

PERMESSO DI RICERCA DI RISORSE GEOTERMICHE FINALIZZATO ALLA SPERIMENTAZIONE DI UN IMPIANTO PILOTA DENOMINATO "CORTOLLA"

COMUNI DI MONTECATINI VAL DI CECINA – PROVINCIA DI PISA

PROPONENTE:

R.T.I.

Raggruppamento Temporaneo di Impresa



PROGETTO DEFINITIVO

NUMERO ELABORATO:

CRT-RS01-V00

TITOLO:

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

DATA:

Giugno 2015

PROGETTISTI:

RENEWEM S.r.l

Via Norvegia n° 68 - 56021 Cascina (PI) - ITALIA

UFFICI:

Renewem srl
Via Norvegia n° 68 - 56021 Cascina (PI) - ITALIA
tel. 0039 050 6205317 fax. 0039 050 0987814

Cosvig
Via T. Gazzei n° 89 - Radicondoli (SI) - ITALIA
tel. e fax. 0039 0577 752950

REVISIONE

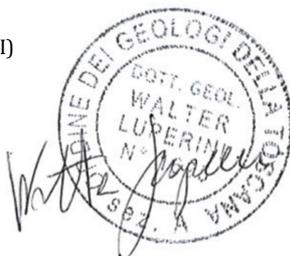
DATA		NOTE
REV.1		
REV.2		
REV.3		

Dott. Geol W. Luperini

Per Renewem srl

Via Norvegia n. 68 – 56021 Cascina (PI)

Cascina 18/06/2015



SOMMARIO

PREMESSA	1
1 CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO	1
2 UBICAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	5
3 QUADRO NORMATIVO.....	9
4 VINCOLI E PIANIFICAZIONE.....	10
4.1 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.).....	10
4.1.1 <i>Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (P.A.I.) del Bacino Regionale Toscana Costa</i>	<i>10</i>
4.1.2 <i>Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (P.A.I.) del Bacino del Fiume Arno....</i>	<i>12</i>
4.2 PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO DELLA PROVINCIA DI PISA	14
4.3 PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI MONTECATINI VAL DI CECINA.....	15
4.3.1 <i>Classificazione urbanistica del Comune di Montecatini Val di Cecina</i>	<i>18</i>
4.4 VINCOLO IDROGEOLOGICO.....	19
5 PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ DEL SITO IN ESAME AI SENSI DEL PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI MONTECATINI VAL DI CECINA.....	21
5.1 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA	21
5.2 PERICOLOSITÀ IDRAULICA	24
5.3 PERICOLOSITÀ SIMICA LOCALE.....	26
5.4 FATTIBILITÀ IN RELAZIONE AGLI ASPETTI SISMICI.....	29
6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	30
6.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	30
6.1.1 <i>Faglie capaci</i>	<i>32</i>
6.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA	33
6.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	37
6.4 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA.....	41
6.5 LE OPERE IN PROGETTO NEL CONTESTO GEOLOGICO.....	42
6.5.1 <i>Polo di produzione</i>	<i>42</i>
6.5.2 <i>Polo di reiniezione.....</i>	<i>44</i>
6.5.3 <i>Centrale geotermoelettrica.....</i>	<i>47</i>
6.5.4 <i>Rete di trasporto dei fluidi</i>	<i>49</i>
6.5.4.1 Rete di produzione.....	49

6.5.4.2	Rete di reiniezione	50
7	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.....	57
8	SISMICITÀ	59
8.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	59
8.2	AZIONE SISMICA	60
8.2.1	<i>Categoria di sottosuolo e categoria topografica.....</i>	63
8.2.1.1	Categoria di sottosuolo	64
8.2.1.2	Condizioni topografiche.....	64
8.3	COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE K_H E COEFFICIENTE SISMICO VERTICALE K_V	64
9	CONSIDERAZIONI SUL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	67
10	CONCLUSIONI	68

PREMESSA

La presente relazione geologica è stata eseguita a supporto della realizzazione delle opere previste per un “Permesso di ricerca di risorse geotermiche finalizzato alla sperimentazione di un impianto pilota per risorse geotermiche” denominato “CORTOLLA”, da realizzarsi all’interno del territorio comunale di Montecatini Val di Cecina in Provincia di Pisa.

Il fine di questa relazione è la definizione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche e litotecniche dell’area in esame e delle aree limitrofe, allo scopo di stabilire la compatibilità tra le opere e l’assetto geologico-ambientale.

L’indagine è consistita in alcuni sopralluoghi nella zona interessata effettuati a Maggio 2015, al fine di determinare sia le caratteristiche litologiche dei terreni affioranti, sia le caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche. Sono stati inoltre consultati gli studi, i dati bibliografici e le pubblicazioni disponibili per l’area in esame con particolare riguardo alle carte geologiche redatte nel progetto CARG a varie scale, elaborati in possesso dell’Amministrazione Comunale, l’Autorità di Bacino del Fiume Arno e Toscana Costa, la Regione Toscana, la Provincia di Pisa.

1 CARATTERISTICHE GENERALI DELL’INTERVENTO

Il progetto geotermico pilota "CORTOLLA" ha come obiettivo lo sfruttamento delle risorse geotermiche presenti in un’area della Toscana centro-meridionale, ubicata ad ovest del centro abitato di Montecatini Val di Cecina (PI), al fine di sperimentare un impianto pilota con la completa reiniezione del fluido geotermico nelle stesse formazioni di provenienza, e comunque con emissioni nulle.

Di seguito viene fornita una descrizione di massima delle opere da realizzare, per le caratteristiche tecniche di dettaglio si rimanda alla Relazione Tecnica ed alle relative tavole di progetto. Il progetto si articola nei seguenti interventi:

N. 2 postazioni di perforazione denominate CORTOLLA 1 (CRT1) e CORTOLLA 2 (CRT2).

Si tratta di due piazzole di perforazione realizzate su aree livellate mediante sbancamento e reinterro; ogni postazione prevede la realizzazione di tre pozzi. La postazione di perforazione Cortolla 1 (Figura 1-1) occuperà un’area di circa 13020.0 m² mentre la postazione denominata Cortolla 2 (Figura 1-2) occuperà un’area di 20481.65 m².

Per ogni postazione di perforazione saranno realizzate le seguenti opere in cemento armato funzionali ad ospitare le varie parti dell’impianto di perforazione:

- Cantina: Il manufatto di alloggiamento pozzo denominato “cantina”, viene

realizzato in cemento armato gettato in opera, interrato, di dimensioni in pianta di 25.0 x 2,5 m con profondità di 1,5 m rispetto alla quota della piazzola, spessore pareti 40 cm e spessore soletta di fondo di 40 cm;

- Sottostruttura impianto di perforazione: si tratta di un basamento in c.a. che verrà realizzato intorno al manufatto di alloggiamento pozzo, ha forma rettangolare con dimensioni in pianta di 54.0 x 18.0 m e spessore 30 cm. Verrà realizzato tramite una gettata in opera con calcestruzzo C20/25, lisciata superficialmente al quarzo, armata con ferro di armatura B450C e posata su uno strato di magrone dello spessore di 10 cm;
- Vasca deposito gasolio e olio: questo manufatto sarà realizzato in calcestruzzo con dimensioni in pianta pari a 12,4 x 6,6 m e alta 0.85 m;
- Paltea per impianto prove di produzione: si tratta di un box a forma di U in cemento armato delle dimensioni in pianta di 2,9 x 3,3 m e alto 1,5 m;
- Cunicoli: si prevede di realizzare sei cunicoli in elementi prefabbricati in calcestruzzo vibrocompresso a sezione rettangolare dimensioni interne di 1,5 x 1,5 m e lunghezza totale di 24 m;
- Vasca di raccolta reflui di perforazione: si tratta di una vasca in cemento armato di dimensioni in pianta di 14,5 m x 14,5 m e altezza di 2 m;
- Vasche per deposito acqua di perforazione: si tratta di due vasche ognuna delle quali ha dimensione in pianta di 16.0 x 35.5 m e altezza di 3.0 m realizzate in cemento armato.

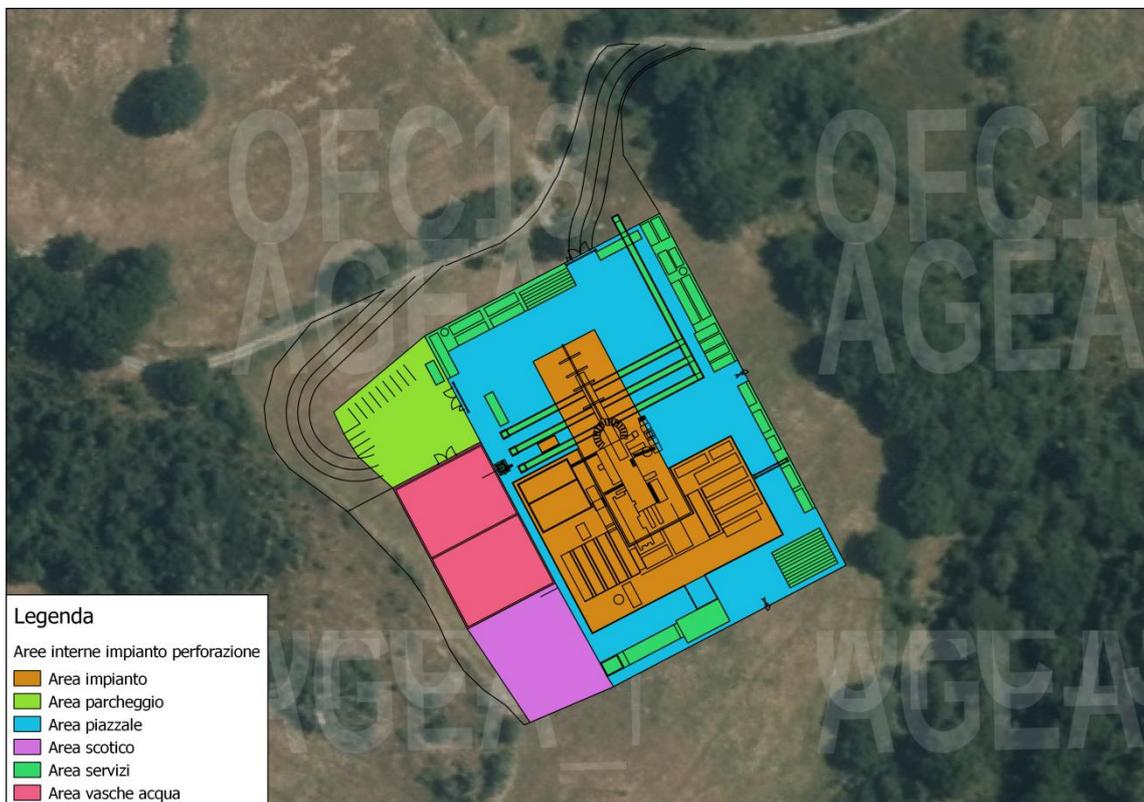


Figura 1-1. Layout postazione di perforazione Cortolla 1.



Figura 1-2. Layout postazione di perforazione Cortolla 2.

Impianto geotermoelettrico

3

L'impianto geotermoelettrico occuperà un'area di circa 13883.0 m² su un unico piano livellato per ottenere il quale sono necessarie operazioni di scavo e reinterro. L'impianto consiste nelle seguenti parti (Figura 1-3):

- Impianto ORC;
- Sistema di air-cooler;
- Edificio ospitante gli uffici e il locale di consegna dell'energia prodotta al gestore;
- Area parcheggio;
- Impianto e serbatoio antincendio;
- Piazzale.

Per ospitare le varie parti dell'impianto sarà necessario eseguire le seguenti opere in cemento armato:

- Per l'alloggiamento dell'impianto ORC verrà realizzata una platea in c.a. di forma rettangolare di spessore pari a 0,5 m con dimensioni in pianta pari a 41.0 m x 28 m. Su di essa verranno plinti in c.a. la cui funzione è trasferire i carichi alla struttura di fondazione. Tale manufatto poggerà su uno strato di magrone di spessore pari a 10 cm. Lungo il bordo della platea saranno realizzate delle canalette prefabbricate in cemento armato

con griglia carrabile di sicurezza per la regimazione delle acque piovane.

- Il condensatore poggerà su 60 plinti a base quadrata di 2,5 m di lato alla base e 0,8 m di lato nella parte superiore unita reciprocamente da una serie di travi sempre in cemento armato di dimensioni in sezione 0.3 m x 0.3 m.
- Per l'alloggiamento del serbatoio e del locale antincendio verrà realizzata una platea in c.a. a forma rettangolare di dimensioni in pianta pari a 11.7 m x 17.6 m e spessore 0,5 m, che poggeranno su uno strato di magrone avente spessore di 10 cm.
- Il locale adibito ad ufficio e a locale di consegna poggerà invece su 8 plinti in c.a. di altezza pari a 1,0 m, con base quadrata di lato 1,0 m e posti su uno strato di magrone di spessore pari a 10 cm. Sul perimetro delle opere sopra descritte verrà realizzato idoneo drenaggio con materiale inerte 4/7.



Figura 1-3. Layout centrale geotermoelettrica.

Rete trasporto fluidi geotermici

La rete di trasporto dei fluidi risulta composta da una serie di tubazioni che collegano il polo di produzione e di reiniezione alla centrale geotermoelettrica.

A fianco di tali condotte è prevista l'installazione di uno o più cavidotti, nei quali saranno alloggiati i cavi di segnale e di potenza necessari per la gestione e il controllo remoto degli impianti.

Rete di produzione

La rete di trasporto dei fluidi dal polo di produzione verso l'impianto ORC ha una lunghezza di circa 407.3 m ed è posizionata fuori terra su sostegni di altezza pari a 0.5 m. La tubazione a partire dalle teste pozzo attraversa l'area pozzi posizionata all'interno di un cunicolo. Appena al di fuori della recinzione della postazione si dirige verso nord fino a raggiungere la strada bianca esistente. Percorre un tratto di circa 60.0 m parallela ad essa per poi attraversarla in sotterranea proseguendo in direzione nord lungo il versante verso l'Impianto ORC.

I sostegni saranno di tipo a traliccio con altezza variabile e con due modalità di vincolo: appoggio semplice o cerniera; verranno montati sul terreno mediante bullonatura su plinti di fondazione in calcestruzzo, appositamente realizzati in opera e gettati in scavi nel terreno cercando di limitare al minimo la parte emergente dal piano di campagna. La distanza massima tra gli appoggi sarà di circa 10÷12 metri.

Il cavo a fibra ottica e quello di potenza saranno invece collocati a fianco della rete di produzione all'interno di tubi in PVC.

Rete di reiniezione

La rete di trasporto dei fluidi di reiniezione dall'impianto ORC verso il polo di reiniezione ha una lunghezza di circa 2084.68 m e sarà completamente interrata all'interno di uno scavo.

La condotta sarà alloggiata all'interno di uno scavo di forma trapezoidale rovesciata di profondità variabile da 1.8 m a 2.0 m e larghezza alla base di circa 80.0 cm. La tubazione poggerà su un letto di sabbia dello spessore di circa 10.0-15.0 cm e sarà ricoperta, per i primi 20.0 cm, di sabbia, e i successivi con materiale inerte derivante dalle operazioni di scavo. L'estradosso del tubo sarà posizionato ad una profondità di circa 110.0-130.0 cm a partire dal piano campagna. Al lato della condotta di trasporto dei fluidi, nel medesimo cassetto di scavo, saranno posizionati anche i tubi per il passaggio del cavo di fibra ottica e di quello di potenza.

2 UBICAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

L'intervento è situato a circa 2 km ad ovest del centro abitato di Montecatini Val di Cecina, in Provincia di Pisa, tra le località di Podere di Barbiano e il Podere di Montevignoli a quote comprese tra 480.0 e 550.0 m slm (Tabella 2-1, Figura 2-1, Figura 2-2, Figura 2-3, Figura 2-4).

Opera	X (Roma 40-Gauss Boaga fuso ovest)	Y (Roma 40-Gauss Boaga fuso ovest)	Quota (m s.m.l.)
Centrale geotermica	1640340.34	480570.86	510
Polo di produzione Cortolla 1	1640291.43	4805433.88	480
Polo di reiniezione Cortolla 2	1638937.26	4806221.54	540

Tabella 2-1. Ubicazione delle opere in progetto.

Nella cartografia tecnica Regionale l'intervento è presente nel Foglio 295 elemento 010 alla scala 1:10.000.

Nel proseguo della presente relazione le opere previste nel progetto sono così raggruppate:

- Polo di produzione Cortolla 1 (CRT1): comprende la piazzola di perforazione, le vasche acqua, l'area parcheggio e la strada di accesso nonché tutta l'area interessata dalla movimentazione terra necessaria alla preparazione della postazione stessa per un'area complessiva di circa 19177.5 m².
- Polo di produzione Cortolla 2 (CRT2): comprende la piazzola di perforazione, le vasche acqua, l'area parcheggio e la strada di accesso nonché tutta l'area interessata dalla movimentazione terra necessaria alla preparazione della postazione stessa per un'area complessiva di circa 20481.65 m².
- Centrale geotermoelettrica: comprende il piazzale ospitante l'impianto ORC, gli air-cooler, l'edificio adibito ad uffici e il parcheggio nonché tutta l'area interessata dalla movimentazione terra necessaria alla preparazione della postazione stessa per un'area complessiva di circa 13883.13 m².
- Rete trasporto fluidi di produzione di lunghezza pari a 407.3 m.
- Rete di trasporto fluidi di reiniezione di lunghezza pari a 2084.68 m.

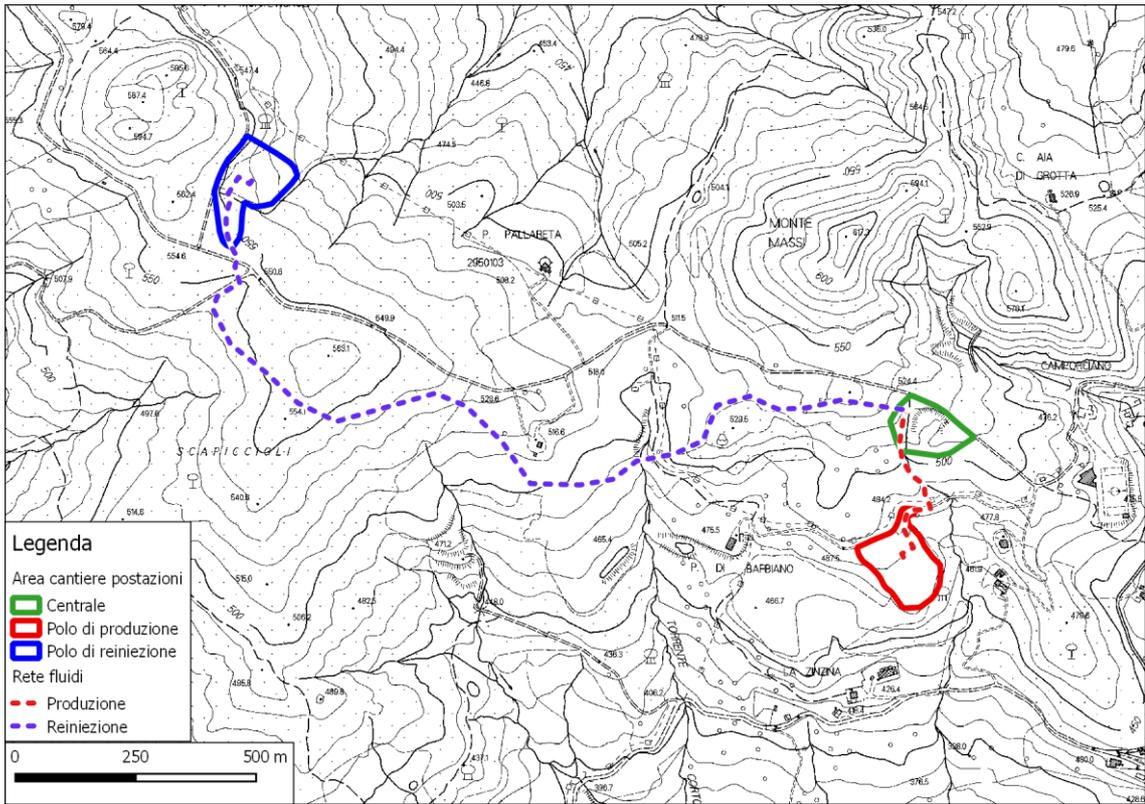


Figura 2-1. Ubicazione delle opere in progetto su CTR scala 1:10.000.



Figura 2-2. Area di ubicazione della centrale geotermoelettrica.



Figura 2-3. Area di ubicazione del polo di produzione Cortolla 1.



Figura 2-4. Area di ubicazione del polo di produzione Cortolla 2.

3 QUADRO NORMATIVO

La presente relazione geologica viene redatta ai sensi di quanto prescritto dalla normativa attualmente vigente di Tabella 3-1.

Legge Regionale 3 Gennaio 2005 n. 1	Norme per il governo del territorio
Decreto del Ministero delle infrastrutture del 14 Gennaio 2008 n 1401	Nuove norme tecniche per le costruzioni
Circolare del Ministero LL.PP. del 2 febbraio 2009 n. 617	Istruzione per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008
Decreto del Presidente della Giunta Regionale 9 Luglio 2009 n. 36/R	Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 Gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.
Decreto del Presidente della Giunta Regionale 27 Aprile 2007 n. 26/R	Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 Gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche
Decreto del Presidente della Giunta Regionale 25 Ottobre 2011 n. 53/R	Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche.
Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20/03/2003 n. 3274	Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica
Deliberazione G.R.T. 19 giugno 2006 n. 431	Riclassificazione sismica del territorio regionale: Attuazione del D.M. 14/9/2005 e O.P.C.M. 3519 del 28 Aprile 2006 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'11/5/2006
Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri 28 aprile 2006, n. 3519	Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone
Delibera della Giunta Regionale 26 novembre 2007 n. 841	Aggiornamento dell'elenco dei comuni a maggior rischio sismico della Toscana
Delibera della Giunta Regionale del 8 ottobre 2012 n. 878	Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008-Revoca della DGRT 431/2006
R.D.L. 30 Dicembre 1923 n. 3267	Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani
Legge Regionale 21/03/2000 n. 39	Legge Forestale della Toscana
D.P.G.R.T. 8/8/2004 n. 48/R	Regolamento forestale dello stato
D.P.G.R.T. 16/3/2010 n. 32/R	Modifiche al regolamento emanato con decreto del Presidente della Giunta regionale 8 Agosto 2003 n. 48/R (Regolamento forestale della Toscana)
Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n. 42 e s.m.i.	Codice dei beni culturali e del paesaggio ai sensi dell'art. 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137
Legge 6 dicembre 1991 n. 394	Legge quadro sulle aree protette
Legge 9 dicembre 1998 n. 426	Nuovi interventi in campo ambientale
Legge Regionale 11 aprile 1995 n. 49	Norme sui parchi, le riserve naturali e le aree naturali protette di interesse locale

Tabella 3-1. Normativa di riferimento.

4 VINCOLI E PIANIFICAZIONE

4.1 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

Le opere previste nel progetto ricadono all'interno dei territori di competenza dell'Autorità del Bacino Toscana Costa e dell'Autorità del Bacino del Fiume Arno. In particolare la postazione CRT2 e un tratto di circa 240.0 m della rete di reiniezione in prossimità della postazione CRT2 ricadono nel Bacino del Fiume Arno, mentre la postazione CRT1, la centrale geotermoelettrica e la rete dei fluidi di produzione e reiniezione ricadono nel Bacino Toscana Costa.

4.1.1 Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (P.A.I.) del Bacino Regionale Toscana Costa

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino Regionale Toscana Costa è stato approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n.13 del 25 gennaio 2005. Dalla Carta di Tutela del Territorio (Figura 4-1) è possibile ricavare che tutte le opere ricadenti all'interno di questo bacino si trovano ubicate in aree a particolare attenzione per la prevenzione dei dissesti idrogeologici.

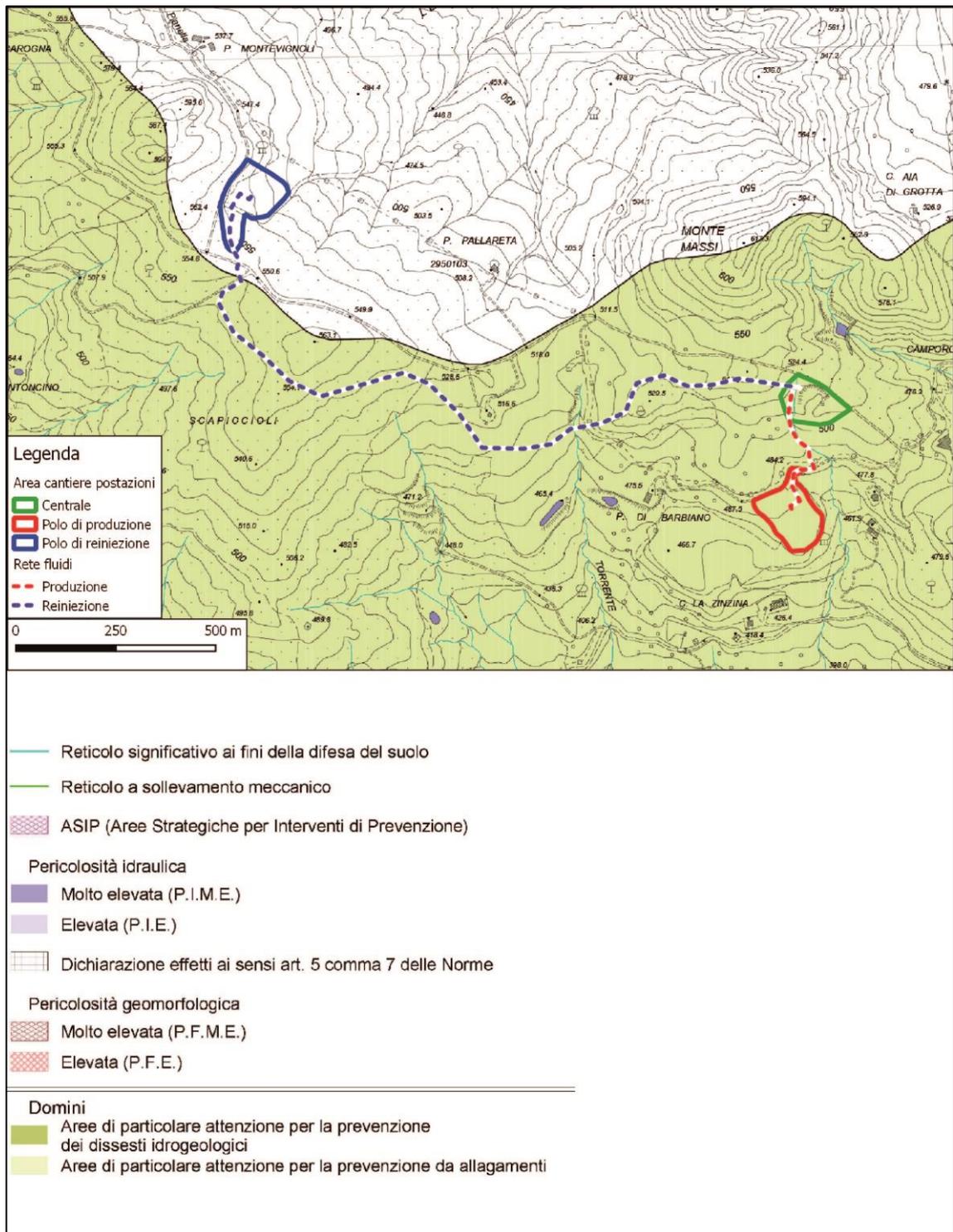


Figura 4-1. Stralcio della carta di tutela del territorio del PAI Toscana Costa.

Secondo le norme di PAI: nelle aree di particolare attenzione per la prevenzione dei dissesti idrogeologici, al fine di garantire la conservazione dei suoli, la riduzione dei rischi idrogeologici, la tutela dell'ambiente, l'aumento del tempo di corrivazione, il controllo del trasporto solido, gli strumenti per il governo del territorio individuano discipline finalizzate a tener conto della necessità di secondo le seguenti direttive di non

convogliare acque di pioggia nelle aree a pericolosità geomorfologica elevata e molto elevata.

4.1.2 Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (P.A.I.) del Bacino del Fiume Arno

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino Regionale Toscana Costa è stato approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n.13 del 25 gennaio 2005. Secondo la cartografia del Piano risulta che:

- nessuna delle opere ricade in pericolosità idraulica (Figura 4-2);
- parte del polo di reiniezione e della rete di reiniezione ricadono in pericolosità geomorfologica di classe 3 (elevata da frana) come cartografato alla scala 1:10000 (Figura 4-3);
- il polo di reiniezione e la rete di reiniezione ricadono in pericolosità geomorfologica di classe 1 (moderata da processi geomorfologici di versante) ed 2 (media da processi geomorfologici di versante) per quanto cartografato alla scala 1:25000 (Figura 4-3).

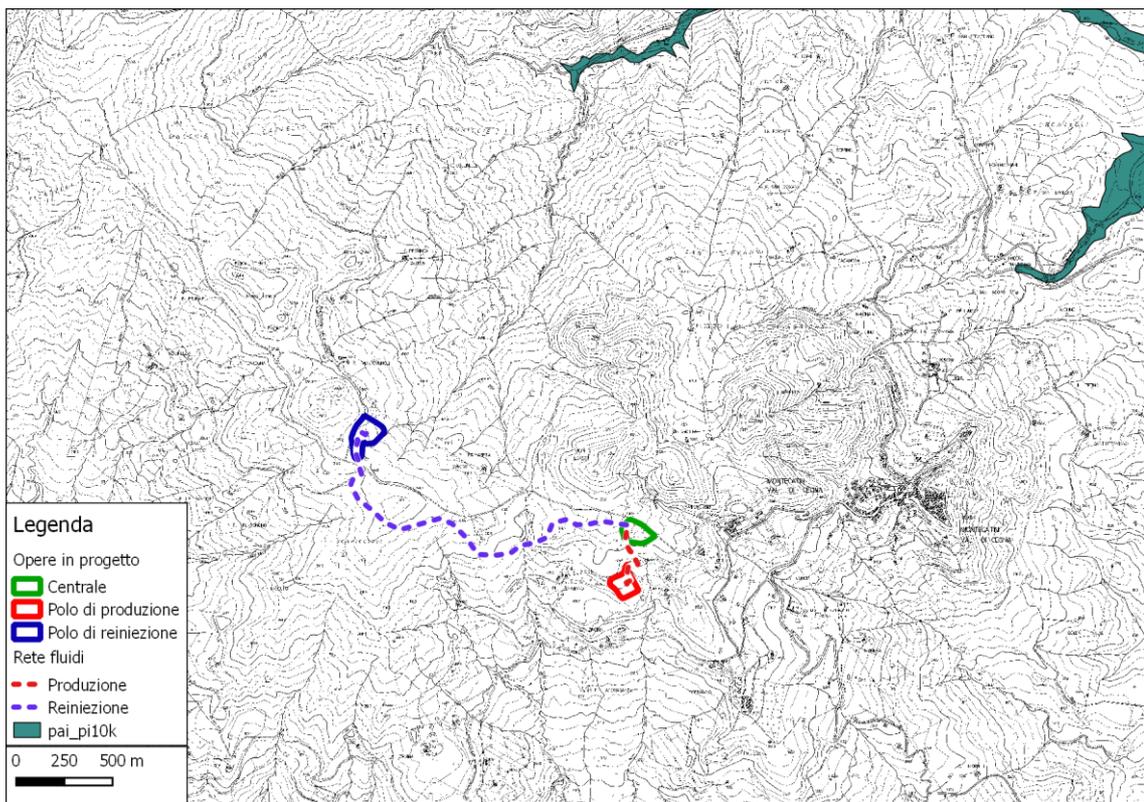


Figura 4-2. Stralcio della carta della pericolosità idraulica alla scala 1:10000 del PAI del Fiume Arno.

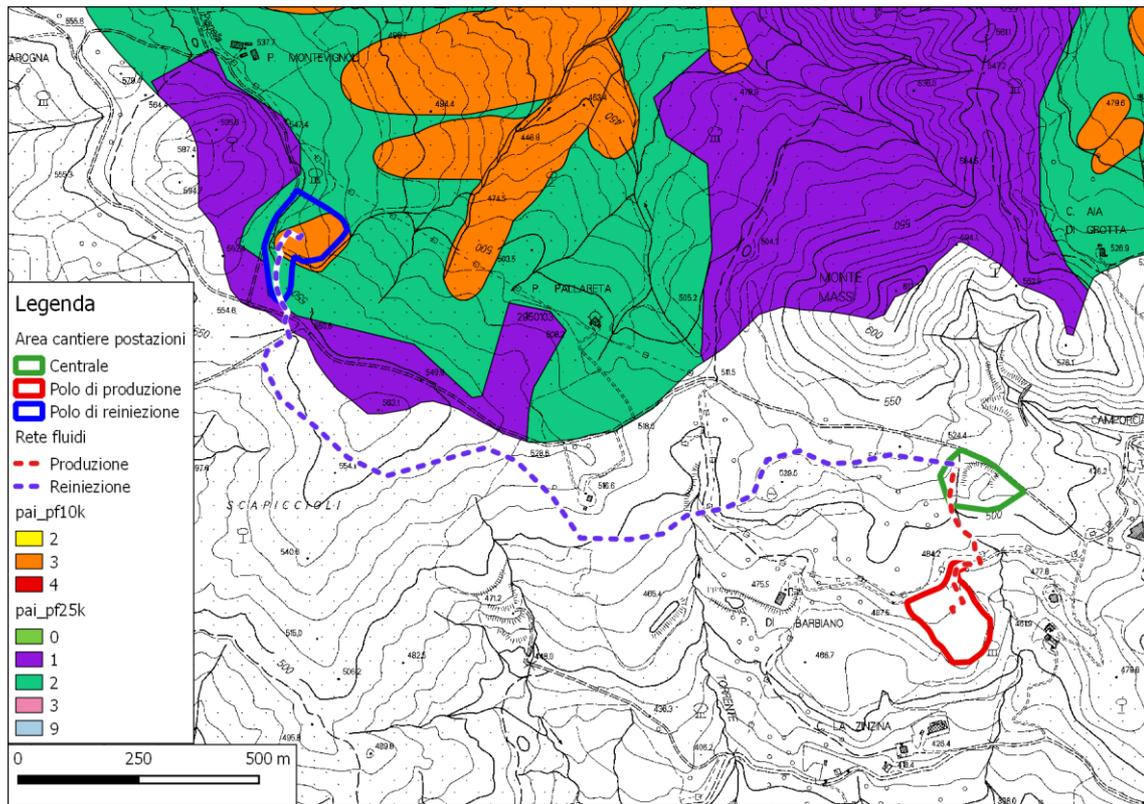


Figura 4-3. Stralcio della carta della pericolosità geomorfologica alla scala 1:10000 e 1:25000 del PAI del Fiume Arno.

In merito alla pericolosità geomorfologica le norme del PAI riportano:

Art. 12-Aree a pericolosità media e moderata da processi geomorfologici di versante e da frana. Nelle aree P.F. 2 è consentita ogni tipologia di intervento prevista dagli strumenti di governo del territorio purché l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze. Nelle aree P.F.2 e P.F.1 si persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli enti competenti ai sensi della legge 24 febbraio 1992, n. 225 di programmi di previsione e prevenzione.

Art. 11-Aree a pericolosità elevata da processi geomorfologici di versante e da frana. Nelle aree P.F.3 sono consentiti, oltre agli interventi di cui all'articolo precedente e con le modalità ivi previste, gli ampliamenti volumetrici degli edifici esistenti esclusivamente finalizzati alla realizzazione di servizi igienici, volumi tecnici, autorimesse pertinenziali, rialzamento del sottotetto al fine di renderlo abitabile senza che si costituiscano nuove unità immobiliari, nonché manufatti che non siano qualificabili quali volumi edilizi, purché corredati da un adeguato studio geotecnico da cui risulti la compatibilità con le condizioni di pericolosità che gravano sull'area. I nuovi interventi, gli interventi di ristrutturazione urbanistica nonché gli interventi di ristrutturazione edilizia diversi da

quelli di cui all'art.10 sono consentiti a condizione che siano preventivamente realizzate le opere di consolidamento e di messa in sicurezza, con superamento delle condizioni di instabilità, relative al sito interessato dal nuovo intervento, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino sulla compatibilità di tali opere rispetto alle previsioni generali di sistemazione dell'area. Nel caso di frane quiescenti, qualora le opere di consolidamento e messa in sicurezza siano elemento strutturale sostanziale della nuova edificazione, è ammessa la contestualità.

4.2 PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO DELLA PROVINCIA DI PISA

In questo paragrafo viene esaminata la cartografia disponibile nel PTC della Provincia di Pisa.

P09-Vulnerabilità idrogeologica. Secondo la cartografia disponibile risulta che (Figura 4-4):

- Polo di produzione Cortolla 1: ricade in aree di classe 2-bassa e 3A-media;
- Polo di reiniezione Cortolla 2: ricade in aree di classe 2-bassa 3A-media, 3B-media;
- Centrale geotermoelettrica: ricade in aree di classe 3A-media e 4A-elevata;
- Rete di trasporto dei fluidi. Ricade in aree di classe 1-irrilevante, 2-bassa, 3A-media, 3B-media, 4A-elevata.

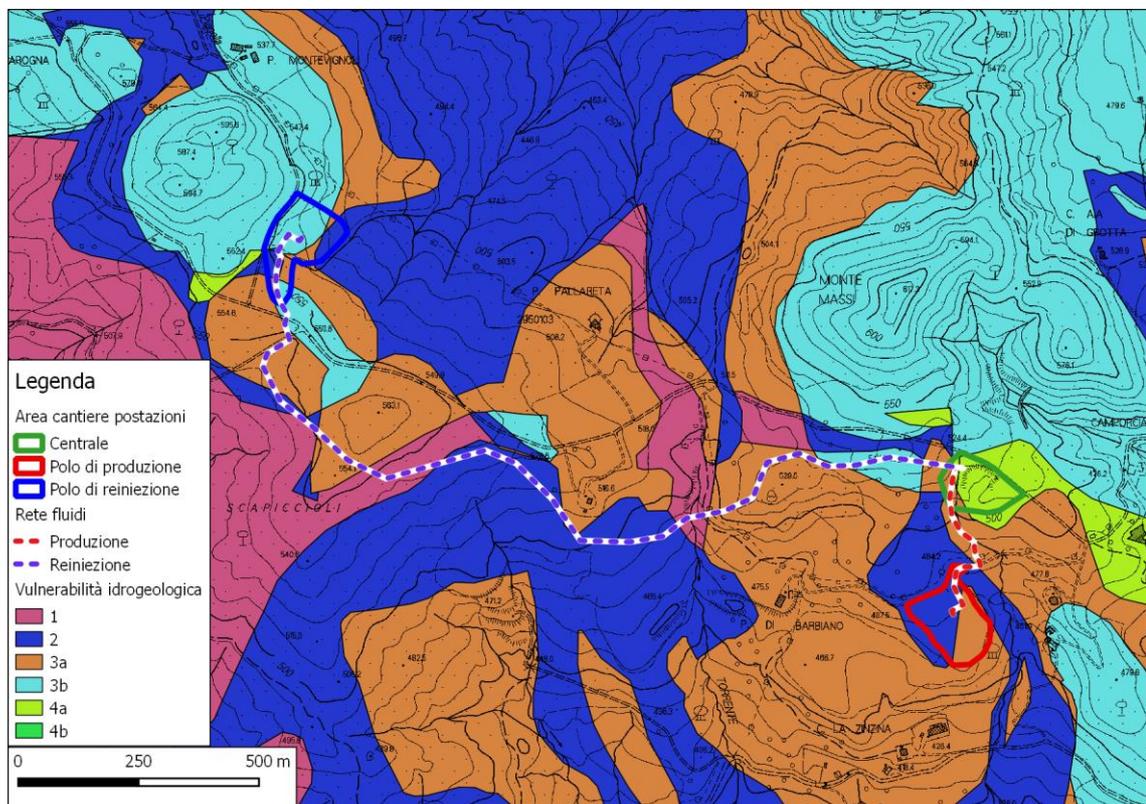


Figura 4-4. Stralcio della carta della vulnerabilità idrogeologica del PTC della Provincia di Pisa.

QC22B-pericolosità geomorfologica. Secondo la cartografia disponibile risulta che (Figura 4-5):

- Polo di produzione Cortolla 1: ricade in aree di classe 1 e 3B;
- Polo di reiniezione Cortolla 2: ricade in aree di classe 2, 3A 3B;
- Centrale geotermoelettrica: ricade in aree di classe 3A e 3B;
- Rete di trasporto dei fluidi. Ricade in aree di classe 1, 2, 3A, 3B.

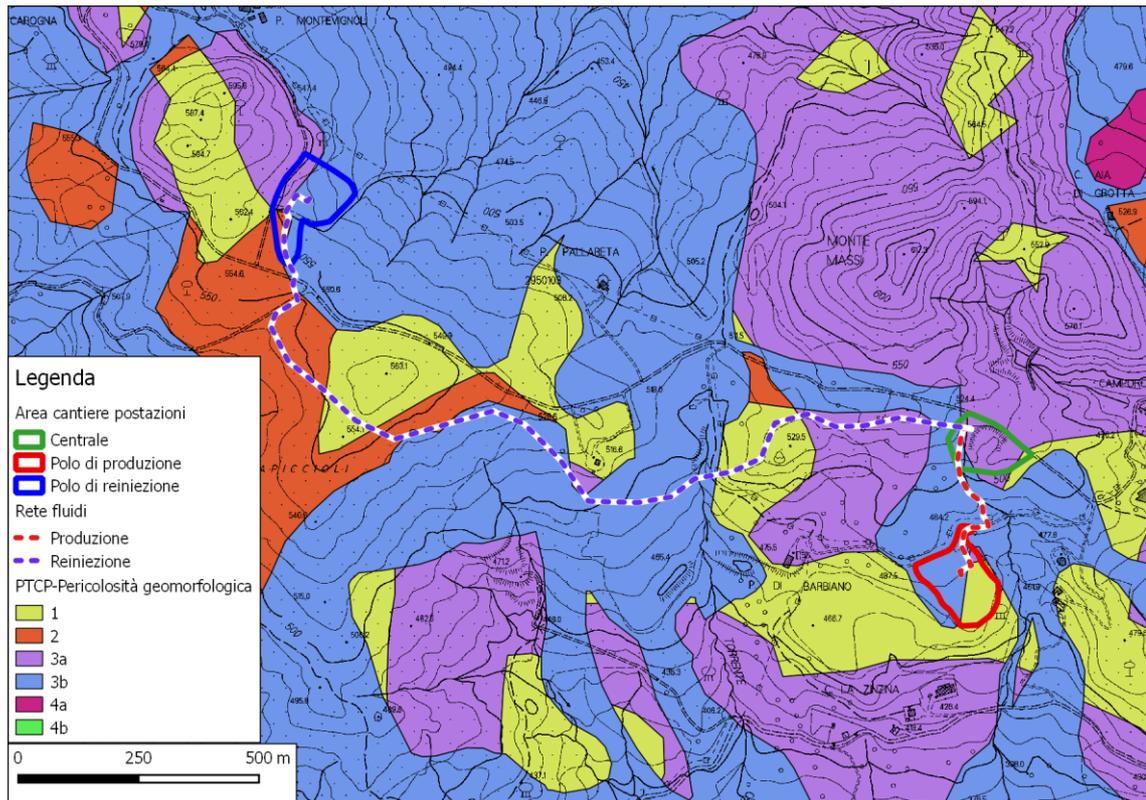


Figura 4-5. Stralcio della carta della pericolosità geomorfologica del PTC della Provincia di Pisa.

QC22B-Pericolosità idraulica. Secondo la cartografia disponibile tutte le opere ricadono in classe PI-1 e pertanto non viene riportata la cartografia di riferimento.

4.3 PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI MONTECATINI VAL DI CECINA

Il Piano Strutturale del Comune di Montecatini Val di Cecina è stato adottato con Delibera di Consiglio Comunale n.11 del 26.03.2010. Nel Piano Strutturale è presente la seguente cartografia.

Tav. E-Carta dei dissesti e delle aree di influenza. Secondo questa cartografia risulta che il polo di reiniezione Cortolla 2 e un tratto centrale della rete di trasporto dei fluidi di reiniezione della lunghezza di circa 100.0 m ricadono in aree classificate come frane di scivolamento quiescenti e le loro rispettive aree d'influenza dei fenomeni di dissesto (Figura 4-6).

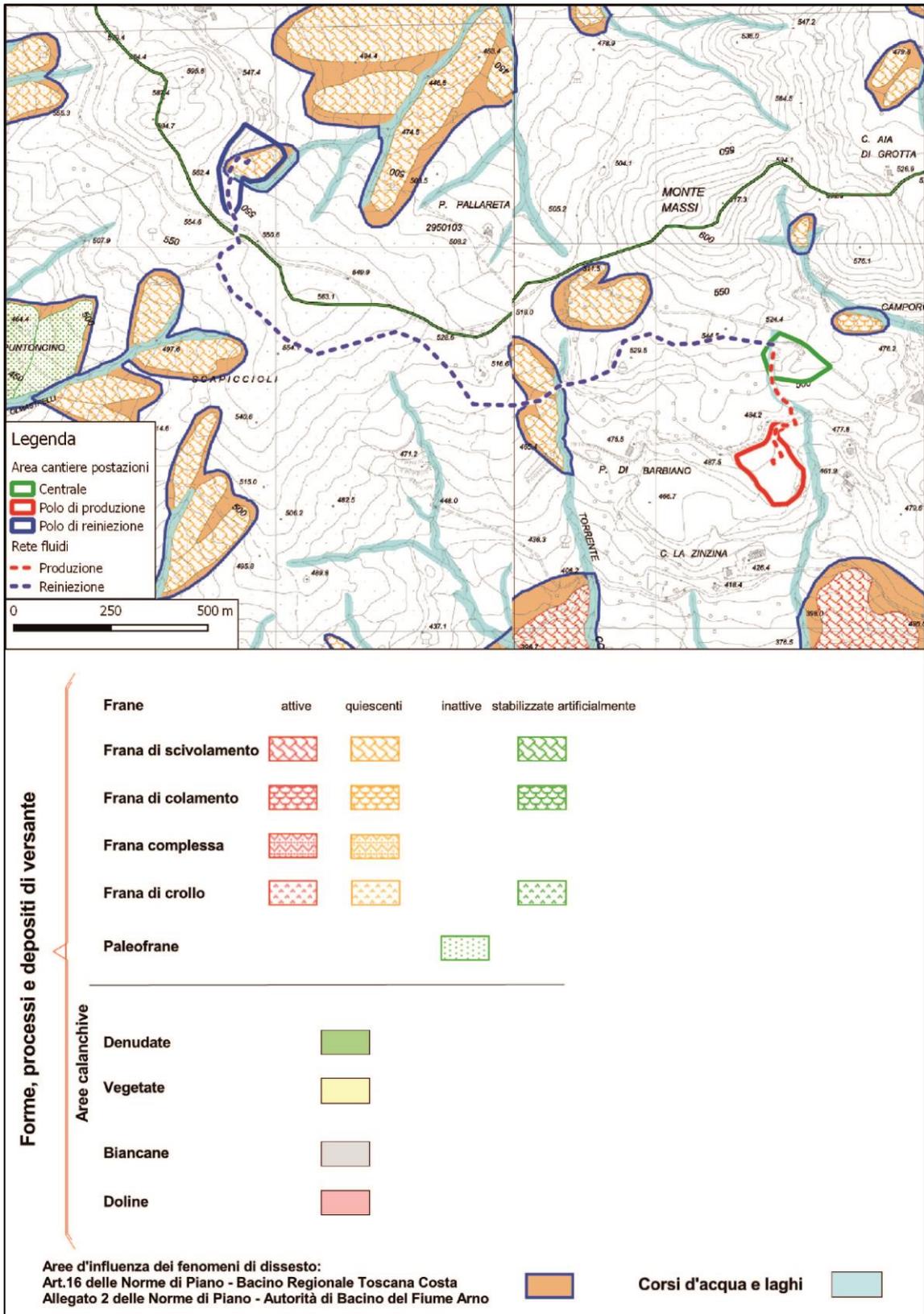


Figura 4-6. Stralcio della Tavole E- Carta dei dissesti e delle aree di influenza del PS del Comune di Montecatini Val di Cecina.

Tav. L-Vulnerabilità idrogeologica. Secondo questa cartografia risulta che (Figura 4-7):

- Polo di produzione Cortolla 1 ricade in aree classificate 3A-media e 3B-media;
- Polo di reiniezione Cortolla 2 ricade in aree classificate 2-Bassa , 3A-media e 4B-elevata;
- Central geotermoelettrica ricade in aree classificate 3A-media e 3B-media
- La rete di trasporto dei fluidi ricade in aree classificate 2-bassa, 3A-media e 3B-media.

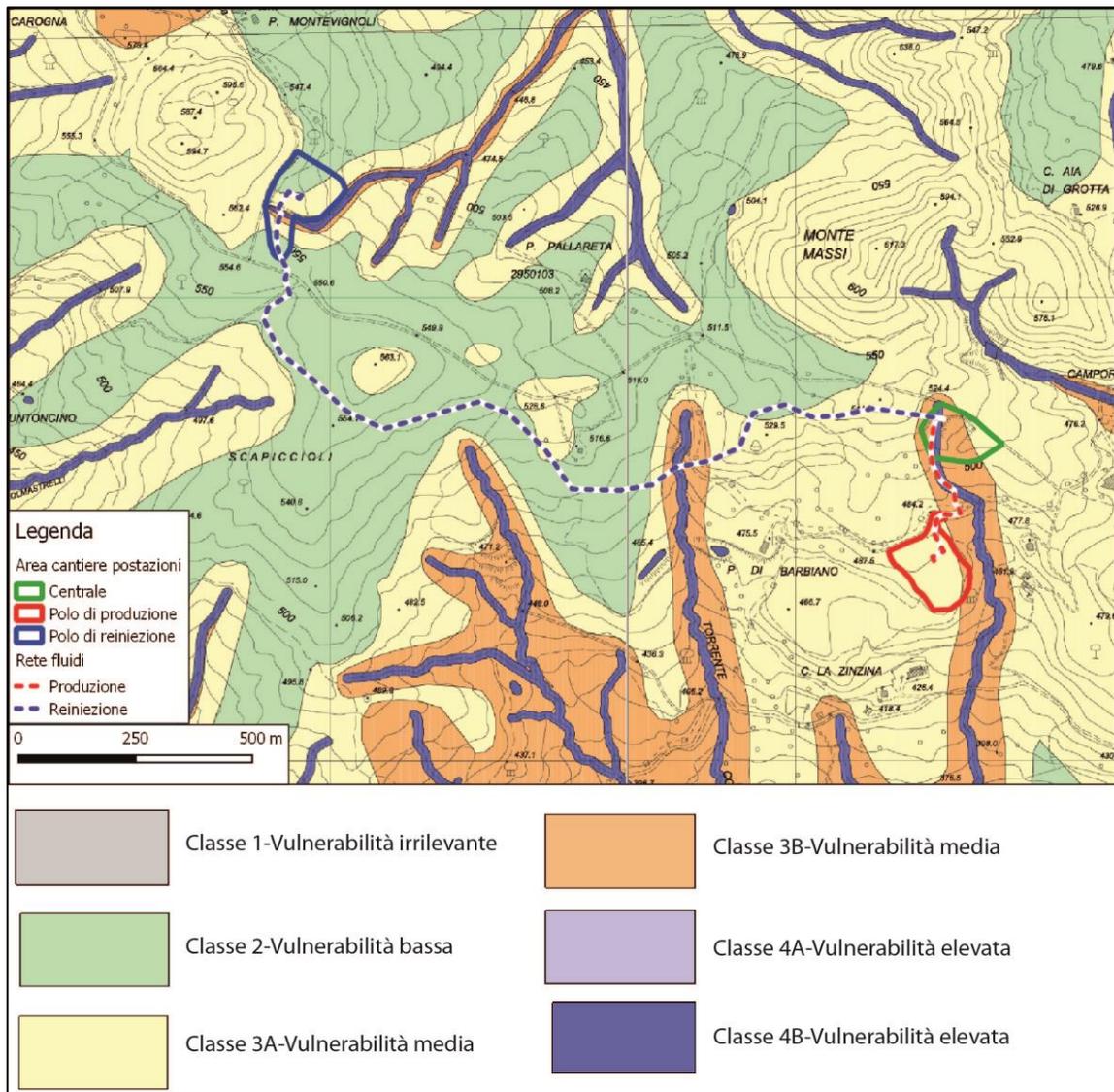


Figura 4-7. Stralcio della Tavola L-Vulnerabilità idrogeologica del PS del Comune di Montecatini Val di Cecina.

Le classi di vulnerabilità idrogeologica della Tavola L del Piano Strutturale del Comune di Montecatini Val di Cecina sono state definite come stabilito nell'Art. 20 del P.T.C., tenendo conto oltre che della litologia e della granulometria dei livelli più superficiali, della pendenza del versante e della presenza o meno di acquiferi significativi nonché

dell'ubicazione dei pozzi ad uso prevalentemente domestico, di quelli ad uso idropotabile oltre che di quelli ad uso industriale o finalizzati ad attività industriali.

Classe 2-Vulnerabilità bassa. Sono state inserite le zone in cui la risorsa idrica considerata è apparentemente non vulnerabile. In essa ricadono i corpi idrici multifalda caratterizzati dalla presenza di alternanze tra litotipi a diversa ma comunque bassa permeabilità, non completamente definiti su base idrogeologica. Rientrano altresì i terreni a bassa permeabilità sciolti o litoidi con pendenze superiori al 20%.

Classe 3a-Vulnerabilità medio-bassa. Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un certo grado di protezione, insufficiente tuttavia a garantirne la salvaguardia. In essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone caratterizzate da materiali alluvionali scarsamente permeabili con falda prossima al piano campagna. Nelle aree collinari, le zone in cui affiorano terreni a bassa permeabilità.

Classe 3b-Vulnerabilità medio-alta. E' attribuita ad aree in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione mediocre: in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone caratterizzate da materiali alluvionali permeabili con livelli piezometrici prossimi al piano campagna, nelle zone collinari le aree caratterizzate dall'affioramento di terreni litoidi a media permeabilità.

Classe 4b-Vulnerabilità elevata. Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata é esposta. In essa ricadono le zone di alveo o di golena, morfologicamente depresse, nelle quali la falda é esposta o protetta soltanto da esigui spessori di sedimenti.

4.3.1 Classificazione urbanistica del Comune di Montecatini Val di Cecina

Secondo la Tavola B3 del piano strutturale del Comune di Montecatini Val di Cecina le aree dove andranno a insistere le opere previste dal progetto sono classificate come:

- Polo di produzione Cortolla 1: zona E1-esterna ai centri abitati con prevalente destinazione agricola;
- Polo di reiniezione Cortolla 2: zona E1-esterna ai centri abitati con prevalente destinazione agricola;
- Centrale geotermoelettrica: zona E1-esterna ai centri abitati con prevalente destinazione agricola;
- Rete di trasporto dei fluidi: la maggior parte della rete di trasporto ricade in zona E1- esterna ai centri abitati con prevalente destinazione agricola; la parte centrale ricade in zona C.

4.4 VINCOLO IDROGEOLOGICO

Secondo la cartografia disponibile attraverso il servizio Geoscopio della Regione Toscana risulta che tutte le opere in progetto ricadono in aree classificate a vincolo idrogeologico (Figura 4-8).

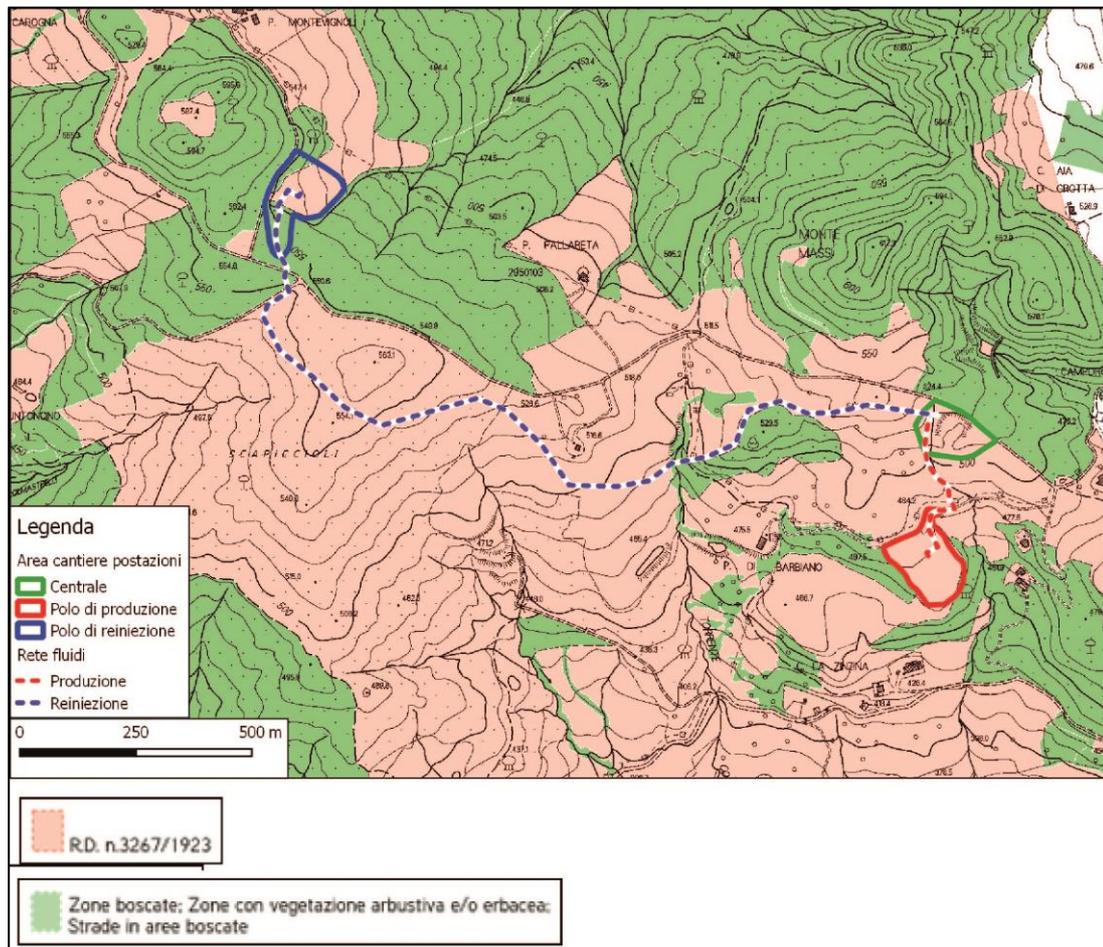


Figura 4-8. Carta del vincolo idrogeologico (Geoscopio Regione Toscana).

In merito alla regimazione delle acque superficiali a seguito dell'esecuzione delle opere in progetto si riporta quanto previsto dal progetto definitivo:

Il polo di produzione e di reiniezione sono dotati di un sistema di regimazione idrica impostato secondo il seguente criterio:

- le acque meteoriche ricadenti dentro le aree pavimentate con solette di cemento armato, vengono raccolte all'interno di canalette in calcestruzzo (sezione 40 x 30 cm) presenti lungo tutto il perimetro della struttura che convogliano all'interno di un pozzetto di raccolta e da li portate verso la vasca dei reflui di perforazione;
- le acque meteoriche o i fanghi che cadono all'interno della cantina vengono accumulati in tre pozzetti ubicati sul fondo. Dai pozzetti l'acqua o il fango vengono prelevati attraverso un tubo collegato ad un pompa e

inviati alle vasche fanghi. In caso sul fondo della cantina fosse presente dell'olio, questo verrà allontanato mediante l'utilizzo di tappeti oleoassorbenti che poi saranno smaltiti a norma di legge. In caso di esito positivo della ricerca le acque piovane ricadenti nella cantina verranno allontanate attraverso i cunicoli verso le vache per il deposito dell'acqua di perforazione;

- le acque meteoriche ricadenti dentro l'area del piazzale di perforazione e del parcheggio vengono raccolte all'interno di canalette in prefabbricate di 30 x 25 cm presenti lungo tutto il perimetro della piazzola e convogliate verso le vasche di stoccaggio delle acque per la perforazione o verso le linee naturali di deflusso;
- le acque meteoriche ricadenti dentro l'area esterna al piazzale di perforazione dove è presente la zona di stoccaggio dello scotico vengono raccolte all'interno di canalette in mezzo tubo prefabbricate presenti lungo tutto il perimetro e convogliate verso le naturali linee di deflusso

L'area della centrale geotermoelettrica è provvista invece di un sistema di regimazione idrica impostato secondo il seguente criterio:

- a monte della postazione è stata predisposta una canaletta per la raccolta delle acque meteoriche provenienti dalle aree morfologicamente più elevate, in modo da intercettarle e convogliarle verso i compluvi naturali preesistenti;
- le acque meteoriche ricadenti dentro le aree pavimentate con solette di cemento armato, vengono raccolte all'interno di canalette in calcestruzzo (sezione 40 x 30 cm) presenti lungo tutto il perimetro della struttura che convogliano all'interno di un pozzetto di raccolta e da lì portate verso la vasca di prima pioggia;
- le acque meteoriche ricadenti dentro l'area degli air-cooler vengono raccolte all'interno di alcuni pozzetti e convogliate verso i compluvi naturali preesistenti;
- le acque meteoriche ricadenti dentro l'area del piazzale e del parcheggio, vengono raccolte all'interno di pozzetti collegati tramite tubi prefabbricati, e convogliate verso i compluvi naturali preesistenti. La postazione è dotata anche di canalette prefabbricate presenti lungo tutto il perimetro della piazzola;
- gli scarichi civili provenienti dai servizi igienici contenuti nell'edificio adibito ad uffici, per un carico totale di 8 abitanti equivalenti, vengono raccolti all'interno di una vasca interrata. Con cadenza settimanale, si provvederà allo svuotamento mediante aspirazione con pompa mobile; i liquami saranno caricati su autobotte e avviati all'impianto di depurazione per il successivo smaltimento.

5 PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ DEL SITO IN ESAME AI SENSI DEL PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI MONTECATINI VAL DI CECINA

Il Comune di Montecatini Val di Cecina si è dotato all'interno del Piano Strutturale dei seguenti elaborati

- Tavola F-Carta della pericolosità geomorfologica;
- Tavola H-Carta della pericolosità idraulica;
- Tavola M-Carta della pericolosità sismica locale.

5.1 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

La carta della pericolosità geomorfologica del Piano Strutturale del Comune di Montecatini Val di Cecina (Figura 5-1) è stata ottenuta tenendo conto dei criteri dettati dal D.P.G.R. n. 26/R combinati con le perimetrazioni indicanti le situazioni di fragilità geomorfologica riconosciute dai due P.A.I., Bacino Arno e Toscana Costa.

Pertanto le scelte urbanistiche debbono essere confrontate con la zonizzazione di pericolosità del territorio ottenuta applicando i criteri del D.P.G.R. n. 26/R, ed al contempo debbono essere coerenti con:

- le disposizioni di cui agli artt. 18 e 19 e con i criteri di cui all'Art. 24 del P.A.I. Toscana Costa;
- le disposizioni di cui agli artt. 6, 7, 8, 10, 11, 12 e con i criteri di cui all'Allegato 2 del P.A.I. Arno.

21

Nella Tabella 5-1 sono riportate le classi di pericolosità geomorfologica in cui ricadono le opere in progetto.

Opera	Classe di pericolosità
Polo di produzione	G.2a
Polo di reiniezione	G.2a G.2b G.3
Centrale geotermoelettrica	G.2b
Rete di trasporto dei fluidi di produzione	G.2b, G.2a
Rete di trasporto dei fluidi di reiniezione	G.1 G.2a G.2b G.3

Tabella 5-1. Classi di pericolosità geomorfologica per le opere in progetto.

Di seguito si riporta la definizione per le varie classi di pericolosità:

G.1-Pericolosità geomorfologica bassa. Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti in massa.

G.2a-Pericolosità geomorfologica media. Comprende le aree collinari e montane con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto.

G.2b-Pericolosità geomorfologica media. Comprende le aree di pianura con sottosuolo eterogeneo e le aree collinari e montane con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una medio-bassa propensione al dissesto (statico e gravitativo) quali coltri detritiche, soliflusso, ruscellamenti ed argille su pendii con pendenza media >25%.

G.3-Pericolosità geomorfologica elevata. Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza.

Il Piano Strutturale prevede le seguenti condizioni di trasformazione:

- All'interno delle aree G.3: l'attuazione di interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture è subordinata all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza.
- All'interno delle aree G.2: le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area.

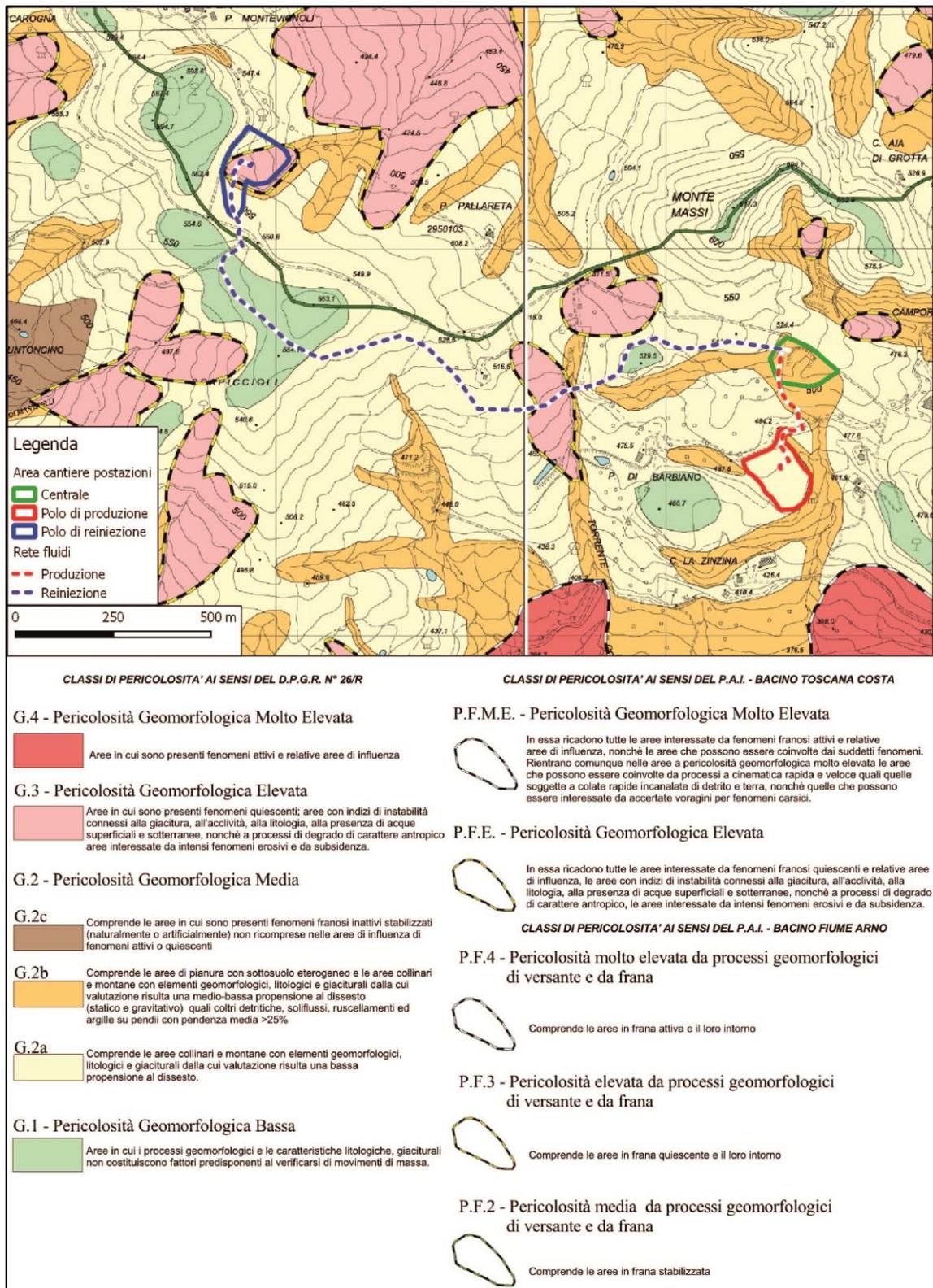


Figura 5-1. Tavola F-Carta della pericolosità geomorfologica del PS del Comune di Montecatini VC.

5.2 PERICOLOSITÀ IDRAULICA

La carta della pericolosità idraulica del Piano Strutturale del Comune di Montecatini Val di Cecina (Tabella 5-2) è stata redatta secondo le norme contenute nel D.P.G.R. 26/R. Pertanto nelle aree ricadenti all'interno degli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di Bacino: classi P.I.4/P.I.3/P.I.2/P.I.1 per le zone di competenza del Bacino Fiume Arno e classi P.I.M.E. E P.I.E. per le zone di competenza del Bacino Toscana Costa, i perimetri da considerarsi come validi ai fini della redazione della carta di pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. 26/R sono quelli già riportati nei PAI, e che eventuali modifiche o aggiunte a tali perimetrazioni, devono necessariamente essere supportate da studi e verifiche idrologico-idrauliche.

Nei tratti di territorio non ricoperti dalle perimetrazioni dei PAI, purché all'esterno delle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative ed infrastrutturali ed in assenza di studi idrologici e idraulici è stato utilizzato il criterio morfologico.

Nella Tabella 5-2 sono riportate le classi di pericolosità geomorfologica in cui ricadono le opere in progetto.

Opera	Classe di pericolosità
Polo di produzione	I.1
Polo di reiniezione	I.1
Centrale geotermoelettrica	I.1
Rete di trasporto dei fluidi di produzione	I.1
Rete di trasporto dei fluidi di reiniezione	I.1

Tabella 5-2. Classi di pericolosità idraulica per le opere in progetto.

Di seguito si riporta la definizione per le varie classi di pericolosità:

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

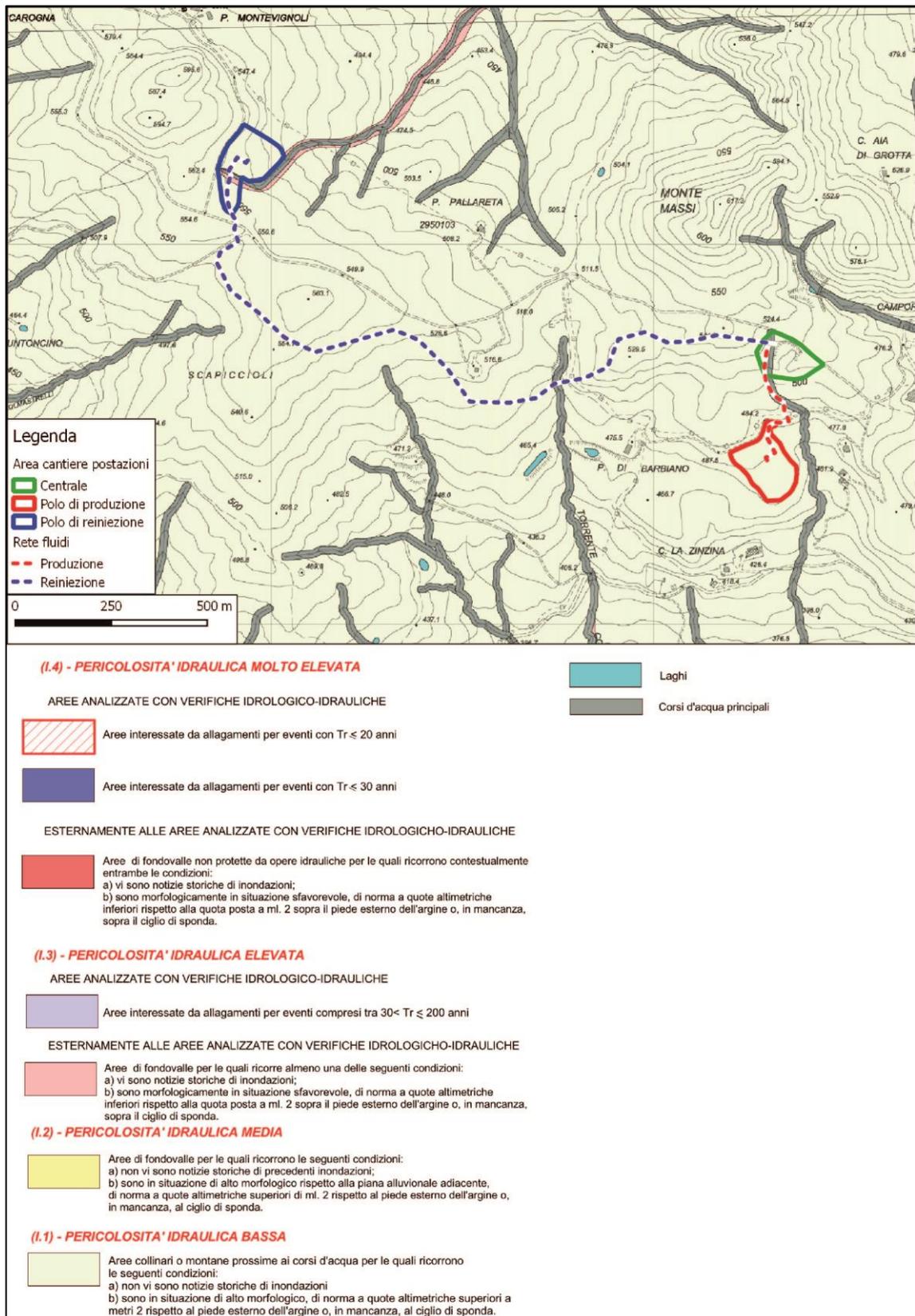


Figura 5-2. Tavola H-Carta della pericolosità idraulica del PS del Comune di Montecatini VC.

5.3 PERICOLOSITÀ SIMICA LOCALE

La carta della pericolosità sismica locale del Piano Strutturale del Comune di Montecatini Val di Cecina (Figura 5-3) è stata redatta secondo le norme contenute nel D.P.G.R. 26/R. Nel rispetto di tali direttive è stata redatta una carta delle Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL) in cui sono state evidenziate ed opportunamente classificate le varie “tipologie delle situazioni”.

Nella Tabella 5-3 sono riportate le classi di pericolosità geomorfologica in cui ricadono le opere in progetto.

Opera	Classe di pericolosità	Grado di Pericolosità sismica
Polo di produzione	9	S2
Polo di reiniezione	2A	S3
	2B1	S3
	12	S3
Centrale geotermoelettrica	9	S2
	12	S3
Rete di trasporto dei fluidi di produzione	9	S2
Rete di trasporto dei fluidi di reiniezione	9	S2
	2A	S3
	2B1	S3

Tabella 5-3. Classi di pericolosità simica locale per le opere in progetto.

Di seguito si riporta la definizione per le varie classi di pericolosità:

- 2A-Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti.
- 2B1-Zone potenzialmente franose (aree di influenza dei dissesti).
- 9-Zona con presenza di depositi alluvionali e di depositi sedimentari non litoidi.
- 12-Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse.

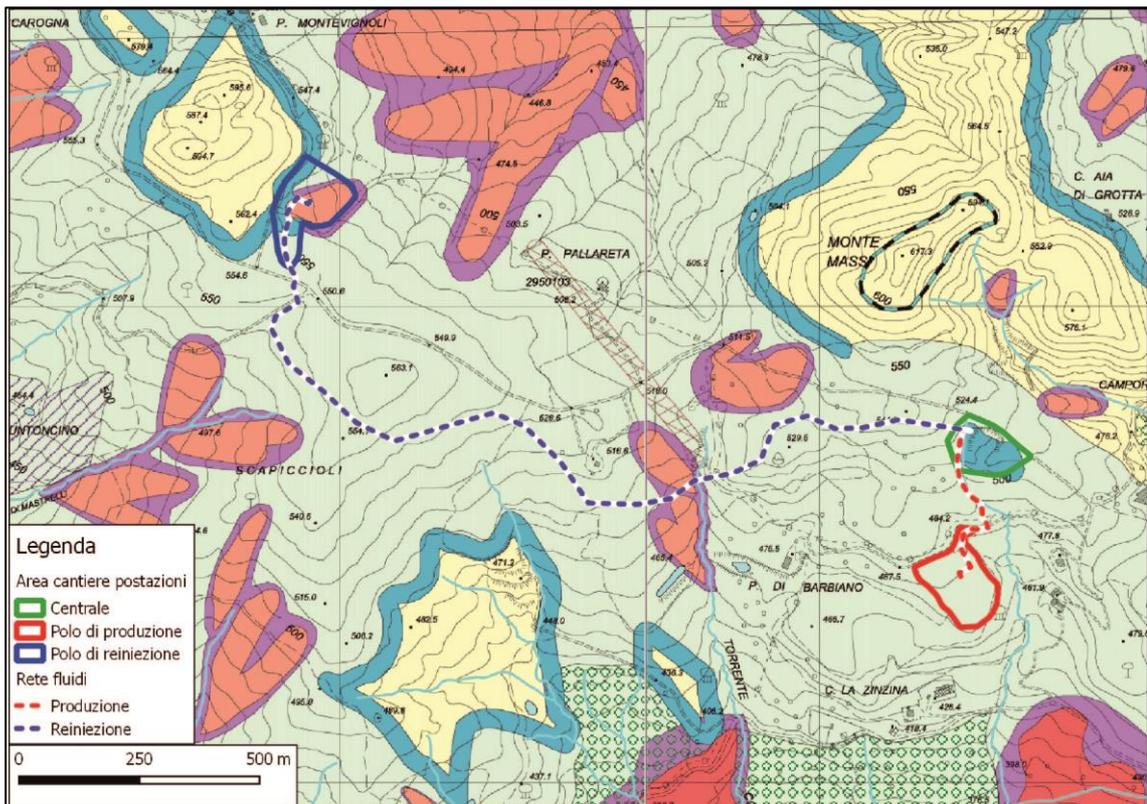
A cui corrispondono i seguenti possibili effetti:

- per le classi 2a e 2B si possono avere accentuazione dei fenomeni di instabilità in atto e potenziali dovuti ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici;
- per la classe 9 si può avere amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica;
- per la classe 12 si può avere amplificazione differenziata del moto del suolo e dei cedimenti; meccanismi di focalizzazione delle onde.

Mentre per il grado di pericolosità valgono le seguenti definizioni:

Pericolosità sismica locale elevata (S.3): aree in cui sono presenti fenomeni di instabilità quiescenti (2A) e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di effetti sismici; zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana (2B) per le quali non si escludono fenomeni di instabilità indotta dalla sollecitazione sismica; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi (4); zone con possibile amplificazione sismica connesse a zone di bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante (8); aree di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche significativamente diverse (12); presenza di faglie e/o contatti tettonici (13).

Pericolosità sismica locale media (S.2): zone con fenomeni franosi inattivi (3); aree in cui è possibile amplificazione dovuta ad effetti topografici (6-7); zone con possibile amplificazione stratigrafica (9,10,11) in comuni a media sismicità (zone 3).



Zona sismica di riferimento Delibera GRT. 431 del 19/06/2006 3		GRADO DI PERICOLOSITA' SISMICA
SIMBOLOGIA	TIPOLOGIA DELLE SITUAZIONI	SISMICA
	(1) Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	S4
	(2A) Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	S3
	(2B ₁) Zone potenzialmente franose (aree d'influenza dei dissesti)	S3
	(2B ₂) Zone potenzialmente franose con bassa propensione al dissesto	S3
	(3) Zona caratterizzata da paleofrane e da frane stabilizzate	S2
	(4) Zone con terreni particolarmente scadenti (riporti antropici, zona di estrazione del salgemma e doline)	S3
	(6) Zona di ciglio di scarpate	S2
	(7) Zona di cresta sottile	S2
	(8) Zone di bordo della valle e di raccordo con il versante	S3
	(9) Zona con presenza di depositi alluvionali e di depositi sedimentari non litoidi	S2
	(10) Zona con presenza di coltri detritiche di alterazione del substrato e di detriti derivanti dagli scarti di lavorazione delle miniere	S2
	(11) Aree costituite da conoidi alluvionali e da depositi alluvionali terrazzati	S2
	(12) Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse	S3
	(13) Contatti tettonici, faglie, sovrascorrimenti	S3
	(14) Formazioni litoidi	S1

Figura 5-3. Tavola M-Carta della pericolosità sismica loca del PS del Comune di Montecatini VC.

5.4 FATTIBILITÀ IN RELAZIONE AGLI ASPETTI SISMICI

La sintesi delle conoscenze acquisite consente di individuare le aree dove possono verificarsi effetti locali di amplificazione sismica. Nella carta delle Zone a Maggiore Pericolosità sismica locale (ZMPSL) del Comune di Montecatini Val di Cecina, sono stati individuati qualitativamente gli elementi in grado di generare fenomeni di amplificazione locale ed instabilità dinamica.

Secondo quanto riportato nella relazione “Indagini geologico-tecniche di supporto alla pianificazione del territorio comunale” del Comune di Montecatini Val di Cecina, risulta che:

Nelle aree ricadenti in classe S3 “Pericolosità sismica locale elevata”, in sede di predisposizione dei piani attuativi, o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi, dovranno essere valutati i seguenti aspetti:

- Nel caso di aree caratterizzate da movimenti franosi quiescenti (2A) e a zone potenzialmente franose (2B₁ e 2B₂), oltre a rispettare le prescrizioni riportate nelle condizioni di fattibilità geomorfologica, devono essere effettuate opportune indagini geofisiche e geotecniche per la corretta definizione dell'azione sismica;
- Nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti (4), devono essere prescritte adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni;
- Nelle zone con possibile amplificazione sismica connesse al bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante (8), deve essere condotta una campagna di indagini geofisiche, opportunamente estesa ad un intorno significativo, che definisca in termini di geometrie la morfologia sepolta del bedrock sismico ed i contrasti di rigidità sismica (rapporti tra velocità sismiche in termini di Vsh delle coperture e del substrato);
- In presenza di zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse (12) e in presenza di faglie e/o contatti tettonici (13), tali situazioni devono essere opportunamente chiarite e definite attraverso una campagna di indagini geofisica che definisca la variazione di velocità delle Vsh relative ai litotipi presenti e la presenza di strutture tettoniche anche sepolte.

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità sismica media (S2) e da pericolosità sismica bassa (S1) non è necessario indicare condizioni di fattibilità specifica per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo alla attività edilizia.

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

6.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

L'Appennino meridionale è storicamente ritenuta una catena a falde generata dalla deformazione delle unità derivate dal Dominio oceanico ligure e dal margine continentale Apulo.

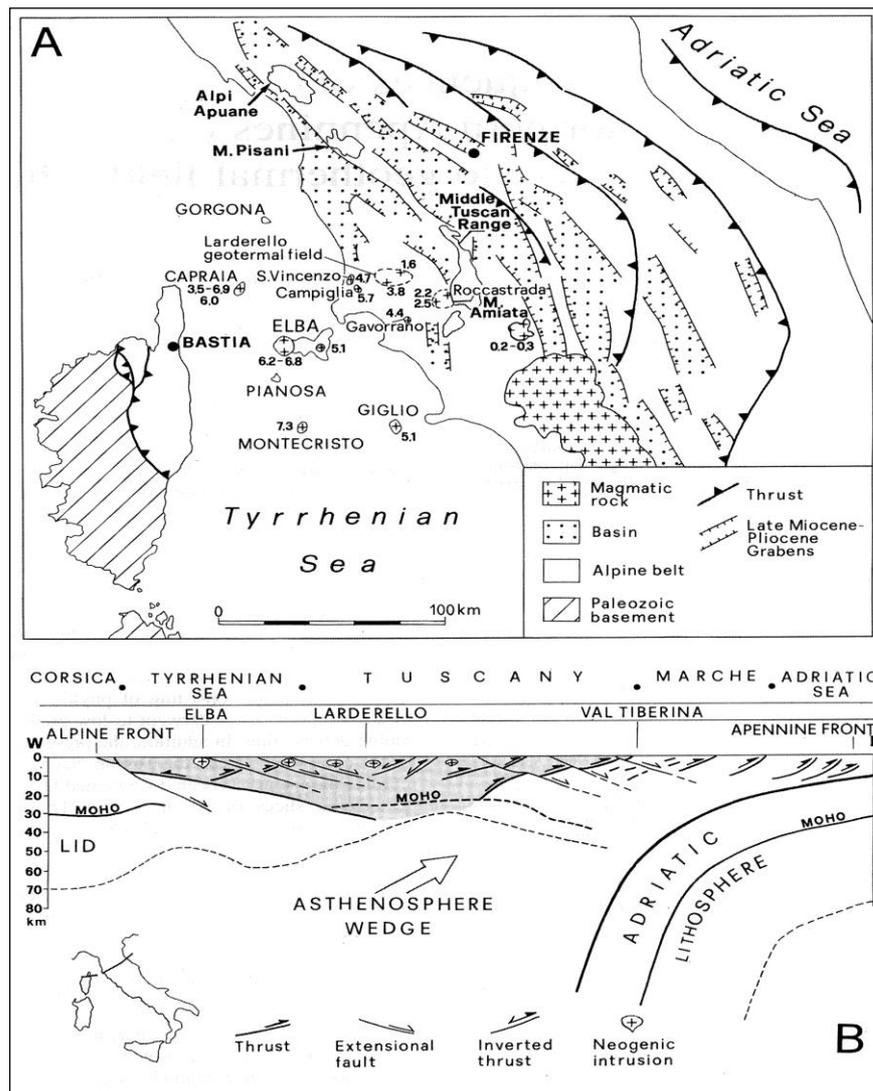


Figura 6-1. Quadro strutturale dell'Appennino Settentrionale (tratto da Carmignani et al., 1995; Doglioni et al., 1998).

A partire dal Cretacico superiore la Placca Europea (Blocco Sardo-Corso) ha incominciato ad avvicinarsi alla Placca Africana (Microplacca Adriatica) con formazione di un cuneo d'accrezione in cui è coinvolto il Dominio Oceanico Ligure e Subligure che porta ad alla formazione di importanti e complesse strutture tettoniche e al rovesciamento di tutta la successione sedimentaria. Nell'Oligocene superiore si ha la

definitiva collisione tra la Placca Europea e la Microplacca Adriatica determinando l'accavallamento delle unità ofiolitiche e delle loro coperture sul paleomargine continentale apulo con formazione di una catena a pieghe e sovrascorrimenti con direzione di movimento verso nord-est (cuneo orogenetico dell'Appennino Settentrionale). Nel contempo si ha la migrazione dell'avampaese verso nord-est e attualmente è ubicato in corrispondenza della Pianura Padana e del Mare Adriatico (Figura 6-1)

A partire dal Tortoniano si instaura una fase distensiva con faglie dirette a basso e ad alto angolo che porta alla formazione nella Toscana settentrionale dei graben del Serchio e della Versilia, nella Toscana meridionale ai bacini neogenici di Volterra e Radicondoli. La tettonica distensiva Miocenica porta ad un sollevamento isostatico ed erosione delle unità stratigraficamente più alte con conseguente esumazione del complesso metamorfico apuano (Figura 6-2).

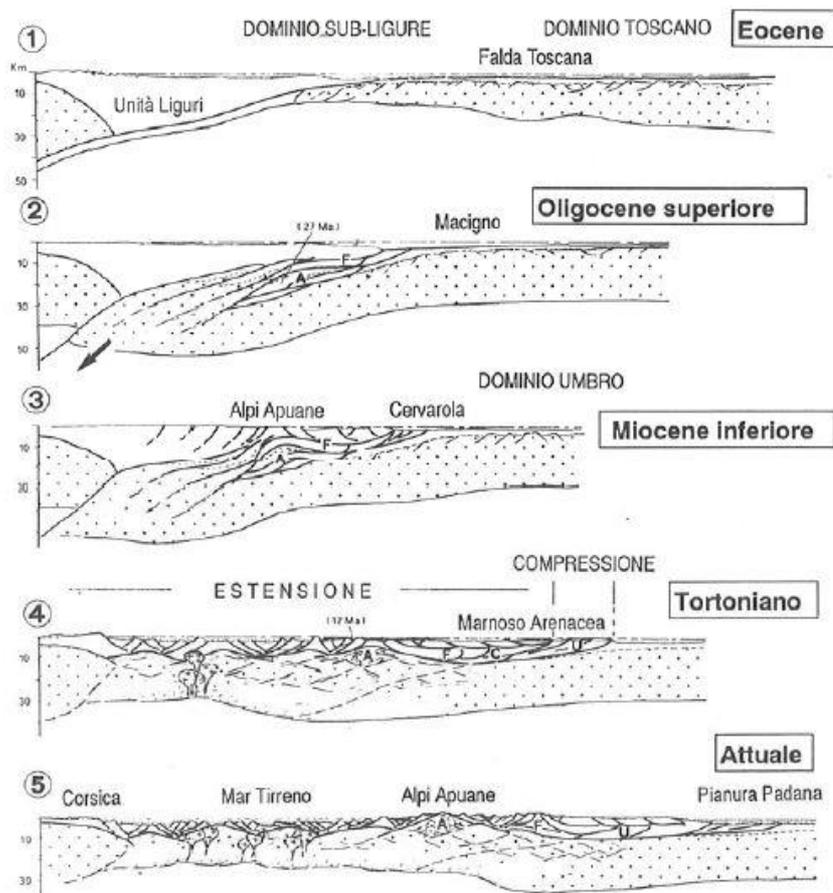


Figura 6-2. Evoluzione della catena Appenninica.

All'interno della catena appenninica settentrionale vengono tradizionalmente distinti i seguenti domini paleogeografici: Dominio Ligure e Subligure e il Dominio Toscano (interno e esterno) che sono sovrapposti a formare un edificio a falde (Figura 6-2).

Il Dominio Ligure comprende un basamento oceanico e le sovrastanti coperture pelagiche risalenti al Giurassico-Cretacico inferiore e i flysh cretacico-paleogenici scollati dal loro substrato. Il Dominio Subligure invece comprende successioni risalenti al Cretacico-Eocene in melange con elementi di ofioliti e flysh a dominante calcarea completamente scollati dal loro substrato.

Il Dominio Toscano interno (Unità tettonica della Falda Toscana) è rappresentata da una successione stratigrafica di terreni sedimentari non metamorfici di età dal Triassico superiore al Miocene. Il Dominio Toscano esterno (Unità Toscane metamorfiche) rappresentano le unità più profonde dell'edificio orogenico (Alpi Apuane) e sono costituite principalmente da filladi e quarziti del basamento cristallino paleozoico e dai sovrastanti metaconglomerati quarzosi, filladi e quarziti del Triassico medio-superiore.

La tettonica estensionale che si sviluppa a partire dal Miocene Superiore porta allo sviluppo di ampi bacini sedimentari delimitati da faglie dirette ad alto angolo che progressivamente vengono colmati da successioni del Miocene Superiore - Pliocene. A questa tettonica distensiva è associato un diffuso magmatismo che si sposta in modo progressivo da ovest verso est. I corpi magmatici, sia intrusivi che effusivi, si sviluppano a partire dal Miocene Superiore (6.2-6.8 ma - Isola d'Elba) fino al magmatismo più recente (800 K), rappresentato dall'edificio vulcanico del Monte Amiata e di Radicofani. E' in relazione a questo processo di estensione crostale e all'associato magmatismo, che in Toscana meridionale si originano un alto flusso di calore, come nella zona Larderello-Travale e del Monte Amiata, che ha permesso lo sviluppo dei campi geotermici che sono attualmente in coltivazione.

6.1.1 Faglie capaci

L'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) ha sviluppato la banca dati ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) che raccoglie tutte le informazioni disponibili riguardanti le strutture tettoniche attive in Italia che potrebbero creare deformazioni in superficie. Secondo questo database nell'area di realizzazione del progetto non sono presenti faglie capaci (Figura 6-3).

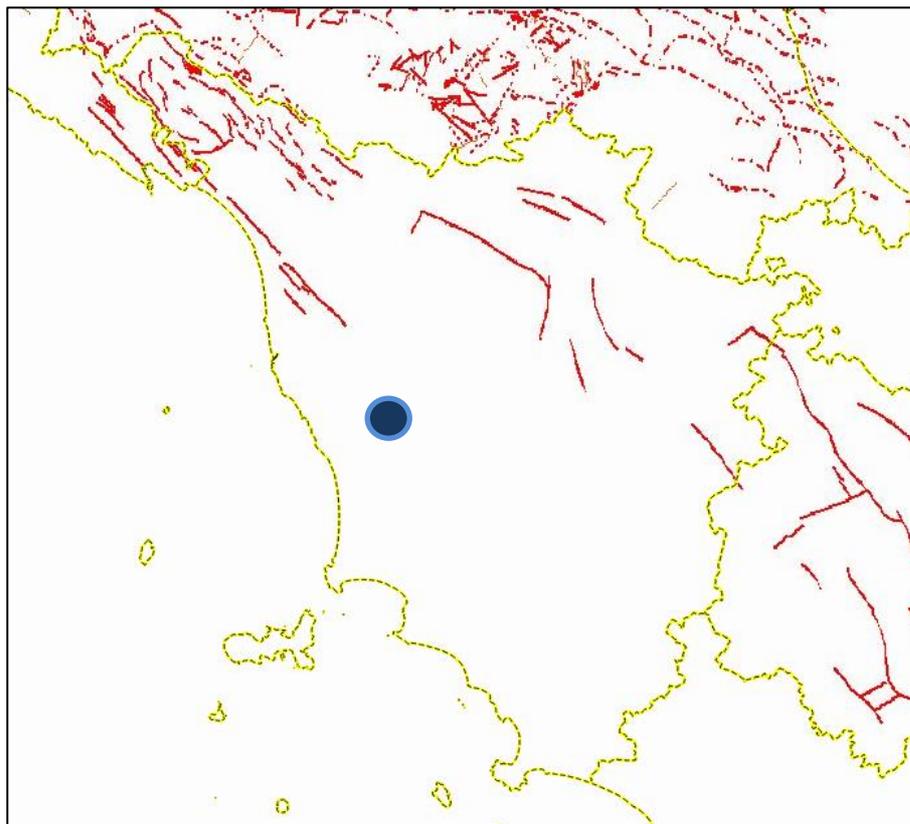


Figura 6-3. Banca dati ITHACA. Faglie capaci (linee rosse), Sito di progetto (cerchio blu).

6.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

L'area oggetto di questa relazione si trova ad ovest dell'abitato di Montecatini Val di Cecina. Le formazioni geologiche che affiorano nell'area dove andranno a impostarsi le opere in progetto sono derivabili dalla carta geologica in scala 1:10.000 della Regione Toscana Foglio n. 296010 (Figura 6-4). Questa cartografia è stata verificata durante i sopralluoghi effettuati nell'ambito di questo lavoro.

L'area studiata è situata nei pressi della cittadina di Montecatini Val di Cecina e corrisponde alla zona a nord della valle del Fiume Cecina. Da un punto di vista geologico, l'area ricade nella zona di confine tra due importanti strutture originatesi durante la tettonica estensionale del Miocene Superiore – Pliocene, rappresentate, rispettivamente, dal bordo occidentale del Bacino di Volterra e dal margine orientale dei Monti di Castellina Marittima. Ambedue queste strutture vengono considerate come due delle strutture più significative della parte occidentale della Toscana meridionale.

Il Bacino di Volterra è caratterizzato dalla presenza di depositi neogenici, che affiorano estesamente nell'area ad est di Montecatini Val di Cecina. Questo bacino risulta separato, tramite sistemi di faglie dirette ad alto angolo con direzione circa N-S, dagli alti strutturali della Dorsale Medio-Toscana ad est e dai Monti di Castellina Marittima ad ovest. I dati a disposizione, derivanti dal Foglio 285-Volterra della carta geologica d'Italia in scala 1:50.000 (Costantini et al., 2002), indicano che il substrato del Bacino di

Volterra si trova ad oltre 2500 metri di profondità ed è sormontato da una spessa successione mio-pliocenica. Nella sua parte occidentale, il Bacino di Volterra è separato dall'alto strutturale dei Monti di Castellina Marittima da un sistema di faglie dirette con direzione che varia da N 170° nella zona di Montecatini Val di Cecina fino a N130°- 140° nei pressi di Orciatico. Va messo in evidenza che lungo questo sistema di faglie affiorano, nei pressi dei paesi di Orciatico e di Montecatini Val di Cecina, *stocks* intrusivi ipoabissali datati a 4.1 ± 0.12 Ma (Borsi et alii, 1967).

I Monti di Castellina Marittima sono caratterizzati da affioramenti del substrato, che nel settore settentrionale è rappresentato dall'Unità Toscana non metamorfica (Falda Toscana) e dalle Unità Subliguri, mentre nella parte centro-meridionale affiorano essenzialmente le Unità Liguri Interne ed Esterne. In particolare, nella zona di Montecatini Val di Cecina affiorano le Unità Liguri Interne caratterizzate da sequenze ofiolitiche giurassiche e le relative coperture giurassico paleoceniche, qui rappresentate essenzialmente dalle Formazioni delle Argille a Palombini e dalle Arenarie di Montecatini. Queste formazioni sono ricoperte in discordanza dai depositi miocenici, come si osserva nel settore meridionale della dorsale dei Monti di Castellina Marittima.

L'area dove verrà realizzato l'intervento è caratterizzata da ampi affioramenti dei depositi afferenti all'Unità Ofiolitifera delle Argille a Palombini in particolare quelli della Formazione delle Argille a Palombini (APA) che sembrano inglobare le altre formazioni dei complessi ofiolitiferi (gabbri, basalti e serpentiniti) appartenenti al Complesso ofiolitifero del Monte di Canneto.

Il sopralluogo ha messo in evidenza che le unità del substrato sono ricoperte da estesi depositi di versante (a) e da alcuni depositi di frana (a1) che testimoniano una certa dinamica di versante.

Sia la cartografia ufficiale che le foto aeree mostrano la presenza di numerose lineazioni riconducibili verosimilmente a strutture tettoniche (faglie). La carta geologica mostra che nell'area di intervento sono presenti due strutture, una con direzione appenninica e l'altra con direzione antiappenninica. Durante il sopralluogo non sono stati riscontrati segni o forme che possono fare ritenere come attive queste strutture.

Di seguito viene fornita una descrizione delle unità geologiche del substrato e di copertura affioranti nell'area di indagine.

Depositi olocenici

a-depositi di versante (Olocene). Si tratta di depositi detritici spigolosi a varia granulometria accumulati per gravità alla base e sopra i versanti rocciosi più acclivi. Sono prevalentemente costituiti da blocchi privi di matrice oppure immersi in sedimento sabbioso-limoso.

a1-Depositi di frana (Olocene). Sono depositi generati dall'accumulo caotico di elementi litoidi eterometrici ed eterogenei mal classati sciolti privi di matrice oppure immersi in matrice sabbioso-limosa. Sono distribuiti sia sulle aree di fondovalle sia sui pendii con forme sia concave che convesse. Si riconoscono forme sia attive che quiescenti con varie tipologie di meccanismo di formazione.

b-depositi alluvionali (Olocene). Si tratta di depositi costituiti da ghiaie, talora embricate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, generalmente incoerenti e caotici con clasti eterometrici ed eterogenei, da arrotondati a subarrotondati, la cui distribuzione e granulometria è soggetta alle variazioni della dinamica fluviale.

Successione Neogenica

FOS-Argille del T. Fosci. La formazione è costituita da argille grigie massicce, talvolta caratterizzate da sottili intercalazioni di arenarie, di conglomerati minuti e, più raramente, di marne. Non è infrequente rinvenire sottili lenti e livelli di lignite.

Dominio Ligure

Unità Tettonica Ofiolitifera delle Argille a Palombini

AMO-Arenarie di Montecatini. La formazione è costituita da arenarie e, subordinatamente, da siltiti, argilliti e marne. Le arenarie, di colore grigio in frattura fresca e marrone-arancio in superficie alterata, si presentano con una granulometria variabile da grossolana a medio-fine; mostrano una evidente stratificazione, caratterizzata da strati di spessore variabile dal decimetro al metro e da numerose amalgamazioni. Le arenarie, composte in prevalenza da quarzo, plagioclasio e k-feldspato contengono anche frammenti litici, fillosilicati e minerali accessori; abbondante è il cemento di natura calcitica.

Complesso Ofiolitifero del M. di Canneto

APA-Argille a Palombini. Questa formazione costituisce la parte più cospicua del Complesso ofiolitifero. Sono costituite da argilliti (80-60%) e subordinatamente, da siltiti e marne di colore grigio scuro o nocciola. A questi litotipi sono intercalati calcari, calcari silicei e calcari marnosi, di colore variabile dal grigio piombo al grigio chiaro. In maniera del tutto subordinata sono presenti arenarie e calcareniti a grana fine, di colore grigio. Gli strati calcarei hanno una potenza variabile da dieci centimetri a circa 1 metro mentre gli intervalli argillosi mostrano, in genere, spessori superiori al metro.

DSD-Diaspri (Malm). Si tratta di sottoli stati silicei decimetrici o centimetrici di colore rosso fegato con intercalati strati argillitici di colore rosso con zonature verdi e verdastre. In affioramento di presentano fortemente deformati (strutture a piega) e fratturati.

β-Basalti (Giurassico Med.-Sup.) Sono costituiti da depositi massici variamente fratturati e/o brecciati per processi autoclastici. Si presentano di colore scuro e struttura afanitica con patine di alterazione di colore rosso. Alcuni affioramenti presenti in zona mostrano strutture a pillow lava e fessurazioni radiali.

Γ -Gabbri (Giurassico Med.-Sup.). Si presentano come rocce massive frequentemente fratturate anche finemente cataclaste con litologia tipica delle rocce intrusive. La facies petrografica dominante è rappresentata da una roccia a grana grossa (gabbri eufotidi) e medio grossa con subordinate facies a grana più fine e facies pegmatitiche più rare.

Σ-Serpentiniti (Giurassico Med.-Sup.). Costituiscono masse di dimensioni variabilissime che solo eccezionalmente conservano i rapporti primari con gli altri litotipi della serie magmatica ofiolitica e con le coperture sedimentarie. Si tratta di rocce di colore variabile dal verde chiaro al verde molto scuro, quasi bluastro, con tessitura massiccia o debolmente foliata. Eccezionalmente sono visibili limitate porzioni a struttura cataclastica con elementi, di dimensioni da centimetriche a decimetriche, cementati da un fitto reticolato di vene di carbonato e/o di serpentino.

Unità Ofiolitifera di Monteverdi M.Mo-Lanciaia

CAA-Formazione di Lanciaia. Comprende breccie ofiolitiche poligeniche, con elementi del complesso ofiolitifero di dimensioni variabili da centimetriche a decimetriche e porzioni rilevanti del substrato (olistoliti) insieme ad elementi della copertura sedimentaria. Spesso i clasti hanno forme a spigoli vivi alternate ad elementi con spigoli arrotondati caratteristici di ambienti di provenienza subaerea.

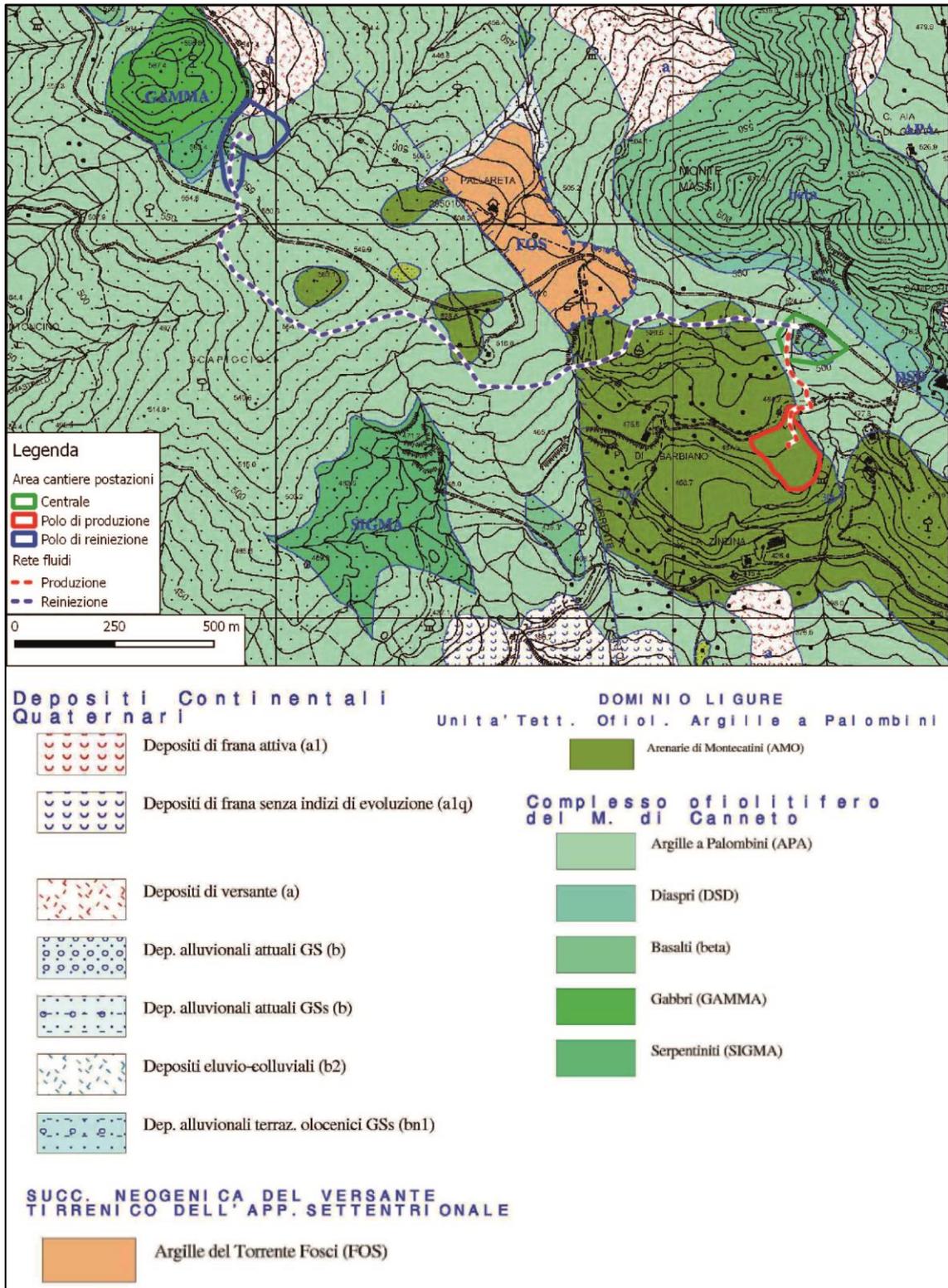


Figura 6-4. Stralcio della Carta Geologica scala 1:10000 della Regione Toscana foglio 295010.

6.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto dell'intervento è contraddistinta da una morfologia collinare con quote che variano da 400 a 600 m s.l.m., caratterizzata dai bacini dei torrenti Cortolla, Botrone

e in minor parte del Botro Ragone e dai rilievi del Monte Massi e Poggio La Croce. Questi alti morfologici sono costituiti dalle unità ofiolitiche e diasproidi mentre i bassi morfologici sono costituiti da unità più facilmente erodibili come le Argille a Palombini e le Arenarie di Montecatini nella parte meridionale e da argille e gessi neogenici spostandosi verso il fiume Cecina. Pertanto nelle zone dei rilievi di Monte Massi la morfologia ha un aspetto più simile agli ambienti montani anche se le altezze sono quelle dei rilievi collinari. In generale la morfologia dell'area declina verso sud con una pendenza media del 10% circa. Si deve osservare che le unità afferenti alla Formazione delle Argille a Palombini sono ricoperte da una spessa coltre detritica di alterazione che indicativamente può raggiungere diversi metri di spessore.

Un elemento determinante nella formazione della morfologia attuale del paesaggio è determinato dalla gravità e le principali forme di evoluzione gravitativa sono rappresentate da frane attive, inattive e quiescenti mostrate in Figura 6-5 che riporta un estratto della Carta Geomorfológica del Piano Strutturale del Comune di Montecatini Val di Cecina.

Un'altra causa della eventuale formazione di possibili dissesti è di natura idrogeologica, dovuta ad eventi piovosi particolarmente intensi che possono imbibire la coltre detritica superficiale con conseguente perdita di qualità delle caratteristiche geomeccaniche e quindi portare allo scorrimento delle stesse lungo superfici di rottura. Probabilmente la formazione dei depositi di frana presenti nell'area compresi quelli che interessano le aree dove andrà a imporsi il polo di reiniezione e parte della rete di reiniezione dei fluidi, siano proprio originate con questo meccanismo.

Le caratteristiche geomorfologiche appena descritte insieme alla variabilità litologia delle formazioni del substrato ha portato alla formazione di un'ampia tipologia di fenomeni di versante presenti in modo diffuso nell'area di studio.

Depositi di Frana. Sono costituiti da ammassi detritici incoerenti aventi una tessitura caratterizzata da clasti litologicamente eterogenei e granulometricamente eterometrici, supportati da matrice pelitica più o meno abbondante; la struttura è generalmente di aspetto caotico. Per quanto riguarda la morfodinamica di questi corpi, sono stati distinti sulla cartografia ufficiale: frane in evoluzione (attive), quando mostrano segni di attività in atto o recente, frane quiescenti quando risultano attualmente stabilizzate o temporaneamente inattive e frane inattive. Le forme attive sono prevalentemente concentrate nell'area nord-est di Montecatini e nella zona sud-ovest del territorio di Casaglia fino all'interno della valle del Torrente Sterza. Le frane inattive sono spesso di grandi dimensioni e caratterizzano i terreni pre neogenici (argille a Palombini) sia ad ovest di Montecatini che nella zona più meridionale del territorio comunale.

Nell'area in studio sono presenti varie tipologie di eventi franosi, sono infatti stati cartografati depositi di frana per crollo, scoscendimenti superficiali e colamenti. Le frane di crollo sono generate dal distacco di strati o ammassi rocciosi da versanti comunque

molto acclivi. Sono spesso legati alle condizioni tettoniche e geostrutturali dell'ammasso roccioso ed alla presenza d'acqua che costituisce un fattore determinante nell'innescare e nella dinamica del fenomeno. Gli scoscendimenti superficiali hanno un'evoluzione molto rapida e sono caratterizzati da superfici di scivolamento, di tipo rotazionale, concave verso l'alto, o di tipo traslazionale, lungo piani definiti. Le frane di colamento sono tra i fenomeni più diffusi sul territorio in esame e sono caratterizzati da colate di detrito, talora misto a fango, l'innescare è generalmente legato alla caduta di coesione conseguente all'ammollimento dovuto a piogge o infiltrazioni d'acqua in terreni coesivi. Questi fenomeni sono distribuiti in modo omogeneo su tutto il territorio del Comune di Montecatini VC che quindi denota una fragilità diffusa.

Altri depositi presenti nell'area sono i detriti di versante. Il rilevamento di campagna ha evidenziato che questi depositi, sono spesso presenti in modo diffuso al di sopra delle unità del substrato roccioso al tal punto da non renderle più visibili. I detriti di versante sono caratterizzati da clasti litoidi sostenuti da matrice pelitica che si sono accumulati per lenti movimenti gravitativi superficiali e talora anche per ruscellamento; non presentano uno spessore omogeneo risentendo della conformazione del substrato di cui tendono a colmare, ispessendosi, contropendenze o discontinuità morfologiche. Altri fenomeni che concorrono al modellamento del paesaggio sono quelli legati a fenomeni di creeping e soliflusso che interessano la parte più superficiale delle coltri detritiche o la parte alterata della roccia in posto o il suolo di copertura e sono molto diffusi lungo tutti i versanti dell'area di studio. I soliflussi sono riconoscibili in quanto sul versante si riconoscono lobi, ondulazioni, decorticazioni e terrazzate e si formano principalmente per assunzione idrica da parte delle rocce o detriti. I fenomeni di creeping sono invece legati al movimento di singoli elementi detritici di una roccia non coerente che avviene su pendii anche di pochi gradi e il movimento può essere legato a fenomeni di gelo-disgelo, umidificazione ed essiccazione, dilatazioni e contrazioni termiche, sono riconoscibili in quanto formano piccole scarpate e decorticazioni nelle parti alte e medie dei pendii, tale fenomeno è ben riconoscibile da alberi ricurvi alla base e da pali inclinati.

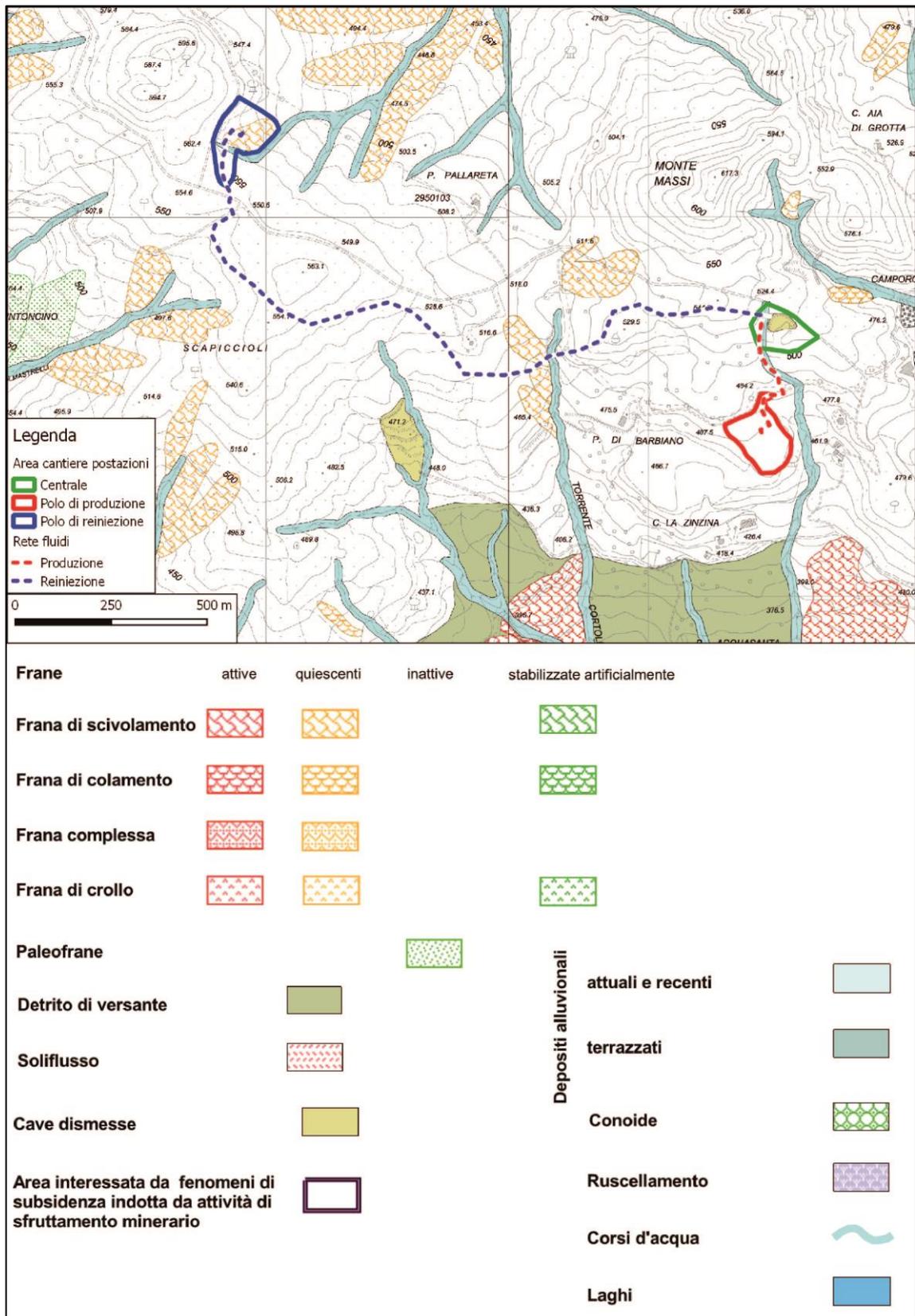


Figura 6-5. Stralcio della carta geomorfologica del PS del Comune di Montecatini VC.

6.4 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

L'area in esame si trova ubicata lungo lo spartiacque che separa i bacini del Fiume Cecina (versante meridionale) e del Fiume Arno (versante settentrionale). La rete idrografica è costituita da fossi d'erosione che compongono un pattern dendritico sub-parallelo. Le acque che si incanalano lungo il versante nord si raccolgono nel Torrente Ragone che, dopo confluisce nel Torrente Fosce, e finalmente poi nel Fiume Era. Al contrario le acque che discendono verso il versante meridionale, si incanalano all'interno di fossi e botri che poi confluono nel Torrente Lupicaia o nel Botro Cortolla per poi confluire nel Fiume Cecina.

Da un punto di vista idrogeologico, le unità geologiche sono state suddivise in classi (1→4) di permeabilità tenendo conto della litologia, della fratturazione e della maggiore o minore propensione ai fenomeni carsici. La carta della permeabilità della Regione Toscana Foglio n. 295010 così ottenuta (Figura 6-6) mette in evidenza che i terreni affioranti hanno una permeabilità medio-bassa, o impermeabile; tale comportamento rispecchia la litologia di tipo argilloso dei depositi. Tuttavia localmente la presenza di fratturazione legata a faglie o a contatti tettonici può portare ad un aumento della permeabilità secondaria e alla formazione di acquiferi locali.

Nelle aree dove andranno a imporsi le opere in progetto al di sopra delle formazioni del substrato roccioso è presente una spessa coltre detritica all'interno della quale si possono andare a formare delle falde freatiche di natura stagionale che vanno ad alimentare i diffusi laghetti presenti in zona. È pertanto ipotizzabile che il substrato roccioso di natura argillitica si comporti come un acquitardo o acquicludo che permette alle acque meteoriche di accumularsi nella coltre detritica. La reale esistenza di una falda superficiale nelle zone di intervento sarà accertata in fase esecutiva a seguito di indagini specifiche.

Nella zona di progetto a circa 650.0 m di distanza in direzione nord dal polo di reiniezione è presente una sorgente (sorgente della Pianella) captata a fini acquedottistici.

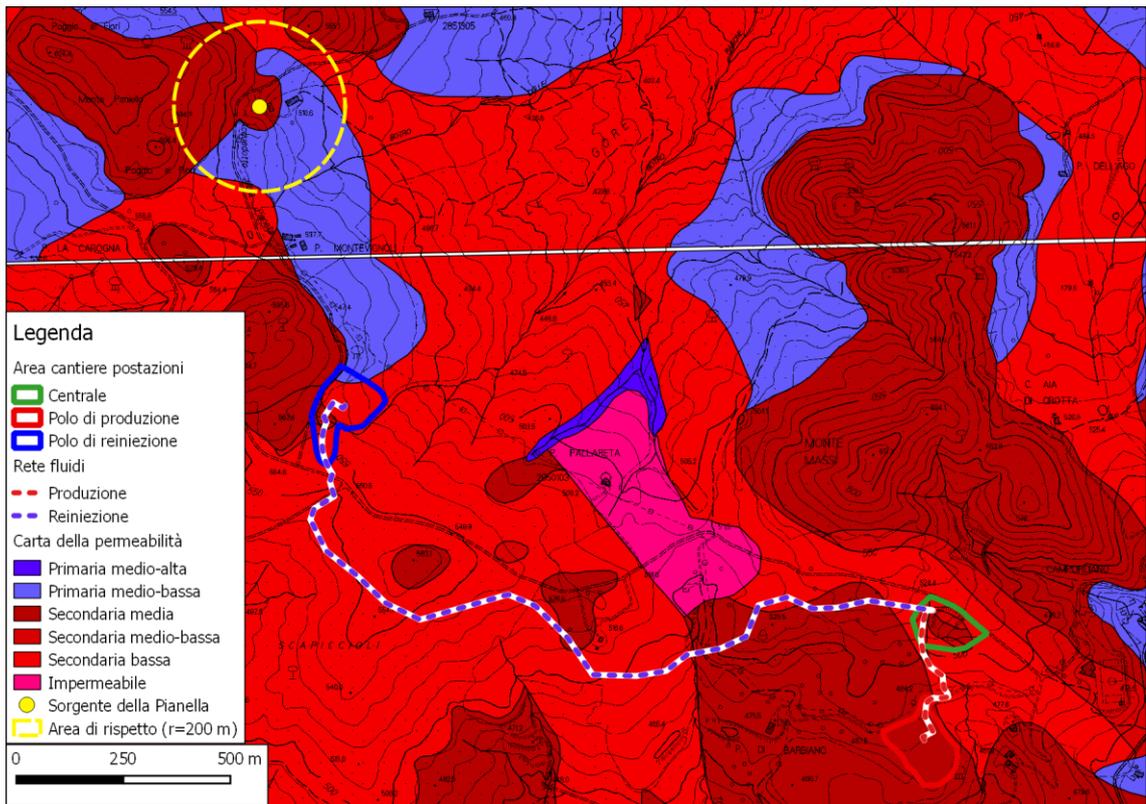


Figura 6-6. Carta della permeabilità scala 1:10000 della Regione Toscana.

6.5 LE OPERE IN PROGETTO NEL CONTESTO GEOLOGICO

Nel presente paragrafo vengono descritti nel dettaglio gli aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici delle aree dove andranno ad impostarsi le opere.

Si deve precisare che al momento del sopralluogo la presenza di una fitta vegetazione lungo il tratto della rete di trasporto dei fluidi non ha permesso di caratterizzare con precisione alcuni aspetti di natura geomorfologica dei versanti interessati dalle opere. Pertanto si è fatto riferimento alle foto aeree disponibili per l'area di indagine al fine di individuare le eventuali forme e processi che caratterizzano i versanti oggetto della presente relazione.

6.5.1 Polo di produzione

Il polo di produzione si trova all'interno del Comune di Montecatini Val di Cecina, in Provincia di Pisa, a circa 1200.0 m ad ovest delle prime case dell'abitato di Montecatini Val di Cecina ad una quota di 485.0 m slm e occuperà un'area di circa 13020.25 m² (Figura 6-7).

La postazione sarà realizzata in corrispondenza di una spianata morfologica avente un leggera pendenza verso sud-est (10-15%) e verso i bordi in direzione circa est-ovest. Da un punto di vista geologico, la cartografia ufficiale riporta che l'opera rientra nell'area di pertinenza dei depositi della Formazione delle Arenarie di Montecatini (AMO). Si tratta

di arenarie di colore grigio e marroni-arancio a granulometria da grossolana a medio-fine a cui si intercalano siltiti, argilliti e marne. Il sopralluogo ha messo in evidenza che il substrato roccioso nell'area di intervento non affiora in quanto ricoperto da una coltre detritica.



Figura 6-7. Area di ubicazione del polo di produzione.

Il sopralluogo non ha evidenziato la presenza di segni di dissesto profondi, tuttavia sono presenti forme ondulate sia concave che convesse che interessano la copertura detritica segno che sono presenti alcuni fenomeni di rimobilizzazione superficiale come testimoniato dalla presenza di un palo della media tensione leggermente inclinato. L'origine di tali movimenti è verosimilmente da mettere in relazione a fenomeni di assunzione idrica da parte delle coperture detritiche durante periodi di piogge intense con conseguente perdita di coesione. Inoltre sono state riconosciute due lineazioni con direzione circa SO-NE che interessano la copertura detritica. Ad oggi non è possibile stabilire con certezza la natura di queste strutture ma visto l'andamento rettilineo e parallelo è possibile ipotizzare che si tratti di opere antropiche finalizzate al drenaggio delle acque superficiali. Tuttavia poiché tale ipotesi al momento non è verificabile, la natura di queste strutture andrà rivista in fase esecutiva in concomitanza con l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche e geofisiche finalizzate alla caratterizzazione geotecnica del sito.

6.5.2 Polo di reiniezione

Il polo di reiniezione si trova all'interno del Comune di Montecatini Val di Cecina, in Provincia di Pisa, a circa 2500.0 m ad ovest delle prime case dell'abitato di Montecatini Val di Cecina ad una quota di 540.0 m slm (Figura 6-8).



Figura 6-8. Area di ubicazione del polo di reiniezione.

La postazione è ubicata lungo un blando pendio (pendenze comprese tra il 10% e il 25%) inclinato verso nord-est attualmente incolto e delimitato dal Botro del Ragone.

La carta geologica ufficiale riporta che la postazione insiste principalmente sui depositi della Formazione delle Argille a Palombini (APA). Questi depositi sono costituiti da argilliti e subordinatamente da siltiti e marne di colore grigio scuro o nocciola a cui si intercalano calcari e calcari silicei di colore variabile dal grigio piombo al grigio chiaro. In modo marginale la postazione si trova ubicata sui depositi della Formazione dei Basalti costituiti da depositi massici variamente fratturati e/o brecciati di colore scuro e in parte su depositi di versante. La carta geologica riporta anche la presenza di un lembo di Diaspri posti alla base dei Basalti. Anche in questo caso tutta l'area di lavoro è caratterizzata dalla presenza di una spessa copertura detritica e il substrato roccioso è visibile solo a monte della strada bianca in corrispondenza di una piccola cava. La copertura detritica è costituita da ghiaie, sabbie, clasti anche di grosse dimensioni immersi in una matrice argillosa sabbiosa prevalentemente derivante dal disfacimento dei depositi afferenti alle Argille a Palombini.

La carta geomorfologica mostra che nell'area dove sarà realizzata la postazione è stata cartografata una frana di scivolamento quiescente. Questo deposito è presente anche negli elaborati dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno nei quali è classificata come P.F. 3-Area a pericolosità elevata da processi geomorfologici di versante e da frana (Figura 4-3). Questo deposito è anche presente nella banca dati DBGR-Frane e Depositi Superficiali della Regione Toscana dove è classificata come frana per scorrimento con stato di attività quiescente, inoltre è riportato che "la frana non si è mossa negli ultimi cicli stagionali, ma può essere riattivata dalle sue cause originali". Il sopralluogo ha effettivamente permesso di verificare la presenza del corpo di frana del quale è visibile il coronamento della nicchia di distacco evidenziato da una piccola scarpata morfologica associata ad una leggera contropendenza sulla quale ormai è cresciuta la vegetazione. Alla base del pendio è ancora visibile una forma concava probabilmente associata al corpo di frana. Ad oggi tutto il copro di frana risulta in parte obliterato dalle attività agricole e di lavorazione della terra che hanno anche cancellato eventuali segni di movimento.



Figura 6-9. Scarpata morfologica legata al coronamento del corpo di frana.

Il sopralluogo non ha evidenziato la presenza di movimenti in atto o incipienti, la nicchia di distacco è coperta da vegetazione erbacea ed arborea che non mostra segni di inclinazione se non quelli minimi legati alla acclività del pendio. Anche tutto il corpo di frana è ricoperto, seppur in modo discontinuo, da vegetazione erbacea. La strada bianca

che corre a monte del coronamento risulta integra. Pertanto si ritiene che il corpo di frana abbia raggiunto un certo equilibrio.

Dalle informazioni fino ad ora disponibili è possibile ipotizzare che questo fenomeno franoso sia dovuto alla rimobilizzazione della copertura detritica presente sopra il substrato roccioso lungo una o più superfici di scivolamento. Durante periodi particolarmente piovosi può avvenire l'imbibimento della coltre detritica con una parziale perdita della qualità delle caratteristiche geomeccaniche del deposito fino alla completa perdita di resistenza al taglio del deposito e quindi alla mobilitazione della copertura. Non si può comunque escludere che un fattore innescante possa essere anche un'azione di scalzamento al piede da parte del Botro Ragone che scorre lateralmente e alla base del corpo di frana. Queste considerazioni dovranno comunque essere riviste a seguito dell'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche.

La postazione è delimitata sul lato sud dal Botro Ragone che è il ricettore principale di questo settore di versante e nel quale confluiscono diversi fossi minori (Botro delle Gore, Botrello, Botro delle Collinelle) fino a confluire nel Torrente Ragone. Questo botro ha un andamento con direzione NE-SO tranne nella sua parte apicale dove presenta un cambio di direzione molto netto disponendosi circa NO-SE. Un cambio di direzione così importante e che si discosta dalla direzione che hanno tutti gli altri impluvi fa pensare che possa essere legata a qualche lineazione strutturale oppure alla presenza di rocce più competenti e meno erodibili. In fase esecutiva si consiglia di approfondire questo aspetto attraverso opportune indagini.

La natura dei depositi detritici affioranti costituiti da clasti immersi in una matrice argillosa sabbiosa fa sì che le acque piovane in parte vanno a formare una fitta rete di piccoli rigagnoli che in caso di eventi piovosi di una certa intensità formano canalizzazioni che seguono le direzioni di massima pendenza, e in parte penetrano nel terreno.

In fase esecutiva dovranno essere eseguite tutta una serie di indagini geognostiche e geofisiche di dettaglio finalizzate alla completa caratterizzazione del corpo di frana in termini di estensione, profondità e caratteristiche geomeccaniche nonché dovrà essere ricostruita la superficie di scivolamento lungo la quale il deposito si è mosso e verificato se il movimento gravitativo interessa solo la copertura detritica o se interessa anche il substrato roccioso. A seguito della risultanza delle indagini saranno effettuate le opportune verifiche di stabilità e scelte le migliori soluzioni progettuali per la stabilizzazione del versante e per la realizzazione delle opere.

Visto che il meccanismo di innesco della frana è per scivolamento ed implica un ruolo importante della presenza di acqua, in via cautelativa, si consiglia di concentrare il cantiere nel periodo estivo e di predisporre un efficiente sistema di raccolta e allontanamento delle acque di eventuale infiltrazione.

6.5.3 Centrale geotermoelettrica

La centrale geotermoelettrica si trova all'interno del Comune di Montecatini Val di Cecina in Provincia di Pisa, circa 1.2 km a ovest dell'abitato di Montecatini Val di Cecina ad una quota di circa 500.0 m slm all'interno di una cava dismessa della quale è ancora ben visibile il fronte di scavo prospiciente la strada comunale di Miemo (Figura 6-10).



Figura 6-10. Area di ubicazione della centrale geotermoelettrica.

Morfologicamente la zona si presenta come un'area pianeggiante con a monte una scarpata di origine antropica derivata dalle operazioni di scavo e a valle da un pendio con acclività compresa tra il 10% e il 15%.

Da un punto di vista geologico la centrale geotermoelettrica è collocata sui depositi afferenti alla Formazione dei DSD-Diaspri alternati ai depositi afferenti ai β -Basalti. In particolare la formazione dei basalti, ben visibile in affioramento lungo la scarpata est della cava, si presenta come un deposito fratturo e/o brecciato di colore scuro (Figura 6-11). Nel piazzale della cava non è stata verificata la presenza del substrato roccioso in quanto tutta l'area è coperta da materiale detritico rimaneggiato verosimilmente di natura antropica.

La coltre detritica si estende poi lungo tutto il versante e maschera quasi completamente il substrato roccioso che dalla cartografia ufficiale risulta essere rappresentato dai

depositi delle Argille a Palombini (APA). Il substrato roccioso è comunque visibile, anche se in modo discontinuo, in alcuni affioramenti che emergono da sotto la coltre detritica.

Il sopralluogo ha messo in evidenza che l'area risulta sufficientemente stabile, tuttavia lungo il pendio sono state riconosciute alcune linee di tensione probabilmente legata a lenti movimenti della coltre detritica superficiale.

Anche in questo caso la natura poco permeabile dei depositi superficiali favorisce i fenomeni di ruscellamento diffuso delle acque piovane che durante eventi particolarmente intensi possono dar luogo a canalizzazioni e piccoli fenomeni erosivi lungo i versanti più acclivi. Questi fenomeni sono mal controllati sia per la mancanza di un sistema di regimazione delle acque superficiali sia per l'assenza di una copertura boscata con la conseguenza che il reticolo idrografico è caratterizzato da una rete irregolare e disorganizzata di piccoli solchi di erosione.

La coltre detritica superficiale ha in genere caratteristiche litotecniche mediocri o scadenti, e in caso di forte imbibimento di acqua piovana può dar origine a movimenti gravitativi di massa con dinamica sub-superficiale come testimoniato da alcune decorticazioni, lobi e ondulazioni presenti nell'area.



Figura 6-11. Affioramento di basalti presso l'area di ubicazione della centrale geotermoelettrica.

Considerando il fatto che i fenomeni di dissesto superficiali sono originati principalmente dalle acque meteoriche, si suggerisce di concentrare il cantiere nel

periodo estivo in modo da ridurre la possibilità di infiltrazione e imbibimento delle masse detritiche. Inoltre si suggerisce di realizzare gli scavi per tratti successivi della minore lunghezza possibile predisponendo un adeguato sistema di regimazione e allontanamento delle acque superficiali e di infiltrazione, lungo tutto il versante a valle dell'area di lavoro, da non escludere che possa diventare permanente.

6.5.4 Rete di trasporto dei fluidi

6.5.4.1 Rete di produzione

La rete di trasporto dei fluidi dal polo di produzione verso l'impianto ORC ha una lunghezza di circa 407.3 m ed è posizionata fuori terra su sostegni di altezza pari a 0.5 m.

La tubazione a partire dalle teste pozzo attraversa l'area pozzi posizionata all'interno di un cunicolo. Appena al di fuori della recinzione della postazione si dirige verso nord fino a raggiungere la strada bianca esistente. Percorre un tratto di circa 60.0 m parallela ad essa per poi attraversala in sotterranea proseguendo in direzione nord lungo il versante verso l'Impianto ORC all'interno di una trincea (Figura 6-12).

I sostegni saranno di tipo a traliccio con altezza variabile e con due modalità di vincolo: appoggio semplice o cerniera; verranno montati sul terreno mediante bullonatura su plinti di fondazione in calcestruzzo, appositamente realizzati in opera e gettati in scavi nel terreno cercando di limitare al minimo la parte emergente dal piano di campagna. La distanza massima tra gli appoggi sarà di circa 10÷12 metri.

Da un punto di vista geologico la cartografia ufficiale riporta che le opere in progetto saranno realizzate su depositi afferenti alla Formazione delle Arenarie di Montecatini (AMO) per il tratto di linea vicina al polo di produzione e alla Formazione delle Argille a Palombini per il restante tratto verso la centrale geotermoelettrica.

Il tracciato, a partire dal polo di produzione, si sonda per la prima metà su un'area pianeggiante lungo la quale non sono stati messi in evidenza fenomeni di instabilità in atto o incipienti. Anche la strada bianca di accesso al polo di produzione risulta stabile. Prosegue poi lungo il versante che porta alla centrale geotermica che presenta una acclività intorno al 10%-25%.

Il sopralluogo ha messo in evidenza la presenza di una coltre detritica superficiale, di spessore variabile, derivante dall'alterazione e dal disfacimento dei litotipi rocciosi del substrato che risulta affiorare in modo discontinuo solo in corrispondenza di cambi di pendenza netti dove sono visibili le testate degli strati rocciosi.

Vista la natura puntuale dei sostegni della rete di trasporto dei fluidi non si prevedono particolari problemi legati al normale deflusso delle acque superficiali. Tuttavia in considerazione della natura poco permeabile delle coperture detritiche e del substrato roccioso, si suggerisce, a fine lavori, di realizzare lungo il tracciato delle opere di

regimazione delle acque superficiali atte ad evitare eventuali fenomeni di ristagno o erosione lungo il versante.



Figura 6-12. Versante lungo il quale sarà realizzata la rete di trasporti dei fluidi di produzione (in giallo).

6.5.4.2 Rete di reiniezione

La rete di trasporto dei fluidi di reiniezione dall'impianto ORC verso il polo di reiniezione ha una lunghezza di circa 2048.68 m e sarà completamente interrata.

La condotta sarà alloggiata all'interno di uno scavo di forma trapezoidale rovesciata di profondità variabile da 1.8 m a 2.0 m e larghezza alla base di circa 80.0 cm. La tubazione poggerà su un letto di sabbia dello spessore di circa 10.0-15.0 cm e sarà ricoperta, per i primi 20.0 cm, di sabbia, e i successivi con materiale inerte derivante dalle operazioni di scavo. L'estradosso del tubo sarà posizionato ad una profondità di circa 110.0-130.0 cm a partire dal piano campagna. Al lato della condotta di trasporto dei fluidi, nel medesimo cassonetto di scavo, saranno posizionati anche i tubi per il passaggio del cavo di fibra ottica e di quello di potenza.

Di seguito si fornisce una descrizione dei tratti di condotta dedicata alla reiniezione dei fluidi geotermici indicati nella Figura 6-13.

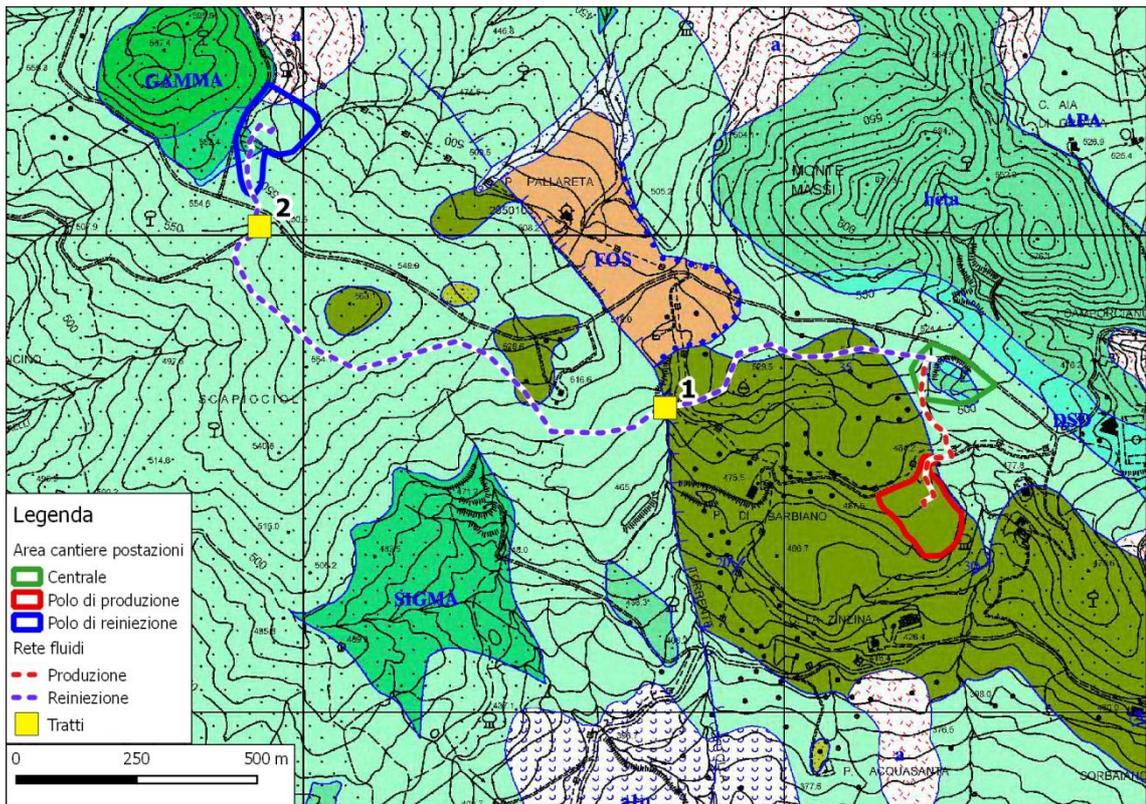


Figura 6-13. Ubicazione dei tratti della condotta analizzati nel testo.

Tratto Impianto ORC-1

La condotta attraversa il piazzale della centrale all'interno di un cunicolo in cemento armato, appena al di fuori della recinzione prosegue in direzione ovest per circa 384.0 m interrata in un campo adibito a pascolo seguendo il limite di un bosco. In corrispondenza della quota 520.0 m slm prende una direzione circa ovest-sud-ovest sempre lungo il limite di un'area boscata fino ad incrociare il Torrente Cortolla alla quota di 490.0 m slm (Figura 6-14).

Da un punto di vista geologico la cartografia ufficiale mostra che questo tratto di rete di trasporto dei fluidi si sviluppa sui depositi della Formazione delle Argille a Palombini e sopra le Arenarie di Montecatini. Il substrato roccioso è tuttavia ricoperto da una coltre detritica di spessore variabile derivante dalla alterazione delle unità del substrato.

Nel tratto in esame, il versante non presenta segni di instabilità profondi anche se sono presenti alcune linee di tensione probabilmente legate a fenomeni di creeping o soliflusso che interessano la coltre detritica superficiale. Anche la strada comunale di Miemo non presenta segni di dissesto o cedimenti.



Figura 6-14. Tratto impianto ORC-1 della rete di trasporto dei fluidi per la reiniezione (in giallo).

Tratto 1-2

A partire dall'attraversamento del torrente Cortolla il tracciato si snoda per lo più rimanendo in quota per circa 170.0 m sempre in direzione ovest in un'area adibita a prato per poi dirigersi verso nord-ovest fino ad una quota di circa 539.0 m slm. A partire da questo punto la rete prende una direzione circa ovest-sud-ovest per un tratto della lunghezza di circa 216.0 m. L'ultimo tratto della lunghezza di 363.0 m segue una direzione NO-SE all'interno di un'area adibita a bosco in località Scapiccioli fino ad incrociare la Strada di Miemo.

La cartografia ufficiale mostra che questo tratto di condotta si sviluppa sopra i depositi della Formazione delle Argille a Palombini. Come su tutti i versanti della zona, anche in questo caso il substrato roccioso è coperto da una coltre detritica che è soggetta a fenomeni gravitativi.

La carta geomorfologica ufficiale riporta che subito dopo l'attraversamento del Torrente Cortolla sono cartografati tre depositi di frana per scivolamento classificati come quiescenti che la condotta si troverà ad attraversare. La banca dati DBGR-Frane e Depositi Superficiali della Regione Toscana riporta solo due di questi fenomeni franosi ubicati a valle della condotta di trasporto dei fluidi (Figura 6-15), entrambi classificati come quiescente e in verifica. L'osservazione delle foto aeree disponibili per questo settore ha messo in evidenza la presenza di linee di tensione di forma arcuata in

corrispondenza del corpo di frana riportato dalla carta geomorfologica del PS del Comune di Montecatini VC, tuttavia la presenza di una coltre erbacea sul corpo di frana fa ritenere che attualmente abbia raggiunto un certo equilibrio geostatico (Figura 6-16).

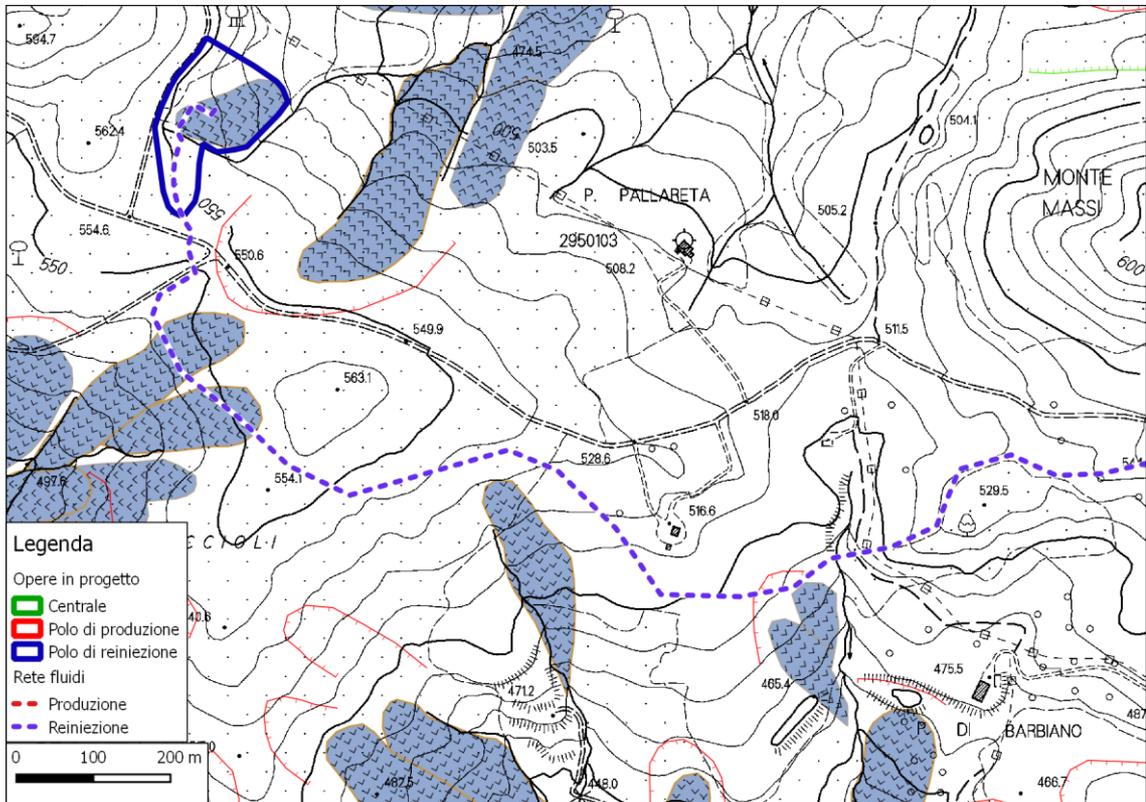


Figura 6-15. Depositi di frana come cartografati dalla banca dati DBGR-Frane e Depositi Superficiali della Regione Toscana.

Anche in questo caso l'origine di questi fenomeni gravitativi è probabilmente da mettere in relazione alla rimobilizzazione della copertura detritica lungo il versante a seguito di eventi piovosi intensi che portano ad un imbibimento delle masse detritiche stesse con la conseguente perdita di resistenza la taglio. Vista la posizione dei tre depositi di frana, tutti localizzati in corrispondenza del torrente Cortolla, è ipotizzabile come fenomeno innescante anche l'azione erosiva del torrente che porta o portava ad un progressivo scalzamento al piede del versante. Questa ipotesi è confutata anche dal fatto che il corso del torrente nel tratto interessato dalle frane ha un andamento convesso tipico dei tratti di fiume in erosione.



Figura 6-16. Tratto di versante dove sono state cartografati dei corpi di frana quiescente (in bianco la rete di trasporto dei fluidi).

Il tratto di versante compreso tra la casa ubicata a quota 516.6 m slm e la strada a servizio del parco eolico ubicato in loc. Scapiccioli non presenta particolari segni di fenomeni gravitativi in atto. Tuttavia le foto aeree hanno evidenziato la presenza una fitta rete di piccoli rigagnoli che vanno poi a confluire in fossi di erosione ad andamento sub parallelo dovuti alla natura poco permeabile della coltre detritica che facilita lo scorrimento superficiale delle acque meteoriche. La banca dati DBGR-Frane e Depositi Superficiali della Regione Toscana (Figura 6-15) riporta la presenza di un corpo di frana a valle del tracciato della condotta di reiniezione. In effetti tale deposito è visibile sulle foto aeree dove è possibile riconoscere il corpo di frana e parte della nicchia di distacco. La presenza sul corpo di frana di vegetazione arbustiva e arborea fa ritenere che abbia raggiunto un certo equilibrio geostatico e che siano presenti solo fenomeni di ruscellamento superficiale che interessano anche la nicchia di distacco (Figura 6-17).

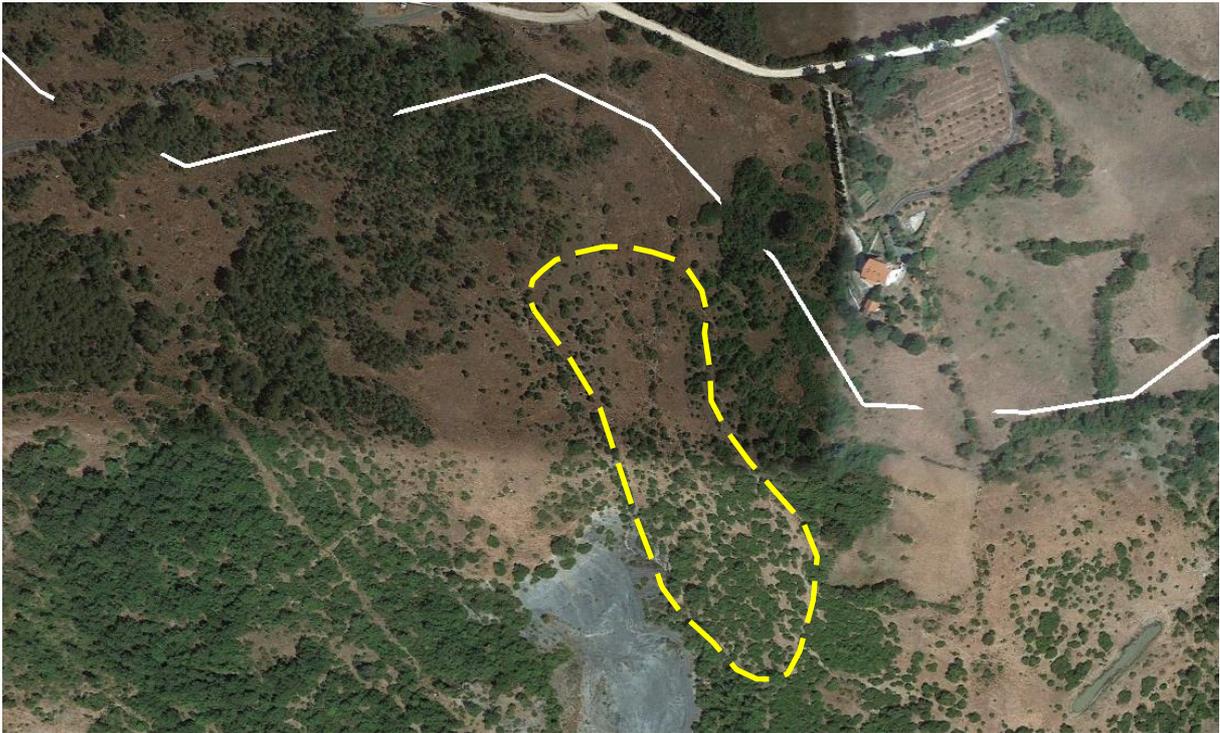


Figura 6-17. Tratto di versante a valle della condotta di trasporto dei fluidi di reiniezione (in bianco). In giallo corpo di frano.

La parte finale di questo tratto corre all'interno di un'ara boscata rimanendo pressoché in quota fino a raggiungere la strada comunale di Miemo. La banca dati DBGR-Frane e Depositi Superficiali della Regione Toscana (Figura 6-15) riporta la presenza di due corpi di frana che non sono però riportati dalla Carta geomorfologica del PS del Comune di Montecatini VC. Il sopralluogo non ha evidenziato la presenza di particolari fenomeni di versante e la presenza di alberi fa ritenere che ad oggi questi corpi di frana, se presenti, abbiano raggiunto un certo equilibrio geostatico. La presenza di alberi incurvati fa comunque ritenere che localmente si possano instaurare fenomeni di creeping o soliflusso a carico della parte più superficiale di suolo.

Sebbene attualmente tutto il settore (tratto 1-2) risulti sufficientemente stabile, la situazione geomorfologica dovrà comunque essere rivista a seguito dei risultati delle indagini geognostiche e geofisiche che si consiglia di eseguire in fase esecutiva.

Tratto 2-polo di reiniezione

Una volta attraversata la strada comunale di Miemo (Figura 6-18) la rete di reiniezione si dirige verso il polo di produzione seguendo una direzione circa nord-sud lungo un versante debolmente inclinato verso nord e adibito a bosco.

La carta geologica riporta che il substrato roccioso è costituito dai depositi della Formazione delle Argille a Palombini e Basalti con la relativa coltre detritica.

Il sopralluogo non ha messo in evidenza segni di movimento in atto o incipienti lungo il versante se non la normale attività di disgregazione dei litotipi rocciosi (Figura 6-19).



Figura 6-18. Attraversamento stradale della rete di reiniezione dei fluidi (in nero).

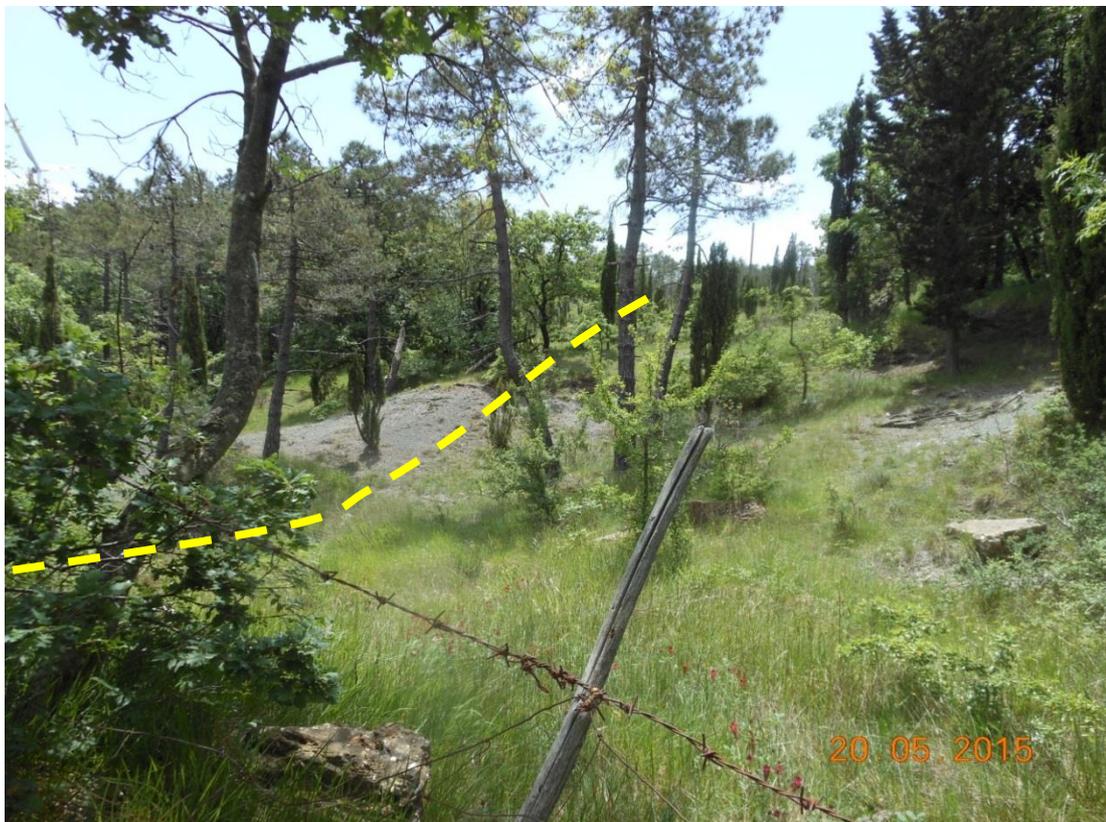


Figura 6-19. Versante lungo il quale sarà realizzata la strada di accesso al polo di produzione al di sotto della quale verrà alloggiata la rete di reiniezione dei fluidi geotermici (in giallo).

In generale tutto il settore indagato per la messa in opera della rete di trasporto dei fluidi risulta sufficientemente stabile, il sopralluogo tuttavia ha evidenziato comunque che localmente i versanti vallivi sono interessati da movimenti gravitativi con formazione di depositi di frana alcuni dei quali presenti anche nelle carte geologiche e geomorfologiche a supporto della pianificazione territoriale. Pertanto, in corso d'opera, dovrà essere attentamente valutata la stabilità del pendio in relazione all'esecuzione dei lavori e se necessario saranno messi in opera opportuni interventi di stabilizzazione dei versanti.

Per la messa in opera della condotta si raccomanda di eseguire i lavori nel periodo estivo quando le precipitazioni sono minime in modo da ridurre la possibilità di infiltrazione e imbibimento delle masse detritiche. Si suggerisce, nel momento in cui saranno eseguiti i lavori, di predisporre un efficiente sistema di regimazione e allontanamento delle acque superficiali dallo scavo. Inoltre è buona prassi procedere alla stesura della condotta per piccoli tratti successivi e ridurre al minimo l'apertura degli scavi.

Pertanto sebbene il settore risulti nel suo complesso sufficientemente stabile, si ritiene di rivedere le effettive condizioni locali di stabilità del versante in fase esecutiva.

7 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Il comune di Montecatini Val di Cecina, nel quadro conoscitivo del Piano Strutturale, si è dotato di una carta litotecnica del territorio comunale nella quale le formazioni geologiche sono state organizzate in unità litotecniche in funzione delle caratteristiche litologiche e geotecniche.

Nella Tabella 7-1 sono riportate le unità litotecniche in cui ricadono le opere in progetto.

Opera	Classe litologiche
Polo di produzione	B4
Polo di reiniezione	A
	B4
	E3
Centrale geotermoelettrica	A
	B2
	B4
Rete di trasporto dei fluidi di produzione	B4
Rete di trasporto dei fluidi di reiniezione	B4
	E1

Tabella 7-1. Unità litotecniche.

Di seguito si riporta la definizione per le varie classi litotecniche:

- A-Materiale lapideo costituito da un unico litotipo non stratificato;
- B2-Materiale lapideo stratificato o costituito da alternanze di diversi litotipi. Rocce a stratificazione fitta;
- B4- Materiale lapideo stratificato o costituito da alternanze di diversi litotipi. Siltiti o argilliti comprese tra 25% e 75%;
- E1-Materiali granulari non cementati o poco cementati. Corpi detritici grossolani con elementi lapidei di dimensioni mediamente maggiori di 60 mm;
- E3- Materiali granulari non cementati o poco cementati. Corpi detritici con granuli di dimensioni comprese tra 2 mm e 0.60 mm.

Il sopralluogo ha comunque evidenziato che il substrato roccioso è visibile in modo discontinuo in quanto è generalmente coperto da una coltre detritica superficiale. Pertanto dalle informazioni fino ad ora disponibili si ritiene che in generale tutte le opere saranno alloggiate su litotipi incoerenti. Si tratta quindi di depositi eterometrici ed eterogenei con un comportamento che può variare da prevalentemente attritivo nel caso in cui i depositi presentano quantità elevate di sabbie e/o ghiaie, a coesivo dove invece è prevalente la frazione granulometrica limosa e/o argillosa. Nel caso in cui invece, per la realizzazione delle opere, vengano effettuate operazioni di scavo e reinterro di una certa importanza, non si esclude la possibilità che sia intercettato il substrato roccioso.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione delle opere in progetto, al momento, è stata fatta soltanto sulla base della cartografia geologica esistente e su dati disponibili su aree limitrofe o in letteratura. Dalla letteratura reperibile in merito ai suddetti depositi, è stato possibile estrapolare i valori relativi ai parametri geotecnici che meglio caratterizzano le varie classi litotecniche presenti nelle territorio in studio (Tabella 7-2).

Litotipo	Φ (°)	γ_{sat} (kN/m ³)	c' (kPa)	σ_c (MPa)
Depositi detritici	17-20	17-19	0	-
Substrato roccioso alterato	30-32	20-22	0	30-40
Substrato roccioso integro	35-40	22-23	0	40-50

Tabella 7-2. Parametri geotecnici preliminari dei litotipi presenti nell'area di studio da bibliografia (Φ : angolo di attrito interno, γ_{sat} : peso di volume saturo, c' : coesione drenata, σ_c : resistenza a compressione uniassiale).

Questa schematizzazione rappresenta un primo modello di riferimento per la pianificazione delle indagini volte alla definizione del modello geotecnico del sito e i parametri geotecnici forniti sono da considerare puramente indicativi. Una

caratterizzazione più precisa potrà essere fornita solo al momento del progetto esecutivo a seguito dei risultati delle indagini geognostiche e geofisiche che si consiglia di prevedere per la realizzazione delle opere.

8 SISMICITÀ

8.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il Comune di Montecatini Val di Cecina è inserito nella classe sismica 3 (accelerazione orizzontale $0.05g \leq a_g \leq 0,15g$). Nell'ambito del Rapporto Conclusivo (bozza - aprile 2004) sulla Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica (nel seguito RC) ad opera dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale, denominata ZS9 (Figura 8-1), basata sui dati di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni. Ogni Zona Sismogenetica (ZS) è corredata da una stima della profondità media dei terremoti.

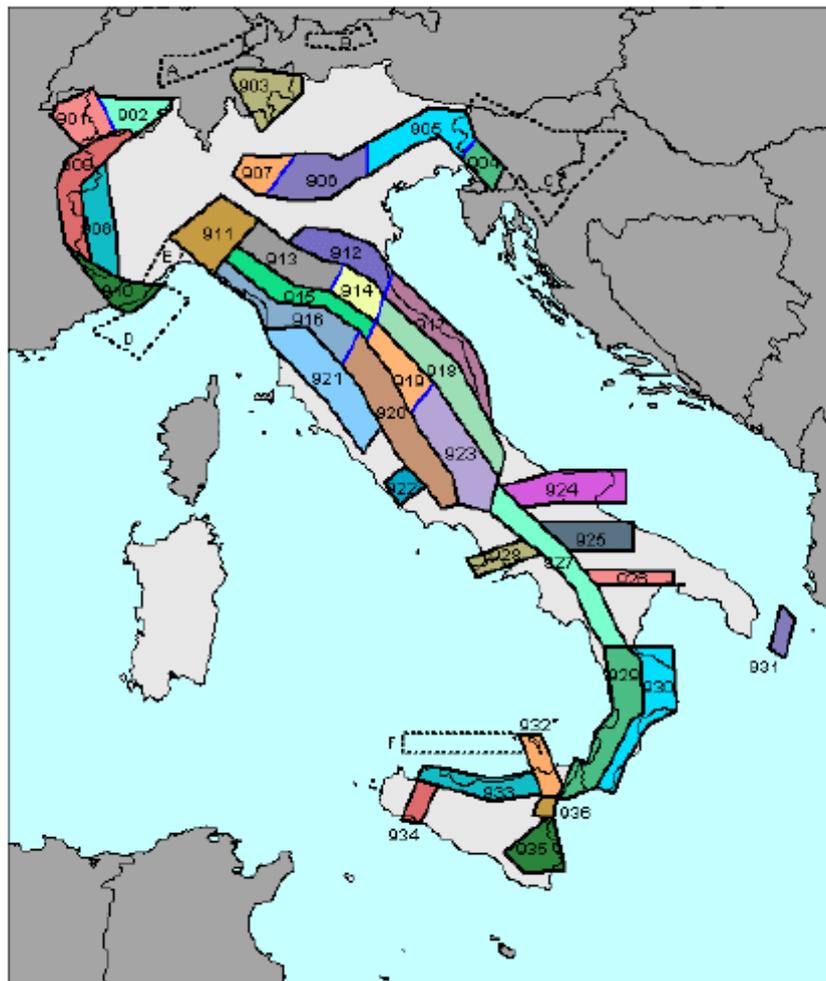


Figura 8-1. Zonazione sismogenetica ZS9 (da Rapporto Conclusivo (bozza-aprile 2004) sulla Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica-INGV).

Nel Rapporto Conclusivo (RC), ogni zona sismogenetica ha un valore di M_{max} (Magnitudo momento) che rappresenta un elemento di tipo cautelativo adottato per garantire le determinazioni di a_{max} dalla possibilità che si verificano, seppure con probabilità molto bassa, eventi di magnitudo superiore a quelle verificatisi nel corso del periodo di osservazione del catalogo. Questa scelta riflette ovviamente la scarsa conoscenza del potenziale sismogenetico di una data regione; non a caso, è oggetto di particolare attenzione nelle regioni a sismicità medio-bassa e/o in quelle poco investigate.

Nel Rapporto Conclusivo sono stati definiti due insiemi di valori di M_{max} :

1. uno calibrato, in modo cautelativo, sui dati sismologici e geologici, definito M_{max1} (“osservata”);
2. uno maggiormente cautelativo definito M_{max2} (“cautelativa”), corrispondente al criterio di portare al valore $M_{w_{max}} = 6,14$ Mw tutte le ZS con $M_{maxCPTI2}$ inferiore a tale valore M_{max2} .

Secondo la mappa contenuta nel RC, il territorio del Comune di Montecatini Val di Cecina ricade nella zona sismogenetica **921** (Etruria) cui corrisponde una profondità “efficace”, definita come l’intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti, di 1-5 (figura 13, RC) km e un meccanismo di fagliazione normale. Questa zona sismogenetica è caratterizzata da un valore $M_{w_{max1}}$ di 5.91 e, conseguentemente, da un valore $M_{w_{max2}}$ di 6.14 (tabella 6, RC).

8.2 AZIONE SISMICA

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08) D.M. 14.01.2008 introducono il concetto di “pericolosità sismica di base” in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La “pericolosità sismica di base”, nel seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni ed è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria A quale definita dal par. 3.2.2 delle NTC08), quindi viene definita mediante un approccio “sito dipendente”. In questo modo, la stima dei parametri spettrali necessari per definire l’azione sismica di progetto viene effettuata per ogni sito in esame a partire dalle informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 nell’allegato B del NTC08).

Secondo le NTC08, una volta definita la vita nominale V_N , la classe d’uso CU e il periodo di riferimento V_R per le opere in progetto (Tabella 8-1), si possono determinare i valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. Tali parametri, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, sono così definiti:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- 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.

Le NTC08 introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l'intero territorio italiano. Per ciascuno nodo del reticolo di riferimento sono riportati nell'allegato B alle NTC08, i valori di a_g , F_0 e Tc^* relativi alla pericolosità sismica per diversi tempi di ritorno.

Per qualunque punto del territorio che non ricade nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri a_g , F_0 e Tc^* , necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in esame ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

Dove:

- p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame;
- p_i è il valore del parametro di interesse nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- d_i è la distanza dal punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta.

Coordinate area di intervento (UTM ED50)	Polo di produzione	Polo di reiniezione	Centrale geotermoelettrica
		Long: 10.73275 Lat: 43.38951	Long: 10.71624 Lat: 43.39685
Vita nominale in anni (V_N)	≥50anni		
Classe d'uso (CU)	II		
Coefficiente d'uso (C_U)	1		
Periodo di riferimento (V_R)	≥50		

Tabella 8-1. Parametri forniti dal progettista per la determinazione dell'azione sismica.

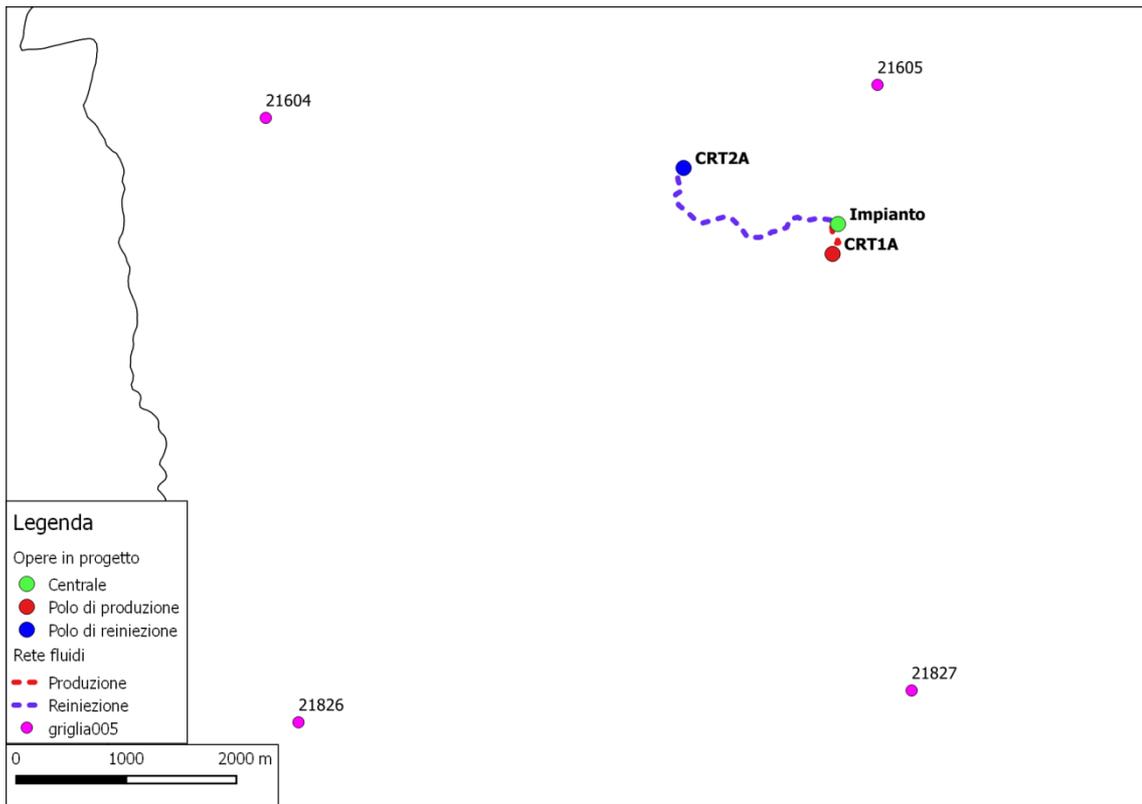


Figura 8-2. Ubicazione delle opere rispetto ai nodi del reticolo di riferimento.

Per il calcolo dei parametri dell'azione sismica è stato utilizzato il software (*.xls) "Spettri-NTC ver.1.0.3" messo on-line sul sito del Consiglio dei Lavori Pubblici. Nella Tabella 8-2, Tabella 8-3 e Tabella 8-4 sono visibili i risultati ottenuti a partire dai parametri della Tabella 8-1. Ai sensi delle NTC08, gli SLO (Stato Limite di Operatività) e SLD (Stato Limite di Danno) rappresentano gli Stati Limite di Esercizio (SLE), mentre gli SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) e SLC (Stato Limite di prevenzione del Collasso) rappresentano gli Stati Limite Ultimi (SLU) della costruzione.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,045	2,473	0,226
SLD	50	0,057	2,492	0,242
SLV	475	0,140	2,476	0,272
SLC	975	0,175	2,512	0,279

Tabella 8-2. Valori dei parametri sismici in corrispondenza del polo di produzione.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,044	2,474	0,225
SLD	50	0,057	2,492	0,242
SLV	475	0,140	2,475	0,272
SLC	975	0,175	2,511	0,279

Tabella 8-3. Valori dei parametri sismici in corrispondenza del polo di reiniezione.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,045	2,472	0,226
SLD	50	0,057	2,492	0,242
SLV	475	0,140	2,477	0,272
SLC	975	0,175	2,512	0,279

Tabella 8-4. Valori dei parametri sismici in corrispondenza della centrale geotermoelettrica.

8.2.1 Categoria di sottosuolo e categoria topografica

Le condizioni del sito di riferimento rigido in generale non corrispondono a quelle effettive. È necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Si denomina "risposta sismica locale" l'azione sismica quale emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido.

Le modifiche sopra citate corrispondono a:

- *effetti stratigrafici*, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- *effetti topografici*, legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.

8.2.1.1 Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere definita la categoria di sottosuolo. Sulla base dei dati disponibili in questo momento è possibile attribuire alle opere in progetto, in via cautelativa, la categoria di sottosuolo di Tabella 8-5. Categorie di sottosuolo per le opere in progetto.

In fase di progetto esecutivo, al fine di ottemperare ai contenuti delle NTC08, si raccomanda l'esecuzione di una opportuna campagna geognostica e sismica finalizzata alla corretta definizione della categoria di sottosuolo.

Opera	Categoria di sottosuolo	Descrizione
Polo di produzione	C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
Polo di reiniezione	C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
Centrale geotermoelettrica	C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Tabella 8-5. Categorie di sottosuolo per le opere in progetto.

8.2.1.2 Condizioni topografiche

Ai sensi delle NTC08 ad ogni opera in progetto è stata assegnata la categoria topografica di riferimento contenuta in Tabella 8-6.

Opera	Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica
Polo di produzione	T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
Polo di reiniezione	T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
Centrale geotermoelettrica	T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$

Tabella 8-6. Categorie topografiche per le opere in progetto.

8.3 COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE K_H E COEFFICIENTE SISMICO VERTICALE K_V

La categoria di sottosuolo e la categoria topografica servono per la determinazione dello spettro di risposta elastico in accelerazione e in spostamento, in quanto questi

parametri sono legati ad alcuni coefficienti inseriti nelle espressioni che definiscono lo spettro di risposta delle componenti orizzontali e verticali.

Per tenere conto delle condizioni topografiche e di categoria di sottosuolo in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s e il coefficiente topografico S_t . I valori assunti da tali coefficienti per lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali sono desunti dalla Tabella 8-7 e Tabella 8-8.

In questo caso, essendo le opere ubicate alla sommità del pendio, è stato scelto un valore di $S_t=1,2$.

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 8-7. Tabella 3.2.V da NTC08-Espressioni di S_s .

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_t
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 8-8. Tabella 3.2.VI da NTC08-Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_t .

I valori del coefficiente sismico orizzontale K_h e del coefficiente sismico verticale K_v sono ricavabili dalle seguenti formule:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

Dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

Dove:

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t);

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di β_s sono ricavabili dalla Tabella 7.11.I delle NTC08, e dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito e dalla categoria di sottosuolo (Tabella 8-9).

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Tabella 8-9. Tabella 7.11.I da NTC08-Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Pertanto, per le opere in progetto si hanno i valori di Tabella 8-10, Tabella 8-11 e Tabella 8-12.

	S_s	C_c	S_t	K_h	K_v	a_{max}	a_g	β_s
SLO	1,500	1,716	1	0,014	0,007	0,068g	0,045g	0,2
SLD	1,500	1,677	1	0,017	0,009	0,086g	0,057g	0,2
SLV	1,493	1,614	1	0,050	0,025	0,209g	0,14g	0,24
SLC	1,437	1,600	1	0,060	0,030	0,251g	0,175g	0,24

Tabella 8-10. Coefficienti sismici per il polo di produzione.

	S_s	C_c	S_t	K_h	K_v	a_{max}	a_g	β_s
SLO	1,500	1,717	1,2	0,016	0,008	0,079g	0,044g	0,2
SLD	1,500	1,677	1,2	0,021	0,010	0,103g	0,057g	0,2
SLV	1,493	1,614	1,2	0,060	0,030	0,251g	0,14g	0,24
SLC	1,437	1,600	1,2	0,072	0,036	0,302g	0,175g	0,24

Tabella 8-11. Coefficienti sismici per il polo di reiniezione.

	S_s	C_c	S_t	K_h	K_v	a_{max}	a_g	β_s
SLO	1,500	1,715	1,2	0,016	0,008	0,081g	0,045g	0,2
SLD	1,500	1,677	1,2	0,021	0,010	0,103g	0,057g	0,2
SLV	1,492	1,614	1,2	0,060	0,030	0,251g	0,14g	0,24
SLC	1,437	1,600	1,2	0,072	0,036	0,302g	0,175g	0,24

Tabella 8-12. Coefficienti sismici per la centrale geotermoelettrica.

9 CONSIDERAZIONI SUL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

La liquefazione è quel fenomeno associato alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, a modesta profondità dal piano campagna, sottoposti a sollecitazioni da azioni simiche cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Le NTC08 e successiva circolare danno le seguenti indicazioni in merito alla verifica di liquefazione: “La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- 2) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g;
- 3) profondità media stagionale della falda superiore a 15m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 4) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kP e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kP;
- 5) 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 $U_c > 3.5$. (Figura 9-1)”

Nel caso specifico, considerazioni in merito al contenuto d’acqua e alla magnitudo raggiungibile presso l’area, ed eventuali verifiche di liquefazione, saranno effettuate in relazioni di progetto esecutivo.

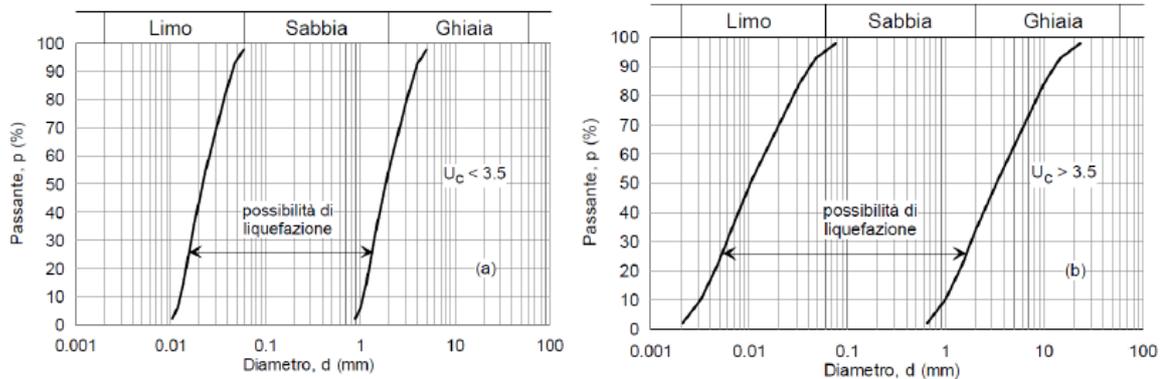


Figura 9-1. Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione NTC08.

10 CONCLUSIONI

Il presente studio ha riguardato l'analisi degli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e litotecnici delle aree interessate dalla realizzazione di due postazioni di perforazione per pozzi geotermici, di una centrale geotermoelettrica e della relativa rete di trasporto dei fluidi nel Comune di Montecatini Val di Cecina (PI) al fine di verificare la compatibilità delle opere con le caratteristiche del territorio.

L'area di intervento si trova in una zona di crinale compresa tra la località Camporciano e Montevignoli ad ovest del centro abitato di Montecatini Val di Cecina. Il settore è caratterizzato da un substrato roccioso costituito dalle unità geologiche afferenti al Dominio Ligure. Le unità arealmente più estese sono quelle della Formazione delle Argille a Palombini e delle Arenarie di Montecatini che formano i versanti nord e sud, dalle quali emergono le unità del Complesso Ofiolitifero del M. Canneto costituite da Diaspri, Basalti, Gabbri e Serpentiniti. I depositi del substrato roccioso sono ricoperti con continuità da depositi detritici di versante e/o depositi di frana con spessore variabile che testimoniano una certa dinamica di versante.

Da un punto di vista geomorfologico l'area si presenta come una alternanza di versanti morbidi dove dominano i depositi più erodibili delle Argille a Palombini e delle Arenarie di Montecatini a cui si alternano rilievi dalla morfologia più marcata (Monte Massi, Poggio La Croce, Monte Pianello) dove affiorano le unità più competenti del Complesso Ofiolitifero. In generale il settore non presenta particolari problematiche da un punto di vista geomorfologico e i depositi di frana riportati negli elaborati della pianificazione territoriale, consultati per questa relazione, sono di tipo quiescente. Si deve comunque sottolineare che la presenza di estesi e spessi depositi detritici dalle scarse o scadenti caratteristiche geotecniche unito all'acclività del versante e all'effetto delle piogge, porta alla formazione di fenomeni di creeping, soliflusso o frane superficiali diffuse lungo tutto il versante.

Da un punto di vista idrogeologico il settore vede la presenza di una rete di piccoli botri e fossi con andamento rettilineo. La natura poco permeabile delle formazioni affioranti nell'area di studio fa sì che le acque piovane inizialmente danno origine ad un ruscellamento diffuso e poi vanno a formare una rete idrica costituita da fossi di erosione ad andamento sub-rettilineo che convogliano le acque nei torrenti principali. In parte le acque superficiali si infiltrano nei terreni di copertura e dove la permeabilità lo permette possono dare origine a piccole falde superficiali di natura stagionale.

Entrando nello specifico di ogni opera, l'area dove sarà realizzata la centrale geotermoelettrica e quella del polo di produzione al momento del sopralluogo risultavano sufficientemente stabili e non erano presenti segni di movimenti in atto o incipienti fatta eccezione per i già menzionati movimenti legati alla coltre detritica superficiale.

L'area di ubicazione del polo di reiniezione risultava stabile, tuttavia la carta geologica e quella geomorfologica riportano la presenza di una frana quiescente che interessa l'area. Il sopralluogo ha in effetti confermato la presenza di tale deposito che tuttavia sembra aver raggiunto un certo equilibrio geostatico. In fase esecutiva dovranno essere eseguite tutta una serie di indagini geognostiche e geofisiche di dettaglio finalizzate alla completa caratterizzazione del corpo di frana in termini di estensione, profondità e caratteristiche geomeccaniche nonché dovrà essere ricostruita la superficie di scivolamento lungo la quale il deposito si è mosso e verificato se il movimento gravitativo interessa solo la copertura detritica o se interessa anche il substrato roccioso. A seguito della risultanza delle indagini saranno effettuate le opportune verifiche di stabilità e scelte le migliori soluzioni progettuali per la stabilizzazione del versante e per la realizzazione delle opere.

Il tracciato della rete di trasporto dei fluidi interessa prevalentemente il versante sud. L'esame della cartografia ufficiale e il sopralluogo hanno permesso di verificare che in generale tutto il versante risulta sufficientemente stabile. Tuttavia la coltre detritica superficiale mostra alcuni segni di piccoli movimenti legati a creeping o soliflusso. Inoltre sono stati evidenziati alcuni corpi di frana che saranno interessati dal passaggio della condotta. Anche in questo caso la situazione geomorfologica dell'area dovrà essere rivista a seguito delle indagini geofisiche e geognostiche di approfondimento che dovranno essere eseguite in fase esecutiva.

Dalla relazione tecnica allegata al progetto, per la realizzazione delle opere sono previsti scavi di profondità di circa 5-6 dal piano campagna, mentre per la rete dei fluidi geotermici di circa 1.5-2.0 m. Durante lo scavo saranno attraversati depositi aventi per lo più caratteristiche geotecniche mediocri o scadenti, pertanto dovrà essere verificata la stabilità degli scavi facendo particolare attenzione all'angolo di scarpa da attribuire ai fronti di scavo. Queste verifiche dovranno essere effettuate utilizzando i risultati

ottenuti da apposite indagini geognostiche da effettuare in fase esecutiva secondo quanto stabilito dalle NTC08.

L'esecuzione degli scavi dovrà essere eseguita in modo da evitare che avvengano dei distacchi lungo il suo fronte, inoltre gli scavi dovranno essere realizzati in modo graduale fino a raggiungere l'angolo di scarpa al fine di garantire le condizioni di sicurezza. In questa fase si deve precisare che la forma dei fronti di scavo potrà essere determinata solo a seguito dei risultati delle indagini geognostiche da prevedere in fase di progetto esecutivo, non è escluso che se i terreni attraversati risultassero avere caratteristiche geotecniche scadenti, dovranno essere previste delle opere di sostegno.

Durante le operazioni di scavo si dovranno adottate le dovute precauzioni al fine di evitare al massimo le infiltrazione di acque meteoriche che possono andare a peggiorare le caratteristiche di resistenza dei materiali e nel caso in cui i cantieri subiscano una o più interruzioni di lunga durata, i fronti di scavo dovranno essere ricoperti mediante teli impermeabili a partire da almeno 2 m dal ciglio esterno del bordo dello scavo, al fine di limitare al massimo l'infiltrazione delle acque meteoriche. Inoltre è buona regola evitare lo stazionamento di macchinari o mezzi pesanti sul bordo degli scavi al fine di non comprometterne la stabilità.

Durante la messa in opera della rete di trasporto dei fluidi di reiniezione, vista la natura granulare dei depositi, sarà opportuno realizzare gli scavi per tratti successivi della minore lunghezza possibile e di predisporre opportune accortezze per allontanare eventuali ristagni di acqua dagli scavi. Un altro accorgimento da prevedere è di operare in modo da ridurre al minimo il tempo tra l'apertura dello scavo e la realizzazione delle opere al fine di evitare il rilassamento delle pareti e/o del fondo degli stessi. Come accennato precedentemente, dovrà essere prestata in fase di progetto esecutivo particolare attenzione per la posa dei tratti in corrispondenza dei depositi di frana. Dovranno essere adottate le migliori e più idonee tecniche di fondazione prevedendo nel caso anche l'ancoraggio della condotta al substrato, nonché prevedere, se necessario, opere ingegneristiche per stabilizzare il versante.

Considerato il fatto che i fenomeni di dissesto superficiali sono originati principalmente dalle acque meteoriche, sarebbe opportuno effettuare il cantiere durante la stagione asciutta, quando le precipitazioni sono modeste e il livello del fiume è minimo. Si suggerisce inoltre di prevedere un adeguato sistema di regimazione delle acque meteoriche in modo da garantire il drenaggio e l'allontanamento delle stesse al fine di evitare l'instaurarsi di forme di ruscellamento libero evitando l'insorgere di fenomeni di erosione superficiale o ristagni.

Le opere in progetto ricadono in aree con vulnerabilità degli acquiferi di grado 2-medio, 3-alto o 4-elevato. Si suggerisce in fase operativa, durante le varie operazioni di realizzazione delle opere, di adottare specifiche cautele per quanto concerne la tutela qualitativa delle acque; sarà pertanto necessario utilizzare macchine in perfetta

efficienza, revisionate ed a norma, in modo da minimizzare i rischi di sversamenti accidentali.

Sulla base di quanto esposto nella presente relazione, le aree studiate possono essere considerate idonee alla realizzazione degli interventi. Tuttavia in fase esecutiva, dovrà essere prevista una campagna di indagini geognostiche finalizzata alla valutazione diretta della stratigrafia e delle caratteristiche geotecniche dei terreni dove andranno ad imporsi le opere. I dati acquisiti serviranno per effettuare le verifiche dei cedimenti e per il calcolo della capacità portante dei terreni, della stabilità dei fronti di scavo e dei versanti, e se necessario per la verifica alla liquefazione. Inoltre, come richiesto dal Decreto del Ministero delle infrastrutture del 14 Gennaio 2008 n 1401, si dovrà effettuare una campagna di indagini geofisiche in modo da definire correttamente lo spessore e la velocità dei litotipi sepolti. A seguito delle indagini geognostiche puntuali si potranno avere anche informazioni circa la presenza e la profondità di eventuali falde.

Infine si raccomanda la gestione delle terre e rocce da scavo a norma di legge: riutilizzo in cantiere o extra-opera come sottoprodotto, previo accertamento dei requisiti necessari e predisposizione del Piano di Utilizzo, o smaltimento presso un impianto autorizzato.