

**COLLEGAMENTO HVDC “SA.CO.I. 3”**

**PIANO TECNICO DELLE OPERE**

**RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA PRELIMINARE**



ORDINE DEI GEOLOGI  
\*  
Dr. Geol.  
PIER ANDREA  
VORLICEK  
N° 371  
\*  
REGIONE DEL VENETO

**Storia delle revisioni**

|         |            |                                    |
|---------|------------|------------------------------------|
| Rev. 02 | 30/03/2021 | Aggiornamento per integrazioni SIA |
| Rev.01  | 03/07/2019 | Revisione TRI                      |
| Rev. 00 | 30/04/2019 | Emissione                          |

## INDICE

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 1.  | PREMESSA .....   | 3   |
| 2.  | QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO .....                        | 4   |
|     | <b>SITO DI STUDIO:</b> .....                                 | 5   |
|     | <b>PIOMBINO LOC. SALIVOLI</b> .....                          | 5   |
| 3.  | UBICAZIONE E CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO .....  | 6   |
| 4.  | INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO .....               | 8   |
| 5.  | INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....                            | 27  |
| 6.  | CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA .....             | 36  |
|     | <b>Classificazione sismica del sito</b> .....                | 45  |
| 7.  | ANALISI DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA .....                  | 51  |
| 8.  | CONCLUSIONI .....  | 52  |
|     | <b>SITO DI STUDIO: SAN VINCENZO</b> .....                    | 53  |
|     | <b>LOCALITÀ LA TORRACCIA</b> .....                           | 53  |
| 9.  | UBICAZIONE E CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO .....  | 54  |
| 10. | INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO .....               | 56  |
| 11. | INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....                            | 72  |
|     | CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA .....             | 81  |
| 12. | ANALISI DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA .....                  | 92  |
| 13. | CONCLUSIONI .....  | 93  |
|     | <b>SITO DI STUDIO:</b> .....                                 | 94  |
|     | <b>SUVERETO, LOC. FORNI</b> .....                            | 94  |
| 14. | UBICAZIONE E CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO .....  | 95  |
| 15. | INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO .....               | 97  |
| 16. | INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....                            | 115 |
| 17. | CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA .....             | 118 |
| 18. | ANALISI DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA .....                  | 127 |
| 19. | CONCLUSIONI .....  | 128 |
|     | BIBLIOGRAFIA .....   | 129 |
|     | ALLEGATI PER IL SITO DI PIOMBINO LOC. SALIVOLI .....         | 130 |
|     | ALLEGATI PER IL SITO DI SAN VINCENZO LOC. LA TORRACCIA ..... | 130 |
|     | ALLEGATI PER IL SITO DI SUVERETO LOC. FORNI .....            | 130 |



|   |  |                                      |               |
|---|--|--------------------------------------|---------------|
| <br><small>TERNA GROUP</small> | <b>Relazione geologica preliminare</b> | Codifica<br><b>RUHR10002BCC00516</b> |               |
|   |  | Rev. N° 00                           | Pag. 4 di 130 |

La presente relazione geologica preliminare ha contenuti e grado di dettaglio conformi alle prescrizioni delle NTC2018. La seguente relazione rientra nell'ambito della progettazione per autorizzazione e per la sua redazione si è proceduto alle seguenti operazioni:

- Ricerca bibliografica inerente all'area in esame;
- Ricerca dei dati disponibili in rete afferenti all'ambito geologico, geomorfologico e idrogeologico;
- Sopralluogo e rilevamento geologico-tecnico delle aree interessate;
- L'esecuzione di 4 sondaggi a carotaggio continuo fino alla profondità max di 15,00 m da p.c.
- L'esecuzione di indagini di laboratorio geologico e geotecnico sui campioni prelevati dai sondaggi

## 2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

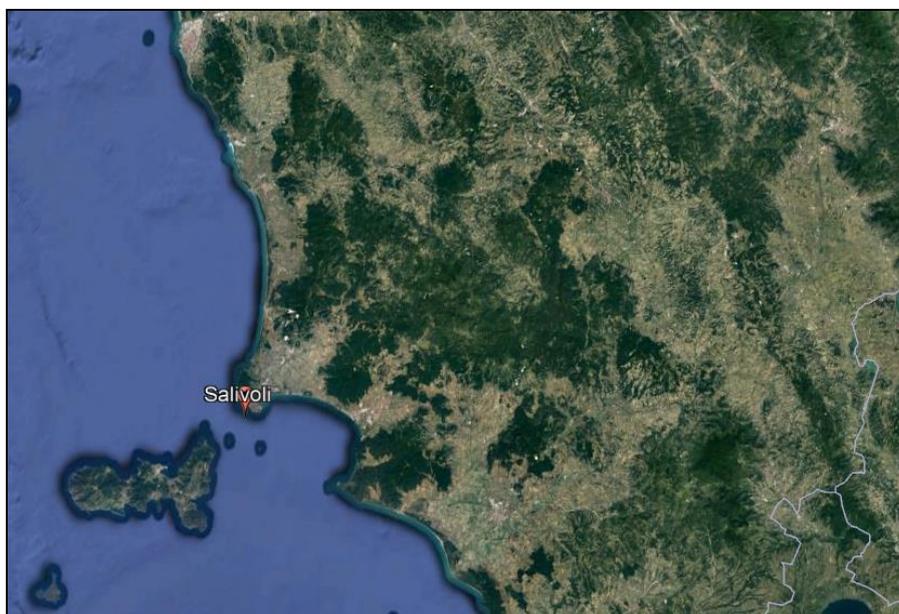
Per la redazione della presente relazione si sono considerati i seguenti riferimenti normativi:

- in materia edilizia e urbanistica, con particolare riferimento al D.P.R. 380/2001 - Testo Unico in materia edilizia;
- in materia di tutela ambientale e del territorio, di cui al D.Lgs. 152/06;
- in materia di indagini sui terreni e sulle rocce, di stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, di cui al 17 gennaio 2018 – Norme tecniche per le costruzioni (di seguito NTC 2018);
- in materia di progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica, stabilità e durabilità di cui al D.M. 17 gennaio 2018 – Norme tecniche per le costruzioni (di seguito NTC 2018);
- in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro di cui al D.Lgs.81/08;

**SITO DI STUDIO:**  
**PIOMBINO LOC. SALIVOLI**

### 3. UBICAZIONE E CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO

L'area oggetto di studio è localizzata nella regione Toscana, precisamente a Salivoli, un quartiere a nord ovest del centro della città di Piombino.

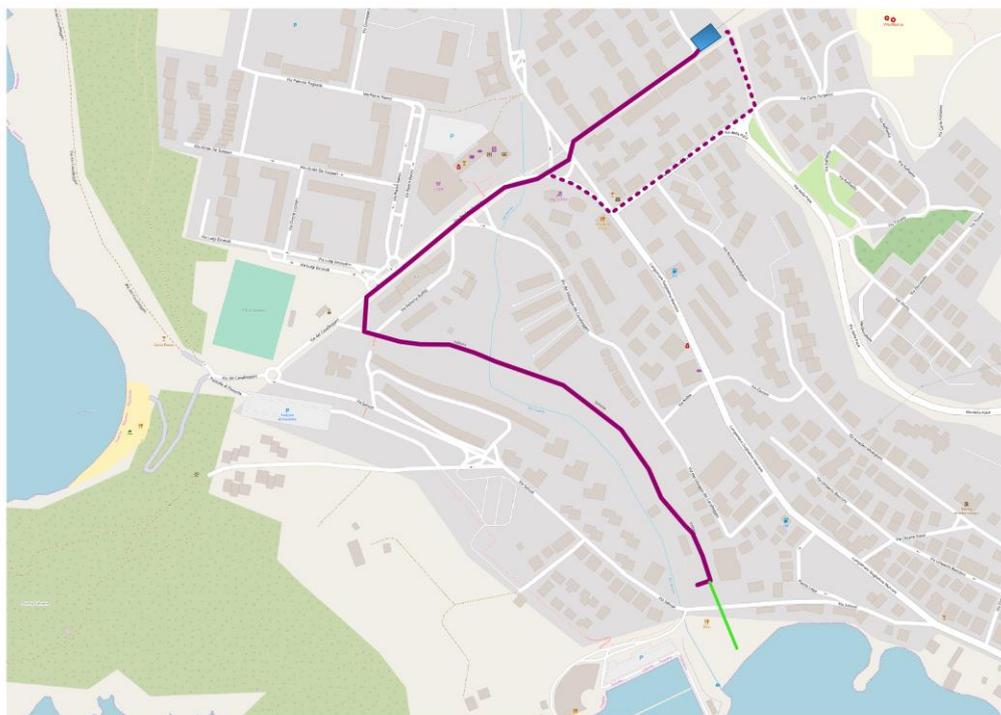


*Ubicazione dell'area di studio posto a nord della Sardegna (Ortofoto, Google.com)*

Il sito sarà interessato dal tracciato dei cavi terrestri di polo e relativo punto di transizione aereo-cavo (esistente) e si svolge dall'approdo dei cavi marini (Golfo di Salivoli) fino alla stazione di transizione aereo-cavo, prevalentemente attraverso la viabilità comunale indicativamente secondo la seguente soluzione: via Salivoli, via dei Cavalleggeri, via San Quirico, via Fermi-via Forlanini.



*Estratto CTR. Indicato in figura il sito investigato.*



*Percorsi del progetto SACOI 3 su base OpenStreetMap*

I tracciati in progetto sono riportati nelle rispettive Corografie e nelle Planimetrie catastali delle rispettive aree oggetto di intervento.

In particolare, nel sito di Salivoli le opere in progetto sono:

- realizzazione di due buche giunti terra-mare, localizzate all'approdo dei cavi marini, fondamentalmente si tratta di uno scavo di dimensioni presunte 20 m larga 2 profonda circa 2 m
- Realizzazione di due trincee, di lunghezza pari a circa 1500 metri, necessarie per la posa dei cavi di polo, ovvero scavi a sezione obbligata di larghezza massima pari a 0,8 m e profondità massima di circa 1,6 m
- arrivo cavi di polo nel punto di sezionamento e transizione aereo-cavo, a Salivoli verrà riutilizzata la stazione esistente sita in via Fermi, con possibile allargamento e ristrutturazione della medesima

#### **4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO**

L'origine della zona di studio va inserita in un più ampio quadro conoscitivo. Per questo motivo verranno di seguito descritte le principali fasi evolutive tettoniche che hanno portato alla formazione della morfologia del promontorio attualmente esistente.

La tettonica dell'area di studio, di estensione modesta, come il promontorio di Piombino, si inserisce nel contesto dei Monti di Campiglia che si trovano a nord-est rispetto alla zona in esame. La successione e la natura delle Unità sono attribuite ad una complessa storia geologica che è poi la storia di tutta la Toscana Meridionale (Costantini et al., 1993).

L' Appennino Settentrionale è limitato a N e a S da due grandi lineamenti tettonici trasversali: la linea Sestri-Vologno a N e la linea Ancona-Anzio a S, ambedue interpretabili come grandi strutture con forte componente trascorrente. Esso è costituito, come le altre catene del grande sistema montuoso alpino-himalaiano, da enormi masse rocciose di notevole estensione orizzontale (Falde o Unità tettoniche) che durante i movimenti dell'orogenesi alpina si sono spostate dalla loro patria di origine di decine o centinaia di chilometri, scorrendo le une sulle altre. Nel caso dell'Appennino Settentrionale, che ha un andamento NO-SE e una vergenza verso il quadrante NE, si può giungere ad ipotizzare una successione di vari domini paleogeografici caratterizzati ciascuno da una propria sequenza stratigrafica e da una propria storia, dai più occidentali (interni) a quelli più orientali (esterni), tenendo conto della loro attuale posizione tettonica e delle affinità litostratigrafiche. (Bartolotti V., 1992).

Le Unità principali che giocano un ruolo fondamentale nella storia geologica della Toscana e per la formazione dell'Appennino settentrionale sono attribuite a tre Domini paleogeografici differenti che si succedevano da Ovest verso Est con il seguente ordine (Decandia et al., 1981):

1) Dominio Ligure: (Unità di M. Gottero e Unità dei Fysch ad Elmintoidi)

Comprende alla base una sequenza ofiolitica con rocce ultramafiche serpentizzate e gabbri, una copertura sedimentaria soprastante caratterizzata da breccie ofiolitiche e radiolariti, riferite al Giurassico Sup. Cretaceo Inf. La successione al top presenta un Flysch calcareo-argilloso (Cretaceo-Eocene Inf.) indicativo della fase di chiusura del bacino oceanico e dell'intensa deformazione compressiva (Bortolotti et al., 2001).

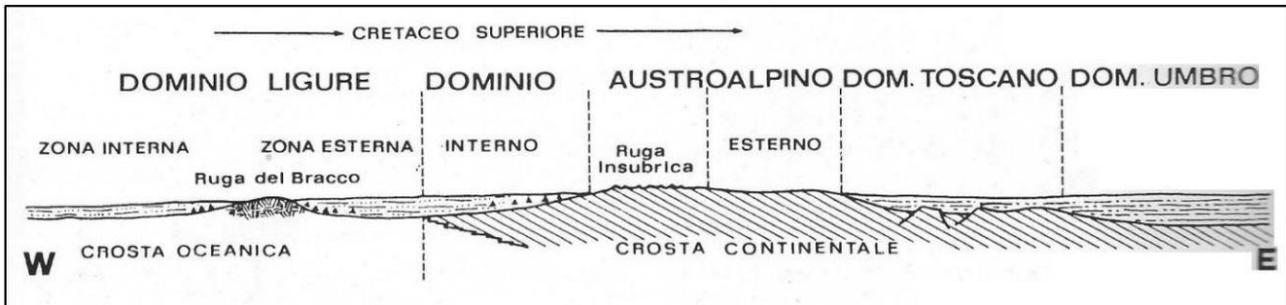
2) Dominio Subligure (Australpino): (Unità di Canetolo)

Formato solo da una successione paleogenica alloctona (unità di Canetolo) depositata in una zona di transizione tra l'oceano e il margine passivo continentale (Sani et al., 2009).

3) Dominio Toscano: (Falda Toscana)

Costituito da unità deposte sul margine passivo continentale di Adria, un promontorio della placca africana. Questo dominio è suddiviso in due unità principali: Unità del Macigno e Unità di Cervarola Falterona. Le due

unità sono formate da successioni torbiditiche isolate dal loro substrato e arrangiate in sistemi di sovrascorrimenti (Est-vergenti), formati a partire dal Miocene Inf. (Sani et al., 2009).



Rappresentazione schematica generale dei diversi domini che sono coinvolti nell'orogenesi dell'Appennino Settentrionale a partire dal Cretaceo superiore (da Costantini et al; 1993)

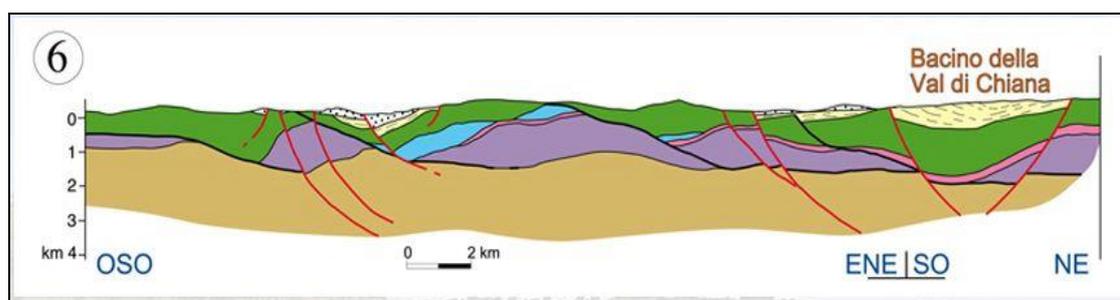
L'origine della morfologia che contraddistingue la Val di Cornia delimitata da alti strutturali (Esempio promontorio di Piombino) va ricercata nell'evoluzione della tettonica distensiva post-collisionale Neogeica-Quaternaria dell'Appennino Settentrionale distinta nel modo seguente.

- 1- Evento distensivo sinsedimentario mesozoico. Ben documentabile nel Giurassico, a partire dal Lias inf. Fino al Malm, interessa principalmente le successioni del margine appenninico, ed è da mettere in relazione con l'apertura del Bacino oceanico Ligure-Piemontese.
- 2- Eventi compressivi liguri. Sono riferibili a Cretaceo sup., al Paleocene e all'Eocene medio-sup. e segnano le fasi di chiusura del Bacino Ligure. In questi eventi sono state coinvolte solo le successioni del Dominio Ligure, che hanno subito intense deformazioni riconducibili a piegamenti e sovrascorrimenti. Le unità Austroalpine (Sub-Liguri) sono state in parte coinvolte nell'evento dell'Eocene medio-sup.
- 3- Evento compressivo Appenninico. È riferibile all'Oligocene sup. – Miocene inf. (Aquitano) ed è l'espressione della collisione dei margini continentali europeo ed africano. Qui si manifesta la collisione dei margini continentali Sardo-Corso e della Placca Adria, determinando sia l'impilamento delle falde derivanti da domini paleogeografici epicentrali, sia l'accavallamento sul Dominio Toscano delle Unità Liguri, con conseguente metamorfismo del margine continentale Adria. In letteratura questa fase tettonica è conosciuta come "Fase Toscana" (Carmignani L. & Giglia G., 1975).
- 4- Eventi distensivi postcollisionali. Recenti studi sul Tirreno Settentrionale e sui depositi epiliguri della Toscana Meridionale pongono l'inizio degli eventi deformativi in regime di distensione alla fine del Miocene inf. (Carmignani et al., 1994; Elter e Sandrelli, 1995). La forte distensione che caratterizza nel Neogene il versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale provoca due fenomeni che si susseguono

nel tempo (Bertini et al. 1991): *il primo evento distensivo* è una delineazione della crosta superiore ad opera di faglie dirette a basso angolo e a geometria complessa, che determina una situazione geometrica ben conosciuta nella Toscana Meridionale con il nome di “serie ridotta”; *il secondo evento distensivo* (a partire del Pliocene/inizio Pleistocene) è lo sprofondamento di un sistema di fosse tettoniche, delimitate da faglie dirette ad alto angolo (Fig.), (Bertini et al., 1991) che tagliano le strutture precedenti (Costantini a., Mazzanti R., Sandrelli F., (1995)).

A tale evento è associata quindi una struttura di tipo *horst – graben*, e come sarà spiegato in seguito, sedimenti continentali, lacustri e marini si depositarono entro le depressioni tipo graben dalla fine del Tortoniano fino al Quaternario (Bartolini et al., 1983; Liotta, 1991).

Le depressioni tettoniche intermontane risultano infatti via via più recenti andando da ovest verso est, come, ad esempio, i bacini intermontani della Toscana, dell’Umbria e dell’Appennino umbro-marchigiano (Bartolini C., Peccerillo A., 2002).



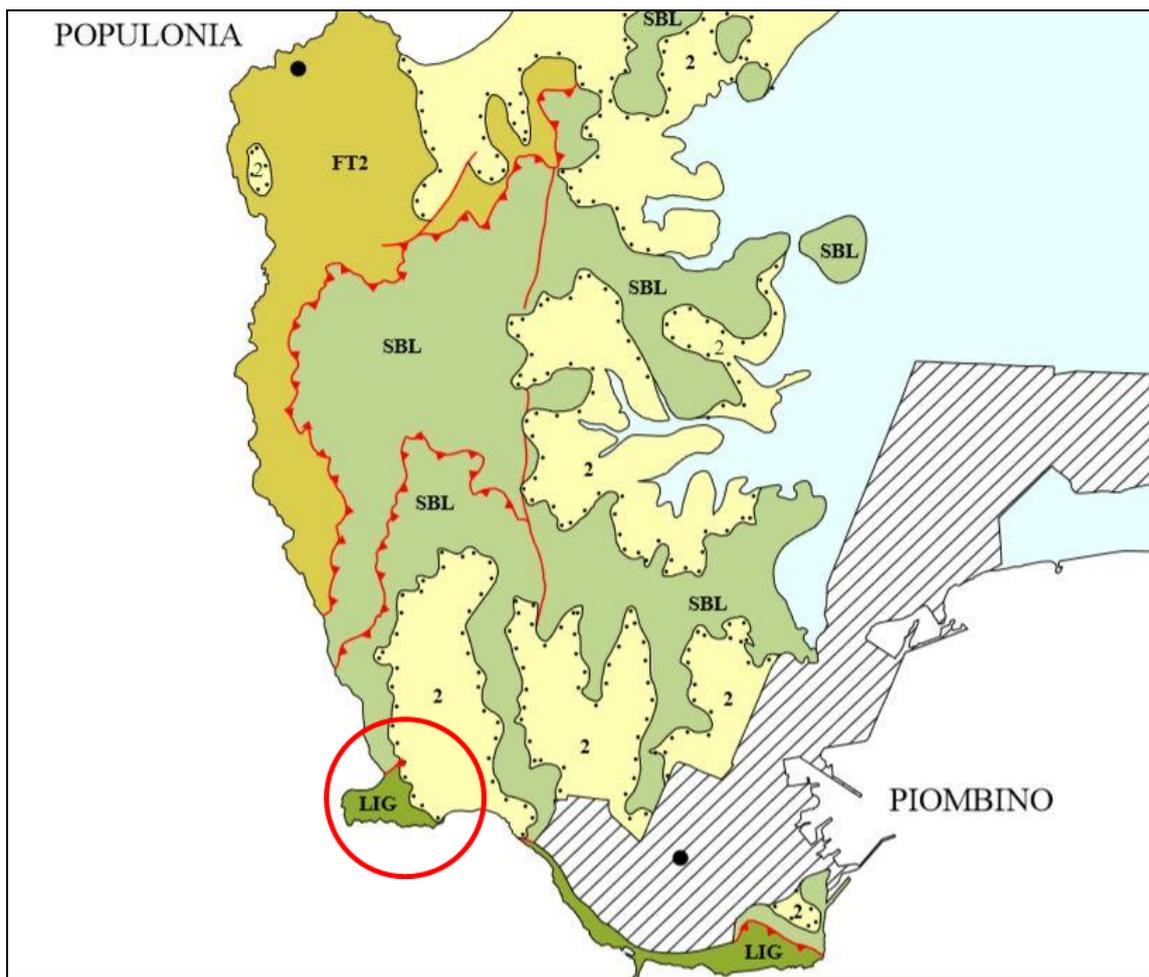
Rappresentazione schematica del bacino della Val di Chiana.

L’Appennino Settentrionale è dunque caratterizzato dalla presenza di numerose depressioni tettoniche, allungate in direzione NO-SE, parallelamente all’asse della catena appenninica e sviluppatasi a partire dal Miocene Superiore. In particolare si distinguono bacini associati a tettonica estensionale o compressiva in relazione alla loro collocazione ad Ovest oppure ad Est all’attuale spartiacque (Martini e Sagri, 1993;). I bacini estensionali si trovano pertanto nella parte interna dell’Appennino Settentrionale e possono essere divisi in “Bacini Centrali” e “Bacini Periferici” (Martini e Sagri, 1993). I primi si trovano vicino al Mar Tirreno, si sono impostati sopra crosta continentale assottigliata, e sono stati riempiti con depositi di mare poco profondo e fluvio-lacustre. Tali bacini si sviluppano dal Miocene Superiore fino al Pleistocene. I secondi, sono collocati nella zona orientale, si sono impostati sopra crosta continentale più spessa. Questi bacini sono stati riempiti con depositi esclusivamente continentali dal Pliocene Medio al Pleistocene (Martini e Sagri, 1993;). I Bacini estensionali sono considerati da molti autori come *graben* o *half-graben* sviluppatasi in regime estensionale fino al Neogene (Martini e Sagri, 1993; Martini e al., 2001). Il bacino Neogenico della Val di Cornia si colloca quindi tra i “Bacini Centrali” dell’Appennino Settentrionale Toscano, i quali risultano i meno recenti.



Schema strutturale dei bacini neogenici sopra descritti della Regione Toscana; in rosso l'area d'indagine.

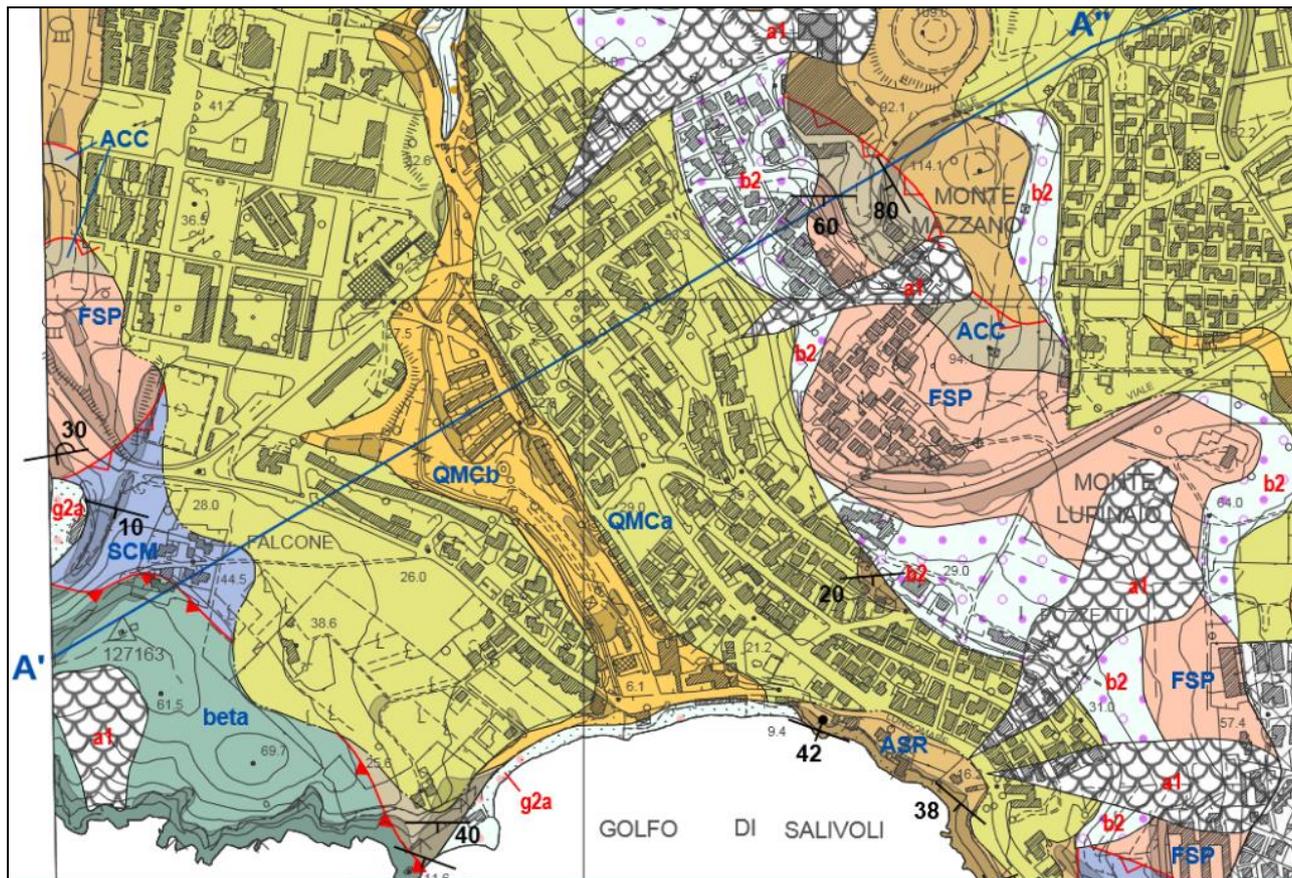
Il promontorio di Piombino è caratterizzato da rilevanti affioramenti di membri della Falda Toscana, anch' essi interessati dai movimenti tettonici, e da elementi Subliguri sovrastanti. Si può notare esaminando la carta geologico-strutturale come siano presenti linee di sovrascorrimento, che testimoniano la sovrimposizione corrispondente all'evento compressivo Appenninico riconducibile all'Oligocene sup. – Miocene inf. (Aquitaniense). Oltre alla sovrimposizione delle unità alloctone sulle unità Toscane, possiamo notare una serie di sovrascorrimenti secondari all'interno delle unità Subliguri stesse.



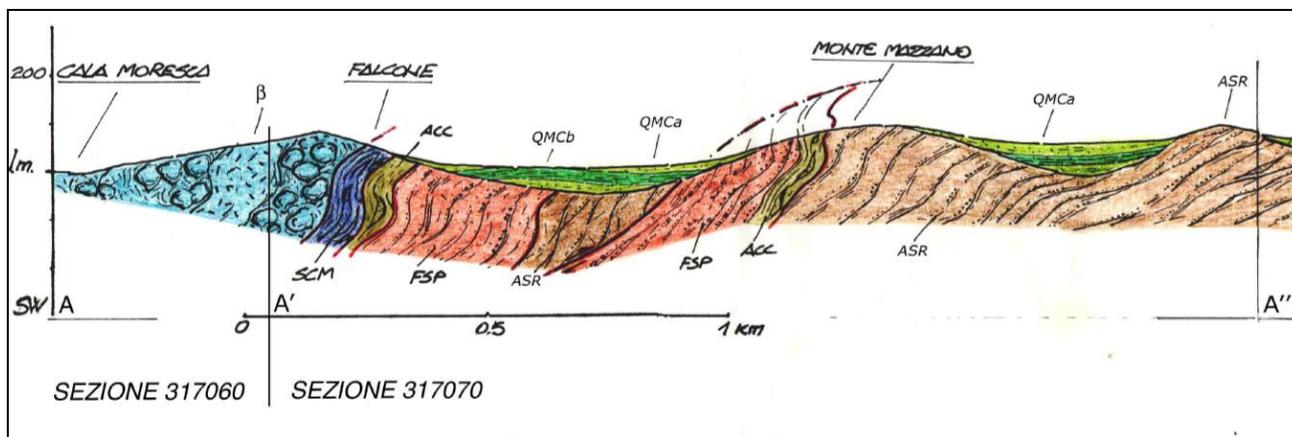
Schema tettonico regionale; cerchiato in rosso l'area d'interesse.

Dal punto di vista tettonico-strutturale la zona corrispondente al promontorio di Piombino può essere associata alla concomitanza di due tipi di forme tettoniche (*Anticlinale, sovrascorrimento e Thrust-related folding*), le quali si sono sviluppate in un regime tettonico compressivo. Dalla ricostruzione eseguita e dalla lettura delle carte geologiche non ci sono elementi che riconducano un legame di strutture con un regime di tipo distensivo.

L'ipotesi strutturale quindi si è basata sull'analisi della carta geologica (Regione Toscana in scala 1:10.000) e dalle sezioni (sez. 317060 e sez.317070), ricavate da file scaricabili dal Geoportale Toscana di seguito riportati.



Carta geologica in scala 1:10.000 dell'area d'indagine estratta dal geoportale regionale.



Sezione n° 317060 e 317070 relative alla carta di cui sopra ed estratte dal geoportale regionale.

Analizzando infatti in simultanea i due elaborati disponibili si nota come nella parte sud-ovest e quindi nei primi 800 metri lineari della sezione da ovest, sia presente la totalità delle unità, disposte con giacitura ribaltata rispetto a quella di normale sedimentazione. Proseguendo verso nord-est insiste un sovrascorrimento che disloca tutte le unità precedentemente citate sull'orizzonte delle (FSP) Formazione Salivoli-Piombino. Infine la parte che caratterizza il lato sud-ovest del Monte Mazzano si nota un ulteriore sovrascorrimento (precedente al primo citato) il quale sovraimpone la formazione (ACC) Argille e Calcari di Canetolo "sopra" (ASR) Arenarie di

Suvereto. Esaminando nel dettaglio i due sovrascorrimenti che caratterizzano la zona d'esame, si può ricondurre il primo alla evoluzione di una forma sinclinale degli strati acquisita durante un periodo caratterizzato da regime distensivo. In particolare il lato nord-est della sinclinale ha "ceduto" allo stress tettonico fagliando il blocco di stratificazioni e generando sovrascorrimento. Prima dell'innescarsi del secondo sovrascorrimento che caratterizza la parte a sud-ovest della zona, si sono susseguiti eventi di erosione della formazione (ASR) che era stata portata in posizione più alta durante il primo sovrascorrimento e l'inizio della formazione di una piega rovescia nella restante parte ad ovest. Tale sovrascorrimento, infatti è riconducibile ad una geometria *Thrust-related folding* che si è sviluppata su di una piega rovesciata la quale conferma la presenza della tipica giacitura degli strati.

Relativamente alla conformazione geologica, il promontorio di Piombino presenta diversi affioramenti che possono essere raggruppate nelle seguenti Unità tettoniche, elencate in ordine di sovrapposizione geometrica dall'alto verso il basso:

1) Depositi Quaternari, caratterizzati da coltri detritiche derivanti da processi geomorfologici recenti e/o in atto, nella parte collinare risultano prevalenti i depositi di versante e le coperture detritiche (**a, a3**), nella parte di pianura appaiono rilevanti i depositi lacustri e palustri, mentre nella porzione costiera risultano principali i depositi connessi all'attività del mare e del vento (**g2a, d**).

2) Complesso neo-autoctono (Successione Neogenica Toscana), tali sedimenti quaternari fanno parte della successione Neogenica Toscana, sono essenzialmente quelli presenti lungo il percorso d'indagine del progetto, e di seguito descritte.

- *Depositi di Panchina (pn) (QMCb) (Pleistocene medio-superiore)*: allo stato delle conoscenze attuali, si ritiene che i livelli di panchina rappresentino livelli di paleospiaggia da ricondurre a fasi di trasgressione marina. Si tratta di livelli calcarenitici di colore giallastro costituiti da sabbia fine o medio-grossolana a cementazione calcarea che si mostra ruvida al tatto (Mazzanti, 1977); il nome deriva dalle estese bancate sub-orizzontali di livelli di paleo spiaggia che si sono formati a seguito delle fasi di trasgressione marina (Mazzanti, 1977). L'età attribuita a questa formazione è del Pleistocene medio-superiore ed affiora in aree poco estese del promontorio con uno spessore di almeno 4 m.
- *Sabbie di Val di Gori e Sabbie di Donoratico (SVG) (QMCa) (Pleistocene medio-sup.)*: Sabbie prevalentemente fini o medie di color rosso vivo o rosso arancio con matrice siltosa (Cortemiglia, 1983). Affiorano in qualche porzione limitata del promontorio, in particolar modo nella parte Nord-occidentale, con uno spessore di almeno di 2 m, ed hanno un'età riferibile al Pleistocene medio-superiore. Anche se il folto manto boschivo impedisce una buona ricostruzione delle successioni stratigrafiche, le sabbie rosse si trovano più frequentemente sotto la Panchina (Cortemiglia, 1983).

3) Unità Liguri (LIG), tali unità affiorano solamente nella parte ovest dell'area, corrispondente a Punta Falcone, caratterizzati da *basalti (Giurassico sup.)*: basalti massicci; basalti a pillow a struttura variolitica, ben conservati.

4) Unità di Canetolo (SBL), affiorano prevalentemente nell'area meridionale del promontorio e si trova sopra la formazione del Macigno con le seguenti formazioni:

- *Arenarie di Suvereto (Oligocene superiore- Miocene inf.) (ASU)*: Arenarie quarzoso-feldspatiche prevalentemente a granulometria medio-fine in strati medi e subordinatamente in strati spessi e bianchi, gradati, a granulometria grossolana di colore grigio, giallastro per alterazione, con interstrati pelitici grigio scuri. (Dott. Geol. Spinacci A. et al 2006) Litofacies marnosa (Arenarie di Suvereto) (Oligocene superiore- Miocene inf.) (ASUa) È costituita da marne siltose grigie, massive con sequenze siltoso-pelitiche a stratificazione molto sottile. Costituiscono una litofacies delle Arenarie di Suvereto probabilmente in posizione basale.
- *Formazione Salivoli-Piombino (Eocene) (FSP)*: Alternanze di sequenze argilloso-calcaree e sequenze torbiditiche arenaceo-marnose; sono presenti frequenti livelli di arenarie grossolane mal cementate ad abbondante matrice (grovacche litiche); conglomerati muniti in strati mal cementati.
- *Argille e calcari di Canetolo (Eocene Medio) (ACC)*. Sono costituite da una fitta alternanza di argilliti, marne e siltiti grigio scure con strati calcarei debolmente silicei. Si tratta di una fitta alternanza di argilliti grigio scure o nere con calcilutiti silicee grigio chiare e calcareniti grigie gradate con la presenza di lamine sottili piano-parallele di areniti e siltiti di età luteziana (Eocene medio). Le argilliti e le siltiti si sfaldano con facilità in scagliette centimetriche mentre le altre due tipologie di roccia se di spessore sufficiente possono risultare compatte e più resistenti (Costantini et al., 1993). Questa formazione è presente in affioramenti d'estensione molto limitata nella parte settentrionale del promontorio mentre è più frequente nella parte meridionale il cui spessore, però, è difficile da determinare a causa della folta copertura boschiva.
- *Scisti di Calamoresca (SCM)*: Argilloscisti e marmo-scisti di colore grigio e verdino con intercalazioni di calcilutiti silicee e calcilutiti in strati decimetrici.

5) Falda Toscana (FT2) è presente solo con il termine più alto della successione, ovvero, la formazione del Macigno (*Oligocene superiore- Aquitaniano*) che costituisce la quasi totalità delle coste rocciose con una successione di strati arenacei o arenaceo-pelitici, a composizione quarzoso-feldspatico.

Il Macigno, riconosciuto e descritto già dal Lotti (1910), affiora in modo continuo nella parte settentrionale del promontorio con uno spessore che non supera i 700 m (Gasperi, 1968) e si presenta sotto forma di arenarie

|   |  |                                      |                |
|---|--|--------------------------------------|----------------|
| <br><small>TERNA GROUP</small> | <b>Relazione geologica preliminare</b> | Codifica<br><b>RUHR10002BCC00516</b> |                |
|   |  | Rev. N° 00                           | Pag. 16 di 130 |

quarzose-feldspatiche, a granulometria variabile da fine a grossolana in strati spessi da 50-100 cm a 3-5 m con possibili intercalazioni di livelli argillitici, siltosi e marnosi di colore grigio (Costantini et al, 1968).

Il Macigno del promontorio di Piombino è simile a quello di Calafuria (Livorno) descritto dal Tavani (1954) ma presenta alcune differenze sedimentologiche e litologiche rispetto a quello classico della dorsale appenninica.

Si parla, infatti, di “Macigno costiero” che affiora, in maniera sporadica, lungo la costa toscana da La Spezia fino a Grosseto e si discosta da quello appenninico per un alto contenuto in frammenti litici, sia carbonatici che vulcanici (Cornamusini, 2002). Il Macigno costiero, infatti, rappresenta un sistema torbiditico, a bassa efficienza di trasporto, con alimentazione trasversale all’asse del bacino, la cui composizione suggerisce una sorgente con coperture carbonatiche e vulcaniche che sono riconducibili al massiccio Sardo-Corso (Cornamusini, 1998, 2001a-b). Le arenarie del Macigno, del promontorio di Piombino, sono composte da granuli di quarzo con frequenti feldspati, accompagnati da muscovite, biotite spesso cloritizzata e secondariamente da zircone e calcite (Gasperi, 1968) (fig. 3.3). Il colore è quello tipico grigio-azzurgnolo, se la roccia è fresca mentre color ocra se alterata. L’età che si attribuisce a questa formazione è dell’Oligocene medio-superiore grazie al ritrovamento nella zona del Golfo di Baratti, a Punta delle Pianacce, di uno strato con un ricco contenuto di fossili, forme sia bentoniche che planctoniche, appartenenti ad una microfauna marina.

La città di Piombino è posta nel tratto di costa sud della Toscana, all'estremità meridionale sull'omonimo promontorio (m. 21), a sud del monte Massoncello (286 m) e chiusa ad est dal monte Vento; è separata dall'isola d'Elba dal canale di Piombino, largo 10 km, che costituisce il tratto di mare che segna il confine orientale tra mar Ligure e mar Tirreno; il litorale all'estremità settentrionale del territorio comunale, che coincide col golfo di Baratti, si affaccia sul mar Ligure, mentre il litorale sud-orientale si affaccia sul mar Tirreno e coincide col tratto nord-occidentale del golfo di Follonica. A livello litoraneo, la città si trova lungo la costa degli Etruschi, corrispondente all'incirca alla provincia di Livorno; il suo territorio fa parte storicamente dell'antica Maremma Pisana, oggi denominata anche Maremma Livornese.

Il promontorio di Piombino è una delle “isole fossili” della Toscana meridionale (Mazzanti, 1980) che corrisponde al tratto di costa a Nord dell’omonima città, tra Punta Falcone e il Golfo di Baratti, a Sud della provincia di Livorno. Il promontorio, che si protende nel Mar Ligure, si estende per circa 7 km (direzione Nord Ovest-Sud Est) ed è costituito da un insieme di rilievi collinari di cui il Monte Massoncello rappresenta il punto più alto con i suoi 286 m di altitudine. Tuttavia è presente una catena di colline blande con pendii poco accentuati che tendono a congiungersi gradualmente con la pianura adiacente; come il Monte Gigante (262 m), il Poggio Guardiola (196 m), il Poggio Grosso (274 m), il Poggio Tondo (138 m) e il Monte Pecorino (254 m).

|  |  |   |                               |
|--|--|---|-------------------------------|
| <br><small>TERN A G R O U P</small> | <b>Relazione geologica preliminare</b> | <small>Codifica</small><br><b>RUHR10002BCC00516</b> |                               |
|  |  | <small>Rev. N° 00</small>                           | <small>Pag. 17 di 130</small> |

Nella porzione sud-orientale, dove si è sviluppato maggiormente il centro urbano e industriale di Piombino, i pendii sono invece piuttosto blandi, complice l'assetto strutturale Est-vergente delle formazioni stratificate; questi versanti si raccordano con regolarità alla piana alluvionale e costiera del Cornia (Dott. Geol. Marianini E., 2006). Questa struttura positiva è rappresentata da una monoclinale, la cui immersione raggiunge i 30°-40° vicino la città, presso l'estremità meridionale, debolmente ondulata e scomposta da faglie secondarie, di non grande rigetto. Su questo edificio strutturale si imposta successivamente l'evoluzione sedimentaria neogenica-quadernaria in gran parte condizionata dai movimenti verticali della crosta, indotti dalla tettonica distensiva post-collisionale.

Il promontorio di Piombino si identifica come il limite occidentale della Pianura della Val di Cornia che risulta delimitata a Nord dai monti di Campiglia M.ma, a Nord-Est dalle colline di Suvereto, ad Est dai rilievi di Riotorto e Vignale, mentre ad Ovest è delimitata dal promontorio di Piombino ed a Sud dalla costa sabbiosa del Golfo di Follonica. Tale valle si presenta come una depressione che si sviluppa principalmente seguendo la direzione SO-NE includendo sei comuni al suo interno: il comune di Piombino, il comune di San Vincenzo, il comune di Campiglia Marittima, il comune di Sassetta ed il comune di Suvereto. Il Fiume Cornia, elemento morfologico principale a carattere prevalentemente torrentizio, attraversa la pianura alluvionale omonima da NE a SO con un andamento pressoché meandriforme fino all'altezza di Venturina, per poi proseguire con un alveo artificiale a forma di spezzata fino alla foce. La Pianura, compresa tra il Promontorio di Piombino ed i rilievi più interni, rappresenta il punto di congiunzione tra la valle fluviale del Fiume Cornia e la zona retrodunale e palustre della campagna piombinese bonificata nel corso del XIX secolo.

La pianura della Val di Cornia è impostata su di un *graben* profondo circa 250 metri le cui faglie dirette principali possiedono una direzione appenninica e sono ubicate una, in corrispondenza dell'abitato di Venturina e l'altra a circa 4 Km in direzione del Golfo di Baratti. Nel Pliocene, periodo compreso tra la formazione dei sistemi di faglie accennati prima, la pianura risultava moderatamente sommersa ed il promontorio di Piombino rappresentava un'isola situata tra l'Elba e le Colline metallifere; il mare occupava per la quasi totalità la Bassa Val di Cornia fino a Suvereto e Riotorto. Successivamente, dal Pleistocene medio si sono instaurate condizioni propizie al congiungimento del promontorio di Piombino con i rilievi della zona di Campiglia Marittima. La sutura definitiva è avvenuta con l'accumulo di cordoni sabbiosi litoranei ad opera del moto ondoso, sia a Nord che ad Est; tale processo ha portato alla delimitazione di bacini lacustri e lagunari colmati successivamente dagli apporti terrigeni dei corsi d'acqua e dagli apporti marini di transizione a partire dall'Olocene.



*Rappresentazione morfologica dell'area costiera di Piombino.*

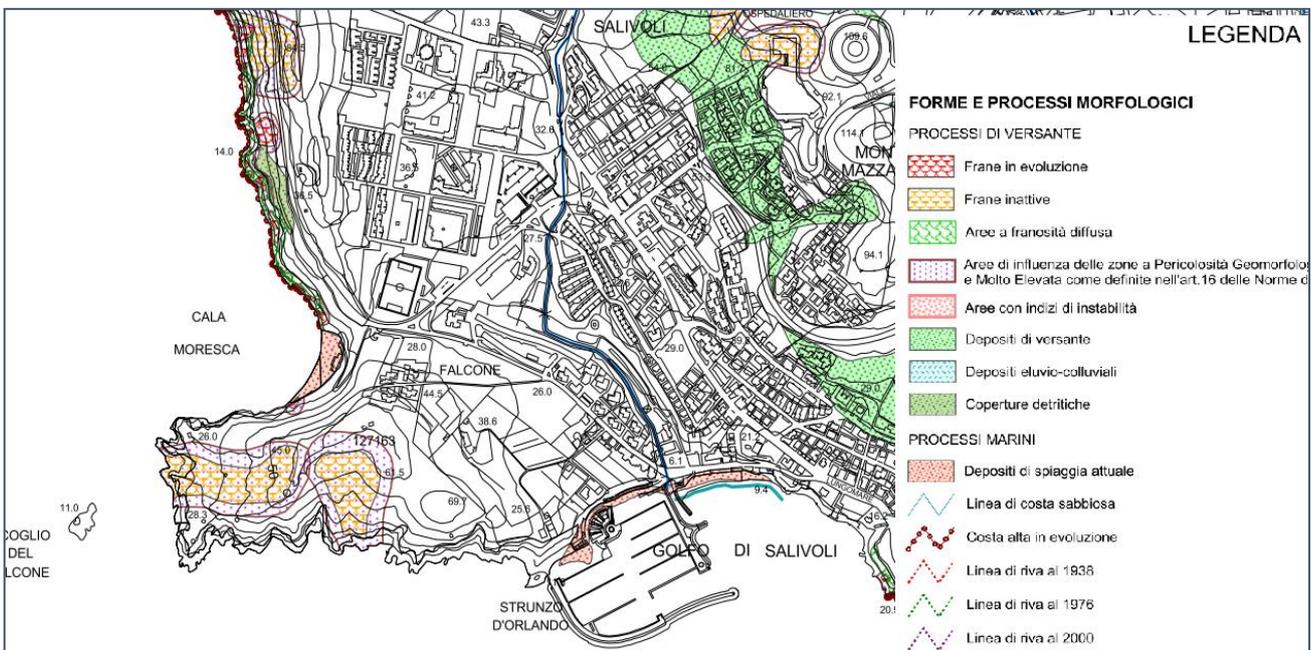
La zona di Piombino interessata dal progetto, corrisponde a parte del reticolo stradale che si sviluppa all'interno del quartiere di Salivoli, un quartiere della città di Piombino, appartenente alla II Circoscrizione Falcone-Montemazzano e situato a nord-ovest del centro di Piombino, nell'omonimo territorio comunale a sud di Punta Falcone. Seguendo la distribuzione delle "linee guida" delle future sistemazioni dei cavi interrati di Terna, si può notare come il tracciato si sviluppa lungo un dislivello complessivo pari a 48,9 m. avendo come quote estreme: la quota media del livello marino (corrispondente all'approdo nel Golfo di Salivoli) e una quota massima pari a 48,9 m s.l.m.m. che corrisponde all'allaccio alla stazione elettrica Terna presente alla fine di via Enrico Fermi.

Dal punto di vista morfologico l'area è caratterizzata dalla Pianura Alluvionale del Fiume Cornia (al cui interno si sono sviluppate forme legate all'attività antropica) e da una Fascia Costiera, che comprende i tratti di costa bassa del Golfo di Follonica e i tratti di costa alta del Promontorio di Piombino. Le forme ed i processi che interessano le distinte zone costiere risultano assai diversi: la costa alta presenta falesie con versanti ad elevata pendenza, esposti all'azione del mare e del vento. Le coste basse, invece, risultano interessate da evidenti e diffusi processi di erosione, nonché dall'azione eolica che determina ripercussioni sul sistema dunale associato, attualmente assente a Salivoli per l'intensa urbanizzazione. La zona bassa è contraddistinta da aree di terreno ad uso agricolo, aree industriali urbanizzate e da un reticolo idrografico superficiale, dove l'asta principale è rappresentata dal Fiume Cornia, che presenta l'alveo fluviale arginato artificialmente. Seguono poi una serie di canali scolanti (Fosso Cosimo, Fosso Tombolo, Fosso Cornia Vecchia), legati alle varie fasi della bonifica (Citran S., 2012). Per quanto riguarda le forme e i processi antropici, i quali rappresentano le trasformazioni del

territorio effettuate dall'attività umana, concentrate prevalentemente nel periodo storico più recente. Sebbene nella zona siano note aree interessate da depositi derivanti da attività minerarie antiche, sono prevalenti le modifiche introdotte a seguito di urbanizzazioni, realizzazioni di infrastrutture viarie nonché per lo stoccaggio di materiali di scarto (discariche). Le aree interessate dai centri abitati e dalle zone industriali risultano modificate profondamente, con obliterazione del sistema idraulico minore, sostituito dalla pubblica fognatura, e frequenti modifiche alla morfologia dei luoghi (Dott. Geol. Spinicci A., Frullini A. Sinatti R. (2005)).

In riferimento allo stralcio della carta geomorfologica riportata di seguito si nota quindi come in generale il promontorio sia caratterizzato da due forme di processi principali quali: *Frane* che possono variare da frane *attive a inattive* o anche da zone con indizi di instabilità (prevalentemente nella zona centrale del promontorio), mentre nella sua parte costiera sia caratterizzato da fenomeni di *Costa alta in evoluzione*, associati a fenomeni di franosità nella parte più continentale. Nella zona della spiaggia di Salivoli sono presenti depositi di spiaggia attuale costituite da ghiaie prevalenti con scarsa matrice sabbiosa, sabbie a granulometria fine di colore biancastro. In particolare le dinamiche evolutive della spiaggia del Golfo di Salivoli sono controllate dalla azione antropica, che in alternanza tra le stagioni turistiche prevede il ripascimento della spiaggia e l'asportazione dei grossi cordoni costituiti da alghe formati nei periodi non frequentati dai turisti.

Dall'analisi dei dati disponibili, nella zona dove sono previsti i lavori per il progetto SACOI, non sono presenti processi geomorfologici pericolosi, o che richiedono una particolare attenzione durante il procedere dei lavori.



Carta geomorfologica dell'area d'indagine.

L'entrata in vigore del Regolamento regionale 53/R circa le indagini geologiche di supporto alla pianificazione urbanistica impone, oltre alla redazione della carta di fattibilità e le relative condizioni alla trasformabilità, anche

la sua analisi rispetto a nuovi criteri di pericolosità. Sono state quindi redatte le nuove carte della pericolosità geomorfologica ed idraulica, a partire dal quadro conoscitivo contenuto nel Piano Strutturale e con il contributo degli adeguamenti allo stesso effettuati nel corso delle indagini di supporto al Regolamento Urbanistico. Circa la Tutela della Risorsa idrica, non modificata dalla nuova normativa, restano le indicazioni contenute nel Piano Strutturale (Dott. Geol. Spinicci A., Frullini A., Sinatti R. (2012)).

La Carta della Pericolosità Geomorfologica è stata costruita sovrapponendo le informazioni derivate dalle carte “di base” (Geologica, Giaciture, Geomorfologica, Litotecnica, Pendenze, Uso del Suolo), suddividendo l'intero territorio nelle classi sopra definite. Per valutare in modo oggettivo le carte di base è stata utilizzata una metodologia standard, opportunamente adattata alle caratteristiche del territorio studiato, (Nuova guida alla realizzazione di una carta della stabilità dei versanti – E. Amadesi – G. Vianello – Mem. Soc. Geol. It. 19 (1978) 53/60) che associa ad ogni informazione un “peso numerico”. In questo modo, avendo definito le quattro classi di pericolosità con altrettanti intervalli numerici, la semplice sommatoria algebrica dei pesi numerici derivanti dalla sovrapposizione delle carte di base individua in modo univoco ed oggettivo la corrispondente classe di pericolosità. Con questo metodo è stata definita la pericolosità geomorfologica delle classi G.1, G.2 e G.3, mentre nella classe G.4 sono state inserite solo le aree con presenza di fenomeni attivi e le relative aree di influenza, così come indicato dal regolamento 53/R. Nella classe G.4 sono state quindi inserite le aree interessate da frane attive e quelle soggette alla dinamica costiera, includendo le relative aree di influenza stimate su base geomorfologica nel primo caso, mentre nel secondo caso si è fatto riferimento all'evoluzione della linea di costa nei prossimi dieci anni così come risulta dal modello matematico utilizzato dalla Regione Toscana (per i dettagli vedi il successivo paragrafo). Nelle seguenti tabelle si specificano i punteggi adottati per ogni singolo tematismo considerato (Dott. Geol. Sileoni M., Annovi P., Damiani A., D'Avino D., Finucci L. (2011)).

| <b>Tabella 5 – Punteggio relativo alla classe litotecnica</b> |                  |
|---|------------------|
| <i>Classe litotecnica</i>                                     | <i>Punteggio</i> |
| B3  | 8                |
| B4  | 6                |
| C3  | 7                |
| E1  | 5                |
| E2  | 4                |
| E3  | 3                |

Punteggio relativo alla classe litotecnica Classe litotecnica

**Tabella 6 – Punteggio relativo alla giacitura**

| <i>Tipo di giacitura</i> | <i>Punteggio</i> |
|--------------------------|------------------|
| Reggipoggio              | 2                |
| Traverpoggio             | 1                |
| Non stratificato         | 0                |
| Incerto                  | -1               |
| Franapoggio              | -3               |

Punteggio relativo alla giacitura

**Tabella 7 – Punteggio relativo alla pendenza**

| <i>Classe di pendenza</i> | <i>Punteggio</i> |
|---------------------------|------------------|
| 1                         | 4                |
| 2                         | 2                |
| 3                         | 1                |
| 4                         | 0                |
| 5                         | -1               |
| 6                         | -4               |

Punteggio relativo alla pendenza

**Tabella 8 – Punteggio relativo all'uso del suolo**

| <i>Uso del suolo</i>   | <i>Punteggio</i> |
|--|------------------|
| Bosco di alto fusto  | 2                |
| Bosco ceduo avviato all'alto fusto   | 1                |
| Area urbanizzata<br>Area aperta a vegetazione erbacea<br>arbustiva in fase di naturalizzazione                         | -1               |
| Spiagge, dune costiere, affioramenti<br>rocciosi, seminativo arborato,<br>seminativo asciutto e irrigabile,<br>oliveto | -2               |

Punteggio relativo all'uso del suolo

Sommando algebricamente i pesi sopra definiti si ottiene un valore che individua la corrispondente classe di pericolosità secondo lo schema indicato nella Tabella 9.

**Tabella 9 – Punteggi delle classi di pericolosità**

| <i>Classe</i> | <i>Descrizione</i>                | <i>Peso</i>     |
|---------------|-----------------------------------|-----------------|
| G1            | <b>Pericolosità bassa</b>         | >8              |
| G2            | <b>Pericolosità media</b>         | 4 ÷ 8           |
| G3            | <b>Pericolosità elevata</b>       | < 4             |
| G4            | <b>Pericolosità molto elevata</b> | Fenomeni attivi |

*Classi di pericolosità*

Sono state inserite nella **Pericolosità Geomorfologica molto elevata (G.4)** le frane attive e le relative aree d'influenza, così come individuate nella Carta geomorfologica del Piano Strutturale ed il suo aggiornamento contenuto nel Regolamento Urbanistico.

**Nella Pericolosità Geomorfologica elevata (G.3)** sono state inserite le aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza (Dott. Geol. Spinicci A., Frullini A., Sinatti R. (2012)), aree interessate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25% (Dott. Geol. Sileoni M., Annovi P., Damiani A., D'Avino D., Finucci L. (2011)).

**Nella Pericolosità Geomorfologica media (G.2)** sono state inserite le aree in cui sono presenti fenomeni inattivi stabilizzati (naturalmente od artificialmente) e le aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto (Dott. Geol. Spinicci A., Frullini A., Sinatti R. (2012)), corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25% (Dott. Geol. Sileoni M., Annovi P., Damiani A., D'Avino D., Finucci L. (2011)).

Nell'ambito del Piano Strutturale erano state individuate, nell'ambito della pericolosità media, 3 sottoclassi che permettevano di dettagliare con maggiore precisione le diverse situazioni individuate. In fase di revisione del Regolamento Urbanistico tali differenze vengono riproposte così come qui sotto elencate:

**Sottoclasse 2a** - Pericolosità Geomorfologica media: ne fanno parte le aree nelle quali non sono presenti fenomeni attivi, tuttavia le condizioni geologico-tecniche e morfologiche del sito sono tali da far ritenere che esso si trovi in equilibrio instabile. In queste aree gli interventi possono alterare lo stato di equilibrio e aumentare il livello di pericolosità complessiva del sito.

**Sottoclasse 2b** – Pericolosità Geomorfologica media: ne fanno parte le aree con caratteristiche simili alla Classe 2a ma dove la propensione al dissesto è più evidente o comunque dove si ritenga che eventuali modifiche allo stato di equilibrio possano indurre un dissesto generalizzato dell'area.

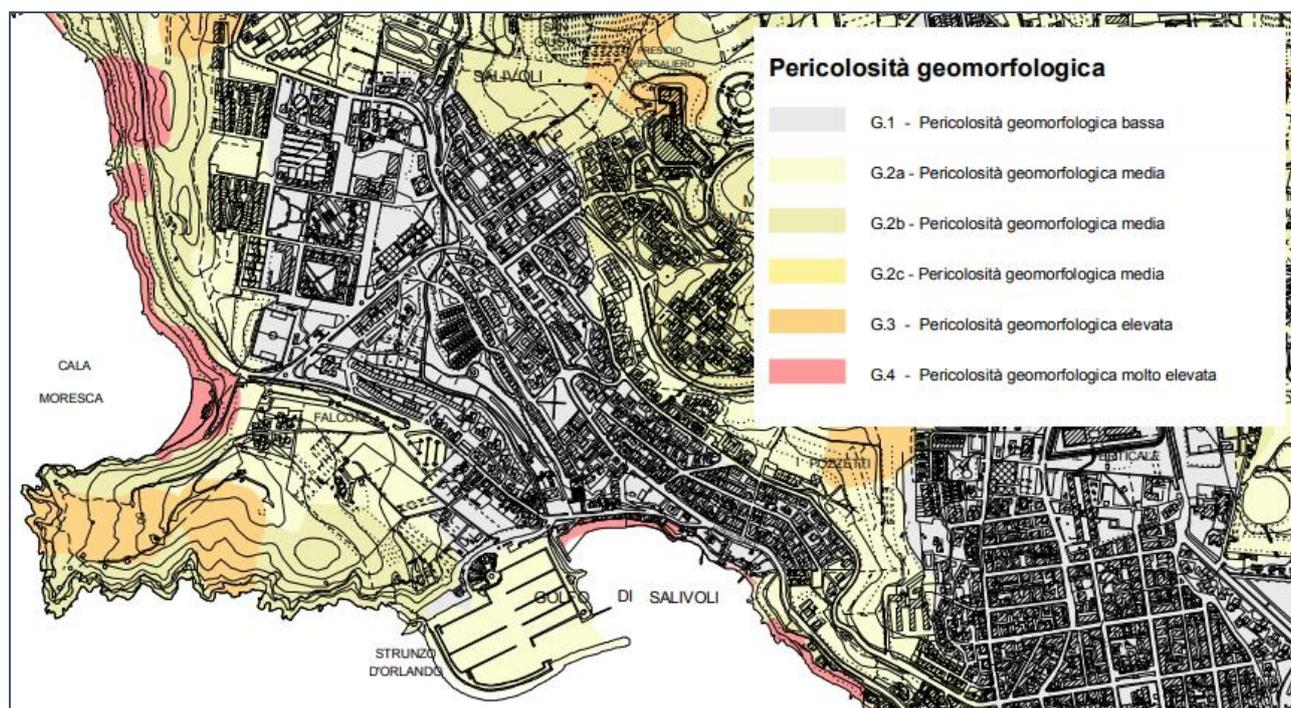
**Sottoclasse 2c** – Pericolosità Geomorfologica media: a questa classe appartengono le aree di pianura che per particolari condizioni stratigrafiche, geomeccaniche e di saturazione, costituiscono mediocri terreni di fondazione o che sono storicamente conosciute a seguito di cedimenti differenziali o lesionamenti di strutture o fabbricati.

**La Pericolosità Geomorfologica bassa (G.1)** è stata associata alle aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litotecniche e giacaturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.

Nella analisi della pericolosità geologica è stato preso in considerazione anche le valutazioni di pericolosità geologica fornite dal P.A.I del bacino Toscana Costa, adottato con delibera regionale della Regione Toscana n.

831/2001, comprende al suo interno l'intero bacino idrografico del Cornia. Il P.A.I. suddetto individua due principali criteri di analisi di rischio per una corretta pianificazione del territoriale per la salvaguardia di questo: "Pericolosità per instabilità Geomorfologica" e "Pericolosità idraulica".

Da quanto sopra riportato, l'area oggetto delle opere previste progetto ricada nella **zona a pericolosità bassa (G1)**. Il tasso di pericolosità G1 copre tutto il tracciato previsto per la posa del collegamento in cavo, considerando anche eventualmente la posa di uno dei due cavi su via Forlanini.



*Carta della pericolosità geologica inerenti il territorio comunale di Salivoli.*

Il territorio del Centro Intercomunale si colloca all'interno del Bacino Toscana Costa, come individuato dal Piano di Assetto Idrogeologico, suddiviso in due zone morfologicamente distinte, una pianeggiante ed una collinare, con quote che variano da un minimo di 0.00 m s.l.m.m. ad un massimo di 644 m. s.l.m. (Monte Calvi) La porzione pianeggiante, che occupa principalmente le aree meridionali dei Comuni di Piombino e di Campiglia.Mma, ed in minima parte quella dei Comuni di Suvereto e di San Vincenzo, appartiene geomorfologicamente alla Bassa Pianura del Fiume Cornia. La restante parte del territorio è costituita da rilievi collinari le cui quote tendono ad aumentare progressivamente in direzione Nord ed Est, fino a raggiungere le altimetrie più elevate all'interno del territorio comunale di Campiglia M.ma (Monte Calvi 644 metri s.l.m.). Il territorio sotteso dal Centro Intercomunale appartiene in gran parte al Bacino Idrografico del Fiume Cornia, fino all'altezza della Strada Statale Aurelia, fatta eccezione del territorio del Comune di San Vincenzo e dei settori meridionali dei Comuni di Piombino e di Campiglia M.ma che appartengono ad un bacino costiero a se stante

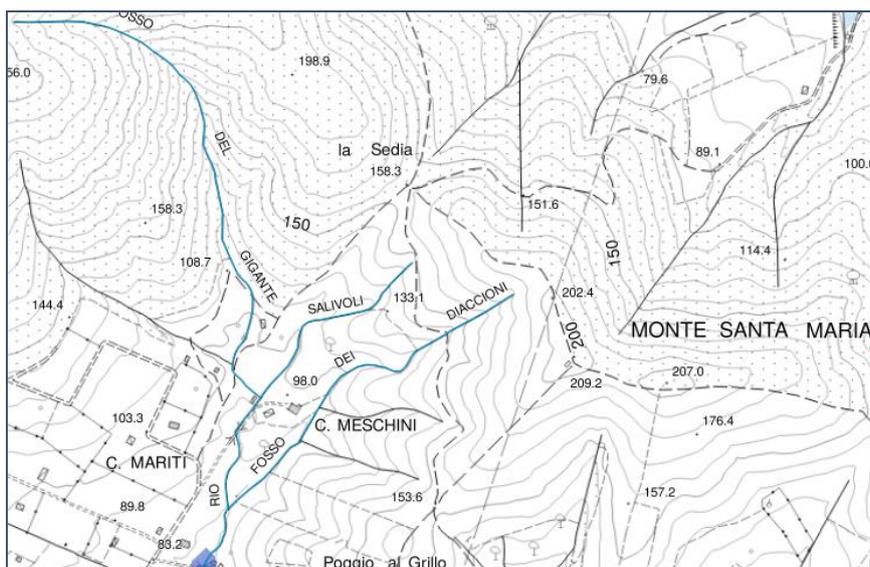
interessato da corsi d'acqua minori, che in alcuni casi scaricano in mare attraverso un sistema complesso di bonifica a sollevamento meccanico. La zona in esame è caratterizzata dalla presenza del Rio di Salivoli, il quale viene intercettato dalle opere di progetto presso il ponte posto nella parte più a ovest del tratto della "Via dei Cavalleggeri". Il bacino idrografico del Rio Salivoli ha una estensione di 2.66 kmq ed è caratterizzato da una pendenza media di 13.52%, che ha origine nell'area compresa tra il Monte Santa Maria e il Monte Gigante, entrambi posti a nord del quartiere di Salivoli.



*Idrografia del Rio Salivoli*

Il Rio di Salivoli è inoltre caratterizzato da due affluenti i quali si collegano ad esso nel tratto iniziale, all'interno del bacino idrografico che li genera.

I due affluenti, rispetto alla direzione di flusso, sono rispettivamente il Fosso del Gigante (affluente di sinistra) ed il Fosso dei Diaccioni (affluente di destra).



*Evidenza dei due affluenti al Rio Salivoli.*

Per quanto riguarda invece le litologie ed i principali affioramenti che si riscontrano presso il Rio di Salivoli sono (estensione areale percentuale):

- 58 % Depositi fluviali, lacustri e marini antichi, terrazzati.
- 42 % Arenarie quarzoso-feldspatiche, spesso turbiditiche, con intercalazioni di marne ed argilliti (Macigno del Chianti "Macigno A", Pietraforte, Arenarie di Monte Senario, formazione Marnoso-arenacea) (Prof. Ing. Pagliara S. (2006)).

Le aree soggette a potenziale allagamento (Pericolosità idraulica) sono localizzate per la maggior parte in corrispondenza della bassa pianura del Fiume Cornia e nei fondovalle dei principali torrenti in ambito collinare.

La gestione dell'emergenza si basa su di un collaudato sistema di monitoraggio e controllo strumentale delle piogge e delle portate dei principali corsi d'acqua gestito dal Centro Funzionale della Regione Toscana, il quale allerta le Province, e attraverso queste i Comuni, per le attività in loco di monitoraggio e controllo in previsione di eventi meteorologici avversi. Il Piano Intercomunale di Emergenza prevede vari gradi di allerta, con informazione alla popolazione, quando necessario, a mezzo di altoparlanti montati sui mezzi delle Forze dell'Ordine., della Polizia Municipale e della Protezione Civile e attraverso radio e Tv locali, nonché l'attivazione di aree di attesa e di ricovero della popolazione in caso di evacuazione (Protezione Civile, Il Circondario Val di Cornia (2014)).

A partire dai risultati dello studio idrologico-idraulico condotto dall'Ing. Stefano Pagliara sui corsi d'acqua principali della zona di pianura, è stata redatta la Carta della Pericolosità Idraulica ai sensi della D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n.53/R. Per le aree interessate dallo studio, che comprendono il territorio insediativo di pianura, sono state individuate le Classi di Pericolosità a partire dai perimetri delle aree inondabili per i diversi tempi di

ritorno (20, 30, 100 e 200 anni), mentre per le aree collinari e le piccole valli minori sono stati utilizzati criteri di tipo morfologico o storico-inventariale. In particolare sono da considerarsi in:

**Pericolosità idraulica molto elevata (I.4)** le aree suscettibili da allagamenti per eventi con  $Tr=30$  anni.

**Pericolosità idraulica elevata (I.3):** le aree fragili per eventi di esondazione compresi tra  $30 < Tr < 200$  anni.

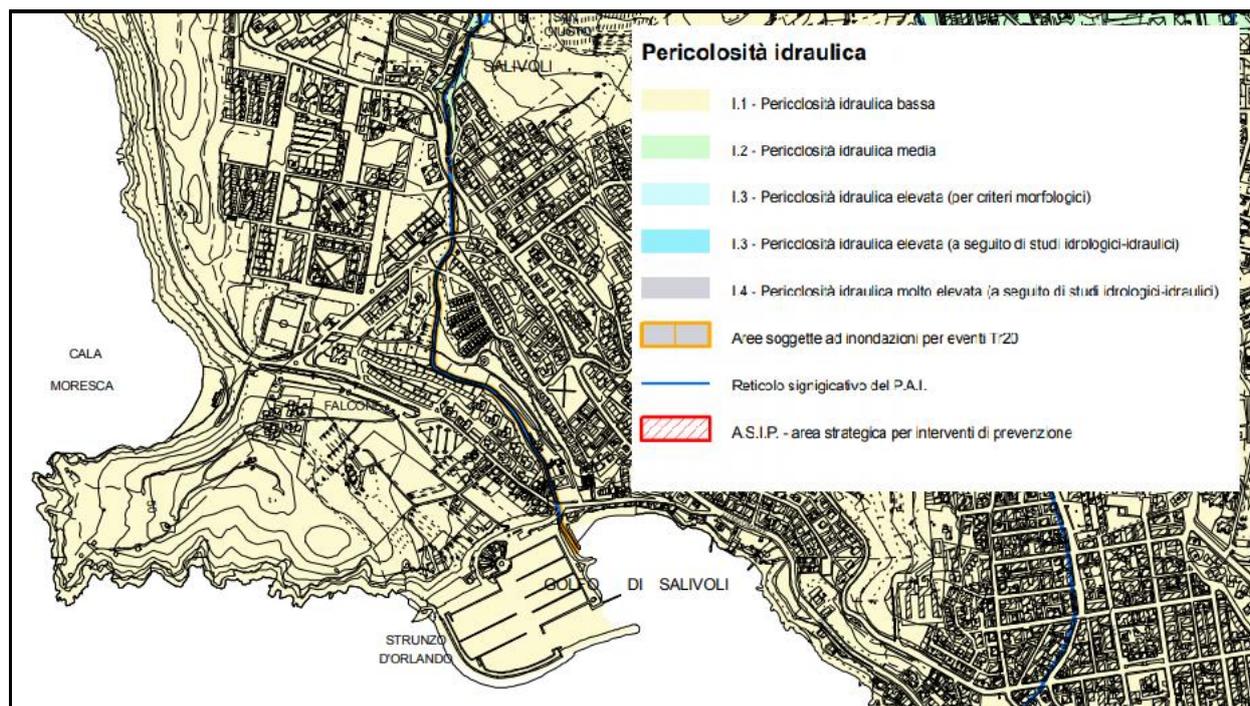
**Pericolosità idraulica elevata (I.3m):** nelle aree non coperte dagli studi idrologico-idraulici di supporto alla Pianificazione urbanistica, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni: a) vi sono notizie storiche di inondazioni b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

**Pericolosità idraulica media (I.2):** le aree della pianura alluvionale, coperte dagli studi idrologico-idraulici, esterne alle zone giudicate fragili per episodi di esondazione con  $Tr > 200$  anni. Nelle aree non coperte dagli studi idrologico-idraulici di supporto alla Pianificazione urbanistica, rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni: a) non vi sono notizie storiche di inondazioni b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

**Pericolosità idraulica bassa (I.1):** aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni: a) non vi sono notizie storiche di inondazioni b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Relativamente alle aree a **Pericolosità Idraulica Molto Elevata (I.4)**, nelle aree vulnerabili per eventi con tempo di ritorno inferiore a 20 anni non sono possibili nuove previsioni edificatorie (Art. 5 comma 2 delle Norme del Piano Assetto Idrogeologico del Bacino Regionale Toscana Costa), essendo permesse esclusivamente nuove previsioni per infrastrutture a rete non diversamente localizzabili, per le quali sarà comunque necessario attuare tutte le dovute precauzioni per la riduzione del rischio.

Si evidenzia che, l'area considerata per la realizzazione dei cavi di polo del progetto SACOI 3, viene classificata come una zona a **Pericolosità idraulica Bassa (I.1)**. Inoltre è da precisare l'ordinanza comunale in vigore, la quale impone di mantenere una distanza di almeno 4 m. dall'argine del Rio di Salivoli per ogni opera prevista dal progetto.



*Carta della pericolosità idraulica del territorio comunale.*

## 5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Nel bacino del Fiume Cornia è possibile definire uno schema idrogeologico caratterizzato dalla presenza di due acquiferi di primario interesse: l'acquifero delle formazioni carbonatico-evaporitiche mesozoiche, permeabile per fratturazione; l'acquifero multistrato delle formazioni quaternarie della pianura, contenuto nei livelli permeabili delle sabbie pleistoceniche e delle alluvioni oloceniche, permeabili per porosità intergranulare (CISS 32CT020 "Acquifero della Pianura del Cornia"). Il primo di essi è costituito dalle formazioni carbonatiche mesozoiche e alla base, delle evaporiti triassiche ed è limitato al letto da formazioni metamorfiche paleozoiche e al tetto può essere confinato dalle argilliti della Scaglia, dal Macigno, dalle Unità Liguri e Austroalpine, dalle argille neo-autoctone. Le zone di affioramento in corrispondenza di horst, rappresentano aree di ricarica meteorica. I principali affioramenti dell'acquifero carbonatico/evaporitico sono localizzati a Venturina-Campiglia Sassetta. L'acquifero è sede di importante circolazione di fluidi termali che si manifestano, in prossimità di faglie dirette, sotto forma di sorgenti, spesso di acque termali, e che contribuiscono all'alimentazione dei sistemi acquiferi della pianura. Ai fini dell'approvvigionamento idrico idropotabile, irriguo e industriale, l'acquifero il principale interesse pratico è contenuto nei depositi permeabili del Quaternario, costituiti da livelli di ghiaie alluvionali oloceniche, legati alla deposizione del Fiume Cornia, e dai livelli di sabbie/arenarie e ghiaie pleistoceniche della zona di S. Vincenzo-Piombino. Entrambe le unità idrostratigrafiche giacciono su di un substrato profondo, che si differenzia da zona a zona. Lo schema è il seguente (Regione Toscana 2003):

|   |  |                                      |                       |
|---|--|--------------------------------------|-----------------------|
|  | <b>Relazione geologica preliminare</b> | Codifica<br><b>RUHR10002BCC00516</b> |                       |
|   |  | Rev. N° 00                           | Pag. <b>28</b> di 130 |

- un acquifero superficiale freatico-semiconfinato, spesso sospeso, di modesto spessore e discontinuo nella bassa pianura;
- un sistema acquifero confinato multistrato, costituito da più livelli (in genere 4) ghiaiosi acquiferi sovrapposti.

Nello studio per la caratterizzazione del CISS, il sistema acquifero è definito multistrato, in ragione di un'alternanza di livelli permeabili, costituiti essenzialmente da ghiaie e sabbie, e livelli impermeabili o di bassa permeabilità rappresentati dai depositi limoso-argillosi e argille, presenti in maniera discontinua. Nello stesso lavoro vengono distinti cinque orizzonti acquiferi, con differenti estensioni e continuità, costituiti principalmente da sabbie e ghiaie in differenti proporzioni (in accordo con la ricostruzione geometrica dell'acquifero della pianura del Cornia proposta da Ghezzi et al., 1993). In particolare, sulla base di studi litostratigrafici e analisi geofisiche il sistema acquifero confinato profondo viene descritto dagli autori come costituito da quattro livelli di ghiaia separati da livelli di argilla; questa alternanza è meglio documentata nelle porzioni centrali del bacino, dove gli spessori dei livelli argillosi sembrano aumentare.

L'acquifero 1, il più profondo, ha granulometria ghiaiosa e si sviluppa prevalentemente in corrispondenza dei margini sud-ovest e nord-est della piana del Cornia. I livelli permeabili 2 e 3, anche questi caratterizzati dalla prevalenza di ghiaie, rappresentano gli acquiferi più estesi e continui, sviluppandosi per quasi tutto l'areale del bacino. Anche l'acquifero 4 è caratterizzato da una marcata continuità, occupando però la sola metà occidentale del CISS. Infine il livello acquifero 5, il più superficiale, è limitato a due aree costiere localizzate a nord, tra S. Vincenzo e Origliano, e ad est di Piombino. Questi ultimi due orizzonti acquifero risultano costituiti in prevalenza da sabbie. Per quanto riguarda gli spessori, con gli oltre 14 metri di spessore medio, l'orizzonte acquifero profondo (1), risulta essere il più potente. L'attribuzione di valori dei parametri idrodinamici a ciascun livello individuato risulta assai complessa dal momento che le prove disponibili hanno interessato più orizzonti produttivi. Si evidenzia in particolare, subito a valle di Forni, un'area di primaria importanza ai fini dell'alimentazione dell'intero sistema acquifero di pianura, in cui: i) lo spessore dell'acquifero freatico è massimo; ii) l'acquifero freatico può essere localmente a diretto contatto con il subalveo del Fiume Cornia; iii) si manifesta in alveo la presenza di anomalie termiche a indicazione di risalita di fluidi caldi. In Fig. sottostante è riportato l'andamento della superficie piezometrica rilevato nell'Aprile 2011 (Regione Toscana) da cui si può rilevare come l'area di Forni (Comune di Suvereto) costituisca una importante area di ricarica della falda.

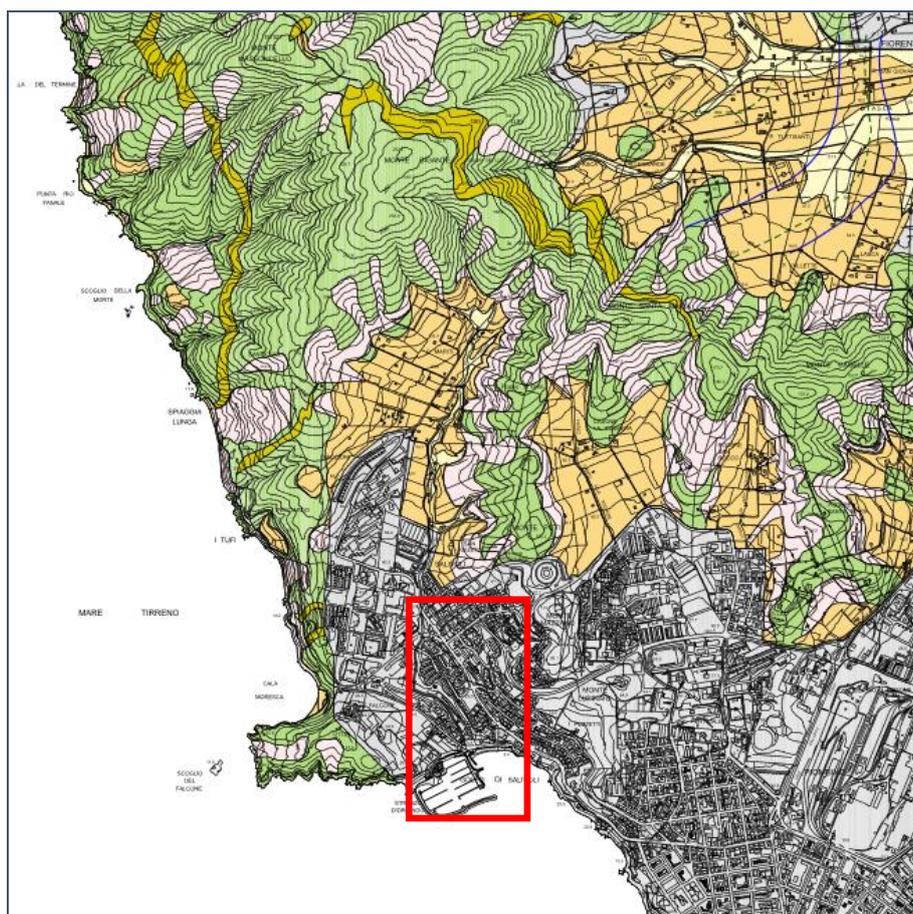
Le caratteristiche idrogeologiche dell'area di Piombino si possono desumere dalla "Carta delle permeabilità" tratta dal "Piano strutturale d'area della Val di Cornia delle formazioni dell'area di studio.

La cartografia è stata redatta accorpando le formazioni geologiche affioranti nel bacino in cinque classi di permeabilità, mentre per le aree di pianura è stata utilizzata la Carta Litostratigrafia riportata nel medesimo

piano. Si può osservare che la parte settentrionale del promontorio di Piombino sia contraddistinta da permeabilità molto variabili con permeabilità elevata e altre scarsamente permeabili.

Per quanto concerne la parte meridionale del promontorio di Piombino, comprendente il quartiere di Salivoli, non avendo a disposizione studi effettuati con particolare dettaglio idrogeologico è necessario basarsi sulle differenze evidenti nelle carte tematiche e dalle relazioni geologiche che prevedono la descrizione del sito., nonché dai dati dei piezometri a seguito delle prove dirette condotte in sito quali prove penetrometriche (non realizzate al momento) e sondaggi che permettono di avere una idea della conformazione idrogeologica della zona. In dettaglio dalle misure della soggiacenza del livello piezometrico (presumibilmente non in equilibrio al momento della misurazione) in corrispondenza dei 5 sondaggi realizzati, si evince che il livello si attesta a circa - 3 m da p.c. in prossimità della costa mentre si rileva a - 10.8 m da p.c. in corrispondenza del sondaggio S2 (trattasi probabilmente di un acquifero più profondo).

I dati sono confermati da una seconda campagna indagini eseguita nel gennaio 2021, in cui sono stati realizzati una serie di 4 nuovi piezometri.



*Carta della permeabilità dei terreni*

Le zone poste in alto all'interno dello stralcio in fig. soprastante, corrispondenti agli affioramenti delle unità Subliguri, sono caratterizzate da una permeabilità medio/bassa (in grigio su carta). In funzione della carta geologica, i depositi delle *Sabbie di Val di Gori (SVG)* e i depositi di *panchina (pn)* si sviluppano per tutta l'area di progetto. I depositi sono composti da sabbie con ghiaie, conglomerati, arenarie e calcareniti alternati a livelli di argille a permeabilità variabile, molto alta in alcuni livelli sabbioso-ghiaiosi.

Per quanto riguarda le caratteristiche permeabilità dei depositi descritti, questa varia in corrispondenza del limite ben visibile nella carta tematica relativa (passaggio colore giallo-ocra a grigio in carta), e si sviluppa per tutto il territorio urbano e costiero di Salivoli e Piombino.

| Sondaggio | Data       | Quota falda da p.c. |
|-----------|------------|---------------------|
| S2        | 05/12/2018 | -10.8               |
| S3        | 04/12/2018 | -6.25               |
| S4        | 30/11/2018 | -2.30               |
| S5        | 29/11/2018 | -3.04               |
| S6        | 28/11/2018 | -0.50               |
| R1        | 29/01/2021 | -3,46               |
| R2        | 29/01/2021 | -3,41               |
| R3        | 29/01/2021 | -                   |
| R4        | 29/01/2021 | -4,11               |

In particolare vi sono misure ripetute nei piezometri realizzati nella campagna 2021.

| Sondaggio | Data 29/01/2021 | Data 03/02/2021 | Data 06/02/2021 |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|
|           | M da p.c.       | M da p.c.       | M da p.c.       |
| R1        | -3,46           | -3.45           | -3.45           |
| R2        | -3,41           | -3.39           | -3.47           |
| R3        | /               | -3.30           | -5.05           |
| R4        | -4,11           | -4.34           | -4.25           |

#### Interazione corsi d'acqua superficiali e falda sotterranea

La zona in esame è caratterizzata dalla presenza del Rio di Salivoli. Il bacino idrografico del Rio Salivoli ha una estensione di 2.66 kmq ed è caratterizzato da una pendenza media di 13.52%, che ha origine nell'area compresa tra il Monte Santa Maria e il Monte Gigante, entrambi posti a nord del quartiere di Salivoli.

Nel tratto interessato esso risulta completamente cementato, ovvero i rapporti con la falda possono essere solo dovuti a fratturazioni del sistema.



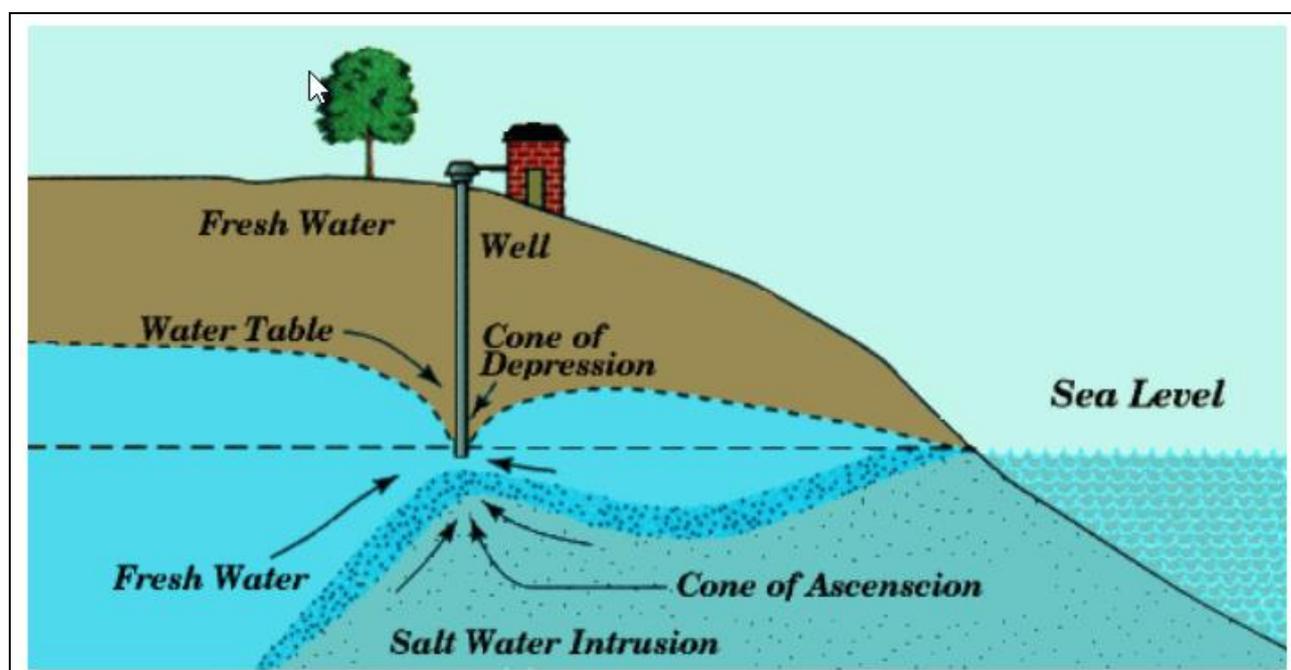
*Vista del Rio Salivoli nell'area d'interesse area di monte e presso la foce*

### Aree di spiaggia

### Cuneo Salino, generalità

Il cuneo salino è la forma particolare di stratificazione delle acque per differenza di densità, che si determina a causa dell'intrusione dell'acqua marina (a densità maggiore) al di sotto di una falda acquifera (a densità minore).

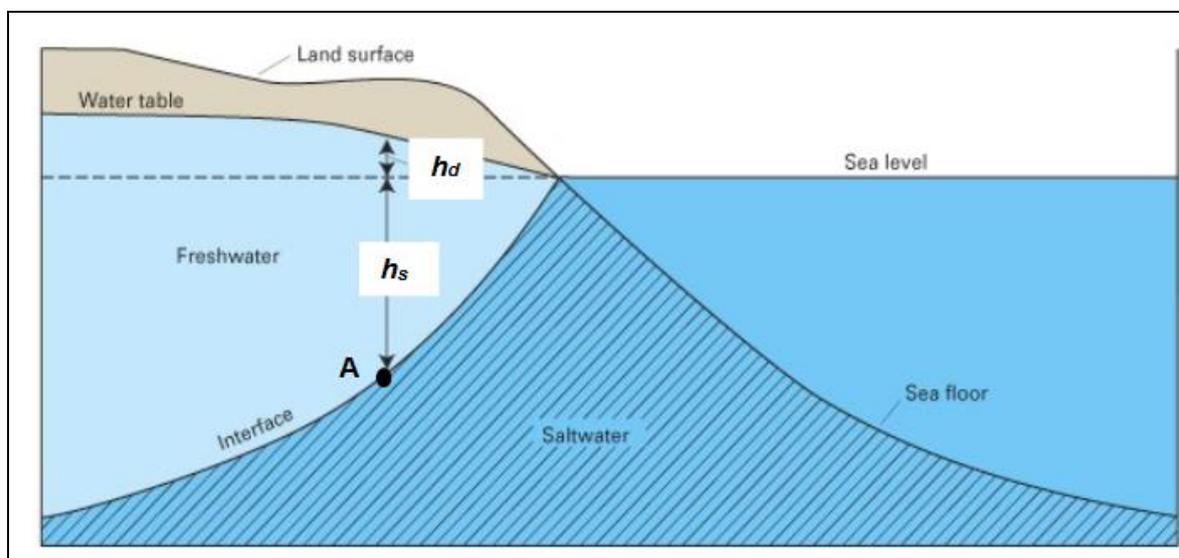
L'intrusione salina è causata da eccessivi prelievi delle acque di falda; interessa molte zone costiere, ma può colpire anche, con l'aggravarsi del fenomeno, ampie zone interne. L'acqua salata prende il posto dell'acqua dolce, determinando un aumento del volume di acqua sotterranea salata e un decremento del volume di acqua sotterranea dolce. Problema analogo si riscontra nelle foci dei fiumi quando la portata d'acqua dolce verso il mare diminuisce sensibilmente e l'acqua salata può risalire parte del fiume rendendo inutilizzabile tale risorsa per l'agricoltura. Basta una piccola contaminazione di acqua marina per rendere inutilizzabile l'acqua a scopo agricolo e potabile. Con valori di salinità ancora maggiori inevitabile l'impatto anche sull'ambiente, fino ad arrivare alla modifica della stessa chimica dei suoli nonché danneggiando gli ecosistemi costieri e la flora locale.



Considerazioni sulla falda costiera nell'area di Salivoli:

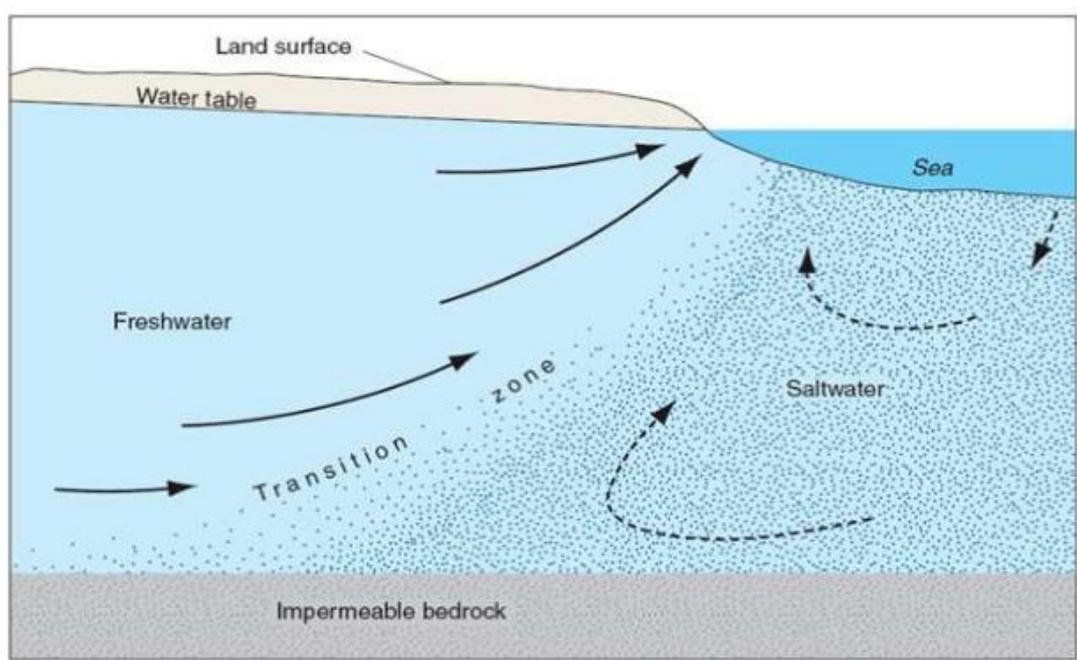
Lo studio degli acquiferi e del loro condizionamento dalle attività antropiche è, oggi, di grande attualità e importanza. In particolare, è molto interessante l'analisi degli acquiferi costieri in quanto sistemi idrogeologici sensibili al fenomeno dell'intrusione salina. Si definisce intrusione salina o marina l'avanzamento delle acque salate dal mare verso l'acquifero costiero. Tale fenomeno, in condizioni naturali, è più evidente nell'immediata prossimità della linea di costa dove, a causa del ridotto spessore della falda e del contatto con le acque marine intruse, il processo di mescolamento interessa quasi tutto lo spessore dell'acquifero e anche i livelli più superficiali della falda possono essere contaminati dal mare. Procedendo verso l'entroterra, invece, a causa dell'incremento dei carichi piezometrici, la qualità delle acque di falda migliora, sino a raggiungere parametri chimici tipici dell'acqua dolce. In condizioni alterate, il mescolamento tra acqua salata e acqua dolce conseguente all'intrusione salina può risultare notevolmente amplificato, causando la progressiva salinizzazione

della risorsa idrica sotterranea fino a renderla inutilizzabile per gli usi civili, industriali e agricoli. Ciò provoca anche il depauperamento della qualità del suolo. Normalmente, a causa della diversa densità, l'acqua salata, più densa, fluisce al di sotto di quella dolce, formando un'interfaccia di separazione tra i due liquidi detta cuneo salino, come schematizzato nella Figura seguente.



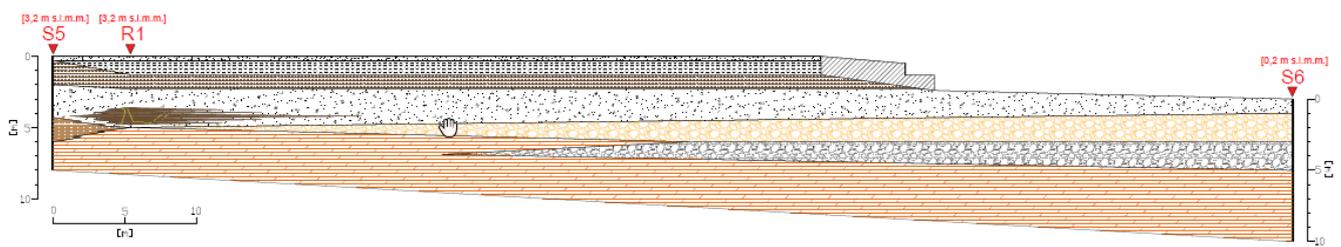
*Interazione acqua dolce – acqua salata in prossimità della costa, fenomeno dell'intrusione salina*

Semplificando il fenomeno, si può ipotizzare che l'acqua dolce si disponga sopra l'acqua salata definendo un'interfaccia netta ma, nella realtà, esiste una vera e propria zona di mescolamento o mixing zone (Figura 2.2), la cui ampiezza dipende da fenomeni di dispersione e diffusione sia verticali che orizzontali e dalle fluttuazioni marine. Lo spessore di tale zona, a salinità crescente con la profondità, può estendersi anche per qualche decina di metri.



*Zona di mescolamento dell'intrusione salina in un acquifero semiconfinato*

Nell'area di Salivoli la stratigrafia presso la spiaggia è riassumibile con la seguente sezione:



**LEGENDA**

- |  |                                |  |   |
|--|--------------------------------|--|---|
|  | Pavimentazione stradale        |  | Marna fratturata  |
|  | Materiale di riporto antropico |  | Argilla a tratti marnosa con ghiaia centimetrica di origine arenitica |
|  | Struttura antropica            |  | Ghiaia  |
|  | Limo argilloso sabbioso        |  | Sabbia ghiaiosa / Ghiaia sabbiosa                                     |
|  | Sabbia / Sabbia limosa         |  | Arenaria fratturata   |

Appare evidente che verso "spiaggia" è sostanzialmente presente una sequenza di terreni dotata di permeabilità da media a medio alta. Tale sequenza favorisce l'instaurarsi di situazioni di interfaccia acqua dolce e salata di tipo "standard" con l'acqua salata che va rapidamente in profondità "schiacciata" dalla presenza dell'acqua di falda dolce. Solo l'arenaria fratturata potrebbe presentare fasce poco fratturate e quindi meno permeabili, ma i dati in ns possesso (i sondaggi S5, R1 e S6) non danno indicazioni in tal senso.

Essa (la falda dolce) è presente a profondità (nell'entroterra) mediamente di 4 m da p.c. e scorre sub parallela (all'incirca) al pendio.

La determinazione del cuneo salino (posizione e forma) risulta complessa e solo in alcuni casi particolari è possibile ottenere una soluzione analitica in forma chiusa. Tuttavia, assumendo delle ipotesi semplificative, è possibile individuare la posizione dell'interfaccia con buona approssimazione. Un primo approccio a questa problematica fu condotto da Ghyben ed Herzberg per trovare la superficie di separazione tra l'acqua dolce e quella salata in condizioni idrostatiche. La loro trattazione si basa sulle seguenti ipotesi semplificative: - Flusso di acqua dolce perfettamente orizzontale e quindi linee equipotenziali verticali (assunzione di Dupuit); - Acqua salata in moto stazionario; - Zona di mescolamento tra i due fluidi di spessore nullo. Con queste ipotesi, per ogni punto A dell'interfaccia è valida la relazione di equilibrio tra le pressioni dell'acqua dolce e di quella salata:

$$(h_s + h_d) \gamma_d = h_s \gamma_s \rightarrow h_s = \frac{\gamma_d}{\gamma_d + \gamma_s} h_d \cong 40 h_d$$

dove:

- $h_s$  è la distanza, lungo la verticale, tra il livello del mare e l'interfaccia;

- $h_d$  è la quota, sopra il livello del mare, dell'acqua dolce;

- $\gamma_s$  è il peso specifico dell'acqua salata (1 025 kg/m<sup>3</sup>);

- $\gamma_d$  è il peso specifico dell'acqua dolce (1 000 kg/m<sup>3</sup>).

Quanto ricavato permette di dire che la profondità a cui si trovano le acque salate è circa 40 volte l'altezza piezometrica dell'acqua dolce sopra il livello del mare. Tuttavia, per l'ipotesi relativa all'orizzontalità del flusso d'acqua dolce, questo risultato perde di validità soprattutto nelle aree in prossimità della costa e del cuneo salino in generale, dove il moto si presenta "circolare" con una componente verticale rilevante e linee equipotenziali curvilinee.

La quota misurata presso il piezometro R1 posto a circa 3.2 m slm

| Sondaggio        | Data 29/01/2021 | Data 03/02/2021 | Data 06/02/2021 |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Quota slm<br>3.2 | M da p.c.       | M da p.c.       | M da p.c.       |
| R1               | -3,46           | -3.45           | -3.45           |

Pertanto in teoria applicando la formulazione sopra esposta l'interfaccia salina si trova a profondità molto modeste rispetto al p.c.

|  |  |                                      |                       |
|--|--|--------------------------------------|-----------------------|
| <br><small>TERN A G R O U P</small> | <b>Relazione geologica preliminare</b> | Codifica<br><b>RUHR10002BCC00516</b> |                       |
|  |  | Rev. N° 00                           | Pag. <b>36</b> di 130 |

Come precauzione da attuare per lo scavo effettivo della connessione in spiaggia si dovrà procedere con una misurazione diretta dell'interfaccia e alla valutazione dell'utilizzo di barriere idrauliche statiche (palancole o simili) e dinamiche (iniezioni di acqua dolce) onde impedire il fenomeno di risalita dell'acqua salata a seguito di operazioni di drenaggio forzato.

Questa precauzione naturalmente vale esclusivamente per l'area di spiaggia e non per l'area di monte in cui non esiste il pericolo d'ingressione marina per evidenti questioni topografico altimetriche.

## 6. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA

Al fine di ricostruire il modello geologico del sito ci si è avvalsi prevalentemente di sondaggi a carotaggio continuo di seguito descritti.

Nell'area di interesse sono stati eseguiti 9 sondaggi a carotaggio continuo con circolazione di fluidi (i cui logs stratigrafici completi e le foto delle cassette catalogatrici sono presenti in allegato) spinti fino alla profondità massima di 15 m da p.c. Nell'avanzamento della perforazione è stato usato un carotiere semplice diam. 101 mm e rivestimento diam 126. Le carote sono state deposte in cassette catalogatrici e sulle stesse, in corrispondenza delle litologie coesive, sono state effettuate, dove i materiali litologici lo permettevano, delle verifiche con il Torvane (T, scissometro tascabile) per determinare la resistenza al taglio e con il PP (Pocket Penetrometer test) sono stati prelevati dei campioni di terreno indisturbati, tramite campionatore ad infissione tipo "Ostemberg", e sono stati prelevati inoltre dei campioni rimaneggiati.

Durante la perforazione sono state eseguite delle prove SPT. La prova SPT consiste nella misura del numero di colpi necessari per l'infissione di un campionatore Raymond sotto i colpi di un maglio della massa di 63.5kg ( $\pm 0.5$ kg) e volata di 0.76m ( $\pm 0.02$  m). La prova viene eseguita al fondo di un foro di sondaggio spinto alla profondità desiderata. Per le operazioni di pulizia e approfondimento del foro non è possibile eseguire la prova con frequenza maggiore di una al metro. Il campionatore viene infisso per tre avanzamenti successivi di 150 mm ciascuno. Il primo tratto, detto di avviamento, comprende l'eventuale penetrazione iniziale per peso proprio; se sotto un numero di colpi  $N_1=50$  l'avanzamento è minore di 15 cm, l'infissione deve essere sospesa, la prova è considerata conclusa, e si annota la relativa penetrazione (ad esempio  $N_1= 50/13$ cm). La resistenza alla penetrazione è caratterizzata dalla somma del numero di colpi necessari all'avanzamento del secondo e terzo tratto da 150mm:

$$N_{SPT} = N_2 + N_3$$

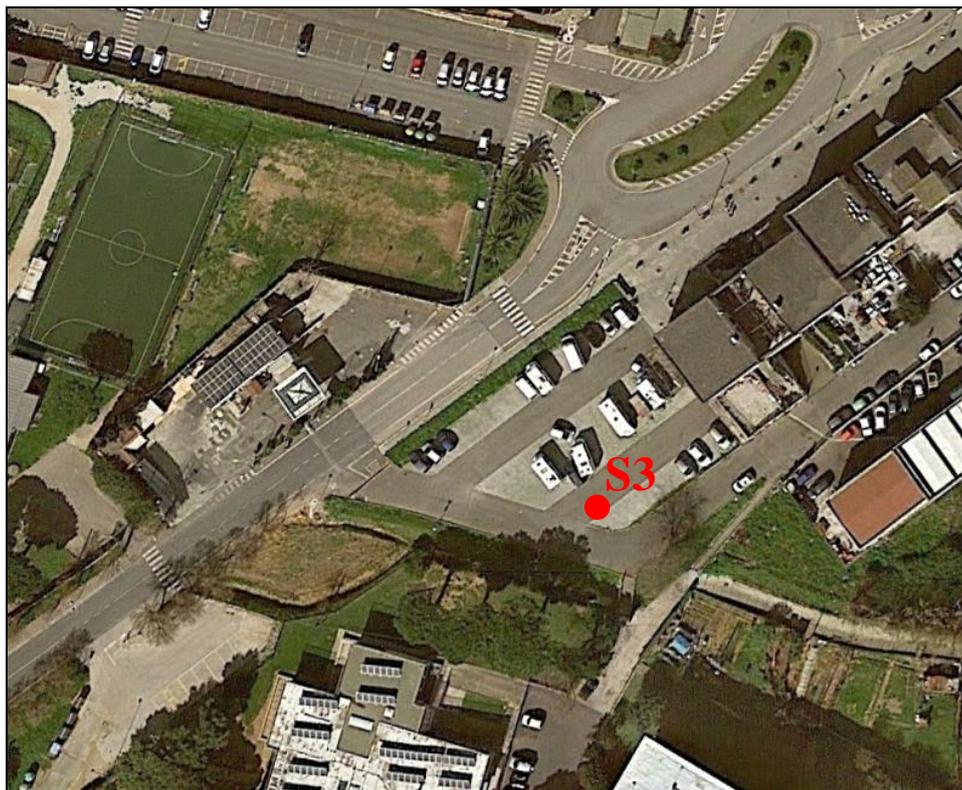
In questo modo si elimina o si riduce al minimo l'influenza di fattori estranei quali presenza di detrito a fondo foro e il disturbo prodotto dal rilascio tensionale durante la perforazione. Se con  $N_2+N_3= 100$  non si raggiunge

l'avanzamento di 30cm, si dice che la prova è andata "a rifiuto", l'infissione è sospesa e la prova è considerata conclusa, annotando la relativa penetrazione. Al termine di ciascuna determinazione il campionatore Raymond viene riportato in superficie per consentire l'approfondimento del foro e per recuperare il campione che è di classe Q2 (al massimo Q3). Quando è richiesto di conservare il campione, esso è trasferito dal tubo di campionamento a contenitori a tenuta (barattoli, sacchetti di plastica).

A seguito si riporta un'ortofoto con l'ubicazione dei sondaggi (con relative coordinate)



*Ubicazione sondaggi S2 su ortofoto (Google.com)*



*Ubicazione sondaggio S3 su ortofoto (Google.com)*



*Ubicazione sondaggio S4 su ortofoto (Google.com)*



*Ubicazione sondaggio S5 su ortofoto (Google.com)*



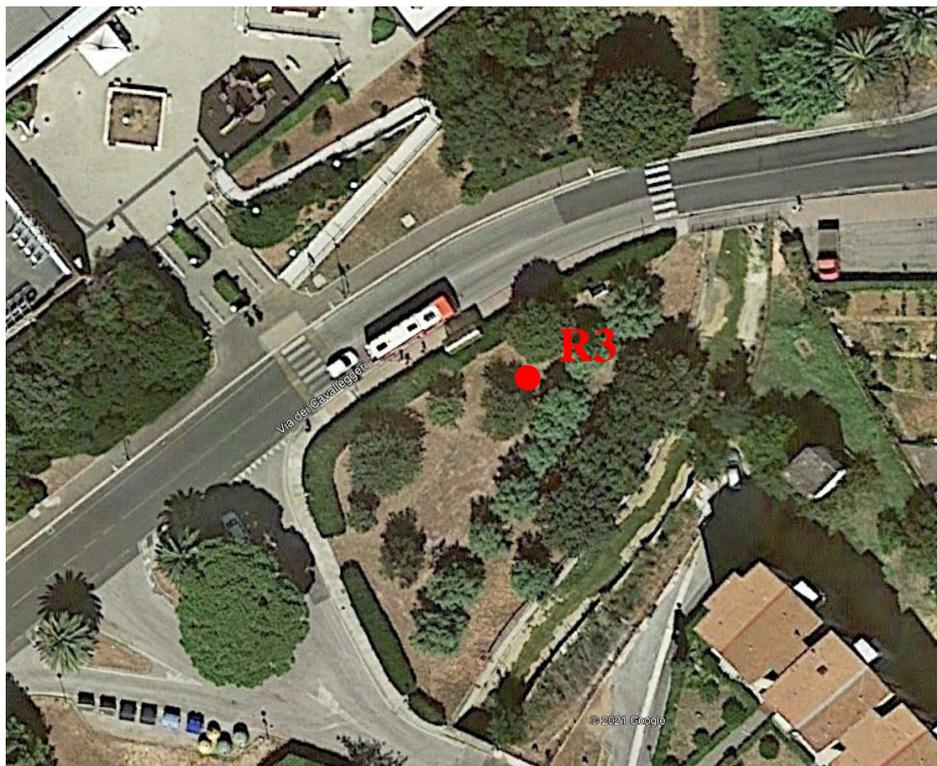
*Ubicazione sondaggio S6 su ortofoto (Google.com)*



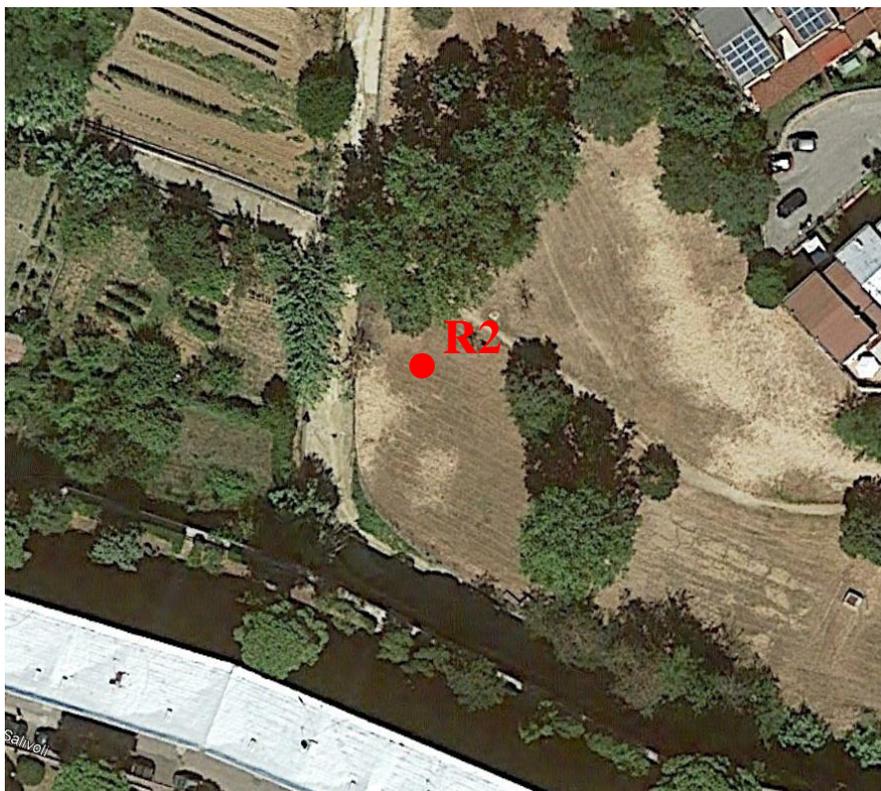
*Ubicazione sondaggio R1 su ortofoto (Google.com)*



*Ubicazione sondaggio R4 su ortofoto (Google.com)*



*Ubicazione sondaggio R3 su ortofoto (Google.com)*

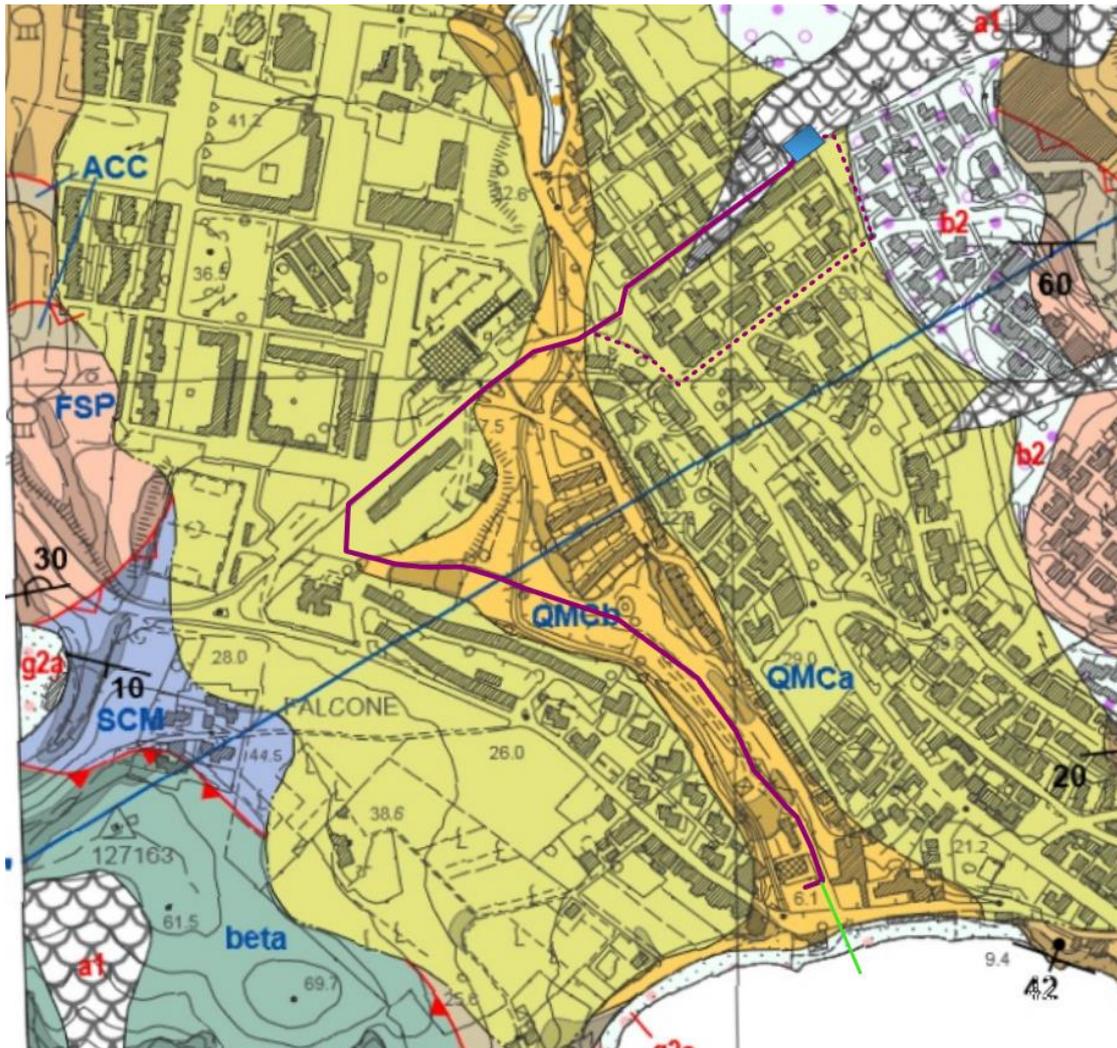


*Ubicazione sondaggio R2 su ortofoto (Google.com)*

| WGS84        |            |             |
|--------------|------------|-------------|
| ID SONDAGGIO | LATITUDINE | LONGITUDINE |
| S2           | 42.938071° | 10.505927°  |
| S3           | 42.936276° | 10.502843°  |
| S4           | 42.935977° | 10.504795°  |
| S5           | 42.933440° | 10.507822°  |
| S6           | 42.932739° | 10.508197   |
| R1           | 42.933399° | 10.507860°  |
| R2           | 42.935813° | 10.504809°  |
| R3           | 42.937758° | 10.504931°  |
| R4           | 42.939818° | 10.507870°  |

L'intero tracciato attraversa i seguenti terreni, messi in evidenza nella cartografia geologica sotto riportata dal geoportale regionale integrate con le prove eseguite in situ di cui viene di seguito riportata ubicazione su carta (per una migliore visione si consiglia di consultare la tavola "RUHR10002BCC00516\_F01\_00" allegata) e descritti dettagliatamente nella parte geologica precedente della presente relazione:

- Complesso neo-autoctono (Successione Neogenica Toscana), ovvero sedimenti quaternari caratterizzati da livelli di paleospiegia calcarenitici di colore giallastro costituiti da sabbia fine o medio-grossolana a cementazione calcarea che si mostra ruvida al tatto denominate in carta QMCb. L'età attribuita a questa formazione è del Pleistocene medio-superiore ed affiora in aree poco estese del promontorio con uno spessore di almeno 4 m. Successivamente sabbie prevalentemente fini o medie di color rosso vivo o rosso arancio con matrice siltosa che affiorano in qualche porzione limitata del promontorio, in particolar modo nella parte Nord-occidentale, con uno spessore di almeno di 2 m, ed hanno un'età riferibile al Pleistocene medio-superiore (denominati in carta QMCa).



Carta geologica della località di Salivoli con il tracciato di progetto in viola.

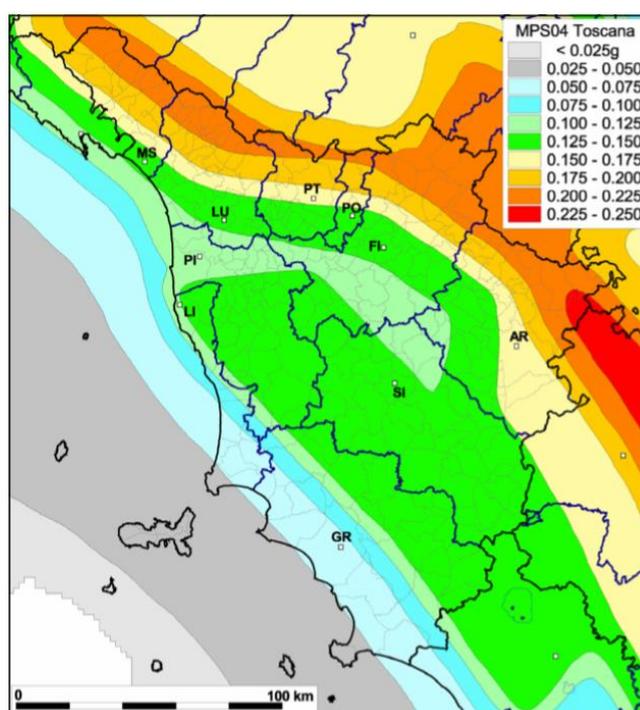


*CTR con tracciati e ubicazione dei sondaggi, in rosso quelli eseguiti nella campagna del 2018 e in verde quelli eseguiti nella campagna del 2021*

Nei punti sopra riportati sono stati eseguiti 5 sondaggi a carotaggio continuo con circolazione di fluidi (i cui logs stratigrafici completi e le foto delle cassette catalogatrici sono presenti in allegato) spinti fino alla profondità massima di 15 m da p.c. al fine di caratterizzare il modello geologico e geotecnico dell'area d'interesse. Non sono state realizzate ulteriori prove a causa dell'intensa urbanizzazione e della rete di sottoservizi presente (evidenziata dall'indagine GPR).

### **Classificazione sismica del sito**

La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo. Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.). Analizziamo quindi la Mappa di pericolosità sismica (MPS) della Toscana (mappa mediana al 50° percentile). I valori di accelerazione sono riferiti ad un tempo di ritorno pari a 475 anni (INGV, 2004)



*Mappa di pericolosità sismica della Regione Toscana*

La Toscana, come gran parte della nostra Penisola, è un territorio a rischio sismico. L'intero territorio nazionale è stato classificato in quattro zone a diversa pericolosità sismica con valori da 1 a 4 (massima in zona 1), sulla base all'intensità e alla frequenza dei terremoti del passato. I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (**ag**) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

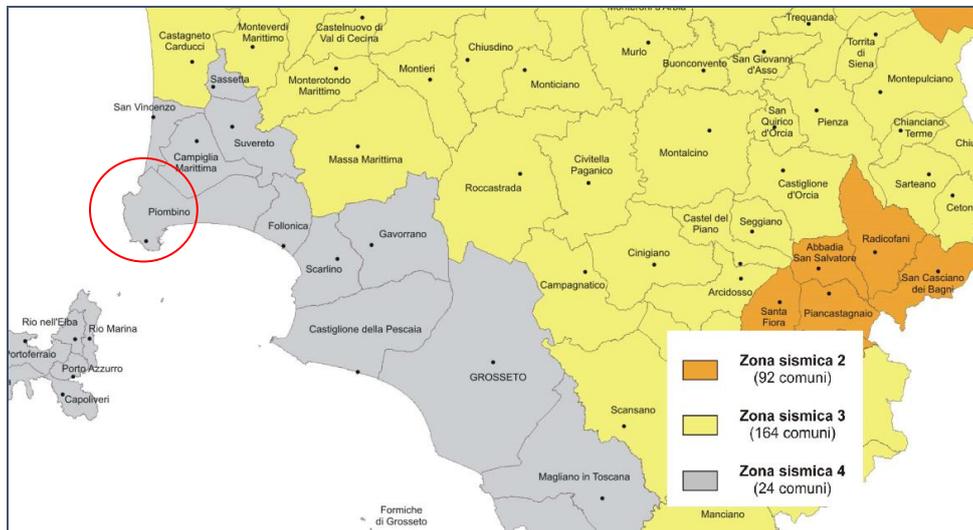
In Toscana su un totale di 280 comuni:

- 90 sono inseriti in zona 2 (31,3% del territorio regionale), dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti

- 106 in zona 3s (36,9% della superficie), a bassa sismicità
- 67 in zona 3 (23,3% della superficie), con possibilità di modesti scuotimenti
- 24 in zona 4 (8,3%), la meno pericolosa.

Le aree più esposte al rischio sismico sono quelle appenniniche: la Lunigiana, la Garfagnana, il Mugello, la Valtiberina al confine con l'Umbria, il Casentino e l'Amiata, zone in cui si sono verificati in passato forti terremoti. Tra i più recenti: gli eventi del 26 aprile 1917 (Amiata, IX grado MCS), del 29 giugno 1919 (Mugello, IX grado MCS) e del 7 settembre 1920 (Garfagnana, IX-X grado MCS).

Per quanto riguarda nello specifico il territorio di Piombino a seguito dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3519 del 28/04/2006, e della D.G.R.T. n. 431 del 19/06/2006 il territorio del Comune di Piombino è stato inserito nella zona 4 della nuova classificazione sismica, per la quale è prevista una accelerazione massima convenzionale sul suolo di categoria A pari ad  $a_g = 0.05g$ .



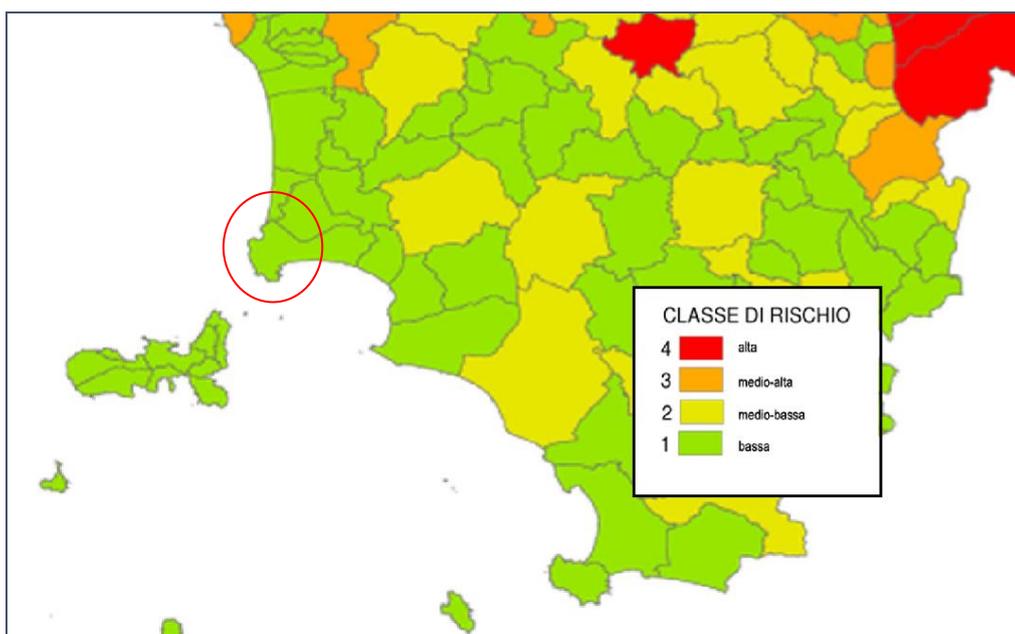
*Zonazione sismica regionale.*

Il rischio sismico rappresenta la combinazione della pericolosità, esposizione e vulnerabilità sismica e misura i danni attesi in un'area, in un intervallo di tempo, in base alla sismicità, alla capacità di resistenza del patrimonio edilizio e dipende dal grado di antropizzazione.

Per la valutazione del rischio sismico a scala territoriale, è stato sviluppato un metodo speditivo semplificato che, sulla scorta di quanto richiesto dalla L.R. 65/2014, è stato elaborato quale base per la definizione delle aree esposte a rischio per la pianificazione territoriale e quale criterio di priorità di azioni di prevenzione.

La valutazione del rischio sismico a grande scala, finalizzato alla definizione della probabilità di accadimento di danni a seguito di un evento sismico in una determinata area, è un'operazione complessa. A scala regionale è stato elaborato un modello semplificato che tenga conto dei fattori di rischio a scala comunale sulla base dei dati omogenei a disposizione per ciascun comune. Per la pericolosità sismica si fa riferimento alla pericolosità di

base (Ag max), per l'esposizione e la vulnerabilità si può fare riferimento ai dati ISTAT della popolazione e abitazioni. Per quanto riguarda la vulnerabilità sismica, dopo opportune considerazioni generali, si è ritenuto di semplificare il modello tenendo conto delle caratteristiche di omogeneità del patrimonio edilizio, assumendo tale fattore costante per tutto il territorio regionale. Il modello semplificato ha permesso di ricavare, per ciascun fattore di rischio, quattro classi di riferimento (per la vulnerabilità, in questa prima ipotesi, la classe è unica), finalizzate alla definizione di quattro classi di rischio sismico. Tale operazione ha visto dapprima la definizione di soglie per l'individuazione delle classi e successivamente la predisposizione di una matrice di riferimento per definire il livello di rischio risultante dalla combinazione tra i diversi fattori di rischio. La metodologia è stata inoltre sviluppata per la valutazione del rischio a scala territoriale di livello inferiore (ad esempio a scala comunale), utilizzando i dati relativi sia alla pericolosità sismica di base che locale, laddove disponibili attraverso studi di microzonazione sismica, che elaborando i dati statistici dell'ISTAT disponibili per tutto il territorio per ciascuna sezione di censimento per l'esposizione e per la vulnerabilità. Maggiori dettagli e conoscenze specifiche consentono inoltre di affinare la valutazione e la definizione del rischio per ciascuna area omogenea.



*Suddivisione del territorio regionale in classi di rischio sismico.*

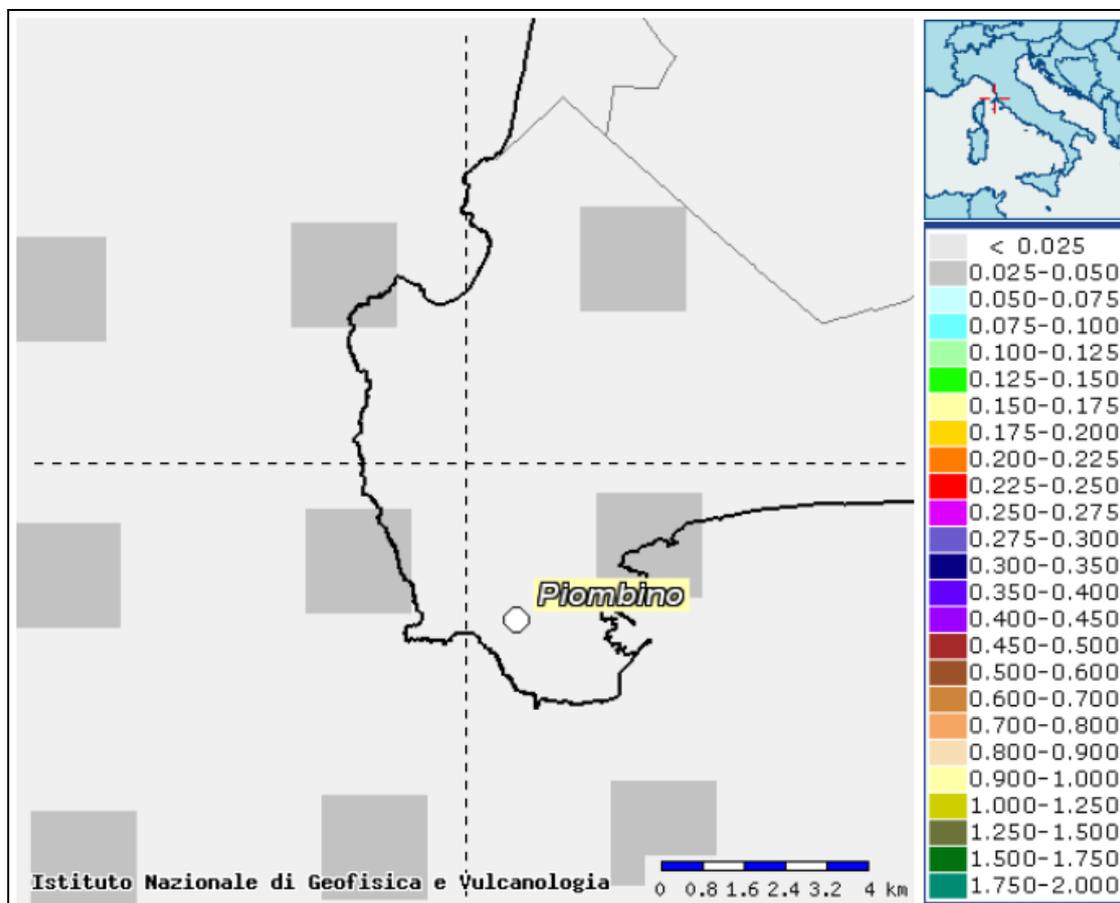
Si nota come il comune di Piombino e quindi anche la zona di Salivoli compresa al suo interno ricade nella, classe di rischio di grado più basso (classe 1), riferita ad un tempo di ritorno pari a 475 anni.

Il comune di Salivoli (Secondo la classificazione sismica indicati nell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/03) è classificato dal punto di vista sismico in classe IV con quindi i seguenti parametri edificatori minimi.

| Zona | Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ ) | Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g/g$ ) |
|------|---|--|
| 4    | < 0.05  | 0.05   |

La classificazione sismica in zone 1 2 3 4 dopo l'entrata in vigore delle NTC08 ha solo valore amministrativo, vale solo per i controlli sui progetti da parte del GC. L'azione sismica va sempre calcolata tenendo conto della griglia. Per l'identificazione della zona sismica in cui ricade ciascun comune o porzione di esso, occorre fare riferimento alle disposizioni emanate ai sensi dell'art. 83, comma 3, del DPR 6.6.2001, n. 380.

Sulla base delle mappe interattive dell'I.N.G.V., l'area comunale di Salivoli è inseribile nella fascia distinta da un valore di accelerazione sismica orizzontale  $a_g$ , riferito a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s,30} > 800$  m/s (Classe A), compreso tra 0.025 ( $a_g/g$ ) e 0.05 ( $a_g/g$ ).



Carta di pericolosità sismica dell'INGV

### Categoria sismica sottosuolo e condizioni topografiche

#### Categoria sismica sottosuolo

A seguito si riporta quanto indicato nelle NTC del D.M. 17/01/2018 nel capitolo "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche" nel punto 3.2.2. per la determinazione della categoria sismica di sottosuolo.

Dal momento che non si hanno sufficienti dati per definire con accuratezza la categoria sismica di sottosuolo dell'area si è cautelativamente attribuito la condizione peggiorativa, ai terreni in sito è stata attribuita la **categoria sismica di sottosuolo D**.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica   |
|-----------|--|
| A         | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.   |
| B         | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.  |
| C         | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.   |
| D         | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E         | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.  |

### Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica  |
|-----------|---|
| T1        | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$                      |
| T2        | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$  |
| T3        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$                  |

All'area oggetto di studio si può attribuire la **condizione topografica T1**.

## Liquefazione terreni

In base alle indicazioni del paragrafo 7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione del DM 17/01/2018, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

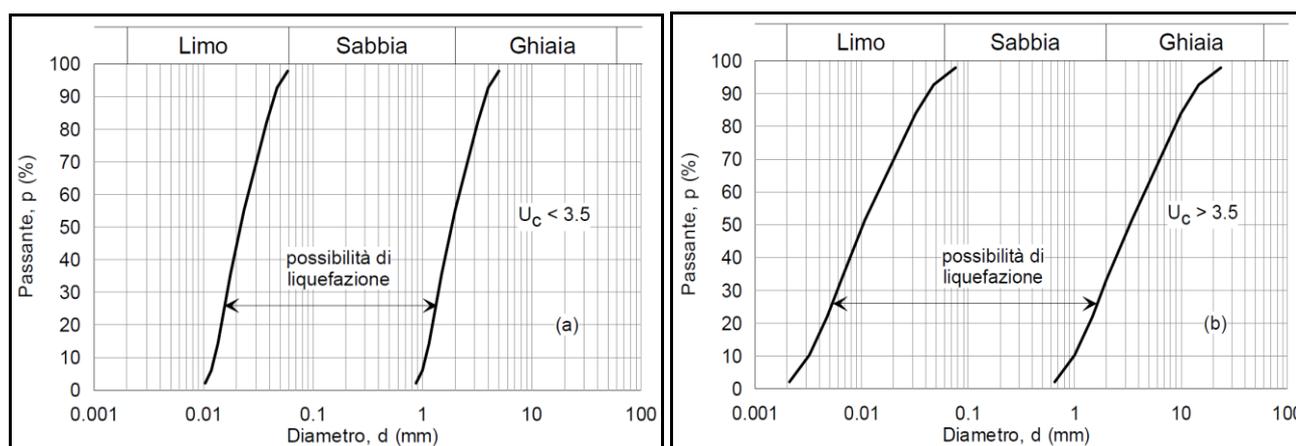


Fig. 7.11.1. Fusi granulometrici di terreni suscettibili alla liquefazione

## Verifica alla liquefazione dei suoli incoerenti

L' accelerazioni massime attese al piano campagna sono di molto inferiori al valore di 0,1 g di conseguenza, come riportato da normativa tecnica, il rischio di liquefazione dei terreni risulta assente.

## **7. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA**

### Pericolosità geomorfologica

L'area interessata da progetto non è interessata da processi geomorfologici pericolosi, o che richiedono una particolare attenzione durante il procedere dei lavori come si evince anche dalla cartografia seguente e ampiamente discusso nel paragrafo d'inquadramento geologico.

### Pericolosità idrogeologica

L'acquifero il principale d'interesse pratico è contenuto nei depositi permeabili del Quaternario, costituiti da livelli di ghiaie alluvionali ma il sistema nel complesso è caratterizzato nel modo seguente:

- un acquifero superficiale freatico-semiconfinato, spesso sospeso, di modesto spessore e discontinuo nella bassa pianura;
- un sistema acquifero confinato multistrato, costituito da più livelli (in genere 4) ghiaiosi acquiferi sovrapposti.

I depositi che costituiscono l'area di progetto sono molto eterogenei e composti da sabbie con ghiaie, conglomerati, arenarie e calcareniti alternati a livelli di argille a permeabilità variabile, molto alta in alcuni livelli sabbioso-ghiaiosi come si evince dalle misure del livello piezometrico rilevato nei fori di sondaggio effettuati. Le misure variano da -10m da p.c. fino a sub affiorante nella zona costiera. Pertanto la pericolosità idrogeologica si può considerare medio-bassa.

### Pericolosità idrica

La zona in esame è caratterizzata dalla presenza del Rio di Salivoli, il quale viene intercettato dalle opere di progetto presso il ponte posto nella parte più a ovest del tratto della "Via dei Cavalleggeri". Da studi di settore si evidenzia che la zona in oggetto viene classificata a Pericolosità idraulica Bassa (I.1).

### Pericolosità sismica

La Toscana, come gran parte della nostra Penisola, è un territorio a rischio sismico in cui le aree più esposte al rischio sismico sono quelle appenniniche. Per quanto riguarda nello specifico il territorio di Piombino a seguito dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3519 del 28/04/2006, e della D.G.R.T. n. 431 del 19/06/2006 è stato inserito nella zona 4 della nuova classificazione sismica ovvero con basso rischio sismico.

|   |  |   |                               |
|---|--|---|-------------------------------|
| <br><small>TERNA GROUP</small> | <b>Relazione geologica preliminare</b> | <small>Codifica</small><br><b>RUHR10002BCC00516</b> |                               |
|   |  | <small>Rev. N° 00</small>                           | <small>Pag. 52 di 130</small> |

## 8. CONCLUSIONI

**Fattibilità geologica;** dal punto di vista geologico l'area può ritenersi stabile non presentando particolari problemi. In base a quanto descritto nella presente relazione l'area è da considerarsi a medio-basso rischio idrogeologico. Dal punto di vista geomorfologico l'area risulta stabile non presentando particolari dissesti in atto.

**SITO DI STUDIO: SAN VINCENZO**

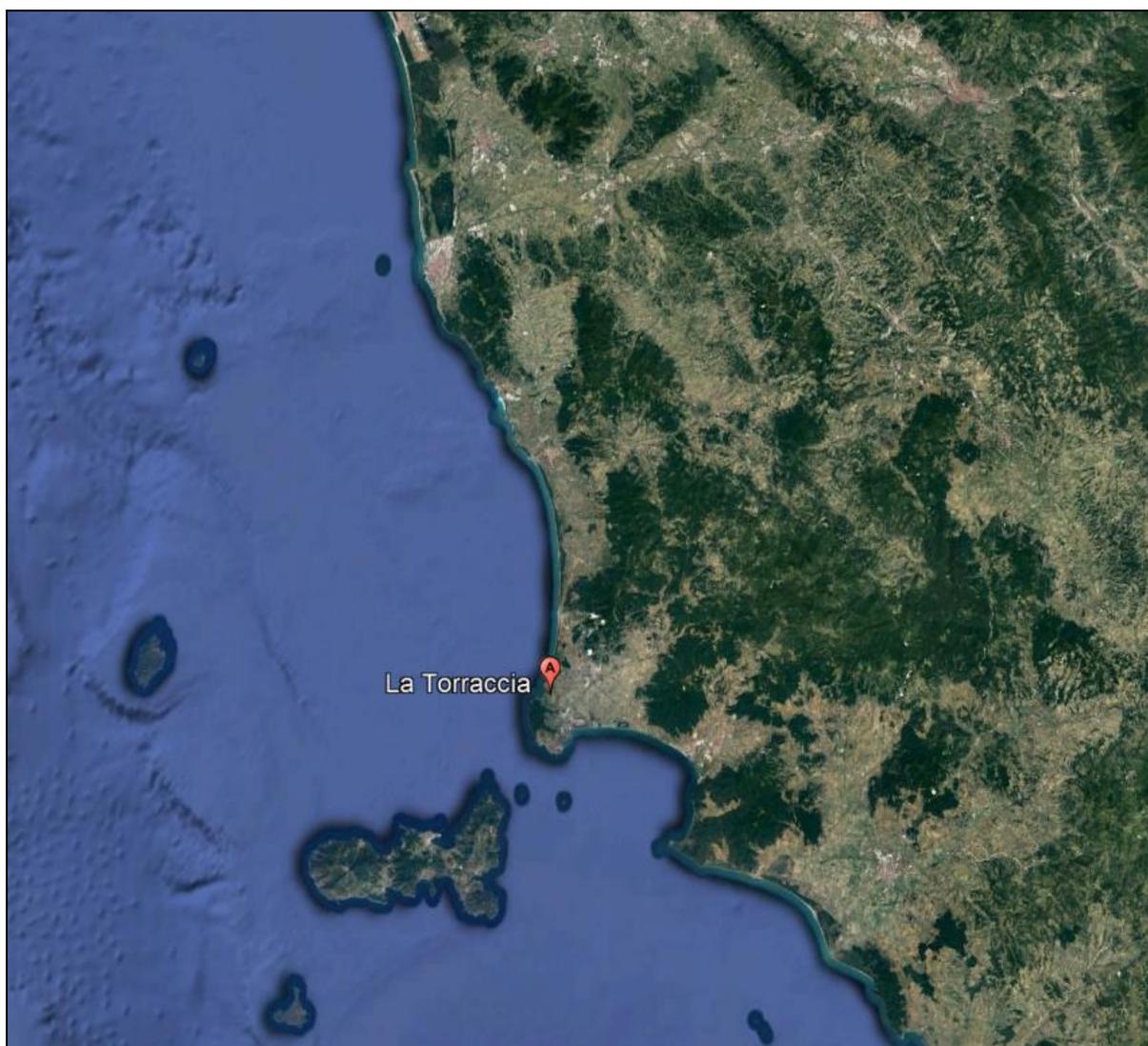
**LOCALITÀ LA TORRACCIA**

## 9. UBICAZIONE E CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO

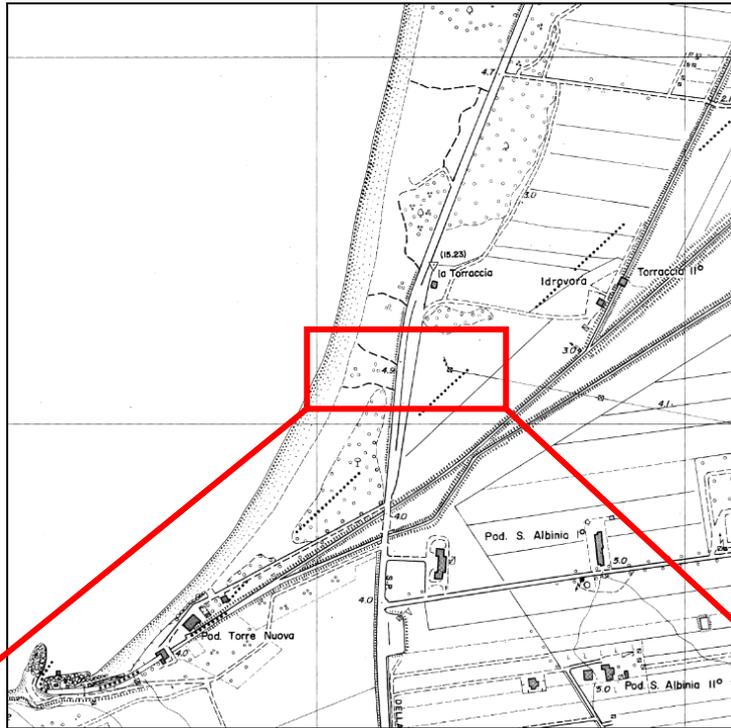
L'area oggetto di studio, ove verranno posati i cavi terrestri di elettrodo, è localizzata nella regione Toscana, precisamente nel territorio comunale di San Vincenzo, in località La Torraccia.

Le opere consistono nella posa di cavi terrestri di elettrodo, in località La Torraccia, che a partire dalla costa (ove saranno realizzati i giunti terra-mare con i cavi di elettrodo sottomarini, attraversano la Strada Provinciale della Principessa per poi giungere al sostegno di transizione aereo-cavo.

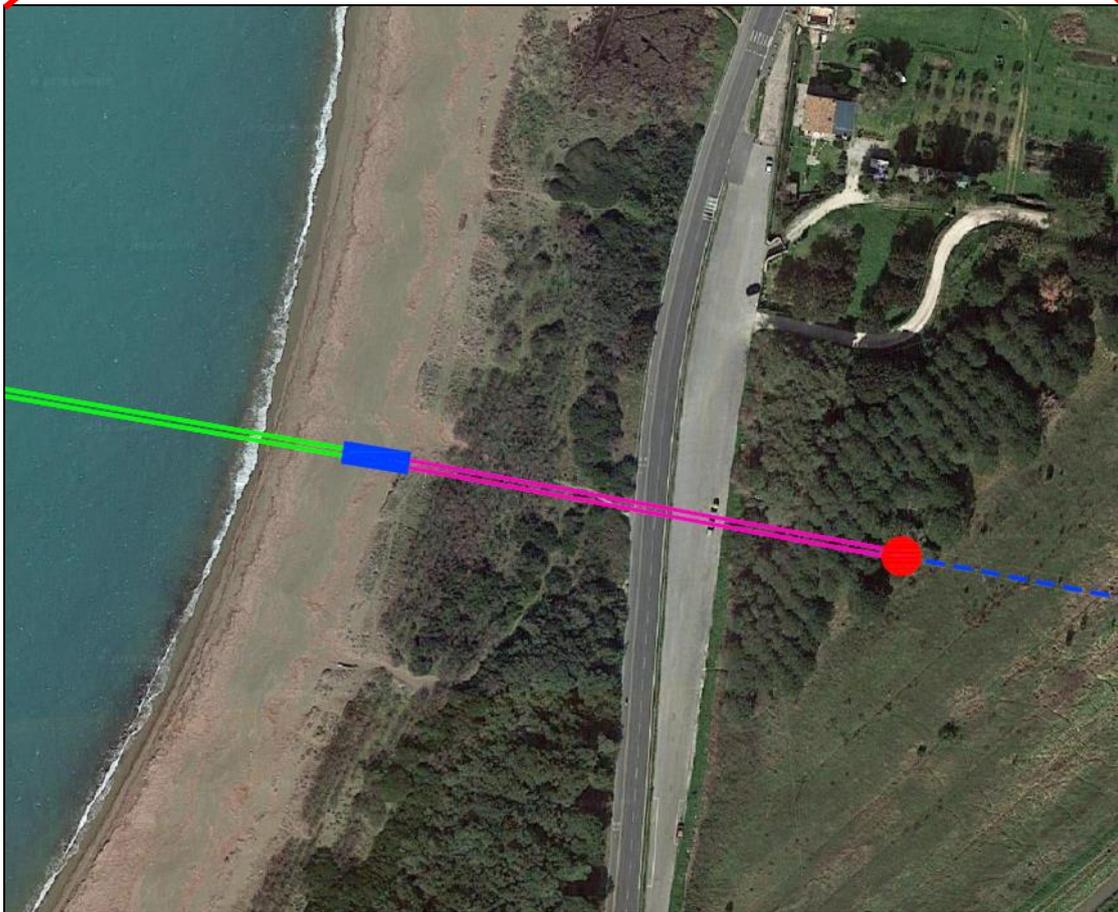
Il tracciato dei cavi terrestri ha lunghezza totale di circa 600 m.



*Ubicazione dell'area di studio posto a nord della Sardegna (Ortofoto, Google.com)*



*Estratto CTR. Indicato in figura il sito investigato*



*Ortofoto con evidenziato il percorso del progetto SACOI 3 e le eventuali alternative*

## 10. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO

L'origine della zona di studio va inserita in un più ampio quadro conoscitivo. Per questo motivo verranno di seguito descritte le principali fasi evolutive tettoniche che hanno portato alla formazione della morfologia del promontorio attualmente esistente.

La tettonica dell'area di studio, di estensione modesta, come il promontorio di Piombino, si inserisce nel contesto dei Monti di Campiglia che si trovano a nord-est rispetto alla zona in esame. La successione e la natura delle Unità sono attribuite ad una complessa storia geologica che è poi la storia di tutta la Toscana Meridionale (Costantini et al., 1993).

L' Appennino Settentrionale è limitato a N e a S da due grandi lineamenti tettonici trasversali: la linea Sestri-Vologno a N e la linea Ancona-Anzio a S, ambedue interpretabili come grandi strutture con forte componente trascorrente. Esso è costituito, come le altre catene del grande sistema montuoso alpino-himalaiano, da enormi masse rocciose di notevole estensione orizzontale (Falde o Unità tettoniche) che durante i movimenti dell'orogenesi alpina si sono spostate dalla loro patria di origine di decine o centinaia di chilometri, scorrendo le une sulle altre. Nel caso dell'Appennino Settentrionale, che ha un andamento NO-SE e una vergenza verso il quadrante NE, si può giungere ad ipotizzare una successione di vari domini paleogeografici caratterizzati ciascuno da una propria sequenza stratigrafica e da una propria storia, dai più occidentali (interni) a quelli più orientali (esterni), tenendo conto della loro attuale posizione tettonica e delle affinità litostratigrafiche. (Bartolotti V., 1992).

Le Unità principali che giocano un ruolo fondamentale nella storia geologica della Toscana e per la formazione dell'Appennino settentrionale sono attribuite a tre Domini paleogeografici differenti che si succedevano da Ovest verso Est con il seguente ordine (Decandia et al., 1981):

1) Dominio Ligure: (Unità di M. Gottero e Unità dei Fysch ad Elmintoidi)

Comprende alla base una sequenza ofiolitica con rocce ultramafiche serpentizzate e gabbri, una copertura sedimentaria soprastante caratterizzata da breccie ofiolitiche e radiolariti, riferite al Giurassico Sup. Cretaceo Inf.. La successione al top presenta un Flysch calcareo-argilloso (Cretaceo-Eocene Inf.) indicativo della fase di chiusura del bacino oceanico e dell'intensa deformazione compressiva (Bortolotti et al., 2001).

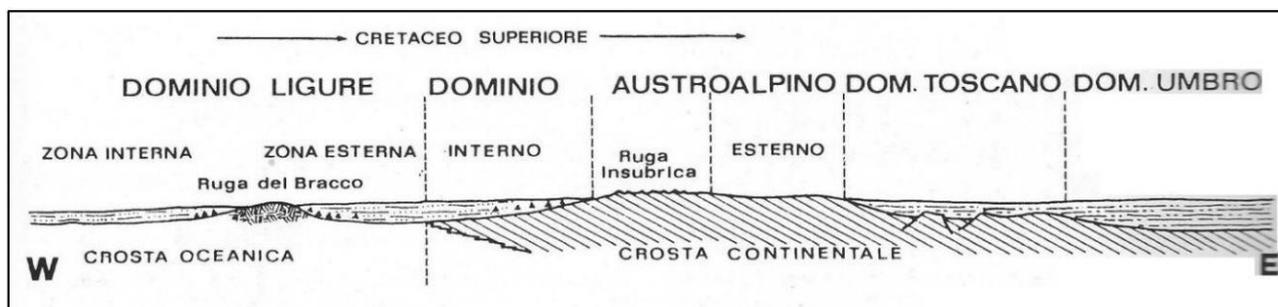
2) Dominio Subligure (Australpino): (Unità di Canetolo)

Formato solo da una successione paleogenica alloctona (unità di Canetolo) depositata in una zona di transizione tra l'oceano e il margine passivo continentale (Sani et al., 2009).

3) Dominio Toscano: (Falda Toscana)

Costituito da unità deposte sul margine passivo continentale di Adria, un promontorio della placca africana. Questo dominio è suddiviso in due unità principali: Unità del Macigno e Unità di Cervarola Falterona. Le due

unità sono formate da successioni torbiditiche isolate dal loro substrato e arrangiate in sistemi di sovrascorrimenti (Est-vergenti), formati a partire dal Miocene Inf. (Sani et al., 2009).



Rappresentazione schematica generale dei diversi domini che sono coinvolti nell'orogenesi dell'Appennino Settentrionale a partire dal Cretaceo superiore (da Costantini et al; 1993)

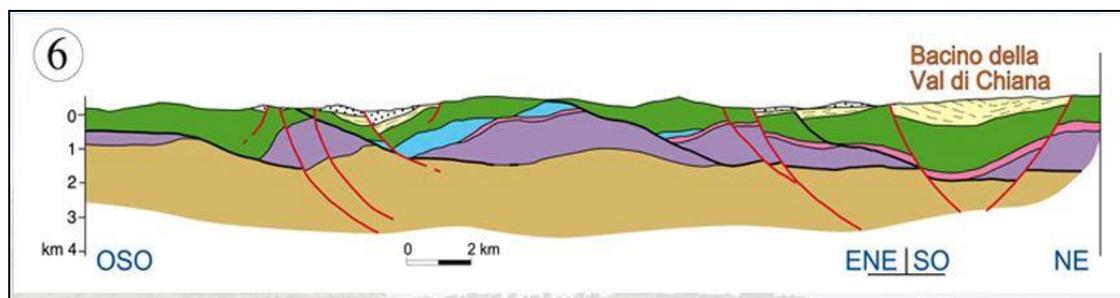
L'origine della morfologia va ricercata nell'evoluzione della tettonica distensiva post-collisionale Neogeica-Quaternaria dell'Appennino Settentrionale distinta nel modo seguente.

- 5- Evento distensivo sinsedimentario mesozoico. Ben documentabile nel Giurassico, a partire dal Lias inf. Fino al Malm, interessa principalmente le successioni del margine appenninico, ed è da mettere in relazione con l'apertura del Bacino oceanico Ligure-Piemontese.
- 6- Eventi compressivi liguri. Sono riferibili a Cretaceo sup., al Paleocene e all'Eocene medio-sup. e segnano le fasi di chiusura del Bacino Ligure. In questi eventi sono state coinvolte solo le successioni del Dominio Ligure, che hanno subito intense deformazioni riconducibili a piegamenti e sovrascorrimenti. Le unità Austroalpine (Sub-Liguri) sono state in parte coinvolte nell'evento dell'Eocene medio-sup.
- 7- Evento compressivo Appenninico. È riferibile all'Oligocene sup. – Miocene inf. (Aquitano) ed è l'espressione della collisione dei margini continentali europeo ed africano. Qui si manifesta la collisione dei margini continentali Sardo-Corso e della Placca Adria, determinando sia l'impilamento delle falde derivanti da domini paleogeografici epicentrali, sia l'accavallamento sul Dominio Toscano delle Unità Liguri, con conseguente metamorfismo del margine continentale Adria. In letteratura questa fase tettonica è conosciuta come "Fase Toscana" (Carmignani L. & Giglia G., 1975).
- 8- Eventi distensivi postcollisionali. Recenti studi sul Tirreno Settentrionale e sui depositi epiliguri della Toscana Meridionale pongono l'inizio degli eventi deformativi in regine di distensione alla fine del Miocene inf. (Carmignani et al., 1994; Elter e Sandrelli, 1995). La forte distensione che caratterizza nel Neogene il versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale provoca due fenomeni che si susseguono nel tempo (Bertini et al. 1991): *il primo evento distensivo* è una delineazione della crosta superiore ad opera di faglie dirette a basso angolo e a geometria complessa, che determina una situazione

geometrica ben conosciuta nella Toscana Meridionale con il nome di “serie ridotta”; *il secondo evento distensivo* (a partire del Pliocene/inizio Pleistocene) è lo sprofondamento di un sistema di fosse tettoniche, delimitate da faglie dirette ad alto angolo (Fig.), (Bertini et al., 1991) che tagliano le strutture precedenti (Costantini a., Mazzanti R., Sandrelli F., (1995)).

A tale evento è associata quindi una struttura di tipo *horst – graben*, e come sarà spiegato in seguito, sedimenti continentali, lacustri e marini si depositarono entro le depressioni tipo graben dalla fine del Tortoniano fino al Quaternario (Bartolini et al., 1983; Liotta, 1991).

Le depressioni tettoniche intermontane risultano infatti via via più recenti andando da ovest verso est, come, ad esempio, i bacini intermontani della Toscana, dell’Umbria e dell’Appennino umbro-marchigiano (Bartolini C., Peccerillo A., 2002).

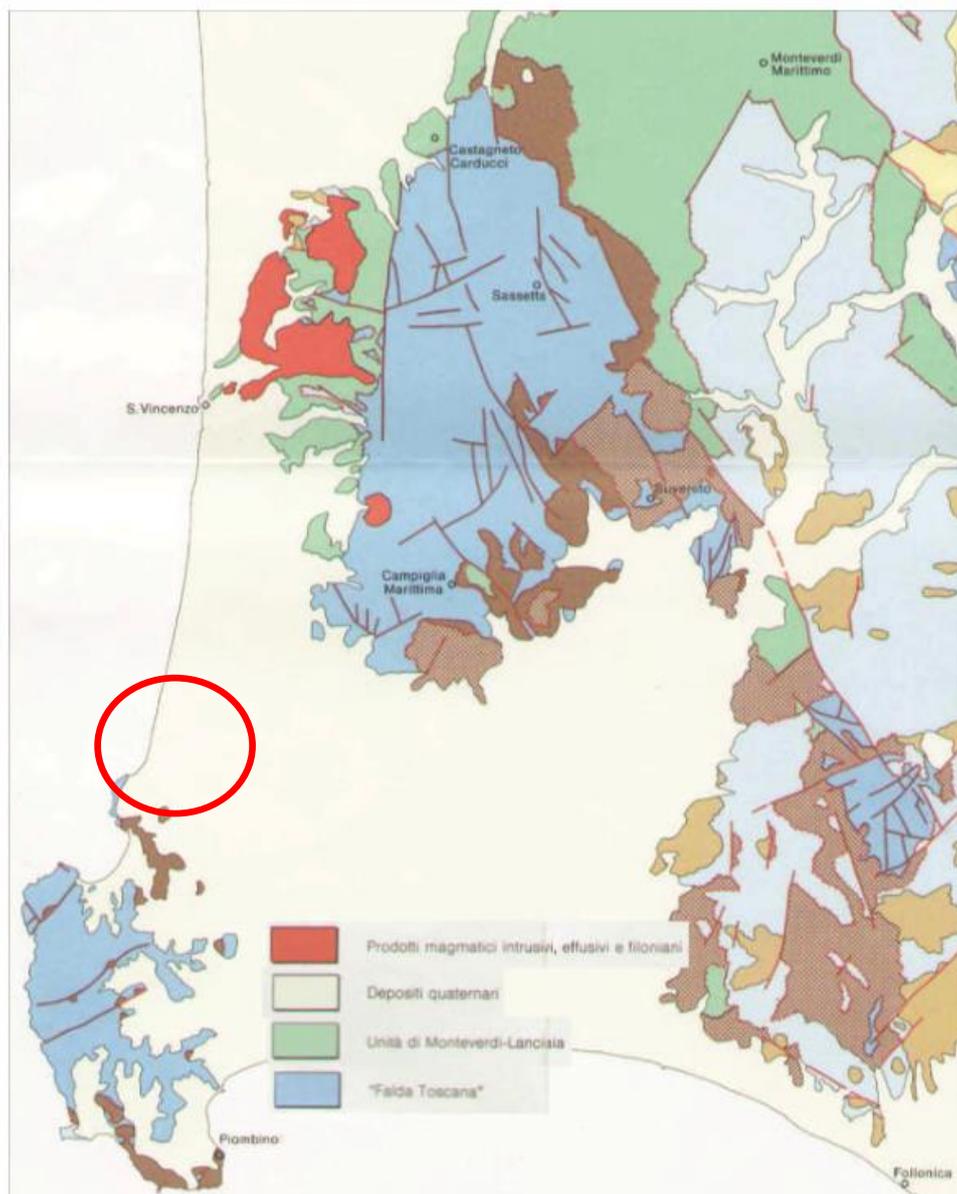


Rappresentazione schematica del bacino della Val di Chiana.

L’Appennino Settentrionale è dunque caratterizzato dalla presenza di numerose depressioni tettoniche, allungate in direzione NO-SE, parallelamente all’asse della catena appenninica e sviluppatasi a partire dal Miocene Superiore. In particolare si distinguono bacini associati a tettonica estensionale o compressiva in relazione alla loro collocazione ad Ovest oppure ad Est all’attuale spartiacque (Martini e Sagri, 1993; FIG.3). I bacini estensionali si trovano pertanto nella parte interna dell’Appennino Settentrionale e possono essere divisi in “Bacini Centrali” e “Bacini Periferici” (Martini e Sagri, 1993). I primi si trovano vicino al Mar Tirreno, si sono impostati sopra crosta continentale assottigliata, e sono stati riempiti con depositi di mare poco profondo e fluvio-lacustre. Tali bacini si sviluppano dal Miocene Superiore fino al Pleistocene. I secondi, sono collocati nella zona orientale, si sono impostati sopra crosta continentale più spessa. Questi bacini sono stati riempiti con depositi esclusivamente continentali dal Pliocene Medio al Pleistocene (Martini e Sagri, 1993;). I Bacini estensionali sono considerati da molti autori come *graben* o *half-graben* sviluppatasi in regime estensionale fino al Neogene (Martini e Sagri, 1993; Martini e al., 2001). Il bacino Neogenico della Val di Cornia si colloca quindi tra i “Bacini Centrali” dell’Appennino Settentrionale Toscano, i quali risultano i meno recenti.



Dal punto di vista tettonico-strutturale la zona può essere associata alla concomitanza di due tipi di forme tettoniche (*Anticlinale, sovrascorrimento e Thrust-related folding*), le quali si sono sviluppate in un regime tettonico compressivo. Dalla ricostruzione eseguita e dalla lettura delle carte geologiche non ci sono elementi che riconducano un legame di strutture con un regime di tipo distensivo. Di seguito si riporta la carta tettonica di dettaglio dell'area di San Vincenzo in cui non risultano presenti lineamenti tettonici importanti da sottolineare.



*Schema tettonico di dettaglio dell'area investigata*

Relativamente alla conformazione geologica, i pochi affioramenti, di cui quelli rocciosi presenti soprattutto verso NE, possono essere raggruppate nelle seguenti Unità tettoniche, elencate in ordine di sovrapposizione geometrica dall'alto verso il basso:

DEPOSITI QUATERNARI

|   |  |   |                               |
|---|--|---|-------------------------------|
| <br><small>TERNA GROUP</small> | <b>Relazione geologica preliminare</b> | <small>Codifica</small><br><b>RUHR10002BCC00516</b> |                               |
|   |  | <small>Rev. N° 00</small>                           | <small>Pag. 61 di 130</small> |

- b4 – Depositi da debris flow e mud flow, colate detritico-fangose incanalate; depositi alluvionali e misti, confinati in alvei ad elevata acclività. Sono presenti in tre affioramenti di limitata estensione sul versante sinistro della valle delle Rozze.
- e - Depositi lacustri, lagunari, palustri e torbosi (Olocene). Sedimenti di colore grigio-grigio scuro, di natura limosa e sabbiosa con presenza di torba e localmente resti di cardium. Sono presenti nell'area centrale e più depressa anticamente occupata dal lago di Rimigliano e in una stretta fascia retrodunale presente solo nella parte più meridionale del territorio.
- d - Depositi eolici (Olocene). Sabbie delle dune costiere, incoerenti, monogranulari, ben classate, talora stratificate, di colore bruno e dovute all'accumulo eolico.
- QAE - Arenarie di Riva degli Etruschi (Olocene). Arenarie debolmente cementate con granulometria da fine a media e stratificazione incrociata con basso angolo rispetto all'orizzontale. Al suo interno sono state ritrovate scorie di fusione di ferro che attestano l'età olocenica. Affiora in piccoli lembi isolati parzialmente sommersi dal mare e dai depositi di spiaggia.
- g2a - Depositi di spiaggia (Olocene). Sabbie monogranulari incoerenti.
- ti - Aree depresse - terreni idromorfi (Olocene). Sono state indicate solo due piccole porzioni sul confine est in conformità agli elaborati del piano strutturale d'area.
- b1 - Depositi alluvionali recenti – ghiaie prevalenti (Olocene). Con questa denominazione sono stati identificati i depositi di conoide presenti allo sbocco sulla piana del F. Botro ai Marmi. È costituito da ghiaie eterogenee con ciottoli arrotondati e di dimensioni decrescenti da monte verso la linea di costa, immerse in una matrice limo sabbiosa rossastra. Si sono formati in un ambiente di sedimentazione in cui le acque perdono rapidamente la loro velocità e quindi la loro capacità di trasporto.
- b - Depositi alluvionali recenti e attuali (Olocene). Limi, limi sabbiosi con contenuti variabili di argilla e sporadica presenza di ghiaie poligeniche immerse nelle sabbie. Sono presenti nelle aree pianeggianti adiacenti alla Fossa Calda, ai bordi dell'antico lago di Rimigliano, nella parte terminale della valle delle Rozze e nei fondovalle dei corsi d'acqua principali.
- a3 - Coperture detritiche indifferenziate. Accumuli di detrito non riconducibili ad uno specifico processo genetico.
- a1 - Frana con stato di attività indeterminato. Accumulo gravitativo di materiale litoide eterogeneo e eterometrico senza evidenze di movimenti in atto.

### COMPLESSO NEOAUTOCTONO

- BAM - Conglomerato di Montebamboli (Messiniano). Conglomerato poligenico con ciottoli grossolani e arrotondati, derivanti dal disfacimento delle unità liguri e caratterizzato da una colorazione rossa per la presenza diffusa di ossidi di ferro nella matrice sabbiosa che costituisce il cemento del conglomerato.
- QMCc - Conglomerati e ghiaie (Pleistocene superiore). Conglomerati monogenici ben cementati ad elementi di calcare massiccio, oppure ghiaie poligeniche immerse in una matrice siltosa di colore rossastro. Nell'area studiata è stato individuato un solo affioramento di natura ghiaiosa lungo l'alveo del Canale Orientale a monte della ferrovia.
- QMCb - Panchina (Pleistocene superiore). Sabbie medie e grossolane, localmente anche ghiaie minute, ben cementate e stratificate, intercalate con lenti di sabbie monogranulari, incoerenti di colore giallo oca. Gli affioramenti più importanti sono distribuiti lungo il margine orientale delle dune recenti e costituiscono degli alti morfologici. Si tratta di una formazione originata per cementazione del residuo sabbioso medio-grosso, formatosi a seguito del dilavamento della frazione più fine in ambiente di spiaggia sommersa. Il cemento è di natura calcarea per la presenza di frammenti e resti di lamellibranchi, gasteropodi, foraminiferi ecc. Le concrezioni a sviluppo orizzontale o verticale sono interpretate come dovute alla circolazione di acque meteoriche o superficiali penetrate nel sottosuolo per gravità. La presenza di sabbie incoerenti associate alla calcarenite testimonia la natura del sedimento dilavato originario in cui non sono circolate le acque meteoriche.
- QMCa - Limi e Sabbie rosse (Pleistocene medio - superiore). Limi e sabbie limose di colore rosso-arancio prive di strutture sedimentarie, di natura eolica, con rari livelli ciottolosi e conglomeratici non cartografabili. In quest'ultimo caso la sedimentazione è conseguente ad episodi di esondazione fluviale.

### COMPLESSO MAGMATICO NEOGENICO

- lamda – Vulcaniti di San Vincenzo (Età radiometrica: 4,3 – 4,7 Ma). Rioliti a plagioclasio-quarzo-biotite-sanidino e cordierite; rioliti a plagioclasio quarzo - biotite - sanidino e cordierite, ortopirosseno e clinopirosseno.
- FPO - Filoni porfirici (Pliocene). Filoni porfirici a composizione trachiandesitica e riolitica.

### FORMAZIONI ALLOCTONE LIGURI

- APA – Argille a Palombini (Cretaceo inf.). Calcari silicei in strati di spessore variabile, di colore grigio, alternati ad argilliti sottilmente stratificate. Questa formazione non presenta delle sezioni naturali che ne

|   |  |                                      |                       |
|---|--|--------------------------------------|-----------------------|
|  | <b>Relazione geologica preliminare</b> | Codifica<br><b>RUHR10002BCC00516</b> |                       |
|   |  | Rev. N° 00                           | Pag. <b>63</b> di 130 |

consentano un facile riconoscimento e per la ricostruzione dei limiti dell'affioramento si è fatto ampiamente ricorso alla cartografia geologica più recente.

- SPT – Argilliti a Pithonella (Cret. sup.-Paleocene). Siltiti e argilliti grigie cui si intercalano, nella parte alta, strati lentiformi di calcari detritici, di calcari fini e di marne.
- MTV - Flysch di Monteverdi (Campaniano sup. - Maastrichtiano). Sequenze torbiditiche costituite da strati spessi e banchi, gradati, di calcari marnosi e marne a base calcarenitica di colore grigio scuro, grigio chiaro per alterazione, con interstrati pelitici scuri.

#### FORMAZIONI ALLOCTONE SUB-LIGURI

- ACC - Argille e calcari di Canetolo (Eocene). Argilliti e argilloscisti neri, giallastri per alterazione, con intercalazioni di calcilutiti, calcareniti e calcari marnosi in strati discontinui per cause tettoniche (boudinage).

#### FORMAZIONI TOSCANE

- MAS - Calcari massicci (Giurassico inf. - Lias). Calcari compatti a grana finissima, grigio scuri nei livelli inferiori, grigio chiari, bianchi o rosei nei livelli superiori. La formazione si presenta massiccia con accenni di grossolana stratificazione nei livelli più alti ed è interessata da fenomeni carsici.
- RSA - Calcari rossi nodulari con ammoniti (Giurassico inf. - Lias). Calcari rossi e rosei a grana fine stratificati con rari noduli e liste di selce. Il calcare ha spesso struttura nodulare e sono presenti solo in prossimità della cima del Monte Calvi dove attestano la presenza del tetto dei calcari massicci.
- DSD - Diaspri (Giurassico sup. - Malm). Sottili strati centimetrici di selce di colore rosa, rosso e grigio chiaro con rare intercalazioni di argilliti rosse. Affiorano solo sulla collina dei Manienti e sono ricoperti, per ampi tratti, da estese placche detritiche.
- STO - Scaglia toscana ( Cretaceo Sup - Eocene). Argilliti, argilliti siltose rosse e verdi finemente fogliettate con intercalazioni di piccoli strati di calcari silicei e di radiolariti.
- MAC - Macigno (Eocene-Oligocene). Arenaria feldspatica stratificata in banchi di potenza variabile, con intercalazioni marnose, argillose e siltose.

Il paese di San Vincenzo è posto nel tratto di costa sud della Toscana, separata dall'isola d'Elba dal canale di Piombino, largo 10 km, che costituisce il tratto di mare che segna il confine orientale tra mar Ligure e mar Tirreno.. A livello litoraneo, la città si trova lungo la costa degli Etruschi, corrispondente all'incirca alla provincia

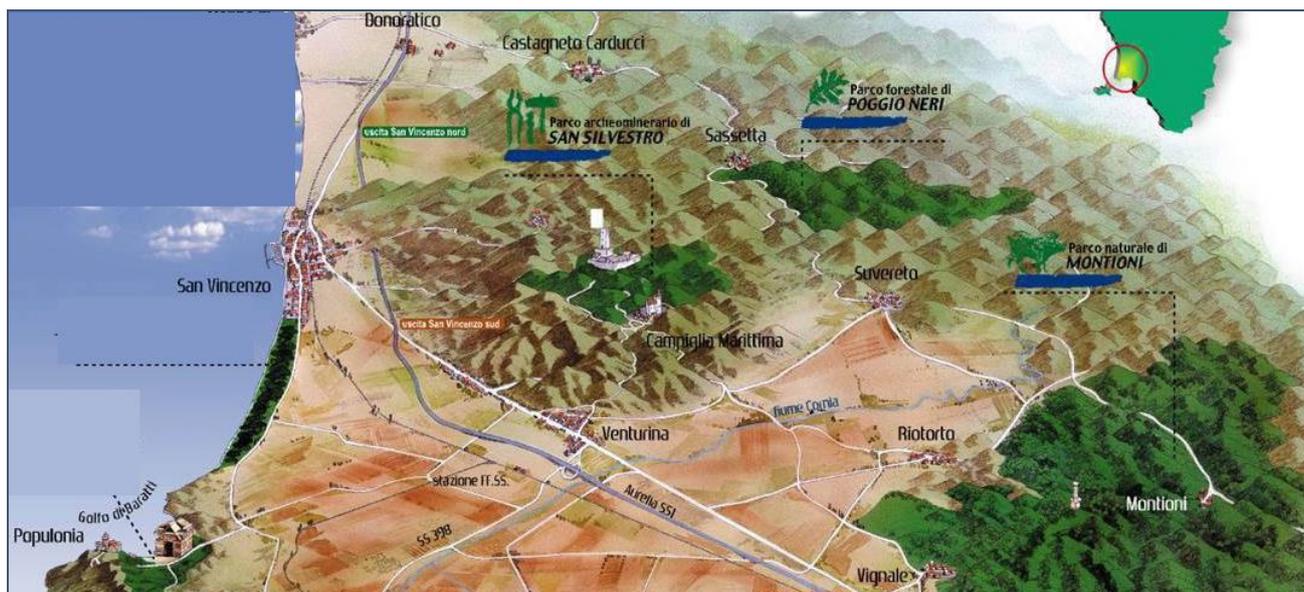
|  |  |                                      |                       |
|--|--|--------------------------------------|-----------------------|
| <br><small>TERN A G R O U P</small> | <b>Relazione geologica preliminare</b> | Codifica<br><b>RUHR10002BCC00516</b> |                       |
|  |  | Rev. N° 00                           | Pag. <b>64</b> di 130 |

di Livorno; il suo territorio fa parte storicamente dell'antica Maremma Pisana, oggi denominata anche Maremma Livornese.

Nella porzione sud si erge il Promontorio di Piombino, una struttura positiva rappresentata da una monoclinale, la cui immersione raggiunge i 30°-40° vicino la città, presso l'estremità meridionale, debolmente ondulata e scomposta da faglie secondarie, di non grande rigetto. Su questo edificio strutturale si imposta successivamente l'evoluzione sedimentaria neogenica-quadernaria in gran parte condizionata dai movimenti verticali della crosta, indotti dalla tettonica distensiva post-collisionale.

Il promontorio di Piombino si identifica come il limite occidentale della Pianura della Val di Cornia che risulta delimitata a Nord dai monti di Campiglia M.ma, a Nord-Est dalle colline di Suvereto, ad Est dai rilievi di Riotorto e Vignale, mentre ad Ovest è delimitata dal promontorio di Piombino ed a Sud dalla costa sabbiosa del Golfo di Follonica. Tale valle si presenta come una depressione che si sviluppa principalmente seguendo la direzione SO-NE includendo sei comuni al suo interno: il comune di Piombino, il comune di San Vincenzo, il comune di Campiglia Marittima, il comune di Sassetta ed il comune di Suvereto. Il Fiume Cornia, elemento morfologico principale a carattere prevalentemente torrentizio, attraversa la pianura alluvionale omonima da NE a SO con un andamento pressoché meandriforme fino all'altezza di Venturina, per poi proseguire con un alveo artificiale a forma di spezzata fino alla foce. La Pianura, compresa tra il Promontorio di Piombino ed i rilievi più interni, rappresenta il punto di congiunzione tra la valle fluviale del Fiume Cornia e la zona retrodunale e palustre della campagna piombinese bonificata nel corso del XIX secolo.

La pianura della Val di Cornia è impostata su di un *graben* profondo circa 250 metri le cui faglie dirette principali possiedono una direzione appenninica e sono ubicate una, in corrispondenza dell'abitato di Venturina e l'altra a circa 4 Km in direzione del Golfo di Baratti. Nel Pliocene, periodo compreso tra la formazione dei sistemi di faglie accennati prima, la pianura risultava moderatamente sommersa ed il promontorio di Piombino rappresentava un'isola situata tra l'Elba e le Colline metallifere; il mare occupava per la quasi totalità la Bassa Val di Cornia fino a Suvereto e Riotorto. Successivamente, dal Pleistocene medio si sono instaurate condizioni propizie al congiungimento del promontorio di Piombino con i rilievi della zona di Campiglia Marittima. La sutura definitiva è avvenuta con l'accumulo di cordoni sabbiosi litoranei ad opera del moto ondoso, sia a Nord che ad Est; tale processo ha portato alla delimitazione di bacini lacustri e lagunari colmati successivamente dagli apporti terrigeni dei corsi d'acqua e dagli apporti marini di transizione a partire dall'Olocene.



*Rappresentazione morfologica dell'area costiera di Piombino*

Nell'ambito del territorio comunale è possibile distinguere le seguenti aree geomorfologiche:

1 - Area Montana, si sviluppa ad est dell'abitato di San Carlo e corrisponde in pratica agli affioramenti della serie carbonatica toscana. È caratterizzata da versanti rocciosi molto ripidi generalmente ricoperti da una vegetazione di tipo arbustivo.

2 – Area Collinare

Area posta ad est del tracciato della variante Aurelia, caratterizzata da rilievi rotondeggianti, con pendenze poco pronunciate e che quindi sono facilmente distinguibili dalle precedenti aree montane alle quali si appoggiano attraverso superfici di faglia. Geologicamente sono costituite dalle formazioni liguri e toscane di natura terrigena e spesso sono ricoperte dalle vulcaniti di San Vincenzo o dalle sabbie limose Pleistoceniche.

3 - Aree di Pianura alta

Aree riconoscibili per la loro debole pendenza verso la linea di costa, che si estendono nella parte centro-meridionale del territorio comunale. Nel contesto della più ampia pianura di Piombino, queste aree assumono il significato di un terrazzo costituito da sedimenti riferibili genericamente al Pleistocene Superiore.

4 - Aree di Pianura bassa

Caratterizza la parte meridionale del territorio comunale, dove i terreni pleistocenici sono sostituiti da sedimenti alluvionali più recenti, riferibili all'Olocene. Sono inoltre presenti forme relitte di superfici allagate e quindi relativamente più depresse rispetto ai terreni circostanti. Facilmente riconoscibili dal punto di vista litologico, si presentano ricche di ristagni isolati.

5 - Lidi, Dune e Spiagge nel loro complesso costituiscono il litorale che unisce, in una striscia continua, l'abitato

|   |  |                          |            |
|---|--|--------------------------|------------|
| <br><small>TERNA GROUP</small> | <b>Relazione geologica preliminare</b> | Codifica                 |            |
|   |  | <b>RUHR10002BCC00516</b> | Rev. N° 00 |
|   |  | Pag. <b>66</b> di 130    |            |

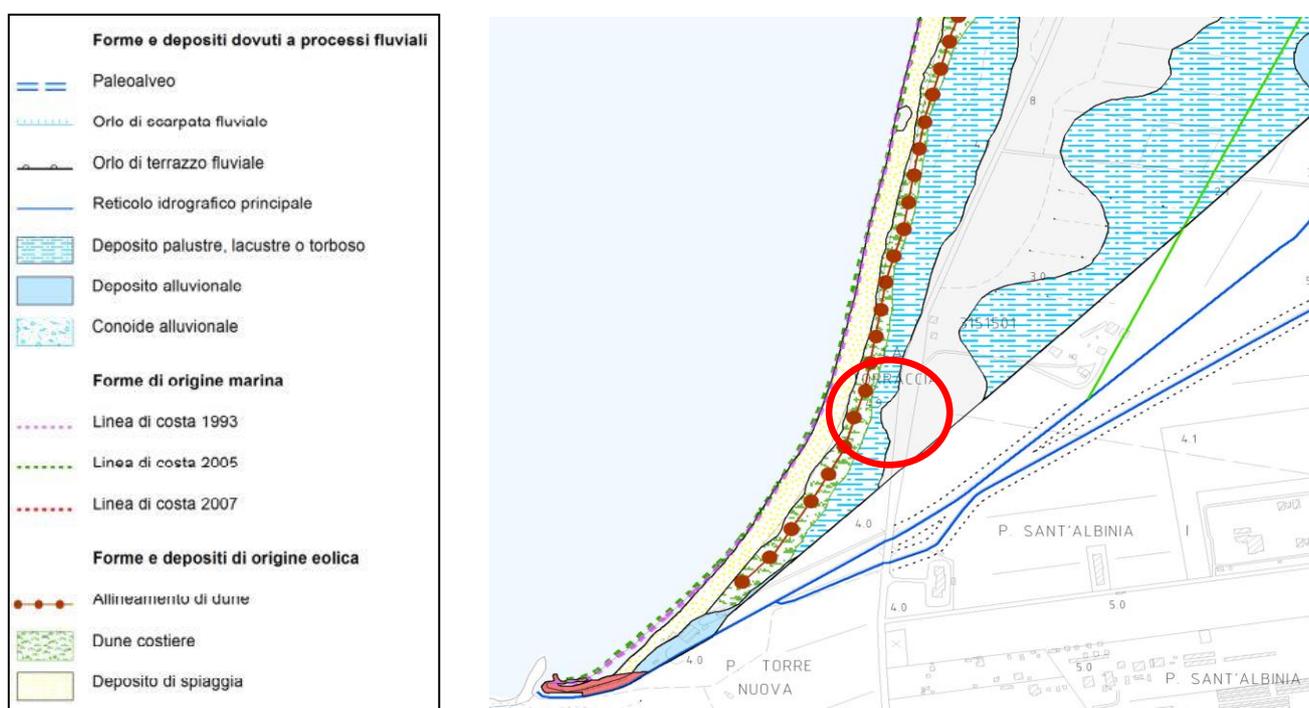
di San Vincenzo ai primi rilievi del promontorio di Piombino. A partire dalla linea di costa troviamo la spiaggia che si sviluppa in direzione nord-sud con una larghezza pressoché costante, compresa tra 25 e 30 ml, su tutto il territorio comunale, con la sola eccezione dell'area occupata dalle strutture del porto di San

Vincenzo. Subito a ridosso della spiaggia sono presenti le dune che si sviluppano anch'esse su tutto il territorio comunale salvo il tratto urbano compreso tra la foce del F. Renaione e la foce del F. delle Rozze.

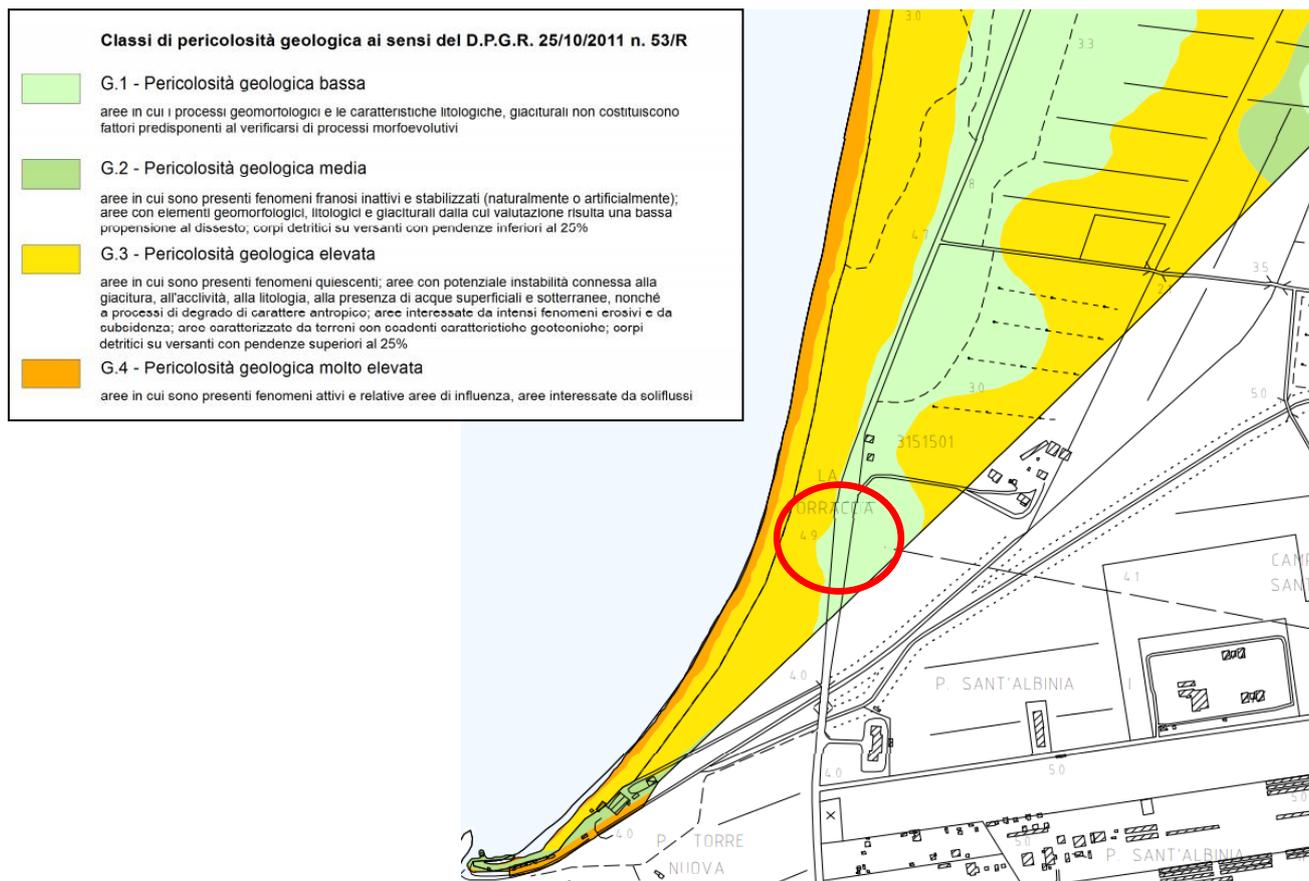
Nella parte più settentrionale del territorio il sistema dunale risulta fortemente antropizzato, mentre più a sud, in corrispondenza dell'area di progetto, conserva i suoi caratteri naturali. Nel tratto compreso tra il villaggio Euroturist e via del Lago sono riconoscibili da due a tre allineamenti di dune, mentre più a sud è individuabile un solo allineamento dunale.

Uno degli elementi morfologici che si ritiene sia caratterizzante l'area è certamente la zona del vecchio lago di Rimigliano, che occupava una striscia di terreno compresa tra la tenuta di Biserno e Torre Nuova, lunga circa 4 chilometri e larga 400-500 metri, con una superficie di 200 ettari circa. Il lago si formò all'interno di un'antica vallata, attualmente colmata dai sedimenti, incisa durante le glaciazioni del Pleistocene superiore. La trasgressione Versiliana, iniziata circa 10.000 anni fa, sbarrò la valle con la conseguente formazione di uno specchio d'acqua indicato fino al 1500 come lago di Biserno o di Campiglia. Durante il 14° secolo il Comune di Campiglia costruì una steccaia all'imboccatura dell'emissario per ritardarne il deflusso e per aumentare il livello del lago con lo scopo di favorire l'attività della pesca. Lo stesso Comune, ancora nel 14° secolo e con la stessa motivazione, incanalò da Nord le acque della valle del Pozzatello e della valle delle Cannucce attraverso la costruzione di un fosso che si incanalava sotto l'allora via Emilia. Al nuovo fosso fu dato il nome di Rio Emiliano da cui derivò quello di "Lago di Rimigliano", che sostituì i precedenti nomi. Sempre per mantenere una sufficiente profondità dell'acqua per la pesca, nel periodo 1525-1538 le acque della Fossa Calda furono convogliate nel lago, mentre nel 1600 e nel 1700 prevalsero le condizioni di generale abbandono. Alla fine di quel periodo il fondo del lago si era notevolmente rialzato per la sedimentazione del travertino, originata dalla immissione delle acque calde, per cui agli inizi del 1800 il lago aveva assunto le caratteristiche tipiche di un padule. Il recupero del lago per la pesca diventò problematico e prevalse l'idea di dar luogo al suo definitivo prosciugamento, per rendere disponibili nuovi terreni agricoli. Nel 1833 il Granduca Leopoldo II istituì il "Consorzio di bonifica" e le acque della Fossa Calda furono deviate con un fosso (l'attuale Canale Orientale di Rimigliano) verso la foce del canale Allacciante posta a Torre Nuova. Nella parte centrale del lago fu scavato il Fosso Essiccatore (Canale Centrale di Rimigliano) con foce ancora presso Torre Nuova. In un primo momento questo fosso, dotato di numerosi fossetti drenanti, riuscì a prosciugare il lago che aveva ormai il fondo più alto del livello del mare, ma ben presto si riformarono dei ristagni. Nel 1859 il Governo di Toscana per eliminare i ristagni delle acque basse e per allontanare le acque nei periodi di forte piovosità, realizzò un'idrovora presso il

"Molino di Rimigliano". In seguito il Consorzio di Bonifica, passato nel frattempo sotto il Regno d'Italia, ritenendo l'area ormai definitivamente prosciugata fece smantellare l'idrovora con il risultato di ridar vita ad un ambiente palustre del tutto simile a quello precedente alla bonifica Leopoldina. Nel 1894 fu ripresa in esame la necessità di continuare l'opera di bonifica e a tale scopo fu incaricato il Genio Civile di Grosseto. Nel 1910 iniziarono i lavori che interessarono il Botro ai Marmi. In particolare venne eliminato il tratto che dal Masseto si allacciava al Rio Emiliano, antico immissario artificiale e, a partire dalle Prunicce, il Botro ai Marmi fu incanalato direttamente verso il mare dove ancora oggi sfocia presso Casa Cavalleggeri. In quel periodo furono installate nuove idrovore per l'esaurimento meccanico delle acque basse. Da qui la deposizione di depositi lacustri a carattere torboso rilevabili anche nella zona d'indagine, come riportato nella carta geomorfologica di seguito riportata.



Carta geomorfologica in scala 1:5000 dell'area d'indagine estratta dal Piano Strutturale comunale; in rosso il sito investigato



Carta della pericolosità geologica dell'area d'indagine estratta dal Piano Strutturale comunale; in rosso il sito investigato

Nella cartografia soprastante è riportata la suddivisione del territorio comunale in aree con diverse classi di pericolosità geologica di cui viene riportato quanto descritto nella parte geologica del Piano Strutturale. In dettaglio l'area di progetto ricade in Pericolosità bassa G1 e per un tratto (fascia costiera) in Pericolosità elevata G3, poiché trattasi di un'area di spiaggia con cordone dunale. In merito a quest'ultime aree, il D.P.G.R. 25/10/2011 n°53/R a cui si riferisce l'elaborato soprastante, dichiara quanto segue:

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità geologica elevata è necessario rispettare i seguenti criteri generali:

- la realizzazione di interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture è subordinata all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva o contestuale realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza;
- gli eventuali interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi geologici, idrogeologici e geotecnici, devono comunque essere tali da:
  - non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;
  - non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione e prevenzione dei fenomeni;
  - consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza;
- in presenza di interventi di messa in sicurezza sono predisposti ed attivati gli opportuni sistemi di monitoraggio in relazione alla tipologia del dissesto;
- l'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere di consolidamento, gli esiti positivi del sistema di monitoraggio attivato e la delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, sono certificati;
- possono essere realizzati quegli interventi per i quali venga dimostrato che non determinano condizioni di instabilità e che non modificano negativamente i processi geomorfologici presenti nell'area; della sussistenza di tali condizioni deve essere dato atto nel titolo abilitativo all'attività edilizia.

Pertanto gli scavi da realizzare per la posa dei cavi di elettrodo dovranno prevedere un adeguato numero di indagini suppletive al fine di verificare la stabilità dello scavo in relazione alle condizioni idrogeologiche locali in modo tale da interferire il meno possibile con l'ambiente costiero.

Il territorio del Centro Intercomunale si colloca all'interno del Bacino Toscana Costa, come individuato dal Piano di Assetto Idrogeologico, suddiviso in due zone morfologicamente distinte, una pianeggiante ed una collinare, con quote che variano da un minimo di 0.00 m s.l.m. ad un massimo di 644 m. s.l.m. (Monte Calvi) La porzione pianeggiante, che occupa principalmente le aree meridionali dei Comuni di Piombino e di Campiglia.Mma, ed in minima parte quella dei Comuni di Suvereto e di San Vincenzo, appartiene geomorfologicamente alla Bassa Pianura del Fiume Cornia. La restante parte del territorio è costituita da rilievi collinari le cui quote tendono ad aumentare progressivamente in direzione Nord ed Est, fino a raggiungere le altimetrie più elevate all'interno del territorio comunale di Campiglia M.ma (Monte Calvi 644 metri s.l.m.). Il territorio sotteso dal Centro Intercomunale appartiene in gran parte al Bacino Idrografico del Fiume Cornia, fino all'altezza della Strada Statale Aurelia, fatta eccezione del territorio del Comune di San Vincenzo e dei settori meridionali dei Comuni di Piombino e di Campiglia M.ma che appartengono ad un bacino costiero a sé stante interessato da corsi d'acqua minori, che in alcuni casi scaricano in mare attraverso un sistema complesso di bonifica a sollevamento meccanico. Nella zona in esame il Rio di Salivoli è certamente quello più importante che ha una estensione di 2.66 kmq ed è caratterizzato da una pendenza media di 13.52%, che ha origine nell'area compresa tra il Monte Santa Maria e il Monte Gigante, entrambi posti a nord de quartiere di Salivoli.



*Idrografia del Rio Salivoli*

Le aree soggette a potenziale allagamento (Pericolosità idraulica) sono localizzate per la maggior parte in corrispondenza della bassa pianura del Fiume Cornia, e nei fondivalle dei principali torrenti in ambito collinare.

La gestione dell'emergenza si basa su di un collaudato sistema di monitoraggio e controllo strumentale delle piogge e delle portate dei principali corsi d'acqua gestito dal Centro Funzionale della Regione Toscana, il quale allerta le Province, e attraverso queste i Comuni, per le attività in loco di monitoraggio e controllo in previsione di eventi meteorologici avversi. Il Piano Intercomunale di Emergenza prevede vari gradi di allerta, con informazione alla popolazione, quando necessario, a mezzo di altoparlanti montati sui mezzi delle Forze dell'Ordine, della Polizia Municipale e della Protezione Civile e attraverso radio e Tv locali, nonché l'attivazione di aree di attesa e di ricovero della popolazione in caso di evacuazione (Protezione Civile, Il Circondario Val di Cornia (2014)).

A partire dai risultati dello studio idrologico-idraulico condotto dall'Ing. Stefano Pagliara sui corsi d'acqua principali della zona di pianura, è stata redatta la Carta della Pericolosità Idraulica ai sensi della D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n.53/R. Per le aree interessate dallo studio, che comprendono il territorio insediativo di pianura, sono state individuate le Classi di Pericolosità a partire dai perimetri delle aree inondabili per i diversi tempi di ritorno (20, 30, 100 e 200 anni), mentre per le aree collinari e le piccole valli minori sono stati utilizzati criteri di tipo morfologico o storico-inventariale. In particolare sono da considerarsi in:

**Pericolosità idraulica molto elevata (I.4)** le aree suscettibili da allagamenti per eventi con  $Tr=30$  anni.

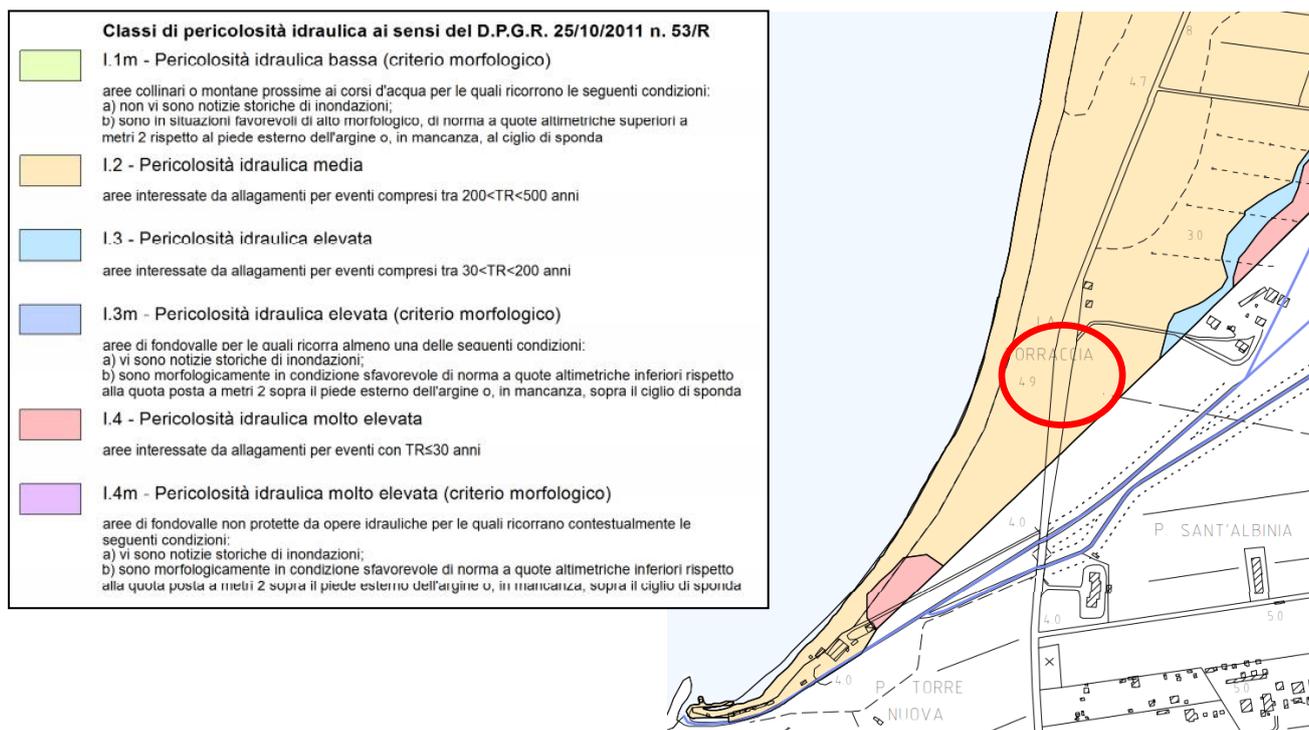
**Pericolosità idraulica elevata (I.3)**: le aree fragili per eventi di esondazione compresi tra  $30 < Tr < 200$  anni.

**Pericolosità idraulica elevata (I.3m)**: nelle aree non coperte dagli studi idrologico-idraulici di supporto alla Pianificazione urbanistica, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni: a) vi sono notizie storiche di inondazioni b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

**Pericolosità idraulica media (I.2)**: le aree della pianura alluvionale, coperte dagli studi idrologico-idraulici, esterne alle zone giudicate fragili per episodi di esondazione con  $Tr > 200$  anni. Nelle aree non coperte dagli studi idrologico-idraulici di supporto alla Pianificazione urbanistica, rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni: a) non vi sono notizie storiche di inondazioni b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

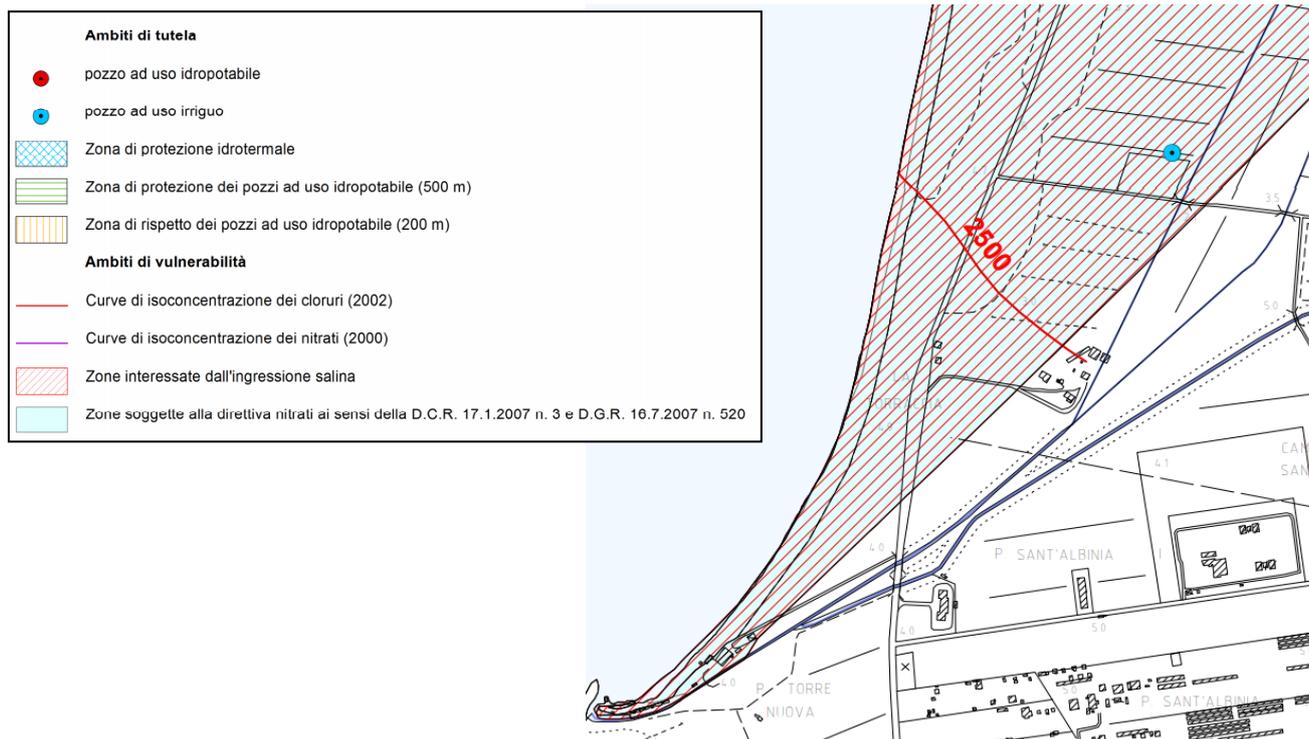
**Pericolosità idraulica bassa (I.1)**: aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni: a) non vi sono notizie storiche di inondazioni b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Relativamente alle aree a **Pericolosità Idraulica Molto Elevata (I.4)**, nelle aree vulnerabili per eventi con tempo di ritorno inferiore a 20 anni non sono possibili nuove previsioni edificatorie (Art. 5 comma 2 delle Norme del Piano Assetto Idrogeologico del Bacino Regionale Toscana Costa), essendo permesse esclusivamente nuove previsioni per infrastrutture a rete non diversamente localizzabili, per le quali sarà comunque necessario attuare tutte le dovute precauzioni per la riduzione del rischio.



*Carta della pericolosità idraulica del territorio comunale estratto dal Piano Strutturale*

Nel dettaglio, come si evince dalla cartografia sopra riportata, l'area ricade in zona a Pericolosità idraulica *media*, ovvero interessata da possibili allagamenti per eventi con tempi di ritorno compresi tra 200 e 500 anni; appare invece soggetta ad intrusione del cuneo salino verso la terra ferma nonché zona vulnerabile da nitrati e cloruri di origine agricola.



*Carta delle problematiche idrogeologiche del territorio comunale estratto dal Piano Strutturale*

## 11. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Nel bacino del Fiume Cornia è possibile definire uno schema idrogeologico caratterizzato dalla presenza di due acquiferi di primario interesse: l'acquifero delle formazioni carbonatico-evaporitiche mesozoiche, permeabile per fratturazione; l'acquifero multistrato delle formazioni quaternarie della pianura, contenuto nei livelli permeabili delle sabbie pleistoceniche e delle alluvioni oloceniche, permeabili per porosità intergranulare (CISS 32CT020 "Acquifero della Pianura del Cornia"). Il primo di essi è costituito dalle formazioni carbonatiche mesozoiche e alla base, delle evaporiti triassiche ed è limitato al letto da formazioni metamorfiche paleozoiche e al tetto può essere confinato dalle argilliti della Scaglia, dal Macigno, dalle Unità Liguri e Austroalpine, dalle argille neo-autoctone. Le zone di affioramento in corrispondenza di horst, rappresentano aree di ricarica meteorica. I principali affioramenti dell'acquifero carbonatico/evaporitico sono localizzati a Venturina-Campiglia Sassetta. L'acquifero è sede di importante circolazione di fluidi termali che si manifestano, in prossimità di faglie dirette, sotto forma di sorgenti, spesso di acque termali, e che contribuiscono all'alimentazione dei sistemi acquiferi della pianura. Ai fini dell'approvvigionamento idrico idropotabile, irriguo e industriale, l'acquifero il principale interesse pratico è contenuto nei depositi permeabili del Quaternario, costituiti da livelli di ghiaie alluvionali oloceniche, legati alla deposizione del Fiume Cornia, e dai livelli di sabbie/arenarie e ghiaie pleistoceniche della

zona di S. Vincenzo-Piombino. Entrambe le unità idrostratigrafiche giacciono su di un substrato profondo, che si differenzia da zona a zona. Lo schema è il seguente (Regione Toscana 2003):

- un acquifero superficiale freatico-semiconfinato, spesso sospeso, di modesto spessore e discontinuo nella bassa pianura;
- un sistema acquifero confinato multistrato, costituito da più livelli (in genere 4) ghiaiosi acquiferi sovrapposti.

Nello studio per la caratterizzazione del CISS, il sistema acquifero è definito multistrato, in ragione di un'alternanza di livelli permeabili, costituiti essenzialmente da ghiaie e sabbie, e livelli impermeabili o di bassa permeabilità rappresentati dai depositi limoso-argillosi e argille, presenti in maniera discontinua. Nello stesso lavoro vengono distinti cinque orizzonti acquiferi, con differenti estensioni e continuità, costituiti principalmente da sabbie e ghiaie in differenti proporzioni (in accordo con la ricostruzione geometrica dell'acquifero della pianura del Cornia proposta da Ghezzi et al., 1993). In particolare, sulla base di studi litostratigrafici e analisi geofisiche il sistema acquifero confinato profondo viene descritto dagli autori come costituito da quattro livelli di ghiaia separati da livelli di argilla; questa alternanza è meglio documentata nelle porzioni centrali del bacino, dove gli spessori dei livelli argillosi sembrano aumentare.

L'acquifero 1, il più profondo, ha granulometria ghiaiosa e si sviluppa prevalentemente in corrispondenza dei margini sud-ovest e nord-est della piana del Cornia. I livelli permeabili 2 e 3, anche questi caratterizzati dalla prevalenza di ghiaie, rappresentano gli acquiferi più estesi e continui, sviluppandosi per quasi tutto l'areale del bacino. Anche l'acquifero 4 è caratterizzato da una marcata continuità, occupando però la sola metà occidentale del CISS. Infine il livello acquifero 5, il più superficiale, è limitato a due aree costiere localizzate a nord, tra S. Vincenzo e Origliano, e ad est di Piombino. Questi ultimi due orizzonti acquifero risultano costituiti in prevalenza da sabbie. Per quanto riguarda gli spessori, con gli oltre 14 metri di spessore medio, l'orizzonte acquifero profondo (1), risulta essere il più potente. L'attribuzione di valori dei parametri idrodinamici a ciascun livello individuato risulta assai complessa dal momento che le prove disponibili hanno interessato più orizzonti produttivi. Si evidenzia in particolare, subito a valle di Forni, un'area di primaria importanza ai fini dell'alimentazione dell'intero sistema acquifero di pianura, in cui: i) lo spessore dell'acquifero freatico è massimo; ii) l'acquifero freatico può essere localmente a diretto contatto con il subalveo del Fiume Cornia; iii) si manifesta in alveo la presenza di anomalie termiche a indicazione di risalita di fluidi caldi



Carta idrogeologica del territorio comunale estratto dal Piano Strutturale

L'area di progetto è interessata da unità litologiche molto diverse tra loro rispecchiandosi anche nelle proprietà idrogeologiche, il primo tratto è interessato da terreni a permeabilità mista essendo caratterizzati da sabbie e arenarie più o meno cementate, a cui segue un livello a permeabilità molto bassa data dai depositi lacustri limo-argillosi talora torbosi, ed infine i depositi sabbiosi tipici costieri caratterizzati invece da permeabilità elevata poiché abbastanza sciolti e poco addensati anche a piccole profondità.

Le indagini hanno individuato la falda nel sondaggio S7 (effettuato nell'immediato retrospiaggia) misurandola a -3.6 m da p.c. il giorno 16/04/2019, chiaramente in equilibrio con la marea del momento.

Il piezometro R5 è stato monitorato per un breve periodo mostrando una certa stabilità in riferimento al livello d'ingressione marina che si incunea al di sotto della falda dolce.

| Misura in m da p.c. | 29/01/2021 | 03/02/2021 | 06/02/2021 |
|---------------------|------------|------------|------------|
| Pz R5               | -3.31      | -3.30      | -3.31      |

Interazione fra corpi idrici e la falda sotterranea

Vi sono dei canali di bonifica che sicuramente hanno interazione con la falda, in senso sia alimentante che drenante a seconda del livello idrico in essi contenuti. I medesimi canali potrebbero essere fonte di ingressione marina.

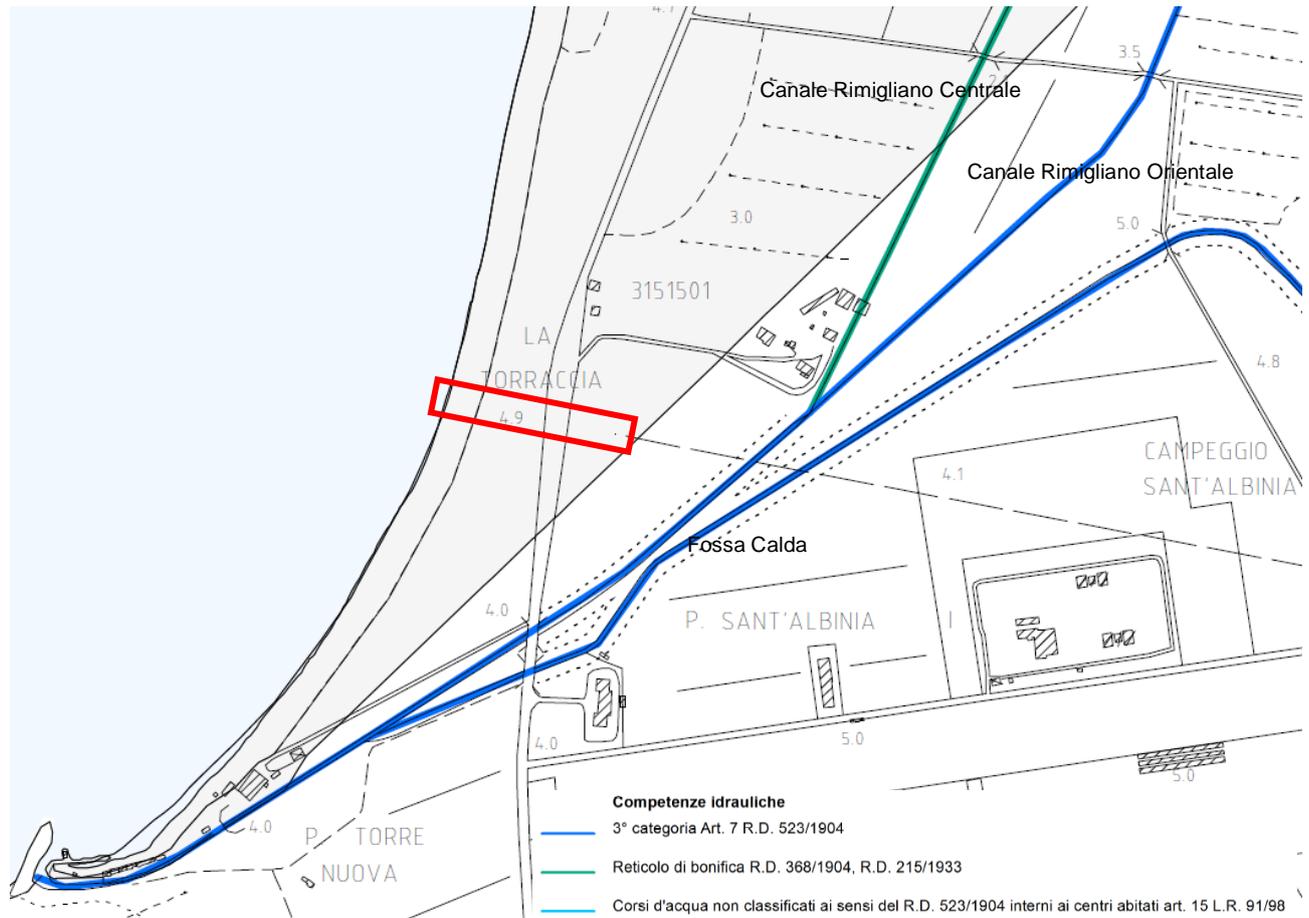
Per quanto riguarda il Canale di Rimigliano Centrale e Orientale e la Fossa Calda si riporta la descrizione estrapolata dallo studio idrologico-idraulico: “fanno parte di un sistema di bonifica molto esteso, il bacino imbrifero sotteso misura complessivamente 20.72 km<sup>2</sup>. Il bacino più depresso è quello del Canale Rimigliano Centrale con una quota media di 1.00 m s.l.m., esso è dotato di una stazione di sollevamento (La Torraccia) prima dell'immissione nel Canale Rimigliano Orientale. Il Canale Rimigliano Orientale presenta anch'esso caratteristiche tipicamente di bonifica con quote medie di bacino di circa 3 m.



*Vista dei due canali (Barnandano orientale e Fossa calda) presenti nell'area*



Dettaglio dell'area di foce (distale dall'intervento) ove confluiscono entrambi i canali

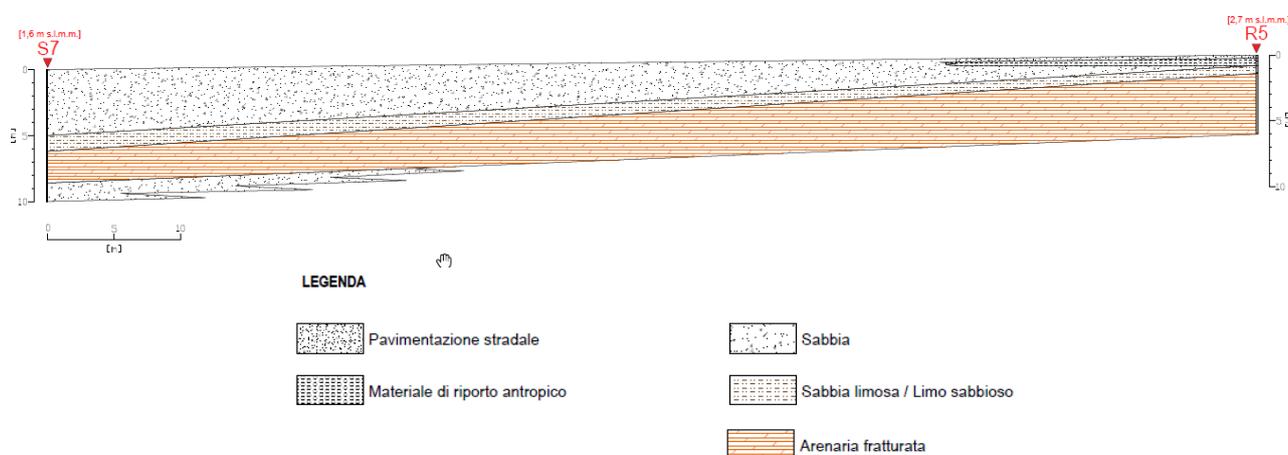


Estratto tav.A43 - Carta delle competenze idrauliche del Piano Strutturale d'Area della Val Cornia - Comune di San Vincenzo

Considerazioni sulla falda costiera nell'area di La Torraccia (San Vincenzo):

Le premesse naturalmente risultano del tutto simili all'area di Salivoli, salvo che qui la piana costiera è molto più ampia e meno acclive.

Anche in questo caso sono praticamente assenti terreni a bassa permeabilità, come mostrato in sezione. Solo l'arenaria fratturata potrebbe presentare fasce poco fratturate e quindi meno permeabili, ma i dati in ns possesso ( i sondaggi S7, R5) non danno indicazioni in tal senso.



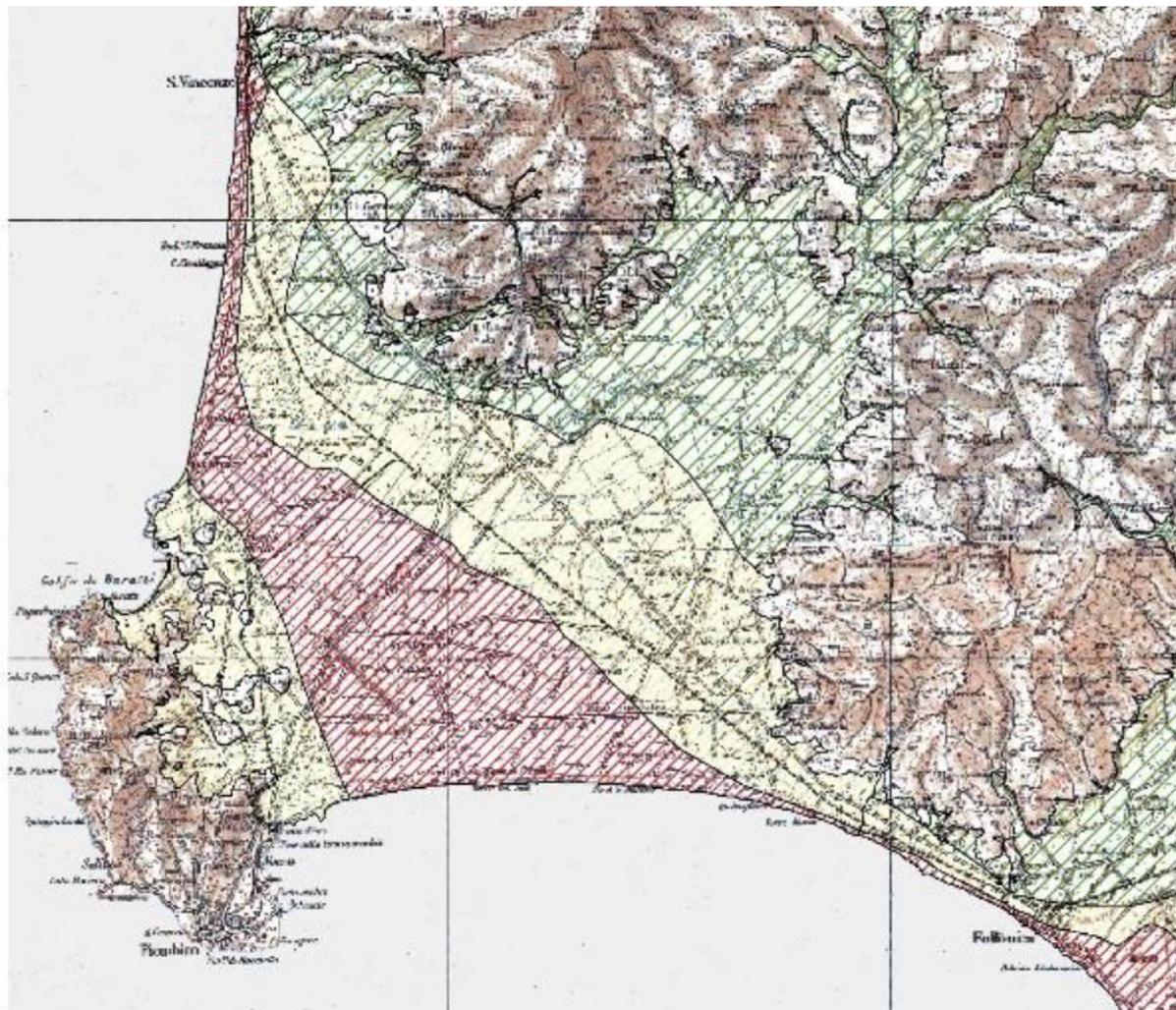
Le indagini hanno individuato la falda nel sondaggio S7 (effettuato nell'immediato retrospiaggia) misurandola a - 3.6 m da p.c. il giorno 16/04/2019, chiaramente in equilibrio con la marea del momento.

Il piezometro R5 è stato monitorato per un breve periodo mostrando una certa stabilità in riferimento al livello d'ingressione marina che si incunea al di sotto della falda dolce.

| Misura in m da p.c.     | 29/01/2021 | 03/02/2021 | 06/02/2021 |
|-------------------------|------------|------------|------------|
| Pz R5 (quota 2.7 m slm) | -3.31      | -3.30      | -3.31      |

Il comportamento teorico della falda costiera è quello illustrato dal seguente (classico) schema





**Zonazione Intrusione Salina**

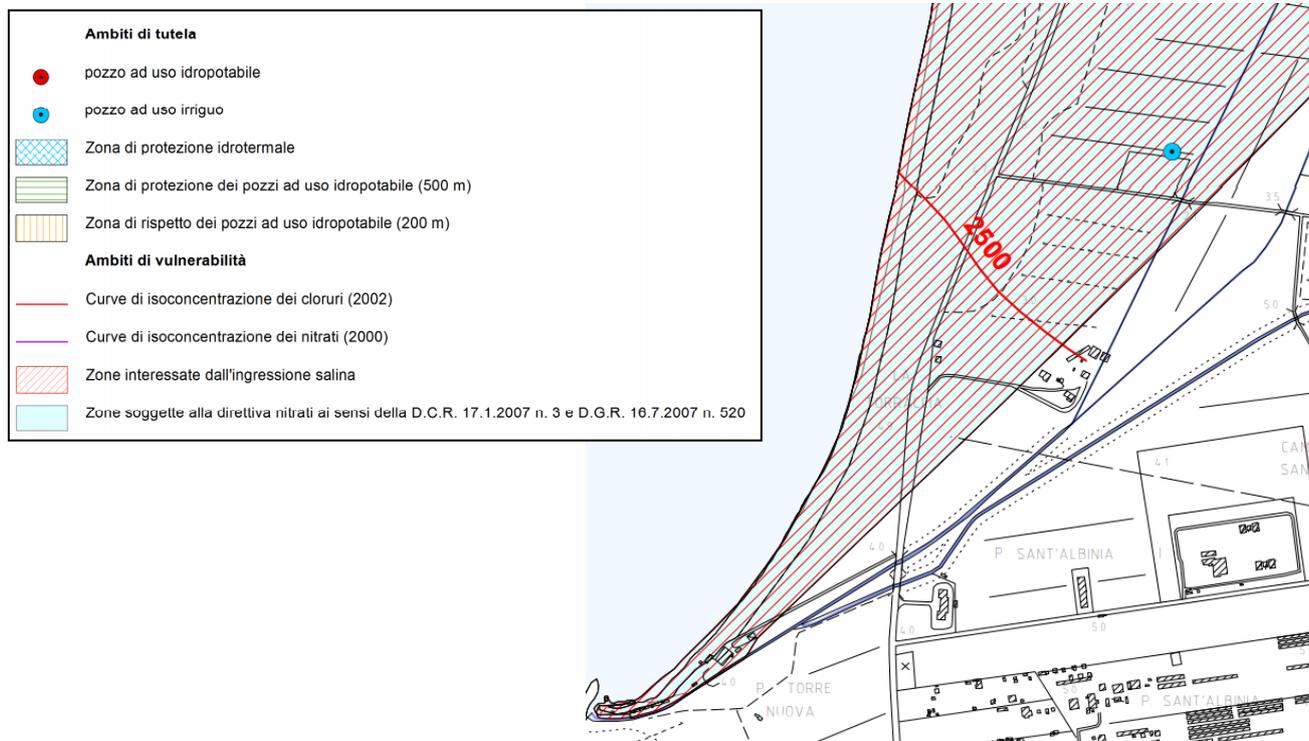
**classe**

-  IS 1
-  IS 2
-  IS 3

**CORPO IDRICO DELLA PIANURA DEL F. CORNIA E DEL TERRAZZO DI SAN VINCENZO**

Entrambi i corpi idrici sono classificati in stato Non Buono per intrusione salina e vengono qui considerati insieme. I dati e gli studi consultati sono: “Caratterizzazione geologica, idrogeologica e idrogeochimica dei Corpi Idrici Sotterranei Significativi della Regione Toscana (CISS)”, che riporta la caratterizzazione geochimica effettuata attraverso indagini puntuali su pozzi; i Piani Strutturali dei Comuni di Piombino (2006) e San Vincenzo (2010). Le aree IS1 sono state perimetrate seguendo la caratterizzazione geochimica dei punti di indagine (che sono comunque riferiti ad annualità disparate) e le cartografie comunali, che confermano con sufficiente confidenza i dati puntuali. Sono stati inoltre consultati i risultati di una campagna di misura sulla conducibilità delle acque sotterranee effettuata nel 2018 nell’ambito del progetto “Rewat” e forniti ancor prima della conclusione del progetto dalla Scuola Superiore Sant’Anna di Pisa. Per ora alcune aree nell’interno (es. l’area di

Venturina) pur presentando punti con conducibilità elevata non sono state inserite in IS1 perché attribuite ad di diversa origine (termale). Anche in questo caso le zone IS2 sono state perimetrare valutando le superfici piezometriche e le depressioni indotte dai prelievi. In zona IS3 è stato inserito tutto il resto del corpo idrico.



*Carta delle problematiche idrogeologiche del territorio comunale estratto dal Piano Strutturale; in rosso zona interessata dall'ingressione salina.*

Come precauzione da attuare, per lo scavo (comunque effettuato a profondità modeste da p.c.) effettivo della connessione, si dovrà procedere con una misurazione diretta dell'interfaccia e alla valutazione dell'utilizzo di tecniche autoaffondanti (quindi senza dewatering) o di barriere idrauliche statiche (palancole o simili) e dinamiche (iniezioni di acqua dolce) onde impedire il fenomeno di risalita dell'acqua salata a seguito di operazioni di drenaggio forzato.

Per quanto riguarda l'area di monte ove il pericolo d'ingressione marina risulta non trascurabile, si procederà con la realizzazione di drilling o comunque tecniche trenchless, pertanto non si andrà ad interagire con i livelli piezometrici e quindi non si inducono perturbazioni nell'interfaccia della falda dolce/salata.

## CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA

Al fine di ricostruire il modello geologico del sito ci si è avvalsi prevalentemente di sondaggi a carotaggio continuo di seguito descritti.

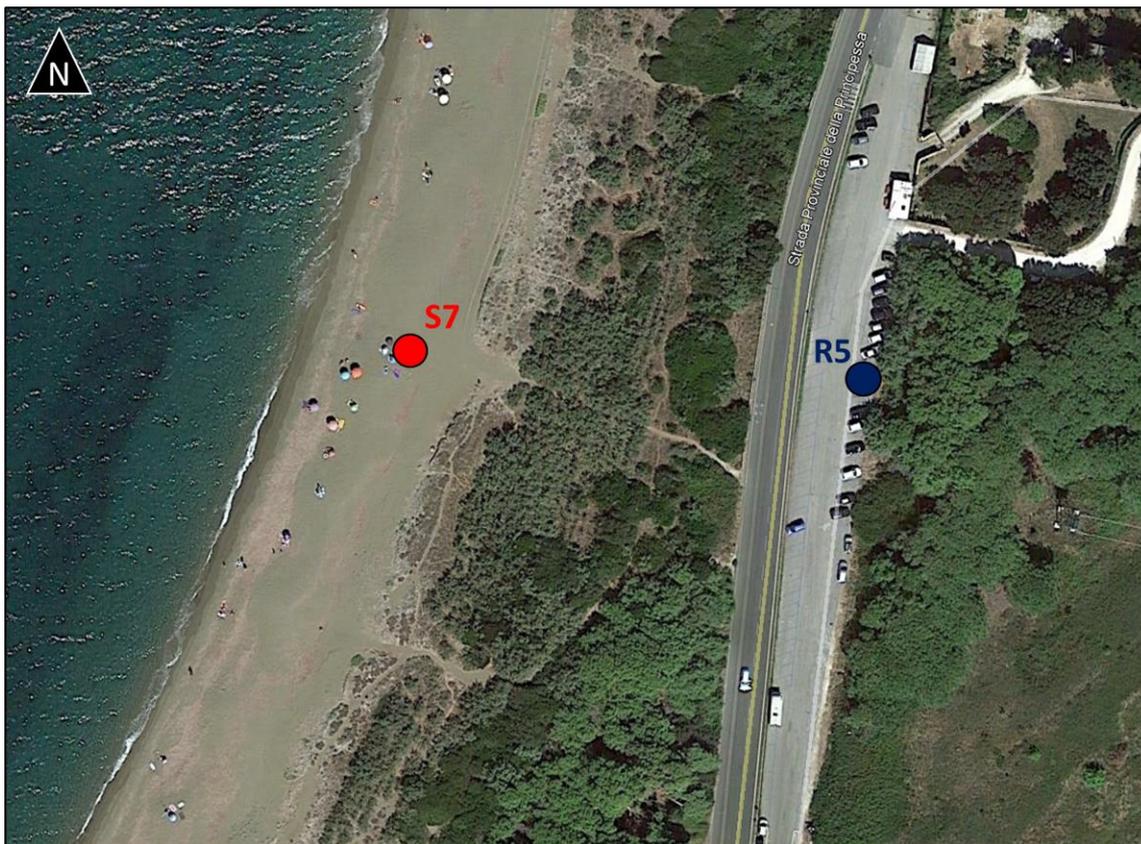
Nell'area di interesse sono stati eseguiti 1 sondaggi a carotaggio continuo con circolazione di fluidi (i cui logs stratigrafici completi e le foto delle cassette catalogatrici sono presenti in allegato) spinti fino alla profondità massima di 10 m da p.c. Nell'avanzamento della perforazione è stato usato un carotiere semplice diam. 101 mm e rivestimento diam 126. Le carote sono state deposte in cassette catalogatrici e sulle stesse, in corrispondenza delle litologie coesive, sono state effettuate, dove i materiali litologici lo permettevano, delle verifiche con il Torvane (T, scissometro tascabile) per determinare la resistenza al taglio e con il PP (Pocket Penetrometer test). Sono stati prelevati dei campioni di terreno indisturbati, tramite campionatore ad infissione tipo "Ostemberg", e sono stati prelevati inoltre dei campioni rimaneggiati.

Durante la perforazione sono state eseguite delle prove SPT. La prova SPT consiste nella misura del numero di colpi necessari per l'infissione di un campionatore Raymond sotto i colpi di un maglio della massa di 63.5kg ( $\pm 0.5$ kg) e volata di 0.76m ( $\pm 0.02$  m). La prova viene eseguita al fondo di un foro di sondaggio spinto alla profondità desiderata. Per le operazioni di pulizia e approfondimento del foro non è possibile eseguire la prova con frequenza maggiore di una al metro. Il campionatore viene infisso per tre avanzamenti successivi di 150 mm ciascuno. Il primo tratto, detto di avviamento, comprende l'eventuale penetrazione iniziale per peso proprio; se sotto un numero di colpi  $N_1=50$  l'avanzamento è minore di 15 cm, l'infissione deve essere sospesa, la prova è considerata conclusa, e si annota la relativa penetrazione (ad esempio  $N_1= 50/13$ cm). La resistenza alla penetrazione è caratterizzata dalla somma del numero di colpi necessari all'avanzamento del secondo e terzo tratto da 150mm:

$$N_{SPT} = N_2 + N_3$$

In questo modo si elimina o si riduce al minimo l'influenza di fattori estranei quali presenza di detrito a fondo foro e il disturbo prodotto dal rilascio tensionale durante la perforazione. Se con  $N_2+N_3= 100$  non si raggiunge l'avanzamento di 30cm, si dice che la prova è andata "a rifiuto", l'infissione è sospesa e la prova è considerata conclusa, annotando la relativa penetrazione. Al termine di ciascuna determinazione il campionatore Raymond viene riportato in superficie per consentire l'approfondimento del foro e per recuperare il campione che è di classe Q2 (al massimo Q3). Quando è richiesto di conservare il campione, esso è trasferito dal tubo di campionamento a contenitori a tenuta (barattoli, sacchetti di plastica).

A seguito si riporta un'ortofoto con l'ubicazione dei sondaggi (con relative coordinate).



Ubicazione sondaggi S7 (in rosso) e R5 presso San Vincenzo (LI) su ortofoto

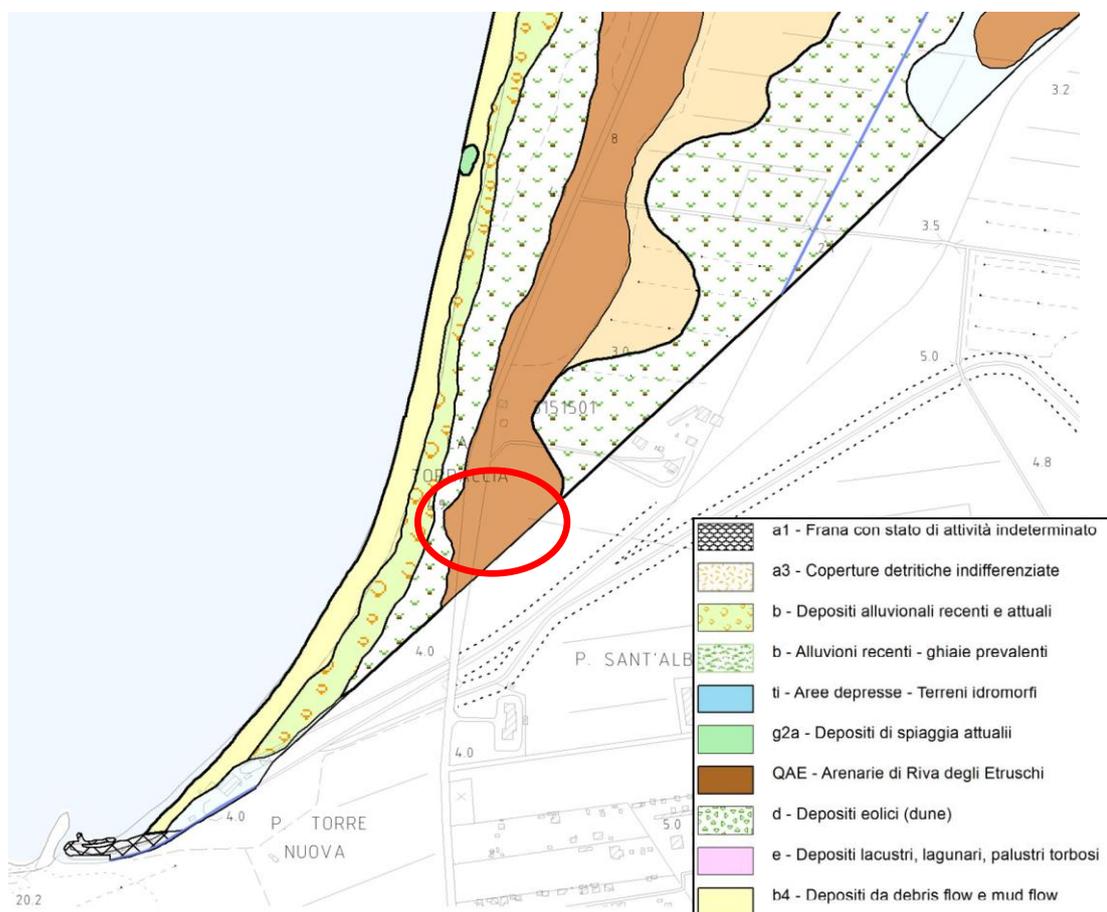
| WGS84        |            |             |
|--------------|------------|-------------|
| ID SONDAGGIO | LATITUDINE | LONGITUDINE |
| S7           | 43.019403° | 10.521932°  |
| R5           | 43.019355° | 10.523078°  |

Le unità affioranti in località Torraccia sono caratterizzate da depositi sciolti olocenici rielaborati dall'azione del mare e del vento e così descritti, in riferimento alla cartografia geologica sotto riportata:

- Arenarie di Riva degli Etruschi dell'Olocene, caratterizzate da arenarie debolmente cementate con granulometria da fine a media e riportate in carta di colore marroncino. Tale unità è stata rinvenuta anche nel sondaggio S7 eseguito in spiaggia (vedi tavola con ubicazione indagini) e fortemente fratturato.
- Depositi eolici recenti costituiti da sabbie incoerenti, monogranulari, ben classate, talora stratificate, di colore bruno e dovute all'accumulo eolico che formano le tipiche dune costiere della zona, segnate in

carta con tratteggio verde e visibile anche nella carta geomorfologica (riportata nel paragrafo "caratteristiche geomorfologiche").

- Depositi alluvionali recenti e attuali (Olocene), costituiti prevalentemente da limi, limi sabbiosi con contenuti variabili di argilla e sporadica presenza di ghiaie poligeniche immerse nelle sabbie.



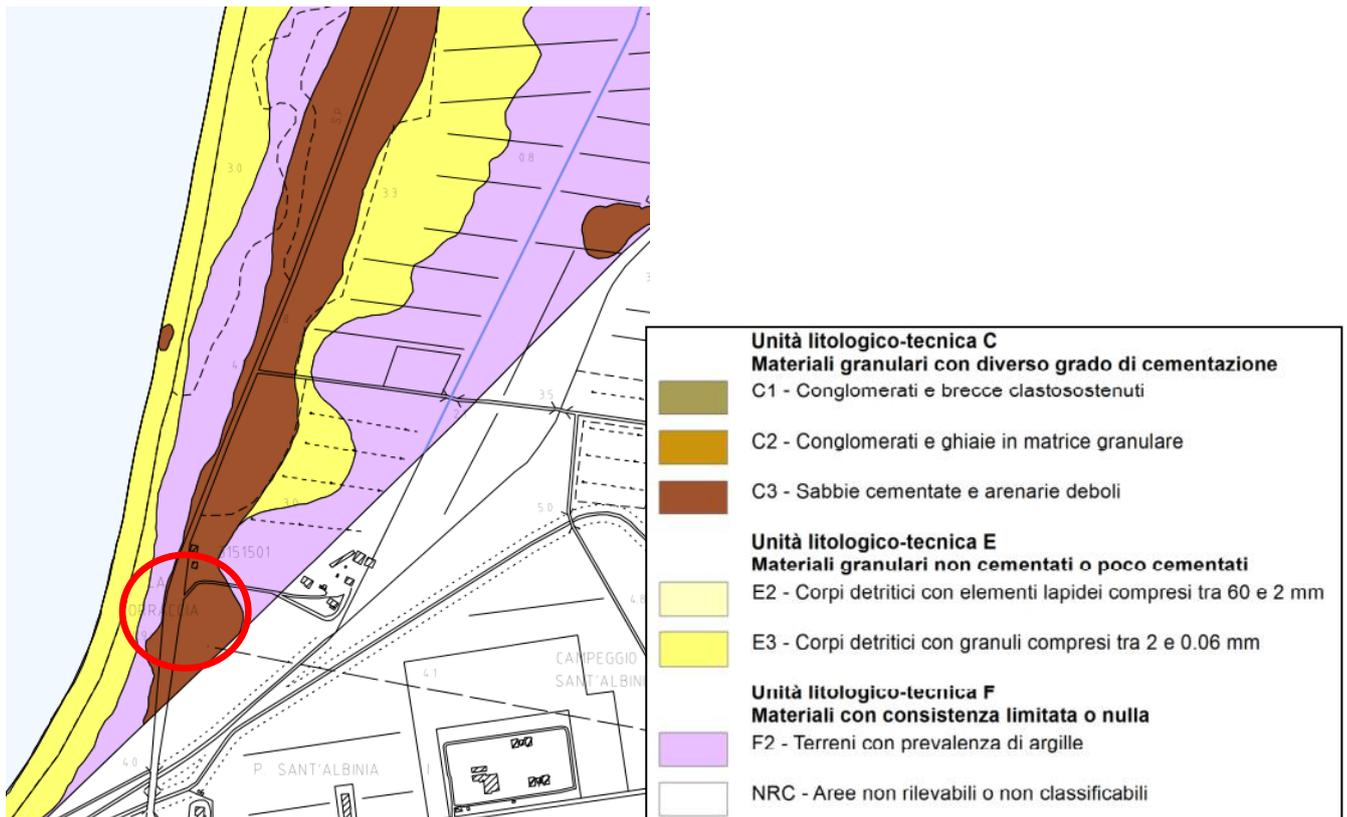
Carta geologica in scala 1:5000 dell'area d'indagine estratta dal Piano Strutturale comunale; in rosso il sito investigato

Le unità affioranti sono state classificate dal punto di vista litologico-tecnico (da Piano strutturale d'area intercomunale) tenendo conto non solo delle caratteristiche puramente litologiche ma anche in funzione delle proprietà meccaniche e così descritte (si riportano soltanto le unità presenti nell'area d'indagine):

Unità litologico - tecnica C, appartengono a questa unità le rocce e le rocce deboli costituite da materiale prevalentemente granulare con grado di cementazione medio-basso e che presentano caratteristiche intermedie tra quelle delle rocce e quelle delle terre s.s.. L'Unità è suddivisa in sottoclassi in funzione dei rapporti reciproci tra clasti, matrice e grado di cementazione (C1 - conglomerati e brecce clasto-sostenuti; C2 - conglomerati e brecce matrice-sostenuti; C3 - sabbie cementate e arenarie deboli).

Unità litologico - tecnica E, comprende depositi costituiti da materiale prevalentemente granulare non cementato o con basso grado di cementazione da addensati a sciolti. Questa unità litologica-tecnica è suddivisa in tre sottoclassi in base alla dimensione media dei granuli. (E1- ciottoli e blocchi; E2 - Ghiaie; E3 - sabbie).

Unità litologico - tecnica F, caratterizzata da terreni a comportamento coesivo con consistenza limitata o nulla. Anche in questo caso sono previste due sottoclassi distinte in base alla granulometria prevalente (F1 - limi; F2 - argille).



Carta geologico-tecnica in scala 1:5000 dell'area d'indagine estratta dal Piano Strutturale comunale; in rosso il sito investigato

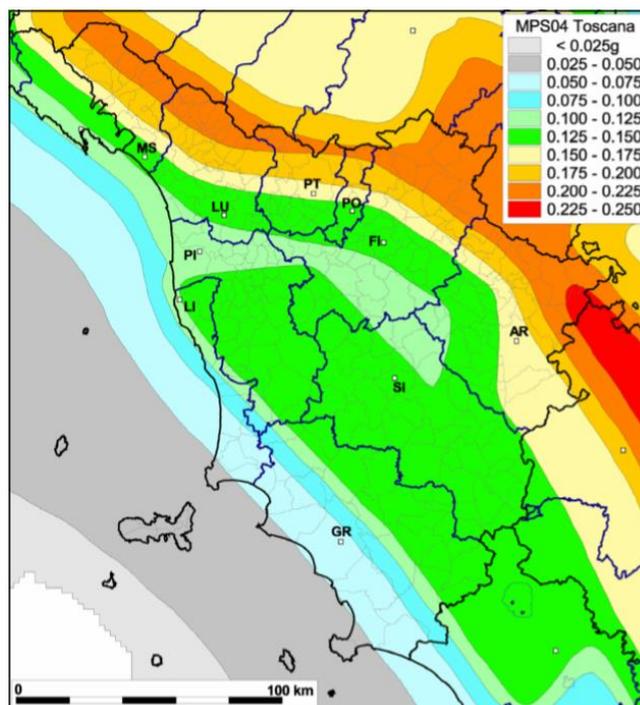
Le indagini eseguite hanno interessato, per quanto riguarda la spiaggia, tutti i depositi sciolti, ovvero sabbie grossolane di battigia e sabbie fini (per circa 6 m di spessore), nonché le arenarie attribuibili alle Arenarie di Riva degli Etruschi dell'Olocene, mentre quelle nell'entro terra hanno attraversato i sedimenti sciolti prevalentemente granulari (raramente coesivi) rilevando la presenza delle arenarie a debole profondità ovvero entro i primi 1.5 – 2.0 m da p.c. (vedi stratigrafia R5).

**Tabella 2 - Classificazione litologico-tecnica**

| Unità    | Sotto classe | Descrizione   | Formazioni   |
|----------|--------------|---|--|
| <b>A</b> | <b>A</b>     | Materiale lapideo costituito da unico litotipo non stratificato           | Calcere massiccio ( <i>MAS</i> ), Filoni porfirici ( <i>FPO</i> )  |
| <b>B</b> | <b>B1</b>    | Rocce stratificate  | Vulcaniti di S. Vincenzo ( <i>λ</i> ),   |
|          | <b>B2</b>    | Rocce stratificate  | Calcari rossi con ammoniti ( <i>RSA</i> ), Diaspri ( <i>DSD</i> ),   |
|          | <b>B3</b>    | Rocce costituite da alternanze di litotipi diversi (argilliti < 25%)      | Macigno ( <i>MAC</i> ), Flysch di Monteverdi ( <i>MTV</i> ),   |
|          | <b>B4</b>    | Rocce costituite da alternanze di litotipi diversi (75%>argilliti> 25%)   | Argille a Palombini ( <i>APA</i> ), Argille e calcari di Canetolo ( <i>ACC</i> )   |
|          | <b>B5</b>    | Rocce costituite da alternanze di litotipi diversi (argilliti > 75%)      | Argilliti a Phitonella ( <i>SPT</i> ), Scaglia Toscana ( <i>STO</i> )  |
| <b>C</b> | <b>C1</b>    | Conglomerati e breccie clasto sostenuti                                   | Conglomerato di Montebamboli ( <i>BAM</i> )  |
|          | <b>C2</b>    | Conglomerati e ghiaie immersi in una matrice essenzialmente granulare     | Conglomerati e ghiaie ( <i>QMCC</i> )  |
|          | <b>C3</b>    | Sabbie cementate e arenarie deboli  | panchina ( <i>QMCb</i> ), Arenarie di Riva degli Etruschi ( <i>QAE</i> )   |
| <b>E</b> | <b>E2</b>    | Corpi detritici con elementi lapidei mediamente compresi tra 2 mm e 60 mm | depositi alluvionali ghiaie prevalenti ( <i>b1</i> ), depositi di debris flow ( <i>b4</i> ), coperture detritiche indifferenziate ( <i>a3</i> ), frana con stato di attività indeterminato ( <i>a1</i> ), Terreni di riporto ( <i>h5</i> ) |
|          | <b>E3</b>    | Corpi detritici con granuli compresi tra 2 e 0.06 mm                      | limi e Sabbie rosse ( <i>QMCA</i> ), spiagge ( <i>g2<sub>a</sub></i> ), dune ( <i>d</i> )  |
| <b>F</b> | <b>F2</b>    | Terreni con prevalenza di argille   | depositi alluvionali ( <i>b</i> ), depositi lacustri, lagunari, palustri e torbosi ( <i>e</i> ), terreni idromorfi ( <i>ti</i> )   |

### Classificazione sismica del sito

La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo. Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.). Analizziamo quindi la Mappa di pericolosità sismica (MPS) della Toscana (mappa mediana al 50° percentile). I valori di accelerazione sono riferiti ad un tempo di ritorno pari a 475 anni (INGV, 2004)



Mapa di pericolosità sismica della Regione Toscana

La Toscana, come gran parte della nostra Penisola, è un territorio a rischio sismico. L'intero territorio nazionale è stato classificato in quattro zone a diversa pericolosità sismica con valori da 1 a 4 (massima in zona 1), sulla base all'intensità e alla frequenza dei terremoti del passato. I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (**ag**) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

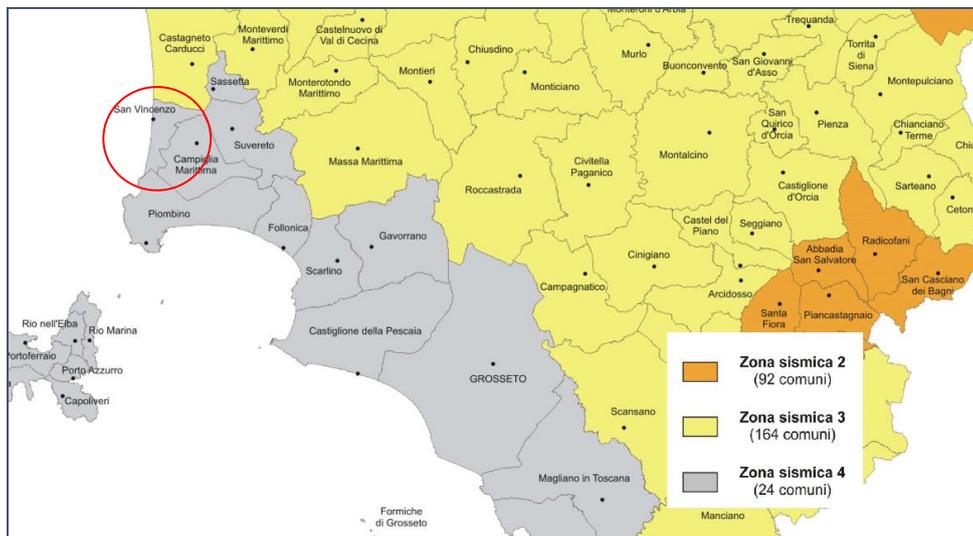
In Toscana su un totale di 280 comuni:

- 90 sono inseriti in zona 2 (31,3% del territorio regionale), dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti
- 106 in zona 3s (36,9% della superficie), a bassa sismicità
- 67 in zona 3 (23,3% della superficie), con possibilità di modesti scuotimenti
- 24 in zona 4 (8,3%), la meno pericolosa.

Le aree più esposte al rischio sismico sono quelle appenniniche: la Lunigiana, la Garfagnana, il Mugello, la Valtiberina al confine con l'Umbria, il Casentino e l'Amiata, zone in cui si sono verificati in passato forti terremoti. Tra i più recenti: gli eventi del 26 aprile 1917 (Amiata, IX grado MCS), del 29 giugno 1919 (Mugello, IX grado MCS) e del 7 settembre 1920 (Garfagnana, IX-X grado MCS).

Per quanto riguarda nello specifico il territorio di Piombino a seguito dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3519 del 28/04/2006, e della D.G.R.T. n. 431 del 19/06/2006 il territorio del Comune di San

Vincenzo è stato inserito nella zona 4 della nuova classificazione sismica, per la quale è prevista una accelerazione massima convenzionale sul suolo di categoria A pari ad  $a_g = 0.05g$ .



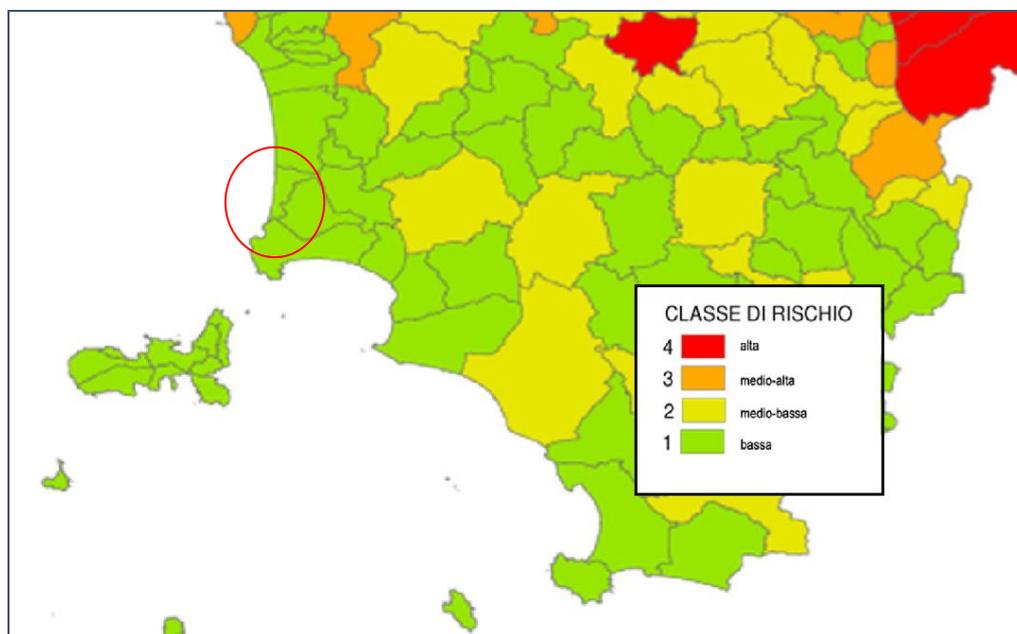
*Zonazione sismica regionale.*

Il rischio sismico rappresenta la combinazione della pericolosità, esposizione e vulnerabilità sismica e misura i danni attesi in un'area, in un intervallo di tempo, in base alla sismicità, alla capacità di resistenza del patrimonio edilizio e dipende dal grado di antropizzazione.

Per la valutazione del rischio sismico a scala territoriale, è stato sviluppato un metodo speditivo semplificato che, sulla scorta di quanto richiesto dalla L.R. 65/2014, è stato elaborato quale base per la definizione delle aree esposte a rischio per la pianificazione territoriale e quale criterio di priorità di azioni di prevenzione.

La valutazione del rischio sismico a grande scala, finalizzato alla definizione della probabilità di accadimento di danni a seguito di un evento sismico in una determinata area, è un'operazione complessa. A scala regionale è stato elaborato un modello semplificato che tenga conto dei fattori di rischio a scala comunale sulla base dei dati omogenei a disposizione per ciascun comune. Per la pericolosità sismica si fa riferimento alla pericolosità di base ( $A_g \max$ ), per l'esposizione e la vulnerabilità si può fare riferimento ai dati ISTAT della popolazione e abitazioni. Per quanto riguarda la vulnerabilità sismica, dopo opportune considerazioni generali, si è ritenuto di semplificare il modello tenendo conto delle caratteristiche di omogeneità del patrimonio edilizio, assumendo tale fattore costante per tutto il territorio regionale. Il modello semplificato ha permesso di ricavare, per ciascun fattore di rischio, quattro classi di riferimento (per la vulnerabilità, in questa prima ipotesi, la classe è unica), finalizzate alla definizione di quattro classi di rischio sismico. Tale operazione ha visto dapprima la definizione di soglie per l'individuazione delle classi e successivamente la predisposizione di una matrice di riferimento per definire il livello di rischio risultante dalla combinazione tra i diversi fattori di rischio. La metodologia è stata inoltre sviluppata per la valutazione del rischio a scala territoriale di livello inferiore (ad esempio a scala comunale), utilizzando i dati relativi sia alla pericolosità sismica di base che locale, laddove disponibili attraverso

studi di microzonazione sismica, che elaborando i dati statistici dell'ISTAT disponibili per tutto il territorio per ciascuna sezione di censimento per l'esposizione e per la vulnerabilità. Maggiori dettagli e conoscenze specifiche consentono inoltre di affinare la valutazione e la definizione del rischio per ciascuna area omogenea.



*Suddivisione del territorio regionale in classi di rischio sismico.*

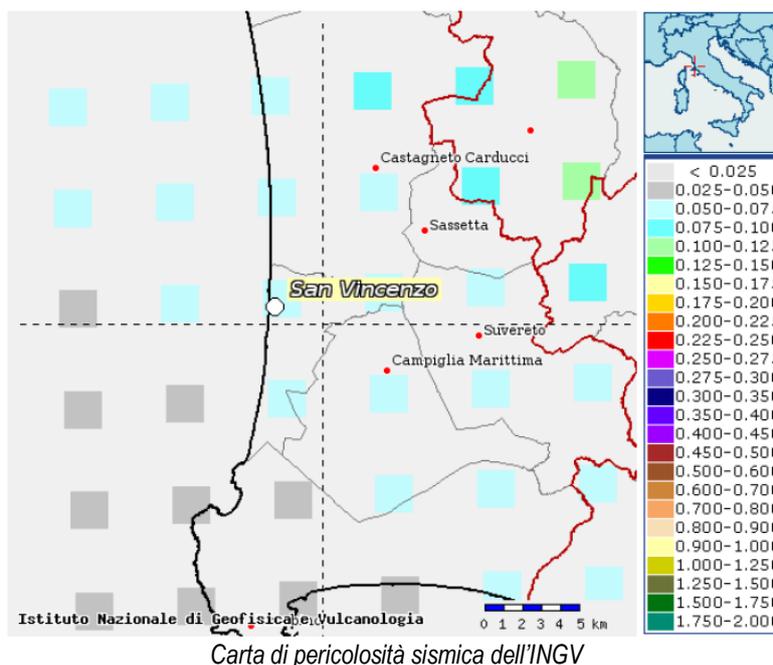
Si nota come il comune di San Vincenzo ricade nella, classe di rischio di grado più basso (classe 1), riferita ad un tempo di ritorno pari a 475 anni.

Il territorio comunale (Secondo la classificazione sismica indicati nell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/03) è classificato dal punto di vista sismico in classe IV con quindi i seguenti parametri edificatori minimi.

| Zona | Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ ) | Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g/g$ ) |
|------|---|--|
| 4    | < 0.05  | 0.05   |

*La classificazione sismica in zone 1 2 3 4 dopo l'entrata in vigore delle NTC08 ha solo valore amministrativo, vale solo per i controlli sui progetti da parte del GC. L'azione sismica va sempre calcolata tenendo conto della griglia. Per l'identificazione della zona sismica in cui ricade ciascun comune o porzione di esso, occorre fare riferimento alle disposizioni emanate ai sensi dell'art. 83, comma 3, del DPR 6.6.2001, n. 380.*

Sulla base delle mappe interattive dell'I.N.G.V., l'area comunale di Salivoli è inseribile nella fascia distinta da un valore di accelerazione sismica orizzontale  $a_g$ , riferito a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s,30} > 800$  m/s (Classe A), compreso tra 0.05 ( $a_g/g$ ) e 0.075 ( $a_g/g$ ).



### Categoria sismica sottosuolo e condizioni topografiche

#### Categoria sismica sottosuolo

A seguito si riporta quanto indicato nelle NTC del D.M. 17/01/2018 nel capitolo “Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche” nel punto 3.2.2. per la determinazione della categoria sismica di sottosuolo.

Dal momento che non si hanno sufficienti dati per definire con accuratezza la categoria sismica di sottosuolo dell'area si è cautelativamente attribuito la condizione peggiorativa, ai terreni in sito è stata attribuita la **categoria sismica di sottosuolo D**.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica   |
|-----------|--|
| A         | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.   |
| B         | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.  |
| C         | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.   |
| D         | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E         | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.  |

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica  |
|-----------|---|
| T1        | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$                      |
| T2        | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$  |
| T3        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$                  |

All'area oggetto di studio si può attribuire la **condizione topografica T1**.

**Liquefazione terreni**

In base alle indicazioni del paragrafo 7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione del DM 17/01/2018, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

5. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
6. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
7. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
8. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

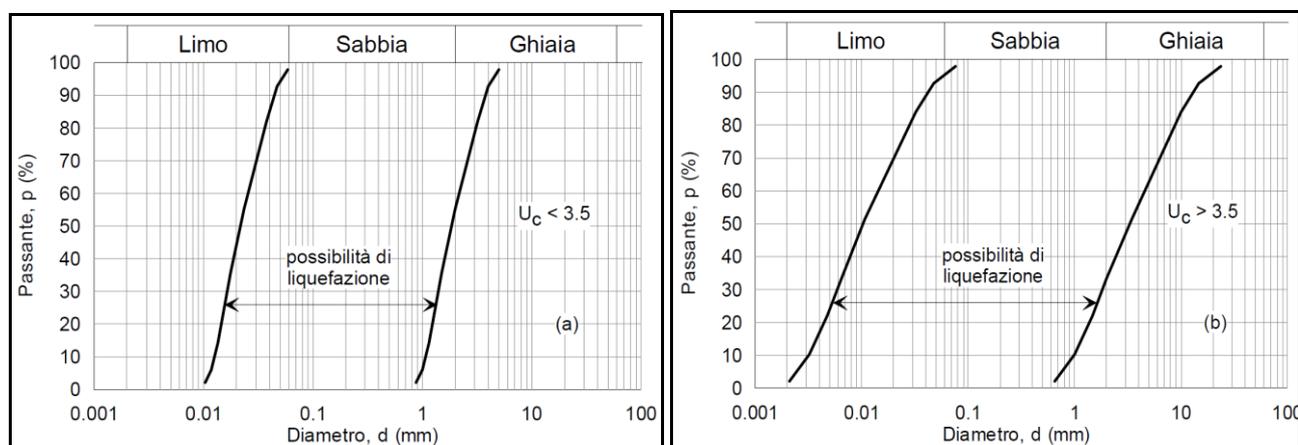


Fig. 7.11.1. Fusi granulometrici di terreni suscettibili alla liquefazione

|  |  |                                      |                       |
|--|--|--------------------------------------|-----------------------|
| <br>T E R N A G R O U P | <b>Relazione geologica preliminare</b> | Codifica<br><b>RUHR10002BCC00516</b> |                       |
|  |  | Rev. N° 00                           | Pag. <b>91</b> di 130 |

### **Verifica alla liquefazione dei suoli incoerenti**

L' accelerazioni massime attese al piano campagna sono inferiori al valore di 0,1 g, di conseguenza la valutazione del rischio alla liquefazione dei terreni, come da normativa tecnica, viene omessa.

## **12. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA**

### Pericolosità geomorfologica

L'area di progetto ricade in classe di Pericolosità geomorfologica bassa G1 e per un tratto (fascia costiera) in area a Pericolosità elevata G3, poiché trattasi di un'area di spiaggia con cordone dunare vincolato come descritto nel paragrafo di inquadramento geomorfologico.

### Pericolosità idrogeologica

L'acquifero il principale d'interesse pratico è contenuto nei depositi permeabili del Quaternario, costituiti da livelli di ghiaie alluvionali ma il sistema nel complesso è caratterizzato nel modo seguente:

- un acquifero superficiale freatico-semiconfinato, spesso sospeso, di modesto spessore e discontinuo nella bassa pianura;
- un sistema acquifero confinato multistrato, costituito da più livelli (in genere 4) ghiaiosi acquiferi sovrapposti.

L'acquifero 5, il più superficiale, è limitato a due aree costiere localizzate a nord, tra S. Vincenzo e Origliano, e ad est di Piombino. Le indagini hanno individuato la falda nel sondaggio S7 (effettuato nell'immediato retrospiaggia) misurandola a -3.6 m da p.c. il giorno 16/04/2019, chiaramente in equilibrio con la marea del momento.

### Pericolosità idrica

L'area di progetto ricade in zona a Pericolosità media, ovvero interessata da possibili allagamenti per eventi con tempi di ritorno compresi tra 200 e 500 anni; appare invece soggetta ad intrusione del cuneo salino verso la terra ferma nonché zona vulnerabile da nitrati e cloruri di origine agricola.

### Pericolosità sismica

La Toscana, come gran parte della nostra Penisola, è un territorio a rischio sismico in cui le aree più esposte al rischio sismico sono quelle appenniniche. Per quanto riguarda nello specifico il territorio di San Vincenzo a seguito dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3519 del 28/04/2006, e della D.G.R.T. n. 431 del 19/06/2006 è stato inserito nella zona 4 della nuova classificazione sismica ovvero con basso rischio sismico.

|   |  |   |                               |
|---|--|---|-------------------------------|
| <br><small>TERNA GROUP</small> | <b>Relazione geologica preliminare</b> | <small>Codifica</small><br><b>RUHR10002BCC00516</b> |                               |
|   |  | <small>Rev. N° 00</small>                           | <small>Pag. 93 di 130</small> |

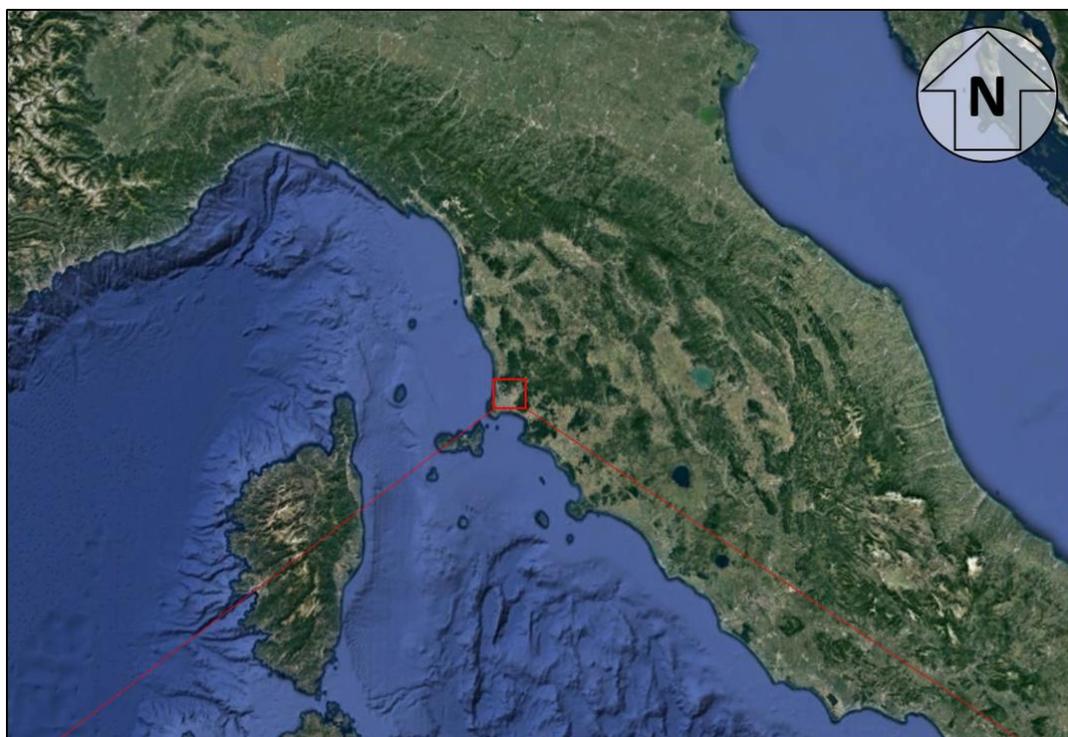
### 13. CONCLUSIONI

**Fattibilità geologica;** dal punto di vista geologico l'area può ritenersi stabile non presentando particolari problemi. In base a quanto descritto nella perizia l'area è da considerarsi a medio-basso rischio idrogeologico s.l. (v. par. idrologia). Dal punto di vista geomorfologico l'area è delicata poiché ricade in zona costiera in prossimità dei cordoni dunari.

**SITO DI STUDIO:**  
**SUVERETO,LOC. FORNI**

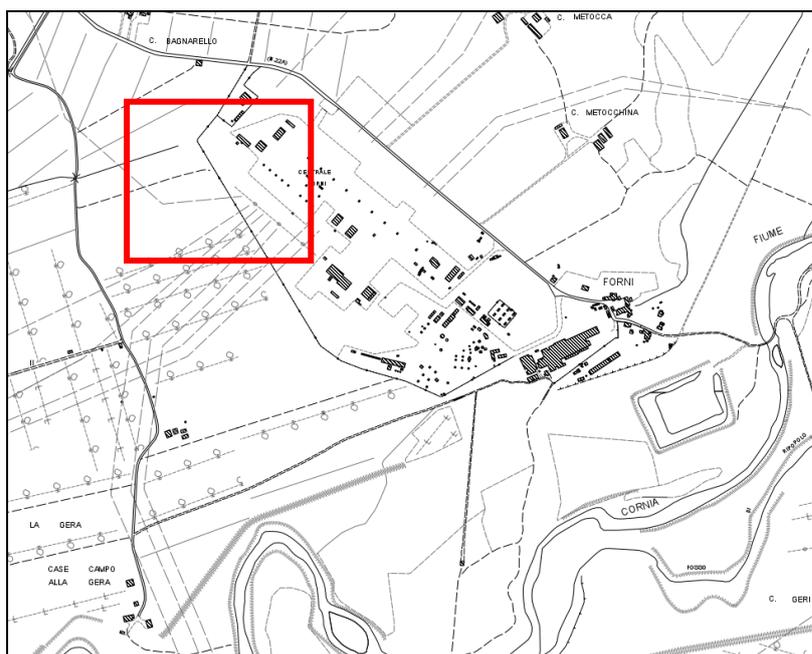
## 14. UBICAZIONE E CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO

Il sito di indagine è posto nel centro occidentale del territorio italiano, nella regione Toscana, nel comune di Suvereto (Livorno). Nell'ortofoto posta a seguito è riportata la posizione del sito di studio nel territorio toscano.



*Toscana (Ortofoto, Google.com)*

Più precisamente l'area in oggetto è localizzata nella Frazione di Forni posto a sud dell'area comunale di Suvereto. Il sito di indagine ove verrà realizzata la nuova stazione di conversione del collegamento SACOI 3 è situata all'interno della stazione di trasformazione elettrica di Forni, di proprietà Terna. Le indagini hanno lo scopo di fornire una valutazione geologico geotecnica al potenziamento dell'impianto, mantenendo gli attuali confini.



*Estratto CTR (1:10.000). Nel riquadro in rosso l'area di indagine*

L'opera riguarda la nuova Stazione di Conversione (SdC) HVDC alternata/continua, localizzata all'interno dell'esistente Stazione Elettrica di Suvereto (LI), comprensiva dei relativi raccordi in cavo HVAC di connessione alla rete 380kV.

## 15. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO

L'origine della zona di studio va inserita in un più ampio quadro conoscitivo. Per questo motivo verranno di seguito descritte le principali fasi evolutive tettoniche che hanno portato alla formazione del patrimonio attualmente esistente. La successione e la natura delle Unità sono attribuite ad una complessa storia geologica che è poi la storia di tutta la Toscana Meridionale (Costantini et al., 1993).

L' Appennino Settentrionale è limitato a N e a S da due grandi lineamenti tettonici trasversali: la linea Sestri-Voltaggio a N e la linea Ancona-Anzio a S, ambedue interpretabili come grandi strutture con forte componente trascorrente. Esso è costituito, come le altre catene del grande sistema montuoso alpino-himalaiano, da enormi masse rocciose di notevole estensione orizzontale (Falde o Unità tettoniche) che durante i movimenti dell'orogenesi alpina si sono spostate dalla loro patria di origine di decine o centinaia di chilometri, scorrendo le une sulle altre. Nel caso dell'Appennino Settentrionale, che ha un andamento NO-SE e una vergenza verso il quadrante NE, si può giungere ad ipotizzare una successione di vari domini paleogeografici caratterizzati ciascuno da una propria sequenza stratigrafica e da una propria storia, dai più occidentali (interni) a quelli più orientali (esterni), tenendo conto della loro attuale posizione tettonica e delle affinità litostratigrafiche. (Bartolotti V., 1992).

Le Unità principali che giocano un ruolo fondamentale nella storia geologica della Toscana e per la formazione dell'Appennino settentrionale sono attribuite a tre Domini paleogeografici differenti che si succedevano da Ovest verso Est con il seguente ordine (Decandia et al., 1981):

1) Dominio Ligure: (Unità di M. Gottero e Unità dei Fysch ad Elmintoidi)

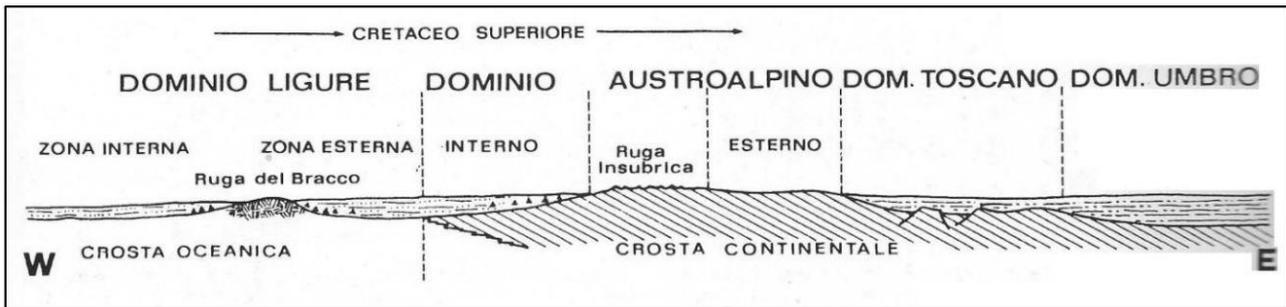
Comprende alla base una sequenza ofiolitica con rocce ultramafiche serpentizzate e gabbri, una copertura sedimentaria soprastante caratterizzata da brecce ofiolitiche e radiolariti, riferite al Giurassico Sup. Cretaceo Inf. La successione al top presenta un Flysch calcareo-argilloso (Cretaceo-Eocene Inf.) indicativo della fase di chiusura del bacino oceanico e dell'intensa deformazione compressiva (Bortolotti et al., 2001).

2) Dominio Subligure (Australpino): (Unità di Canetolo)

Formato solo da una successione paleogenica alloctona (unità di Canetolo) depositata in una zona di transizione tra l'oceano e il margine passivo continentale (Sani et al., 2009).

3) Dominio Toscano: (Falda Toscana)

Costituito da unità deposte sul margine passivo continentale di Adria, un promontorio della placca africana. Questo dominio è suddiviso in due unità principali: Unità del Macigno e Unità di Cervarola Falterona. Le due unità sono formate da successioni torbiditiche isolate dal loro substrato e arrangiate in sistemi di sovrascorrimenti (Est-vergenti), formati a partire dal Miocene Inf. (Sani et al., 2009).



*Rappresentazione schematica generale dei diversi domini che sono coinvolti nell'orogenesi dell'Appennino Settentrionale a partire dal Cretaceo superiore (da Costantini et al; 1993)*

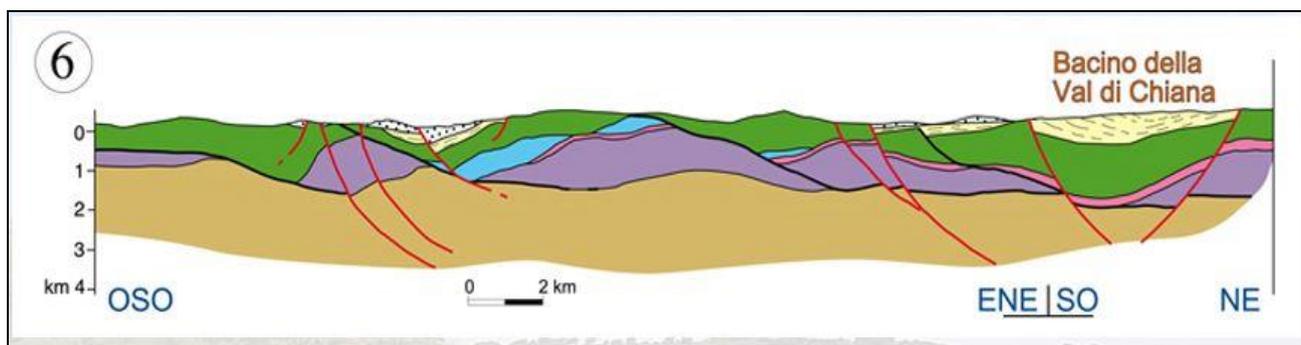
L'origine della morfologia che contraddistingue la Val di Cornia delimitata da alti strutturali va ricercata nell'evoluzione della tettonica distensiva post-collisionale Neogeica-Quaternaria dell'Appennino Settentrionale distinta nel modo seguente.

- 1- Evento distensivo sinsedimentario mesozoico. Ben documentabile nel Giurassico, a partire dal Lias inf. Fino al Malm, interessa principalmente le successioni del margine appenninico, ed è da mettere in relazione con l'apertura del Bacino oceanico Ligure-Piemontese.
- 2- Eventi compressivi liguri. Sono riferibili a Cretaceo sup., al Paleocene e all'Eocene medio-sup. e segnano le fasi di chiusura del Bacino Ligure. In questi eventi sono state coinvolte solo le successioni del Dominio Ligure, che hanno subito intense deformazioni riconducibili a piegamenti e sovrascorrimenti. Le unità Austroalpine (Sub-Liguri) sono state in parte coinvolte sono nell'evento dell'Eocene medio-sup.
- 3- Evento compressivo Appenninico. È riferibile all'Oligocene sup. – Miocene inf. (Aquitano) ed è l'espressione della collisione dei margini continentali europeo ed africano. Qui si manifesta la collisione dei margini continentali Sardo-Corso e della Placca Adria, determinando sia l'impilamento delle falde derivanti da domini paleogeografici epicentrali, sia l'accavallamento sul Dominio Toscano delle Unità Liguri, con conseguente metamorfismo del margine continentale Adria. In letteratura questa fase tettonica è conosciuta come "Fase Toscana" (Carmignani L. & Giglia G., 1975).
- 4- Eventi distensivi postcollisionali. Recenti studi sul Tirreno Settentrionale e sui depositi epiliguri della Toscana Meridionale pongono l'inizio degli eventi deformativi in regime di distensione alla fine del Miocene inf. (Carmignani et al., 1994; Elter e Sandrelli, 1995). La forte distensione che caratterizza nel Neogene il versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale provoca due fenomeni che si susseguono nel tempo (Bertini et al. 1991): *il primo evento distensivo* è una delineaazione della crosta superiore ad opera di faglie dirette a basso angolo e a geometria complessa, che determina una situazione geometrica ben conosciuta nella Toscana Meridionale con il nome di "serie ridotta"; *il secondo evento distensivo* (a partire del Pliocene/inizio Pleistocene) è lo sprofondamento di un sistema di fosse

tettoniche, delimitate da faglie dirette ad alto angolo (Fig.), (Bertini et al., 1991) che tagliano le strutture precedenti (Costantini a., Mazzanti R., Sandrelli F., (1995)).

A tale evento è associata quindi una struttura di tipo *horst – graben*, e come sarà spiegato in seguito, sedimenti continentali, lacustri e marini si depositarono entro le depressioni tipo graben dalla fine del Tortoniano fino al Quaternario (Bartolini et al., 1983; Liotta, 1991).

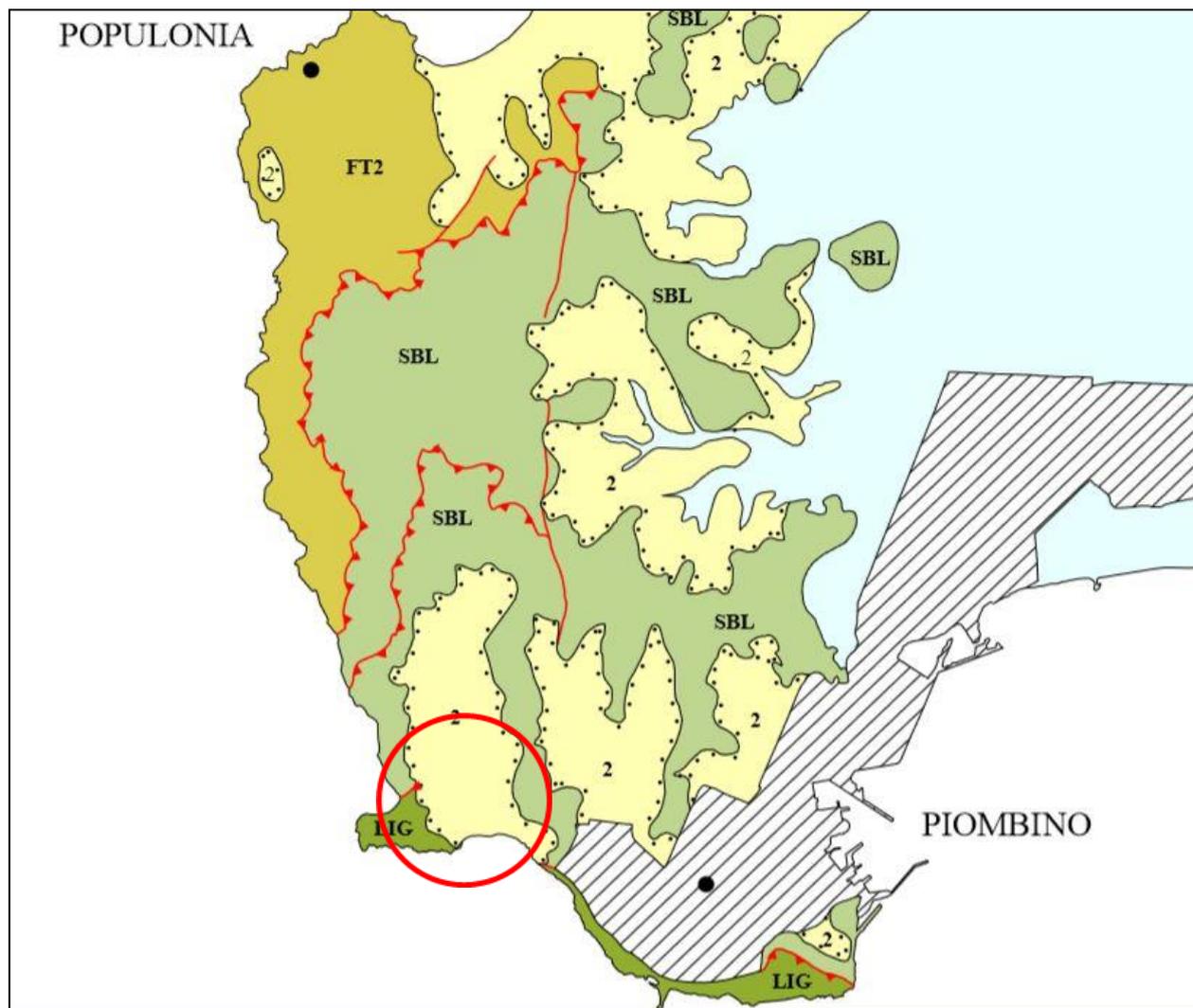
Le depressioni tettoniche intermontane risultano infatti via via più recenti andando da ovest verso est, come, ad esempio, i bacini intermontani della Toscana, dell'Umbria e dell'Appennino umbro-marchigiano (Bartolini C., Peccerillo A., 2002).



Rappresentazione schematica del bacino della Val di Chiana

L'Appennino Settentrionale è dunque caratterizzato dalla presenza di numerose depressioni tettoniche, allungate in direzione NO-SE, parallelamente all'asse della catena appenninica e sviluppatasi a partire dal Miocene Superiore. In particolare, si distinguono bacini associati a tettonica estensionale o compressiva in relazione alla loro collocazione ad Ovest oppure ad Est all'attuale spartiacque (Martini e Sagri, 1993; FIG.3). I bacini estensionali si trovano pertanto nella parte interna dell'Appennino Settentrionale e possono essere divisi in "Bacini Centrali" e "Bacini Periferici" (Martini e Sagri, 1993). I primi si trovano vicino al Mar Tirreno, si sono impostati sopra crosta continentale assottigliata, e sono stati riempiti con depositi di mare poco profondo e fluvio-lacustre. Tali bacini si sviluppano dal Miocene Superiore fino al Pleistocene. I secondi, sono collocati nella zona orientale, si sono impostati sopra crosta continentale più spessa. Questi bacini sono stati riempiti con depositi esclusivamente continentali dal Pliocene Medio al Pleistocene (Martini e Sagri, 1993;). I Bacini estensionali sono considerati da molti autori come *graben* o *half-graben* sviluppatasi in regime estensionale fino al Neogene (Martini e Sagri, 1993; Martini e al., 2001). Il bacino Neogenico della Val di Cornia si colloca quindi tra i "Bacini Centrali" dell'Appennino Settentrionale Toscano, i quali risultano i meno recenti.

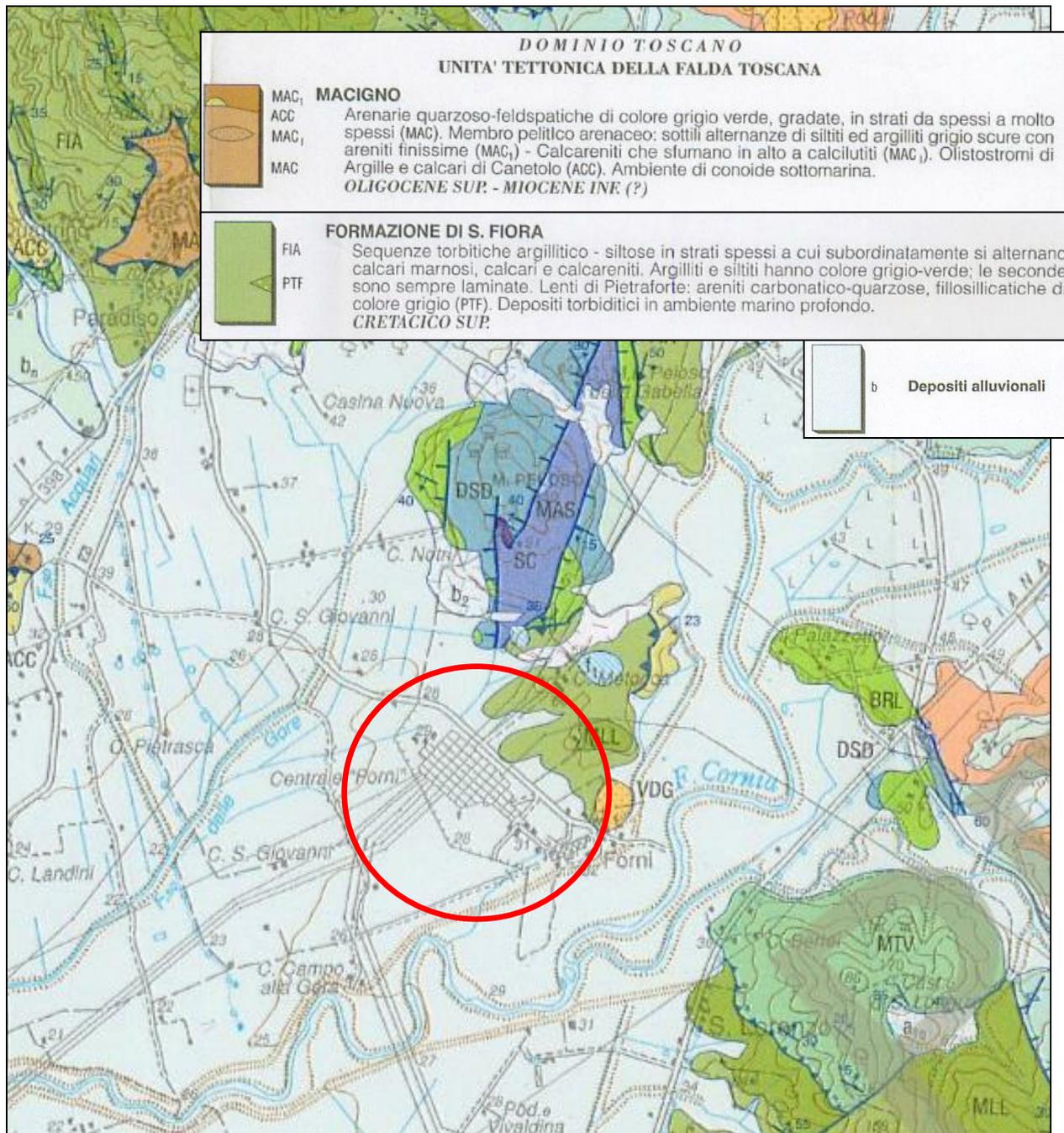




Schema tettonico regionale; cerchiato in rosso l'area d'interesse

Dal punto di vista tettonico-strutturale la zona esaminata può essere associata alla concomitanza di due tipi di forme tettoniche (*Anticlinale, sovrascorrimento e Thrust-related folding*), le quali si sono sviluppate in un regime tettonico compressivo. Dalla ricostruzione eseguita e dalla lettura delle carte geologiche non ci sono elementi che riconducano un legame di strutture con un regime di tipo distensivo.

L'ipotesi strutturale quindi si è basata sull'analisi della carta geologica sia del progetto nazionale CARG in scala 1:50.000, sia alla scala di dettaglio 1:5000 ricavata dal C.G.T. e sotto riportati (per una migliore visione si consiglia di consultare le tavole allegate).



Stralcio carta geologica CARG in scala 1:50.000; segnato in rosso l'area d'indagine

Relativamente alla conformazione geologica, il territorio comunale di Suvereto presenta diversi affioramenti che possono essere raggruppate nelle seguenti Unità tettoniche, elencate in ordine di sovrapposizione geometrica dall'alto verso il basso:

1) Depositi Quaternari, caratterizzati da coltri detritiche derivanti da processi geomorfologici recenti e/o in atto, nella parte collinare risultano prevalenti i depositi di versante e le coperture detritiche, nella parte di pianura

appaiono rilevanti i depositi lacustri e palustri, mentre nella porzione costiera risultano principali i depositi connessi all'attività del mare e del vento **(b)**.

2) Complesso neo-autoctono (Successione Neogenica Toscana), tali sedimenti quaternari fanno parte della successione Neogenica Toscana, sono essenzialmente quelli presenti lungo il percorso d'indagine del progetto, e di seguito descritte.

- *Depositi di Panchina (pn) (QMCb) (Pleistocene medio-superiore)*: allo stato delle conoscenze attuali, si ritiene che i livelli di panchina rappresentino livelli di paleospiaggia da ricondurre a fasi di trasgressione marina. Si tratta di livelli calcarenitici di colore giallastro costituiti da sabbia fine o medio-grossolana a cementazione calcarea che si mostra ruvida al tatto (Mazzanti, 1977); il nome deriva dalle estese bancate sub-orizzontali di livelli di paleo spiaggia che si sono formati a seguito delle fasi di trasgressione marina (Mazzanti, 1977). L'età attribuita a questa formazione è del Pleistocene medio-superiore ed affiora in aree poco estese del promontorio con uno spessore di almeno 4 m.
- *Sabbie di Val di Gori e Sabbie di Donoratico (SVG) (QMCa) (Pleistocene medio-sup.)*: Sabbie prevalentemente fini o medie di color rosso vivo o rosso arancio con matrice siltosa (Cortemiglia, 1983). Affiorano in qualche porzione limitata del promontorio, in particolar modo nella parte Nord-occidentale, con uno spessore di almeno di 2 m, ed hanno un'età riferibile al Pleistocene medio-superiore. Anche se il folto manto boschivo impedisce una buona ricostruzione delle successioni stratigrafiche, le sabbie rosse si trovano più frequentemente sotto la Panchina (Cortemiglia, 1983).

3) Unità Liguri (LIG), tali unità affiorano solamente nella parte ovest dell'area, corrispondente a Punta Falcone, caratterizzati da *basalti (Giurassico sup.)*: basalti massicci; basalti a pillow a struttura variolitica, ben conservati.

4) Unità di Canetolo (SBL), affiorano prevalentemente nell'area meridionale del promontorio e si trova sopra la formazione del Macigno con le seguenti formazioni:

- *Arenarie di Suvereto (Oligocene superiore- Miocene inf.)*: Arenarie quarzoso-feldspatiche prevalentemente a granulometria medio-fine in strati medi e subordinatamente in strati spessi e bianchi, gradati, a granulometria grossolana di colore grigio, giallastro per alterazione, con interstrati pelitici grigio scuri. (Dott. Geol. Spinacci A. et al 2006) Litofacies marnosa (Arenarie di Suvereto) (Oligocene superiore- Miocene inf.) È costituita da marne siltose grigie, massive con sequenze siltoso-pelitiche a stratificazione molto sottile. Costituiscono una litofacies delle Arenarie di Suvereto probabilmente in posizione basale.

|   |  |                                      |                        |
|---|--|--------------------------------------|------------------------|
|  | <b>Relazione geologica preliminare</b> | Codifica<br><b>RUHR10002BCC00516</b> |                        |
|   |  | Rev. N° 00                           | Pag. <b>104</b> di 130 |

- *Formazione Salivoli-Piombino (Eocene)*: Alternanze di sequenze argilloso-calcaree e sequenze torbiditiche arenaceo-marnose; sono presenti frequenti livelli di arenarie grossolane mal cementate ad abbondante matrice (grovacche litiche); conglomerati muniti in strati mal cementati.
- *Argille e calcari di Canetolo (Eocene Medio)*. Sono costituite da una fitta alternanza di argilliti, marne e siltiti grigio scure con strati calcarei debolmente silicei. Si tratta di una fitta alternanza di argilliti grigio scure o nere con calcilutiti silicee grigio chiare e calcareniti grigie gradate con la presenza di lamine sottili piano-parallele di areniti e siltiti di età luteziana (Eocene medio). Le argilliti e le siltiti si sfaldano con facilità in scagliette centimetriche mentre le altre due tipologie di roccia se di spessore sufficiente possono risultare compatte e più resistenti (Costantini et al., 1993). Questa formazione è presente in affioramenti d'estensione molto limitata nella parte settentrionale del promontorio mentre è più frequente nella parte meridionale il cui spessore, però, è difficile da determinare a causa della folta copertura boschiva.
- *Scisti di Calamoresca*: Argilloscisti e marmo-scisti di colore grigio e verdino con intercalazioni di calcilutiti silicee e calcilutiti in strati decimetrici.

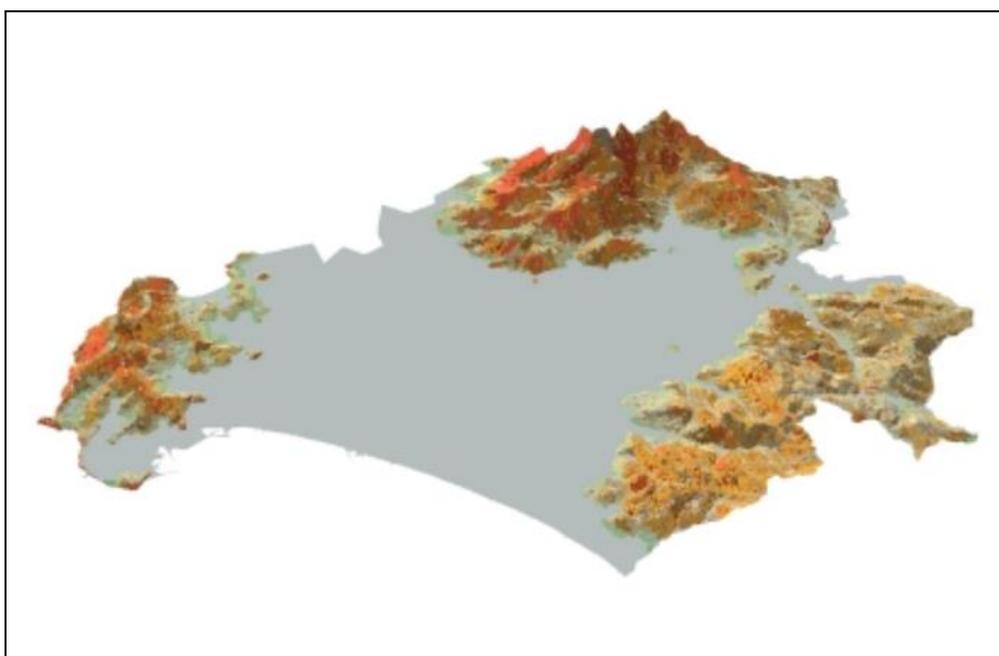
5) Falda Toscana è presente solo con il termine più alto della successione, ovvero, la formazione del Macigno (*Oligocene superiore- Aquitaniano*) che costituisce la quasi totalità delle coste rocciose con una successione di strati arenacei o arenaceo-pelitici, a composizione quarzoso-feldspatico.

Il Macigno, riconosciuto e descritto già dal Lotti (1910), affiora in modo continuo nel territorio comunale e si presenta sotto forma di arenarie quarzose-feldspatiche, a granulometria variabile da fine a grossolana in strati spessi da 50-100 cm a 3-5 m con possibili intercalazioni di livelli argillitici, siltosi e marnosi di colore grigio (Costantini et al, 1968).

Il Macigno costiero rappresenta un sistema torbiditico, a bassa efficienza di trasporto, con alimentazione trasversale all'asse del bacino, la cui composizione suggerisce una sorgente con coperture carbonatiche e vulcaniche che sono riconducibili al massiccio Sardo-Corso (Cornamusini, 1998, 2001a-b).

Dal punto di vista morfologico l'area è caratterizzata dalla Pianura Alluvionale del Fiume Cornia (al cui interno si sono sviluppate forme legate all'attività antropica) e da una Fascia Costiera, che comprende i tratti di costa bassa del Golfo di Follonica e i tratti di costa alta del Promontorio di Piombino. Le forme ed i processi che interessano le distinte zone costiere risultano assai diversi: la costa alta presenta falesie con versanti ad elevata pendenza, esposti all'azione del mare e del vento. Le coste basse, invece, risultano interessate da evidenti e diffusi processi di erosione, nonché dall'azione eolica che determina ripercussioni sul sistema dunale associato. La zona bassa è contraddistinta da aree di terreno ad uso agricolo, aree industriali urbanizzate e da un reticolo

idrografico superficiale, dove l'asta principale è rappresentata dal Fiume Cornia, che presenta l'alveo fluviale arginato artificialmente. Seguono poi una serie di canali scolanti (Fosso Cosimo, Fosso Tombolo, Fosso Cornia Vecchia), legati alle varie fasi della bonifica (Citran S., 2012). Per quanto riguarda le forme e i processi antropici, i quali rappresentano le trasformazioni del territorio effettuate dall'attività umana, concentrate prevalentemente nel periodo storico più recente. Sebbene nella zona siano note aree interessate da depositi derivanti da attività minerarie antiche, sono prevalenti le modifiche introdotte a seguito di urbanizzazioni, realizzazioni di infrastrutture viarie nonché per lo stoccaggio di materiali di scarto (discariche).



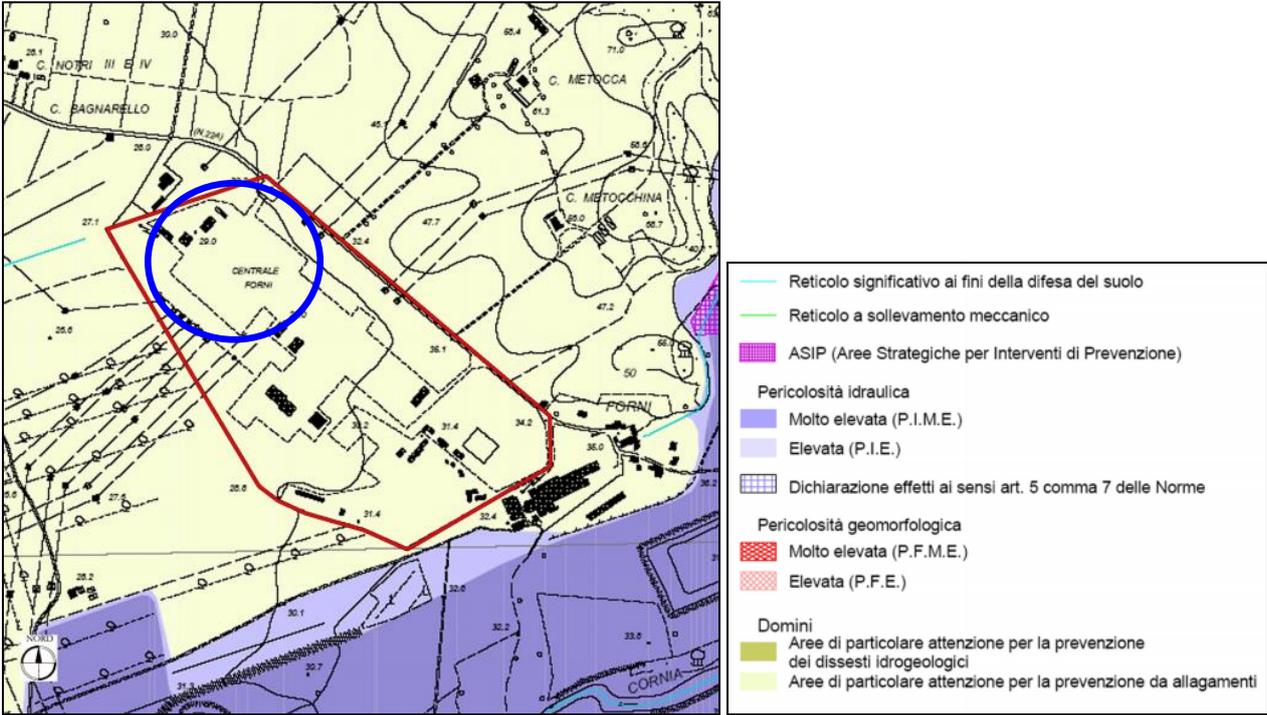
*Rappresentazione morfologica 3d della Val di Cornia*

Le aree interessate dai centri abitati e dalle zone industriali risultano modificate profondamente, con obliterazione del sistema idraulico minore, sostituito dalla pubblica fognatura, e frequenti modifiche alla morfologia dei luoghi (Dott. Geol. Spinicci A., Frullini A. Sinatti R. (2005)).

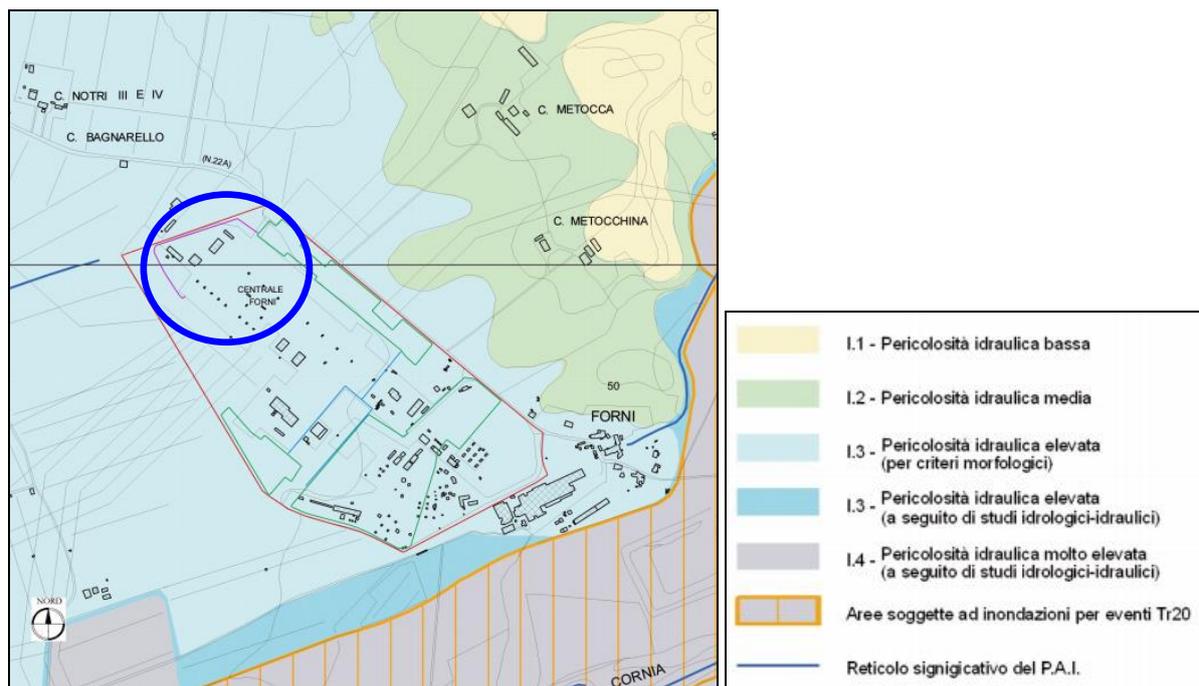
Il fenomeno della subsidenza nella Pianura del Cornia è noto da tempo dimostrato da monitoraggi topografici periodici di una rete di caposaldi non imputabile a cause esterne come da studi regionali condotti. Il trend massimo registrato dalla rete dell'IGMI è di 8.7 mm/a in termini di velocità media nella località di Vignarca. Le cause possono essere molteplici tra i quali sono stati annoverati la natura litologica del sottosuolo, l'innalzamento eustatico del livello marino, il consolidamento di antichi sedimenti palustri, la forte urbanizzazione per incremento dei carichi. La subsidenza di origine idrogeologica è l'elemento predominante e determinante dell'area a cui segue il consolidamento dei materiali.

In riferimento all'area d'indagine, questa si presenta pianeggiante con bassissime pendenze, posta ad una quota altimetrica media di circa 30m s.l.m.m. in cui l'elemento predominante è il Fiume Cornia a carattere

prevalentemente torrentizio che presenta un tracciato meandriforme fino all'altezza di Venturina per poi proseguire con un alveo artificiale. La zona d'indagine non presenta alcuna forma di dissesto in atto e come plausibile, secondo quanto riportato nel PAI, l'area potrebbe essere soggetta ad inondazioni ed allagamenti per esondazione del Fiume in casi di piena (di seguito si riporta lo stralcio del PAI dell'area oggetto d'indagine). La medesima condizione si evince dalla carta di pericolosità idraulica del regolamento urbanistico in cui il sito ricade in un'area indicata a pericolosità idraulica elevata perché morfologicamente in condizione sfavorevole a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a 2m sopra il piede esterno dell'argine.



Stralcio carta del PAI; in rosso l'attuale stazione Terna, segnate in blu le aree della stazione Terna oggetto di indagine



Stralcio carta di pericolosità idraulica dal Regolamento urbanistico comunale. Cerchiate in blu le aree di interesse

L'entrata in vigore del Regolamento regionale 53/R circa le indagini geologiche di supporto alla pianificazione urbanistica impone, oltre alla redazione della carta di fattibilità e le relative condizioni alla trasformabilità, anche la sua analisi rispetto a nuovi criteri di pericolosità. Sono state quindi redatte le nuove carte della pericolosità geomorfologica ed idraulica, a partire dal quadro conoscitivo contenuto nel Piano Strutturale e con il contributo degli adeguamenti allo stesso effettuati nel corso delle indagini di supporto al Regolamento Urbanistico. Circa la Tutela della Risorsa idrica, non modificata dalla nuova normativa, restano le indicazioni contenute nel Piano Strutturale (Dott. Geol. Spinicci A., Frullini A., Sinatti R. (2012)).

La Carta della Pericolosità Geomorfológica è stata costruita sovrapponendo le informazioni derivate dalle carte "di base" (Geologica, Giaciture, Geomorfológica, Litotecnica, Pendenze, Uso del Suolo), suddividendo l'intero territorio nelle classi sopra definite. Per valutare in modo oggettivo le carte di base è stata utilizzata una metodologia standard, opportunamente adattata alle caratteristiche del territorio studiato, (Nuova guida alla realizzazione di una carta della stabilità dei versanti – E. Amadesi – G. Vianello – Mem. Soc. Geol. It. 19 (1978) 53/60) che associa ad ogni informazione un "peso numerico". In questo modo, avendo definito le quattro classi di pericolosità con altrettanti intervalli numerici, la semplice sommatoria algebrica dei pesi numerici derivanti dalla sovrapposizione delle carte di base individua in modo univoco ed oggettivo la corrispondente classe di pericolosità. Con questo metodo è stata definita la pericolosità geomorfologica delle classi G.1, G.2 e G.3, mentre nella classe G.4 sono state inserite solo le aree con presenza di fenomeni attivi e le relative aree di influenza, così come indicato dal regolamento 53/R. Nella classe G.4 sono state quindi inserite le aree interessate da frane attive e quelle soggette alla dinamica costiera, includendo le relative aree di influenza

stimate su base geomorfologica nel primo caso, mentre nel secondo caso si è fatto riferimento all'evoluzione della linea di costa nei prossimi dieci anni così come risulta dal modello matematico utilizzato dalla Regione Toscana (per i dettagli vedi il successivo paragrafo). Nelle seguenti tabelle si specificano i punteggi adottati per ogni singolo tematismo considerato (Dott. Geol. Sileoni M., Annovi P., Damiani A., D'Avino D., Finucci L. (2011)).

| <b>Tabella 5 – Punteggio relativo alla classe litotecnica</b> |                  |
|---|------------------|
| <i>Classe litotecnica</i>                                     | <i>Punteggio</i> |
| B3  | 8                |
| B4  | 6                |
| C3  | 7                |
| E1  | 5                |
| E2  | 4                |
| E3  | 3                |

*Punteggio relativo alla classe litotecnica Classe litotecnica*

| <b>Tabella 6 – Punteggio relativo alla giacitura</b> |                  |
|--|------------------|
| <i>Tipo di giacitura</i>                             | <i>Punteggio</i> |
| Reggipoggio  | 2                |
| Traverpoggio   | 1                |
| Non stratificato                                     | 0                |
| Incerto  | -1               |
| Franapoggio  | -3               |

*Punteggio relativo alla giacitura*

| <b>Tabella 7 – Punteggio relativo alla pendenza</b> |                  |
|---|------------------|
| <i>Classe di pendenza</i>                           | <i>Punteggio</i> |
| 1   | 4                |
| 2   | 2                |
| 3   | 1                |
| 4   | 0                |
| 5   | -1               |
| 6   | -4               |

*Punteggio relativo alla pendenza*

| <b>Tabella 8 – Punteggio relativo all'uso del suolo</b>  |                  |
|--|------------------|
| <i>Uso del suolo</i>   | <i>Punteggio</i> |
| Bosco di alto fusto  | 2                |
| Bosco ceduo avviato all'alto fusto   | 1                |
| Area urbanizzata<br>Area aperta a vegetazione erbacea<br>arbustiva in fase di naturalizzazione                         | -1               |
| Spiagge, dune costiere, affioramenti<br>rocciosi, seminativo arborato,<br>seminativo asciutto e irrigabile,<br>oliveto | -2               |

*Punteggio relativo all'uso del suolo*

Sommando algebricamente i pesi sopra definiti si ottiene un valore che individua la corrispondente classe di pericolosità secondo lo schema indicato nella Tabella 9.

| <b>Tabella 9 – Punteggi delle classi di pericolosità</b> |                                   |                 |
|--|-----------------------------------|-----------------|
| <i>Classe</i>  | <i>Descrizione</i>                | <i>Peso</i>     |
| G1   | <b>Pericolosità bassa</b>         | >8              |
| G2   | <b>Pericolosità media</b>         | 4 ÷ 8           |
| G3   | <b>Pericolosità elevata</b>       | < 4             |
| G4   | <b>Pericolosità molto elevata</b> | Fenomeni attivi |

*Classi di pericolosità*

Sono state inserite nella **Pericolosità Geomorfologica molto elevata (G.4)** le frane attive e le relative aree d'influenza, così come individuate nella Carta geomorfologica del Piano Strutturale ed il suo aggiornamento contenuto nel Regolamento Urbanistico.

**Nella Pericolosità Geomorfologica elevata (G.3)** sono state inserite le aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza (Dott. Geol. Spinicci A., Frullini A., Sinatti R. (2012)), aree interessate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25% (Dott. Geol. Sileoni M., Annovi P., Damiani A., D'Avino D., Finucci L. (2011)).

**Nella Pericolosità Geomorfologica media (G.2)** sono state inserite le aree in cui sono presenti fenomeni inattivi stabilizzati (naturalmente od artificialmente) e le aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto (Dott. Geol. Spinicci A., Frullini A., Sinatti R. (2012)), corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25% (Dott. Geol. Sileoni M., Annovi P., Damiani A., D'Avino D., Finucci L. (2011)).

|   |  |                                      |                        |
|---|--|--------------------------------------|------------------------|
| <br><small>TERNA GROUP</small> | <b>Relazione geologica preliminare</b> | Codifica<br><b>RUHR10002BCC00516</b> |                        |
|   |  | Rev. N° 00                           | Pag. <b>110</b> di 130 |

Nell'ambito del Piano Strutturale erano state individuate, nell'ambito della pericolosità media, 3 sottoclassi che permettevano di dettagliare con maggiore precisione le diverse situazioni individuate. In fase di revisione del Regolamento Urbanistico tali differenze vengono riproposte così come qui sottoelencate:

**Sottoclasse 2a** - Pericolosità Geomorfologica media: ne fanno parte le aree nelle quali non sono presenti fenomeni attivi, tuttavia le condizioni geologico-tecniche e morfologiche del sito sono tali da far ritenere che esso si trovi in equilibrio instabile. In queste aree gli interventi possono alterare lo stato di equilibrio e aumentare il livello di pericolosità complessiva del sito.

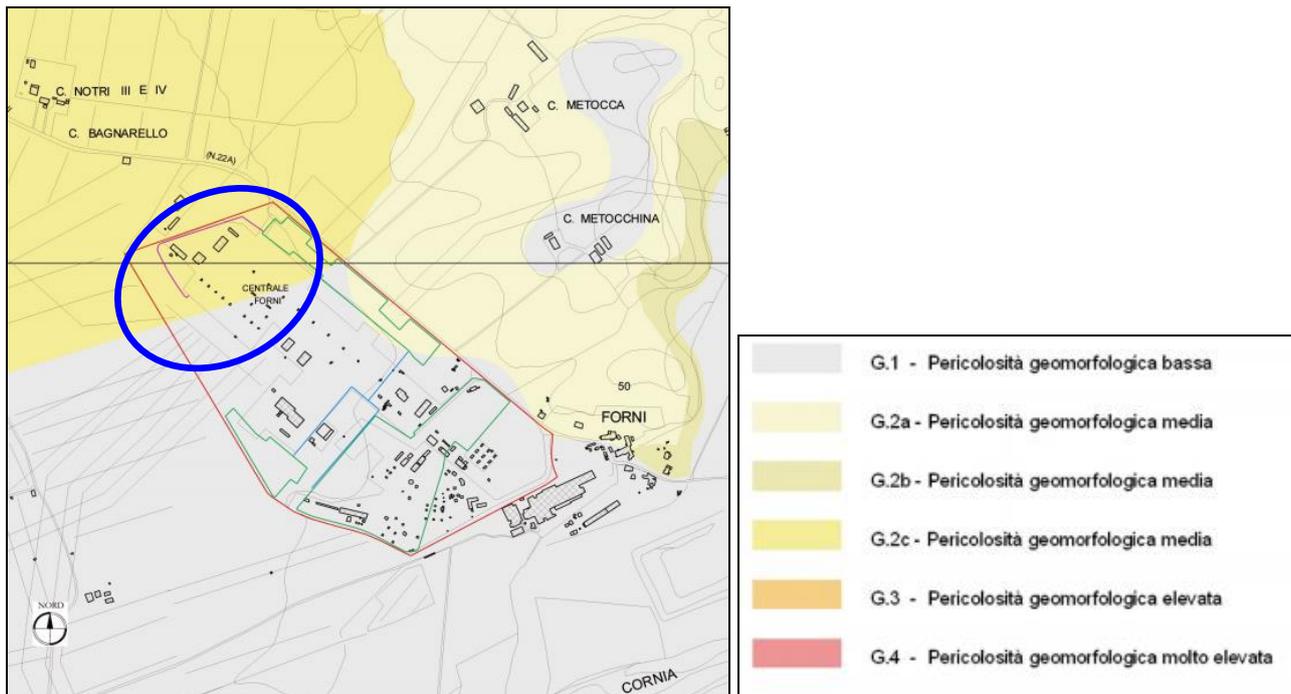
**Sottoclasse 2b** – Pericolosità Geomorfologica media: ne fanno parte le aree con caratteristiche simili alla Classe 2a ma dove la propensione al dissesto è più evidente o comunque dove si ritenga che eventuali modifiche allo stato di equilibrio possano indurre un dissesto generalizzato dell'area.

**Sottoclasse 2c** – Pericolosità Geomorfologica media: a questa classe appartengono le aree di pianura che per particolari condizioni stratigrafiche, geomeccaniche e di saturazione, costituiscono mediocri terreni di fondazione o che sono storicamente conosciute a seguito di cedimenti differenziali o lesionamenti di strutture o fabbricati.

**La Pericolosità Geomorfologica bassa (G.1)** è stata associata alle aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litotecniche e giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.

Nella analisi della pericolosità geologica è stato preso in considerazione anche le valutazioni di pericolosità geologica fornite dal P.A.I del bacino Toscana Costa, adottato con delibera regionale della Regione Toscana n. 831/2001, comprende al suo interno l'intero bacino idrografico del Comia. Il P.A.I. suddetto individua due principali criteri di analisi di rischio per una corretta pianificazione del territoriale per la salvaguardia di questo: "Pericolosità per instabilità Geomorfologica" e "Pericolosità idraulica".

Dalla cartografia a seguito si nota come la porzione a Nord della centrale sia a cavallo tra la pericolosità *G1-Pericolosità geomorfologica bassa* e *G2c-Pericolosità geomorfologica media*, mentre la porzione a sud-est è segnalata come *G1-Pericolosità geomorfologica bassa*.



*Carta della pericolosità geologica inerenti al territorio comunale di Suvereto; segnate in blu le aree di ampliamento dell stazione già esistente perimetrata in rosso*

Per la fattibilità di opere in rapporto alle caratteristiche dei terreni ed in relazione alle condizioni sopra segnalate, il Regolamento Urbanistico comunale prescrive i vincoli contenuti nelle Carte della fattibilità geologica e idraulica di seguito riportate, evidenziando gli studi suppletivi necessari. In generale, gli interventi di nuova edificazione, di Ristrutturazione Urbanistica, di Sostituzione Edilizia o di Ristrutturazione Edilizia (con variazione dell'entità e/o della distribuzione dei carichi sul terreno di fondazione) dovranno essere supportati da specifici ed adeguati studi geologici-tecnici ed idraulico-idrologici che ampliano le conoscenze sulle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche delle problematiche evidenziate nelle cartografie tematiche inserite nel Quadro Conoscitivo dello Strumento Urbanistico.



Stazione TERNA di Suvereto in cui sono evidenziate le aree d'indagine ed il retino corrispondente a specifiche classi di fattibilità sotto riportate; la cartografia deriva dalla Carta di Fattibilità del Regolamento Urbanistico di Suvereto

### Simbologia

(F.1g, F.2i, F.3t) Fattibilità relativa agli aspetti geomorfologici ("g"), idraulici ("i"), e di tutela della risorsa idrica ("t")

#### Classi di fattibilità relative agli aspetti geomorfologici ed idraulici

- Classe F.1 Fattibilità' senza particolari limitazioni
- Classe F.2 Fattibilità' con normali vincoli
- Classe F.3 Fattibilità condizionata
- Classe F.4 Fattibilità' limitata
- Zone potenzialmente inondabili per eventi con tempo di ritorno minore o uguale a 20 anni (Tr20) nelle quali sono vietate previsioni edificatorie salvo quelle consentite dal D.P.G.R.T. 27/04/2007 n.26/R e dalle Norme del PAI del Bacino Regionale Toscana Costa

#### Classi di Fattibilità relative agli aspetti della tutela della risorsa idrica

- Classe F.1t Fattibilità' senza particolari limitazioni
- Classe F.2 Fattibilità' con normali vincoli
- Classe F.3 Fattibilità condizionata
- Classe F.4 Fattibilità' limitata

Classi di fattibilità per aspetti geomorfologici, idraulici e per la tutela della risorsa idrica in riferimento alla cartografia precedente

|   |  |                                      |                        |
|---|--|--------------------------------------|------------------------|
|  | <b>Relazione geologica preliminare</b> | Codifica<br><b>RUHR10002BCC00516</b> |                        |
|   |  | Rev. N° 00                           | Pag. <b>113</b> di 130 |

Il sito, in riferimento alle porzioni oggetto della presente è stato classificato nelle seguenti classi di fattibilità:

- Per aspetti idraulici: F3i, fattibilità condizionata (trattati nello studio di compatibilità idraulica).
- Per aspetti geomorfologici: F2g, con normali vincoli che prevede quanto segue.

Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia. In particolare, nelle aree ricadenti nella Classe F.2.g – Fattibilità con normali vincoli, individuate e perimetrare come tali negli elaborati grafici delle indagini allegate al presente Regolamento, l'ammissibilità di qualsiasi intervento edilizio, infrastrutturale, tecnologico e di trasformazione morfologica è subordinata all'effettuazione e alle risultanze di un'apposita indagine geognostica e geotecnica a norma delle vigenti norme, statali e regionali, valutando comunque l'opportunità di interventi di bonifica e di miglioramento dei terreni e/o l'adozione di tecniche di fondazione di un certo impegno. Le indagini geognostiche devono costituire integrazione al quadro conoscitivo del presente piano e pertanto i dati bibliografici di qualunque provenienza sono ammissibili soltanto a integrazione della campagna geognostica effettuata, oppure a condizione che siano relativi all'ambito specifico dell'intervento.

I progetti di ogni intervento dovranno essere supportati da studi di dettaglio afferenti a un intorno significativo del sito dell'intervento, non inferiore a:

1. a) un'area di raggio pari a 200 metri ove si tratti di un intervento puntuale, quale la realizzazione di un singolo edificio;
2. b) una fascia laterale, ovvero perimetrale, non inferiore a 200 metri ove si tratti di interventi lineari, quali elementi di viabilità o impianti a rete, ovvero di interventi riguardanti ambiti areali, quali lottizzazioni edificatorie o modifiche morfologiche dei terreni;

Qualora l'intervento ricada nella Classe di Pericolosità Geomorfologica G.2c devono in ogni caso essere effettuati:

- a) indagini geognostiche specifiche, che devono costituire integrazione al quadro conoscitivo disponibile e pertanto i dati bibliografici di qualunque provenienza sono ammissibili soltanto a integrazione della campagna geognostica effettuata, oppure a condizione che siano relativi all'ambito specifico dell'intervento;
- b) interventi di bonifica e di miglioramento dei terreni e/o l'adozione di tecniche di fondazione di un certo impegno;
- c) scelte del tipo di fondazione in grado da garantire una uniforme distribuzione dei carichi e assicurare una rigidità complessiva della struttura capace di assorbire gli eventuali cedimenti differenziali.

Secondo quanto prescritto da Regolamento urbanistico, l'ammissibilità di qualsiasi intervento edilizio in tali aree è subordinato ad uno studio geologico di dettaglio attraverso apposita campagna d'indagine geognostica. Per il sito oggetto della presente sono state svolte diverse prove in sito e di laboratorio riportate nei capitoli seguenti.

Le aree soggette a potenziale allagamento (Pericolosità idraulica), sono localizzate per la maggior parte in corrispondenza della bassa pianura del Fiume Cornia, e nei fondivalle dei principali torrenti in ambito collinare.

La gestione dell'emergenza si basa su di un collaudato sistema di monitoraggio e controllo strumentale delle piogge e delle portate dei principali corsi d'acqua gestito dal Centro Funzionale della Regione Toscana, il quale allerta le Province, e attraverso queste i Comuni, per le attività in loco di monitoraggio e controllo in previsione di eventi meteorologici avversi. Il Piano Intercomunale di Emergenza prevede vari gradi di allerta, con informazione alla popolazione, quando necessario, a mezzo di altoparlanti montati sui mezzi delle Forze dell'Ordine., della Polizia Municipale e della Protezione Civile e attraverso radio e Tv locali, nonché l'attivazione

di aree di attesa e di ricovero della popolazione in caso di evacuazione (Protezione Civile, Il Circondario Val di Cornia (2014)).

A partire dai risultati dello studio idrologico-idraulico condotto dall'Ing. Stefano Pagliara sui corsi d'acqua principali della zona di pianura, è stata redatta la Carta della Pericolosità Idraulica ai sensi della D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n.53/R. Per le aree interessate dallo studio, che comprendono il territorio insediativo di pianura, sono state individuate le Classi di Pericolosità a partire dai perimetri delle aree inondabili per i diversi tempi di ritorno (20, 30, 100 e 200 anni), mentre per le aree collinari e le piccole valli minori sono stati utilizzati criteri di tipo morfologico o storico-inventariale. In particolare, sono da considerarsi in:

**Pericolosità idraulica molto elevata (I.4)** le aree suscettibili da allagamenti per eventi con  $Tr=30$  anni.

**Pericolosità idraulica elevata (I.3):** le aree fragili per eventi di esondazione compresi tra  $30 < Tr < 200$  anni.

**Pericolosità idraulica elevata (I.3m):** nelle aree non coperte dagli studi idrologico-idraulici di supporto alla Pianificazione urbanistica, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni: a) vi sono notizie storiche di inondazioni b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

**Pericolosità idraulica media (I.2):** le aree della pianura alluvionale, coperte dagli studi idrologico-idraulici, esterne alle zone giudicate fragili per episodi di esondazione con  $Tr > 200$  anni. Nelle aree non coperte dagli studi idrologico-idraulici di supporto alla Pianificazione urbanistica, rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni: a) non vi sono notizie storiche di inondazioni b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

**Pericolosità idraulica bassa (I.1):** aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni: a) non vi sono notizie storiche di inondazioni b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Relativamente alle aree a **Pericolosità Idraulica Molto Elevata (I.4)**, nelle aree vulnerabili per eventi con tempo di ritorno inferiore a 20 anni non sono possibili nuove previsioni edificatorie (Art. 5 comma 2 delle Norme del Piano Assetto Idrogeologico del Bacino Regionale Toscana Costa), essendo permesse esclusivamente nuove previsioni per infrastrutture a rete non diversamente localizzabili, per le quali sarà comunque necessario attuare tutte le dovute precauzioni per la riduzione del rischio.

Il territorio di Suvereto in località Forni, come di sopra già evidenziato, ricade in un'area a pericolosità elevata dal punto di vista idraulico, secondo gli studi di carattere comunale. Tale condizione è legata alla vicinanza con il meandro del Fiume Cornia e alle bassissime pendenze dell'area.

## **16. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**

Nel bacino del F. Cornia è possibile definire uno schema idrogeologico caratterizzato dalla presenza di un acquifero multistrato sulle formazioni quaternarie della pianura, contenuto nei livelli permeabili delle sabbie pleistoceniche e delle alluvioni oloceniche, permeabili per porosità intergranulare (CISS 32CT020 "Acquifero della Pianura del Cornia"). L'acquifero locale ma soprattutto quelli esistenti nell'intera area di pianura è sede di importante circolazione di fluidi termali che si manifestano, in prossimità di faglie dirette, sotto forma di sorgenti, spesso di acque termali, e che contribuiscono all'alimentazione dei sistemi acquiferi della pianura. Ai fini dell'approvvigionamento idrico idropotabile, irriguo e industriale, l'acquifero il principale interesse pratico è contenuto nei depositi permeabili del Quaternario, costituiti da livelli di ghiaie alluvionali oloceniche, legati alla deposizione del Fiume Cornia, e dai livelli di sabbie/arenarie e ghiaie pleistoceniche della zona di S. Vincenzo-Piombino. Entrambe le unità idrostratigrafiche giacciono su di un substrato profondo, che si differenzia da zona a zona. Lo schema è il seguente (Regione Toscana 2003):

- un acquifero superficiale freatico-semiconfinato, spesso sospeso, di modesto spessore e discontinuo nella bassa pianura;
- un sistema acquifero confinato multistrato, costituito da più livelli (in genere 4) ghiaiosi acquiferi sovrapposti.

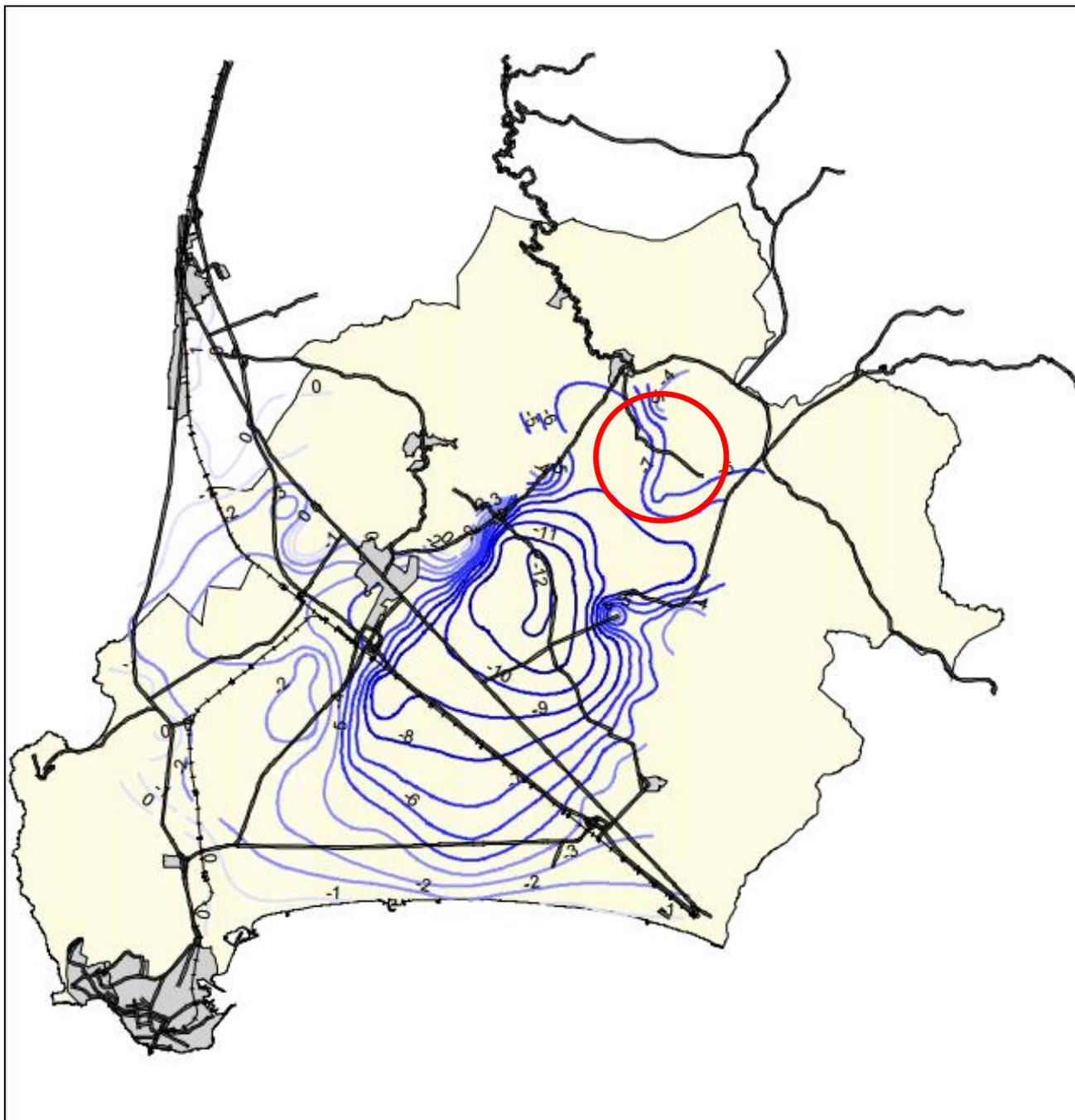
Nello studio per la caratterizzazione del CISS, il sistema acquifero è definito multistrato, in ragione di un'alternanza di livelli permeabili, costituiti essenzialmente da ghiaie e sabbie, e livelli impermeabili o di bassa permeabilità rappresentati dai depositi limoso-argillosi e argille, presenti in maniera discontinua. Nello stesso lavoro vengono distinti cinque orizzonti acquiferi, con differenti estensioni e continuità, costituiti principalmente da sabbie e ghiaie in differenti proporzioni (in accordo con la ricostruzione geometrica dell'acquifero della pianura del Cornia proposta da Ghezzi et al., 1993). In particolare, sulla base di studi litostratigrafici e analisi geofisiche il sistema acquifero confinato profondo viene descritto dagli autori come costituito da quattro livelli di ghiaia separati da livelli di argilla; questa alternanza è meglio documentata nelle porzioni centrali del bacino, dove gli spessori dei livelli argillosi sembrano aumentare.

L'acquifero 1, il più profondo, ha granulometria ghiaiosa e si sviluppa prevalentemente in corrispondenza dei margini sud-ovest e nord-est della piana del Cornia. I livelli permeabili 2 e 3, anche questi caratterizzati dalla prevalenza di ghiaie, rappresentano gli acquiferi più estesi e continui, sviluppandosi per quasi tutto l'areale del

bacino. Anche l'acquifero 4 è caratterizzato da una marcata continuità, occupando però la sola metà occidentale del CISS. Infine, il livello acquifero 5, il più superficiale, è limitato a due aree costiere localizzate a nord, tra S. Vincenzo e Origliano, e ad est di Piombino. Questi ultimi due orizzonti acquifero risultano costituiti in prevalenza da sabbie. Per quanto riguarda gli spessori, con gli oltre 14 metri di spessore medio, l'orizzonte acquifero profondo, risulta essere il più potente. L'attribuzione di valori dei parametri idrodinamici a ciascun livello individuato risulta assai complessa dal momento che le prove disponibili hanno interessato più orizzonti produttivi. Si evidenzia in particolare, subito a valle di Forni, un'area di primaria importanza ai fini dell'alimentazione dell'intero sistema acquifero di pianura, in cui: i) lo spessore dell'acquifero freatico è massimo; ii) l'acquifero freatico può essere localmente a diretto contatto con il subalveo del Fiume Cornia; iii) si manifesta in alveo la presenza di anomalie termiche a indicazione di risalita di fluidi caldi. Da dati bibliografici si può rilevare come l'area di Forni (Comune di Suvereto) costituisca una importante area di ricarica della falda. Lo sfruttamento massiccio dell'acquifero ha portato negli anni ad un progressivo abbassamento del livello di falda e ad un conseguente arretramento del livello verso l'interno. Da studi regionali condotti si evince che il deficit idrico stimato dagli anni 70 ad oggi è pari a 8Mmc. Si evidenzia che tale acquifero sia in uno stato di stress idrogeologico che sommato al deficit tra entrate ed uscite del bilancio idrologico, portano ad un fenomeno sempre più predominante dell'intrusione salina dalle aree costiere verso l'interno con conseguente incremento progressivo della salinità delle acque sotterranee della pianura.

Nel foro del sondaggio S8 e S15 è stato installato un piezometro per il monitoraggio della falda, a seguito si riportano le misure eseguite.

| ID PIEZZOMETRO               | DATA       | PROF. FALDA IN [m] DA P.C. |
|------------------------------|------------|----------------------------|
| PZ1 (su foro sondaggio S8)   | 18/04/2019 | -9,41 m da p.c.            |
|                              | 30/04/2019 | -8,98 m da p.c.            |
| PZ2 (sul foro sondaggio S15) | 30/04/2019 | -5,30 m da p.c.            |



*Variazione piezometrica dagli anni 1991 al 2001; in rosso il sito d'indagine*

## 17. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA

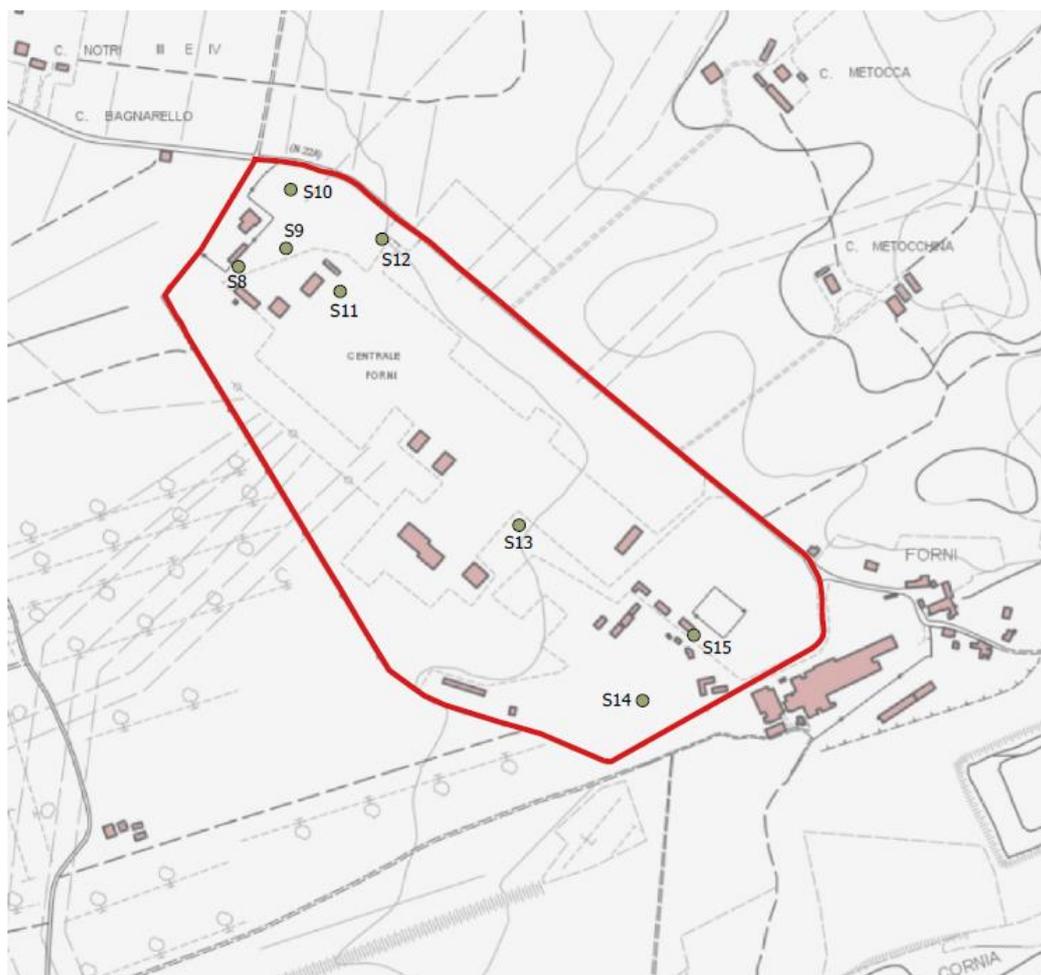
Nell'area di interesse sono stati eseguiti 8 sondaggi a carotaggio continuo con circolazione di fluidi (i cui logs stratigrafici completi e le foto delle cassette catalogatrici sono presenti in allegato) spinti fino alla profondità massima di 30 m da p.c. Nell'avanzamento della perforazione è stato usato un carotiere semplice diam. 101 mm e rivestimento diam. 126. Le carote sono state deposte in cassette catalogatrici e sulle stesse, in corrispondenza delle litologie coesive, sono state effettuate, dove i materiali litologici lo permettevano, delle verifiche con il Torvane (T, scissometro tascabile) per determinare la resistenza al taglio e con il PP (Pocket Penetrometer test). Sono stati prelevati dei campioni di terreno indisturbati, tramite campionatore ad infissione tipo "Ostemberg", e sono stati prelevati inoltre dei campioni rimaneggiati.

Durante la perforazione sono state eseguite delle prove SPT. La prova SPT consiste nella misura del numero di colpi necessari per l'infissione di un campionatore Raymond sotto i colpi di un maglio della massa di 63.5kg ( $\pm 0.5$ kg) e volata di 0.76m ( $\pm 0.02$  m). La prova viene eseguita al fondo di un foro di sondaggio spinto alla profondità desiderata. Per le operazioni di pulizia e approfondimento del foro non è possibile eseguire la prova con frequenza maggiore di una al metro. Il campionatore viene infisso per tre avanzamenti successivi di 150 mm ciascuno. Il primo tratto, detto di avviamento, comprende l'eventuale penetrazione iniziale per peso proprio; se sotto un numero di colpi  $N_1=50$  l'avanzamento è minore di 15 cm, l'infissione deve essere sospesa, la prova è considerata conclusa, e si annota la relativa penetrazione (ad esempio  $N_1= 50/13$ cm). La resistenza alla penetrazione è caratterizzata dalla somma del numero di colpi necessari all'avanzamento del secondo e terzo tratto da 150mm:

$$N_{SPT} = N_2 + N_3$$

In questo modo si elimina o si riduce al minimo l'influenza di fattori estranei quali presenza di detrito a fondo foro e il disturbo prodotto dal rilascio tensionale durante la perforazione. Se con  $N_2+N_3= 100$  non si raggiunge l'avanzamento di 30cm, si dice che la prova è andata "a rifiuto", l'infissione è sospesa e la prova è considerata conclusa, annotando la relativa penetrazione. Al termine di ciascuna determinazione il campionatore Raymond viene riportato in superficie per consentire l'approfondimento del foro e per recuperare il campione che è di classe Q2 (al massimo Q3). Quando è richiesto di conservare il campione, esso è trasferito dal tubo di campionamento a contenitori a tenuta (barattoli, sacchetti di plastica).

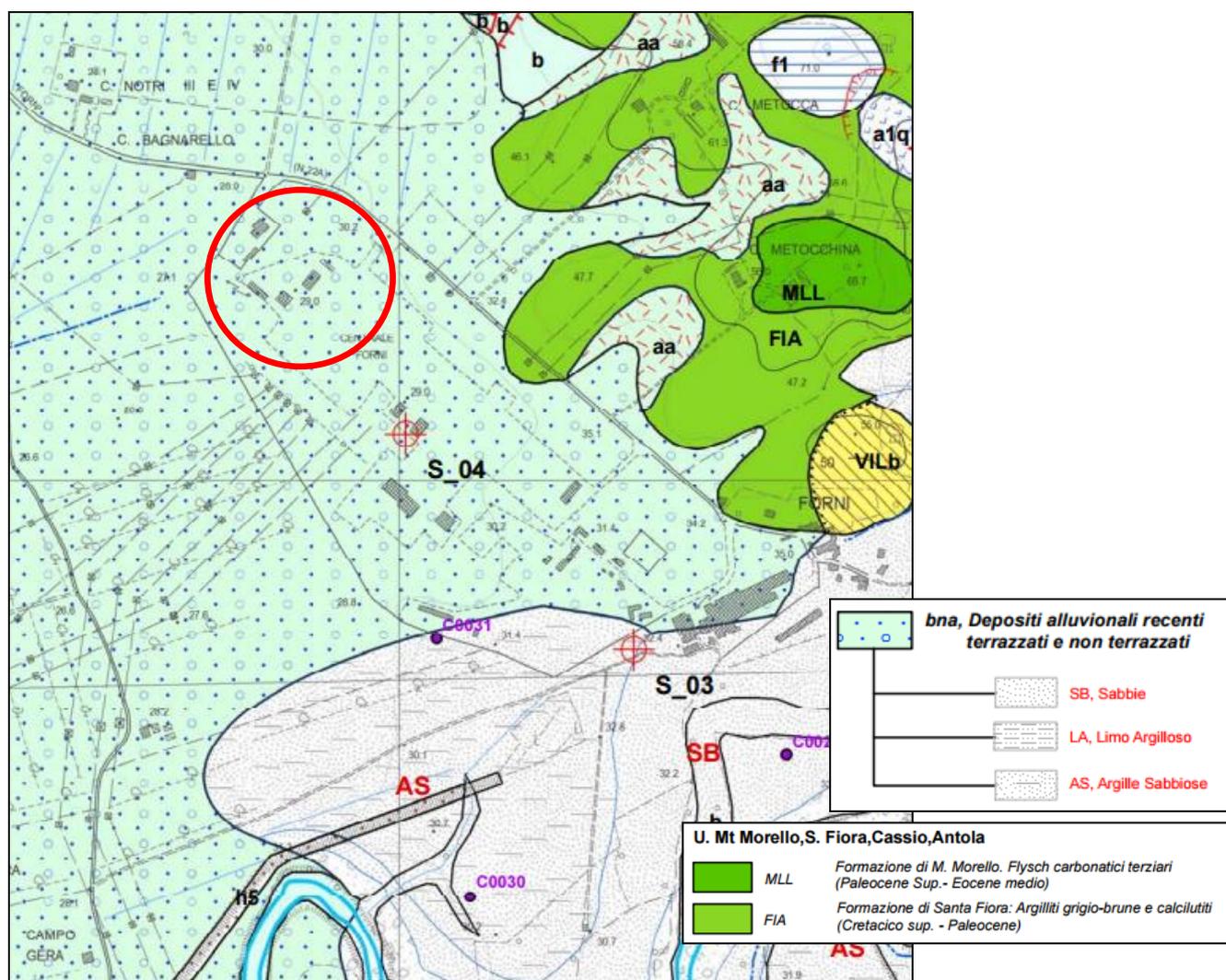
A seguito si riporta una foto dell'esecuzione e un'ortofoto con l'ubicazione dei sondaggi (con relative coordinate), per l'ubicazione dettagliata vedere "*Tavola ubicazione indagini*" in allegato a questo documento. Inoltre, a seguito i risultati delle prove SPT, Torvane, Pocket Penetrometer test.



*Tavola ubicazione sondaggi*

| WGS84        |            |             |
|--------------|------------|-------------|
| ID SONDAGGIO | LATITUDINE | LONGITUDINE |
| S8           | 43.055341° | 10.691088°  |
| S9           | 43.055568° | 10.691827°  |
| S10          | 43.056224° | 10.692075°  |
| S11          | 43.055009° | 10.692805°  |
| S12          | 43.055639° | 10.693626°  |
| S13          | 43.051963° | 10.695877°  |
| S14          | 43.049641° | 10.697900°  |
| S15          | 43.050607° | 10.698703°  |

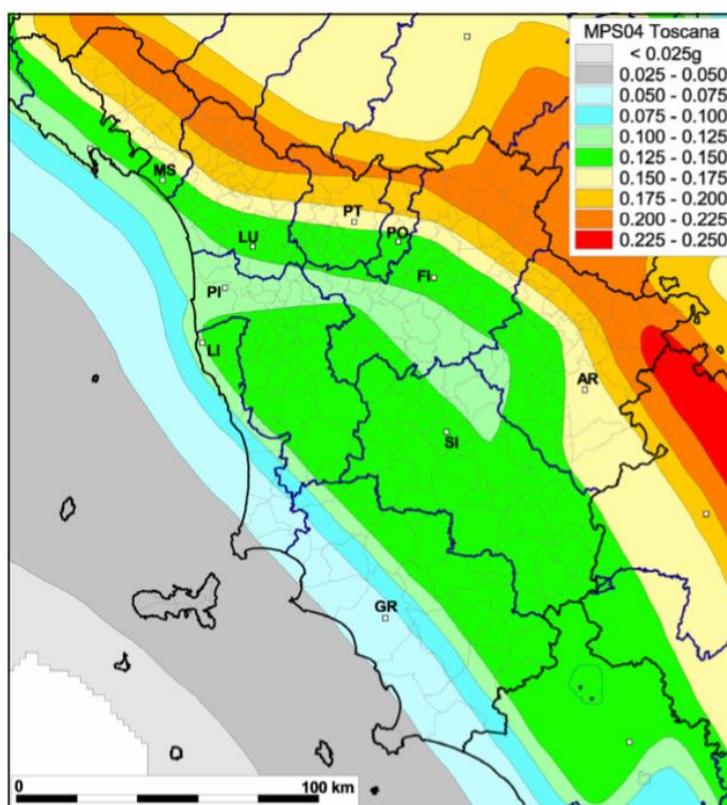
L'area di progetto presenta i già descritti depositi alluvionali di natura prevalentemente fluviale a carattere ghiaioso-limoso e argillo-limoso con frazione organica variabile, come si evince dalla carta geologica in scala 1:5000 sotto riportata, nonché dalle indagini eseguite in situ (per una migliore visione si consiglia di consultare la tavola "carta geologica" allegata). Il substrato roccioso costituito dalle formazioni riportate in colore verde su carta e caratterizzate essenzialmente da argilliti e da depositi torbiditici non rilevati nei sondaggi se non molto alterati i cui frammenti potrebbero essere immersi nei depositi a matrice argillosa; il passaggio graduale tra le due formazioni avviene lungo le fasce pedecollinari frammisti a depositi di versante eluvio-colluvi recenti con presenza di clasti sub-angolosi.



Carta geologica in scala 1:5000 dell'area d'indagine; evidenziate in rosso le aree della stazione Terna oggetto di indagine

### Classificazione sismica del sito

La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo. Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.). Analizziamo quindi la Mappa di pericolosità sismica (MPS) della Toscana (mappa mediana al 50° percentile). I valori di accelerazione sono riferiti ad un tempo di ritorno pari a 475 anni (INGV, 2004).



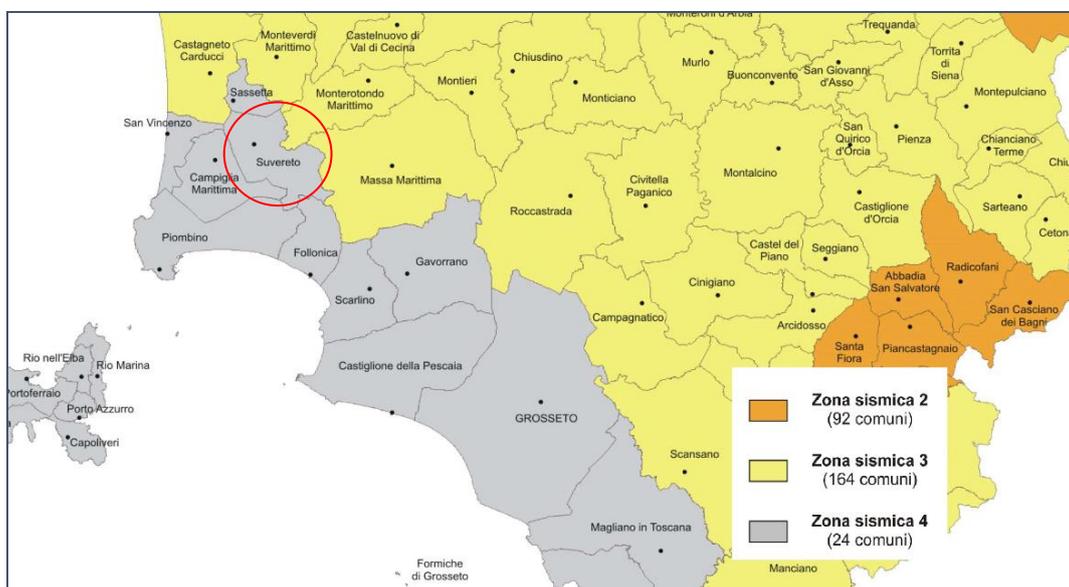
*Mappa di pericolosità sismica della Regione Toscana*

La Toscana, come gran parte della nostra Penisola, è un territorio a rischio sismico. L'intero territorio nazionale è stato classificato in quattro zone a diversa pericolosità sismica con valori da 1 a 4 (massima in zona 1), sulla base all'intensità e alla frequenza dei terremoti del passato. I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (**ag**) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

In Toscana su un totale di 280 comuni:

- 90 sono inseriti in zona 2 (31,3% del territorio regionale), dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti
- 106 in zona 3s (36,9% della superficie), a bassa sismicità
- 67 in zona 3 (23,3% della superficie), con possibilità di modesti scuotimenti
- 24 in zona 4 (8,3%), la meno pericolosa.

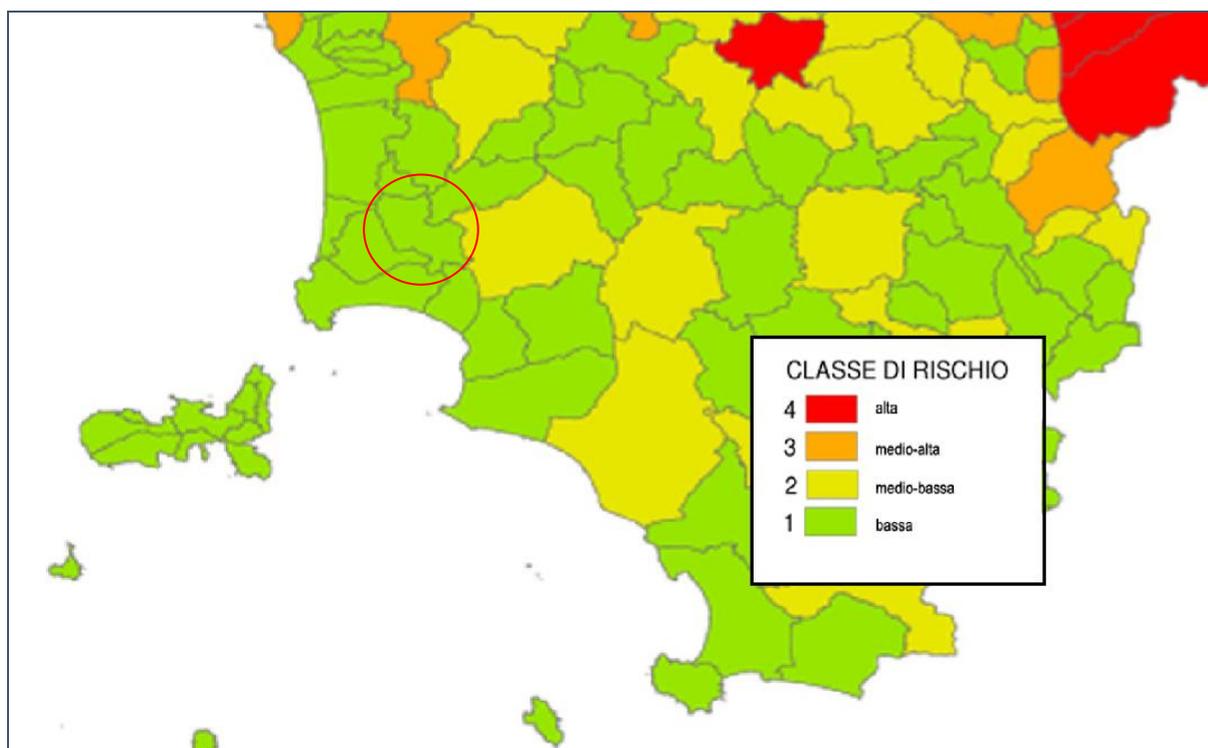
Le aree più esposte al rischio sismico sono quelle appenniniche: la Lunigiana, la Garfagnana, il Mugello, la Valtiberina al confine con l'Umbria, il Casentino e l'Amiata, zone in cui si sono verificati in passato forti terremoti. Tra i più recenti: gli eventi del 26 aprile 1917 (Amiata, IX grado MCS), del 29 giugno 1919 (Mugello, IX grado MCS) e del 7 settembre 1920 (Garfagnana, IX-X grado MCS).



*Zonazione sismica regionale. Cerchiato in rosso il sito di studio*

Il rischio sismico rappresenta la combinazione della pericolosità, esposizione e vulnerabilità sismica e misura i danni attesi in un'area, in un intervallo di tempo, in base alla sismicità, alla capacità di resistenza del patrimonio edilizio e dipende dal grado di antropizzazione. Per la valutazione del rischio sismico a scala territoriale, è stato sviluppato un metodo speditivo semplificato che, sulla scorta di quanto richiesto dalla L.R. 65/2014, è stato elaborato quale base per la definizione delle aree esposte a rischio per la pianificazione territoriale e quale criterio di priorità di azioni di prevenzione. La valutazione del rischio sismico a grande scala, finalizzato alla definizione della probabilità di accadimento di danni a seguito di un evento sismico in una determinata area, è un'operazione complessa. A scala regionale è stato elaborato un modello semplificato che tenga conto dei fattori di rischio a scala comunale sulla base dei dati omogenei a disposizione per ciascun comune. Per la pericolosità sismica si fa riferimento alla pericolosità di base (Ag max), per l'esposizione e la vulnerabilità si può fare riferimento ai dati ISTAT della popolazione e abitazioni. Per quanto riguarda la vulnerabilità sismica, dopo

opportune considerazioni generali, si è ritenuto di semplificare il modello tenendo conto delle caratteristiche di omogeneità del patrimonio edilizio, assumendo tale fattore costante per tutto il territorio regionale. Il modello semplificato ha permesso di ricavare, per ciascun fattore di rischio, quattro classi di riferimento (per la vulnerabilità, in questa prima ipotesi, la classe è unica), finalizzate alla definizione di quattro classi di rischio sismico. Tale operazione ha visto dapprima la definizione di soglie per l'individuazione delle classi e successivamente la predisposizione di una matrice di riferimento per definire il livello di rischio risultante dalla combinazione tra i diversi fattori di rischio. La metodologia è stata inoltre sviluppata per la valutazione del rischio a scala territoriale di livello inferiore (ad esempio a scala comunale), utilizzando i dati relativi sia alla pericolosità sismica di base che locale, laddove disponibili attraverso studi di microzonazione sismica, che elaborando i dati statistici dell'ISTAT disponibili per tutto il territorio per ciascuna sezione di censimento per l'esposizione e per la vulnerabilità. Maggiori dettagli e conoscenze specifiche consentono inoltre di affinare la valutazione e la definizione del rischio per ciascuna area omogenea.



*Suddivisione del territorio regionale in classi di rischio sismico. Cerchiato in rosso il sito di studio*

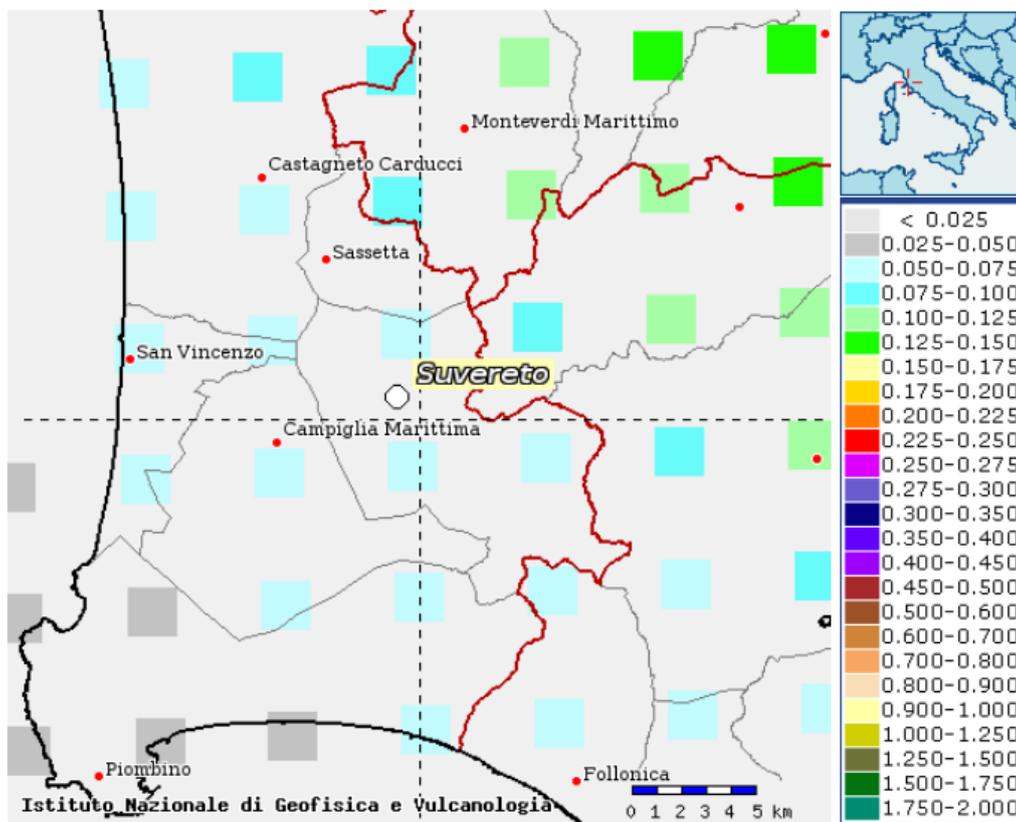
Si nota come il comune di Suvereto ricade nella, classe di rischio di grado più basso (classe 1), riferita ad un tempo di ritorno pari a 475 anni.

Il comune di Suvereto (Secondo la classificazione sismica indicati nell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n°3274/03) è classificato dal punto di vista sismico in classe IV con quindi i seguenti parametri edificatori minimi.

| Zona | Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ ) | Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g/g$ ) |
|------|---|--|
| 4    | < 0.05  | 0.05   |

La classificazione sismica in zone 1 2 3 4 dopo l'entrata in vigore delle NTC08 ha solo valore amministrativo, vale solo per i controlli sui progetti da parte del GC. L'azione sismica va sempre calcolata tenendo conto della griglia. Per l'identificazione della zona sismica in cui ricade ciascun comune o porzione di esso, occorre fare riferimento alle disposizioni emanate ai sensi dell'art. 83, comma 3, del DPR 6.6.2001, n. 380.

Sulla base delle mappe interattive dell'I.N.G.V., l'area comunale di Suvereto è inseribile nella fascia distinta da un valore di accelerazione sismica orizzontale  $a_g$ , riferito a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s,30} > 800$  m/s (Classe A), compreso tra 0.05 ( $a_g/g$ ) e 0.075 ( $a_g/g$ ).



Carta di pericolosità sismica dell'INGV

### Categoria sismica sottosuolo e condizioni topografiche

#### Categoria sismica sottosuolo

A seguito si riporta quanto indicato nelle NTC del D.M. 17/01/2018 nel capitolo "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche" nel punto 3.2.2. per la determinazione della categoria sismica di sottosuolo.

Qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del

sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. Valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

In base ai risultati delle indagini sismica descritta nel paragrafo "Caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica MASW e DOWN-HOLE" i terreni in sito appartengono alla **categoria sismica di sottosuolo C**.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica   |
|-----------|--|
| A         | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.   |
| B         | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.  |
| C         | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.   |
| D         | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E         | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.  |

### Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica  |
|-----------|---|
| T1        | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$                      |
| T2        | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$  |
| T3        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$                  |

All'area oggetto di studio si può attribuire la **condizione topografica T1**.

### **Liquefazione terreni**

In base alle indicazioni del paragrafo 7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione del DM 17/01/2018, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;

2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)60$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

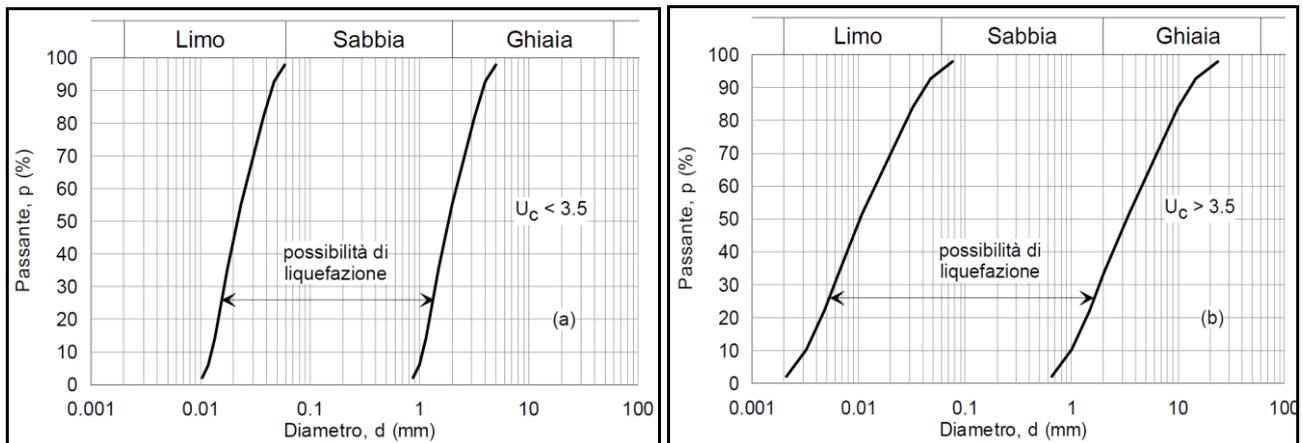


Fig. 7.11.1. Fusi granulometrici di terreni suscettibili alla liquefazione

### Verifica alla liquefazione dei suoli incoerenti

Le accelerazioni massime attese al piano campagna sono inferiori al valore di 0,1 g, di conseguenza la valutazione del rischio alla liquefazione dei terreni, come da normativa tecnica, viene omessa.

## 18. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

### Pericolosità geomorfologica

La zona d'indagine non presenta alcuna forma di dissesto in atto o potenziale ma da Regolamento Urbanistico comunale la porzione a Nord della centrale è stata classificata ai fini edificatori a pericolosità *G1- Pericolosità geomorfologica bassa* e *G2c-Pericolosità geomorfologica media*, mentre la porzione a sud-est è segnalata come *G1-Pericolosità geomorfologica bassa*. Vincoli e restrizioni sono analizzati in dettaglio nel paragrafo dedicato all'inquadramento geomorfologico.

### Pericolosità idrogeologica

L'acquifero il principale d'interesse pratico è contenuto nei depositi permeabili del Quaternario, costituiti da livelli di ghiaie alluvionali ma il sistema nel complesso è caratterizzato nel modo seguente:

- un acquifero superficiale freatico-semiconfinato, spesso sospeso, di modesto spessore e discontinuo nella bassa pianura;
- un sistema acquifero confinato multistrato, costituito da più livelli (in genere 4) ghiaiosi acquiferi sovrapposti.

L'acquifero 1, il più profondo, ha granulometria ghiaiosa e si sviluppa prevalentemente in corrispondenza dei margini sud-ovest e nord-est della piana del Cornia. I livelli permeabili 2 e 3, anche questi caratterizzati dalla prevalenza di ghiaie, rappresentano gli acquiferi più estesi e continui, sviluppandosi per quasi tutto l'areale del bacino. Nel foro del sondaggio S8 e S15 è stato installato un piezometro per il monitoraggio della falda, che riporta un livello variabile tra -5m da p.c. fino a quasi -10 m da p.c.

### Pericolosità idrica

Il territorio di Suvereto in località Forni, come di sopra già evidenziato, ricade in un'area a pericolosità elevata dal punto di vista idraulico, secondo gli studi di carattere comunale. Tale condizione è legata alla vicinanza con il meandro del Fiume Cornia e alle bassissime pendenze dell'area. Per maggiori dettagli fare riferimento alla relazione di compatibilità idraulica.

### Pericolosità sismica

La Toscana, come gran parte della nostra Penisola, è un territorio a rischio sismico in cui le aree più esposte al rischio sismico sono quelle appenniniche. Per quanto riguarda nello specifico il territorio di Suvereto a seguito

|   |  |   |                                |
|---|--|---|--------------------------------|
| <br><small>T E R N A   G R O U P</small> | <b>Relazione geologica preliminare</b> | <small>Codifica</small><br><b>RUHR10002BCC00516</b> |                                |
|   |  | <small>Rev. N° 00</small>                           | <small>Pag. 128 di 130</small> |

dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3519 del 28/04/2006, e della D.G.R.T. n. 431 del 19/06/2006 è stato inserito nella zona 4 della nuova classificazione sismica ovvero con basso rischio sismico.

## 19. CONCLUSIONI

**Fattibilità geologica;** dal punto di vista geologico l'area può ritenersi stabile non presentando particolari problemi. In base a quanto descritto nella perizia l'area è da considerarsi a medio-basso rischio idrogeologico s.l. (v. par. idrologia) ma ad alto rischio idraulico per possibili esondazioni del Fiume Cornia (v. Relazione Di compatibilità idraulica).

|   |  |                                      |                        |
|---|--|--------------------------------------|------------------------|
|  | <b>Relazione geologica preliminare</b> | Codifica<br><b>RUHR10002BCC00516</b> |                        |
|   |  | Rev. N° 00                           | Pag. <b>129</b> di 130 |

## BIBLIOGRAFIA

- Bartolini C., Peccerillo A., (2002) – *I fattori geologici delle forme del rilievo*, Bologna, Pitagora Editrice.
- Bertini G., Cameli G.M., Costantini A., Decandia F.A., Di Filippo M., Dini L., Elter F.M., Lazzarotto A., Liotta D., Pandelli E., Sandrelli F. & Toro B. (1991) – *Struttura Geologica fra i monti di Campiglia e Rapolano Terme (Toscana Meridionale): stato attuale delle conoscenze e problematiche*.
- Bortolotti V. (Ed.) (1992) – *Guide Geologiche regionali: Appennino Tosco-Emiliano*. Soc. Geol. It.. Ed. BE-MA: 331 pp.
- Carmignani L. & Giglia G. (1975) – *Le fasi tettoniche terziarie dell'autoctono delle Apli Apuane: studio delle strutture minori della zona centro-meridionale*.
- Cornamusini G. (1998) – *Evoluzione sedimentaria dell'avanfossa oligo-miocenica dell'Appennino settentrionale. Studio litostratigrafico, sedimentologico, petrografico e biostratigrafico del Macigno della Toscana meridionale*. Tesi di dottorato IX ciclo, Univ. Siena, 252 pp.
- Cortemiglia G. C., Mazzanti R., Parea G. C. (1983) – *Geomorfologia della Baia di Baratti e della sua spiaggia (Livorno, Toscana)*. Geogr. Fis. Dinam. Quater., 6, pp. 148-176.
- Costantini A., Lazzarotto A., Maccantelli M., Mazzanti M., Sandrelli F., Tavarnelli E., Elter F. M. (1993) – *La scienza della Terra nell'area della provincia di Livorno a sud del fiume Cecina*. Quaderni del museo di Storia Naturale di Livorno, 13 Supplemento n. 2, pp. 1-164.
- Costantini A., Mazzanti R., Sandrelli F., (1995) – Att. Soc. Tosc. SCI. Nat. , Mem., SERIA A, 102.
- Decandia F. A & Lazzarotto A. (1981) – *L'unità dello pseudoverrucano negli affioramenti di Punta delle Rocchette, dei Monti dell'Uccellina e di Montebrandoli (Toscana meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 21 (1980), pp. 403-412.
- Dott. Geol. Spinicci A., Frullini A., Sinatti R. (2006) – *Piano Strutturale della Val di Cornia*, Circondario Val di Cornia Provincia di Livorno
- Dott. Geol. Spinicci A., Frullini A., Sinatti R. (2012) – *Regolamento urbanistico d'area, Campiglia M.ma Piombino Suvereto, Comune di Piombino Relazione Geologica*
- Dott.geol.Citran S., (2012) – *Studi specialistici: geologia, geotecnica, sismica – Piano regolatore portuale del polo del diportismo*
- Elter F.M. & Sandrelli F. (1995) – *La fase post-nappe nella Toscana Meridionale: nuova interpretazione sull'evoluzione dell'Appennino Settentrionale*. Atti Ticinensi di Scienze della Terra
- Gasperi G. (1968) – *Geologia del promontorio di Piombino (Livorno)*. Mem. Soc. Geol. It., 7, pp 11-28.
- Ghezzi G., Ghezzi R., Muti A. (1993) – *Studio idrogeologico della Pianura di Piombino (Pianura del Fiume Cornia e Terrazzo S. Vincenzo – Palmentello) – Quaderni del Museo di Storia Naturale di Livorno vol. 13*
- Trevisani M., Massini G. (2012) – *Acquifero arenaceo del Macigno della Toscana sud-occidentale – Caratterizzazione geologica, idrogeologica e idrogeochimica dei Corpi Idrici Sotterranei della Regione Toscana (CIS)*
- Prof. Ing. Pagliara S. (2006) – *Relazione idrologico-idraulica, Piano Strutturale della Val di Cornia*, Circondario Val di Cornia Provincia di Livorno
- Protezione Civile, Il Circondario Val di Cornia (2014) – *Piano Intercomunale di Emergenza, Opuscolo Piombino Sani F., Bonini M., Piccardi L., Vannucci G., Delle Donne D., Benvenuti M., Moratti G., Corti G., Montanari D., Sedda*

[http://www.comune.piombino.li.it/pagina1446\\_componente-geologico-idraulica.html](http://www.comune.piombino.li.it/pagina1446_componente-geologico-idraulica.html)  
[http://www.comune.piombino.li.it/pagina1335\\_elaborati-adottati.html](http://www.comune.piombino.li.it/pagina1335_elaborati-adottati.html)  
<https://www.visittuscany.com/it/territori/val-di-cornia/>  
<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>  
<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html>

#### ALLEGATI PER IL SITO DI PIOMBINO LOC. SALIVOLI

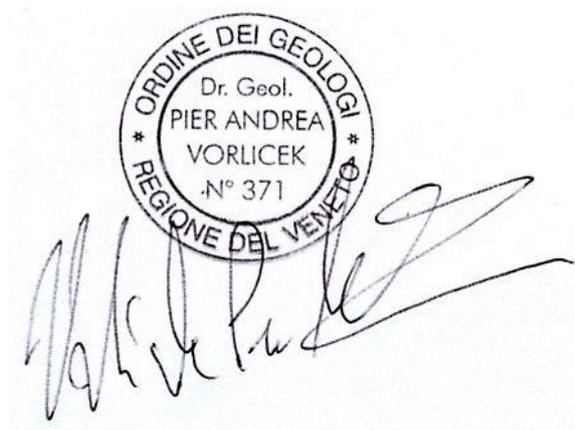
- Carta litologica in scala 1:5.000                      codice: DUHR10002BCC00516-001
- Carta di fattibilità in scala 1:5.000                      codice: DUHR10002BCC00516-002
- Carta idrogeologica 2021 :5000                      codice: DUHR10002BCC00516-010
- Sezioni idrogeologiche Salivoli                      codice: DUHR10002BCC00516-011

#### ALLEGATI PER IL SITO DI SAN VINCENZO LOC. LA TORRACCIA

- Carta geologica in scala 1:5.000                      codice: DUHR10002BCC00516-003
- Carta geomorfologica in scala 1:5000                      codice: DUHR10002BCC00516-004
- Carta litologico-tecnica in scala 1:5000                      codice: DUHR10002BCC00516-005
- Carta idrogeologica in scala 1:5000                      codice: DUHR10002BCC00516-006

#### ALLEGATI PER IL SITO DI SUVERETO LOC. FORNI

- Carta geologica e geomorfologica                      codice: DUHR10002BCC00516-007
- Carta della pericolosità geomorfologica                      codice: DUHR10002BCC00516-008
- Tavola dei vincoli                      codice: DUHR10002BCC00516-009
- Sezioni idrogeologica S. Teresa                      codice: DUHR10002BCC00516-012



A circular professional stamp from the Ordine dei Geologi Regione del Veneto. The stamp contains the text: "ORDINE DEI GEOLOGI", "Dr. Geol. PIER ANDREA VORLICEK", and "REGIONE DEL VENETO \* N° 371 \*". Below the stamp is a handwritten signature in black ink.