

**RIASSETTO RETE ELETTRICA NAZIONALE  
NELL'AREA TRA COLUNGA E FERRARA**

**ELETTRODOTTI 132 kV:  
COLUNGA – ALTEDO  
ALTEDO – FERRARA SUD  
FERRARA SUD – CENTRO ENERGIA**

**RELAZIONE DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO**



**Terna**  
Direzione Manutenzione Impianti  
Area Operativa Trasmissione di Firenze  
*Il Responsabile*  
(E. Gambardella)



**VENTURINI E ASSOCIATI - studio di geologia**  
dott. geol. Pierluigi Venturini - dott. geol. Piero Feralli  
via Moro Petruccio n. 3 - 47100 FORLÌ  
tel. 0543.20127 0543.30793 - fax 0543.091027  
email venturinieassociati@virgilio.it  
P. IVA 03373640402

**Storia delle revisioni**

Rev. 00	20 / 10 / 2010	Prima emissione
---------	----------------	-----------------

Elaborato Studio VENTURINI e Assoc.	Verificato Studio VENTURINI e Assoc.	Approvato G. BRUNO FIPRI
---	--	--------------------------------

m051O001SG-r00

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
1.1	PREMESSA.....	3
1.2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	6
<b>2</b>	<b>ANALISI GEOLOGICA DEL TERRITORIO .....</b>	<b>8</b>
2.1	GEOLOGIA E MORFOLOGIA .....	8
2.2	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE .....	13
2.3	SUOLI.....	14
2.3.1	UNITA' CARTOGRAFICA 1B .....	16
2.3.2	UNITA' CARTOGRAFICA 1C .....	17
2.3.3	UNITA' CARTOGRAFICA 2A.....	19
2.3.4	UNITA' CARTOGRAFICA 3A.....	20
2.3.5	UNITA' CARTOGRAFICA 3B .....	21
2.3.6	UNITA' CARTOGRAFICA 3C .....	22
2.4	IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA .....	24
2.5	SISMOLOGIA E TETTONICA.....	30
2.6	SUBSIDENZA.....	37
<b>3</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI .....</b>	<b>39</b>
<b>4</b>	<b>CRITERI PROGETTUALI DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE.....</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>STABILITA' DEGLI SCAVI .....</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>CAPACITA' PORTANTE DEI TERRENI .....</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>43</b>

	<b>RELAZIONE INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	Codifica <b>RU22226B1BDX16845</b>	
		Rev. 00 del 20.10.10	Pag. <b>3</b> di 43

## *1 INTRODUZIONE*

### *1.1 PREMESSA.*

Terna S.p.a., nell'ambito dei suoi compiti istituzionali e del vigente programma di sviluppo della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), approvato dal Ministero dello Sviluppo Economico, con il presente progetto intende realizzare quella parte di opere previste nel proprio Piano di Sviluppo, mirate al miglioramento della trasmissione di energia elettrica e dell'affidabilità della RTN tra Ferrara e Bologna, con interventi sulla direttrice di trasmissione a 132 kV tra la stazione elettrica "Colunga" nel Comune di Castenaso (BO) e la stazione elettrica "Ferrara Focomorto" nel Comune di Ferrara (FE).

L'intervento in progetto prevede il rafforzamento di alcune connessioni a 132 kV già esistenti tra impianti elettrici ubicati nell'area tra Bologna e Ferrara.

Saranno ricostituiti e potenziati i collegamenti a 132 kV tra:

- stazione elettrica "Colunga" - cabina primaria "Altedo",
- cabina primaria "Altedo" - cabina primaria "Ferrara Sud",
- cabina primaria "Ferrara Sud" - centrale "Centro Energia".

Allo scopo saranno impiegati alcuni tratti dell'elettrodotto ex 220 kV "Colunga – Este" n.226, previo declassamento a 132 kV, che saranno connessi agli impianti sopra menzionati, tramite varianti di elettrodotto o brevi raccordi a 132 kV a tratti di elettrodotto esistenti.

La connessione tra la cabina primaria "Ferrara Sud" e la centrale "Centro Energia" (ossia al punto di sezionamento AT della centrale) sarà realizzata con un nuovo elettrodotto, che sostituirà interamente quello attuale.

Il progetto prevede interventi su elettrodotti a 132 kV già esistenti, autorizzati con i seguenti decreti:

- 1) 220 kV ex "Colunga – Este" n. 226, autorizzato Decreto Ministero LL.PP. n. 3782\Bi del 08 settembre 1958.
- 2) 132 kV "Colunga – Altedo" n. 859, autorizzato con Decreto Ministero LL.PP. n. 3795\Ve del 03 ottobre 1956;
- 3) 132 kV "Altedo – Ferrara Sud" n. 702, autorizzato con Decreto Ministero LL.PP. n. 3795\Ve del 03 ottobre 1956;
- 4) 132 kV "Ferrara Sud – Centro Energia" n. 767, autorizzato con Decreto Ministero LL.PP. n. 3795\Ve del 03 ottobre 1956.

Viene riportata in figura 1.1, su mappa ARPA Regione Emilia Romagna, la localizzazione dell'intervento, in ambito regionale.

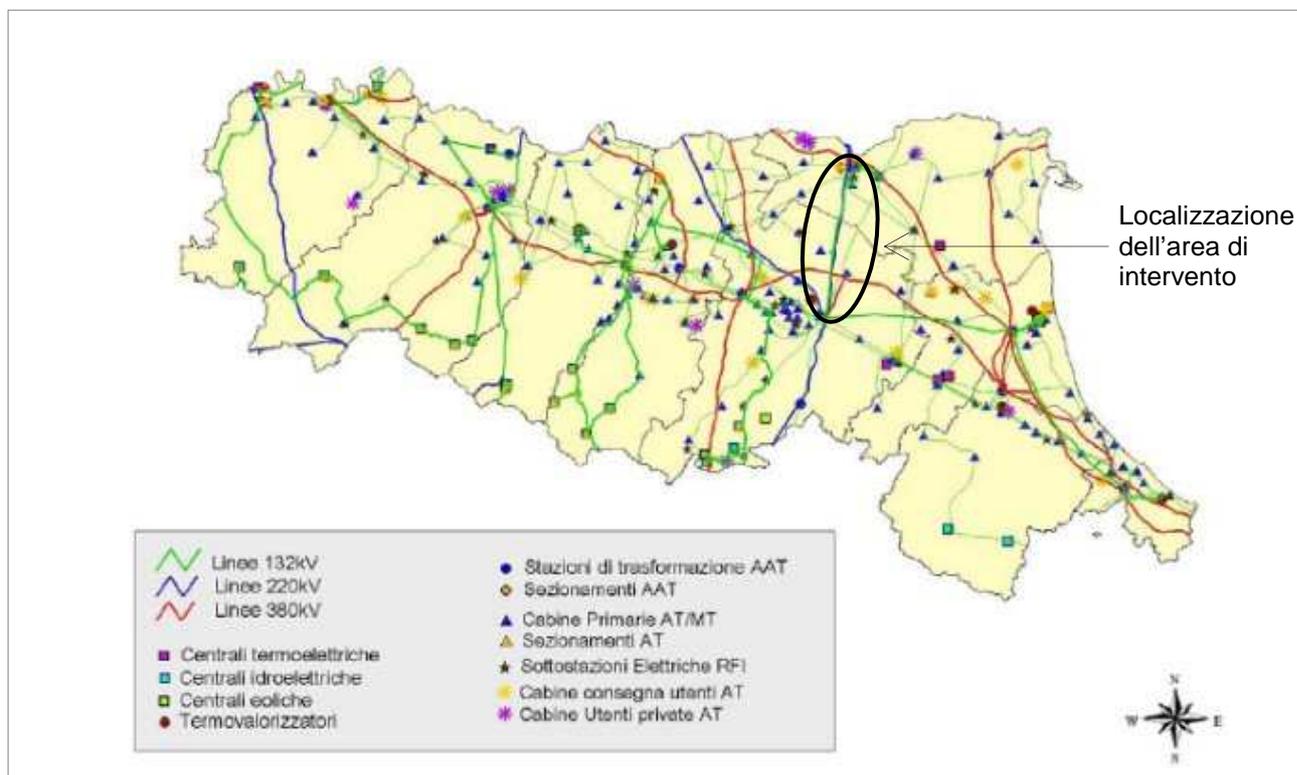


fig. 1.1 Localizzazione dell'intervento - Mappa da fonte ARPA Regione Emilia Romagna 2007

La porzione della Rete di Trasmissione Nazionale su cui intervenire è costituita dai seguenti elettrodotti aerei, del tipo in semplice terna:

- 1) Linea a 132 kV "Colunga – Altedo" n. 859,
- 2) Linea a 132 kV "Altedo – Ferrara Sud" n. 702,
- 3) Linea a 132 kV "Ferrara Sud – Centro Energia" n. 767,
- 4) Linea 220 kV ex "Colunga – Este" n. 226.

Nel suo complesso il progetto prevede la realizzazione di circa 18,5 km di elettrodotti a 132 kV, suddivisi in 16 km di elettrodotti aerei e 2,5 km di elettrodotti in cavi interrati; la demolizione di 63,1 km circa di elettrodotti aerei (220 e 132 kV); il declassamento da 220 kV a 132 kV di 29,3 km di elettrodotto.

Opera	costruzioni	demolizioni	declassamenti
Elettrodotti aerei a 132 kV	16,0 km	46,1 km	
Elettrodotti in cavi interrati a 132 kV	2,5 km		
Elettrodotti aerei a 220 kV		17,0 km	29,3 km
<b>TOTALE</b>	<b>18,5 km</b>	<b>63,1 km</b>	<b>29,3 km</b>

Tabella 1.1: Quadro riassuntivo degli interventi oggetto del SIA

	<b>RELAZIONE INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	Codifica <b>RU22226B1BDX16845</b>	
		Rev. 00 del 20.10.10	Pag. <b>5</b> di 43

La direttrice COLUNGA - FERRARA della Rete Elettrica Nazionale, a fine intervento sarà costituita dai seguenti elettrodotti:

- 1) Linea a 132 kV Stazione Elettrica Colunga – C.P. Altedo (COLUNGA-ALTEDO);
- 2) Linea a 132 kV C.P. Altedo – C.P. Ferrara Sud (ALTEDO-FERRARA SUD);
- 3) Linea a 132 kV C.P. Ferrara Sud – Punto di sezionamento AT centrale Centro Energia (FERRARA SUD – CENTRO ENERGIA).

I comuni interessati dalle opere, siano di costruzione e/o opere di demolizione, sono elencati nella seguente tabella.

COMUNI	PROVINCIE	REGIONE
<b>Castenaso Budrio Minerbio Baricella Malalbergo</b>	<b>Bologna</b>	<b>Emilia Romagna</b>
<b>Poggio Renatico Ferrara</b>	<b>Ferrara</b>	

I comuni interessati dalle sole opere di demolizione, nei quali non è prevista alcuna nuova realizzazione, sono elencati nella seguente tabella.

COMUNI	PROVINCIE	REGIONE
<b>Budrio Baricella</b>	<b>Bologna</b>	<b>Emilia Romagna</b>
<b>Poggio Renatico</b>	<b>Ferrara</b>	

Il presente studio ha lo scopo di delineare i caratteri geologici generali, geomorfologici e idrogeologici delle tre aree ubicate all'interno della Provincia di Bologna ed una della Provincia di Ferrara che saranno interessate dagli interventi in progetto.

## 1.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il tracciato di progetto interessa gli ambiti amministrativi dei seguenti comuni ricadenti nel territorio provinciale di Bologna e Ferrara:

<b>Provincia di Bologna</b>	<b>Provincia di Ferrara</b>
<i>Comune di Castenaso</i>	<i>Comune di Ferrara</i>
<i>Comune di Minerbio</i>	<i>Comune di Poggio Renatico</i>
<i>Comune di Malalbergo</i>	
<i>Comune di Baricella</i>	
<i>Comune di Budrio</i>	

La prima area di progetto è ubicata in Comune di Castenaso, ad est dell'abitato stesso e si estende in una porzione di territorio che va da poco a Nord dell'autostrada A14 a sud del nucleo abitato di Veduro; la seconda e la terza area, sempre in provincia di Bologna, sono rappresentate da due brevi tratti localizzati entrambi ad Est della S.S. 64 Porrettana, la prima a Nord-Est dell'abitato di Minerbio e la seconda ad Sud-Est dell'abitato di Altedo in Comune di Malalbergo.

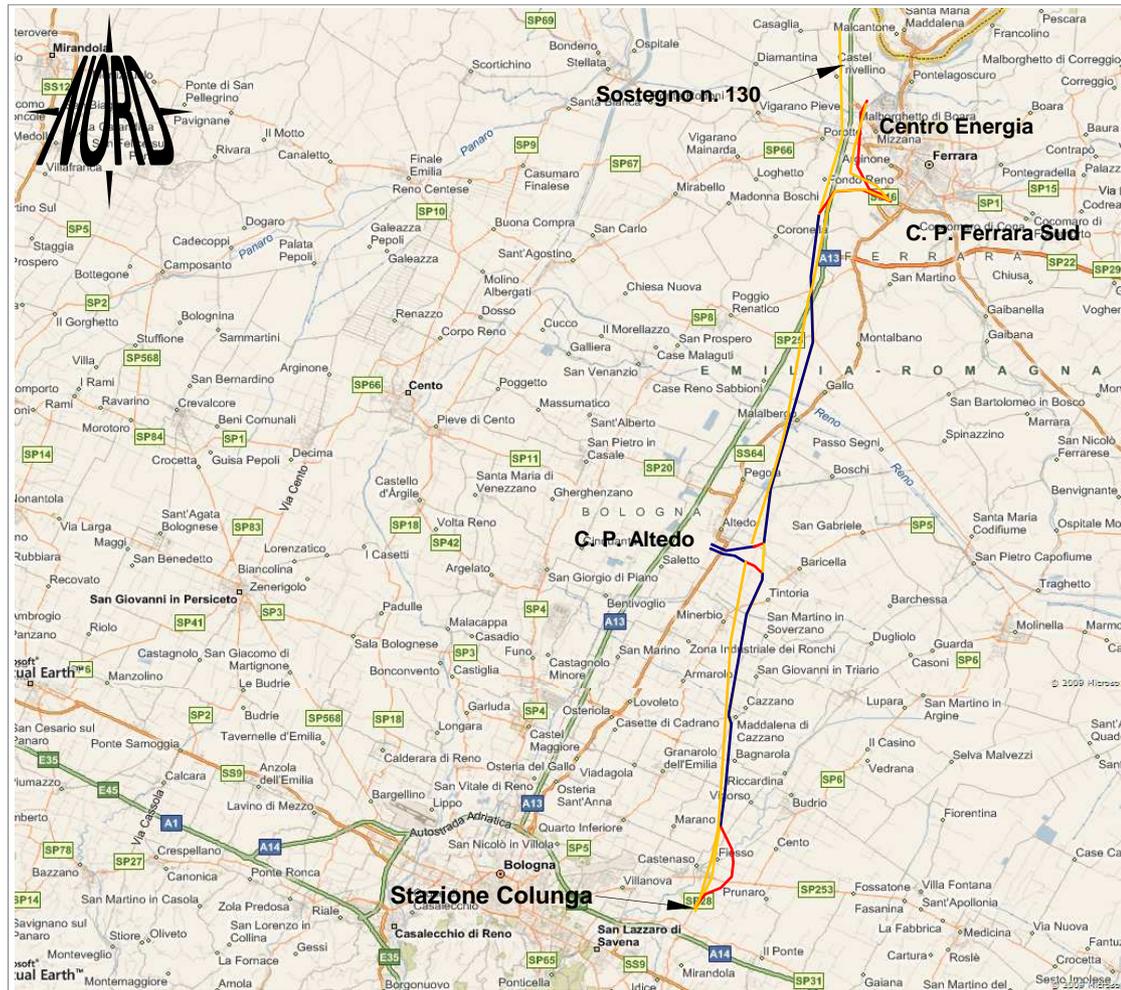
La quarta area attraversa il Comune di Ferrara, ed è compresa tra l'Autostrada A13, ad ovest di questa solo nel tratto iniziale all'altezza della località di Coronella, e l'abitato di Ferrara fino a superare di poco la S.P.19, Via Eridano, per chiudere il suo percorso all'interno dello Stabilimento Petrolchimico Multisocietario.

Il tracciato di progetto, cui si riferisce la presente relazione, individua soluzioni idonee per allontanare l'elettrodotto attuale dai centri abitati raggiungendo così, il duplice scopo di ridurre l'interferenza con il tessuto urbano, e nel contempo utilizzare per lo sviluppo infrastrutturale ed industriale le limitate aree idonee, dislocate alla periferia dei comuni interessati.

La metodologia di lavoro adottata nello sviluppo della presente relazione, viene di seguito riassunta.

- ↳ Il primo capitolo, introduttivo, contiene la descrizione di massima dell'intervento e l'inquadramento territoriale in cui si inserisce l'opera.
- ↳ Il secondo capitolo, dedicato all'analisi geologica del territorio, nel primo paragrafo tratta il contesto geologico e geomorfologico, comprese le caratteristiche litologiche che caratterizzano l'area su cui insiste il tracciato di progetto. Il secondo paragrafo descrive le caratteristiche dei suoli con cenni al loro comportamento agronomico e considerazioni sulla conduzione agricola, mentre il terzo paragrafo è dedicato all'idrologia e idrogeologia, con indicazioni al quadro idrologico e idrostratigrafico della pianura in cui si colloca l'area in esame. Chiude questa parte un'analisi sulla sismicità dell'area con riferimenti alle recenti normative nazionali e regionali del settore e note sulla tettonica della regione d'interesse.
- ↳ Nel terzo capitolo è fornita una prima caratterizzazione geotecnica generale dei materiali individuati e descritti nel capitolo precedente. Le caratteristiche progettuali delle strutture di fondazione vengono rapidamente descritte nel capitolo quarto.
- ↳ Le problematiche legate alla stabilità degli scavi in fase di realizzazione di sbancamenti per la posa delle fondazioni dell'opera sono oggetto del capitolo cinque. Il lavoro si conclude con alcune note sulla capacità portante dei terreni di fondazione, fornendo i relativi valori indicativi dei parametri geotecnici riportati nel sesto capitolo.

Nella successiva figura 1.2 viene rappresentato l'ambito territoriale in cui si sviluppa il progetto.



*fig. 1.2: tracciato dell'elettrodotto oggetto dello studio, dei tratti da demolire (in giallo), di quelli esistenti da riutilizzare a 132 kV (in blu) e dei tratti di variante (in rosso).*

	<b>RELAZIONE INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	Codifica <b>RU22226B1BDX16845</b>	
		Rev. 00 del 20.10.10	Pag. <b>8</b> di 43

## 2 ANALISI GEOLOGICA DEL TERRITORIO

### 2.1 GEOLOGIA E MORFOLOGIA

(riferimento all'elaborato **DU22226B1BDX20517 – 20518** “Carta dell’Inquadramento Geologico”)

La pianura emiliano-romagnola è poco elevata, quasi tutta al di sotto dei 100 metri s.l.m. e molto uniforme. Dal margine appenninico al Po si può distinguere una parte più interna, che declina abbastanza sensibilmente, con debolissime convessità trasversali, e una parte estremamente piatta, che si raccorda con il Po, il suo delta e il mare Adriatico.

La sua origine è lunga e complessa; le vicende della sua evoluzione sono state ricostruite sia attraverso indagini dettagliate della sua superficie, sia con l'acquisizione di dati a diversa profondità nel suo sottosuolo.

Le prime consistono soprattutto in ricerche e misure morfologiche e topografiche del microrilievo, in analisi granulometriche e sedimentologiche, in interpretazioni di fotografie aeree e di immagini da satellite.

I secondi derivano sia da perforazioni dirette e dagli studi sui relativi carotaggi, sia da misure indirette di tipo sismico, elettrico e gravimetrico, gran parte delle quali effettuate soprattutto per ricerche di idrocarburi.

Il grande bacino subsidente padano rappresenta una depressione tettonica, formatasi fra le catene delle Alpi e degli Appennini, quando queste si sollevarono, nel Miocene, grazie a spinte tangenziali prima e a movimenti verticali poi.

Nel Pliocene e nel Quaternario si ebbe la completa emersione degli Appennini ed iniziò quindi l'erosione delle catene ad opera dei primi corsi d'acqua ed il contemporaneo accumulo dei sedimenti nelle depressioni, causando la regressione verso est del Mare Adriatico. Si ebbe così la progradazione della Pianura da ovest verso est ad opera dell'apporto di sedimenti trasportati da fiumi Alpini e Appenninici, congiuntamente al fenomeno della subsidenza, con conseguente seppellimento delle strutture preesistenti.

Con l'ingressione flandriana, al termine dell'ultima glaciazione, si ebbe un rapido aumento del livello marino ed una diminuzione dell'apporto sedimentario fluviale. Va sottolineato che, la trasgressione flandriana, che segna l'inizio dell'Olocene, si è spinta al massimo fino a Codigoro e non più ad W. Infatti a Ferrara non sono stati rinvenuti sedimenti attribuibili ad ambienti di laguna o palude salmastra collegabili a tale trasgressione.

Si può quindi concludere che i materiali tardo pleistocenici e quelli Olocenici sono sempre di pianura alluvionale: di media pianura i primi e di bassa pianura i secondi.

L'assetto morfologico attuale del territorio è perciò il risultato dell'evoluzione geomorfologia Olocenica della pianura ferrarese, con particolare riguardo agli ultimi 3000 anni.

L'Appennino e la Pianura padana, sono due ambienti geomorfologici ben distinguibili, ma strettamente correlati. Infatti il limite morfologico fra i due non corrisponde al fronte della catena appenninica che si trova più a nord, circa all'altezza del Po. Tale fronte sovrascorre sulla piattaforma padano-veneta, ed è individuabile negli archi esterni delle Pieghe Romagnole e Ferraresi (ricostruzione effettuata dall'AGIP – M.Pieri e G.Groppi, 1981) sepolte dai sedimenti quaternari padani (Fig. 2.1).

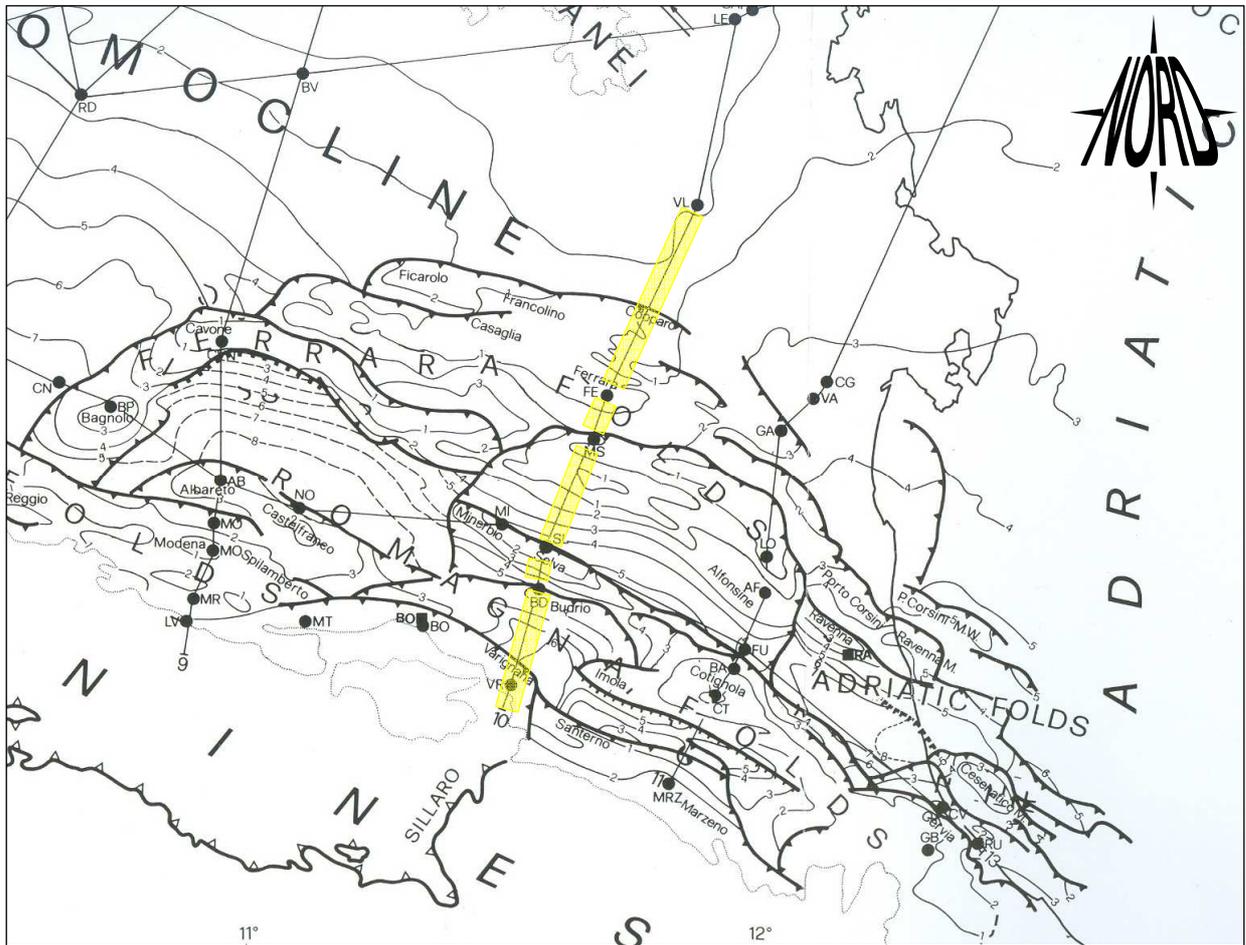


fig. 2.1: Andamento delle pieghe sepolte, e spessore in chilometri dei sedimenti pliocenici e pleistocenici (tratta da M. Pieri e G. Groppi, 1981). Nell'immagine viene evidenziato il tracciato della sezione di figura 2.2.

Si può notare la presenza di una linea tettonica che scorre nella pianura, subparallela al margine morfologico della collina. Si tratta di una faglia inversa (sovrascorrimento) che disloca la catena e solleva il margine attuale. Questa dislocazione, che costituisce la più interna delle “Pieghie Romagnole”, è suturata già nel Pliocene medio superiore a Faenza, mentre all’altezza di Ozzano Emilia solamente nel Quaternario.

In superficie affiorano in modo uniforme depositi alluvionali, che tuttavia presentano granulometrie diversificate, in genere più ghiaiose verso il margine appenninico e via via più fini, fino ai limi e alle argille, verso il mare.

Più in profondità, questi sedimenti continuano per varie decine di metri, ma con spessori anche notevolmente diversi da luogo a luogo e in corpi prevalentemente lentiformi. Successivamente si rinvencono depositi marini, sia di spiaggia che di mare profondo, e infine la roccia vera e propria, variamente deformata e fratturata.

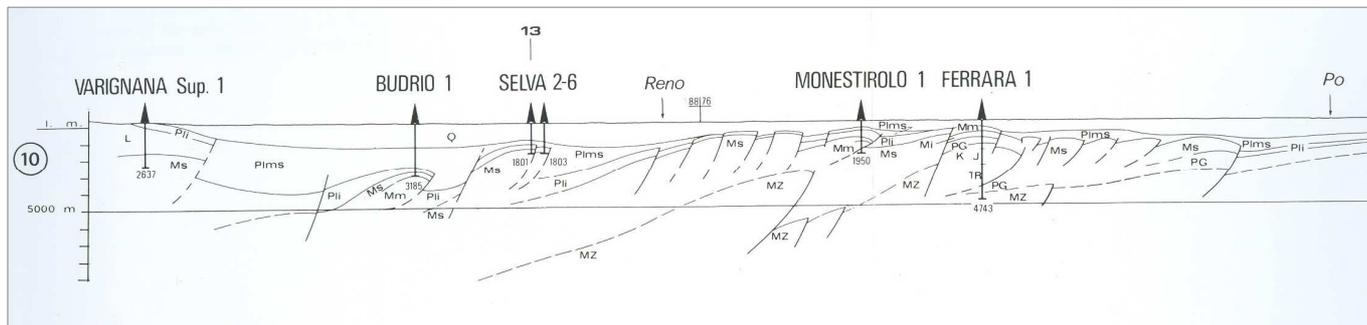


fig. 2.2: Profilo trasversale all'Appennino n.10 ( tratto da M. Pieri e G. Groppi 1981). Sono rappresentate la "catena sepolta" e la suturazione delle strutture del margine appenninico e della pianura alluvionale realizzata soprattutto dal quaternario (Q). Le altre sigle indicano l'età dei sedimenti :PliMs (Pliocene medio-superiore); Pli (Pliocene inferiore); Ms (Miocene superiore); Mm (Miocene medio); L (liguridi) indica un'unità strutturale.

Il tetto del substrato roccioso, margine settentrionale sepolto della catena Appenninica, è costituito da formazioni pre-plioceniche e giace a profondità variabile: dal punto di massima elevazione, meno di 200 m. nella pianura ferrarese, a oltre 3000 m. dal piano campagna nella pianura di Castenaso.

Esso è caratterizzato da una fitta serie di anticlinali, faglie inverse e ricoprimenti, con assi allungati secondo la direzione WNW-ESE (figg. n° 2.2 e n° 2.3).

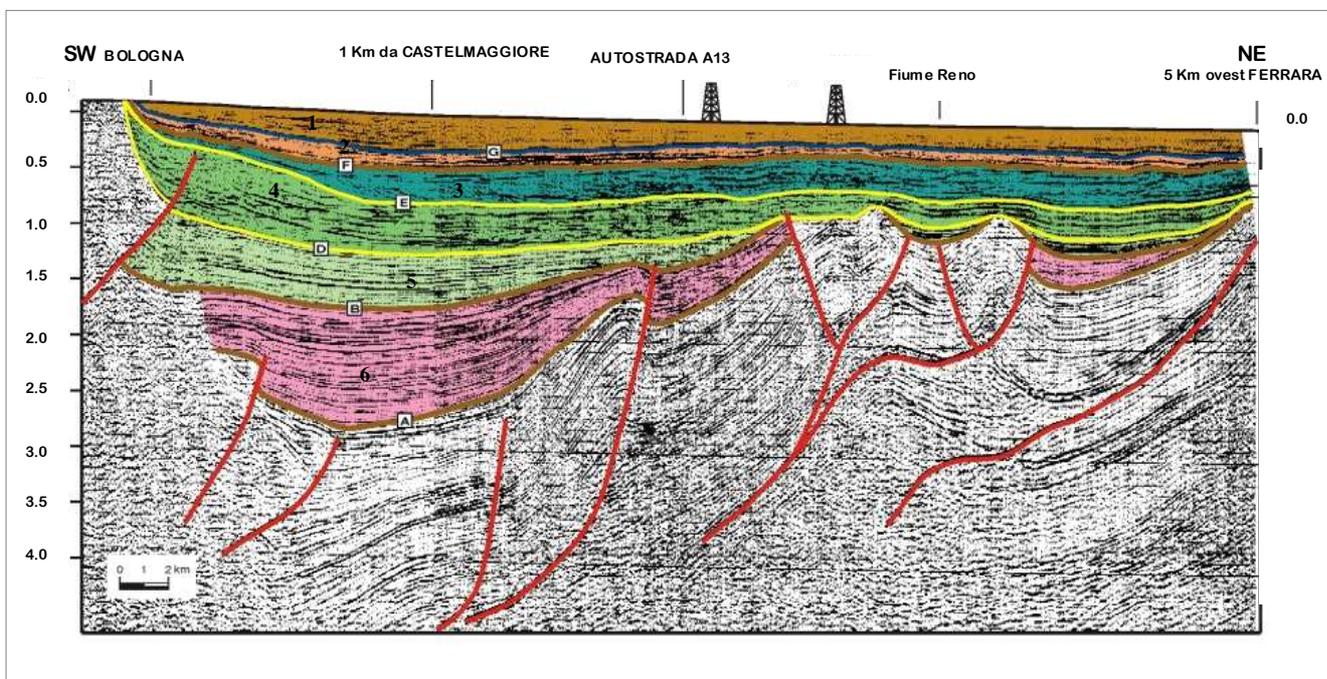


fig. 2.3: Profilo sismico tra le città di Ferrara e Bologna (R.E.R. Eni-Agip, 1999). I primi due livelli rappresentano sedimenti quaternari di origine continentale: il primo di pianura alluvionale ed il secondo di conoide e pianura alluvionale ad alimentazione appenninica. Il terzo, quarto e quinto (verde) sedimenti quaternari di origine marina: depositi di delta, delta conoide e pianura costiera. Il sesto (rosa) Supersistema del Pliocene Medio-Superiore di piana bacinale

In alcuni punti di culminazione della dorsale ferrarese è stata notata la mancanza di tutta la serie dal Miocene medio al Pleistocene superiore, mentre lacune più ridotte sono presenti in corrispondenza di altre strutture positive del substrato pre-pliocenico (Bartolomei et alii, 1975).

La parte superficiale della successione sedimentaria è rappresentata quindi da terreni alluvionali di età Olocenica costituiti da alternanze di sabbie, limi ed argille con intercalazioni di rare lenti ghiaiose e lenti torbose, a cui si sono sovrapposti stratigraficamente sedimenti in facies continentale aventi spessori variabili (da valori minimi di 20 m in corrispondenza di strutture sepolte positive, come nei pressi di Baura, situata a Nord-Est del territorio comunale, a valori massimi di 200 m in corrispondenza delle depressioni, come a sud-est di Ferrara).

L'assetto dei singoli livelli litoidi ricalca, quindi, l'andamento strutturale del sottosuolo attenuando le differenze di quota strutturale man mano che ci si avvicina alla superficie topografica.

L'osservazione dettagliata del terreno, soprattutto con l'impiego di foto aeree, ha permesso l'identificazione e l'interpretazione di forme relitte, non rilevabili sulle carte topografiche e non riconoscibili sul posto, perché mascherate dalla vegetazione o dalle opere antropiche o perché parzialmente erose o sepolte. L'attribuzione di esse ai vari apparati fluviali, deltizi o litorali, attraverso analisi sedimentologiche, e la loro definizione cronologica, per mezzo di datazioni assolute o di correlazioni preistoriche e storiche, ha permesso di ottenere un quadro esauriente dell'evoluzione geomorfologica recente del territorio pianiziale e costiero della regione emiliano-romagnola.

Nell'immagine, fig. 2.4, tratta da "Carta Geologica della Pianura dell'Emilia Romagna" (Regione Emilia-Romagna-1999) vengono illustrate le tipologia dei terreni affioranti nella pianura emiliano-romagnola, con riferimento all'area direttamente interessata dal presente studio.

Dal punto di vista litologico superficiale sono riconoscibili i seguenti tipi:

⇒ Conoide e Terrazzi alluvionali. (Pleistocene superiore)

**a.** Sabbie, limi sabbiosi e limi in strati di spessore decimetrico, ghiaie sabbiose e sabbie in corpi canalizzati lenticolari. Depositi di conoide e di terrazzo. Al tetto e all'interno sono riconoscibili suoli a diverso grado di evoluzione. (numero **2** nella figura)

⇒ Piana alluvionale (Olocene)

**b.** Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico, passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi: Depositi di canale ed argine prossimale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione. Depositi di canale ed argine (numero **5** nella figura);

**c.** Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso argillose intercalate in strati di spessore decimetrico. Depositi di argine distale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione. Depositi di argine distale (numero **6** nella figura);

**d.** Sabbie medie e fini, limi e argille limose intercalati in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine indifferenziati (numero **7** nella figura);

**e.** Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area intrefluviale e depositi di palude. (numero **9** nella figura);

**f.** Sabbie medie e grossolane subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose, limi e limi sabbiosi in strati di spessore decimetrico. Depositi di piana a meandri. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione. (numero **10** nella figura).

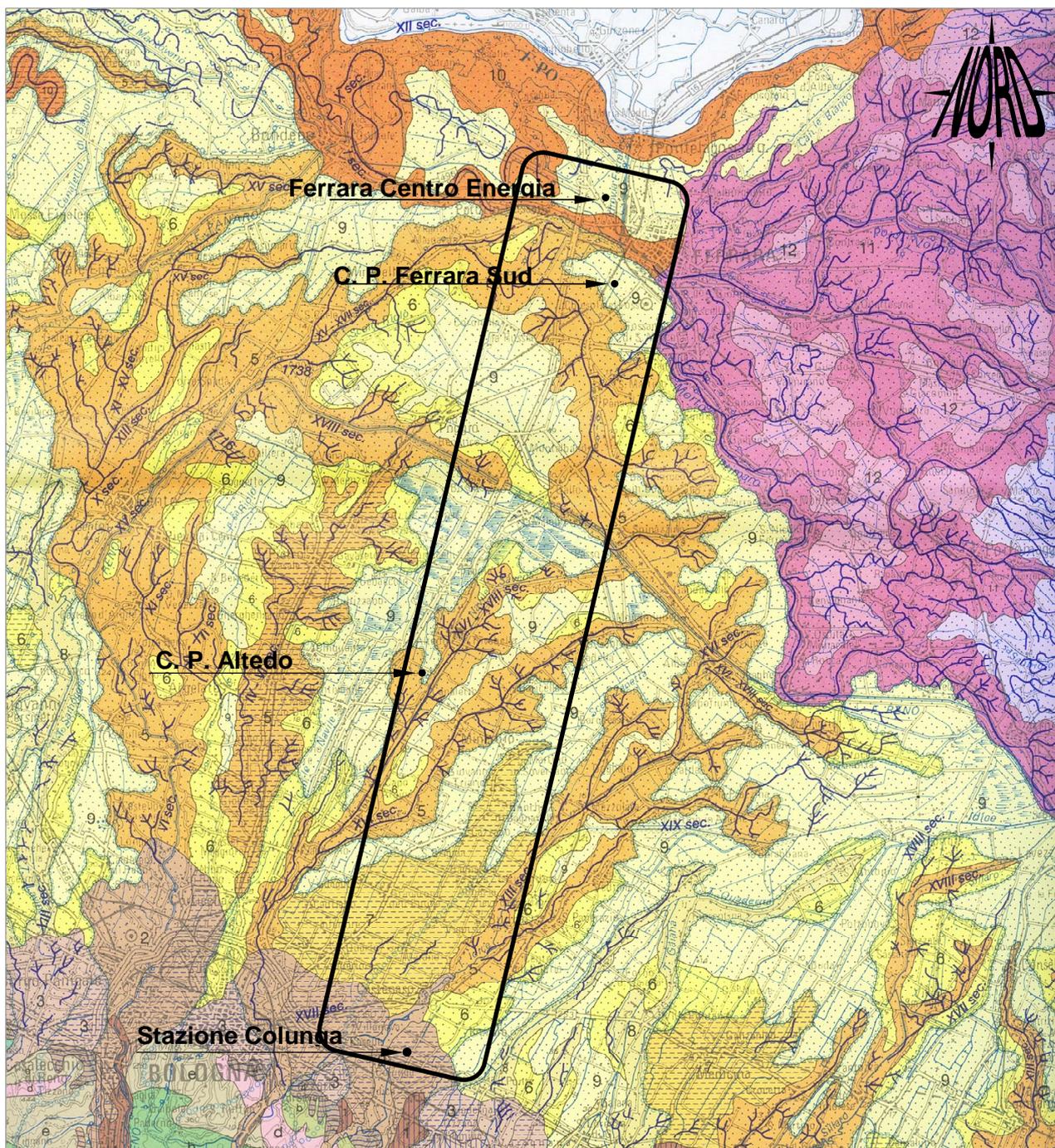


Fig.2.4: Estratto dalla Carta Geologica della Pianura Emiliano – Romagnola (R.E.R. – 1999) e localizzazione dell’area in cui si è sviluppato lo studio. La legenda della figura fa riferimento agli elaborati **DU22226B1BDX20517** - **DU22226B1BDX20518**.

Nella pianura le unità geologiche marine fortemente sovraconsolidate sono sepolte sotto i depositi continentali alluvionali più recenti.

La distribuzione delle litologie di superficie e del primo sottosuolo, così come l’assetto morfologico della pianura, sono quindi strettamente condizionati dai processi geostrutturali profondi (attività delle pieghe romagnole e pieghe ferraresi) e di sedimentazione e alla loro disposizione nel tempo.

## 2.2 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE

Nella successiva tabella 2.1 si riportano le diverse litologie che caratterizzano l'area su cui insiste il tracciato di progetto, facendo riferimento all'elaborato "Carta sull'Inquadramento Geologico" DU22226B1BDX20517 - 20518.

<b>Comune</b>	<b>Tratto N.</b>	<b>Da SOSTEGNO N.</b>	<b>A SOSTEGNO N.</b>	<b>Tipi litologici N.</b>
Castenaso	1	2	5/6	2
	2	5/6	12/13	6
	3	12/13	20	5
	4	20	22	7
Minerbio	5	51	53	5
	6	53	54	9
Maialbergo (Alfedo)	7	95 (132kV esistente)	58	5
Ferrara Sud	9	106	115/116	5
	10	115/116	343 CP Ferrara Sud	9
Ferrara Centro Energia	11	343 CP Ferrara Sud	1/2	9
	12	1/2	4/5	5
	13	4/5	8/9	9
	14	8/9	14/15	5
	15	14/15	16/17	10
	16	16/17	Centro Energia	9

Tab 2.1 - Tipi litologici intercettati lungo il tracciato di progetto

	<b>RELAZIONE INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	Codifica <b>RU22226B1BDX16845</b>	
		Rev. 00 del 20.10.10	Pag. <b>14</b> di 43

### 2.3 SUOLI

Il suolo, secondo la definizione proposta dalla Soil Conservation Society of America (1986) è un corpo naturale costituito da particelle minerali ed organiche, che si forma dall'alterazione fisica e chimico-fisica della roccia e dalla trasformazione biologica e biochimica dei residui organici. Esso non è uno strato detritico privo di vita che si è formato grazie all'accumulo progressivo durante il corso del tempo, ma un corpo dinamico, in continua evoluzione in cui si verificano costantemente tutta una serie di complesse attività chimiche, fisiche e biologiche. I suoli sono strettamente collegati con la litologia, alla forma e alla esposizione del rilievo, al clima e alla vegetazione che lo ricopre e sono soggetti a modificazioni qualora cambino tali condizioni.

I pedologi attribuiscono il termine suolo, esclusivamente al materiale superficiale che in un lungo periodo di anni si è trasformato in strati differenziati od orizzonti, che presentano caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche che gli permettono di alimentare lo sviluppo della vegetazione e che lo distinguono dal substrato sterile sottostante che è costituito dalla roccia madre. Il suolo è costituito da sostanze che si trovano nei tre stati fisici della materia e cioè nello stato solido, fisico e gassoso.

La porzione solida del suolo è costituita sia da sostanza inorganica che da sostanza organica. Il disfacimento meteorico delle rocce produce le particelle inorganiche che forniscono al suolo la parte principale del suo volume e del suo peso. La parte solida organica è invece costituita da organismi vegetali, da organismi animali e dai loro resti. Si tratta principalmente di radici, funghi, batteri, vermi, insetti e piccoli roditori.

La porzione liquida del suolo è una soluzione chimica complessa fondamentale per tutte le reazioni chimiche e biologiche che avvengono al suo interno. Si tratta di un composto formato da numerose sostanze chimiche quali i bicarbonati, solfati, clorati, nitrati e i silicati di calcio, magnesio, potassio, sodio e ferro. In un suolo senza acqua, non è possibile che si sviluppi la vita.

Infine la porzione gassosa è composta dai gas che occupano i pori e gli spazi all'interno del suolo. Si tratta prevalentemente di gas presenti nell'atmosfera e di quelli liberati dalle varie attività biologiche e chimiche.

Il suolo è un elemento fondamentale del paesaggio: contribuisce alla variabilità degli ambienti che ci circondano e che ci sostengono, al pari di altri elementi, quali le acque, la vegetazione, la morfologia. Il suolo pertanto va considerato come una preziosa risorsa ambientale, difficilmente riproducibile.

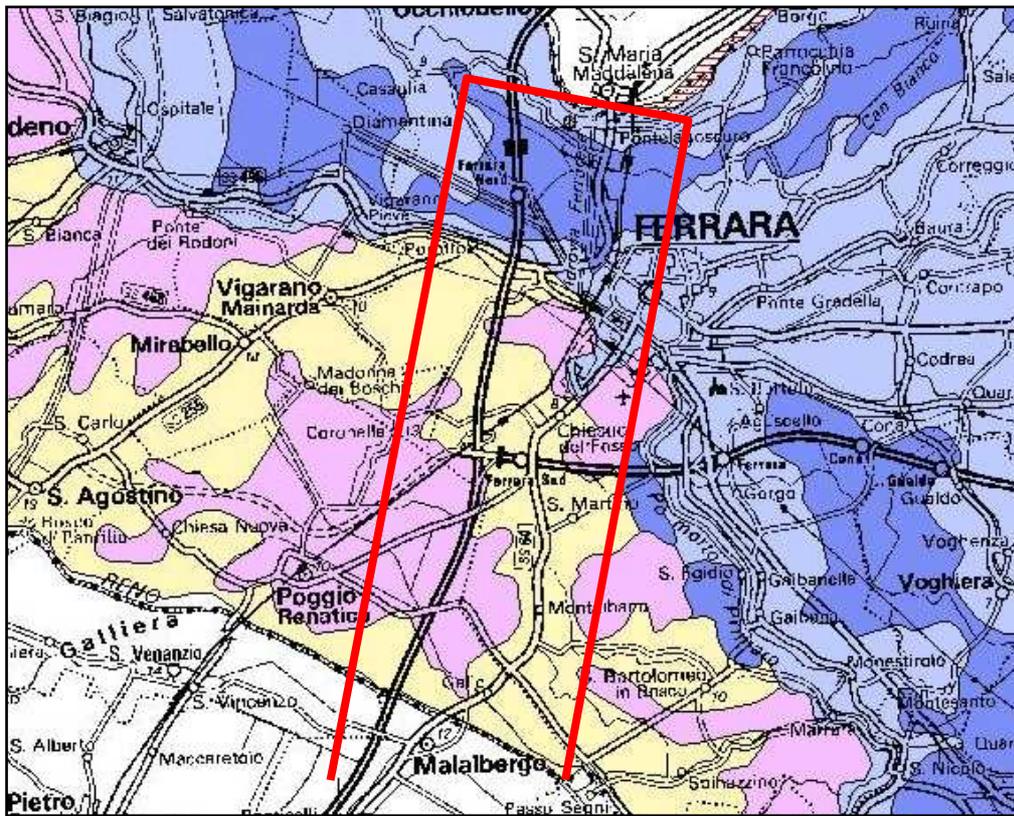
Dalle relazioni fra suoli e paesaggi traiamo due indicazioni fondamentali:

- a) in paesaggi diversi si formano suoli diversi: in una pianura alluvionale i suoli sono condizionati dalla presenza della falda e questo determina la vegetazione, le colture, le attività dell'uomo (ad esempio gli scantinati delle case dovranno essere a prova di infiltrazione per le acque di falda);
- b) attraverso l'analisi del suolo, come indicatore di paesaggio, è possibile analizzare i fattori che hanno condizionato la vita di quell'ecosistema (ad esempio le fluttuazioni climatiche durante le ere glaciali).

Il fattore principale che influenza la distribuzione dei suoli nell'area di studio è rappresentato, a grandi linee, dall'età della deposizione dei sedimenti e secondariamente, dall'intensità dei processi di erosione susseguenti.

La relazione tra l'età dei sedimenti e l'intensità dei processi pedogenetici consente di delineare infatti una vera e propria cronosequenza, cioè una sequenza di domini pedogenetici, all'interno dei quali il grado di sviluppo dei suoli aumenta in concomitanza con l'aumentare dell'età delle diverse deposizioni.

Nelle successive immagini (Fig. 2.5) tratte da "Carta dei Suoli della Regione Emilia Romagna" (sito web della Regione Emilia Romagna), vengono individuati i principali suoli della pianura all'interno dell'area di studio.



## LEGENDA:

- Limiti di Provincia
- Alvei e Corpi d'Acqua
- Unità Cartografica 1A
- Unità Cartografica 1B
- Unità Cartografica 1C
- Unità Cartografica 1D
- Unità Cartografica 2A
- Unità Cartografica 2B
- Unità Cartografica 2C
- Unità Cartografica 3A
- Unità Cartografica 3B
- Unità Cartografica 3C
- Unità Cartografica 4A
- Unità Cartografica 4B
- Unità Cartografica 4C
- Unità Cartografica 5A
- Unità Cartografica 5B
- Unità Cartografica 5C
- Unità Cartografica 5D
- Unità Cartografica 5E
- Unità Cartografica 6A
- Unità Cartografica 6B
- Unità Cartografica 6C
- Unità Cartografica 6D
- Unità Cartografica 6E
- Unità Cartografica 6F
- Unità Cartografica 7A
- Unità Cartografica 7B
- Unità Cartografica 7C
- Unità Cartografica 7D

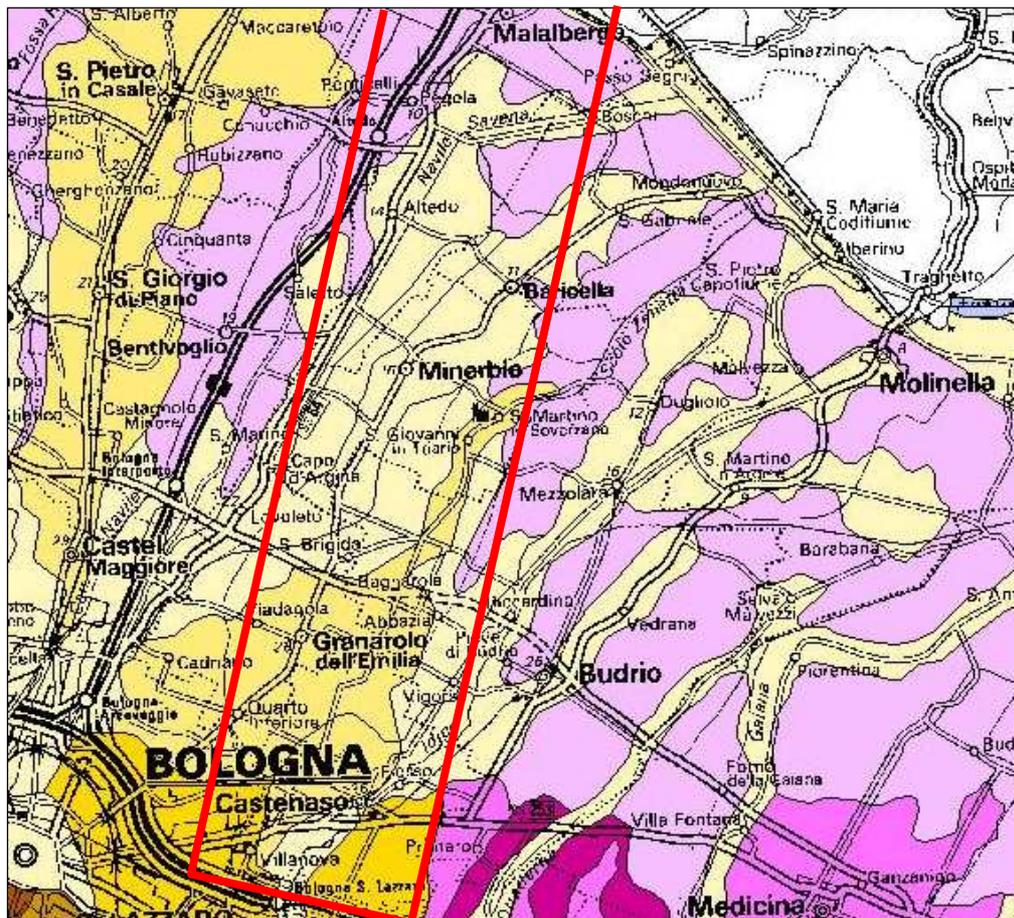


fig. 2.5:  
Estratto dalla Carta dei Suoli dell'Emilia - Romagna e localizzazione dell'area in cui si è sviluppato lo studio.

	<b>RELAZIONE INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	Codifica <b>RU22226B1BDX16845</b>	
		Rev. 00 del 20.10.10	Pag. <b>16</b> di 43

Nelle successive schede sempre tratte dal sito della Regione Emilia Romagna – Ufficio Pedologico vengono descritti i tipi di suolo della pianura emiliano-romagnola interessati, il loro comportamento agronomico e alcune considerazioni sulla loro conduzione agricola.

### 2.3.1 UNITA' CARTOGRAFICA 1B

**Suoli nella pianura deltizia, con idromorfia poco profonda, a tessitura contrastante (fine su media), diverse evidenze di riorganizzazione interna dei carbonati e di contrazione e rigonfiamento delle argille .**

#### 2.3.1.1 *L'ambiente*

I suoli di quest'unità cartografica sono diffusi nelle parti settentrionale e centro-occidentale della pianura deltizia; interessano una superficie complessiva di circa 435 km<sup>2</sup>, pari al 2% dei suoli regionali.

La conformazione del rilievo è caratterizzata da depressioni di varia ampiezza, e del complesso di piccoli dossi abbandonati dell'antico delta padano che le racchiude; le preesistenti paludi sono state prosciugate con opere di bonifica nel corso dei secoli, dalle bonifiche estensi finì all'800.

Le quote sono di solito comprese tra -3 e 2 m.

#### 2.3.1.2 *L'uso del suolo*

L'uso attuale dei suoli è quasi esclusivamente a seminativi e colture orticole a pieno campo. La densità di urbanizzazione è molto bassa, anche per il ritiro e rigonfiamento molto elevati dei materiali argillosi, che caratterizzano spesso questi suoli; cascinali sparsi o piccole frazioni sono tipicamente situate in corrispondenza di piccoli dossi di canali fluviali estinti che attraversano le superfici.

L'utilizzazione agricola di questi suoli richiede la manutenzione in efficienza delle opere di allontanamento delle acque; eventuali inondazioni possono risultare di grande estensione e lungo periodo, permanendo fino a quando la rete scolante non sia in grado di smaltire le acque.

#### 2.3.1.3 *I suoli*

I suoli di quest'unità cartografica sono pianeggianti, con pendenza che varia tipicamente da 0,01 a 0,03%; molto profondi; a profondità utile alle radici da moderatamente elevata a elevata; a tessitura fine o fine sopra media; da moderata a imperfetta disponibilità di ossigeno; calcarei; moderatamente alcalini.

Questi suoli si sono formati in sedimenti fluviali a tessitura fine in superficie e media in profondità.

Una caratteristica comune di questi suoli è l'idromorfia degli orizzonti profondi, che mostrano evidenze di riduzione o segregazione locale del ferro, indotte da saturazione idrica temporanea o permanente.

#### 2.3.1.4 *Le principali tipologie di suolo*

##### ➤ **Vertisols dell' Unità Cartografica 1B**

Suoli agricoli a tessitura fine con orizzonti a tessitura media in profondità, che hanno prevalentemente una strutturazione di tipo fisico-meccanico che tende ad uniformarne il profilo, come conseguenza delle variazioni stagionali di umidità e dell'alternarsi di fenomeni di contrazione e rigonfiamento delle argille.

Sono molto profondi, a profondità utile alle radici moderatamente elevata, da moderatamente a scarsamente calcarei, moderatamente alcalini e hanno disponibilità di ossigeno imperfetta. Occupano le depressioni del delta di antica bonifica per circa il 45% della superficie dell'Unità Cartografica 1B e sono diffusi principalmente nelle seguenti Unità Cartografiche al livello di dettaglio 1:250.000: 1Bc (60% della sup.); 1Bb (55% della sup.); 1Ba (30% della sup.).

##### ➤ **Haplic Calcisols dell' Unità Cartografica 1B**

Suoli agricoli in cui è evidente l'alterazione del sedimento originario, in seguito a processi di tipo biochimico con riorganizzazione interna dei carbonati, solubilizzati come bicarbonati e riprecipitati sotto

forma di cristalli e concrezioni. Presentano evidenze di riduzione o segregazione locale del ferro, indotte da saturazione idrica temporanea.

Sono molto profondi, a profondità utile alle radici elevata, a tessitura fine in superficie e moderatamente fine o media in profondità, reazione moderatamente alcalina e hanno moderata disponibilità di ossigeno.

Occupano i piccoli dossi della parte distale del delta strettamente associati ad aree depresse per circa il 41% della superficie dell'Unità Cartografica 1B e sono diffusi principalmente nelle seguenti Unità Cartografiche al livello di dettaglio 1:250.000: 1Ba (60% della sup.); 1Bb (30% della sup.); 1Bc (20% della sup.).

#### *2.3.1.5 Comportamento agro-forestale e ambientale*

I Vertisols hanno caratteristiche fisiche condizionate dall'elevato contenuto in argille espandibili: sono soggetti a intensa fessurazione nel periodo secco, sono molto adesivi e plastici e richiedono notevole tempestività nell'esecuzione delle lavorazioni, che devono essere effettuate in condizioni di umidità ottimali. L'elevato contenuto di argilla, d'altro canto, conferisce a questi suoli una buona fertilità naturale. Possono presentare in profondità orizzonti con caratteristiche chimiche sfavorevoli per presenza di sali solubili e/o elevato contenuto in carbonati. Se ben lavorati e sistemati, essi mostrano buone attitudini produttive nei confronti delle principali colture erbacee..

Dal punto di vista agroambientale, il comportamento di questi suoli e degli Haplic Calcisols è caratterizzato dall'elevata capacità di trattenere e/o degradare i potenziali inquinanti organici e minerali (metalli pesanti) Con suolo umido o bagnato, o in presenza di crosta superficiale, la bassa velocità di infiltrazione può determinare scorrimento superficiale e trasporto solido di potenziali inquinanti verso i corpi idrici di superficie. Le difficoltà di drenaggio rendono necessaria l'adozione di una efficiente rete scolante per l'allontanamento delle acque in eccesso Un ulteriore fattore di rischio di inquinamento dei corpi idrici, in seguito allo spandimento di fanghi e liquami, è rappresentato dalla presenza di falda, in particolare nella stagione secca, durante la quale, in presenza di crepacciature, l'acqua può infiltrarsi rapidamente in profondità; tuttavia la permeabilità lenta degli orizzonti profondi tende a confinare il movimento discendente dei soluti.

I suoli tipo Haplic Calcisols hanno caratteristiche fisiche condizionate dalla tessitura, in cui prevalgono le frazioni più fini rispetto a quelle più grossolane, e dalla moderata disponibilità di ossigeno. Non presentano eccessi di sali solubili, di sodio o di altre sostanze potenzialmente dannose alle colture.

Un ulteriore fattore di rischio di inquinamento dei corpi idrici, in seguito allo spandimento di fanghi e liquami, è rappresentato dalla presenza di falda entro 1,5 m dalla superficie del suolo.

### **2.3.2 UNITA' CARTOGRAFICA 1C**

**Suoli nella pianura deltizia, con idromorfia poco profonda, a tessitura media, alterazione biochimica, diverse evidenze di riorganizzazione interna dei carbonati.**

#### *2.3.2.1 L'ambiente*

I suoli di quest'unità cartografica sono diffusi nelle parti centrale ed occidentale della pianura deltizia; interessano una superficie complessiva di circa 755 Km<sup>2</sup>, pari al 4% dei suoli regionali.

La conformazione del rilievo è caratterizzata dal complesso di dossi del delta padano e dalle sottili diramazioni che da essi si dipartono, attraverso le ampie aree palustri recentemente bonificate.

Le quote sono di solito comprese tra 1 e 5 m.

#### 2.3.2.2 *L'uso del suolo*

L'uso attuale dei suoli è prevalentemente a seminativi e frutteti. Centri abitati, di piccole e medie dimensioni, sono tipicamente lungo le principali vie di comunicazione, sull'asse dei dossi dell'antico delta padano.

#### 2.3.2.3 *I suoli*

I suoli di quest'unità cartografica sono pianeggianti, con pendenza che varia tipicamente da 0,05 a 0,1%; molto profondi; a profondità utile alle radici elevata; a tessitura da media a moderatamente fine; a moderata disponibilità di ossigeno; molto calcarei; moderatamente alcalini.

I suoli si sono formati in sedimenti fluviali a tessitura media, la cui deposizione è avvenuta a più riprese, nei vari secoli in cui è stato in attività il delta padano. Una caratteristica comune di questi suoli è l'idromorfia degli orizzonti profondi, che presentano evidenze di riduzione o segregazione locale del ferro, indotte da saturazione idrica temporanea.

La differenziazione del profilo è inoltre attribuibile a processi di alterazione biochimica, con diverse evidenze di riorganizzazione interna dei carbonati; questi sono solubilizzati come bicarbonati e riprecipitati sotto forma di cristalli, concrezioni e concentrazioni soffici.

#### 2.3.2.4 *Le principali tipologie di suolo*

##### ➤ **Calcaric Cambisols dell' Unità Cartografica 1C**

Suoli agricoli a moderata differenziazione del profilo, con evidenze molto deboli di riorganizzazione interna dei carbonati ed evidenze di riduzione e segregazione locale del ferro indotte da saturazione idrica temporanea.

Sono molto profondi, a profondità utile alle radici elevata, a tessitura media, molto calcarei, con reazione moderatamente alcalina e hanno moderata disponibilità di ossigeno.

Occupano la parte centrale dei dossi del Po per circa il 37% della superficie dell'Unità Cartografica 1C e sono diffusi principalmente nelle seguenti Unità Cartografiche al livello di dettaglio 1:250.000: 1Cb (40% della sup.); 1Ca (35% della sup.).

##### ➤ **Haplic Calcisols dell' Unità Cartografica 1C**

Per questi suoli vale quanto detto nell'unità precedente. Occupano i dossi del delta di antica bonifica per circa il 42% della superficie dell'Unità Cartografica 1C e sono diffusi principalmente nelle seguenti Unità Cartografiche al livello di dettaglio 1:250.000: 1Cc (75% della sup.); 1Ca (45% della sup.); 1Cb (40% della sup.).

#### 2.3.2.5 *Comportamento agro-forestale e ambientale*

I Calcaric Cambisols hanno caratteristiche fisiche condizionate dalla equilibrata composizione granulometrica: l'esecuzione delle lavorazioni è agevole, sia per i ridotti tempi di attesa necessari per entrare in campo, sia per le modeste potenze richieste; offrono un elevato spessore, dotato di buona fertilità naturale ed elevata capacità in acqua disponibile per le piante, privo di restrizioni significative all'approfondimento e all'esplorazione radicale. Non presentano eccessi di sali solubili, di sodio o di altre sostanze potenzialmente dannose alle colture. Dal punto di vista agroambientale, il comportamento di questi suoli è condizionato dalla permeabilità elevata, soprattutto negli orizzonti profondi, e dalla possibile presenza di falda. Ciò costituisce un fattore limitante per lo spandimento di fanghi o liquami. La bassa velocità di infiltrazione (in presenza di crosta superficiale) può determinare scorrimento superficiale e trasporto solido di potenziali inquinanti verso i corpi idrici di superficie.

Per quanto riguarda il comportamento degli Harpic Calcisols vale quanto riferito all'unità 1B

	<b>RELAZIONE INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	Codifica <b>RU22226B1BDX16845</b>	
		Rev. 00 del 20.10.10	Pag. <b>19</b> di 43

### 2.3.3 UNITA' CARTOGRAFICA 2A

**Suoli in depressioni morfologiche della pianura alluvionale, con fenomeni di contrazione e rigonfiamento delle argille, deboli evidenze di riorganizzazione dei carbonati, desalinizzazione degli orizzonti superficiali, frequente accumulo di gesso nel substrato.**

#### 2.3.3.1 *L'ambiente*

I suoli di quest'unità cartografica sono diffusi nella maggior parte del territorio di pertinenza dell'unità cartografica 2; interessano una superficie complessiva di circa 1.790 km<sup>2</sup>, pari al 9% dei suoli regionali.

La conformazione del rilievo è caratterizzata da depressioni di varia ampiezza e di recente o recentissima bonifica idraulica, generalmente fra dossi di corsi d'acqua appenninici; le superfici non presentano asperità di rilievo e sono solcate da una fitta rete di canali artificiali, per il deflusso delle acque di scorrimento superficiale.

Le quote sono di solito comprese tra 3 e 35 m, con progressione decrescente da ovest verso est.

#### 2.3.3.2 *L'uso del suolo*

L'uso attuale dei suoli è quasi esclusivamente a seminativo semplice. L'allontanamento delle acque in eccesso nelle stagioni piovose è ottenuto con sistemazioni idrauliche a livello sia aziendale, sia consortile, con frequente ricorso a sistemi di sollevamento meccanico (pompe idrovore); eventuali inondazioni possono risultare di grande estensione e lungo periodo, permanendo fino a quando la rete scolante non sia in grado di smaltire le acque.

La densità di urbanizzazione è estremamente bassa; i movimenti di contrazione ed espansione dei materiali argillosi danneggiano i manufatti (case, strade, canali) e comportano alti costi di manutenzione.

#### 2.3.3.3 *I suoli*

I suoli di quest'unità cartografica sono pianeggianti, con pendenza che varia tipicamente da 0,05 a 0,1%; molto profondi; a tessitura fine; a moderata disponibilità di ossigeno; calcarei; moderatamente alcalini. Sono inoltre frequentemente salini o salino-sodici negli orizzonti profondi (oltre un metro di profondità).

Questi suoli si sono formati in sedimenti a tessitura fine, di spessore superiore ad un metro e mezzo.

Dopo il recente prosciugamento, conseguito con la bonifica idraulica, i suoli erano in larga parte salini, con elevato contenuto di cloruro di sodio anche negli orizzonti superficiali. Il dilavamento meteorico, spesso accelerato dalle passate utilizzazioni a risaia, ne ha determinato la desalinizzazione fino a profondità che variano secondo il franco di bonifica.

Sono molto deboli le evidenze di riorganizzazione interna dei carbonati. Col variare dell'umidità, l'alternarsi di fenomeni di contrazione e rigonfiamento dei materiali argillosi comporta una strutturazione del suolo di tipo meccanico, che tende ad uniformare il profilo.

#### 2.3.3.4 *Le principali tipologie di suolo*

##### ➤ **Eutric Vertisols dell' Unità Cartografica 2A**

Suoli agricoli caratterizzati da una evoluzione condizionata dal regime idrico fortemente contrastato nel corso dell'anno, che determina, al variare delle condizioni di umidità, l'alternarsi di fenomeni di contrazione e di rigonfiamento dei materiali argillosi.

Sono molto profondi, a profondità utile alle radici moderatamente elevata, a tessitura fine, tipicamente molto calcarei, moderatamente alcalini e hanno disponibilità di ossigeno moderata.

Occupano le depressioni della piana alluvionale per circa il 68% della superficie dell'Unità Cartografica 2A e sono diffusi principalmente nelle seguenti Unità Cartografiche al livello di dettaglio 1:250.000: 2Aa (75% della sup.); 2Ab (40% della sup.).

#### 2.3.3.5 *Comportamento agro-forestale e ambientale*

Questi suoli hanno caratteristiche fisiche condizionate dall'elevato contenuto in argille espandibili: sono soggetti ad intensa fessurazione nel periodo secco, sono molto adesivi e plastici e richiedono notevole tempestività nell'esecuzione delle lavorazioni, che devono essere effettuate in condizioni di umidità ottimali. L'elevato contenuto di argilla, d'altro canto, conferisce a questi suoli una buona fertilità naturale.

Le difficoltà di drenaggio rendono necessaria l'adozione di una efficiente rete scolante per l'allontanamento delle acque in eccesso.

Se ben lavorati e sistemati, essi mostrano buone attitudini produttive nei confronti delle principali colture erbacee.

Dal punto di vista agroambientale, il comportamento di questi suoli è caratterizzato dall'elevata capacità di trattenere e/o degradare i potenziali inquinanti organici e minerali (metalli pesanti).

Con suolo umido o bagnato, o in presenza di crosta superficiale, la bassa velocità di infiltrazione può determinare scorrimento superficiale e trasporto solido di potenziali inquinanti verso i corpi idrici di superficie.

Un ulteriore fattore di rischio di inquinamento dei corpi idrici, in seguito allo spandimento di fanghi e liquami, è rappresentato dalla presenza di falda, in particolare nella stagione secca, durante la quale, in presenza di crepacciature, l'acqua può infiltrarsi rapidamente in profondità; tuttavia la permeabilità lenta degli orizzonti profondi tende a confinare il movimento discendente dei soluti.

### 2.3.4 UNITA' CARTOGRAFICA 3A

**Suoli in aree morfologicamente rilevate della pianura alluvionale, ad alterazione biochimica, moderata differenziazione del profilo, evidenze molto deboli di riorganizzazione interna dei carbonati.**

#### 2.3.4.1 *L'ambiente*

I suoli di quest'unità cartografica sono diffusi nella maggior parte del territorio di pertinenza dell'unità cartografica 3; interessano una superficie complessiva di circa 3.380 km<sup>2</sup>, pari al 16% dei suoli regionali.

La conformazione del rilievo è caratterizzata da dossi fluviali di recente formazione, spesso attraversati da canali attivi; i suoli dell'unità cartografica sono inoltre presenti nei terrazzi fluviali intrappenninici e nell'attuale piana a meandri del fiume Po.

Le quote sono di solito comprese tra 2 e 70 m; valori estremi (oltre i 150 m) sono sui terrazzi dei corsi d'acqua occidentali.

#### 2.3.4.2 *L'uso del suolo*

Nonostante l'elevata urbanizzazione, l'uso attuale dei suoli è prevalentemente agricolo, con seminativi, con vigneti e frutteti nelle zone orientali e con prati poliennali ad occidente. I pioppeti sono frequenti nei suoli della piana a meandri del fiume Po.

#### 2.3.4.3 *I suoli*

I suoli di quest'unità cartografica sono pianeggianti, con pendenza che varia tipicamente da 0,05 a 0,3%; molto profondi; a tessitura media o moderatamente fine; a buona disponibilità di ossigeno; calcarei; moderatamente alcalini.

Questi suoli si sono formati in sedimenti fluviali a prevalente tessitura media, la cui deposizione è per la maggior parte inquadrabile nell'ambito degli eventi alluvionali che hanno caratterizzato l'ultimo millennio.

#### *2.3.4.4 Le principali tipologie di suolo*

##### ➤ **Calcaric Cambisols dell'Unità Cartografica 3A**

Suoli agricoli a moderata differenziazione del profilo con evidenze molto deboli di riorganizzazione interna dei carbonati.

Sono molto profondi a tessitura media o moderatamente fine, calcarei, moderatamente alcalini, con buona disponibilità di ossigeno.

Occupano i dossi fluviali recenti per circa il 64% della superficie dell'Unità Cartografica 3A e sono diffusi principalmente nelle seguenti Unità Cartografiche al livello di dettaglio 1:250.000: 3Ad (80% della sup.); 3Aa (75% della sup.); 3Af (75% della sup.); 3Ae (70% della sup.); 3Ac (65% della sup.); 3Ab (45% della sup.).

#### *2.3.4.5 Comportamento agro-forestale e ambientale*

Sono facilmente lavorabili sia per i ridotti tempi di attesa necessari per entrare in campo, sia per le modeste potenze richieste, ed offrono elevato spessore, dotato di buona fertilità naturale ed elevata capacità in acqua disponibile per le piante, privo di restrizioni significative all'approfondimento e all'esplorazione radicale.

Questi suoli mostrano buone attitudini produttive nei confronti delle principali colture praticabili. Il comportamento agroambientale di questi suoli è caratterizzato dall'elevata capacità di trattenere e/o degradare i potenziali inquinanti organici e minerali (metalli pesanti). Tuttavia, la bassa velocità di infiltrazione (in presenza di crosta superficiale) può determinare scorrimento superficiale e trasporto solido di potenziali inquinanti verso i corpi idrici di superficie.

### **2.3.5 UNITA' CARTOGRAFICA 3B**

**Suoli in aree morfologicamente rilevate della pianura alluvionale, ad alterazione biochimica, moderata differenziazione del profilo, parziale decarbonatazione degli orizzonti superficiali, accumulo dei carbonati negli orizzonti profondi.**

#### *2.3.5.1 L'ambiente*

I suoli di quest'unità cartografica sono diffusi nella parte sud-occidentale e nella parte centrale del territorio di pertinenza dell'unità cartografica 3. Essi interessano una superficie complessiva di circa 1.380 km<sup>2</sup>, pari al 7% dei suoli regionali.

La conformazione del rilievo è caratterizzata da antiche superfici poste in prossimità dei primi rilievi appenninici, debolmente incise da canali e corsi d'acqua minori, con tracce spesso evidenti del reticolo centuriale. I suoli dell'unità sono inoltre nell'antica piana a meandri del fiume Po ed in dossi di importanti corsi d'acqua appenninici, abbandonati dai canali fluviali in epoca romana o alto medioevale. Tali superfici sono elevate di alcuni metri rispetto alle depressioni morfologiche circostanti.

Le quote sono di solito comprese tra 20 e 110 m.

#### *2.3.5.2 L'uso del suolo*

L'uso attuale dei suoli è prevalentemente agricolo, con seminativi, associati a vigneti e frutteti nelle zone orientali e a prati poliennali ad occidente. La densità di urbanizzazione è molto elevata.

La pioppicoltura è frequente nei suoli della piana a meandri del fiume Po.

#### *2.3.5.3 Le principali tipologie di suolo*

##### ➤ **Haplic Calcisols dell' Unità Cartografica 3B**

Suoli agricoli da moderata a forte differenziazione del profilo, caratterizzati da una decarbonatazione da parziale a completa degli orizzonti superficiali ed accumulo dei carbonati negli orizzonti profondi.

Sono molto profondi, hanno una tessitura moderatamente fine o fine, sono moderatamente alcalini e hanno una buona disponibilità di ossigeno.

Occupano i dossi fluviali antichi per circa il 83% della superficie dell'Unità Cartografica 3B e sono diffusi principalmente nelle seguenti Unità Cartografiche al livello di dettaglio 1:250.000: 3Bc (90% della sup.); 3Bb (85% della sup.); 3Ba (75% della sup.); 3Bd (75% della sup.).

#### *2.3.5.4 Comportamento agro-forestale e ambientale*

Questi suoli hanno caratteristiche fisiche condizionate dalla tessitura in cui prevale la frazione limosa e, secondariamente, quella argillosa, rispetto alle frazioni più grossolane: presentano moderate difficoltà nella preparazione dei letti di semina, ma, d'altro canto, offrono un elevato spessore, dotato di buona fertilità naturale ed elevata capacità in acqua disponibile per le piante, privo di restrizioni significative all'approfondimento e all'esplorazione radicale.

Mostrano buone attitudini produttive nei confronti delle principali colture praticabili.

Il comportamento dei suoli è caratterizzato dall'elevata capacità di trattenere e/o degradare i potenziali inquinanti organici e minerali (metalli pesanti). Tuttavia, la bassa velocità di infiltrazione (in presenza di crosta superficiale) può determinare scorrimento superficiale e trasporto solido di potenziali inquinanti verso i corpi idrici di superficie.

### **2.3.6 UNITA' CARTOGRAFICA 3C**

**Suoli in aree morfologicamente rilevate della pianura alluvionale, ad alterazione biochimica, forte differenziazione del profilo, completa decarbonatazione degli orizzonti superficiali, frequente accumulo dei carbonati negli orizzonti profondi.**

#### *2.3.6.1 L'ambiente*

I suoli di quest'unità cartografica sono diffusi nella parte sud-occidentale del territorio di pertinenza dell'unità cartografica 3; interessano una superficie complessiva di circa 450 km<sup>2</sup>, pari al 2% dei suoli regionali. La conformazione del rilievo è caratterizzata da superfici molto antiche di pianura pedemontana, generalmente in prossimità dei maggiori corsi d'acqua appenninici. Esse sono discretamente sopraelevate rispetto all'alveo dei fiumi e ai terrazzi più recenti; hanno spesso deboli ondulazioni, legate alla rimozione ed al trasporto dei materiali alluvionali attuate dai corsi d'acqua minori che le attraversano. Le quote sono di solito comprese tra 40 e 125 m.

#### *2.3.6.2 L'uso del suolo*

Pur con l'elevata urbanizzazione, l'uso attuale dei suoli è prevalentemente agricolo; predominano seminativi, vigneti e frutteti nelle zone orientali; i prati poliennali ad occidente.

#### *2.3.6.3 I suoli*

I suoli di quest'unità cartografica sono pianeggianti, con pendenza che varia tipicamente da 0,2 a 1%; molto profondi; a tessitura moderatamente fine o fine; a buona disponibilità di ossigeno; non calcarei negli orizzonti superficiali e nella parte superiore di quelli profondi; neutri o debolmente alcalini. Essi hanno un'elevata variabilità negli orizzonti profondi, in particolare per lo scheletro (non ghiaiosi o ghiaiosi) ed il contenuto in carbonati (calcarei o non calcarei).

Questi suoli si sono formati in sedimenti fluviali a tessitura media, spesso sovrastanti un substrato ghiaioso poco profondo; si presume che la deposizione dei sedimenti risalga ad alcune migliaia di anni fa.

#### *2.3.6.4 Le principali tipologie di suolo*

##### **➤ Haplic Calcisols dell' Unità Cartografica 3C**

Suoli agricoli da moderata a forte differenziazione del profilo, caratterizzati da una decarbonatazione da parziale a completa degli orizzonti superficiali ed accumulo dei carbonati negli orizzonti profondi che in caso di substrato particolarmente permeabile si estende anche negli orizzonti profondi.

Sono molto profondi, a tessitura moderatamente fine o fine, sono moderatamente alcalini e hanno una buona disponibilità di ossigeno.

Occupano le antiche aree di pianura pedemontana, debolmente incise da corsi d'acqua appenninici di minore entità, per circa il 27% della superficie dell'Unità Cartografica 3C e sono diffusi principalmente nelle seguenti Unità Cartografiche al livello di dettaglio 1:250.000: 3Ca (80% della sup.).

#### *2.3.6.5 Comportamento agro-forestale e ambientale*

Questi suoli hanno caratteristiche fisiche condizionate dalla tessitura in cui prevale la frazione limosa e, secondariamente, quella argillosa, rispetto alle frazioni più grossolane: presentano moderate difficoltà nella preparazione dei letti di semina, ma, d'altro canto, offrono un elevato spessore, dotato di buona fertilità naturale ed elevata capacità in acqua disponibile per le piante, privo di restrizioni significative all'approfondimento e all'esplorazione radicale.

Mostrano buone attitudini produttive nei confronti delle principali colture praticabili.

Il comportamento dei suoli è caratterizzato dall'elevata capacità di trattenere e/o degradare i potenziali inquinanti organici e minerali (metalli pesanti). Tuttavia, la bassa velocità di infiltrazione (in presenza di crosta superficiale) può determinare scorrimento superficiale e trasporto solido di potenziali inquinanti verso i corpi idrici di superficie.

## 2.4 IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA

Gli acquiferi presenti nel sottosuolo della pianura emiliano romagnola possono essere suddivisi in due gruppi: *le ghiaie delle conoidi appenniniche e le sabbie della pianura alluvionale e deltizia del Po* (Fig.2.6).

A sud si riscontrano le ghiaie che i fiumi appenninici depositano ed hanno depositato appena usciti dalle valli, allo sbocco in pianura; queste formano dei grossi corpi ghiaiosi sovrapposti gli uni agli altri per alcune centinaia di metri di spessore. A nord giacciono invece le sabbie che il Po ha sedimentato lungo il suo percorso e nel suo apparato deltizio.

Gli acquiferi costituiti dalle ghiaie appenniniche si congiungono lateralmente a quelli formati dalle sabbie padane tra Piacenza e Parma, mentre a partire dal reggiano sino al mare vi è un ampio e spesso corpo di depositi della pianura alluvionale formati prevalentemente da limi ed argille che si interpongono tra essi mantenendoli fisicamente separati ed impedendone il contatto idraulico (*acquitardi*).

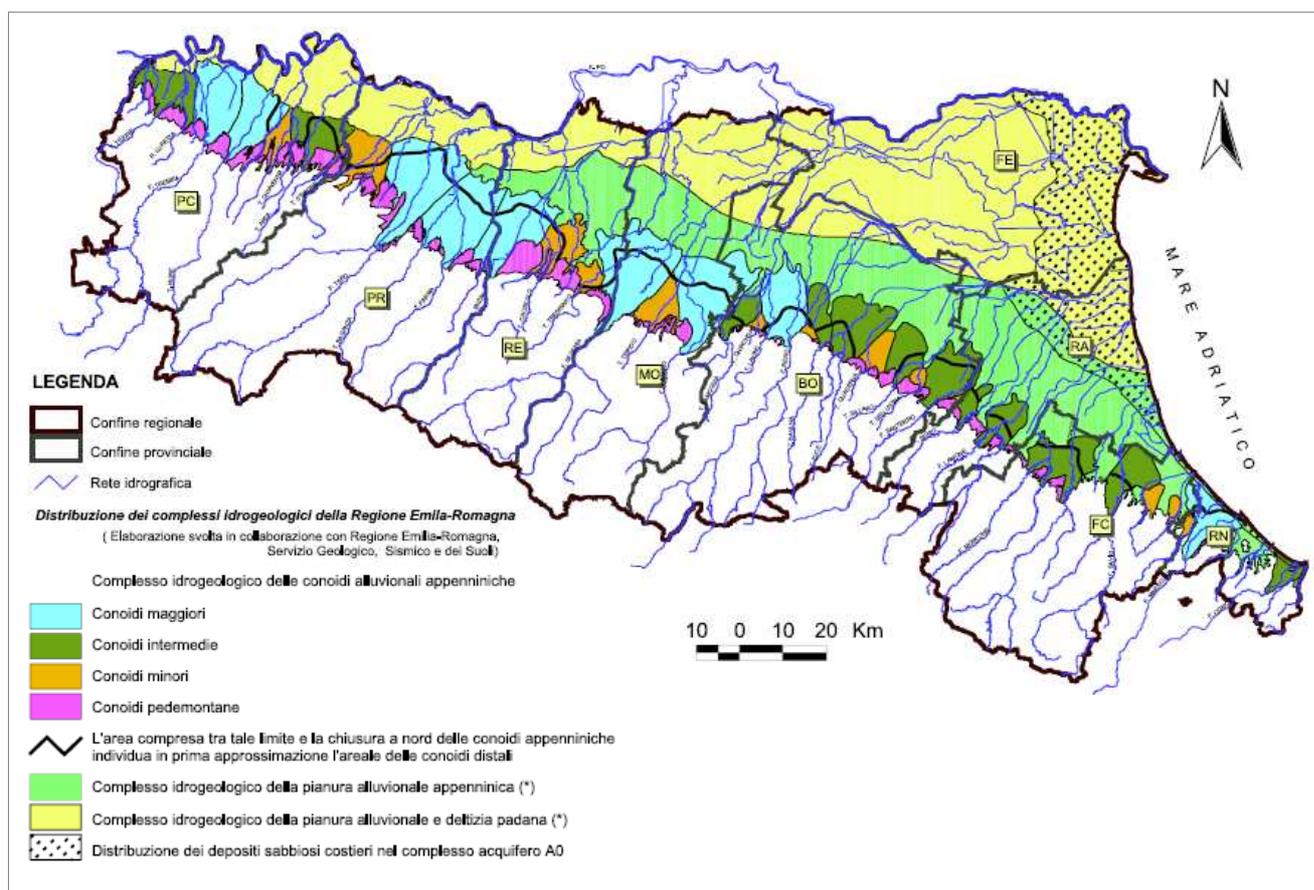


fig. 2.6: *Corpi idrici sotterranei significativi- dal "Piano di Tutela delle Acque" (ARPA – R.E.R.)*

Le conoscenze relative all'acquifero emiliano-romagnolo, permettono di riconoscere sulla verticale tre gruppi acquiferi denominati dall'alto al basso A, B e C, separati fra loro tramite l'interposizione di importanti acquitardi. Ciascun gruppo acquifero a sua volta viene suddiviso in diversi complessi acquiferi e acquitardi, secondo un modello di suddivisione gerarchico per ranghi via via più piccoli sulla base della dimensione e dell'estensione areale dei corpi idrogeologici che li compongono (Figg.2.7 e 2.8).

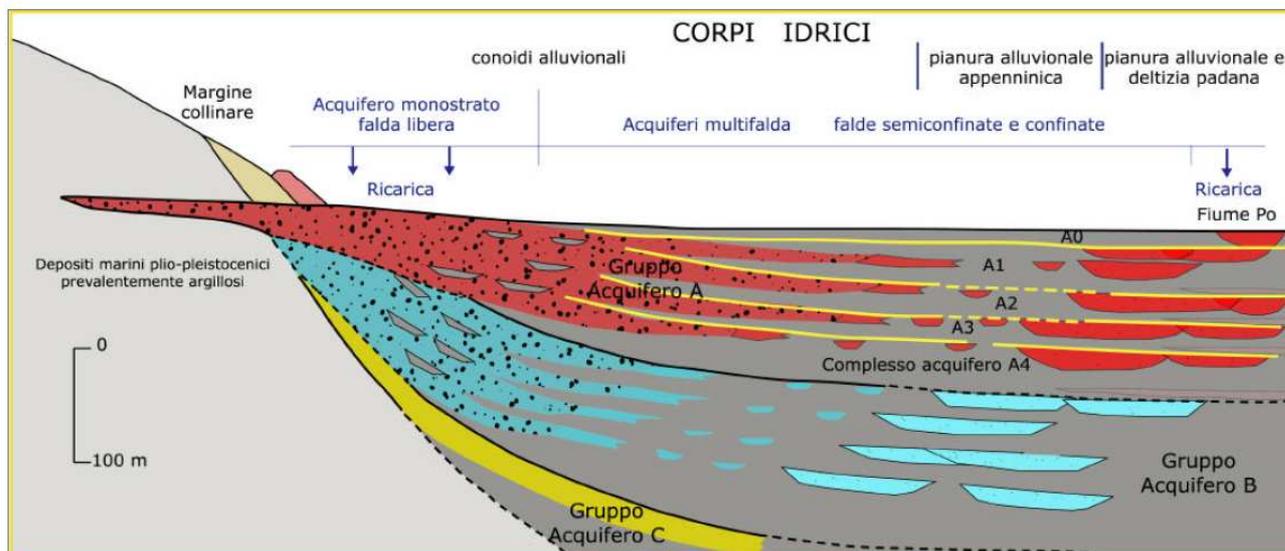


fig. 2.7 – Sito Web Regione Emilia Romagna. Distribuzione schematica dei corpi idrici e delle unità idrostratigrafiche nel sottosuolo della pianura emiliano – romagnola.

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE				ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE		
AFFIORANTI		SEPOLTE				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO	
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	A	A1	
	DILUVIUM p.p.		SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	UNITA' DI BORGOPANIGALE			~0.35-0.45	B1
				ORIZZONTE DI FOSSOLO				B2
				UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE				B3
FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITA' DI CA' DI SOLA	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	~0.65	PLEISTOCENE MEDIO	B4			
QUATERNARIO MARINO	MILAZZIANO SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3'	~0.8	PLEISTOCENE INFERIORE	C	C1	
	MILAZZIANO e CALABRIANO p.p. SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.		SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	~1.0			C2	
	CALABRIANO p.p. SABBIE di MONTERICCO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.		SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2	~2.2			C3	
	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.		SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1	~3.3-3.6			C4	
P <sub>2</sub>	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERSISTEMA DEL PLOCENE MEDIO-SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	~3.55	PLIOCENE MEDIO - SUPERIORE	C5		
				~3.9	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE		ACQUITARDO BASALE	

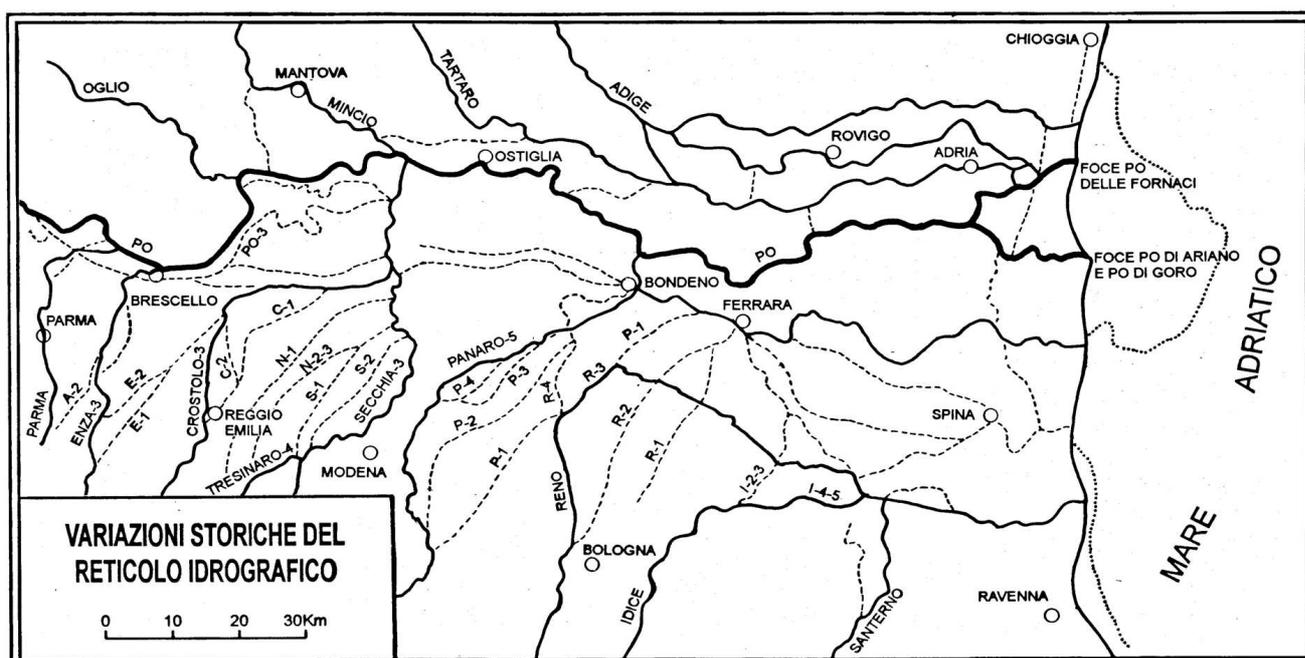
fig. 2.8 – Quadro Idrostratigrafico (Vedi Fig.2.3) – tratto da “Riserve Sotterranee della Regione E.R.” – R.E.R. 1998

I corsi d'acqua appenninici, a valle delle conoidi pedemontane, già poco attive durante l'Olocene ed oggi prevalentemente in erosione, tendono a proseguire verso il corso principale su alvei pensili, formati da sedimenti depositi per mancanza dell'energia necessaria al trasporto. Durante le rotte e tracimazioni, le acque invadono la pianura circostante depositando prima i sedimenti più grossolani in prossimità dell'alveo, più lontano i sedimenti più fini (limi sabbiosi e limi) e nelle conche morfologiche, ove le acque possono rimanere a lungo e decantare, si depositano limi argillosi ed argille.

Nelle aree esondate le acque possono restare più o meno a lungo, a seconda delle condizioni di drenaggio locale fino a formare paludi e laghi permanenti, condizione favorevole alla formazione di potenti depositi di argille di decantazione e torbe. Rotte e tracimazioni sono fenomeni ricorrenti nei corsi d'acqua di pianura non arginati artificialmente: ciò crea le condizioni per modifiche e divagazioni dell'alveo, frequenti nei bacini subsidenti che caratterizzano la pianura padana.

L'andamento del reticolo idrografico a scala regionale è stato condizionato dall'evoluzione strutturale profonda della Pianura che con sollevamenti differenziali delle pieghe sepolte ha influenzato il drenaggio nel territorio con la formazione alti strutturali e conseguente spostamento di corsi d'acqua.

Anche regimi pluviali piuttosto abbondanti in particolari periodi, associati a fenomeni di generale innalzamento degli alvei, hanno provocato difficoltà di scolo e di drenaggio. Di conseguenza si è avuta la formazione di grandi aree palustri con ristagni d'acqua.



Fiume \ Età	Idice	Reno	Panaro	Secchia	Tresinaro	Crostolo	Enza
Preromano	I1	R1	P1	S1	T1	C1	E2
Romano	I2	R2	P2	S2-S3	T2	C1	E2-3
Alto medioevo	I3	R3	P3-P4	S3	T3	C2	E3
XIV secolo	I4-5	R4	P5	S3			

fig.2.9 - Ricostruzione del reticolo storico del basso Po e dei suoi affluenti di destra idrografica realizzata da AAVV e schema di lettura dei dati

Nell'area compresa tra il Reno e l'Idice, nell'alta pianura, si assiste ad una generale inversione delle direzioni delle divagazioni d'alveo verso Nord-Ovest dove si crea spazio per alvei minori.

Nel bolognese dove gli alvei che trovano origine negli elementi idrografici pedecollinari, hanno decorso condizionato dai corpi alluvionali depositati dai fiumi maggiori Reno e Idice - Savena. L'alveo dell'Idice continua a occupare in linea di massima la stessa posizione.

Nel territorio compreso tra i Comuni di S.Lazzaro di Savena, Castenaso e Ozzano Emilia, nell'ampia zona di apice del conoide e nei fondovalle dei principali corsi d'acqua T. Idice e T. Savena, sono presenti depositi alluvionali Quaternari con discreta componente ghiaiosa e ghiaioso sabbiosa.

Il *T. Idice* svolge azione drenante in tutto il suo corso di alta pianura, solamente in corrispondenza del confine settentrionale di Castenaso si ha un'inversione di tendenza. Le quote d'alveo tra Pizzocalvo e Borgatella sono maggiori delle quote di letto degli acquiferi locali, ma il freatico o è assente o è presente con livello statico più basso.

Il *T. Savena*, nel suo tratto immediatamente a valle dell'autostrada potrebbe svolgere un ruolo infiltrante, verso la pianura in sinistra idrografica, i cui effetti si potrebbero far risentire a sud-est di Villanova dove, una dorsale idrogeologica in corrispondenza di un paleoalveo, è evidentemente alimentata da sud-ovest, probabilmente dalle riserve endoreiche della zona pedecollinare.

Per un'ampia zona di alta pianura si è assistito ad una costante e rapida diminuzione del livello statico della falda freatica già dagli anni '70, con quote inferiori ai 25 metri oppure non rilevabile per raggiungimento della base di scavo del pozzo. A confermare ciò concorrono i rilievi delle quote freatiche effettuati sin dagli anni novanta e la scomparsa di una risorgiva alla quota di circa 56 – 54 m s.l.m. Funzione di ravvenamento viene svolta da più fronti di ricarica sotterranei del freatico posizionati a varie quote nella zona di margine appenninico; tuttavia il loro apporto è insufficiente a compensare i prelievi effettuati con risultato di un bilancio idrologico locale negativo.

L'accrescimento della pianura alluvionale avviene sia orizzontalmente, con il giustapporsi di successivi corpi d'alveo, sia verticalmente in seguito ai continui cicli di colmata dei bacini di esondazione e condizionata dalla velocità di subsidenza naturale. Il profilo verticale della pianura risulta costituito quindi da un intrecciarsi di lenti sabbiose corrispondenti ai corpi d'alveo sepolti e da sedimenti a tessitura fine, determinati dai riempimenti dei bacini interfluviali di esondazione.

L'evoluzione del territorio ferrarese ha messo in evidenza come questo si sia formato con i depositi dei sedimenti fluviali del *Po* e del *Reno*: le loro acque trasportavano sedimenti provenienti dalle rocce appenniniche che depositavano nel letto del fiume, o nella costruzione degli argini, o che spagliavano nelle aree circostanti durante le rotte.

L'area a Sud-Ovest della città di Ferrara, in epoca storica, era zona di frontiera fra il Po ed il Reno che qui si contendevano il territorio per le loro acque. Il Po di Ferrara, l'antico "Po di Spina", spostò il suo corso più a Nord, in seguito alla rotta di Ficarolo avvenuta nel XII secolo, mutando l'idrografia della bassa Pianura Padana. Il Po fino ad allora scendeva verso Ferrara rappresentando un ostacolo per il fiume Reno. Quest'ultimo proveniva da Sud-Est e disegnando una grande curva verso Vigarano Mainarda, scendeva verso Chiesuol del Fosso – San Martino. Nel 1526 Alfonso I d'Este, su pressione dei Bolognesi, permise la confluenza del Reno in Po con un alveo artificiale costruito tra Vigarano e Porotto. Questa soluzione ben presto si rivelò infausta: provocò l'interrimento del Po di Volano e di Primaro ed il susseguirsi di oltre 40 rotte in meno di 16 anni, fra le quali quella di Porotto del 1952, allagando la Valle Sammartina e il Borgo S.Luca. Il Reno nel 1604 fu distolto dal Po di Ferrara e fatto sfociare nelle paludi a Sud di Ferrara con lo scopo di bonificarle per colmata; così fu per la Valle Sammartina, permettendo successivamente, grazie all'apporto alluvionale, l'insediamento delle zone più rilevate. Nel XVII secolo il Po di Ferrara, perduta ogni sua dipendenza dal Po, ed essendo adibito alla raccolta di acque di scolo non si estingue e, oramai divenuto Poatello diviene collettore delle acque ad W di Cento, e di quelli più depressi tra Secchia e Panaro nel secolo

XiX con la costruzione della Botte Napoleonica sotto il Panaro. Con l'arginatura del fiume dal lato di Ferrara, e la deviazione verso Sammartina, le zone in destra Reno vennero abbandonate. Così quelle terre già bonificate precedentemente dagli Estensi rimasero paludose, finchè non fu costruito un drizzagno nella metà del XVIII secolo, quando il Reno fu definitivamente deviato da Vigarano, spostando quindi più a Sud il suo corso.

L'analisi della carta geomorfologia interpretativa del territorio di Ferrara – Bondesan et alii, 1995-evidenzia: un ampio dosso fluviale che attraversa il territorio in direzione est-ovest e rappresenta il Po di Ferrara, un ampio dosso che si stacca dal Po di Ferrara presso Mezzana e si dirige verso Pontelagoscuro (su questa struttura si estende l'intero polo multisocietario) e il paleoalveo del Reno Vecchio che rappresenta il corso assunto dal fiume durante il Medioevo; quest'ultimo dirigendosi verso Chiesuol del Fosso si raccordava al Riazzo del Gallo (verso sud) e Riazzo Cervella (verso est-sud-est).

I paleoalvei del Po di Volano e del Po di Primaro che si diramano dal paleoalveo del Po di Ferrara costituivano i maggiori rami deltizi sino al XII secolo d.C.. Da Porotto si staccava un paleoalveo secondario che dovrebbe corrispondere all'antico Lavinio, sito a lato dell'attuale Ladino.

L'area di progetto nel territorio ferrarese, fa capo al sistema Burana - Volano - Canal Bianco. Questo bacino è compreso tra il corso del Po a Nord e quello del Reno a Sud.

Il *Po di Volano* che a monte della città di Ferrara è denominato *Canale di Burana*, nasce dalla confluenza del Canale Fossalta, il cui bacino comprende una parte dell'Oltrepò mantovano, con il Canale Quarantoli, che raccoglie le acque della restante parte dell'Oltrepò mantovano e parte della bassa modenese. Successivamente sono tributari del Burana il Dogato-Uguzzone, proveniente dalla bassa modenese ed il Canale di Cento, il cui bacino comprende alcuni comuni della Provincia di Bologna. La restante parte del bacino Burana - Po di Volano si estende interamente in territorio ferrarese. Dall'asta principale nasce, all'altezza di Ferrara il Po di Primaro che termina a Traghetto a ridosso dell'argine del Reno, senza però la possibilità di immissione diretta. All'altezza dell'abitato di San Nicolò si dirama un canale artificiale che collega a Medelana il Po di Primaro con il Volano, con funzione irrigua e di movimentazione delle acque del Primaro, caratterizzate da portate scarsissime. A Migliarino il Po di Volano si divide in due rami: uno naturale sbarrato a valle di Massafiscaglia, che mantiene il nome dell'asta principale e sbocca in Sacca di Goro, l'altro artificiale denominato Canale Navigabile che sfocia a Portogaribaldi dopo essersi congiunto con il Canale Circondariale.

In generale il territorio del bacino Burana - Po di Volano è caratterizzato da un particolare regime idrologico in quanto diverse aree sono soggiacenti al livello del mare: il piano campagna infatti passa da 20 m. s.l.m. a quote inferiori al l.m.m. Le modeste pendenze e la sua soggiacenza rispetto alle quote dei recapiti finali, rendono molto problematico il convogliamento e lo smaltimento delle acque determinando spesso la necessità di ricorrere al sollevamento meccanico. Il Burana - Po di Volano è un corso d'acqua canalizzato, semiregolarizzato con l'ausilio di sbarramenti, e ad uso plurimo. Esso svolge la funzione di collettore finale delle acque di scolo del bacino idrografico, di vettore delle acque provenienti sia dall'interno che dall'esterno al bacino stesso e destinate ad uso agricolo e industriale, e di canale navigabile; infatti il Canale Boicelli lo collega al sistema idroviario del Po

Il suo bacino idrografico è interamente di pianura ed in esso recapitano i diversi sottobacini coincidenti con i comprensori di bonifica, in parte a scolo naturale (territori idraulicamente alti) in parte a scolo meccanico (territori idraulicamente depressi).

Il bacino del *Canal Bianco* è compreso interamente in territorio ferrarese; si estende nella fascia tra il Po ed il Burana-Po di Volano a nord della città di Ferrara e sfocia in Sacca di Goro attraverso l'impianto idrovoro della Romanina. In estate il Canal Bianco viene sbarrato all'altezza di Coccabile e le acque sono immesse nella rete di bonifica e quindi convogliate nel Volano a Codigoro. Il tronco a valle dello sbarramento viene utilizzato per uso irriguo con acque derivate direttamente dal Po attraverso i sifoni di Contuga e Berra.

Il sistema idraulico ed il sistema di bonifica sono quindi strettamente connessi. Il territorio è costituito da terreni di bonifica che, nella parte occidentale fino alla confluenza col Primaro, scolarono in gran parte per “gravità”, mentre ad est dove il Volano costituisce il collettore principale lo scolo fa seguito al sollevamento meccanico. Una rete di canali di scolo raccoglie le acque di superficie e le convoglia agli impianti idrovori. Quindi ci troviamo di fronte ad una serie di piccoli bacini le cui linee di dislivello sono rappresentate dai paleovalvei i quali delimitano le conche morfologiche, più depresse.

Con la bonifica moderna si giunge all’assetto attuale del territorio: vengono migliorate le condizioni di scolo delle zone attorno alla città, ancora soggette a problemi idraulici, con la costruzione di impianti idrovori. Per migliorare l’allontanamento delle acque dai territori fra Secchia e Panaro viene costruito l’Emissario di Burana, tra la Botte Napoleonica ed il Volano, mentre l’ultimo tratto del Portello, viene adibito a convogliatore delle acque scolanti dell’area compresa tra Cento, Bondeno e Ferrara. Tutto il sistema Burana-Volano viene quindi sottoposto a risezionamento per fini di navigabilità, e collegato al Po nel 1914 con la costruzione del Canale Boicelli.

Il sottosuolo, conseguenza dell’alternarsi di diversi ambienti deposizionali, è caratterizzato da una successione di *Sequenze Idrostratigrafiche* dall’alto verso il basso così riassumibili:

➤ Un primo livello eterogeneo costituito da terreni a granulometria prevalentemente fine quali limi, argille, limi sabbiosi e tutti i termini intermedi, di spessore variabile ma mediamente compreso tra 5 e 7.5 metri. Sono presenti livelli più o meno continui di sabbie fini e sabbie limose sede della falda freatica. L’origine di questi sedimenti è legata all’azione deposizionale dei corsi d’acqua minori, insieme agli episodi di rotta del Po. Solo al di sotto dell’area occupata ora dallo Stabilimento Multisocietario esiste un orizzonte continuo talora affiorante che rappresenta un paleovalveo secondario. Nei litotipi sabbiosi ha sede l’acquifero freatico

➤ Un secondo livello con spessore medio di 10 metri, mai inferiore ai 5, perlopiù argilloso, costituito da granulometrie fini di colore grigio, con episodi a maggior contenuto limoso, alternati a locali livelletti centimetrici sabbiosi. Le argille spesso contengono resti vegetali e livelletti torbosi da centimetrici a decimetrici. Questi sedimenti di catino interfluviale, sono rappresentativi di un ambiente di piana di esondazione con depositi finca con episodici ristagni d’acqua e paludi.

➤ Un terzo livello, spesso circa 20 metri e mai inferiore ai 6, prevalentemente sabbioso grigio a granulometria variabile tendenzialmente grossolana, con locali e subordinate intercalazioni limose e limoso-argillose. Questo orizzonte permeabile lo troviamo a profondità superiori a 12 metri da piano campagna ed il tetto mediamente si attesta sui 20 metri da piano campagna. Questo orizzonte corrisponde il Complesso Acquifero A1 del Gruppo Acquifero A di Di Dio *et al.* (1998), sede del primo acquifero in pressione, il più importante serbatoio sotterraneo d’acqua dolce utilizzato per scopi privati e industriali. La massima profondità del letto sembra individuata attorno ai 40-45 metri da piano campagna. Probabilmente si può escludere la relazione idrodinamica con i corpi idrici superficiali, eccetto per il fiume Po. L’ambiente deposizionale è quello della media pianura fredda del Pleistocene Superiore, con apparati distributori ad elevata competenza di trasporto ed elevata continuità areale del litosoma sabbioso.

➤ Un quarto livello prevalentemente argilloso, le “argille di base”, e costituisce il complesso intercalare fine che si rinviene a profondità sempre superiori ai 30-35 metri. E’ l’orizzonte con caratteristiche di acquicludo che separa i Complessi Acquiferi A1 e A2.

I sedimenti della prima e della seconda unità sono di ambiente continentale, mentre gli altri sono di ambiente lagunare o marino, con presenza di acque di strato salmastre o salate. Perciò la maggior parte delle acque potabili sotterranee della Regione risiede dunque nei depositi marini e continentali di età plio-pleistocenica che costituiscono il riempimento del Bacino Perisuturale Padano legato all’orogenesi dell’Appennino Settentrionale.

## 2.5 SISMOLOGIA E TETTONICA

Nella classificazione definita dai Decreti emessi fino al 1984 la sismicità era definita attraverso il "grado di sismicità" S. Nella successiva proposta di riclassificazione del GdL del 1998 si utilizzano 3 categorie sismiche più una categoria di Comuni Non Classificati (NC). Infine, nella **classificazione 2003** la sismicità è definita mediante quattro zone, numerate da 1 a 4.

La corrispondenza fra queste diverse definizioni è riportata nella tabella in relazione alla Ordinanza 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche:

Ordinanza PCM 3274/2003	Decreti fino al 1984	GdL 1998	Classificazione 2003
1	S=12	prima categoria	zona 1
2	S=9	seconda categoria	zona 2
3	S=6	terza categoria	zona 3
4	non classificato	NC	zona 4

Relativamente alle provincie di Bologna e Ferrara, per i comuni interessati dal progetto, la classificazione sismica indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274/03 e successivi aggiornamenti fornisce la seguente classificazione: Comuni di Castenaso, Minerbio, Malalbergo e Ferrara: zona sismica 3.

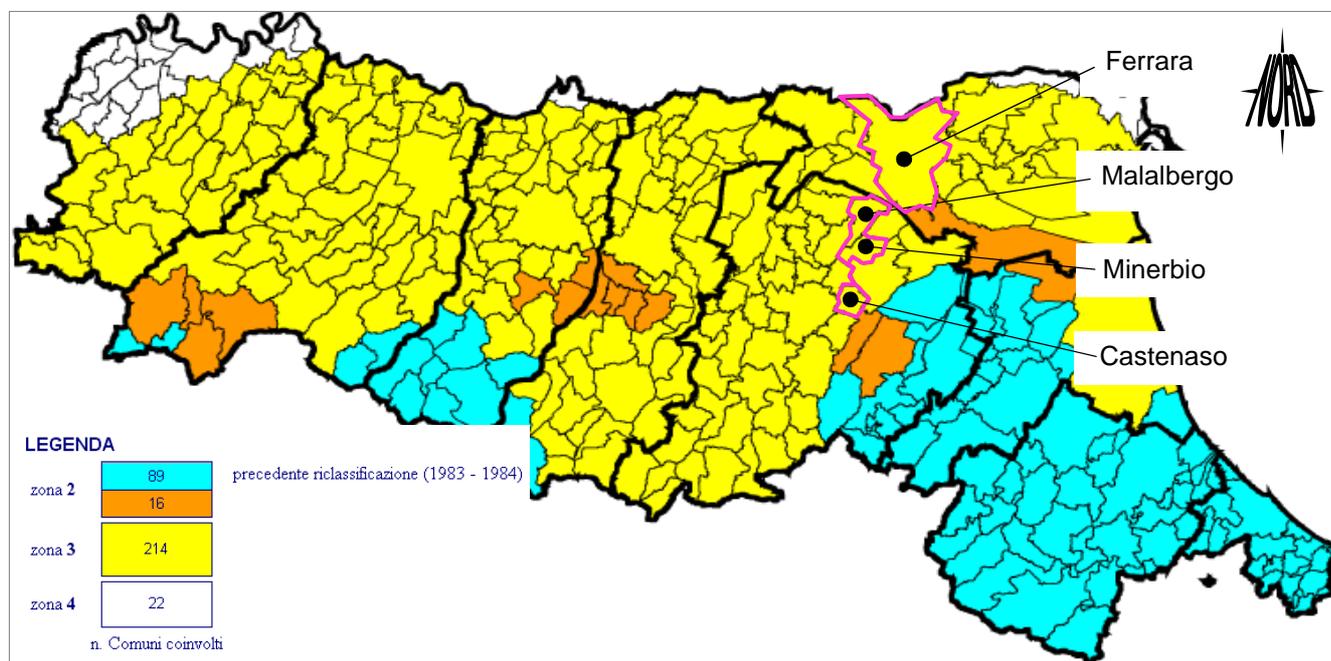


fig. 2.10: dal sito web Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna "Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna, Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003" Con il tratto magenta sono indicati i territori comunali interessati dal progetto.

Facendo riferimento alla Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s secondo il seguente schema:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g$ )
1	$0,25 < a_g \leq 0,35$ g	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g
4	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g

Nella Regione Emilia-Romagna l'area che presenta, sia per frequenza che per intensità, il maggior grado di sismicità è quella interessata dal "Sovrascorrimento pedeappenninico".

L'andamento di questo importante elemento tettonico sismicamente attivo, che non affiora direttamente in superficie, è stato messo in evidenza dalla sismica e dai pozzi profondi dell'AGIP e più recentemente riesaminato nell'ambito delle ricerche geologiche sulle strutture sepolte della Pianura Padana.

Si tratta, semplificando, di un fascio, largo 20 e più km, di faglie inverse orientate NO-SE ed immergenti verso SO, che da Piacenza, parallelamente alla via Emilia, si protrae fino a Forlì ed oltre e in cui sono stati misurati rigetti verticali apparenti anche superiori ai 1500 m.

Elementi tettonici secondari, ma non privi di sismicità, sono costituiti da faglie trascorrenti "antiappenniniche" cioè orientate NE-SO che si localizzano più frequentemente in corrispondenza e parallelamente alle aste fluviali dei principali corsi che solcano l'area pedecollinare.

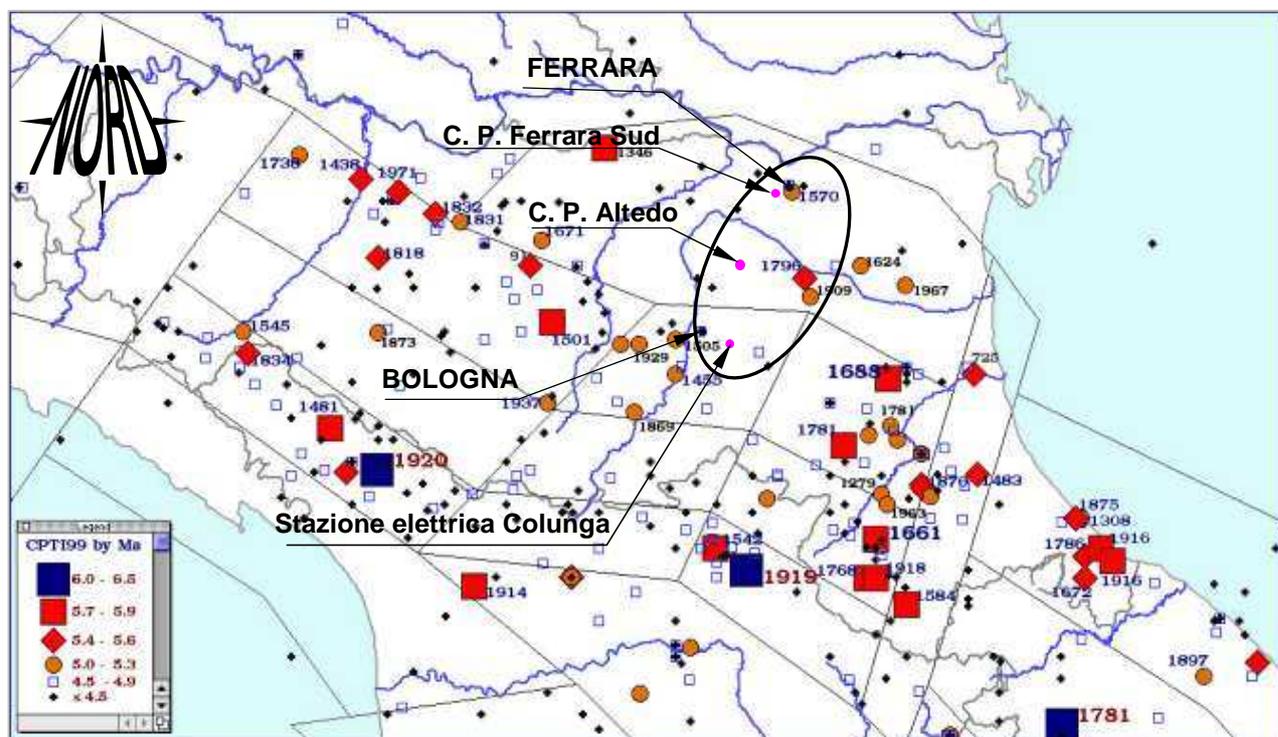


fig.2.11: Carta degli epicentri dei terremoti della Regione Emilia-Romagna per classi di magnitudo (CPTI, 1999)

Attualmente il Sovrascorrimento pedeappenninico si colloca in una zona di cerniera fra un Appennino emergente ed una antistante pianura subsidente e le faglie trascorrenti, che dislocano ed interrompono la continuità delle formazioni dell'area pedecollinare, possono essere interpretate come faglie di "squarcio".

La sismicità di origine tettonica che caratterizza questa importante struttura regionale è elevata, con terremoti che in passato hanno raggiunto anche il IX grado della scala MCS e ipocentri collocabili fra i 5 e i 30 km. L'analisi della sismicità storica, limitata alla fascia pedecollinare interessata al Sovrascorrimento pedeappenninico, mette in risalto un incremento dell'attività sismica da NO verso SE, cioè dal Piacentino al Forlivese.

L'analisi storica sulla sismicità in provincia di Bologna non fornisce un quadro attendibile - nonostante gli studi sui terremoti del passato - e nel complesso risulta essere ancora poco conosciuta a causa della scarsa densità degli insediamenti nel medioevo; le informazioni ricostruite tendono a riferirsi ai centri urbani principali distribuiti lungo la via Emilia (visione urbano centrica) favorendo ampie zone d'ombra nell'area appenninica ed in pianura, dove si registra un vero e proprio «silenzio delle fonti» (che è cosa diversa da zone sismogenetiche silenziose) soprattutto nel periodo 1100-1500.

I periodi sismici nella provincia di Bologna sono in genere molto lunghi, in particolare in pianura, ma gli effetti sono abbastanza contenuti; l'intensità massima ricostruita è stata dell'VIII° (M.C.S.) negli eventi di Monte San Pietro (1929), Castel del Rio (1725) e tra il VII e l'VIII grado a Vergato nel 1869.

Ampie zone del territorio provinciale risentono invece di eventi ad intensità maggiore con epicentro fuori provincia; nello specifico possiamo considerare l'area compresa tra i comuni di Malalbergo e Molinella interessati dai terremoti superficiali che insistono in provincia di Ferrara, associati alla struttura compressiva della dorsale ferrarese, i comuni dell'alto Appennino che risentono degli eventi della Garfagnana e del Mugello, le cui aree sismogenetiche possono generare terremoti anche distruttivi ed i comuni dell'imolese che risentono nettamente dei forti terremoti dell'area romagnola.

La valle del Samoggia risente invece dei terremoti del modenese e del reggiano.

**Elenco dei principali terremoti che hanno colpito il Ferrarese dal XIII secolo ad oggi**  
**N° Evento – Anno - mese – giorno - lat., long. E località della zona epicentrale - Intensità - Bibliogr.**

<b>1</b>	<b>1234</b>	marzo 20	44,833 11,617	Ferrara <b>7</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>2</b>	<b>1285</b>	dicembre 13	44,833 11,650	Ferrara <b>6,5</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>3</b>	<b>1346</b>	febbraio 22	44,817 11,617	poco a S di Ferrara <b>7,5</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>4</b>	<b>1410</b>	giugno 9	44,833 11,617	Ferrara <b>6,5</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>5</b>	<b>1425</b>	agosto 10	44,833 11,667	poco a E di Ferrara <b>6</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>6</b>	<b>1483</b>	marzo 3	44,817 11,650	poco a SE di Ferrara <b>5,5</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>7</b>	<b>1487</b>	gennaio 11	45,03 11,30	a NW di Ferrara <b>5</b>	Boschi et al., 1995
<b>8</b>	<b>1508</b>	ottobre 18	44,833 11,667	poco a E di Ferrara <b>6</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>9</b>	<b>1561</b>	novembre 24	44,833 11,600	Ferrara <b>6,5</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>10</b>	<b>1570</b>	novembre 18	44,817 11,650	Ferrara <b>8</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>11</b>	<b>1594</b>	ottobre 3	44,83 11,62	Ferrara <b>5</b>	Boschi et al., 1997
<b>12</b>	<b>1624</b>	marzo 18	44,667 11,917	a NE di Argenta <b>8,5</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>13</b>	<b>1695</b>	febbraio 28	44,833 11,617	Ferrara <b>5,5</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>14</b>	<b>1743</b>	maggio 29	44,823 11,650	Ferrara <b>6,5</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>15</b>	<b>1787</b>	luglio 16	44,83 11,62	Ferrara <b>6,5</b>	Boschi et al., 1997
<b>16</b>	<b>1787</b>	luglio 26	44,843 11,633	Ferrara <b>6,5</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>17</b>	<b>1895</b>	marzo 23	44,700 12,183	Comacchio <b>6</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>18</b>	<b>1895</b>	maggio 25	45,000 12,000	Serravalle-Papozze <b>6</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>19</b>	<b>1895</b>	luglio 3	44,700 12,183	Comacchio <b>6</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>20</b>	<b>1898</b>	gennaio 16	44,617 11,833	Argenta <b>7</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>21</b>	<b>1908</b>	giugno 28	44,800 11,300	fra Cento e Finale Emilia <b>6</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>22</b>	<b>1909</b>	gennaio 13	44,617 11,667	presso Tragheto <b>6,5</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>23</b>	<b>1922</b>	maggio 24	44,733 11,383	Cento <b>3,5</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>24</b>	<b>1956</b>	febbraio 20	44,567 11,950	a Sud di Filo di Argenta <b>5,5</b>	Camassi-Stucchi, 1997
<b>25</b>	<b>1967</b>	dicembre 30	44,667 11,833	fra Argenta e Portomaggiore <b>6</b>	Camassi-Stucchi, 1997

Per il territorio di Ferrara sono storicamente documentate numerose scosse sismiche. Molte di queste sono attribuibili ad eventi esterni al territorio, come nel caso della maggiore scossa del terremoto del Friuli del 1976.

Infatti la natura del sottosuolo che contempla sedimenti clastici incoerenti e saturi d'acqua genera un'amplificazione delle scosse sismiche anche provenienti da luoghi non vicini. Scosse più forti sono legate ad eventi locali, causati dall'attività delle pieghe dell'Appennino sepolto, amplificate dalla natura dei materiali sovrastanti. In merito ai terremoti storici, si può fare riferimento solo a documenti scritti che segnalano i danni registrati nei luoghi dove il sisma ha fatto sentire i suoi effetti.

Il territorio ferrarese è soggetto ad una certa sismicità, maggiore di quella evidenziata nelle vicine Rovigo, Mantova e Ravenna (CNR 1980). Nella tabella precedente sono riportati, i principali sismi locali, dal XIII secolo ad oggi, catalogati da recenti studi (Ferrari et al. 1980, Postpischl, 1985; Boschi et al., 1995; Boschi et al. 1997; Camassi, Stucchi, 1996).

I 25 eventi elencati, superiori al grado 3, fanno riferimento al giorno in cui si è verificata la maggiore scossa. Sono riportate le coordinate geografiche della zona epicentrale in gradi sessadecimali e le intensità massime espresse in gradi della Scala Mercalli-Cancani-Sieberg.

Si evidenziano i due eventi più violenti, il terremoto di Ferrara del 1570 di grado 8 e quello di Argenta del 1624 di grado 8,5. Il primo ha danneggiato anche Portomaggiore e altri paesi per un raggio di circa 10 di chilometri dall'epicentro, ed è stato avvertito anche a Ravenna, Bologna, Reggio Emilia e Venezia (Boschi & al., 1995). Moderne indagini (Camassi, Stucchi, 1996; Ferrari et al., 1998) gli assegnano un ipocentro a 7 Km di profondità, nei livelli più profondi della Dorsale Ferrarese. Fenomeni di liquefazione sono stati citati nelle fonti relative all'evento.

Dal confronto della posizione degli ipocentri con le strutture dell'Appennino sepolto (Pieri, Groppi, 1980, C.N.R., 1992), risulta che la maggior parte dei sismi (n. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15 e 16) sono attribuibili a movimenti che interessano il fianco sud della Dorsale Ferrarese, ossia della struttura più settentrionale del complesso delle Pieghe Ferraresi

I sismi del grande terremoto di Argenta (n.12,20,22,24 e 25) attribuibili a movimenti del complesso più meridionale di strutture delle Pieghe Ferraresi, il cui fronte disegna un arco tra Poggio Renatico, Voghiera e S. Alberto.

In generale è stata notata una tendenza dei movimenti a migrare dalle strutture più settentrionali a quelle più meridionali, nonostante le spinte che interessano queste strutture geologiche siano dirette da sud a nord.

Collegata alla situazione sismica del territorio è anche la potenziale suscettibilità alla liquefazione ciclica dei terreni granulari saturi a causa dell'effetto delle sollecitazioni sismiche. A tutt'oggi, nonostante l'evoluzione delle conoscenze sulla natura dei meccanismi e sul modo in cui si sviluppa il processo della liquefazione, non esiste, da parte degli specialisti del settore un unanime consenso ed una definizione rigorosa, comprensiva dei vari aspetti con cui il fenomeno può presentarsi.

Non si può, peraltro, prescindere da quanto riportato, anche, nel notissimo testo di C. Cestelli Guidi "Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni" in cui l'Autore tra l'altro dice :....." " Il verificarsi della liquefazione in un determinato suolo, durante un sisma, dipende da numerosi fattori, la cui quantificazione non è a tutt'oggi possibile. I principali sono: le caratteristiche geotecniche della roccia fra cui granulometria, densità relativa e pressione interstiziale iniziale, le condizioni di drenaggio e la pressione di confinamento .  
....." "

Tuttavia, nonostante la mancanza di criteri unificanti e formalmente riconosciuti, con il termine liquefazione si intende la perdita di resistenza dei terreni saturi sotto sollecitazioni statiche o dinamiche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di una massa viscosa.

Le numerose indagini svolte da molti Autori soprattutto nell'Estremo Oriente, dimostrano che ciò avviene di norma nei depositi di sabbie fini, sciolte, quando sotto l'azione dei carichi applicati, la pressione dell'acqua

	<b>RELAZIONE INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	Codifica <b>RU22226B1BDX16845</b>	
		Rev. 00 del 20.10.10	Pag. <b>34</b> di 43

nei pori aumenta progressivamente fino ad uguagliare la pressione totale di confinamento, cioè quando gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

I terreni suscettibili di liquefazione sono quelli in cui la resistenza alla deformazione è mobilizzata per attrito tra le particelle, quindi in ultima analisi, i terreni incoerenti. Nei materiali coesivi le forze intermolecolari riducono la mobilità delle particelle e benchè sotto l'azione di carichi la pressione interstiziale aumenti, il decadimento della resistenza è molto più graduale.

Gli aspetti più importanti che possono essere ricordati per l'identificazione di un sito potenzialmente liquefacibile sono stati riportati da più Autori e sono sinteticamente:

- 1) I terremoti che inducono il fenomeno della liquefazione nelle aree di pianura sono, in genere, caratterizzati da magnitudo  $> 6$ , da durate prolungate  $> 15$  secondi, da accelerazioni massime sul sito  $a_{max} > 0,10$  g;
- 2) i terreni che manifestano la tendenza alla liquefazione sono costituiti per la gran parte da materiali granulari fini, saturi e non consolidati, con granulometria uniforme ( $U_c < 5$ ) e con densità medio – bassa e ricadono per la massima parte nei depositi di delta, fluviali e marini recenti, riperti, sedimenti secondari, paludi o meandri abbandonati;
- 3) la liquefazione difficilmente interessa strati di profondità superiore a 15 metri;
- 4) la presenza di percentuali di argilla o di ghiaia, ovvero, un certo grado di cementazione fra granuli riducono in maniera sostanziale la suscettibilità alla liquefazione;
- 5) strati superficiali certamente non liquefacibili, con spessori superiori a 3 metri, contrastano la liquefazione di strati sottostanti;
- 6) strati impermeabili che limitano uno strato potenzialmente liquefacibile concorrono a rendere maggiormente difficoltoso che questo sotto un evento sismico possa fluidificarsi.

Sinteticamente si può affermare che i principali elementi che innescano la liquefazione ciclica sono:

- lo stato di addensamento del deposito;
- la pressione di confinamento inteso come rapporto tra l'ampiezza dello sforzo di taglio ciclico e la pressione efficace iniziale;
- il numero dei cicli;
- la granulometria del deposito, anche se questo elemento influenza in modo marginale il fenomeno.

La carta di zonizzazione sismica preliminare, in scala 1:10.000, allegata al PSC del Comune di Castenaso, pone l'area di progetto nella categoria di suolo C1 (D.M. 159/2005: Azione Sismica). Per quanto concerne gli effetti di sito, la parte più meridionale, zona Madonna di Castenaso e la fascia fluviale compreso il centro edificato, vengono identificate come aree a liquefazione potenziale dei sedimenti saturi. Il resto dovrà essere valutato essendo insufficienti i dati disponibili.

La ricostruzione paleogeografica di sottosuolo individua a Malalbergo (Relazione Psc Comune di Malalbergo) la presenza di una vasta area settentrionale dotata di probabilità di liquefazione.

Per l'area di Altedo l'indagine ha dimostrato la presenza di un involuppo di paleoalvei del Savena localizzata sul lato ovest della frazione, in cui sono presenti depositi sabbiosi a varie quote comprese tra 9 e

15 metri dal piano campagna. Si tratta a volte di depositi di modesta potenza (anche minore di 2 metri), ma rilevanti per la liquefazione, nella stima delle strutture da considerare per eventuali nuove edificazioni.

La porzione più orientale della frazione presenta invece sabbie e depositi granulari più profondi (18 – 20 m dal p.c.) oppure intervalli sabbiosi di potenza inferiore al metro. Solamente in un caso si sono attraversate sabbie molto superficiali (1,5 – 3 m dal p.c.) parzialmente insature, che testimoniano la presenza di un canale divagante di una qualche importanza, ma poco significative in quanto a liquefazione, perché inferiori al metro di potenza per la porzione satura. Molti Autori hanno evidenziato una correlazione positiva tra età e tipo di deposito alluvionale continentale, riguardo la propensione alla liquefazione. La letteratura geologica indica che le maggiori probabilità di liquefazione si hanno nei sedimenti granulari saturi recenti e recentissimi. Ciò significa che gli alvei abbandonati e sepolti del fiume Savena possono costituire fonte di pericolo di liquefazione anche per sismi di magnitudo modesta come quelli previsti per il territorio bolognese ( $M=5,5$ ). I canali abbandonati del Savena di età da romana (2.000 anni) fino ai più recenti depositi del XIII secolo, possono costituire fonte di pericolo di liquefazione anche per sismi di magnitudo modesta ( $M = 5,5$ ).

L'inviluppo di paleocanali ipotizzati dovrebbe corrispondere ad alvei i cui limiti laterali sono costituiti da rilievi sabbiosi (argini naturali), la potenza media complessiva di ogni episodio (tra una divagazione e l'altra) dovrebbe essere non superiore ai 2 metri circa. Le barre sabbiose non hanno spessore superiore a 1 – 1,5 metri, i depositi di piena biennale possono avere spessori decimetrici fino a metrici e contenere sporadici ciottoli.

Il territorio comunale esterno ai percorsi ricostruiti degli antichi alvei del fiume Savena appare ad oggi, sulla scorta delle informazioni finora note, privo di sabbie sature in cui possano verificarsi processi reologici e quindi anche di possibile liquefazione locale.

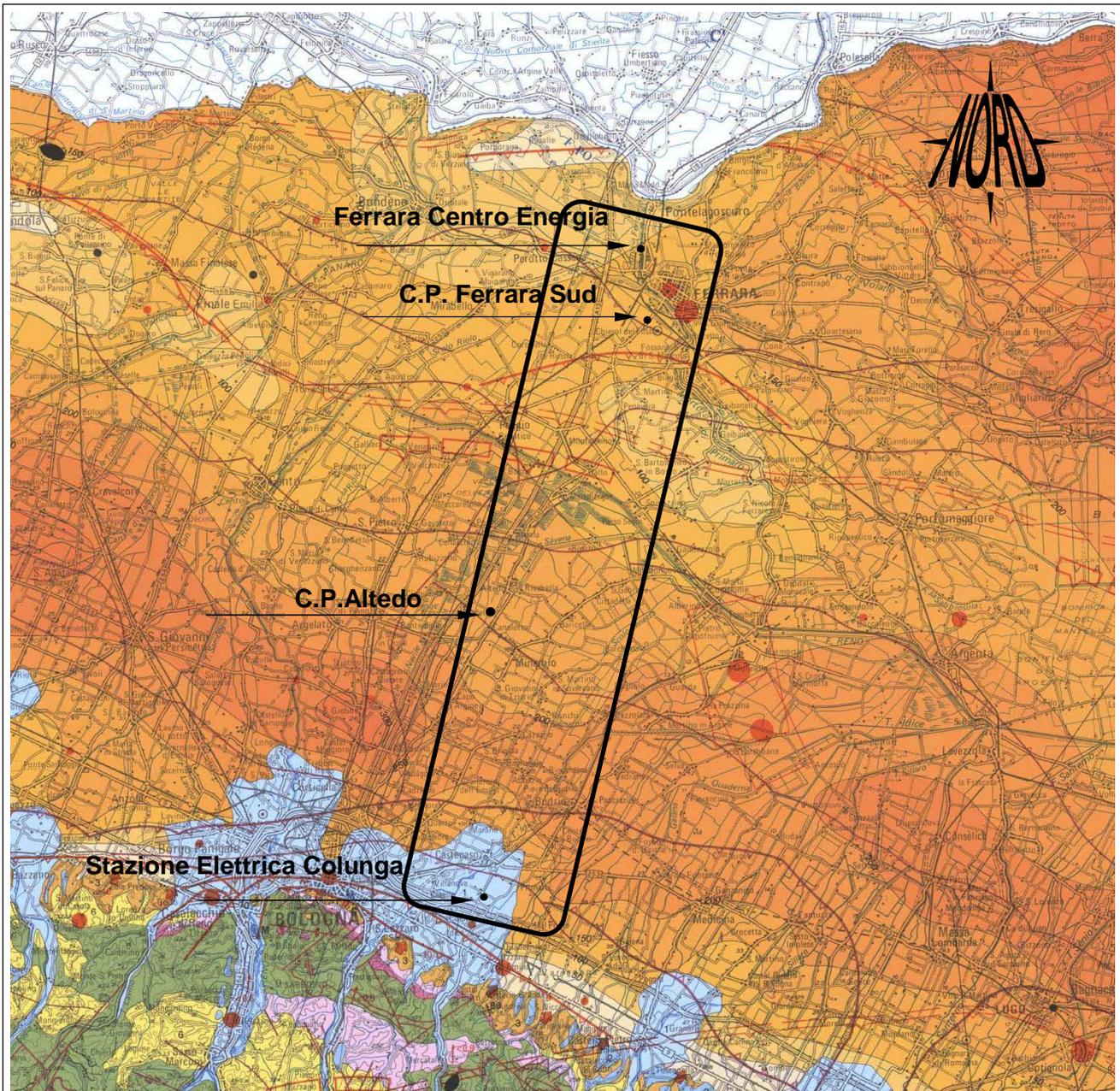
Gli elementi raccolti, nel corso della indagine e nello studio dei documenti disponibili sul territorio, portano a ritene che parte dei terreni della pianura, interessati dal presente studio, siano classificabili tra quelli potenzialmente soggetti al fenomeno della liquefazione, in presenza di evento sismico.

Ad Altedo la media delle velocità delle onde di taglio riscontrate con la MASW nei primi 30 metri di sottosuolo ( $V_{s30}$ ) è di 228 m/s; questo valore indica una categoria di suolo di fondazione "C"; è stato eseguito anche il cono sismico (CPTS), la media delle  $V_{s30}$  ottenute è di 201 m/s.

Viene riportato, in fig. 2.12, stralcio della Carta Sismotettonica della Regione E.R. edita nel 2004 a cura della Regione Emilia-Romagna (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli) e dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (Istituto di Geoscienze e Georisorse Sezione di Firenze). Relativamente all'area analizzata, la carta mostra gli epicentri dei terremoti, solo in corrispondenza dell'area di Ferrara, nel cui centro risultano di Magnitudo compresa tra 5 e 5.5, a sud-est  $M > 5.5$  e nei pressi di Porotto, a nord-est  $4 < M < 5$ .

Strutture sepolte attive recenti,  $< 1$  Ma, determinate sulla base di dati morfologici di superficie e di dati geologici di sottosuolo, sono presenti nel territorio ferrarese: si tratta di un sovrascorrimento, che interessa il settore meridionale dell'abitato di Ferrara, mentre, ai margini sud del comune, sono presenti sia un fronte di accavallamento della successione carbonatica meso-cenozoica che un fronte di accavallamento del basamento.

Fronti dei principali sovrascorrimenti di età Pliocene-Pleistocene inferiore (4,5 – 1 Ma), riattivati o con possibili riattivazioni, si rilevano nell'area nord-est sud sud-est della città di Ferrara, a nord di Altedo, tra Altedo e Minerbio, ed inoltre a nord e a sud di Castenaso.



**1** Depositi di conoide e alluvionali intramontani (Pleistocene medio-Olocene, 0,8 Ma - Presente)  
*Alluvial fan and intramountain alluvial deposits (Middle Pleistocene-Holocene, 0,8 My - Present)*

**2** Depositi alluvionali terrazzati della Pianura Padana (Pleistocene medio e superiore, 0,8-0,01 Ma)  
*Po Plain terraced alluvial deposits (Middle and Late Pleistocene, 0,8 - 0,01 My)*



**u m s.l.m.**

- 50
- 100
- 150
- 200
- 250
- 300
- 350
- 400

Ma = milioni di anni  
My = millions of years

Isobate della base del Sintema Emiliano-Romagnolo superiore (depositi della Pianura Padana di età 0,45 Ma - Presente) riferita al livello del mare

*Isobathes of the base of the Emilia-Romagna Upper Synthem (Po Plain deposits 0,45 My - Present in age) referred to the sea level*

*fig.2.12 Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna. (R.E.R. - C.N.R. 2004)*

Per quanto riguarda i depositi sedimentari raffigurati in carta, si possono notare nella sola estremità meridionale, in territorio di Castenaso, i depositi di conoide e alluvionali intermontani (Pleistocene medio-Olocene, 0,8 Ma-Presente); per la restante area analizzata, figurano le isobate del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (depositi della Pianura Padana di età 0,45 Ma-Presente), che non superano i 250 metri..

## 2.6 SUBSIDENZA

Per subsidenza si intende ogni movimento di abbassamento verticale della superficie terrestre, indipendentemente dalla causa che lo ha prodotto, dallo sviluppo areale e dall'evoluzione temporale del fenomeno, dalla velocità di spostamento del terreno e dalle alterazioni ambientali che ne conseguono.

L'abbassamento del suolo può essere legato a cause naturali, quali i processi tettonici, i movimenti isostatici e le trasformazioni chimico-fisiche (diagenesi) dei sedimenti per effetto del carico litostatico o dell'oscillazione del livello di falda. Inoltre alcuni aspetti dell'attività antropica possono influenzare in modo considerevole il fenomeno o addirittura determinarne l'insacco.

La subsidenza indotta dall'uomo si esplica generalmente in tempi relativamente brevi (al massimo alcune decine di anni), con effetti che possono compromettere fortemente opere ed attività umane, nel caso in cui non si intervenga preventivamente con azioni di controllo e gestione. Le cause più diffuse sono essenzialmente lo sfruttamento eccessivo delle falde acquifere, l'estrazione di idrocarburi, le bonifiche idrauliche. Il grado di urbanizzazione e industrializzazione di un'area "sensibile" alla subsidenza può quindi sia influenzare tale fenomeno, sia esserne condizionato.

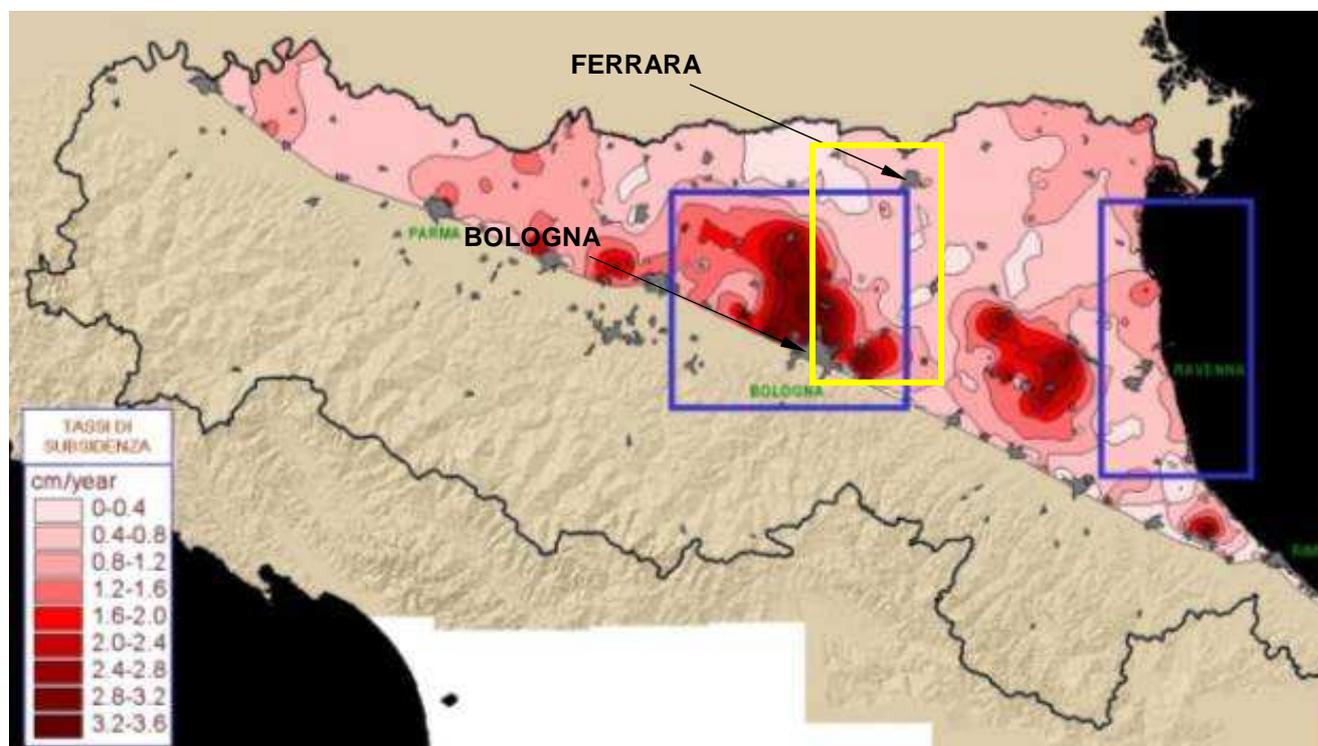


fig. 2.12: Distribuzione della subsidenza nella pianura emiliano romagnola nel periodo 1973/93-1999 e delimitazione di due aree critiche oggetto di studi specifici. Dati ARPA Ingegneria Ambientale, Bologna. Con il rettangolo giallo è indicato schematicamente il territorio entro il quale si sviluppano gli interventi oggetto di questo studio.

In Italia le aree interessate da processi di subsidenza sono individuabili in corrispondenza sia della Pianura Padano-Veneta (inclusi i margini meridionali dei laghi alpini) sia di molte piane costiere (ad esempio la Pianura Pontina). Ben noti e oggetto di un'attenzione particolare per la loro rilevanza economica e artistica sono i casi di Venezia e Ravenna. Qui hanno interagito negativamente, in passato, processi naturali e attività antropiche. Queste ultime sono ora sotto controllo, ma il fenomeno difficilmente si potrà arrestare del tutto, essendo connesso a processi diagenetici, tettonici e di riequilibrio isostatico.

I dati dei rilevamenti sembrano confermare che il fenomeno di abbassamento del suolo nella pianura emiliano-romagnola si sta attenuando.

Si è passati da valori massimi che tra il 1992 e il 2000 arrivavano a 5 centimetri all'anno, ai 2,5 centimetri del periodo 2002-2006. Le aree nel quale il fenomeno è più evidente, anche se in netto miglioramento, sono la pianura a nord di Bologna e il Cesenate.

Da studi fatti in un periodo compreso tra il 1999 e il 2005 lungo la via Emilia, nel tratto tra Reggio Emilia e Rimini, gli abbassamenti più consistenti si trovano nella zona di Bologna (1,5 cm l'anno) con un picco a Lavino di Mezzo (dal 1993 al 2005 il suolo si è abbassato di un metro). Nel tratto tra Reggio Emilia e Ravenna (attraversando le aree di media pianura) i comuni più coinvolti sono: Correggio (RE), con 1,5 cm l'anno, Carpi (MO), con 1 cm l'anno e Argelato (BO), con 2,4 cm l'anno.

Le conoidi alluvionali, poste allo sbocco delle valli appenniniche, rappresentano un'altra porzione di territorio in cui è ben evidente il fenomeno.

Fra queste la conoide del Fiume Reno, su cui si sviluppa una parte rilevante della città di Bologna e della sua provincia, registra il preoccupante record di valori di subsidenza maggiori ai 3 cm all'anno negli ultimi decenni (Fig.2.13).

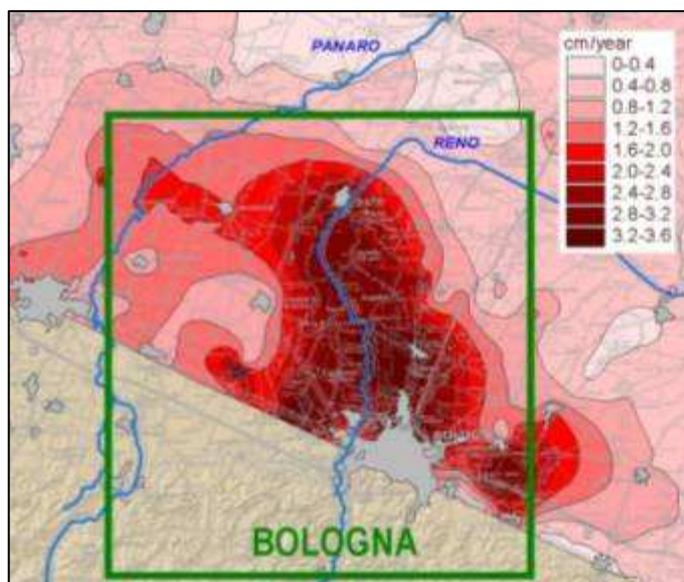


fig. 2.13 Particolare ingrandito della precedente fig 2.12, dove viene messo in evidenza il territorio a nord della città di Bologna.

Dalla fig. 2.12 si evince che le aree di progetto di Ferrara e di Altedo-Minerbio, ricadono in quelle classi di velocità di abbassamento del suolo comprese tra 0,4 e 0,8 cm/anno.

Le relazioni di piano comunale confermano per Ferrara valori di abbassamento generalmente inferiori a 1 cm/anno. Questo fenomeno in territori di pianura rappresenta un importante fattore di rischio: infatti nell'entroterra diventa più difficoltoso il deflusso delle acque superficiali, alterando i profili longitudinali dei canali di scolo e collettori fognari. Diversamente dalla figura 2.13, che mostra un particolare della fig.2.12, si estrapola che, per il territorio di Castenaso, si può fare riferimento a più classi di velocità di abbassamento del suolo e considerare un intervallo di valori più ampio rispetto al precedente, compreso tra 0,4 e 2,8 cm./anno, valori convalidati dai documenti del PTCP di Bologna.

### 3 *CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI*

Una distinzione puramente geo-litologica non è sufficiente, se non supportata da indicazioni di tipo geotecnico-geomeccanico; perciò lungo il tracciato di progetto, in fase esecutiva, andranno effettuate indagini dirette e/o indirette tali da individuare le proprietà fisico-meccaniche dei terreni di fondazione su cui insisteranno le opere in progetto.

In via generale e indicativa, dato il carattere del presente studio, è possibile delineare, sulla base delle caratteristiche geolitologiche descritte nei capitoli precedenti e facendo riferimento alla documentazione di carattere geologico inserita nel contesto degli studi correlati alla programmazione territoriale locale, una tabella sinottica dei parametri geotecnici relativi alle diverse litologie rilevate.

classe		Unità litologiche	Angolo di attrito interno $\phi$	Coesione non drenata cu Kg/cm <sup>2</sup>	Densità gr/cm <sup>3</sup>
<b>2</b>	<i>Conoide e Terrazzi alluvionali.</i>	Sabbie, limi sabbiosi e limi in strati di spessore decimetrico, ghiaie sabbiose e sabbie in corpi canalizzati lenticolari.	15° - 25°	≤ 0,5	1,70 – 1,80
<b>5</b>	<i>Depositi della Piana alluvionale</i>	Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico, passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi.	25° - 35°	-	1,75 – 1,85
<b>6</b>		Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso argillose intercalate in strati di spessore decimetrico.	20° - 25°	≥ 1,5	1,80 – 1,90
<b>7</b>		Sabbie medie e fini, limi e argille limose intercalati in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi.	10° - 15°	1,0 – 1,5	1,80 – 1,90
<b>9</b>		Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti.	0° - 5°	0,5 – 1,0	1,90 – 2,00
<b>10</b>		Sabbie medie e grossolane subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose, limi e limi sabbiosi in strati di spessore decimetrico.	25° - 30°	-	1,70 - 1,80

## ***4 CRITERI PROGETTUALI DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE***

La realizzazione di un elettrodotto aereo è suddivisibile in tre fasi principali:

- esecuzione delle fondazioni dei sostegni;
- montaggio dei sostegni;
- messa in opera dei conduttori e delle corde di guardia.

Solo la prima fase comporta movimenti di terra.

Le fondazioni saranno dimensionate ad hoc per ogni singolo sostegno della linea.

Sostegni a traliccio - Saranno ubicati su terreni dalle buone/discrete caratteristiche geotecniche; le fondazioni di ogni sostegno saranno di tipo diretto e caratterizzate dalla realizzazione di 4 plinti di cemento armato agli angoli dei tralicci, uno per ogni montante (fondazioni a piedini separati). La profondità di interrimento dei plinti, la sezione e la tipologia sono dipendenti dalla natura e dalle condizioni del terreno e dalle sollecitazioni che il sostegno deve essere in grado di sopportare.

Fondazioni per i sostegni di tipo diretto - Ognuna delle quattro buche quadrate, di alloggiamento della fondazione, in conglomerato cementizio armato, è realizzata utilizzando un escavatore e avrà dimensioni variabili da 2,5 ad un massimo di 3,5 metri di lato con una profondità non superiore a 2,5 – 3,2 m., per un volume di scavo variabile da circa 16 a 40 mc. A getti ultimati, si procederà al pronto rinterro degli scavi con materiale scelto proveniente dagli scavi stessi, ripristinando il preesistente andamento naturale del terreno. Una volta realizzata l'opera, resterà in vista, fuori terra, esclusivamente la porzione superiore dei colonnini di diametro di circa 1 m. per una altezza di circa 0,50 – 1,00 metri.

Per i sostegni che interessano terreni di scadenti caratteristiche meccaniche, su terreni instabili o su terreni allagabili, potrà essere necessario ricorrere alle fondazioni speciali su pali trivellati o micropali, che verranno definite sulla base di apposite indagini geotecniche.

In base al diametro eseguibile ed alle caratteristiche geotecniche del terreno, in presenza di terreni cedevoli, per quanto riguarda i sostegni di elettrodotti 132 kV, verrà scelta la soluzione con 4 pali trivellati di diametro compreso tra 0,8 e 1,2 metri direttamente connessi alla struttura metallica.

In fase di progettazione esecutiva, saranno eseguite le prove penetrometriche e le indagini geognostiche atte a verificare le qualità e le caratteristiche del terreno interessato e quindi il tipo delle relative fondazioni.

## *5 STABILITA' DEGLI SCAVI*

Dovendo procedere ad opere di sbancamento allo scopo di raggiungere il piano di imposta delle fondazioni o per il contenimento di fronti di scarpata naturale o artificiale, si rende necessario valutare le condizioni di stabilità.

Occorrerà garantire la massima sicurezza in fase di scavo, per evitare l'innescarsi di superfici di scivolamento all'interno dei fronti di scavo. Sarà quindi opportuno procedere gradatamente, fino ad arrivare all'angolo di scarpa di progetto, per consentire il rilascio delle forze tensionali dei materiali portati a giorno.

Sarà inoltre opportuno che tutte le operazioni di scavo vengano effettuate adottando le massime precauzioni contro le infiltrazioni di acque meteoriche o altre cause di possibile deterioramento delle caratteristiche di resistenza dei materiali. In particolare, nel caso di fermi cantiere tecnici particolarmente lunghi, occorrerà provvedere alla copertura dei fronti di scavo con teli, partendo da almeno 2 m. dal ciglio della scarpata, per evitare eccessive infiltrazioni dell'acqua piovana.

Poiché bisogna, infatti considerare che la variazione delle condizioni al contorno, indotte da uno scavo, avvengono rapidamente rispetto ai tempi di riequilibrio del terreno, che si comporta in maniera non drenata, soprattutto in presenza di terreni fini poco permeabili, anche se non è escluso che ciò avvenga in terreni sabbiosi.

In considerazione della brevità dei tempi di esecuzione degli scavi e dei successivi reinterri, la verifica della stabilità viene sempre condotta in condizioni non drenate.

Si trascura quindi il tempo ed il fenomeno del lento rigonfiamento delle pareti dello scavo che nell'ipotesi di tempi molto lunghi sono causa di franamenti.

## 6 *CAPACITA' PORTANTE DEI TERRENI*

Ai fini della caratterizzazione meccanica dei terreni, per poter decidere la profondità di imposta delle fondazioni e per rilevare la presenza di eventuali livelli cedevoli, andranno effettuate puntuali indagini dirette e/o indirette soprattutto nelle localizzazioni dei sostegni poste in pianura, data la natura dei terreni presenti, corrispondenti a terre sciolte.

Le verifiche statiche del complesso terreno-opera riguarderanno la capacità portante dei terreni di fondazione e i cedimenti attesi, poiché tali parametri dipendono oltre che dalle caratteristiche intrinseche di resistenza del terreno, anche dalle tipologie costruttive dell'opera di fondazione e dalla sua geometria.

In pratica si dovranno individuare sia le proprietà intrinseche alla natura dei materiali, sia a quelle fisico-meccaniche che dipendono anche da fattori ambientali e legati alla storia tensionale.

Tenendo conto del significato della presente relazione e rimandando alla fase di progettazione esecutiva la definizione puntuale dei parametri geotecnici dei terreni di fondazione, al solo fine di fornire parametri indicativi relativi alla portanza dei terreni di fondazione possono essere indicati i seguenti valori:

Tipo di fondazione	Litologia	Carattere	Pressione ammissibile kg/cmq
Fondazione superficiale	Depositi misti argilloso – limoso - sabbiosi eventualmente con presenza di ghiaia.	Molle o poco addensato	0,8 – 1,0
		Duro o ben addensato	1,5 – 2,0
Fondazione profonda	La valutazione della portanza per le fondazioni su pali trivellati di largo diametro e in particolare la determinazione della lunghezza utile / diametro del palo, non può prescindere dalla determinazione della stratificazione e dei parametri geotecnici strato per strato. Un ulteriore elemento da considerare è la natura dello strato su cui andrà ad intestarsi il palo e le tensioni a cui la fondazione sarà sottoposta.		

## *7 BIBLIOGRAFIA*

- AA.VV. Guide geologiche regionali - Appennino Tosco-Emiliano.
- Carta dell'Uso del suolo della Regione Emilia – Romagna, ed. 2003
- Filippi N., Sbarbati L., 1994 – I suoli dell'Emilia Romagna, Regione Emilia Romagna.
- Panizza, 1988. Geomorfologia applicata. Carocci Editore.
- Regione Emilia Romagna - Carta geologica di pianura dell'Emilia Romagna.
- Regione Emilia Romagna – Cartografia geologica dell'appennino emiliano romagnolo
- Società Geologica Italiana - Guida alla geologia del margine appenninico-padano.
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Bologna.
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Ferrara
- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico – Autorità di Bacino Fiume Reno
- Piano Territoriale Paesistico Regionale – Regione Emilia Romagna
- Piano Di Tutela delle Acque – ARPA - R.E.R.
- Piano Regolatore Generale e PSC del Comune di Ferrara.
- Piano Regolatore Generale del Comune di Malalbergo e PSC Associazione Terre di Pianura
- Piano Regolatore Generale della città di Minerbio
- Piano Regolatore Generale della città di Castenaso e PSC Valle dell'Idice

Siti WEB consultati:

[www.ingv.it](http://www.ingv.it)

[www.google.it/earth](http://www.google.it/earth)

[www.arpa.emr.it/](http://www.arpa.emr.it/)

[www.provincia.bologna.it/](http://www.provincia.bologna.it/)

[www.provincia.bologna.it/ambiente/pubblicazioni/](http://www.provincia.bologna.it/ambiente/pubblicazioni/)

[www.regione.emilia-romagna.it/agende21/](http://www.regione.emilia-romagna.it/agende21/)

[www.regione.emilia-romagna.it/bacinoreno/](http://www.regione.emilia-romagna.it/bacinoreno/)

[www.regione.emilia-romagna.it/servizio geologico, sismico e dei suoli/](http://www.regione.emilia-romagna.it/servizio_geologico_sismico_e_dei_suoli/)

[www.minambiente.it/](http://www.minambiente.it/)

[www.microsoft.com/virtualearth](http://www.microsoft.com/virtualearth)

[www.adbpo.it](http://www.adbpo.it)