



APAT

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 240-241

FORLÌ-CERVIA

a cura di

Pianura: **U. Cibin¹, P. Severi¹**

Mare Adriatico: **A. Correggiari², M. Roveri²**

con i contributi di

M.L. Colalongo³, F. Fiorini³, F. Fusco³, G. Pasini²

¹ Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna

² Istituto di Geologia Marina, CNR di Bologna

³ 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:
L. Serva

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

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

Comitato Geologico Nazionale (D.P.C.M. 23-3-1999 e 9-12-1999):
N. Accardi (presidente), **G. Arnone**, **A. Boscherini**, **S. Cocco**, **V. Coccolo**,
U. Crescenti, **L. Del Sordo**, **M. Grasso**, **P. Manetti**, **G. Mariotti**, **G. Pasquarè**,
R. Pignone, **R. Polino**, **A. Praturlon**, **M. Santantonio**, **F. Trincardi**

Si ringraziano i componenti del precedente Comitato Geologico Nazionale per il loro contributo scientifico.

PER IL DIPARTIMENTO DIFESA DEL SUOLO - SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA:

Revisione scientifica:

C. D'Ambrogi, **M. D'Orefice**, **N.A. Pantaleone**, **M. Rossi**

Coordinamento cartografico:

D. Tacchia (coordinatore), **V. Pannuti**

Revisione informatizzazione dei dati geologici:

D. Delogu, **M.C. Giovagnoli**, **R. Ventura**, **F. Visicchio**

Coordinamento editoriale e allestimento per la stampa:

V. Pannuti, **D. Tacchia**

PER LA REGIONE EMILIA-ROMAGNA:

Coordinamento editoriale e allestimento cartografico:

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

Coordinamento informatizzazione dei dati geologici:

M. Grandi, **A. Martini** (direzione lavori), **I. Pellegrino** (collaudo)

Informatizzazione e allestimento cartografico per la stampa dalla Banca Dati
a cura della **S.EL.CA. s.r.l.**

Gestione tecnico-amministrativa del Progetto CARG:

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

G. Falanga, **S. Stagni** (Regione Emilia-Romagna)

Stampa: **S.EL.CA. s.r.l.**, Firenze - 2005

INDICE

I	- INTRODUZIONE	pag.	5
II	- INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	»	7
1.	- GEOMORFOLOGIA	»	7
2.	- GEOLOGIA DI SOTTOSUOLO	»	8
III	- STUDI PRECEDENTI	»	11
IV	- METODI DI INDAGINE	»	15
1.	- METODI DI STUDIO DELLE AREE A TERRA	»	15
1.1.	- CARTOGRAFIA DI SUPERFICIE	»	15
1.2.	- CARTOGRAFIA DI SOTTOSUOLO	»	19
1.2.1.	- <i>Realizzazione della Banca Dati Geognostici</i>	»	19
1.2.2.	- <i>Elaborazione di uno schema geologico preliminare</i>	»	21
1.2.3.	- <i>Esecuzione di nuove indagini di sottosuolo</i>	»	21
2.	- METODI DI STUDIO DELLE AREE A MARE	»	23
V	- STRATIGRAFIA	»	27
1.	- SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	»	29
1.1.	- SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	»	33
1.2.	- SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	»	36
1.2.1.	- <i>Subsintema di Bazzano</i>	»	40
1.2.2.	- <i>Subsintema di Villa Verucchio</i>	»	41
1.2.3.	- <i>Subsintema di Ravenna</i>	»	46
VI	- SISTEMI DEPOSIZIONALI E LITOLOGIE	»	55
1.	- DEPOSITI ALLUVIONALI	»	55
1.1.	- CONOIDE E PIANA ALLUVIONALE	»	55
1.1.1.	- <i>Ghiaie di riempimento di canale fluviale</i>	»	55
1.1.2.	- <i>Sabbie di riempimento di canale e di rotta fluviale</i>	»	56
1.1.3.	- <i>Alternanze di sabbie e limi di argine, canale e rotta fluviale</i> ..	»	57
1.1.4.	- <i>Argille e limi di piana inondabile</i>	»	57

1.1.5. - <i>Alternanze di sabbie, limi ed argille di tracimazione fluviale indifferenziata</i>	»	57
1.1.6. - <i>Argille e limi con sostanza organica palustri</i>	»	59
2. - DEPOSITI DELTIZI, LITORALI E MARINI	»	60
2.1. - FRONTE DELTIZIA E PIANA DI SABBIA	»	60
2.1.1. - <i>Sabbie di cordone litorale</i>	»	60
2.1.2. - <i>Ghiaie di cordone litorale</i>	»	62
2.1.3. - <i>Argille e limi con sostanza organica di palude-laguna</i>	»	62
2.2. - PRODELTA E TRANSIZIONE ALLA PIATTAFORMA	»	63
VII - CARTOGRAFIA	»	65
1. - CARTOGRAFIA GEOLOGICA DELLA PIANURA DEL MARE ADRIATICO DEI FOGLI 240 E 241	»	65
1.1. - CARTA GEOLOGICA	»	66
1.2. - FOGLIO ALLEGATO ALLA CARTA GEOLOGICA - GEOLOGIA DI SOTTOSUOLO	»	68
VIII - CENNI DI IDROGEOLOGIA	»	73
APPENDICE 1 STRATIGRAFIA DEI SONDAGGI	»	77
APPENDICE 2 MICROPALÉONTOLOGIA	»	89
APPENDICE 3 PALINOLOGIA	»	95
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	»	100

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia ENI - Divisione AGIP per la consultazione dei dati di sottosuolo che hanno consentito lo studio, a scala regionale, dell'architettura dei depositi quaternari di sottosuolo ed hanno contribuito alla costruzione delle sezioni geologiche riportate nel Foglio allegato. Si ringraziano anche ANAS S.p.A. ed il Comune di Forlì per aver messo a disposizione le carote di diversi sondaggi per lo studio diretto e la loro campionatura. Si ringrazia inoltre A. Antoniazzi, P. Mazzavillani e G. Montevocchi per i chiarimenti e le utili discussioni sui dati archeologici.

Si ringraziano tutti gli Enti pubblici, Privati e liberi professionisti che hanno fornito i dati raccolti nella banca dati geognostici dei Fogli 240 e 241. In particolare, dato il cospicuo numero di dati forniti, si ricordano:

Il Servizio Provinciale Difesa del Suolo di Forlì, il Servizio Provinciale Difesa del Suolo di Ravenna, la Provincia di Forlì, la Provincia di Ravenna, i Comuni di Cervia, Cesena, Forlì, Ravenna e Russi, il Canale Emiliano-Romagnolo, le FFSS, la Società Autostrade, A. Angeli (Cesena), C. Fabbri (Forlì), G. Frassinetti (Predappio, Fo) e P. Mingolini (Ravenna).

I - INTRODUZIONE

Il rilevamento geologico dei Fogli 240 e 241 è stato condotto attraverso l'analisi integrata di dati di superficie, di sottosuolo e dell'area a mare. L'obiettivo di questo studio è stato quello di fornire una rappresentazione tridimensionale dei depositi della pianura tramite la carta geologica di superficie (Carta Geologica *sensu stricto*), la carta di sottosuolo e numerose sezioni geologiche realizzate con diversi gradi di dettaglio (Foglio Allegato alla Carta Geologica - Geologia di Sottosuolo). Nell'ambito della Carta Geologica d'Italia 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 del sottosuolo della pianura: la banca dati geognostici, realizzata dal Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna. Oltre all'analisi dei dati stratigrafici contenuti nella banca dati sono stati eseguiti sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche e trivellate manuali.

PROGETTO
CARG

II - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

1. - GEOMORFOLOGIA

I Fogli 240 e 241 (Fig. 1) si estendono dalle città di Forlì e Russi (rispettivamente a SO e NO del Foglio 240) fino al tratto di costa del Mare Adriatico compreso fra Cesenatico ed il Lido di Dante (Ravenna).

Tutta l'area in esame è occupata dai depositi tardo-quadernari della Pianura Padana mentre i depositi pedecollinari del margine appenninico affiorano poco più a sud, nell'area di interesse del Foglio 255 Cesena. Le quote topografiche più elevate sono intorno a 45-50 m s.l.m. e si hanno nell'angolo di SO, presso Forlì. Il piano topografico scende progressivamente verso NE fino a raggiungere il livello del mare nella zona costiera. L'unica area topograficamente depressa al di sotto del livello del mare ha un'estensione relativamente limitata ed è presente nella pianura costiera a ridosso di Fosso Ghiaia (Valle Stadiana). Anche a SO di Cervia è presente un'area relativamente depressa, sebbene non raggiunga quote inferiori al livello del mare, che è occupata da un'ampia salina (le saline di Cervia).

Nell'area in esame è presente un fitto reticolo di corsi d'acqua. I fiumi principali, che scorrono da SO verso NE, seguendo il gradiente topografico regionale, sono (da O verso E) il F. Lamone, presente solo marginalmente nello spigolo di NO, il F. Montone (compresa la sua confluenza con il F. Rabbi, presente nello spigolo SO presso Forlì), il F. Ronco ed il F. Savio. I fiumi Montone e Ronco confluiscono insieme immediatamente a sud di Ravenna e formano i Fiumi Uniti. Il bacino idrografico complessivo del settore montano dei fiumi Montone-Rabbi è di c.a. 470 km², quello del Ronco è di c.a. 500 km² e quello del F. Savio è di c.a. 630 km². Nel settore di SO i Fiumi Montone, Rabbi e Ronco sono incisi nei depositi della pianura, lungo scarpate di terrazzo di pochi metri. Nell'area restante i fiumi sono confinati tramite argini, in gran parte artificiali, che diventano particolarmente elevati nel settore della bassa pianura nord orientale.

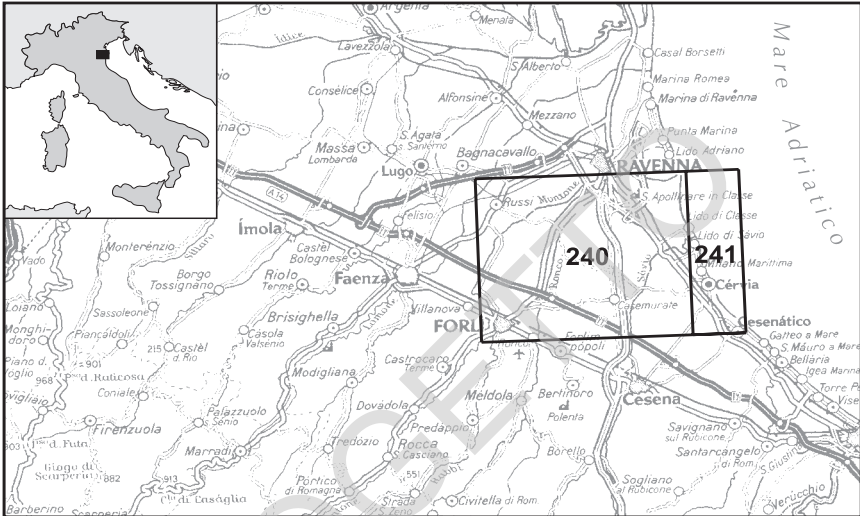


Fig. 1 - Ubicazione dei Fogli 240 - Forlì e 241 - Cervia. Base cartografica tratta dalla carta del Touring Club Italiano.

I corsi d'acqua secondari sono dati da una fitta rete di torrenti, fossi, scoli e canali di bonifica che drenano, in gran parte, la bassa pianura nord orientale.

Il settore orientale del Foglio 240 e l'intera porzione emersa del Foglio 241 sono occupati dalla pianura costiera, che si assottiglia progressivamente verso SE e si caratterizza per la presenza di estesi cordoni dunari, localmente solcati dai corsi d'acqua che raggiungono il Mare Adriatico. Sia i Fiumi Uniti che il F. Savio hanno la loro foce in questo settore del litorale adriatico.

L'area marina, è caratterizzata da una fascia interna sabbiosa, corrispondente alla spiaggia sommersa, che si estende fino all'isobata -6 m e da una esterna con fondale a basso gradiente e prevalentemente fangoso.

2. - GEOLOGIA DI SOTTOSUOLO

L'assetto strutturale dei depositi plio-pleistocenici della pianura dei Fogli 240 e 241, desumibile dai lavori a scala regionale di PIERI & GROPPI (1981) e CNR (1990), è dato da una serie di pieghe e *thrust* ad andamento parallelo con orientazione NO-SE (pieghe romagnole). Questo assetto determina la presenza di un importante alto strutturale dato da una fascia di anticlinali e fronti di *thrust* allineati fra Cesena e Cotignola, che portano la base del Pliocene a quote inferiori ai 1000-1500 m. A SO di questa struttura è presente una stretta area di basso strutturale fra Forlì e Faenza dove la base del Pliocene supera i 5000 m mentre vi è un importante settore depocentrale a NE, compreso fra la foce del F. Savio e

l'area fra Ravenna e Russi, in cui la base del Pliocene supera i 9000 m.

L'assetto strutturale dei depositi quaternari riflette in parte l'andamento delle strutture che interessano la base del Pliocene sopra descritte. Esso è illustrato nella sezione 6 di REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) che parte dal margine appenninico a ridosso di Forlì e prosegue fino a Ravenna. Da questo lavoro è possibile apprezzare il significativo controllo strutturale sulle geometrie dei depositi quaternari. In particolare si segnala: 1) la marcata espansione stratigrafica dei depositi pleistocenici medio superiori dal margine appenninico verso la pianura aperta con spessori che variano da 0 a c.a. 600 m; 2) la segmentazione di questo settore del bacino padano in due aree depocentrali presenti una a NO fra gli alti strutturali di Ravenna e Forlì e l'altra fra l'alto di Forlì ed il margine appenninico (quest'ultima è stata ulteriormente enfatizzata nell'interpretazione di sottosuolo presentata in questa edizione della Carta Geologica).

PROGETTO
CARG

III - STUDI PRECEDENTI

Nella II edizione della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:100.000, il foglio 100-Forlì (1968) ed il foglio 101-Rimini (1967) con le relative note illustrative (LIPPARINI, 1969) descrivono i depositi continentali quaternari in modo sintetico con alcune sommarie indicazioni riguardanti l'ambiente deposizionale, la posizione geomorfologica e l'età (alluvioni di fondovalle oloceniche, terrazzi pleistocenici medio-sup., ecc.); nei depositi della bassa pianura sono fatte anche alcune distinzioni litologiche sulla base della prevalenza di sabbie ed argille. Nelle sezioni geologiche riportate nei fogli i depositi quaternari continentali sono indistinti.

Oltre alla cartografia geologica ufficiale sono disponibili alcune carte geologiche dell'area in esame di tipo tematico, fra cui si segnalano le seguenti: ELMI *et alii* (1987) ed ELMI & NESCI (1991) presentano una cartografia geomorfologica del margine appenninico e dell'alta pianura romagnola dove sono illustrati alcuni aspetti morfologici relativi ai terrazzi fluviali, alle conoidi alluvionali, ai rilievi deposizionali ed alle depressioni della pianura. Per una sintesi delle conoscenze geomorfologiche relative all'intera Pianura Padana si veda la CARTA GEOMORFOLOGICA DELLA PIANURA PADANA in scala 1:250.000 (1997).

PAREA (1991) fornisce un primo esempio di approccio stratigrafico-sequenziale ai depositi quaternari affioranti di questo settore della pianura. L'Autore inquadra i principali terrazzi intravallivi ed i depositi della pianura alluvionale nell'area fra il F. Rabbi ed il F. Marecchia all'interno di 4 sequenze deposizionali che si sarebbero sviluppate durante gli ultimi cicli glacio-eustatici tardo Quaternari. Di tali cicli viene proposta una carta di superficie a scala 1:50.000 (PAREA, 1991 Tav. 1) contenente anche alcune distinzioni nei sedimenti alluvionali in termini di ambiente deposizionale.

FARABEGOLI & ONOREVOLI (1989) e FARABEGOLI *et alii* (1997) 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 ed isopache. In questi lavori viene anche presentato un tentativo di correlazione fra i cicli di sottosuolo ed i depositi terrazzati affioranti, classificati sulla base della loro giacitura, tipo di alterazione superficiale ed età archeologica.

Una gran parte delle conoscenze acquisite sui depositi fluviali della pianura forlivese, cesenate e ravennate si deve ad ANTONIO VEGGIANI, il quale ha incentrato i propri studi sull'integrazione dei dati storici, archeologici e geomorfologici per comprendere l'evoluzione storico-geologica del paesaggio di questo settore della Pianura Padana. Fra i suoi numerosissimi lavori si ricordano quelli incentrati sui paleopercorsi dei fiumi e torrenti romagnoli in epoca storica (es. VEGGIANI, 1984a) e le sintesi delle conoscenze relative alle relazioni fra eventi climatici, storici ed evoluzione del paesaggio nella Pianura Padana sud orientale (VEGGIANI, 1982, 1984b, 1986, 1987, 1990 e 1994).

I più importanti studi sull'evoluzione geomorfologica dei depositi della pianura costiera romagnola, con particolare riguardo al delta padano, a nord dell'area di studio, si devono a CIABATTI (1966, 1990), BONDESAN (1986), CASTIGLIONI *et alii* (1990) e la sintesi di CIABATTI & VEGGIANI (1990). In questi lavori viene descritta la distribuzione in pianta dei cordoni litorali affioranti e la cronologia, su basi storiche ed archeologiche, delle principali fasi della progradazione olocenica del litorale. Per quanto concerne la stratigrafia di sottosuolo di questi depositi nel settore nord orientale del Foglio 240, ricostruita sulla base delle stratigrafie di carotaggi geotecnici, BRUNETTI *et alii* (1998) indaga l'intervallo più superficiale tardo-olocenico (inferiore a 6 metri dal piano campagna), mentre VEGGIANI (1973) e soprattutto RIZZINI (1974), analizzando carotaggi più profondi, individuano la presenza di un ciclo trasgressivo-regressivo di età olocenica, di circa 18-30 metri di spessore, sovrastante depositi continentali pleistocenici.

I principali lavori sui depositi tardoquaternari dell'area nord-adriatica sono quelli di TRINCARDI *et alii* (1994) e CORREGGIARI *et alii* (1996a,b), oltre al Foglio Sperimentale Ravenna della Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:250.000 (FABBRI *et alii*, in stampa). Ad essi si deve l'inquadramento stratigrafico-sequenziale dei sedimenti quaternari nelle aree a mare e, in particolare, la dettagliata descrizione delle superfici di discontinuità entro la sequenza deposizionale tardo-quaternaria e dell'architettura deposizionale del sistema trasgressivo nell'area adriatica.

Si segnalano inoltre GAMBÌ (1948) ed i diversi lavori raccolti in MONTEVECCHI & NOVARA (2000) per quanto concerne la distribuzione dei ritrovamenti archeologici e le notizie storiche relative alla frequentazione dell'uomo del territorio compreso nei Fogli 240 e 241 in epoca storica. Questi costituiscono un importante fonte di informazioni per la datazione dei depositi alluvionali affioranti e del primo sottosuolo (si veda il Cap. IV).

Nella presente stesura dei Fogli 240 e 241 e delle note illustrative ci si è ampiamente basati su alcuni lavori di stratigrafia e cartografia dei depositi alluvionali quaternari (sia di superficie che di sottosuolo) che non riguardano specificamente questo settore della pianura emiliano-romagnola ma che costitui-

scono un riferimento stratigrafico essenziale per l'inquadramento regionale dei depositi alluvionali padani. Primo fra tutti il lavoro di RICCI LUCCHI *et alii* (1982) che fornisce un inquadramento stratigrafico di tipo sequenziale della successione quaternaria affiorante al margine appenninico suddividendola in due cicli sedimentari principali: uno marino (Qm) e uno continentale (Qc) (Fig. 2). A partire da questo lavoro REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) propongono uno schema stratigrafico regionale dei depositi quaternari di sottosuolo per tutto il Pleistocene-Olocene, largamente basato su dati di stratigrafia sismica e perforazioni petrolifere. In questo studio i principali cicli sedimentari Qm e Qc (definiti rispettivamente Supersistema del Quaternario Marino e Supersistema Emiliano-Romagnolo) vengono ulteriormente suddivisi in sequenze deposizionali di rango gerarchico inferiore che, all'interno del Supersistema Emiliano-Romagnolo, hanno una durata di c.a 100.000 anni ciascuna e rappresentano l'unità base, a scala regionale, in cui si organizzano i depositi di riempimento della Pianura Padana (Fig. 2).

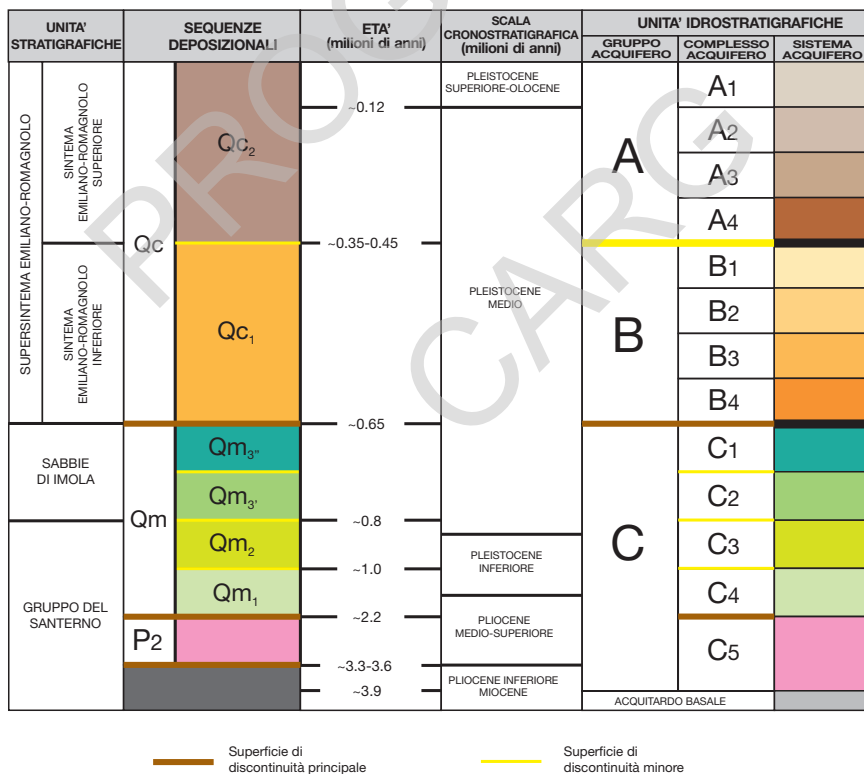


Fig. 2 - Schema stratigrafico dei depositi plio-quaternari del bacino padano, con indicazione delle principali unità stratigrafiche, sequenze deposizionali ed unità idrostratigrafiche (modificato da REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).

Si ricordano inoltre SARTI *et alii* (1997) per ciò che riguarda la stratigrafia delle successioni terrazzate dei fiumi romagnoli; AMOROSI & FARINA (1995) e AMOROSI *et alii* (1996) per lo studio dei cicli deposizionali pluridecametrici nel sottosuolo della pianura bolognese e per le ipotesi di correlazioni fra questi ed i depositi terrazzati affioranti ed AMOROSI *et alii* (1999a) per l'evoluzione tardo-pleistocenica ed olocenica della pianura costiera romagnola. Si ricordano anche diversi fogli geologici della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 in corso di completamento e di stampa (fogli 180, 199, 219, 220, 238 e 255) come esempi di cartografia geologica di superficie e sottosuolo di aree pedeappenniniche. Fra questi si segnala, con particolare riguardo, il Foglio 255 Cesena in cui affiorano, presso il settore intravallivo e pedecollinare, i depositi tardo-pleistocenici presenti nel sottosuolo dei Fogli 240 e 241 e ampiamente descritti nelle presenti note.

In chiusura di questa breve rassegna bibliografica si vogliono ricordare tre recenti prodotti di cartografia delle aree di pianura: la Carta Geologica di pianura dell'Emilia-Romagna in scala 1:250.000 (1999), la Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Foglio 223-Ravenna (2002) e la Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Foglio 256-Rimini (in stampa). La prima di queste carte descrive e rappresenta, in modo riassuntivo, i depositi alluvionali, deltizi e costieri della pianura emiliano-romagnola sulla base sia dei caratteri litologici e degli ambienti deposizionali, sia dei caratteri pedostratigrafici. La stratigrafia dei depositi affioranti tardo pleistocenici ed olocenici proposta nei Fogli 240 e 241 ricalca in gran parte quanto esposto nel succitato lavoro. La Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Foglio 223-Ravenna (2002) rappresenta il primo esempio pubblicato da parte del Servizio Geologico Nazionale in cui viene affrontato in modo sistematico lo studio integrato di superficie e sottosuolo sia in aree a terra che a mare nell'ambito della pianura costiera padana. La Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Foglio 256-Rimini (in stampa) si riferisce al settore del margine appenninico immediatamente a SE dei Fogli 240 e 241. Essa illustra le relazioni esistenti fra i depositi alluvionali di alta pianura ed il sistema costiero ed ha costituito un riferimento essenziale per la comprensione dei rapporti fra le variazioni climatico-eustatiche quaternarie e la ciclicità dei sistemi di conoide alluvionale.

IV - METODI DI INDAGINE

La progettazione dei rilievi delle aree di pianura, nell'ambito della realizzazione della carta geologica in scala 1:50.000 relativa ai Fogli 240 e 241, è stata eseguita nel rispetto delle linee guida per il rilevamento e la cartografia, stabilite dal Comitato Geologico della Pianura Padana per le aree a terra (SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1992, 1999) e della normativa stabilita dalla Commissione di Studio per la Cartografia Geologica Marina per le aree a mare (CATALANO *et alii*, 1996 e QUADERNI APAT - Dipartimento Difesa del Suolo, in stampa), rendendo così indispensabile l'integrazione dei dati e delle metodologie di indagine.

Le unità geologiche distinte in superficie in questi fogli ed in quelli limitrofi sono in parte riconoscibili anche nel sottosuolo e proseguono fino al mare. Ciò ha reso indispensabile integrare i dati e le metodologie di indagine tra le porzioni affioranti e quelle sepolte nonché fra le aree a terra e le aree a mare.

1. - METODI DI STUDIO DELLE AREE A TERRA

Per la realizzazione della cartografia di superficie e di sottosuolo della pianura si sono utilizzati, in modo integrato, diversi approcci.

1.1. - 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) e 1:75.000 (volo Italia 1994). L'analisi del colore, del tono e del suo *pattern*, della tessitura e densità del drenaggio, dell'uso del suolo nonché 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 rota, piane inondabili, cordoni litorali, ecc.; b) una valutazione sulla litologia dei sedimenti associati a queste unità, e 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 attraverso la quale è stato possibile verificare ed approfondire i risultati ottenuti dalla fotointerpretazione. In particolare si è fatto uso di un'immagine acquisita il 12 ottobre 1986 dal sensore Thematic Mapper (TM) a bordo del satellite Landsat 5 nelle bande 4,5,3, corretta geometricamente ed elaborata per migliorarne il contrasto cromatico al fine di evidenziare quelle variazioni meglio relazionabili ai caratteri geologici superficiali del terreno (Fig. 3).

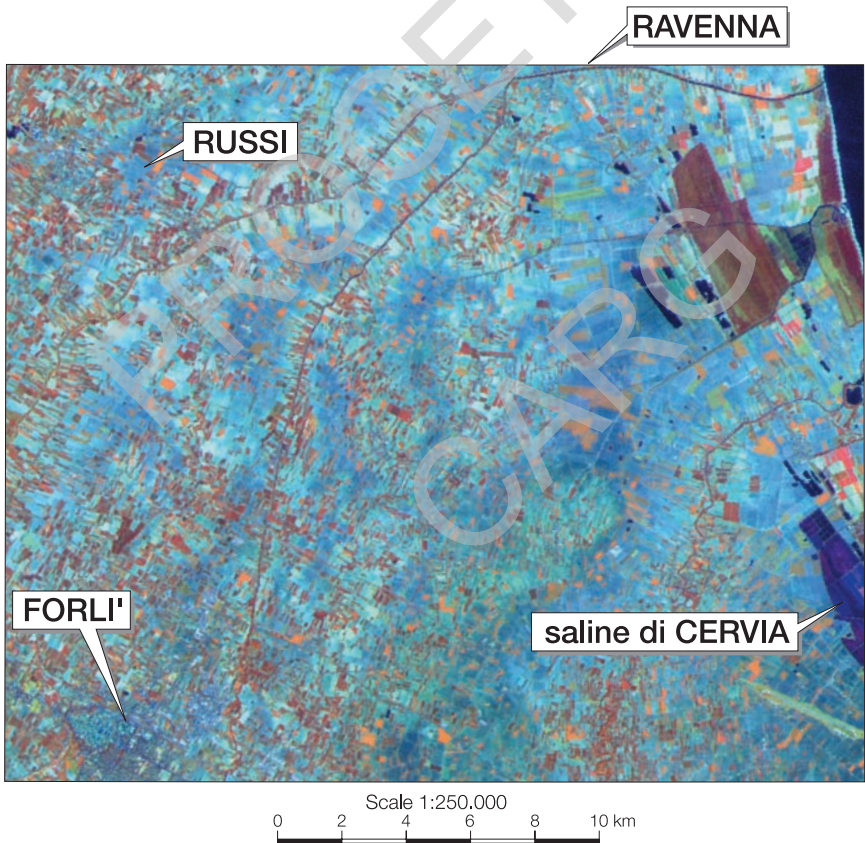


Fig. 3 - Immagine da satellite della pianura romagnola comprendente i Fogli 240 e 241. Acquisizione del 12 ottobre 1986; sensore Thematic Mapper (TM); satellite Landsat 5; bande 4,5,3; sono state effettuate correzioni geometriche ed elaborazioni cromatiche sull'immagine originaria. Copyright ESA 1986, distribuzione Eurimage, Telespazio per l'Italia.

Le informazioni geomorfologiche, litologiche e pedologiche dedotte dall'analisi delle foto aeree e dell'immagine da satellite sono poi state controllate e completate attraverso il rilievo geologico e pedologico in campagna. I rilievi geologici sono stati condotti sui rari affioramenti disponibili (scarpate di terrazzo, cave, scavi per fondazioni, ecc.) e con l'aiuto di alcune trivellate manuali spinte sino

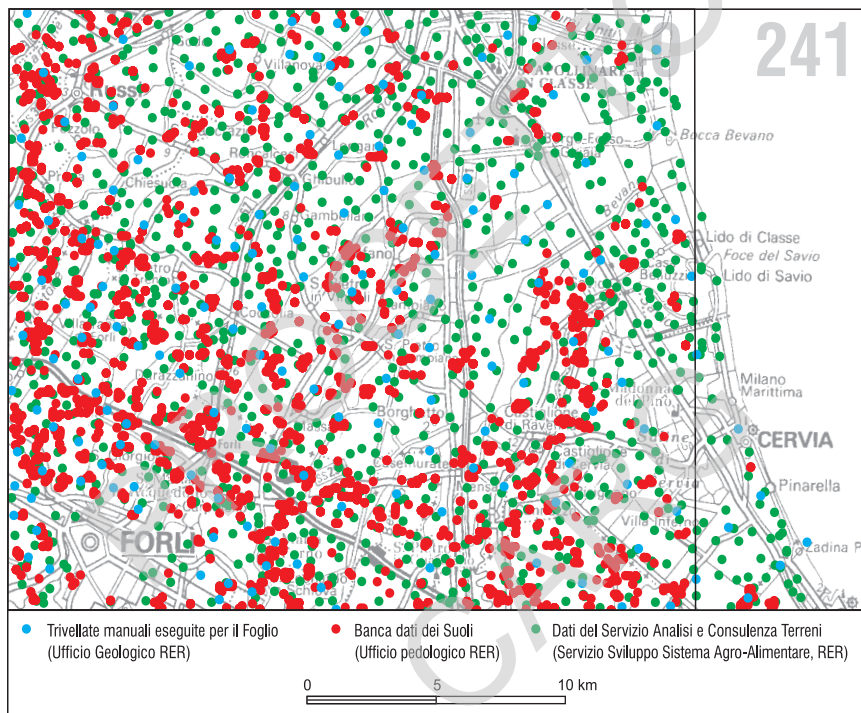


Fig. 4 - Distribuzione in pianta dei dati pedologici utilizzati per la carta geologica.

Comunemente i terreni appena depositi sono caratterizzati da un alto contenuto di CaCO_3 (mediamente intorno al 20 % nei sedimenti non alterati della pianura padana, come si desume dalle analisi chimiche riportate in REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 1994). Al contrario i terreni più antichi sono impoveriti di CaCO_3 , a causa dei processi di lisciviazione pedogenetica che li ha interessati durante l'esposizione subaerea, e lo spessore dell'orizzonte decarbonato aumenta proporzionalmente con il tempo trascorso da quando la sedimentazione si è interrotta. Questo spessore perciò fornisce un'idea dell'età relativa del deposito o, più precisamente, del momento in cui la sedimentazione si è interrotta. Gli altri metodi di datazione disponibili (metodo ^{14}C ed archeologico) completano le informazioni necessarie per precisare la correlazione tra grado di alterazione ed età del deposito. Queste considerazioni mettono in luce come i caratteri pedologici di un deposito possano costituire degli elementi di correlazione stratigrafica validi nei diversi ambienti della sedimentazione fluviale: tra terrazzi della stessa asta valliva, tra terrazzi di diverse aste vallive, tra terrazzi e pianura e tra i diversi sottoambienti della pianura alluvionale.

alla profondità di 1.5 metri dal piano campagna. Le informazioni pedologiche (tessitura e grado di alterazione dei suoli affioranti) sono state tratte dalla Banca Dati dei Suoli 1:50.000, realizzata dall'Ufficio Pedologico della Regione Emilia-Romagna ed integrate con i dati del Servizio Analisi e Consulenza Terreni (a cura del Servizio Sviluppo Sistema Agro-Alimentare, Regione Emilia-Romagna) (Fig. 4). L'analisi delle tessiture ha permesso di verificare e caratterizzare dal punto di vista litologico le unità morfologiche individuate dalle foto aeree e dall'immagine da satellite; mentre l'analisi del grado di alterazione ha consentito la stima dell'età minima del sedimento.

Informazioni sull'età effettiva dei sedimenti affioranti sono state dedotte dall'analisi dei reperti archeologici. A tal fine è stata realizzata, in collaborazione con la Sovrintendenza Archeologica dell'Emilia-Romagna, una raccolta bibliografica dei reperti archeologici, alla quale è seguita una rappresentazione cartografica degli stessi su tutto il territorio della pianura forlivese, cesenate e ravennate (Fig. 5).

1.2. - CARTOGRAFIA DI SOTTOSUOLO

Lo studio del sottosuolo si è articolato in più fasi di lavoro, comprendenti la realizzazione di una banca dati geognostici, l'elaborazione di uno schema geologico preliminare e l'esecuzione di nuove indagini appositamente predisposte.

1.2.1. - Realizzazione della Banca Dati Geognostici

La raccolta dei dati geognostici esistenti e la formazione di una banca dati ha comportato:

1. l'acquisizione di copie cartacee relative a carotaggi, penetrometrie, stratigrafie di pozzi per acqua presso enti pubblici e privati (Tab. 1 e Tab. 2).
2. L'ubicazione delle prove geognostiche nella cartografia tecnica regionale in scala 1:10.000, la loro georeferenziazione ed il caricamento delle informazioni stratigrafiche e idrogeologiche disponibili in un archivio informatico con relativo collaudo dei dati caricati attraverso test automatizzati.
3. La riorganizzazione dei dati caricati in funzione del *software* utilizzato per la loro elaborazione, e lo sviluppo di *software* applicativi per facilitarne l'analisi in chiave stratigrafica.

L'attendibilità dei dati recuperati è valutabile solamente attraverso lo studio stratigrafico comparato di tutti i dati disponibili nell'area. Nell'ambito della realizzazione dei Fogli 240 e 241 i dati ritenuti sicuramente non attendibili, ovvero quelli palesemente in contraddizione con il quadro stratigrafico complessivo, sono risultati inferiori a poche unità percentuali. Essi sono in gran parte pozzi per acqua e la loro inaffidabilità può essere dovuta a una descrizione sommaria o errata, ad un errore nell'ubicazione del pozzo o a duplicazioni artificiose delle stratigrafie.

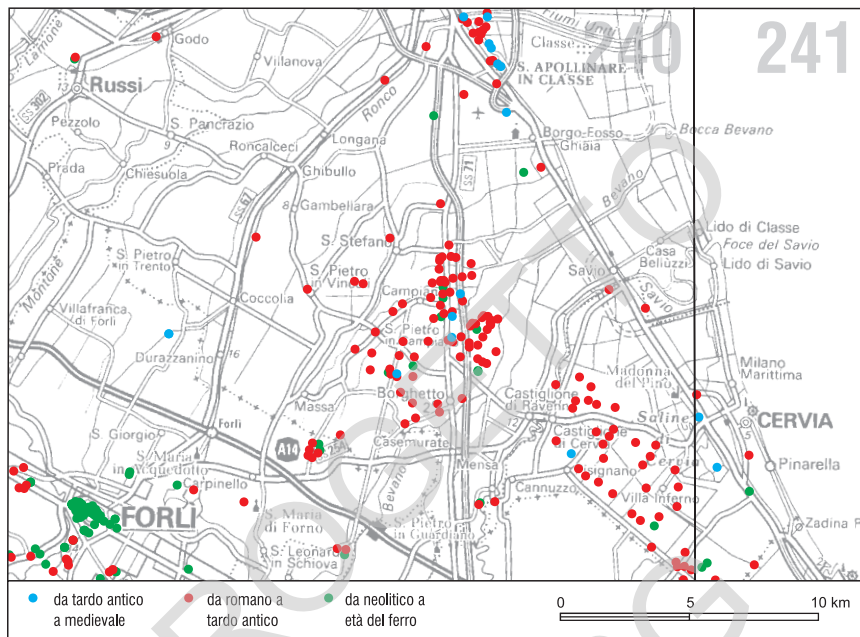


Fig. 5 - Distribuzione in pianta dei siti archeologici utilizzati per la carta geologica (raccolta dati a cura della Soprintendenza Archeologica dell'Emilia-Romagna). Le classi di età sono riportate in modo sintetico, in funzione dell'età delle unità stratigrafiche rappresentate nel foglio. I punti si riferiscono sia a reperti affioranti che sepolti.

TAB. 1 - Banca dati geognostici dei Fogli 240 e 241: enti fornitori dei dati.

ENTI FORNITORI	n. di dati	%
S.P.D.S. Forlì	332	17.7
S.P.D.S. Ravenna	146	7.7
Provincia di Forlì-Cesena	19	1
Provincia di Ravenna	141	7.5
Comune di Cervia	16	0.8
Comune di Forlì	24	1.3
Comune di Ravenna	136	7.2
Comune di Russi	50	2.6
Consorzi	68	3.6
Soc. Autostrade	64	3.4
FF.SS.	16	0.8
Canale Emiliano-Romagnolo	25	1.3
Liberi professionisti	481	25.6
Ufficio Geologico R.E.R. (Progetto CARG)	300 (nuove realizzazioni)	16
Altri	66	3.5
Totale	1884	100

TAB. 2 - Banca dati geognostici dei Fogli 240 e 241: tipi di dati.

TIPI DI DATI	n. di dati	% sul totale (1884)	Prof. media	Prof. min	Prof.max.
Prove penetrometriche statiche	725	38.5	15	3	35
Prove penetrometriche dinamiche	156	8.3	8	1	15
Sondaggi a carotaggio continuo	412	22	16	3	45
Pozzi per acqua	304	16.1	133	6	467
Sondaggi esaminati dai rilevatori (di cui 11 del Progetto CARG)	31	1.6	51	20	169
Prove penetrometriche con punta elettrica (di cui 3 del Progetto CARG)	43	2.3	20	7	39
Prove penetrometriche con punta elettrica e piezocono (di cui 169 del Progetto CARG)	174	9.2	32	6	37
Altre indagini	39	2			

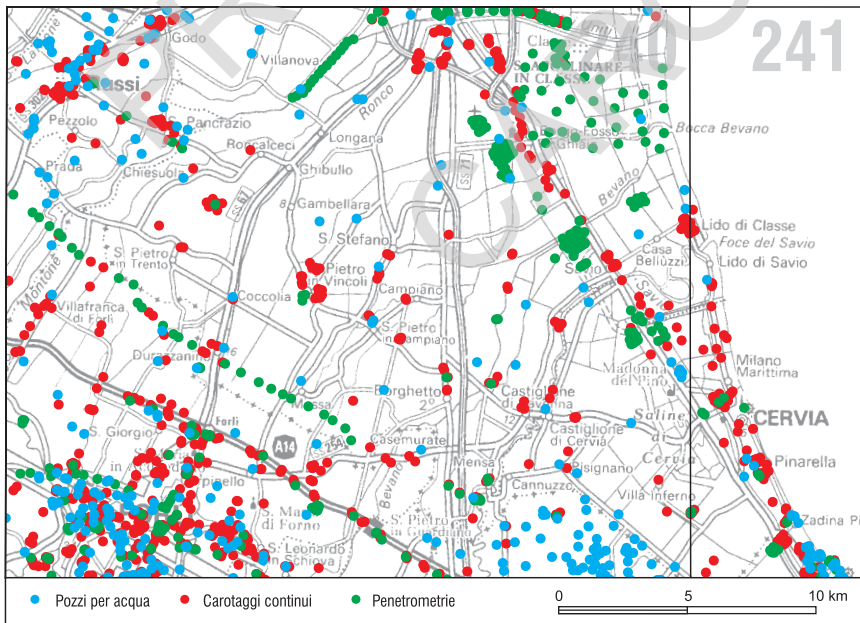


Fig. 6 - Distribuzione in pianta delle indagini geognostiche raccolte nella banca dati del Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna ed utilizzate per la cartografia geologica del sottosuolo.

La densità dei dati geognostici disponibili nell'area dei Fogli 240 e 241 è di 6,3 dati per km². Come si evince dalla figura 6 la densità delle informazioni è maggiore in prossimità dei principali centri urbani (es. Forlì) ed è inferiore nelle circostanti aree agricole. Le caratteristiche principali dei dati raccolti sono illustrate in tabella 1 e tabella 2.

1.2.2. - *Elaborazione di uno schema geologico preliminare*

L'elaborazione di uno schema geologico preliminare del sottosuolo si è basato sullo studio di una rete di 37 sezioni geologiche orientate parallelamente e perpendicolarmente al margine appenninico o lungo la fascia costiera e costruite con tutti i dati geognostici disponibili, con particolare attenzione per i più profondi e/o dettagliati (maglia del reticolo di c.a. 2-3 km di lato). Le correlazioni sono state effettuate sulla base di criteri geometrici, guidati dall'individuazione di orizzonti guida, quali ad esempio corpi sabbiosi di cordone litorale, 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.

1.2.3. - *Esecuzione di nuove indagini di sottosuolo*

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. Essi inoltre permettono il campionamento dei terreni per analisi specifiche (datazioni ¹⁴C, analisi paleontologiche, palinologiche, petrografiche, ecc.) le quali sono strumenti indispensabili per la verifica delle correlazioni stratigrafiche proposte.

Per questi motivi sono stati eseguiti 11 sondaggi a carotaggio continuo per la realizzazione di questo foglio (Fig. 7). Fra questi, 6 sondaggi hanno profondità comprese fra 40 e 50 m e sono stati utilizzati specificamente per analizzare i primi depositi del sottosuolo (riferibili prevalentemente alle unità AES₈ e AES₇, si veda il Cap. V), mentre 5 sondaggi hanno profondità variabili da 70 a 170 m e sono stati progettati per caratterizzare intervalli più ampi della successione alluvionale e talora hanno raggiunto il substrato marino plio-pleistocenico.

Il rilevamento del foglio ha inoltre beneficiato di 3 sondaggi (240-S9, 240-S10 e 240-S14) realizzati dal Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna nell'ambito di un progetto di studio sulla sismicità nella provincia di Forlì-Cesena (Progetto microzonazione sismica) eseguito in collaborazione con l'Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico del CNR di Milano. Ulteriori osservazioni ed analisi sono state eseguite su carote messe a disposizione da diversi Enti, alcune delle quali sono state riportate, in dettaglio, nelle sezioni geologiche presenti nel Foglio allegato.

Poiché il rilevamento dei Fogli 240 e 241 è stato eseguito in concomitanza con quello del Foglio 255, ubicato immediatamente a sud di quelli in esame e



Fig. 7 - Cantiere allestito per l'esecuzione di un sondaggio profondo (sonda con carotiere doppio tipo wireline della ditta S.P.G. Adria usato in questo studio generalmente per profondità > 50 m,) realizzato per il progetto CARG.

comprendente il margine appenninico, la ricostruzione dello schema stratigrafico di sottosuolo si è basata anche sulle osservazioni eseguite nei sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nel foglio suddetto, le cui stratigrafie sono talora state riportate anche in alcune sezioni geologiche di questa Carta Geologica.

Fra le nuove indagini sono state inoltre realizzate 172 prove penetrometriche, per la quasi totalità eseguite con punta elettrica e piezocono, che hanno raggiunto una profondità massima di c.a. 36 metri. Dato il costo decisamente inferiore a quello dei carotaggi continui, le penetrometrie sono state ampiamente utilizzate per aumentare la densità delle informazioni geognostiche nelle zone più povere di dati. Le prove penetrometriche sono state utilizzate per definire le litologie dei terreni attraversati con l'ausilio di alcune tarature fatte con sondaggi a carotaggio continuo ad esse adiacenti (si veda per esempio AMOROSI & MARCHI, 1999 e Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Foglio 223-Ravenna, 2002) ed hanno contribuito in modo significativo alla ricostruzione tridimensionale dei depositi illustrati nella carta di sottosuolo.

La figura 8 mostra la localizzazione dei sondaggi e delle prove penetrometriche eseguite appositamente per la realizzazione del presente foglio e di quelli limitrofi, riportate negli elaborati della Carta Geologica, nonché degli altri sondaggi le cui carote sono state oggetto di osservazione diretta durante i rilevamenti. Nell'Appendice 1 sono riportate le stratigrafie dei sondaggi dei Fogli 240 e 241 con la relativa interpretazione stratigrafico-sedimentologica adottata.

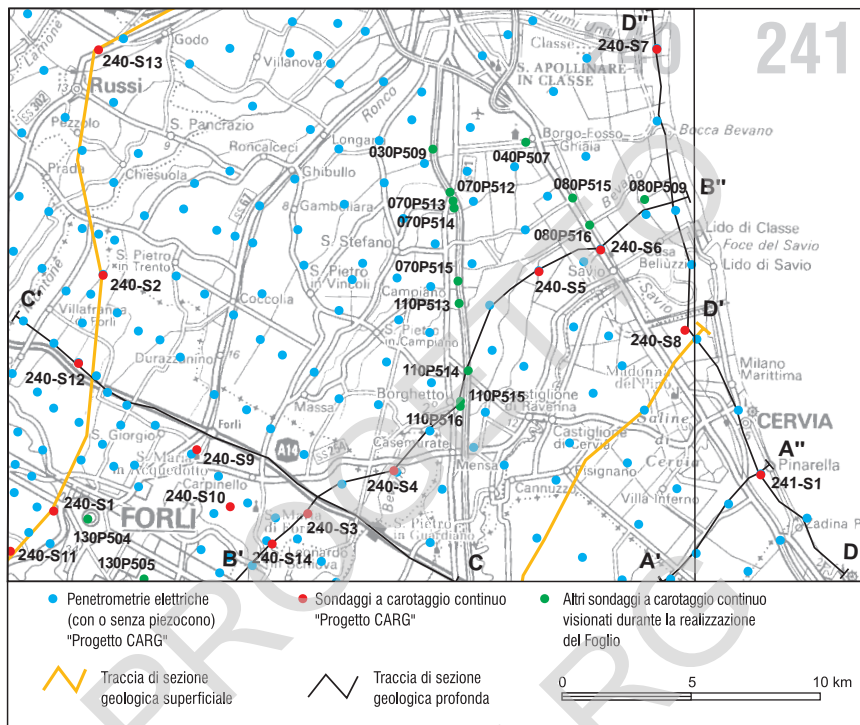


Fig. 8 - Distribuzione in pianta delle indagini geognostiche realizzate per l'allestimento del foglio (punti azzurri e rossi) e di sondaggi messi a disposizione da Enti pubblici e privati e di cui sono state esaminate le carote direttamente dai rilevatori del foglio (punti verdi). La figura riporta anche le tracce delle sezioni geologiche del Foglio Allegato alla Carta Geologica e l'ubicazione dei sondaggi eseguiti nei fogli limitrofi, inclusi nelle sezioni geologiche suddette.

2. - METODI DI STUDIO DELLE AREE A MARE

Per il rilievo delle porzioni marine dei Fogli 240 e 241 il lavoro si è articolato in una fase di raccolta e analisi dei dati esistenti, e successivamente di acquisizione di nuovi dati.

Nella prima fase sono stati analizzati tutti i dati di buona qualità disponibili in un'area più ampia di quella dei fogli (Fig. 9). Questo per due motivi: 1) l'uniformità morfologica e deposizionale dei sedimenti superficiali rendono necessaria l'estensione verso mare dei rilievi in modo da poter ricavare dati significativi; 2) la grande disponibilità di dati di ottima qualità nelle zone più al largo, grazie ai quali è stato possibile ricostruire l'assetto stratigrafico generale dell'area di studio.

La maggior parte dei dati preesistenti utilizzati sono stati raccolti in varie campagne tra il 1991 ed il 1997 dall'Istituto di Geologia Marina di Bologna nell'ambito sia di progetti interni, sia del progetto Cartografia Geologica dei Mari Italiani

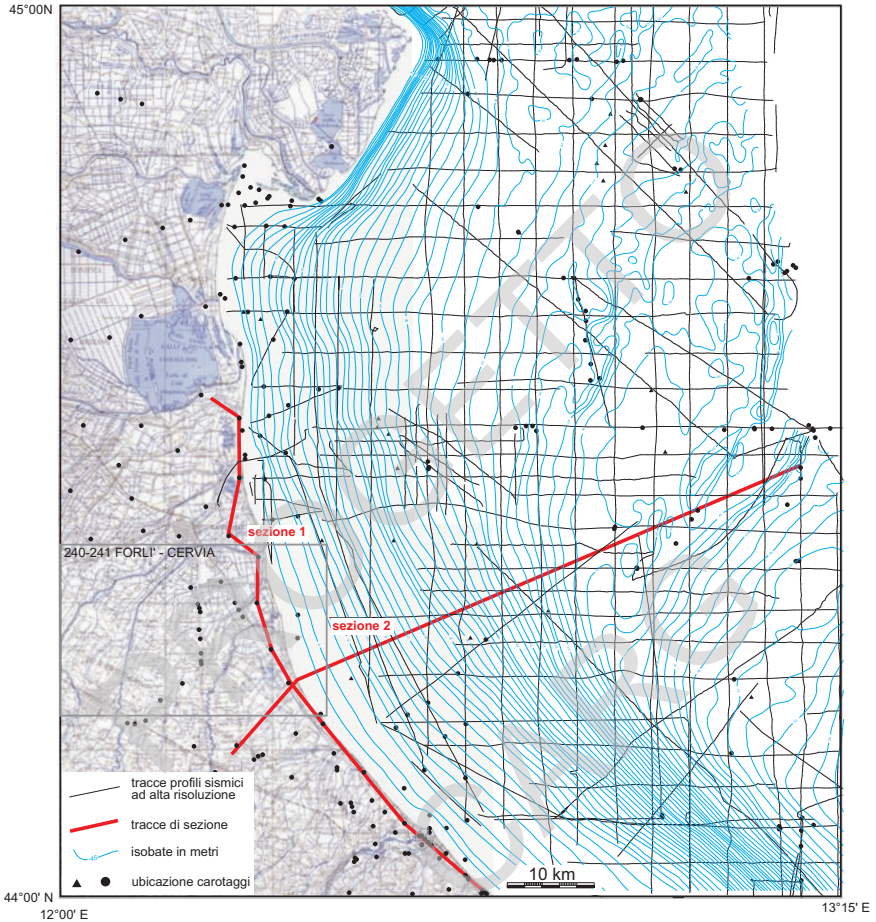


Fig. 9 - Distribuzione dei profili sismici e carotaggi utilizzati per l'inquadramento geologico stratigrafico dei sedimenti tardoquaternari nell'area adriatica. Ubicazione delle sezioni 1, 2 riportate in figura 17.

alla scala 1:250.000 per la realizzazione del Foglio prototipo Ravenna, che copre tutto il tratto di Mare Adriatico compreso tra Punta della Maestra e Cattolica dalla linea di riva fino al limite delle acque territoriali italiane. Si tratta di profili ecografici e sismici ad altissima risoluzione (UNIBOOM, SUBBOTTOM, e CHIRP SONAR a 3.5 kHz) e di carotaggi superficiali di vario tipo (gravità, pistone, vibrocarotaggio, acqua-sedimento), tutti posizionati mediante GPS e DGPS. Sono stati inoltre utilizzati i dati di sondaggi geognostici leggeri (30-60 metri) messi a disposizione da ENI-AGIP, e i dati di alcuni sondaggi effettuati con vibrocarotie nell'ambito di una collaborazione IGM-IDROSER.

L'esame di questi dati ha evidenziato la necessita' di una loro integrazione con nuove acquisizioni di carotaggi riguardanti in special modo la parte più vicina a costa (<-10 m). E' stata quindi realizzata una campagna di carotaggi mediante vibrocarotiere da 6 m in collaborazione con ARPA. Le carote utilizzate (quelle facenti parte della banca dati preesistente e quelle acquisite *ad hoc* per questo studio) sono state aperte, fotografate, descritte e campionate per analisi fisiche, geochimiche e micropaleontologiche; su tutte le carote di nuova acquisizione sono state eseguite misure di suscettività magnetica, parametro le cui variazioni definiscono delle curve ad alta risoluzione che hanno una ottima corrispondenza con i trend granulometrici e composizionali e sono quindi utilizzabili per definire e correlare unità deposizionali all'interno di successioni fini apparentemente omogenee.

PROGETTO

CARG

V - STRATIGRAFIA

L'affermarsi dei concetti della stratigrafia fisica nel corso degli ultimi venti anni, ponendo l'accento sull'identificazione di pacchi di strati delimitati da superfici-tempo e sulle relazioni genetiche tra sistemi deposizionali coevi, ha favorito il progressivo utilizzo di unità stratigrafiche delimitate da superfici di discontinuità (*Unconformity Bounded Stratigraphic Units* e Unità allostratigrafiche, North American Commission on Stratigraphic Nomenclature, 1983, POAG & WARD, 1993, SALVADOR, 1994) 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. Tanto che le linee guida per il rilevamento della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1992) e le successive integrazioni stabiliscono che per la descrizione di questi depositi devono essere utilizzate le unità stratigrafiche a limiti inconformi (*Unconformity Bounded Stratigraphic Units*, UBSU), ossia corpi rocciosi limitati alla base ed al tetto da superfici di discontinuità dimostrabili, significative e specificamente designate (*angular unconformities*, *disconformities*, ecc.), di estensione preferibilmente regionale o interregionale (SALVADOR, 1994).

Nelle aree a terra l'impiego delle UBSU 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 ed a suoli. Esempi di potenziali UBSU al margine appenninico emiliano-romagnolo sono i raggruppamenti di terrazzi identificati da FARABEGOLI & ONOREVOLI (1989), AMOROSI *et alii* (1996), BASSETTI & SARTI (1997), SARTI *et alii* (1997), mentre 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). Nelle aree a mare, l'impiego di rilievi sismici ad alta e altissima risoluzione, specialmente se calibrati con carotaggi e corredati da un dettagliato schema di datazioni radiometriche, fornisce una solida base per l'identificazione e la mappatura di unità stratigrafico-sequenziali a base inconforme (TRINCARDI *et alii*, 1994; CORREGGIARI *et alii*, 1996ab e FABBRI *et alii*, in stampa).

Più problematica risulta invece l'individuazione di limiti inconformi nei depositi tardo-quadernari che costituiscono il sottosuolo della Pianura Padana, ciò principalmente a causa dell'assenza di linee sismiche ad alta risoluzione che permettano di individuare la geometria della stratificazione di questi depositi. 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 su correlazione di dati di pozzi e di sondaggi appositamente eseguiti, permettono di verificare ed aggiornare le correlazioni proposte in REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998. Ciò avviene soprattutto mediante l'individuazione dei principali orizzonti guida quali, per esempio, livelli continui di sabbie marine fossilifere o di argille organiche palustri e lagunari all'interno dei depositi alluvionali.

Le correlazioni geometriche individuate dallo studio dei pozzi possono poi essere tarate sulla base di approfonditi studi sedimentologici e micropaleontologici (foraminiferi, ostracodi e pollini) eseguiti nei sondaggi di nuova realizzazione (es. AMOROSI *et alii*, 1999b, CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 223 Ravenna, 2002 e Foglio 256 Rimini, in stampa), questo permette di migliorare ulteriormente il quadro stratigrafico, e concorre ad individuare le principali superfici di discontinuità stratigrafica e la loro correlazione a scala di bacino.

La classificazione stratigrafica utilizzata nelle presenti note si basa largamente su quanto riportato in REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) ed i depositi affioranti tardo quadernari della successione post evaporitica del margine padano adriatico sono stati raggruppati nel Supersistema Emiliano-Romagnolo, suddiviso nel Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) e nel Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES, Fig. 2). All'interno di quest'ultimo sono presenti unità di rango inferiore (subsistemi) corrispondenti, nei settori intravallici della pianura, a depositi alluvionali di un singolo terrazzo o di un gruppo di terrazzi e correlati, nel sottosuolo della pianura e del Mare Adriatico, a cicli trasgressivo-regressivi (alternanze di depositi marini o palustri e continentali) che registrano la ciclicità elementare glacio-eustatica tardo-quadernaria di frequenza attorno ai 100.000 anni (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998). Questi ultimi, per la loro natura ciclica, costituiscono le unità di riferimento per la cartografia di sottosuolo della Carta Geologica di Pianura (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 256 Rimini, in stampa) e dei Mari Italiani.

Le unità stratigrafiche cartografate nell'area dei Fogli 240 e 241 e qui di seguito descritte presentano in genere il requisito di base inconforme che ne

consente l'attribuzione alla categoria delle UBSU. Tuttavia non si esclude che, localmente, le superfici di discontinuità che delimitano queste unità possono passare a superfici di continuità stratigrafica.

I subsistemi sono stati caratterizzati dal punto di vista litologico e paleoambientale; la rappresentazione dei caratteri di facies dei principali corpi sedimentari riconosciuti attraverso l'impiego dei più comuni criteri litostratigrafici, è stata in questo modo sviluppata all'interno di unità inquadrate dal punto di vista cronostratigrafico.

1. - SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO

Il Supersintema Emiliano-Romagnolo è l'unità stratigrafica che comprende l'insieme dei depositi quaternari di origine continentale affioranti al margine appenninico padano (ciclo Qc di RICCI LUCCHI *et alii*, 1982) ed i sedimenti ad essi correlati nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola.

Questi ultimi nell'area romagnola includono depositi alluvionali e deltizi passanti, verso la pianura costiera, a depositi litorali e marini organizzati in cicli deposizionali di vario ordine gerarchico. Il limite inferiore del Supersintema Emiliano-Romagnolo affiora solamente a ridosso del margine appenninico e nei settori intravallivi, a sud dell'area dei Fogli 240 e 241 (Fogli 255, 239 e 254) dove è fortemente discordante sui depositi marini pliocenici e miocenici. Nel sottosuolo della pianura il supersintema appoggia in discordanza angolare sia sui medesimi depositi mio-pliocenici sia, verso NE, sui depositi marino-marginali correlati alle Sabbie di Imola (IMO, ciclo Qm3 di REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998, Fig. 2). Nelle stratigrafie di sottosuolo di questo settore della pianura tale limite viene posizionato in corrispondenza del contatto netto fra i depositi fluvio-deltizi alla base del supersintema ed i depositi ghiaioso-sabbiosi litorali e di delta-conoide riferiti al tetto di IMO.

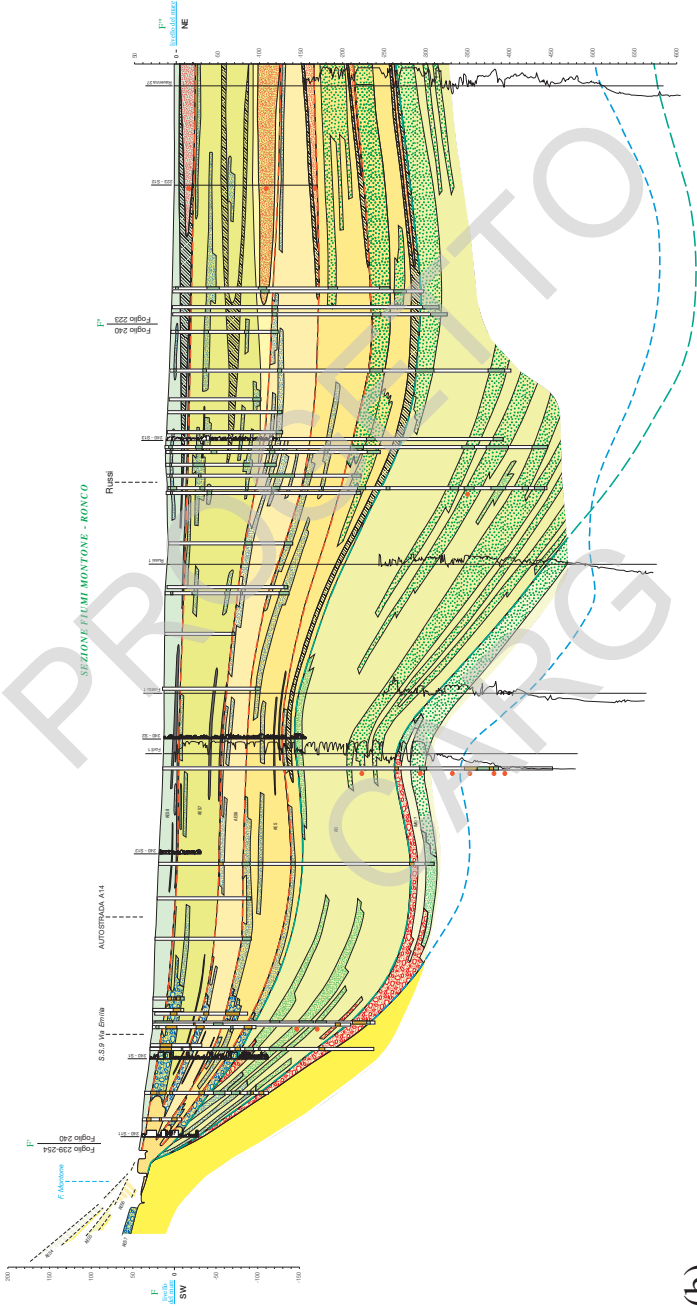
Il limite superiore coincide col piano topografico.

In CARTA GEOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:50.000 Foglio 256 Rimini (in stampa), nonché nei fogli in corso di completamento (fogli 180, 199, 219, 220, 238 e 255) questa unità comprende due sistemi distinti (Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, AEI e Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, AES) che sono stati correlati anche con i rispettivi depositi di sottosuolo (AMOROSI & FARINA, 1995 e REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998). Nei Fogli 240 e 241 affiorano solo i depositi di AES mentre i depositi di AEI sono stati individuati solo nel sottosuolo della pianura.

L'architettura dei depositi del Supersintema Emiliano-Romagnolo presenti nel settore a terra dei Fogli 240 e 241 è illustrata nelle sezioni geologiche di figura 10. Nella sezione di figura 10a, in particolare, si può osservare che il supersintema si caratterizza, nel suo complesso, per la progressiva progradazione dei sistemi deposizionali alluvionali da SO verso NE e per il conseguente arretramento, nella stessa direzione, dei depositi fluvio-deltizi e costieri. Tale progradazione



Fig. 10 – (a) Sezione geologica costruita lungo la valle del F. Savio e nella pianura antistante (Foglio 255) fino alla costa adriatica (Foglio 240).
(b) Sezione geologica costruita nell'area compresa fra i fiumi Montone e Ronco del margine appenninico (spigolo dei Fogli 239, 254 e 255) alla pianura antistante (Forlì-Rossi) fino al settore meridionale del Foglio 223 (ovest di Ravenna). Le sezioni integrano i dati di superficie (affioramenti dei settori intravallivi e del margine appenninico) e di sottosuolo (stratigrafie delle indagini geognostiche, profili sismici e stratigrafie di pozzi AGIP) e descrivono l'architettura stratigrafica del Supersistema Emiliano-Romagnolo, i suoi rapporti con il "substrato" marino mio-plio-pleistocenico e le geometrie dei principali corpi geologici. L'esagerazione verticale è di 25 volte; la traccia della sezione è riportata in Fig. 8. (c) Legenda delle sezioni.



(b)

mostra due fasi di sviluppo distinte a cui corrispondono i due sintemi in cui il supersintema è stato suddiviso: AEI ed AES. Il primo è dominato da facies fluvio-deltizie in una certa parte attribuite a sistemi di alimentazione padana, mentre nel secondo si sviluppano prevalentemente le facies francamente fluviali di conoide e di piana alluvionale legate a sistemi di alimentazione appenninica. Questa progradazione è ben visibile nell'evoluzione verticale delle facies di tutti i sondaggi che attraversano i depositi del supersintema (240-S1, 240-S2 e 240-S11, Appendice 1). Il suo effetto è evidente anche sulla conservazione del contenuto pollinico esaminato nel sondaggio 240-S2. Nella parte inferiore (relativa a depositi fluvio-deltizi e di piana alluvionale costiera di AEI e della base di AES) la conservazione dei granuli pollinici è infatti buona, e sono presenti alcune oscillazioni delle associazioni polliniche in senso glaciale-interglaciale. Al contrario, nella porzione superiore del sondaggio, caratterizzata da un graduale passaggio verso condizioni di piana alluvionale più interna e drenata, con presenze di paleosuoli, la frequenza di campioni sterili è molto alta e la continuità della serie pollinica è irrimediabilmente interrotta. Per questo motivo non è possibile tentare alcun confronto con le gli stadi isotopici dell'Ossigeno, come è stato fatto invece per i sondaggi della pianura costiera 240-S8 e 240-S13 (Fig. 11 e Fig. 12, si veda inoltre l'Appendice 3). La mancanza di elementi più antichi (es., elementi "Terziari") e di altri *taxa* tipici del Pleistocene inferiore può comunque restringere l'intervallo cronostratigrafico della porzione inferiore del sondaggio 240-S2 entro il Pleistocene medio e probabilmente alla sua metà superiore.

Questa organizzazione spaziale dei depositi del supersintema viene interpretata come il prodotto del progressivo colmamento di questo settore del bacino Padano che si accompagna ad uno spostamento verso NE dei sistemi deposizionali legati al F. Po.

1.1. - SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE (AEI) (solo sottosuolo)

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore costituisce la parte più antica del Supersintema Emiliano-Romagnolo. Nei Fogli 240 e 241 non è presente in affioramento ma è stato individuato nel sottosuolo, sia sulla base delle informazioni della banca dati, che sulla scorta dei nuovi sondaggi profondi eseguiti nell'ambito dei rilievi di sottosuolo (sondaggi 240-S1, 240-S2 e 240-S11, Fig. 10).

Il limite inferiore coincide con quello del supersintema ed è stato descritto nel paragrafo precedente. Al suo interno l'unità è costituita da alternanze cicliche di depositi fini (prevalentemente argille e limi) e depositi grossolani (prevalentemente sabbie e subordinatamente ghiaie, presso il margine del bacino) riferibili ad associazioni di facies di piana alluvionale non drenata e di piana fluvio-deltizia e costiera (sondaggi 240-S1, 240-S2 e 240-S11). Sulla base delle geometrie e dello spessore dei corpi sabbiosi fluvio-deltizi riportati nelle sezioni di figura 10 si ritiene che il settore meridionale (a sud della congiungente Villafranca-Cervia) sia dominato da sistemi alimentati dai fiumi appenninici mentre quello settentrionale sia dominato da quelli alimentati dal F. Po.

SONDAGGIO 240 - S8

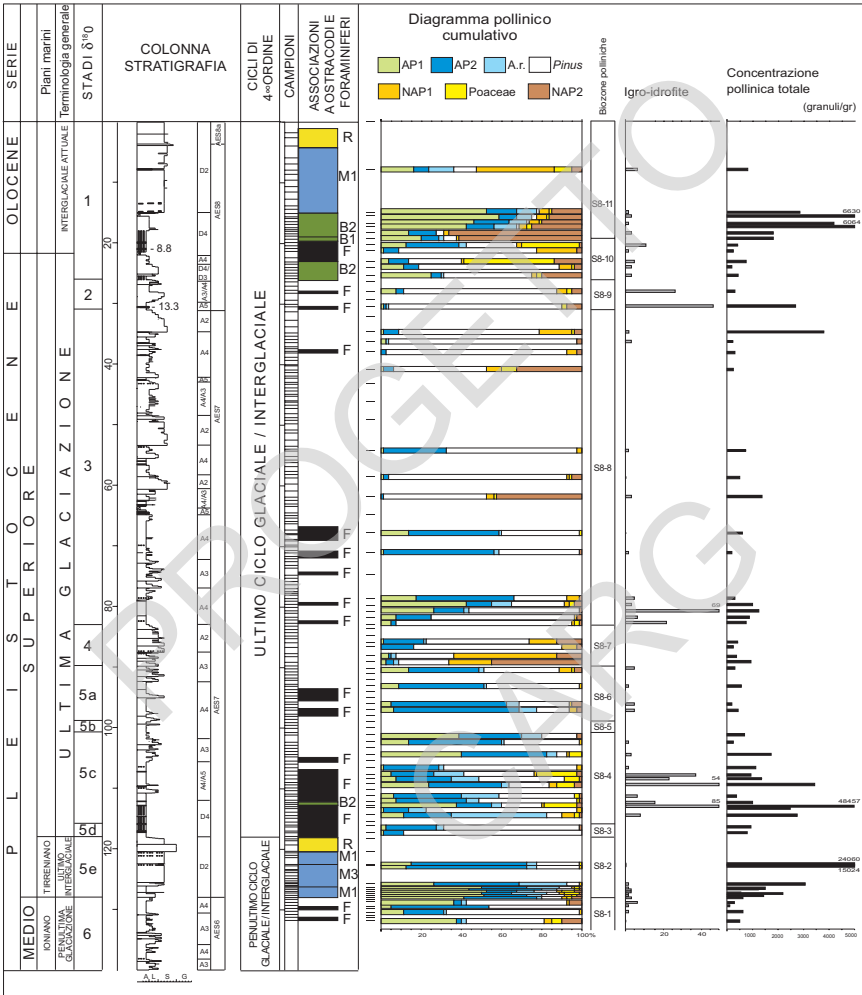
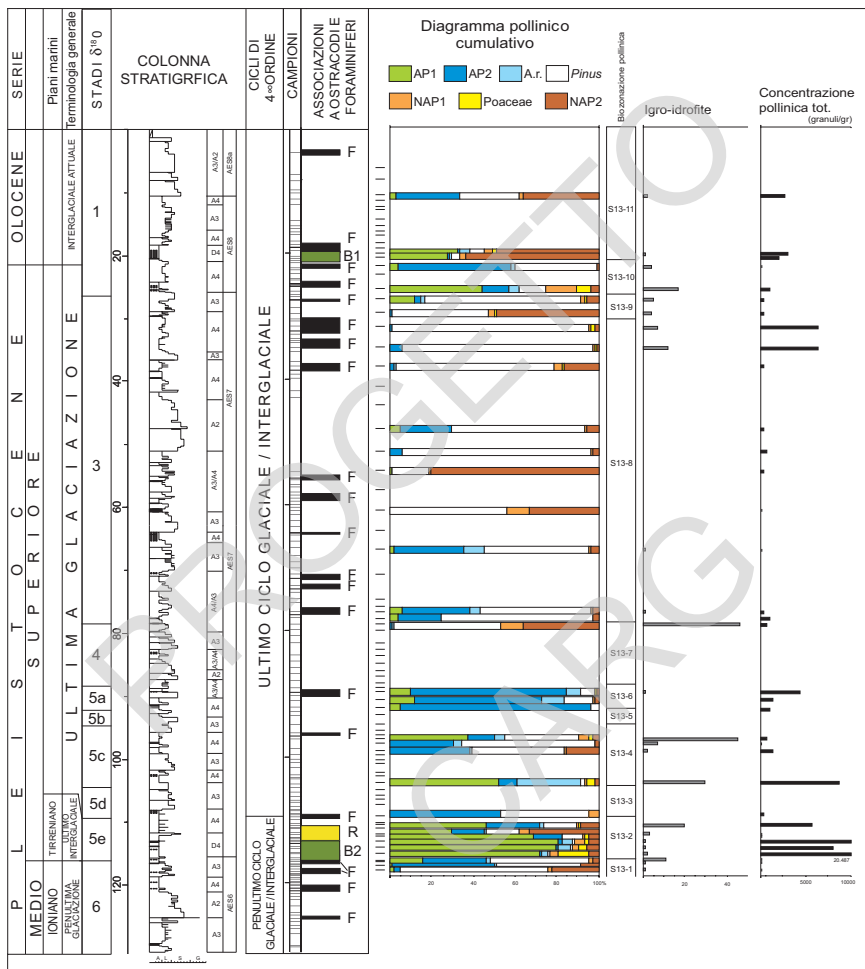


Fig. 11 - Colonna stratigrafica del sondaggio 240-S8 e relativi dati micropaleontologici e pollinici. **Micropaleontologia** - Associazioni a Ostracodi e Foraminiferi (Appendice 2): **F**, associazione a Ostracodi ipolini; **B1**, associazione di ambiente lagunare interno o estuarino; **B2**, associazione di baia o laguna; **R**, associazione a microfauna rimaneggiata o trasportata; **M1**, associazione di ambiente marino infralitorale fluvio-influenzato; **M3**, associazione di ambiente marino infralitorale. **Diagramma pollinico cumulativo** (Appendice 3): **AP1**, latifoglie arboree legate a climi temperato-caldi; **AP2**, alberi di montagna legati a climi temperato-freschi; **A.r.**, alberi di ambienti ripariali; **NAP1**, elementi arbustivi ed erbacei con scarse peculiarità ecologico-climatiche; **NAP2**, elementi arbustivi ed erbacei legati ad climi e/o ambienti aridi, talvolta anche salmastri. Per i simboli e le sigle della colonna si fa riferimento alla legenda di Appendice 1.

SONDAGGIO 240 - S13



1.2. - SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore costituisce la porzione superiore del Supersintema Emiliano-Romagnolo. Nei Fogli 240 e 241 comprende tutti i depositi continentali affioranti. Questi sono stati attraversati interamente nei sondaggi 240-S1, 240-S2 e 240-S11 (Fig. 8 e Appendice 1). La stratigrafia d'insieme dell'unità e la geometria dei sistemi deposizionali in essa contenuti sono illustrati nelle figure 10 e 13.

In affioramento AES è costituita da ghiaie e sabbie di canale fluviale, da alternanze argilloso-limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (argini e piane inondabili), da argille palustri e da sabbie litorali. Nel sottosuolo della pianura AES è costituito dall'alternanza ciclica di argille organiche, limi, sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale e subordinatamente deltizio e costiero.

Il limite inferiore del sintema non affiora nei fogli 240 e 241. Nei fogli immediatamente a sud è dato da un contatto erosivo e fortemente discordante sui depositi marini mio-pliocenici dell'Appennino e corrisponde a quello dell'intero supersintema. Nel sottosuolo il limite inferiore è chiaramente espresso nel settore di alta pianura, nei pressi del margine appenninico, dove è dato da un contatto erosivo e discordante delle ghiaie di conoide alluvionale (AES) su depositi sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi fluviali e fluvio-deltizi (AEI). Verso NE tale limite si fa via via meno marcato e separa depositi sabbiosi prevalentemente alluvionali (AES) da depositi prevalentemente fluvio-deltizi (AEI).

Il limite superiore corrisponde all'attuale superficie topografica.

Il sintema presenta una forte articolazione interna.

Nei settori intravallivi e pedecollinari affioranti nei fogli limitrofi (es. 255 e 239) è suddiviso in subsintemi (AES_{5,8}), 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 (Fig. 10 e Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 256 Rimini, in stampa, si vedano inoltre gli altri fogli della Carta Geologica d'Italia relativi al margine appenninico in corso di completamento: Fogli 219, 220, 238, 239 e 255). La superficie sommitale affiorante dei diversi subsintemi è caratterizzata da uno specifico grado di alterazione dei suoli. I depositi dei subsintemi individuati nelle porzioni intravallive e pedecollinari si immergono rapidamente verso NE nel sottosuolo della pianura in modo tale che nei Fogli 240 e 241 AES è costituito, in affioramento, dal solo subsintema superiore (AES₈).

Nel sottosuolo della pianura AES è costituito dalla sovrapposizione di diversi cicli deposizionali. Essi hanno varie decine di metri di spessore e sono caratterizzati dall'alternanza di depositi fini, dominati da facies di tracimazione fluviale, e da depositi grossolani, dominati da facies di riempimento di canale fluviale. Alla base di ciascun ciclo i depositi di tracimazione fluviale fanno transizione verso NE a depositi deltizi e litorali (come esempi di questo tipo di ciclicità nei depositi fluviali relativi ad altri contesti geologici si vedano: SHANLEY & McCABE, 1994,

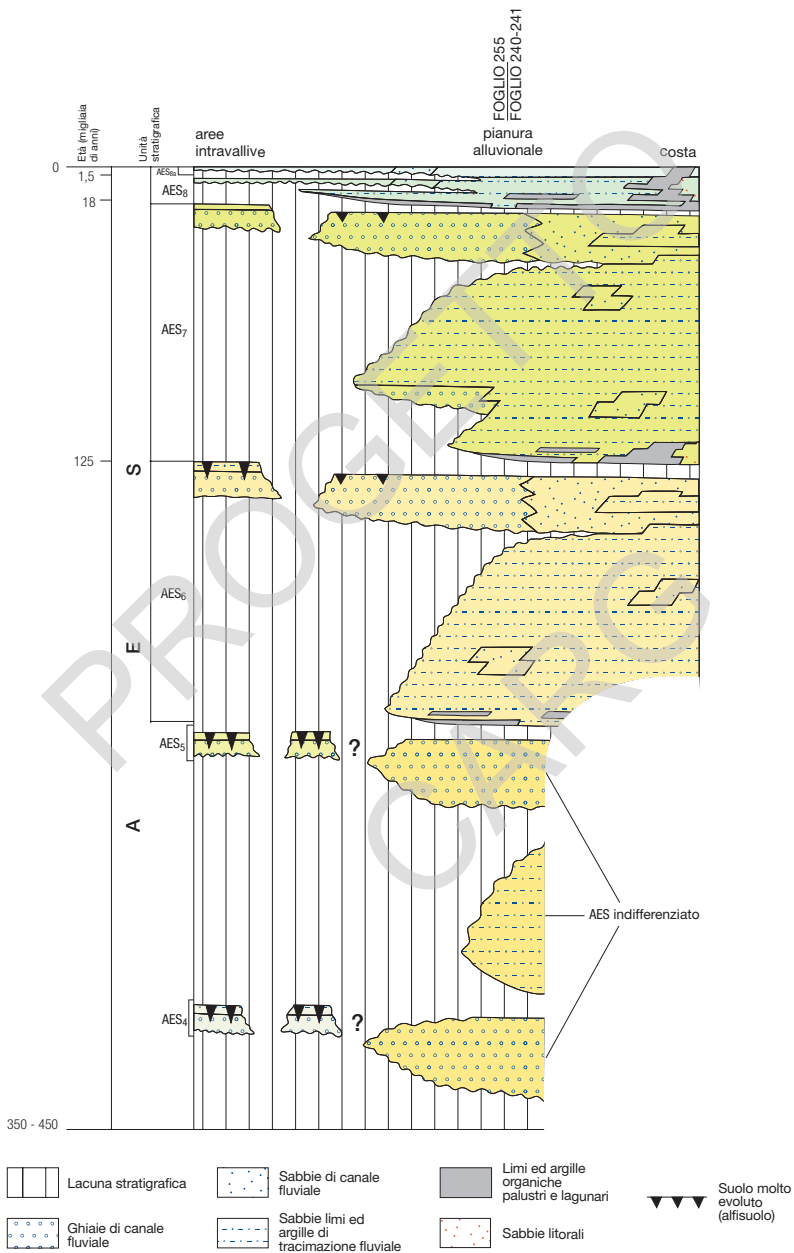


Fig. 13 - Schema cronostratigrafico del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) utilizzato per i Fogli 255, 240 e 241.

OLSEN *et alii*, 1995, KHAN *et alii*, 1997 ed in particolare BURNS *et alii*, 1997 e la sintesi proposta in BLUM & TÖRNQVIST, 2000).

Sulla base della prosecuzione fisica e/o geometrica dei corpi ghiaiosi di terrazzo e di conoide alluvionale, i 3 subsistemi più recenti sono stati correlati con 3 cicli deposizionali riconosciuti all'interno di AES nel sottosuolo della pianura. Questi tre cicli più superficiali del sottosuolo (corrispondenti quindi ad AES₆, AES₇ e AES₈) 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 (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998, CARTA GEOLOGICA D'ITALIA a scala 1:50.000 Foglio 223 Ravenna, 2002, Foglio 256 Rimini, in stampa ed il Foglio 255 in preparazione). Essi rappresentano dei cicli trasgressivo-regressivi costituiti, ciascuno, da 3 intervalli stratigrafici distinti.

La porzione trasgressiva basale di ciascun ciclo è spesso pochi metri ed è caratterizzata dalla frequente presenza di argille ricche in sostanza organica di piana alluvionale e palude passanti, verso NE, ad argille lagunari e a sabbie marine di cordone litorale. Queste poggiano con un contatto molto spesso brusco sulle ghiaie e sulle sabbie fluviali che costituiscono il tetto del ciclo sottostante. Il limite inferiore di ognuno di questi cicli rappresenta una superficie di disattivazione della sedimentazione fluviale grossolana coincidente con una superficie trasgressiva. Essa ha una espressione fisica molto evidente ed è pertanto ben riconoscibile nel sottosuolo come un forte contrasto di facies. La generalizzata presenza di lacune stratigrafiche in corrispondenza di tali superfici rilevate nei settori costieri limitrofi (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA a scala 1:50.000 Foglio 223 Ravenna, 2002 e Foglio 256 Rimini, in stampa) supporta il loro utilizzo come limiti di UBSU.

La porzione regressiva di ciascun ciclo, volumetricamente molto più rilevante, è spesso fino ad un centinaio di metri ed è suddivisa in due parti. La parte inferiore è costituita da depositi fini di tracimazione fluviale dominati da limi alternati a sabbie e/o argille e comprendenti ghiaie e sabbie di canale fluviale sotto forma di corpi lenticolari, isolati, a geometria nastriforme. La parte superiore del ciclo è data da sedimenti prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi di canale fluviale, che formano depositi compositi, organizzati complessivamente in corpi relativamente tabulari ed interpretati come lobi di conoide alluvionale passanti, sottocorrente, nella pianura alluvionale più aperta, a sistemi di canale fluviale lateralmente e verticalmente giustapposti.

Il ciclo più superficiale, che corrisponde ad AES₈ e rappresenta l'unico ciclo affiorante nei Fogli 240 e 241, è incompleto ed è rappresentato dalla porzione trasgressiva seguita dalla parte iniziale di quella regressiva.

Nei depositi sepolti di AES al di sotto dei primi 3 cicli definiti, per quanto detto in precedenza, come subsistemi (AES₈, AES₇ ed AES₆), sono presenti altri 2 cicli deposizionali che tuttavia, contrariamente a quelli già illustrati, sono conosciuti in modo più approssimativo dato il numero esiguo di informazioni geognostiche disponibili e sono stati attribuiti ad AES indifferenziato (Fig. 10 e 2). L'analisi dei sondaggi 240-S1, 240-S2 e 240-S11 che hanno attraversato interamente tutta l'unità AES (Fig. 8 e Appendice 1) e le sezioni geologiche di Fig. 10 mostrano che

questi 2 cicli più bassi hanno caratteri simili ai cicli sovrastanti sebbene presentino i depositi fini lagunari trasgressivi ed i potenti corpi sabbiosi fluvio-deltizi di alimentazione padana più spostati verso SO rispetto ad AES₆, AES₇ ed AES₈.

Anche i depositi ghiaiosi sepolti presenti nelle porzioni più interne delle conoidi alluvionali (Fig. 10), sono stati attribuiti ad AES indifferenziato, qui infatti le ghiaie dei diversi cicli si amalgamano tra loro, ed è pertanto impossibile riconoscere e quindi cartografare separatamente i diversi cicli (sondaggio 240-S11, Appendice 1).

Le relazioni esistenti all'interno di AES fra UBSU affioranti e sepolte, cicli deposizionali ed unità idrostratigrafiche di REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) sono riportate nella tabella 3.

Sulla base dei caratteri trasgressivo-regressivi dei cicli deposizionali riconosciuti nel sottosuolo, della loro durata temporale dell'ordine dei centomila anni (Fig. 13) 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 (es. MARTINSON *et alii*, 1987).

Lo spessore di AES varia da qualche decina di metri presso il limite meridionale del Foglio 240 fino a 300 m nel settore settentrionale.

L'età della base del sintema è attribuita per posizione stratigrafica, al Pleistocene medio (350-450.000 anni secondo REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998). I depositi del tetto dell'unità sono attualmente in evoluzione e pertanto la loro età è olocenica.

TAB. 3 – La tabella illustra le relazioni fra il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore e le sue suddivisioni stratigrafiche interne (pianura emiliana orientale e romagnola) e le unità idrostratigrafiche proposte in REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998).

UNITA' STRATIGRAFICHE A LIMITI INCONFORMI (UBSU)		UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE	
carta geologica della pianura emiliano-romagnola centro-orientale		Regione Emilia-Romagna & Eni-Agip, 1998	
<i>affioranti</i>		<i>sepolte</i>	
SINTEMA EMILIANO- ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)	Subsistema di Ravenna (AES ₈)	GRUPPO ACQUIFERO A	
	Subsistema di Villa Verucchio (AES ₇)		Complesso acquifero A1
	Subsistema di Bazzano (AES ₆)		Complesso acquifero A2
	Subsin. di Torre Stagni (AES ₅)		Complesso acquifero A3
	Subsin. di Liano (AES ₄)		Complesso acquifero A4

Data l'impossibilità di una sicura correlazione fisica, geometrica e/o cronologica fra i depositi alluvionali terrazzati dei Subsistemi di Torre Stagni e Liano con i cicli deposizionali di sottosuolo si è scelto di non formalizzare tali cicli come unità stratigrafiche a se stanti.

1.2.1. - *Subsintema di Bazzano (AES₆)* (solo sottosuolo)

L'unità è presente nei Fogli 240 e 241 solo nel sottosuolo anche se affiora immediatamente a SO del limite meridionale del Foglio 240 (subito a monte di Vecchiazano, Foglio 255) dove è costituita da estesi depositi fluviali terrazzati che sono stati correlati con i depositi della località tipo (Foglio 220) sulla base: a) delle analogie relative alla posizione stratigrafica e morfologica rispetto agli altri depositi terrazzati della singola asta valliva, b) dei caratteri dei suoli al tetto delle superfici terrazzate e c) della correlazione con gli equivalenti depositi di sottosuolo i quali sono stati ben caratterizzati dal punto di vista stratigrafico e cronologico (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998, CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 256 Rimini, in stampa, si veda inoltre il Foglio 255, in preparazione).

I depositi affioranti di questo subsintema sono stati correlati nel sottosuolo, su base geometrica, con i depositi grossolani sommitali di un ciclo trasgressivo-regressivo attraversato interamente nei sondaggi 240-S1, 240-S2 e 240-S11) ed in parte nei sondaggi 240-S8, 240-S13 e 240-S14 (Appendice 1) nonché in diversi sondaggi ubicati nei fogli limitrofi (fogli 223, 255 e 256, Fig. 10).

I depositi di questo ciclo (Fig. 13 e 10) hanno varie decine di metri di spessore e poggiano in contatto netto sulle ghiaie e sabbie di canale fluviale del ciclo sottostante. Alla base il ciclo è costituito da depositi fini alluvionali, con talora sostanza organica, di origine palustre, passanti sottocorrente, a ridosso del Foglio 223, ad argille organiche lagunari e sabbie di cordone litorale (si veda la descrizione del sondaggio 223-S12 riportata in Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 Foglio 223 Ravenna, 2002).

Nella porzione intermedia il ciclo è costituito da fitte alternanze di sabbie limose, limi sabbiosi, limi ed argille di argine, rotta e piana inondabile. In questo intervallo le ghiaie e sabbie di canale fluviale sono subordinate e confinate in corpi lenticolari nastriformi (associazione di piana alluvionale).

Verso l'alto il ciclo mostra un progressivo aumento di depositi ghiaiosi e sabbiosi di canale fluviale, spessi fino ad una decina di metri che si alternano a depositi argillosi e limosi di tracimazione fluviale, con contatti netti. I depositi ghiaiosi, che si concentrano nel settore meridionale del Foglio 240, tendono a giustapporsi lateralmente e verticalmente costituendo corpi tabulari estesi fino ad una decina di chilometri (associazione di conoide alluvionale). Essi si sfrangiano sottocorrente in corpi nastriformi passando a depositi sabbiosi e sabbioso-limosi di canale o argine fluviale (associazione di piana alluvionale). In base alle analisi micropaleontologiche tutto l'intervallo in discussione è caratterizzato dall'Ostracofauna ipoalina dell'associazione F (si veda l'Appendice 2). Le associazioni polliniche sono composte da pochi elementi, con dominanza di *Pinus* e *taxa* non-arborei e basse concentrazioni polliniche totali. Queste associazioni indicano un paesaggio aperto con sviluppo di comunità arbustivo-erbacee a ricoprimento vegetazionale rado, e sono dovute a condizioni climatiche di tipo glaciale.

L'unità si chiude, con contatto netto, al di sotto dei depositi di argille di piana

alluvionale palude e laguna del ciclo sovrastante.

Lo spessore del subsistema varia da pochi metri presso il margine SO del Foglio 240 a 60-70 m nei settori depocentrali della pianura. La sua età, desunta dalla posizione stratigrafica, è riferibile al Pleistocene medio. Sulla base della correlazione ciclostigrafica con la scala dei cicli climatico-eustatici di MARTINSON *et alii* (1987) si può presupporre un'età compresa fra c.a. 230.000 e 130.000 anni (Fig. 13).

1.2.2. - *Subsistema di Villa Verucchio (AES₇)* (solo sottosuolo)

L'unità è presente nei Fogli 240 e 241 solo nel sottosuolo anche se affiora localmente a sud del Foglio 240 (Foglio 255) dove è costituita da piccoli lembi di depositi fluviali terrazzati, fortemente erosi, poggianti, tramite una superficie di erosione fluviale, sui depositi marini mio-pliocenici. Questi depositi terrazzati sono stati correlati con quelli dell'area tipo del subsistema (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 256 Rimini, in stampa e Foglio 255, in preparazione) sulla base della posizione stratigrafica e morfologica rispetto agli altri depositi terrazzati della singola asta valliva, dei caratteri dei suoli presenti sulla superficie affiorante e sulla base delle correlazioni con i depositi di sottosuolo della pianura, per i quali si dispone di un buon controllo stratigrafico e cronologico.

I depositi fluviali ghiaiosi di AES₇ si immergono rapidamente nel sottosuolo della pianura del Foglio 240 presso i principali sbocchi vallivi dove costituiscono i depositi grossolani sommitali di un ciclo trasgressivo-regressivo sepolto.

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 dai 14 sondaggi eseguiti appositamente dalla Regione Emilia-Romagna. Fra questi i sondaggi 240-S1, 240-S2, 240-S8, 240-S11, 240-S13 e 240-S14 hanno attraversato l'intera unità stratigrafica (Appendice 1, Fig. 10) che ha varie decine di metri di spessore e poggia in contatto netto sulle ghiaie e sabbie di canale fluviale del ciclo sottostante (AES₆).

La porzione basale trasgressiva del ciclo è costituita da depositi fini di tracciamento fluviale contenenti vari corpi di qualche metro di argille e limi ricchi di sostanza organica di origine palustre (sondaggi 240-S1, 240-S2 e 240-S14) che però non sono sempre ben preservati, anche a causa dei fenomeni di erosione fluviale associati ai depositi di riempimento di canale (es. sondaggio 240-S11). Questi depositi passano sottocorrente verso il settore di NE del Foglio 240 ad argille organiche lagunari e sabbie marine di cordone litorale (sondaggi 240-S8, 240-S13 e CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 223 Ravenna, 2002 e Foglio 256 Rimini, in stampa, Fig. 10). In base alle microfaune questi depositi sono caratterizzati in prossimità dell'attuale costa dalle associazioni del gruppo M (sondaggio 240-S8), di ambiente marino litorale; mentre, nella zona più interna, esse sono sostituite prima dalle associazioni del gruppo B, tipiche di baia o laguna, (sondaggio 240-S13) e poi eventualmente dall'associazione F,

propria di ambiente lacustre o palustre (si veda l'Appendice 2).

Nella porzione intermedia il ciclo è costituito da fitte alternanze di sabbie limose, limi sabbiosi, limi ed argille di argine, rotta e piana inondabile dove sono frequenti livelli pedogenizzati, parzialmente o totalmente decarbonatati. In questo intervallo le ghiaie e sabbie di canale fluviale sono subordinate e confinate in corpi lenticolari nastriformi (associazione di piana alluvionale). Le analisi micropaleontologiche, eseguite su sondaggi 240-S8 e 240-S13, testimoniano che in questo intervallo sono esclusivamente presenti Ostracofaune ipoaline rappresentate dall'associazione F (si veda l'Appendice 2).

Nella porzione sommitale il ciclo è caratterizzato da abbondanti depositi grossolani ghiaiosi e sabbiosi di canale fluviale che formano dei corpi compositi; a geometria relativamente tabulare, spessi complessivamente fino a 15-20 metri. Così come per AES₆ i depositi ghiaiosi di AES₇ si concentrano presso il settore meridionale del Foglio 240. Costituiscono dei corpi che si aprono a ventaglio dagli sbocchi vallivi dei fiumi principali (Fogli 239, 240 e 255) verso la pianura aperta (conoide alluvionale). I sistemi riferibili ai fiumi Montone, Rabbi e Ronco nascono come sistemi fisicamente separati ma si saldano lateralmente fino a costituire lobi sepolti di conoide alluvionale coalescenti. Sottocorrente questo corpo ghiaioso composito si sfrangia in canali isolati a geometria nastriforme (transizione alla piana alluvionale). Nell'area compresa fra l'attuale corso del F. Savio e la costa cesenate è presente la propaggine settentrionale di analoghi depositi ghiaiosi sotto forma di canali isolati a geometria nastriforme. Anch'essi rappresentano la transizione alla piana alluvionale di una conoide sepolta, in questo caso riferibile al F. Savio, che è ben sviluppata nel foglio meridionale (Foglio 255, in preparazione).

Questi depositi grossolani dell'intervallo sommitale di AES₇ sono sede della prima importante falda acquifera ampiamente sfruttata nel territorio di pianura del Foglio 240 e di quelli limitrofi (LIPPARINI, 1963, FARABEGOLI & ONOREVOLI, 1989) e corrisponde al sistema acquifero A1 in REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998). In essi si concentra la gran parte dei pozzi per acqua raccolti nella banca dati geognostici della Regione Emilia-Romagna (Fig. 6). Dato il loro particolare interesse dal punto di vista sia stratigrafico che geologico applicativo, sono oggetto specifico della carta riportata nel Foglio allegato alla Carta Geologica e sono ampiamente descritti in 2 delle 4 sezioni geologiche superficiali del medesimo foglio allegato.

I lobi di conoide sono costituiti da ghiaie, talora grossolane, che sia lateralmente che sottocorrente tendono ad essere separate in più livelli da depositi più fini (Figg. 14 e 15, sondaggi, 240-S1, 240-S3, 240-S10, 240-S11 e 240-S1). In particolare, sottocorrente, i depositi ghiaiosi di canale passano a depositi sabbiosi e sabbioso-limosi di canale o argine fluviale i quali formano anch'essi dei corpi compositi, arealmente estesi, ma caratterizzati da limiti inferiore e superiore più irregolari e frastagliati (sistemi di canale fluviale giustapposti della pianura alluvionale, Fig. 10). Questi ultimi sono presenti nella gran parte dell'area dei Fogli 240 e 241 in questo intervallo stratigrafico (sondaggi 240-S2, 240-S4, 240-S5, 240-S7, 240-S8, 240-S9, 240-S12). Data la loro geometria for-

temente irregolare, lo spessore fortemente variabile e la loro modesta rilevanza dal punto di vista applicativo (raramente sono sede di acquiferi sfruttabili) non sono stati rappresentati nella cartografia di sottosuolo del Foglio Allegato alla Carta Geologica. Lateralmente e/o sottocorrente questi depositi grossolani di canale fluviale passano a depositi più fini di tracimazione fluviale che, al tetto, sono generalmente ben ossidati od interessati da pedogenesi e riferibili ad un ambiente di piana alluvionale drenata.

I depositi ghiaiosi e sabbiosi di conoide e piana alluvionale sopra descritti costituiscono la porzione regressiva sommitale del Subsistema di Villa Verucchio. Le microfaune analizzate nei rari depositi campionabili di questo intervallo stratigrafico hanno sempre fornito delle associazioni riferibili a condizioni ipoline,

TAB. 4 - Tabella dei risultati ottenuti dalle analisi radiometriche (metodo ^{14}C) su campioni di materia organica prelevati da sondaggi del progetto CARG, sondaggi del Progetto microzonazione sismica RER e sondaggi messi a disposizione da enti pubblici e privati per la campionatura. L'ubicazione dei sondaggi è illustrata in figura 8 e la stratigrafia dei sondaggi CARG e RER in Appendice 1. La profondità dei campioni è riferita al piano campagna. L'età è espressa in anni. (*) Nella colonna relative ai dati calibrati (Calib.), questi sono espressi in anni BP Before Present (per "present" si intende il 1950). I valori calibrati sono riportati come: età massima (età calibrata) età minima. Le calibrazioni sono state fatte con il programma: UNIVERSITY OF WASHINGTON QUATERNARY ISOTOPE LAB RADIOCARBON CALIBRATION PROGRAM REV 4.1.2 (STUIVER & REIMER, 1993, STUIVER et alii, 1998). () Datazioni a carico del I.G.M. del C.N.R. di Bologna.**

CODICE BANCA DATI	QUOTA SONDAGGIO	PROFONDITA' CAMPIONE	UNITA'	ETA' ^{14}C	RANGE	Calib 4.1.2 BP*	TECNICA DI DATAZIONE	TIPO DI MATERIALE	LABORATORIO
240-S1	30	9,8	AE ₈	11965	135	14050 (13912) 13864	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	ENEA (BOLOGNA)
240-S3	20	16,5	AE ₈	11020	215	13170 (13006) 12879	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	ENEA (BOLOGNA)
240-S4	13	13	AE ₈	8800	140	9889 (9846) 9794	Radiometrica	TORBA	ENEA (BOLOGNA)
240-S4	13	28,9	AE ₇	16900	140	20484 (20127) 19779	Radiometrica	LEGNO	ENEA (BOLOGNA)
240-S4	13	34,6	AE ₇	25400	1800	-	Radiometrica	FRUSTOLI VEGETALI	ENEA (BOLOGNA)
240-S5	2	9,5	AE ₈	5290	100	6166 (6103) 5996	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	ENEA (BOLOGNA)
240-S5	2	12,9	AE ₈	6770	105	7611 (7595) 7593	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	ENEA (BOLOGNA)
240-S5	2	18,5	AE ₈	10650	130	12817 (12714) 12671	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	ENEA (BOLOGNA)
240-S5	2	23,4	AE ₈	12500	220	15084 (14731) 14382	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	ENEA (BOLOGNA)
240-S5	2	31,6	AE ₇	19050	230	23054 (22601) 22169	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	ENEA (BOLOGNA)
240-S8	1	21,0	AE ₈	8840	100	10105 (10098) 9912	Radiometrica	ARGILLA ORGANICA	BETA ANALYTIC (MIAMI)
240-S8	1	30,5	AE ₈	13270	50	16177 (15948) 15724	AMS	ARGILLA ORGANICA	BETA ANALYTIC (MIAMI)
241-S1 (**)	2	10,1	AE ₈	5840	50	6723 (6662) 6569	AMS	ARGILLA ORGANICA	L.L.N.L.(LIVERMORE)
241-S1 (**)	2	14,9	AE ₈	9520	50	11036 (11029) 10745	AMS	ARGILLA ORGANICA	L.L.N.L.(LIVERMORE)
241-S1 (**)	2	23,7	AE ₈	14290	60	17381 (17123) 16880	AMS	ARGILLA ORGANICA	L.L.N.L.(LIVERMORE)
241-S1	2	39,8	AE ₇	38390	560	-	AMS	ARGILLA ORGANICA	BETA ANALYTIC (MIAMI)
240080P510	1	23,8	AE ₈	7625	110	8537 (8406) 8349	Radiometrica	LEGNO	L.O.D.Y.C. (PARIGI)
240080P508	1	20	AE ₈	7605	130	8535 (8391) 8221	Radiometrica	LEGNO	L.O.D.Y.C. (PARIGI)
240080P508	1	23	AE ₈	8215	100	8645 (8534) 8403	Radiometrica	CONCHIGLIE	L.O.D.Y.C. (PARIGI)
240080P509	1	11,4	AE ₈	1830	65	1768 (1762) 1735	Radiometrica	LEGNO	L.O.D.Y.C. (PARIGI)
240080P509	1	21	AE ₈	6940	120	7785 (7781) 7751	Radiometrica	LEGNO	L.O.D.Y.C. (PARIGI)
240130P504	31	17,8	AE ₈	12130	95	15142 (14109) 13857	AMS	ARGILLA ORGANICA	E.T.H. (ZURIGO)
240130P504	31	21	AE ₈	12320	90	1305 (1267) 937	AMS	ARGILLA ORGANICA	E.T.H. (ZURIGO)
240130P504	31	29,9	AE ₇	43470	1200	-	AMS	FRUSTOLI VEGETALI	E.T.H. (ZURIGO)

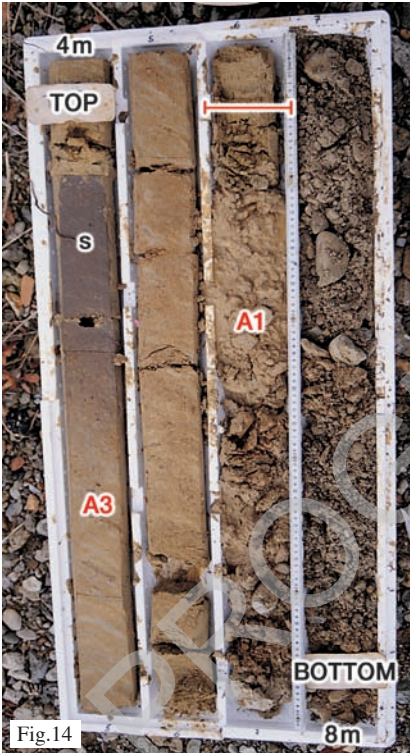


Fig. 14

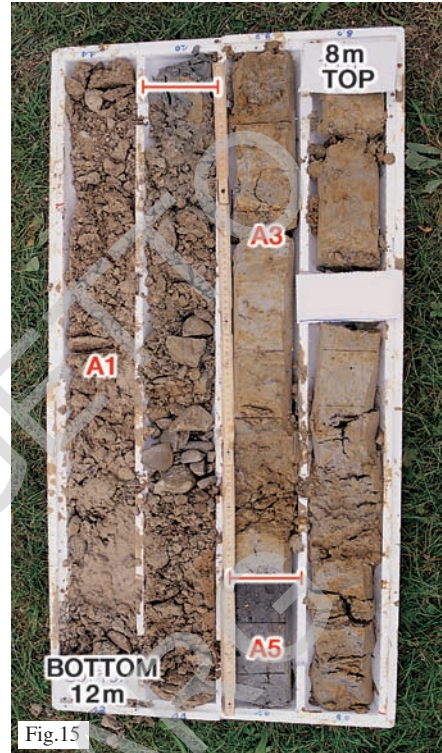


Fig. 15

Fig. 14 - Depositi ghiaiosi grossolani di riempimento di canale fluviale (A1) appartenenti alla porzione sommitale di AES7 (conoide alluvionale) sormontati, con contatto netto, da depositi limoso sabbiosi di argine (A3), relativi ad AES8, caratterizzati da forte ossidazione e dalla presenza di paleosuoli (s) di colore bruno scuro ed interamente decarbonatati (piana alluvionale ben drenata dell'alta pianura). Sondaggio 240-S11 (SO di Forlì), intervallo 4-8 m.

Fig. 15 - La foto mostra il medesimo contatto fra AES7 ed AES8 illustrato nella Fig. 14 rilevato due km a valle del sondaggio precedente (si noti che, rispetto alla figura precedente, la disposizione delle carote nelle casse è invertita, poiché i sondaggi sono stati eseguiti da due ditte differenti che usano criteri diversi di alloggiamento delle carote). In particolare si noti che: 1) le ghiaie fluviali (A1) di conoide in AES7 sono simili alle precedenti ma 4 m più basse rispetto al piano topografico; 2) i depositi limoso sabbiosi di argine (A3) di AES8 hanno, alla base e direttamente a contatto con le ghiaie, 20 cm di argille organiche grigie e nere di origine palustre (A5, non rappresentate in Appendice 1 per motivi di scala) che rappresentano i primi depositi trasgressivi di questa unità e/o ciclo deposizionale (le datazioni radiometriche eseguite sullo strato organico ha fornito un età di 11.965 +/- 135 anni). Il confronto dei due carotaggi indica che l'interruzione dei depositi ghiaiosi di conoide di AES7 coincide con una discontinuità stratigrafica che corrisponde ad una lacuna via via meno sviluppata da SO verso NE poiché, già a partire dai settori di alta pianura, oltre lo sbocco delle valli, cominciano ad essere preservati al di sopra di tale superficie i depositi palustri trasgressivi inferiori di AES8. Sondaggio 240-S1 (Forlì), intervallo 8-12 m.

anche nei settori più distali della pianura alluvionale (es.: sondaggio 240-S8).

Lo spessore di questo intervallo stratigrafico sommitale di AES₇, caratterizzato da sedimenti fluviali grossolani arriva ad un massimo di 25-30 m. Le datazioni radiometriche ¹⁴C eseguite nei depositi organici e nei frammenti legnosi in esso contenuti e tratti da sondaggi CARG hanno dato età comprese fra 16.900 +/- 140 e 38.390 +/- 560 anni (età BP. non cal., rispettivamente sondaggi 240-S4 e 241-S1); in un sondaggio messo a disposizione dal Comune di Forlì (codice banca dati 240130P504) è stata ottenuta l'età massima di 43.470 +/- 1.200 anni (Tab. 4).

Il limite di tetto di AES₇ non affiora nei Fogli 240 e 241. Esso viene posto, nel sottosuolo, in corrispondenza del tetto dei depositi grossolani di canale fluviale sopra descritti (Figg. 14, 15) oppure in corrispondenza del tetto delle tracimazioni di piana alluvionale ben drenata che ne costituiscono l'equivalente laterale e/o sottocorrente. Nella gran parte del foglio tale superficie è ricoperta dai depositi organici di piana alluvionale e di palude/laguna, appartenenti alla base, trasgressiva, del subsistema sovrastante (AES₈, Figg. 15 e 16). Nei fogli limitrofi di margine della pianura alluvionale questa superficie si correla verso monte con un suolo non calcareo molto evoluto di colore bruno rossastro e con spessore dell'orizzonte decarbonatato di oltre 1 m; esso si sviluppa direttamente sui depositi ghiaiosi di conoide (alfisuolo) o sui depositi intravallivi di tracimazione fluviale (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 256 Rimini, in stampa e Foglio 255, in preparazione). Anche nell'area a mare il tetto del subsistema è ben definito dal contatto erosivo dei depositi trasgressivi di AES₈ sui depositi di piana alluvionale di AES₇ riferibili all'ultimo massimo glaciale (18-20.000 anni BP). Al di fuori dell'area del foglio questi ultimi affiorano direttamente sul fondo dell'Adriatico (Fig. 17) e sono facilmente campionabili; datazioni effettuate su livelli ricchi in materia organica e/o torbe hanno fornito età sempre maggiori di 20.000 anni BP (FABBRI *et alii*, in stampa.).

Le analisi polliniche eseguite nei depositi di AES₇ dei sondaggi 240-S8 e 240-S13 evidenziano un'alternanza tra fasi caratterizzate dallo sviluppo di foreste composte soprattutto da elementi arborei a latifolia, dovute a condizioni climatiche di tipo interglaciale o interstadiale, e fasi deforestate caratterizzate da una vegetazione rada arbustivo-erbacea dominata da *Pinus* e pochi altri elementi soprattutto non-arborei, anche di tipo steppico (es.: *Artemisia*, *Ephedra*,...), dovute a condizioni climatiche di tipo glaciale o stadiale (si veda l'Appendice 3).

Il Subsistema di Villa Verucchio è spesso complessivamente da poche decine di metri presso il margine di SO del Foglio 240 ad oltre 100 m nei settori depocentrali della pianura (Fig. 10). La natura trasgressivo-regressiva dei depositi del subsistema definita sulla base delle facies e delle associazioni microfaunistiche, la ricostruzione della curva pollinica, le età radiometriche, nonché le analogie con aree limitrofe (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 223 Ravenna, 2002, e Foglio 256 Rimini, in stampa,) consentono di correlare il Subsistema di Villa Verucchio 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

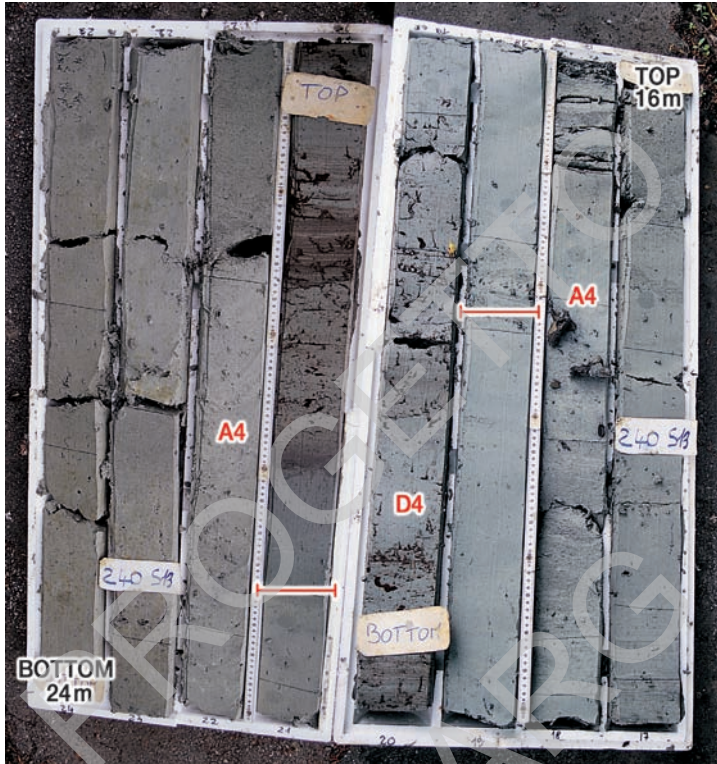


Fig. 16 - Alternanza di depositi argillosi e limosi di piana inondabile (A4) e depositi organici delti di palude-laguna (D4) caratteristici della porzione inferiore di AES₈ in tutto il settore della bassa pianura. Le microfaune esaminate in queste carote appartengono, rispettivamente, alle associazioni F e B1 (Appendice 2) ed indicano un chimismo delle acque variabile da ipoalino a salmastro. Sondaggio 240-S13 (Russi), intervallo 16-24 m.

di questa considerazione l'età del subsistema è attribuita all'intervallo compreso fra c.a. 125.000 anni e c.a. 17.000 anni BP (Pleistocene superiore).

1.2.3. - Subsistema di Ravenna (AES₈)

Tutti i depositi quaternari affioranti nei Fogli 240 e 241 sono stati attribuiti a questo subsistema. Poiché si tratta di un'unità relativamente superficiale e con spessore inferiore ad una trentina di metri essa è attraversata per intero da una gran parte delle indagini geognostiche della banca dati geologici, da sondaggi messi a disposizione dagli enti pubblici e privati per una visione diretta delle carote, nonché dai sondaggi e dalle penetrometrie appositamente realizzate (Figg. 6 e 8). Il Subsistema di Ravenna, perciò, rappresenta l'unità meglio caratterizzata

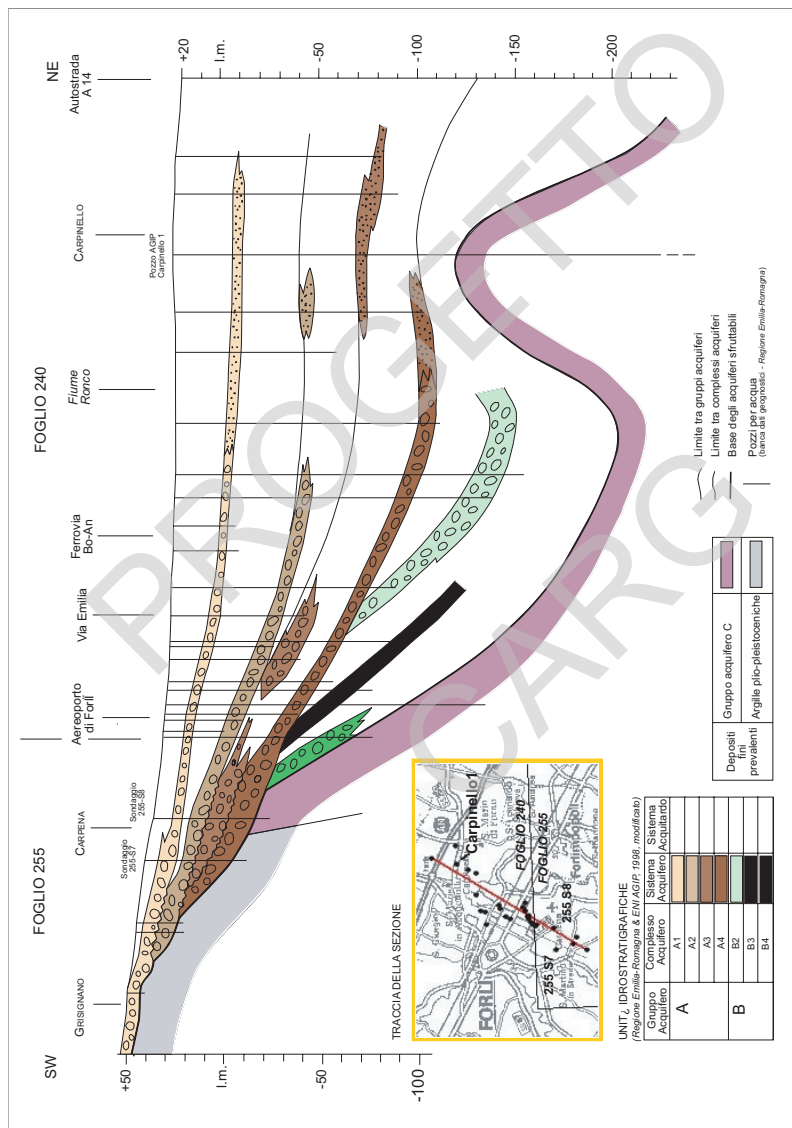


Fig. 17 - Interpretazione stratigrafica sequenziale dei sedimenti tardoquaternari dell'area costiera (sezione 1) e marina nord adriatica (sezione 2). (da AMOROSI et alii, 2000 mod.) LST- FST sistema di stazionamento basso e di caduta; TST sistema trasgressivo; HST sistema di stazionamento alto.

fra i depositi quaternari della pianura per quanto riguarda sia la superficie che 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 ed allo sbocco delle valli dei fogli immediatamente a sud ed ovest del Foglio 240 (Fogli 255 e 239) il Subsistema di Ravenna 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, nella superficie della pianura alluvionale dei Fogli 240 e 241, ad argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, rotta, ecc.) che dominano tutto l'areale in esame mentre le ghiaie e le sabbie di canale fluviale affiorano solamente nel margine meridionale del Foglio 240, quasi esclusivamente dove i fiumi principali sono incassati nelle scarpate di terrazzo.

Nell'area costiera i depositi affioranti del subsistema formano un'ampia piana di sabbia costituita da cordoni litorali, anche ghiaiosi, solo localmente interrotti dove i sistemi di canale e di argine dei fiumi principali sfociano in mare. Nelle aree topograficamente depresse che si interpongono fra un allineamento di cordone e l'altro sono anche presenti sottili depositi argillosi di laguna di retrocordone.

Il tetto del subsistema, che coincide con il piano topografico, presenta suoli con diverso grado di alterazione i cui orizzonti superiori variano da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei, affiorano prevalentemente nei quadranti meridionali. Essi hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro (Hue 10YR-2.5Y, Value 3-5, Chroma 2-4) e spessore degli orizzonti decarbonatati da 0,5 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 A-Bw-Bk: Inceptisuolo). Questi suoli sono associati a ritrovamenti di reperti archeologici di età variabile dal Bronzo al Romano (Fig. 5). La frequentazione romana è particolarmente evidente fra Cesena e Pisignano e ad est e ovest di Forlì dove il reticolo viario secondario segue ancora chiaramente le tracce della viabilità di epoca romana (la centuriazione; VEGGIANI, 1984a). Numerose tracce di frequentazione romana sono anche riconosciute lungo la statale Cesena-Ravenna (antica via Dismano), a monte della salina di Cervia (antica Via del Confine, VEGGIANI, 1984a, MONTEVECCHI & NOVARA, 2000) e sul cordone litorale più interno che affiora immediatamente a sud di Ravenna (CIABATTI & VEGGIANI, 1990). I suoli calcarei, che occupano la gran parte della superficie affiorante, appartengono all'unità AES_{8a} e sono descritti nel paragrafo corrispondente.

Nella pianura alluvionale e costiera dei Fogli 240 e 241 affiorano solamente i depositi sommitali del subsistema, pertanto la sua organizzazione interna ed i rapporti con il subsistema sottostante sono stati ricostruiti in gran parte con l'ausilio di dati geognostici di sottosuolo (Figg. 6 e 8). Sulla base di questi dati è stato possibile osservare che i depositi di AES₈ costituiscono la porzione trasgressiva e quella iniziale regressiva di un ciclo trasgressivo-regressivo, simile a quelli de-

scritti in precedenza, ma incompleto perchè attualmente in corso di evoluzione. I depositi di questo ciclo poggiano in contatto piuttosto netto sui depositi di canale e di tracimazione fluviale al tetto del ciclo sottostante (AES₇).

La descrizione seguente dei depositi sepolti di questo ciclo deposizionale si riferisce a tre distinti settori della pianura: il settore costiero (E-NE), il settore centrale della pianura alluvionale (zona centrale del foglio) e l'alta pianura (SO).

Nel settore costiero (si veda per es. la sezione superficiale D-D'-D'' del Foglio Allegato alla Carta Geologica, sondaggi 240-S6, 240-S7, 240-S8, 241-S1) i depositi di AES₈ sono in contatto netto sulle tracimazioni fluviali, spesso fortemente indurite e talora con toni di colore che indicano condizioni drenate (tetto di AES₇). La porzione trasgressiva del ciclo inizia con depositi organici palustri e lagunari contenenti una macro e microfauna indicanti condizioni variabili da ipoaline a mesoaline (queste ultime mai rilevate nella parte superiore di AES₇, es. sondaggio 240-S8). Nel settore costiero di SE (Foglio 241) i depositi lagunari fanno transizione, lateralmente, a depositi di tracimazione riferibili ad un antico apparato fluvio-deltizio del F. Savio (es. sondaggio 241-S1). L'insieme dei depositi palustri-lagunari passano lateralmente (verso mare) e verso l'alto, con contatto netto (superficie di *ravinement*) a depositi sabbiosi di cordone litorale ed a depositi argillosi e sabbiosi di prodelta (questi ultimi sono presenti solo nello spigolo di NE del Foglio 240). Sulla base dello studio delle microfaune è emerso che l'insieme dei depositi di piana costiera al di sotto della superficie di *ravinement* seguono generalmente uno schema costituito dall'alternanza di depositi lagunari e palustri (es. sondaggi 240-S6 e 240-S8) che sta ad indicare come la risalita del mare dopo il minimo glaciale non sia stata progressiva ma abbia avuto delle oscillazioni speculari a quelle del clima come raffigurato nei diagrammi pollinici (Figg. 11 e 12).

La transizione alla porzione regressiva del ciclo è generalmente graduale. Tale porzione è costituita prevalentemente dai medesimi depositi di cordone litorale i quali però possono includere anche corpi ghiaiosi di spiaggia a diversi livelli stratigrafici che talora, ne rappresentano il tetto stratigrafico. Questi depositi ghiaiosi sono considerati il prodotto delle fasi di smantellamento delle fronti deltizie dei fiumi meridionali (es. Marecchia, Conca), della rielaborazione dei rispettivi depositi di barra di foce ghiaiosa (ben sviluppati in questi fiumi: es. CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 256 Rimini, in stampa) e del trasporto lungo costa dei ciottoli verso NO (VEGGIANI, 1965). Nel settore settentrionale del Foglio 240 la parte regressiva del ciclo si chiude con la progredazione di depositi di palude-laguna e di piana alluvionale sui cordoni litorali precedentemente descritti.

Nel settore centrale della pianura alluvionale (sondaggi 240-S2, 240-S4, 240-S5, 240-S9, 240-S12 e 240-S13) il limite fra AES₈ ed AES₇ è meno netto ed evidente. I depositi lagunari trasgressivi di AES₈ fanno transizione, verso monte, a depositi fini di piana alluvionale non drenata alternati a depositi organici di palude. In questo settore, pertanto, il limite fra i due subsistemi si colloca all'interno di facies di piana alluvionale in cui i depositi di AES₇ si caratterizzano per

la frequenza di depositi grossolani (canale o rotta fluviale), per la presenza di tracce di pedogenesi o quanto meno di orizzonti giallastri o screziati (indicanti condizioni ben drenate) mentre in quelli di AES₈ prevalgono caratteri tipici della pianura non drenata (frequenti episodi palustri, buona preservazione della sostanza organica, colori grigi, assenza di pedogenesi). Nell'area di NE di questo ampio settore della pianura i depositi marini di cordone litorale si chiudono repentinamente verso SO e passano ad un potente corpo di depositi palustri e lagunari che rappresenta il prodotto di un lungo stazionamento, in quest'area, di un ambiente di retrobarriera e di piana deltizia. La porzione regressiva del ciclo inizia all'interno dei depositi alluvionali di piana non drenata, palude e laguna che vengono progressivamente sostituiti verso NE dai depositi di piana ben drenata che chiudono il ciclo in affioramento.

Nel settore di alta pianura presente nel quadrante SO del Foglio 240 (sondaggi 240-S1, 240-S3, 240-S10, 240-S11 e 240-S14) i depositi di AES₈ poggiano in contatto netto sulle ghiaie e sabbie di conoide alluvionale che caratterizzano il tetto di AES₇. La porzione trasgressiva del ciclo è data da depositi fini di piana alluvionale non drenata alternati a depositi organici di palude analoghi a quelli descritti per il settore centrale della pianura. Solo nella porzione più sud occidentale del Foglio 240 (sondaggio 240-S11, Fig. 14) questi depositi sono del tutto assenti. I sedimenti grigi e neri di piana non drenata e palude passano gradualmente, verso l'alto, a depositi prevalentemente fini di tracimazione fluviale, caratterizzati nella parte inferiore da colori grigiastri che superiormente tendono a diventare gialli screziati. Più in alto si assiste ad un aumento della frequenza e dello spessore dei livelli ossidati giallastri fino a sviluppare dei veri e propri suoli decarbonatati (Fig. 15). Questo passaggio è ben documentato anche nei fogli limitrofi (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 256 Rimini, in stampa) e rappresenta l'evoluzione da una piana alluvionale non drenata ad una piana alluvionale ben drenata (FARREL, 1987, ASLAN & AUTIN, 1999); esso riflette lo sviluppo di un reticolo idrografico progressivamente sempre più inciso in un contesto di aggradazione / progradazione della pianura alluvionale. Le tracimazioni fluviali contengono solo sporadici e discontinui depositi ghiaiosi e sabbiosi di canale fluviale che risultano cartografabili solo dove affiorano in corrispondenza degli attuali fiumi principali e sono confinati dalle scarpate di terrazzo attualmente preservate (unità AES_{8a}).

Sulla base di quanto detto si possono riassumere i 2 principali elementi caratterizzanti il Subsistema di Ravenna lungo tutta l'area dei Fogli 240 e 241:

1) Il limite inferiore è ben definito come contrasto di facies nel settore di alta pianura dove i primi depositi di AES₈ sono caratterizzati da facies di piana alluvionale non drenata e palude e poggiano direttamente sui depositi di conoide alluvionale di AES₇ e nel settore di pianura costiera dove i primi depositi di AES₈ sono costituiti da depositi lagunari e marini e poggiano sui depositi fluviali di AES₇. Nella porzione intermedia (settore centrale della pianura) il limite è espresso in modo meno brusco, non corrisponde ad un netto cambio di ambiente, ed è riconoscibile solo per una generale tendenza al prevalere dei depositi fini

di piana non drenata e palude sui depositi relativamente più grossolani di piana alluvionale sottostanti.

2) La porzione basale di AES₈ è caratterizzata dalla frequente presenza di sedimenti ricchi di sostanza organica palustri e/o lagunari di natura trasgressiva che si accompagnano ad una generale disattivazione dei sistemi fluviali del ciclo sottostante ed ad un generale spostamento verso monte dei sistemi deposizionali. Questo intervallo basale costituisce pertanto un orizzonte stratigrafico di correlazione molto importante che caratterizza la base del subsistema in settori della pianura anche abbastanza diversi e lontani fra loro (per distanze dell'ordine di decine di chilometri). La sua età, definita su basi radiometriche (età B.P. non cal.), varia da 14.290 +/- 60 (sondaggio 241-S1) a 8.215 +/- 100 (codice banca dati 240080P508, Tab. 4). Deposit analoghi per facies, posizione stratigrafica ed età sono stati individuati in tutti i fogli della pianura emiliano-romagnola rilevati od in corso di realizzazione per la Carta Geologica d'Italia (in particolare: CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 223 Ravenna, 2002 e Foglio 256 Rimini, in stampa).

In ampi settori dei Fogli 240 e 241, pertanto, la superficie trasgressiva che separa il subsistema AES₈ da AES₇ è espressa da una rapida variazione di facies che, in analogia a quanto riportato nei fogli della Carta Geologica summenzionati, materializza verosimilmente una lacuna stratigrafica di qualche migliaio di anni. Però, contrariamente a quanto rilevato in CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 223 Ravenna (2002) e Foglio 256 Rimini (in stampa), tale lacuna non è ben documentata con datazioni radiometriche sulla verticale di un singolo sondaggio. L'insieme dei dati disponibili ed in particolare i caratteri di facies sopra descritti suggeriscono che la lacuna temporale fra le due unità sia ben sviluppata solo nei settori di alta pianura e di pianura costiera, dove può superare i 10.000 anni (si veda anche CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 223 Ravenna, 2002 e Foglio 256 Rimini, in stampa), mentre sia più ridotta, se non localmente assente, nel settore centrale della pianura, corrispondente alla fascia centrale del Foglio 240.

Nel settore a mare il Subsistema di Ravenna è estesamente presente ed è attraversato da sondaggi AGIP e, limitatamente alla porzione superiore, da carotaggi convenzionali. I profili sismici ad alta risoluzione mettono bene in evidenza la struttura interna dell'unità e consentono di definire unità minori e facies sismiche riconducibili a specifici sistemi deposizionali. Sulla base di questi dati si è potuto osservare che anche nel settore a mare il subsistema è limitato inferiormente dal contatto erosivo dei depositi trasgressivi marino-marginali e/o continentali in assetto retrogradazionale su depositi di piana alluvionale di AES₇. I depositi trasgressivi sono parzialmente ricoperti (nella fascia più vicina a costa) da una unità progradante prevalentemente pelitica a geometria sigmoidale; si tratta di depositi marini di prodelta deposti durante la fase di stazionamento alto del livello del mare (5500 B.P. - Attuale) e che costituiscono una fascia continua allungata parallelamente alla linea di costa; tale geometria riflette l'interazione tra processi fluviali (apporto di sedimenti fini) e marini (ridistribuzione da parte

di correnti geostrofiche). In figura 17 sono riportate due sezioni geologiche: la sezione 1 costruita lungo la linea di costa (coincidente con la sezione D-D'-D'' del Foglio Allegato alla Carta Geologica) e la sezione 2 costruita perpendicolarmente alla linea di costa e sviluppata molto più al largo rispetto alla porzione di Mare Adriatico compresa nel Foglio 240 e 241. Le sezioni sono state costruite seguendo un approccio stratigrafico-sequenziale ed utilizzando superfici chiave identificate sulla base dei dati sismici e dell'analisi di facies condotta su dati di carote. Con tale approccio i sistemi deposizionali sono inquadrati all'interno di uno schema cronostratigrafico preciso e ciò consente una miglior comprensione dell'evoluzione paleogeografica e paleoambientale dell'area in relazione alle variazioni climatiche ed eustatiche. Come si può notare nelle sezioni, il Subsintema di Ravenna corrisponde all'insieme dei sistemi trasgressivi e di stazionamento alto del livello marino (TST e HST), che, sulla base di questo approccio, possono essere differenziati fra loro.

Il subsintema ha una geometria complessiva relativamente tabulare con spessori che si aggirano intorno ai 25 m e passa ad una geometria cuneiforme verso lo spigolo SO del foglio dove lo spessore si riduce rapidamente a 4-5 m. L'andamento della base del Subsintema di Ravenna nei Fogli 240 e 241 è illustrato in uno schema apposito del Foglio Allegato alla Carta Geologica.

Sulla base dei dati radiometrici l'età del subsintema è compresa fra c.a. 14.000 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 e Foglio 256 Rimini, in stampa).

Analoga a ciò che è stato fatto negli altri fogli della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 in corso di realizzazione o stampa della pianura emiliano-romagnola, in questo subsintema è stata distinta una unità di rango gerarchico inferiore: l'unità di Modena (AES_{8a}) la quale contiene i depositi più superficiali (sempre affioranti) e più recenti del foglio, compresi quelli attualmente in evoluzione (si veda il lavoro di CREMASCHI & GASPERI, 1989 per quanto riguarda la descrizione dei depositi rilevati nella località tipo). Pertanto essa include, concettualmente, i depositi fluviali in evoluzione b1 che però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente.

AES_{8a} è un'unità pellicolare, di pochi metri di spessore, che raggiunge i 10 m solo localmente, in corrispondenza dei riempimenti dei principali canali fluviali o lungo le fronti deltizie.

Nel settore di alta pianura a SO del Foglio 240 la base di AES_{8a} è data da una superficie di erosione fluviale che passa lateralmente ad una scarpata di terrazzo in cui sono confinati i depositi di canale. Nei settori di pianura la base di AES_{8a} è individuata dal contatto, in discontinuità, delle sue traccimazioni fluviali sul suolo non calcareo o scarsamente calcareo di AES₈ che contiene i reperti di epoca romana o più antica in posto. Nel settore costiero è data dalla base erosiva discordante di cordoni litorali e di fronti deltizie sabbiose che tagliano i cordoni

spesso ghiaiosi di AES_g.

Il tetto di AES_{ga} 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 (Fig. 5) ed è caratterizzata da una buona preservazione delle forme deposizionali originarie (ad esempio argini e piane inondabili).

Nel settore di alta pianura, lungo il corso dei fiumi principali, l'unità è costituita da depositi ghiaiosi e sabbiosi di canale fluviale. Essi sono organizzati in un unico ordine di terrazzo che incide sia AES_g che, in parte, i depositi di argine della stessa unità di Modena. Nella pianura alluvionale prevalgono i depositi di tracimazione fluviale, all'interno dei quali è stato possibile distinguere fra depositi sabbioso-limosi di argine, canale e rotta fluviale e depositi argillosi e limosi di piana inondabile, data la scarsa alterazione della superficie affiorante e la buona preservazione delle forme deposizionali. Nel settore costiero AES_{ga} è costituita, come AES_g, da depositi sabbiosi di cordone litorale e di fronte del delta che si sviluppano (e si preservano) prevalentemente a partire dal X secolo d.C. (CIABATTI & VEGGIANI, 1990). Però, contrariamente ad AES_g, questi cordoni solo raramente includono depositi di spiaggia ghiaiosa, allineati lungo il limite SO di affioramento del cordone più interno. Localmente le sabbie di cordone sono separate da sottili depositi fini di



Fig. 18 - Immagine dei ritrovamenti archeologici della villa romana di Russi (RA), situata nel quadrante di NO del Foglio 240. Gli splendidi mosaici dei pavimenti sono stati sepolti da c.a. 10 metri di sedimenti alluvionali che li hanno preservati dall'usura del tempo (la base degli edifici sullo sfondo, situati al di fuori dell'area di scavo è appunto 10 metri più alta rispetto al piano della foto).

laguna di retrocordone. Il settore a mare è completamente occupato da questa unità che è rappresentata da depositi superficiali di spiaggia sommersa e di prodelta.

L'età di AES_{8a} 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., Fig. 18);

2) l'assenza di questi reperti all'interno dei depositi di AES_{8a} o la loro presenza esclusivamente come elementi rimaneggiati;

3) l'alterazione pedogenetica modesta o del tutto assente della superficie affiorante di AES_{8a}.

Più in dettaglio i dati storici ed 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 NAZIONALE, 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, ma estesamente presenti nella pianura sepolta e rappresentati negli elaborati del Foglio allegato alla Carta Geologica. Per la caratterizzazione di questi ultimi si è fatto largo uso sia di osservazioni dirette (carotaggi appositamente realizzati) che di quelle indirette (informazioni contenute nella Banca Dati geognostici della Regione Emilia-Romagna). Fra le osservazioni indirette si sottolinea l'importanza delle prove penetrometriche elettriche (CPTe), con particolare riferimento a quelle con piezocono (CPTU) appositamente realizzate per il Progetto CARG e le cui potenzialità per la caratterizzazione dei sistemi deposizionali sepolti è stata recentemente enfatizzata in AMOROSI & MARCHI (1999).

1. - DEPOSITI ALLUVIONALI

1.1. - CONOIDE E PIANA ALLUVIONALE

1.1.1. - *Ghiaie di riempimento di canale fluviale*

Depositi costituiti prevalentemente da ghiaie che variano da grossolane a fini; sono grano-sostenute ed hanno matrice sabbiosa o, più raramente, argillosa. Quelle più

grossolane sono malcernite, hanno ciottoli di forma variabile da appiattita a subsferica e sono spesso prive di strutture sedimentarie, anche se, localmente, possono avere un accenno di gradazione e di embriciatura dei ciottoli. Al contrario le ghiaie fini sono costituite da ciottoli frequentemente appiattiti, embriciati e con uno sviluppo di gradazione positiva. Gli strati variano da spessi a molto spessi ma preferenzialmente sono amalgamati e formano dei corpi di spessore compreso fra 2 e 5 metri che costituiscono la porzione grossolana di una sequenza positiva. Questa si chiude con uno spessore variabile da pochi decimetri a qualche metro di sabbie, limi ed argille in contatto netto sulle ghiaie (Figg. 14, 15). Nelle penetrometrie meccaniche ed elettriche queste ghiaie offrono una resistenza all'attraversamento della punta estremamente alta (maggiore di 350-400 kg/cm²) per cui la prova si arresta in corrispondenza della superficie sommitale del deposito. Questi depositi sono interpretati come sequenze di riempimento di canale ghiaioso. Essi formano corpi a geometria nastriforme, larghi qualche centinaio di metri, che incidono con contatto netto ed erosivo le tracimazioni fluviali adiacenti (canali singoli di piana alluvionale). Talora i singoli depositi di canale si saldano lateralmente e verticalmente e formano dei corpi composti con geometria d'insieme relativamente tabulare e spessore fino a 10 metri ed oltre (canali amalgamati di conoide, sondaggi 240-S1, 240-S11, Appendice 1).

Essi sono presenti solo marginalmente in superficie (a ridosso dello sbocco vallivo dei F. Montone e Rabbi) mentre si sviluppano nel sottosuolo in ampi settori dei quadranti meridionali dove formano estesi lobi di conoide alluvionale in contatto netto ed erosivo con le tracimazioni fluviali sottostanti.

1.1.2. - *Sabbie di riempimento di canale e di rotta fluviale*

Depositi costituiti da sabbie organizzate in sequenze positive ben sviluppate, con granulometria che passa da medio-grossolana, spesso anche con ciottoli, a fine e finissima con un passaggio graduale ai depositi limosi ed argillosi di chiusura della sequenza. Lo spessore del singolo corpo sabbioso si aggira fra i 2 e 5 metri. Nelle CPTE e CPTU questi corpi si caratterizzano per gli alti valori di resistenza alla punta (> 100 kg/cm²), il basso rapporto fra l'attrito laterale e la resistenza alla punta, i valori negativi di sovrappressione interstiziale ed 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 interpretati come sequenze di riempimento di canale sabbioso e di rotta fluviale (es. sondaggi 240-S1, 240-S2, 240-S4, 240-S8, 240-S9). Essi sono presenti marginalmente in superficie (in alta pianura lungo l'attuale corso dei F. Montone, Rabbi, Ronco e Savio) mentre si sviluppano estesamente nel sottosuolo di tutta la pianura alluvionale e costiera dove formano corpi larghi da varie centinaia di metri a qualche chilometro, in contatto netto ed erosivo, con le tracimazioni fluviali sottostanti. Costituiscono la prosecuzione fisica sottocorrente dei depositi di canale ghiaioso (piana alluvionale e transizione con la conoide).

1.1.3. - *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 ed intercalazioni di argilla al tetto. Questi sono considerati depositi di argine, di riempimento di canale (soprattutto del reticolo idrografico secondario) e di rotta fluviale (Figg. 14, 15). Questi depositi sono stati cartografati solo in superficie (riferiti ad AES_{8a}) dove formano dei corpi rilevati a geometria nastriforme, di larghezza variabile da poche centinaia di metri a 5 km e possono essere formati da un singolo sistema fluviale o da più sistemi coalescenti. Sulla superficie di questi corpi sono spesso visibili le tracce dei canali abbandonati e dei ventagli di rotta. Lo spessore massimo è intorno a 5-6 m. Questi corpi passano lateralmente a depositi di piana inondabile con contatti graduali.

1.1.4. - *Argille e limi di piana inondabile*

Depositi costituiti da argille e limi in strati medi e spessi con rare intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose in strati da molto sottili a medi. Spesso le argille contengono tracce di apparati radicali e sono intensamente bioturbate per cui non sono più visibili la stratificazione e le strutture sedimentarie originarie. Questi sono interpretati come depositi di piana inondabile (Fig. 16). Sono stati cartografati solo in superficie (riferiti in gran parte a AES_{8a}) dove sono presenti in corrispondenza delle aree relativamente depresse interposte ai rilievi deposizionali degli argini, canali e rotte fluviali e fra questi e la fascia dei depositi litorali ("valli"). Formano corpi a geometria allungata parallelamente agli assi fluviali, che può divenire più complessa quando diverse aree interfluviali si saldano fra loro; sono spessi generalmente pochi metri. Passano lateralmente a depositi di argine, canale e rotta fluviale con contatti graduali o a depositi di cordone litorale con contatti netti.

1.1.5. - *Alternanze di sabbie, limi ed argille di tracimazione fluviale indifferenziata*

Depositi costituiti da alternanze millimetriche, centimetriche e decimetriche di sabbie fini e finissime, limi ed argille in strati da molto sottili a spessi. Il rapporto fra sabbia, limo ed argilla è variabile da zona a zona. Gli intervalli sabbioso limosi sono caratterizzati da stratificazione prevalentemente sottile e media all'interno di sequenze decimetriche e metriche con gradazione positiva o negativa-positiva. Questi passano verso l'alto ad argille in strati da medi a molto spessi, che presentano bioturbazione diffusa o concentrata attorno ad apparati radicali e presentano locali accumuli di sostanza organica indecomposta. I colori

di questi depositi possono essere grigio omogeneo, grigio con screziature giallastre e giallo ocraceo omogeneo. Dove prevalgono i colori grigi, il tetto argilloso-limoso delle sequenze positive è spesso caratterizzato dalla presenza di locali accumuli di sostanza organica indecomposta. Al contrario, quando prevalgono i colori giallastri il tetto delle sequenze positive è caratterizzato dallo sviluppo di suoli (Appendice 1). Questi depositi sono interpretati come sequenze composte costituite prevalentemente da tracimazioni fluviali, all'interno delle quali non viene operata una differenziazione fra i depositi di argine e rotta fluviale (inclusi i depositi sabbioso-limosi di canale del reticolo secondario) da quelli di piana inondabile (Fig. 19). Tale differenziazione, infatti, è particolarmente difficoltosa nei depositi affioranti più antichi di AES_{8a} a causa dei processi di erosione, bioturbazione e pedogenesi che hanno modificato le tessiture e le forme deposizionali originarie. Allo stesso tempo questa differenziazione è notevolmente arbitraria nei depositi di sottosuolo, sia per la forte variabilità intrinseca di questi ambienti deposizionali sia perché, in questo ambito, la gran parte delle informazioni litologiche disponibili si basa sui dati geognostici della banca dati regionale, che solo raramente contengono descrizioni sedimentologiche sufficientemente dettagliate. Gli intervalli caratterizzati da colori grigi e preservazione di sostanza organica sono riferiti a condizioni non drenate, mentre quelli con colori gialli e



Fig. 19 - Sottili alternanze di argille, limi e sabbie fini che caratterizzano i depositi di tracimazione fluviale (facies A3 ed A4). Sondaggio 240-S14 (S. Leonardo, W di Forlì), intervallo 20-24 m.

suoli sono riferiti a condizioni ben drenate (es. FARREL, 1987).

Questa associazione di facies composita è stata distinta all'interno di AES₈, dove costituisce un grosso corpo a geometria relativamente tabulare a grande scala, spesso mediamente intorno a 25 m ed include, al suo interno, depositi grossolani di canale fluviale ed argille e limi palustri e lagunari.

1.1.6. - Argille e limi con sostanza organica palustri (solo sottosuolo)

Questi depositi, illustrati negli elaborati del Foglio allegato alla Carta Geologica, sono stati individuati e caratterizzati solo nel sottosuolo sulla base di indagini geognostiche (carotaggi continui e CPTU) e su di essi, pertanto, non sono disponibili osservazioni dirette di superficie. Sono costituiti da argille ed, in minor misura, 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 molto subordinata od 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 non particolarmente dettagliate (per esempio come "argille



Fig. 20 - Argille palustri della piana alluvionale (A5). Si noti la presenza di sostanza organica diffusa nelle argille (argille nere) o concentrata in lamine millimetriche e centimetriche (sottili alternanze di lamine chiare e scure). Sondaggio 240-S10 (Carpinello, NE di Forlì), intervallo 40-44 m.

nera” e “torbe”). La sostanza organica è presente in (Figg. 15, 20): a) lamine millimetriche dentro argille finemente stratificate; b) frammenti vegetali millimetrici e centimetrici talora riconoscibili come apparati radicali verticali in posizione fisiologica; c) come sostanza organica diffusa nell’argilla. Quest’ultimo caso è molto frequente. Qui la sostanza organica si concentra, tramite un progressivo graduale incremento verso l’alto, al tetto di cicli dominati da litologia molto fine e con gradazione positiva. All’interno di questi cicli i livelli scuri possono costituire da circa il 5 al 30 % dell’intero deposito. 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. Nelle CPTU questi depositi si caratterizzano per i valori particolarmente bassi 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 microfaune sono rappresentate generalmente da Ostracodi ipoalini appartenenti all’associazione F nei sondaggi più interni (sondaggi 240-S2, 240-S6 e 240-S11).

Gli orizzonti più sottili di questi depositi sono riferiti ad episodi palustri effimeri entro un’associazione di facies di piana inondabile non drenata. Gli orizzonti più spessi e più estesi arealmente, con frequenti livelli perfettamente laminati, sono interpretati come vere e proprie paludi d’acqua dolce di area interfluviale (es. sondaggio 240-S2). Lo spessore complessivo dell’associazione di facies varia da pochi decimetri a qualche metro. Questi corpi passano lateralmente e verticalmente a depositi di tracimazione fluviale in contatto da graduale a netto. Verso la piana costiera passano, con contatto graduale, a depositi organici di palude-laguna.

2. - DEPOSITI DELTIZI, LITORALI E MARINI

2.1. - FRONTE DELTIZIA E PIANA DI SABBIA

2.1.1. - Sabbie di cordone litorale

Sono depositi essenzialmente sabbiosi a granulometria da finissima a grossolana e buona cernita, contenenti bioclasti di molluschi marini sparsi o concentrati in livelli centimetrici. Talora contengono livelli di ciottoli appiattiti.

Costituiscono un grosso corpo cuneiforme presente nella zona costiera contenente al suo interno diverse litofacies:

- 1) sabbie massive molto ben cernite e prive di matrice che non contengono bioclasti marini ed hanno colore giallo-bruno, spessore 1-3 m (litofacies 1); sono presenti al tetto del corpo sabbioso e costituiscono la porzione affiorante del corpo stesso;

- 2) sabbie fini limose e limi sabbiosi in fitte alternanze centimetriche e decimetriche, con rari o assenti bioclasti, spessore di qualche metro (litofacies 2); sono presenti a ridosso delle foci dei fiumi Savio e Fiumi Uniti e mostrano, in pianta, degli allineamenti delle creste dunari con geometria a cuspidate estese 2-4 km;
- 3) sabbie da massive a laminate con rare intercalazioni di limi sabbiosi, qualche livello a ciottoli, un contenuto variabile di bioclasti, colore grigio-giallastro, spessore fino a 15 m (litofacies 3); rappresenta la litofacies più diffusa ed è presente soprattutto nella porzione medio-superiore del cuneo sabbioso;
- 4) sabbie e sabbie limose con intercalazioni di sottili livelli di limo, tracce di sostanza organica sotto forma di frammenti vegetali, colore grigio scuro, frequenti concentrazioni di bioclasti, spessore 1-5 m (litofacies 4); sono presenti soprattutto nella porzione inferiore del cuneo sabbioso;
- 5) *lag* conchigliari di molluschi marini interi od in frammenti, spessi da pochi cm a qualche dm spesso associati a qualche ciottolo (litofacies 5); sono presenti soprattutto alla base del corpo sabbioso.

E' anche presente una litofacies di ghiaie e ghiaie sabbiose che è stata descritta a parte nel paragrafo seguente.

Nelle CPTe e CPTU questi corpi si caratterizzano per i valori relativamente alti di resistenza alla punta (mediamente $> 50 \text{ kg/cm}^2$) anche se fortemente variabili, il basso rapporto fra l'attrito laterale e la resistenza alla punta, i valori negativi di sovrappressione interstiziale ed il tipico andamento della curva della resistenza alla punta dato da valori molto alti al tetto con una progressiva diminuzione verso il basso, per poi aumentare nuovamente alla base del corpo dove la curva mostra una brusca caduta in corrispondenza del passaggio ai depositi sottostanti (cfr. con AMOROSI & MARCHI, 1999).

In base alle analisi micropaleontologiche le associazioni microfaunistiche che si rinvencono più frequentemente nei depositi sopra descritti appartengono alle associazioni marino-litorali M1, M2 ed M3 (si veda l'Appendice 2 e Fig. 11).

Queste sabbie sono riferite a depositi di cordone litorale organizzati in una sequenza retrogradante-progradante (sondaggi 240-S6, 240-S8) con facies di duna di retrospiaggia al tetto (litofacies 1) localmente interrotte dalle foci dei fiumi principali con le relative facies di fronte deltizia (litofacies 2); passano verso il basso a facies di spiaggia (battigia e spiaggia sommersa, litofacies 3) e a facies di barriera trasgressiva (litofacies 4 e 5). Esse costituiscono un corpo cuneiforme che si ispessisce rapidamente verso mare fino a raggiungere, nello spigolo NE del foglio 240, 25-26 m. In questo settore il cuneo sabbioso è bipartito in due rami: un ramo trasgressivo inferiore (in facies di barriera trasgressiva) ed uno superiore (in facies di cordone progradante) separati da depositi di prodelta (con spessore crescente verso NE da 1 a 12 m, sondaggio 240-S7). Questo corpo è in contatto netto con le argille e limi con sostanza organica di palude, palude salmastra e laguna o direttamente con le tracimazioni fluviali di piana alluvionale sia alla base (superficie di *ravinement*) che al tetto. In ampi settori della pianura costiera è direttamente affiorante. Talora include depositi di cordone litorale ghiaioso.

2.1.2. - *Ghiaie di cordone litorale*

Depositi costituiti da ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose. Le ghiaie sono fini e medie con matrice sabbiosa che talora è prevalente e con inclusi bioclasti di molluschi marini. Hanno ciottoli appiattiti e ben classificati e sono organizzate in strati medi e spessi, talora amalgamati o alternati a strati di sabbie medie e grossolane. Costituiscono una litofacies particolare dei depositi di cordone litorale sopra descritti (sondaggio 240-S6), che per il buon livello di riconoscimento nella banca dati geognostici nonché la loro rilevanza dal punto di vista applicativo (vengono diffusamente estratte per il recupero di inerti sin da epoche storiche, VEGGIANI, 1960) sono state cartografate separatamente nella carta geologica di superficie. Sono interpretati come depositi di spiaggia ghiaiosa. Formano corpi spessi 1-5 m, si sviluppano parallelamente ai cordoni litorali sabbiosi e sono larghi fino ad un chilometro. Sono inclusi a diversi livelli stratigrafici nei depositi di cordone litorale sabbioso (associati alle litofacies 1,3 e 4) e, in parte, sono anche affioranti.

2.1.3. - *Argille e limi con sostanza organica di palude-laguna*

Argille e 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 od assente. Presenza variabile di bioturbazione. Frequenti resti conchigliari sia interi che in frammenti.

Contiene al suo interno diverse litofacies (Fig. 16):

- 1) argille e limi in lamine millimetriche spesso fortemente arricchite in sostanza organica (aspetto varvato), bioturbazione rara o assente, scarsi livelli con frammenti conchigliari; presenti frammenti di legno, livelli di argille nere e torbe;
- 2) argille limose e limi omogenei, con sostanza organica diffusa ma poco abbondante. Frammenti conchigliari e gusci interi molto abbondanti sia gasteropodi che lamellibranchi a guscio sottile, bioturbazione diffusa;
- 3) intercalazioni di livelli di sabbie finissime e sabbie limose in strati sottili e medi (raramente spessi) associati a tritume conchigliare.

Alle litofacies precedenti si aggiungono, in stretta associazione: (4) intercalazioni a scala da centimetrica a metrica di argille e 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 molto subordinata od assente (si vedano le “argille e limi con sostanza organica palustri” descritti nell’ambito dei sistemi di piana alluvionale).

Nelle CPTU questi depositi (litofacies 1,2 e 4) si caratterizzano per i valori particolarmente bassi di resistenza alla punta ($< 10\text{kg/cm}^2$) e di attrito laterale (che spesso è al di sotto della risoluzione strumentale), nonché valori molto alti di sovrappressione interstiziale che si accompagnano a tempi di dissipazione particolarmente lunghi (AMOROSI & MARCHI, 1999). Localmente, in particolare

dove questi depositi sono particolarmente estesi e spessi, nelle CPTU sono presenti picchi isolati, con base e tetto netti e spessore centimetrico e decimetrico, dati da un improvviso forte incremento dei valori di resistenza alla punta ed una caduta sia del rapporto fra l'attrito laterale e la resistenza alla punta che della sovrappressione interstiziale (litofacies 3).

Le microfaune rinvenute nei depositi su descritti appartengono alle associazioni del gruppo B tipiche di baia o laguna o all'associazione F caratteristica di laghi o paludi (si veda l'Appendice 2). Le analisi polliniche (sondaggio 240-S8) rivelano l'abbondanza di Chenopodiaceae insieme con frequenti granuli di cf. *Limonium*, indicante prossimità o presenza *in situ* di ambienti salmastri. Tali piante sono molto comuni attualmente in ambienti simili delle Valli di Comacchio.

Questi sono interpretati come depositi di palude - laguna (litofacies 1, 2 e 4) in cui si ha un contributo variabile di acqua dai fiumi o dal mare. Gli episodi di massimo influsso marino sono rappresentati dai depositi di *washover* (litofacies 3). Nei depositi superficiali dei Fogli 240 e 241 sono riferibili a depositi di retrocordone ed hanno geometria allungata secondo le direzioni dei cordoni principali, con spessori da pochi decimetri a qualche metro e contatti netti con i depositi di cordone litorale. Nel sottosuolo comprendono anche depositi riferibili ad aree interdistributrici di piana deltizia ed al retrobarriera di complessi barriera/laguna. Questi sono molto più potenti dei precedenti e raggiungono spessori di 10-15 m subito a monte della chiusura del cordone litorale con il quale hanno sempre contatti netti (sondaggi 240-S5, 240-S8). I contatti variano da netti a transizionali con i depositi di tracimazione fluviale e di palude della piana alluvionale.

2.2. - PRODELTA E TRANSIZIONE ALLA PIATTAFORMA

Depositi costituiti da argille limose, argille e limi argillosi ricchi di materiale conchigliare, con intercalazioni di sabbie fini e finissime in strati da molto sottili a sottili. Formano un corpo a geometria cuneiforme che si sviluppa a partire dallo spigolo di NE del sottosuolo della pianura costiera (sondaggio 240-S7) per poi estendersi nell'area a mare, con spessore massimo di una decina di metri. Passano gradualmente, verso terra, a depositi di cordone litorale.

PROGETTO

CARG

VII - CARTOGRAFIA

1. - CARTOGRAFIA GEOLOGICA DELLA PIANURA DEL MARE ADRIATICO DEI FOGLI 240 E 241

La particolare configurazione morfologica delle aree di pianura impedisce di norma l'osservazione tridimensionale dei corpi sedimentari e riduce fortemente la possibilità di rappresentazione delle unità stratigrafiche quaternarie mediante i criteri cartografici tradizionali. La Carta Geologica in aree di pianura diviene così uno strumento di non sempre facile lettura, in quanto generalmente omogeneo dal punto di vista cromatico e conseguentemente denso di simboli e graficismi, cui è affidato il compito di identificare i sistemi deposizionali e gli elementi che li compongono. In questo contesto, la possibilità di inserire direttamente sulla Carta Geologica informazioni relative a corpi sedimentari sepolti o orizzonti profondi incontra notevoli difficoltà tecniche. La distribuzione nello spazio di corpi sedimentari è infatti rappresentabile mediante fasce di isolinee (principalmente isobate e/o isopache), che finirebbero inevitabilmente col confondersi con i simboli relativi alla geologia di superficie.

Da qui, sulla scorta anche dell'esperienza della produzione cartografica estera in aree di pianura (ad esempio la Carta Geologica dell'Olanda in scala 1:50.000, o la Carta Geologica della Danimarca in scala 1:200.000) la necessità di combinare 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" (SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1999). 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 nell'area in esame. Per quanto concerne esempi di cartografia geologica di superficie e di sottosuolo in aree di pianura nell'ambito della Carta

Geologica d'Italia si veda: CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 223 Ravenna (2002), Foglio 219 Sassuolo (in stampa) e Foglio 256 Rimini (in stampa).

Nei due paragrafi seguenti vengono evidenziati gli elementi più salienti dei prodotti cartografici presentati in questa edizione dei Fogli 240 e 241 (Carta Geologica e Foglio allegato). In essi vengono inoltre sintetizzati i principali caratteri delle unità stratigrafiche e dei sistemi deposizionali ampiamente descritti nel Cap. V.

1.1. - CARTA GEOLOGICA

La Carta Geologica, in scala 1:50.000, descrive distribuzione e caratteristiche litologiche e di facies delle unità stratigrafiche contenute nel Supersintema Emiliano-Romagnolo, affioranti e subaffioranti nell'area dei Fogli 240 e 241. E' basata su rilevamenti di terreno, integrati dall'interpretazione di dati provenienti da fotointerpretazione, analisi di immagine da satellite, trivellate a mano, sondaggi a carotaggio continuo e prove penetrometriche (Cap. IV).

I depositi di superficie cartografati si riferiscono interamente al subsintema più recente (Subsintema di Ravenna - AES₈) del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) e sono illustrati in dettaglio nel Cap. V. L'unità cartografica di rango gerarchico più piccolo è l'unità di Modena (AES_{8a}) che costituisce la parte sommitale di AES₈. Essa affiora in gran parte dell'area dei fogli, ad eccezione di alcuni settori dei quadranti meridionali. Le sezioni geologiche relative ai depositi di AES affioranti, illustrano i rapporti stratigrafici fra AES_{8a} ed AES₈.

All'interno delle unità geologiche sono stati distinti i tipi litologici dominanti corrispondenti ad associazioni di facies (ad es. argille e limi di piana inondabile, sabbie di cordone litorale, ecc.) che riflettono distinte unità morfologico-deposizionali e caratterizzano i diversi sistemi deposizionali presenti. La loro distribuzione all'interno di AES₈ ed AES_{8a} mostra una netta bipartizione fra (a) il settore nord occidentale e meridionale (Foglio 240), corrispondente all'alta e media pianura e dominato dai depositi di piana alluvionale e (b) il settore nord orientale (Fogli 240 e 241) corrispondente alla piana costiera ad al Mare Adriatico e dominato da depositi di fronte deltizia, piana di sabbia e di prodelta e transizione alla piattaforma.

a) La piana alluvionale.

In AES₈ la piana alluvionale è costituita da una grossa coltre di depositi di trascinamento fluviale data da fitte alternanze di sabbie, limi ed argille e la cui superficie sommitale è generalmente interessata da pedogenesi, anche se il grado di alterazione (es. spessore e grado di decarbonatazione) decrescono progressivamente da SO a NE. Nella gran parte dei casi tali depositi non sono stati differenziati al loro interno (contrariamente a quanto fatto per AES_{8a}) a causa dei processi di erosione, bioturbazione e pedogenesi che hanno modificato le tessiture e le forme deposizionali originarie (a questo proposito si veda il Cap.

VI). Fanno eccezione un paio di aree nei settori S e SE dove, sulla base della litologia dei terreni rilevati e della particolare configurazione morfologica, è stato possibile distinguere i depositi argilloso-limosi di piana inondabile da quelli più grossolani di tracimazione fluviale indifferenziata. Talora è stato anche possibile riconoscere tentativamente, sia su basi geomorfologiche che storiche, gli antichi percorsi dei corsi d'acqua come quello dell'antico T. Ausa lungo l'allineamento S. Andrea, Petrosa, Campiano (ALDINI, 1994), i quali individuano dei depositi in evoluzione durante l'età romana (con suoli non sempre decarbonatati e presenza di laterizi fluitati al loro interno).

In AES_{8a} è possibile ricostruire con maggiore dettaglio l'evoluzione sottocorrente dei depositi della piana alluvionale, infatti sono stati individuati a partire da monte verso valle:

- i depositi grossolani di riempimento di canale fluviale (ghiaie e sabbie) lungo il corso dei fiumi Montone, Rabbi e Ronco, fin dove questi sono confinati entro scarpate di terrazzo ben sviluppate.
- Dove tali scarpate si fanno meno pronunciate, fino a scomparire, si aprono i corpi limoso-sabbiosi di argine e rotta fluviale che si sviluppano lungo i principali sistemi fluviali (attivi o abbandonati) ed occupano gran parte della piana alluvionale. Talora, sulla base di documenti storici (es. GAMBÌ, 1948), è stata riportata l'età presunta di abbandono degli antichi percorsi fluviali.
- Nelle aree interfluviali sono presenti i depositi argillosi e limosi di piana inondabile che formano dei nastri allungati parallelamente ai sistemi fluviali sopra descritti.
- Verso la piana costiera le aree interfluviali diventano particolarmente estese. Qui i depositi di piana inondabile si estendono fino a ridosso dei cordoni litorali più interni (ed antichi). Le trivellate nelle aree centrali e più depresse di questo settore hanno rilevato la presenza, a qualche decimetro dal piano campagna, di argille e limi organici con evidenze di decarbonatazione chimica (depositi palustri o "valli").

b) La piana costiera ed il Mare Adriatico.

Questo settore comprende depositi di AES₈ e AES_{8a} ed è costituito da depositi di fronte deltizia, piana di sabbia e prodelta e transizione alla piattaforma.

In AES₈ affiora solo qualche porzione di cordone litorale non ancora sepolto dalle alluvioni di AES_{8a}. Questi cordoni comprendono diversi depositi di spiaggia ghiaiosa, allineati parallelamente ai cordoni e probabilmente sviluppatisi durante le fasi di smantellamento delle fronti deltizie e di delta conoide dei fiumi più meridionali.

In AES_{8a}, invece, i depositi di cordone sono quasi interamente affioranti, sono ben sviluppati con chiare geometrie di accrescimento delle fronti deltizie (presso lo sbocco del F. Savio e dei Fiumi Uniti) e dei cordoni che li separano e sono quasi interamente privi di depositi di spiaggia ghiaiosa. A ridosso della foce dei corsi fluviali principali una stretta fascia di depositi di argine e canale fluviale interrompe la continuità laterale dei sistemi di cordone. Nei settori topograficamente depressi fra un allineamento di cordone e l'altro sono presenti delle sottili

coperture di argille e limi di palude salmastra e laguna. Nel Mare Adriatico affiorano essenzialmente depositi sabbiosi di spiaggia sommersa e pelitici di prodelta relativi all'unità AES_{8a}.

Per alcuni cordoni, sia in AES₈ che AES_{8a}, è stata anche riportata l'attribuzione cronologica (CIABATTI & VEGGIANI, 1990).

In chiusura si noti che tra le informazioni aggiuntive presenti sulla Carta Geologica figurano l'ubicazione dei sondaggi a carotaggio continuo eseguiti dalla Regione Emilia-Romagna e le tracce di elementi morfologici notevoli (orli di terrazzo fluviale, canali abbandonati, ventagli di rotta, creste dei cordoni litorali).

1.2. - 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 riveste un'importanza fondamentale a fini pratici, costituendo la base scientifica imprescindibile per studi legati a subsidenza, protezione del suolo, ricerca e sfruttamento delle risorse idriche, ecc.

Il contenuto informativo della carta geologica di sottosuolo può essere utilizzato per la pianificazione territoriale a grande scala, mentre è inadeguato il suo utilizzo come elemento sostitutivo di indagini geognostiche per la soluzione di problemi su scala locale. La possibilità di utilizzare carte geologiche di sottosuolo in modo predittivo dipende infatti da un lato dalla qualità e dalla densità dei dati disponibili, dall'altro dalle caratteristiche geometriche "dell'oggetto cartografato". Ad esempio, a parità di base dati, la possibilità di intercettare alla profondità prevista dalla carta un corpo sedimentario a geometria tabulare o, comunque, caratterizzato da un'elevata estensione laterale, è di gran lunga superiore rispetto alla possibilità di prevedere con successo la localizzazione nel sottosuolo di un corpo sedimentario a geometria nastriforme.

L'acquisizione di nuovi dati di sottosuolo, in seguito ad esempio all'esecuzione di una nuova campagna di sondaggi o prove penetrometriche, è probabilmente destinata a modificare la cartografia qui realizzata. In questo senso, le carte geologiche di sottosuolo devono essere intese come prodotti suscettibili di modifiche, soprattutto in aree relativamente povere di informazioni, qualora nuovi dati vadano ad integrare l'insieme dei dati pregressi.

Nel Foglio Allegato alla Carta Geologica sono riportati 3 tipi di elaborati: a) le "sezioni geologiche profonde" a scala 1:100.000, b) le "sezioni geologiche superficiali" a scala 1:50.000 e c) la carta del "tetto delle ghiaie alluvionali e dei depositi deltizi e litorali - Subsistemi di Ravenna (AES₈) e di Villa Verucchio (AES₇)" a scala 1:50.000. Per chiarire adeguatamente le relazioni stratigrafiche

fra le unità e le geometrie interne dei corpi cartografati nelle due famiglie di sezioni geologiche sono rappresentati, in diversi casi, anche i dati e le interpretazioni geologiche relative ad aree adiacenti ai Fogli 240 e 241 (Fogli 223, 239, 254 e 255). Questi elaborati sono accompagnati dallo schema in scala 1:200.000 dell'andamento della base del Subsistema di Ravenna espresso tramite isobate in metri sul livello del mare.

Le due “sezioni geologiche profonde” alla scala 1:100.000, riportate anche nella figura 10, 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”, una approssimativamente allineata lungo il corso del F. Savio e l'altra lungo i corsi dei fiumi Montone e Ronco, 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. Ove possibile sono anche riportate alcune informazioni schematiche relative alle unità marine del substrato mio-plio-pleistocenico e delle Sabbie di Imola (IMO). Nei settori prossimi alla catena appenninica sono stati proiettati lungo la traccia delle sezioni alcuni elementi geologici riferiti alle sponde vallive od al margine della catena, poiché questi consentono la ricostruzione, su basi geometriche, dell'architettura stratigrafica di superficie e sottosuolo in modo integrato. 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 ed i *log* di resistività dei pozzi AGIP utilizzati per l'allestimento delle sezioni (AGIP, 1972, 1994; REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998). Queste due sezioni hanno beneficiato di dati provenienti dai profili sismici e stratigrafie di pozzi per idrocarburi AGIP, soprattutto per ciò che riguarda i limiti fra i terreni del substrato mio-plio-pleistocenico, IMO, AEI e AES; la sezione “Fiumi Montone – Ronco” rappresenta un parziale aggiornamento di quanto riportato nella sezione n. 6 di REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998).

Nell'ambito dei Fogli 240 e 241 le due “sezioni profonde” costituiscono la rappresentazione fondamentale che descrive l'intelaiatura stratigrafica dei sistemi e dei subsistemi del Supersistema Emiliano-Romagnolo e le geometrie dei principali corpi deposizionali in esso contenuti, con particolare riferimento al Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore. Nell'intenzione degli autori queste sezioni rappresentano un punto di partenza per la ricostruzione tridimensionale della stratigrafia dei depositi quaternari continentali (e in parte marini) 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 quattro “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 Subsintema di Ravenna - AES₈ e la parte superiore del Subsintema di Villa Verucchio - AES₇, si veda il Cap. V) in termini di geometrie dei principali corpi litologici ed associazioni di facies (in colore). Le 4 sezioni, in parte ortogonali fra loro (A-A'-A" e B-B'-B" orientate SO-NE, in senso longitudinale agli assi fluviali; C-C' orientata NO-SE in senso trasversale agli assi fluviali e D-D'-D" orientata SE-NO/S-N parallelamente alla linea di costa), consentono una visione tridimensionale dei corpi rappresentati. Altre informazioni riportate in queste sezioni riguardano la stratigrafia dei sondaggi appositamente realizzati per il progetto CARG e di quelli le cui carote sono state messe a disposizione per le osservazioni dirette e le campionature da parte di enti pubblici o privati, 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 del Subsintema di Ravenna e del Subsintema di Villa Verucchio, 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 in pianta del sottosuolo è stato scelto di dare grande enfasi a quei corpi litologici che rivestono una particolare rilevanza dal punto di vista stratigrafico, paleogeografico ed applicativo che quindi sono rappresentati nella carta del “tetto delle ghiaie alluvionali e dei depositi deltizi e litorali - Subsintemi di Ravenna (AES₈) e di Villa Verucchio (AES₇)”. Questa descrive la geometria della superficie sommitale di:

1. i principali depositi ghiaiosi dell'immediato sottosuolo (profondità massima raggiunta non superiore a -35 m s.l.m.) appartenenti alla parte regressiva sommitale più marcatamente grossolana di AES₇, che è la prima unità stratigrafica, a partire dalla superficie affiorante, in cui sono particolarmente abbondanti i depositi alluvionali ghiaiosi. Questi depositi ghiaiosi di riempimento di canale fluviale registrano un picco di attività fluviale che ha caratterizzato la storia recente della Pianura Padana (si veda il Cap. V). Su di essi si concentra una gran parte dei pozzi per acqua presenti nei Fogli 240 e 241 ed in quelli limitrofi; essi ricoprono quindi un grande interesse applicativo per quanto concerne la salvaguardia e lo sfruttamento delle risorse idriche sotterranee. Nella carta sono anche inclusi i piccoli corpi ghiaiosi di canale fluviale appartenenti ad AES₈ (affioranti o a pochissimi metri dal piano campagna e riferibili, in gran parte, a AES_{8a}).
2. I depositi prevalentemente argillosi e limosi, ricchi di sostanza organica, di palude-laguna deltizia e di retrobarriera, appartenenti ad AES₈. Questi hanno una certa rilevanza dal punto di vista applicativo perché individuano

una fascia di sedimenti sepolti contraddistinti da caratteristiche geotecniche scadenti, alta comprimibilità e da una sostanziale impermeabilità (si veda i capitoli V e VI).

3. I depositi sabbiosi e ghiaiosi di cordone litorale, appartenenti ad AES₈. Questi rappresentano il principale corpo sabbioso per spessore, estensione e continuità laterale, presente in superficie e nell'immediato sottosuolo.

La carta del Foglio allegato rappresenta la distribuzione, in pianta, dei suddetti depositi fluviali, deltizi e litorali 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 alla punta dei terreni nelle prove penetrometriche. La carta quindi è costruita interpolando, in pianta, le quote relative a dati puntuali che si riferiscono a depositi di diverse età, anche all'interno del medesimo sistema deposizionale, sovrapposti verticalmente e giustapposti lateralmente. 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 fluviali, deltizi e litorali è stata fatta sulla base del quadro stratigrafico ricostruito nelle sezioni geologiche ed ampiamente illustrato nel paragrafo relativo alla stratigrafia dei depositi di pianura. Per questa attribuzione sono stati di fondamentale importanza le datazioni ¹⁴C effettuate sulle carote dei sondaggi a carotaggio continuo appositamente realizzati per il progetto CARG.

Si riportano di seguito alcuni commenti alla carta che scaturiscono dall'analisi della distribuzione in pianta dei depositi cartografati.

I depositi alluvionali ghiaiosi di AES₇ si concentrano nei quadranti meridionali a ridosso dello sbocco vallivo dei fiumi Montone, Rabbi, Ronco e Savio (si veda anche il Foglio 255, in preparazione) fino alla pianura alluvionale più aperta. Essi rappresentano dei lobi di conoide alluvionale sepolti, che non hanno un corrispettivo con i sistemi fluviali attuali e relativi a tutto il Subsistema AES₈ presente in quest'area. Dalla carta (e dalle sezioni) si evince infatti che i sistemi fluviali di AES₈ si caratterizzano per avere concentrati la gran parte dei depositi ghiaiosi all'interno delle rispettive aste vallive. Essi si chiudono poco oltre lo sbocco in pianura e si caratterizzano per una geometria nastriforme, con ampiezze in senso trasversale di poche centinaia di metri (canali fluviali ghiaiosi entro la piana alluvionale, si veda anche il Foglio 255, in preparazione e CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 256 Rimini, in stampa). Dalla carta si desume inoltre che i lobi di conoide di AES₇ riferibili ai fiumi Montone, Rabbi e Ronco nascono come sistemi fisicamente separati ma si saldano lateralmente lungo l'allineamento della Via Emilia, fra Forlì e Forlimpopoli, dove costituiscono lobi di conoide coalescenti. Nell'area fra la Via Emilia e l'autostrada A-14 questo corpo ghiaioso composito si sfrangia in canali isolati a geometria nastriforme (transizione alla piana alluvionale). Nell'area compresa fra l'attuale corso del F. Savio e la costa cesenate è presente la propaggine settentrionale di analoghi

depositi ghiaiosi sotto forma di canali isolati a geometria nastriforme. Anch'essi rappresentano la transizione alla piana alluvionale di una conoide sepolta, in questo caso riferibile al F. Savio, che è ben sviluppata nel foglio meridionale (Foglio 255, in preparazione).

L'area di sottosuolo complessivamente occupata dai depositi ghiaiosi dei lobi di conoide di AES₇ è di c.a. 50 km².

I depositi palustri-lagunari occupano un ampio settore dell'attuale bassa pianura. Essi hanno una grande continuità laterale ed una geometria allineata alla linea di costa attuale e passata, a dimostrazione del fatto che si tratta, in gran parte, di depositi di retrobarriera di sistemi di barriera-laguna sviluppati durante la fase trasgressiva di AES₈ (si veda anche CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Foglio 223 Ravenna, 2002). Nel settore di NE la porzione sommitale di questo corpo poggia al di sopra dei sedimenti di cordone litorale e rappresenta, quest'ultima, la progradazione dei sistemi di palude-laguna della piana deltizia tardo olocenica. Come si evince dalle sezioni geologiche questi depositi proseguono anche al di sotto del sistema di cordoni litorali, ma per motivi di rappresentabilità in pianta, non sono stati inseriti nella carta in esame.

I depositi di cordone litorale occupano una fascia continua lungo tutto il margine orientale dei Fogli 240 e 241 e si sviluppano, al di sotto del livello del mare, fino all'isobata -6 m. Essi sono prevalentemente affioranti e subaffioranti e quindi sono descritti in dettaglio nella Carta Geologica di superficie. Però nel settore settentrionale del Foglio 240, immediatamente a SO di Ravenna, i depositi di cordone sono presenti solo al di sotto del piano campagna fino a raggiungere la profondità massima di -14 m s.l.m. (quota del tetto). Questo seppellimento è il prodotto della progradazione dei sistemi deltizi e alluvionali tardo olocenici sui sistemi costieri che ha accompagnato lo spostamento della linea di costa verso est. Si noti come i cordoni più interni includono dei corpi di spiaggia ghiaiosa, lateralmente piuttosto estesi, che, dove sono affioranti o vicini alla superficie topografica, vengono frequentemente sfruttati per il prelievo di ghiaia.

VIII - CENNI DI IDROGEOLOGIA

Le caratteristiche idrogeologiche ed idrochimiche delle acque sotterranee dei Fogli 240 e 241 sono illustrate in vari lavori di carattere regionale (la sintesi più recente è in REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 2000; si veda anche VENTURINI *et alii*, 1990). Altri lavori riguardano invece più specificamente la conoide del F. Ronco (DJOKIC *et alii*, 1999) e la conoide del F. Savio che è presente solo in modo marginale nel foglio (AMGA, 1988). A questi lavori si rimanda per ogni approfondimento.

Il principale contributo fornito dagli elaborati della Carta Geologica, del Foglio allegato e delle presenti note alla risoluzione dei problemi di tipo idrogeologico è sicuramente lo schema stratigrafico e geometrico tridimensionale dei corpi geologici di sottosuolo. Questo schema, illustrato nelle sezioni e nelle carte geologiche di sottosuolo del Foglio allegato, propone una chiave per prevedere la distribuzione nel sottosuolo dei principali acquiferi ed acquitardi.

La natura degli acquiferi di sottosuolo presenti nei Fogli 240 e 241 è abbastanza complessa. Nei settori più meridionali del Foglio 240 sono presenti depositi alluvionali ghiaiosi e sabbiosi riferibili alle propaggini più settentrionali delle conoidi dei fiumi appenninici (Montone, Rabbi, Ronco e Savio); più a nord si individuano depositi alluvionali sabbiosi di origine padana, variamente interdigitati con depositi sabbiosi costieri.

Le porzioni più a monte delle sezioni di Figura 10b e di Figura 21 illustrano la situazione delle conoidi alluvionali dei fiumi Montone e Rabbi rispettivamente. Queste conoidi sono costituite da una zona apicale in cui le ghiaie sono amalgamate tra loro e formano un acquifero freatico monostrato, compreso tra la superficie topografica ed il substrato marino prevalentemente argilloso. La zona di amalgamazione delle ghiaie è quella in cui si ha la ricarica diretta di tutta la conoide, sia dalle infiltrazioni efficaci, sia dagli alvei; essa quindi costituisce l'areale in cui prestare la massima attenzione ai fini della protezione idrogeolo-

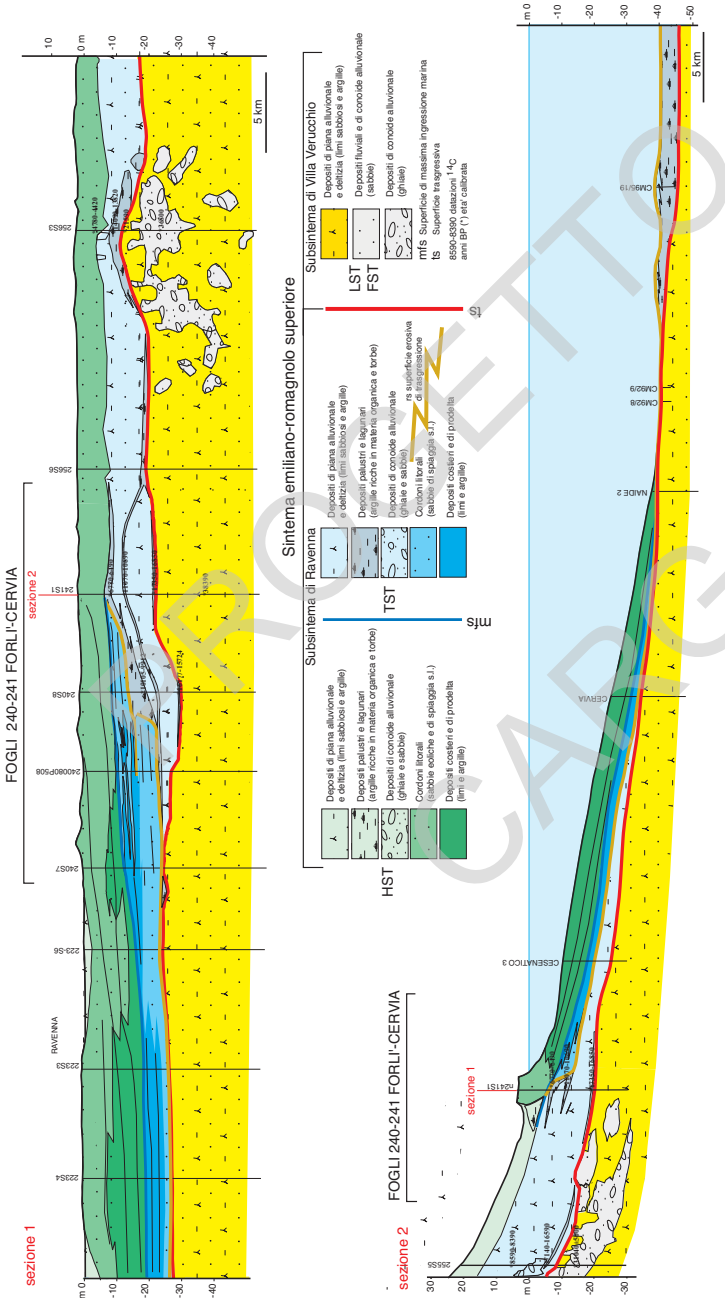


Fig. 21 - Andamento dei corpi grossolani della conoide del F. Rabbi (Fogli 255 e 240). L'area a monte dell'aeroporto di Forlì è caratterizzata dalla presenza di ghiaie amalgamate costituenti un acquifero freatico mostrato; più a nord le ghiaie si separano e costituiscono diversi acquiferi confinati. Si noti la marcata discontinuità stratigrafica tra i depositi del gruppo acquifero A ed i sottostanti depositi del gruppo acquifero B.

gica. A valle della zona di amalgamazione i diversi lobi di conoide si separano e tra essi si interpongono dei depositi fini di spessore crescente procedendo verso nord. I diversi acquiferi sono quindi disconnessi dalla superficie e acquisiscono tutti le caratteristiche di acquiferi confinati.

Più a valle, come ben illustrato nella sezione di Figura 10b, sono presenti depositi alluvionali sabbiosi di origine padana, variamente interdigitati con depositi sabbiosi costieri. Essi non sono connessi fisicamente con i sistemi alluvionali appenninici e quindi contengono acque di provenienza padana o, più in generale, alpina come anche indicato in REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) e in VENTURINI *et alii* (1990).

Durante la campagna geognostica sono state effettuate misure della conducibilità idraulica media attraverso l'esecuzione di alcune prove di permeabilità in foro (prova 5 a carico variabile) nel sondaggio profondo 240-S1, i cui risultati sono riportati in Tabella 5. Le misure si riferiscono generalmente alle porzioni sommitali dei cicli di sottosuolo, che sono quelle più grossolane e di natura regressiva (si vedano le colonne stratigrafiche in Appendice 1) e che costituiscono quindi i principali acquiferi riconosciuti.

TAB. 5 - Risultati delle prove di permeabilità in foro (prova Lefranc a carico variabile) eseguite sul sondaggio 240-S1.

Sondaggio	Profondità (m)	Unità stratigrafica	Tessitura	Conducibilità idraulica media (m/sec)
240-S1	10.5	AES ₇	Ghiaia in matrice sabbiosa	3.8 10 ⁻⁵
240-S1	72.5	AES ₅	Ghiaia in matrice sabbiosa	5.7 10 ⁻⁶
240-S1	141.5	AEI	Sabbia	5.1 10 ⁻⁶

PROGETTO

CARG










APPENDICE 1

STRATIGRAFIA DEI SONDAGGI

In questa appendice sono riportate le stratigrafie descrittive degli 11 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti appositamente per la realizzazione della Carta Geologica (sondaggi del progetto CARG) a cui sono state aggiunte le stratigrafie di 3 sondaggi realizzati dal Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna nell'ambito del Progetto microzonazione sismica (sondaggi 240-S9, 240-S10, 240-S14). Nelle stratigrafie riportate in appendice è illustrato il profilo granulometrico in termini di contenuto in argilla, limo, sabbia e ghiaia; il contenuto in sostanza organica; la presenza di alcuni costituenti particolari (es. fossili e legni); la presenza di particolari strutture sedimentarie (es. paleosuoli); l'eventuale inclinazione degli strati ove ben visibile e diversa dall'orizzontale ed infine l'età rilevata al carbonio 14. A lato del profilo granulometrico sono riportate le associazioni di facies e le unità stratigrafiche a cui viene riferito il singolo intervallo. Le sigle delle unità si riferiscono a quelle presentate nella Carta Geologica e nel Cap. V. L'ubicazione dei sondaggi è illustrata in figura 8.

LEGENDA DELLE STRATIGRAFIE DEI CAROTAGGI

simboli

3.0m s.l.m.	quota del piano 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 continentali
	fossili marini
$\lambda \lambda$	radici
	bioturbazione diffusa
	fitta laminazione pianoparallela
∇	suolo evoluto (parzialmente o totalmente decarbonato)
$\rightarrow 5^\circ$	inclinazione degli strati
8736±150	età 14C in ka b.P. non calibrata
A	argille
L	limi
S	sabbie
G	ghiaie

*associazioni di facies**DEPOSITI ALLUVIONALI*

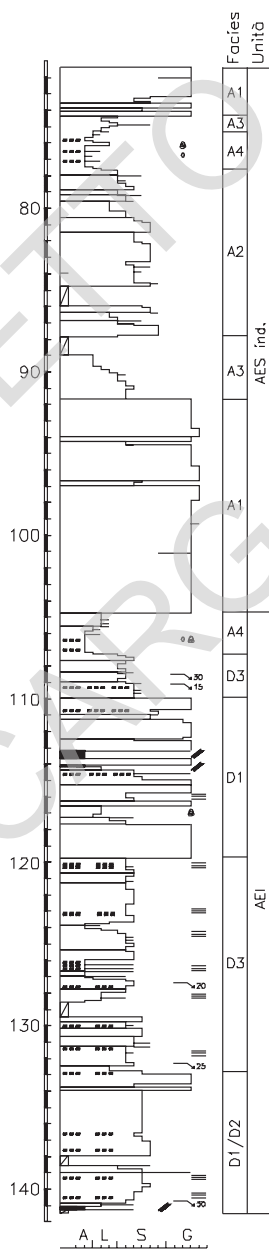
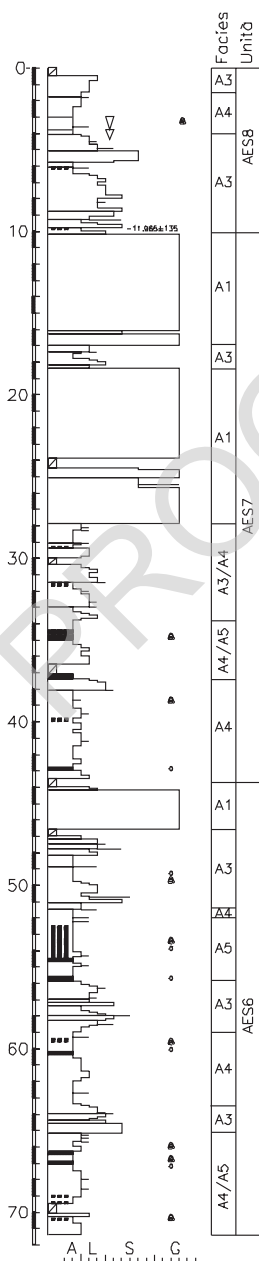
A1	ghiaie di riempimento di canale fluviale
A2	sabbie di riempimento di canale fluviale
A3	alternanze di sabbie, limi ed argille di argine e di rotta fluviale
A4	argille e limi di piana inondabile
A5	argille e limi con sostanza organica palustri

DEPOSITI DELTIZI, LITORALI E MARINI

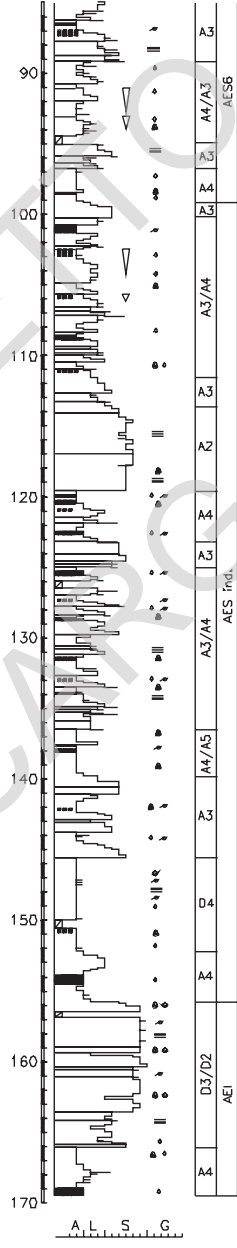
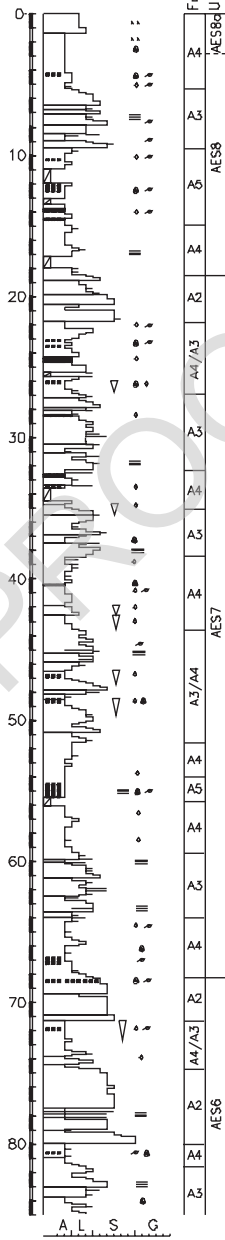
D1	ghiaie di cordone litorale e di fronte deltizia (delta-conoide)
D2	sabbie di cordone litorale e di fronte deltizia
D3	sabbie e limi di canale distributore deltizio
D4	argille e limi con sostanza organica di palude-laguna
M	alternanza di argille, limi e sabbie di prodelta e transizione alla piattaforma

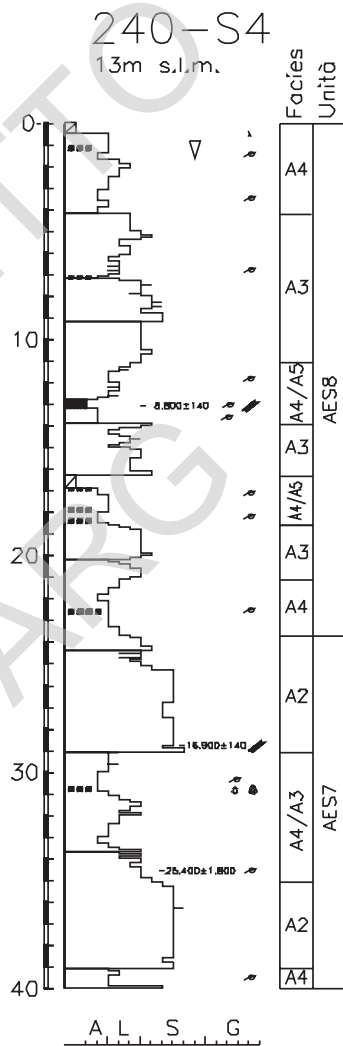
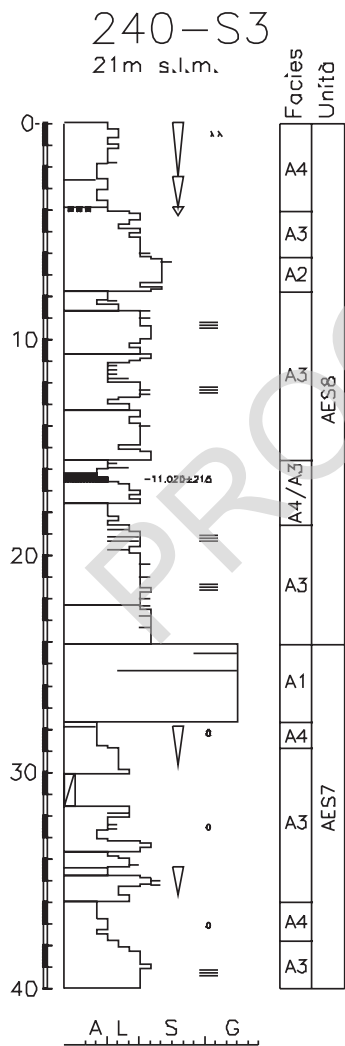
240-S1

30m s.l.m.

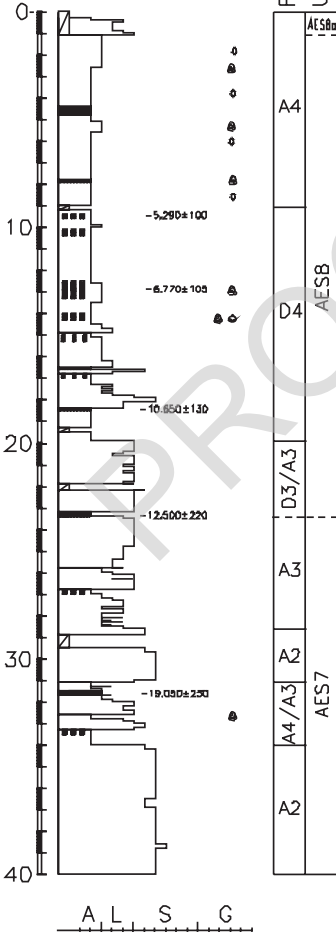


240-S2
13m s.l.m.

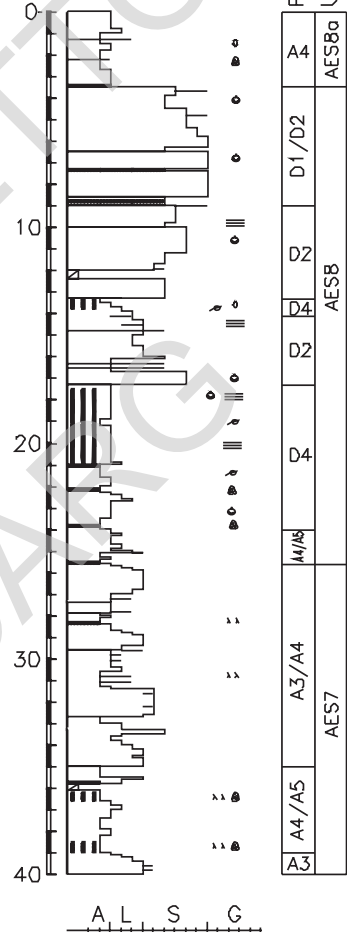




240-S5
2m s.l.m.

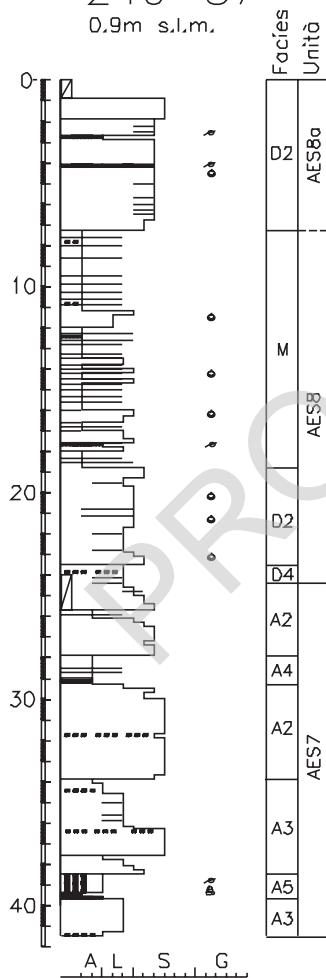


240-S6
1m s.l.m.



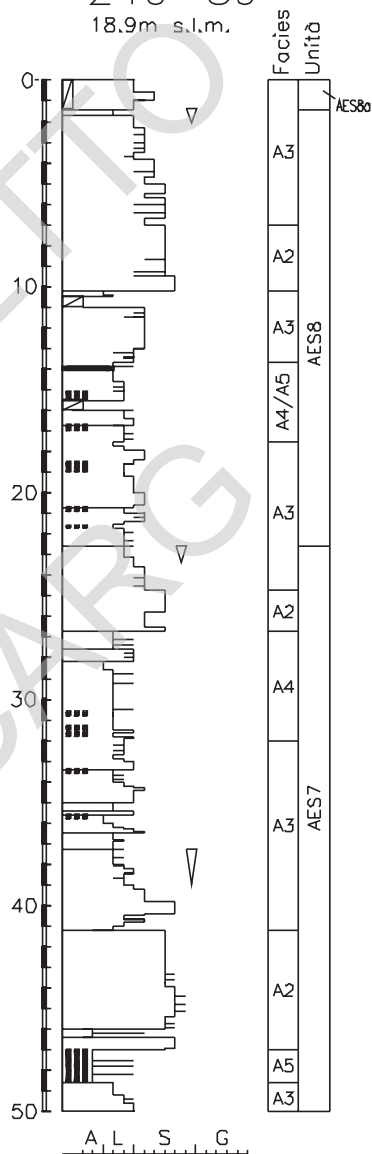
240-S7

0.9m s.l.m.

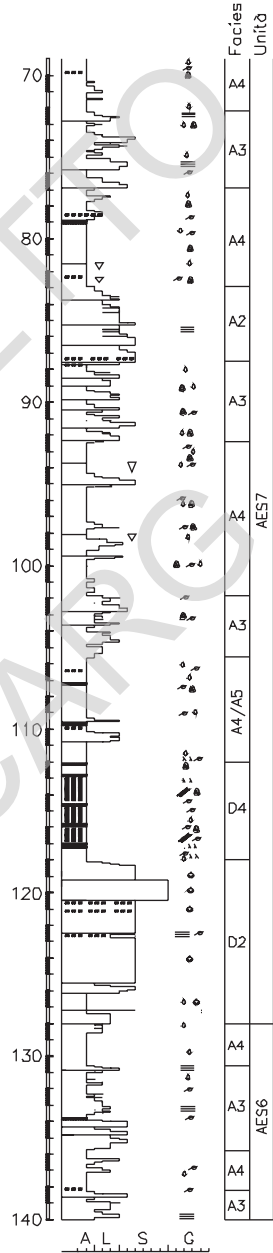
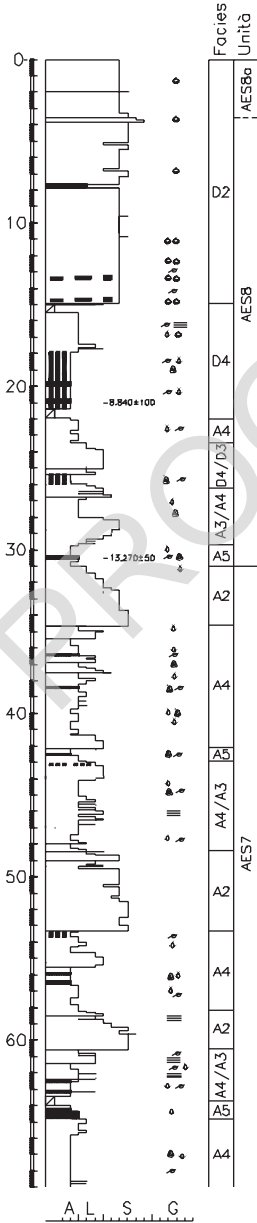


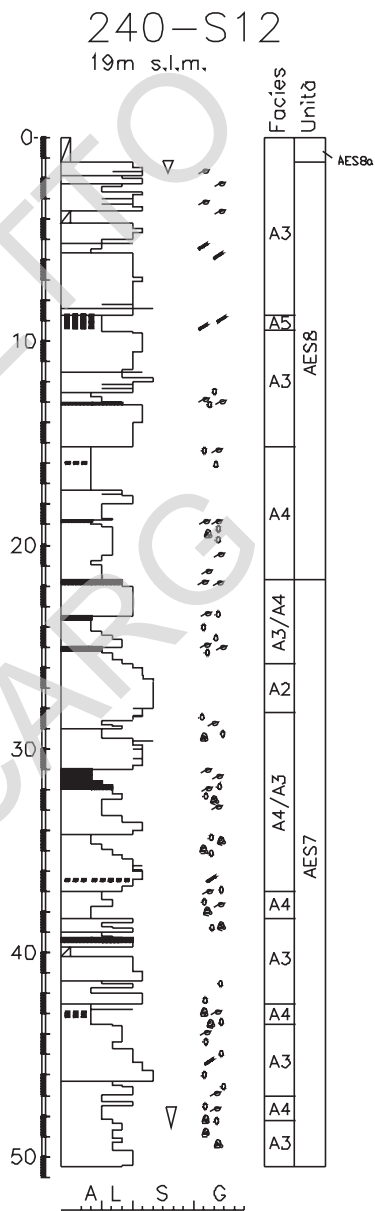
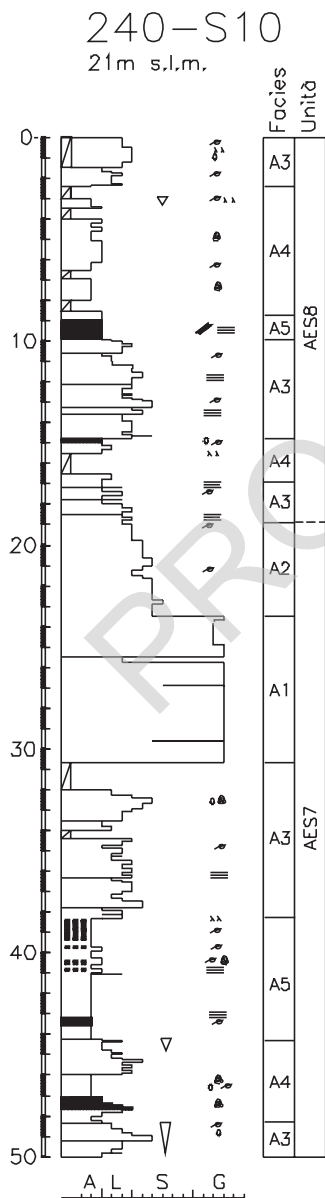
240-S9

18.9m s.l.m.

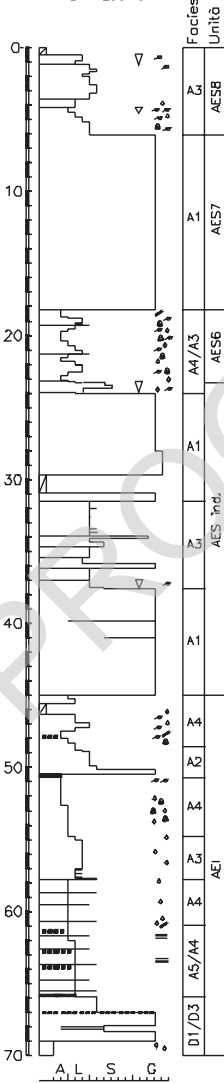


240-S8
1m s.l.m.

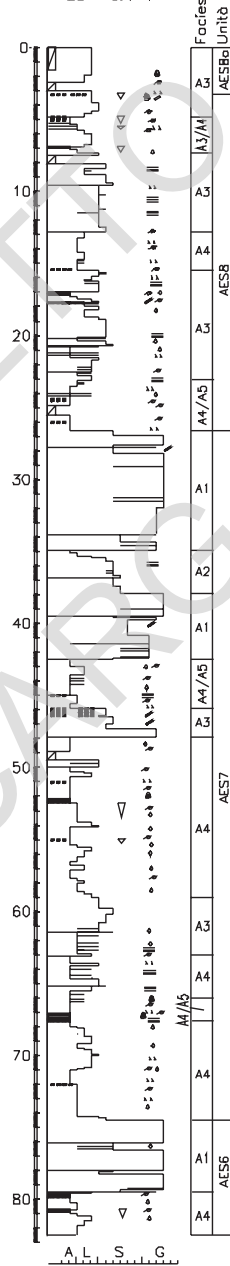




240-S11
40m s.l.m.

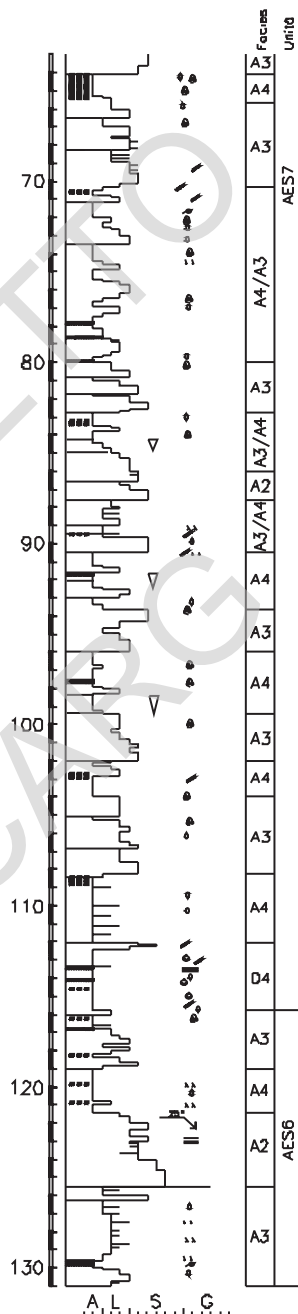
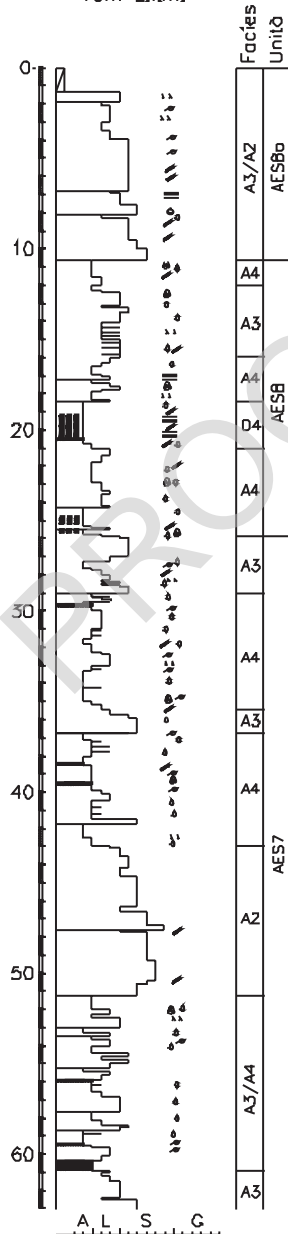


240-S14
25m s.l.m.



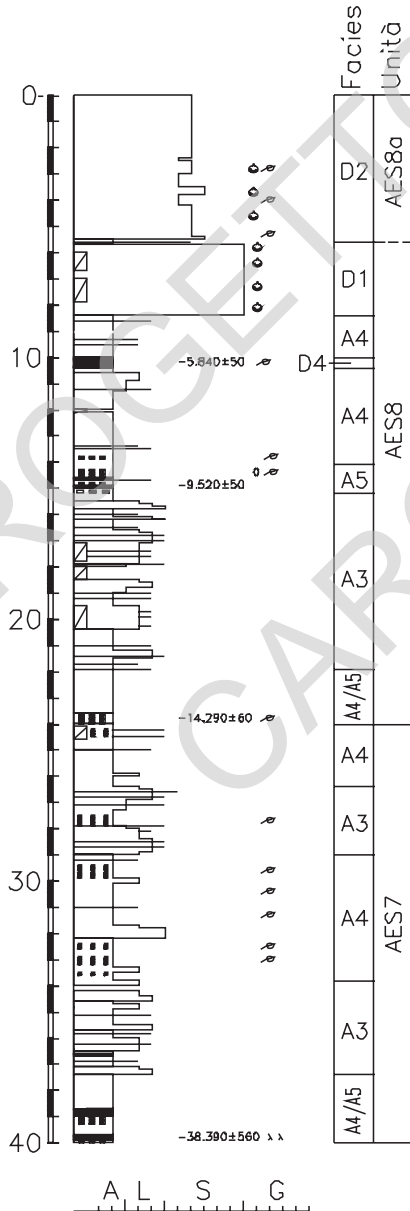
240-S13

10m s.l.m.



241-S1

2m s.l.m.



APPENDICE 2

MICROPALAEONTOLOGIA

(a cura di M.L. Colalongo, F. Fiorini, G. Pasini)

1. - INTRODUZIONE

Nella presente appendice sono riassunti i dati micropaleontologici emersi dall'esame delle associazioni a Foraminiferi e Ostracodi presenti in numerosi sondaggi dei Fogli 240 e 241 (523 campioni); in particolare in alcuni sondaggi "chiave", come il 240-S6, 240-S8 e 240-S13, è stata eseguita una campionatura molto fitta (in media 4 campioni per metro) ed uno studio estremamente particolareggiato, che ha permesso di cogliere le più piccole differenze nella distribuzione sia verticale che orizzontale dei *taxa* considerati. Si sono potute riconoscere così ben sette diverse associazioni, che hanno fornito precise indicazioni paleoambientali e, indirettamente, informazioni cronologiche e sulle oscillazioni relative del livello del mare. Le singole associazioni verranno indicate qui di seguito col nome dei generi o specie caratterizzanti, e per ognuna di esse saranno ricordate le specie frequenti e quelle localmente presenti che, pur se più rare, a volte sono determinanti nel fornire caratteri distintivi. Infine si è scelto di raggruppare tutte le associazioni faunistiche, comprensive di Foraminiferi e Ostracodi, in 4 grandi gruppi in base al loro significato paleoambientale: si è utilizzata la lettera **F** per il gruppo che attualmente si rinviene in laghi o paludi, la lettera **B** per quello di ambiente lagunare, la lettera **R** per quello rimaneggiato o trasportato e la lettera **M** per quello tipico di acque marine. Le singole associazioni faunistiche all'interno dei 4 gruppi sono indicate con numeri arabi progressivi; la loro localizzazione stratigrafica è riportata nelle figure 11 e 12.

2. – ASSOCIAZIONI A FORAMINIFERI E OSTRACODI

Gruppo F

Associazione F - *Taxon* dominante: *Candona* spp.

Nelle argille di piana inondabile e nei livelli caratterizzati da torbe spesso si rinviene un'Ostracofauna, più o meno diversificata, tipicamente ipoalina. Questa associazione è caratterizzata fondamentalmente da Ostracodi appartenenti al genere *Candona* [prevalentemente *C. neglecta* Sars e *C. angulata* (G.W. Müller)]. Subordinatamente si trovano *Cyclocypris laevis* (O.F. Müller), *C. ovum* (Jurine), *Cypria ophthalmica* (Jurine), *Cypridopsis vidua* (O.F. Müller), *Cytherissa lacustris* (Sars), *Ilyocypris bradyi* Sars, *I. gibba* (Ramdohr), *Pseudocandona* aff. *P. sucki* (Hartwig), e *Limnocythere inopinata* (Baird).

Gruppo B

Associazione B1 - *Taxon* dominante: *Trochammina inflata* (Montagu)

L'associazione **B1** è caratterizzata dalla presenza quasi esclusiva di *Trochammina inflata*, che spesso ne costituisce il 100%. *Ammonia tepida* (Cushman) e *A. parkinsoniana* (d'Orbigny) si trovano solo localmente, con individui di piccola taglia e in basse percentuali. E' stato rinvenuto occasionalmente anche il *Trichohyalus lagunae* (Silvestri). Gli Ostracodi sono pressoché assenti.

Associazione B2 - *Taxa* dominanti: *Ammonia tepida*, *A. parkinsoniana* e *Cyprideis torosa* (Jones)

Le specie che caratterizzano l'associazione **B2** sono quasi tutte opportuniste.

A volte nella tanatocenosi sono prevalenti i Foraminiferi bentonici, che possono arrivare a rappresentare anche il 100% della tanatocenosi a Foraminiferi con le specie *A. tepida* e *A. parkinsoniana*. Subordinatamente sono presenti *Cribolephidium* spp. [*C. granosum* (d'Orbigny), *C. lagunensis* (Albani & Serandrei Barbero), *C. pauciloculum* (Cushman), *C. venetum* (Albani *et alii*), *C. decipiens* (Costa), *C. traslucens* (Natald)], *Trochammina inflata*, *Nonion depressulum* (Walker & Jacob), *N. politum* (d'Orbigny), *Ammonia perlucida* (Heron-Allen & Earland) e rari *Miliolidae* spp.

Altre volte la fauna a Foraminiferi, oltre che essere oligotipica, presenta un basso numero di individui; in tali casi sono prevalenti gli Ostracodi, sempre caratterizzati da alte percentuali di *Cyprideis torosa* e, subordinatamente, da *Loxoconcha elliptica* Brady, *Leptocythere lagunae* G. Hartmann e *Cytherissa lacustris* (Sars). Sono inoltre presenti basse percentuali di *Leptocythere bacescoi* (Rome), *L. cf. L. multipunctata* (Seguenza), *Loxoconcha exagona* Bonaduce *et alii* e *L. stellifera* (G. W. Müller).

Gruppo R

Associazione R – Fauna trasportata da ambienti limitrofi o rimaneggiata

L'associazione R è costituita da alte percentuali di forme rimaneggiate. Infatti sono molto frequenti specie di Foraminiferi planctonici appartenenti a sedimenti più antichi, prevalentemente miocenici e plio-pleistocenici, come ad esempio *Globorotalia punctulata* (Deshayes), *Globorotalia margaritae* Bolli, *Neogloboquadrina acostaensis* (Blow), *Globoquadrina* spp., ecc.. Si rinvencono anche, se pur raramente, *Globotruncanae* spp. del Cretaceo e *Globorotaliae* spp. carenate dell'Eocene. Tra i Foraminiferi bentonici, per lo più corrosi e spatizzati, si riconoscono *taxa* di età e di ambienti diversi, quali ad esempio: *Uvigerina barbatula* Macfadyen, *U. rutila* Cushman & Todd, *Marginulina costata* (Batsch), *Cibicidoides pachyderma* (Rzehak) ecc., accanto a *Miliolidae* spp., *Elphidium crispum* (Linnaeus), *E. macellum* (Fichtel & Moll), *Ammonia beccarii* (Linnaeus) e *A. papillosa* (d'Orbigny), che sono in genere rappresentati da individui di grosse dimensioni.

In alcuni casi si rinvencono, in uno stato di conservazione migliore rispetto a quello delle specie sunnominate, anche *Ammonia parkinsoniana* e *A. tepida*, e, subordinatamente, *Elphidium depressulum* (Cushman), *Trichoyalus lagunae* e l'Ostracode di ambiente salmastro *Cyprideis torosa* (Jones).

Nell'associazione R, l'Ostracofauna è generalmente rappresentata da pochi individui mal conservati, rotti e indeterminabili.

Gruppo M

Associazione M1 - *Taxa* dominanti: *Ammonia tepida*, *A. parkinsoniana*, *Criboelphidium* spp., *Semicitherura* spp., *Pontocythere turbida* (G. W. Müller) e *Loxoconcha stellifera*

I Foraminiferi bentonici che caratterizzano questa associazione sono *Ammonia tepida* e *A. parkinsoniana*, sempre presenti con elevate percentuali fino a costituire, a volte, la quasi totalità della tanatocenosi a Foraminiferi (80-90%). Sono inoltre presenti, in percentuali variabili, *Criboelphidium* spp. [*C. granosum*, *C. lidoensis* (Cushman), *C. poeyanum* (d'Orbigny), *C. decipiens*, *C. pauciloculum*, *C. semistriatum* (d'Orbigny), *C. excavatum* (Terquem)], *Elphidium advenum* (Cushman), *Nonion depressulum* e *N. politum*. Localmente possono essere presenti anche alcuni *Miliolidae* [*Miliolinella elongata* Kruit, *M. subrotunda* (Montagu), *Triloculina affinis* (d'Orbigny), *Quinqueloculina seminulum* (Linnaeus), *Q. stelligera* Schlumberger, *Adelosina clarensis* (Heron-Allen & Earland) e *A. longirostra* (d'Orbigny)], rappresentati per lo più da individui di piccole dimensioni.

L'Ostracofauna è dominata da *Semicitherura incongruens* (G. W. Müller), *Pontocythere turbida*, *Loxoconcha stellifera*, e, subordinatamente, da *S. acu-*

ticostata (Sars), *S. costata* (G. W. Müller), *S. rarecostata* (Bonaduce et alii), *Neocytherideis fasciata* (Brady & Robertson), *Loxoconcha exagona*, *L. rhomboidea* (Fisher), *L. rubritincta* Ruggieri, *L. tumida* Brady, *L. elliptica* Brady, *Leptocythere* cf. *L. multipunctata* (Seg.), *Callistocythere adriatica* (Masoli) e *C.* cf. *C. flavidofusca* (Ruggieri).

Associazione M2 - *Taxa* dominanti: *Ammonia* spp., *Elphidium* spp. e *Pontocythere turbida*

L'associazione **M2** è abbastanza povera di generi e di specie. La microfauna a Foraminiferi bentonici che la compone ha una bassa diversità. Specie caratterizzanti questa associazione sono: *Ammonia beccarii*, *A. papillosa*, *Elphidium crispum* e *E. macellum*. Altre specie localmente presenti sono: *Criboelphidium granosum*, *Quinqueloculina stelligera*, *Pseudotriloculina oblonga* (Montagu), *Siphonaperta aspera* (d'Orbigny), *Triloculina plicata* Terquem e *T. trigonula* (Lamarck).

Nell'Ostracofauna le specie quasi sempre presenti e frequenti sono costituite da *Pontocythere turbida* (50-60% dell'Ostracofauna) e *Leptocythere bacescoi*.

Associazione M3 - *Taxa* dominanti: *Textularia* spp., *Miliolidae* spp., *Elphidium* spp., *Criboelphidium* spp., *Semicytherura* spp., *Lepthocythere* spp., *Pontocythere turbida* (G. W. Müller) e *Callistocythere* spp.

L'associazione risulta essere ricca di molte specie di Foraminiferi e Ostracodi, e quindi particolarmente diversificata.

I Foraminiferi sono a volte caratterizzati da *Textularia* spp. (*T. agglutinans* d'Orbigny, *T. bocky* Höglund, *T. sagittula* DeFrance, *T. conica* d'Orbigny, *T. can-deiana* d'Orbigny, *T. aciculata* d'Orbigny), che può costituire fin quasi il 40% dell'associazione.

Altre volte l'associazione in esame è invece caratterizzata da percentuali elevate di *Miliolidae* spp. (fin quasi il 60%), di cui le specie più comuni appartengono ai generi *Adelosina*, *Quinqueloculina*, *Triloculina*, *Cycloforina*, *Sigmoilinita*, *Siphonaperta*, *Spiroloculina*, *Miliolinella* e *Pseudotriloculina*.

Nell'associazione **M3** sono inoltre abbastanza frequenti *Criboelphidium granosum*, *C. lidoensis* ed *Elphidium advenum*. Altro elemento distintivo è la presenza, anche se in percentuali meno elevate, di *Ammonia* spp., *Nonionella opima* Cushman, *Nonionella turgida* (Williamson), *Lagena* spp., *Bulimina* ex gr. *B. elongata*, *Asterigerinata* spp., *Spirillina vivipara* Ehrenberg, *Reussella spinulosa* (Reuss), *Trifarina angulosa* (Williamson), e *Buccella granulata* (Di Napoli Alliata), *C. poeyanum*, *C. decipiens* e *C. excavatum*.

Nell'Ostracofauna dell'associazione **M3** dominano le seguenti specie: *Leptocythere* cf. *L. multipunctata*, *L. levis* (G. W. Müller), *L. bacescoi*, *Semicytherura diafora* Barbeito-Gonzales, *Carinocythereis antiquata* (Baird), *Pontocythere turbida*, *Callistocythere adriatica*, *C.* cf. *C. flavidofusca* e *C. intri-*

catoides Ruggieri. Sono presenti anche percentuali apprezzabili di *Semicytherura* spp. e *Loxococoncha* spp..

Eccezionalmente si sono rinvenuti esemplari di *Cytheroptheron monoceros* (BONADUCE *et alii*, 1975).

3. - DISCUSSIONE

Le associazioni a Foraminiferi e Ostracodi sopra descritte permettono di ben individuare depositi marini, lagunari, lacustri o palustri.

L'associazione **F** è composta da Ostracodi ipoalini, testimoni di ambienti palustri o lacustri, che si rinvencono generalmente nei livelli organici intercalati nei depositi di piana inondabile oppure nelle "Argille e limi con sostanza organica palustri" (Cap. VI, 1.1.) e, localmente, nelle "Argille e limi con sostanza organica di palude-laguna" (Cap. VI, 2.1.).

L'associazione **B1** si ritrova in sedimenti argillosi ricchi di materia organica, e contiene forme tipiche di *salt marsh*. Questa associazione è presente abitualmente nelle zone più interne delle lagune e degli estuari. L'associazione **B2** contiene Foraminiferi che tollerano basse salinità e Ostracodi salmastri. Questa microfauna è tipica di baie o lagune ad acque leggermente o decisamente mesoaline. Il rinvenimento piuttosto frequente di basse diversità specifiche nei Foraminiferi e della prevalenza degli Ostracodi salmastri (che arrivano fino a caratterizzare esclusivamente l'associazione), viene attribuita a diminuzione della salinità e quindi a minore influenza di acque marine. L'insieme delle associazioni **B1** e **B2** è caratteristica delle "Argille e limi con sostanza organica di palude-laguna", Cap. VI, 2.1.).

L'associazione **R** si rinviene sempre in sedimenti sabbiosi e contiene, oltre a *taxa* rimaneggiati, anche *taxa* trasportati da altri ambienti litorali vicini: infatti è costituita da specie tipiche di acque poco profonde. Tale associazione è stata interpretata come propria di cordoni litorali o, se sono presenti anche specie esclusive di laguna, di retrobarriera ("Sabbie di cordone litorale" e "Argille e limi con sostanza organica di palude-laguna", Cap. VI, 2.1.).

L'associazione **M1** è caratterizzata da specie opportuniste, da una bassa diversità specifica e, a volte, da Foraminiferi di piccole dimensioni. Tali caratteristiche sono abbastanza tipiche di ambienti marini infralitorali, con fondali fini o mediamente sabbiosi, fluvio-influenzati. L'associazione **M2** è caratterizzata da una basso numero di individui e da una bassa diversità specifica, il che si ritrova abitualmente in zone infralitorali a fondali sabbiosi e ad alta energia. Questo fenomeno potrebbe essere dovuto, ad esempio, a particolari giochi delle correnti o a rapida mescolanza di acque a diversa densità. L'associazione **M3** è caratterizzata da una microfauna che generalmente si rinviene in ambiente marino infralitorale con fondali a sedimenti prevalentemente fini e - in alcuni casi - in sedimenti mediamente sabbiosi con ampia copertura vegetale (come è testimoniato dalla prevalenza di specie epifite, quali i *Miliolidae*). Tale associazione è generalmente

indicativa di condizioni del fondo marino meno stressanti, legate a una maggiore profondità del mare o a una maggiore distanza dalla costa. Per questi motivi, poiché i terreni indagati sono continentali o esclusivamente marino-marginali, il suo rinvenimento viene considerato coincidente con le due massime ingressioni marine, quella tirreniana e quella olocenica, legate ai massimi miglioramenti climatici degli ultimi 125 ka. L'insieme delle associazioni **M1**, **M2** ed **M3** sono caratteristiche delle “Sabbie di cordone litorale”, Cap. VI, 2.1.).

PROGETTO
CARG

APPENDICE 3

PALINOLOGIA

(a cura di F. Fusco)

1. - INTRODUZIONE

L'analisi del contenuto pollinico in successioni sedimentarie è uno degli strumenti principali per ricostruire l'evoluzione della flora e della vegetazione di una data regione e la sua efficacia in questo senso è nota da molto tempo. Inoltre, per l'intimo legame esistente tra vegetazione e clima, la ricostruzione della storia della vegetazione porta conseguentemente a tracciare anche la storia del clima di una data regione.

Nella presente appendice sono sintetizzati i dati micropaleobotanici desunti dall'analisi di quattro sondaggi del Foglio 240 (240-S1, 240-S2, 240-S8 e 240-S13), per un totale di 243 campioni. Nei sondaggi 240-S8 e 240-S13 lo studio palinologico si è dimostrato di notevole importanza per inquadrare le successioni non solo in senso paleovegetazionale e paleoclimatico, ma anche in quello cronostratigrafico, nonostante la presenza di vari livelli sterili. Nei sondaggi 240-S1 e 240-S2, invece, gli intervalli sterili hanno interrotto in più punti la continuità della serie pollinica rendendo difficile l'ipotesi di una collocazione cronostratigrafica delle loro porzioni profonde, per cui tali sondaggi non vengono discussi.

I campioni sono stati trattati secondo il metodo convenzionale (cf. FAEGRI & IVERSEN, 1992) che consiste in attacchi progressivi con acidi e basi al fine di eliminare le varie frazioni di sedimento e concentrare via via il contenuto pollinico. Un ulteriore arricchimento è stato eseguito usando il liquido pesante $ZnCl_2$ a densità $2,05\text{gr/cm}^3$. Un numero noto di spore di *Lycopodium* sp. introdotte all'inizio del trattamento permette il calcolo delle concentrazioni (espresse in "granuli di pollini/grammo di

sedimento”), le cui variazioni in una serie pollinica possono riflettere corrispondenti variazioni della copertura vegetazionale avvenute nel corso del tempo.

In questa appendice si discutono i diagrammi pollinici sintetici, i diagrammi delle igro-idrofite (escluse dalla somma di base), entrambi ottenuti percentualizzando i dati dei conteggi, e quelli delle concentrazioni polliniche totali dei sondaggi 240-S8 e 240-S13. Essi sono rappresentati nelle figure 11 e 12. I diagrammi sintetici sono ottenuti raggruppando i vari *taxa* in base alle affinità ecologico-climatiche dei loro corrispondenti attuali come dedotte da PIGNATTI (1998). Gli elementi arborei (AP) sono stati quindi suddivisi in: **AP1**, composto da latifoglie arboree legate a climi temperato-caldi (di cui *Quercus* è l'elemento principale); **AP2**, composto da alberi di montagna legati a climi temperato-freschi (*Fagus*, *Abies* e *Picea*); **A.r.**, alberi di ambienti ripariali (*Alnus*, *Salix* e *Populus*); e **Pinus**, che pur essendo un *taxon* ad ampia variabilità ecologico-climatica, può rappresentare l'elemento principale in periodi a clima rigido. Le piante non-arboree (NAP) sono state suddivise in: **NAP1**, composto da elementi con scarse peculiarità ecologico-climatiche; **Poaceae**, elementi di prateria, la cui abbondanza può anche essere indicativa di ambienti acquatici limitrofi; e **NAP2**, composto da piante arbustive ed erbacee legate a climi ed ambienti aridi, talvolta anche salmastri (es: *Artemisia*, *Ephedra*, *Chenopodiaceae*,...). Le igro-idrofite (*Typha* cf. *latifolia*, t. *Sparganium*, *Cyperaceae*, *Myriophyllum*, *Nympheaceae*,...) indicano, se abbondanti, prossimità o presenza *in situ* di ambienti palustri.

2. - BIOZONAZIONE A POLLINI

Le biozone sono state definite per ogni sondaggio studiato ed indicate secondo una numerazione progressiva, crescente dalla più antica alla più recente.

Sondaggio 240-S8 - Milano Marittima (Fig. 11)

Sono stati analizzati 90 campioni. La flora pollinica è risultata composta da 72 *taxa*, ripartiti in 30 arborei e 42 non arborei. La media dei granuli pollinici contati per campione è di circa 350. La biozonazione comprende 11 zone polliniche.

Il diagramma pollinico sintetico mostra due intervalli con spettri pollinici dominati da AP (escluso *Pinus*): uno più esteso nella porzione inferiore del diagramma (zona S8-2), l'altro in quella superiore (zona S8-11); in entrambi si registrano i più alti valori percentuali di AP1 (gli elementi arborei relativamente più termofili) e le più alte concentrazioni polliniche totali, insieme con le più basse percentuali di *Pinus*. Limitatamente alla zona S8-2 si rileva la presenza di granuli riferibili a *Zelkova*, elemento arboreo di AP1, in buono stato di conservazione (non in figura).

Tra le zone S8-2 ed S8-11 si osserva una serie di oscillazioni nelle percentuali di AP (escluso *Pinus*) ed in particolare delle AP1, che portano ad una loro progressiva riduzione. Si osserva anche un analogo calo dei valori delle concentra-

zioni polliniche totali ed un aumento progressivo di *Pinus*.

Associazioni molto diverse caratterizzano le zone S8-1, S8-3, S8-7, S8-8, S8-9 e S8-10, nelle quali è chiara la dominanza di *Pinus*, accompagnato dalle NAP, con bassi valori della concentrazione pollinica totale e scarsità degli altri gruppi arborei soprattutto latifoglie. Alla base della S8-8 è evidente un'espansione delle igro-idrofite.

Spettri pollinici con aspetti intermedi caratterizzano le zone S8-4 e S8-6. Nella S8-4 si notano anche i più alti valori medi delle igro-idrofite.

Nella zona S8-11, l'espansione di AP1 e le concentrazioni polliniche seguono un aumento in parallelo, testimoniando un progressivo ritorno delle foreste, preceduto da deboli oscillazioni (zona S8-10).

Sondaggio 240-S13 - Russi (Fig. 12)

Sono stati studiati 79 campioni. La flora pollinica è risultata composta da 56 *taxa*, comprendenti 30 arborei e 26 non-arborei. La media dei granuli pollinici contati per campione è di circa 300. La biozonazione comprende 11 zone polliniche.

Dal diagramma pollinico sintetico si evidenziano molti tratti in comune con quello del sondaggio 240-S8, malgrado vi sia la presenza di un maggior numero di livelli sterili.

Sono evidenti due culminazioni principali di AP (escluso *Pinus*), una nella parte inferiore del diagramma (zona S13-2) ed un'altra nella parte superiore (zona S13-11), accompagnate da alti valori relativi delle concentrazioni polliniche totali e dai più bassi valori di *Pinus*. Granuli riferibili a *Zelkova* sono rinvenuti solamente fino alla zona S13-2 (non in figura), dove massimi risultano essere i valori delle latifoglie arboree (AP1).

Nelle zone comprese la S13-2 e la S13-11, le AP mostrano una progressiva riduzione (in particolare le AP1), accompagnata da un corrispondente calo delle concentrazioni polliniche totali e da un aumento di *Pinus*.

Spettri pollinici con aspetti molto differenti dai precedenti, con associazioni composte da pochi elementi tra cui *Pinus* e NAP, con bassi valori delle concentrazioni polliniche totali e scarsità di altri *taxa* arborei (soprattutto AP1), caratterizzano le zone S13-1, S13-3, S13-7, S13-8, S13-9.

Spettri pollinici con caratteristiche intermedie si evidenziano nelle zone S13-4 e S13-6. Nella S13-4 si notano anche alcuni picchi marcati delle igro-idrofite.

3. - DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

3.1. - EVOLUZIONE PALEOVEGETAZIONALE E PALEOCLIMATICA

Da quanto su descritto, risulta chiara la contrapposizione tra due tipi ben distinti di spettri pollinici. Il loro significato paleoclimatico viene desunto da

studi palinologici eseguiti sulle più lunghe serie polliniche europee (cf. ad es.: WOILLARD, 1978; FOLLIERI *et alii*, 1988; TZEDAKIS, 1994; REILLE *et alii*, 2000).

Il primo tipo di spettri pollinici è caratterizzato da associazioni dominate da AP (escluso *Pinus*), con elevata diversità floristica soprattutto nel gruppo degli elementi arborei a latifolia (AP1), la cui culminazione segna gli intervalli più termofili, e da *Pinus* estremamente ridotto. Gli alti valori di concentrazione pollinica associati a questi spettri testimoniano una densa copertura vegetazionale e quindi uno sviluppo marcato delle foreste. Tale sviluppo era possibile per l'instaurazione di condizioni climatiche di tipo interglaciale, caldo-umide.

L'altro tipo di spettri pollinici è caratterizzato dalla dominanza di *Pinus*, in associazione ad elementi non-arborei, concentrazioni polliniche basse e scarsità o assenza di AP1. Queste associazioni sono la risposta della vegetazione a condizioni climatiche di tipo glaciale, fredde e aride e gli intervalli in cui si registrano indicano fasi deforestate, con vegetazione di tipo arbustivo-erbacea e/o di tipo steppico, con copertura vegetazionale rada e discontinua (come suggerito dalle basse concentrazioni polliniche). All'interno di queste fasi, deboli espansioni di AP1 o di AP2 suggeriscono episodi di miglioramento delle condizioni climatiche (interstadiali pleniglaciali), ben documentati sia nelle serie polliniche di tutta l'Europa sia nelle curve delle variazioni del rapporto isotopico dell'Ossigeno ricavate da carotaggi effettuati in Groenlandia, in Antartide e negli oceani.

Dai diagrammi pollinici risulta dunque che fasi forestate (interglaciali) e fasi deforestate (glaciali) si sono avvicinate a seguito delle variazioni globali del clima, giocando un ruolo alterno. Ma mentre il passaggio da un glaciale ad un interglaciale è netto, viceversa quello da un interglaciale a condizioni climatiche pleniglaciali è lento e progressivo, ed è caratterizzato dall'alternanza di oscillazioni ora in senso stadiale (freddo) ora in senso interstadiale (caldo). Lo stesso comportamento è osservabile nelle curve del rapporto isotopico dell'Ossigeno (MARTINSON *et alii*, 1987)

Gli interstadiali presentano associazioni polliniche intermedie tra i due tipi su descritti, con riduzione sempre più marcata delle AP (escluso *Pinus*), in particolare di AP1, e delle concentrazioni polliniche, ed un aumento corrispondente di *Pinus*. Durante queste fasi, e grazie alla particolare posizione geografica dei sondaggi qui esposti, si può avere la registrazione di episodi palustri come conseguenza della migrazione degli ambienti a seguito delle oscillazioni paleoclimatiche del livello del mare.

3.2. - CONFRONTO FRA BIOSTRATIGRAFIA E STADI ISOTOPICI DELL'OSSIGENO

Le serie polliniche ottenute dai sondaggi 240-S8 e 240-S13 mostrano significativi aspetti in comune. I profili di AP (escluso *Pinus*), ed in particolare di AP1, in entrambe le serie polliniche evidenziano due culminazioni, una nella parte inferiore e l'altra in quella superiore dei diagrammi.

Le culminazioni superiori possono essere attribuite all'interglaciale attuale (Olocene), come indicato da datazioni col ^{14}C effettuate su campioni di torbe raccolti nell'area.

Più difficile resta il tentativo di attribuire un'età alle culminazioni inferiori, per la mancanza di *marker* stratigrafici inequivocabili. Tuttavia, si possono esprimere alcune considerazioni.

La culminazione inferiore, associata alle zone polliniche *S8-2* e *S13-2*, è la prima registrata sotto quella olocenica, ed è seguita da due minori espansioni di AP (zone *S8-4*, *S8-6* ed *S13-4*, *S13-6*), formando così una caratteristica sequenza messa in evidenza nelle più lunghe serie polliniche europee; in queste sequenze la maggiore espansione degli elementi arborei, tra cui quelli relativamente più termofili, è attribuita all'ultimo interglaciale (Eemiano) ed è correlata con il sottostadio 5e della stratigrafia isotopica dell'Ossigeno (TZEDAKIS *et alii*, 1997).

Con l'eccezione di *Zelkova*, tutti gli elementi arborei rinvenuti in questo studio sono componenti della flora arborea attuale del nord-Italia. Secondo studi precedenti, la storia paleofloristica della Pianura Padana ha conosciuto un graduale impoverimento di elementi nel corso del Plio-Pleistocene per l'estinzione progressiva di gruppi di *taxa* (PAGANELLI, 1961; BERTOLDI, 1997). A causa di queste progressive estinzioni, sono da aspettarsi solo lievi differenze nella composizione floristica tra l'ultimo interglaciale e quello attuale. Il ritrovamento di *Zelkova* è limitato alle porzioni inferiori dei sondaggi e all'interno della culminazione inferiore di AP1 appena descritta; né elementi "Terziari" (*taxa* sub-tropicali ed il gruppo delle Taxodiacee) né altri elementi (*Carya*, *Pterocarya*, *Eucommia*, *Pinus t. haploxyylon s.s.*, *Tsuga*, etc.), la cui presenza non è stata registrata nel bacino padano dopo il Pleistocene inferiore (v. BERTOLDI, 1997), sono stati rinvenuti nei campioni analizzati. Dal confronto con le lunghe serie polliniche recentemente ottenute da altri sondaggi profondi della pianura costiera romagnola (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 223-Ravenna, 2002, AMOROSI *et alii*, 1999b) e nella laguna di Venezia (MULLENDERS *et alii*, 1996), in aree quindi vicine a quella in esame, risulta che la presenza di granuli certi di *Zelkova* non viene più registrata successivamente all'interglaciale Eemiano.

Queste considerazioni nel loro insieme suggeriscono, dunque, un'età eemiana (sottostadio 5e) per le fasi forestate più marcate della porzione inferiore dei sondaggi 240-S8 e 240-S13, vale a dire per le zone *S8-2* e *S13-2*, rispettivamente; di conseguenza, le fasi forestate di minore ampiezza associate alle zone *S8-4*, *S8-6* ed *S13-4*, *S13-6* possono essere riferite ai sottostadi 5c e 5a, rispettivamente. Da ciò deriva che le zone *S8-1* e *S13-1* possono essere attribuite allo stadio 6, le zone *S8-3* e *S13-3* al sottostadio 5d, le zone *S8-7* e *S13-7* allo stadio 4, le zone *S8-8* e *S13-8* allo stadio 3, le zone *S8-9* ed *S13-9* allo stadio 2. Il sottostadio 5b in entrambi i sondaggi si presenta sterile.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AGIP (1972) – *Acque dolci sotterranee*. Grafiche Palombi, Roma, 914 pp.
- AGIP (1994) – *Acque dolci sotterranee*. Graf 3, Roma, 515 pp.
- ALDINI T. (1994) – *Percorsi del Rio Ausa a Forlimpopoli*. Forlimpopoli. Documenti e Studi, 5, Museo Archeologico Civico di Forlimpopoli, 13-56.
- AMGA (1988) - *Studio Idrogeologico del Comune di Cesena*. Cesena, 53 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-quadernaria 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., 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., 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. & 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.
- ASLAN A. & AUBIN W.J. (1999) - *Evolution of the Holocene Mississippi River floodplain, Ferriday, Louisiana: insights on the origin of fine-grained floodplains*. *Journal of Sedimentary Research*, 69, 800-815.
- BASSETTI M.A. & SARTI G. (1997) - *Stratigraphy of terraced fluvial deposits of Conca River (Northern Apennines, Italy)*. *Giornale di Geologia*, 59/1-2, 81-90.
- BERTOLDI R. (1997) - *Lineamenti palinostratigrafici di depositi continentali del Pliocene-Pleistocene inferiore iniziale dell'Italia nord-occidentale*. *Boll. Soc. Paleont. It.*, 36 (1-2), 63-73.
- 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.), *Siliciclastic sequence stratigraphy: recent developments and applications*. *Tulsa AAPG Memoir* 58, 259-283.
- BLUM M.D. & TÖRNQVIST T.E. (2000) – *Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward*. *Sedimentology*, 47 (Suppl. 1), 2-48.
- BONADUCE, G., CIAMPO, G. & MASOLI, M. (1975) - *Distribution of Ostracoda in the Adriatic Sea*. *Publ. Staz. Zool. Napoli* 40, 1-304.
- 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.
- BRUNETTI A., DENÈFLE M., FONTUGNE M., HATTÉ C. & PIRAZZOLI P.A. (1998) - *Sea-level and subsidence data from a Late Holocene back-barrier lagoon (Valle Stadiana, Ravenna, Italy)*. *Marine Geology*, 150, 29-37.
- BURNS B.A., HELLER P.L., MARZO M. & PAOLA C. (1997) – *Fluvial response in a sequence stratigraphic framework: example from the Montserrat fan delta, Spain*. *Journal of Sedimentary Research*, 67, 311-321.
- CARTA GEOLOGICA DI PIANURA DELL'EMILIA-ROMAGNA in scala 1:250.000 (1999) - Regione Emilia-Romagna. Bologna.

- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 219-Sassuolo (in stampa)
- 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 256-Rimini (in stampa) - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:100.000, Foglio 100-Forlì (1968) - II edizione. Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:100.000, Foglio 101-Rimini (1967) - II edizione. Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- CARTA GEOMORFOLOGICA DELLA PIANURA PADANA in scala 1:250.000 (1997), Ministero dell'Università e della ricerca scientifica e tecnologica, Selca, 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.
- CATALANO R., BARTOLINI C., FABBRI A., LEMBO P., MARANI M., MARSELLA E., ROVERI M. & ULZEGA A. (1996) - *Norme generali delle linee guida di rilevamento geologico nelle aree marine da sottoporre al Servizio Geologico Italiano - Rapporto finale*. Commissione di studio per la cartografia geologica marina, 48 pp.
- CIABATTI M. (1966) - *Ricerche sull'evoluzione del Delta Padano*. Giornale di Geologia, **34-2**, 381-410.
- CIABATTI M. (1990) - *Geomorfologia ed evoluzione del Delta Padano*. In: Il Mondo della Natura in Emilia-Romagna: la Pianura e la Costa. Federazione Casse Risparmio e Banche del Monte dell'Emilia-Romagna, Milano, 57-76.
- 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.
- CNR (1990) - *Structural model of Italy and gravity map*. Quaderni della Ricerca Scientifica **144**, Selca, Firenze.
- CORREGGIARI A., FIELD M.E. & TRINCARDI F. (1996a) - *Late Quaternary transgressive large dunes on the sediment-starved Adriatic shelf*. In: Geology of Siliciclastic Shelf Seas (Ed. by M. De Batist e P. Jacobs), Geol. Soc. Amer. Sp. Publ., **117**, 155-169.
- CORREGGIARI A., ROVERI M. & TRINCARDI F. (1996b) - *Late Pleistocene and Holocene evolution of the North Adriatic Sea*. Il Quaternario, **9**, 697-704.
- CREMASCHI M. & GASPERI G. (1989) - *L'"alluvione" alto-medievale di Mutina (Modena) in rapporto alle variazioni ambientali oloceniche*. Memorie della Società Geologica Italiana, **42**, 179-190.
- DJOKIC D., FRASSINETI G., VASUMINI I., RAVAIOLI C. & VENTURELLI C. (1999) - *Qualità delle acque sotterranee nel territorio forlivese: conoide del Fiume Ronco*. Quaderni di geologia applicata, **2**, **1**, 195-205.
- ELMI C., NESCI O., SAVELLI D., & MALTARELLO G. (1987) - *Depositi alluvionali terrazzati del margine adriatico appenninico centro-settentrionale: processi geomorfologici e neotettonica*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **106**, 717-721.
- ELMI C. & NESCI O. (1991) - *Forme e movimenti recenti dell'alta pianura emiliano-romagnola*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, **46**, 497-502.
- FABBRI A., ARGNANI A., BORTOLUZZI G., CORREGGIARI A., GAMBERI F., LIGI M., MARANI M., PENITENTI D., ROVERI M. & TRINCARDI F. (in stampa) - *Carta Geologica dei mari italiani alla scala 1:250.000: guida al rilevamento*. Quaderni Servizio Geologico, **Serie III**, **8**: pp. 101.
- FABBRI A., ARGNANI A., BORTOLUZZI G., CORREGGIARI A., GAMBERI F., LIGI M., MARANI M., PENITENTI D., ROVERI M. & TRINCARDI F. (in stampa) - *Cartografia dei mari italiani scala 1:250000: Note illustrative Foglio Sperimentale JOG NL33 Ravenna*. Servizio Geologico Italiano Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.
- FAEGRI K. & IVERSEN J. (1992) - *Text Book in pollen analysis*. Wiley & Sons, Chichester.
- FAO (1967) - *Aerial photo interpretation in soil survey*. Soils Bulletin, **6**, 54 pp.

- FARABEGOLI E. & ONOREVOLI G. (1989) - *Introduzione all'analisi dei depositi alluvionali quaternari del margine appenninico-padano. Il fiume Savio*. Giornale di Geologia, **51**, 119-146.
- 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. Selca, Firenze.
- FARREL K.M. (1987) - *Sedimentology and facies architecture of overbank deposits of the Mississippi River, False River Region, Louisiana*. In: F.G. ETHRIDGE *et alii* (Eds): Recent developments in fluvial sedimentology, SEPM Spec. Publ., **39**, 111-120.
- FOLLIERI M., MAGRI D. & SADORI L. (1988) - *250,000-year pollen record from Valle di Castiglione (Roma)*. Pollen et Spores, **30** (3-4), 329-356.
- 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
- GAMBI L. (1948) - *L'insediamento umano nella regione della bonifica romagnola*. Memorie di Geografia Antropica, CNR, **3**, 29-47.
- KHAN I.A., BRIDGE J.S., KAPPELMAN J. & WILSON R. (1997) - *Evolution of Miocene fluvial environments, eastern Potwar plateau, northern Pakistan*. Sedimentology, **44**, 221-251.
- LIPPARINI T. (1963) - *Risorse idriche nel sottosuolo della provincia di Forlì (materiali per uno studio idrogeologico)*. Giornale di Geologia, **31**, 331-377.
- LIPPARINI T. (1969) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 Foglio 100-Forlì, Foglio 101-Rimini*. Serv. Geol. d'Italia, Roma, pp 74.
- 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*. Quaternary Research, **27**, 1-29.
- 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.
- MULLENDERS W., FAVERO V., COREMANS M. & DIRICKX M. (1996) - *Analyses polliniques de sondages a Venise (VE-I, VE-I bis, VE-II)*. Aardkundige Mededelingen, **7**, 87-117.
- MUTTI E., DAVOLI G., MORA S. & SGAVETTI M. (1994) - *Conceptual stratigraphic framework*. In: E. MUTTI, G. DAVOLI, S. MORA AND 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.
- OLSEN T., STEEL R., HØGSETH, SKAR T. & RØE S-L. (1995) - *Sequential architecture in a fluvial succession: sequence stratigraphy in the Upper Cretaceous Mesaverde Group, Price Canyon, Utah*. Journal of Sedimentary Research, **B65**, 265-280.
- PAGANELLI A. (1961) - *Il graduale impoverimento della flora forestale nel Quaternario della Pianura Padana*. Nuovo Giornale Botanico Italiano, **68**, 109-117.
- PAREA G.C. (1991) - *I terrazzi marini dell'Emilia-Romagna nella stratigrafia sequenziale del Pleistocene superiore*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, **46**, 191-206.
- PIERI M. & GROPPI G. (1981) - *Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy*. CNR Publ. **414** Progetto Finalizzato Geodinamica, 13 pp.
- PIGNATTI S. (1998) - *I boschi d'Italia*. Sinecologia e biodiversità. UTET, 677 pp.
- 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.
- QUADERNI APAT - Dipartimento Difesa del Suolo (in stampa) - *Nuove linee guida per il rilevamento geologico delle aree marine ricadenti nei fogli CARG alla scala 1:50.000*
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA (1994) - *I suoli dell'Emilia-Romagna. Carta 1:250.000 e Note illustrative*. Bologna, pp. 383.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA (2000) - *Relazione sullo stato dell'ambiente in Emilia-Romagna 1999*. Bologna, 408 pp.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) - *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. Bologna.
- REILLE M., DE BEAULIEU J.L., SVOBODOVA H., ANDRIEU-PONEL V. & GOEURY C. (2000) - *Pollen analytical biostratigraphy of the last five climatic cycles from a long continental sequence from the Velay region (Massif Central, France)*. Journal of Quaternary Science, **15** (7), 665-685.
- 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.
- RIZZINI A. (1974) - *Holocene sedimentary cycle and heavy mineral distribution, Romagna-Marche coastal plain, Italy*. Sedimentary Geology, **11**, 17-37.
- SALVADOR A. (1994) - *International stratigraphic guide, second edition - International Subcommission on Stratigraphic Classification of IUGS International Commission on Stratigraphy*. IUGS and GSA, pp. 214.
- SARTI G., PRETI D. & SEVERI P. (1997) - *Stratigrafia dei terrazzi intravallivi dei fiumi Savio, Bidente, Montone, Lamone, Senio e Santerno (margine romagnolo della catena appenninica): dati preliminari*. Geoitalia, I Forum FIST, Riassunti, 2, 261-263.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1992) - *Cartografia geologica del Quaternario continentale*. In: *Carta Geologica d'Italia - 1:50.000. Guida al rilevamento, Quaderni SGN, Serie III, 1*, 67-86.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1999) - *La Carta Geologica di Pianura in scala 1:50.000 - Linee guida per il rilevamento e la cartografia*. Quaderni SGN, **Serie III, 1-13**. Pre-stampa a cura della Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.
- SHANLEY K.W. & MCCABE P.J. (1994) - *Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata*. AAPG Bulletin, **78**, 544-568.
- STUIVER, M. & REIMER, P.J. (1993) - *Extended ¹⁴C database and revised CALIB 3.0 ¹⁴C age calibration program*. Radiocarbon, **35**, 215-230.
- STUIVER, M., REIMER, P.J., BARD, E., BECK, J.W., BURR, G.S., HUGHEN, K.A., KROMER, B., McCORMAC, F.G., v.d. PLICHT, J., & SPURK, M. (1998) - *INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration, 24,000-0 cal BP*. Radiocarbon, **40**, 1041-1083.
- TRINCARDI F., CORREGGIARI A. & ROVERI M. (1994) - *Late Quaternary transgressive erosion and deposition in a modern epicontinental shelf: the Adriatic Semienclosed Basin*. Geo-Marine Letters, **14**, 41-51.
- TZEDAKIS P.C. (1994) - *Vegetation change through glacial-interglacial cycles: a long pollen perspective*. Philosophical Transactions of Royal Society of London, **B, 345**, 403-432.
- TZEDAKIS P.C., ANDRIEU V., DE BEALIEU J.-L., CROWHURST S., FOLLIERI M., HOOGHMESTRA H., MAGRI D., REILLE M., SADORI L., SHACKLETON N.J. & WIMSTRA T.A. (1997) - *Comparison of terrestrial and marine records of changing climate of the last 500.000 years*. Earth and Planetary Science Letters, **150**, 171-176.
- 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. BALLY). AAPG Stud. Geol., **27**, 1-10.
- VEGGIANI A. (1960) - *Le cave di sabbia e ghiaia tra Cervia e Ravenna e il loro interesse geologico*. Studi Romagnoli, **11**, 3-20.

- VEGGIANI A. (1965) – *Trasporto di materiale ghiaioso per correnti di riva dall'area marchigiana all'area emiliana durante il Quaternario*. Boll. Soc. Geol. It., **84**, 315-328.
- VEGGIANI A. (1973) - *Le trasformazioni dell'ambiente naturale del Ravennate negli ultimi millenni*. Studi Romagnoli, **24**, 3-26.
- VEGGIANI A. (1982) – *La piccola età glaciale e gli impaludamenti tra Conselice e Alfonsine*. Studi Romagnoli, **33**, 1-18.
- VEGGIANI A. (1984a) - *Trasformazioni e continuità: motivazioni geomorfologiche 2: la centuriazione cesenate*. Comune di Cesena.
- VEGGIANI A. (1984b) – *Il deterioramento climatico dei secoli XVI-XVIII e i suoi effetti sulla bassa Romagna*. Studi Romagnoli, **35**, 109-124.
- VEGGIANI A. (1986) - *L'ottimo climatico medievale in Europa. Testimonianze lungo la fascia costiera padano-adriatica*. Studi Romagnoli, **37**, 1-26.
- VEGGIANI A. (1987) – *Stratigrafie archeologiche e abbassamento del suolo nella pianura emiliano-romagnola*. Studi Romagnoli, **38**, 331-352.
- VEGGIANI A. (1990) - *Fluttuazioni climatiche e difesa del suolo nella Pianura Padana orientale, tra i secoli XIV e XVII*. Atti del convegno "Uomini, Terra e Acque, 19-20/11/1988 Rovigo, 25-47.
- VEGGIANI A. (1994) - *I deterioramenti climatici dell'età del ferro e dell'alto medioevo*. Bollettino della Società Torricelliana di Scienze e Lettere, Faenza, **45**, 3-80.
- VENTURINI L., ZUPPI G.M. & BERTONI W. (1990) - *Studio chimico isotopico sulle acque sotterranee nel ravennate*. In: Quaderni di tecnica di protezione ambientale n. 11 - Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi, **1**, Pitagora Editrice, Bologna, 108 - 143.
- WOILLARD G.M. (1978) - *Grand Pile peat bog: a continuous pollen record for the last 140.000 years*. Quaternary Research, **9**, 1-21.