

TITLE: Relazione Geologica

AVAILABLE LANGUAGE: IT

RELAZIONE GEOLOGICA

Impianto di generazione da fonte rinnovabile (Agrivoltaico avanzato)
 con potenza nominale pari a 89 MW e relative opere di connessione
 alla RTN –
 “Ceta”
Crevalcore (BO)

File: CET.ENG.REL.009.00_Relazione geologica

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	24/04/2026	Emissione Definitiva	F. Pili	F.Trovati	L.Spaccino

CLIENT CODE

IMP.			GROUP			TYPE			PROGR.			REV	
C	E	T	E	N	G	R	E	L	0	0	9	0	0
CLASSIFICATION						UTILIZATION SCOPE							
For Information or For Validation						Definitive Design							

Contents

1.0	PREMESSA	3
1.1	STUDI E INDAGINI DI RIFERIMENTO	4
2.0	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
3.0	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO	10
3.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	10
3.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE	14
4.0	ASSETTO GEOMORFOLOGICO	19
4.1	INQUADRAMENTO GEOPEDOLOGICO	22
5.0	ASSETTO IDROGEOLOGICO	23
6.0	MODELLAZIONE SISMICA	29
6.1	INQUADRAMENTO SISMICO	29
6.2	DATI MACRO SISMICI DEI TERREMOTI STORICI E PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	31
7.0	CONCLUSIONI	35

1.0 PREMESSA

Lo scopo del presente documento è quello di definire le caratteristiche tecniche del progetto proposto da “Meninas S.r.l.”, che prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza nominale massima di circa 88.998 kWp, presso le aree del Comune di Crevalcore (BO) denominato “Ceta”. Le opere in progetto saranno site in Provincia di Bologna e interesseranno il Comuni di Crevalcore (area di impianto e opere di connessione alla rete).

Coerentemente alla STMG ottenuta con codice di rintracciabilità n. 202304178, l'impianto verrà connesso in antenna a 132 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 132 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 132 kV “Mirandola CP-Crevalcore CP” previo:

- potenziamento/rifacimento della linea RTN a 132 kV “Mirandola CP-Crevalcore CP” ed il superamento di eventuali elementi limitanti nelle CP interessate;
- realizzazione degli interventi 350-P e 326-P previsti dal Piano di Sviluppo Terna.

Per la realizzazione dell'impianto in oggetto si prevede la formazione di stringhe connesse a quadri “String Combiner” secondo gli schemi unifilari prodotti e da questi agli Inverter di stringa, posti in prossimità delle linee di capofila. Le linee di potenza in uscita dagli inverter confluiranno alla “Transformation Unit” ed ai quadri di gestione disposti in appositi cabinati.

I criteri generali adottati per lo sviluppo del presente progetto sono in linea con le prescrizioni contenute nel quadro normativo di riferimento per tali interventi.

L'agrivoltaico prevede l'integrazione della tecnologia fotovoltaica nell'attività agricola permettendo di produrre energia e al contempo di continuare la coltivazione delle colture agricole o l'allevamento di animali sui terreni interessati.

L'impianto agrivoltaico sarà realizzato con moduli fotovoltaici in etero giunzione di silicio, collegati a formare stringhe di 28 pannelli connesse a string combiner che faranno capo ad un inverter di stringa connessi a Transformation Units BT/30kV.

L'impianto agrivoltaico sarà complessivamente costituito da n. 136920 moduli di potenza 650 Wp, la cui potenza complessivamente installabile risulta essere pari a 88998 kWp.

Le strutture di supporto dei moduli, del tipo tracker a 1 moduli-portrait, consentiranno di poggiare su di essa 1x56 e 1x28 moduli fotovoltaici al silicio.

L'impianto di produzione è composto inoltre da:

- 8 Transformation Unit Jupiter-6000K-H1;
- 8 Transformation Unit Jupiter-3000K-H1;
- 240 String Inverter Sun2000-330KTL-H1 potenza nominale 330kVA;
- 1 cabina Scada;
- 1 Cabina di Raccolta

Linee in cavo 30 kV, per il trasferimento dell'energia dagli inverter di impianto alla cabina di raccolta.

Per ulteriori dettagli tecnici sui vari componenti dell'impianto si rimanda all'elaborato “CET.ENG.REL.005_Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici di tutte le opere”.

1.1 STUDI E INDAGINI DI RIFERIMENTO

Le informazioni topografiche e geologiche dell'area oggetto della presente sono state ricavate dalle pubblicazioni ufficiali e cartografia tematica esistente. Si elencano di seguito:

- Carta Topografica I.G.M. scala in 1:25000
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000.
- Carta Geologica dell'Italia in scala 1:100000.
- Carta Geologica dell'Italia in scala 1:50.000 (CARG).
- Cartografia Geologica di base della R.A.S. in scala 1:25.000
- RS - Carta dell'Uso del Suolo della Regione Emilia-Romagna, 2008
- I.S.P.R.A. - Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (legge 464/84) • RAS – Studio dell'Idrologia Superficiale dell'Emilia-Romagna.
- Regione Emilia-Romagna Ambiente – Autorità di Bacino - Piano Stralcio d'Assetto Idrogeologico
- Regione Emilia-Romagna Ambiente – Autorità di Bacino - Piano di Tutela delle Acque
- Regione Emilia-Romagna Ambiente – Autorità di Bacino - Piano Stralcio delle Fasce Fluviali
- Foto aeree, Regione Emilia-Romagna
- PUC (Piano Urbanistico Comunale), dal sito del Comune di Crevalcore (BO)
- WMS Agenzia delle Entrate
- Dipartimento della protezione Civile
- CPTI11 INGV, https://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/consultazione/query_eq. INGV

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2022). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/dbmi/dbmi15.4>

- ASMI Archivi Storico Macrosismico Italiano
- Database geologico e geotecnico dei siti di liquefazione della sequenza sismica del 2012 Luca Minarelli 1 Sara Amoroso 1,2
- Wikipedia, Panaro.

2.0 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'impianto Agri fotovoltaico sarà ubicato all'interno di un'area agricola situata nel Comune di Crevalcore (BO) in Emilia-Romagna, a un'altitudine di 17 m sul livello del mare. L'area, a 32 Km a Nord-Ovest della Provincia di Bologna e a 5 Km a Nord del Comune di Crevalcore, è raggiungibile, sul lato Est, tramite la strada Provinciale SP9 e sul lato Nord dalla via Panaro; queste ultime raggiungibili a Ovest dalla strada Statale SS568.

Dal punto di vista cartografico l'area di Crevalcore (BO) è compresa nella cartografia dell'I.G.M.I. in scala 1:100.000 nel Foglio n. 75" Mirandola"; nella cartografia in scala 1: 50.000 nel Foglio n. 184 "Mirandola"; nella cartografia in scala 1: 25.000 nel Foglio n. 75 sez. III NE "Camposanto"; nella Carta Tecnica Numerica della Regione Emilia-Romagna in scala 1: 5.000 nel Foglio n. 202021 "CAMPOSANTO".

Di seguito si illustra l'inquadramento su ortofoto delle opere in progetto rispetto ai limiti amministrativi.



Figura 1: Inquadramento delle opere in progetto (al centro del cerchio in rosso) rispetto ai limiti amministrativi regionali dell'Emilia-Romagna. (Fonte: SITR)



Figura 2: Inquadramento delle opere in progetto (al centro del cerchio in rosso) rispetto ai limiti amministrativi provinciali di Bologna. (Fonte: SITR).



Figura 3: Inquadramento dell'area di impianto (al centro del cerchio in rosso) rispetto ai confini comunali di Crevalcore (BO). (Fonte: SITR)

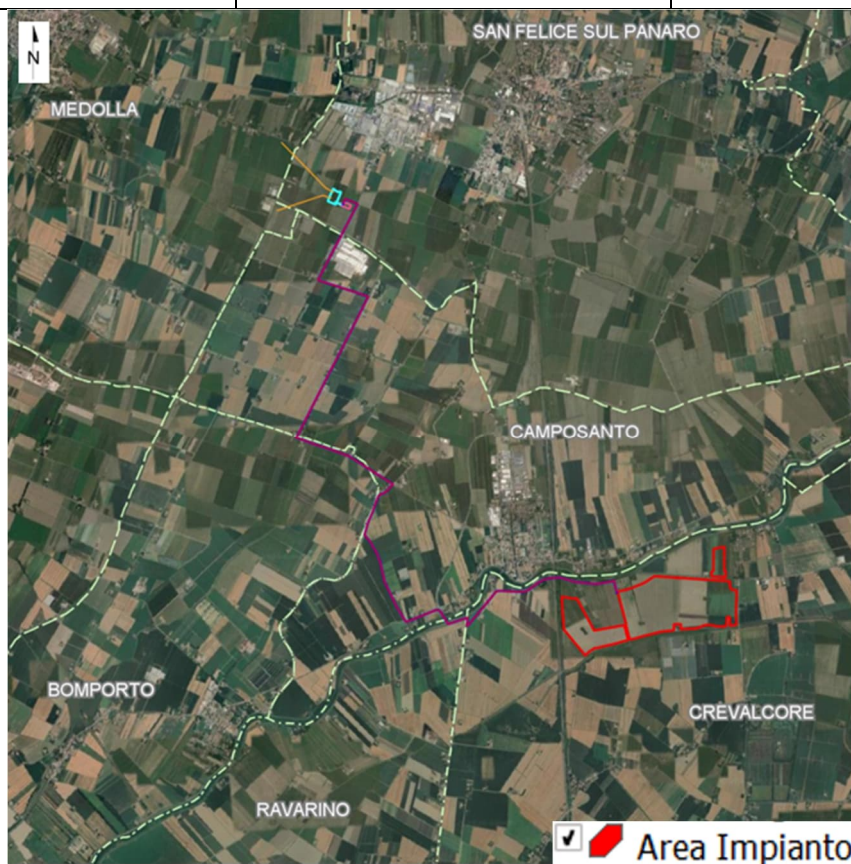


Figura 4: Ortofoto con localizzazione dell'opera in progetto (area di impianto in rosso). In basso al centro il comune di Crevalcore (B=) e a 300 m a Nord Ovest dell'impianto il comune di Camposanto (MO). (Fonte: Google Earth).

Di seguito si riporta l'inquadramento dell'intera area di studio su mappa catastale, estrapolato dalla carta dell'agenzia delle entrate della Regione Reggio Emilia.

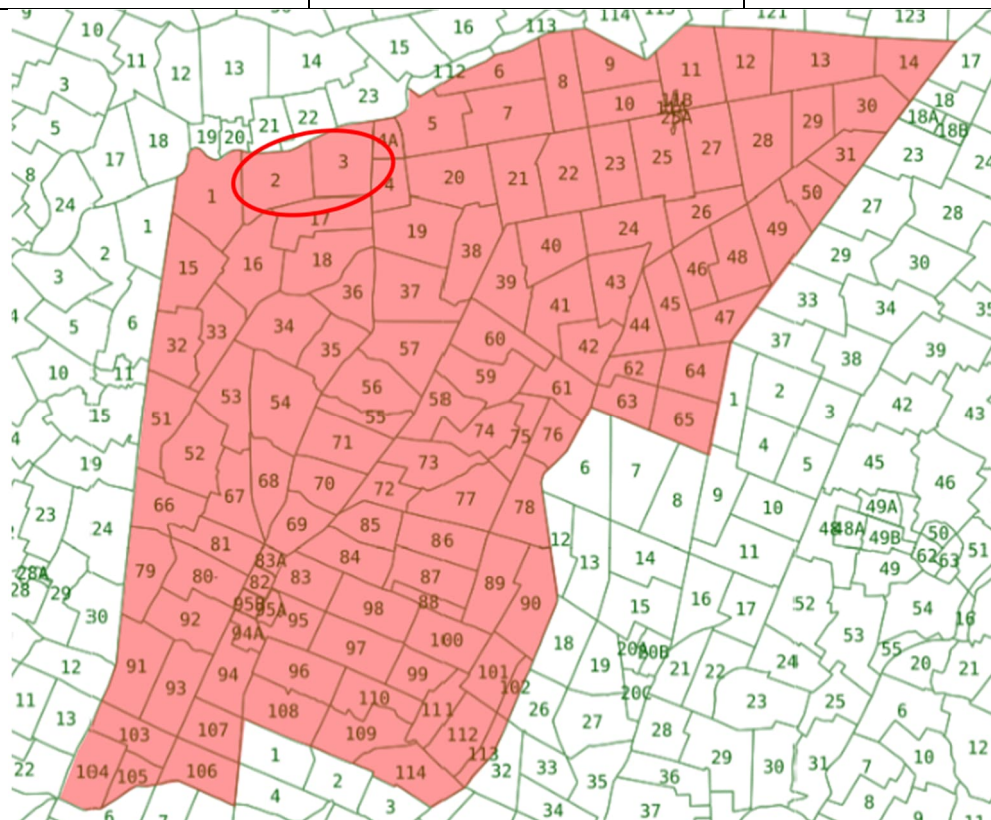


Figura 5: Mappa catastale con localizzazione dei Fogli 2 e 3 e dell'area impianto (cerchiata in rosso). (Fonte: Agenzia delle entrate)

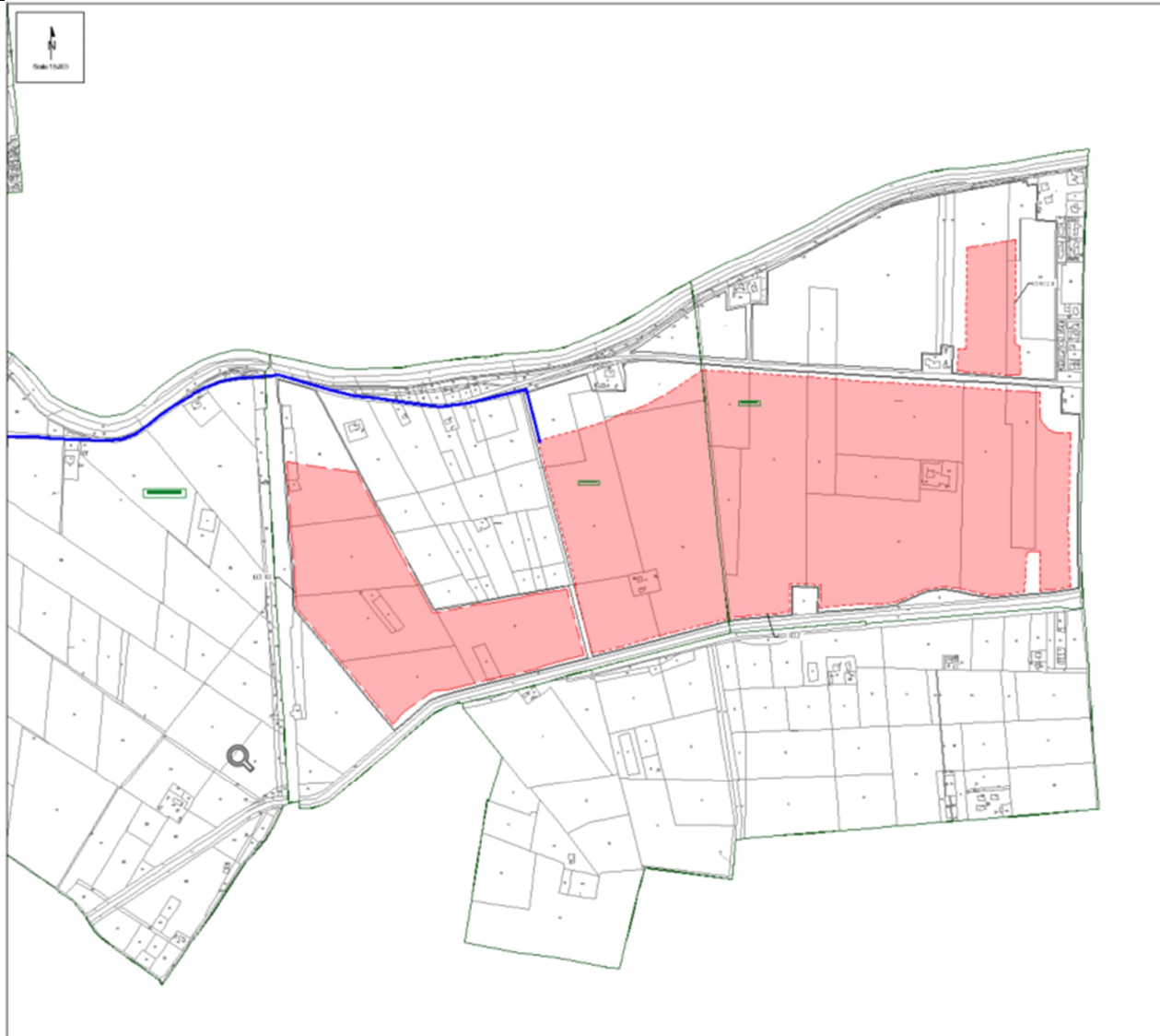


Figura 6: Mappa catastale con particolare del Foglio 2 e 3 e delle particelle interessate.(Fonte: Agenzia delle entrate)

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati “CET.ENG.REL.007_Piano particellare delle aree interessate dall'intervento” e “CET.ENG.TAV.003_Inquadramento dell'intervento su mappa catastale”.

A seguire si riporta l'inquadramento del progetto su base ortofoto e rappresentata in apposito elaborato denominato “Inquadramento territoriale su ortofotocarta”.



Figura 7: Estratto elaborato ortofotocarta, nel quale si evidenzia l'area di impianto (in rosso).

3.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

La pianura emiliano-romagnola è un'entità geografica ben definita da elementi strutturali, geomorfologici e idrogeologici ed è il risultato del riempimento di una vasta depressione delimitata a cintura dai rilievi appenninici ed alpini "Bacino Perisuturale Padano", avvenuto attraverso un potente accumulo di depositi marini ed alluvionali di età pliocenica e quaternaria. L'attuale strutturazione del bacino trae origine dalle spinte deformative che, a partire dal Miocene superiore, hanno coinvolto l'Appennino Settentrionale e l'antistante substrato padano, provocandone la deformazione secondo un modello generale a falde sovrapposte ed embrici NE vergenti (PIERI & GROPPi, 1982). Il riempimento del bacino è costituito da una successione di depositi a carattere regressivo, con alla base sabbie e peliti torbiditiche seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali. Tale riempimento non è avvenuto in maniera progressiva e continua, ma è il risultato di eventi tettonico-sedimentari "parossistici", separati nel tempo da periodi di marcata subsidenza bacinale e movimenti ridotti delle strutture compressive. L'interpretazione dei profili sismici eseguiti nel corso degli anni dall'AGIP (Di Dio, 1997) ha permesso di riconoscere due direzioni di progradazione: la prima, assiale, est-vergente, connessa al paleo delta del Po; la seconda, trasversale, nord-vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione appenninica. La fascia

di bassa pianura Bolognese, entro cui ricade il territorio di Crevalcore, si inserisce in un contesto geodinamico caratterizzato da una tettonica a stile compressivo, che ha determinato un generale raccorciamento del margine appenninico e dell'edificio padano. Tale raccorciamento si è prodotto attraverso due importanti fasci paralleli di strutture di embricazione sepolte aventi direzione NW-SE e vergenza verso NE (Vedi Figura sotto), le cui superfici di distacco interessano la copertura mesozoica e terziaria (Boccaletti et al., 1985). Si tratta di gruppi di strutture anticlinaliche, associate a piani di scollamento ed accavallamento (thrust) immergenti generalmente verso SO con inclinazioni comprese tra 20° e 30°, separati da ampie zone sinclinaliche fortemente subsidenti. Il fascio più settentrionale, coincidente con l'allineamento "Cremona - Parma - Reggio Emilia", appartiene all'arco delle "Pieghe Emiliane e Ferraresi", che dall'Appennino vogherese si estendono fino alla linea del Sillaro ed è denominato Fronte di accavallamento esterno (External Thrust Front = ETF). Esso risulta costituito da un sistema di thrust ciechi ed arcuati in pianta, interessati da discontinuità trasversali con probabile componente di movimento trascorrente. Il fascio meridionale, coincidente con il margine morfologico appenninico, si sviluppa nel sottosuolo in corrispondenza dei terrazzi pre-wurmiani ed è denominato Fronte di accavallamento pedeappenninico (Pedeapenninic Thrust Front = PTF). Anche questo fronte risulta coinvolto da discontinuità trasversali (linee) coincidenti con alcuni corsi d'acqua appenninici (Stirone, Taro, Baganza, Enza, Secchia, Panaro), che delimitano settori a diverso comportamento tettonico-sedimentario.

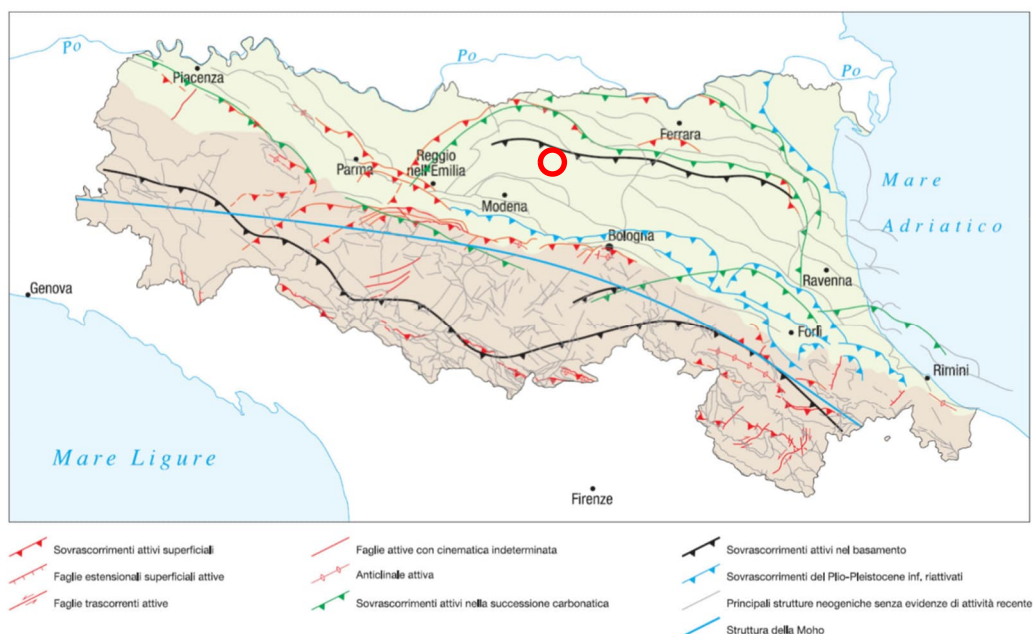
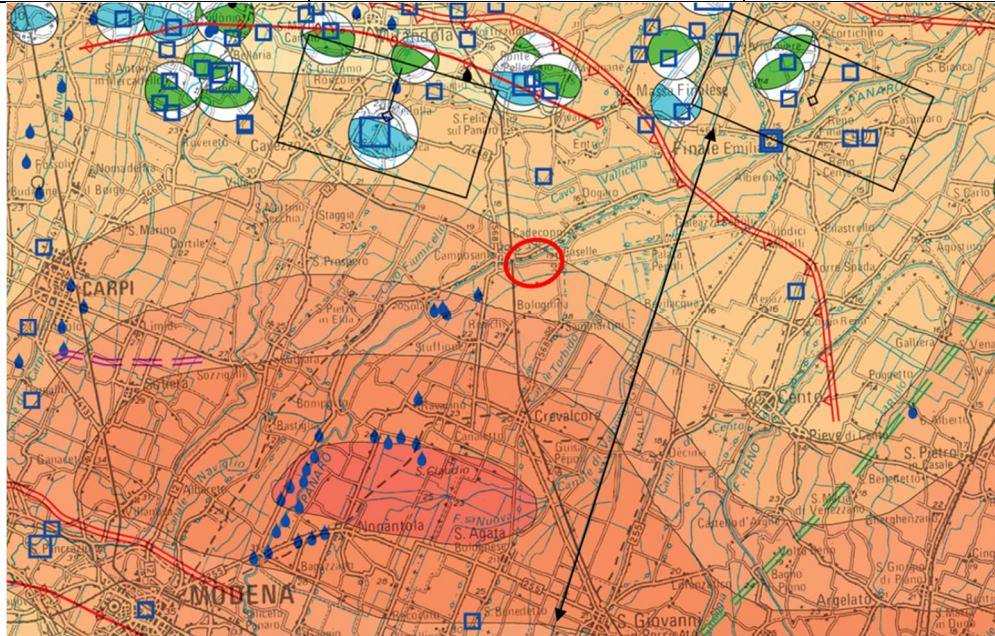
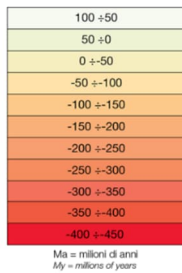


Figura 8 - Schema strutturale, carta Sismo tettonica Emilia-Romagna; cerchiata in rosso l'area impianto.



Legenda:



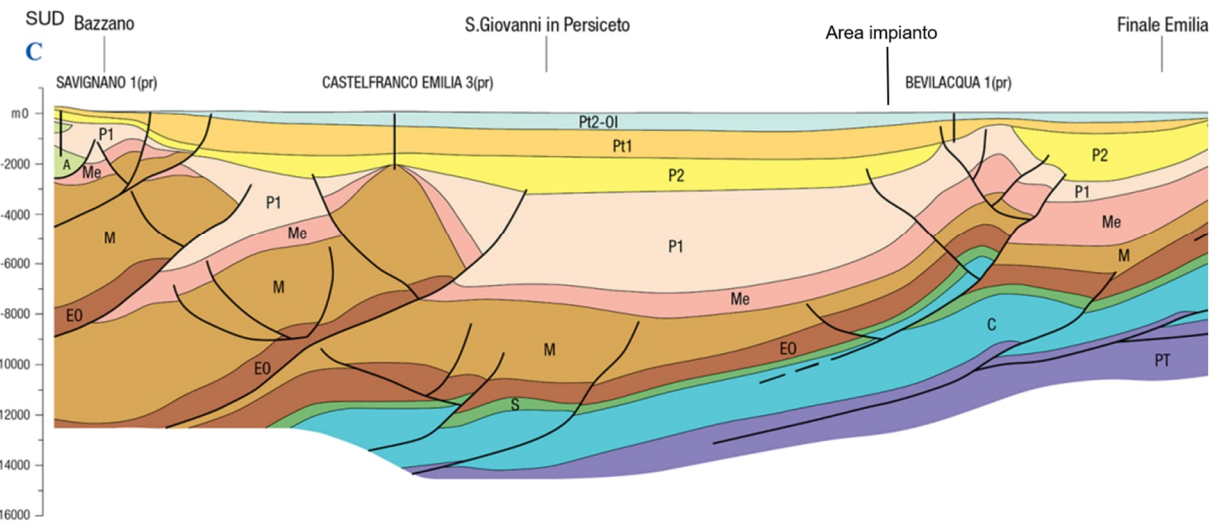
- Anticlinale / Anticline
- Sovraccorrimiento / Thrust fault
- Fronte di sovraccorrimiento sepolto / Buried thrust front
- Fronte di sovraccorrimiento sepolto presunto / Inferred buried thrust front
- Faglia sepolta / Buried fault
- Sorgente sismogenica individuale (da DISS 3.2) / Individual seismic source (from DISS 3.2)

- Meccanismi focali**
Earthquake focal solutions
- Epicentri dei terremoti (sa CP116)**
Earthquake epicenters (from CP116)
- | | |
|----------------|-------------|
| P < 8 km | 4 ≤ M < 5 |
| 8 ≤ P < 15 km | 5 ≤ M < 5.5 |
| 15 ≤ P < 35 km | 5.5 ≤ M < 6 |
| P ≥ 35 km | M ≥ 6 |
- Dimensione del simbolo proporzionale alla magnitudo
Symbol size proportional to the magnitude

Manifestazioni superficiali
Surface manifestations

- Acqua salina / High salinity water
- Gas / Gas
- Bituma / Bitumen
- Salsi / Salt
- Olio e gas / Oil and gas
- Sorgente termale / Thermal spring
- Olio / Oil

Sezione



LEGENDA DELLE SEZIONI / LEGEND OF THE CROSS SECTIONS

- | | | | | |
|---|--|--|--|---|
| P2-G: Pleistocene medio - Olocene / Middle Pleistocene - Holocene | P2: Pliocene superiore - Pleistocene inferiore / Late Pliocene - Early Pleistocene | M: Miocene pre-Messiniano / Pre-Messinian Miocene | S: Scaglia: Cretaceo superiore - Eocene medio / Scaglia: Late Cretaceous - Middle Eocene | B: Basamento cristallino: Carbonifero - Permiano medio / Crystalline basement: Carboniferous - Middle Permian |
| P1: Pleistocene inferiore / Early Pleistocene | P1: Pliocene inferiore / Early Pliocene | OM: Oligocene superiore - Miocene inferiore / Late Oligocene - Early Miocene | C: Successione carbonatica mesozoica / Mesozoic carbonatic succession | Limite stratigrafico / Stratigraphic boundary |
| P1-2: Vilitranchiano - Pleistocene medio / Vilitranchian - Middle Pleistocene | A: Unità Albatone / Albatonian Units | EO: Eocene superiore - Oligocene / Late Eocene - Oligocene | PT: Permiano superiore - Triassico medio / Late Permian - Middle Triassic | Faglia/contatto tettonico / Fault/tectonic boundary |

Figura 9 – Stralcio della carta sismotettonica della regione Emilia-Romagna. (Fonte: Regione Emilia Romagna; Martelli et al., 2017)

Dal punto di vista geologico, l'area in esame, come detto in precedenza, ricade nella pianura emiliano-romagnola che costituisce il settore meridionale della pianura padana, la più grande piana alluvionale d'Italia, formata dai depositi del fiume Po e dei suoi affluenti. Essa ha cominciato a formarsi nel Pleistocene medio, circa 500.000 anni fa, quando, a seguito del sollevamento, tuttora in atto, il mare si è spostato dal margine appenninico, via via sempre più verso est, sino alla sua attuale posizione. Il sottosuolo è caratterizzato da un forte accumulo di sedimenti alluvionali quaternari che appoggiano, con discontinuità e in discordanza semplice, sul substrato di sedimenti marini del pliocene superiore e del pleistocene inferiore. Questo corpo sedimentario è il risultato dell'evoluzione dei corsi d'acqua, legata sia alle variazioni climatiche pleistoceniche sia ai recenti movimenti tettonici della zona di margine, vale a dire di quella fascia interposta tra la Pianura s.l. in abbassamento e l'Appennino in sollevamento. È possibile riconoscere nella Pianura dell'Emilia-Romagna alcuni ambienti deposizionali: le conoidi alluvionali sono tipiche della zona pedeappenninica, ad esse fa seguito la piana alluvionale, che passa verso costa alla piana deltizia del fiume Po ed alla piana costiera. I sedimenti di questi ambienti deposizionali sono costituiti prevalentemente da: ghiaie nelle conoidi alluvionali; sabbie, limi ed argille nella piana alluvionale; sabbie nella piana deltizia e costiera. L'area in esame ricade nel settore settentrionale della pianura alluvionale ad alimentazione appenninica. Secondo quanto assunto dal Servizio Geologico e cartografico della Regione Emilia-Romagna, le unità stratigrafiche definite ed utilizzate nel presente studio rientrano nella classe delle Sequenze Deposizionali sensu Mitchum et Al. (1977). Si distinguono due Supersintemi secondo la terminologia delle U.B.S.U. denominati:

- Supersintema del Quaternario Marino, costituito da terreni parali e marini depositi tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore.
- Supersintema Emiliano-Romagnolo, costituito da depositi di ambiente continentale depositi a partire da 800.000 anni BP.

Attraverso lo studio dei profili sismici, delle analisi di facies dettagliata di sezioni affioranti e pozzi per la ricerca di idrocarburi, il Supersintema Emiliano-Romagnolo è stato suddiviso in SD minori denominate, Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI), e Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES). Queste due unità sono separate, in corrispondenza del margine appenninico, da una superficie di discontinuità, spesso con discordanza angolare ed erosione, testimonianza di una fase tettonica regionale, databile 450.000 anni BP. Gli stadi sedimentari dei subsintemi risultano principalmente legati al succedersi delle oscillazioni climatiche avvenute nel quaternario e in misura minore alla modesta attività tettonica rilevata. Per i corsi d'acqua che hanno edificato questa porzione di pianura ebbero grande significato soprattutto le fasi iniziali delle glaciazioni, durante le quali il progredire dei climi freschi e piovosi favoriva fasi di abbondante sedimentazione lungo i corsi d'acqua. In questo periodo i torrenti appenninici crearono ai piedi dei rilievi estese conoidi e piane alluvionali. I periodi glaciali, caratterizzati dall'abbassamento del livello marino, produssero un aumento della capacità erosiva dei torrenti quaternari, che incisero i depositi delle precedenti fasi iniziali delle glaciazioni. Successivamente le antiche piane alluvionali e le estese conoidi furono incise dai corsi d'acqua e rimasero come superfici relitte sospese sui fondivalle formando i pianori che vengono detti terrazzi. Inoltre, tra una glaciazione e l'altra, si registra il minimo dell'attività fluviale e conseguente

retrogradazione della conoide alluvionale. Ciascun subsistema è stato deposto per un arco temporale di 125.000-128.000 anni, corrispondente alla durata di un ciclo glaciale. Al suo interno, ad una fase iniziale di intensa sedimentazione di materiale per lo più grossolano, segue un periodo contraddistinto da prevalente erosione e minore deposizione ma di materiale più fine come limo e argilla.

3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE


















La presente relazione è il risultato di un'accurata indagine geologica, geomorfologica e idrogeologica finalizzata allo studio di compatibilità geologica di un'area interessata dalla costruzione di un impianto agro fotovoltaico.

Con il presente lavoro sono state valutate le condizioni di stabilità del sito e definite le caratteristiche stratigrafiche, geologiche e morfologiche dello stesso, per verificare se esso sia adatto ad ospitare gli interventi in progetto.

Quanto eseguito nella seguente relazione ha previsto la raccolta di informazioni geologiche, geomorfologiche e progettuali preliminari, al fine di individuare eventuali problematiche geologico-tecniche del progetto in esame in relazione ai vincoli gravanti sull'area di intervento.

L'area di intervento, a 17 m s.l.m., ricade nel territorio comunale di Crevalcore in provincia di Bologna, ed è disposto nell'area all'estremo Nord della stessa; l'area impianto confina a Est con la strada provinciale SP9 e a Nord con la sponda destra del fiume Panaro, spartiacque e confine del comune di Camposanto (MO) e della Provincia di Modena.

Legenda - Carta geologica

-  R1_Detriti, depositi alluvionali e fluviolacustri, spiagge attuali (Olocene)
-  R2_Depositi eolici (Olocene, Pleistocenici pro-parte)
-  R3_Alluvioni terrazzate (Olocene)
-  R4_Detriti, alluvioni terrazzate, fluviolacustri e fluvioglaciali (Pleistocene)
-  R5_Travertini (Pleistocene talora Olocene)
-  R6_Depositi glaciali (Pleistocene)
-  R7_Sabbie e conglomerati (Pleistocene)
-  R8_Argille (Pleistocene)
-  R9_Calcari detritici ed organogeni tipo panchina (Pleistocene)
-  R10_Depositi lacustri e fluviolacustri (Pleistocene e Pliocene)
-  R11_Sabbie e conglomerati (Pleistocene e Pliocene)
-  R12_Argille (Pleistocene e Pliocene)
-  R13_Calcari detritici ed organogeni tipo panchina (Pleistocene e Pliocene)
-  R14_Sabbie e conglomerati (Pliocene)
-  R24_Marne talora con selce, di facies pelagica (Miocene medio-inferiore)
-  R26_Unità arenacee e arenaceo-marnose (Miocene medio-inferiore)
-  R35_Unità argillose ed argilloso-calcaree (torbiditiche) (Paleogene)

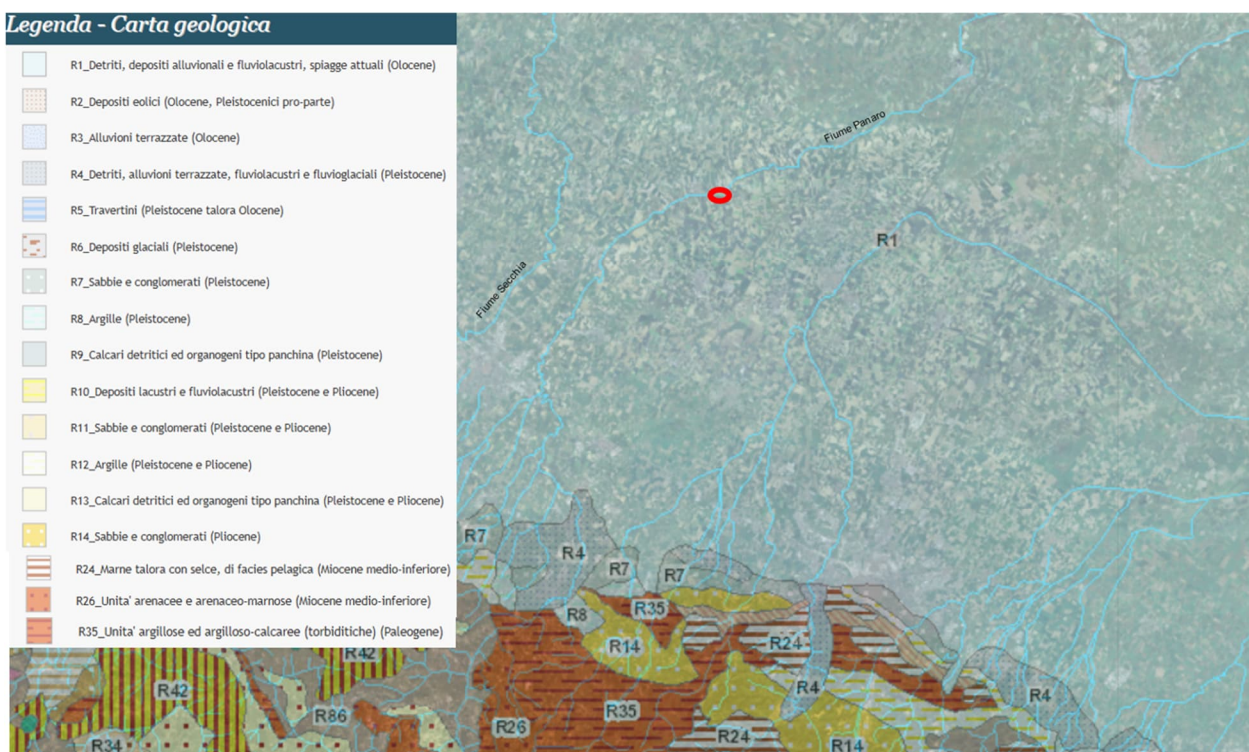


Figura 10: Stralcio Carta Geologica, con localizzazione dell' opera in progetto (area cerchiata in rosso).
(Fonte: Geoportale Nazionale).

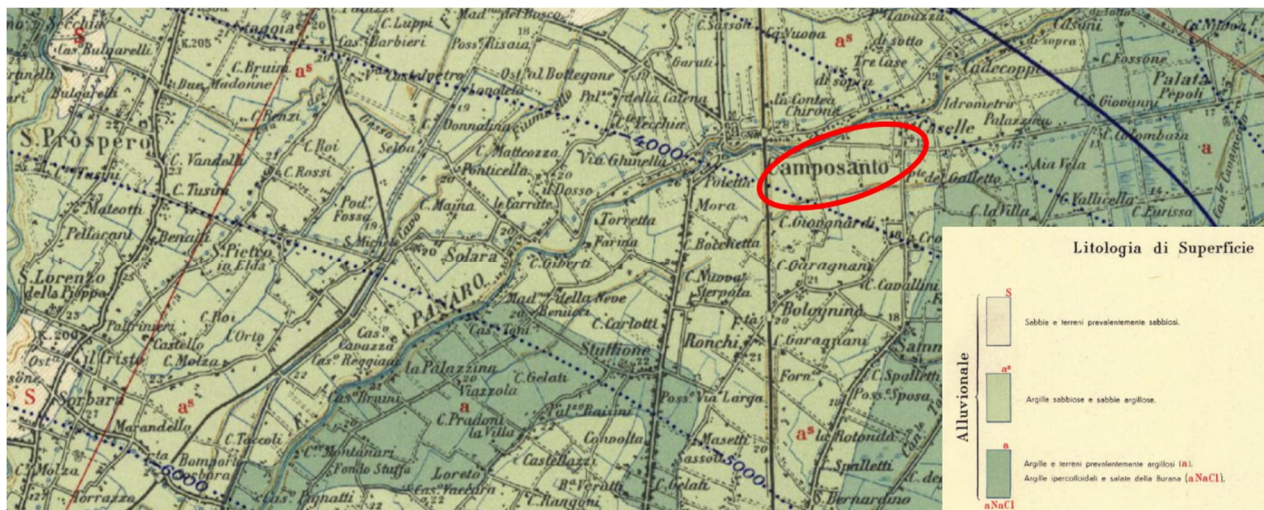
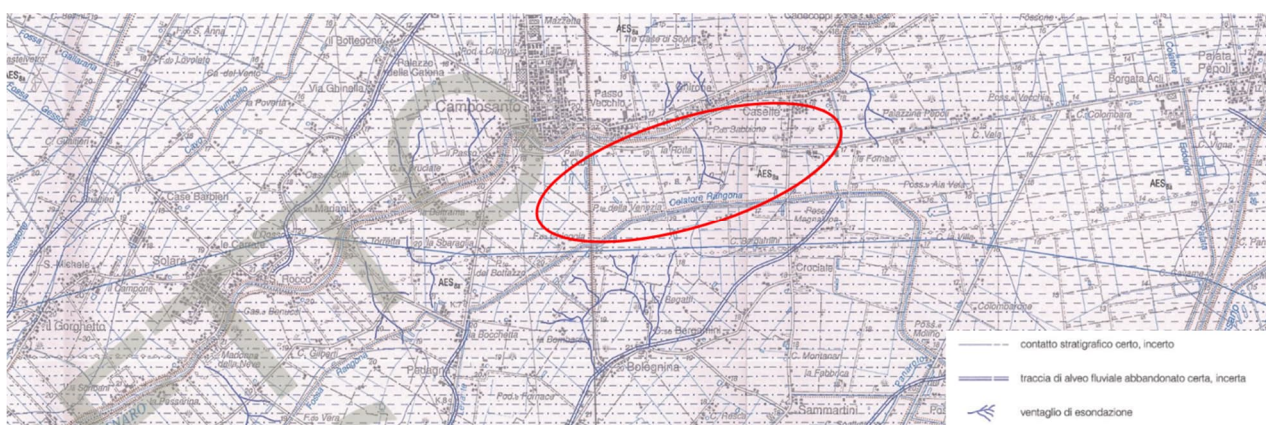


Figura 11: Stralcio Carta Geologica, con localizzazione dell' opera in progetto (area cerchiata in rosso).
(Fonte: Regione Emilia-Romagna; Servizio geologico, sismico e dei suoli).

L'area d'indagine ricade interamente nel Foglio Geologico 202 (San Giovanni In Persiceto) della cartografia 1:50.000 e nel Foglio Geologico 75 (Mirandola) della cartografia Geologica 1: 25.000. Il territorio del comune di Crevalcore (BO) è costituito principalmente da litologie sedimentarie di ambiente Continentale riconducibili al Pleistocene superiore e Olocene. Si tratta di detriti, depositi fluvio lacustri; alluvioni ghiaiose con lenti argilloso-sabbiose al suolo prevalentemente di colore nocciola.



SISTEMI DEPOSIZIONALI E LITOLOGIE

DEPOSITI ALLUVIONALI

CONOIDE E PIANA ALLUVIONALE

**Ghiaie di riempimento di canale fluviale**

Ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa in strati molto spessi, generalmente amalgamati. Rare sabbie e limi, presenti come intercalazioni, o più spesso, al tetto degli strati ghiaiosi. Contatti basali e laterali erosivi.

**Alternanza di sabbie e limi sabbiosi di argine, canale e rotta fluviale**

Sabbie prevalenti fini e medio, con contenuto in sabbia > 30%, in strati da sottili a spessi alternato a limi sabbiosi, con contenuto in sabbia compreso tra il 20% ed il 30%, in strati prevalentemente sottili, spesso non ben visibili. Generalmente gli strati sono organizzati in sequenze con gradazione positiva. Formano corpi rilevati con geometria nastriforme e spessore di qualche metro, meglio visibili in AES_{9a}.

**Alternanza di sabbie, limi ed argille di tracimazione fluviale indifferenziata**

Limi prevalenti, con contenuto in sabbia < 20% e contenuto in argilla < 40%, in strati spesso non definibili, prevalentemente sottili. Depositi non differenziati a causa dei processi di erosione e bioturbazione che hanno modificato le tessiture e le forme originarie e non hanno consentito di distinguere i depositi di argine da quelli di piana inondabile.

**Argille e limi di piana inondabile**

Argille e argille limose con contenuto in argilla > 40%, con stratificazione non definibile; in quanto spesso le argille ed i limi sono bioturbati. Presenti anche livelli di argille organiche. Lo spessore è modesto, non superando i 2-3 metri in superficie. Nel sottosuolo indagato dai sondaggi geognostici intervalli argilloso-limosi indifferenziati possono superare i 6 metri e le argille organiche raggiungere spessori di 3-4 metri. In AES_{9a} formano corpi di geometria allungata nelle aree depresse interposte ai depositi di argine.

Pleistocene - Olocene



SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO

Unità di estensione regionale comprendente i depositi alluvionali delle porzioni intravallive e i sedimenti prevalentemente alluvionali, subordinatamente deltici, litorali e marini del sottosuolo della pianura padana. Limite inferiore incoforme, non affiorante, sulle Sabbie di Imola (depositi quaternari marini). Limite superiore coincidente con il piano topografico. Comprende due sistemi (sistema emiliano-romagnolo inferiore, non affiorante, e sistema emiliano-romagnolo superiore). Spessore massimo di 500 m circa.

SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE

Depositi alluvionali organizzati in cinque alternanze cicliche di alcune decine di metri di spessore e comprendenti intervalli temporali dell'ordine dei 40-100Ka, costituito da sedimenti grossolani e fini nella alta pianura e prevalentemente fini nella media pianura. Il ciclo superiore (subsistema) è affiorante, mentre i quattro inferiori sono solo sepolti. Il limite inferiore non affiora; risulta dubitativamente incoforme con il sistema emiliano-romagnolo inferiore nelle porzioni sepolte della media pianura.

PLEISTOCENE MEDIO-LOCENE

Subsistema di Ravenna

Unità sommitale del Supersistema Emiliano-Romagnolo. Comprende in prevalenza limi, limi sabbiosi e limi argillosi, in subordine ghiaie e ghiaie sabbiose. Ambiente alluvionale. Il limite inferiore risulta incoforme su AES_{9a} (visibile in sondaggio), passante a conforme nelle aree depresse della pianura. Limite superiore coincidente con il piano topografico o con il piano di calpestio romano. Al tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm; gli orizzonti sono parzialmente decarbonatati, con profilo di tipo A/Bw/Bk(C) (colore giallo-bruno). La unità è coincidente in gran parte con l'ultimo interglaciale. Le aree soggette a sedimentazione solida anche dopo la fine dell'età romana sono state differenziate (Unità di Modena).

Potenza massima di circa 20 m.

PLEISTOCENE SUP-LOCENE (età radiometrica della base: 14.000)

Unità di Modena

Ciclo di rango inferiore che costituisce la parte sommitale del Subsistema di Ravenna. E' costituita da depositi grossolani, ghiaiosi, presso le aste fluviali e da depositi fini nelle aree distali. Limite superiore sempre affiorante, coincidente con il piano topografico e definito sulla base della presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione con profilo potente meno di 100 cm, e orizzonti A/C subordinatamente A/Bw/C (colore grigio-giallastro). Si caratterizza per la buona preservazione delle forme deposizionali originarie. Ambiente alluvionale. Ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. Include, concettualmente, i depositi fluviali in evoluzione b₁ che però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente. Spessore di alcuni metri (<10 m).

POST-IV sec. d.C.-Attuale


Figura 12: Stralcio Carta Geologica 1:50000, con localizzazione dell' opera in progetto (area cerchiata in rosso). (Fonte: Geoportale Nazionale).

L'area indagata si caratterizza per la presenza di depositi alluvionali, dovuti alla sedimentazione operata nel tempo dai corsi d'acqua appenninici, che hanno dato origine alle conoidi alluvionali che caratterizzano gran parte del territorio dell'Emilia-Romagna, con depositi grossolani ghiaiosi, prevalenti in corrispondenza degli apparati fluviali principali (Panaro) e depositi fini nelle aree distali; questa unità deposizionale è attribuita all'Unità di Modena. Quest'ultima è un ciclo deposizionale di rango inferiore che costituisce la parte sommitale del Subsistema di Ravenna, unità, che può essere costituita da alternanze di litofacies argillose, limose e ghiaiose a stratificazione lenticolare con granulometria dipendente dall'energia delle correnti fluviali che le hanno originate; i sedimenti fini sono il risultato di una sedimentazione per tracimazione avvenuta in zone periferiche dell'alveo attivo, mentre quelli grossolani sono il risultato di una deposizione in ambiente più dinamico di canale fluviale; questa unità è coincidente in gran parte con l'ultimo interglaciale.

Da segnalare un ventaglio di esondazione al centro dell'area in esame (vedi su carta geologica sopra).

Di seguito si riporta la stratigrafia dei pozzi per acqua "3102, 3103, 3105 Camposanto", estrapolati dal portale ISPRA dall'Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984).

Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 3102 Regione: EMILIA-ROMAGNA Provincia: MODENA Comune: CAMPOSANTO Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 66,00 Quota pc slm (m): 20,00 Anno realizzazione: 1995 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 5,000 Portata esercizio (l/s): 3,330 Numero falde: 3 Numero filtri: 2 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 8 Longitudine WGS84 (dd): 11,138756 Latitudine WGS84 (dd): 44,788508 Longitudine WGS84 (dms): 11° 08' 19.52" E Latitudine WGS84 (dms): 44° 47' 18.63" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	66,00	66,00	200

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	34,00	36,00	2,00
2	39,00	44,00	5,00
3	56,00	65,00	9,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	39,00	44,00	5,00	170
2	57,00	62,00	5,00	170

MISURE PIEZOMETRICHE


Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
ago/1995	4,93	22,00	17,07	3,980

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	24,00	24,00		ARGILLA LIMOSA SABBIOSA
2	24,00	28,00	4,00		SABBIA ARGILLOSA
3	28,00	34,00	6,00		ARGILLA COMPATTA
4	34,00	36,00	2,00		SABBIA MEDIA
5	36,00	38,00	2,00		ARGILLA PLASTICA
6	38,00	44,00	6,00		SABBIA MEDIO GROSSA
7	44,00	56,00	12,00		ARGILLA
8	56,00	66,00	10,00		SABBIA MEDIA E GROSSA

Figura 13: Scheda pozzo 3102; in evidenza la posizione del pozzo (cerchio rosso con interno verde) e evidenziata l'area impianto (cerchiata in rosso). (Fonte: ISPRA).

Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Stampa Codice: 3105 Regione: EMILIA-ROMAGNA Provincia: MODENA Comune: CAMPOSANTO Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 70,00 Quota pc slm (m): 16,00 Anno realizzazione: 2005 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 6,500 Portata esercizio (l/s): 5,000 Numero falde: 2 Numero filtri: 1 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 7 Longitudine WGS84 (dd): 11,155011 Latitudine WGS84 (dd): 44,789314 Longitudine WGS84 (dms): 11° 09' 18.05" E Latitudine WGS84 (dms): 44° 47' 21.53" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	70,00	70,00	230

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	51,00	54,00	3,00
2	62,00	70,00	8,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	64,00	70,00	6,00	180

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
febr/2005	2,80	12,20	9,40	4,800


STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	1,00	1,00	OLOCENE	TERRENO VEGETALE LIMOSO SABBIOSO DI COLORE NOCCIOLA
2	1,00	13,00	12,00	OLOCENE	ARGILLA LIMOSA PLASTICA DI COLORE GRIGIO CHIARO
3	13,00	20,50	7,50	OLOCENE	LIMO CON STRATERELLI DI SABBIA A GRANULOMETRIA FINE COLORE GRIGIO
4	20,50	51,00	30,50	OLOCENE	ARGILLA COMPATTA DEBOLMENTE LIMOSA DI COLORE GRIGIO CINEREO
5	51,00	54,00	3,00	PLEISTOCENE	SABBIA A GRANULOMETRIA MEDIO-FINE DI COLORE GRIGIO CHIARO
6	54,00	62,00	8,00	PLEISTOCENE	ARGILLA LIMOSA COMPATTA DI COLORE GRIGIA AZZURROGNOLA
7	62,00	70,00	8,00	PLEISTOCENE	SABBIA A GRANULOMETRIA GROSSOLANA DI COLORE GRIGIO SCURO

Figura 14: Scheda pozzo 3105; in evidenza la posizione del pozzo (cerchio rosso con interno verde) e evidenziata l'area impianto (cerchiata in rosso). (Fonte: ISPRA).

Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Stampa

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 3103 Regione: EMILIA-ROMAGNA Provincia: MODENA Comune: CAMPOSANTO Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 29,50 Quota pc slm (m): ND Anno realizzazione: 1994 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 6,800 Portata esercizio (l/s): 2,500 Numero falde: 1 Numero filtri: 1 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: NO Certificazione(*): NO Numero strati: 0 Longitudine WGS84 (dd): 11,157317 Latitudine WGS84 (dd): 44,789133 Longitudine WGS84 (dms): 11° 09' 26.34" E Latitudine WGS84 (dms): 44° 47' 20.88" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	29,50	29,50	135

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	20,00	29,00	9,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	21,00	28,50	7,50	125

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
mar/1994	7,00	12,20	5,20	2,500

Figura 15: Scheda pozzo 3103; in evidenza la posizione del pozzo (cerchio rosso con interno verde) e evidenziata l'area impianto (cerchiata in rosso). (Fonte: ISPRA).

Verosimilmente le stratigrafie sopra riportate sono un riferimento valido anche per l'area in esame che dista dai pozzi un minimo di 180 m e un massimo di 500m circa. A partire da – 20m da pdc si potrebbe trovare una o più falde freatiche in pressione; queste informazioni dovranno essere supportate da indagini puntuali all'interno dell'area di interesse e da un rilevamento dell'intera superficie.

4.0 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L'area destinata al progetto è situata in un settore che si inquadra in un contesto pianeggiante, contraddistinto da superfici pressoché piane con gradiente topografico estremamente basso e debolmente degradanti verso nord-Est. Gli eventi morfogenetici, responsabili dell'attuale assetto del territorio oggetto di studio, sono riconducibili essenzialmente alla dinamica fluviale del periodo pleistocenico ed olocenico, al quale, nel

periodo relativamente recente, si è aggiunta l'attività antropica mirata alla stabilizzazione e alla modellazione delle superfici del suolo compatibilmente alle esigenze economiche, produttive ed insediative. Solo nelle aree di pertinenza di corsi d'acqua e in particolare del fiume Panaro, sussiste una evoluzione morfologica dipendente da fattori naturali. Al contrario, nella pianura circostante, si osserva la limitazione degli alvei fluviali entro percorsi prefissati, in cui le opere di bonifica agraria, infrastrutturazione ed insediamento hanno conferito alla superficie topografica un assetto costante ed uniforme livellando tutte le asperità del terreno. I rilievi presenti sono costituiti dai ponti, dai rilevati stradali, dagli argini dei corsi d'acqua e dai rilevati delle abitazioni rurali. In generale l'area Nord del comune di Crevalcore e del confinante comune di Camposanto ha quote topografiche comprese tra i 22 ed i 14 metri e la piana alluvionale è formata dai depositi dei fiumi Panaro e Reno accumulati in età storica. Le forme geomorfologiche ed i corpi sedimentari affioranti sono tutti di età recente, in quanto formati in larga parte in età medioevale. La morfologia del territorio è caratterizzata da dossi fluviali e depressioni chiuse interalvee bordate da fasce di argine naturale e ampi ventagli di esondazione. L'area impianto in esame è situata in una depressione chiusa limitata a Nord dall'arginatura artificiale dell'attuale corso del fiume Panaro, ultimo affluente del Po. L'area in esame ha una quota media di 17 m s.l.m. ed è caratterizzata da un alto indice di stabilità dovuto alla qualità dei terreni e alle esigue pendenze ($< 10^\circ$); queste caratteristiche annullano qualsiasi fenomeno di dissesto geomorfologico.

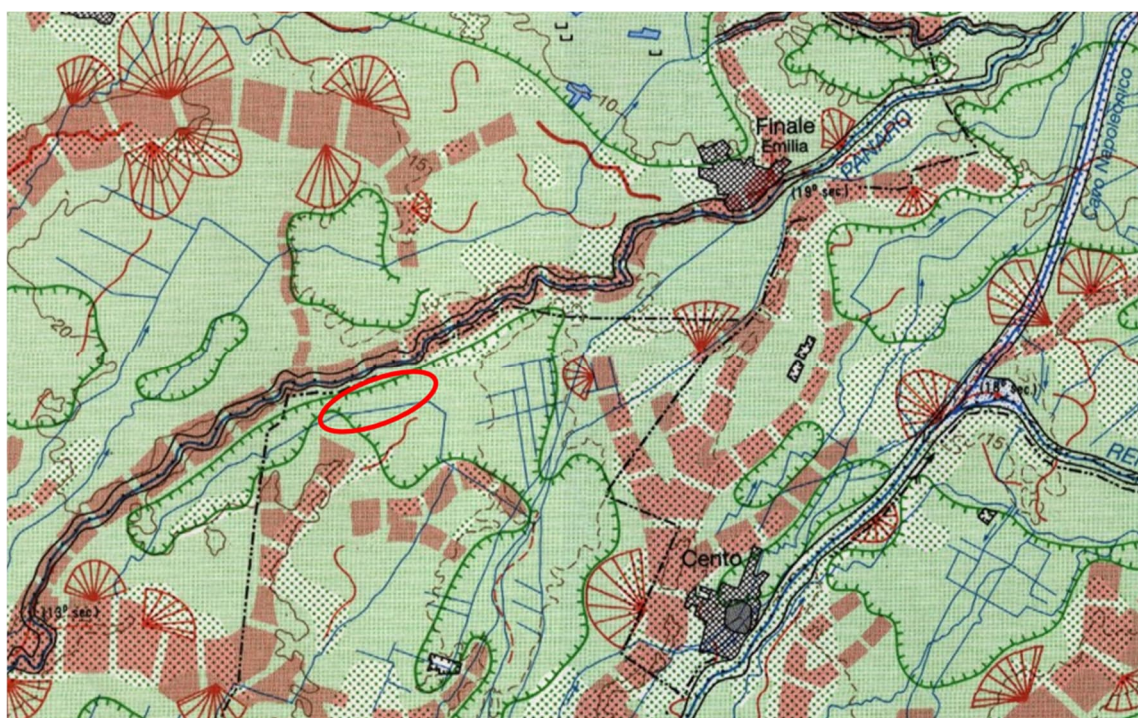


Figura 16: Stralcio dalla Carta Geomorfologica della Pianura Padana 1:250.000 (Castiglioni G.B. Ed. 1999), con localizzazione dell' opera in progetto (area cerchiata in rosso), che illustra la complessa alternanza di corpi dossivi di paleoalveo (in rosso) e depressioni interalvee (in verde), limitate da piccole scarpate morfologiche (linee verdi). (Fonte: Sito Regione Emilia-Romagna)

Da segnalare che i terreni presenti nell'area in esame potrebbero essere suscettibili a liquefazione anche se non risultano evidenze di effetti in superficie neppure in occasione del sisma 2012 se non in aree relativamente distanti dall'area in esame, nel comune di Camposanto ma soprattutto in provincia di Modena, come Cavezzo e San Felice sul Panaro dove si erano formate fratture o vulcanelli con fuoriuscite di sabbie. L'assenza di evidenze di questi fenomeni nell'area in esame, contrasta però con la presenza di condizioni

predisponenti la liquefazione nelle aree limitrofe. Di seguito un estratto degli studi eseguiti dalla Regione Emilia-Romagna a seguito del sisma del 2012 con evidenza dei punti dove si sono verificate le liquefazioni (Minarelli, Amoroso e alii).

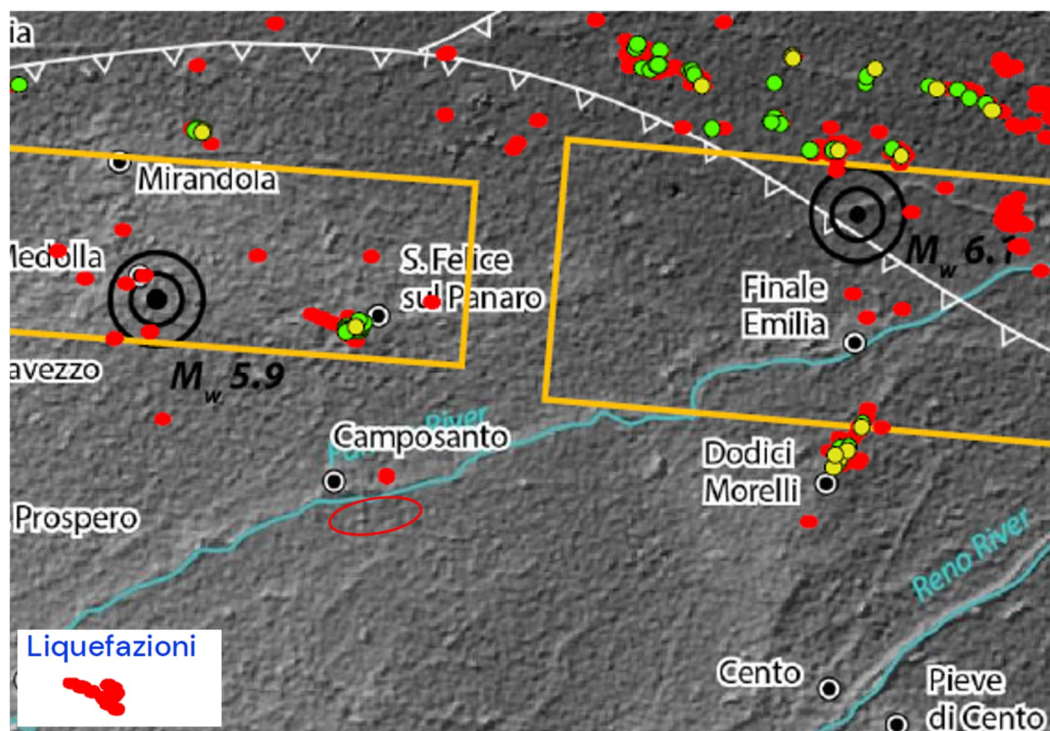


Figura 17: Database geologico e geotecnico dei siti di liquefazione della sequenza sismica del 2012 (Luca Minarelli, Sara Amoroso e alii). Cerchiata in rosso l'area Impianto. (Fonte: Regione Emilia Romagna).

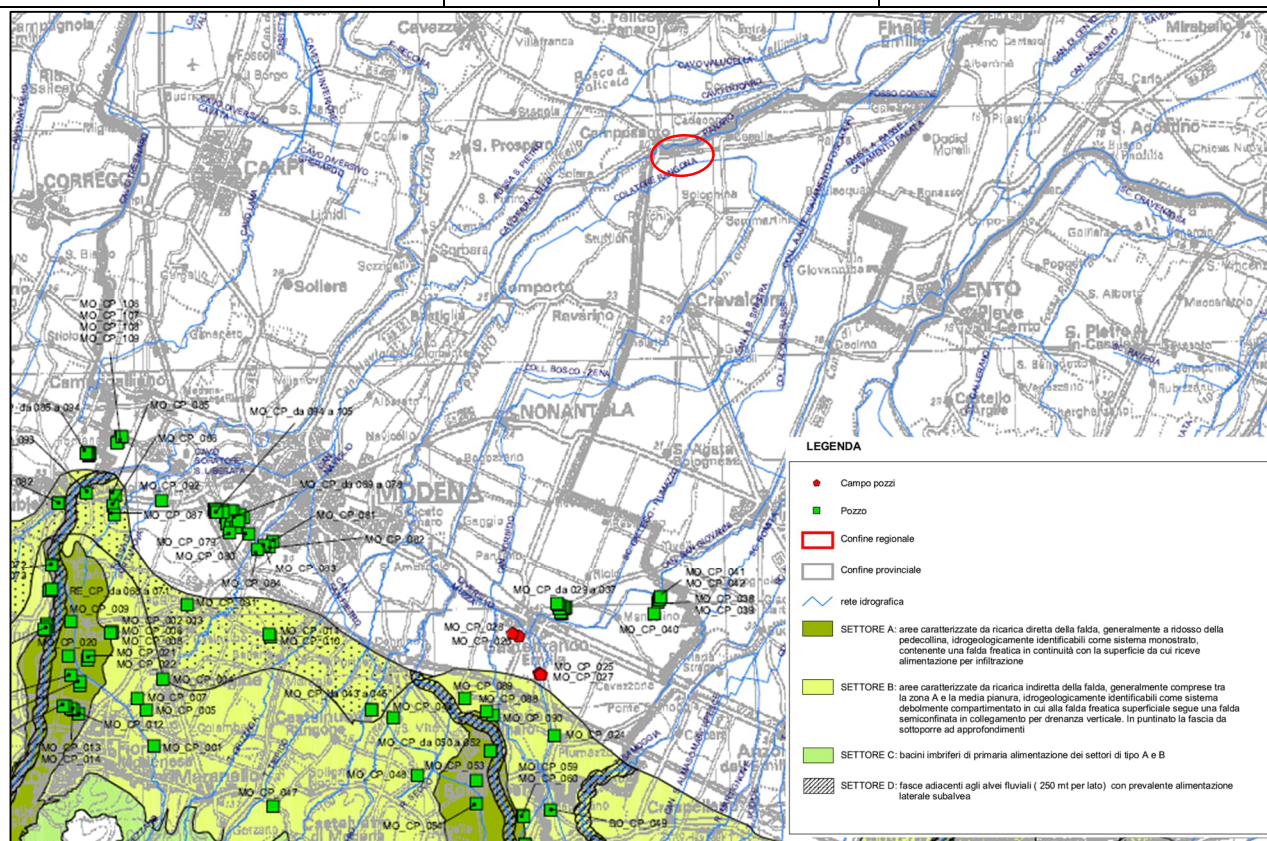


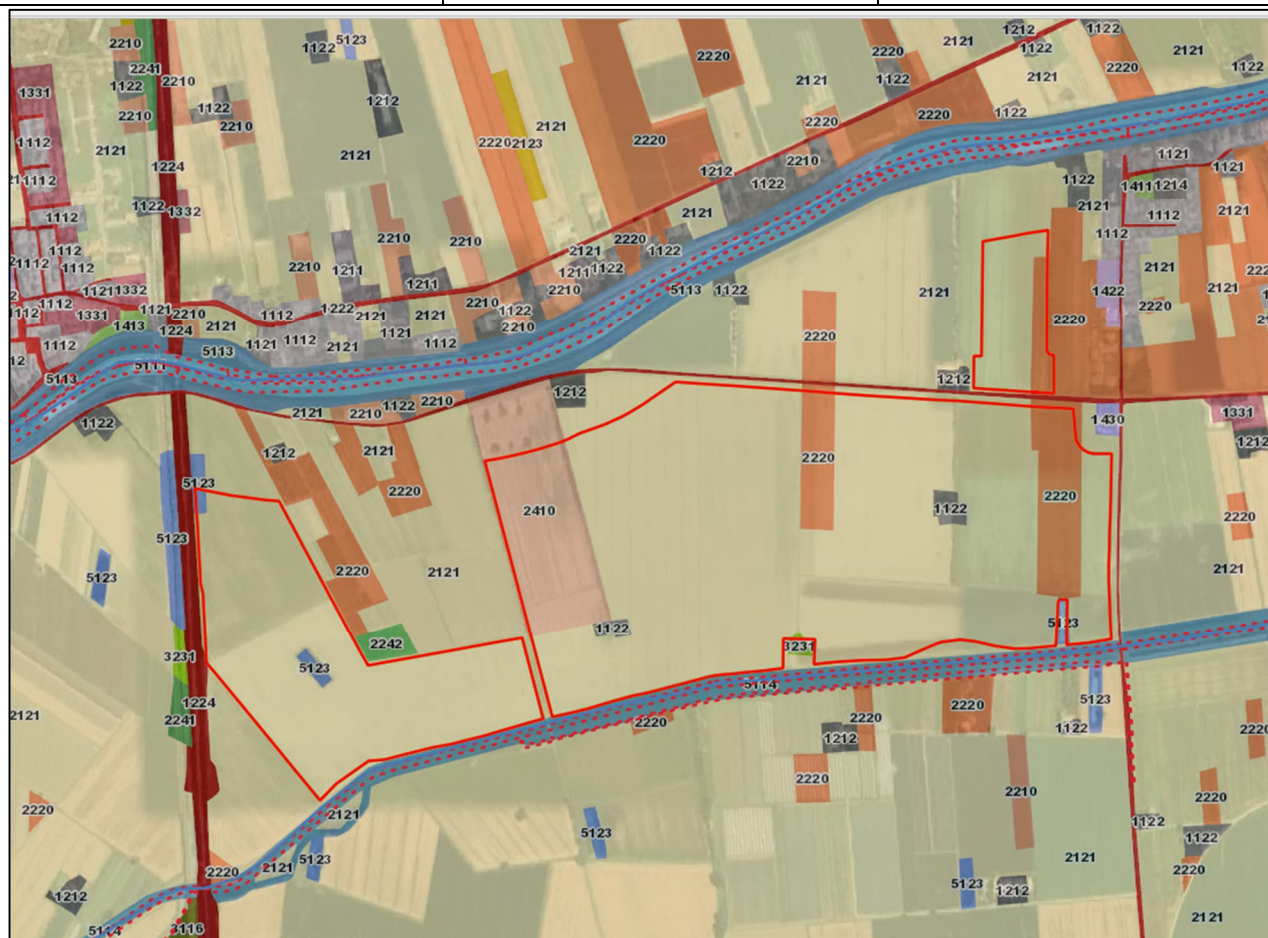
Figura 18: Stralcio carta delle zone di protezione delle acque sotterranee. Cerchiata in rosso l'area Impianto.
 (Fonte: Provincia di Reggio Emilia).

L' area in esame non è soggetta a fenomeni franosi e non rientra tra le aree a rischio e pericolo geomorfologico; è all'interno delle aree mediamente allagabili. L'area è comunque a ridosso del rilevato perimetrale del fiume Panaro.

4.1 INQUADRAMENTO GEOPEDOLOGICO

Dalle informazioni rilevate dal geoportale della Regione Emilia-Romagna e P.T.P.R., si è estrapolato l'inquadramento geopedologico del territorio di Crevalcore. Per ogni sistema di terre sono evidenziati la forma principale, definita dalle caratteristiche morfologiche, i principali usi del suolo e le litologie dominanti. Il codice identificativo del sistema di terre è dato dalla sequenza di questi codici caratteristici.

Di seguito lo stralcio della carta geopedologica e del P.T.P.R., dove ricade l'area impianto:



- Legenda:**
- 2121 Se Seminativi semplici irrigui
 - 1122 Es Strutture residenziali isolate
 - 2410 Z Colture temporanee associate a colture permanenti
 - 2220 Cf Frutteti
 - 5113 Ar Argini

Figura 19: Stralcio Carta Uso del Suolo, con localizzazione dell' area dell'opera in progetto (area delimitata in rosso). (Fonte: Geoportale Regione Emilia-Romagna).

Come si evince, dalla carta sopra, l'area in esame ricade in terreni, definiti da sedimenti alluvionali e clima mediterraneo continentale, ad uso seminativi semplici irrigui; nell'area Sud sono presenti tre zone umide interne distanziate tra loro di 400 -600 m e a Sud Ovest è presente un bacino artificiale. In generale la natura del suolo è caratterizzata da una terra limo sabbiosa di color nocciola.

5.0 ASSETTO IDROGEOLOGICO

Lo studio del modello digitale del terreno ha consentito la ricostruzione del reticolo idrografico teorico, equiparabile a quello naturale, mentre indagini sul campo, unitamente all'analisi foto interpretativa hanno permesso di ricostruire il reticolo reale. L'area del comune di Crevalcore fa parte del distretto idrografico del Fiume Po e nello specifico l'area di interesse ricade nel bacino idrografico del Fiume Panaro. Il Panaro è un

fiume dell'Emilia-Romagna, ultimo affluente di destra e in assoluto del fiume Po e trae le sue origini dall'Appennino tosco-emiliano; il suo corso ha una lunghezza di 148 km ed inizia a partire dalla confluenza di due rami sorgentizi denominati, rispettivamente, Scoltenna (il più lungo) e Leo. Come Regime, il modulo medio del Panaro presso la foce è di circa 37 m³/s, il che ne fa il 4° affluente di destra del Po per portata media dopo Tanaro e Secchia e Trebbia. Il regime di tale portata risulta però marcatamente torrentizio alternando fortissime magre estive (minimi assoluti di appena 1 m³/s), copiose e prolungate morbide primaverili, e imponenti piene autunnali (anche di 2.000 m³/s) in parte "addolcite" a monte della città di Modena da grosse casse di espansione. Da evidenziare che in primavera la portata media del Panaro allo sbocco in pianura supera largamente i 60–80 m³/s per effetto del prolungato scioglimento delle abbondanti nevi sull'alto Appennino che si protrae almeno fino a maggio. Come la Secchia, il Panaro risulta infatti, se paragonato a tutti gli affluenti di destra del Po (Tanaro escluso in quanto quest'ultimo con il suo vasto bacino drena anche una parte delle Alpi), quello il cui regime risente maggiormente dello scioglimento primaverile delle nevi, essendo la sua porzione iniziale di bacino collocata ad un'altitudine media assai elevata che risulta così sempre abbondantemente innevata in inverno.

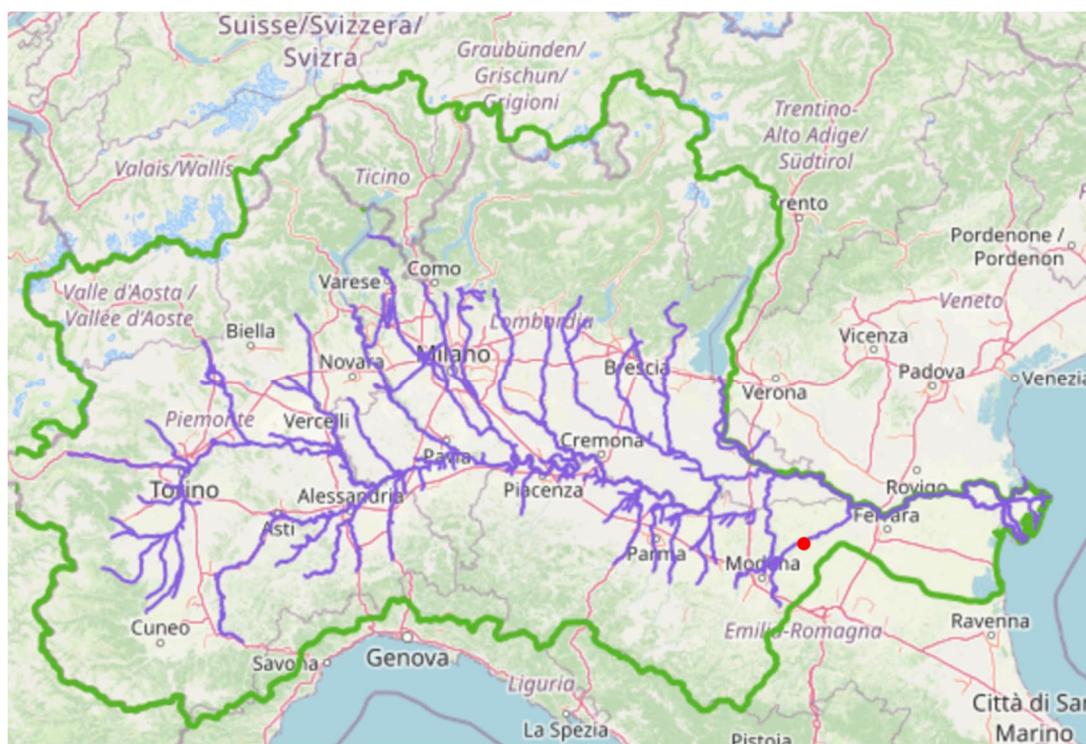


Figura 20: Bacino idrografico del fiume Po (area perimetrata in verde); con localizzazione dell' opera in progetto (area puntata in rosso). (Fonte: Geoportale AIPo)

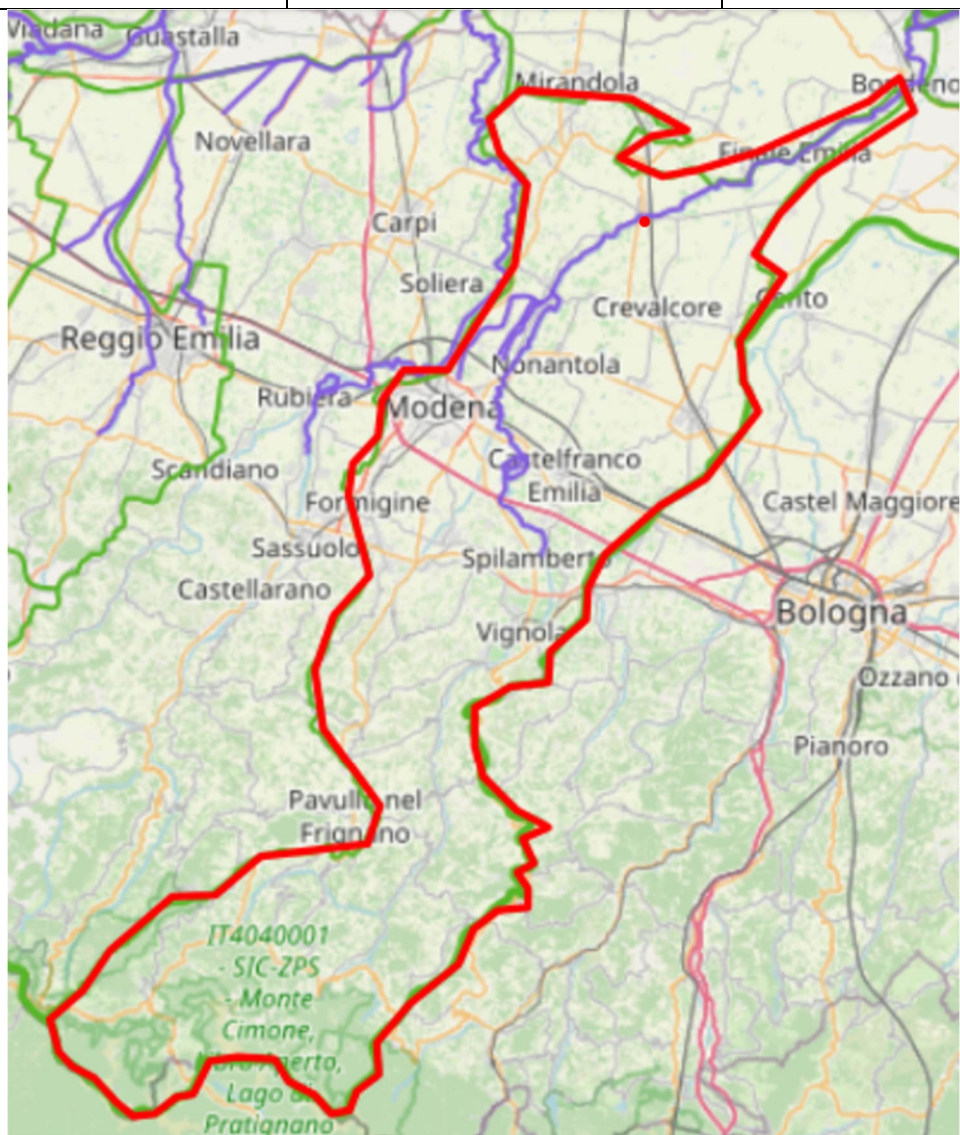


Figura 21: Sottobacino idrografico del fiume Panaro (area perimetrata in rosso); con localizzazione dell' opera in progetto (area puntata in rosso). (Fonte: Geoportale AIPo)

L'area impianto è disposta con la parete Nord a ridosso del rilevato che perimetra la sponda destra del fiume Panaro e con la parete Sud a ridosso di un canale di dreno denominato Colatore Rangona.



Figura 22: Stralcio della carta con idrografia superficiale; in rosso la delimitazione dell'area impianto, in tratteggio rosso gli argini dei corsi d'acqua . (Fonte: Geoportale Nazionale)

Il fiume Panaro periodicamente conquista l'attenzione della cronaca in occasioni di esondazioni o di rotte disastrose come avvenuto nel 1940 e nel 1973 e recentemente il 04 dicembre 2020 ma nel corso della storia il fiume ha fatto innumerevoli danni, tanto da indurre i signori d'un tempo a far innalzare già a partire dall'anno Mille le prime coronelle, opere che nel corso dei secoli divennero veri e propri argini. Per evitare o comunque mitigare i danni dovuti alle esondazioni è stata realizzata e adeguata a più riprese una cassa di espansione del fiume Panaro situata in località Sant'Anna a San Cesario sul Panaro, in funzione dal 1982, è costituita da un manufatto principale in calcestruzzo che funge da sbarramento del corso d'acqua, un corpo di arginature maestre che sottende un invaso in linea ed uno sfioratore laterale interno all'invaso in linea che regola il deflusso verso un invaso sussidiario fuori linea. L'invaso fuori linea è interno alle arginature maestre dell'invaso in linea, ma risulta protetto da un argine interno secondario sormontabile.

L'asta fluviale a valle della cassa di espansione è sottesa da un corpo arginale continuo in destra e sinistra idraulica che accompagnano il corso d'acqua lungo tutto il suo sviluppo di circa 68 km fino alla confluenza con il fiume Po. Storicamente, gli argini del Panaro, nel tempo ed in seguito agli eventi di piena più rilevanti, sono stati progressivamente rialzati e ringrossati, fino a diventare delle vere e proprie dighe in terra pensili sul piano di campagna, di altezza massima anche di 10 metri e ad oggi non più significativamente adeguabili in quota per raggiunte condizioni limite strutturali. Oltre al rischio di tracimazione, essi sono quindi soggetti ad altre due tipologie di rischio: il rischio di sifonamento e sfiancamento e il rischio di erosione.

A valle della cassa di espansione di Sant'Anna, nel PAI è indicato un valore di portata al colmo di riferimento valido per tutto il tratto arginato. Tale valore, assunto pari a 940 m³/s, è un valore obiettivo, relativo all'assetto di progetto del corso d'acqua definito nel Piano, sostenibile solo in condizioni di buona manutenzione. Tale valore necessita oggi di attenta verifica, poiché l'attuale capacità del tratto arginato, fortemente condizionata

dallo stato di manutenzione della vegetazione dell'alveo e dalla sedimentazione sui piani golenali, risulta complessivamente inferiore.

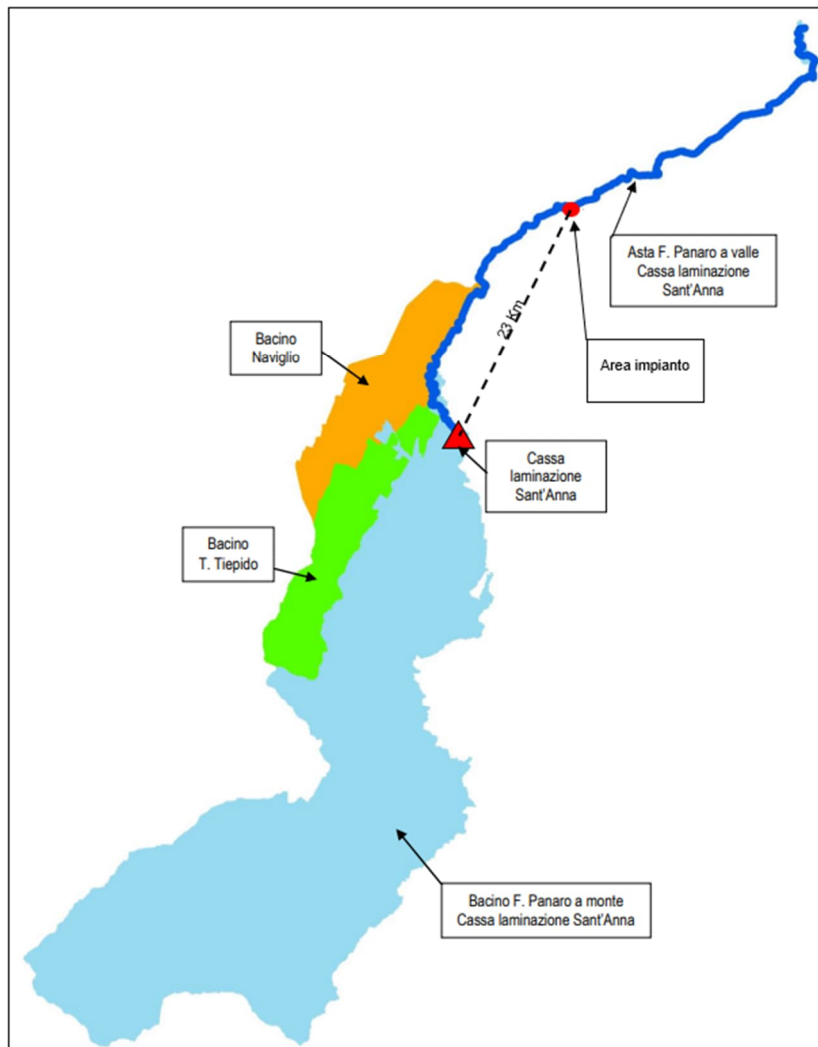


Figura 23: Sistema fluviale del fiume Panaro; Cassa di laminazione (triangolo in rosso) e area impianto puntato in rosso. (Fonte: AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po)

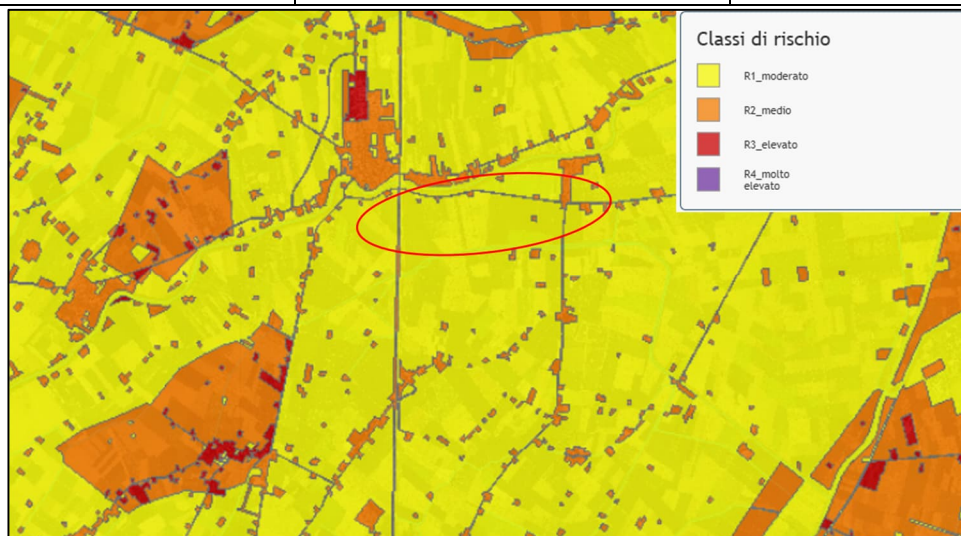


Figura 24: Stralcio carta Alluvioni PGRA con localizzazione dell' opera in progetto (area cerchiata in rosso).
(Fonte: Geoportale Nazionale)



Figura 25: Stralcio carta delle aree allagabili M; con localizzazione dell' opera in progetto (area cerchiata in rosso). (Fonte: ADBPO Autorità di bacino distrettuale del fiume Po)

In conclusione, l'area in esame rientra tra le aree di studio di rischio idraulico moderato R1, con pericolosità idraulica media (P2) (PGRA 2024) con media probabilità di allagamenti (M), se non legati a eventi di alluvione non estremamente frequenti, con tempi di ritorno tra i 100 e i 200 anni, ma comunque con una media probabilità. È quindi opportuno effettuare delle indagini propedeutiche all'installazione dell'impianto anche per la presenza a Nord dell'impianto dell'antistante corpo arginale continuo in destra del fiume Panaro e a Sud dell'impianto dell'antistante canale "Colatore Rangona".

In funzione delle modalità simili di comportamento nei confronti delle acque di infiltrazione, i terreni affioranti, nell'area studiata, si possono accorpate nella classe di permeabilità intermedia o moderatamente bassa; dato da confermare con opportune analisi specifiche. Per quanto riguarda la circolazione idrica

sotterranea, sulla base dei dati acquisiti dalla bibliografia si può ipotizzare una circolazione sotterranea tra i 20 e 50 m dal piano di campagna. Da fonti ISPRA sono stati estrapolati i dati, sopra riportati, dei pozzi, mappati, più vicino all'area impianto, due di questi, distanti meno di 300 m e uno distante circa 500 m dall'area impianto.

6.0 MODELLAZIONE SISMICA

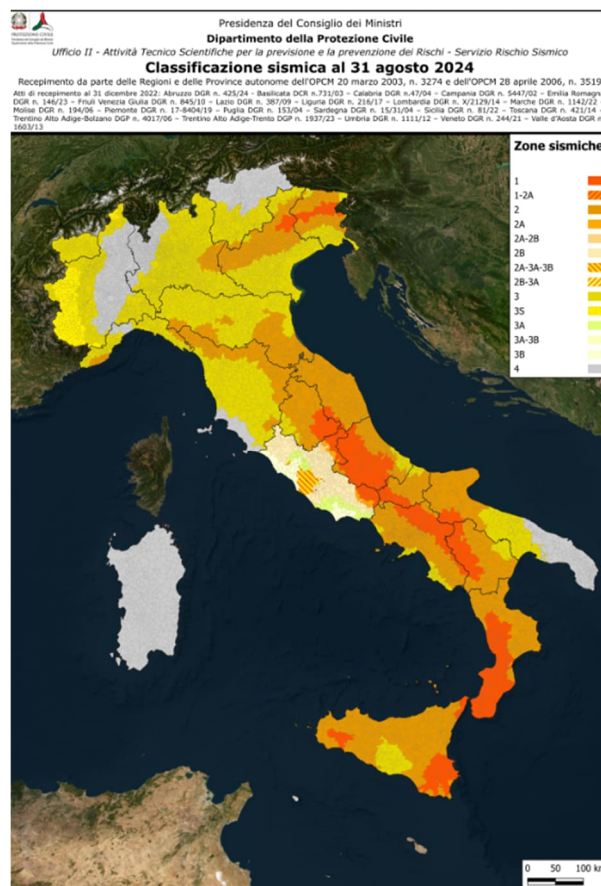
1.1. INQUADRAMENTO SISMICO

La sismicità indica la frequenza e la forza con cui si manifestano i terremoti, ed è una caratteristica fisica del territorio. Tramite le conoscenze relative alla frequenza e all'energia associate ai terremoti che caratterizzano un territorio possiamo definirne la pericolosità sismica, attribuendo un valore di probabilità al verificarsi di un evento sismico di una data magnitudo in un certo intervallo di tempo.

La pericolosità sismica sarà tanto più elevata quanto più probabile sarà il verificarsi di un terremoto di elevata magnitudo, a parità di intervallo di tempo considerato.

Le caratteristiche di resistenza delle costruzioni alle azioni di una scossa sismica possono annullare/mitigare le conseguenze di un terremoto. La predisposizione di una costruzione ad essere danneggiata si definisce vulnerabilità. Quanto più un edificio è vulnerabile (per tipologia, progettazione inadeguata, scadente qualità dei materiali e modalità di costruzione, scarsa manutenzione), tanto maggiori saranno le conseguenze. Infine, la maggiore o minore presenza di beni esposti al rischio, la possibilità cioè di subire un danno economico, ai beni culturali, la perdita di vite umane, è definita esposizione. La combinazione della pericolosità, della vulnerabilità e dell'esposizione, determinano il **rischio sismico**; è la misura dei danni attesi in un dato intervallo di tempo, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e di antropizzazione (natura, qualità e quantità dei beni esposti).

La classificazione sismica del territorio nazionale, così come modificata dalla O.P.C.M.n.3274/03 e in riferimento all'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n°3519, All.1b., l'accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi è ag e inserisce il territorio dell'Emilia-Romagna nelle seguenti Zone Sismiche:



- Zona 2: 109 comuni classificati come zona dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
- Zona 3: 221 comuni classificati come zona dove i comuni interessati possono essere soggetti a scuotimenti modesti.

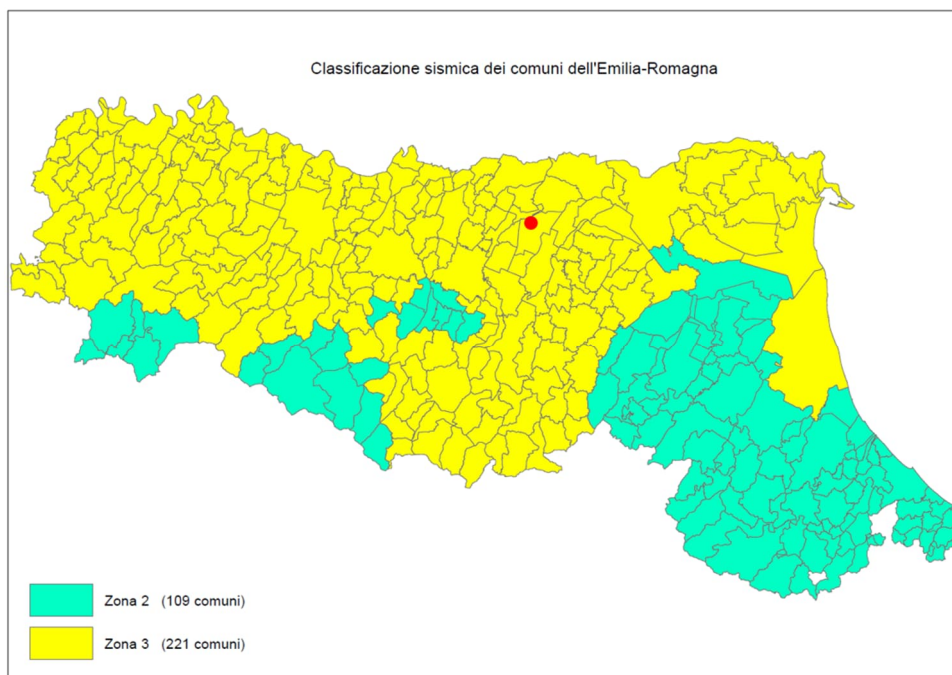


Figura 26: Classificazione sismica dell'Emilia Romagna, aggiornata al 2023 con localizzazione dell' opera in progetto (area puntata in rosso). (Fonte: Geoportale Suoli Geologia e sismica)

Il comune di Crevalcore e l'annessa area in esame, ricadono all'interno della **Zona 3** classificata come zona nella quale possono verificarsi forti terremoti ma sono meno probabili rispetto alla zona 1 e 2. (riconfermata da O.P.C.M.3519 del 28/04/2006; indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3274/2003; aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale dell'Emilia-Romagna n. 1164 del 23/07/2018 e successivo aggiornamento con la Delibera della Giunta Regionale dell'Emilia-Romagna n. 146 del 06/02/2023).

Per la Zona 3 viene espressamente indicata come accelerazione di picco del terreno (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, valori $0,05 < a_g \leq 0,15 g$, dove "g" indica l'accelerazione di gravità. Per la progettazione di nuovi edifici per la Zona 3, si dovrà fare riferimento ad una accelerazione di picco del terreno pari ad $a_g = 0,15 g$. È una zona a sismicità bassa, caratterizzata da rari terremoti moderati e una bassa probabilità di forti scosse; nei terreni ricadenti in detta zona è necessaria l'autorizzazione sismica.

REGIONE	PROV_CITTÀ_METROPOLITANA	SIGLA_PROV	COMUNE	COD_ISTAT_COMUNE	ZONA_SISMICA
Emilia-Romagna	Reggio Emilia	BO	Crevalcore	37024	3

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$0,25 < \mathbf{ag} \leq 0,35$ g	0,35 g	739
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < \mathbf{ag} \leq 0,25$ g	0,25 g	2.374
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < \mathbf{ag} \leq 0,15$ g	0,15 g	3.003
4	È la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$\mathbf{ag} \leq 0,05$ g	0,05 g	1.785

Figura 27: Classificazione sismica aggiornata al 31 agosto 2024 e descrizione. (Fonte: Dipartimento della Protezione Civile).

6.1 DATI MACRO SISMICI DEI TERREMOTI STORICI E PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

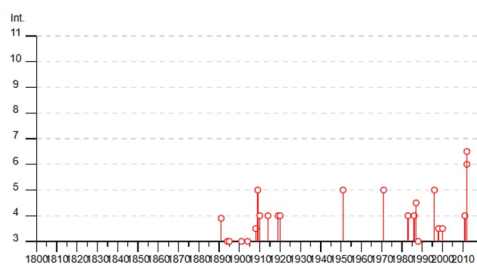
L'analisi della storia sismica della zona di interesse è ben definita dai dati acquisiti dai cataloghi ufficiali dal sito degli INGV, in particolare il Catalogo Parametrico dei terremoti italiani (CPTI15), riferitosi al database macrosismico (DBMI15) che fornisce una gamma di dati relativi alla intensità macrosismica dei terremoti che interessano le aree in esame, con Intensità massima maggiore o uguale a 5 in una finestra temporale 1000-2022. Da questa ricerca è emerso che in passato il Comune di Crevalcore è stato interessato da diversi eventi sismici, alcuni dei quali particolarmente importanti (Vedi Figure sotto riportate). Tra i più significativi in termini di intensità ed effetti possono essere considerati l'evento del 1909 con epicentro in Emilia Romagna orientale, Intensità epicentrale (Io) pari a 6-7 (scala MCS) ed una Magnitudo > 5, avvertito a Crevalcore con una Intensità al sito pari a 5 (scala MCS); l'evento del 1951 con epicentro nel Lodigiano, Intensità epicentrale (Io) pari a 6-7 (scala MCS) ed una Magnitudo > 5, avvertito a Crevalcore con una Intensità al sito pari a 5 (scala MCS), l'evento del 1971 con epicentro nel Parmense, Intensità epicentrale (Io) pari a 8 (scala MCS) ed una Magnitudo > 5, avvertito a Crevalcore con una Intensità al sito pari a 5 (scala MCS), l'evento del 1996 con epicentro nella Pianura Emiliana, Intensità epicentrale (Io) pari a 7 (scala MCS) ed una Magnitudo > 5, avvertito a Crevalcore con una Intensità al sito pari a 5 (scala MCS) e i più forti eventi del 20 e 29 Maggio

del 2012 con epicentro sempre nella Pianura Emiliana, Intensità epicentrale (Io) pari a 7-8 (scala MCS) ed una Magnitudo uguale a 6, avvertito a Crevalcore con una Intensità al sito pari a 6-7 (scala MCS).

Negli anni più recenti sono stati registrati altri terremoti nel territorio in esame; alcuni riconducibili alle strutture sismogenetiche dell'Appennino e del mare Adriatico; ma non vengono riportati nell'elenco in quanto di minore entità (Intensità <5 e Magnitudo <3).

Crevalcore

PlaceID IT_39625
Coordinate (lat, lon) 44.722, 11.147
Comune (ISTAT 2015) Crevalcore
Provincia Bologna
Regione Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati 32



Intensità minima
Intensità massima
Anno minimo
Anno massimo
Distanza tra le tacche degli anni

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
3	1894	11	27	05	07		Bresciano	183	6	4.89
3	1895	08	07	19	49	3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
3	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
2	1904	02	25	18	47	5	Reggiano	62	6	4.81
3	1904	06	10	11	15	2	Frignano	101	6	4.82
NF	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
3-4	1908	06	28	03	19		Finale Emilia	11	4-5	3.93
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4	1910	03	22	23	29		Bassa modenese	15	5	4.16
2	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26
4	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
2-3	1915	10	10	23	10		Reggiano	30	6	4.87
4	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
4	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
2	1923	06	28	15	12		Modenese	22	6	5.04
2-3	1939	10	15	14	05		Garfagnana	62	6-7	4.96
5	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
5	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51
4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
4	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
4-5	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
3	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6	4.57
NF	1992	04	17	11	59	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
5	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	135	7	5.38
NF	1996	12	16	09	09	5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
3-4	1998	02	21	02	21	1	Pianura emiliana	104	5	3.93
3-4	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
4	2011	07	17	18	30	2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79
6	2012	05	20	02	03	5	Pianura emiliana	53	7	6.09
6-7	2012	05	29	07	00	0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90

Figura 28: Eventi sismici significativi per il Comune di Crevalcore (BO). (Fonte: INGV CPTI15).



Figura 29: Terremoto del 1910 e 1912; a 5 Km e 10 Km circa dall' area in esame. (Fonte: CPTI15).

Dalla consultazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI 15) è emerso che il terremoto più prossimo all'area impianto, con epicentro nella Bassa Modenese, è avvenuto nel 1910 nella zona agricola a Sud-Est della Città di San Felice sul Panaro, con distanza di circa 5 Km dall'area dell'impianto, avvertito a Crevalcore con una Intensità al sito pari a 4 (scala MCS). Ben più importante il terremoto a 10 Km dall'area impianto, avvenuto nel 2012 e avvertito a Crevalcore con una Intensità al sito pari a 6-7 (scala MCS). 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, prevalentemente nelle province di Modena, Ferrara, Mantova, Reggio Emilia, Parma, Bologna e Rovigo, ma avvertite anche in un'area molto vasta comprendente tutta l'Italia centro-settentrionale e parte della Svizzera, della Slovenia, della Croazia, dell'Austria, della Francia sud-orientale e della Germania meridionale. Già tra il 25 e il 27 gennaio 2012 si ebbero in zona fenomeni significativi, ma la prima scossa più forte, di magnitudo 5.9 è stata registrata il 20 maggio 2012 alle ore 04:03:52 ora italiana (02:03:52 UTC), con epicentro nel territorio comunale di Finale Emilia (MO), con ipocentro a una profondità di 6,3 km. Il 29 maggio 2012 alle ore 09:00:03 ora italiana (07:00:03 UTC), una nuova scossa molto forte di magnitudo 5.8 è stata avvertita in tutta l'Italia settentrionale, creando panico e disagi in molte città come Ferrara, Modena, Reggio Emilia, Bologna, Mantova e Rovigo; 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 dalle scosse dei giorni precedenti che avevano avuto come epicentro la vicina area della bassa modenese. Queste scosse sono state seguite da uno sciame sismico con scosse di magnitudo variabile di minore entità.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, basata sull'identificazione della categoria del sottosuolo di riferimento, è necessario definire il parametro fondamentale per la "classificazione sismica dei terreni", e quindi per la determinazione della categoria, corrispondente alla velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_s ; nel caso specifico relativa alla quota di imposta delle fondazioni relative alle apparecchiature e strutture da installare, rispetto alla quota del piano di campagna. Per tale scopo, in accordo agli approcci semplificati proposti dal D.M. 17/01/2018 - Tab. 3.2. Il la determinazione del parametro delle onde di taglio V_s si potrà valutare di stimarlo mediante la misura delle velocità sismiche attraverso l'esecuzione di una prospezione geofisica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves); tecnica non distruttiva che si basa sull'analisi della dispersione delle onde superficiali, note anche come onde di Rayleigh, che si propagano attraverso il terreno e vengono registrate da una serie di geofoni disposti lungo un profilo.

Come specificato in questo studio, l'area in esame, si ritrova ubicata su terreni di origine alluvionale con un terreno vegetale di copertura di circa un metro costituito da sedimenti argillosi pseudocoerenti sui quali, da dati di letteratura, possiamo estrapolare i parametri approssimativi di tali litotipi; nel complesso si possono riassumere come di seguito riportato:

Terreno superficiale:

- $c' = 13,7-28,4$ KN/mq (coesione drenata)
- $\gamma = 19,2-20,5$ KN/mc (peso unità di volume)
- $\phi' = 20^\circ-28^\circ$ (angolo di attrito interno)

Terreni alluvionali:

- $c' = 0$ KN/mq (coesione drenata)
- $\gamma = 18,5$ KN/mc (peso unità di volume)
- $\phi' = 34^\circ$ (angolo di attrito interno)

Per una più precisa caratterizzazione geotecnica tali valori dovranno essere validati dalle indagini in situ e dalle analisi di laboratorio prima dell'inizio della fase esecutiva dei lavori.

Stimando terreni con alternanze di argille e sabbie fino ai 100 m di profondità dal pdc, si ricava una attribuzione alla categoria di suolo "D". "Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente V_s compresi tra 100 e 180 m/s".

7.0 CONCLUSIONI

Le previsioni edilizie in progetto, sono state valutate secondo il grado di approfondimento previsto dalla normativa vigente, e risultano eseguibili senza particolari limitazioni di fattibilità geologica.

I risultati dello studio geologico e geomorfologico eseguito sui terreni interessati dalle opere in progetto possono essere sintetizzati nei seguenti punti:

- L'area d'indagine ricade interamente nel Foglio Geologico 202 (San Giovanni In Persiceto) della cartografia 1:50.000 e nel Foglio Geologico 75 (Mirandola) della cartografia Geologica 1: 25.000. Il territorio del comune di Crevalcore (BO) è costituito principalmente da litologie sedimentarie di ambiente Continentale riconducibili al Pleistocene superiore e Olocene. Si tratta di detriti, depositi fluvio lacustri; alluvioni ghiaiose con lenti argilloso-sabbiose al suolo prevalentemente di colore nocciola. Da stratigrafie limitrofe si presuppongono alternanze di argille limo sabbiose a sabbie argillo limose con aumento della granulometria con la profondità.
- Dal punto di vista geomorfologico il sito di Progetto ricade in un settore che si inquadra in un contesto pianeggiante, contraddistinto da superfici pressoché piane con gradiente topografico estremamente basso e debolmente degradanti verso nord-est. L'area in esame ha una quota media di 17 m slm ed è caratterizzata da un alto indice di stabilità dovuto alla qualità dei terreni e alle esigue pendenze (< 10°); queste caratteristiche annullano qualsiasi fenomeno di dissesto geomorfologico.
- L' area in esame non è soggetta a fenomeni franosi e non rientra tra le aree a rischio e pericolo geomorfologico. L'area è comunque a ridosso del rilevato perimetrale del fiume Panaro e del canale Colatore Rangona ed è all'interno delle aree con probabilità media di essere allagata; pertanto, sarà necessario uno studio specifico per la gestione delle acque, soprattutto in caso di precipitazioni eccezionali.
- L'area in esame rientra tra le aree di studio di rischio idraulico moderato R1, con pericolosità idraulica media (P2) (PGRA 2024) con media probabilità di allagamenti (M), se non legati a eventi di alluvione non estremamente frequenti, con tempi di ritorno tra i 100 e i 200 anni, ma comunque con una media probabilità. È quindi opportuno effettuare delle indagini propedeutiche all'installazione dell'impianto anche per la presenza a Nord dell'impianto dell'antistante corpo arginale continuo in destra del fiume Panaro e a Sud dell'impianto, dell'antistante canale "Colatore Rangona". L'insediamento delle opere di cui al presente progetto è realizzabile ma dovrà prevedere uno studio specifico per la gestione delle acque, soprattutto in caso di precipitazioni eccezionali; l'intera area ricade all'interno della fascia di rispetto dei 150m del Fiume Panaro. L'area non rientra all'interno dell'area con vincolo idrogeologico.
- L'area è classificata dal punto di vista sismico come zona 3; è una zona a sismicità bassa, caratterizzata da rari terremoti moderati e una bassa probabilità di forti scosse; nei terreni ricadenti in detta zona è necessaria l'autorizzazione sismica.
- In funzione delle modalità similari di comportamento nei confronti delle acque di infiltrazione, i terreni affioranti, nell'area studiata, si possono accorpate nella classe di permeabilità intermedia o moderatamente bassa; dato da confermare con opportune analisi specifiche. Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea, sulla base dei dati acquisiti dalla bibliografia si può ipotizzare una circolazione sotterranea tra i 20 e 50 m dal piano di campagna
- Le caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati dalle fondazioni, verosimilmente sono idonee a sopportare i carichi progettuali; sono necessarie indagini puntuali per confermarle; da segnalare che i terreni presenti nell'area in esame potrebbero essere suscettibili a liquefazione anche se non risultano evidenze di effetti in superficie neppure in occasione del sisma 2012.

L'assenza di evidenze di questi fenomeni nell'area in esame contrasta però con la presenza di condizioni predisponenti la liquefazione nelle aree limitrofe, pertanto, saranno necessarie analisi puntuali.

- Per quanto concerne la definizione dell'azione sismica di progetto, così come stabilito dal D.M. 17/01/2018, il terreno di fondazione esaminato viene ad inquadrarsi nell'ambito delle Categorie di suolo D. Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente V_s compresi tra 100 e 180 m/s".
- La morfologia topografica fa ricadere il sito, area pianeggiante con inclinazione media $<10^\circ$, nella classe T1.

Dal punto di vista geologico-tecnico, in prospettiva sismica ed in relazioni alle condizioni globali dei terreni, si conferma la fattibilità geologica delle opere in progetto in ottemperanza delle normative vigenti; tuttavia, la scelta ed il dimensionamento delle opere di fondazione da adottare per la realizzazione degli impianti in progetto, dovranno essere effettuate in sede di progettazione esecutiva.

In conclusione, dalle informazioni precedentemente esposte, si evince che l'area esaminata è potenzialmente idonea nei riguardi dell'esecuzione dell'opera in progetto.