

CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV

RELAZIONE GEOLOGICA


Il Tecnico

Dott. Geol. Agostino Scalercio




Storia delle Revisioni

Storia delle Revisioni		
Rev. 00	13/08/2021	Prima emissione del documento
Rev. 01	17/06/2022	Prima emissione del documento


Elaborato	Verificato	Approvato
 WE ENGINEERING Green & Green S.r.l.		

Sommario

1. PREMESSA	3
1.1. GENERALITÀ.....	3
1.2. SCOPO DEL LAVORO E METODOLOGIE DI INDAGINE	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO	5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	8
3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE GENERALE	8
3.2. ASSETTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO LOCALE	14
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	34
4.1. GEOMORFOLOGIA DELL’AREA DI PROGETTO	34
5. VINCOLI TERRITORIALI	40
5.1. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI (PGRA)	43
6. IDROGEOLOGIA.....	51
6.1. CLIMA	51
6.2. ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE.....	58
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE	60
8. CARATTERISTICHE SISMICHE GENERALI	68
8.1. SISMICITÀ E TETTONICA ATTIVA	68
8.1.1. LE SORGENTI SIMOGENETICHE.....	69
8.2. CRISI SISMICA EMILIANO-ROMAGNOLA DEL 2012	87
8.3. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	93
9. LIQUEFAZIONE	96
10. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	99
11. CATEGORIA TOPOGRAFICA	102
12. SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI	102
13. LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	112
14. CONCLUSIONI	113

 <small>T E R N A G R O U P</small> Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 2 a 115

15. BIBLIOGRAFIA-SITOGRAFIA.....115

 Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 3 a 115

1. PREMESSA

1.1. GENERALITÀ

La presente relazione ha come finalità la caratterizzazione geologico-tecnica del sito interessato dal progetto “CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM POGGIO RENATICO”, nel comune di Poggio Renatico (FE).

Il lavoro è stato svolto in ottemperanza al DM 17/01/2018: Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni.

Nel corpo della relazione viene descritto l’assetto geologico-litostratigrafico-idrogeologico, geomorfologico e sismico del sito destinato agli interventi in progetto.

È stata, quindi, verificata la compatibilità degli interventi da un punto di vista ambientale e nei confronti dell’assetto geomorfologico-idrogeologico del territorio, nonché con gli eventuali vincoli territoriali presenti, al fine di soddisfare gli adempimenti emergenti dalla normativa nazionale e regionale, ovvero in ottemperanza al “Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI)”.


In fase esecutiva, le ipotesi e le prescrizioni contenute nella presente relazione dovranno essere necessariamente verificate. Se il confronto tra i dati forniti dalla presente relazione e quelli provenienti da osservazioni dirette dovesse evidenziare differenze sostanziali, nel pieno rispetto del D.M. 17/01/2018, le indagini dovranno essere necessariamente integrate e le opere adeguate alle eventuali criticità riscontrate.

1.2. SCOPO DEL LAVORO E METODOLOGIE DI INDAGINE

L’obiettivo del lavoro è stato quello di fornire una visione d’insieme delle caratteristiche generali del sito investigato ed un modello geologico-tecnico di dettaglio; in particolare, lo studio è stato impostato seguendo quelle che sono le direttive ministeriali e regionali, allo scopo di:

- definire le principali caratteristiche geologiche;
- definire i lineamenti geomorfologici del territorio e la loro tendenza evolutiva;
- definire il profilo litostratigrafico di massima del sito in esame e le relative caratteristiche geotecniche;
- ricostruire lo schema di circolazione idrica sotterranea e superficiale, ovvero i caratteri idrogeologici e idraulici;
- definire il comportamento dei terreni nei confronti del rischio sismico.


Detto ciò, lo studio è stato sviluppato in successione logico-temporale, nell’ottica del progressivo affinamento della conoscenza delle caratteristiche, da quelle più generali a quelle di dettaglio, dedotte dalla bibliografia e dai database disponibili.

 Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 4 a 115

1.1 raccomandazioni e normative tecniche

La presente relazione e gli studi ad essa associati sono redatti in conformità a quanto previsto dalla normativa tecnica, fra cui di seguito sono elencati i principali riferimenti:

- ✓ L. 08/08/1985 n. 431: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 27 giugno 1985, n. 312, recante disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 22 agosto 1985, n. 197)";
- ✓ Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (11 marzo 1988) "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"
- ✓ Circolare Min. LL.PP: 24 settembre 1988 n° 30483: "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- ✓ L. 18/05/89 n. 183: "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo".
- ✓ Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998).
- ✓ Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione". (Pres. Cons. Superiore — Servizio Tecnico Centrale).
- ✓ D.M. LL.PP. del 14/02/1992 Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- ✓ D.M. 9 Gennaio 1996 Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- ✓ D.M. 16 Gennaio 1996 Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi
- ✓ Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- ✓ Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

 Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 5 a 115

- ✓ Decreto n. 159 del 14.9.2005 Normative Tecniche per le costruzioni in zona sismica
- ✓ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (ordinanza n. 3274 – Allegati 1, 2 e 3);
- ✓ D.G.R n. 47 del 10/02/2004 – “Prime disposizioni per l’attuazione dell’Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- ✓ Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018.
- ✓ Circolare NTC 2018 – Nuove norme sismiche per il calcolo strutturale CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.. Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- ✓ O.P.C.M. 13/11/2010 n. 3907: “Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico”;
- ✓ L.R. 30/10/2008 n.19; con le modifiche apportate dalla L.R. 6 luglio 2009 n.6 e dalla L.R. 23 dicembre 2016 n. 25 contenuta nel B.U.R 44 del 12/03/2010: Norme per la riduzione del rischio sismico.

È necessario ricordare che le norme stesse tengono conto del fatto che, lo studio in fase di progetto, non è sufficiente per definire nei dettagli la reale situazione geologico-tecnica. È necessario pertanto che, in base a quanto disposto dalle norme medesime, sia da eseguirsi, in relazione alle esigenze della fase costruttiva, il controllo delle ipotesi di progetto attraverso i dati ottenuti con verifiche nel corso dei lavori.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

L’area oggetto del presente studio ricade nel territorio comunale di Poggio Renatico (FE), in destra idrografica del fiume Po. L’area fa parte del contesto vallivo del fiume Reno e del suo sistema di canali ed è compresa nell’area fra il centro abitato di Poggio Renatico e la città di Ferrara.

Nell’elaborazione del presente lavoro è stato necessario avvalersi di carte topografiche, tecniche e tematiche ed in particolare, è stata visionata la seguente cartografia:

- ✓ Carta Tecnica Regionale Multiscala (livello WMS)
- ✓ Elaborati cartografici del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po (PAI), del Piano di Gestione del Rischio Alluvione (PGRA) e del Piano di Tutela delle Acque.

- ✓ Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 di ISPRA, Foglio 76, Ferrara.

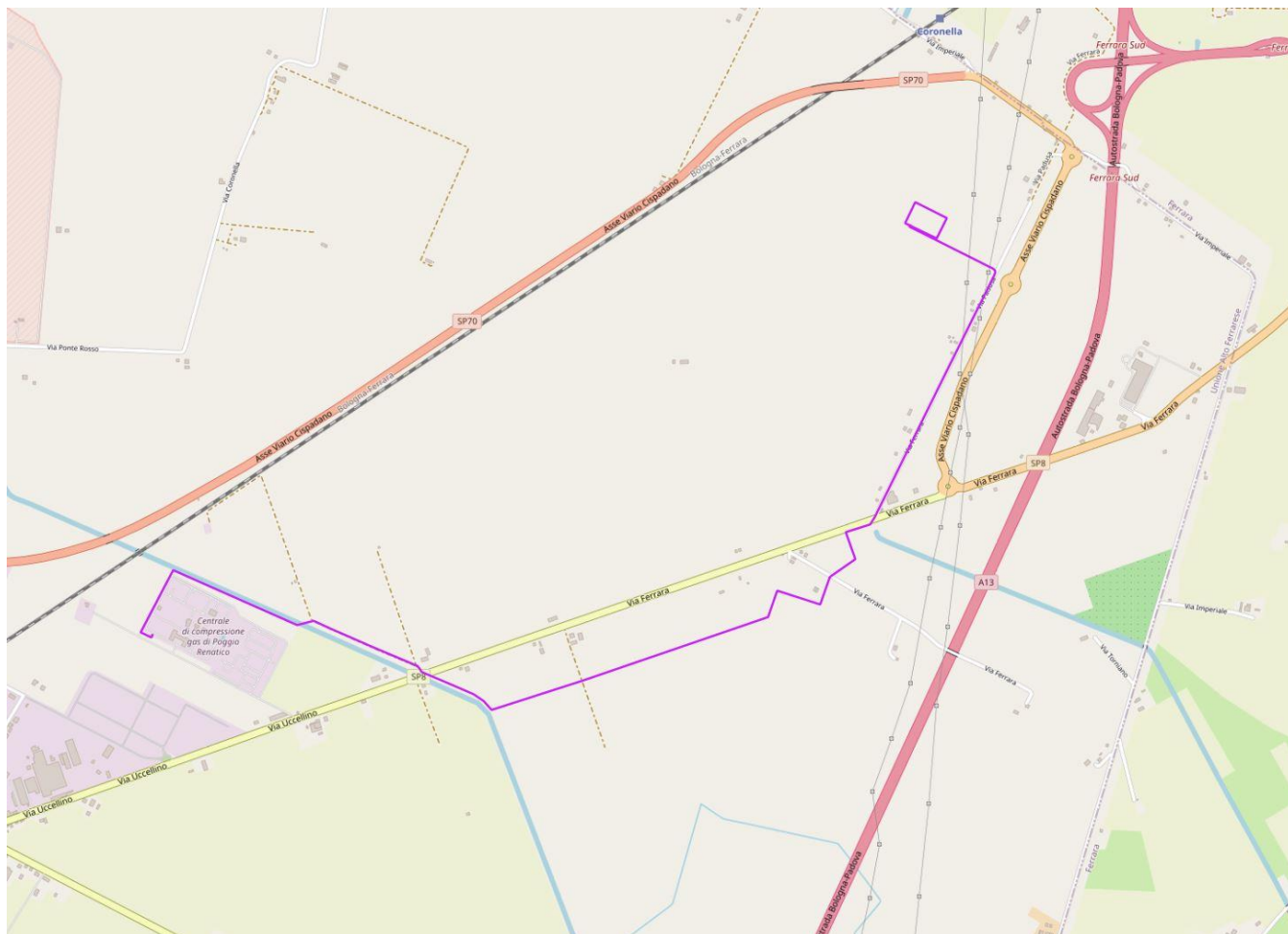



Figura 1: Inquadramento dell'area di studio su cartografia Open Street Map. (in magenta il layout di impianto)



Figura 2: Inquadramento territoriale dell'area di studio su base ortofoto. (in magenta il layout di impianto)

 Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 8 a 115

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE GENERALE

Il settore territoriale in esame ricade nella media pianura padana, in destra idrografica del fiume Po, estendentesi dal margine meridionale del pedeappennino fino alla bassa pianura ascrivibile alla sedimentazione padana. Recenti studi effettuati per la ricostruzione degli acquiferi nella Pianura Emiliano Romagnola (Regione Emilia Romagna, ENI-AGIP, 1998 - Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia- Romagna. A cura di G. Di Dio) hanno permesso di individuare i corpi sedimentari e le strutture tettoniche sepolte e di approfondire la comprensione dell'evoluzione globale del bacino padano. In profondità sono presenti depositi legati a cicli trasgressivi regressivi Plio-Pleistocenici. I cicli sono legati all'approfondimento e successiva continentalizzazione del bacino marino che ha interessato in più riprese l'area attualmente occupata dalla valle Padana. A scala padana la successione plio-quadernaria ha carattere regressivo, con alla base sabbie e peliti torbiditiche seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali. Nel sottosuolo della pianura emiliano romagnola sono state riconosciute 3 grandi discontinuità deposizionali corrispondenti ad altrettanti eventi tettonici, determinanti la chiusura del bacino padano e l'accavallamento delle falde appenniniche. Nonostante la Pianura Padana non presenti in superficie nessun elemento per definire l'assetto strutturale, il sottosuolo è caratterizzato da una serie di superfici di distacco che lo dividono in diversi corpi cuneiformi secondo un modello di embrici est vergenti, che sono stati ben individuati dalle indagini di profondità (perforazioni profonde e linee sismiche a riflessione) eseguite principalmente per ricerca di gas e idrocarburi. Sotto l'aspetto strutturale infatti la pianura emiliana è compresa nell'arco delle pieghe emiliane, caratterizzate da due distinti fasci di *thrust* a vergenza appenninica: il primo, più meridionale, detto fronte di accavallamento appenninico (P.T.F.), definisce il limite della catena appenninica affiorante; il secondo, detto fronte di accavallamento esterno (E.T.F.), definisce il limite dell'Appennino sepolto. Per quanto riguarda i fronti esterni dell'Appennino settentrionale a sud del Fiume Po, essi formano tre archi principali, che da ovest a est sono:

- a) l'arco del Monferrato;
- b) l'Arco delle Pieghe Emiliane;
- c) l'Arco delle Pieghe Ferraresi e Romagnole.

L'attività quadernaria di queste strutture, oltre che dalla sismicità, è testimoniata dalle caratteristiche del campo di stress locali, dall'influenza esercitata sul drenaggio e dalle deformazioni di orizzonti geologici recenti.

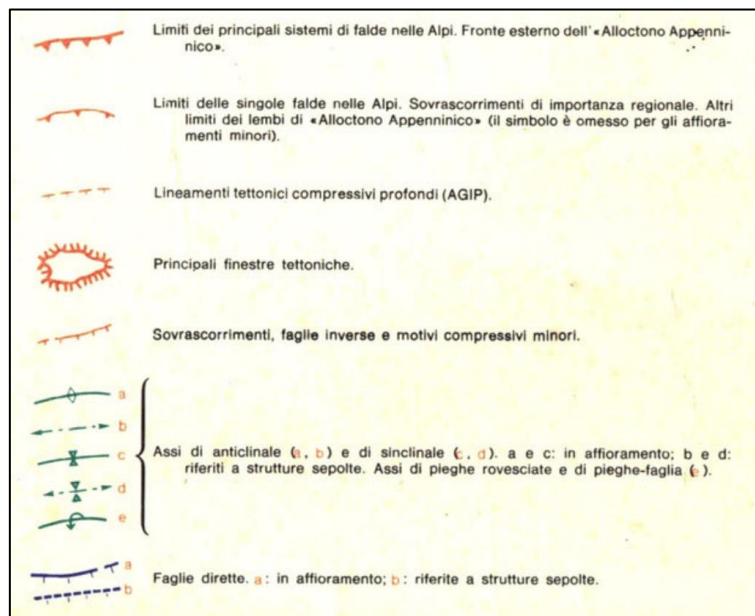
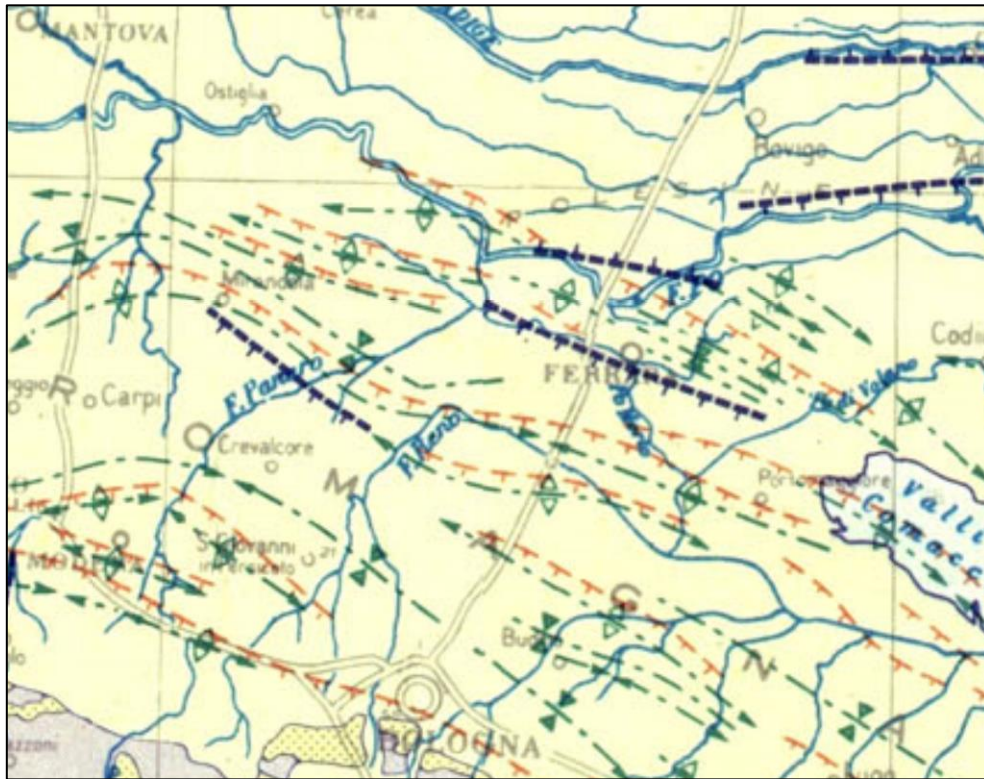


Figura 3: Carta tettonica d'Italia in scala 1:5000.000 e relativa legenda. Sono molto evidenti i lineamenti profondi, prevalentemente di stile compressivo.

Data l'importanza economica dell'area padana in termini di potenzialità estrattiva, sono stati eseguiti nel corso dei decenni un gran numero di studi per la definizione delle caratteristiche geologiche in profondità, dato che ha permesso di individuare numerose strutture sepolte: la macrostruttura sepolta principale è chiamata Arco Ferrarese, poiché la flessurazione presenta una tipica forma

arcuata data dalla progradazione dei fronti dei *thrusts* esterni della Catena Appenninica, che interessa sia il fronte attivo della piattaforma carbonatica, sia il fronte attivo del Basamento, come ben visibile nelle immagini a seguire, tratte da Boccaletti *et al.*, 2004 in Balocchi e De Luca, 2011.

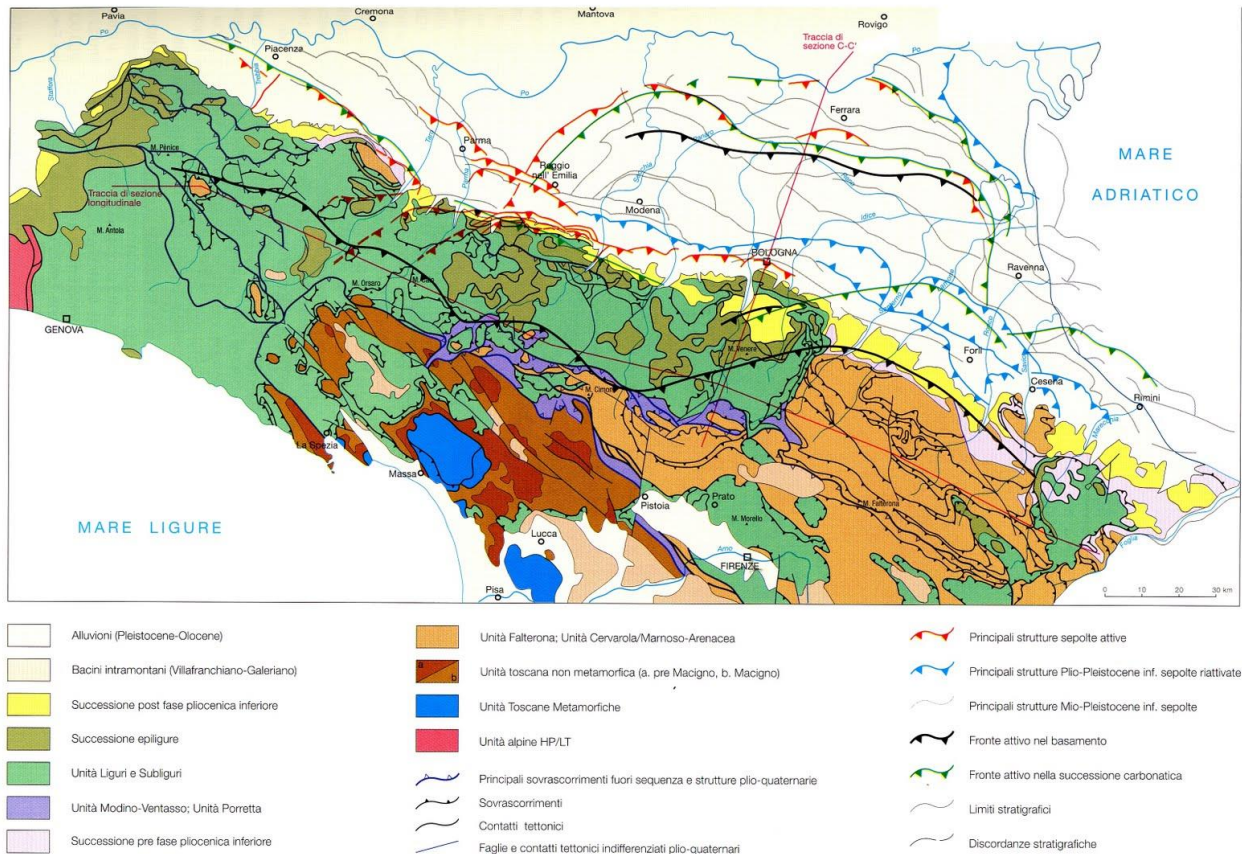


Figura 4: Schema tettonostrutturale dell'Appennino Emiliano-Romagnolo e della Pianura Padana (pro-parte); fonte Boccaletti *et al.* 2004 in Balocchi e De Luca, 2011. Risulta chiaramente individuabile la struttura arcuata dell'Arco Ferrarese.

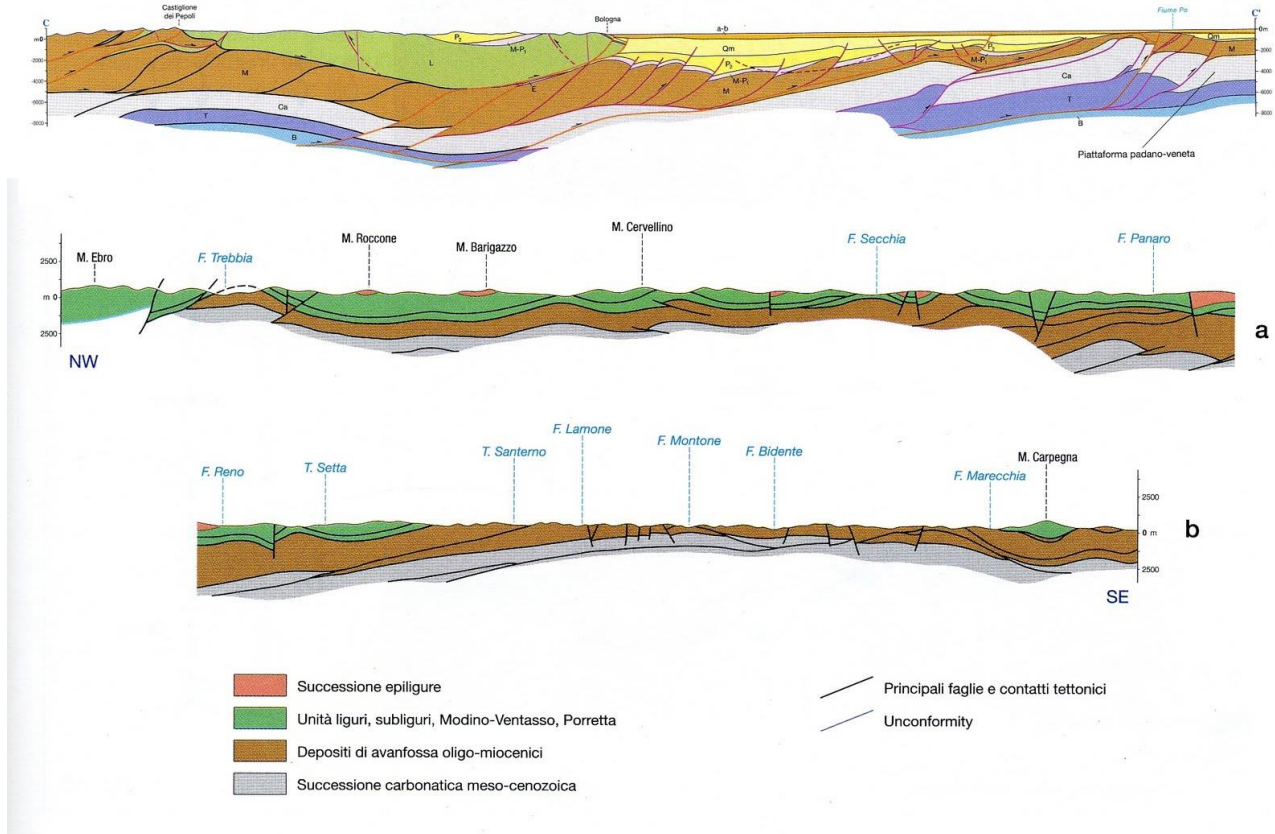


Figura 5: Sezione schematica dell'assetto tettonostrutturale dell'Appennino Emiliano-Romagnolo e della Pianura Padana (pro-parte); fonte Boccaletti et al. 2004 in Balocchi e De Luca, 2011. La sezione di riferimento per l'area ferrarese è quella in alto.

Per l'area di progetto è disponibile una vasta produzione cartografica, comprendente sia la Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Foglio 76-Ferrara), sia la più recente e dettagliata cartografia CARG in scala 1:50.000 (Foglio 203-Poggio Renatico).

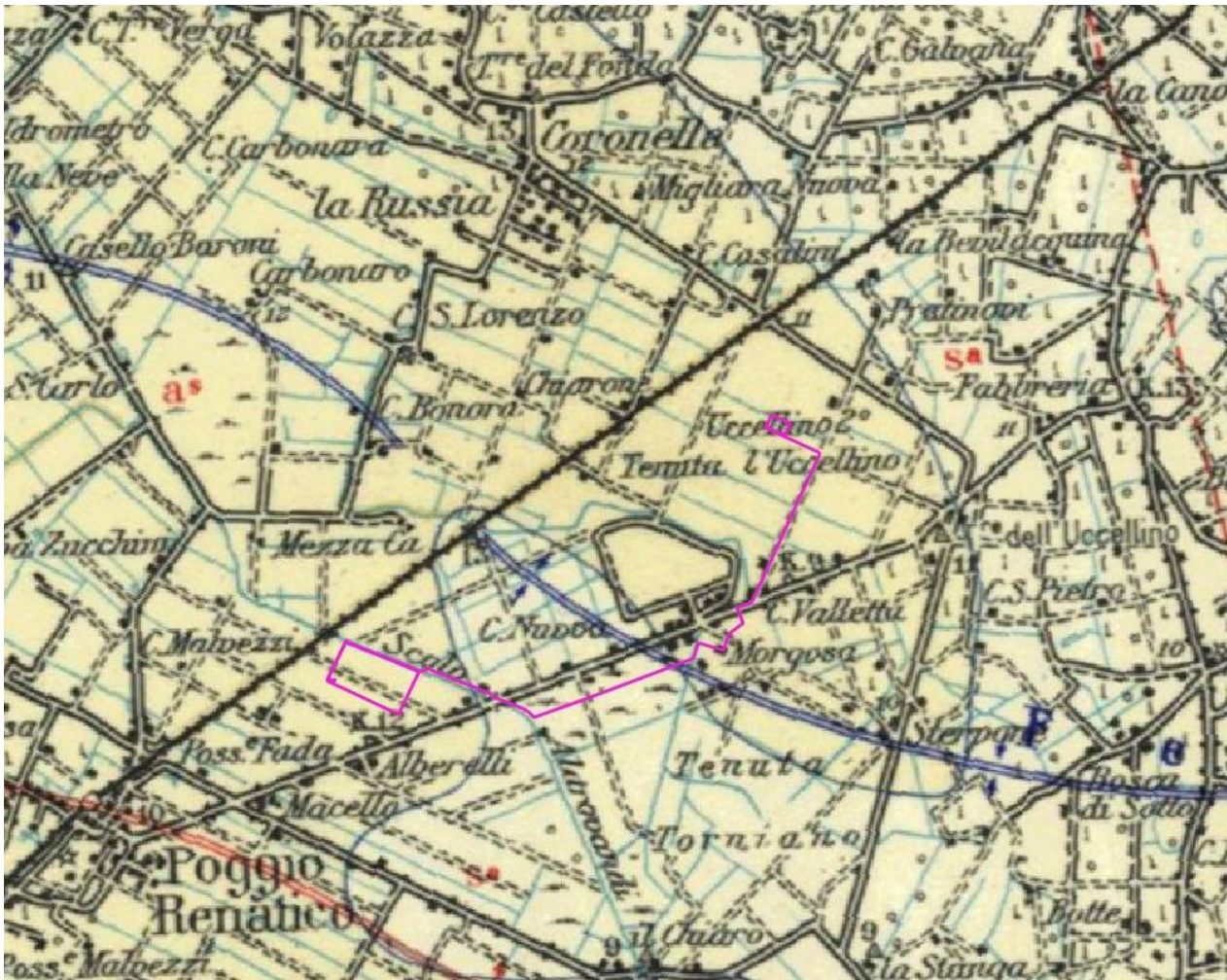
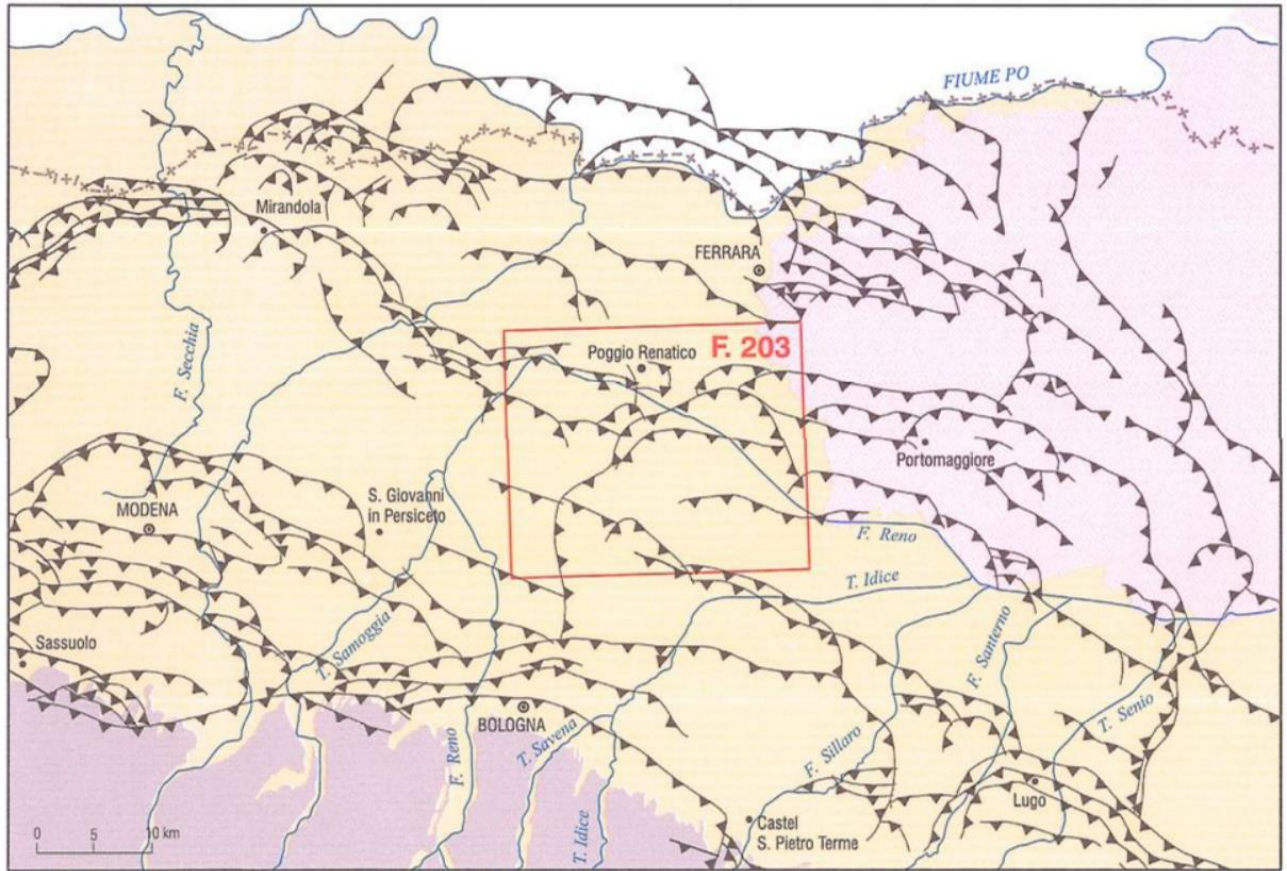


Figura 6: Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 76-Ferrara, con in sovrapposizione il Layout di progetto in magenta. Legenda: as terreni argilloso-sabbiosi (dal 40 al 60% di frazione argillosa); sa terreni sabbioso-argillosi (contenuto in argilla 25-40%). Il tracciato interessa entrambe le unità.

La cartografia ufficiale CarG in scala 1:50.000, che di seguito si riporta, fornisce dettagli sia per quanto riguarda lo schema strutturale profondo, sia per quello che riguarda la geologia di superficie, in cui l'area viene riportata come Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) costituito da depositi di tipo continentale, con spessore massimo di circa 300 m. Più in dettaglio l'area rientra nel subsintema di Ravenna (AES8) – Unità di Modena (AES8a); si tratta di depositi continentali piuttosto complessi, con forti eteropie, che sono suddivisi in due lithofacies principali: depositi sabbiosi e limosi di argine, rotta e canale fluviale a geometria nastriforme, legati alla dinamica del reticolo principale; argille e limi di piana inondabile, legati alle aree topograficamente depresse e localmente di piana deltizia. Tali depositi hanno età post-romana e spessore massimo di circa 10 m.



- Depositi alluvionali
- Catena appenninica
- Depositi deltizi e litorali


 Principali sovrascorrimenti post-tortoniani

Figura 7: Schema tettonico del Foglio 203-Poggio Renatico del Progetto CarG 203 Poggio Renatico (isprambiente.gov.it)

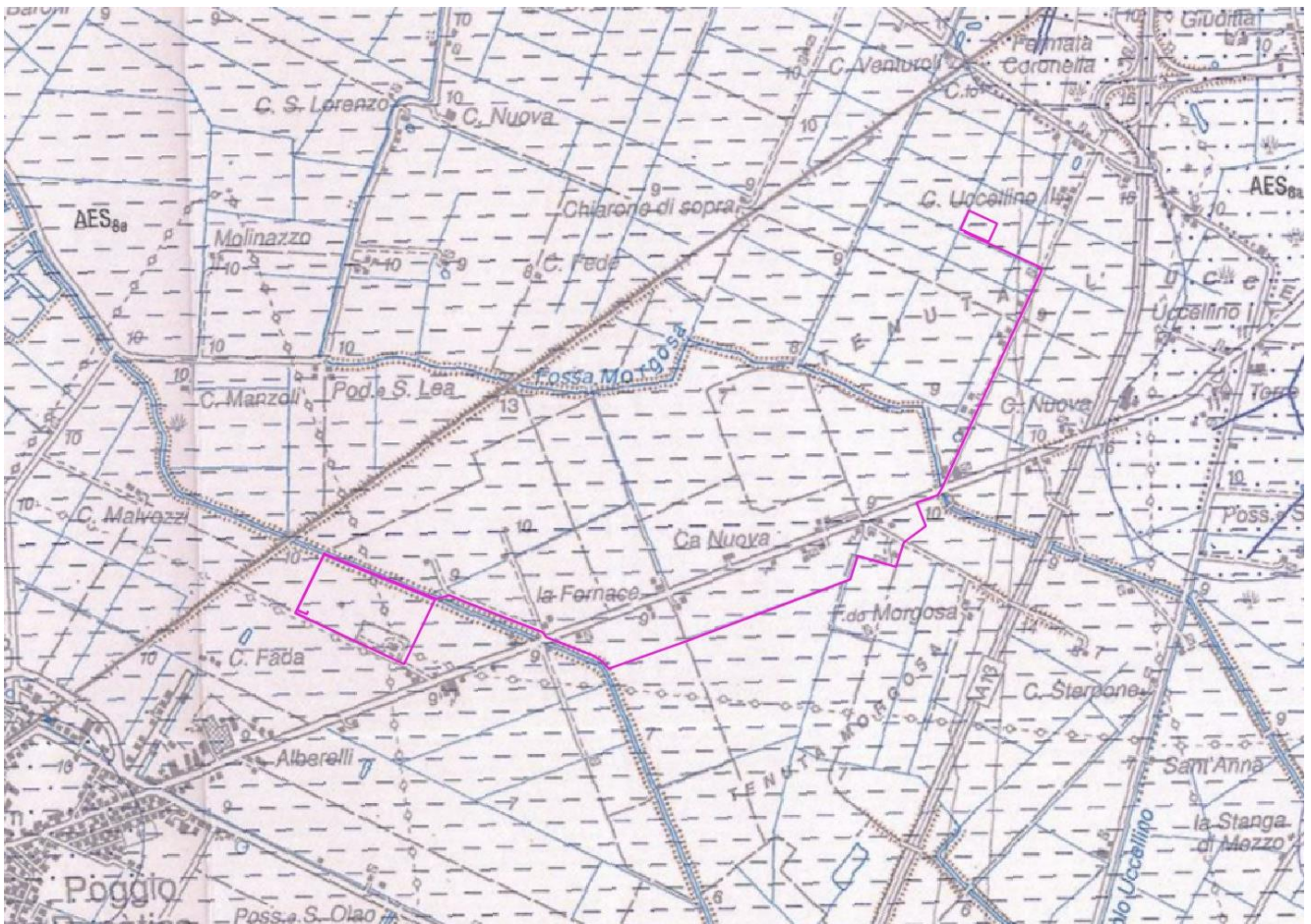


Figura 8: Stralcio del Foglio CarG 203-Poggio Renatico; Legenda: AES8a Unità di Modena del subsistema di Ravenna del Sintema Emiliano-Romagnolo superiore. In tale carta, contrariamente a quanto riportato nella carta ISPRA 100k, viene individuato una sola lithofacies, prevalentemente argillosa, mentre la lithofacies sabbioso-limoso è presente più a est. (in magenta il layout di impianto)

3.2. ASSETTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO LOCALE

Come precedentemente esposto, l'area di progetto è caratterizzata dall'Unità di Modena (AES8a), unità litologica di tipo pellicolare, di pochi metri di spessore e spessore massimo nelle zone di dosso fluviale non eccedente i 10 m; l'età del deposito è post-romana. Il limite inferiore è costituito dalle formazioni fluviali di età romana di natura non calcarea o scarsamente calcarea.

Le conoscenze di tale orizzonte, viste le caratteristiche planimetriche che rendono estremamente rari gli affioramenti, sono legate alla presenza di un gran numero di indagini effettuate nel sottosuolo, che ne hanno consentito una ricostruzione piuttosto dettagliata. Il database della Regione Emilia Romagna ha consentito una sistematizzazione dei dati esistenti; in particolare nei dintorni dell'area sono disponibili i dati derivanti dalle indagini per la realizzazione dell'Autostrada A13, della linea ferroviaria Bologna-Ferrara, della Strada Cispadana, di una serie di pozzi per acqua e di altre

progettazioni. Dell'imponente mole di dati esistenti al contorno viene estrapolata una parte significativa per la definizione del modello geologico e in parte geotecnico.

Sono presenti un buon numero di sondaggi a carotaggio continuo corredati di prove in situ di vario genere, fra cui SPT, le stratigrafie di alcuni pozzi, anche profondi e alcune prove penetrometriche statiche; di queste ultime si sono utilizzate solo le più prossime o che presentassero documentazione utile, tralasciando le molte poco più lontane o carenti come documentazione allegata. Fra la varia documentazione è stata individuata e allegata alla presente anche una prova MASW.

Di seguito l'ubicazione delle indagini disponibili.

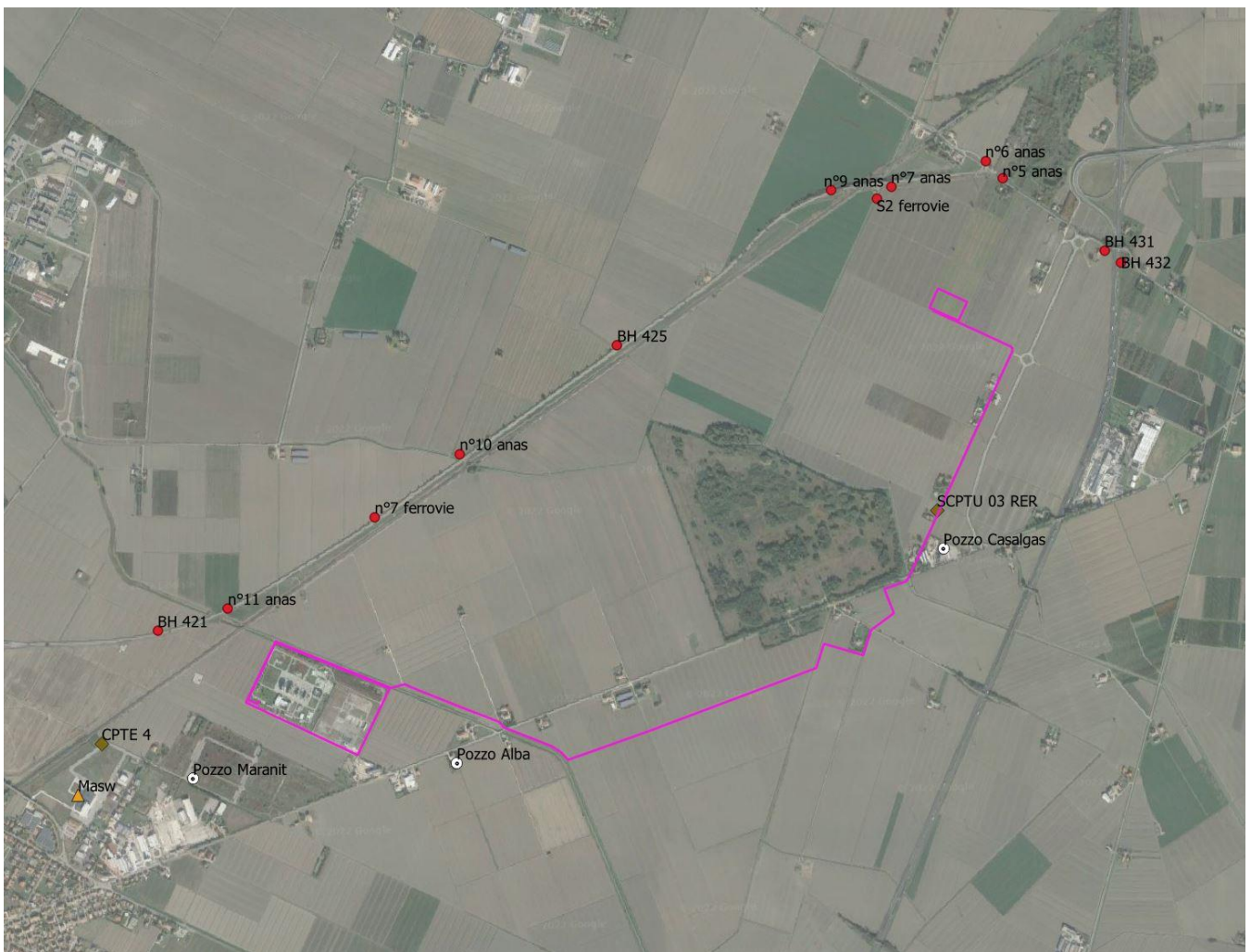


Figura 9: ubicazione indagini con indicazione della sigla di riferimento; le relative indagini vengono riportate a seguire su base satellitare. (in magenta il layout di impianto)

RELAZIONE GEOLOGICA

Sondaggi a carotaggio continuo

Committente: A.N.A.S. DIREZIONE GENERALE ROMA		Attrezzatura: SONDA ELETTARI EK200 STR		PROFONDITA' SONDAGGIO 40,00 m n° 5							
Cantiere: FERRARA SUD		Metodo di perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO CON ACQUA		DATA DI INIZIO: 16/05/89 FINE: 17/05/89							
Tavoletta Foglio N° III NE FERRARA SUD+ III NO POGGIO RENATICO 76 FERRARA		Rivestimento: ø 127 mm		Attrezzo di perforazione: CAROTIERE SEMPLICE ø 101							
Note:		Piezometro: INSTALLATO FINO A 10,00 m DAL P.d.c. QUOTA S.L.M. 9,71 m		Operatore: Dott. ZANANI C. Assistente: Dott. FORCINI F.							
Legenda:		Campioni: (d) disturbato (i) indisturbato									
% Recupero		A - da carotiere semplice (d) D - da S.P.T. (d)									
% R.O.D.		B - da carotiere doppio (i) E - da carotiere a pistone (i)									
		C - da carotiere triplo (i) F - da sheib (i)									
Profondità Letture in metri	Profondità in metri	Quota Anzetta in metri	Simbolo Stratigrafico	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	% Recupero % R.O.D.	Campioni Tipo Numero	Profondità acqua Data di lettura	S.P.T. Profondità	Schmidt Test Letture valore H	Monorecchi Carotaggio	Tempo di
0,00	3,5	7,2		ARGILLA LINDA, MOLTO COMPATTA, DI COLORE NOCCIOLA CON VENATURE GRIGIE							
0,00	2,1	1,0		ARGILLA, MOLTO COMPATTA, DI COLORE NOCCIOLA CON VENATURE GRIGIE E CON SOSTANZA ORGANICA DIFFUSA			3,10 ml 31/05/89				
0,00	2,0	0,90		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON SOSTANZA ORGANICA DIFFUSA E PRODOTTI LIVELLATI, DA COMPENDEI A DECENDECIMI, DI TURBA, CONSISTENZA MEDIA							
0,00	2,3	1,00		LIMO ARGILLOSO, COMPATTO, DI COLORE GRIGIO CON SOSTANZA NOCCIOLA E CON QUALCHE LIVELLATO DI SABBIA FINE							
0,00	0,9	0,45		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON QUALCHE STRUTTURA NOCCIOLA E CON CALCIANELLI DIFFUSI							
0,00	1,0	0,50		ARGILLA, A TRATTI LINDA, DI COLORE GRIGIO, CON PRODOTTI LIVELLATI CENTIMETRICI DI SABBIA DA FINE A MEDIA E FRAMMENTI TURBOSI DIFFUSI. C. DA MEDIA A COMPATTA							
0,00	1,0	0,40		ARGILLA COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON ALCUNI CALCIANELLI							
0,00	1,0	0,35		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,6	0,75		SABBIA DA FINE A MEDIA CON SOTTILI LIVELLATI DI LIMO SABBIGLIO DELLO STESSO COLORE, PRESENTI ALCUNI BIODOTTI E PIVOLANTI							
0,00	1,4	0,35		ARGILLA LINDA DI COLORE GRIGIO, CON VILI MILLIMETRICI DI SABBIA DELLO STESSO COLORE, CONSISTENZA MEDIA							
0,00	1,0	0,90		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA E, FINE A 26,00 m CON CALCIANELLI DIFFUSI DA 26,00 m A 26,50 m CHE SONO PRESENTI IN INTERVALLI DECENDECIMICI DI ARGILLA LINDA DELLO STESSO COLORE, CONSISTENZA DA COMPATTA A MOLTO COMPATTA							
0,00	1,8	0,90		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,2	0,40		ARGILLA, A TRATTI LINDA, DI COLORE GRIGIO, CON PRODOTTI LIVELLATI CENTIMETRICI DI SABBIA DA FINE A MEDIA E FRAMMENTI TURBOSI DIFFUSI. C. DA MEDIA A COMPATTA							
0,00	0,9	0,35		ARGILLA COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON ALCUNI CALCIANELLI							
0,00	1,1	0,50		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,5	0,73		SABBIA DA FINE A MEDIA CON SOTTILI LIVELLATI DI LIMO SABBIGLIO DELLO STESSO COLORE, PRESENTI ALCUNI BIODOTTI E PIVOLANTI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	3,0	2,2		ARGILLA LINDA DI COLORE GRIGIO, CON VILI MILLIMETRICI DI SABBIA DELLO STESSO COLORE, CONSISTENZA MEDIA							
0,00	1,2	0,40		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON QUALCHE STRUTTURA NOCCIOLA E CON CALCIANELLI DIFFUSI							
0,00	1,0	0,35		ARGILLA, A TRATTI LINDA, DI COLORE GRIGIO, CON PRODOTTI LIVELLATI CENTIMETRICI DI SABBIA DA FINE A MEDIA E FRAMMENTI TURBOSI DIFFUSI. C. DA MEDIA A COMPATTA							
0,00	0,9	0,35		ARGILLA COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON ALCUNI CALCIANELLI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,5	0,73		SABBIA DA FINE A MEDIA CON SOTTILI LIVELLATI DI LIMO SABBIGLIO DELLO STESSO COLORE, PRESENTI ALCUNI BIODOTTI E PIVOLANTI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,2	0,40		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON QUALCHE STRUTTURA NOCCIOLA E CON CALCIANELLI DIFFUSI							
0,00	1,0	0,35		ARGILLA, A TRATTI LINDA, DI COLORE GRIGIO, CON PRODOTTI LIVELLATI CENTIMETRICI DI SABBIA DA FINE A MEDIA E FRAMMENTI TURBOSI DIFFUSI. C. DA MEDIA A COMPATTA							
0,00	0,9	0,35		ARGILLA COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON ALCUNI CALCIANELLI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,5	0,73		SABBIA DA FINE A MEDIA CON SOTTILI LIVELLATI DI LIMO SABBIGLIO DELLO STESSO COLORE, PRESENTI ALCUNI BIODOTTI E PIVOLANTI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,2	0,40		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON QUALCHE STRUTTURA NOCCIOLA E CON CALCIANELLI DIFFUSI							
0,00	1,0	0,35		ARGILLA, A TRATTI LINDA, DI COLORE GRIGIO, CON PRODOTTI LIVELLATI CENTIMETRICI DI SABBIA DA FINE A MEDIA E FRAMMENTI TURBOSI DIFFUSI. C. DA MEDIA A COMPATTA							
0,00	0,9	0,35		ARGILLA COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON ALCUNI CALCIANELLI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,5	0,73		SABBIA DA FINE A MEDIA CON SOTTILI LIVELLATI DI LIMO SABBIGLIO DELLO STESSO COLORE, PRESENTI ALCUNI BIODOTTI E PIVOLANTI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,2	0,40		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON QUALCHE STRUTTURA NOCCIOLA E CON CALCIANELLI DIFFUSI							
0,00	1,0	0,35		ARGILLA, A TRATTI LINDA, DI COLORE GRIGIO, CON PRODOTTI LIVELLATI CENTIMETRICI DI SABBIA DA FINE A MEDIA E FRAMMENTI TURBOSI DIFFUSI. C. DA MEDIA A COMPATTA							
0,00	0,9	0,35		ARGILLA COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON ALCUNI CALCIANELLI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,5	0,73		SABBIA DA FINE A MEDIA CON SOTTILI LIVELLATI DI LIMO SABBIGLIO DELLO STESSO COLORE, PRESENTI ALCUNI BIODOTTI E PIVOLANTI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,2	0,40		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON QUALCHE STRUTTURA NOCCIOLA E CON CALCIANELLI DIFFUSI							
0,00	1,0	0,35		ARGILLA, A TRATTI LINDA, DI COLORE GRIGIO, CON PRODOTTI LIVELLATI CENTIMETRICI DI SABBIA DA FINE A MEDIA E FRAMMENTI TURBOSI DIFFUSI. C. DA MEDIA A COMPATTA							
0,00	0,9	0,35		ARGILLA COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON ALCUNI CALCIANELLI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,5	0,73		SABBIA DA FINE A MEDIA CON SOTTILI LIVELLATI DI LIMO SABBIGLIO DELLO STESSO COLORE, PRESENTI ALCUNI BIODOTTI E PIVOLANTI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,2	0,40		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON QUALCHE STRUTTURA NOCCIOLA E CON CALCIANELLI DIFFUSI							
0,00	1,0	0,35		ARGILLA, A TRATTI LINDA, DI COLORE GRIGIO, CON PRODOTTI LIVELLATI CENTIMETRICI DI SABBIA DA FINE A MEDIA E FRAMMENTI TURBOSI DIFFUSI. C. DA MEDIA A COMPATTA							
0,00	0,9	0,35		ARGILLA COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON ALCUNI CALCIANELLI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,5	0,73		SABBIA DA FINE A MEDIA CON SOTTILI LIVELLATI DI LIMO SABBIGLIO DELLO STESSO COLORE, PRESENTI ALCUNI BIODOTTI E PIVOLANTI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,2	0,40		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON QUALCHE STRUTTURA NOCCIOLA E CON CALCIANELLI DIFFUSI							
0,00	1,0	0,35		ARGILLA, A TRATTI LINDA, DI COLORE GRIGIO, CON PRODOTTI LIVELLATI CENTIMETRICI DI SABBIA DA FINE A MEDIA E FRAMMENTI TURBOSI DIFFUSI. C. DA MEDIA A COMPATTA							
0,00	0,9	0,35		ARGILLA COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON ALCUNI CALCIANELLI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,5	0,73		SABBIA DA FINE A MEDIA CON SOTTILI LIVELLATI DI LIMO SABBIGLIO DELLO STESSO COLORE, PRESENTI ALCUNI BIODOTTI E PIVOLANTI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,2	0,40		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON QUALCHE STRUTTURA NOCCIOLA E CON CALCIANELLI DIFFUSI							
0,00	1,0	0,35		ARGILLA, A TRATTI LINDA, DI COLORE GRIGIO, CON PRODOTTI LIVELLATI CENTIMETRICI DI SABBIA DA FINE A MEDIA E FRAMMENTI TURBOSI DIFFUSI. C. DA MEDIA A COMPATTA							
0,00	0,9	0,35		ARGILLA COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON ALCUNI CALCIANELLI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,5	0,73		SABBIA DA FINE A MEDIA CON SOTTILI LIVELLATI DI LIMO SABBIGLIO DELLO STESSO COLORE, PRESENTI ALCUNI BIODOTTI E PIVOLANTI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,2	0,40		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON QUALCHE STRUTTURA NOCCIOLA E CON CALCIANELLI DIFFUSI							
0,00	1,0	0,35		ARGILLA, A TRATTI LINDA, DI COLORE GRIGIO, CON PRODOTTI LIVELLATI CENTIMETRICI DI SABBIA DA FINE A MEDIA E FRAMMENTI TURBOSI DIFFUSI. C. DA MEDIA A COMPATTA							
0,00	0,9	0,35		ARGILLA COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON ALCUNI CALCIANELLI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,5	0,73		SABBIA DA FINE A MEDIA CON SOTTILI LIVELLATI DI LIMO SABBIGLIO DELLO STESSO COLORE, PRESENTI ALCUNI BIODOTTI E PIVOLANTI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,2	0,40		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON QUALCHE STRUTTURA NOCCIOLA E CON CALCIANELLI DIFFUSI							
0,00	1,0	0,35		ARGILLA, A TRATTI LINDA, DI COLORE GRIGIO, CON PRODOTTI LIVELLATI CENTIMETRICI DI SABBIA DA FINE A MEDIA E FRAMMENTI TURBOSI DIFFUSI. C. DA MEDIA A COMPATTA							
0,00	0,9	0,35		ARGILLA COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON ALCUNI CALCIANELLI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,5	0,73		SABBIA DA FINE A MEDIA CON SOTTILI LIVELLATI DI LIMO SABBIGLIO DELLO STESSO COLORE, PRESENTI ALCUNI BIODOTTI E PIVOLANTI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,2	0,40		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON QUALCHE STRUTTURA NOCCIOLA E CON CALCIANELLI DIFFUSI							
0,00	1,0	0,35		ARGILLA, A TRATTI LINDA, DI COLORE GRIGIO, CON PRODOTTI LIVELLATI CENTIMETRICI DI SABBIA DA FINE A MEDIA E FRAMMENTI TURBOSI DIFFUSI. C. DA MEDIA A COMPATTA							
0,00	0,9	0,35		ARGILLA COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON ALCUNI CALCIANELLI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,5	0,73		SABBIA DA FINE A MEDIA CON SOTTILI LIVELLATI DI LIMO SABBIGLIO DELLO STESSO COLORE, PRESENTI ALCUNI BIODOTTI E PIVOLANTI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,2	0,40		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON QUALCHE STRUTTURA NOCCIOLA E CON CALCIANELLI DIFFUSI							
0,00	1,0	0,35		ARGILLA, A TRATTI LINDA, DI COLORE GRIGIO, CON PRODOTTI LIVELLATI CENTIMETRICI DI SABBIA DA FINE A MEDIA E FRAMMENTI TURBOSI DIFFUSI. C. DA MEDIA A COMPATTA							
0,00	0,9	0,35		ARGILLA COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON ALCUNI CALCIANELLI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,5	0,73		SABBIA DA FINE A MEDIA CON SOTTILI LIVELLATI DI LIMO SABBIGLIO DELLO STESSO COLORE, PRESENTI ALCUNI BIODOTTI E PIVOLANTI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,2	0,40		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON QUALCHE STRUTTURA NOCCIOLA E CON CALCIANELLI DIFFUSI							
0,00	1,0	0,35		ARGILLA, A TRATTI LINDA, DI COLORE GRIGIO, CON PRODOTTI LIVELLATI CENTIMETRICI DI SABBIA DA FINE A MEDIA E FRAMMENTI TURBOSI DIFFUSI. C. DA MEDIA A COMPATTA							
0,00	0,9	0,35		ARGILLA COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON ALCUNI CALCIANELLI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,5	0,73		SABBIA DA FINE A MEDIA CON SOTTILI LIVELLATI DI LIMO SABBIGLIO DELLO STESSO COLORE, PRESENTI ALCUNI BIODOTTI E PIVOLANTI							
0,00	1,5	0,73		ARGILLA MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA							
0,00	1,2	0,40		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON QUALCHE STRUTTURA NOCCIOLA E CON CALCIANELLI DIFFUSI							
0,00											

RELAZIONE GEOLOGICA

Committente: A.N.A.S. DIREZIONE GENERALE ROMA	Attrezzatura: SONDA ELLETTARI EK200 STR	PROFONDITA' SONDAGGIO: 40.00 m n° 6
Cantiere: FERRARA SUD	Metodo di perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO CON ACQUA	DATA DI INIZIO: 22/05/89
Tavoletta Foglio N°: III NE FERRARA SUD+III NO FOGGIO RENATICO 76 FERRARA	Rivestimento: ø 127 mm	FINE: 22/05/89
Note:	Attrezzo di perforazione: CAROTIERE SEMPLICE ø 101	

Legenda:	Campioni: (d) disturbato (i) indisturbato	Piezometro: INSTALLATO FINO A -20.31 m DAL p.d.c.	QUOTA S.L.M.: 10.00 m
% Recupero	A - da carotiere semplice (d) D - da S.P.T. (d)	Operatore: Dott. ZANZANI C.	Assistente: Dott. FORCARI F.
% R.Q.D.	B - da carotiere doppio (i) E - da carotiere a pistone (i)		
	C - da carotiere triplo (i) F - da Shelby (i)		

Lettura Pocket Penetriometro	Vane Test	Quota Assoluta	Profondità	Simbolo Stratigrafico	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	% Recupero % R.Q.D.	Campioni		Profondità acqua Data di lettura	Perforazione o tagli	S.P.T.	Schmidt Test	Misure di Carotaggio	Tempo di Avanzamento
							Tipo	Numero						
1.7	0.80		2.00		LIMO ARGILLOSO, COMPATTO, TALORA SABBIGLIO, DI COLORE NOCCIOLA CON VENATURE GRIGIE									
1.2	0.60				ARGILLA COMPATTA, DI COLORE NOCCIOLA CON VENATURE GRIGIE, CON SOSTANZA ORGANICA DIFFUSA			3.20 ml						
1.7	0.70		4.20		ARGILLA DI COLORE GRIGIO, CON SOSTANZA ORGANICA DIFFUSA E PRESIDI LUMINOSI CONTINUI DI TORBA. CONSISTENZA DA MEDIA A COMPATTA			31/05/89						
1.4	0.70													
1.2	0.54													
0.8	0.40		8.40		ARGILLA LIMOSA, COMPATTA, DI COLORE GRIGIO, CON ALCUNI CALCINELLI E QUALCHE SOTTILE LIVELLO DI SABBIA FINE									
1.4	0.60													
1.8	0.90		9.40		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA, COMPATTA									
1.5	0.75													
1.7	0.75		11.50		SABBIA FINE LIMOSA DI COLORE GRIGIO									
1.4	0.60		13.20		LIMO SABBIGLIO, DEBOLMENTE ARGILLOSO, COMPATTO, DI COLORE GRIGIO, CON PRESIDI LUMINOSI CONTINUI DI TORBA									
1.4	0.65		15.00		ARGILLA DI COLORE GRIGIO, MOLTO COMPATTA, CON SOSTANZA ORGANICA DIFFUSA ED ALCUNI CALCINELLI									
2.6	1.50		16.10		ARGILLA, MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON STRUTTURE NOCCIOLA, PRESENTE QUALCHE CALCINELLO									
3.2	1.80		17.60		SABBIA FINE DI COLORE GRIGIO, CON ESIGUI LIVELLI DI LIMO SABBIGLIO DELLO STESSO COLORE									
-	-		18.50		SABBIA FINE E MEDIA, DI COLORE GRIGIO CON STRUTTURE NOCCIOLA					18.00	8			
-	-										11			
-	-										17			
-	-		21.40		ARGILLA A TRACCI LIMOSA, DI COLORE GRIGIO, CON LIVELLI CONTINUI DI TORBA IN SOSTANZA ORGANICA, CONSISTENZA DA COMPATTA A MOLTO COMPATTA						15			
-	-		22.20		SABBIA MEDIA E GROSSOLANA DI COLORE GRIGIO						16			
-	-										19			
1.3	0.68		25.00											
1.4	0.70													
2.5	1.00													
3.2	1.40													
2.0	0.95				ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA E TRACCI DI SOSTANZA ORGANICA DIFFUSA, PRESIDI ALCUNI CALCINELLI. CONSISTENZA DA COMPATTA A MOLTO COMPATTA						7			
2.5	1.15										8			
1.6	0.85										11			
2.1	0.90													
3.2	1.40													
2.0	0.85		35.60		SABBIA FINE LIMOSA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA						10			
2.5	1.10										15			
1.9	0.85		36.70		ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA, A TRACCI DI SOSTANZA ORGANICA DIFFUSA, PRESIDI ALCUNI CALCINELLI. CONSISTENZA DA COMPATTA A MOLTO COMPATTA						18			
2.0	0.80		40.00											

Figura 11: Sondaggio n°6 ANAS

RELAZIONE GEOLOGICA

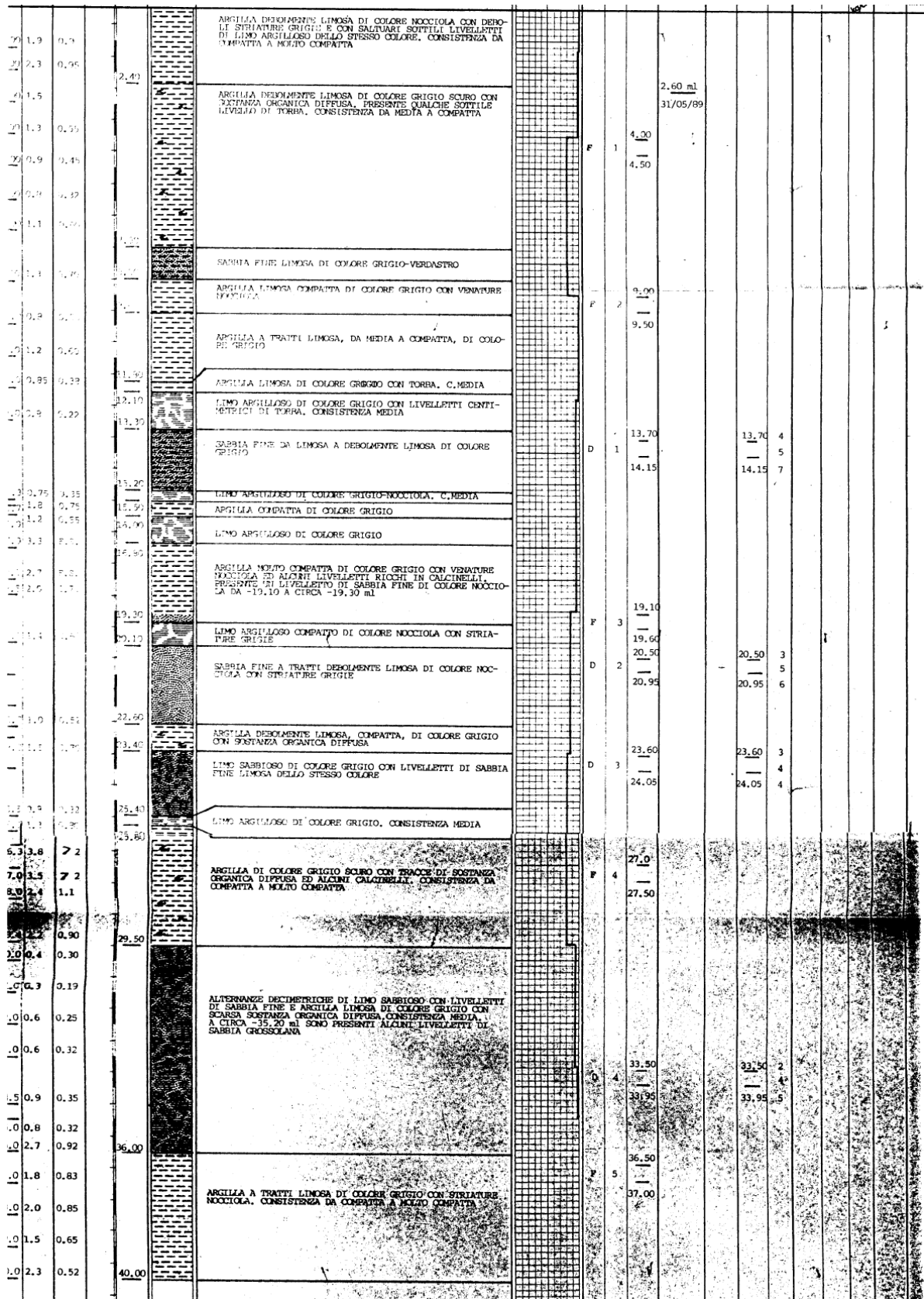


Figura 12: Sondaggio n°7 ANAS

RELAZIONE GEOLOGICA

Profondità Lettura		Pocket Penetrometer	Van Test	Quota Assoluta	Profondità	Simbolo Stratigrafico	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	% Recupero % R.Q.D.	Campioni	Profondità acqua	S.P.T.	Schmidt Test	Letture e Resistenza	Numero di	Tempo di	
m.	kg/cm ² /kg/cm ²			m.	m.				Numero Profondità	Perdite acqua o fanghi	Profondità N° Colpi	Profondità Letture e Resistenza	Memore di	Enzaggio	m/	
1,00	3,7	> 2					ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA DI COLORE NOCCIOLA CON STRIATURE GRIGIE E SOSTANZA ORGANICA DIFFUSA. CONSISTENZA DA COMPATTA A MOLTO COMPATTA.									
2,00	2,3	0,70														
3,00	1,4	0,70														
4,10	1,6	0,70		4,10												
5,00	1,3	0,75														
6,00	0,9	0,35														
7,00	1,3	0,43					ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA DI COLORE GRIGIO, DA -5,50 A -6,00 m CIRCA SONO PRESENTI SOSTANZA ORGANICA E TORBA. CONSISTENZA DA REGIA A COMPATTA.		F 1							
8,00	1,7	0,75														
9,00	0,9	0,30														
10,00	2,0	0,75														
11,00	-	-		10,50												
12,00	1,1	0,35		11,80			SABBIA FINE LIMOSA CON LIVELLETTI DI LIMO ARGILLOSO DI COLORE GRIGIO		D 1		11,00	2				
13,00	1,4	0,45					ARGILLA COMPATTA, A TRATTI DEBOLMENTE LIMOSA, CON PRESENTI LIVELLETTI DI TORBA E SOSTANZA ORGANICA DIFFUSA				11,45	3				
14,00	1,0	0,30														
15,00	1,5	0,70														
16,50	3,2	0,70		15,50			SABBIA FINE DEBOLMENTE LIMOSA DI COLORE GRIGIO		F 2		14,50					
17,00	3,7	1,20		16,30							15,00	5				
18,00	3,7	0,75					ARGILLA MOLTO COMPATTA DI COLORE NOCCIOLA CON STRIATURE GRIGIE, PRESENTI ALCUNI LIVELLETTI RICCHI IN CALANELLI				15,20	7				
19,00	3,7	0,75					ARGILLA LIMOSA E LIMO ARGILLOSO DI COLORE NOCCIOLA CON VENATURE GRIGIE, CONSISTENZA COMPATTA				16,15	7				
20,80	1,7	0,70					SABBIA FINE LIMOSA DI COLORE GRIGIO		D 2							
21,25	1,7	0,70														
22,30	1,7	0,70					ARGILLA LIMOSA, COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON INTERCALAZIONI CENTRIMETRICHE DI LIMO ARGILLOSO DELLO STESSO COLORE. A -22,30 m CIRCA E' PRESENTE UN LIVELLETTINO DI TORBA				20,80	3				
24,80	2,4	1,00		24,80			ARGILLA MOLTO COMPATTA DI COLORE GRIGIO CON STRIATURE NOCCIOLA, SONO PRESENTI ALCUNI CALANELLI E QUALCHE RARO LIVELLETTINO CENTRIMETRICO DI LIMO ARGILLOSO DI COLORE GRIGIO		D 3		21,25	9				
28,00	1,0	0,20					LIMO ARGILLOSO, COMPATTO, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA, A TRATTI DEBOLMENTE SABBIOSO									
28,50	1,0	0,25														
29,50	1,8	0,75		29,50			ARGILLA, COMPATTA, DI COLORE GRIGIO, CON SOSTANZA ORGANICA DIFFUSA		F 4		28,00	4				
31,40	2,2	1,00		31,40			ARGILLA, DA COMPATTA A MOLTO COMPATTA, DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA, PRENTE QUALCHE LIVELLETTINO CENTRIMETRICO DI SABBIA FINE DI COLORE GRIGIO				28,50	6				
35,00	2,2	1,30														
35,50	2,2	1,30					SABBIA FINE DEBOLMENTE LIMOSA DI COLORE GRIGIO		D 4		35,50	4				
37,10	1,7	0,65		37,10			ARGILLA DI COLORE GRIGIO CON VENATURE NOCCIOLA CON QUALCHE LIVELLETTINO DI SABBIA FINE DI COLORE GRIGIO									
37,30	2,5	1,30									35,95	7				
39,50	2,2	1,20		39,50			ARGILLA, DA COMPATTA A MOLTO COMPATTA, A TRATTI LIMOSA, DI COLORE GRIGIO, CON SOSTANZA ORGANICA DIFFUSA		F 5							
40,00				40,00												

Figura 13: Sondaggio n°9 ANAS

RELAZIONE GEOLOGICA

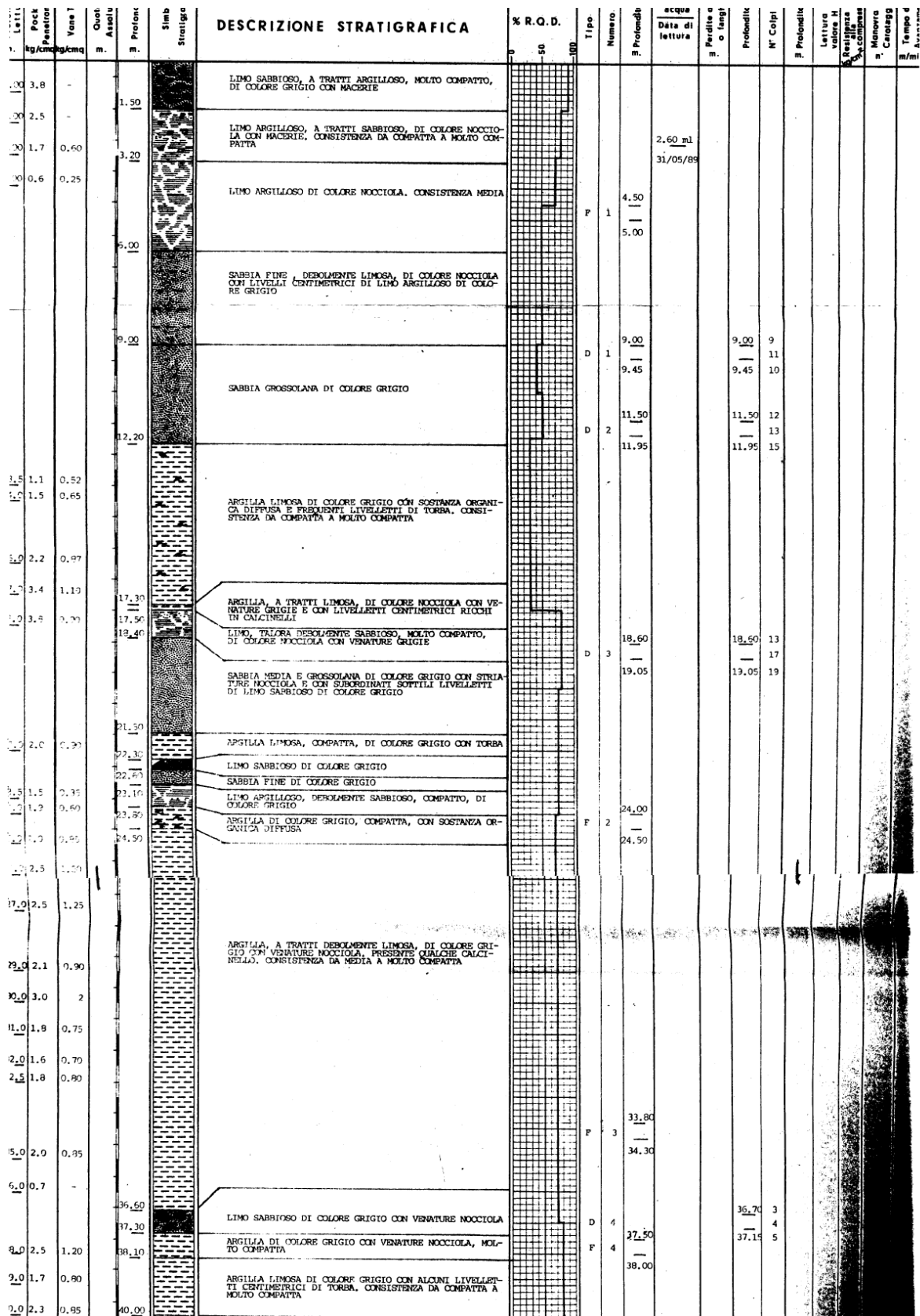


Figura 14: Sondaggio n°10 ANAS

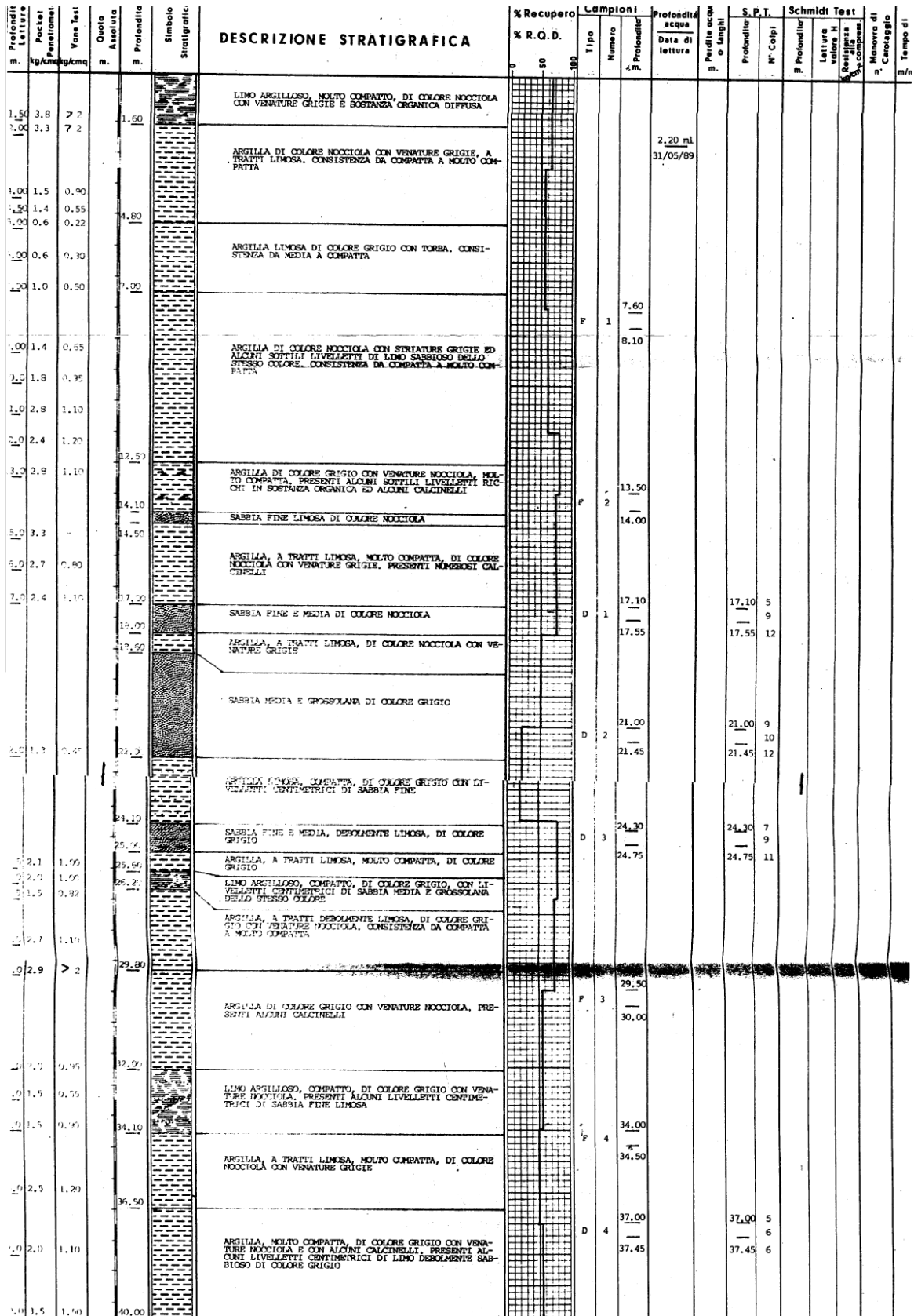


Figura 15: sondaggio n°11 ANAS

RELAZIONE GEOLOGICA

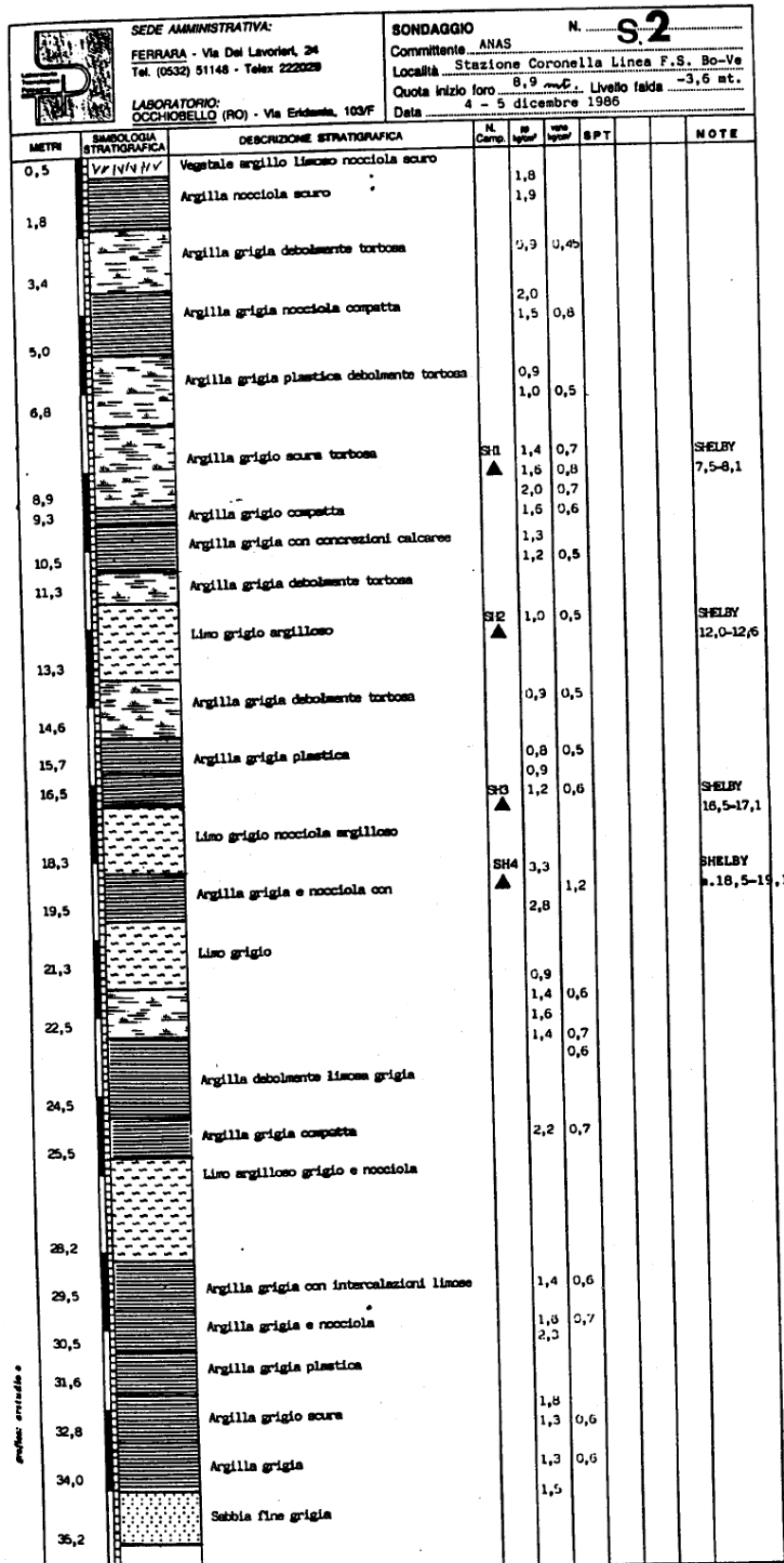
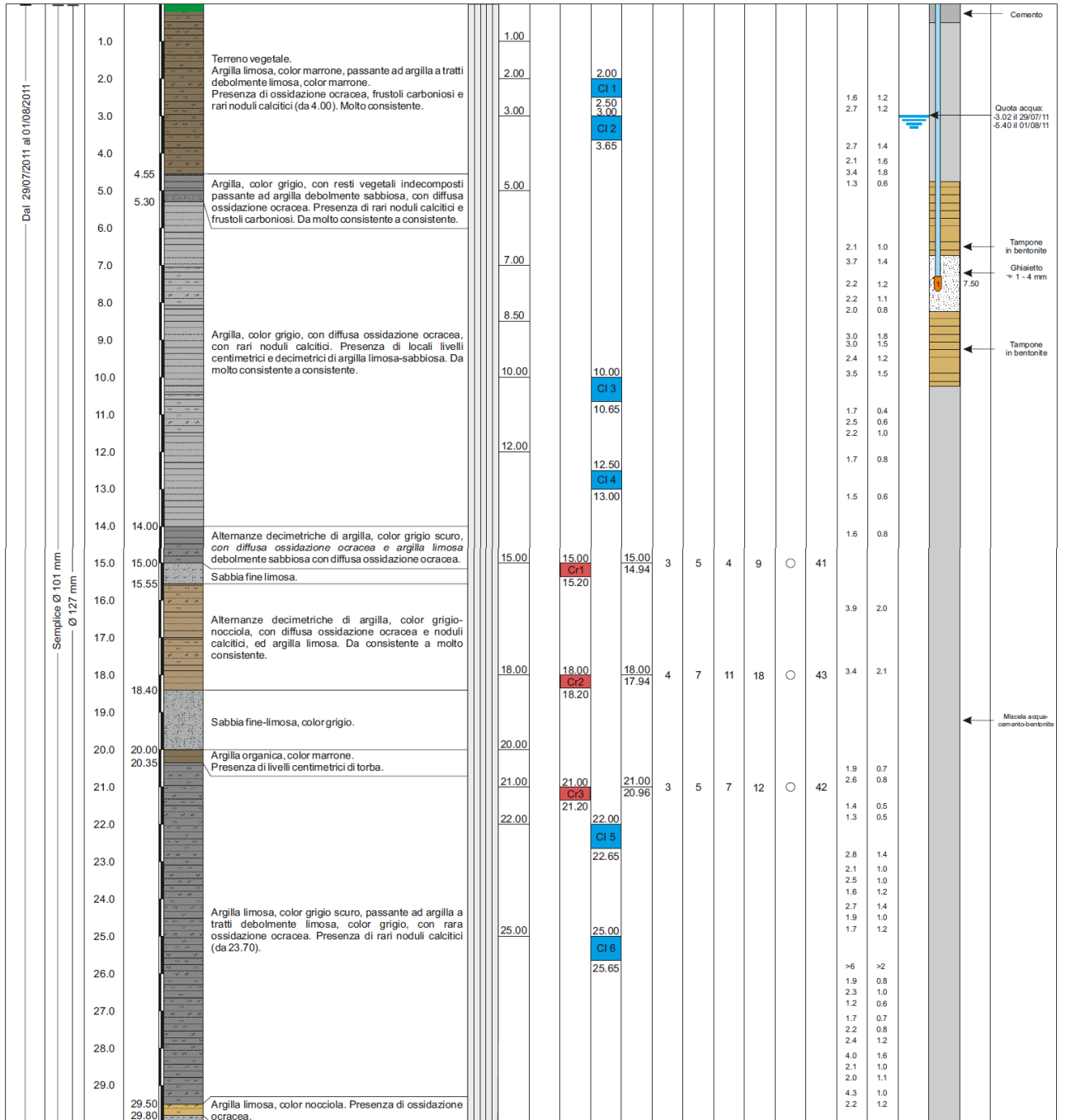


Figura 16: Sondaggio S2 Ferrovie

RELAZIONE GEOLOGICA

Sondaggi Autostrada Regionale Cispadana



RELAZIONE GEOLOGICA

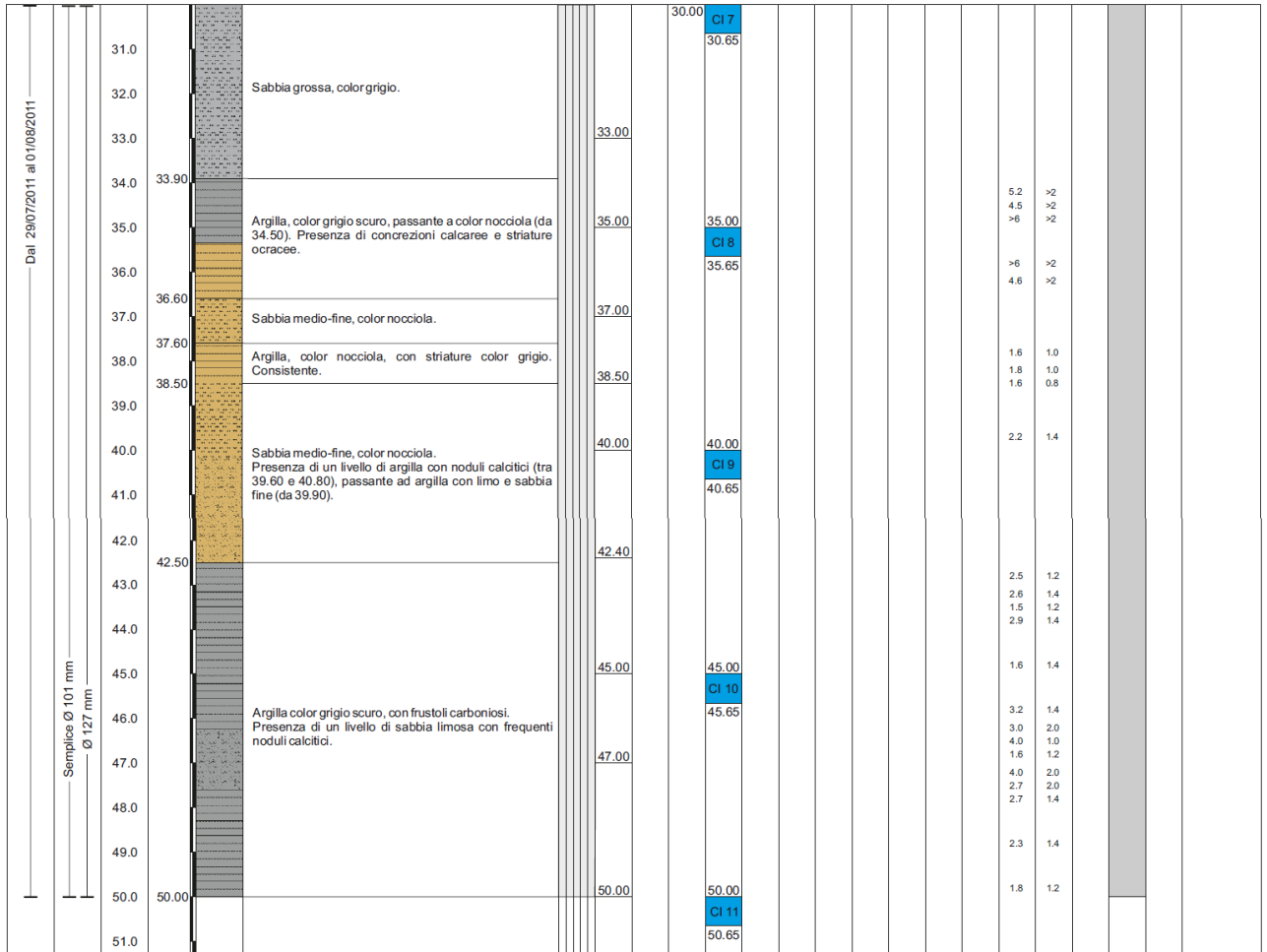



Figura 18; Sondaggio BH 421 (Autostrada Regionale Cispadana)

 <p>imprefond GEOTECNICA E LAVORI SPECIALI DEL SOTTOSUOLO TRIESTE - via dei Cosulich, 8 - +39 040 827789 Grumo/S. Michele All'Adige (TN) - Via Tonale, 30 - +39 0461 650277</p>	<p>COMMITTENTE: Autostrada Regionale Cispadana SpA</p> <p>PROGETTO: CISPADANA</p> <p>LOCALITÀ: Coronella</p> <p>UBICAZIONE: Vedi monografia allegata</p>	<p>Sondaggio: BH 425</p>
	<p>SUPERVISORE: Dott. Geol. R. Chiappini</p> <p>SONDATORE: Sig. T. Rech</p> <p>SONDA: PM 1200</p>	

Data	Tipo e diam. carotiere Rivestimento	Prof. relativa m	Prof. assoluta m	Legenda	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Inclinazione sondaggio °	Manovre	R.Q.D. %	Campioni			Standard Penetration Test			N. S.P.T.	Punta Aperta Punta Chiusa	Lunghezza campione	Pocket Penetrometer Kg/cm2	Vane Test Kg/cm2	Livello falda	Piezometro	Permeabilità	Note
									Disturbati	Indisturbati	Prof. perforata m Prof. perforata m	N. Colpi											
									0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm												

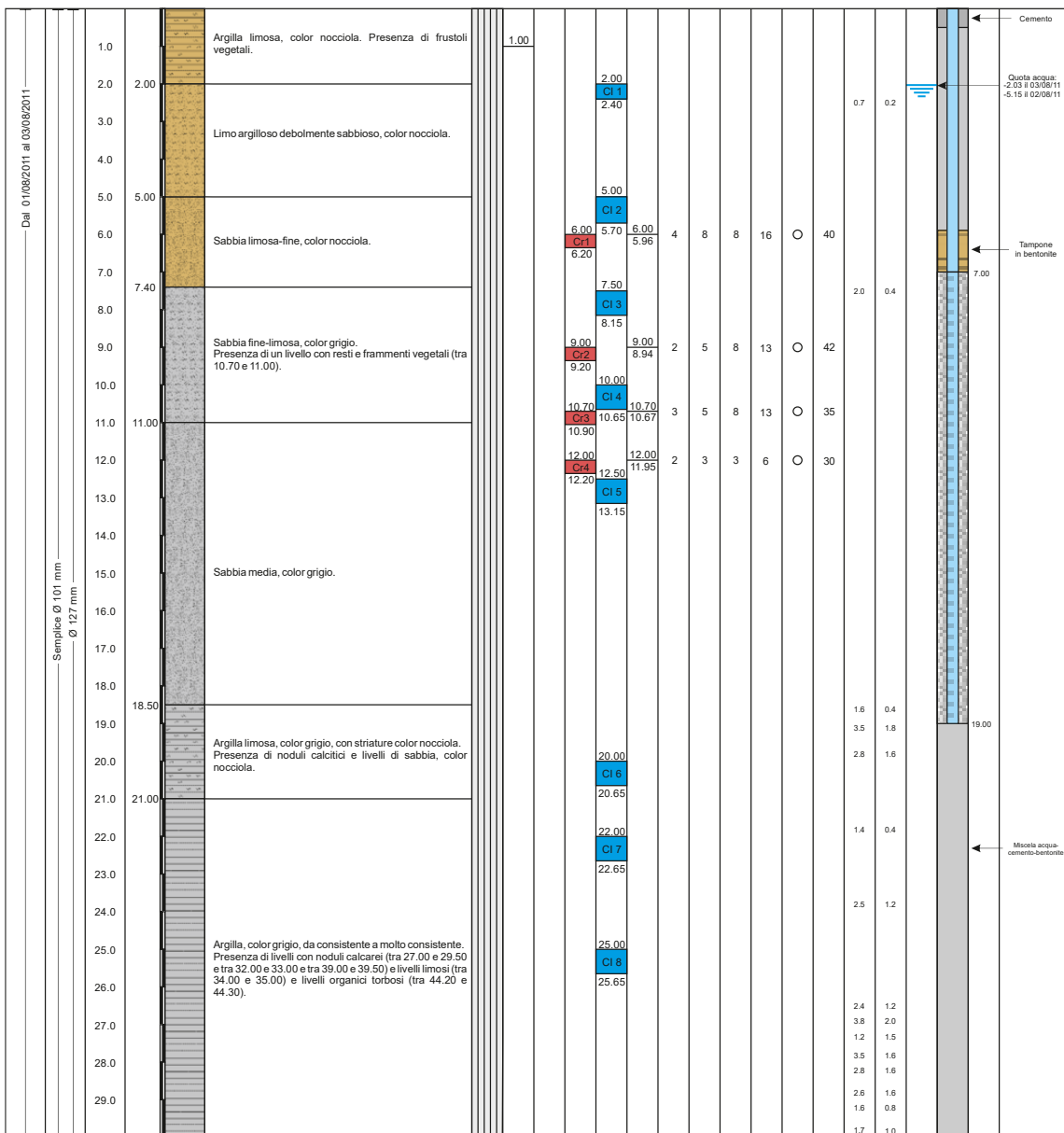

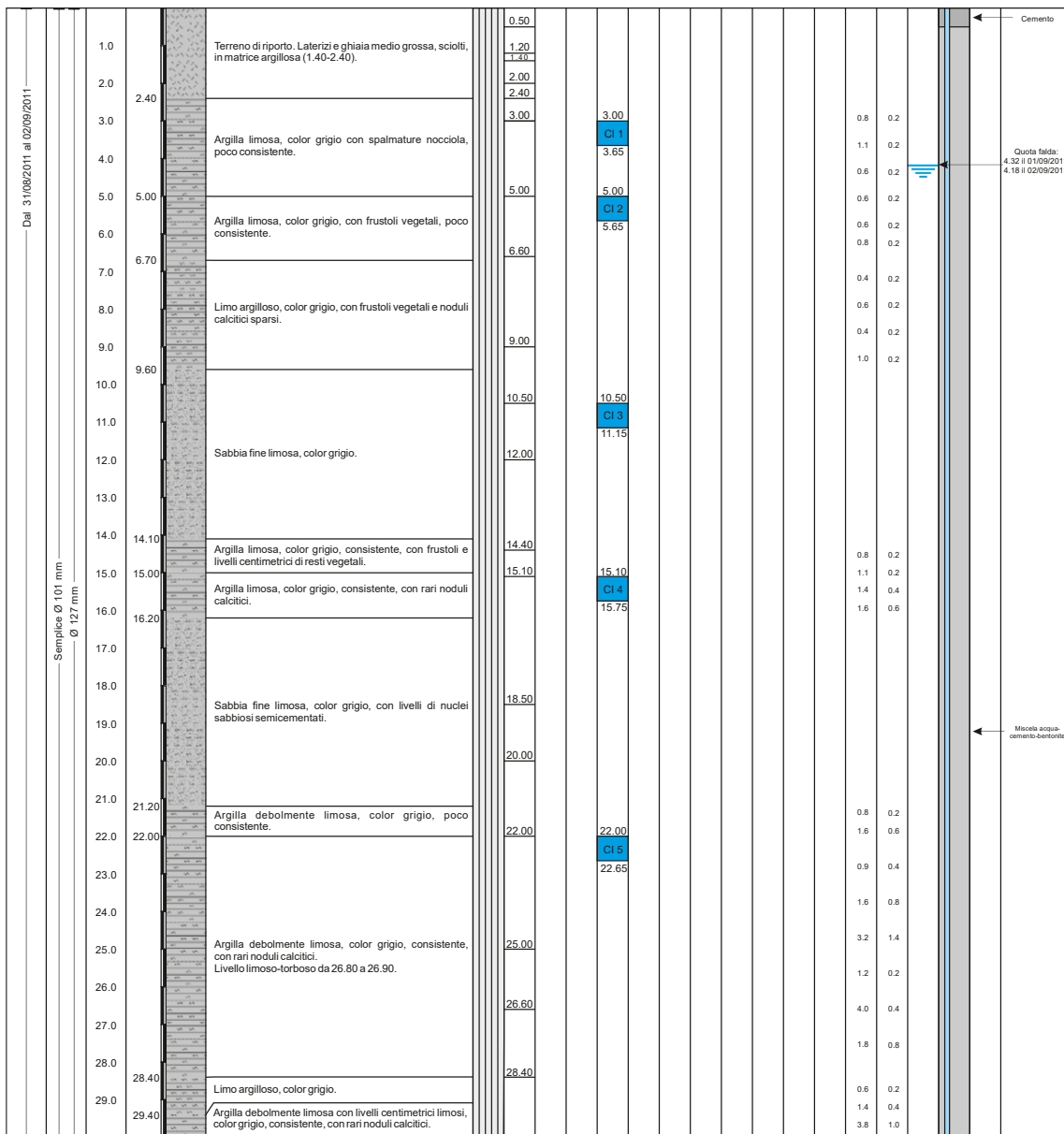


Figura 19: Sondaggio BH 425 Autostrada Regionale Cispadana

RELAZIONE GEOLOGICA

 <p>imprefond GEOTECNICA E LAVORI SPECIALI DEL SOTTOSUOLO TRIESTE - via dei Cosulich, 8 - +39 040 827789 Giurmo/S. Michele All'Adige (TN) - Via Tonale, 30 - +39 0461 650277</p>	<p>COMMITTENTE: Autostrada Regionale Cispadana SpA</p> <p>PROGETTO: CISPADANA</p> <p>LOCALITÀ: Coronella</p> <p>UBICAZIONE: Vedi monografia allegata</p>	<p>Sondaggio: BH431</p>
	<p>SUPERVISORE: Dott. Geol. R. Chiappini</p> <p>SONDATORE: Sig. E. Zanandrea</p> <p>SONDA: PX 800</p>	

Data	Tipo e diam. cassetto Rivestimento	Prof. relativa m	Prof. assoluta m	Legenda	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Profondità carotaggio m	Manovre	R.Q.D. %	Campioni			Standard Penetration Test			N. S.P.T.	Punta Aperta Punta Chiusa	Lunghezza campione	Pocket Penetrometer Kg/cm2	Vane Test Kg/cm2	Livello falda	Piezometro	Permeabilità	Note
									Disturbati	Indisturbati	Prof. perforata m Prof. carotaggio m	N. Colpi											
													0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm								



Con. Min. Infr. e Trasp. con Decreto n 000151 del 19/04/2011 Settore C-Prove in situ su terreni (ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380/2001)


Lo sperimentatore: dott. geol. R. Chiappini

Il Direttore del Laboratorio: dott. geol. Dario Gubertini

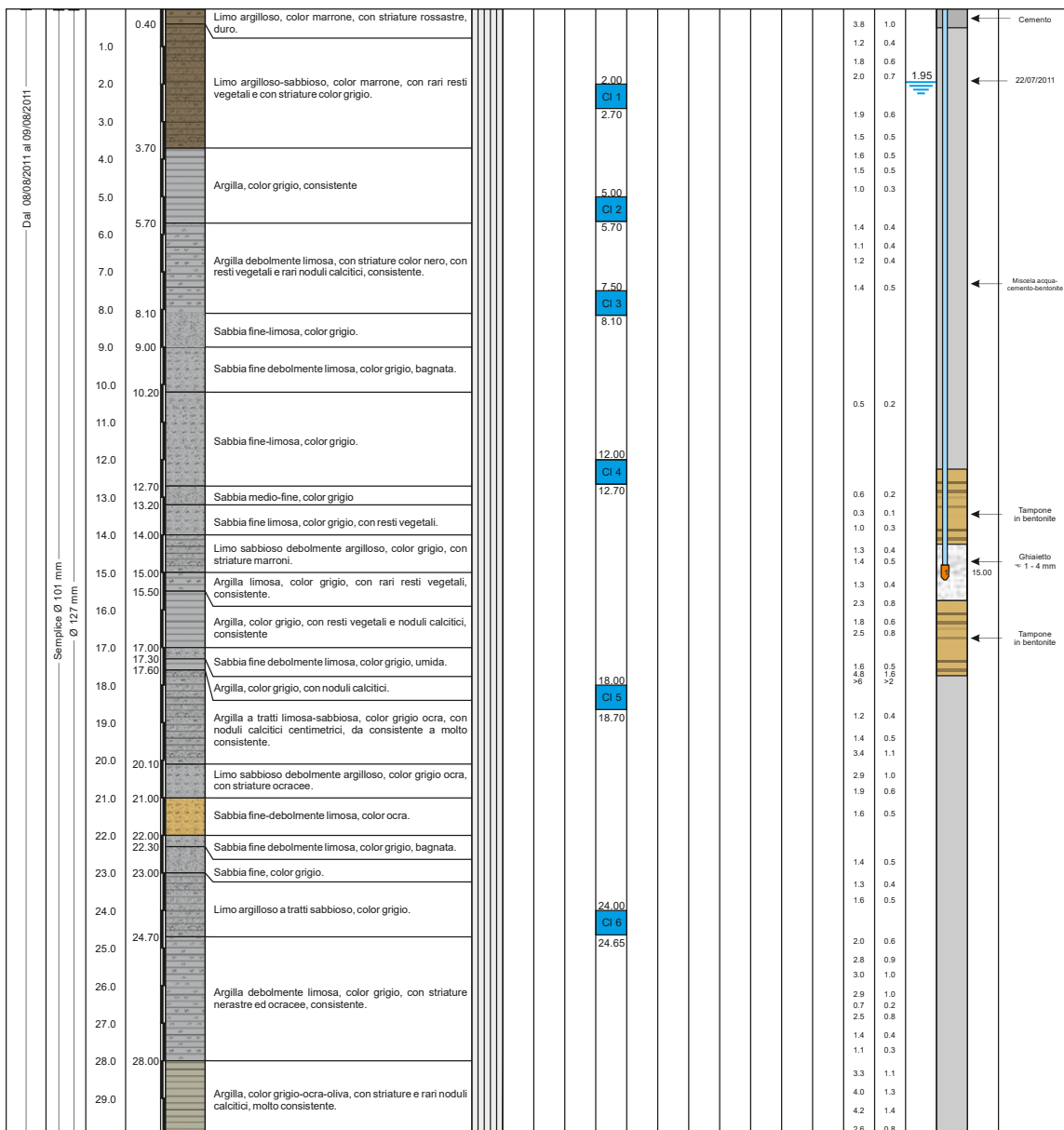
Accettazione n. 110056
Certificato n. 110056 - 005/2011 - BH431 dd. 24/10/2011
Commessa n. 110056

Figura 20: Sondaggio BH 431 Autostrada Regionale Cispadana

RELAZIONE GEOLOGICA

 imprefond GEOTECNICA E LAVORI SPECIALI DEL SOTTOSUOLO TRIESTE - via dei Cosulich, 8 - +39 040 827789 Grumo/S. Michele All'Adige (TN) - Via Tonale, 30 - +39 0461 650277	COMMITTENTE: Autostrada Regionale Cispadana SpA PROGETTO: CISPADANA LOCALITÀ: Coronella UBICAZIONE: Vedi monografia allegata	Sondaggio: BH 432
	SUPERVISORE: Dott. Geol. R. Chiappini SONDATORE: Sig. T. Rech SONDA: PM 1200	

Data	Tipo e diam. carattere Rivestimento	Prof. relativa m	Prof. assoluta m	Legenda	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Percentuale cuneo g	Manovre	R.Q.D. %	Campioni				Standard Penetration Test			Punta Kg/cm2	Vena Test Kg/cm2	Livello fida	Piezometro	Permeabilità	Note
									Disturbati	Indisturbati	Prof. assoluta m Prof. stratigrafica m	N. Colpi	0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm						



Con. Min. Inf. e Tras. con Decreto n 0000151 del 19/04/2011 Settore C-Prove in situ su terreni (ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380/2001)

Lo sperimentatore:
dott. geol. R. Chiappini

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Dario Gubertini

Accettazione n. 110056
Certificato n. 110056 - 005/2011 - BH432
dd. 24/08/2011
Commessa n. 110056

Figura 21: Sondaggio BH 432 Autostrada Regionale Cispadana

RELAZIONE GEOLOGICA

Pozzi

Profondità		Colonna Stratigr.	Descrizione litologica	Interpretazioni	Quota tetto
Da m	A m				
0.00	5.00		ARGILLA SABBIA AZZURRA FINISSIMA		
5.00	5.50				
5.50	30.00		ARGILLA GIALLA		
30.00	47.00		ARGILLA SCURA		
47.00	50.00		ARGILLA MOLTO DURA		
50.00	65.00		SABBIA (ACQUIFERO)		
65.00	80.00		ARGILLA		

Bibliografia e osservazioni geologiche

Figura 22: stratigrafia pozzo Alba

RELAZIONE GEOLOGICA

- Ditta S.a.s. CASALGAS di G. Galbati & C.
residente a REGGIO EMILIA in v.le P. era della Vittoria 4
- Pozzo ad uso INDUSTRIALE (Lavaggio auto) in Comune di POGGIO RENATICO
Frazione _____ Località V. Ferrara, 27 Mapp.N° 75 /Fg. 32,
- Data di ultimazione della perforazione: 01 Soc. EDILPOZZI di Modena G. & C. s.n.c.
PERFORAZIONE POZZI TRADIZIONALI
Via Furlana, 5 - 41038 S. FELICE s/P.
Cod. Fisc. e Part. IVA 772790366
C.C.I.A.A. 184032 - Trib. MO 25044
- Ditta perforatrice: _____

CARATTERISTICHE DEL POZZO
*avanpozzo (si o no) <u>SI</u>
*diametro interno tubi mm. <u>1000</u>
*profondità mt. <u>10</u>

EQUIPAGGIAMENTO
*tipo della pompa _____
*potenza $\frac{CV}{KW}$ <u>1</u>
*prevalenza mt. _____
*portata lt/sec. _____

- Livello statico mt. _____
- Portata pozzo:lt/sec. 0,2

STRATIGRAFIA DEL TERRENO		Falde captate
Indicare la natura dei terreni e le FALDE ACQUIFERE attraversati		
-da mt. <u>1</u> a mt. <u>5</u>	<u>TERRENO A STRUTTURA COMPATTO</u>	
-da mt. <u>5</u> a mt. <u>6</u>	<u>ARGILLA F. LIMO</u>	
-da mt. <u>6</u> a mt. <u>8.50</u>	<u>TERRENO SABBIOSO CON ACQUA</u>	
-da mt. <u>8.50</u> a mt. <u>10</u>	<u>SABBIA MISTA A LIMO</u>	
-da mt. _____ a mt. _____		
-da mt. _____ a mt. _____		

Figura 23: Informazioni tecniche e stratigrafiche Pozzo Casalgas

Profondità		Colonna Stratigr.	Descrizione litologica	Interpretazioni	tetto
Da m	A m				
0	30.0		ARGILLA		
30	33.0		SABBIA MISTA A TORBA		
33	50.0		TORBA		
50	82.2		ALTERNANZE DI SABBIA E ARGILLA MISTA A TORBA		
82.2	101.0		SABBIA	FALDA	

Figura 24: Stratigrafia pozzo Maranit

Prove CPT

2007.021/C

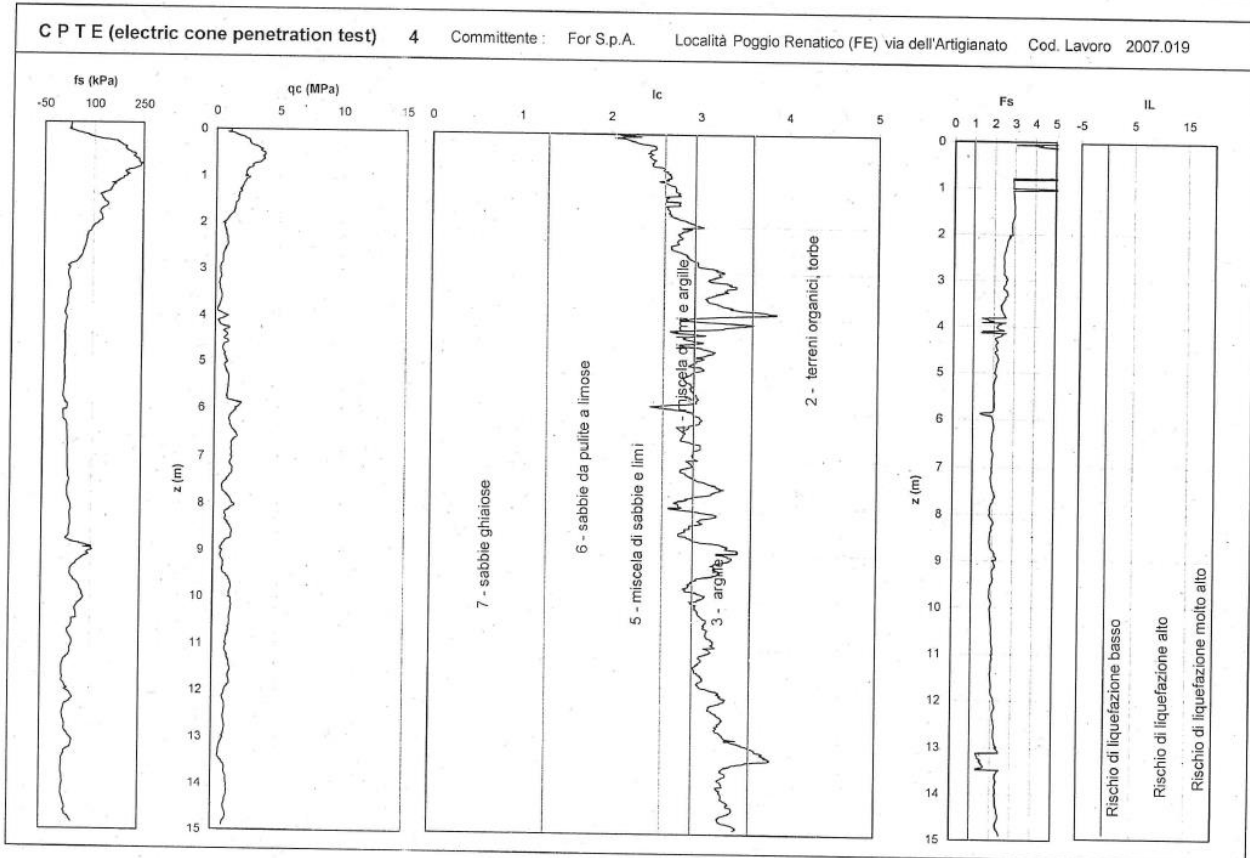


Figura 25: Prova penetrometrica statica con piezocono elettrico CPT E 4

RELAZIONE GEOLOGICA

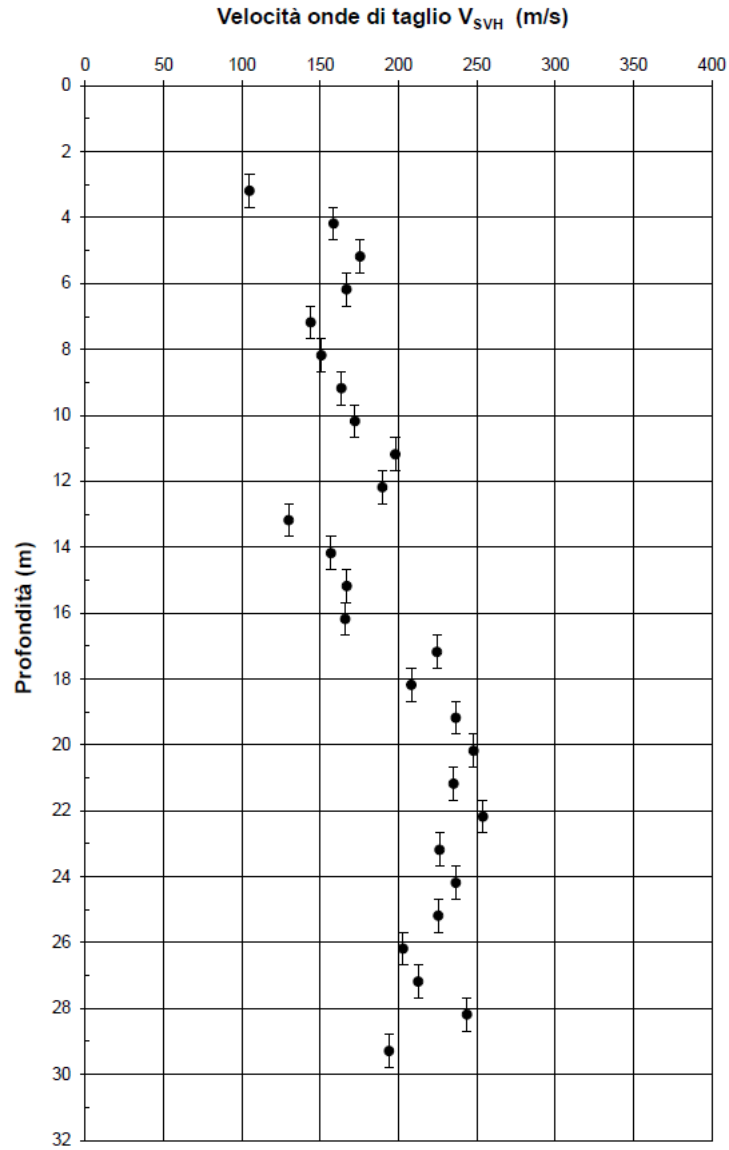


Figura 26: Prova penetrometrica con cono sismico CPTU 03

MASW

Tab. 1: Stratigrafia da prova sismica e velocità di propagazione dell'onda sismica

Shot	Strato	Spessore medio (m)	Vs (m/sec)
2	1	6,67	130
	2	23,33	235
3	1	8,49	119
	2	21,51	486
4	1	14,06	152
	2	15,94	286

Seguendo le prescrizioni dell'OPCM 3274/2003 e del D.M. 14.09.2005 la determinazione della V_{s30} è stata ottenuta utilizzando la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{\Delta h} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i esimo


V_{si} = Velocità orizzontale dello strato i esimo

Sulla base di quanto esposto è pertanto possibile affermare quanto segue:

$$V_{S30} = 220,37 \text{ m/s}$$

Dall'insieme delle indagini appare piuttosto evidente che gli orizzonti superficiali, come correttamente riportato dalle cartografie regionali, siano caratterizzati sostanzialmente da argille e limi, sovente a discreto tenore organico e talora con orizzonti sottili torbosi; poco comuni le lenti e le intercalazioni di sabbie fini limose. Le caratteristiche geomeccaniche sono piuttosto modeste.

In profondità (tetto variabile da un minimo di 6 m a circa 8-10 m) appaiono orizzonti sabbiosi da sottili a plurimetrici, che segnano il letto dell'Unità di Modena e rappresentano il tetto del Sistema Inferiore Emiliano-Romagnolo, non in affioramento nell'area. La successione in profondità è estremamente variabile, ma con il denominatore comune della prevalenza dei termini argilloso-limosi, spesso a forte tenore organico, all'interno dei quali sono presenti corpi nastriformi, di spessore da decimetrico fino ad alcuni metri, di sabbie. Tali sabbie sono solitamente fini e più raramente medie e grossolane e rappresentano gli orizzonti acquiferi. Gli orizzonti superficiali presentano falde modeste (vedi pozzo Casalgas, con orizzonte acquifero 6-8,5 m e portata di 0,2 l/s), mentre i livelli profondi possono ospitare talvolta falde molto trasmissive (pozzo Maranit: 8,4 l/s, con strato acquifero sabbioso da -82 a -101 m). Gli orizzonti sabbiosi, essendo compresi al tetto e al letto fra livelli argilloso-limosi risultano in pressione (il livello statico è sempre più in alto del tetto dell'acquifero), ma non in artesianesimo (perlomeno non nelle verticali disponibili).

 Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 34 a 115

4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

4.1. GEOMORFOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO

L'area di progetto ricade nel settore della pianura padana che ricade in destra idrografica del fiume Po e pertanto caratterizzato da pendenze medie molto modeste e con disarticolazioni verticali estremamente contenute, così come pure l'energia del rilievo. La morfologia risultante è quindi sostanzialmente piatta o con blande ondulazioni e gli elementi di alta pendenza sono legati alla presenza di infrastrutture antropiche (rilevati stradali e ferroviari). La morfologia e l'evoluzione del territorio è legata esclusivamente all'azione fluviale, sia in termini di evoluzione naturale, sia in termini di controllo antropico. L'area è caratterizzata dall'azione del fiume Reno e dalla sua storia evolutiva. Tale asta fluviale, come pure altre aste vicine, ha avuto un lungo periodo in cui l'alveo ha potuto divagare liberamente all'interno della propria piana alluvionale. Molte delle diversioni del Reno hanno avuto luogo in epoca storica e sono ben conosciute; per ovviare a tali diversioni sono stati effettuati, nel corso dei secoli, lavori di sistemazione idraulica tali da garantire (o almeno tali erano le intenzioni) il controllo dell'alveo e delle piene. La ricostruzione dell'andamento degli alvei dei fiumi può fare affidamento sia su osservazioni di tipo tecnico-scientifico (morfologia, osservazione satellitare, dati geologici, ecc...), sia su una ricca documentazione storica e archivistica.

A seguire si riporta l'exkursus storico delle diversioni del Reno tratto dal sito www.originebologna.com.

Dalla Bononia romana ai giorni nostri il Reno ha cambiato percorso almeno cinque volte, con esiti spesso assai diversi tra loro: immettendosi nel Po in rami diversi in periodi diversi, raggiungendo il Panaro immettendovisi, disperdendosi ad alimentare valli e paludi tra Bologna e Ferrara, sfociando nel mare...

Associando ad ogni percorso il suo periodo storico abbiamo i seguenti periodi:

- *I° Periodo (fino al IV-VI secolo d.C).*
- *II° Periodo (altomedievale, VI-X secolo d.C.)*
- *III° Periodo (medievale, XI secolo – prima metà del XV secolo)*
- *IV° Periodo (XV-XVII secolo)*
- *V° Periodo (XVIII-XX secolo)*

I° Periodo (fino al IV-VI secolo d.C)

Oltrepassato il ponte sulla via Emilia, il Reno passava per Pescarola, riceveva a destra come affluente il Torrente Savena, passava per Corticella, Castelmaggiore, Stiatico, San Giorgio di Piano, San Pietro in Casale, San Vincenzo/San Venanzio, Poggio Renatico, Coronella, immettendosi in un ramo del Po che passava ad occidente di Ferrara.

II° Periodo (altomedievale, VI-X secolo d.C.)

Tra IV e VI secolo il corso del Reno si spostò più ad occidente, seguendo l'attuale alveo fino, grosso modo, a Malacappa, toccando Castel d'Argile e Poggetto, passando ad oriente di Pieve di Cento.

Questo spostamento lasciò diversi corsi minori ad oriente, residuo dello spostamento avvenuto per cause naturali.

III° Periodo (medievale, XI secolo – prima metà del XV secolo)


A metà del XI secolo il Reno si spostò ancora verso occidente, seguendo l'alveo attuale fino ai pressi di Cento, dove però passava ad occidente di questa città, per proseguire verso Dodici Morelli e Alberone immettendosi nel Panaro a valle di Finale Emilia. Successivamente, non si sa per intervento umano o per altro, il fiume, passato Alberone, si diresse verso Casumaro e Mirabello, perdendosi nelle valli.

IV° Periodo (XV-XVII secolo)

Intorno al 1460, con una o più rotte artificiali presso Bisana, si iniziò a deviare il corso del Reno ad oriente, facendolo passare tra Cento e Pieve di Cento (dove passa ancora oggi) e arrivando nel 1526 al Po, passando da Sant'Agostino, Mirabello e Vigarano Mainarda. Questa situazione rimase stabile fino al 1604, quando si procedette ad una nuova diversione del Reno da Vigarano Mainarda verso est e verso il Po di Primaro e verso la valle Sanmartina (nei pressi dell'odierna via Sanmartini, dove sono presenti diversi toponimi che ricordano lo scomparso corso del fiume Reno (via Vecchio Reno, Fondo Reno, etc.) dove il fiume si perdeva.

V° Periodo (XVIII-XX secolo)

I primi anni del XVIII secolo furono caratterizzati da numerose rotte sulla destra del Reno, l'ultima delle quali, la rotta di Bisacca nel 1739 determinò l'occasione per deviare il fiume verso oriente, mediante lo scavo di un nuovo alveo, il Cavo Benedettino, lungo 30 km, da Sant'Agostino ad Argenta, e farlo immettere nell'alveo morto del Po di Primaro, nei pressi di Argenta.

 T E R N A G R O U P Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 36 a 115

Il Cavo Benedettino non risolse tutti i problemi generati dalle esondazioni del Reno, per cui nel 1805, Napoleone Bonaparte, in visita a Bologna, approvò la creazione di un canale scolmatore che doveva smistare le acque del Reno in eccesso facendole scaricare nel Po.

I lavori di scavo per questo canale, detto Cavo Napoleonico, iniziarono nel 1808. Esso doveva andare da Sant'Agostino al Po, nei pressi dell'immissione del fiume Panaro. I lavori furono interrotti nel 1814, in concomitanza con la caduta di Napoleone, ma furono ripresi più di un secolo dopo, nel 1954, in seguito alle devastanti esondazioni di Gallo di Poggio Renatico avvenute tra il 1949 ed il 1951, per concludersi nel 1963.

Alcune diversioni sono facilmente individuabili anche dalle immagini satellitari e hanno lasciato traccia ben visibile nei modelli digitali di elevazione, poiché i paleo-alvei (depositi di canale e di rotta) risultano sopraelevati rispetto alla piana inondabile, lievemente depressa.

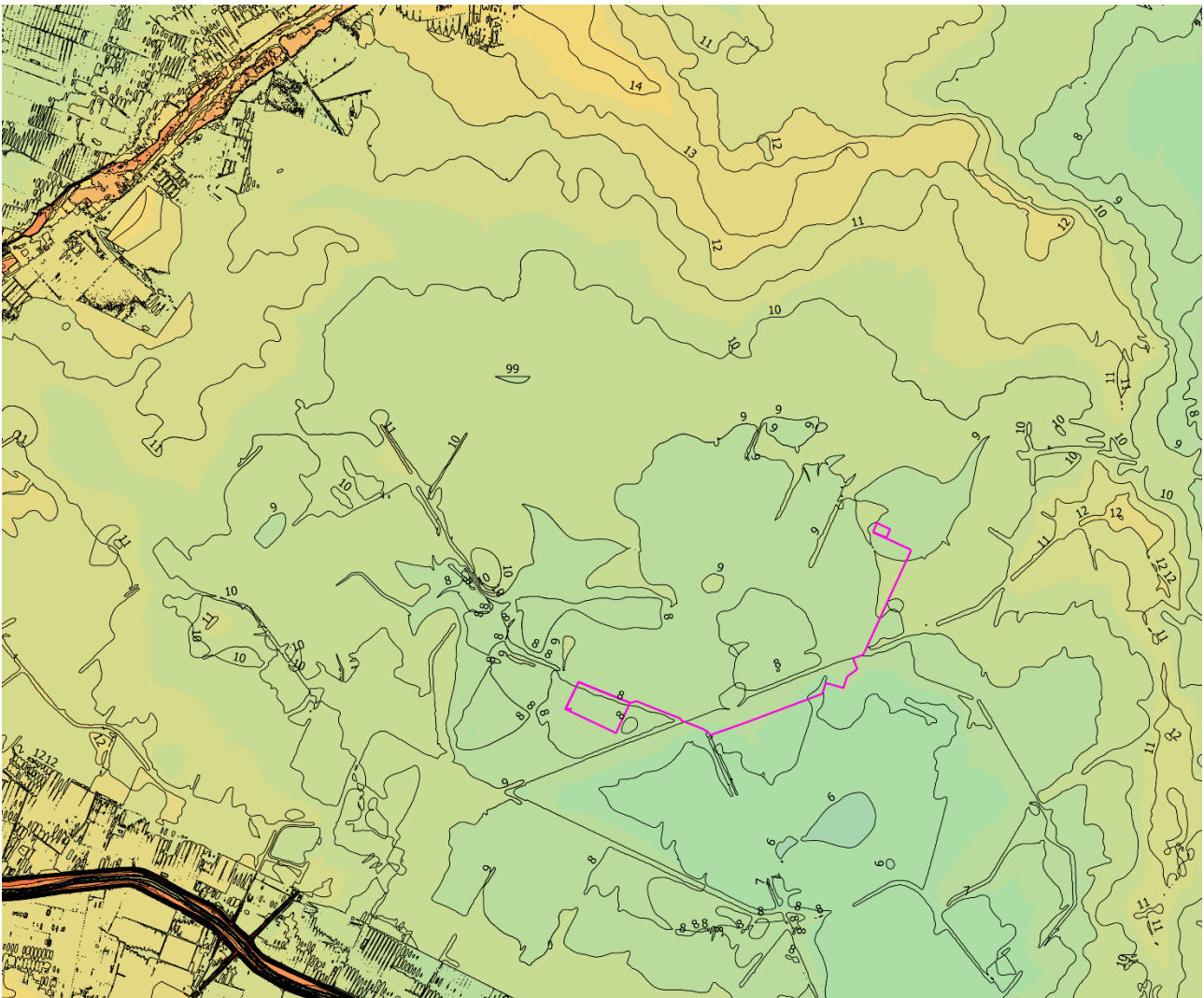


Figura 27 – DTM (passo 5 m, fonte Regione Emilia Romagna) in falsi colori e curve di livello con passo 1 m. Tematismi tratti dal Geoportale Regionale; elementi di progetto in magenta. Nella zona in alto è facilmente individuabile il vecchio alveo che da Sant’Agostino si dirigeva verso Mirabello, Vigarano Mainardo per poi volgere a sud-est (Raccogliore abbandonato)

L’area mostra pendenze sempre inferiori a 3°, mentre solo gli elementi di natura antropica (rilevati, rampe, rinterri) mostrano pendenze superiori.

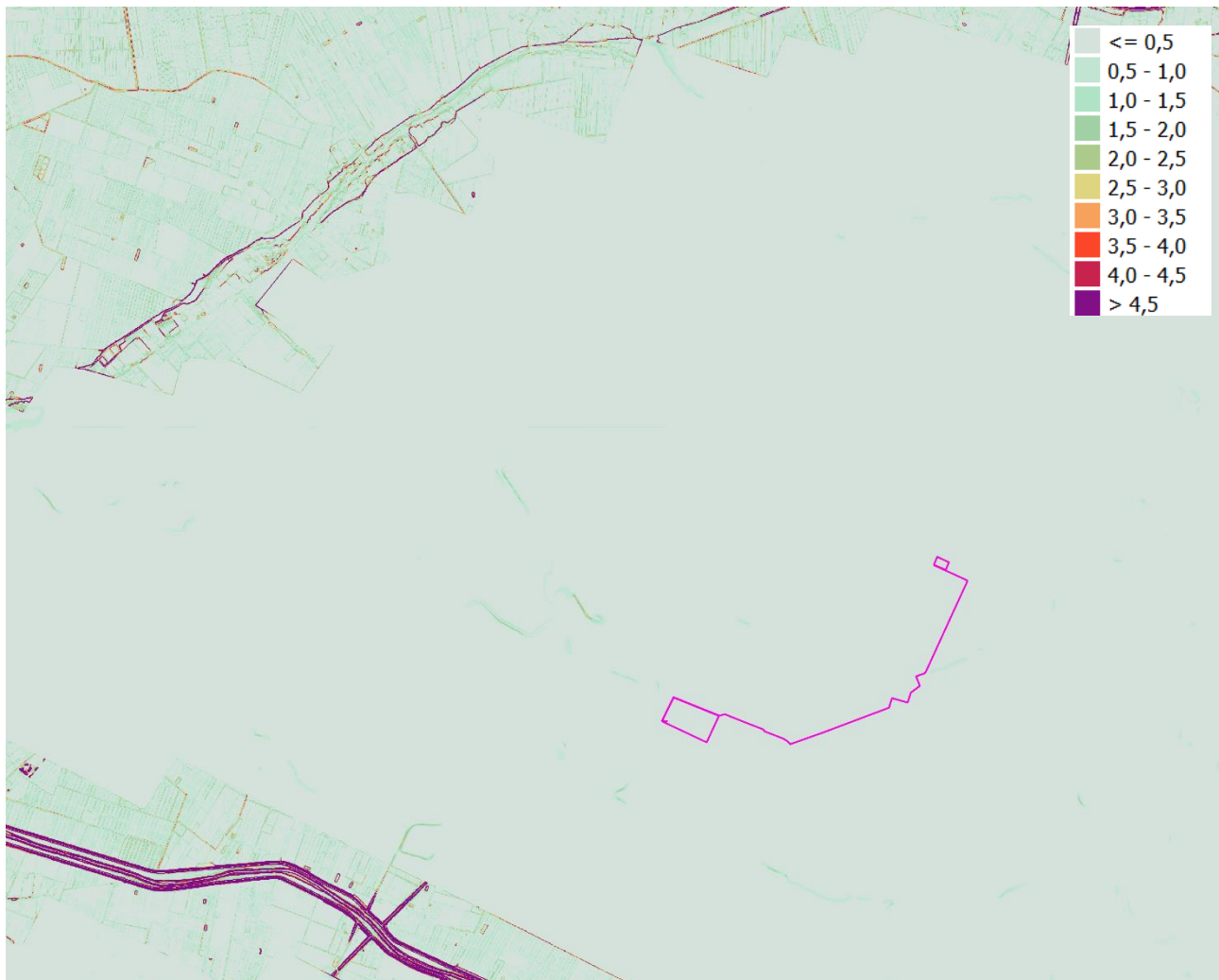


Figura 28: Carta delle pendenze (ricavata dal DTM passo 5 m) in falsi colori. I colori vivaci indicano tutte strutture antropiche. Pendenze espresse in gradi (°). (in magenta il layout di impianto)

A seguire si riporta uno schema generale dell'evoluzione fluviale del comprensorio Secchia-Panaro-Reno, tratta dal materiale didattico del Museo di Mirabello (Le diversioni degli alvei fluviali | Museo Civiltà Contadina Rodolfo e Luigi Sessa (ilmuseodimirabello.com) e ricavata da Buriato *et al.*, 2012.

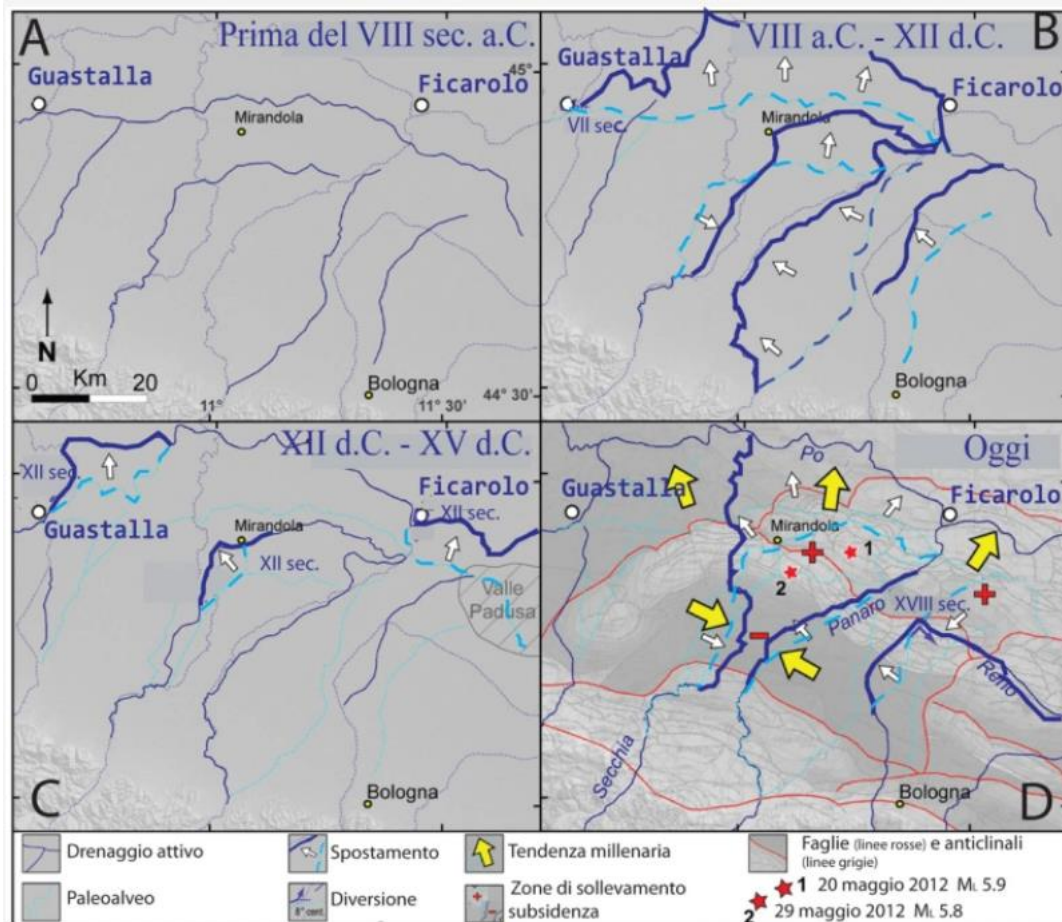
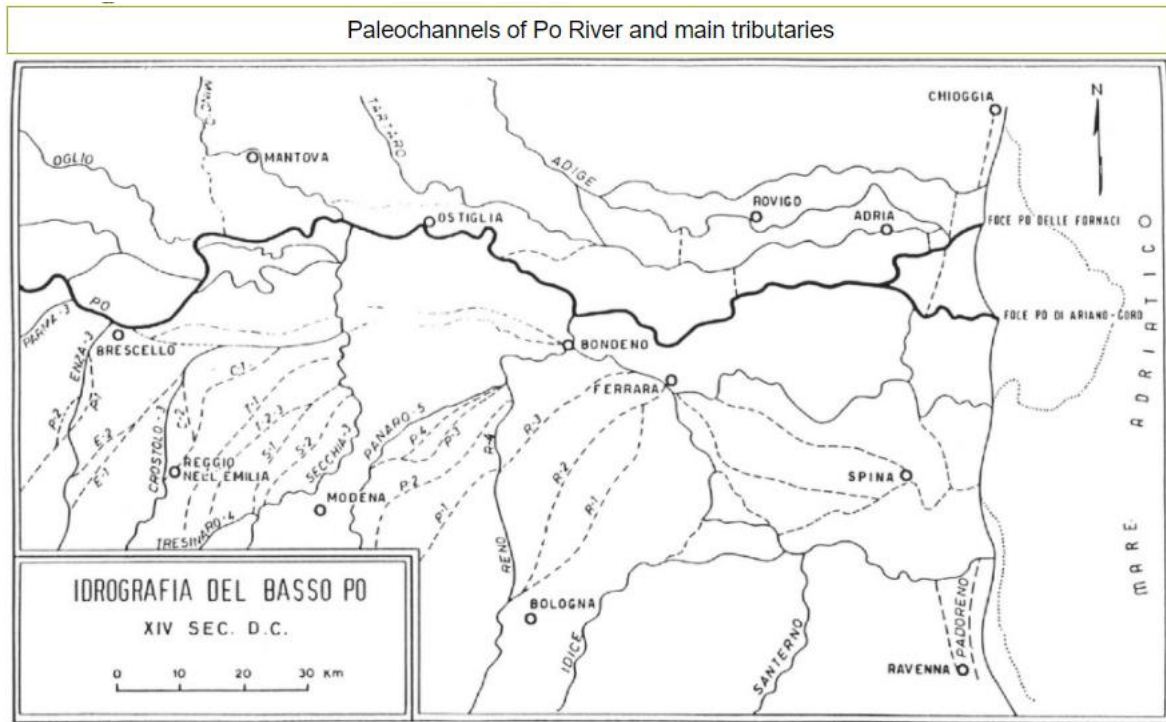


Fig. 10 – Le modificazioni degli alvei fluviali negli ultimi tre millenni (rielaborato da Buriato et al., 2012)

Figura 29: schema evolutivo del comprensorio fra il Secchia e il Reno (fonte Le diversioni degli alvei fluviali | Museo Civiltà Contadina Rodolfo e Luigi Sessa (ilmuseodimirabello.com))



Recent evolution of the Po River and its main tributaries. The Po River seems to be shifted northward by the activity of the Ferrara Arc (from Vecqiani (1985)).


Figura 30: Evoluzione recente dei reticoli fluviali del Po e dei suoi principali tributari (fonte documentazione progetto DISS associata alla fonte Poggio Rusco-Migliarino)

5. VINCOLI TERRITORIALI

L'obiettivo del PAI è quello di garantire al territorio del bacino del Po "un livello di sicurezza adeguato" rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico presenti. Gli strumenti per raggiungere l'obiettivo prevedono principalmente:

- ✓ una conoscenza approfondita del grado di rischio presente sul territorio e della sua possibile evoluzione;
- ✓ la pianificazione degli interventi necessari alla sua riduzione l'individuazione di norme per il miglior utilizzo del territorio;
- ✓ la diffusione di tutte queste informazioni.

Ai sensi della Legge 183/1989 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo", il Piano di Bacino si configura come un piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo. Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico presenta infatti un corpo normativo elaborato (composto


 Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM - IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 41 a 115

da Norme di Attuazione e Direttive Tecniche) che è sottoposto ad un iter amministrativo complesso e in continuo aggiornamento. Obiettivo prioritario del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico è la riduzione del rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti. Esso quindi persegue l'obiettivo di garantire al territorio un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, attraverso il ripristino degli equilibri idrogeologici e ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni, il recupero delle aree fluviali, con particolare attenzione a quelle degradate, anche attraverso usi ricreativi. Il PAI consolida e unifica la pianificazione di bacino per l'assetto idrogeologico: esso coordina le determinazioni assunte con i precedenti stralci di piano e piani straordinari, apportando in taluni casi le precisazioni e gli adeguamenti necessari a garantire il carattere interrelato e integrato proprio del piano di bacino. Rispetto ai Piani precedentemente adottati il PAI contiene per l'intero bacino:

- a) il completamento del quadro degli interventi strutturali a carattere intensivo sui versanti e sui corsi d'acqua;
- b) l'individuazione del quadro degli interventi strutturali a carattere estensivo;
- c) la definizione degli interventi a carattere non strutturale, costituiti dagli indirizzi e dalle limitazioni d'uso del suolo nelle aree a rischio idraulico e idrogeologico e quindi:
 - ✓ il completamento della delimitazione delle fasce fluviali sui corsi d'acqua principali del bacino;
 - ✓ l'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico, nella parte del territorio collinare e montano.

Il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dell'Autorità di Bacino del fiume Po, è stato approvato con il D.P.C.M. 24 maggio 2001. Il Piano individua, all'interno dell'ambito territoriale di riferimento, le aree interessate da fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico secondo le seguenti tipologie di fenomeni prevalenti: frane, esondazione e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua (erosioni di sponda, sovraincisioni del thalweg, trasporto di massa), trasporto di massa sui conoidi, valanghe.

Più specificatamente per quanto concerne il comune di Poggio Renatico, vengono definite le fasce lungo il corso del fiume Po tracciate sulla base del grado di pericolosità derivante dal verificarsi della piena di riferimento; in particolare esso definisce:

 Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 42 a 115

A. Fascia A di deflusso della piena: in essa il piano persegue l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza assicurando il deflusso della piena di riferimento (tempo di ritorno 200 anni), il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo, e quindi favorire, ovunque possibile, l'evoluzione naturale del fiume in rapporto alle esigenze di stabilità delle difese e delle fondazioni delle opere d'arte, nonché a quelle di mantenimento in quota dei livelli idrici di magra;

B. Fascia B di esondazione della piena di riferimento (tempo di ritorno 200 anni): in essa il piano persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione delle piene, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali;

C. Fascia C di inondazione per piena catastrofica: più gravosa di quella di riferimento (tempo di ritorno 500 anni o la massima piena registrata), in essa il PAI persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni mediante la predisposizione prioritaria da parte degli Enti competenti di programmi di previsione e prevenzione.

Il "limite di progetto tra la fascia B e la fascia C" è un limite (esterno) di fascia B che si considera tale solo all'avvenuta realizzazione delle opere lineari di difesa (dalle esondazioni) previste lungo quel tratto. Di fatto, la porzione di fascia interna a tale limite (definita infelicitemente "fascia B di progetto") è e rimane fascia B (dunque non cambia classificazione conseguentemente alla realizzazione delle opere sopra indicate) mentre la porzione di fascia esterna a tale limite si considera fascia B solo fino alla realizzazione delle opere di difesa, dopodiché si considera fascia C (si vedano l'art. 31, punto 5, delle Norme del PAI ed il punto 2.3 della direttiva regionale). Per le aree classificate come fascia A e B ricadenti all'interno dei centri edificati, l'AdB, al fine di minimizzare le condizioni di rischio, ha inteso dare priorità ai centri edificati nell'ambito delle verifiche relative alle previsioni urbanistiche contenute nelle fasce fluviali, dando la possibilità ai Comuni di operare modifiche allo strumento urbanistico (con le procedure ordinarie della pianificazione) e/o di introdurre una disciplina particolareggiata rispetto a classi di rischio accertate (si vedano l'art. 39 delle Norme del PAI ed il punto 2.4 della direttiva regionale).

Per le aree ricadenti in fascia C, il PAI rimanda direttamente alla disciplina degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

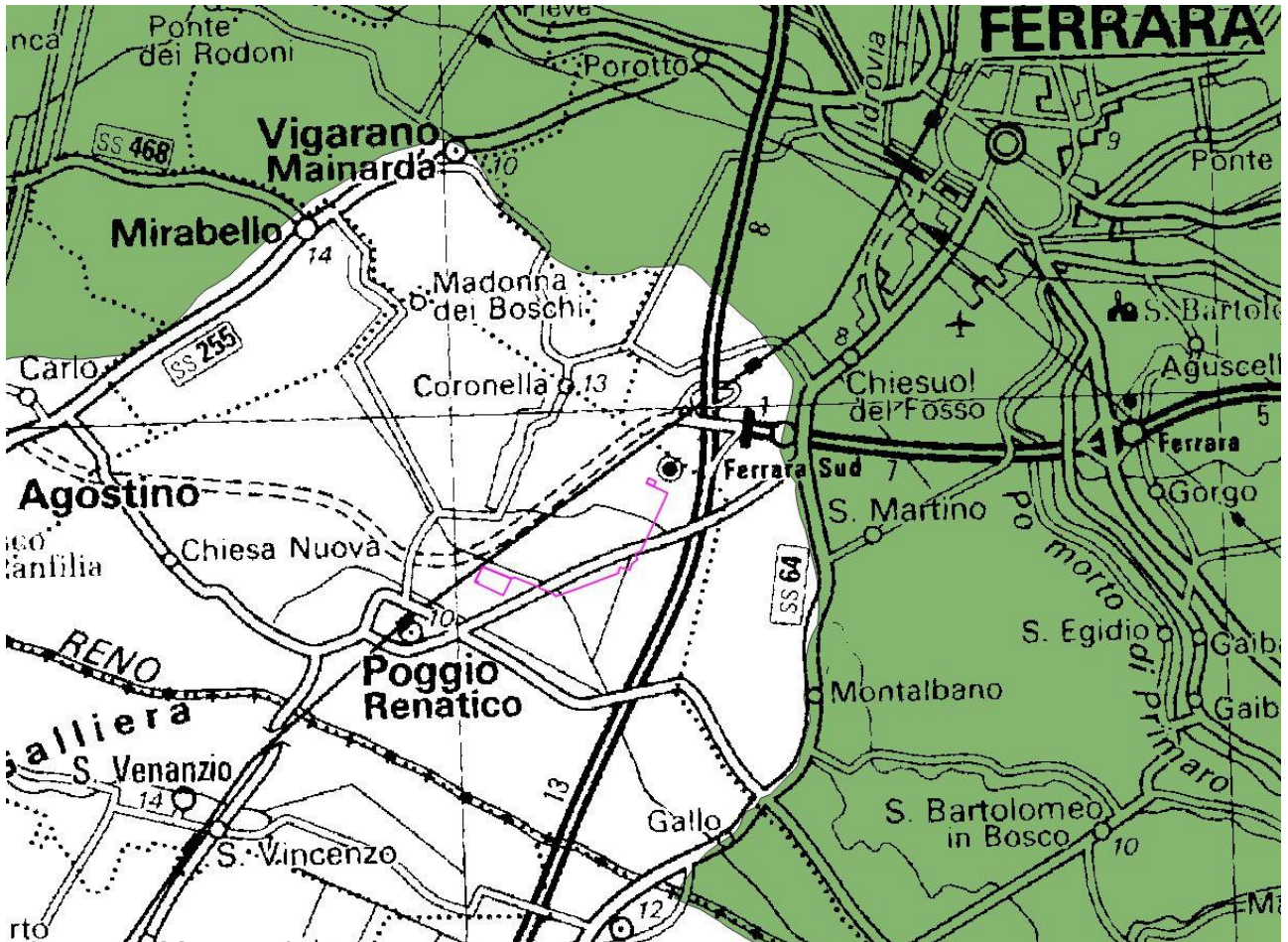


Figura 31: Fasce esondabili per il reticolo principale (fiume Po); l'area risulta esterna anche alla fascia C (in magenta il layout di impianto)

A seguito di verifica presso gli uffici regionali dell'Autorità di Bacino del fiume Po e a seguito della consultazione degli shape-files disponibili, non è stato possibile riscontrare tavole inerenti al rischio idrogeologico dell'area relativo al rischio frana, ricadendo le aree di progetto in territorio di pianura, in cui pericolosità e rischio da frana non sono definiti.

5.1. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI (PGRA)

L'Autorità di Bacino del Fiume Po ha emanato il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), approvato il 3 Marzo 2016, destinato a costituire il nuovo quadro conoscitivo di riferimento del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

Il PGRA ha lo scopo di assicurare nel territorio del Distretto Idrografico Padano la riduzione delle potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la vita e la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economico sociali.

In estrema sintesi, il PGRA riconosce sul territorio 3 scenari di pericolosità idraulica, a loro volta riclassificati in 4 livelli di rischio (da R1 a R4) in base al possibile e prevedibile danno (elementi esposti).

Il PGRA ha elaborato specifiche mappature, realizzate distinguendo 3 diversi ambiti idrografici, individuati come:

1. RP (reticolo principale di pianura e di fondovalle);
2. RSCM (reticolo secondario collinare e montano);
3. RSP (reticolo secondario di pianura).

Il punto 2. RSCM non è cogente per l'area di progetto, poiché non ricade in settore collinare o montano e non sarà quindi trattato.


Gli scenari di pericolosità, idraulicamente paragonabili alle fasce fluviali A, B e C del PAI, sono così identificati:

1. P1: aree interessate da alluvione rara;
2. P2: aree interessate da alluvione poco frequente;
3. P3: aree interessate da alluvione frequente.

Direttiva Alluvioni		Pericolosità
Scenario	Tempo di ritorno	
Aree allagabili – scenario frequente Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 anni (frequente)	P3 elevata
Aree allagabili – scenario poco frequente Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 anni (poco frequente)	P2 media
Aree allagabili – scenario raro Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	500 anni o massimo storico registrato	P1 bassa

Figura 32 – Scenari delle aree allagabili e relativa pericolosità.

Le mappe del rischio segnalano la presenza nelle aree allagabili di elementi potenzialmente esposti (popolazione, servizi, infrastrutture, attività economiche, etc.) e il corrispondente grado di

 <small>T E R N A G R O U P</small> Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM - IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 45 a 115

rischio, distinto in 4 classi rappresentate mediante colori: giallo (R1-Rischio moderato o nullo), arancione (R2-Rischio medio), rosso (R3-Rischio elevato), viola (R4-Rischio molto elevato).

Le mappe del rischio sono il risultato finale dell'incrocio fra le mappe delle aree allagabili per i diversi scenari di pericolosità prodotti e gli elementi esposti censiti raggruppati in classi di danno potenziale omogenee.

Le mappe di pericolosità sono state cartografate in base al Reticolo Principale e Secondario Collinare Montano (RP e RSCM) e al Reticolo Secondario Pianura (RSP).

RP-Reticolo Principale

Il reticolo principale è legato alla dinamica fluviale del Po e del relativo pericolo di esondazione; l'area di progetto risulta esterna anche alla fascia C, che corrisponde allo scenario di pericolosità P1, e corrisponde alla parte esterna del paleoalveo del fiume Reno, che essendo lievemente sopraelevato funge da barriera arginale. Nei confronti del reticolo principale l'area di progetto non è quindi soggetta ad alcun vincolo o scenario di rischio.

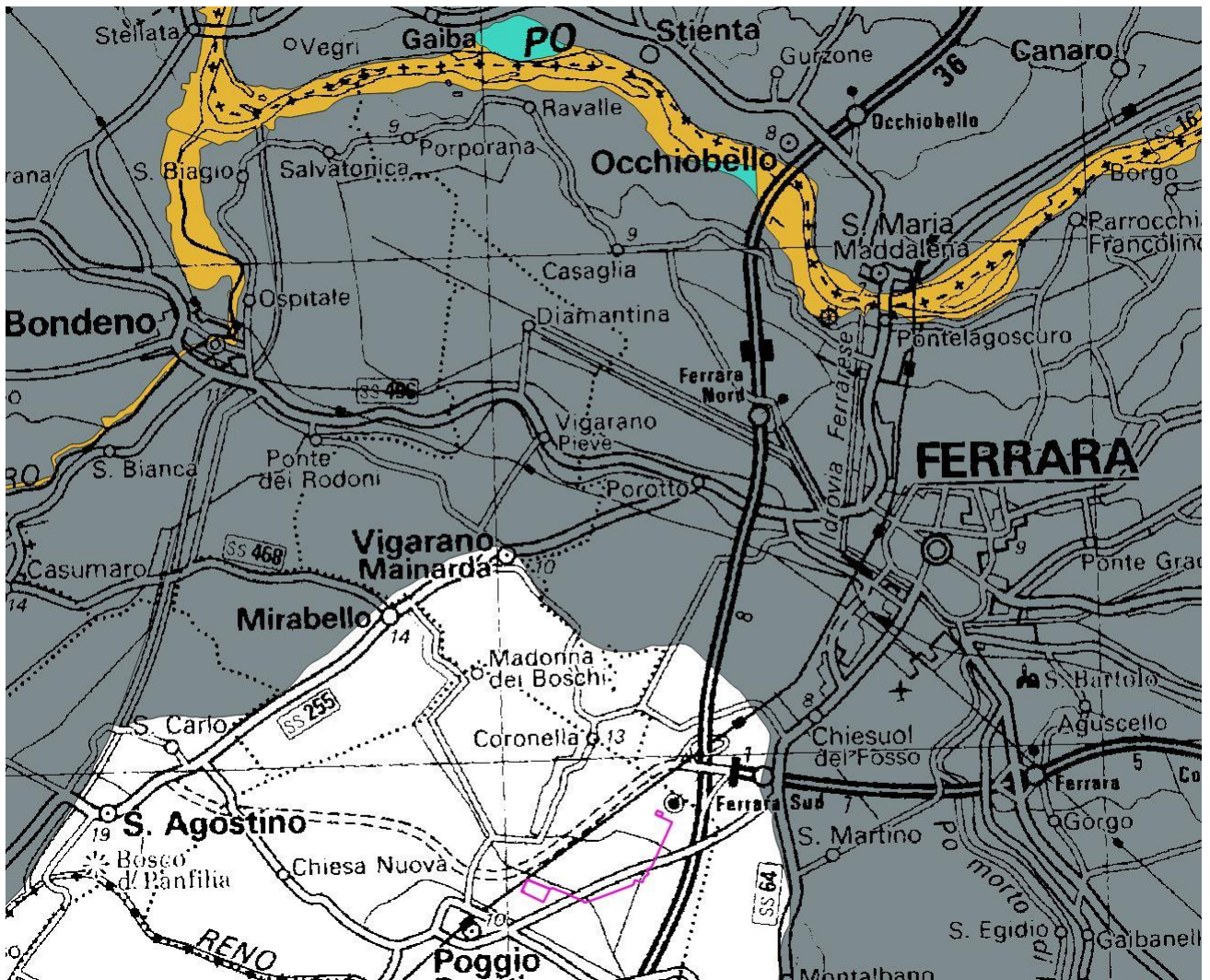


Figura 33: fasce di pericolosità rispetto al reticolo Principale (in magenta il layout di impianto)

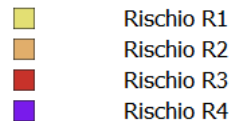
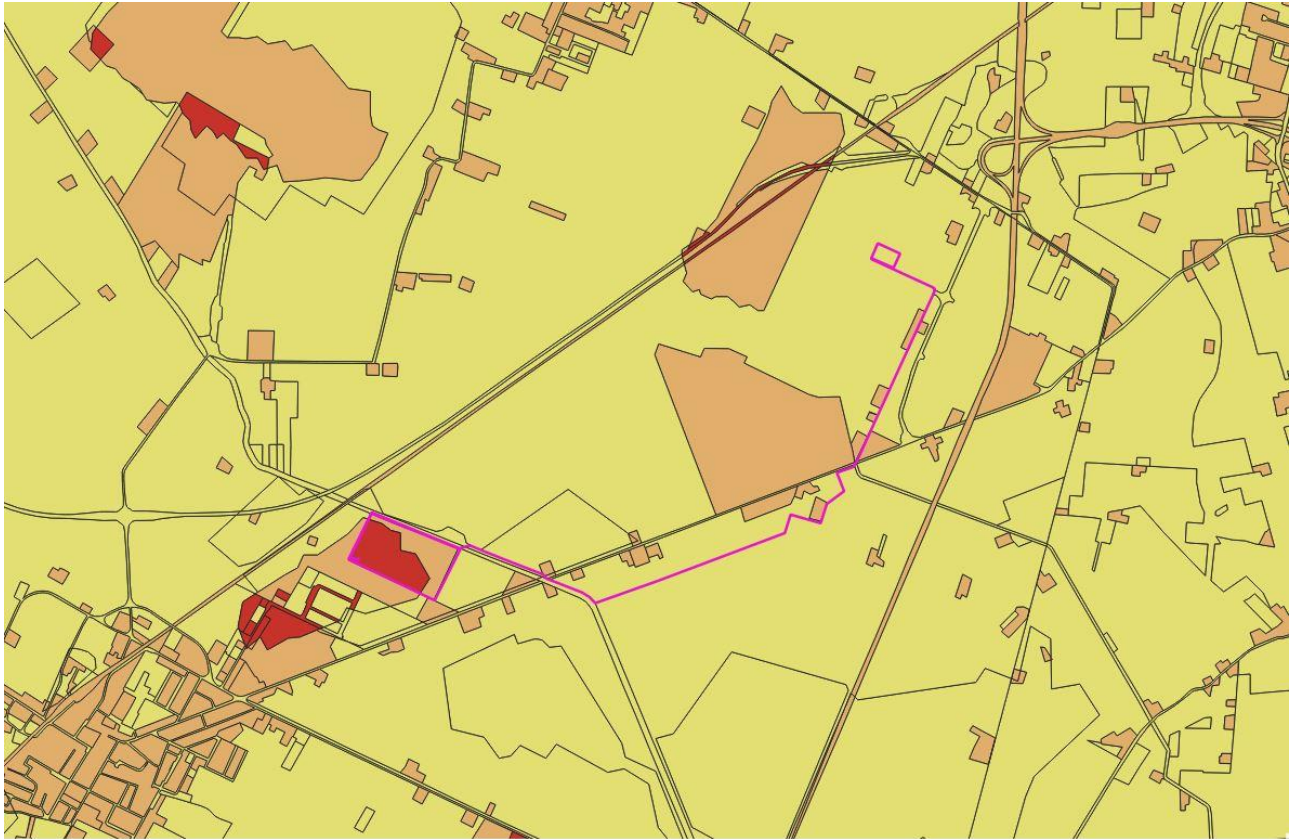


Figura 35: Rischio associato al Reticolo Secondario di Pianura; la maggior parte delle opere di connessione rientra in area a rischio R2, con minori porzioni in R2 e in R3 (in magenta il layout di impianto)

Nella mappatura del rischio l'area rientra per la maggior parte in zona a rischio R1, con qualche porzione rientrante in area a rischio R2 e la porzione più interna della centrale SNAM a rischio R3.

La Regione Emilia Romagna ha messo a disposizione un ulteriore servizio di visualizzazione in forma di WebGis, denominato MOKA, in cui è possibile visualizzare più elementi contemporaneamente.

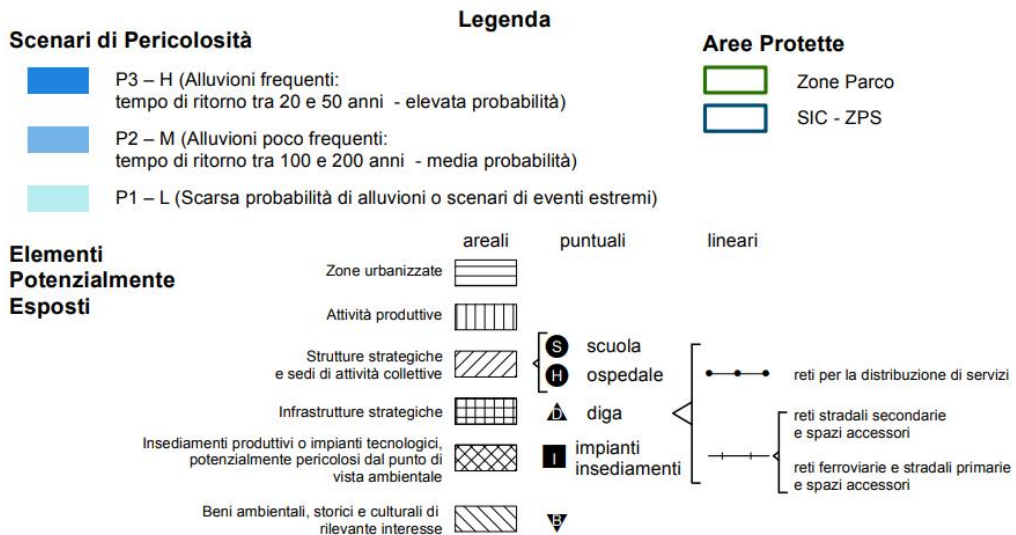
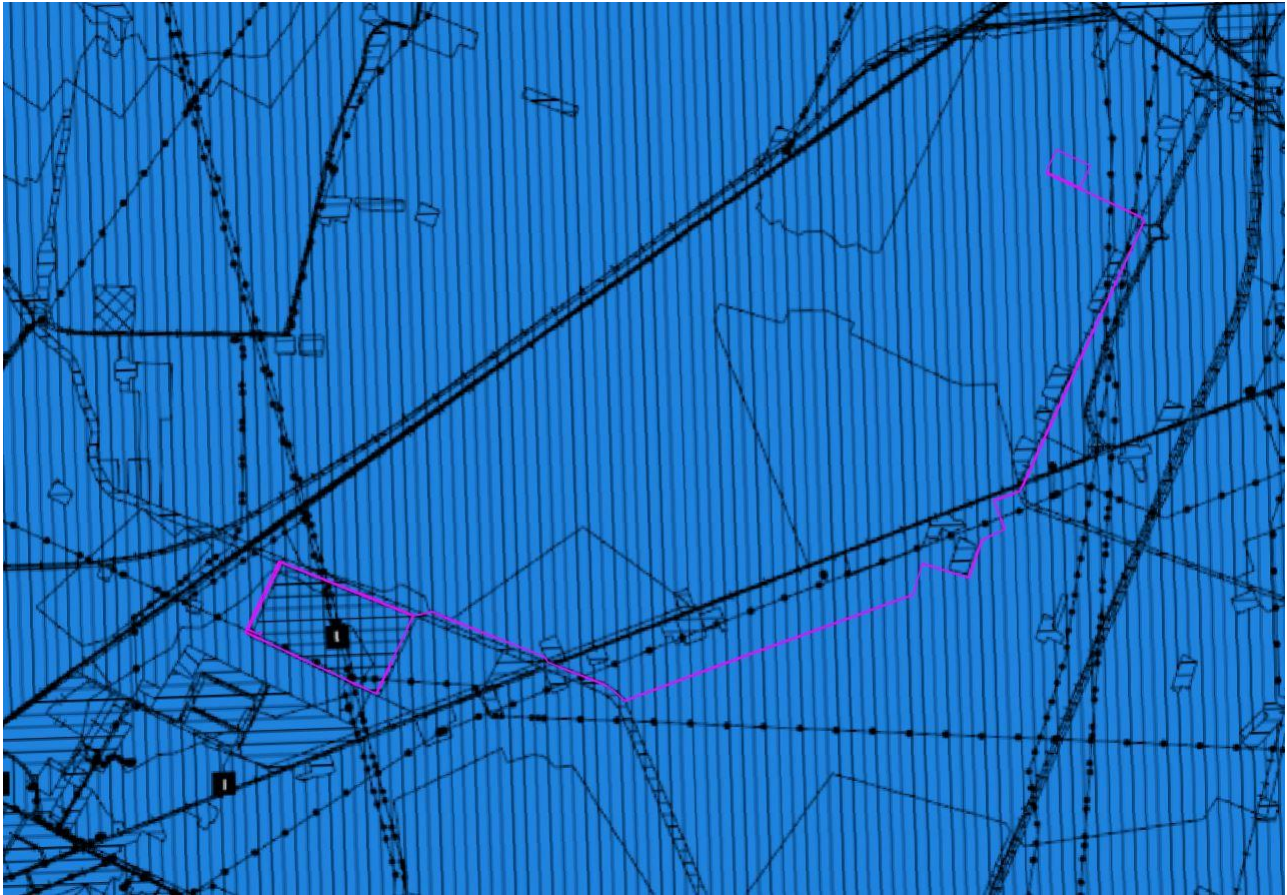



Figura 36: Servizi MOKA - pericolosità ed elementi esposti (in magenta il layout di impianto)



Figura 37: Servizi MOKA - Aree di rischio (in ciano il layout di impianto)

Le mappe del rischio di alluvioni indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni, nell'ambito degli scenari di cui al comma 2 e prevedono le 4 classi di rischio di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 29 settembre 1998, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 3 del 5 gennaio 1999 [..]. Il D.P.C.M. 29.09.98 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e del D.L. 11.06.98, n. 180", richiamato nel D.Lgs. 49/2010, definisce quattro classi di rischio:

- R4 (rischio molto elevato): per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.

 T E R N A G R O U P Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 51 a 115

•R3 (rischio elevato): per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale;

•R2 (rischio medio): per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;

•R1 (rischio moderato o nullo): per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

Gli elementi a rischio di tipo puntuale (p.e. istituti scolastici) e lineari (p.e. viabilità stradale) sono stati rappresentati attribuendo al punto o alla linea il colore corrispondente al livello di rischio derivante dal calcolo.

6. IDROGEOLOGIA

6.1. CLIMA

L'area in esame presenta un tipico clima mediterraneo con inverno mite ed estate calda e secca, ma con una tendenza negli ultimi anni a una certa tropicalizzazione del clima; nella classificazione di Köppen attuale, desunta dalla pagina internet worldclim.org, l'area rientra nella Regione climatica Oceanic (Cfb) per quanto riguarda il tratto appenninico, mentre il tratto a ridosso della linea di costa rientra nella fascia Humid subtropical (Cfa).

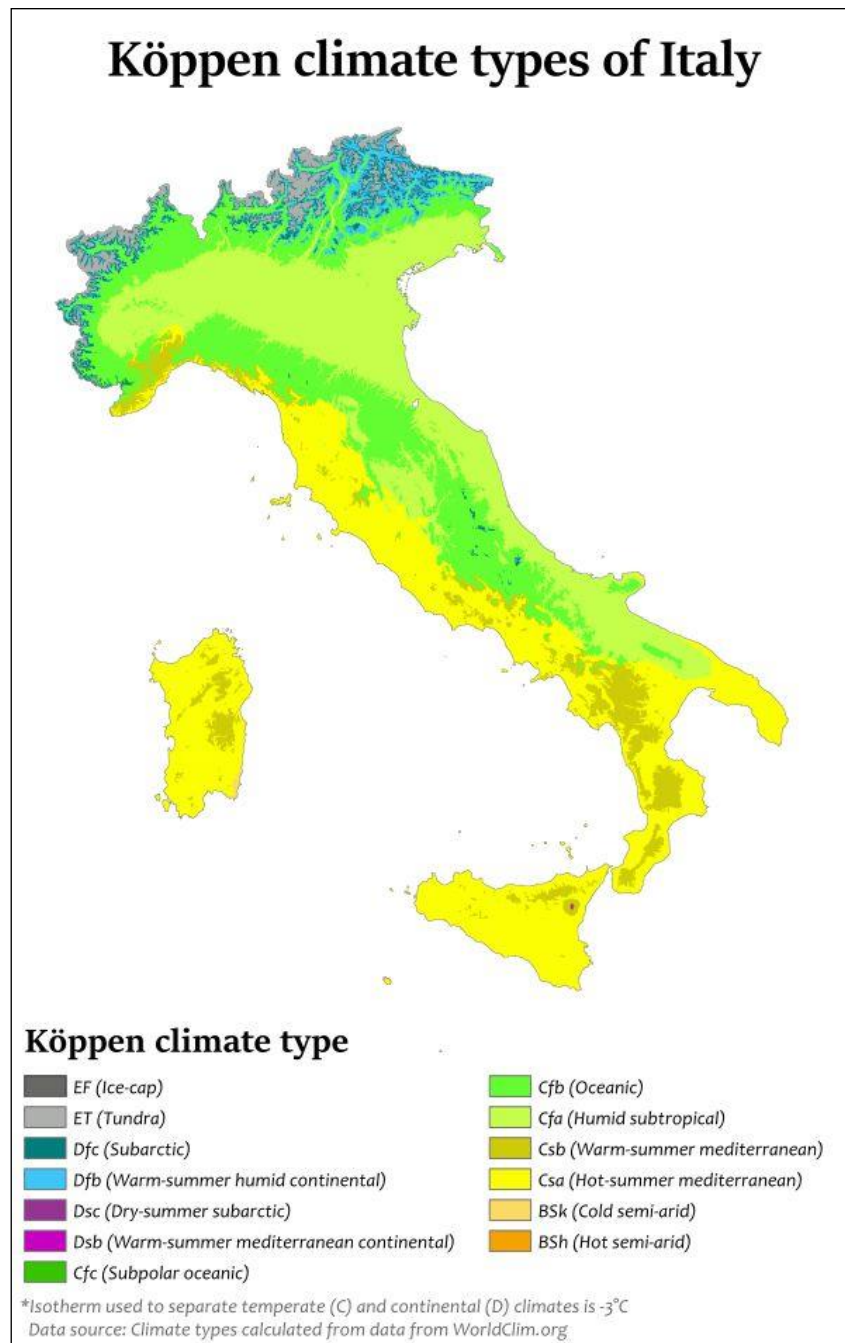


Figura 38 – Classificazione climatica dell'Italia secondo il metodo di Köppen (fonte worldclim.org).

Utili informazioni climatiche sono riportate nell'“Atlante Climatico dell'Emilia-Romagna”, disponibile on-line al sito dell'Agenzia di Protezione ambientale dell'Emilia-Romagna https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/meteo/clima/Atlante_climatico_1961-2015.pdf.

Sono disponibili le mappe, ricostruite sulla base delle stazioni climatiche presenti sul territorio, di temperature (massime, minime e medie) per i periodi 1961-1990 e 1991-2015, nonché gli analoghi

valori della pluviometria. Dai raffronti di questi periodi temporali è possibile desumere molto facilmente che le temperature nell'ultimo spezzone temporale considerato sono sensibilmente aumentate rispetto al periodo precedente, mentre si nota una significativa, ma meno marcata, diminuzione delle precipitazioni. Particolarmente evidente appare l'aumento delle temperature massime, che nei grafici a seguire sono riportate in alto a destra, con la linea rossa.

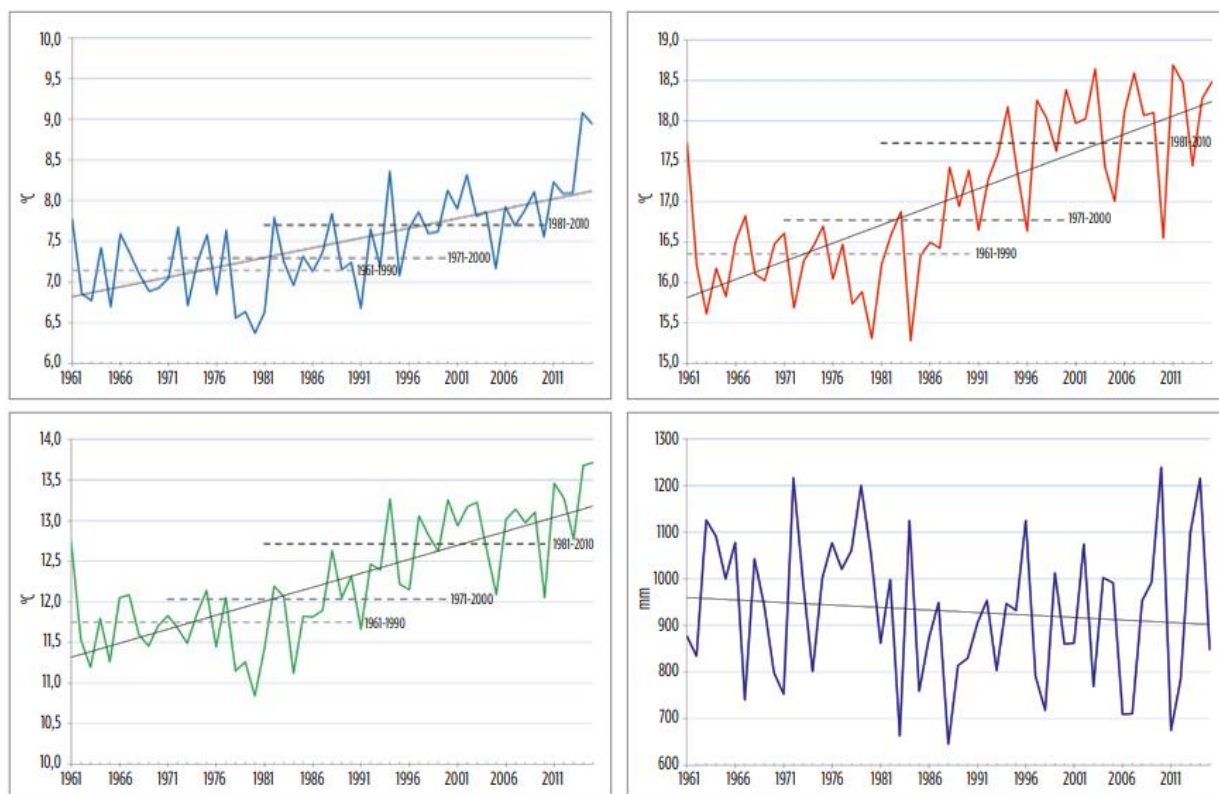


Figura 39: Andamento climatico regionale a partire dal 1961, con tendenza delle temperature minime, massime e medie, nonché della pluviometria.

A seguire si riportano i dettagli del territorio regionale, in cui si evidenziano facilmente tre fasce, corrispondenti ai settori appenninici più elevati, con le temperature più basse e i tassi di piovosità più elevati; la zona di pianura, con i minori tassi di piovosità e il maggior tasso di variazione fra temperature minime e massime (frequenti i fenomeni di inversione termica) e la fascia collinare, con caratteristiche intermedie.

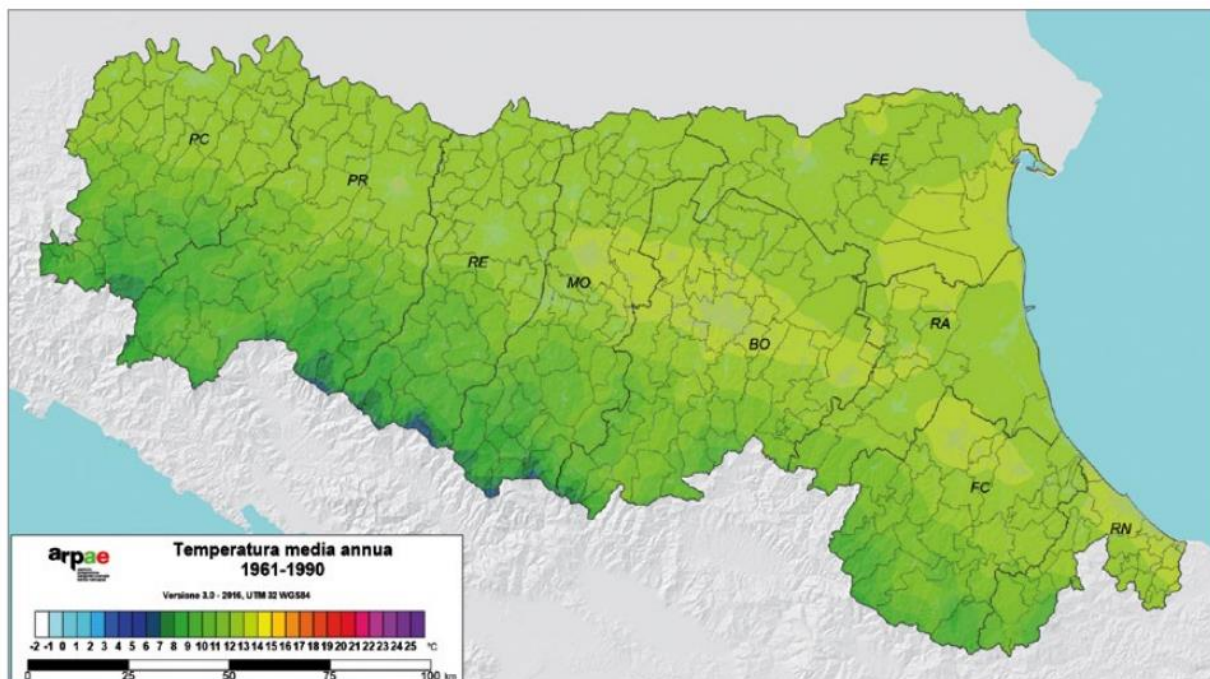


Figura 40: Temperatura media annua 1961-1990.

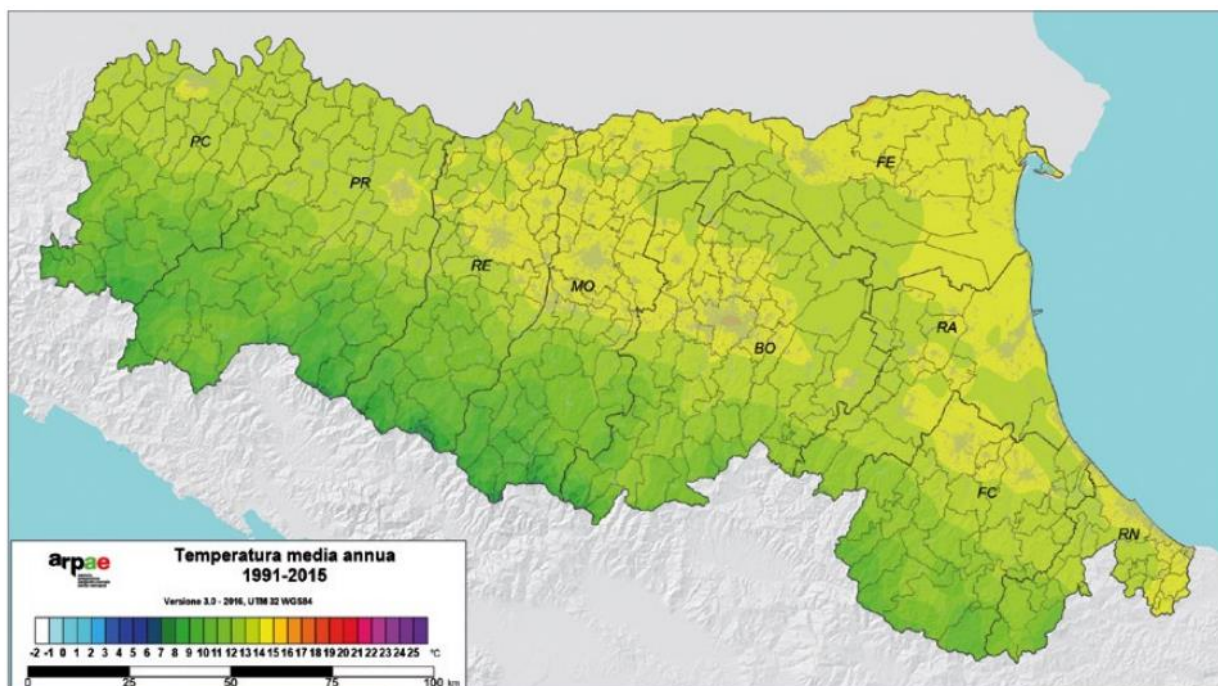


Figura 41: Temperatura media annua nel periodo di riferimento 1991-2015, da cui è possibile desumere un sensibile aumento rispetto al periodo precedente.

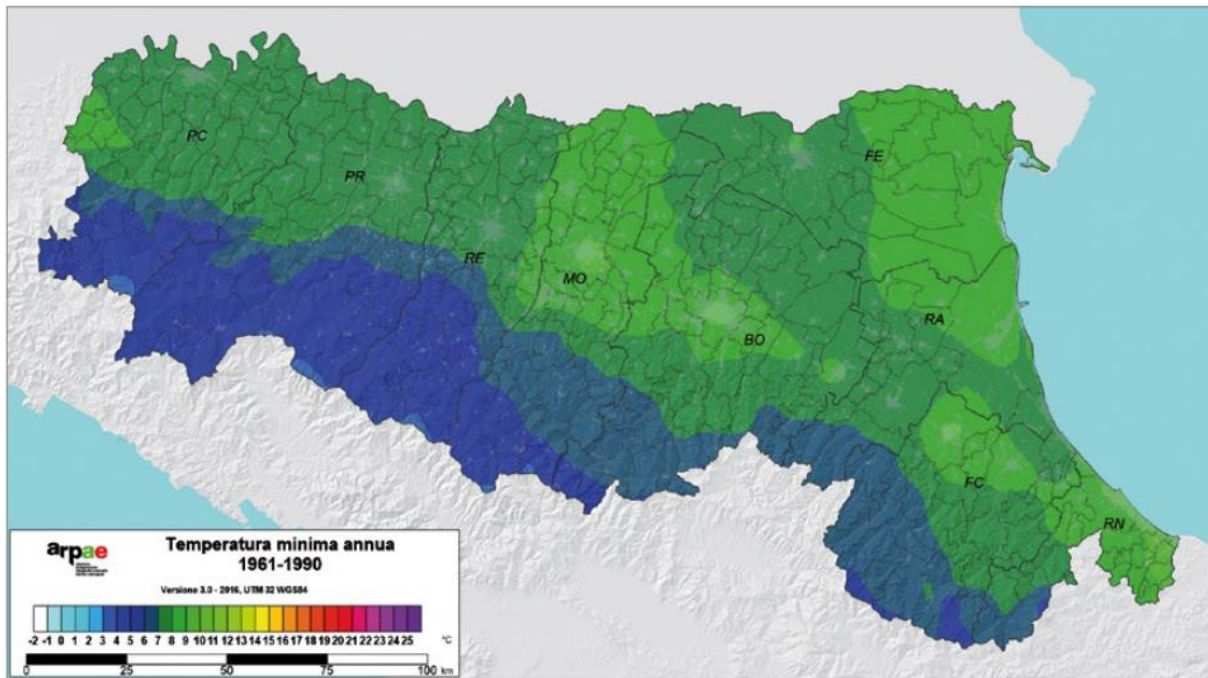


Figura 42: Temperatura minima annua 1961-1990.

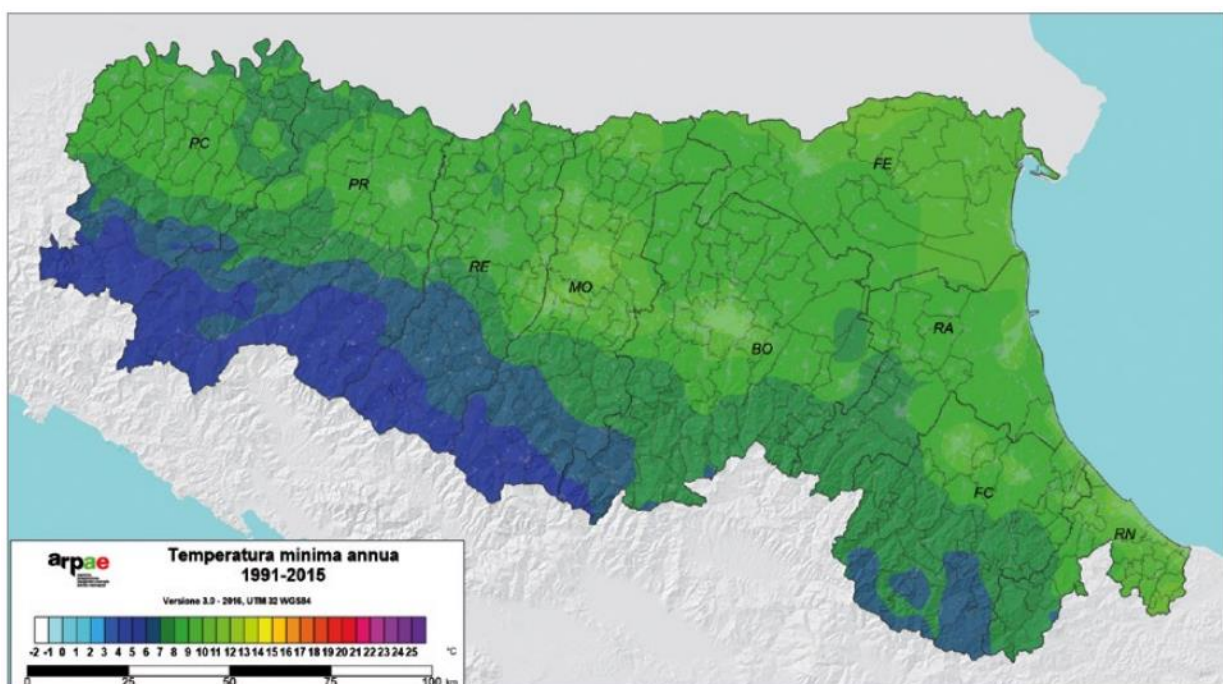


Figura 43: Temperatura minima annua nel periodo di riferimento 1991-2015.

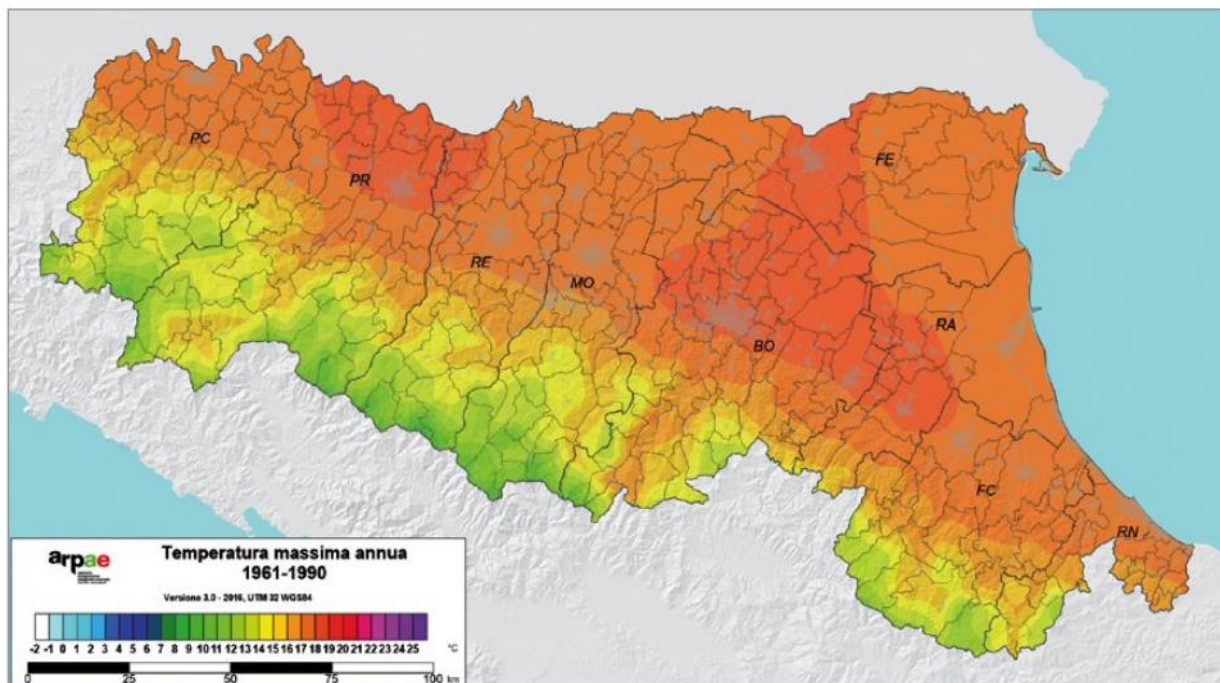


Figura 44: Temperatura minima annua 1961-1990.

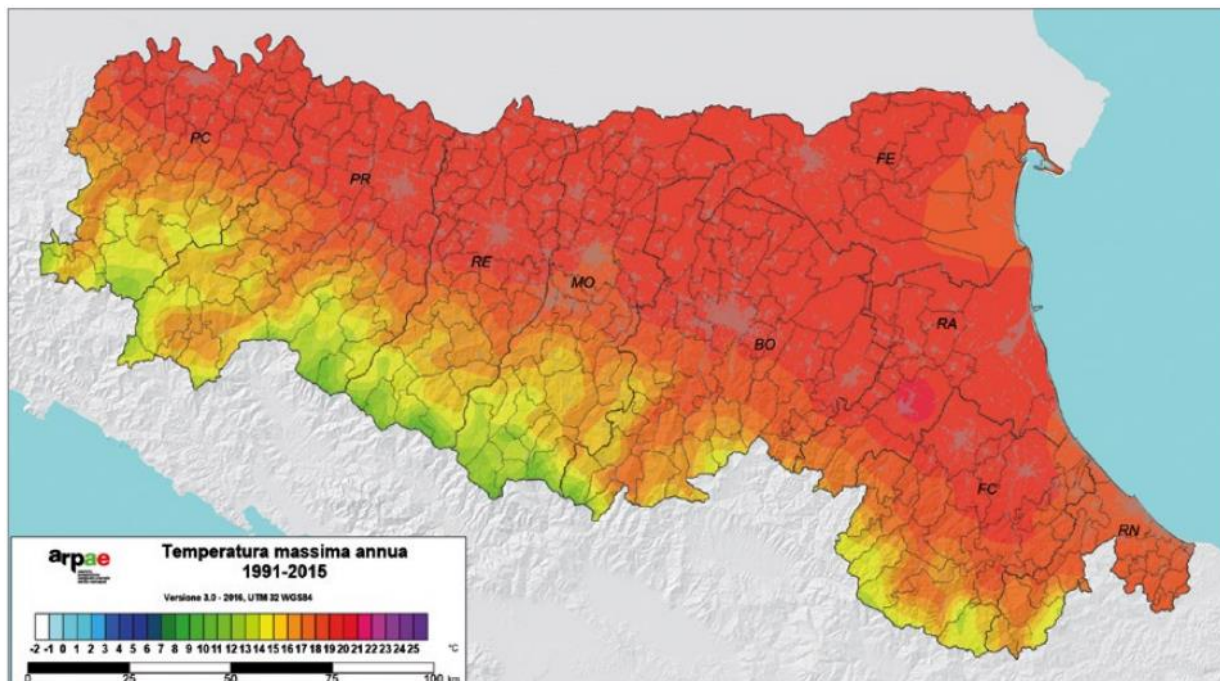


Figura 45: Temperatura massima annua nel periodo di riferimento 1991-2015, da cui si evincono le forti tendenze al riscaldamento, in particolare per le aree pedemontane e di pianura.

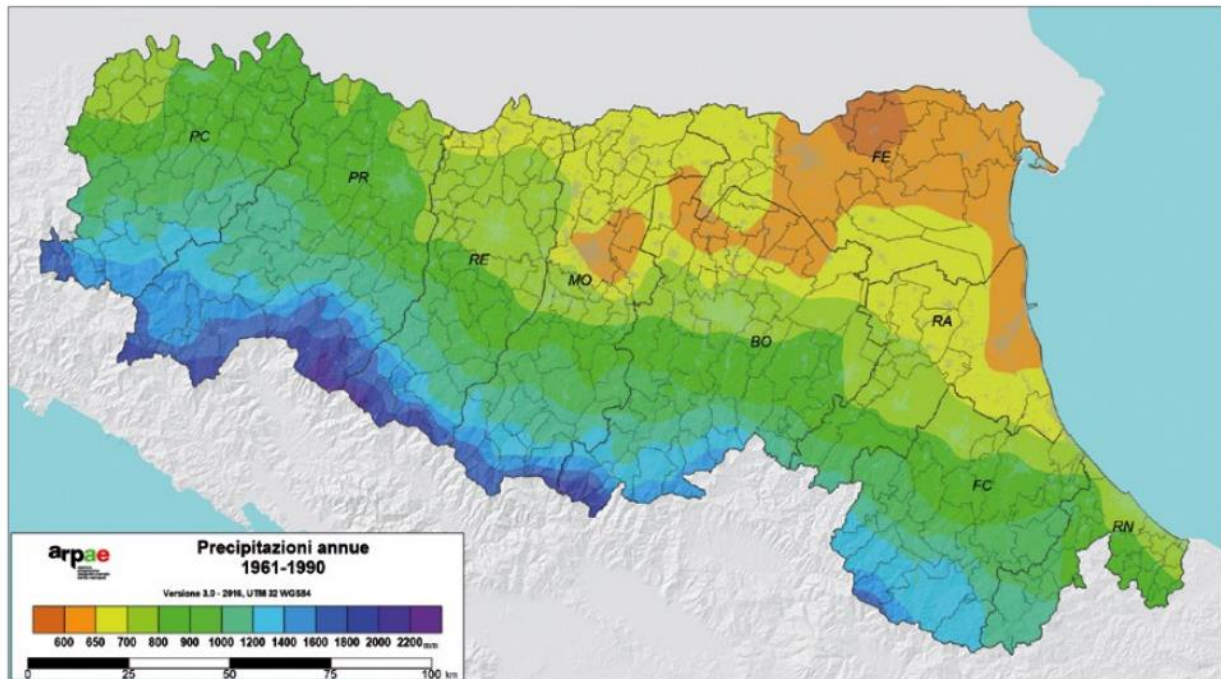


Figura 46: Distribuzione delle precipitazioni annue nel periodo 1961-1990.

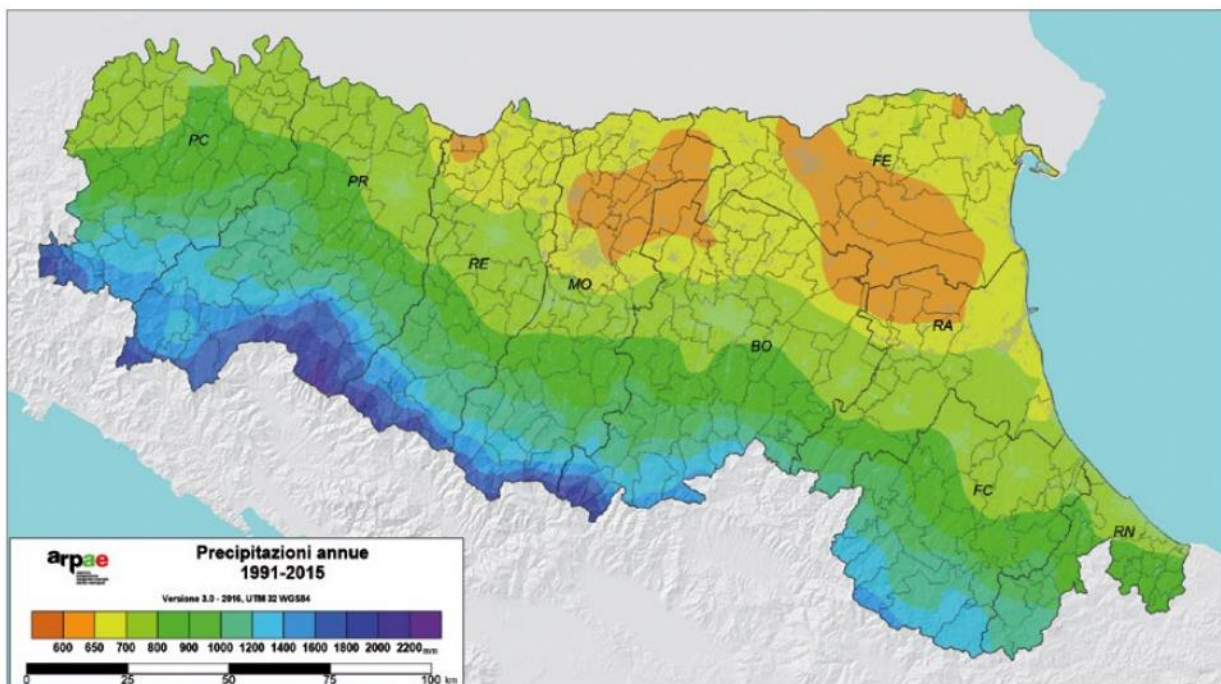



Figura 47: Distribuzione delle precipitazioni annue nel periodo 1991-2015; si apprezza una diminuzione sensibile in diversi settori.

 Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 58 a 115

A seguire si riporta uno stralcio della tabella climatica dei comuni, da cui si evince, anche per il comune di Sarsina, un andamento climatico analogo a quello regionale (e globale), con netti aumenti della temperatura e diminuzione delle precipitazioni. L'aumento della temperatura media è di 0,8°, mentre la precipitazione media annua è diminuita di 67 mm.

6.2. ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE

L'assetto idrogeologico locale può essere definito a partire dalle indagini geognostiche presenti nell'area, riportate nell'apposito paragrafo, che hanno consentito di individuare i complessi idrogeologici presenti e la piezometria. Sostanzialmente l'area è caratterizzata da due complessi idrogeologici, con caratteristiche ben distinte: un complesso argilloso e limoso e un complesso sabbioso e in parte limoso; entrambi i complessi sono di origine fluviale, ma in cui il fuso granulometrico è sensibilmente differente e implica un differente comportamento idrogeologico.

➤ Complesso argilloso-limoso

Complesso caratterizzato da permeabilità molto bassa, primaria per porosità, poiché lo spostamento dei filetti fluidi (pur lentissimo o impedito) avviene all'interno dei meati esistenti fra i granuli che costituiscono il deposito. L'orizzonte rappresenta un livello di tamponamento degli orizzonti acquiferi e il confinamento operato al tetto causa il regime di "pressione" agente sulla falda, dando luogo a falde confinate o semiconfinate, in pressione.

➤ Complesso sabbioso


Il complesso sabbioso è un complesso multiplo, presente a varie quote stratigrafiche, nastriforme o lentiforme, che rappresenta l'acquifero locale (e regionale), che presenta eteropie frequenti e variazioni granulometriche locali, che causano fenomeni di drenanza verticale e rendono estremamente complicata la circolazione idrica. La permeabilità è elevata, primaria per porosità singenetica. La trasmissività dell'acquifero è piuttosto variabile localmente in funzione dello spessore del livello acquifero: i pozzi nell'area sono sia di tipo superficiale (generalmente con portate modeste, spessori dell'acquifero 0,5-4 m mediamente) sia di tipo profondo (acquiferi con portate elevate intorno a 80-100 m, con spessori degli acquiferi 15-20 m).

Per quanto riguarda i livelli piezometrici è possibile osservare le letture riportate nelle schede stratigrafiche delle indagini precedentemente riportate, che si ricapitolano nella seguente tabella:

sondaggio

Lettura piezometrica


Note

 T E R N A G R O U P Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 59 a 115

BH 421	-5,40 m	
BH 425	-2,03 m	
BH 431	-4,18 m	
BH 432	-1,95 m	
N°5 Anas	-3,10 m	
N°6 Anas	-3,20 m	
N°7 Anas	-2,70 m	
N°9 Anas	-2,65 m	
N°10 Anas	-2,60 m	
N°11 Anas	-2,20 m	
N°7 Ferrovie	-2,60 m	
S2 Ferrovie	-3,60 m	
Pozzo Alba	-5,00 m	Acquifero principale 50- 65 m
Posso Casalgas		Acquifero 6,0-8,5 m
Pozzo Maranit	-15,0 m	Acquifero principale 82- 101 m

Tabella 1: Letture piezometriche sondaggi disponibili nell'area; si nota come le soggiacenze misurate siano sempre comprese fra 2 e 4 m circa per i sondaggi, mentre i pozzi, dovendo procurare approvvigionamenti idrici rilevanti, intercettano acquiferi più profondi e più trasmissivi.

Appare quindi evidente che la soggiacenza generale nell'area è modesta, ed è connessa alla presenza dei livelli sabbiosi lentiformi e nastriformi presenti a bassa profondità. In profondità sono presenti livelli maggiormente potenti e produttivi, in pressione, ma con soggiacenze più lontane dal piano campagna.

 Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM - IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 60 a 115

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nella presente relazione non sono disponibili informazioni puntuali del sito di progetto, ma sono disponibili le indagini relative a progettazioni effettuate nei dintorni e messe a disposizione dalla Regione Emilia Romagna sul geoportale relativo alla geologia (Sito della cartografia geologica del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna, Assessorato Difesa del Suolo e della Costa. Protezione Civile). I dati sono stati già riportati nel capitolo sulla caratterizzazione geologica locale, per cui a seguire verranno effettuate solo alcune valutazioni per approfondire specifiche tematiche. Il database non comprende le prove geotecniche di laboratorio, per cui il comportamento geotecnico deve essere dedotto dalle prove geotecniche in situ.

A seguire si riporta il grafico che mostra l'andamento generale di tutte le prove penetrometriche SPT effettuate in foro all'interno dei sondaggi selezionati; appare piuttosto evidente che non si riscontra il tipico miglioramento, più o meno costante, delle caratteristiche di resistenza alla penetrazione con la profondità (e quindi con l'aumento delle tensione litostatica), ma una serie di inversioni. Tale comportamento appare sintomatico della presenza, in molte verticali, di orizzonti argillosi dominanti intorno ai 18-20 m e nuovamente intorno a 35-37 m, che mostrano un aumento della resistenza dovuta alla coesione. Purtroppo sono presenti pochi dati relativi agli orizzonti più superficiali.

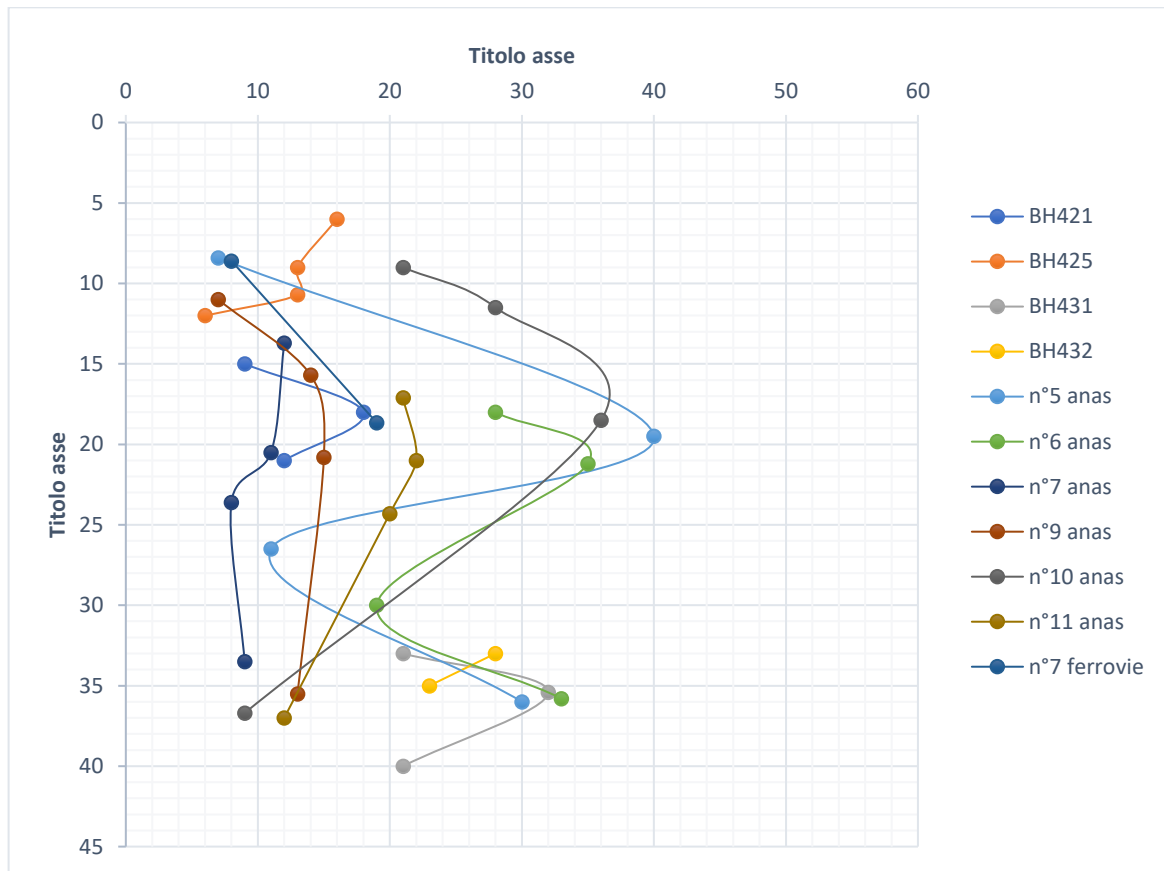


Figura 48: Andamento del valore Nsp con la profondità

Applicando le procedure di normalizzazione delle prove, tenendo conto dell'efficienza del sistema, della profondità di esecuzione delle prove e del contenuto in fine per ogni prova (desunto grossolanamente dalle stratigrafie), il comportamento evidenziato dalle prove viene nettamente ridimensionato, ma anche in questo caso si notano frequenti inversioni delle caratteristiche geotecniche.

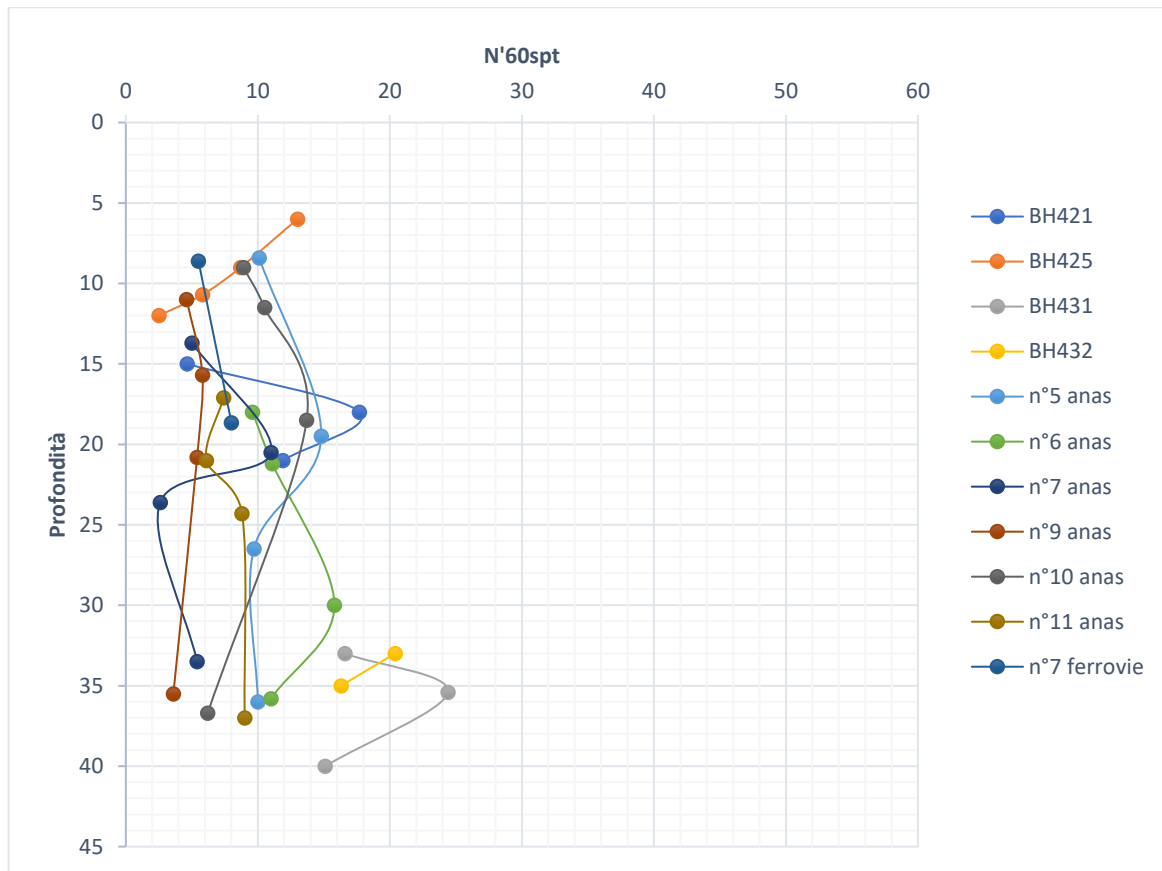


Figura 49: Andamento di N'60 spt rispetto alla profondità di esecuzione

Sulla base dei valori riportati è stata effettuata una valutazione dell'angolo di resistenza a taglio applicando le correlazioni di Shioi e Fukuni (Road Bridge Specification), Japanese National Railway, Sowers (1961), Owasaki e Iwasaki e Peck-Hanson & Thorburn (1961). Nella tabella si restituisce il valore medio fra le quattro correlazioni e la deviazione standard. Per le prove effettuate nei terreni fini viene fornita la coesione non drenata con la correlazione più cautelativa, quella di Shioi-Fukui

Sondaggio	Profondità inizio prova	Nspt	N'60spt	Angolo di attrito	coesione cu kg/cm ²
BH421	15	9	4,65	25,1° (2,46)	0,11
	18	18	17,7	32,5° (0,85)	0,44
	21	12	11,9	30,3° (1,00)	0,29
BH425	6	16	13	30,7° (0,91)	
	9	13	8,7	29,0° (1,45)	

	10,7	13	5,8	27,7° (2,11)	
	12	6	2,5	25,9° (3,35)	
	33	21	16,6	32,1° (0,82)	0,41
BH431	35,4	32	24,4	34,8° (1,16)	0,61
	40	21	15,1	31,5° (0,83)	0,37
	33	28	20,4	33,4° (0,95)	0,51
BH432	35	23	16,3	32,0° (0,82)	0,40
	40	14	14	31,1° (0,86)	
	8,4	7	10,1	29,6° (1,22)	0,25
N°5 Anas	19,5	40	14,8	31,4° (0,83)	
	26,5	11	9,7	29,4° (1,28)	0,24
	36	30	10	29,5° (1,24)	
	18	28	9,6	29,4° (1,30)	
N°6 Anas	21,2	35	11,1	30,0° (1,09)	
	30	19	15,8	31,8° (0,82)	0,39
	35,8	33	11	29,9° (1,10)	
	13,7	12	5	27,3° (2,35)	
N°7 Anas	20,5	11	11	29,9° (1,10)	
	23,6	8	2,6	25,9° (3,30)	
	33,5	9	5,4	27,2° (2,22)	0,13
	11	7	4,6	27,1° (2,48)	
N°9 Anas	15,7	14	5,8	27,7° (2,11)	
	20,8	15	5,4	27,5° (2,22)	
	35,5	13	3,6	26,5° (2,85)	
N°10 Anas	9	21	8,9	29,1° (1,41)	

 T E R N A G R O U P Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA			PR_STZU_R_00031_01	
				Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 64 a 115

	11,5	28	10,5	29,7° (1,17)	
	18,5	36	13,7	31,0° (0,87)	
	36,7	9	6,2	27,9° (2,00)	0,15
	17,1	21	7,4	28,4° (1,71)	
N°11 Anas	21	22	6,1	27,8° (2,03)	
	24,3	20	8,8	29,0° (1,43)	
	37	12	9	29,1° (1,40)	0,22
N°7 Ferrovie	8,6	8	5,5	27,5° (2,19)	
	18,65	19	8	28,7° (1,58)	

Tabella 2: Tabella riepilogativa delle prove geotecniche in situ presenti nell'intorno dell'area, con determinazione dei parametri geotecnici principali.

Di seguito si riporta il grafico dell'andamento dell'angolo di attrito di picco desunto dalle prove SPT in foro considerando la media delle quattro correlazioni di letteratura precedentemente citate.

RELAZIONE GEOLOGICA

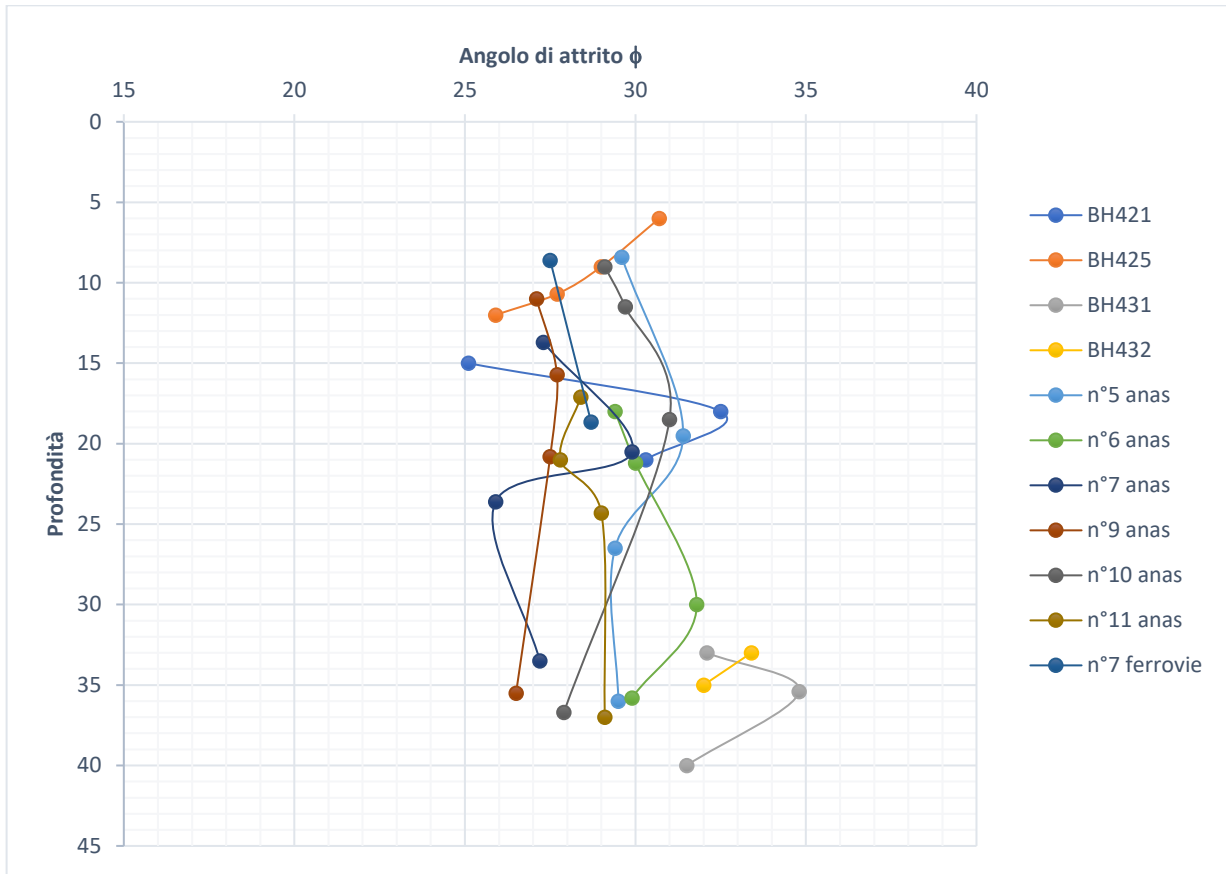


Figura 50: Angolo di attrito di picco desunto dalle prove SPT per tutti i dati disponibili

RELAZIONE GEOLOGICA

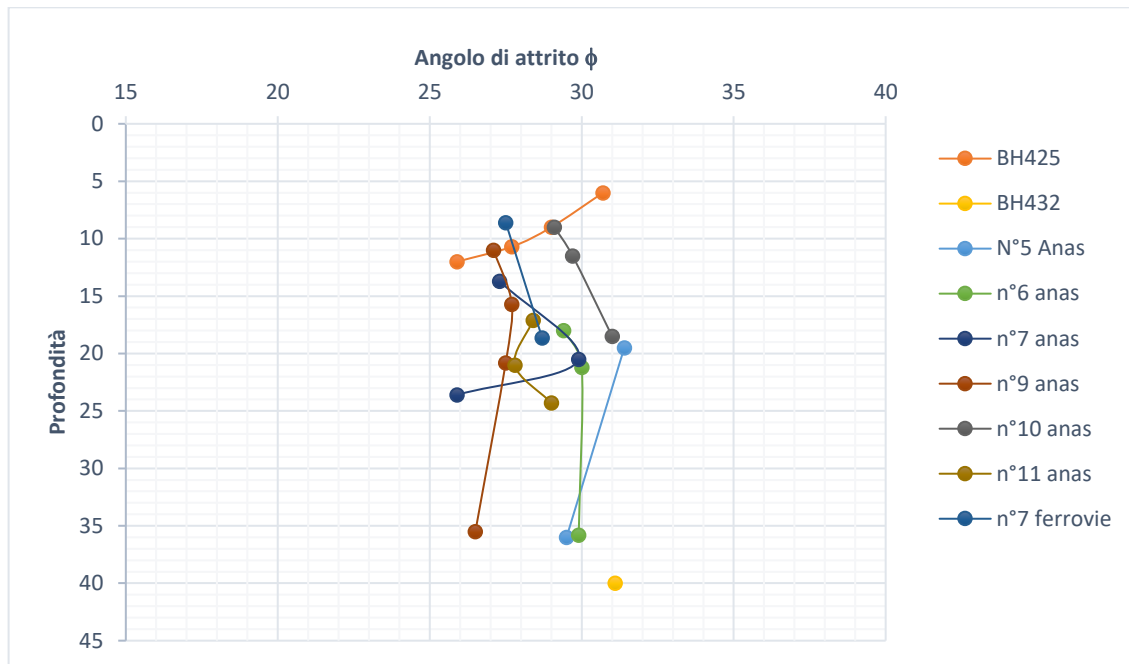


Figura 51: Andamento dell'angolo di attrito per le prove SPT effettuate esclusivamente nei terreni a prevalenza attritiva; è da notare che "scompaiono" i picchi oltre i 32°, evidentemente dovuti al contributo coesivo sul fusto della punta SPT (campionatore Raymond)

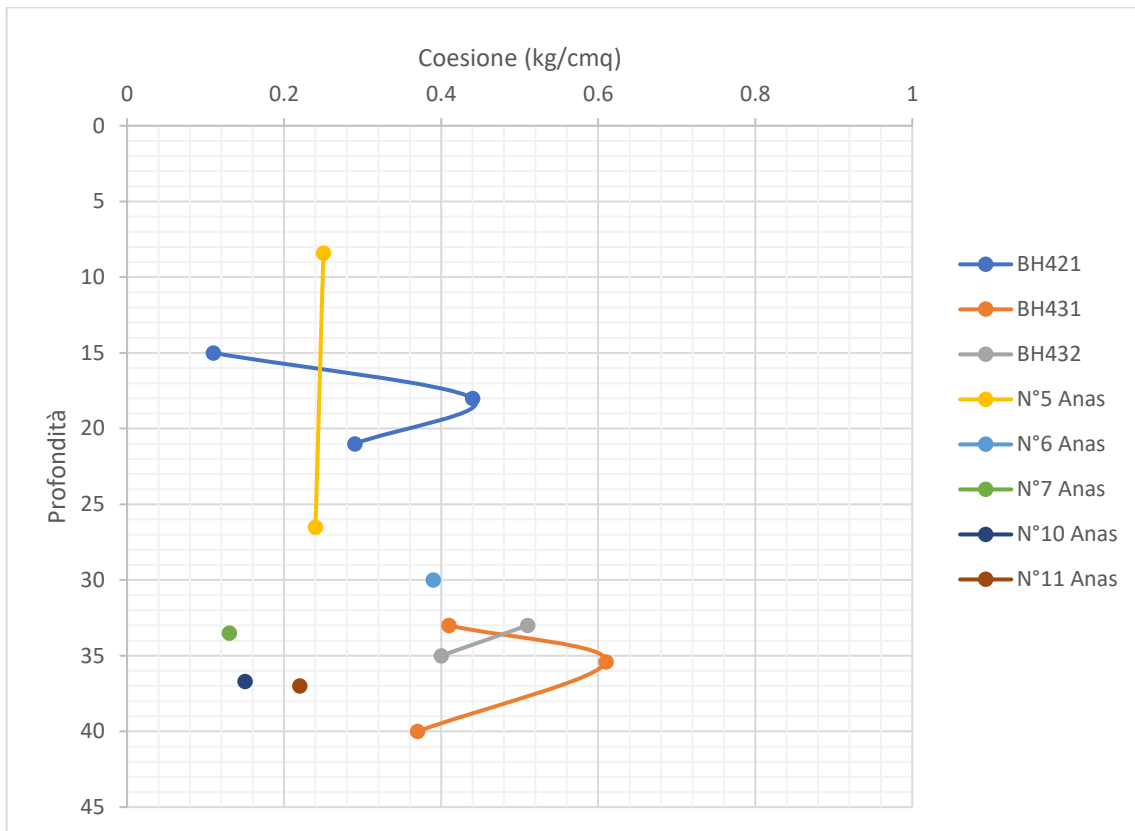


Figura 52: Andamento della coesione (correlazione di Shioi-Fukui); si nota una scarsa correlazione con la profondità, poiché i bassi valori di coesione registrati alle massime profondità sono dovuti a orizzonti limosi e parzialmente sabbiosi

La documentazione disponibile per la caratterizzazione sismica è decisamente inferiore, essendo disponibili solamente un profilo verticale di tipo MASW (da cui è stata desunta una categoria di suolo di fondazione) e una prova statica con cono sismico.

La MASW ha evidenziato una velocità delle onde di taglio fino a 30 m (V_{s30}) pari a 220 m/s, che fa ricadere l'area in categoria di suolo C, essendo compresa fra 180 m/s e 360 m/s e riconoscendo solamente 2 sismostrati. Un dettaglio molto più alto delle caratteristiche sismostratigrafiche è fornito dalla prova CPT con cono sismico, che si allega a seguire, da cui è possibile osservare come il profilo delle onde di taglio sia sensibilmente più articolato rispetto a un modello a due strati e con alcuni livelli, anche di spessore modesto, a bassa velocità. Le velocità massime registrate si mantengono intorno a 250 m/s, mentre si hanno velocità minime inferiori a 150 m/s; si osservano inoltre alcune inversioni di velocità, seppur modeste.

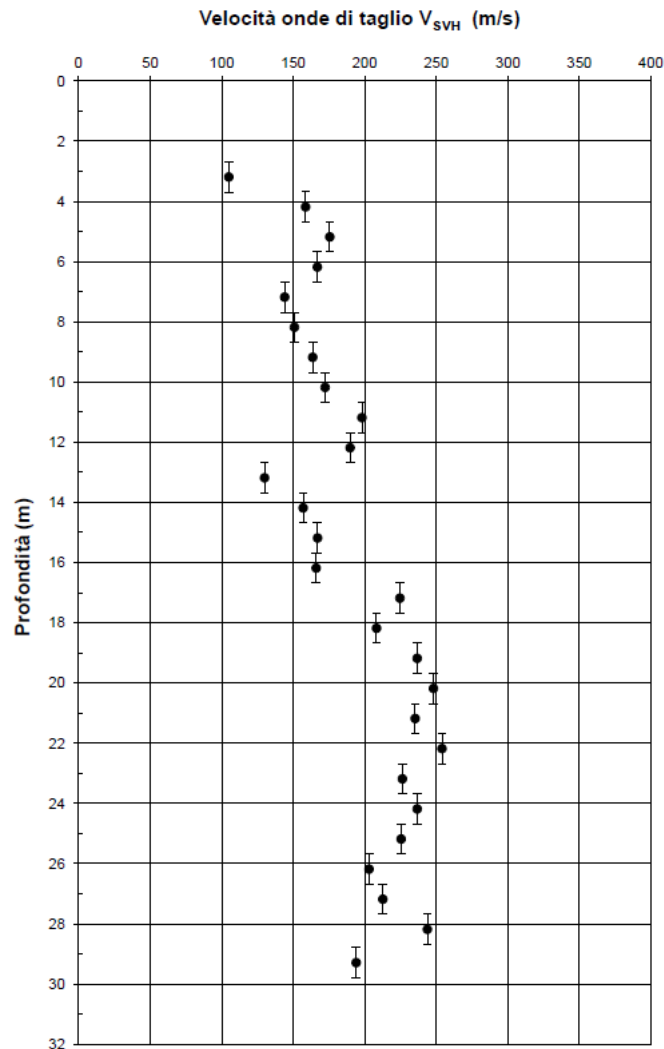


Figura 53: profilo verticale delle onde di taglio; si nota un aumento tendenziale della velocità con la profondità, ma con alcune inversioni. Le velocità si mantengono comunque basse e superano a stento i 250 m/s.

8. CARATTERISTICHE SISMICHE GENERALI

8.1. SISMICITÀ E TETTONICA ATTIVA

La sismicità di questo territorio è associata alle strutture legate alla migrazione dei fronti appenninici esterni in direzione nord-est; in particolare le strutture, rappresentate da strutture compressive tipo *thrusts* in accavallamento appartenenti a una struttura arcuata denominata Arco Ferrarese.

8.1.1. LE SORGENTI SIMOGENETICHE

Il primo passo per la definizione dell'azione sismica è quella di individuare le “sorgenti sismiche capaci” caratterizzanti l'area di studio. Per il presente studio si è fatto riferimento al DISS 3.2.1 (Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy) che individua per l'area oggetto del presente studio le sorgenti sismogenetiche.

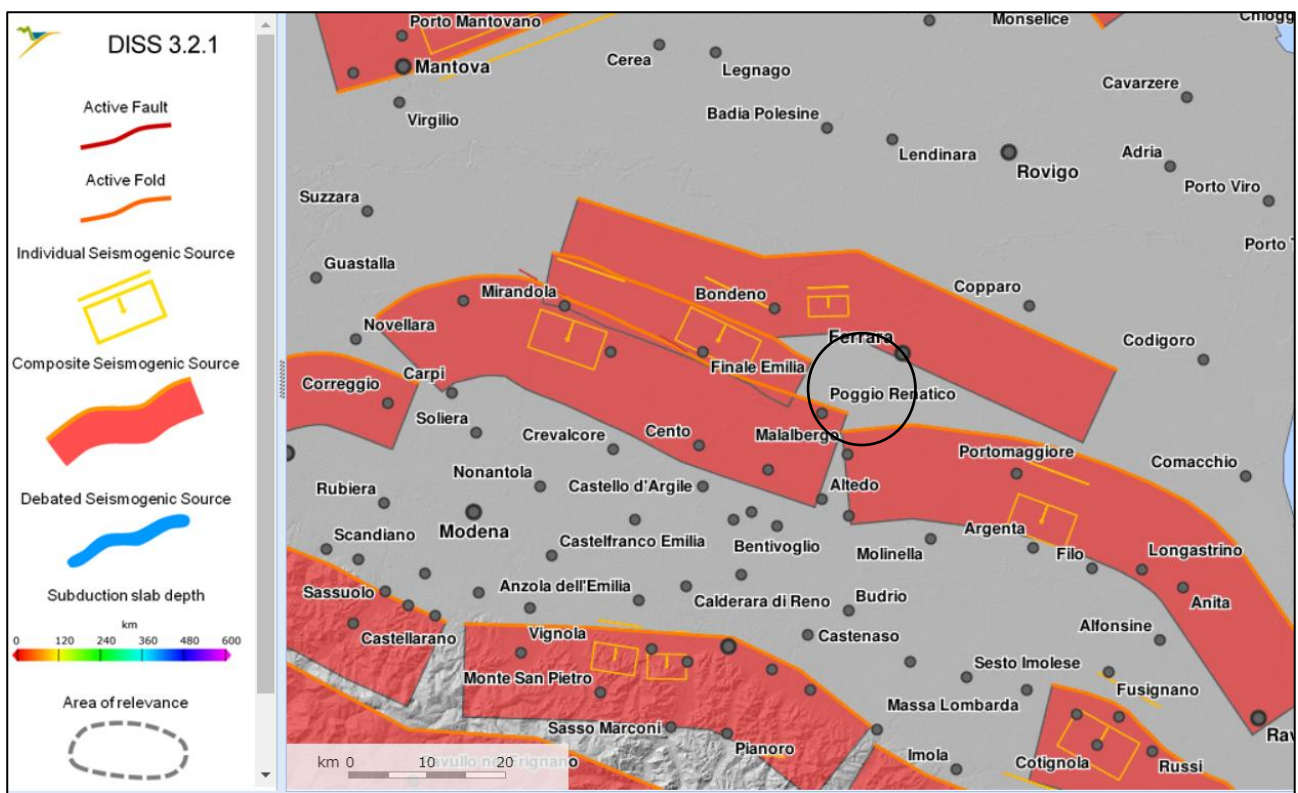


Figura 54: Le Sorgenti Sismogenetiche dell'Emilia Romagna contenute nella nuova versione del “Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy”; con l'ubicazione dell'area in esame

Nell'area sono presenti più fonti sismogenetiche riportate nel catalogo DISS:

Sorgente composta Poggio Rusco – Migliarino

Tale sorgente ha carattere tipicamente compressivo ed è posta nella parte più estera dell'Arco Ferrarese. Si tratta di una sorgente con *blind fault* a bassa profondità; a seguire si riportano i dati parametrici

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	1.0	OD	Based on geological data from various authors.
Max depth [km]	8.0	OD	Based on geological data from various authors.
Strike [deg] min... max	85...115	OD	Based on geological data from various authors.
Dip [deg] min... max	25...55	OD	Based on geological data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100	OD	Based on geological data from various authors.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.39...0.45	OD	Calculated using geologic subsurface data.
Max Magnitude [Mw]	5.5	OD	Based on the strongest earthquake occurred in the region.

Figura 55: parametri sorgente composta Poggio Rusco-Migliarino

Sorgente composta Finale Emilia-Mirabello

Questa sorgente si trova a cavallo delle valli del basso Reno e del fiume Secchia e appartiene al fronte di spinta dell'Arco di Ferrara. Questo sistema di faglie è l'arco esterno all'estremità nord-orientale della catena appenninica settentrionale, all'interno della Pianura Padana, e marca la spinta più avanzata verso nord-est con potenziale sismogenico dei sistemi appenninici insieme al sistema Poggio Rusco - Migliarino.

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	3.5	LD	Based on geological and geophysical data from various Authors.
Max depth [km]	10.0	LD	Based on geological and geophysical data from various Authors.
Strike [deg] min... max	110...120	LD	Based on geological and geophysical data from various Authors.
Dip [deg] min... max	40...50	LD	Based on geological and geophysical data from various Authors.
Rake [deg] min... max	80...100	LD	Based on geological and geophysical data from various Authors.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.25...0.5	EJ	Inferred from geological data on adjacent structures (Maesano et al., 2015).
Max Magnitude [Mw]	6.1	EJ	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

Figura 56: parametri sorgente composta Finale Emilia-Mirabello

Sorgente composta Carpi-Poggio Renatico

Tale sorgente appartiene come le precedenti al sistema dell'Arco Ferrarese ed è la sorgente maggiormente prossima all'area di progetto; la magnitudo massima attesa è di 6,0 Mw.

PARAMETRIC INFORMATION			
PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	2.0	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Max depth [km]	10.0	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Strike [deg] min... max	50... 120	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Dip [deg] min... max	25... 45	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Rake [deg] min... max	80... 100	OD	Inferred from geological and active stress data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.5... 1.04	LD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Max Magnitude [Mw]	6.0	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

Figura 57; informazioni parametriche sorgente Carpi-Poggio Renatico

Sorgente composita Malalbergo-Ravenna

Tale sorgente rappresenta la parte destra della rampa esterna dell'espansione del sistema a *thrust* appenninico, nonché l'elemento più superficiale, che pur essendo cieco (*blind fault*), è ben individuato dalle indagini geofisiche a profondità piuttosto bassa.

PARAMETRIC INFORMATION			
PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	2.0	LD	Based on data of instrumental seismicity.
Max depth [km]	8.0	LD	Based on data of instrumental seismicity.
Strike [deg] min... max	85... 150	OD	Based on consideration on regional geological data.
Dip [deg] min... max	20... 40	OD	Based on consideration on regional geological data.
Rake [deg] min... max	80... 120	OD	Based on geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.49... 0.55	LD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Max Magnitude [Mw]	6.0	EJ	Based on geological data and analysis of regional seismicity.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 58: informazioni parametriche sorgente Malalbergo-Ravenna

Sorgente singola Ferrara

Si tratta di una sorgente singola, legata a un solo segmento di faglia, lungo circa 5 km e tale sorgente è correlata al terremoto di Ferrara del 1570, da cui è stata tratta la massima magnitudo potenziale (5,5 Mw). Tale sorgente, priva di studi specifici, pone ancora dei quesiti geodinamici aperti: la traccia della faglia inversa inferita geofisicamente è maggiore dell'area di rottura, presupponendo quindi una possibilità di ulteriore rottura. Non si ha nessun tipo di informazione sul tempo di ritorno da associare all'evento di rottura principale.

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Location [Lat/Lon]	44.89 / 11.50	OD	Based on macroseismic, geological and geomorphological data.
Length [km]	5.1	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Width [km]	4.0	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	1.4	OD	Based on geological data.
Max depth [km]	4.5	OD	Based on geological data.
Strike [deg]	88	OD	Based on geological and geomorphological data.
Dip [deg]	50	OD	Based on geological data.
Rake [deg]	90	EJ	Inferred from geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Per Event [m]	0.35	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	700...3500	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	5.5	LD	Value adopted from the historical earthquake catalogue CPTI04.

Figura 59: informazioni parametriche per la sorgente singola Ferrara

Sorgente singola Finale Emilia

Tale sorgente è stata formalizzata a seguito del verificarsi del terremoto emiliano del 20 maggio 2012, la prima scossa principale della sequenza emiliana, che ha prodotto un sollevamento rilevabile dell'anticlinale sepolta associata. Tra il fronte di spinta Pede-Appenninica e i fronti esterni sepolti dell'Appennino Settentrionale il regime tettonico di compressione attivo è documentato da fenomeni di rottura dei fori di trivellazione con sollecitazione orizzontale massima orientata all'N-S, dallo studio dei meccanismi focali dei sismi e dai dati di precisione della rete GPS. Il meccanismo focale del

terremoto del 20 maggio 2012 è stato caratterizzato da fagliazione inversa pura, con piani di rottura coniugati orientati in modo coerente con le direzioni di massimo stress.

Il terremoto del 2012 è stato studiato con tecniche moderne, fra cui l'interferometria radar, che ha permesso di individuare l'uplift cosismico associato alla sequenza principale.

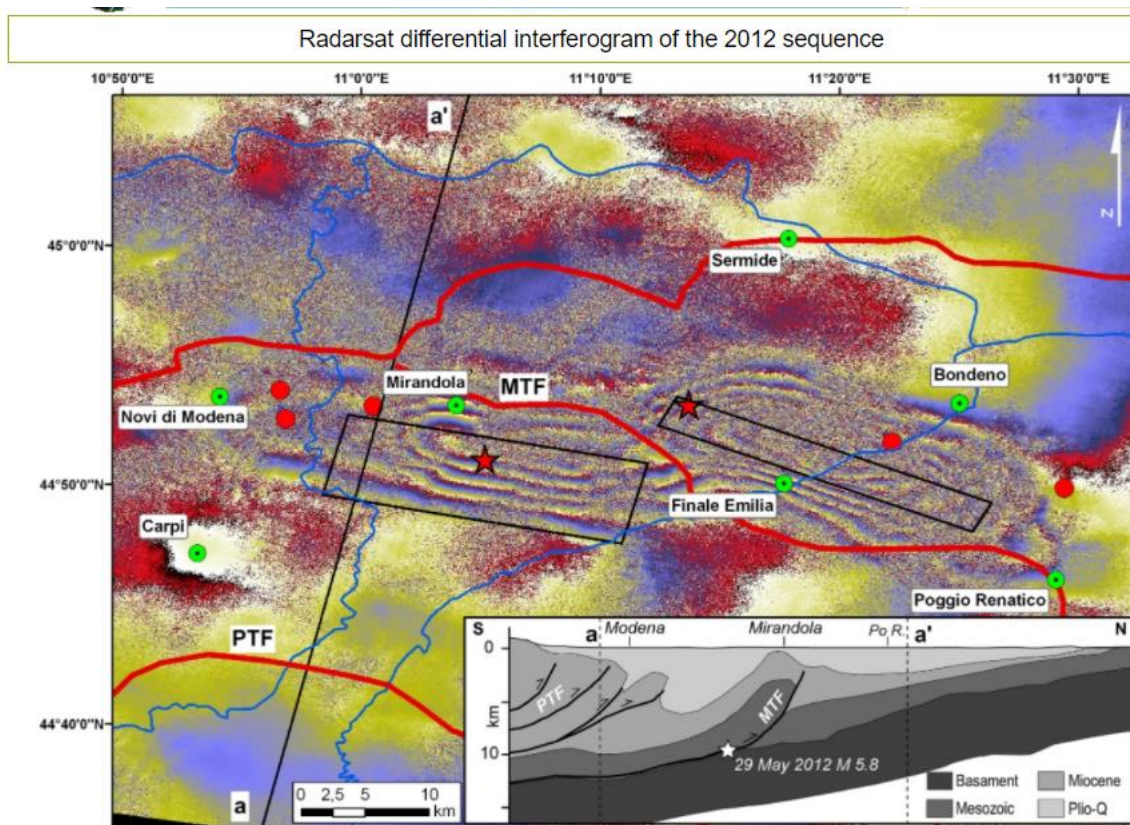


Figure 1. Radarsat-1 wrapped differential interferogram. Red stars, position of May 20 and 29 mainshocks; red lines, position of the main thrust fronts; black rectangles, surface projection of modeled faults. Inset: The N-S simplified geological section runs across the epicentral area of the May 29 mainshock, showing the geometry of the northern Apennines buried outer thrust fronts [redrawn from Cassano et al. 1986, and Fantoni and Franciosi 2010]. PTF: Pedapenninic Thrust Front; MTF: Mirandola Thrust Front.

Radarsat-1 interferogram showing the coseismic ground uplift produced by the 20 and 29 May 2012 earthquakes. The pattern of uplift highlights the geometrical en-echelon relationships between the two seismogenic sources, and the vertical ground deformation of the Mirandola anticline. The simplified geological section shows the geometry at depth of the thrust fault source of the 29 May 2012 shock (from Bignami et al. [2012]).

Figura 60: interferogramma che mostra la deformazione al suolo susseguente ai due eventi principali (20 e 29 maggio) della sequenza del terremoto emiliano del 2012.

Di seguito si riportano le informazioni parametriche relative a tale sorgente singola, che rappresenta la sorgente di maggiore magnitudo associata in tutta l'area, nonché la faglia responsabile del terremoto di maggiore energia storicamente registrato nell'area.

PARAMETRIC INFORMATION


PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Location [Lat/Lon]	44.85 / 11.32	LD	Based on seismological, geodetic and geological data.
Length [km]	10.0	LD	Based on geological, geodetic and seismological data.
Width [km]	6.4	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	4.0	LD	Based on seismological, geodetic and geophysical data.
Max depth [km]	8.4	LD	Based on seismological, geodetic and geophysical data.
Strike [deg]	115	LD	Based on modelling of SAR and geological data.
Dip [deg]	43	LD	Based on seismological and geophysical data.
Rake [deg]	90	LD	Based on seismological data.
Slip Per Event [m]	0.8	LD	Based on seismological data and SAR modelling.
Slip rate [mm/y] min... max	0.25...0.5	LD	Based on geological data.
Recurrence [y] min... max	1600...3200	AR	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.1	LD	Based on seismological data.

Figura 61: dati parametrici associati alla sorgente singola Finale Emilia

Altre due sorgenti singole, Argenta e Mirandola risultano più lontane dall'area di Poggio Renatico e hanno le seguenti caratteristiche:

Sorgente singola Argenta

L'ultimo terremoto associato a tale sorgente risale al 1624, mentre non sono noti i terremoti precedenti, per cui non è possibile stimare un tempo di ritorno.

 Terna Energy Solutions <small>T E R N A G R O U P</small> Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 75 a 115

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Location [Lat/Lon]	44.64 / 11.85	LD	Based on macroseismic and geological data by Toscani et al. (2009).
Length [km]	8.0	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Width [km]	5.7	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	3.0	OD	Based on seismic profile and geomorphological observations.
Max depth [km]	6.3	OD	Based on seismic profile and dislocation modeling.
Strike [deg]	110	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Dip [deg]	35	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Rake [deg]	90	OD	Inferred from geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Per Event [m]	0.4	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min... max	0.49...0.55	OD	Calculated using geologic subsurface data from Maesano et al. (2015).
Recurrence [y] min... max	727...816	EJ	Calculated from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	5.8	EJ	Value inferred from elaboration of the macroseismic data.

Figura 62: informazioni parametriche sorgente singola Argenta

Sorgente singola Mirandola

Si tratta della sorgente che si è attivata per il secondo *main shock* del 29 maggio 2012. Per questa sorgente non sono noti sismi precedenti quello del 2012, per cui non è possibile ricavare un tempo di ritorno affidabile; tenendo conto dello slip rate teorico il tempo di ritorno varia da 350 a 800 anni circa. Lo slip lungo la superficie di faglia stimato a seguito dell'evento sismico è di circa 30 cm, con un *uplift* dell'anticlinale sepolta di circa 20 cm.

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Location [Lat/Lon]	44.85 / 11.07	LD	Based on seismological, geodetic and geological data.
Length [km]	9.0	LD	Based on geological, geodetic and seismological data.
Width [km]	5.9	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	4.0	LD	Based on seismological, geodetic and geophysical data.
Max depth [km]	7.0	LD	Based on seismological, geodetic and geophysical data.
Strike [deg]	108	LD	Based on modelling of SAR and geological data.
Dip [deg]	30	LD	Based on seismological and geophysical data.
Rake [deg]	90	LD	Based on seismological data.
Slip Per Event [m]	0.4	LD	Based on seismological data and SAR modelling.
Slip rate [mm/y] min... max	0.5...1.04	LD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Recurrence [y] min... max	385...800	AR	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.0	LD	Based on seismological data.

Figura 63: informazioni parametriche sorgente singola Mirandola

1.1.1 ITHACA – DATABASE DELLE FAGLIE CAPACI

Il catalogo ITHACA (ITaly HAZard from Capable faults) colleziona le informazioni disponibili sulle faglie capaci, cioè le faglie che potenzialmente possono creare deformazione tettonica permanente in superficie, che interessano il territorio italiano. ITHACA è uno strumento fondamentale per l'analisi di pericolosità ambientale e sismica, per la comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio, per la pianificazione territoriale e per la gestione delle emergenze di Protezione Civile.

Le faglie capaci nell'intorno dell'area di progetto sono le seguenti:

Nome faglia	Cinematismo	Lunghezza segmento di faglia	Ultima attività	Massima magnitudo Mw
Ferrara	inverso	21,4 km	Pleistocene medio	6,6
Porotto Cassana – Ferrara	inverso	10,8 km	Pleistocene inferiore	6,4
Mirabello – Ferrara	inverso	16,7 km	Pleistocene inferiore	6,5
Poggio Renatico - Ferrara	inverso	20,2 km	Pleistocene inferiore	6,6

Tabella 3: faglie capaci nell'intorno dell'area di progetto



Figure 64: Le faglie capaci presenti in prossimità dell'area di studio, contenute nel database ITHACA (GeoMapView, ISPRA). A-Porotto Cassana – Ferrara; B-Ferrara; C-Poggio Renatico-Ferrara; D-Mirabello – Ferrara.

8.2 Macrozonazione sismica

Fino al 2002, la zonazione sismogenetica ZS4 (Scandone et alii, 2000) ha rappresentato il punto di riferimento per la maggior parte delle valutazioni di pericolosità sismica nell'area italiana; gli sviluppi più recenti delle conoscenze in materia di sismogenesi hanno evidenziato alcune inconsistenze di tale modello di zonazione.

Per superare questo stato di cose si è convenuto di disegnare una nuova zonazione denominata ZS9 (Meletti & Valensise, 2004). Rispetto alle zonazioni precedenti le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche e alla sismicità storica e strumentale, e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgente.

Per quanto riguarda il settore nord – occidentale dell'Appennino settentrionale, le cui zone sismotettoniche riconosciute sono rappresentate a seguire; si distingue la zona 912, comprendente il cosiddetto "arco di Pavia" e le strutture ad esso relative, che rappresenta il limite settentrionale

dell'arco appenninico, costituendo un ruolo di svincolo tra il Sistema alpino e quello appenninico; il meccanismo di fagliazione prevalente risulta essere trascorrente. La zona 912, rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale; il meccanismo di fagliazione prevalente è per faglia inversa, tipica dei regimi compressivi.

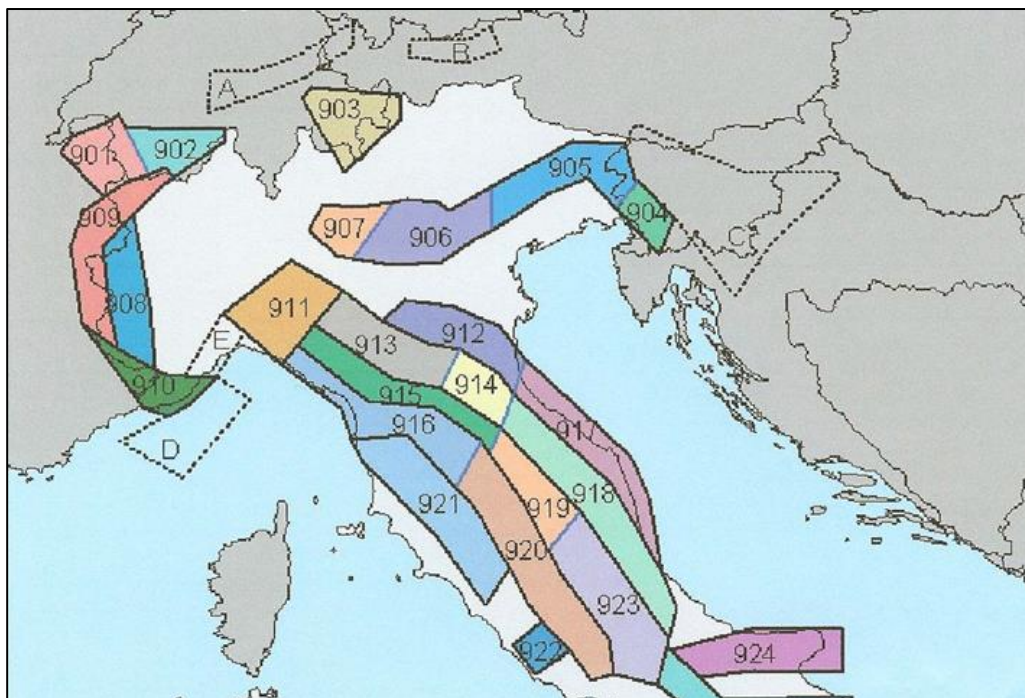


Figura 65: Zonazione sismogenetica ZS9

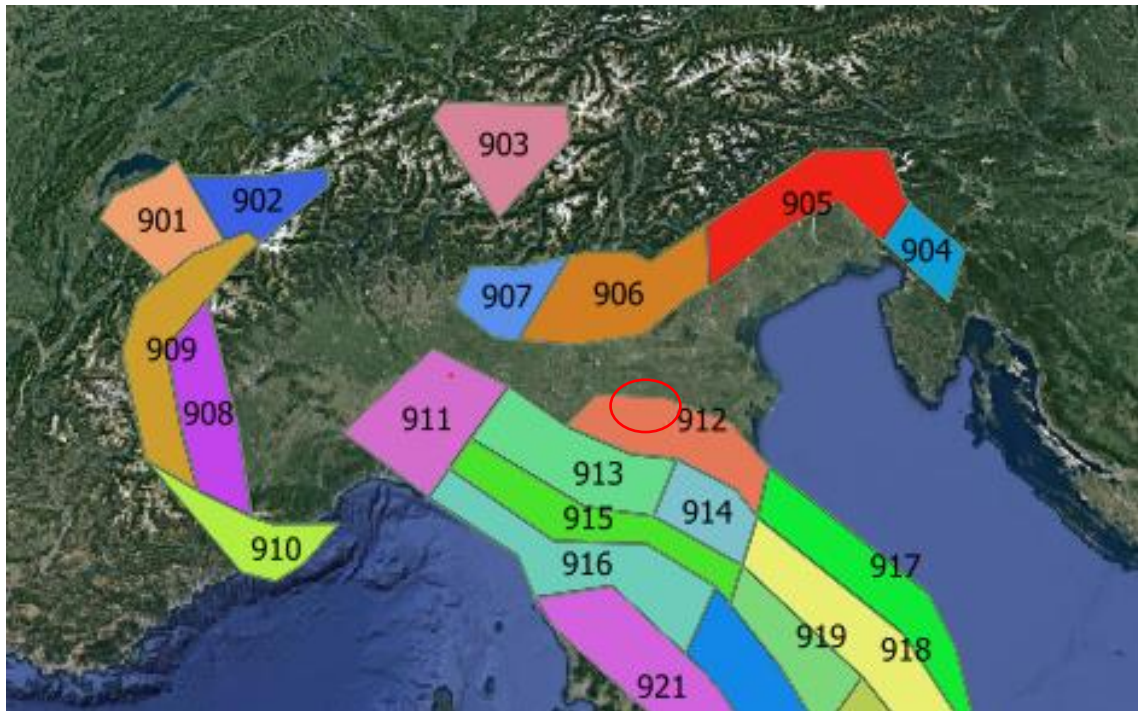


Figura 66: Localizzazione dell'area di impianto (in rosso) sulla zonizzazione ZS9.

8.3. sismicità storica

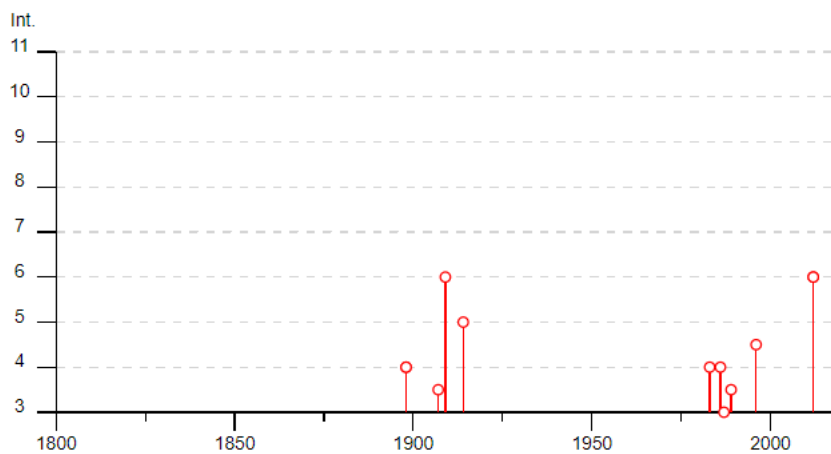
L'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX grado della scala MCS.

Nella **figura** seguente sono riepilogati i dati sulla sismicità storica desunti dalla banca dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Catalogo parametrico dei terremoti italiani 2015) relativi al territorio del Comune di **Poggio Renatico**. Gli eventi sono attribuiti al giorno in cui si è prodotta la scossa più violenta. Sono indicati: il tempo origine del terremoto (anno, mese, giorno e ora) espresso come tempo medio di Greenwich, l'intensità epicentrale (I_0), l'intensità al sito (I) espressa in gradi della Scala Mercalli-Cancani-Sieberg, la magnitudo (M_w) e l'epicentro inteso come definizione geografica della zona in cui ricade. Il database è ovviamente carente per quanto riguarda i terremoti antecedenti il 1900 a causa delle carenze del sistema archivistico locale. Per una più completa trattazione storica occorre riferirsi al database relativo alla città di Ferrara, molto ricco, grazie agli archivi vescovili e civili.

Poggio Renatico



PlaceID IT_40916
 Coordinate (lat, lon) 44.766, 11.484
 Comune (ISTAT 2015) Poggio Renatico
 Provincia Ferrara
 Regione Emilia-Romagna
 Numero di eventi riportati 13



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21
NF	2005	04	13	18	46	0	Valle del Trebbia	163	4	3.68
NF	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4	3.97

Figura 67 - Sismicità storica di Poggio Renatico

Per la città di Ferrara sono noti ben 18 sismi che hanno raggiunto una intensità locale di 6 nella scala MCS, a dimostrazione di una storia sismica non trascurabile. Il solo sisma del 1570, con epicentro nel ferrarese, ha raggiunto però un valore di 8.

Ferrara



PlaceID IT_40627
 Coordinate (lat, lon) 44.835, 11.620
 Comune (ISTAT 2015) Ferrara
 Provincia Ferrara
 Regione Emilia-Romagna
 Numero di eventi riportati 140

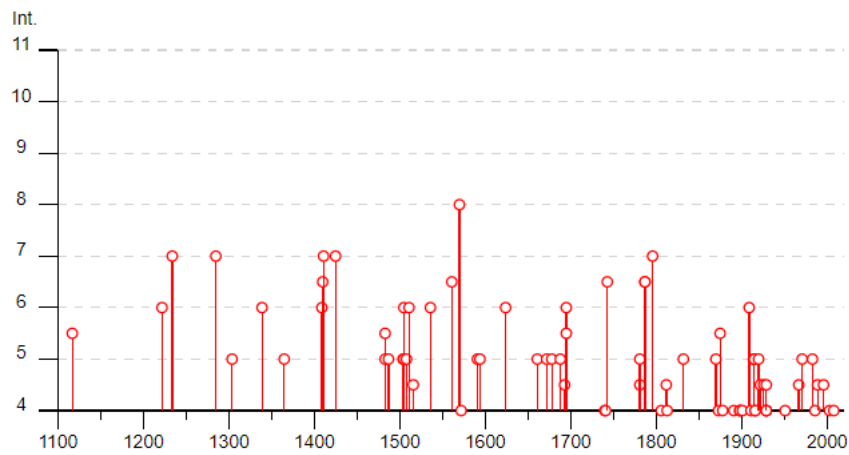












Figura 68: sismicità storica di Ferrara-intensità locale

5-6		1117 01 03 15 15	Veronese	55	9 6.52
F		1174 08 17 18	Val Padana	3	4-5 3.93
6		1222 12 25 12 30	Bresciano-Veronese	18	7-8 5.68
7		1234 03 20	Ferrara	1	7 5.10
7		1285 12 13	Ferrara	2	7 5.10
5		1304 10 23 00 45	Pianura emiliana	4	
6		1339 11 16 14 10	Ferrara	1	6 4.63
5		1365 03 04	Pianura Veneta	4	5 4.63
F		1399 07 20 23	Appennino modenese	6	7 5.10
3		1408 01 03 16 30	Bologna	2	4 3.70
6		1409 08 17 00 35	Ferrara	1	6 4.63
6-7		1410 05 09 22 30	Ferrara	1	6-7 4.86

F		1410 06 10 21	Verona	5	
7		1411 01 09 02	Ferrara	1	7 5.10
7		1425 08 10	Ferrarese	2	6 4.63
5-6		1483 03 03 22	Ferrara	1	5-6 4.40
5		1483 08 11 19 40	Romagna	14	8 5.69
5		1487 01 11 15 40	Ferrara	2	4 3.70
F		1501 06 05 10	Modenese	17	9 6.05
5		1504 12 31 04	Bolognese	15	6 5.02
6		1505 01 03 02	Bolognese	31	8 5.62
5		1505 01 20 23 50	Bolognese	11	5-6 4.76
F		1508 10 18	Ferrarese	1	4 3.70
5		1508 10 26	Ferrarese	1	5 4.16
6		1511 03 26 15 30	Friuli-Slovenia	120	9 6.32
NC		1511 03 28 14 30	Friuli-Slovenia	7	
NC		1511 04 01 17	Friuli-Slovenia	5	
4-5		1516 05 20 23	Pianura Padana	4	
6		1536 08 17 00 05	Appennino settentrionale	10	6-7 5.12
6-7		1561 11 24 01 25	Ferrarese	3	5-6 4.40
8		1570 11 17 19 10	Ferrarese	58	7-8 5.44
4		1572 06 04 22	Parmense	5	6 4.63
F		1574 03 17 03 40	Finale Emilia	4	6 4.63
5		1591 07 10	Romagna	6	6-7 5.13
5		1594 10 03	Ferrara	1	5 4.16
6		1624 03 19	Argenta	18	7-8 5.43
5		1661 03 22 12 50	Appennino forlivese	79	9 6.05
3		1666 04 14 18 58	Bolognese	3	5 4.16

5		1672 04 14 15 45	Riminese	92	8 5.59
5		1678 07 15	Ferrara	1	5 4.16
5		1688 04 11 12 20	Romagna	39	8-9 5.84
4-5		1693 07 06 09 15	Mantovano	13	7 5.23
6		1695 02 25 05 30	Asolano	107	10 6.40
5-6		1695 02 28	Ferrara	1	5-6 4.40
3		1719 01 07	Italia nord-orientale	11	5-6 4.94
4		1740 03 06 05 40	Garfagnana	32	8 5.64
4		1741 04 24 09 20	Fabrianese	135	9 6.17
6-7		1743 05 29	Ferrara	1	6-7 4.86
F		1779 11 23 18 30	Bolognese	14	5 4.70
4-5		1781 04 04 21 20	Faentino	96	9-10 6.12
5		1781 07 17 09 40	Faentino	46	8 5.61
3		1786 12 25 01	Riminese	90	8 5.66
6-7		1787 07 16 10	Ferrara	3	5-6 4.40
6-7		1787 07 26 07 15	Ferrara	1	6-7 4.86
7		1796 10 22 04	Emilia orientale	27	7 5.45
4		1806 02 12	Reggiano	28	7 5.21
4-5		1812 10 25 07	Pordenonese	34	7-8 5.62
4		1813 09 21 07 45	Romagna	12	7 5.28
F		1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8 5.48
F		1832 01 13 13	Valle Umbra	101	10 6.43
5		1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8 5.51
3		1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	24	6-7 5.08
3		1834 10 04 19	Bolognese	12	6 4.71
3		1836 06 12 02 30	Asolano	26	8 5.53

3		1850 09 18 06 20	Modenese	7	5 4.16
3		1851 08 03	Valli Giudicarie	15	6 4.92
F		1857 02 01	Parmense-Reggiano	22	6-7 5.11
3-4		1869 12 13 02 53	Sassuolo	13	5 4.57
5		1870 10 30 18 34	Forlivese	41	8 5.61
3-4		1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8 5.85
4		1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10 6.29
NF		1874 10 07	Imolese	60	7 4.96
5-6		1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8 5.74
4		1878 03 12 21 36	Bolognese	31	6 4.84
3		1881 01 24 16 14	Bolognese	38	7 5.22
F		1881 01 25 07 06	Bolognese	18	5 4.59
NF		1885 02 26 20 48	Pianura Padana	78	6 5.01
3-4		1887 02 23 05 21 50	Liguria occidentale	1511	9 6.27
3		1889 03 08 02 57 04	Bolognese	38	5 4.53
4		1891 06 07 01 06 14	Valle d'Illassi	403	8-9 5.87
2		1891 08 01 13 32 22	Lugo	15	4-5 4.36
3-4		1892 08 09 07 58	Valle d'Alpone	160	6-7 4.91
3-4		1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6 4.89
2-3		1895 03 23	Comacchio	33	6 4.65
NF		1895 05 18 19 55 12	Fiorentino	401	8 5.50
3		1895 07 30 10 47	Comacchio	10	5 4.47
3-4		1895 08 07 19 49 32	Appennino tosco-emiliano	84	5 4.67
2		1895 08 09 17 38 20	Adriatico centrale	103	6 5.11
NF		1897 12 18 07 24 20	Alta Valtiberina	132	7 5.09
4		1898 01 16 13 10	Romagna settentrionale	110	6 4.59

3		1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8 5.37
4		1898 03 09 11 43	Romagna settentrionale	68	6 4.59
4		1901 10 30 14 49 58	Garda occidentale	289	7-8 5.44
3		1902 03 05 07 06	Garfagnana	83	7 4.98
2		1903 07 27 03 46	Lunigiana	79	7-8 5.19
3		1904 02 25 18 47 50	Reggiano	62	6 4.81
3		1904 03 10 04 23 0	Slovenia nord-occidentale	57	
NF		1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7 5.10
3		1907 04 25 04 52	Veronese	122	6 4.79
2		1908 07 10 02 13 35	Carnia	119	7-8 5.31
6		1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7 5.36
4		1911 02 19 07 18 30	Forlivese	181	7 5.26
2-3		1911 03 20 15 47	Forlivese	25	6 5.09
3		1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5 4.65
5		1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7 5.63
2		1915 01 13 06 52 43	Marsica	1041	11 7.08
5		1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6 4.87
4		1916 05 17 12 50	Riminese	132	8 5.82
4		1916 08 16 07 06 14	Riminese	257	8 5.82
3		1918 11 10 15 12 28	Appennino forlivese	187	9 5.96
3		1919 06 29 15 06 13	Mugello	565	10 6.38
F		1919 07 12 12 06	Asolano	7	4-5 5.03
5		1920 09 07 05 55 40	Garfagnana	750	10 6.53
4-5		1922 05 24 21 17 25	Ferrarese	7	4 3.70
4-5		1926 01 01 18 04 03	Carniola interna	63	7-8 5.72
4		1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6 5.05

4		1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7 5.13
4		1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7 5.36
3		1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7 5.10
3-4		1929 04 22 14 19	Bolognese	12	5-6 4.61
4-5		1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7 5.29
4		1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7 5.17
2-3		1956 02 20 01 29 41	Argenta	17	5-6 4.96
4-5		1967 12 30 04 19	Emilia Romagna orientale	40	6 5.05
5		1971 07 15 01 33 23	Parmense	228	8 5.51
3		1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5 4.87
3		1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.81
3		1980 12 23 12 01 06	Piacentino	69	6-7 4.57
5		1983 11 09 16 29 52	Parmense	850	6-7 5.04
NF		1984 04 29 05 02 59	Umbria settentrionale	709	7 5.62
4		1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6 4.43
4-5		1989 09 13 21 54 1	Prealpi Vicentine	779	6-7 4.85
4-5		1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7 5.38
NF		2002 11 02 10 57 4	Ferrarese	79	4 4.21
4		2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6 5.24
4		2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7 5.36
3		2011 07 17 18 30 2	Pianura lombardo-veneta	73	5 4.79
F		2016 08 24 01 36 32	Monti della Laga	221	10 6.18
3		2016 10 26 19 18 0	Valnerina	77	6.07
F		2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379	6.61

Tabella 4: Resoconto storico dei sismi registrati nei database del progetto EMIDIUS per la città di Ferrara (CPTI15-DBMI15 v3.0 (ingv.it))

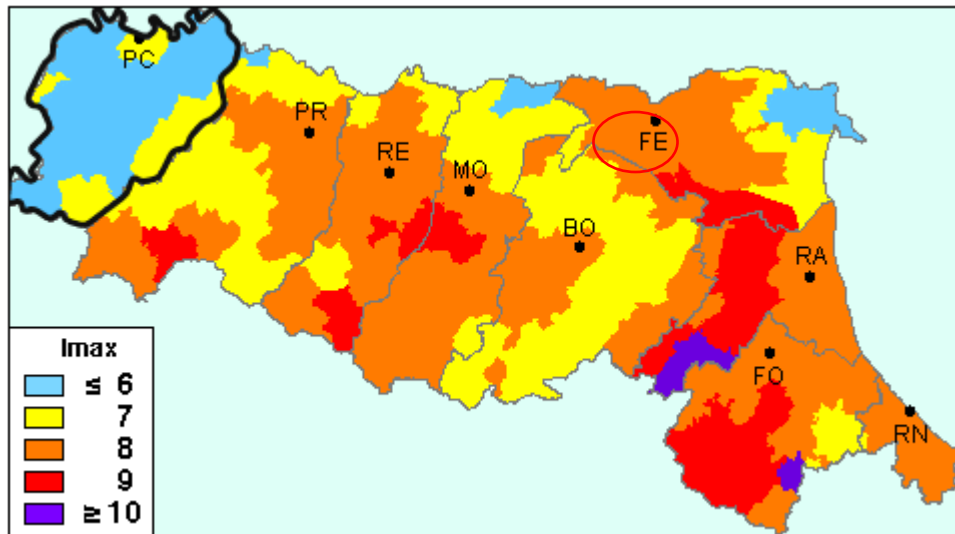


Figura 69: Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Molin, Stucchi, Valensise, ingv <http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/imax.html>), con indicazione dell'area di studio in rosso.


8.2. CRISI SISMICA EMILIANO-ROMAGNOLA DEL 2012

Nell'anno 2012 una lunga e importante crisi sismica ha interessato larghi settori emiliano-romagnoli e anche le aree intorno a Poggio Renatico, poste all'intorno delle zone maggiormente danneggiate.

A seguire la descrizione sintetica dell'evento, tratta da Wikipedia (con modifiche e la relativa bibliografia: [Terremoto dell'Emilia del 2012 - Wikipedia](#))

Il terremoto dell'Emilia del 2012 è stato un evento sismico costituito da una serie di scosse localizzate nel distretto sismico della Pianura Padana Emiliana, causate dall'attivazione di alcune strutture sismogeniche appartenenti al Sistema dell'Arco Ferrarese. Il primo mainshock, di magnitudo 5.9 è stato registrata il 20 maggio 2012 alle ore 04:03:52, con epicentro nel territorio comunale di Finale Emilia (MO), con ipocentro a una profondità di 6,3 km ed era stato preceduto da due eventi minori (foreshocks).

Il 29 maggio 2012 alle ore 09:00:03 ora italiana una nuova scossa molto forte di magnitudo 5.8 è stata avvertita in tutta l'Italia Settentrionale; l'epicentro è situato nella zona compresa fra Mirandola, Medolla e San Felice sul Panaro. A quella delle 9:00 sono seguite altre tre scosse rilevanti: una alle 12:55 di magnitudo 5.5, una alle 13:00 di magnitudo 5.0 e un'ulteriore scossa alla stessa ora di magnitudo 4.9. Il 31 maggio 2012 alle 16:58 una scossa di magnitudo 4.0 con epicentro a Rolo e Novi di Modena, ha colpito la zona della bassa reggiana e dell'Oltrepò Mantovano, già molto provate

 T E R N A G R O U P Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 88 a 115

dalle scosse dei giorni precedenti che avevano avuto come epicentro la vicina area della bassa modenese. Sempre la sera del 31 maggio alle ore 21:04 si è verificata una scossa di magnitudo 4.2 con epicentro a San Possidonio.

Queste scosse sono state seguite da uno sciame sismico con scosse di magnitudo variabile di minore entità scala Richter. Un'altra scossa di magnitudo 5.1 è stata avvertita in tutto il Nord Italia il 3 giugno 2012 alle ore 21:20:43 con epicentro in Novi di Modena.

Le accelerazioni di picco registrate dall'accelerometro di Mirandola durante le scosse più forti del 20 maggio e del 29 maggio sono state rispettivamente di 0,31 g e di 0,29 g.

I due eventi sismici principali hanno causato un totale di 27 vittime (22 nei crolli, tre per infarto o malore e due per le ferite riportate), in maggioranza dipendenti di aziende distrutte dalle scosse principali.

Gli effetti cosismici più evidenti che si sono registrati nell'area dei sismi sono consistiti nella liquefazione dei sottofondi, che hanno causato il collasso di diversi edifici. Le liquefazioni si sono concentrate di preferenza in corrispondenza di paleo-alvei; vale la pena sottolineare che anche l'area intorno a Ferrara era stata interessata storicamente da fenomeni di liquefazione a seguito del sisma del 1570.

SEQUENZA SISMICA 20 maggio - 20 luglio

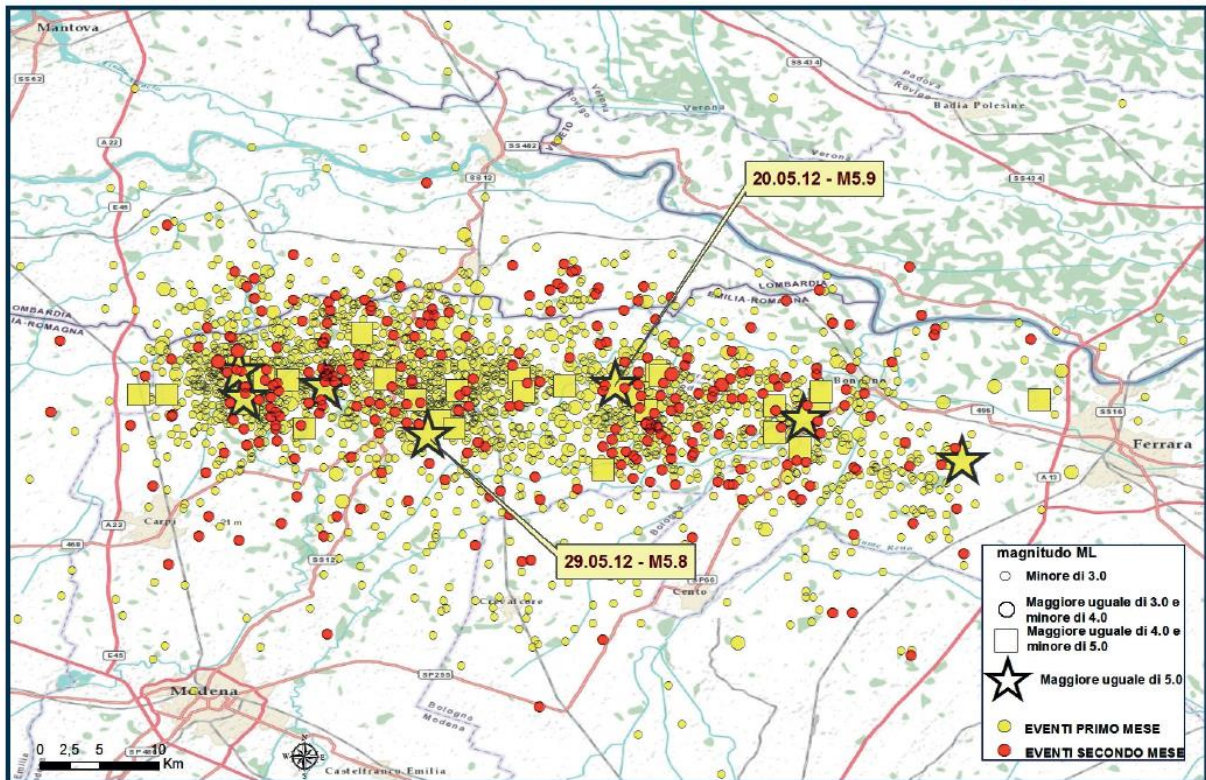
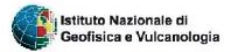


Figura 70: distribuzione degli epicentri della crisi sismica nei primi due mesi (fonte Protezione Civile in [11 PANNELLI-Crisi-sismica-2012 Emilia 3.pdf \(iiscopernico.edu.it\)](#)); si nota facilmente il gran numero di eventi del primo mese di attività sismica

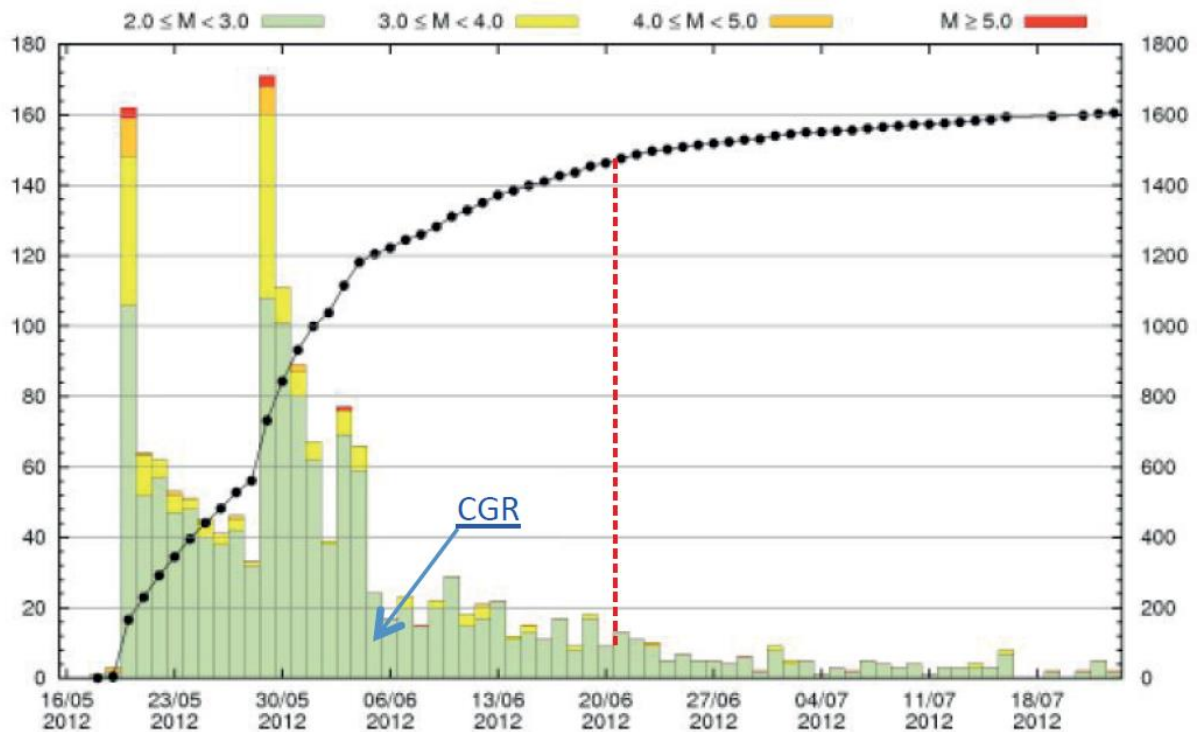


Figura 71: distribuzione temporale dei sismi, con indicazione della frequenza e della magnitudo nei primi due mesi (fonte Protezione Civile in [11 PANNELLI-Crisi-sismica-2012 Emilia 3.pdf \(iiscopernico.edu.it\)](#)). Nota come lo scuotimento sismico si sia concentrato durante il primo mese di attività, sia in termini di numero di eventi, sia in termini di magnitudo, marcando un veloce esaurimento della crisi

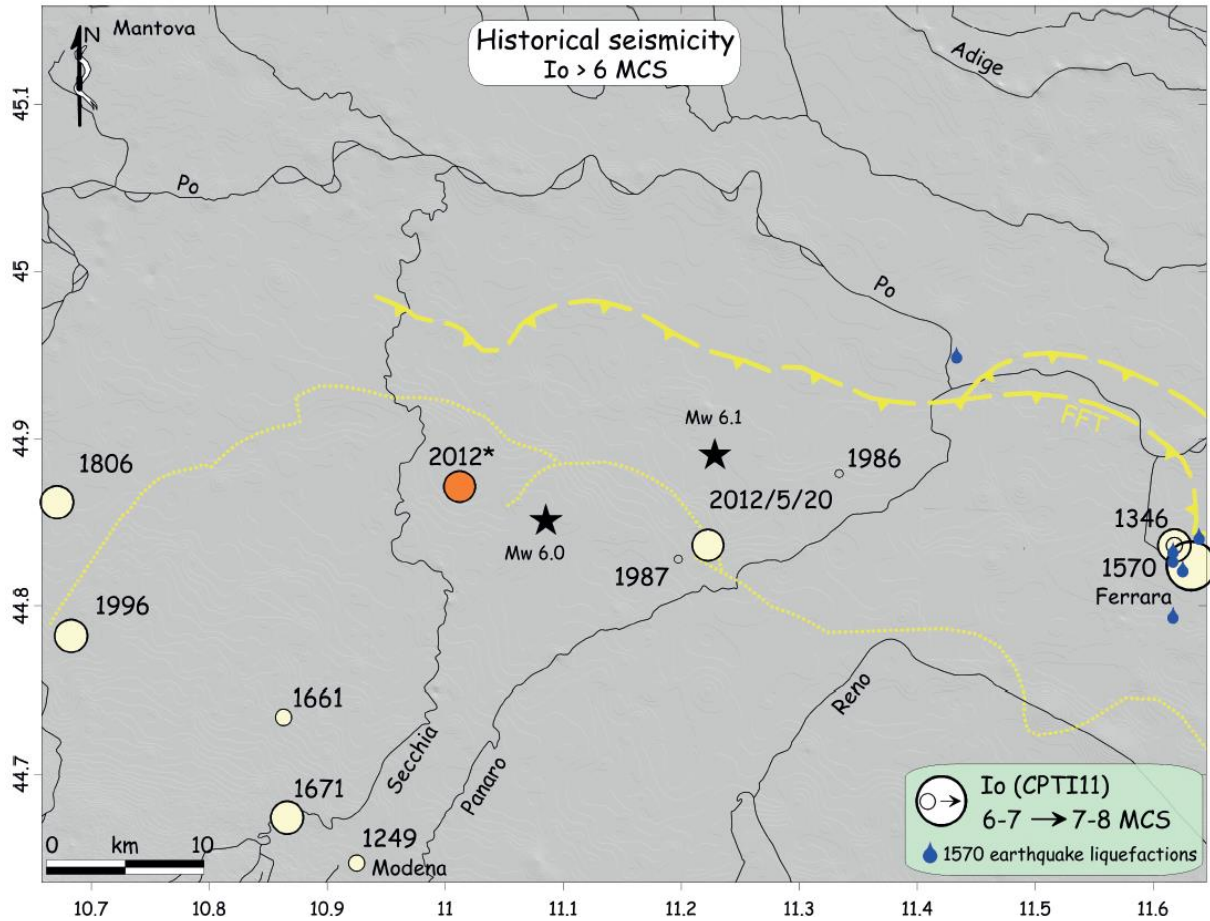


Figura 72: sismicità storica nell'intorno dei mainshocks del maggio 2012: nell'area ferrarese sono segnalati i fenomeni cosismici di liquefazione associati al sisma del 1570. Fonte Protezione Civile in [11 PANNELLI-Crisi-sismica-2012 Emilia 3.pdf \(iiscopernico.edu.it\)](#)

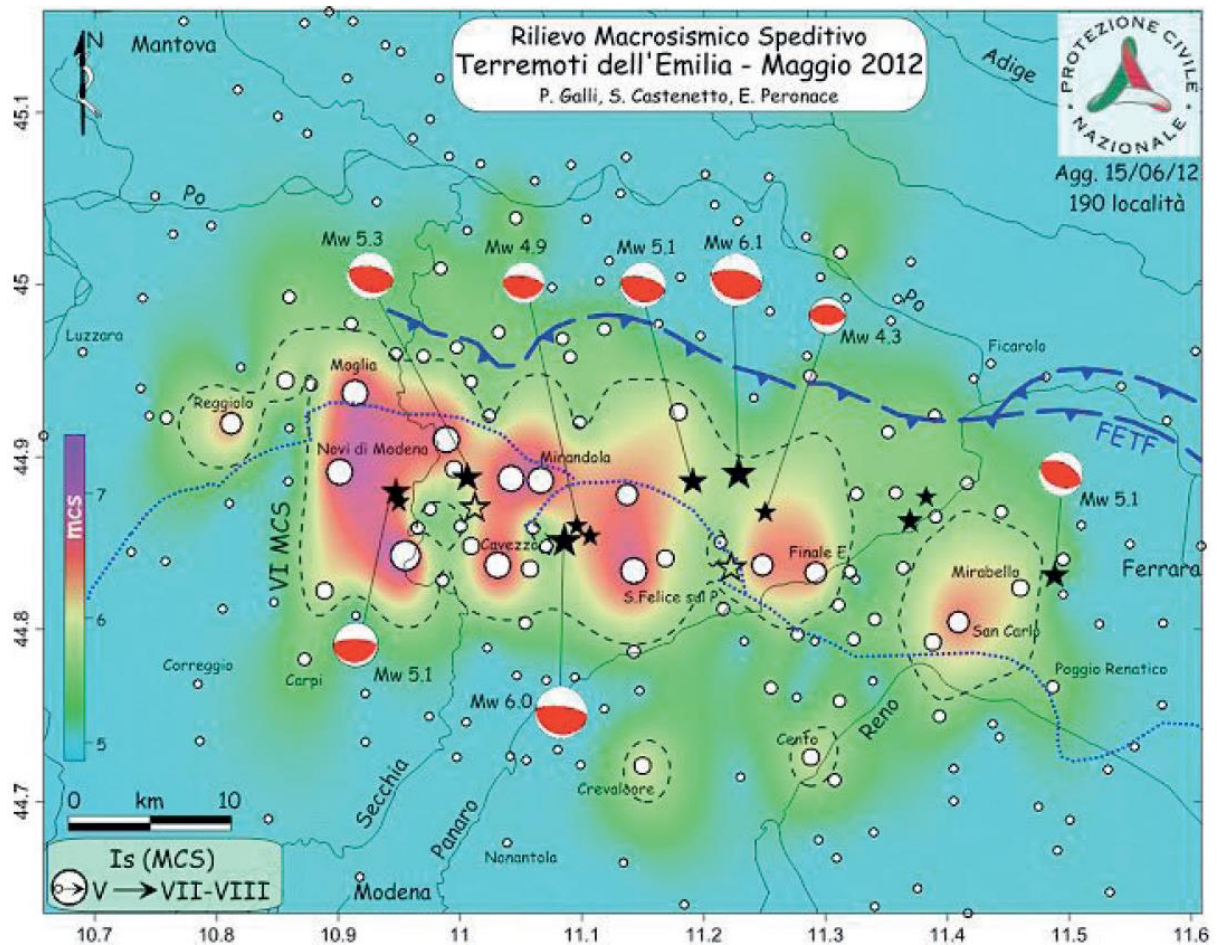


Figura 73: distribuzione delle intensità MCS locali. Fonte Protezione Civile in [11 PANNELLI-Crisi-sismica-2012 Emilia 3.pdf \(iiscopernico.edu.it\)](#).

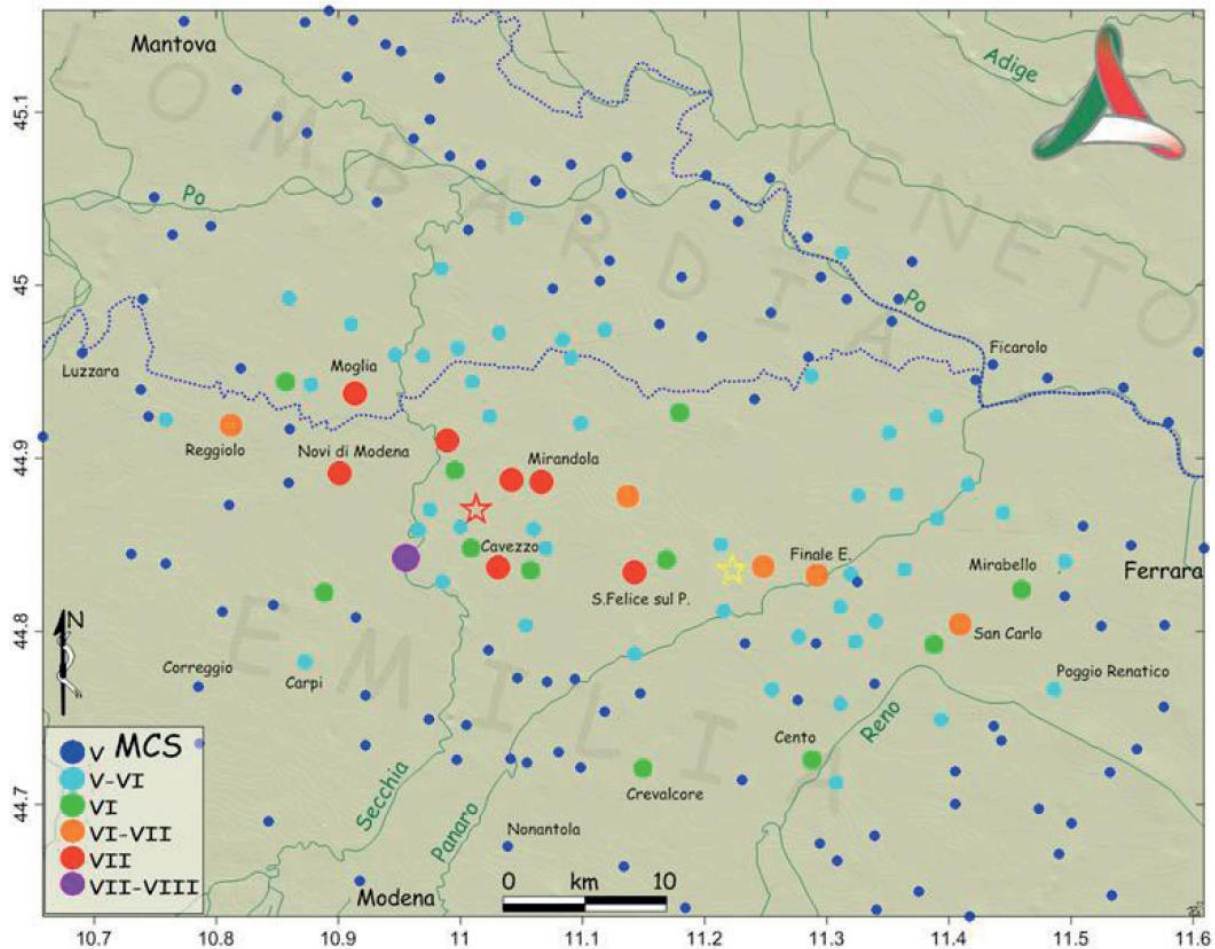


Figura 74: Distribuzione delle intensità cumulate fra gli eventi del 20 e del 29 maggio. Stella in giallo epicentro 20 maggio, con la stella rossa l'epicentro cumulado con gli eventi successivi. Fonte Protezione Civile in 11 PANNELLI-Crisi-sismica-2012 Emilia 3.pdf (iiscopernico.edu.it).

8.3. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

L'OPCM 3519 del 28/04/2006 propone la zonizzazione di dettaglio del territorio nazionale, con suddivisione degli intervalli di accelerazione pari a 0,025 g. La figura successiva è tratta dalla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_s30 > 800$ m/sec; cat. A).

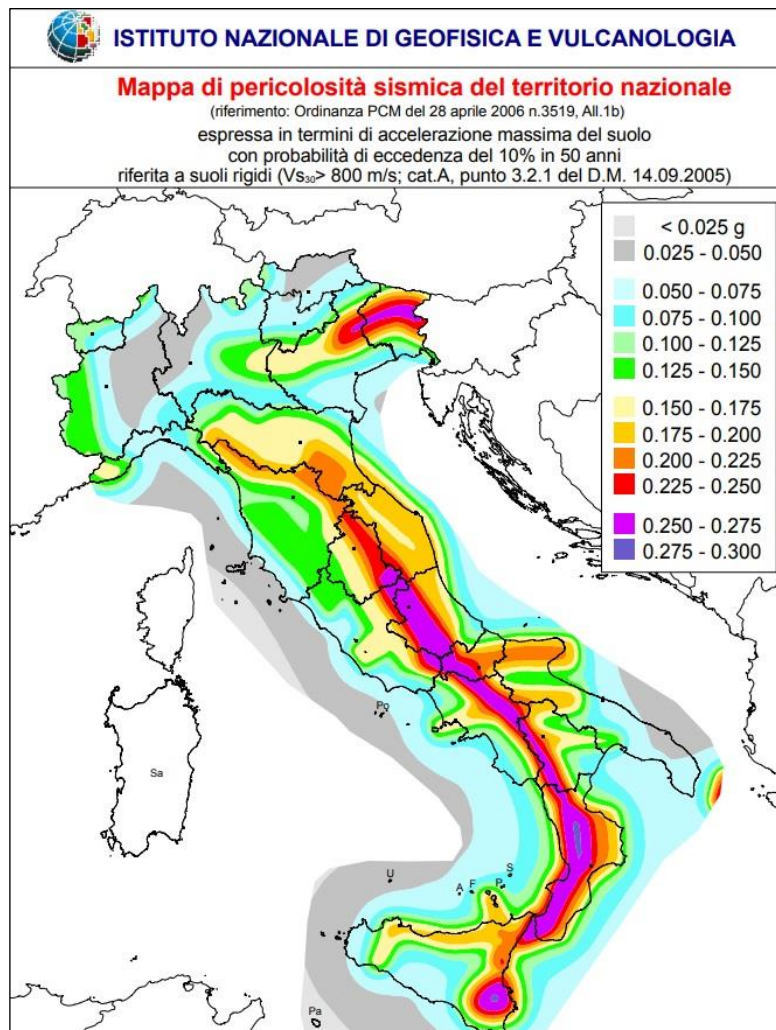


Figura 75 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM n.3519/2006), con indicazione dell'area di studio.

La mappatura, a seguito degli eventi sismici che si sono succeduti sul territorio nazionale, ha subito costanti aggiustamenti; l'ultimo aggiornamento è relativo al dicembre 2020. Il territorio comunale di Poggio Renatico rientra nella zona 3, con accelerazioni al suolo (su substrato rigido) comprese fra 0,05 e 0,15 g.

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

Tabella 5: Classificazione sismica del comune di Poggio Renatico.

Dalla mappa di pericolosità sismica si evince come i valori medi (con deviazione standard) corrispondenti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (Peak Ground Acceleration, ovvero accelerazione massima al suolo) siano compresi nel range 0,150 – 0,175 per l'area di progetto, facendo riferimento ai punti nodali della griglia di oltre 11.000 nodi all'interno del territorio nazionale.

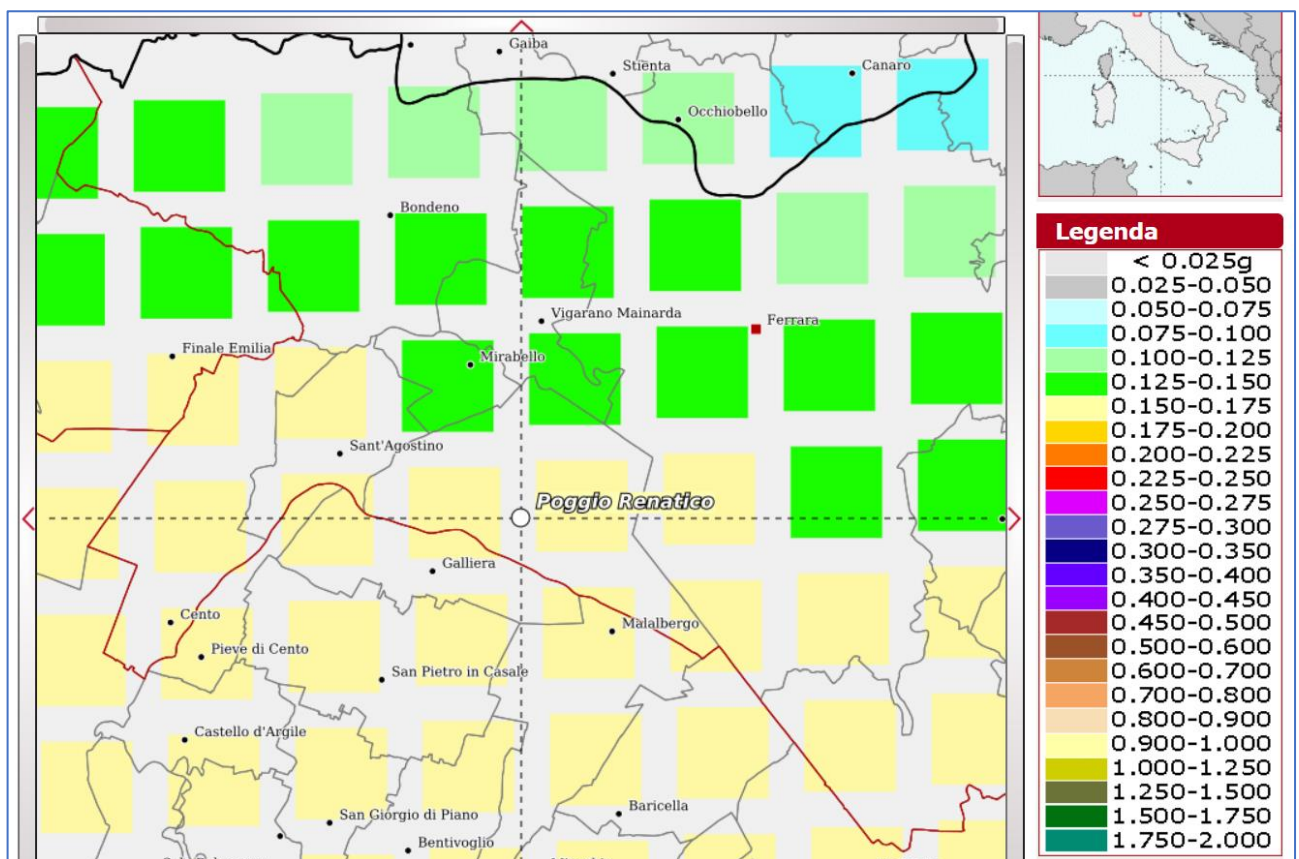


Figura 76 - Mappa di pericolosità sismica di base (Fonte Modello di pericolosità sismica MPS04 (ingv.it))

9. LIQUEFAZIONE

Valutazioni circa la possibilità o meno di sviluppo di fenomeni di liquefazione durante eventuali attività sismiche vanno svolte in presenza di terreni granulari saturi. La liquefazione denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo, durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

L'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni (NTC2018), così come già in parte indicato nelle NTC 2008, indica che le verifiche alla liquefazione per le opere possono essere omesse quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero inferiori a 0,1 g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna suborizzontale e per strutture con fondazioni superficiali;
- 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;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 23(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 23(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

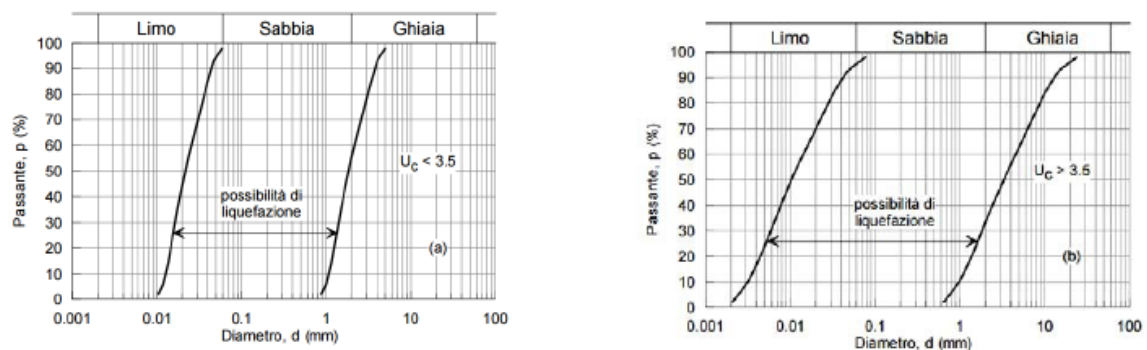


Figura 77: Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione ai sensi delle NTC 2018

Le condizioni di liquefacibilità teorica riportate dalle NTC sono presenti nell'area di progetto, sia in termini di scuotimento sismico ciclico, sia in termini di presenza di falda, stato di addensamento dei terreni e in termini di fuso granulometrico.

Non sono disponibili, per la presente fase progettuale, indagini geognostiche puntuali, ma sono state riportate un buon numero di indagini nei dintorni, che hanno comunque mostrato uno stato di addensamento dei terreni sabbiosi spesso non ottimale; inoltre è stata accertata la presenza di falda all'interno dei livelli sabbiosi. Tali considerazioni sottintendono un potenziale di liquefazione non trascurabile, che dovrà essere attentamente valutato a seguito di specifiche indagini in situ. Si sottolinea, come già detto precedentemente, che l'area del sisma del 2012 (ma anche a seguito del sisma del 1570 intorno a Ferrara) è stata già interessata da fenomeni di liquefazione delle sabbie (che hanno causato anche collassi di strutture), concentrati di preferenza in corrispondenza di paleovalvei, ma anche al di fuori di essi. A seguire si riporta l'ubicazione dei fenomeni di liquefazione individuati dalla Protezione Civile a seguito del sisma del 2012.

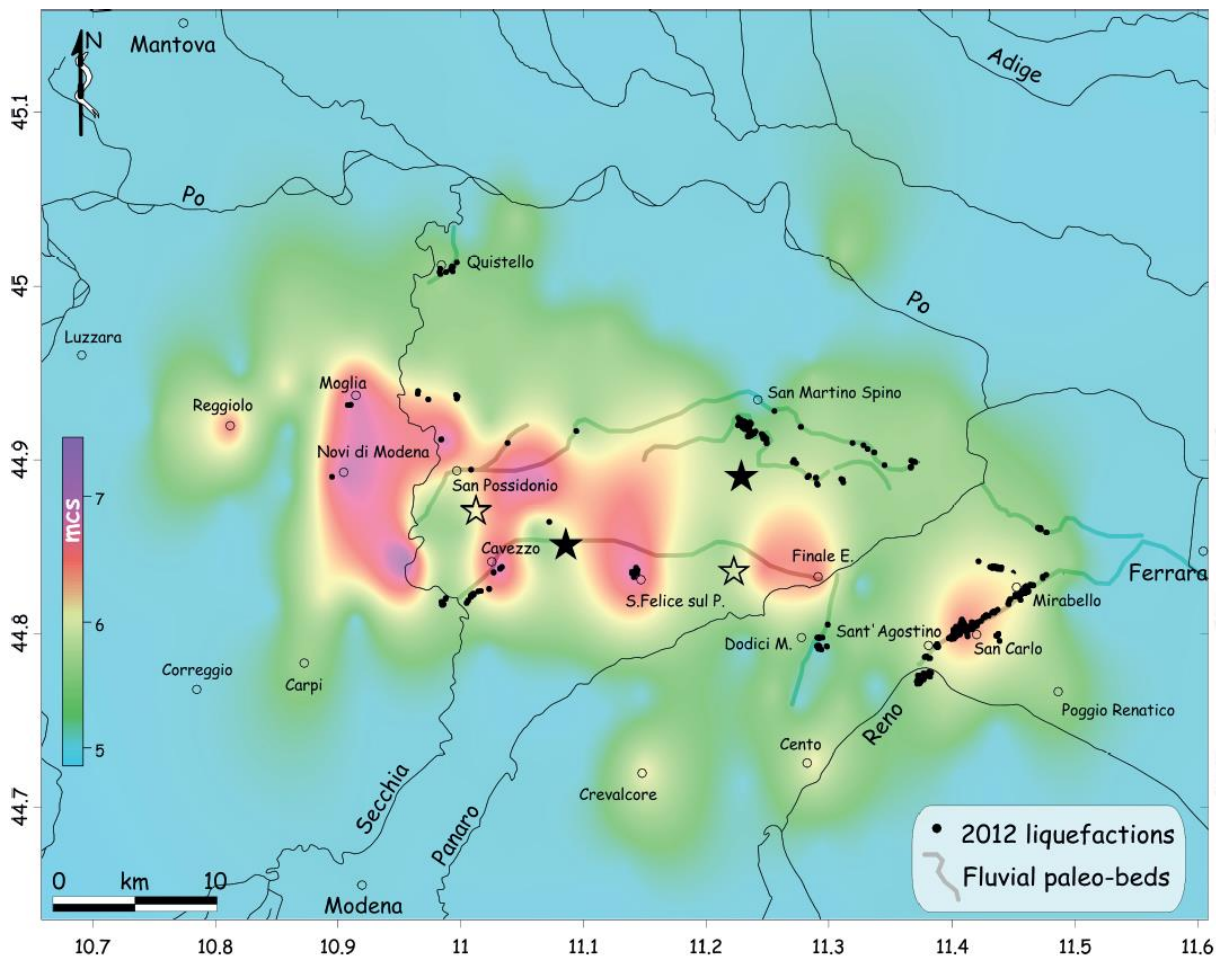




Figura 78: mappatura ad opera della Protezione Civile dei fenomeni di liquefazione dei sottofondi. Fonte Protezione Civile in [11_PANNELLI-Crisi-sismica-2012_Emilια_3.pdf \(iiscopernico.edu.it\)](#).

 <small>T E R N A G R O U P</small> Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 98 a 115

In conclusione, viste le condizioni di sollecitazione sismica che si sono verificate nell'immediato intorno, della soggiacenza della falda, del modesto stato di addensamento degli orizzonti sabbiosi, nonché degli eventi storici già registrati, è lecito attendersi un elevato potenziale di liquefazione dei sottofondi sabbiosi. Si sottolinea però che non sono note la stratigrafia di dettaglio del sito e le caratteristiche geotecniche dei terreni, che potrebbero rivelarsi differenti da quelle ipotizzate, in particolare se la colonna litostratigrafica dovesse rivelarsi puramente coesiva, fattispecie che di per sé inibisce la liquefazione.

 T E R N A G R O U P Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 99 a 115

10. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella seguente, 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". I 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.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$


con:

- h_i spessore dell' i -esimo strato;
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella tabella seguente.

 Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM - IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 100 a 115

Categoria	Descrizione
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	Depositati 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	Depositati 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.

Tabella 6 - Categorie di sottosuolo ai sensi delle NTC vigenti (2018)

Nell'area di diretto interesse progettuale non sono disponibili indagini per la determinazione della categoria di suolo di fondazione, per cui viene presa in considerazione il profilo MASW disponibile per un'area posta più a sud, ma in contesto geologico piuttosto simile e che in questa fase può essere considerato attendibile.

Tab. 1: Stratigrafia da prova sismica e velocità di propagazione dell'onda sismica

Shot	Strato	Spessore medio (m)	Vs (m/sec)
2	1	6,67	130
	2	23,33	235
3	1	8,49	119
	2	21,51	486
4	1	14,06	152
	2	15,94	286

Seguendo le prescrizioni dell'OPCM 3274/2003 e del D.M. 14.09.2005 la determinazione della V_{s30} è stata ottenuta utilizzando la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{\Delta n} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove:


h_i = spessore dello strato i esimo

V_{si} = Velocità orizzontale dello strato i esimo

Sulla base di quanto esposto è pertanto possibile affermare quanto segue:

$$V_{s30} = 220,37 \text{ m/s}$$

Il profilo MASW disponibile consta di due orizzonti significativi, di spessore variabile da circa 6,5 a circa 14 m, con velocità contenute entro i 150 m/s circa, e un secondo strato più profondo, con velocità maggiormente variabile, fra circa 240 e circa 490 m/s. La $V_{s,30}$ che viene fornito è di circa 220 m/s, che fa ricadere il suolo in **categoria C**. Occorre fare alcune valutazioni circa tali indagini: esse appaiono sostanzialmente "a bassa risoluzione" in quanto le indagini dirette (carotaggi), mostrano sempre un buon numero di strati con caratteristiche differenti, mentre la geofisica mostra solamente due strati; inoltre le indagini dirette e le relative prove geotecniche hanno individuato sovente delle inversioni di comportamento geotecnico, con orizzonti a maggiore profondità più scadenti. Un assetto geologico siffatto non rientra in alcuna delle categorie semplificate della tabella 7 e in questo caso occorrerebbe ricorrere ad Analisi di Risposta Sismica Locale (RSL).

 Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 102 a 115

11. CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per la ricostruzione dello spettro di risposta elastico è necessario conoscere il parametro “Categoria Topografica” ai sensi delle vigenti NTC2018, dove le categorie topografiche vengono definite come riportato nella figura di seguito (Tab. 3.2.III NTC 2018).

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 $i > 30^\circ$

Figura 79: definizione di categoria topografica secondo le NTC 2018.

L’area di progetto è posta nel contesto totalmente pianeggiante, privo di disarticolazioni verticali, per cui la categoria topografica è la categoria T1.

12. SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI

Gli spettri di risposta elastici vengono calcolati a seguire in funzione della collocazione geografica (coordinate ED50 della Sottostazione di progetto), della strategia progettuale scelta, della Categoria di Suolo di fondazione e della Categoria topografica. Gli estremi di calcolo sono quindi i seguenti.

Coordinate ED50	Lat. 44,789488°- Long. 11,543175°
Categoria Topografica	T1
Categoria di suolo di fondazione	C
Strategia progettuale	
Vita Nominale	50 anni
Coefficiente d’uso Cu	2
Periodo di riferimento Vr	100 anni

L’elaborazione degli spettri di risposta viene effettuata mediante il software “Spettri Ver. 1.0.3.”, rilasciato dal Dipartimento Superiore dei Lavori Pubblici.

RELAZIONE GEOLOGICA

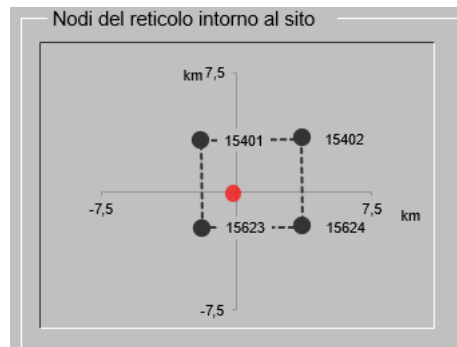


Figura 80 – Nodi del reticolo di riferimento per il calcolo dei valori spettrali di base.

A seguire si riporta la scelta progettuale effettuata.

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE {

- SLO - $P_{VR} = 81\%$
- SLD - $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU {

- SLV - $P_{VR} = 10\%$
- SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

Figura 81 – Strategia progettuale di riferimento

Gli spettri elastici di risposta ottenuti sono riportati a seguire per ciascuno Stato Limite, riportandoli sia in formato grafico, sia in formato tabellare.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLC

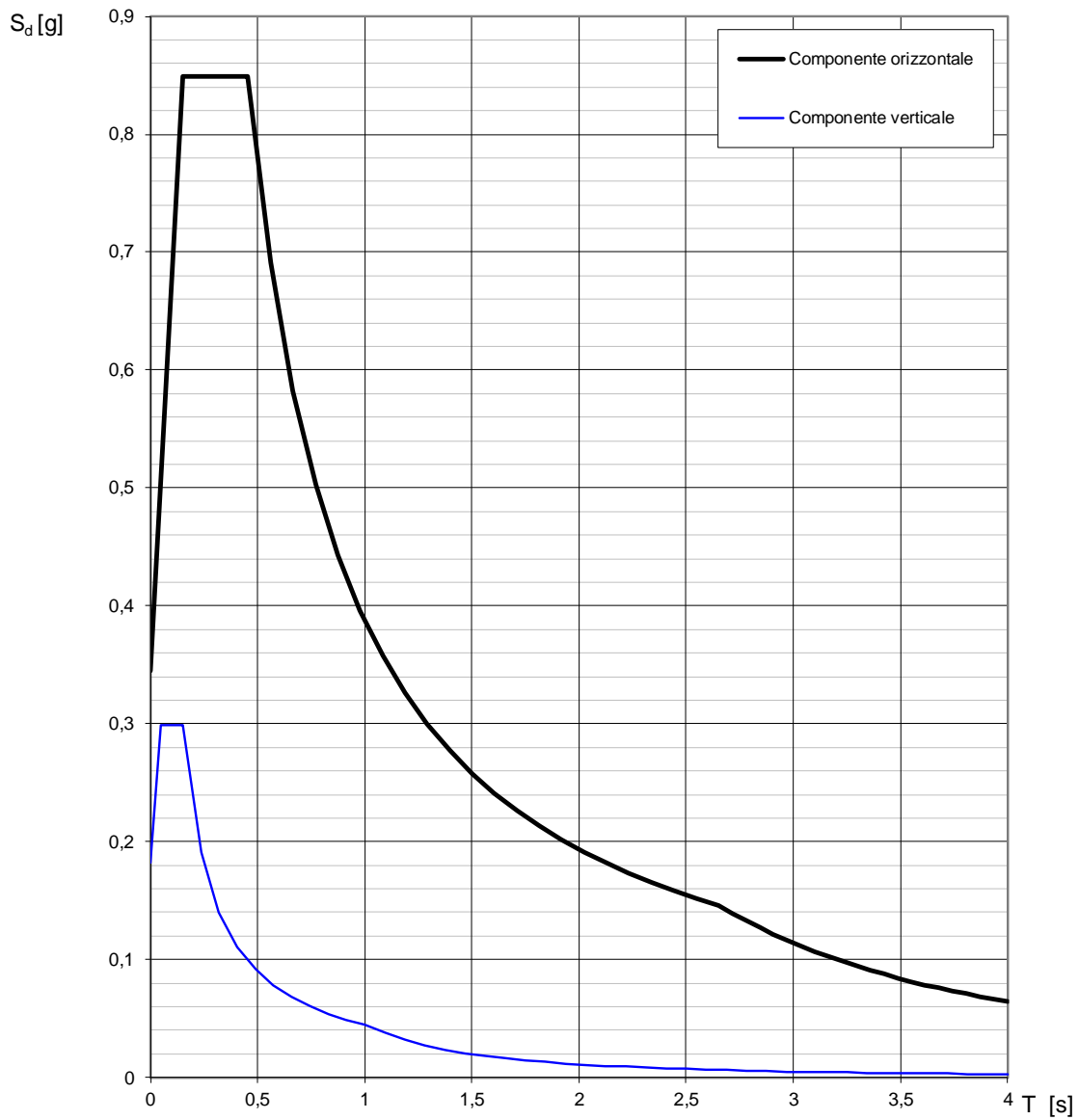


Figura 82 – Spettro di risposta elastico SLC

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLC

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_g	0,263 g
F_0	2,465
T_C	0,288 s
S_S	1,311
C_C	1,584
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,311
η	1,000
T_B	0,152 s
T_C	0,456 s
T_D	2,651 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C/3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,345
T_B	0,152	0,849
T_C	0,456	0,849
	0,560	0,691
	0,665	0,582
	0,769	0,503
	0,874	0,443
	0,979	0,396
	1,083	0,358
	1,188	0,326
	1,292	0,300
	1,397	0,277
	1,501	0,258
	1,606	0,241
	1,710	0,226
	1,815	0,213
	1,919	0,202
	2,024	0,191
	2,129	0,182
	2,233	0,173
	2,338	0,166
	2,442	0,159
	2,547	0,152
T_D	2,651	0,146
	2,715	0,139
	2,780	0,133
	2,844	0,127
	2,908	0,121
	2,972	0,116
	3,037	0,111
	3,101	0,107
	3,165	0,102
	3,229	0,098
	3,293	0,095
	3,358	0,091
	3,422	0,088
	3,486	0,084
	3,550	0,081
	3,615	0,079
	3,679	0,076
	3,743	0,073
	3,807	0,071
	3,872	0,068
	3,936	0,066
	4,000	0,064

Figura 83 – Parametri spettrali SLC

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLV

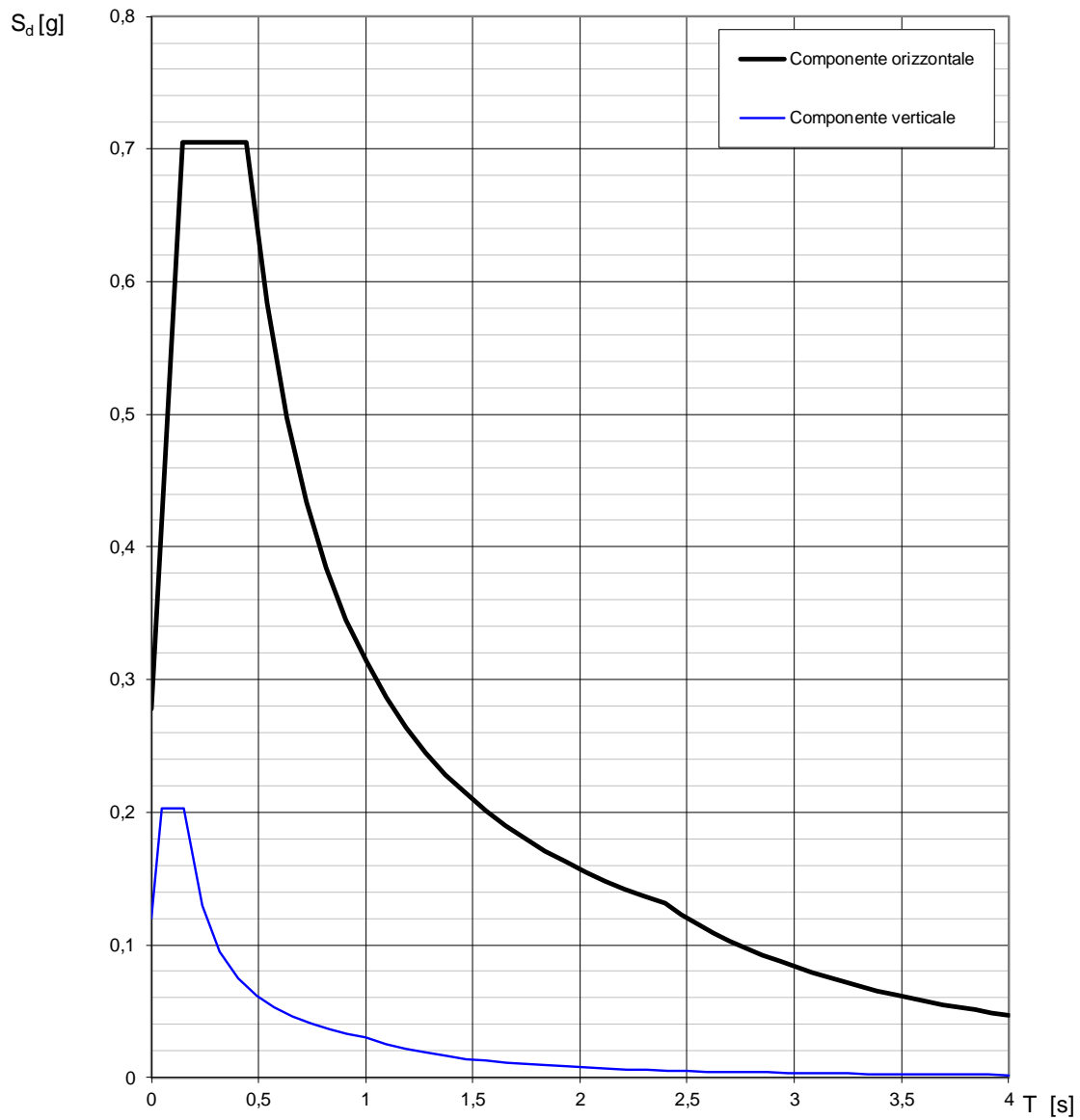


Figura 84 – Spettro di risposta elastico SLV

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,199 g
F_0	2,539
T_C	0,278 s
S_S	1,397
C_C	1,603
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,397
η	1,000
T_B	0,148 s
T_C	0,445 s
T_D	2,395 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C/3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,278
T_B	0,148	0,705
T_C	0,445	0,705
	0,538	0,584
	0,631	0,498
	0,724	0,434
	0,816	0,384
	0,909	0,345
	1,002	0,313
	1,095	0,287
	1,188	0,264
	1,281	0,245
	1,374	0,228
	1,467	0,214
	1,559	0,201
	1,652	0,190
	1,745	0,180
	1,838	0,171
	1,931	0,163
	2,024	0,155
	2,117	0,148
	2,210	0,142
	2,303	0,136
T_D	2,395	0,131
	2,472	0,123
	2,548	0,116
	2,625	0,109
	2,701	0,103
	2,777	0,097
	2,854	0,092
	2,930	0,088
	3,007	0,083
	3,083	0,079
	3,159	0,075
	3,236	0,072
	3,312	0,069
	3,389	0,065
	3,465	0,063
	3,542	0,060
	3,618	0,057
	3,694	0,055
	3,771	0,053
	3,847	0,051
	3,924	0,049
	4,000	0,047

Figura 85 – Parametri spettrali SLV

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLD

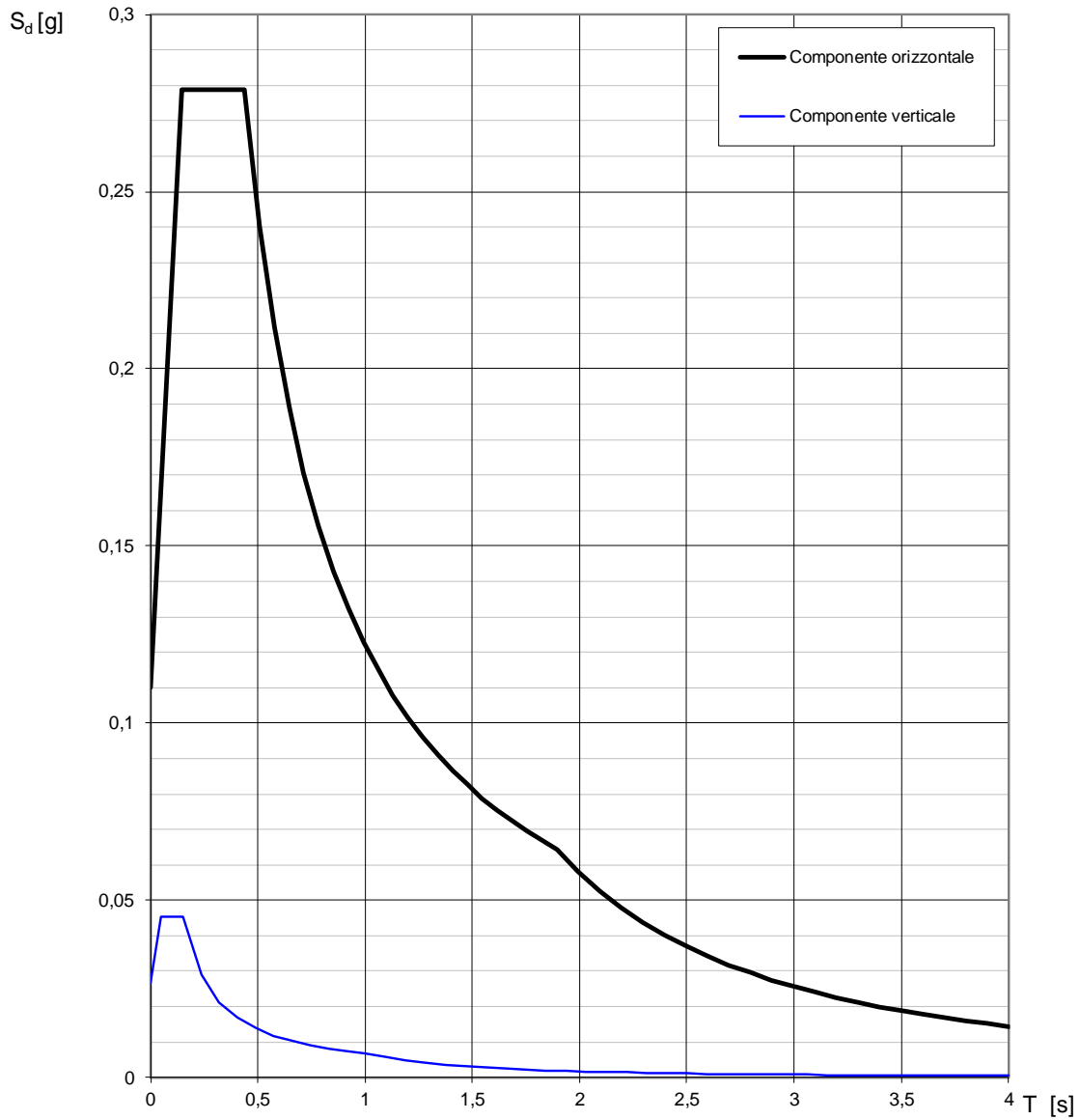


Figura 86 – Spettri SLD

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0,073 g
F_0	2,531
T_C	0,271 s
S_S	1,500
C_C	1,616
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,500
η	1,000
T_B	0,146 s
T_C	0,438 s
T_D	1,894 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C/3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,110
T_B	0,146	0,279
T_C	0,438	0,279
	0,507	0,241
	0,576	0,212
	0,646	0,189
	0,715	0,171
	0,784	0,156
	0,854	0,143
	0,923	0,132
	0,992	0,123
	1,062	0,115
	1,131	0,108
	1,200	0,102
	1,270	0,096
	1,339	0,091
	1,408	0,087
	1,478	0,083
	1,547	0,079
	1,616	0,075
	1,686	0,072
	1,755	0,069
	1,824	0,067
T_D	1,894	0,064
	1,994	0,058
	2,094	0,053
	2,195	0,048
	2,295	0,044
	2,395	0,040
	2,496	0,037
	2,596	0,034
	2,696	0,032
	2,796	0,030
	2,897	0,028
	2,997	0,026
	3,097	0,024
	3,198	0,023
	3,298	0,021
	3,398	0,020
	3,499	0,019
	3,599	0,018
	3,699	0,017
	3,799	0,016
	3,900	0,015
	4,000	0,014

Figura 87 – Parametri spettrali SLD

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLO

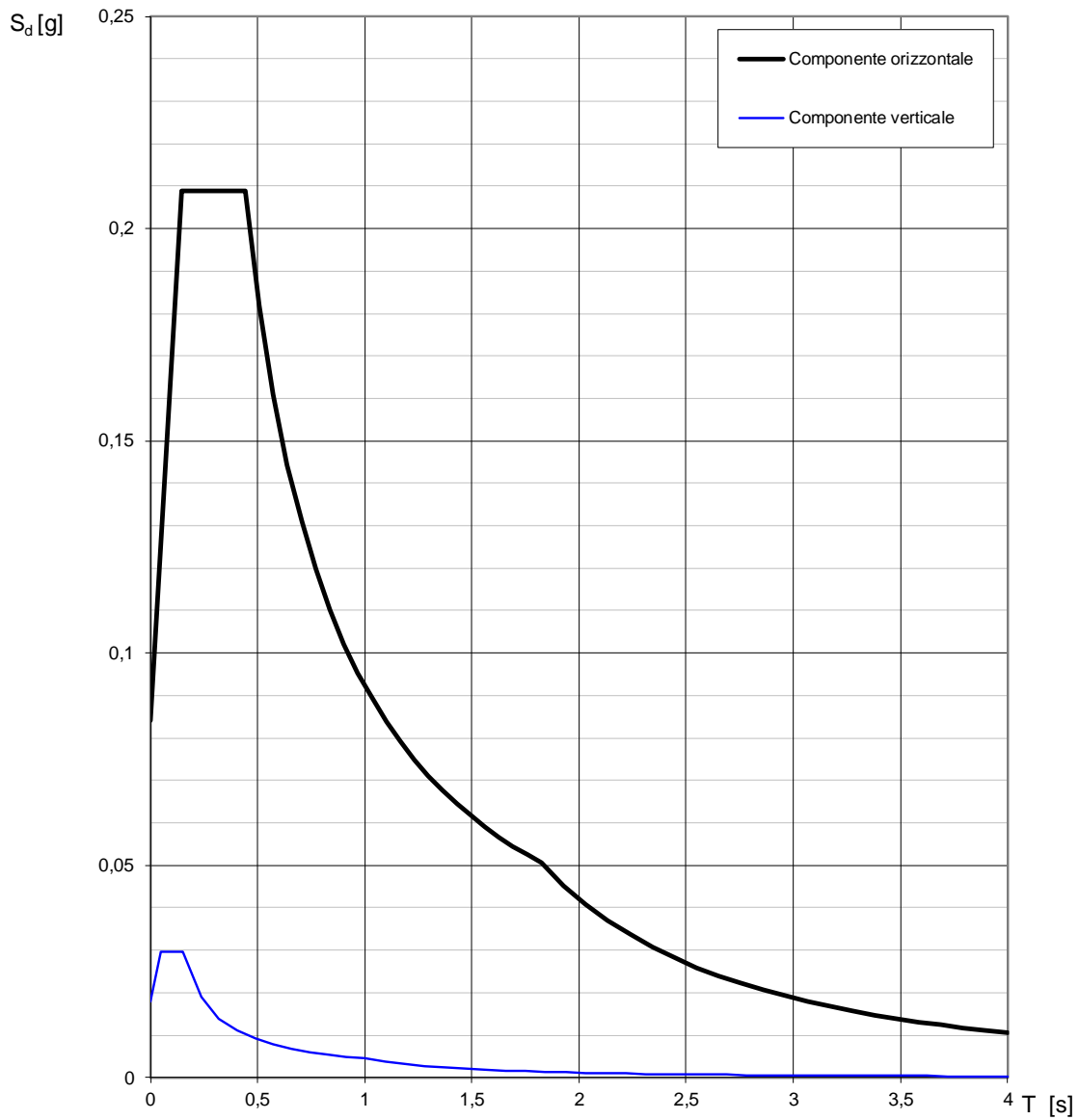


Figura 88 – Spettro di risposta SLO

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_g	0,056 g
F_0	2,482
T_C	0,275 s
S_S	1,500
C_C	1,609
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,500
η	1,000
T_B	0,147 s
T_C	0,442 s
T_D	1,824 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C/3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$


$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,084
T_B	0,147	0,209
T_C	0,442	0,209
	0,507	0,182
	0,573	0,161
	0,639	0,144
	0,705	0,131
	0,771	0,120
	0,837	0,110
	0,903	0,102
	0,968	0,095
	1,034	0,089
	1,100	0,084
	1,166	0,079
	1,232	0,075
	1,298	0,071
	1,364	0,068
	1,429	0,065
	1,495	0,062
	1,561	0,059
	1,627	0,057
	1,693	0,054
	1,759	0,052
T_D	1,824	0,051
	1,928	0,045
	2,032	0,041
	2,135	0,037
	2,239	0,034
	2,342	0,031
	2,446	0,028
	2,550	0,026
	2,653	0,024
	2,757	0,022
	2,860	0,021
	2,964	0,019
	3,068	0,018
	3,171	0,017
	3,275	0,016
	3,378	0,015
	3,482	0,014
	3,586	0,013
	3,689	0,012
	3,793	0,012
	3,896	0,011
	4,000	0,011

Figura 89 – Parametri spettrali SLO

 Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM - IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 112 a 115


13. LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione geotecnica dei terreni affioranti nell'area in esame è stata effettuata sulla base delle indagini presenti nell'intorno dell'area di progetto, prive però di prove di laboratorio, ma con un buon numero di prove geotecniche in situ. Non sono invece disponibili prove di tipo puntuale sull'area di realizzazione della sottostazione.

La litostratigrafia locale è caratterizzata da un orizzonte di riporto presente localmente, ma che si ipotizza essere assente nell'area di progetto, poiché posta in contesto puramente agrario. Seguono orizzonti prevalentemente argillosi e in parte limosi, di alcuni metri di spessore, da poco a moderatamente consistenti, solitamente di colore nocciola e ocraceo e talora grigiastro, a luoghi con una certa frazione organica. A profondità variabili, a partire da circa 5 m, sono presenti livelli sabbiosi e subordinatamente limosi, saturi/in falda, sciolti o poco addensati; più in profondità sono presenti alternanze, spesso eteropiche, fra livelli argillosi e orizzonti sabbiosi. Localmente sono presenti orizzonti torbosi più o meno sottili. Di seguito si riportano i parametri geotecnici principali per gli orizzonti sabbiosi e per quelli argillosi, riportati in forma di range e basati essenzialmente sulle prove geotecniche in situ.

Descrizione	ϕ ($^{\circ}$)	C (kg/cm 2)	c_u (kg/cm 2)	γ (t/m 3)
Argille limose	20-24	0,05-0,10	0,15-0,20	1,7
Sabbie e sabbie limose	27-31	0-0,01	0-0,02	1,7

Tabella 7 – Parametri geotecnici di riferimento

 Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM - IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 113 a 115

14. CONCLUSIONI


L'analisi degli elementi geomorfologici, geolitologici, idrogeologici e strutturali, nonché i risultati ottenuti dalle prove geognostiche disponibili nell'intorno dell'area di progetto, hanno consentito di acquisire un quadro geologico di prima approssimazione per la definizione del grado di equilibrio e stabilità dell'area in cui è previsto il progetto CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM POGGIO RENATICO - NUOVA STAZIONE ELETTRICA (SE) RTN 132 KV nel comune di Poggio Renatico.

La geologia del sottosuolo è caratterizzata da sedimenti di origine alluvionale, di piana inondabile e in parte di canale, con prevalenza di termini argilloso-limosi all'interno dei quali si rinvencono lenti e intercalazioni di sabbie e sabbie limose (anche di spessore rilevante) e localmente di argille organiche e torbe (sottili).


Morfologicamente, la stabilità dell'area è garantita dall'assenza di dislivelli significativi, che garantiscono l'assenza di fenomeni franosi. Le pericolosità geologiche del sito sono legate all'evoluzione della dinamica fluviale e alle caratteristiche geotecniche e sismiche. Per quanto riguarda la dinamica fluviale essa è analizzata dagli elaborati dell'Autorità di Bacino, che analizza la pericolosità legata al reticolo idrografico principale, a quello secondario collinare e montano e a quello secondario di pianura. L'area non rientra in alcuna area perimetrata a rischio per quanto riguarda il reticolo idrografico principale (quello del fiume Po), mentre non risulta cogente per quanto riguarda il reticolo collinare e montano. Per quanto riguarda il pericolo (e rischio associato) del reticolo secondario di pianura, l'area rientra in aree a pericolosità P2 e in parte a pericolosità P3 (per la sola area della Centrale SNAM), mentre per quanto riguarda le aree perimetrata a rischio le aree ricadono in aree a rischio R1 e localmente R2, mentre parte della Centrale SNAM ricade in area R3.

L'area è caratterizzata da moderata sismicità, ma è stata di recente interessata, pur se marginalmente, dagli effetti della crisi sismica del 2012 che ha interessato parte del ferrarese e con maggior intensità la provincia di Modena. In più zone gli effetti cosismici si sono manifestati con liquefazioni a carico degli orizzonti sabbiosi, già segnalati nell'area ferrarese per il sisma del 1570. La presenza della falda a bassa profondità, rilevata dalle indagini disponibili all'intorno dell'area di progetto, unitamente alle citate lenti sabbiose e alle modeste caratteristiche geotecniche, conferma la suscettibilità alla liquefazione dei terreni, che dovrebbe essere indagata con attenzione alla luce di più puntuali indagini geognostiche.

La categoria topografica è la categoria **T1**, mentre la categoria di suolo di fondazione assunta in questa sede è la categoria **C**, attribuita sulla base della verticale MASW posta a sud dell'area di progetto; risulta importante verificare tale ipotesi, anche in considerazione della possibile presenza di inversioni di velocità delle onde di taglio.

 <small>T E R N A G R O U P</small> Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM - IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 114 a 115

Si raccomanda, ai sensi delle NTC 2018, di attuare sempre il “metodo osservazionale” fondato su un processo decisionale continuamente orientato, eventualmente, a mutare quelle variabili di progetto che sono significative per la risposta del sistema geotecnico.

 T E R N A G R O U P Terna Energy Solutions	CONNESSIONE AT CENTRALE SNAM – IMPIANTO UTENTE 132/15 kV RELAZIONE GEOLOGICA	PR_STZU_R_00031_01	
		Rev.01 del 17/06/2021	Pag. 115 a 115

15. BIBLIOGRAFIA-SITOGRAFIA

- Carta Tecnica Regionale 1:5000: [Cartografia tecnica — Geoportale \(regione.emilia-romagna.it\)](http://regione.emilia-romagna.it)
- Sito pericolosità sismica INGV: [Modello di pericolosità sismica MPS04 \(ingv.it\)](http://ingv.it)
- Portale Emilia Romagna (Geologia, sismica, suolo): [Homepage — Ambiente \(regione.emilia-romagna.it\)](http://regione.emilia-romagna.it)
- Autorità di Bacino Fiume Po: <https://pai.adbpo.it/index.php/documentazione-pai/>
- Servizio download Geoportale Emilia Romagna DTM 5x5 m: [DTM 5x5 — Geoportale \(regione.emilia-romagna.it\)](http://regione.emilia-romagna.it)
- Progetto CarG ISPRA: [203 Poggio Renatico \(isprambiente.gov.it\)](http://isprambiente.gov.it)
- Progetto ITHACA: [Viewer Progetto ITHACA \(isprambiente.it\)](http://isprambiente.it)
- Progetto DISS: [DISS - Web Gis \(ingv.it\)](http://ingv.it)
- Carta geologica d'Italia ISPRA: [CartoWeb \(isprambiente.it\)](http://isprambiente.it)
- Catalogo dei Terremoti Progetto EMIDIUS: [CPTI15-DBMI15 v3.0 \(ingv.it\)](http://ingv.it)