



MARZO 2026

OX2 ITALY SPV 2 S.r.l.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN

POTENZA NOMINALE 167,06 MW

COMUNE DI CONSELICE (RA)

Montana

ELABORATO R34 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Progettista

Corrado Pluchino / Ord. Ing. Milano A27174

Coordinamento

Carlotta Di Mari / Ord. Ing. Siracusa A2445

Codice elaborato

3342_6955_CNS_R34_Rev0_Relazione Geologica e geotecnica

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano

Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com



Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
3342_6955_CNS_R34_Rev0_Relazione Geologica e geotecnica	03/2026	Prima emissione	<i>L. Moreschi</i>	<i>C. Di Mari</i>	<i>C. Pluchino</i>

Visto

Il Direttore Tecnico
Alberto Angeloni

Gruppo di lavoro per l'elaborato

Nome e cognome	Ruolo/Temi trattati	Ordine professionale
Corrado Pluchino	Responsabile Tecnico Operativo	Ord. Ing. Milano A27174
Carlotta Di Mari	Project Manager	Ord. Ing. Prov. SR n. 2445 – Sez. A
Luca Moreschi	Geologo	Ord. dei Geologi della Lombardia 1641 AP

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com



INDICE

1. PREMESSA	4
1.1 DATI GENERALI DI PROGETTO	5
2. STATO DI FATTO	6
2.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO	6
2.1.1 Inquadramento territoriale	6
2.1.2 Inquadramento catastale impianto	7
3. SCOPO DEL DOCUMENTO	9
4. UBICAZIONE E MORFOLOGIA DELL'AREA D'INDAGINE	10
5. VINCOLI E QUADRO NORMATIVO	12
6. QUADRO GEOLOGICO GENERALE	17
7. ASSETTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO	18
8. LE INDAGINI GEOGNOSTICHE ED IL MODELLO GEOLOGICO	20
9. IL MODELLO GEOTECNICO	24
9.1 STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI	24
10. PROVE DI PERMEABILITÀ	29
11. INDAGINI GEOFISICHE	31
11.1 SISMICA ATTIVA	32
11.1.1 MASW1	35
11.1.2 MASW 2	36
11.1.3 MASW 3	37
11.2 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	38
11.3 VERIFICA DELLA LIQUEFAZIONE	42
12. VALUTAZIONI SULLE OPERE IN PROGETTO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	45

ALLEGATO

ALLEGATO 01 – Report prove 02-12



1. PREMESSA

Il progetto in questione prevede la realizzazione, attraverso la società di scopo OX2 ITALY SPV 2 S.r.l., di un impianto solare agrivoltaico, nel territorio comunale di Conselice (RA), di potenza pari a 167,06 MW e potenza in immissione pari a 166 MW, distribuito su un'area catastale di circa 381,08 ha complessivi, di cui 283,61 ha recintati.

Il presente documento costituisce la **Relazione Geologica e Geotecnica** del progetto in esame.

OX2 ITALY SPV 2 S.r.l., con sede in via Fabio Filzi 7, 20124 nel Comune di Milano (MI), Partita IVA 14525250966, di proprietà della Società OX2 HOLDING ITALY 1 AB, propone la realizzazione di un impianto agrivoltaico nel Comune di Conselice (RA). La società opera nel settore delle energie rinnovabili, promuovendo soluzioni sostenibili e innovative per la transizione energetica.

Il progetto in esame è in linea con quanto previsto dal: "Pacchetto per l'energia pulita (Clean Energy Package)" presentato dalla Commissione europea nel novembre 2016 contenente gli obiettivi al 2030 in materia di emissioni di gas serra, fonti rinnovabili ed efficienza energetica e da quanto previsto dal Decreto 10 novembre 2017 di approvazione della Strategia energetica nazionale emanato dal Ministro dello sviluppo economico, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.

La tecnologia impiantistica prevede l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali che saranno installati su strutture tracker mediante palo infisso nel terreno.

Le strutture saranno posizionate in maniera da conferire in modo funzionale un carattere agrivoltaico all'impianto. I pali di sostegno delle strutture tracker sono posizionati distanti tra loro di 8 metri e si prevede l'impiego di strutture di supporto che garantiscono una altezza del modulo inclinato dal suolo di 2,10 m. Tale distanza è stata applicata per garantire la corretta integrazione fra pratiche agricole ed installazioni fotovoltaiche. Saranno utilizzate tipologie di strutture, in configurazione 1P composte rispettivamente da 12 (tipo 1) e 24 (tipo 2) moduli.

La corrente elettrica prodotta dai moduli fotovoltaici sarà convertita da continua ad alternata attraverso l'utilizzo di n. 452 inverter di stringa all'interno dell'impianto e verrà poi trasformata da BT a MT tramite l'installazione di n. 38 cabine di campo.

L'impianto agrivoltaico sarà allacciato, tramite cavo interrato con tensione a 132 kV, in uscita dalla Sottostazione Elettrica Utente (SSEU), e lunghezza complessiva pari 16,32 km alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV "Ferrara Focomorto – Ravenna Canala" e alla linea RTN a 132 kV "Portomaggiore – Bando". Il progetto della nuova stazione elettrica "SE Portomaggiore" 380/132/36 kV, presentato dalla capofila del tavolo tecnico EG Dolomiti S.r.l., è stato benestariato da Terna e consiste nella realizzazione ex novo della stazione elettrica, per il collegamento della stessa alla RTN. L'opera sorgerà su un'area agricola situata a Est della Strada Statale SS16 e Ovest dalla Strada Provinciale SP48, nel Comune di Portomaggiore (FE).

La Stazione Elettrica Portomaggiore è stata autorizzata, congiuntamente ai raccordi in semplice terna a 380 kV sull'esistente elettrodotto Ferrara Focomorto – Ravenna Canala e ai raccordi in semplice terna a 132 kV sull'esistente elettrodotto Portomaggiore – Bando, dalla società EG Dante S.r.l. che ha ottenuto il provvedimento di compatibilità ambientale dal MASE in data 12/04/2024 e l'Autorizzazione Unica per la realizzazione e l'esercizio dell'impianto da ARPAE in data 14/06/2024 (n. DET-AMB-2024-3386).

1.1 DATI GENERALI DI PROGETTO

Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto in progetto.

Tabella 1.1: Dati di progetto

ITEM	DESCRIZIONE
Richiedente	OX2 ITALY SPV 2 S.r.l.
Luogo di installazione:	Conselice (RA)
Denominazione impianto:	Conselice
Potenza di picco (MW _p):	167,06 MW _p
Potenza in immissione STMG (MW _{ac}):	166 MW
Informazioni generali del sito:	Sito ben raggiungibile, caratterizzato da viabilità esistente per lo più costituita da strade provinciali e comunali ben praticabili. La morfologia è pianeggiante e regolare.
Connessione:	Interfacciamento alla rete mediante soggetto privato nel rispetto delle norme CEI
Tipo strutture di sostegno:	Strutture metalliche tracker in acciaio zincato fissate a terra su pali.
Moduli per struttura:	n. 12 Tipo 1 (1x12)
	n. 24 Tipo 2 (1x24)
Inclinazione piano dei moduli:	+55°/- 55°
Azimut di installazione:	0°
Lotti impianto	n. 1
Sezioni impianto:	n. 17, denominate S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17
Cabine di Campo:	n. 38 distribuite all'interno delle sezioni dell'impianto agrivoltaico
Cabina di Smistamento:	n. 2 ubicate all'interno delle sezioni S2 ed S14
Rete di collegamento utente:	30 kV
Coordinate (Impianto)	Latitudine 44,53° N
	Longitudine 11,85° E
Altitudine media	2 m s.l.m.
SSEU:	n. 1 ubicata in prossimità dell'area di impianto
Rete di collegamento opere di rete:	132 kV

2. STATO DI FATTO

2.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

2.1.1 Inquadramento territoriale

Il progetto in esame è ubicato nel territorio comunale di Conselice (RA). L'area di progetto è suddivisa in due cluster, uno situato nella periferia nord del centro abitato di Conselice e l'altro a nord dello stabilimento di industria alimentare Unigrà.

L'area deputata all'installazione dell'impianto agrivoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo, presentando una buona esposizione ed è raggiungibile attraverso le vie di comunicazione tramite la Strada Provinciale 13 Bastia, la Strada Provinciale 35 Puntiroli e Mensa e la Strada Provinciale 610 Salice.

Internamente alle aree di impianto è stata rilevata la presenza di canali irrigui, sottoservizi e elettrodotti che costituiscono un elemento di divisione delle aree.

L'estensione totale dell'area è di 381,08 ha complessivi, di cui 283,61 ha recintati e suddivisi in 17 sezioni principali.

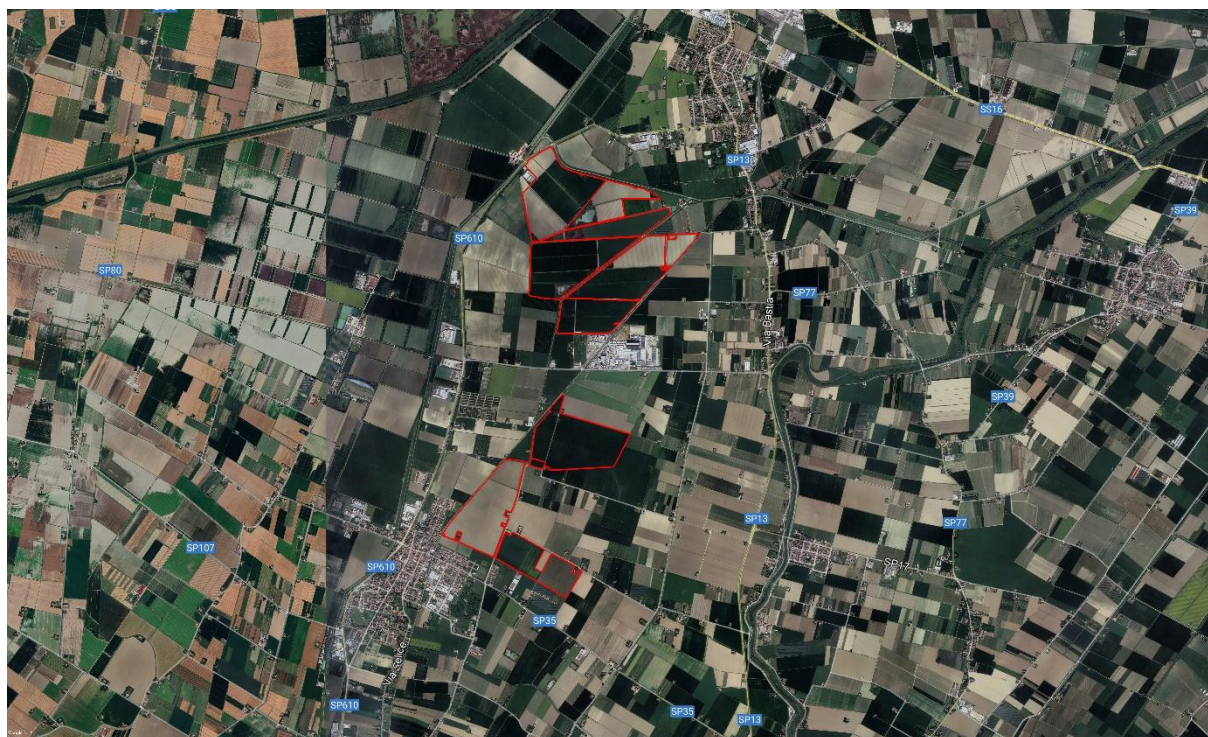


Figura 2.1: Inquadramento aree di impianto

Attraverso la valutazione delle ombre si è cercato di minimizzare, e ove possibile eliminare, l'effetto di ombreggiamento tra i moduli fotovoltaici, al fine di garantire una perdita pressoché nulla del rendimento annuo dell'impianto agrivoltaico in termini di efficienza energetica.

2.1.2 Inquadramento catastale impianto

L'impianto agrivoltaico in oggetto, con riferimento al catasto terreni del comune di Conselice (RA), sarà installato nelle aree indicate di seguito.

Tabella 2.1: Inquadramento catastale

COMUNE	FOGLIO	PARTICELLE
Conselice	4	144, 526, 527
	12	77, 89, 93
	19	130
	20	1, 11, 46, 51, 53
	26	90
	35	54, 61, 77, 79
	38	11, 167, 223, 333
	39	174
	41	161, 162

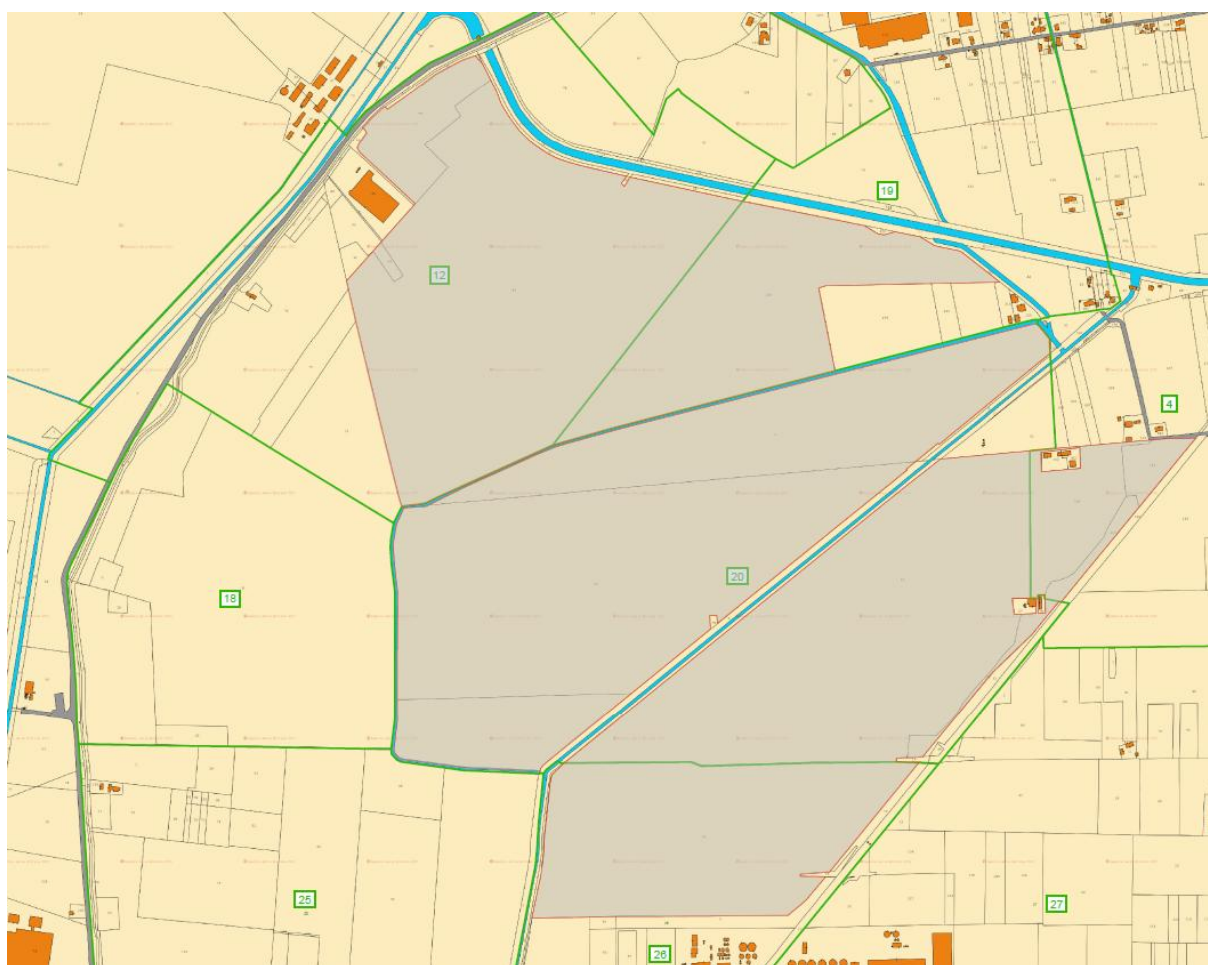


Figura 2.2: Inquadramento aree di impianto – Lotto Nord

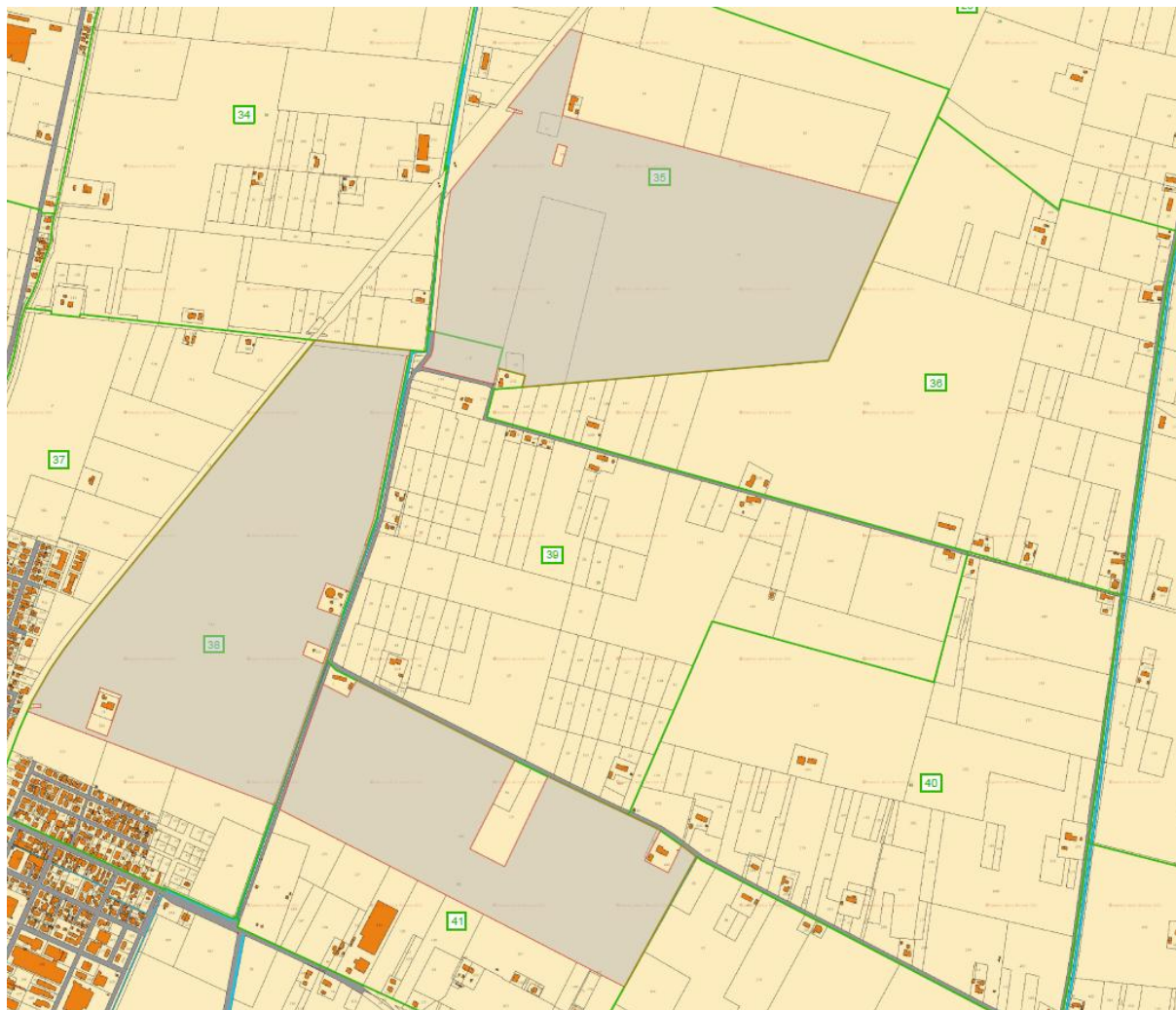


Figura 2.3: Inquadramento aree di impianto – Lotto Sud



3. SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione viene redatta quale allegato e supporto al progetto che prevede la realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico nel Comune di Conselice (RA).

Il presente elaborato ottempera alle disposizioni di cui al D.M. 17/01/2018 (Aggiornamento Norme tecniche per le Costruzioni), con particolare riferimento ai § 6.2.1 - 6.2.2 - 3.2.

L'area oggetto di studio ricade all'interno di zone a elevata probabilità di esondazione, ossia aree in cui la piena di progetto presenta un tempo di ritorno inferiore o uguale a 30 anni. Tale classificazione evidenzia la necessità di considerare con particolare attenzione la vulnerabilità idraulica locale nell'ambito di qualsiasi intervento edilizio o infrastrutturale.

Al fine di ricavare elementi geologici, geomorfologici ed idrogeologici per fornire un parere circa l'intervento in progetto dal punto di vista della compatibilità con l'assetto idrogeologico e la caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti, sono stati effettuati gli opportuni sopralluoghi per una visione diretta dell'assetto morfologico dei luoghi; è stata consultata la bibliografia tecnica inerente alle aree in esame ed è stata programmata ed eseguita una campagna di indagini geognostiche e geofisiche, consistita nella realizzazione di n. 13 prove penetrometriche CPT, n. 3 indagine geofisica MASW e n. 4 prove di permeabilità. Per un maggiore approfondimento si rimanda al Report delle Indagini (Rif. Elab. 3342_6955_CNS_R34_A01_Rev0_Report Indagini).

Lo studio è stato così articolato:

- Sopralluogo di campagna finalizzato alla comprensione dei luoghi;
- Raccolta della documentazione disponibile;
- Realizzazione di indagini geognostiche (prove penetrometriche CPT), geofisiche (sismica attiva MASW) e prove di permeabilità;
- Stesura della presente nota tecnica.

4. UBICAZIONE E MORFOLOGIA DELL'AREA D'INDAGINE

L'area interessata dagli interventi in progetto è organizzata su vari lotti ubicati nel territorio comunale di Conselice (RA).



Figura 4.1: Ubicazione area d'indagine in rosso

Dal punto di vista geomorfologico, il territorio comunale di Conselice si colloca all'interno della bassa pianura alluvionale padano-appenninica, caratterizzata da un'elevata omogeneità altimetrica e da pendenze estremamente ridotte. L'assetto morfologico attuale deriva dall'evoluzione recente del sistema idrografico appenninico e padano e risulta fortemente condizionato dalle dinamiche di tracimazione e divagazione fluviale.

Il paesaggio è dominato da superfici sub-orizzontali, nelle quali si riconoscono lievi dossi fluviali e tracciati sinuosi riferibili ad antichi alvei abbandonati e paleocanali. Tali forme costituiscono i principali lineamenti morfologici residui dell'area e sono coerenti con la distribuzione litologica superficiale, che alterna depositi sabbiosi di argine e rotta a sedimenti più fini di piana inondabile.

All'interno di questo contesto, l'area di studio ricade in corrispondenza di una zona morfologicamente depressa, ubicata a quote inferiori rispetto ai dossi fluviali circostanti. Queste bassure rappresentano antiche aree di accumulo idrico e di ristagno, originariamente sede di ambienti palustri o di piana alluvionale non drenata.

La morfologia del territorio risulta inoltre ampiamente modificata da interventi antropici storici (bonifiche, regimazioni idrauliche, sistemazioni agrarie), che hanno attenuato il rilievo originario e reso meno evidenti i lineamenti naturali. Nonostante ciò, la struttura geomorfologica di base resta riconducibile a una pianura alluvionale giovane, caratterizzata dalla presenza di micro-depressioni e da deboli rialzi fluviali connessi alla dinamica sedimentaria recente.

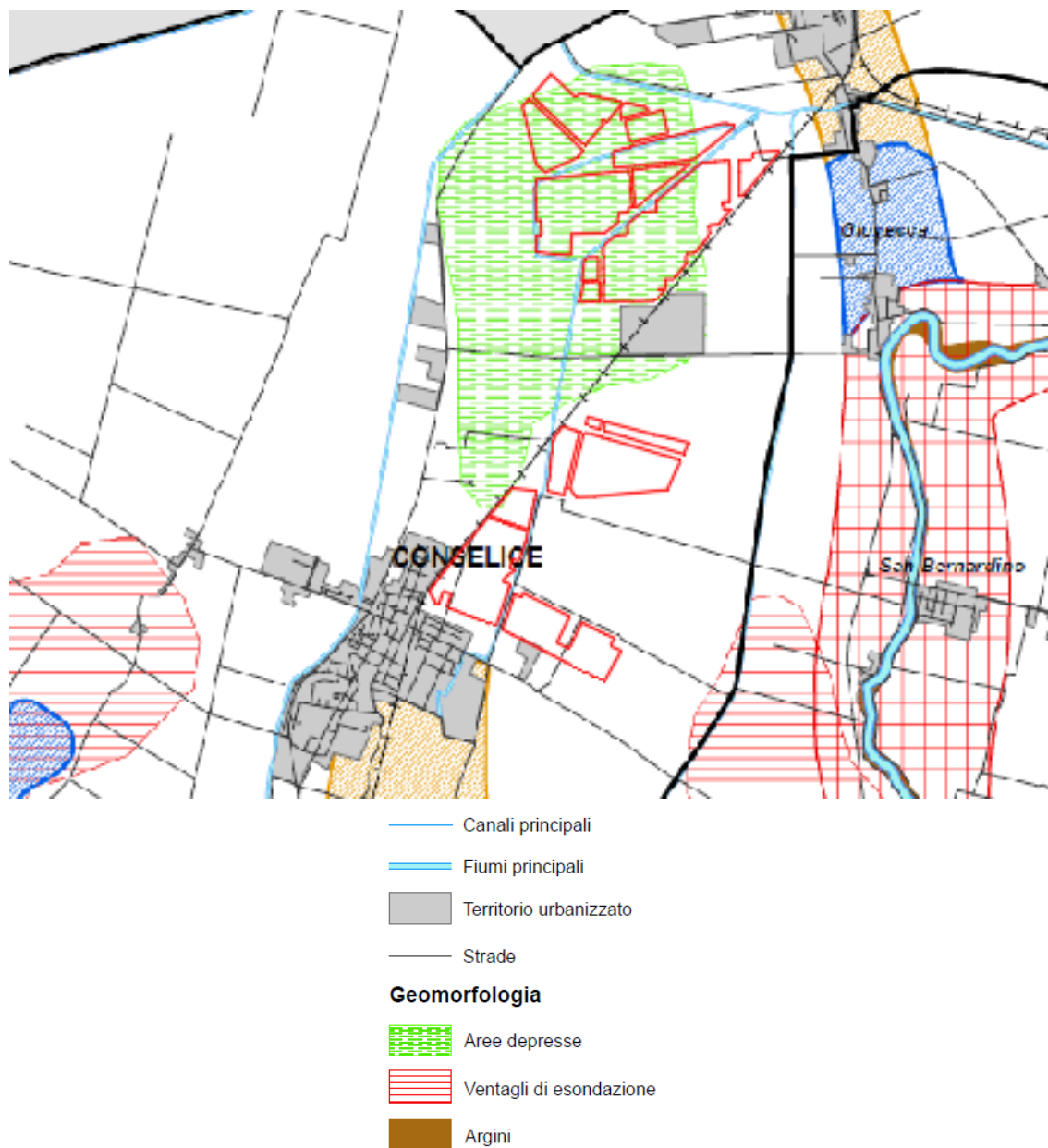


Figura 4.2: Tavola 31 (SNA15) - Litologia di superficie, in rosso l'impianto
 (rif. Carta1-4 elaborato specialistico "Geologia, ambiente, sismica")

5. VINCOLI E QUADRO NORMATIVO

Il territorio comunale di Conselice è interessato da specifici vincoli idraulici legati alla morfologia tipica della bassa pianura padano-appenninica, caratterizzata da pendenze minime, scarsa capacità di drenaggio naturale e presenza diffusa di aree morfologicamente depresse.

Nell'ambito della pianificazione di bacino, i Piani Stralcio del Senio e del Reno individuano, all'interno del territorio dell'Associazione dei Comuni della Bassa Romagna, diverse classi di pericolosità idraulica. L'area oggetto di studio ricade all'interno di zone a **elevata probabilità di esondazione**, ossia aree in cui la piena di progetto presenta un tempo di ritorno inferiore o uguale a 30 anni. Tale classificazione evidenzia la necessità di considerare con particolare attenzione la vulnerabilità idraulica locale nell'ambito di qualsiasi intervento edilizio o infrastrutturale.

La morfologia naturale dell'area, con superfici lievemente depresse spesso corrispondenti ad antiche valli bonificate, accentua ulteriormente il rischio idraulico. Tali depressioni rappresentano siti di naturale accumulo idrico e rendono il territorio suscettibile ad allagamenti localizzati, soprattutto in occasione di eventi meteorici intensi o straordinari, quando la capacità di smaltimento superficiale risulta insufficiente.

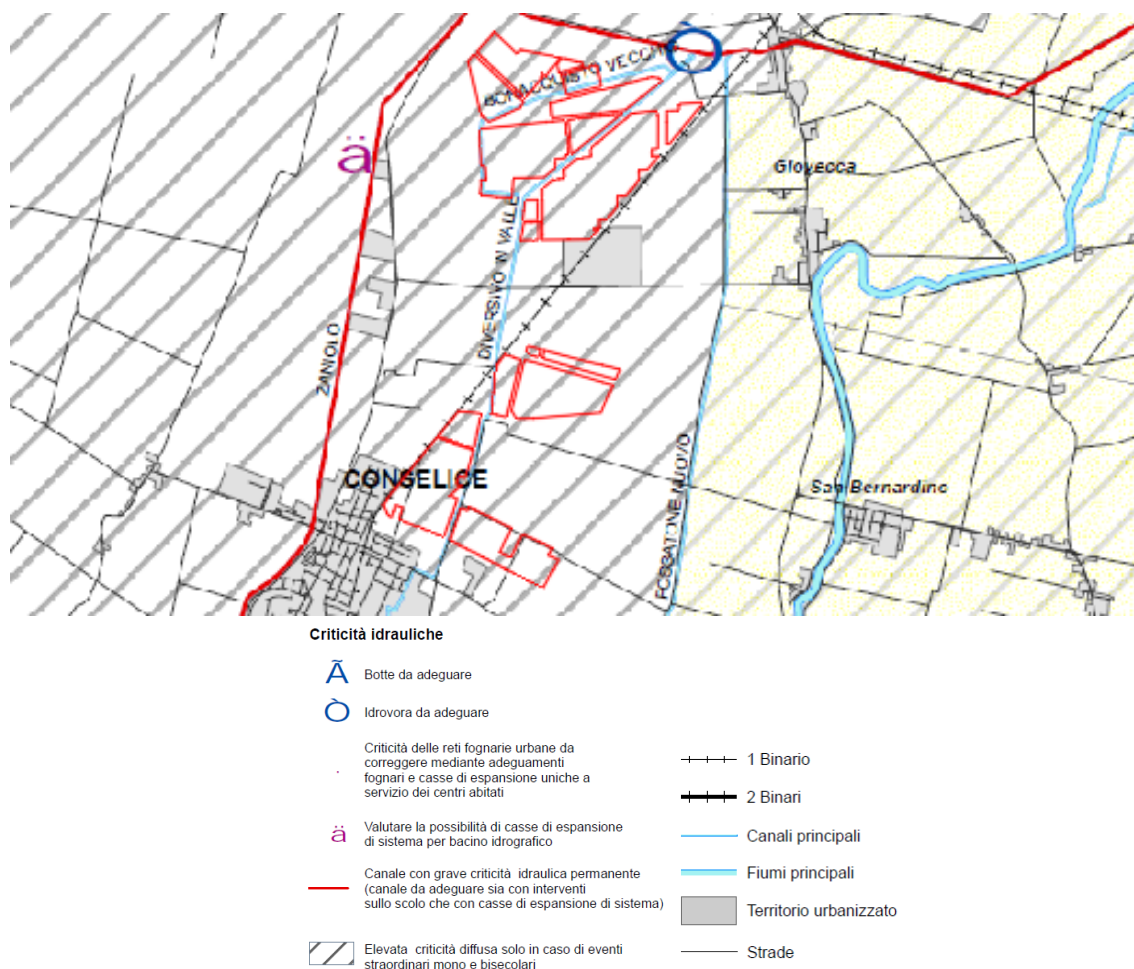


Figura 5.1: Tavola 45 (SV1) - Rischi e criticità idrauliche, in rosso l'impianto

L'intero Comune di Conselice ricade inoltre all'interno del Distretto di pianura del Consorzio di Bonifica della Romagna Occidentale, nel quale il sistema di drenaggio è affidato quasi esclusivamente a opere artificiali di bonifica (canali, scoli, impianti idrovori). Questo perché i corsi d'acqua naturali che attraversano la pianura risultano pensili rispetto al piano campagna, impedendo un deflusso naturale per gravità verso i recapiti principali. In tale contesto, la funzionalità della rete scolante meccanizzata rappresenta un elemento essenziale per la sicurezza idraulica del territorio.



La Direttiva 2007/60/CE o Direttiva alluvioni in quanto relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi da alluvioni, introduce per gli stati membri l'obbligo di dotarsi di un quadro coordinato per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvione e di un Piano di Gestione del rischio alluvioni (PGRA) per la salvaguardia della vita umana e dei beni esposti e la mitigazione dei danni derivanti dalle alluvioni.

La Direttiva prevede che, l'elaborazione, l'aggiornamento e la revisione del PGRA siano condotti con il più ampio coinvolgimento del pubblico e delle parti interessate, incoraggiandone la partecipazione attiva. Il D.Lgs. 49/2010 recepisce a livello nazionale la direttiva 2007/60/CE prevedendo la predisposizione del PGRA nell'ambito delle attività di pianificazione di bacino di cui agli articoli 65, 66, 67, 68 del D.Lgs. n. 152 del 2006.

Lo strumento per la valutazione e la gestione del rischio è rappresentato dalle **mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni** (art. 6 D.Lgs. 49/2010 e art. 6 Dir. 2007/60/CE).

Le mappe della pericolosità² riportano l'estensione potenziale delle inondazioni causate dai corsi d'acqua (naturali e artificiali), dal mare e dai laghi, con riferimento a tre scenari (alluvioni rare, poco frequenti e frequenti) distinti con tonalità di blu, la cui intensità diminuisce in rapporto alla diminuzione della frequenza di allagamento.

Le mappe PGRA, di cui stralcio sono riportate nelle successive figure, individuano tre distinti scenari di pericolosità:

- **Scenario P3 – Pericolosità elevata (H)**

Associato ad alluvioni frequenti, con tempo di ritorno compreso tra 20 e 50 anni. Tali eventi presentano elevata probabilità di accadimento e sono generalmente legati a esondazioni del reticolo idrografico principale e secondario, con significative estensioni areali e potenziali danni a edifici, infrastrutture e attività antropiche.

- **Scenario P2 – Pericolosità media (M)**

Riferito ad alluvioni poco frequenti, con tempo di ritorno compreso tra 100 e 200 anni.

Gli eventi risultano meno probabili rispetto allo scenario P3, ma possono comunque determinare allagamenti diffusi, soprattutto nelle aree di pianura a bassa quota e con ridotta capacità di smaltimento delle acque.

- **Scenario P1 – Pericolosità bassa (L)**

Connesso ad alluvioni rare di estrema intensità, con tempo di ritorno fino a 500 anni.

Si tratta di eventi a bassa probabilità, ma potenzialmente caratterizzati da effetti rilevanti in termini di estensione e profondità degli allagamenti, in particolare in condizioni di concomitanza di più fattori critici (piene eccezionali, inefficienza del reticolo minore, subsidenza).

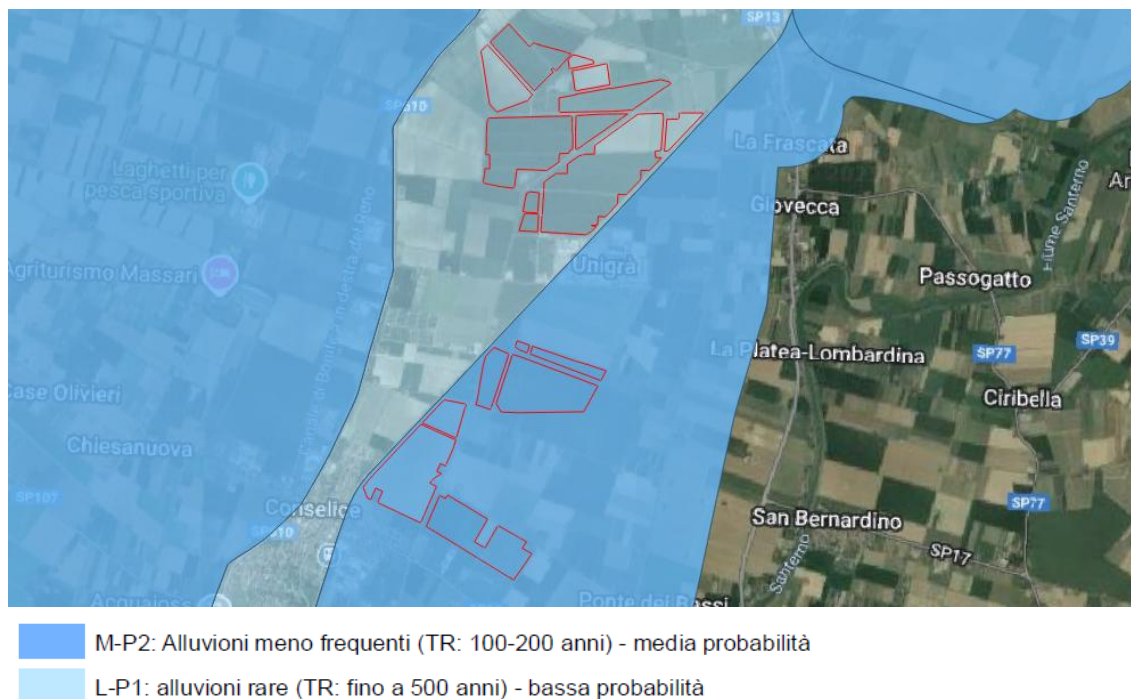


Figura 5.2: Pericolosità di alluvionale complessiva nel distretto da reticolo principale, in rosso l'impianto

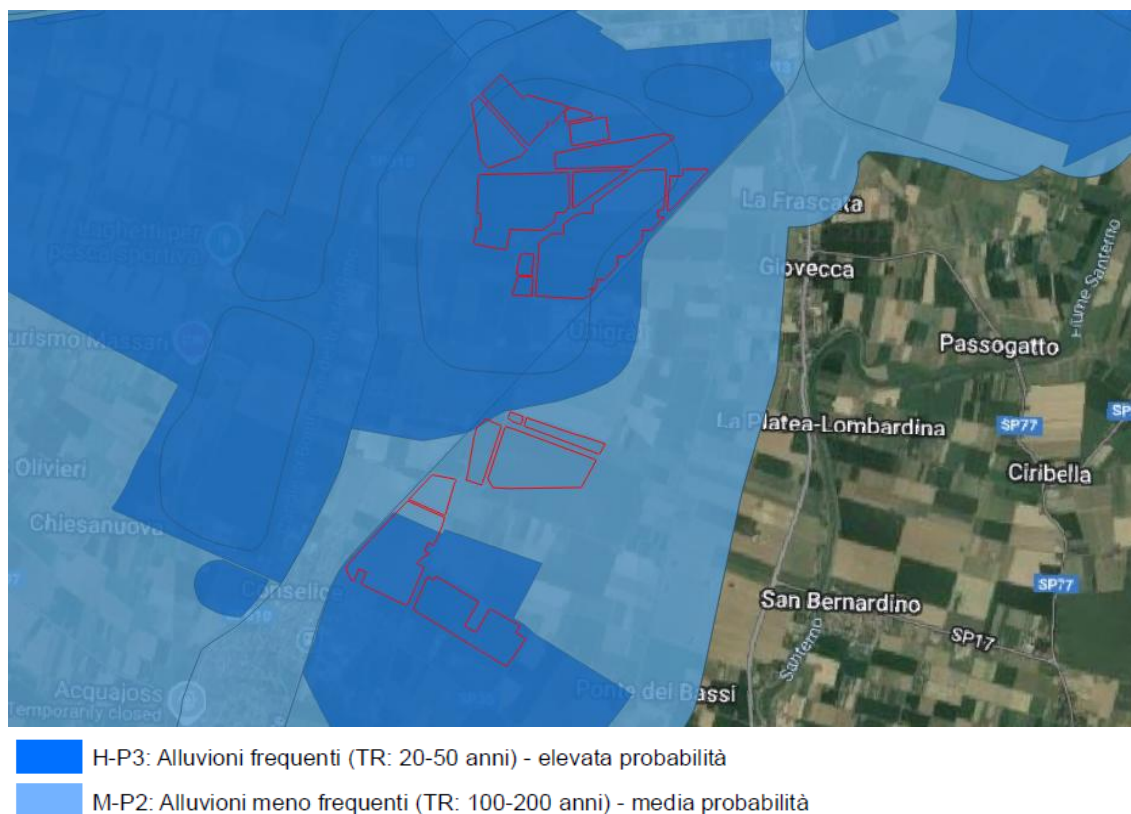


Figura 5.3: Pericolosità di alluvionale complessiva nel distretto da reticolo secondario di pianura, in rosso l'impianto



Dalla consultazione delle mappe di pericolosità PGRA emerge che il territorio comunale di Conselice risulta interessato dagli scenari **P1, P2** l'Ambito RP, **P2 e P3** per l'Ambito RSP, evidenziando una diffusa vulnerabilità idraulica tipica dei contesti di pianura deltizia e valliva.

La presenza contemporanea di scenari a pericolosità elevata (P3) e media (P2) indica che porzioni significative del territorio sono soggette ad allagamenti con elevata e media probabilità, legati in particolare al comportamento del reticolo principale e secondario di pianura, la cui funzionalità è fortemente influenzata dalle condizioni morfologiche, dalla subsidenza e dalla gestione idraulica artificiale.

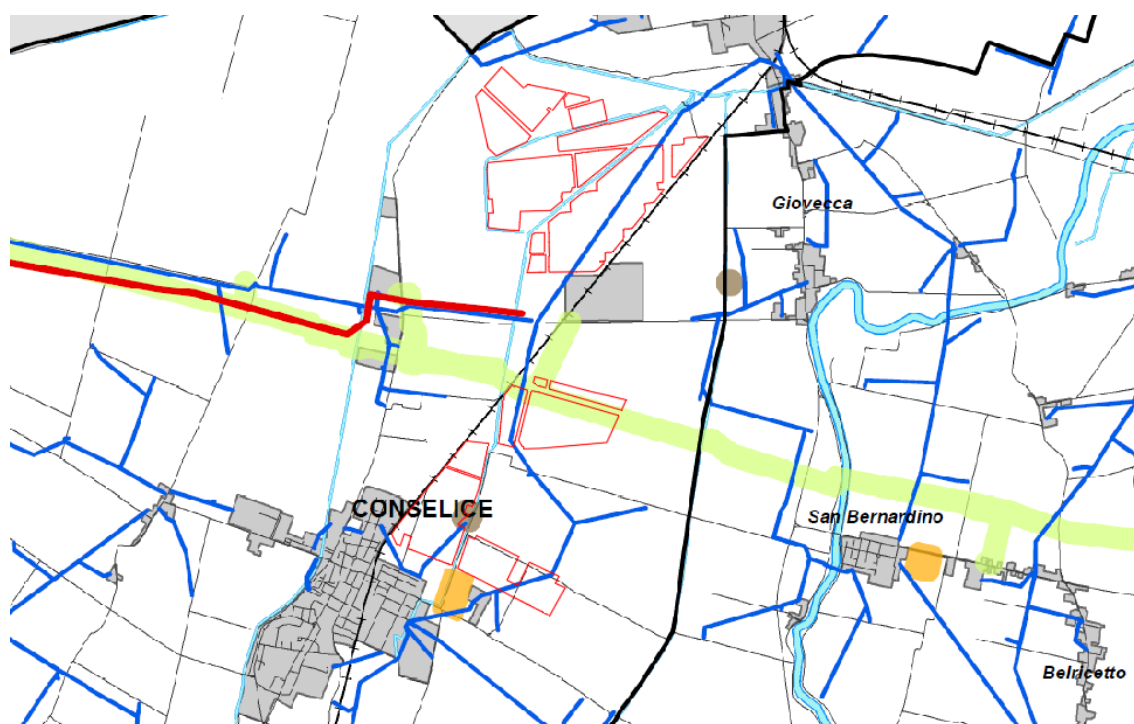
Lo scenario P1, pur caratterizzato da bassa probabilità, assume rilievo in termini di pianificazione e protezione civile, in quanto rappresenta il quadro di riferimento per eventi estremi, con potenziali conseguenze rilevanti sul sistema insediativo e infrastrutturale.

Nel complesso, l'area di studio si inserisce in un contesto a criticità idraulica strutturale, nel quale la coesistenza di più scenari di pericolosità impone particolare attenzione nella pianificazione territoriale, nella valutazione della compatibilità degli interventi e nell'adozione di misure di mitigazione del rischio. Eventuali trasformazioni urbanistiche o infrastrutturali dovranno pertanto essere coerenti con le indicazioni del PGRA e con le prescrizioni previste per gli ambiti RP e RSP, al fine di non incrementare le condizioni di pericolosità e di rischio idraulico esistenti.

Un ulteriore vincolo è quello relativo alla presenza di metanodotti appartenenti alla rete di trasporto sovracomunale, come riportato nel Quadro Conoscitivo del PSC della Bassa Romagna. Tali infrastrutture sono classificate come corridoi energetici principali e ricadono nelle fasce di rispetto definite dal PTCP provinciale, le quali individuano le aree idonee alla localizzazione e alla tutela degli impianti di distribuzione del gas.


Le fasce di tutela dei metanodotti costituiscono vincoli non edificatori e comportano limitazioni operative significative. Qualsiasi intervento che preveda scavi, nuove fondazioni o opere potenzialmente interferenti con il tracciato deve essere preventivamente valutato, adottando misure di sicurezza e coordinamento con gli enti gestori delle reti gas.


Nell'area di studio, tali corridoi infrastrutturali sono rilevanti anche ai fini della valutazione geologica, in quanto la presenza dei metanodotti richiede un'analisi preventiva delle possibili interferenze e una corretta pianificazione degli interventi, tenendo conto delle condizioni geotecniche locali e dei vincoli normativi vigenti.





Fasce di rispetto elettrodotti (D.G.R. n°197/01)

Linee elettriche esistenti

 Fascia di rispetto alla linea AAT 380 KV

 Fascia di rispetto alla linea AT 132 KV

 Fascia di rispetto alla linea MT 15 KV AEREO

 Fascia di rispetto ai metanodotti (DM 24.11.1984)


 Fascia di rispetto cimiteriale

Figura 5.4: Tavola 44 (ST13) - Fasce di rispetto: elettrodotti, metanodotti, etilenodotti, aeroporti, discariche, depuratori, cimiteri, in rosso l'impianto

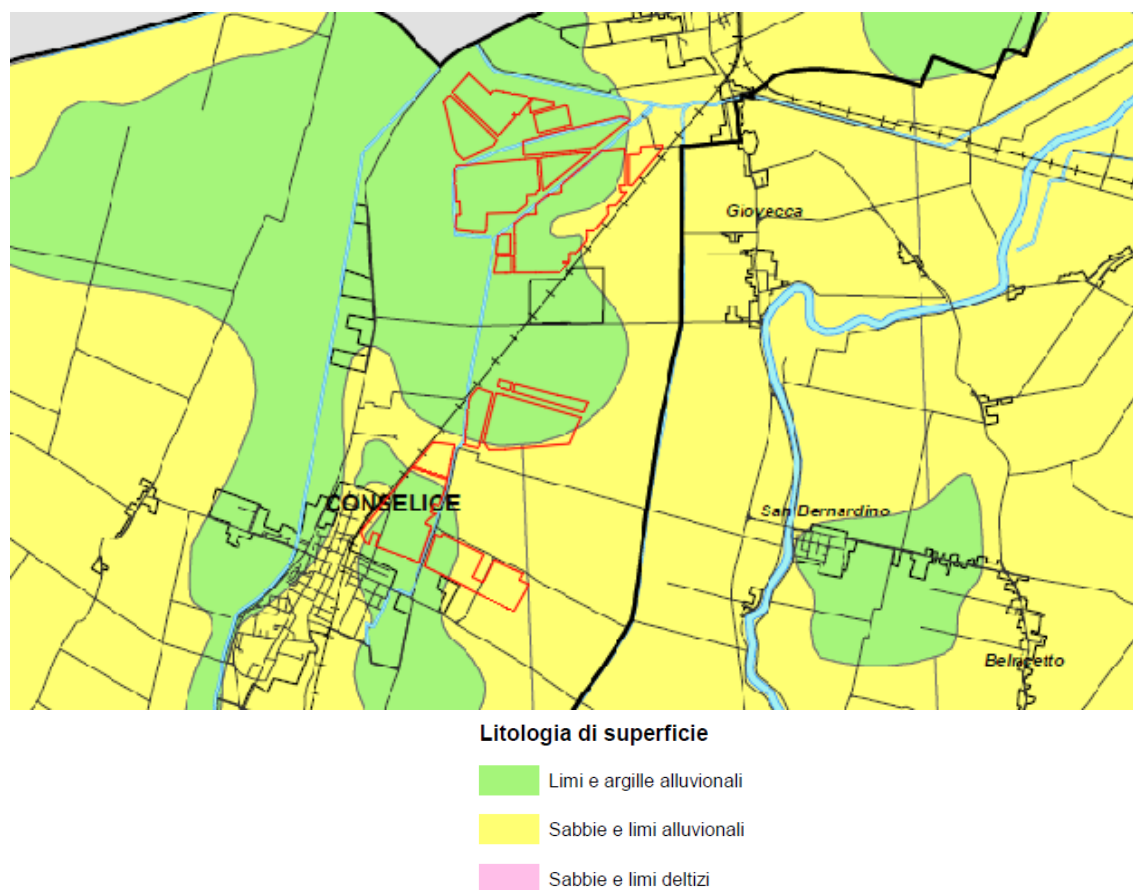
6. QUADRO GEOLOGICO GENERALE

Il territorio di Conselice si sviluppa all'interno della bassa pianura ravennate, un'area formata quasi interamente da depositi alluvionali e palustri molto recenti, risalenti all'Olocene. La geologia locale è dominata da argille e limi, spesso ricchi di sostanza organica, che testimoniano la presenza, in passato, di ampie zone paludose. A nord dell'allineamento Conselice-Fusignano questi materiali diventano particolarmente scuri e organici, proprio perché legati a paludi d'acqua dolce, effimere o più estese.

In mezzo a questi sedimenti fini compaiono, in punti limitati, lenti e fasce sabbiose: sono antichi depositi di argine e tracimazione fluviale, o canali abbandonati che si sono riempiti nel tempo. Questi corpi sabbiosi formano tracciati sinuosi, larghi anche alcune centinaia di metri, che raccontano la dinamica dei fiumi appenninici (come Santerno e Senio) e dei rami padani più settentrionali.

Più in profondità, ma non in superficie, si trovano invece ghiaie fluviali, residuo di antiche conoidi alluvionali. Questi livelli ghiaiosi compaiono soprattutto verso il margine sud-occidentale del territorio intercomunale, ma a Conselice rimangono sepolti sotto molti metri di sedimenti più fini.

Nel complesso, la geologia di Conselice è quella tipica della pianura più bassa e giovane: un'alternanza di argille, limi e sabbie fini, con falde superficiali e terreni morbidi, compressibili e ricchi d'acqua. È un terreno che conserva la memoria di un ambiente in continua trasformazione, modellato da fiumi divaganti e da zone umide diffuse.



*Figura 6.1:: Tavola 31 (SNA15) - Litologia di superficie, in rosso l'impianto
(rif. Carta1-4 elaborato specialistico "Geologia, ambiente, sismica")*

7. ASSETTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

Il comune di Conselice è delimitato dagli argini dei corsi principali come Reno (a nord), Sillaro (a ovest) e Santerno (a est). Il territorio è interamente pianeggiante, caratterizzato da un reticolo di canali artificiali e scolmatori realizzati per la bonifica e la gestione delle acque di superficie.



Figura 7.1: Rete fluviale superficiale, in rosso l'impianto

Il sistema idrografico dell'area di Conselice è caratterizzato da una fitta rete di opere artificiali di bonifica e scolmatori che integrano i corpi idrici naturali di pianura. In questo quadro, il Diversivo di Valle, situato sulla destra idraulica del fiume Reno, svolge una funzione determinante di raccolta e convogliamento delle acque superficiali. Esso riceve gli scarichi pluviali, gli scolmi agricoli e i contributi di piccoli corsi e canali minori, trasferendoli al Canale in Destra Reno, il principale collettore di bonifica della Romagna occidentale il cui percorso si estende lungo la bassa pianura in direzione del mare Adriatico.

A livello funzionale, il Diversivo di Valle assume un ruolo di drenaggio e laminazione idrica: la presenza di paratoie regolabili e di bacini di espansione associati permette di modulare le portate in ingresso al Canale in Destra Reno, attenuando gli effetti delle piene e limitando il rischio di allagamenti nelle aree di campagna e negli insediamenti urbani circostanti. In corrispondenza del Diversivo, infatti, sono state istituite aree di riequilibrio ecologico come i Bacini di Conselice, zone umide che svolgono anche funzioni ambientali e paesaggistiche nel territorio.

L'acquifero freatico è contenuto all'interno di depositi argillo-limosi, presenti in modo pressoché omogeneo nell'area in esame e largamente predominanti dal punto di vista litologico. Tali depositi sono caratterizzati da una elevata impermeabilità, sia verticale sia orizzontale, con un coefficiente di permeabilità dell'ordine di 10^{-8} cm/s.



La superficie freatica risulta variabile nel tempo in funzione sia del drenaggio a controllo antropico esercitato dalla rete dei canali di bonifica, sia della stagionalità climatica, in particolare delle variazioni di temperatura atmosferica e del regime delle precipitazioni.

Il livello della falda freatica e/o delle falde superficiali (primo acquifero libero) dipende pertanto dalle precipitazioni, dal regime termico-stagionale e dalle caratteristiche litologiche dei terreni, in relazione alla loro natura di acquiclude o acquitardo, ovvero al loro grado di impermeabilità alla circolazione dell'acqua interstiziale. In tale contesto, il livello della falda può subire oscillazioni anche superiori al metro, sia in condizioni di prolungata siccità sia durante periodi caratterizzati da abbondanti precipitazioni. Come comunemente riscontrabile nei territori della Pianura Padana, si osserva infatti un abbassamento del livello freatico nei periodi caldi e siccitosi e, viceversa, un suo innalzamento durante le stagioni più piovose.



8. LE INDAGINI GEOGNOSTICHE ED IL MODELLO GEOLOGICO

Le litologie indicate per l'area in studio dalla letteratura specifica sono rappresentate da depositi alluvionali a tessitura prevalentemente limoso-argillosa e sabbiosa.

Per la determinazione dei parametri geotecnici si è fatto riferimento a quanto riportato nel D.M. 11/03/1988 e nel D.M. 17/01/2018, recanti le prescrizioni per le indagini da effettuarsi ai fini della progettazione delle opere di fondazione.

È stata quindi programmata l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche, consistita nella realizzazione di n. 13 prove penetrometriche statiche CPT (Cone Penetration Test), eseguite mediante attrezzatura GOUDA 200 kN – Penetrometro Pagani TG63-100.

L'indagine consiste nell'infissione nel terreno, a velocità costante, di una punta conica standardizzata dotata di celle di carico per la misura della resistenza di punta e dell'attrito laterale. L'avanzamento è garantito da un sistema di spinta idraulica, mentre i valori acquisiti in continuo consentono di ottenere una ricostruzione ad alta risoluzione verticale del sottosuolo.

La teoria alla base della prova si fonda sul principio che la risposta del terreno alla penetrazione della punta rifletta il comportamento meccanico dei litotipi incontrati: nei terreni granulari la resistenza di punta aumenta in funzione della densità relativa e dello stato tensionale efficace, mentre nei terreni coesivi la combinazione tra resistenza di punta e attrito laterale risulta direttamente correlata alla consistenza e alla resistenza non drenata. L'analisi dei dati permette quindi di individuare variazioni litologiche, livelli a differente consistenza e possibili orizzonti deboli o compressibili.

Mediante l'applicazione di correlazioni geotecniche consolidate è possibile derivare parametri significativi quali densità relativa, consistenza dei terreni coesivi, resistenza non drenata, angolo di attrito e, in alcuni contesti, il grado di sovra consolidazione.

L'elaborazione combinata della resistenza di punta, dell'attrito laterale e dell'indice di attrito consente inoltre una classificazione litologica affidabile del sottosuolo, riducendo le incertezze interpretative e fornendo un quadro completo a supporto delle successive fasi di progettazione.



Figura 8.1: Ubicazione Prove CPT

Le prove geotecniche sono state realizzate in corrispondenza dell'area d'intervento, come definito in via preliminare con la Committenza, e la loro ubicazione è riportata nella precedente Figura 11. Tutte le prove sono state interrotte a -10 m dal piano campagna.

La falda è stata individuata a una profondità media di $-2,90$ m da piano campagna in corrispondenza delle prove ubicate nella porzione nord del sito, mentre nella parte sud è stata rilevata a una quota media di $-3,60$ m da p.c.

Per la consultazione degli esiti delle prove effettuate si rimanda al Report delle indagini allegato alla presente relazione (Rif. Elab. 3342_6955_CNS_R34_A01_Rev0_Report Indagini).

Si riporta di seguito una serie di foto scattate in data 3 e 4 dicembre in occasione delle prove CPT.



CPT9



CPT10



CPT11



CPT12



CPT13



Figura 8.2: Esecuzione Prove CPT – dicembre 2025



9. IL MODELLO GEOTECNICO

La caratterizzazione geotecnica consiste nella modellazione del sottosuolo, con riguardo sia al tipo di terreno sia alle eventuali problematiche e alle caratteristiche dell'opera da realizzare.

Per la determinazione dei parametri geotecnici si è fatto riferimento a quanto riportato nel D.M. 17/01/2018, recante le prescrizioni per le indagini da effettuarsi ai fini della progettazione delle opere di fondazione.

In particolare, per la definizione dei principali parametri geotecnici si è fatto riferimento alle prove CPT condotte in sito e alle formule disponibili in letteratura, ritenute più consone alle litologie attraversate, mediante le quali è possibile ottenere stime attendibili delle caratteristiche dei terreni indagati.

I risultati delle indagini e le relative correlazioni evidenziano una configurazione del sottosuolo costituita da tre unità litologiche nei primi 10 m da p.c. e caratterizzate da differenti spessori.

Sulla base dell'interpretazione delle prove penetrometriche statiche (CPT), è stato possibile individuare, nell'intero ambito di studio, una successione litostratigrafica di riferimento, rappresentativa di un modello medio del sottosuolo. Si evidenzia tuttavia che, data l'estensione dell'area indagata, la stratigrafia e gli spessori delle singole unità possono presentare variazioni locali significative; pertanto, ai fini progettuali, si dovrà fare riferimento ai risultati delle singole prove eseguite nelle diverse zone.

Il modello litostratigrafico medio individuato risulta articolato nelle seguenti unità:

- **Unità A:** da 0,0 a 1,0 m dal piano campagna, costituita da terreno coltivo.
- **Unità B:** da 1,0 a 5,0 m dal piano campagna, costituita prevalentemente da argille e/o limi
- **Unità C:** da 5,0 a 10,0 m dal piano campagna, costituita da argille, con presenza occasionale di lenti torbose e/o limose a diverse profondità.

9.1 STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Per la determinazione dei parametri geotecnici del sottosuolo è stata eseguita una prova penetrometrica meccanica statica con punta conica e manicotto laterale di attrito. Di seguito sono riportate le principali caratteristiche dello strumento impiegato e le modalità di elaborazione dei valori registrati in campagna.

Caratteristiche dello strumento

- Punta conica meccanica di diametro 35,7 mm, con area $A_p = 10 \text{ cm}^2$.
- Angolo di apertura della punta $\alpha = 60^\circ$.
- Manicotto laterale di attrito tipo *Begemann* ($\varnothing = 35,7 \text{ mm}$; altezza = 133 mm; area = 150 cm^2).
- Velocità di avanzamento costante: $V = 2 \text{ cm/s}$ (0,6 cm/s per alcuni modelli).
- Spinta massima nominale S_{max} variabile in funzione del tipo di attrezzatura.
- Costante di trasformazione:

$$CT = \frac{\text{Spinta (kg)}}{\text{Lettura di campagna}}$$

Tale costante è fornita dal costruttore e dipende dalle caratteristiche del penetrometro.

La prova prevede tre fasi di infissione, ognuna associata a specifiche letture e resistenze calcolate:

Fase 1 — Resistenza alla punta

Durante l'infissione della sola punta si registra la prima lettura L1, da cui si ricava:

$$qc(MPa) = \frac{L1 \cdot CT}{10}$$

Fase 2 — Resistenza laterale locale

Durante l'infissione contemporanea di punta e manicotto si registra la seconda lettura L2. La resistenza laterale locale è quindi calcolata come:

$$fs(kPa) = \frac{(L2 - L1) \cdot CT}{150}$$

Fase 3 — Resistenza totale

L'infissione dell'intera batteria di aste fornisce la terza lettura Lt, da cui si ricava:

$$Rt(kPa) = Lt \cdot CT$$

La spinta S (kg) corrispondente a ciascuna fase è data dal prodotto tra la lettura di campagna e la costante di trasformazione CT.

A causa della distanza di circa 20 cm tra il centro del manicotto laterale e la punta conica, la resistenza laterale locale fs è riferita a un punto situato circa 20 cm sopra la punta.

In considerazione della notevole estensione dell'area di intervento, le unità litostratigrafiche indagate presentano spessori e caratteristiche variabili nei diversi punti in cui sono state eseguite le indagini geognostiche. Ne consegue che, ai fini della progettazione, sarà necessario fare riferimento alle singole aree di interesse, valutando in modo puntuale e distinto i risultati delle indagini disponibili.

Sulla base delle correlazioni precedentemente illustrate, vengono di seguito sintetizzati i principali parametri geotecnici riferiti all'orizzonte indagato, ricavati dall'elaborazione complessiva dei dati acquisiti.

Si precisa che l'angolo di attrito è stato stimato sulla base di valori di letteratura, tenuto conto della prevalente presenza di livelli argillosi e argilloso-torbosi. Per una corretta e puntuale definizione di tale parametro sarà necessario prevedere il prelievo di campioni indisturbati, da sottoporre a idonee prove di laboratorio.

Il coefficiente di Poisson è stato determinato a partire dalla media dei valori ricavati dall'elaborazione delle prove sismiche MASW.

A titolo riepilogativo, nel seguito si riportano i valori medi dei parametri geotecnici ottenuti dalle singole prove eseguite.

Tabella 9.1: Esito prove CPT

CPT1:

	Peso di volume efficace (t/mc)	Cu (kPa)	Modulo di deformazione edometrico (U.M.)	MODULO ELASTICO (U.M.)	ANGOLO D'ATTRITO (°)	POISSON (ADIM.)
Unità A	1,85	96,51	47,43	35,13	5°-10°	0.40
Unità B	1,85	60,49	6,33	4,69	5°-10°	0.40
Unità C	1,85	45,59	4,49	3,33	5°-10°	0.40

CPT2:

	Peso di volume efficace (t/mc)	Cu (kPa)	Modulo di deformazione edometrico (U.M.)	MODULO ELASTICO (U.M.)	ANGOLO D'ATTRITO (°)	POISSON (ADIM.)
Unità A	1,85	32,30	3,90	2,89	5°-10°	0.40
Unità B	1,85	26,48	2,25	1,67	5°-10°	0.40
Unità C	1,85	21,76	1,95	1,44	5°-10°	0.40

CPT3:

	Peso di volume efficace (t/mc)	Cu (kPa)	Modulo di deformazione edometrico (U.M.)	MODULO ELASTICO (U.M.)	ANGOLO D'ATTRITO (°)	POISSON (ADIM.)
Unità A	1,85	48,04	4,85	3,59	5°-10°	0.40
Unità B	0,68	22,60	2,03	1,50	5°-10°	0.40
Unità C	0,74	11,47	1,35	1,00	5°-10°	0.40

CPT4:

	Peso di volume efficace (t/mc)	Cu (kPa)	Modulo di deformazione edometrico (U.M.)	MODULO ELASTICO (U.M.)	ANGOLO D'ATTRITO (°)	POISSON (ADIM.)
Unità A	1,85	61,68	6,53	4,84	5°-10°	0.40
Unità B	1,64	33,14	3,59	2,66	5°-10°	0.40
Unità C	0,60	15,43	1,19	0,88	5°-10°	0.40

CPT5:

	Peso di volume efficace (t/mc)	Cu (kPa)	Modulo di deformazione edometrico (U.M.)	MODULO ELASTICO (U.M.)	ANGOLO D'ATTRITO (°)	POISSON (ADIM.)
Unità A	1,85	76,73	8,77	6,50	5°-10°	0.40
Unità B	1,85	45,40	4,57	3,38	5°-10°	0.40
Unità C	0,87	31,80	3,20	2,37	5°-10°	0.40



CPT6:

	Peso di volume efficace (t/mc)	Cu (kPa)	Modulo di deformazione edometrico (U.M.)	MODULO ELASTICO (U.M.)	ANGOLO D'ATTRITO (°)	POISSON (ADIM.)
Unità A	1,85	67,55	7,43	5,50	5°-10°	0.40
Unità B	1,30	40,38	4,08	3,02	5°-10°	0.40
Unità C	0,86	35,86	3,58	2,65	5°-10°	0.40

CPT7:

	Peso di volume efficace (t/mc)	Cu (kPa)	Modulo di deformazione edometrico (U.M.)	MODULO ELASTICO (U.M.)	ANGOLO D'ATTRITO (°)	POISSON (ADIM.)
Unità A	1,85	55,13	5,60	4,15	5°-10°	0.40
Unità B	1,85	27,96	2,60	1,93	5°-10°	0.40
Unità C	1,85	13,78	1,14	0,84	5°-10°	0.40

CPT8:

	Peso di volume efficace (t/mc)	Cu (kPa)	Modulo di deformazione edometrico (U.M.)	MODULO ELASTICO (U.M.)	ANGOLO D'ATTRITO (°)	POISSON (ADIM.)
Unità A	1,85	80,28	9,08	6,73	5°-10°	0.40
Unità B	1,10	34,23	3,23	2,39	5°-10°	0.40
Unità C	0,69	17,65	1,77	1,31	5°-10°	0.40

CPT9:

	Peso di volume efficace (t/mc)	Cu (kPa)	Modulo di deformazione edometrico (U.M.)	MODULO ELASTICO (U.M.)	ANGOLO D'ATTRITO (°)	POISSON (ADIM.)
Unità A	1,85	61,48	6,40	4,74	5°-10°	0.40
Unità B	1,30	40,10	3,99	2,96	5°-10°	0.40
Unità C	0,70	29,43	2,51	1,86	5°-10°	0.40



CPT10:

	Peso di volume efficace (t/mc)	Cu (kPa)	Modulo di deformazione edometrico (U.M.)	MODULO ELASTICO (U.M.)	ANGOLO D'ATTRITO (°)	POISSON (ADIM.)
Unità A	1,85	67,45	7,33	5,43	5°-10°	0.40
Unità B	1,43	30,83	2,93	2,17	5°-10°	0.40
Unità C	0,60	21,10	1,50	1,11	5°-10°	0.40

CPT11:

	Peso di volume efficace (t/mc)	Cu (kPa)	Modulo di deformazione edometrico (U.M.)	MODULO ELASTICO (U.M.)	ANGOLO D'ATTRITO (°)	POISSON (ADIM.)
Unità A	1,85	69,85	7,70	5,70	5°-10°	0.40
Unità B	1,36	36,15	3,49	2,58	5°-10°	0.40
Unità C	0,71	21,79	2,13	1,58	5°-10°	0.40

CPT12:

	Peso di volume efficace (t/mc)	Cu (kPa)	Modulo di deformazione edometrico (U.M.)	MODULO ELASTICO (U.M.)	ANGOLO D'ATTRITO (°)	POISSON (ADIM.)
Unità A	1,85	114,33	13,73	10,17	5°-10°	0.40
Unità B	1,40	45,02	4,57	3,38	5°-10°	0.40
Unità C	0,75	28,52	2,67	1,98	5°-10°	0.40

CPT13:

	Peso di volume efficace (t/mc)	Cu (kPa)	Modulo di deformazione edometrico (U.M.)	MODULO ELASTICO (U.M.)	ANGOLO D'ATTRITO (°)	POISSON (ADIM.)
Unità A	1,85	62,28	6,75	5,00	5°-10°	0.40
Unità B	1,26	34,66	3,08	2,28	5°-10°	0.40
Unità C	0,79	31,88	3,05	2,26	5°-10°	0.40

10. PROVE DI PERMEABILITÀ

Al fine di determinare il grado di permeabilità dei terreni interessati dal futuro intervento, sono state eseguite tre prove di permeabilità mediante infiltrometro a doppio anello. Le prove sono state condotte in data 2 dicembre 2025 e la loro ubicazione è riportata di seguito:

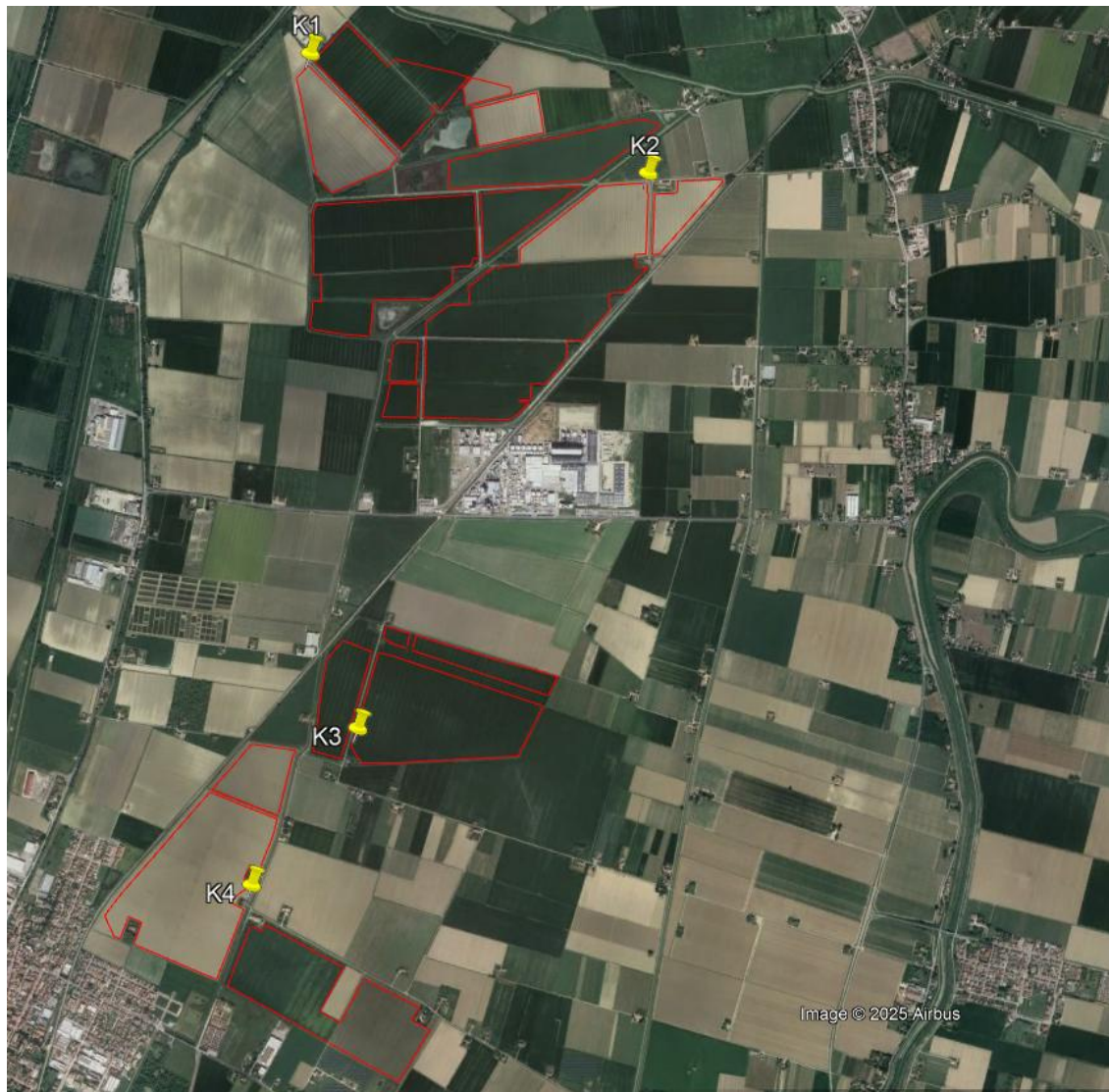


Figura 10.1: Ubicazione prove di permeabilità

Le prove condotte hanno permesso di ricavare un valore medio di permeabilità pari a $3,06 \times 10^{-6}$ m/s, equivalente in letteratura a un'argilla limosa debolmente sabbiosa.

Tale valore medio di permeabilità conferma ulteriormente la litologia rilevata nel corso delle prove CPT e indicata negli strumenti urbanistici vigenti.

Si riportano di seguito alcune immagini relative alle prove eseguite; per maggiori approfondimenti e per i risultati di dettaglio si rimanda all'allegato tecnico contenente la documentazione completa delle indagini condotte.

Tabella 10.1: Prove di permeabilità

PROVE PERMEABILITA' – K1	PROVE PERMEABILITA' – K2
	
PROVE PERMEABILITA' – K3	PROVE PERMEABILITA' – K4
	

11. INDAGINI GEOFISICHE

Ai fini della definizione della categoria sismica del sottosuolo e per una migliore comprensione dei rapporti geometrici tra i depositi, in data 02/12/2025 è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche, consistite in n. 3 prospezione sismica attiva di tipo MASW la cui ubicazione è riportata nella Figura seguente.

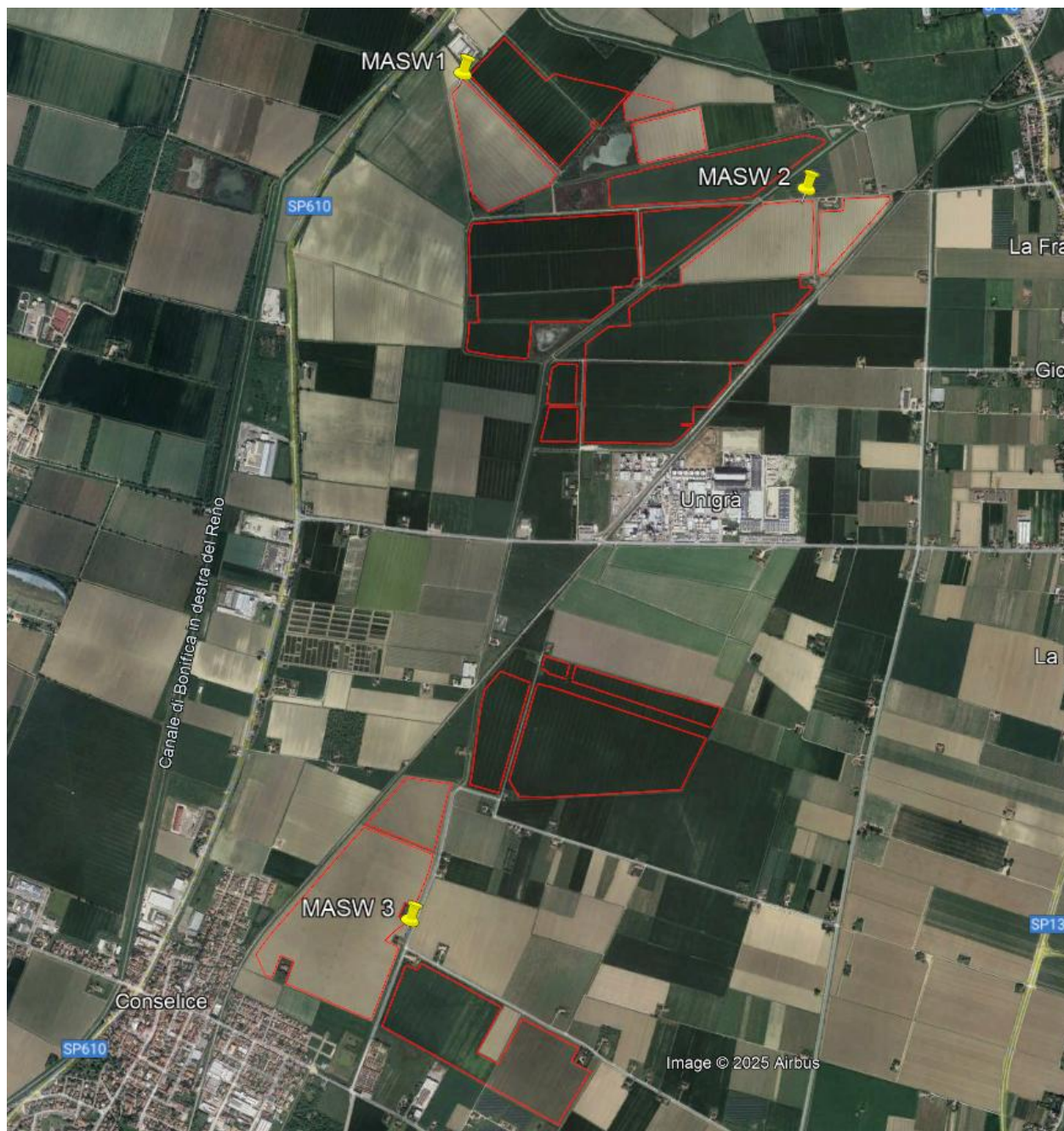


Figura 11.1: Ubicazione prova MASW

11.1 SISMICA ATTIVA

Ai fini della caratterizzazione sismica dei litotipi costituenti il sottosuolo, parallelamente all'esecuzione delle prove penetrometriche, sono state eseguite quattro prospezioni sismiche di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La tipologia d'indagine si propone di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh), che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione (da "Caratterizzazione sismica dei suoli con il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves - Ing. Vitantonio Roma).

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo; invece, onde a bassa frequenza si propagano e quindi interessano e caratterizzano gli strati più profondi del suolo.

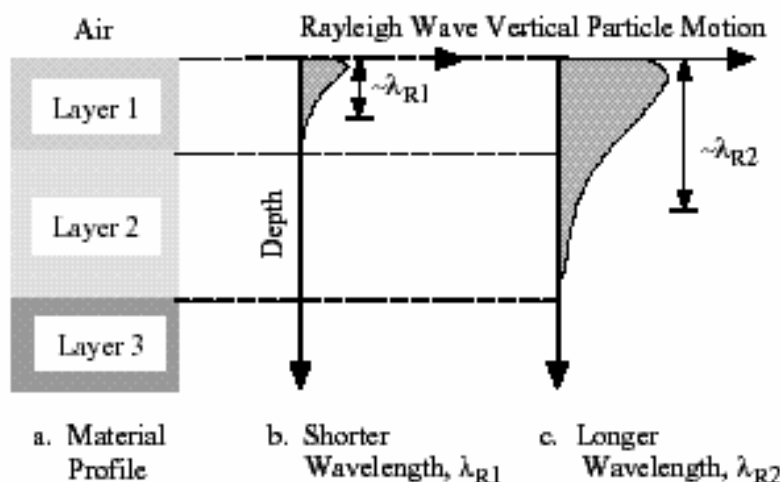


Figura 11.2: La profondità investigata dalle onde di Rayleigh dipende dalla lunghezza d'onda, dalla velocità delle onde di taglio V_s e dalla frequenza. (Stokoe II and Santamarina, 2000).

La fase di indagine ha visto l'utilizzo di un Sismografo PASI a 24 canali, modello GEA24, costituito da una scheda di acquisizione 24 bit e interfaccia USB per PC esterno, al quale sono stati collegati n.24 geofoni con massa oscillante verticali caratterizzati da una frequenza di 4,5Hz. Tale strumento permette di registrare:

- Sismica a Rifrazione;
- Riflessione superficiale;
- MASW, Re.Mi., MAAM, ESAC;
- DOWNHOLE;
- CROSSHOLE.

L'energizzazione necessaria per la fase di acquisizione dei dati MASW è stata eseguita con mazza battente da 8 kg, mentre i parametri della stessa sismica sono i seguenti:

Tabella 11.1: Dati geometria stendimento

LUNGHEZZA	N° SHOT	OFFSET GEOFONI	OFFSET MINIMO	TIPOLOGIA DI ACQUISIZIONE
54m	24	2,0m	8,0 m	Rayleigh (verticali)

Si è ritenuto di eseguire un'indagine di tipo "attivo" con energizzazioni verticali (Rayleigh) a 5 stack al fine di ridurre il più possibile il rumore di fondo di origine antropica presente durante la fase di acquisizione.

La geometria dello stendimento è basata sulla metodologia "off-end shooting" vale a dire con le energizzazioni svolte da uno stesso lato rispetto al sistema di acquisizione.

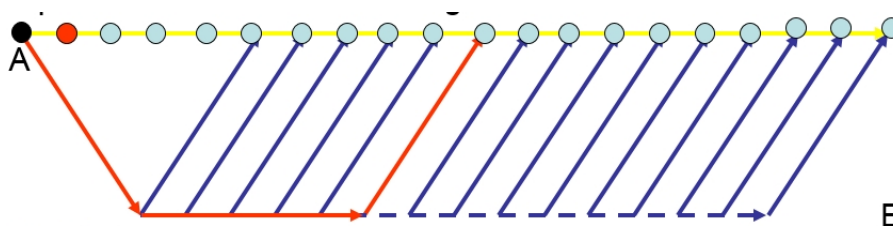


Figura 11.3: Geometria dello stendimento

Nella fase successiva all'acquisizione, i dati raccolti sono stati elaborati con il software WinMASW-3C ©, prodotto dalla società EliaSoft, che ha permesso di elaborare la prova MASW mediante l'utilizzo delle curve modali.



Figura 11.4: Esecuzione prova sismica MASW1



Figura 11.5: Esecuzione prova sismica MASW2



Figura 11.6: Esecuzione prova sismica MASW 3

11.1.1 MASW1

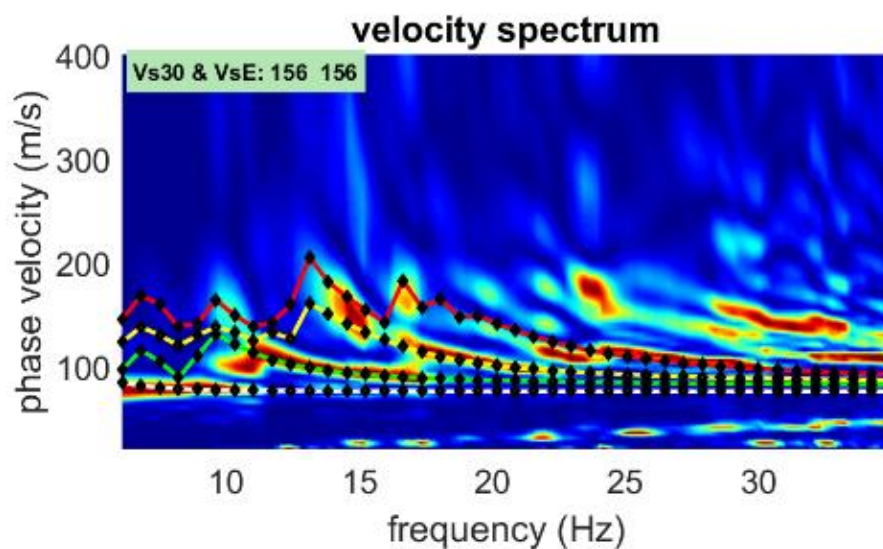


Figura 11.7: Spettro velocità di fase - Frequenza e curva di dispersione

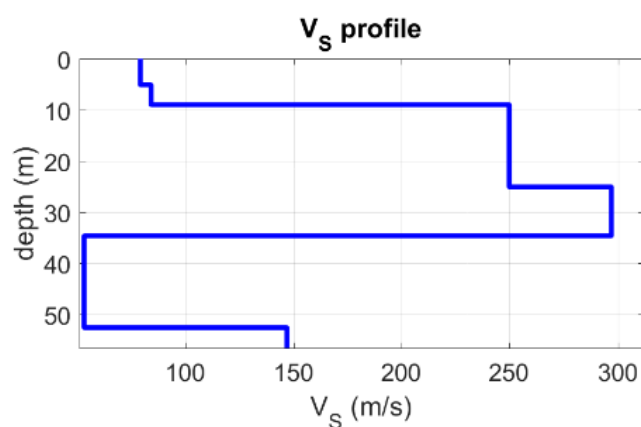


Figura 11.8: Spettro velocità di fase - Frequenza e curva di dispersione

Si riporta la stratigrafia sismica dedotta dalla prova MASW effettuata:

Tabella 11.2: Valori delle velocità delle onde di taglio per ciascuno strato

Vs(m/s)	POISSON	SPESSORE (m)
79	0.45	5.1
84	0.45	3.9
250	0.45	16.1
297	0.40	9.6
53	0.40	18
Vs Eq (m/s)	156	

11.1.2 MASW 2

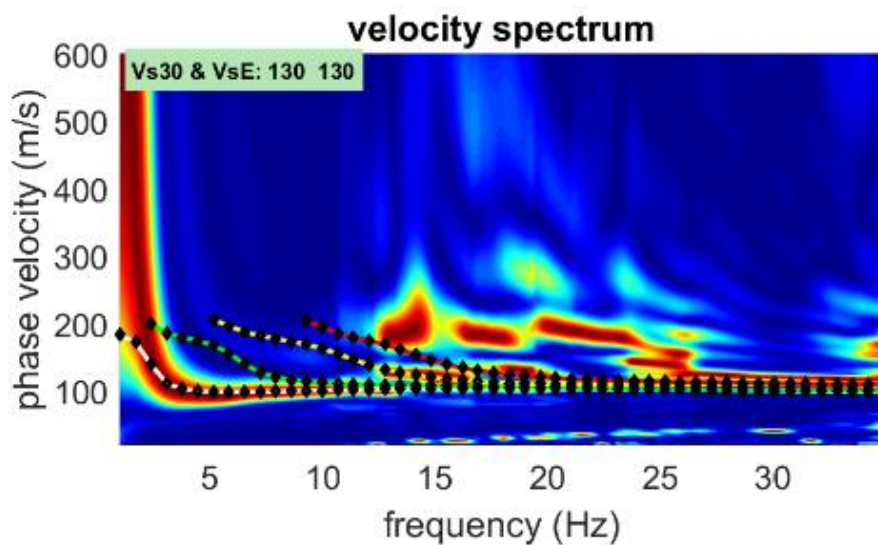


Figura 11.9: Spettro velocità di fase - Frequenza e curva di dispersione

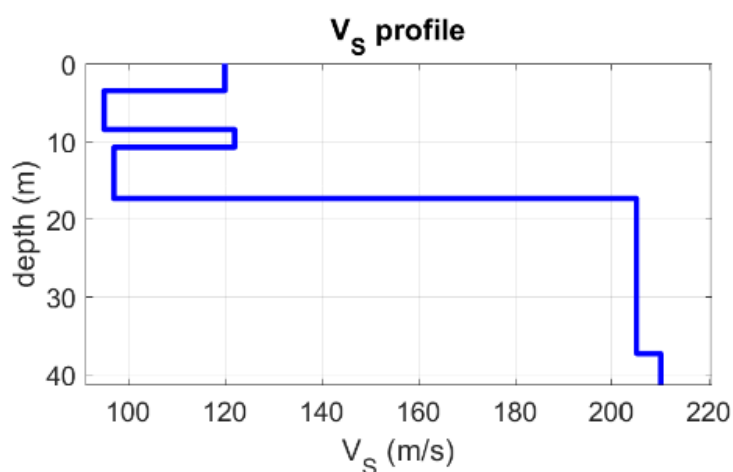


Figura 11.10: Spettro velocità di fase - Frequenza e curva di dispersione

Si riporta la stratigrafia sismica dedotta dalla prova MASW effettuata:

Tabella 11.3: Valori delle velocità delle onde di taglio per ciascuno strato

Vs(m/s)	POISSON	SPESSORE (m)
120	0.35	3.5
95	0.35	5.0
122	0.35	2.3
97	0.35	6.6
205	0.35	20
Vs Eq (m/s)	130	

11.1.3 MASW 3

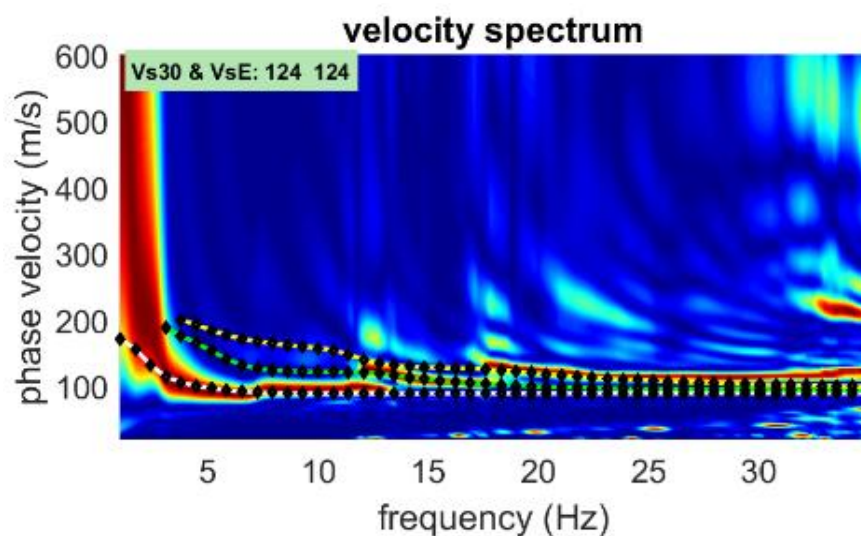


Figura 11.11: Spettro velocità di fase - Frequenza e curva di dispersione

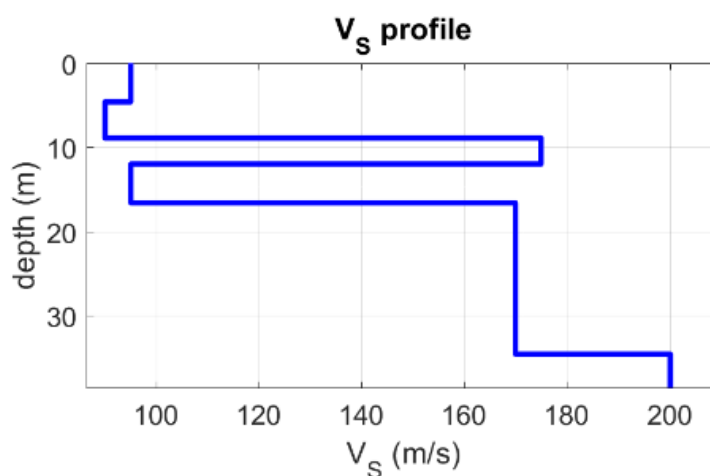


Figura 11.12: Spettro velocità di fase - Frequenza e curva di dispersione

Si riporta la stratigrafia sismica dedotta dalla prova MASW effettuata:

Tabella 11.4: Valori delle velocità delle onde di taglio per ciascuno strato

Vs(m/s)	POISSON	SPESSORE (m)
95	0.35	4.6
90	0.35	4.3
175	0.35	3.1
95	0.35	4.6
170	0.35	18
Vs Eq (m/s)	124	

11.2 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Le valutazioni sulla pericolosità sismica di base vengono effettuate a partire dalla Zonazione sismogenetica ZS9, che rappresenta il risultato di accurati modelli sismotettonici derivanti dall'analisi degli elementi geologici e strutturali coinvolti nelle dinamiche litosferiche profonde e superficiali.

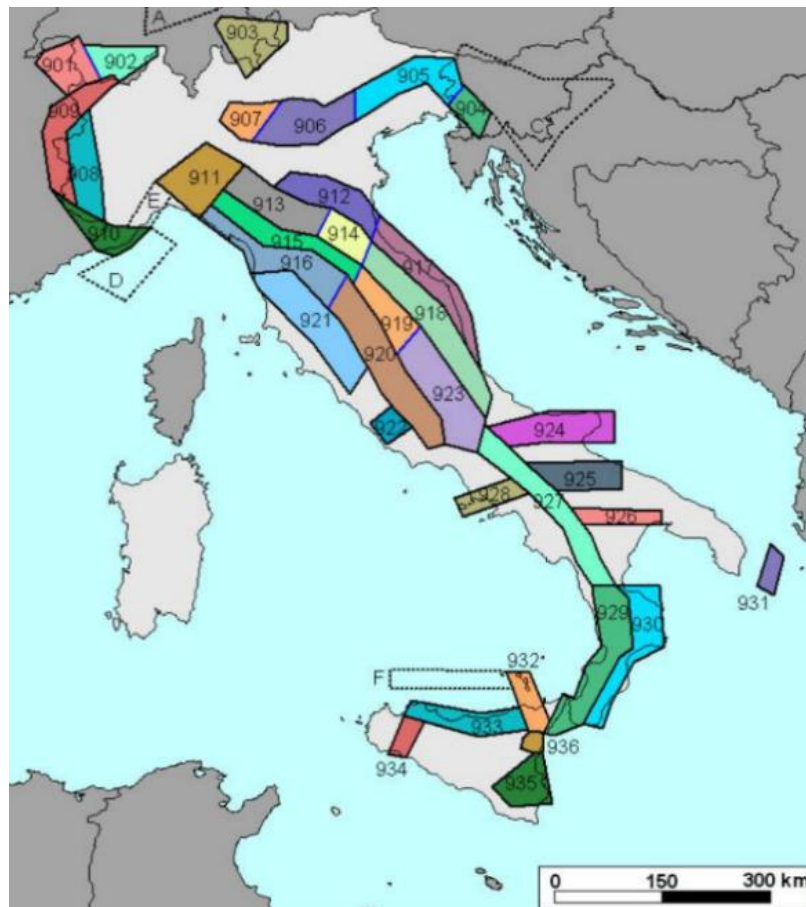


Figura 11.13: Zonazione sismogenetica ZS9

Il territorio di interesse ricade a margine della Zona sismogenetica ZS 912 (Mw max 6.14), che interessa tutta la porzione meridionale della pianura Emiliano-Romagnola, da Novellara (RE) fino a Milano Marittima (RA), delimitata a sud dalla direttrice della via Emilia e a nord dalla bassa pianura del Po.

A partire dalla zonazione sismogenetica si perviene alla definizione della pericolosità sismica di base, la quale comprende quindi tutti quegli aspetti che caratterizzano sismicamente un'area, quali le sorgenti sismogenetiche, l'energia, il tipo e la frequenza dei terremoti dai quali deriva il moto di input atteso, e alla redazione di mappe di pericolosità per l'intero territorio nazionale (OPCM 3519/2006).

La pericolosità sismica di base viene definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa $a(g)$ in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (velocità di propagazione delle onde S maggiore di 800 m/s) con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR. In particolare, la normativa definisce come riferimento una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni per un tempo di ritorno di 475 anni.

Sulla base della pericolosità sismica di base il territorio nazionale è stato classificato e suddiviso in 4 zone con livelli decrescenti di pericolosità, in funzione delle accelerazioni di picco al suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni secondo lo schema seguente:

- Zona 1 $a(g) = > 0.25 g$

- Zona 2 a(g) = 0.15 - 0.25 g
- Zona 3 a(g) = 0.05 - 0.15 g
- Zona 4 a(g) = < 0.05 g

Dove g rappresenta l'accelerazione di gravità.

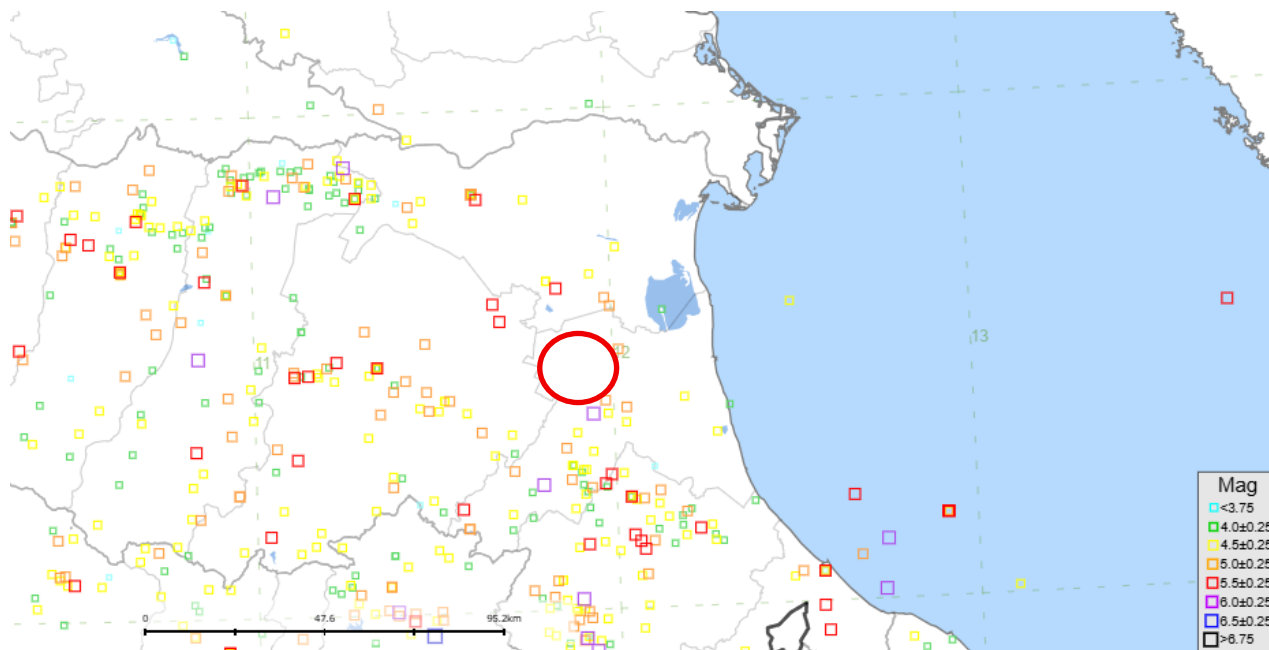
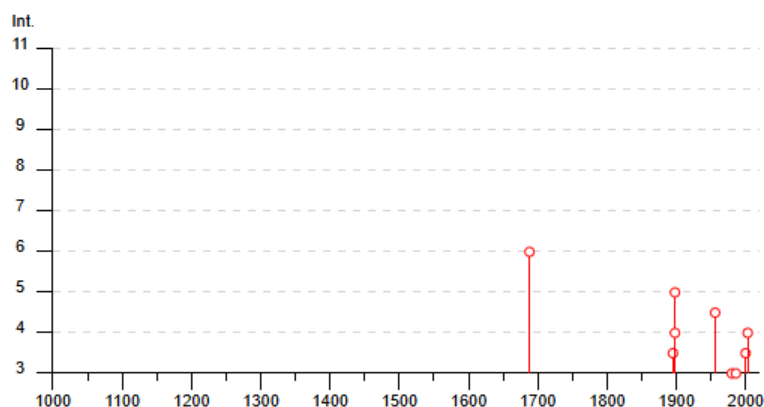


Figura 11.14: Estratto del "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPT115)", versione 4.0.

Per l'area in esame si riscontra una bassa densità degli eventi sismici, ma l'analisi degli eventi storici evidenzia un elevato numero di eventi registrati nel territorio comunale di Conselice, con magnitudo massima nell'ordine dei 6 Mw.

Conselice

PlaceID IT_41139
Coordinate (lat, lon) 44.513, 11.830
Comune (ISTAT 2015) Conselice
Provincia Ravenna
Regione Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati 13





A seguito dell'emanazione dei criteri generali per la definizione delle zone sismiche, inizialmente inseriti nell'allegato 1 dell'O.P.C.M. 3274/03 e successivamente aggiornati con l'O.P.C.M. 3519/06, la regione Emilia-Romagna ha aggiornato le Zone Sismiche con D.G.R. n. 146/2023. Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Opcm n.3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Tabella 11.5: Classificazione zone sismiche

ZONA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA CONVENZIONALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO
1	$0,25 < a(g) \leq 0,35g$	0,35g
2	$0,15 < a(g) \leq 0,25g$	0,25g
3	$0,05 < a(g) \leq 0,15g$	0,15g
4	$\leq 0,05 a(g)$	0,05g

Nel caso specifico, il comune di Conselice è stato inserito in una Zona Sismica 2, la quale identifica una zona in cui la probabilità che si verifichi un sisma forte è medio-alta.

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008), hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali. Dal 1° luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 (Agg. 2018), per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Per quanto concerne l'inquadramento sismico locale, con D.G.R. n. 244 del 09/03/2021 il territorio comunale di Conselice è inserito in **Zona 2**.

Secondo quanto definito nel D.M. 17/01/2018 ai fini progettuali per la definizione delle azioni sismiche occorre riferirsi a spettri di risposta sito specifici, in funzione della vita nominale dell'opera e della sua classe d'uso sulla base dei quali viene definito il periodo di riferimento per l'azione sismica di progetto VR.

Per vita nominale di progetto di un'opera VN s'intende il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta a manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

Per la struttura del progetto in esame ci si è riferiti alla classe 2 comprendente "Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari" e alla quale è riferibile una VN = 50 anni.

Relativamente alla classe d'uso, considerata la tipologia dell'opera, ci si è invece riferiti alla classe 1 relativa a "Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli" alla quale corrisponde un coefficiente CU = 0.7.

Calcolato il periodo di riferimento le norme tecniche definiscono le forme spettrali in funzione di tre parametri sismici principali in riferimento a differenti tempi di ritorno e in funzione degli stati limite da considerare:



- A_{max} : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- TC = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per la definizione dei suddetti parametri occorre inoltre valutare le categorie di sottosuolo e le condizioni topografiche, che, in assenza di specifiche analisi sono definibili in via semplificata sulla base delle tabelle 3.2.II e 3.2.III §3.2.2 delle NTC18.

Per quanto riguarda l'azione sismica, ai fini delle NTC 2018 questa è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

L'azione in superficie viene assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

Secondo il *D.M. 17/01/2018*, il terreno di fondazione viene classificato in base al valore V_{seq} , velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, ovvero velocità delle onde di taglio (in m/s) dei depositi superficiali, mediata sul loro spessore, rispetto alla profondità del bedrock sismico, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto considerando le proprietà degli strati di terreno fino a 30 m di profondità.

In base ai risultati delle indagini sismiche eseguite in sito, il suolo di fondazione, risulta appartenente alla **categoria D** *"Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s."*

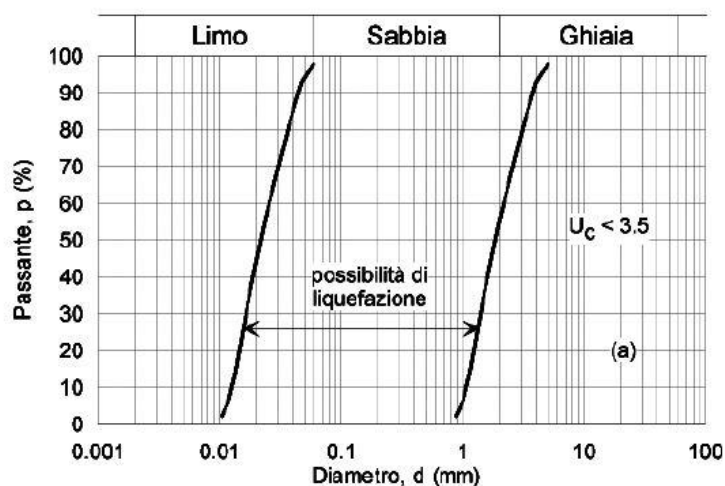
Poiché l'area in studio si presenta sub pianeggiante, si può adottare la categoria topografica "T1", appropriata per superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ (Tab. 3.2.III NTC 2018).

Per il calcolo dei parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche, in fase esecutiva dovrà farsi riferimento ai valori forniti in allegato alle NTC, per il sito in esame.

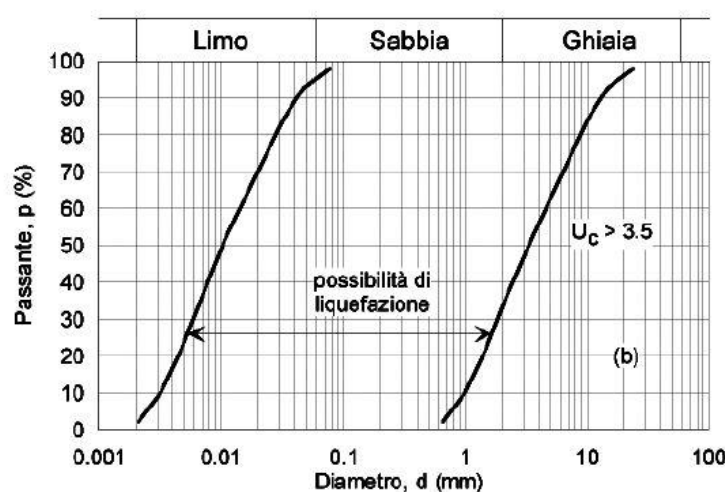
11.3 VERIFICA DELLA LIQUEFAZIONE

Secondo quanto riportato al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, “La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ 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;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ ”.



a)



b)

Figura 11.15: Fusi granulometrici dentro cui vi è la possibilità di liquefazione

Al fine di verificare il punto 1, sono state consultate le mappe di pericolosità sismica reperibili sul sito internet dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: <http://esse1-gis.mi.ingv.it>) al fine di verificare la sussistenza dei requisiti di omissione della verifica di cui al comma 1.

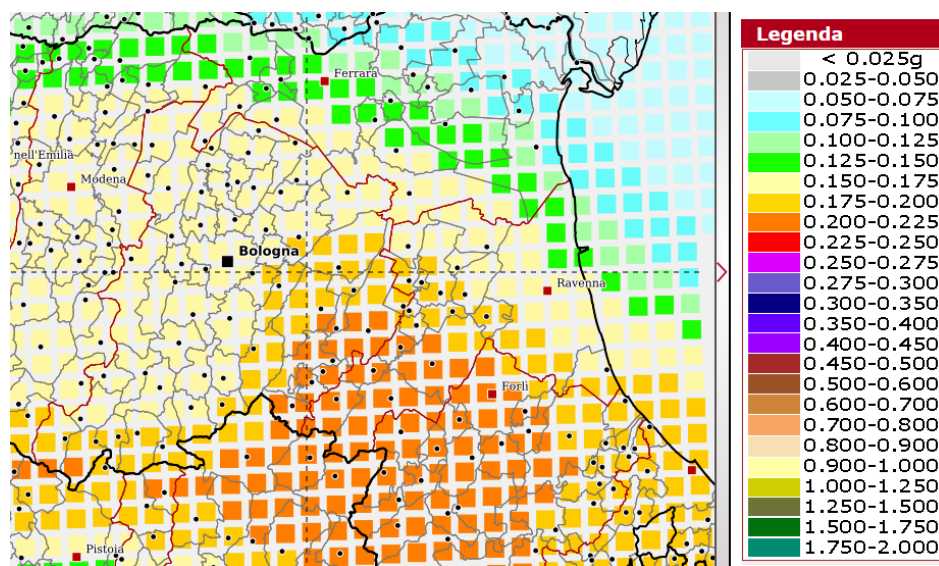


Figura 11.16: Valori di pericolosità sismica della regione Emilia-Romagna tratti dal portale INGV

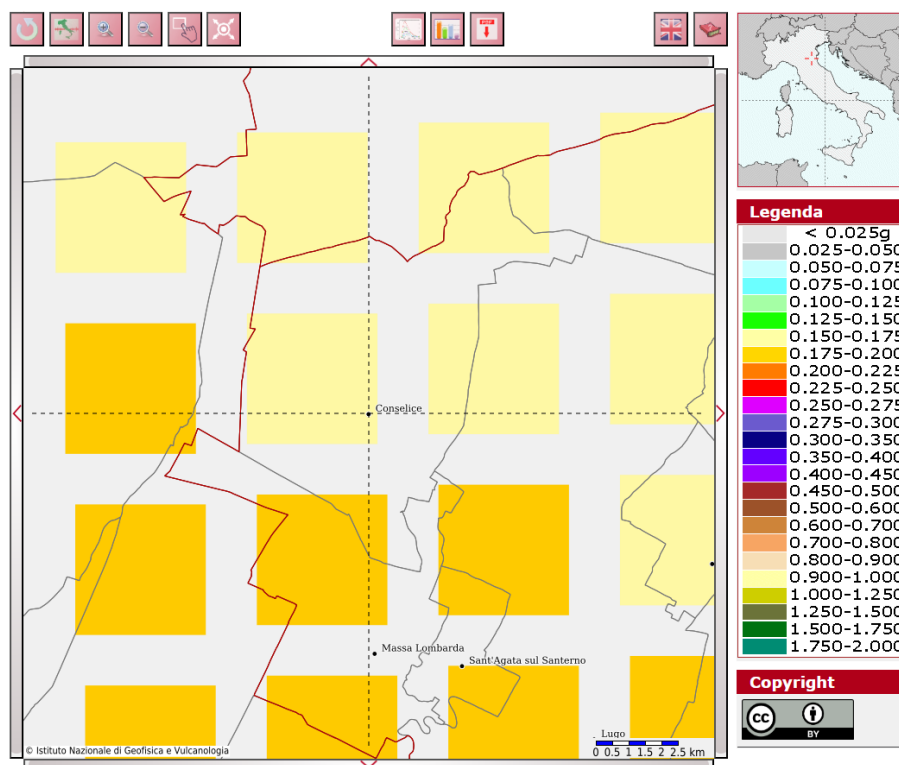


Figura 11.17: Mappa di pericolosità sismica per il comune in esame

Dall'osservazione della mappa di pericolosità sismica riportata nel seguito si evince che, per l'area comunale di Conselice, le accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero risultano comprese tra 0,150 g e 0,175 g, quindi superiori a 0,10 g.

Con riferimento al punto 1 del § 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, non può pertanto essere escluso a priori il rischio di liquefazione dei terreni.



Il punto 2 del medesimo paragrafo non risulta verificato, in quanto la falda freatica presenta una soggiacenza media inferiore a 15 m dal piano campagna; anche in questo caso, quindi, **non è possibile escludere il rischio di liquefazione sulla base di tale criterio.**

Per quanto concerne il punto 4 del § 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, in assenza di specifiche prove granulometriche di laboratorio, la valutazione è stata condotta facendo riferimento ai risultati delle prove penetrometriche CPT eseguite, alle trincee realizzate per l'esecuzione delle prove di permeabilità e ai relativi valori di permeabilità calcolati, nonché all'analisi critica della documentazione pubblica e privata disponibile.

Da tali elementi emerge una litologia prevalentemente coesiva, costituita da argille con presenza di torba e, solo localmente, da livelli debolmente sabbiosi. Sulla base di tali considerazioni è possibile escludere il rischio di liquefazione dei terreni.

Ne consegue che il punto 4 del § 7.11.3.4.2 delle NTC 2018 può ritenersi verificato e, pertanto, il rischio di liquefazione dei terreni può essere escluso per l'area in esame.

Si raccomanda tuttavia, considerata l'estensione significativa dell'area di progetto, di prevedere in fase esecutiva l'esecuzione di alcuni sondaggi geotecnici finalizzati al prelievo di campioni di terreno da sottoporre ad analisi granulometrica. Tali indagini consentiranno una verifica puntuale del quarto criterio previsto dalle NTC 2018, che in linea generale dovrebbe confermare l'esclusione del rischio di liquefazione in ragione della prevalente granulometria coesiva. Le stesse attività permetteranno inoltre il prelievo di campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio idonee alla corretta determinazione dell'angolo di attrito dei terreni presenti.



12. VALUTAZIONI SULLE OPERE IN PROGETTO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente Relazione Geologica e Geotecnica è redatta quale elaborato di supporto al progetto che prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico di tipo agrivoltaico nel Comune di Conselice (RA).

Ai fini della caratterizzazione dell'area d'intervento sotto il profilo geologico, geomorfologico e idrogeologico, è stata condotta un'analisi bibliografica integrata da sopralluoghi in sito, dalla quale emergono i seguenti elementi principali:

- il sito ricade nel territorio comunale di Conselice si colloca all'interno della bassa pianura alluvionale padano-appenninica, caratterizzata da un'elevata omogeneità altimetrica e da pendenze estremamente ridotte;
- non risultano presenti fenomeni di instabilità gravitativa in atto o potenziale, in coerenza con la morfologia depressa del settore e con le risultanze della cartografia tematica consultata;
- Nel complesso, l'area di studio si inserisce in un contesto a criticità idraulica strutturale, nel quale la coesistenza di più scenari di pericolosità impone particolare attenzione nella pianificazione territoriale, nella valutazione della compatibilità degli interventi e nell'adozione di misure di mitigazione del rischio. Eventuali trasformazioni urbanistiche o infrastrutturali dovranno pertanto essere coerenti con le indicazioni del PGRA e con le prescrizioni previste per gli ambiti RP e RSP, al fine di non incrementare le condizioni di pericolosità e di rischio idraulico esistenti;
- il territorio comunale di Conselice risulta classificato in Zona sismica 2 ai sensi della normativa regionale vigente;
- l'assetto idrogeologico è tipico dei contesti di pianura, con presenza di livelli acquiferi freatici e semiconfinati; la falda freatica è stata intercettata nel corso delle prove in sito a profondità dell'ordine di 2,90–3,60 m dal piano campagna.

Al fine di definire le principali caratteristiche dei terreni interessati dall'intervento, è stata programmata ed eseguita una campagna di indagini geognostiche e geofisiche comprendente n. 13 prove penetrometriche statiche CPT, n. 3 indagine sismica attiva di tipo MASW e n. 4 prove di permeabilità (infiltrometro a doppio anello).

Le indagini CPT hanno evidenziato, nei primi 10 m dal piano campagna, una successione litostratigrafica a prevalente componente fine (argille torbose), localmente con intercalazioni di lenti limose e torbose. Sulla base delle correlazioni geotecniche comunemente adottate per tale tipologia di terreni, sono stati stimati i principali parametri geotecnici di riferimento, riportati nel dettaglio nell'allegato tecnico delle indagini.

L'indagine MASW ha consentito di determinare una velocità equivalente delle onde di taglio pari a $V_{S,eq} = 156 \text{ m/s}$; 130 m/s ; 124 m/s ; tale valore visti gli spessori dedotti permette di classificare in tutte le prove come sottosuolo di categoria D, secondo quanto previsto dalle NTC 2018.

In considerazione del livello progettuale disponibile, non essendo ancora definiti in modo puntuale tipologia, geometria e dimensionamento delle opere di fondazione, né i carichi agenti, non è stato possibile sviluppare le verifiche geotecniche previste dalle NTC 2018 (par. 6.2.3), che dovranno essere completate nella successiva fase esecutiva da tecnico abilitato sulla base delle scelte progettuali definitive.

Si consiglia di valutare in fase esecutiva la possibilità di prelevare dei campioni indisturbati di terreno al fine di sottoporli ad analisi di laboratorio idonei a definire il reale angolo di attrito dei materiali coesivi al fine di procedere in futuro con le verifiche geotecniche a lungo termine, nonché al fine di escludere con certezza il fenomeno della liquefazione. Allo stato attuale, la valutazione è stata condotta facendo riferimento ai risultati delle prove penetrometriche CPT eseguite, alle trincee realizzate per l'esecuzione



delle prove di permeabilità e ai relativi valori di permeabilità calcolati, nonché all'analisi critica della documentazione pubblica e privata disponibile.

Da tali elementi emerge una litologia prevalentemente coesiva, costituita da argille con presenza di torba e, solo localmente, da livelli debolmente sabbiosi. Sulla base di tali considerazioni è possibile escludere il rischio di liquefazione dei terreni.

Alla luce delle indagini svolte e delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche riscontrate, le condizioni locali risultano complessivamente compatibili con la realizzazione dell'impianto in progetto, fermo restando il rispetto delle prescrizioni del PGRA (per cui si rimanda alla Relazione Idrologica e Idraulica Rif. Elab. 3342_6955_CNS_R06_Rev0_Relazione idrologica e idraulica) e delle indicazioni riportate nella presente Relazione. Resta inoltre possibile, in una successiva fase progettuale, integrare il quadro conoscitivo mediante ulteriori indagini geotecniche e/o geofisiche mirate.