del sito. Il sarcofago si è conservato perché sigillato, probabilmente già in età antica (III secolo?) da uno spesso strato alluvionale (esso giunge fino al piano attuale), costituito da limi sabbiosi giallognoli e probabilmente dovuto ad un'erosione del Reno (ORTALLI, 1991, p. 147-152).
3. Sito "F203\_29" dove un edificio rustico romano ben conservato è stato individuato ad una profondità di circa 1,80-2 m, in prossimità della riva destra dell'antico corso del Reno. Al sito sono associati due piani di calpestio, rispettivamente a 1,60 e a 1,80-2 m di profondità, intercalati da un sottile strato di argilla semisterile, dovuto forse ad un modesto straripamento del Reno. Il sito dovette essere ricoperto da una più importante alluvione del Reno quando ancora insediato, perché risulta sigillato da depositi di limi e sabbie alluvionali di colore giallognolo e giallo-brunastro, senza che siano presenti livelli di abbandono o distruzione, mentre al contrario numerosi oggetti e vasi pressoché integri sono distribuiti sui suoli antichi (ORTALLI, 1994, p. 195).

I due siti seguenti invece documentano invece ulteriori eventi che determinarono in aree limitate il seppellimento anche del piano di campagna tardoantico e altomedievale:

4. Sito "F203\_22", dove dal 1984 in poi sondaggi, prospezioni e scavi (CREMONINI, 2003) hanno documentato il sovrapporsi di un abitato protostorico, di un importante insediamento romano (con due piani di calpestio posti a circa 1,60 e 1,30 m di profondità), e di una frequentazione altomedievale (p.c. a -1 m).

5. Sito "F203\_23", dove è stato individuato uno strato di depositi di rotta databili ad età romana e sigillati da uno strato di frequentazione antico (romano o tar-doantico, quindi anteriore, in linea di massima, all'VIII secolo) posto ad una profondità di 1,55 m (MINOZZI MARZOCCHI, 1991, p. 133)

I seguenti due siti invece documentano il completo seppellimento del piano di campagna antico all'esterno del limite orientale del dosso del Reno romano:

6. Sito "F203\_71", dove un edificio rustico di età romana, documentato tramite scavo archeologico, e corrispondente ad un piano di campagna antico rinvenuto ad una profondità media di 1,60 m, appare distrutto da un incendio, testimoniato da un livello di frammenti di carbone, a cui si sovrappongono tre esigue sedimentazioni (spessore 15-35 cm) di origine naturale a granulometria fine, sistematicamente sfruttate a scopi agricoli, a loro volta coperte da depositi arrecati da rotte fluviali del Savena, databili tra la seconda metà del secolo XVI e la prima del XVIII (CREMONINI, 1993, pp. 48-50)
7. Sito "F203\_72", dove un edificio rustico di età romana, corrispondente ad un piano di campagna antico rinvenuto ad una profondità di 2,45 m (10,25 m s.l.m.). Il sito dopo la sua distruzione è stato prima coperto da una sedimentazione di 30 cm e quindi sigillato da un evento di rotta, dovuto probabilmente al Reno antico, che ha lasciato limi alluvionali per uno spessore superiore ai 50 cm, coperti da uno strato altrettanto spesso di depositi torbosi dovuti al prolungato impaludamento dell'area. Su di essi si impostano i suoli più recenti, corrispondenti ad un deposito argilloso grigiastro riferibile ad un assetto a risaia e all'arativo attuale (CREMONINI, 1993, p. 50; ORTALLI, 1994, pp. 189-191).

## APPENDICE 4

### PETROGRAFIA DELLE SABBIE DI SOTTOSUOLO

(a cura di C. Albertini, A. Ceriani & A. Di Giulio)

#### 1. - MATERIALE E METODI

Nell'ambito del rilevamento per la nuova Carta Geologica della Pianura Padana Emiliano-Romagnola, sono state effettuate analisi granulometriche e petrografiche di sabbie Pleistoceniche di sottosuolo campionate nei sondaggi S1 e S2 ubicati all'interno del Foglio 202, e S4, S5, S8, S9 S10, S13 del Foglio 203. I 23 campioni analizzati, di cui la sottostante tabella 7 riporta le profondità di campionamento, sono stati tutti interpretati come appartenenti a facies di canale fluviale.

Le indagini petrografiche e tessiturali sono state condotte al fine di caratterizzare da un punto di vista composizionale e granulometrico i campioni in esame ed evidenziarne similitudini e differenze, possibilmente identificando il/i corso/i d'acqua responsabile/i del deposito, con particolare riferimento alla distinzione tra depositi ascrivibili ai fiumi di provenienza appenninica dai depositi ascrivibili al Po. Tale distinzione assume particolare rilevanza nella costruzione di un modello geologico-idrogeologico del sottosuolo padano. Questa differenziazione si basa sul confronto dei dati composizionali derivanti dalle analisi dei campioni di sottosuolo con i campioni contenuti in un *database* relativo alla composizione delle sabbie attuali del Po, dei suoi affluenti e degli altri maggiori fiumi che drenano la Pianura Padana.

TAB. 7 - *Elenco dei sondaggi con indicazione di località, facies e profondità di campionamento.*

<b>Sondaggio</b>	<b>Ubicazione</b>	<b>Ambiente di provenienza</b>	<b>Profondità Campionamento</b>
202 S1	Cento (FE)	Canale fluviale	54,2 m
		Canale fluviale	65,2 m
202 S2	Castello d'Argile (BO)	Canale fluviale	26,3 m
		Canale fluviale	109,2 m
		Canale fluviale	127,9 m
203 S4	Poggio Renatico (FE)	Canale fluviale	22,6 m
		Canale fluviale	32,1 m
203 S5	S. Giorgio di Piano (FE)	Canale fluviale	29,9 m
		Canale fluviale	37,5 m
203 S8	Ferrara	Canale fluviale	17,5 m
		Canale fluviale	30,5 m
203 S9	Poggio Renatico (FE)	Canale fluviale	17,5 m
		Canale fluviale	72,1 m
		Canale fluviale	86,5 m
		Canale distributore	118,9 m
		Canale fluviale	189,1 m
		Canale distributore	196,9 m
203 S10	Minerbio (BO)	Canale fluviale	17,5 m
		Canale fluviale	32,9 m
		Canale fluviale	109,9 m
203 S13	S. Agostino (BO)	Canale fluviale	26,1 m
		Canale fluviale	59,5 m
		Canale fluviale	66,5 m

Ad eccezione di 6 campioni relativamente superficiali (sondaggi 203-S4, S5 e S8) è stata inizialmente effettuata un'analisi granulometrica tramite setacciatura utilizzando vagli standard ad intervallo di 1 phi, nell'intervallo compreso tra -4 e +5 Ø. I parametri granulometrici fondamentali ottenuti da questa fase sono riportati in tabella 8 e nelle figure 24 e 25

La frazione compresa tra 1-2 Ø (0.5-0.25 mm), separata tramite setacciatura, è stata successivamente inglobata in resina e sezionata al fine di ottenere sezioni sottili petrografiche standard per permetterne l'analisi al microscopio ottico.

L'analisi petrografica è stata condotta tramite conteggio per punti utilizzando, secondo una prassi ormai consolidata, una scheda di conteggio strutturata secondo il metodo Gazzi-Dickinson, ma attraverso la quale è comunque possibile ricalcolare anche i parametri petrologici classificativi secondo il metodo tradizio-

nale (per una discussione sui metodi si veda DI GIULIO & VALLONI, 1992; CIBIN & DI GIULIO, 1996). Il conteggio è stato condotto fino ad ottenere, per la Frazione Principale dell'Ossatura, 250 punti per campione.

Particolare attenzione è stata posta nel dettagliare, assieme alla composizione principale, espressa dai parametri Quarzo, Feldspati, Litici+Carbonati Extrabacinali (diagramma QFL+CE), la frazione litica a tessitura fine dell'ossatura, espressa dai parametri Litici metamorfici, Litici vulcanici, Litici silicoclastici+carbonatici (diagramma LmLvLs+C), che combinate forniscono gli elementi chiave per discriminare sabbie con diverse sorgenti.

I dati composizionali così ottenuti sono mostrati in forma di tabella assieme ai parametri petrologici principali (tabb. 9a, 9b e 10); nelle figure 26 e 27 sono riportati, sotto forma di diagramma, i parametri petrologici chiave della Composizione Principale (fig. 26A-B) e della Composizione Litica dell'Ossatura (fig. 27A-B).

## 2. - ANALISI GRANULOMETRICHE

In tabella 8 sono riportati i parametri granulometrici principali (media e cernita), necessari per descrivere in modo sintetico i caratteri tessiturali dei campioni. Inoltre, i risultati delle analisi granulometriche sono espressi tramite curve di frequenza e curve cumulative (figg. 24 e 25).

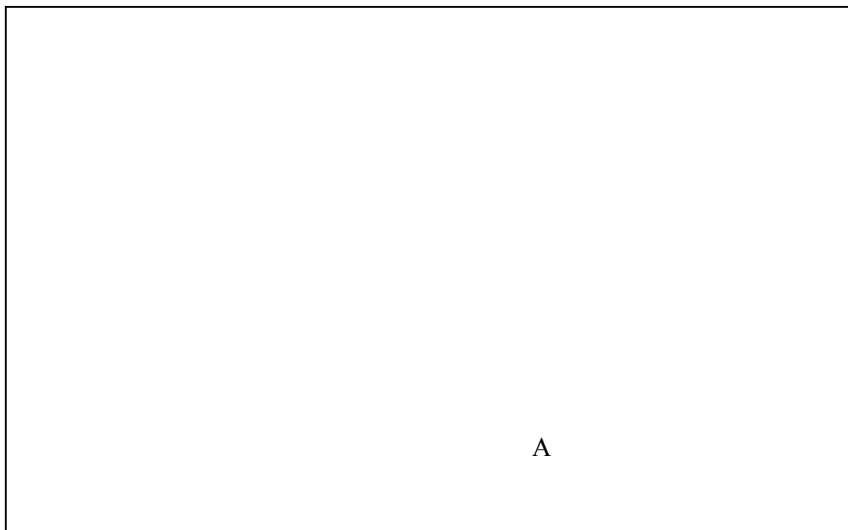
I parametri granulometrici presi in considerazione sono il diametro medio (o *Media*) delle particelle e il grado di selezionamento (*cernita*) espresso tramite il *trask index (T.I.)*.

I campioni mostrano un diametro medio compreso fra 0,1 e 0,38 mm (ovvero tra 3,32 e 1,4 Ø), mentre il loro grado di selezionamento va da medio a buono (T.I. da 1,85 a 1,2). I campioni con cernita più scarsa presentano in questo caso una piccola coda grossolana, ad esempio di ciò citiamo il campione 202 S1 65,2 m, ben visibile nei grafici delle curve di frequenza (figg. 24A e 25A). Nel complesso i campioni sono risultati essere tutti unimodali, la cui moda è quella di una sabbia media o al massimo fine.

Tab. 8 - Parametri granulometrici principali dei campioni analizzati. I valori di cernita (espressi con il trask index) indicano delle sabbie mediamente o ben cernite.

<b>Campione</b>	<b>Media (phi)</b>	<b>Media (mm)</b>	<b>Cernita (Trask Index)</b>	
202 S1 54,2 m	1,79	0,29	1,54	Mediamente cernite
202 S1 65,2 m	1,4	0,38	1,85	Mediamente cernite
202 S2 102,9 m	2,32	0,20	1,29	Ben cernite
202 S2 127,9 m	2	0,25	1,59	Mediamente cernite
202 S2 26,3 m	2	0,25	1,45	Mediamente cernite
203 S10 109,9 m	2,06	0,24	1,45	Mediamente cernite
203 S10 17,5 m	1,56	0,34	1,48	Mediamente cernite
203 S10 32,9 m	2,25	0,21	1,43	Mediamente cernite
203 S13 26,1 m	2	0,25	1,26	Ben cernite
203 S13 59,5 m	2,25	0,21	1,27	Ben cernite
203 S13 66,5 m	2,25	0,21	1,41	Mediamente cernite
203 S9 118,9 m	3,32	0,10	1,25	Ben cernite
203 S9 17,5 m	2,18	0,22	1,33	Ben cernite
203 S9 189,1 m	2,64	0,16	1,23	Ben cernite
203 S9 196,9 m	3,18	0,11	1,71	Mediamente cernite
203 S9 72,1 m	3,06	0,12	1,25	Ben cernite
203 S9 86,5 m	2,12	0,23	1,2	Ben cernite

A

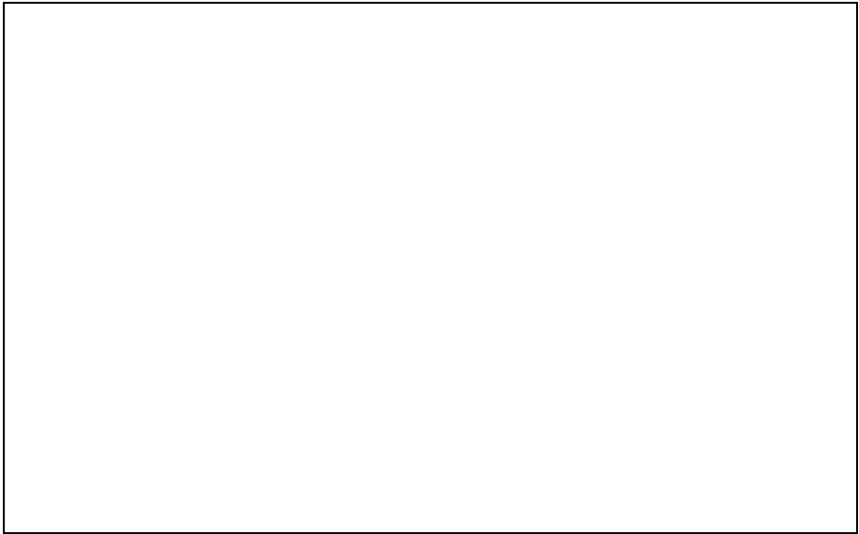


B



Fig. 24 - Curve di frequenza e Curve cumulative dei campioni del foglio 202.  
Campioni unimodali (sabbie medie), il 202 S1 65,2 m presenta una coda di materiale grossolano (8-16 mm di diametro).

A



B



Fig. 25 - Curve di frequenza e Curve cumulative dei campioni del foglio 203.  
Campioni unimodali (sabbie medie o fini), quasi tutti presentano una buona cernita

### 3. - ANALISI PETROGRAFICHE

Sulla base di dati di bibliografia di campioni di fiumi attuali (GARZANTI *et alii*, 1988; GAZZI *et alii*, 1973; CAVAZZA *et alii*, 1993), e del confronto con dati analitici di campioni di sottosuolo relativi a sondaggi su Fogli adiacenti a quello in esame, e con dati di superficie su campioni di sabbie dei fiumi attuali che drenano l'area adiacente al sondaggio, i principali indicatori petrografici che hanno portato all'identificazione della petrofacies sono:

- 1) la Composizione Principale dell'Ossatura (DI GIULIO & VALLONI, 1992);
- 2) la Composizione della Frazione Litica dell'Ossatura (DI GIULIO & VALLONI, 1992).

In queste note illustrative vengono riportati, nei diagrammi delle figure 26A-B e 27A-B, i dati sulle sabbie attuali del Fiume Po (GARZANTI *et alii*, 1988) e del Reno (GAZZI *et alii*, 1973), che scorre nelle vicinanze del sondaggio indagato.

Un'attribuzione qualitativa utile a distinguere tra depositi padani e appenninici può essere stimata dal rapporto tra grani litici metamorfici (Lm) e silicoclastici i+carbonatici (Ls+C). Come riportato nei diagrammi della figura 27, si può evidenziare un dominio padano quando la percentuale di Lm > 50%, mentre, quando i litici metamorfici sono subordinati rispetto a quelli silico-carbonatici (Lm < 50%) possiamo attribuire i campioni ad un dominio appenninico. La percentuale dei minerali accessori, ovvero dei minerali fillosilicatici (miche chiare o scure) e dei bioclasti (di origine vegetale), è significativa dell'attendibilità dei parametri pe-

TAB. 9a – Parametri petrologici principali espressi come valore percentuale sul totale della frazione d'ossatura e della frazione litica. **Q-F-L+C** (totale grani quarzosi; totale grani feldspatici; totale grani litici silicatici a tessitura fina più carbonatici); **Q-F-Rf** (componente monomineralica a tessitura grossolana dei grani quarzosi; componente monomineralica dei grani feldspatici; totale grani litici più quarzosi a tessitura fina e carbonatici); **Lm-Lv-Ls+C** (grani metamorfici a tessitura fina; grani vulcanici a tessitura fina; grani silicoclastici a tessitura fina più carbonatici); **Rcr-Rvo-Rse** (grani plutonici e metamorfici; grani vulcanici; grani sedimentari). %Acc (percentuale di minerali fillosilicatici e bioclasti rispetto al totale della roccia).

Foglio: 202		%	Metodo Gazzi-Dickinson						Metodo Tradizionale					
Sondaggio	Profondità Campioni (m)		Q-F-L+C			Lm-Lv-Ls+C			Q-F-Rf			Rcr-Rvo-Rse		
		Acc.	Q	F	L+C	Lm	Lv	Ls+C	Q	F	Rf	Rcr	Rvo	Rse
202 S1	202 S1 54,2m	2,7	35,5	22,3	42,2	6,6	1,9	91,5	24,5	14,6	60,9	32,5	1,9	65,6
	202 S1 65,2m	2,4	33,1	26,1	40,8	20	2	78	20,6	14,2	65,2	44,1	1,9	54
202 S2	202 S2 26,3m	2,7	31,7	22,1	46,2	9,6	2,6	87,8	18,5	12,4	69,1	35,5	2,9	61,6
	202 S2 102,9m	2,5	39	22,7	38,3	13,6	1,9	84,5	24,7	13,7	61,6	38,9	3	58,1
	202 S2 127,9m	1,6	38,7	21,4	39,9	6,1	0	93,9	25,8	13,7	60,5	34	0	66

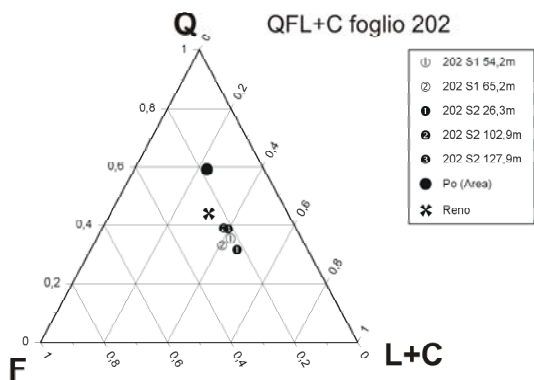
TAB. 9b - Parametri petrologici principali espressi come valore percentuale sul totale frazione d'ossatura e frazione litica. Il campione ritenuto non significativo (vedi testo) è stato rimosso dalla tabella. **Q-F-L+C** (totale grani quarzosi; totale grani feldspatici; totale grani litici silicatici a tessitura fina più carbonatici); **Q-F-Rf** (componente monomineralica a tessitura grossolana dei grani quarzosi; componente monomineralica dei grani feldspatici; totale grani litici più quarzosi a tessitura fina e carbonatici); **Lm-Lv-Ls+C** (grani metamorfici a tessitura fina; grani vulcanici a tessitura fina; grani silicoclastici a tessitura fina più carbonatici); **Rcr-Rvo-Rse** (grani plutonici e metamorfici; grani vulcanici; grani sedimentari). %Acc (percentuale di minerali fillosilicatici e bioclasti rispetto al totale della roccia).

Foglio: 203		% Acc.	Metodo Gazzi-Dickinson						Metodo Tradizionale					
Sondaggio	Profondità Campioni (m)		Q-F-L+C			Lm-Lv-Ls+C			Q-F-Rf			Rcr-Rvo-Rse		
			Q	F	L+C	Lm	Lv	Ls+C	Q	F	Rf	Rcr	Rvo	Rse
203 S13	203 S13 26,1m	1,1	41,4	20,3	38,3	8,8	1	90,2	24,5	14,6	60,9	32,5	1,9	65,6
	203 S13 59,5m	3	36,3	26,3	37,5	19,6	0	80,4	20,6	14,2	65,2	44,1	1,9	54
	203 S13 66,5m	4	54,9	17,3	27,9	67	9	24	18,5	12,4	69,1	35,5	2,9	61,6
203 S4	203 S4 22,6m	4	45,5	21,6	32,9	2,9	2,9	94,1	24,7	13,7	61,6	38,9	3	58,1
	203 S4 32,1m	4,6	50,3	9,6	40,1	3,4	0	96,6	25,8	13,7	60,5	34	0	66
203 S8	203 S8 17,5m	2,2	51,7	18,8	29,5	1,9	0	98,1	28,9	10,2	60,9	40,7	0,6	58,6
	203 S8 30,5m	3,4	44	21,5	34,5	0,9	0	99,1	22,7	12,7	64,6	47,6	0	52,4
203 S9	203 S9 17,5m	2	44,5	22,6	32,9	27,3	0	72,7	36,4	7,9	55,7	82,9	4,4	12,7
	203 S9 72,1m	10,4	44,2	29,1	26,6	45,3	1,9	52,8	38,3	15,4	46,3	25	2,1	72,9
	203 S9 86,5m	4,5	41,4	23,1	35,6	59	4,8	36,2	44,9	6,8	48,3	18,4	0	81,6
	203 S9 118,9m	3,5	31,1	25,9	43	24,1	0	75,9	43,5	15,3	41,2	16,4	0	83,6
	203 S9 189,1m	1,8	51,4	28,4	20,1	100	0	0	38	15,5	46,5	20,4	0	79,6
203 S5	203 S5 29,9m	1,5	54,5	14,8	30,8	5,7	4,9	89,4	27,9	16,9	55,2	69,4	0,9	29,7
	203 S5 37,5m	3	54,6	10	35,4	4,9	1	94,2	27,5	8,9	63,6	76	2,6	21,4
203 S10	203 S10 17,5m	0,9	40,7	32	27,3	14,8	0	85,2	18,7	17,9	63,5	45	0,6	54,4
	203 S10 32,9m	1,2	44,5	31,1	24,3	12	3	85	37,7	19,2	43,1	97,5	0,8	1,7
	203 S10 109,9m	0	43	20,8	36,2	2,7	0,9	96,4	15,9	5,7	78,4	50,7	21,7	27,5

trografici del campione in questione. Infatti un'alta percentuale di minerali accessori implica il fatto che i ricalcoli sugli altri granuli si basino un numero troppo esiguo di elementi per l'affidabilità dei risultati.

## Foglio 202

Se consideriamo i dati divisi per fogli, dal punto di vista composizionale i campioni sono risultati essere omogenei tra loro (vedi tab. 9a). Sulla base della composizione della frazione litica, per quanto detto sopra, la loro attribuzione risulta essere alla petrofacies appenninica (MARCHESINI *et alii*, 2000). Più in particolare, il fiume che maggiormente ha contribuito alla deposizione di tali sabbie è con grande probabilità il Reno.

**B**

## QFL+C foglio 203

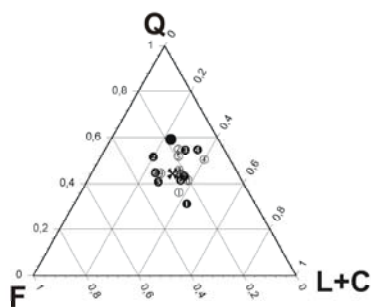


Fig. 26 - **A**) Diagramma della composizione principale dell'ossatura dei campioni del foglio 202. Già da questo diagramma è ben visibile come i campioni si possano associare più facilmente alla petrofacies appenninica, che non a quella padana. (GAZZI *et alii*, 1973) ;

**B**) Diagramma della composizione principale dell'ossatura dei campioni del foglio 203. In questo caso il solo diagramma dei costituenti principali dell'ossatura non è sufficiente a discriminare tra depositi padani e appenninici.

## Foglio 203

Eccezione fatta per 3 campioni (203 S13 66.5m, 203 S9 86.5m e 189.1m) assimilabili alla petrofacies Padana (MARCHESINI *et alii*, 2000), tutti gli altri campioni del foglio 203 presentano un contenuto in granuli litici silico-clastici in proporzione maggiore al 50% dell'intera frazione litica e dunque sono ascrivibili alla petrofacies appenninica e più precisamente il fiume più indiziato alla deposizione di questi campioni dovrebbero essere il Reno.

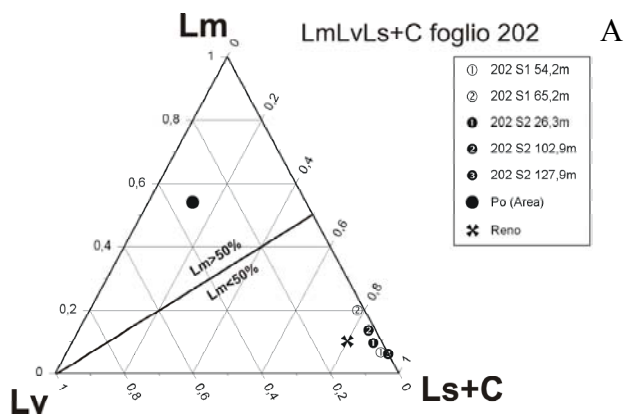
L'analisi della Composizione Principale dell'Ossatura ha evidenziato come il campione 203 S9 196,9 m presenti delle caratteristiche particolari per cui non è possibile attribuirne la provenienza. Nel campione in questione la quasi totalità di grani, nella frazione granulometrica compresa tra 0.25 e 0.5 mm, è costituita da minerali accessori (71,2% sul totale roccia), costituiti per la maggior parte da minerali fillosilicatici (miche bianche e miche scure) e bioclasti non carbonatici di origine vegetale. L'abbondanza di grani di tale natura nella frazione compresa tra 125-250 micron è, con tutta probabilità, da ricercarsi nei processi di selezione idraulica attivi negli ambiente di deposizione del campione (canale fluviale).

Menzione a parte meritano il campione 203 S9 189,1 m che presenta l'intera frazione litica di origine metamorfica e il 203 S9 72,1 m che presenta una composizione della frazione litica quasi intermedia rispetto alle petrofacies padana e appenninica. La percentuale di minerali accessori nel primo campione è bassissima, ovvero il campione ha una provenienza padana attendibile, ma il fatto che non vi siano granuli di diversa origine rimane comunque un fatto eccezionale, mentre nel secondo caso, l'anomala composizione può essere lievemente inficiata dal fatto che il campione possiede più del 10% di minerali accessori rispetto al totale della roccia. Nonostante qualche dubbio il campione dovrebbe essere ascrivibile alla petrofacies appenninica.

La figura 26 mostra i diagrammi della composizione principale dell'ossatura rispettivamente del foglio 202 e 203. Nella figura 26a le differenze dei campioni nel contenuto di quarzo, feldspati e frammenti litici evidenziano da subito l'accostamento dei campioni alla petrofacies appenninica, piuttosto che a quella padana. La figura 26b, invece, evidenzia una dispersione maggiore dei campioni attorno alle petrofacies di riferimento, e addirittura in qualche caso campioni che sembrerebbero avvicinarsi alla petrofacies padana sono poi risultati appartenere a quella appenninica e viceversa, a testimonianza della scarsa significatività della composizione principale d'ossatura rispetto alla comprensione della provenienza dei campioni.

La figura 27 inequivocabilmente stabilisce l'appartenenza di tutti i campioni ad una certa petrofacies di appartenenza. La linea tracciata ( $Lm/Ls+C=1$ ) delimita nella parte alta campioni di pertinenza padana e nella parte bassa campioni di pertinenza appenninica.

Nel foglio 202, come già visto, tutti i campioni sono ascrivibili alla petrofacies



LmLvLs+C foglio 203

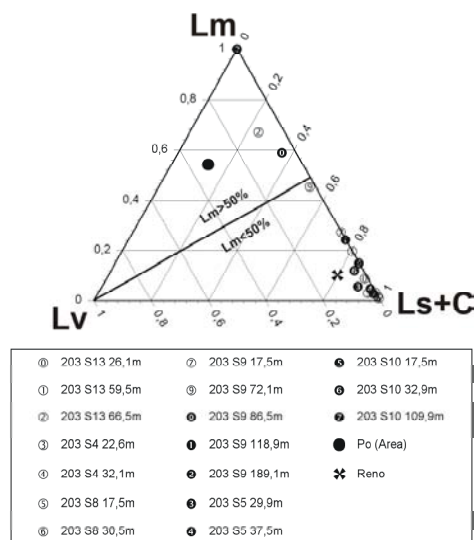
**B**

Fig. 27 - **A)** Diagramma della composizione della frazione litica dei campioni del foglio 202.

L'evidenza che i campioni provenissero tutti dal Reno era visibile anche nel diagramma della composizione principale, la stima delle percentuali dei costituenti la frazione litica conferma ed evidenzia il legame tra i campioni e il fiume appenninico (Reno);

**B)** Diagramma della composizione della frazione litica dei campioni del foglio 203. L'analisi della frazione litica evidenzia bene la diversa pertinenza dei campioni, ponendo vicino al polo dei frammenti litici silico-clastici i campioni appartenenti alla petrofacies appenninica (Reno), mentre i campioni di provenienza padana si trovano al di sopra della linea  $Lm/Ls+C=1$ .

appenninica e la loro composizione della frazione litica è assai simile a quella del fiume Reno. I campioni del foglio 203 hanno una diversa distribuzione: 3 di loro si distribuiscono al di sopra della linea che delimita la petrofacies padana da quella appenninica e sono dunque depositi del Po, i restanti dovrebbero essere stati tutti depositi dal Reno.

Un altro aspetto messo in luce dai diagrammi della figura 27 è il fatto che i valori dei frammenti silico-carbonatici sono mediamente più bassi rispetto a quelli del Po e del Reno attuale, ciò comporta conseguentemente valori più alti di

frammenti metamorfici. Una possibile spiegazione di tale scostamento tra i valori può essere dovuta agli effetti di alterazione/dissoluzione che agiscono con maggiore evidenza sui grani litici instabili, carbonatici in particolare, nei campioni di sottosuolo.

TAB. 10 - *Tabella riassuntiva dell'attribuzione della petrofacies e dei probabili fiumi che hanno concorso alla deposizione dei campioni analizzati. 3 soli campioni nei sondaggi 203 S9 (2) e 203 S13 (1) sono risultati provenire dal Po, mentre tutti gli altri dovrebbero appartenere con buona approssimazione a depositi del fiume Reno.*

<b>Sondaggio</b>	<b>Campioni</b>	<b>Ambiente di provenienza</b>	<b>Petrofacies di appartenenza</b>
202 S1	202 S1 54,2m	Canale fluviale	Appenninica
	202 S1 65,2m	Canale fluviale	Appenninica
202 S2	202 S2 26,3m	Canale fluviale	Appenninica
	202 S2 102,9m	Canale fluviale	Appenninica
	202 S2 127,9m	Canale fluviale	Appenninica
203 S4	203 S4 22,6m	Canale fluviale	Appenninica
	203 S4 32,1m	Canale fluviale	Appenninica
203 S5	203 S5 29,9m	Canale fluviale	Appenninica
	203 S5 37,5m	Canale fluviale	Appenninica
203 S8	203 S8 17,5m	Canale fluviale	Appenninica
	203 S8 30,5m	Canale fluviale	Appenninica
203 S9	203 S9 17,5m	Canale fluviale	Appenninica
	203 S9 72,1m	Canale fluviale	Appenninica/ Padana
	203 S9 86,5m	Canale fluviale	Padana
	203 S9 118,9m	Canale distributore	Appenninica
	203 S9 189,1m	Canale fluviale	Padana
203 S10	203 S10 17,5m	Canale distributore	Appenninica
	203 S10 32,9m	Canale fluviale	Appenninica
	203 S10 109,9m	Canale fluviale	Appenninica
203 S13	203 S13 26,1m	Canale fluviale	Appenninica
	203 S13 59,5m	Canale fluviale	Appenninica
	203 S13 66,5m	Canale fluviale	Padana

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indagini petrografiche e tessiturali relativamente ai carotaggi profondi 202-S1, 203-S13, S9 e S10, offrono la possibilità di caratterizzare i depositi di provenienza appenninica da quelli del Po all'interno della *cross-section* (figura 28) che mostra il modello geologico-idrogeologico del sottosuolo del foglio 203. In un quadro di notevole complessità, le sabbie sommitali di AES<sub>6</sub> (il principale acquifero nel sottosuolo del foglio insieme alle sabbie fluvio-deltizie presenti al tetto di AEI) mostrano le seguenti caratteristiche:

- la porzione basale delle sabbie fluviali di provenienza padana attraversate nel carotaggio 203-S9 e 203-S13, risultano confinate a nord della direttrice Molinella (foglio 204)-Altedo (foglio 203)-Corpo Reno (foglio 202);

- la porzione sommitale delle medesime sabbie risulta di provenienza appenninica (Fiume Reno) e in continuità fisica con le sabbie sottostanti di provenienza padana. Questo importante dato di connessione idraulica tra i due tipi di sabbie è inoltre confermato dai dati di <sup>18</sup>O ricavati dalle analisi dei campioni d'acqua prelevati nei sondaggi 203-S9 e 203-S10 i cui valori, che risultano compresi tra -9.83 e -9.99, indicano una influenza padana (vedi tab. 5).

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1991) - *Romanità della pianura*. Giornate di studio, S. Pietro in Casale - 7/8 Aprile 1990, Bologna 1991.
- AA.VV. (1993) - Malalbergo e la Pianura Bolognese: ritrovamenti archeologici di età romana, Malalbergo 4 Settembre/3 Ottobre 1993, Altedo 1993
- AA.VV. (2003) - *Atlante dei Beni Archeologici della Provincia di Modena*. Vol. I. Pianura, Firenze 2003.
- AGIP (1972) - *Acque dolci sotterranee*. Grafiche Palombi, Roma, 914 pp.
- AGIP (1994) - *Acque dolci sotterranee*. Graf 3, Roma, 515 pp.
- AMOROSI A., ASIOLI A., M. BONDESAN, CIBIN U., COLALONGO M.L., CORREGGIARI A., PASINI G., PRETI D., ROVERI M., SARTI G., SEVERI P., STEFANI M., TRINCARDI F., VAIANI S.C. & VINCENZI S. (2000) - *Dalle conoidi pedemontane al mare aperto: l'architettura stratigrafica tardo-quoternaria dell'Adriatico settentrionale e della pianura costiera emiliano-romagnola*. Atti del convegno: Le Pianure Conoscenza e salvaguardia, Ferrara 8-11 Novembre 1999, 191-194.
- AMOROSI A., CENTINEO M.C., COLALONGO M.L., CORREGGIARI A., PASINI G., SARTI G. & VAIANI S.C. (2003) - *Facies architecture and latest Pleistocene-Holocene depositional history of the Po delta (Comacchio Area), Italy*. Journal of Geology, **111**, 39-56.
- AMOROSI A., CENTINEO M.C., COLALONGO M.L. & FIORINI F. (2005) - *Millennial-scale depositional cycles from the Holocene of the Po Plain, Italy*. Marine Geology **222**-223: 7-18.
- AMOROSI A., COLALONGO M.L., CORREGGIARI A., FIORINI F., FUSCO F., PASINI G., VAIANI & SARTI G. (2004) - *Palaeogeographic and palaeoclimatic evolution of the Po Plain from 150-ky core records*. Global and Planetary Change **40**, 55-78.
- AMOROSI A., COLALONGO M.L., FUSCO F., PASINI G. & FIORINI F. (1999b) - *Glacio-eustatic control of continental-shallow marine cyclicity from Late Quaternary deposits of the south-eastern Po Plain (Northern Italy)*. Quaternary Research, **52**, 1-13.
- AMOROSI A., COLALONGO M.L., PASINI G. & PRETI D. (1999a) - *Sedimentary response to Late Quaternary sea-level changes in the Romagna coastal plain (northern Italy)*. Sedimentology, **46**, 99-121.
- AMOROSI A. & FARINA M. (1995) - *Large-scale architecture of a thrust-related alluvial complex from subsurface data: the Quaternary succession of the Po Basin in the Bologna area (northern Italy)*. Giornale di geologia, **57**, 3-16.
- AMOROSI A., FARINA M., SEVERI P., PRETI D., CAPORALE L. & DI DIO G. (1996) - *Genetically Related alluvial deposits across active fault zone: an example of alluvial fan-terrace correlation from the upper Quaternary of the southern Po Basin, Italy*. Sedimentary Geology, **102**, 275-295.
- AMOROSI A. & MARCHI N. (1999) - *High-resolution sequence stratigraphy from piezocone tests: an example from the Late Quaternary deposits of the SE Po Plain*. Sedimentary Geology, **128**, 69-83.
- BALISTA C., CARDARELLI A., STEFFÉ G., LABATE D. & MAZZONI C. (2003) - *Terramara di Gaggio - Castelfranco Emilia*, in Archeologia ad Alta Velocità in Emilia, Atti del Convegno di Parma (9 giugno 2003), testo pubblicato in internet.
- BLUM M.D. (1993) - *Genesis and architecture of incised valley fill sequences: a late Quaternary example from the Colorado River, Gulf Coastal Plain of Texas*. In: WEIMER P. & POSAMENTIER H.W. (eds.), Siliclastic sequence stratigraphy: recent developments and applications. Tulsa AAPG Memoir **58**, 259-283.
- BONDESAN M. (1986) - *Lineamenti di geomorfologia del basso ferrarese*. In: *La civiltà comacchiese e pomposiana dalle origini preistoriche al tardo medioevo*. Atti del Convegno nazionale di studi storici, Comacchio, 1984, 17-28.
- BOTTAZZI G. (1997) - *Ambiente ed insediamenti in area bolognese nell'età del bronzo*, in M. BERNABÒ BREA - A. CARDARELLI - M. CREMASCHI, *Le Terramare: la più antica civiltà padana*, Milano 1997, pp. 177-183.
- CALZOLARI M. (1989) - *Per una ricostruzione dell'antica idrografia modenese: ricerche per la datazione dei paleoalvei del Panaro*, in "Quaderni della Bassa Modenese" **16**, pp. 33-48;

- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:100.000, Foglio 76-Ferrara (1955) – Servizio Geologico Nazionale
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:100.000, Foglio 75-Mirandola (1956) – Servizio Geologico Nazionale
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:100.000, Foglio 88-Imola (1958) – Servizio Geologico Nazionale
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:100.000, Foglio 87-Bologna (1963) – Servizio Geologico Nazionale
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 223-Ravenna (2002) - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna .
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 219-Sassuolo (2005) – APAT-Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 240-241 Forlì-Cervia (2005) – APAT-Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 256-Rimini (2005) – APAT-Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 201-Modena (in stampa) – APAT-Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 202-S. Giovanni in Persiceto (in stampa) – APAT-Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 204-Portomaggiore (in stampa) – APAT-Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 220-Casalecchio di Reno (in stampa) – APAT-Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 221-Bologna (in stampa) – APAT-Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 222-Lugo (in stampa) – APAT-Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 239-Faenza (in stampa) – APAT-Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 255-Cesena (in stampa) – APAT-Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna.
- CASTALDINI D. (1989) - *Evoluzione della rete idrografica centropadana in epoca protostorica e storica*, in AA.VV., *Insedimenti e viabilità nell'Alto Ferrarese dall'età romana al Medioevo*, Ferrara, pp. 114-134;
- CASTALDINI D. (2001) - *Geomorfologia del territorio delle valli e dei dossi*, in *Le valli dei dossi e delle acque: geomorfologia, storia e archeologia, fauna e flora, itinerari*, a cura di M. CARLETTI, S. REBECCHI, P. CAMPAGNOLI, Mirandola, pp. 11-32.
- CASTALDINI D. & RAIMONDI S. (1985) – *Geomorfologia dell'area di pianura padana compresa fra Cento, Finale Emilia e S. Agostino*. Atti Soc. Nat. Mat. Di Modena, **116**, 147-176.
- CASTIGLIONI G.B., BONDESAN A., BONDESAN M., CAVALLIN A. & GASPERI G. (EDS.) (1998) - *Carta Geomorfologica della Pianura Padana*. S.EL.CA., Firenze.
- CASTIGLIONI G.B., BONDESAN M. & ELMI C. (1990) - *Geomorphological mapping of the Po Plain (Italy), with an example in the area of Ravenna*. Z. Geomorph. N. F., Suppl.-Bd. **80**, 35-44.
- CAVAZZA W., ZUFFA G.G., CAMPORESI C. & FERRETTI C. (1993) - *Sedimentary recycling in a temperate climate drainage basin (Senio River, north-central Italy): composition of source rock, soil profiles, and fluvial deposits*. GSA Bull., Special Paper **284**, 247-261.
- CIABATTI M. & VEGGIANI A. (1990) – *Caratteri ed evoluzione del litorale emiliano-romagnolo*. In: *Il Mondo della Natura in Emilia-Romagna: la Pianura e la Costa*. Federazione Casse Risparmio e Banche del Monte dell'Emilia-Romagna, Milano, 77-94.
- CIBIN U. & DI GIULIO A. (1996) - *Proposta di normativa per l'analisi della composizione delle areniti*

- al microscopio ottico nell'ambito della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000.* Boll. Serv. Geol. It., Roma, **CXV** (2001), 87-98.
- CNR (1990) – *Structural model of Italy and gravity map.* Quaderni della Ricerca Scientifica **144**, S.E.L.C.A., Firenze.
- CREMASCHI M., BERNABÒ BREA M., TIRABASSI J., D'AGOSTINI A., DALL'AGLIO P.L., MAGRI S., BARICCHI W., MARCHESINI A. & NEPOTI S. (1980) – *L'evoluzione della pianura emiliana durante l'età del Bronzo, l'età romana e l'alto medioevo: geomorfologia ed insediamenti.* “Padusa” – Bollettino del Centro Polesano di Studi Storici Archeologici ed Etnografici, Rovigo – 1980.
- CREMONINI S. (1992) - *Il problema argentano: verso la reintegrazione di un contesto territoriale tardoantico*, in GELICHI S. (a cura di), *Storia ed archeologia di una pieve medievale: San Giorgio di Argenta*, Firenze, pp. 235-248.
- CREMONINI S. (1993) - *Significativa paleoambientale ed importanza delle strutture insediative romane tra Malalbergo, Altedo e Bentivoglio*, in AA.VV. 1993, pp. 48-49.
- CREMONINI S. (2003) - *Maccaretolo, un pagus romano della pianura*, Bologna 2003.
- DI GIULIO A. & VALLONI R. (1992) - *Analisi microscopica delle Arenite Terrigene: parametri petrologici e composizioni modali.* Acta Ateneo Parmense, **28**, 3/4, 55-101, Parma.
- FAO (1967) - *Aerial photo interpretation in soil survey.* Soils Bulletin, **6**, 54 pp.
- FARABEGOLI E., ONOREVOLI G., RUFFINO C. & COSTANTINI B. (1997) – *Struttura del sottosuolo quaternario della Pianura Padana meridionale (Provincia di Ravenna – Italia).* 12 Tavv. Università degli Studi di Bologna – AGIP. S.E.L.C.A., Firenze.
- FIORINI F. (2004) - *Benthic foraminiferal associations from Upper Quaternary of south-eastern Po Plain, Italy.* Micropaleontology, **50**: 45-58.
- FIORINI F. & VAIANI S.C. (2001) - *Benthic foraminifers and transgressive-regressive cycles in the Late Quaternary subsurface sediments of the Po Plain near Ravenna (Northern Italy).* Bollettino della Società Paleontologica Italiana, **40**: 357-403.
- FUOCO M., PIZZOLI P. & SOLA S. (1999) - *Evoluzione paleoidrografica della pianura compresa tra Samoggia e Reno*, in Tra Reno e Samoggia: soluzioni per due fiumi, San Giovanni in Persiceto.
- GALLOWAY W.E. (1989) – *Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I. architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units.* AAPG Bulletin, **73**, 125-142
- GARZANTI E., SCUTELLÀ M. & VIDIMARI C. (1988) - *Provenance from ophiolites and oceanic allochthons: modern beach and river sands from Liguria and the Northern Apennines (Italy).* Ofioliti, **23** (2), 65-82.
- GASPERI G., CREMASCHI M., MANTOVANI UGUZZONI M. P., CARDARELLI A., CATTANI M. & LABATE D. (1987) - *Evoluzione plio-quaternaria del margine appenninico modenese e dell'antistante pianura. Note illustrative alla carta geologica.* Mem. Soc. Geol. It., **39**, 375-431.
- GAZZI P., ZUFFA G.G., GANDOLFI G. & PAGANELLI L. (1973) - *Provenienza e Dispersione Litoranea delle Sabbie delle Spiagge Adriatiche fra le Foci dell'Isonzo e del Foglia. Inquadramento Regionale.* Mem. Soc. Geol. It., **12**, 1-37.
- MARCHESINI L., AMOROSI A., CIBIN U., ZUFFA G.G., SPADAFORA E. & PRETI D. (2000) - *Sand composition and sedimentary evolution of a Late Quaternary depositional sequence, Northwestern Adriatic coast, Italy.* Journal of Sedimentary Research, **70**, 4, 829-838.
- MARTINSON D.G., PISIAS N.G., HAYES J.D., IMBRIE J., MOORE T.C. & SHACKLETON N.J. (1987) - *Age dating and the orbital theory of the ice ages-development of a high-resolution 0 to 300.000 year chronostratigraphy.* Quat. Res., **27**, 1-29.
- MAZZERI C. (2004) (a cura di) - *L'Atlante Storico Ambientale Urbano di Modena.* Modena 2004.
- MINOZZI MARZOCCHI M. (1991) - *Carta archeologica preliminare della media Bassa bolognese*, in AA.VV. Romanità della pianura, Bologna 1991, pp. 115-145.
- MONTEVECCHI G. & NOVARA P. (2000) – *In agro decimano: per un catalogo del patrimonio storico archeologico del territorio a sud di Ravenna.* Comune di Ravenna, Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia-Romagna. Danilo Montanari Editore, 222 pp.
- MUTTI E., DAVOLI G., MORA S. & SGAVETTI M. (1994) – *Conceptual stratigraphic framework.* In: E.

- MUTTI, G. DAVOLI, S. MORA & M. SGAVETTI, eds., The Eastern Sector of the South-Central Folded Pyrenean Foreland: Criteria for Stratigraphic Analysis and Excursion Notes. Second High-Resolution Sequence Stratigraphy Conference, 20-26 June 1994, Tremp, Spain, 1-16.
- NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE (1983) - *North American Stratigraphic Code*. AAPG Bulletin, **67**, 841-875.
- ORTALLI J. (1991) - *Il sarcofago romano da Maccaretolo (S. Pietro in Casale, Bologna)*, in AA.VV. Romanità della pianura, Bologna 1991, pp. 147-173.
- ORTALLI J. (1994) - *Il territorio Bolognese. Assetto insediativo e fondiario della campagna emiliana fra prima e tarda romanità*, in AA.VV., Il tesoro nel pozzo, Modena 1994, pp. 169-214.
- ORTALLI J. (1995) - *Bonifiche e regolamentazioni idriche nella pianura emiliana tra l'età del ferro e la tarda antichità*. Atlante tematico di topografia antica, **4**, l'Erma di Bretschneider Ed.
- PELLEGRINI S. (1995) - *La via Emilia da Bononia a Placentia: ricostruzione del tracciato di età romana*, in «Atlante Tematico di Topografia Antica», Suppl. **1**, pp. 141-168.
- PETTIT J. R., JOUZEL J., RAYNAUD D., BARKOV N. I., BARNOLA J. M., BASILE I., BENDER M., CHAPPELLAZ J., DAVIS M., DELAYGUE G., DELMOTTE M., KOTLYAKOV V. M., LEGRAND M., LIPENKOV V. Y., LORUS C., PEPIN L., RITZ C., SALTZMAN E., STIEVANARD M. (1999) - *Climate and atmospheric history of the past 420000 years from the Vostok ice core, Antarctica*. Nature, **399**, 429-436.
- PIERI M. & GROPPI G. (1981) - *Subsurface geological structure of the Po Plain (Italy)*. C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica, Pubbl. n°**414**, 1-13.
- POAG C.W. & WARD L.W. (1993) - *Allostratigraphy of the U.S. Middle Atlantic Continental Margin - Characteristics, distribution, and depositional history of principal unconformity-bounded Upper Cretaceous and Cenozoic sedimentary units*. U.S. Geological Survey Professional Paper, **1542**, pp. 81.
- POSAMENTIER H.W., JERVEY M.T. & VAIL P.R. (1988) - *Eustatic controls on clastic deposition I: Conceptual framework*. In: Sea Level Changes: An Integrated Approach (Ed. by C.K. WILGUS, B.S. HASTINGS, C.G.St.C. KENDALL, H.W. POSAMENTIER, C.A. ROSS & J.C. VAN WAGONER), Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner., **42**, 109-124.
- PRETI D. & GUERMANDI M. (1991) - *Esempio di applicazione delle "Unità Allostratigrafiche"*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, **46**, 551-553.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA (1994) - *I suoli dell'Emilia-Romagna, note illustrative*. pp.383. BOLOGNA
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA (1999) - *Carta Geologica di pianura dell'Emilia-Romagna in scala 1:250.000*. S.EL.CA., Firenze.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA & CNR (2002) - *Carta geologico-strutturale dell'Appennino emiliano-romagnolo, scala 1:250000*. S.EL.CA., Firenze.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA & CNR (2003) - *Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna, scala 1:250.000*. S.EL.CA., Firenze.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) - *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. S.EL.CA., Firenze.
- RICCI LUCCHI F., COLALONGO M.L., CREMONINI G., GASPERI G.F., IACCARINO S., PAPANI G., RAFFI S. & RIO D. (1982) - *Evoluzione sedimentaria e paleogeografica nel margine appenninico*. In: Guida alla geologia del margine appenninico padano (a cura di G. CREMONINI & F. RICCI LUCCHI). Guide Geologiche Regionali S.G.I, Bologna, 17-46.
- SALVADOR A. (1994) - *International stratigraphic guide, second edition* - International Subcommission on Stratigraphic Classification of IUGS International Commission on Stratigraphy. IUGS and GSA, pp. 214.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1992) - *Cartografia geologica del Quaternario continentale*. In: Carta Geologica d'Italia - 1:50.000. Guida al rilevamento, Quaderni SGN, Serie III, **1**, 67-86.
- UGGERI G. (1987) - *Le origini del popolamento*, in AA.VV., Storia di Cento. Dalle origini alla fine del XV secolo, Cento 1987, pp. 37-204.
- VAIL P.R. (1987) - *Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part 1: seismic*

*stratigraphy interpretation procedure*. In: Atlas of Seismic Stratigraphy, Vol. **1** (Ed. by A. W. BAL-  
LY). AAPG Stud. Geol., **27**, 1-10.

VEGGIANI A. (1974) - *Le variazioni idrografiche del basso corso del fiume Po negli ultimi 3000 anni*.  
Padusa, **1-2**, Rovigo, 39-60.

VEGGIANI A. (1982) - *La piccola età glaciale e gli impaludamenti tra Conselice e Alfonsine*. Studi  
Romagnoli, **33**, 1-18.

VEGGIANI A. (1987) - *Stratigrafie archeologiche e abbassamento del suolo nella pianura emiliano-  
romagnola*. Studi Romagnoli, **38**, 331-352.