



4.0 QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

4.1 Metodologia di analisi

La metodologia concettuale adottata da Golder per l'analisi degli impatti del Progetto sull'ambiente è coerente con il **modello DPSIR** (Determinanti-Pressioni-Stato-Impatto-Risposta) sviluppato dall'Agenzia Europea dell'Ambiente (AEA). Il modello si basa sull'identificazione dei seguenti elementi:

- **Determinanti:** azioni umane in grado di interferire in modo significativo con l'ambiente in quanto elementi generatori primari delle pressioni ambientali;
- **Pressioni:** forme di interferenza diretta o indiretta prodotte dalle azioni umane sull'ambiente, in grado di influire sulla qualità dell'ambiente;
- **Stato:** insieme delle condizioni che caratterizzano la qualità attuale e/o tendenziale di un determinato comparto ambientale e/o delle sue risorse;
- **Impatto:** cambiamenti che la qualità ambientale subisce a causa delle diverse pressioni generate dai determinanti;
- **Risposte:** azioni antropiche adottate per migliorare lo stato dell'ambiente o per ridurre le pressioni e gli impatti negativi determinati dall'uomo (misure di mitigazione).

La metodologia di analisi applicata è stata sviluppata da Golder sulla base dell'esperienza maturata nel campo della valutazione ambientale. La metodologia è stata progressivamente affinata in seguito alla sua applicazione per la valutazione ambientale di molteplici tipologie progettuali. La versione proposta nel presente SIA costituisce la versione più recente del metodo di analisi e prevede le fasi di seguito descritte.

- **Verifica preliminare dei potenziali impatti:**
 - individuazione delle azioni di progetto (equivalenti ai Determinanti del modello DPSIR) sia per la fase di costruzione che per la successiva fase di esercizio;
 - individuazione delle componenti ambientali potenzialmente oggetto d'impatto da parte dell'intervento in progetto.
- **Valutazione degli impatti:**
 - definizione dello Stato attuale delle differenti componenti ambientali potenzialmente oggetto d'impatto;
 - individuazione dei fattori di impatto (equivalenti alle Pressioni del modello DPSIR) potenzialmente agenti sulle componenti ambientali nelle diverse fasi di progetto;
 - definizione e valutazione, per le fasi di costruzione e di esercizio, dell'Impatto ambientale agente su ogni singola componente considerata a valle delle eventuali misure di mitigazione previste (equivalenti alle Risposte del modello DPSIR).

4.1.1 Verifica preliminare dei potenziali impatti

4.1.1.1 Individuazione delle azioni di progetto

Le **azioni di progetto** in grado di interferire con le componenti ambientali derivano dall'analisi e dalla scomposizione degli interventi previsti per la realizzazione del Progetto, sia per la fase di costruzione che per la successiva fase di esercizio.

Le azioni di progetto corrispondono pertanto alle operazioni legate alla fase di costruzione e/o alla fase di esercizio in grado di alterare lo stato attuale di una o più componenti ambientali.



4.1.1.2 *Individuazione delle componenti ambientali potenzialmente oggetto di impatto*

Dopo aver individuato le azioni di progetto, viene predisposta una apposita matrice di incrocio tra componente ambientale e azioni di progetto, al fine di individuare le componenti ambientali potenzialmente oggetto d'impatto per le fasi di costruzione e di esercizio.

A partire dalla verifica preliminare condotta, si procede con la descrizione delle componenti potenzialmente interferite e con la valutazione degli impatti agenti su di esse secondo la metodologia descritta nei paragrafi seguenti.

4.1.2 **Valutazione degli impatti**

4.1.2.1 *Definizione dello stato delle componenti ambientali potenzialmente oggetto d'impatto*

La definizione dello stato delle singole componenti ambientali potenzialmente oggetto d'impatto è effettuata mediante l'individuazione e la verifica delle caratteristiche salienti delle componenti stesse, analizzando un areale la cui estensione è stata valutata in relazione alle caratteristiche del territorio, alla tipologia della componente potenzialmente interferita, al tipo di intervento in progetto e alle eventuali condizioni di sensibilità e/o di criticità esistenti.

Nel presente studio la definizione dello stato delle singole componenti ambientali è stata effettuata considerando il territorio dall'Impianto e dalle opere connesse.

Sulla base delle potenziali interferenze ambientali determinate dalla realizzazione del Progetto, lo Studio ha approfondito l'analisi in un'areale specifico per le differenti componenti ambientali individuate.

Per la verifica dello stato qualitativo dell'ambiente in cui il Progetto si andrà ad inserire sono considerati i dati disponibili gestiti a cura della Pubblica Amministrazione (Regione, Provincia, Comune, Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente, Enti nazionali), nonché i risultati di studi e indagini eseguiti da soggetti pubblici e/o privati inerenti l'area in esame.

La valutazione complessiva dello stato della componente analizzata è espressa mediante un valore di sensibilità all'impatto che tiene conto sia delle **caratteristiche della componente** sia dell'eventuale presenza dei seguenti **elementi di sensibilità** aventi differente rilevanza¹⁵:

- **atmosfera**: le zone di risanamento e una qualità dell'aria per cui si verifichino superamenti dei limiti normativi;
- **suolo e sottosuolo**: le faglie attive, le zone di rischio vulcanico o a rischio sismico significativo, le zone di subsidenza, i geositi, i corpi di frana attiva/quiescente, le zone/coste in erosione, le zone a rischio di valanga, le zone a rischio di dissesto torrentizio, le zone a rischio di attivazione di conoidi, le cave attive e le cave dismesse non recuperate, le discariche attive e le discariche/ritombamenti abusivi, le aree a lento drenaggio, i siti contaminati;
- **ambiente idrico superficiale**: i corsi d'acqua a carattere torrentizio, i corsi d'acqua con elevato stato di qualità ambientale, i corsi d'acqua molto inquinati, i corsi d'acqua utilizzati per la potabilizzazione, per l'irrigazione e per l'itticoltura, i laghi eutrofizzati o a rischio di eutrofizzazione, i tratti costieri eutrofizzati o a rischio di eutrofizzazione;
- **ambiente idrico sotterraneo**: le falde idriche utilizzate per la produzione di acque potabili o a fini irrigui, le falde che presentano una elevata qualità o una contaminazione, le sorgenti perenni e quelle termali, le fonti idrominerali, i fontanili, le falde profonde, gli acquiferi ad alta vulnerabilità, le zone di ricarica della falda, le zone con falda superficiale o affiorante;

¹⁵ Gli elementi di sensibilità sono tratti dalla pubblicazione ARPA Piemonte "Sostenibilità ambientale dello sviluppo" (2002) e parzialmente rielaborati



- clima acustico: le aree ricadenti in classe I, le aree in cui sono superati i limiti normativi di immissione;
- radiazioni ionizzanti e non ionizzanti: le aree che presentano una fonte di emissione di radiazioni non ionizzanti e/o ionizzanti;
- flora, vegetazione, fauna ed ecosistemi: le specie a maggior vulnerabilità (specie meno comuni/rare in quanto sono le prime a risentire delle alterazioni ambientali, fortemente minacciate, specie importanti a livello della catena trofica, le specie ad elevato interesse economico), le specie endemiche, gli habitat che presentano minori livelli di intervento antropico e che si mantengono più prossimi alle condizioni naturali, gli ecosistemi stabili, i corridoi ecologici, i siti di specifica importanza faunistica, le oasi faunistiche, le zone di ripopolamento e cattura, le aziende faunistico-venatorie, i corsi d'acqua di aree protette ed ecosistemi vulnerabili, le acque salmonicole, i tratti idrici di ripopolamento per l'ittiofauna d'acqua dolce, le zone di ripopolamento ittico-marino, gli impianti di maricoltura e/o molluschicoltura, i biotopi, le aree protette, i SIC, le ZPS, le IPA, le IBA, le RAMSAR, i siti per il birdwatching;
- paesaggio: le aree di maggior pregio dal punto di vista visivo, le aree altamente visibili;
- sistema antropico: le aree ad alta fruizione, la presenza di carichi ambientali.
- salute pubblica: i recettori sensibili, dati epidemiologici rilevanti.

La sensibilità della componente è assegnata secondo la seguente scala relativa:

- **sensibilità trascurabile**: la componente non presenta elementi di sensibilità;
- **sensibilità bassa**: la componente presenta limitati elementi di sensibilità e poco rilevanti;
- **sensibilità media**: la componente presenta molti elementi di sensibilità ma poco rilevanti;
- **sensibilità alta**: la componente presenta rilevanti elementi di sensibilità.

4.1.2.2 Individuazione dei fattori di impatto

Le azioni di progetto possono potenzialmente determinare, nelle differenti fasi esaminate, **fattori di impatto** sull'ambiente, cioè delle potenziali forme di interferenza in grado di influire, positivamente o negativamente, in maniera diretta o indiretta, sullo stato qualitativo dell'ambiente.

Sono pertanto individuati i potenziali **fattori di impatto** agenti su ciascuna componente ambientale nelle fasi di costruzione e di esercizio.

4.1.2.3 Definizione e valutazione dell'impatto ambientale

La **valutazione dell'impatto** sulle singole componenti interferite nelle differenti fasi progettuali considerate è effettuata mediante la costruzione di specifiche **matrici di impatto ambientale** che incrociano lo stato della componente, espresso in termini di sensibilità all'impatto, con i fattori di impatto considerati, quantificati in base a una serie di parametri che ne definiscono le principali caratteristiche in termini di **durata nel tempo** (breve, medio-breve, media, medio-lunga, lunga), **distribuzione temporale** (concentrata, discontinua, continua), **area di influenza** (circoscritta, estesa, globale) e di **rilevanza** (trascurabile, bassa, media, alta).

La quantificazione dei singoli impatti derivanti da ognuno dei fattori agenti sulla componente ambientale è ottenuta attribuendo a ciascuna caratteristica del fattore di impatto una comparazione in relazione alla maggiore entità dell'impatto ad esso correlato.

Le caratteristiche dei fattori di impatto considerate sono di seguito descritte.

La **durata** nel tempo (D) definisce l'arco temporale in cui è presente l'impatto e si distingue in:

- breve, quando l'intervallo di tempo è compreso entro 1 anno;
- medio-breve, quando l'intervallo di tempo è compreso tra 1 e 5 anni;



- media, quando l'intervallo di tempo è compreso tra 5 e 10 anni;
- medio-lunga, quando l'intervallo di tempo è compreso tra 10 e 15 anni;
- lunga, quando l'intervallo di tempo è superiore a 15 anni.

La **distribuzione temporale** (Di) definisce con quale cadenza avviene il potenziale impatto e si distingue in:

- concentrata: se presenta un breve ed unico accadimento;
- discontinua: se presenta un accadimento ripetuto periodicamente o casualmente nel tempo;
- continua: se distribuita uniformemente nel tempo.

L'**area di influenza** (A) coincide con l'area entro la quale il potenziale impatto esercita la sua influenza e si definisce:

- circoscritta: quando l'impatto ricade in un ambito territoriale di estensione variabile non definita a priori, di cui si ha la possibilità di descrivere gli elementi che lo compongono in maniera esaustiva e/o si può definirne il contorno in modo sufficientemente chiaro e preciso;
- estesa: quando l'impatto ricade in un ambito territoriale di estensione variabile non definita a priori, di cui non si ha la possibilità di descrivere gli elementi che lo compongono, in ragione del loro numero e della loro complessità, e/o il cui perimetro o contorno è sfumato e difficilmente identificabile;
- globale: quando l'impatto ha un'area di influenza a scala globale.

La **rilevanza** (Ri) rappresenta l'entità delle modifiche e/o alterazioni sulla componente ambientale causate dal potenziale impatto, quest'ultimo valutato anche come possibile variazione rispetto ad un'eventuale condizione di impatto derivante da attività preesistenti alle azioni di progetto considerate. La rilevanza si distingue in:

- trascurabile: quando l'entità delle alterazioni/modifiche è tale da causare una variazione non rilevabile strumentalmente o percepibile sensorialmente;
- bassa: quando l'entità delle alterazioni/modifiche è tale da causare una variazione rilevabile strumentalmente o sensorialmente percepibile ma circoscritta alla componente direttamente interessata, senza alterare il sistema di equilibri e di relazioni tra le componenti;
- media: quando l'entità delle alterazioni/modifiche è tale da causare una variazione rilevabile sia sulla componente direttamente interessata sia sul sistema di equilibri e di relazioni esistenti tra le diverse componenti;
- alta: quando si verificano modifiche sostanziali tali da comportare alterazioni che determinano la riduzione del valore ambientale della componente.

L'impatto è inoltre valutato tenendo conto della sua reversibilità (reversibile a breve termine, reversibile a medio/lungo termine, irreversibile), della sua probabilità di accadimento (bassa, media, alta, certa) e della sua mitigazione (nulla, bassa, media, alta).

Anche ai suddetti parametri viene attribuito un punteggio, secondo la procedura di calcolo sopra citata, crescente rispettivamente con l'irreversibilità dell'impatto, con l'aumento della probabilità di accadimento e con la diminuzione della mitigazione dell'impatto.

La **reversibilità** (R) indica la possibilità di ripristinare lo stato qualitativo della componente a seguito delle modificazioni intervenute mediante l'intervento dell'uomo e/o tramite la capacità autonoma della componente, in virtù delle proprie caratteristiche di resilienza. Si distingue in:



- reversibile a breve termine: se la componente ambientale ripristina le condizioni originarie in un breve intervallo di tempo;
- reversibile a medio/lungo termine: se il periodo necessario al ripristino delle condizioni originarie è dell'ordine di un ciclo generazionale;
- irreversibile: se non è possibile ripristinare lo stato qualitativo iniziale della componente interessata dall'impatto.

La **probabilità di accadimento** (P) coincide con la probabilità che il potenziale impatto si verifichi, valutata secondo l'esperienza dei valutatori e/o sulla base di dati bibliografici disponibili in:

- bassa: per le situazioni che mostrano una sporadica frequenza di accadimento, la cui evenienza non può essere esclusa, seppur considerata come accadimento occasionale;
- media: per le situazioni che mostrano una bassa frequenza di accadimento;
- alta: per le situazioni che mostrano un'alta frequenza di accadimento;
- certa: per le situazioni che risultano inevitabili.

La **mitigazione** (M) coincide con la possibilità di attenuare il potenziale impatto attraverso opportuni interventi progettuali e/o di gestione. Sono pertanto considerate le seguenti classi di mitigazione:

- alta: quando il potenziale impatto può essere mitigato con buona efficacia;
- media: quando il potenziale impatto può essere mitigato con sufficiente efficacia;
- bassa: quando il potenziale impatto può essere mitigato ma con scarsa efficacia;
- nulla: quando il potenziale impatto non può essere in alcun modo mitigato.

Il valore dell'impatto sulla componente per fattore di impatto è ottenuto dalla relazione di seguito riportata, che lega tutti i parametri sopra descritti, tenuto conto inoltre della **sensibilità** (S) della componente interferita.

L'entità dell'impatto dovuto a ciascun fattore di impatto può variare ed è attribuito distinguendo se lo stesso impatto è da considerare positivo o negativo nei confronti della componente che ne subisce gli effetti, intendendo come positivo una riduzione/mitigazione di impatti negativi già esistenti o potenziali impatti positivi futuri sulla singola componente ambientale.

L'impatto così individuato (negativo o positivo), riferito ad ogni singolo fattore di impatto sulla componente ambientale, è valutato secondo la seguente scala:

- livello 1: impatto complessivo trascurabile;
- livello 2: impatto complessivo basso;
- livello 3: impatto complessivo medio-basso;
- livello 4: impatto complessivo medio;
- livello 5: impatto complessivo medio-alto;
- livello 6: impatto complessivo alto.

Nelle matrici di impatto viene attribuita una colorazione della cella arancione per gli impatti ritenuti negativi e una colorazione verde per quelli positivi.



4.2 Verifica preliminare dei potenziali impatti

L'analisi degli impatti riportata nel presente SIA ha seguito la metodologia sopra descritta.

Lo studio ha pertanto compreso la verifica preliminare dei potenziali impatti individuando le azioni di progetto in grado di interferire con le componenti ambientali nelle fasi di costruzione e di esercizio.

Le azioni di progetto in grado di interferire con le componenti ambientali sono sintetizzabili come segue:

■ Fase di costruzione

- scarificazioni/sbancamenti/scavi;
- trasporto materiali da costruzione/rifiuti;
- stoccaggio terreni di scavo;
- riporto terra/materiale da costruzione;
- costruzione opere civili/impianto;
- approvvigionamento idrico;
- scarichi idrici;
- perforazione pozzi;
- smaltimento rifiuti;
- richiesta di manodopera.

■ Fase di esercizio

- presenza Impianto Pilota;
- funzionamento Impianto Pilota;
- richiesta di manodopera.

A seguito dell'individuazione delle azioni di progetto è stata compilata la matrice di incrocio tra le componenti ambientali e le azioni di progetto individuate.



Tabella 17: Matrice Azioni di progetto-Componenti ambientali

FASI DI PROGETTO	AZIONI PROGETTO/COMPONENTI DI	Atmosfera	Suolo e sottosuolo	Ambiente idrico superficiale	Ambiente idrico sotterraneo	Clima acustico	Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti	Flora, vegetazione, fauna ed ecosistemi	Paesaggio	Sistema antropico	Salute pubblica
Fase di costruzione	scarificazioni/sbancamenti/scavi										
	trasporto materiali da costruzione/rifiuti										
	stoccaggio terreni di scavo										
	riporto terra/materiale da costruzione										
	costruzione opere civili/impianto										
	approvvigionamento idrico										
	scarichi idrici										
	perforazione pozzi										
	smaltimento rifiuti										
	richiesta di manodopera										
Fase di esercizio	presenza Impianto Pilota										
	funzionamento Impianto Pilota										
	richiesta di manodopera										



In base alle risultanze della verifica preliminare condotta, le componenti ambientali ritenute oggetto di potenziale impatto sono tutte quelle indicate, ovvero:

- atmosfera;
- suolo e sottosuolo;
- ambiente idrico superficiale;
- ambiente idrico sotterraneo;
- clima acustico;
- radiazioni ionizzanti e non ionizzanti;
- flora, vegetazione, fauna ed ecosistemi;
- paesaggio;
- sistema antropico;
- salute pubblica.

4.3 Valutazione degli impatti

A partire dalla verifica preliminare condotta, si è proceduto con la valutazione di dettaglio dei potenziali impatti agenti su ciascuna componente ambientale interferita.

Tale analisi comporta:

- la definizione dello stato qualitativo attuale della componente;
- l'individuazione dei fattori di impatto agenti sulla componente nelle fasi di costruzione e di esercizio;
- la valutazione dei conseguenti impatti per le diverse fasi di progetto, distinti in negativi e positivi.

Le correlazioni esistenti tra componente - azioni di progetto – fattori di impatto è riportata nella seguente tabella riassuntiva, che costituisce il riferimento metodologico per i capitoli successivi.

Tabella 18: Matrice di riferimento Componente - Azioni di Progetto - Fattori di Impatto

COMPONENTI	AZIONI DI PROGETTO		FATTORI DI IMPATTO
	FASE DI COSTRUZIONE	FASE DI ESERCIZIO	
ATMOSFERA	scarificazioni/sbancamenti/scavi	-	emissione di polveri emissione di inquinanti atmosferici emissione di gas serra
	trasporto materiali da costruzione/rifiuti		
	stoccaggio terreni di scavo		
	riporto terra/materiale da costruzione		
	costruzione opere civili/impianto		
	perforazione pozzi		



SIA IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTELNUOVO

COMPONENTI	AZIONI DI PROGETTO		FATTORI DI IMPATTO
	FASE DI COSTRUZIONE	FASE DI ESERCIZIO	
	-	funzionamento Impianto Pilota	emissione di gas serra emissione di inquinanti atmosferici
SUOLO E SOTTOSUOLO	scarificazioni/sbancamenti/scavi	-	occupazione di suolo asportazione di suolo/sottosuolo immissione di inquinanti nel suolo/sottosuolo variazione morfologica di versante
	stoccaggio terreni di scavo		
	riporto terra/materiale da costruzione		
	perforazione pozzi		
	-	presenza Impianto Pilota	impermeabilizzazione di suolo prelievo di fluido geotermico immissione di fluido geotermico
	funzionamento Impianto Pilota		
AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE	scarichi idrici	-	immissione di acque in corpi idrici superficiali
	-	scarichi idrici	immissione di acque in corpi idrici superficiali
AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO	scarificazioni/sbancamenti/scavi	-	immissione di inquinanti nel suolo/sottosuolo
CLIMA ACUSTICO	scarificazioni/sbancamenti/scavi	-	emissione di rumore
	trasporto materiali da costruzione/rifiuti		
	riporto terra/materiale da costruzione		
	costruzione opere civili/impianto		
	perforazione pozzi		
	approvvigionamento idrico		
	-	funzionamento Impianto Pilota	emissione di rumore
RADIAZIONI IONIZZANTI E NON IONIZZANTI	perforazione pozzi	-	emissioni da radionuclidi
	-	funzionamento Impianto Pilota	emissioni elettromagnetiche
FLORA, VEGETAZIONE, FAUNA ED ECOSISTEMI	scarificazioni/sbancamenti/scavi	-	emissione di polveri emissione di inquinanti atmosferici asportazione di vegetazione danneggiamento di
	trasporto materiali da costruzione/rifiuti		
	riporto terra/materiale da costruzione		



SIA IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTELNUOVO

COMPONENTI	AZIONI DI PROGETTO		FATTORI DI IMPATTO
	FASE DI COSTRUZIONE	FASE DI ESERCIZIO	
	costruzione opere civili/impianto		vegetazione emissione di rumore emissione luminosa
	perforazione pozzi		
	-	funzionamento Impianto Pilota	impermeabilizzazione di suolo emissione di rumore emissione luminosa
PAESAGGIO	scarificazioni/sbancamenti/scavi	-	variazione morfologica di versante presenza di manufatti e opere artificiali emissione luminosa
	riporto terra/materiale da costruzione		
	perforazione pozzi		
	-	presenza Impianto Pilota	presenza di manufatti e opere artificiali emissione luminosa
SISTEMA ANTROPICO	trasporto materiali da costruzione/rifiuti	-	flussi di traffico presenza di elementi di interferenza con sistema di gestione rifiuti occupazione di manodopera
	approvvigionamento idrico		
	smaltimento rifiuti		
	richiesta di manodopera		
	-	funzionamento Impianto Pilota	produzione di energia da fonte rinnovabile occupazione di manodopera
	richiesta di manodopera		
SALUTE PUBBLICA	scarificazioni/sbancamenti/scavi	-	emissione di polveri emissione di inquinanti atmosferici emissione di rumore
	trasporto materiali da costruzione/rifiuti		
	stoccaggio terreni di scavo		
	riporto terra/materiale da costruzione		
	costruzione opere civili/impianto		
	perforazione pozzi		
	approvvigionamento idrico		
	-	funzionamento Impianto Pilota	emissione di rumore



4.4 Atmosfera

4.4.1 Descrizione della componente

4.4.1.1 Caratterizzazione meteorologica

La caratterizzazione meteorologica dell'area in studio è stata condotta facendo riferimento alle informazioni e ai dati disponibili dell'Osservatorio meteorologico di Castelnuovo di Val di Cecina¹⁶.

Dal punto di vista climatico, il clima di Castelnuovo di Val di Cecina si identifica in quello dell'Alta Val di Cecina, area geografica della Toscana centro-occidentale compresa tra le colline del Volterrano e i rilievi del sistema antiappenninico delle "Colline Metallifere". L'area in esame, pur appartenendo alla regione climatica ligure-tirrenica, manifesta caratteristiche più marcatamente continentali, dovute a una certa distanza dalla costa; presenta anche una maggiore oceanicità, a causa dell'orografia collinare e montuosa. La continentalità si accentua soprattutto nei fondovalle, dove si registrano notevoli escursioni termiche sia giornaliere che annue. Viceversa sulle pendici collinari e montuose non si riscontrano mai notevoli escursioni, anche se le temperature tendono a essere mediamente più basse, con un gradiente termico altimetrico di $-0,65^{\circ}\text{C}$ ogni 100 metri di quota. L'oceanicità è chiaramente più accentuata nelle zone situate a maggior altitudine con un gradiente pluviometrico annuo di circa 100 mm di pioggia ogni 100 metri di quota. Il clima di Castelnuovo, trovandosi a una altitudine di circa 600 metri sul livello del mare e a una distanza significativa dalla costa, è quindi più propriamente di tipo sub-montano. Notevole è comunque l'influenza delle correnti caldo-umide marittime ma, a differenza di altre zone della Toscana riparate dall'Appennino settentrionale, si trova particolarmente esposto ai gelidi venti di grecale e di levante, che provocano in inverno (ma spesso anche in primavera) notevoli abbassamenti termici con temperature diurne non infrequentemente intorno agli 0°C (circa 4 giorni di non disgelo all'anno). Inoltre, le particolari esposizioni, le differenti altitudini e le particolari conformazioni del terreno (fossi, avvallamenti, ecc.) inducono, soprattutto in regime anticiclonico, alla formazione di veri e propri microclimi con differenze sostanziali di temperatura e umidità.

Per la caratterizzazione meteorologica dell'area in esame, sono stati utilizzati i dati relativi alle misure effettuate a partire dal 1992 per i seguenti parametri:

- temperatura;
- precipitazione;
- vento;
- umidità.

Sulla base dei dati consultati, le condizioni meteorologiche medie dell'area in esame possono essere sintetizzate come di seguito riportato.

La temperatura media annua della località relativa al periodo in esame (1992-2014) è risultata di $12,5^{\circ}\text{C}$, con una media in gennaio e febbraio di $4,5^{\circ}\text{C}$ e una in agosto di $21,7^{\circ}\text{C}$ (l'escursione media annua è stata conseguentemente pari a $17,2^{\circ}\text{C}$). Tali temperature medie mensili sono state opportunamente rielaborate, in quanto è stato verificato, nel corso dell'anno 2001, che esse non coincidono con il semplice calcolo delle semisomme delle temperature minime e massime, ma presentano, rispetto al dato così calcolato, uno scarto sempre negativo. Tutte le rilevazioni sono state eseguite fino al luglio 2007 in località Riarnoli, alla quota di 550 m s.l.m., mentre successivamente è entrata in servizio la nuova stazione posta in località il Sorbo, alla quota di 600 m s.l.m. Di seguito i valori dei singoli anni e le relative statistiche, precisando che i dati sono stati normalizzati alla quota della nuova stazione meteo.

¹⁶ Fonte: <http://www.castelnuovometeo.it>



Tabella 19: Temperature medie (1992-2014)

Castelnuovo di Val di Cecina (quota 600 m s.l.m.) : temperature medie a partire dal 1992																																							
anno	Gennaio			Febbraio			Marzo			Aprile			Maggio			Giugno			Luglio			Agosto			Settembre			Ottobre			Novembre			Dicembre			Anno		
	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med
1992	2.7	8.1	5.2	1.7	9.0	5.1	3.4	11.8	7.3	6.2	15.2	10.4	10.4	21.3	15.5	11.8	21.1	16.2	16.1	27.6	21.5	17.3	27.2	22.0	12.4	22.3	17.1	10.1	15.2	12.5	7.3	12.7	9.8	2.0	7.0	4.4	8.4	16.5	12.3
1993	1.2	6.7	3.8	-1.7	7.8	2.8	0.3	10.4	5.0	5.6	14.7	9.9	10.3	20.7	15.2	14.6	24.0	19.0	15.1	24.5	19.5	18.0	26.6	22.0	13.4	20.6	16.8	10.2	15.6	12.7	3.7	9.2	6.3	2.8	8.4	5.5	7.8	15.8	11.5
1994	1.4	7.6	4.3	0.6	7.6	3.9	4.8	14.8	9.5	4.9	12.4	8.4	10.4	19.8	14.8	13.4	23.0	17.9	17.9	28.5	22.9	18.5	28.3	23.1	13.9	21.0	17.2	9.0	16.0	12.3	7.9	12.5	10.1	3.9	8.6	6.1	8.9	16.7	12.5
1995	-1.4	5.3	1.7	2.6	10.0	6.1	1.0	10.0	5.2	4.9	15.1	9.7	11.0	18.4	14.5	13.6	21.2	17.2	18.6	27.4	22.7	16.7	23.6	19.9	11.9	19.6	15.5	10.8	18.4	14.4	5.2	10.9	7.9	2.2	8.1	5.0	8.1	15.7	11.7
1996	3.0	9.0	5.8	-0.6	6.7	2.9	1.9	10.4	5.9	6.6	16.1	11.0	10.0	20.7	15.0	13.7	24.4	18.8	16.1	25.9	20.7	15.4	25.1	20.0	11.3	19.2	15.0	8.8	16.4	12.4	6.4	12.4	9.2	2.4	8.5	5.2	7.9	16.2	11.8
1997	3.2	9.1	6.0	4.0	10.7	7.1	5.0	13.9	9.2	4.3	14.2	9.0	11.5	21.3	16.1	14.8	23.3	18.8	16.3	25.8	20.8	17.2	26.5	21.6	14.7	23.6	18.9	10.4	17.4	13.7	6.5	12.2	9.2	3.8	8.8	6.2	9.3	17.2	13.0
1998	1.8	8.5	4.9	2.7	10.0	6.1	2.5	9.6	5.8	6.6	14.4	10.3	10.6	20.0	15.0	15.1	25.6	20.0	17.2	29.0	22.7	17.7	27.6	22.4	12.9	21.2	16.8	9.9	16.8	13.1	3.4	9.5	6.3	1.3	7.6	4.3	8.5	16.7	12.3
1999	2.2	7.9	4.9	-0.4	6.4	2.8	3.6	11.7	7.4	6.4	14.5	10.2	12.4	20.8	16.3	14.5	24.3	19.1	16.8	26.5	21.4	16.8	26.5	21.4	15.6	23.7	19.4	11.2	18.1	14.4	4.6	10.7	7.4	1.7	7.8	4.6	8.8	16.6	12.4
2000	0.9	7.1	3.8	2.0	10.0	5.8	3.8	11.8	7.6	7.5	15.3	11.2	12.5	20.9	16.4	15.8	25.0	20.1	15.8	25.2	20.2	18.4	28.7	23.2	13.8	23.0	18.1	11.1	17.0	13.9	7.3	12.7	9.8	5.5	10.4	7.8	9.5	17.3	13.2
2001	3.0	7.5	4.8	2.0	8.8	5.1	7.2	13.4	9.8	5.7	12.8	9.0	12.0	19.9	15.6	13.7	24.0	18.9	17.1	26.8	21.9	18.5	28.7	23.6	11.3	19.3	15.3	13.1	19.5	16.3	5.7	11.3	8.5	0.3	5.9	3.1	9.1	16.5	12.7
2002	0.0	5.9	2.6	4.0	10.4	6.7	5.1	14.0	9.0	7.0	15.2	10.3	10.6	19.5	14.6	16.0	25.9	20.6	16.4	25.9	20.4	15.9	24.8	19.5	12.7	19.6	15.5	8.1	13.6	13.4	8.5	13.1	10.7	4.3	8.1	6.0	9.1	16.3	12.4
2003	1.2	6.0	3.4	-2.3	5.1	1.0	3.6	12.3	7.5	5.8	14.1	9.6	13.2	22.6	17.4	18.3	28.3	23.0	16.8	29.0	23.4	20.3	30.8	24.9	13.3	22.3	17.2	9.1	15.3	12.3	7.4	12.5	9.8	3.4	8.4	5.8	9.3	17.2	12.9
2004	1.2	6.5	3.6	3.2	8.4	5.4	3.6	10.3	6.4	6.7	14.5	10.1	9.5	17.5	12.9	15.0	24.3	19.1	16.9	27.5	21.5	17.2	27.0	21.2	14.0	23.4	18.0	12.4	19.2	15.1	6.4	12.5	9.1	4.7	9.5	6.6	9.2	16.7	12.4
2005	0.9	5.8	3.1	-0.8	4.9	1.7	3.4	11.0	6.8	5.8	14.4	9.6	12.2	21.5	16.4	15.3	24.5	19.7	16.8	27.3	21.5	15.3	24.7	19.5	13.5	21.2	16.7	10.5	16.4	12.9	5.5	10.8	7.9	1.7	6.0	3.8	8.3	15.7	11.6
2006	0.5	5.3	2.7	2.1	7.8	4.7	3.5	9.4	6.4	7.8	16.0	11.6	10.7	19.9	15.3	14.7	24.0	19.3	19.0	29.4	23.9	15.7	24.3	19.6	14.8	23.4	18.6	11.6	18.9	14.7	7.9	13.2	10.5	5.2	9.9	7.4	9.5	16.8	12.9
2007	5.5	10.5	7.8	5.1	11.1	7.7	5.4	12.2	8.4	9.9	19.6	14.3	11.9	21.3	16.1	15.0	23.8	19.0	17.3	28.1	22.3	16.9	25.6	20.7	13.2	21.5	16.8	10.2	16.4	12.9	4.6	10.6	7.5	2.3	7.5	4.7	9.8	17.4	13.2
2008	3.9	9.0	6.4	2.3	9.0	5.3	3.8	10.7	6.9	6.9	15.0	10.6	11.7	19.5	15.2	14.9	23.4	18.8	15.7	26.9	21.2	16.4	28.0	22.0	11.9	20.9	16.0	10.8	18.3	14.3	6.2	11.6	8.7	3.0	7.5	5.1	9.0	16.6	12.5
2009	1.9	6.7	4.2	1.4	7.0	4.1	4.4	11.3	7.5	7.8	15.6	11.4	12.6	22.6	17.4	14.3	23.0	18.5	17.1	27.4	22.0	18.8	29.3	23.4	14.3	22.8	18.0	8.6	16.5	12.1	6.6	13.2	9.9	2.3	7.9	5.2	9.2	16.9	12.8
2010	0.1	5.8	3.1	2.3	7.5	4.6	3.1	9.9	6.3	6.1	15.7	10.6	8.9	17.7	13.4	12.5	23.2	17.9	16.9	28.9	22.8	15.0	26.7	20.6	12.4	21.9	16.7	9.0	15.2	11.8	6.3	11.3	8.6	1.8	7.0	4.6	7.9	15.9	11.7
2011	2.2	7.4	4.6	2.2	8.9	5.0	3.0	11.0	6.6	7.4	17.8	12.5	10.3	22.5	16.3	14.2	24.8	19.0	15.0	25.5	19.9	17.2	28.9	22.8	15.2	25.7	20.0	9.0	18.3	13.3	6.5	13.1	9.5	4.8	9.9	7.2	8.9	17.8	13.1
2012	2.4	8.3	5.2	-2.3	3.8	0.5	6.6	15.5	10.6	7.3	15.2	10.8	9.4	19.2	14.1	15.0	26.4	20.6	16.5	29.1	22.7	18.4	31.1	24.3	13.9	21.9	17.7	10.3	18.1	13.7	7.4	12.8	9.9	2.1	7.9	5.1	8.9	17.4	13.0
2013	1.9	7.6	4.9	-0.2	6.3	2.8	4.0	10.7	7.0	7.3	17.1	11.9	8.8	17.6	12.9	12.0	22.8	17.3	16.4	27.9	21.9	16.4	28.0	21.9	13.4	23.1	17.8	12.1	18.2	14.9	5.9	11.1	8.4	3.1	9.9	6.4	8.4	16.7	12.3
2014	3.8	9.3	6.6	4.8	10.5	7.6	4.1	12.7	8.1	7.0	15.9	11.1	8.5	18.8	13.6	13.6	24.8	19.0	14.5	24.6	19.3	15.0	25.2	19.7	12.7	22.0	16.9	11.4	18.9	14.7	9.3	14.6	11.8	3.8	9.3	6.6	9.0	17.2	12.9
media	1.9	7.4	4.5	1.5	8.2	4.6	3.8	11.7	7.4	6.6	15.3	10.6	10.8	20.2	15.2	14.4	24.1	19.0	16.7	27.2	21.6	17.1	27.1	21.7	13.3	21.9	17.2	10.3	17.1	13.6	6.4	11.9	9.0	3.0	8.3	5.5	8.8	16.7	12.5
min	-1.4	5.3	1.7	-2.3	3.8	0.5	0.3	9.4	5.0	4.3	12.4	8.4	8.5	17.5	12.9	11.8	21.1	16.2	14.5	24.5	19.3	15.0	23.6	19.5	11.3	19.2	15.0	8.1	13.6	11.8	3.4	9.2	6.3	0.3	5.9	3.1	7.8	15.7	11.5
max	5.5	10.5	7.8	5.1	11.1	7.7	7.2	15.5	10.6	9.9	19.6	14.3	13.2	22.6	17.4	18.3	28.3	23.0	19.0	29.4	23.9	20.3	31.1	24.9	15.6	25.7	20.0	13.1	19.5	16.3	9.3	14.6	11.8	5.5	10.4	7.8	9.8	17.8	13.2
mediana	1.9	7.5	4.6	2.0	8.4	5.0	3.6	11.3	7.3	6.6	15.2	10.4	10.6	20.0	15.2	14.6	24.0	19.0	16.8	27.4	21.5	17.2	27.0	21.9	13.4	21.9	17.1	10.3	17.0	13.4	6.4	12.4	9.2	2.8	8.1	5.2	8.9	16.7	12.5
d. std	±1.5	±1.4	±1.4	±2.1	±2.0	±2.0	±1.6	±1.7	±1.5	±1.2	±1.5	±1.3	±1.3	±1.5	±1.3	±1.4	±1.6	±1.4	±1.1	±1.5	±1.2	±1.4	±2.0	±1.6	±1.2	±1.6	±1.3	±1.3	±1.5	±1.2	±1.5	±1.3	±1.4	±1.3	±1.2	±1.2	±0.6	±0.6	±0.5

Osservando l'andamento della temperatura media annua, si può notare un periodo più freddo che inizia con i primi anni '90 e si conclude nel 1997 (temperatura media annua pari a 12,0°C), seguito da un periodo più caldo attualmente ancora in atto (temperatura media annua pari a 12,6°C), anche se il 2005 ed il 2010 sono risultati più freddi della media; l'incremento totale del periodo è stato di 0,7°C, come si può osservare dal grafico sottostante.

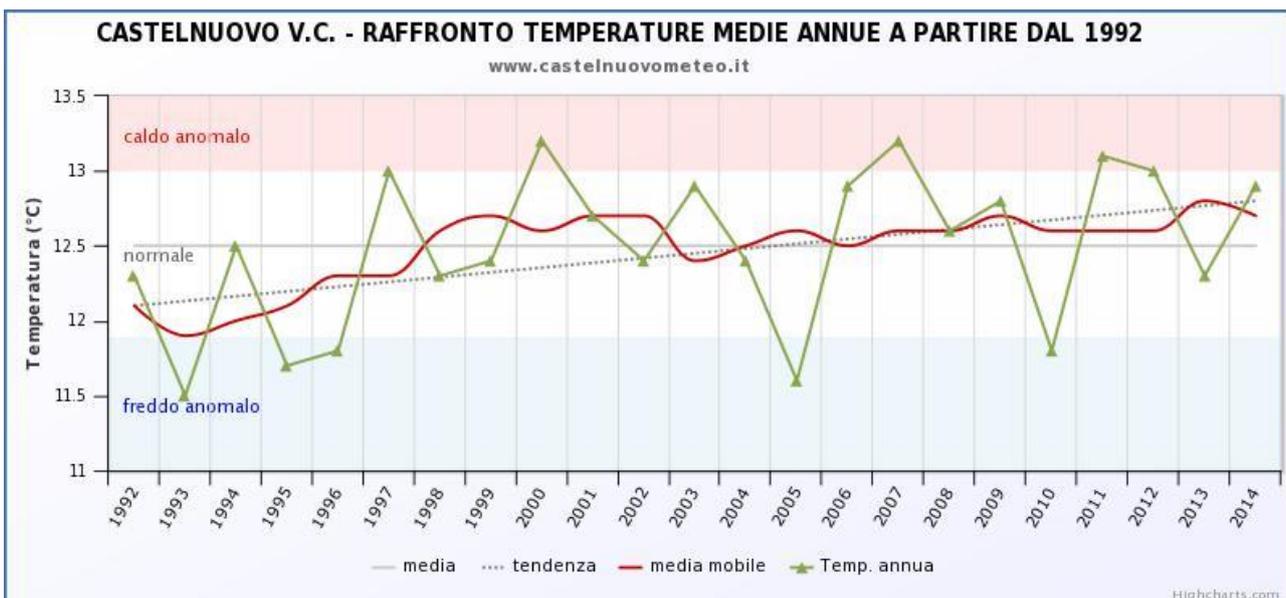


Figura 39: Grafico di raffronto delle temperature medie annue (1992-2014)

Per quanto riguarda la piovosità sono disponibili in maniera completa solo le rilevazioni a partire dal 1999. Le precipitazioni medie annue, dal 1999 al 2014, sono risultate pari a 1.148 mm, notevolmente



superiori rispetto alle vicine zone costiere e di pianura e questo a causa della presenza del sistema montuoso delle Cornate (a sud-est) e dell'Aia dei Diavoli (a ovest). Il mese più siccitoso, che dovrebbe essere luglio, nel periodo 1999-2002 è stato agosto (fa eccezione l'agosto 2002, di nuovo fresco e piovoso), mentre quello più piovoso novembre.

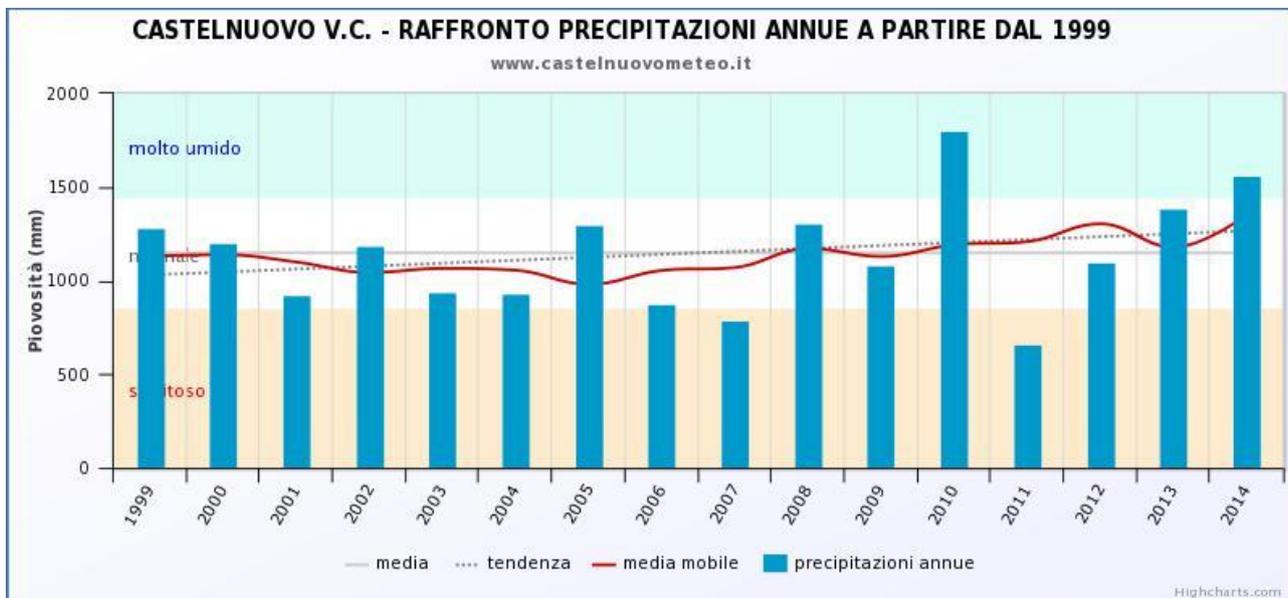


Figura 40: Grafico di raffronto delle precipitazioni medie annue (1992-2014)

Di seguito è invece riportata la rosa dei venti relativa alla stazione del Sorbo (anemometro installato a 3 m dal suolo). In questo diagramma sono evidenziabili le frequenze percentuali delle varie velocità del vento medie giornaliere ripartite per ogni provenienza, misurate a partire dal 2008.

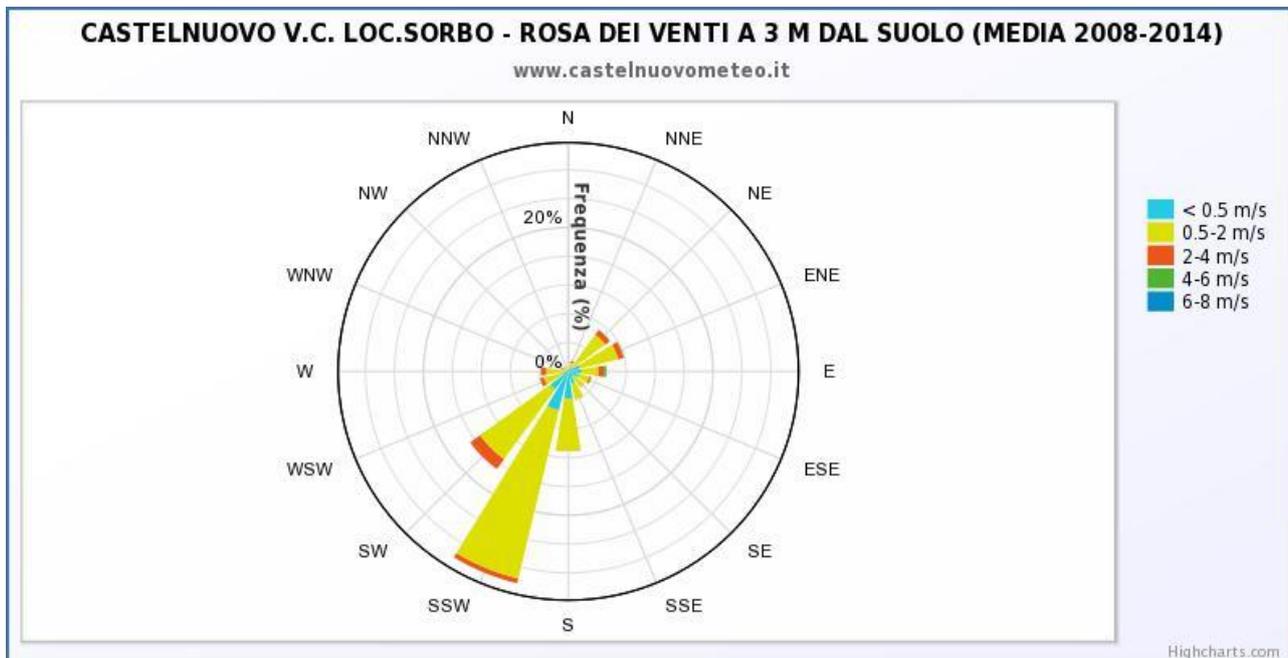


Figura 41: Rosa dei venti

Osservando la rosa dei venti sopra riportata i principali risultano essere quelli di provenienza sud-sud-occidentale; bisogna tenere conto del fatto che questi venti coincidono spesso con le brezze marittime occidentali che caratterizzano il regime anticiclonico estivo ma che, a causa dell'ostacolo orografico del



poggio di Castelnuovo, tendono ad essere deviati da sud-ovest. Altri venti molto frequenti sono quelli provenienti dai settori orientali, che spirano con una certa continuità soprattutto nel periodo autunno/inverno. Meno frequenti sono i venti meridionali (ostro e scirocco) che precedono talvolta le perturbazioni atlantiche. I venti di provenienza nord-occidentale e settentrionale sono invece alquanto rari. Anche le calme sono sporadiche e generalmente si verificano solo nella stagione fredda. Per quanto riguarda l'intensità del vento, è stata misurata una velocità media pari a 1,1 m/s.

Infine, nella tabella sottostante, sono riportati i valori medi mensili di umidità rilevati a partire dal 2001.

Tabella 20: Valori medi umidità (2001-2014)

UR %	gen.	feb.	mar.	apr.	mag.	giu.	lug.	ago.	set.	ott.	nov.	dic.	anno
min.	63	58	53	52	49	44	42	36	49	62	67	63	54
max.	95	90	85	84	81	80	80	76	89	94	99	95	88
media	79	74	71	68	65	62	59	60	69	79	81	79	71

I valori di umidità relativa minima, coincidono con quelli pomeridiani, mentre i massimi con quelli notturni. I mesi più umidi sono quelli autunnali-invernali, con massimo in novembre, dicembre e gennaio, che non per niente sono anche i mesi più piovosi. Si notano i bassi tassi di umidità pomeridiana estiva, per cui il caldo che si può soffrire a Castelnuovo in estate è quasi sempre di tipo torrido, con i valori di indice di calore generalmente uguali o inferiori alle temperature massime.

4.4.1.2 Qualità dell'aria

La caratterizzazione della qualità dell'aria nel territorio interessato dal progetto (Comune di Castelnuovo Val di Cecina) è stata effettuata considerando la zonizzazione e la classificazione del territorio regionale in materia di qualità dell'aria ai sensi della L.R. 9/2010 e del D.Lgs. 155/2010, approvate con Deliberazione della Giunta Regionale Toscana n. 1025 del 6/12/2010.

La suddivisione del territorio regionale proposta ai fini della protezione della salute umana (Allegato 1 della D.G.R. 1025/2010), secondo i criteri stabiliti dal D. Lgs. 155/2010, si compone di due distinte zonizzazioni:

- zonizzazione per gli inquinanti di cui all'allegato V del D.Lgs. 155/2010, quali biossido di zolfo, biossido di azoto, particolato (PM₁₀ e PM_{2,5}), piombo, benzene, monossido di carbonio, arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene: ai fini di tale zonizzazione il territorio regionale è stato suddiviso nell'Agglomerato di Firenze e in cinque zone (Prato-Pistoia, Costiera, Valdarno pisano e Piana lucchese, Valdarno aretino e Valdichiana, Collinare montana). Il comune di Castelnuovo Val di Cecina ricade nella Zona collinare montana (Figura 42);
- zonizzazione per l'ozono di cui all'Allegato IX del D. Lgs. 155/2010: ai fini di questa zonizzazione il territorio regionale è stato suddiviso in tre zone (Pianure interne, Pianure costiere, Collinare montana) ed anche in questo caso il territorio comunale di Castelnuovo Val di Cecina ricade nella Zona collinare montana (Figura 43).

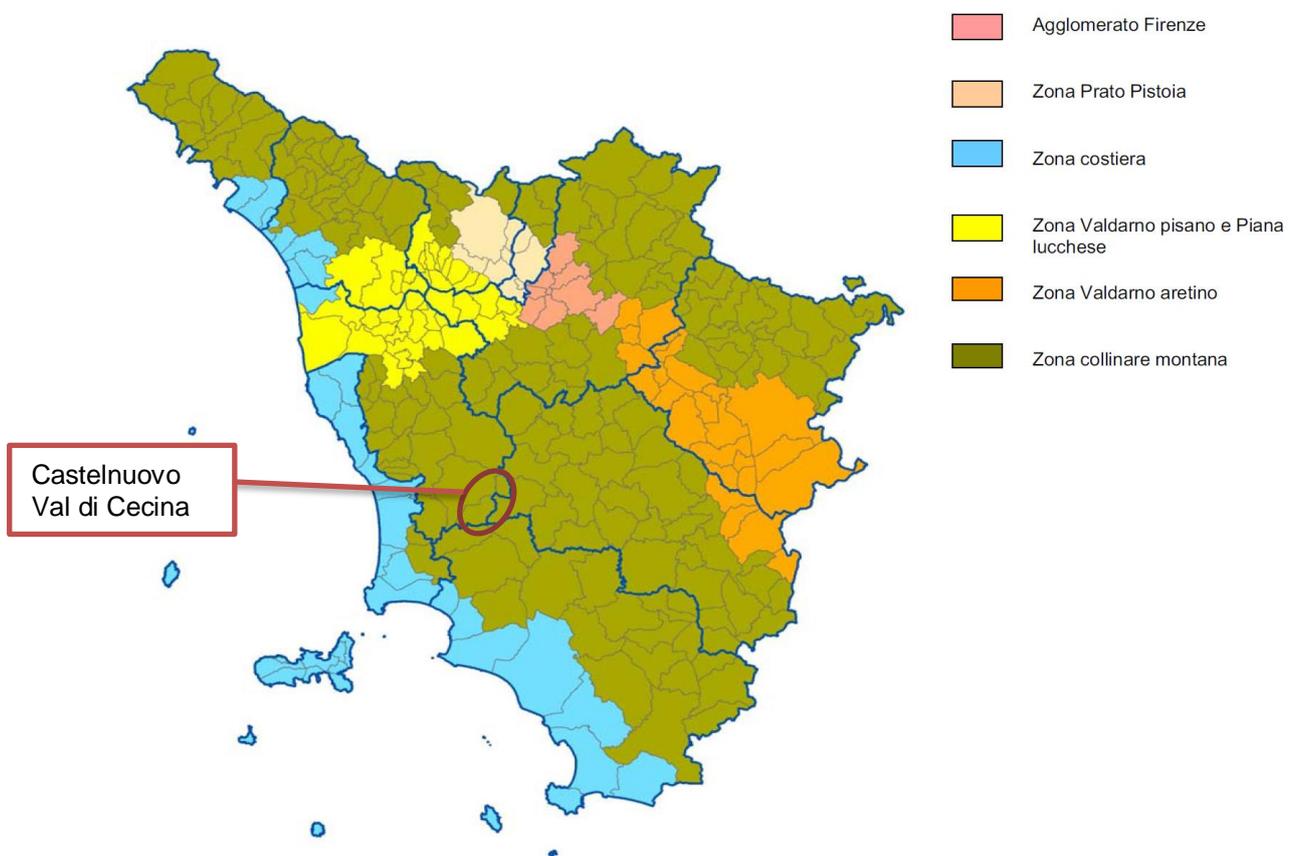


Figura 42: Zonizzazione per gli inquinanti di cui all'Allegato V del D. Lgs. 155/2010 (fonte: D.G.R. 1025/2010)

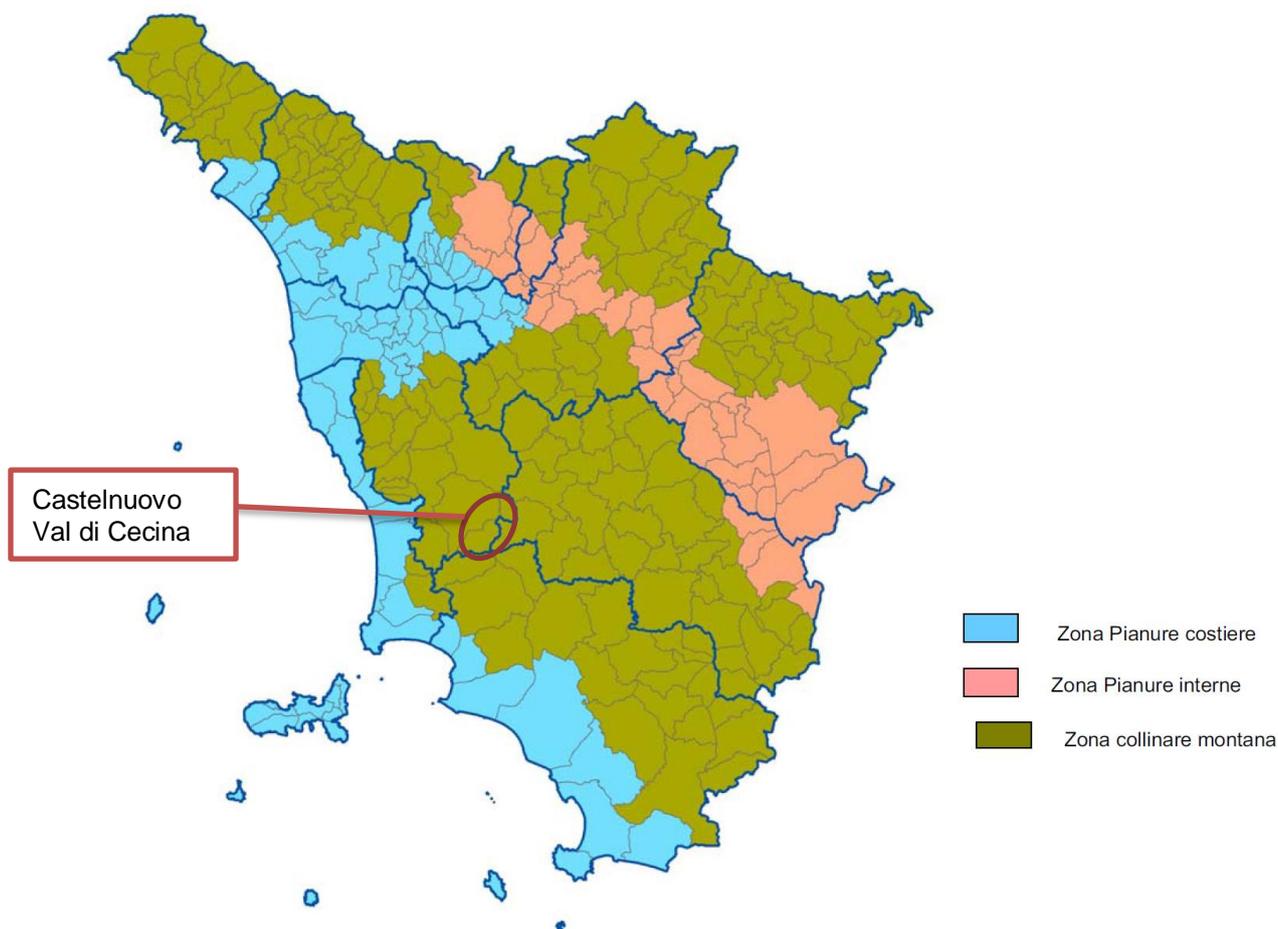


Figura 43: Zonizzazione per l'ozono (fonte: D.G.R. 1025/2010)

La zona collinare montana, coprente una superficie superiore ai 2/3 del territorio regionale, presenta, oltre al dato orografico, elementi caratterizzanti quali presenza di modeste pressioni sul territorio, bassa densità abitativa, bassa pressione emissiva (generalmente inferiori a quelle delle altre zone urbanizzate) e comunque concentrata in centri abitati di piccola e media grandezza ed in alcune limitate aree industriali. In questa zona si distingue un capoluogo toscano (Siena) e le due aree geotermiche del Monte Amiata e delle Colline Metallifere che presentano caratteristiche di disomogeneità rispetto al resto dell'area. Nelle aree geotermiche risulta opportuno il monitoraggio di alcuni inquinanti specifici come l'arsenico, il mercurio e l' H_2S .

La zona collinare montana è caratterizzata da concentrazioni degli inquinanti di cui all'Allegato V del D. Lgs. 155/2010 inferiori alla relativa soglia di valutazione inferiore (SVI) e concentrazioni di ozono superiori all'obiettivo a lungo termine (OLT) per la protezione della salute umana.

Sulla base dei risultati del monitoraggio della qualità dell'aria degli ultimi cinque anni, la D.G.R. 1025/2010 ha individuato i Comuni che hanno presentato negli ultimi cinque anni almeno un superamento del valore limite per le sostanze inquinanti rilevate e che sono pertanto tenuti all'elaborazione ed all'adozione del Piano di Azione Comunale (PAC) di cui all'art. 12 comma 1, lettera a, della L.R. 9/2010 (Tabella 21).



Tabella 21: L.R. 9/2010, art. 12, comma 1 - Individuazione dei Comuni tenuti all'adozione del PAC ai sensi dell'art. 12, comma 2, lettera a) (fonte: D.G.R. 1025/2010)

Comune	Sostanze inquinanti						
	PM ₁₀ (1)	PM _{2,5} (1)	NO ₂ (2)	SO ₂	CO	Benzene (2)	Pb
Agglomerato di Firenze (Bagno a Ripoli, Calenzano Campi Bisenzio, Firenze, Lastra a Signa, Scandicci, Sesto Fiorentino, Signa)	X		X				
Capannori	X		X				
Arezzo			X				
Carrara			X				
Cascina	X		X				
Empoli			X				
Grosseto			X				
Livorno	X		X				
Lucca	X						
Massa	X						
Montecatini Terme	X						
Montale	X						
Montemurlo			X				
Piombino			X				
Pisa	X		X				
Pistoia	X						
Porcari	X		X				
Poggibonsi			X				
Pontedera			X				
Prato	X		X				
Rosignano M.mo	X						
S.Croce sull'Arno	X						
Siena			X				
Viareggio	X		X				

(1) stazioni appartenenti alle reti regionali DGR 337/06 e 21/08;

(2) valutazione rispetto al valore limite entrato in vigore il 01.01.2010;

Come si evince dalla soprastante tabella, il comune di Castelnuovo Val di Cecina non è incluso nell'elenco dei comuni che hanno presentato negli ultimi cinque anni superamenti del valore limite per le sostanze inquinanti rilevate e non risulta quindi tenuto all'elaborazione e adozione del PAC.

Con riferimento alla rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria, nella tabella seguente sono riportate le stazioni di misura e la relativa dotazione strumentale. Nella zona collinare montana sono presenti una stazione in provincia di Arezzo, due in provincia di Siena ed una stazione in Provincia di Pisa, denominata Montecerboli e ubicata alla periferia del centro abitato di Montecerboli, nel comune di Pomarance: si tratta di una stazione suburbana, ovvero inserita in aree in cui sono presenti sia zone edificate, sia zone non urbanizzate, di fondo/industriale in cui sono misurate polveri (PM₁₀), NO₂, SO₂, H₂S e O₃. E' inoltre prevista l'attivazione del monitoraggio del mercurio.



Tabella 22: Rete regionale delle stazioni di misura degli inquinanti Allegato V e Allegato IX del D.Lgs. 155/2010 e relativa dotazione strumentale (fonte: ARPAT¹⁷)

Zonizzazione inq. All V	Class.		Provincia	Comune	Denominazione	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO ₂	SO ₂	CO	Benzene	IPA	As	Ni	Cd	Pb	O ₃	Class	Zonizzazione O ₃
	Zona	Stazione																	
Agglomerato Firenze	U	F	FI	Firenze	FI-Boboli	X													
	U	F	FI	Firenze	FI-Bassi	X	X	X	X		X	X							
	U	T	FI	Firenze	FI-Gramsci	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X			
	U	T	FI	Firenze	FI-Mosse	X		X											
	U	F	FI	Scandicci	FI-Scandicci	X		X											
	U	F	FI	Siana	FI-Siana	X		X										X	U
Zona Prato Pistoia	S	F	FI	Firenze	FI-Settignano			X									X	S	
	U	F	PO	Prato	PO-Roma	X	X	X			X	X							
	U	T	PO	Prato	PO-Ferrucci	X	X	X		X									
	U	F	PT	Pistoia	PT-Signorelli	X		X											
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	S	F	PT	Montale	PT-Montale	X	X	X									X	S	
	U	F	AR	Arezzo	AR-Acropoli	X	X	X									X	S	
Zona costiera	U	T	AR	Arezzo	AR-Repubblica	X		X		X									
	U	F	GR	Grosseto	GR-URSS	X	X	X											
	U	T	GR	Grosseto	GR-Sonnino (2)	X		X											
	R	F	GR	Grosseto	GR-Maremma			X									X	R	
Zona delle Pianure interne	U	F	LI	Livorno	LI-Cappiello	X	X	X											
	U	F/I	LI	Livorno	LI-Via La Pira (1)	X		X	X		X	X	X	X	X				
	U	T	LI	Livorno	LI-Carducci	X	X	X		X									
	U	F	LI	Piombino	LI-Parco 8 Marzo (1)	X		X			X	X	X	X	X				
	s	I	LI	Piombino	LI-Cotone	X		X		X	X	X							
	U	F	MS	Carrara	MS-Colombarotto	X		X											
Zona delle Pianure costiere	U	T	MS	Massa	MS-Marina vecchia (2)	X	X	X											
	U	F	LU	Viareggio	LU-Viareggio	X	X	X											
	U	F	LU	Capannori	LU-Capannori	X	X	X	X										
	U	F	LU	Lucca	LU-San Concordio (2)	X		X			X	X							
	U	T	LU	Lucca	LU-Micheletto	x		x											
	R	F	LU	Lucca	LU-Carignano			X									X	S	
Zona Collinare Montana	U	F	PI	Pisa	PI-Passi	X	X	X									X	S	
	U	T	PI	Pisa	PI-Borahetto	X	X	X		X									
	S	F/I	PI	Santa Croce	PI-Santa Croce Coop (3)	X		X	X								X	S	
	U	F	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	X	X	X											
	U	T	SI	Siena	SI-Bracci (1)	X		X		X									
	S	F/I	PI	Pomarance	PI-Montecerboli (3)	X		X	X				X				X	S	
R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	X		X									X	R		

Legenda: F - Fondo, T - Traffico, I - Industriale, U - Urbana, S - Suburbana, R - Rurale, R reg - Rurale fondo regionale.

(1) stazione attivata nel corso del 2014, serie non valide

(2) stazione non ancora attiva nel 2014, serie non valide

(3) stazione con misura di H₂S

X = parametro attivo per tutto il 2014

X = parametro attivato nel corso del 2014, serie non valida

x = parametro da attivare

Nel seguito si riportano i risultati del monitoraggio condotto negli ultimi anni presso la stazione di Montecerboli, distante circa 6.7 km dall'area di Progetto.

¹⁷ ARPAT – Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana – Anno 2014



PM₁₀: si evidenzia un trend di diminuzione del numero di superamenti del limite giornaliero (pari a 50 µg/m³, da non superare più di 35 volte per anno civile), in particolare, dal 2009 e con l'unica eccezione del 2012, non sono stati rilevati superamenti. Anche per la concentrazione media annuale sono stati registrati valori medi inferiori all'anno precedente in tutti gli anni in esame si evidenzia il rispetto del valore limite annuale (pari a 40 µg/m³).

Tabella 23: PM₁₀ - Numero superamenti valore limite giornaliero 2007 ÷ 2014 (fonte: ARPAT¹⁷)

Zona	Class. Zona	Class. Stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	N° superamenti media giornaliera di 50 µg/m ³							
						V.L. = 35 gg/anno							
						2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Zona Collinare e montana	U	F	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	20	0	1	1
	S	F/I	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	3	1	0	0	0	1	0	0
	R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0	1	0	0	0	1	*	4

Tabella 24: PM10 – Medie annuali 2007 ÷ 2014 (fonte: ARPAT¹⁷)

Zona	Class. Zona	Class. Stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Medie annuali							
						V.L. = 40 µg/m ³							
						2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Zona Collinare e montana	U	F	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	29	22	18	18
	S	F/I	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	17	15	15	13	15	14	10	8
	R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	12	12	11	10	13	13	*	11
Media rete regionale 2014													22

* efficienza minore del 90%
- parametro non attivo

NO₂: dall'analisi del numero delle medie orarie con concentrazione superiore al valore limite (pari a 200 µg/m³, da non superare più di 18 volte per anno civile) si evince che nel 2013 e 2014 presso la stazione di Montecerboli non sono occorsi superamenti. Le medie annuali rilevate nei medesimi anni sono risultate ampiamente al di sotto del relativo limite annuale (pari a 40 µg/m³).

Tabella 25: NO₂ - Numero superamenti valore limite giornaliero 2013 (fonte: ARPAT¹⁸)

Zona	Nome stazione	Tipologia	N° massime medie orarie > 200 µg/m ³
Zona collinare e montana	AR-Casa Stabbi	Rurale fondo	0
	PI-Montecerboli	Periferica fondo	0
	SI-Poggibonsi	Urbana Fondo	0

¹⁸ ARPAT – Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana – Anno 2013



Tabella 26: NO₂ - Numero superamenti valore limite giornaliero 2014 (fonte: ARPAT¹⁷)

Zona	Class. Zona	Class. Stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	N° medie orarie > 200 µg/m ³
Zona collinare e montana	U	F	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	0
	S	F/I	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0
	R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0

Tabella 27: NO₂ – Medie annuali 2007 ÷ 2014 (fonte: ARPAT¹⁷)

Zona	Class. Zona	Class. Stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Medie annuali							
						V.L. = 40 µg/m ³							
						2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Zona Collinare e montana	S	F/I	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	-	-	-	-	-	*	5	9
	U	F	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	21	19	20	18
	R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	6	7	7	6	5	5	3	2
Media rete regionale 2014													23

* efficienza minore del 90%

- parametro non attivo

H₂S: per tale parametro la normativa europea e quella nazionale non stabiliscono valori limite, soglie di allarme e/o valori obiettivo di qualità dell'aria. Tuttavia si può fare riferimento ai valori indicati dalla OMS-WHO riportati nella tabella sottostante.

Tabella 28: H₂S – Valori di riferimento indicati dalla OMS-WHO

Riferimento WHO Guidelines (2000) per la tutela della salute	Media giornaliera di 150 µg/m ³
Riferimento WHO Guidelines (1999) come soglia olfattiva in corrispondenza della quale quasi la totalità dei soggetti ha percezione dell'odore	7 µg/m ³

Confrontando le medie massime giornaliere registrate presso la stazione di Montecerboli negli anni 2007÷2014 con il valore proposto dall'OMS-WHO, queste risultano sempre ampiamente inferiori (Tabella 30), pur presentando picchi ben superiori alla soglia olfattiva (pari a 7 µg/m³) (Tabella 31) e percentuali significative di valori orari superiori alla soglia olfattiva (Figura 44). Tale dato indica che la popolazione della zona rappresentata dalla stazione di Montecerboli è stata sottoposta, dal 2007 ad oggi, a disagi di tipo olfattivo per una percentuale di tempo sempre superiore al 25%.



Tabella 29: H₂S – Medie annuali 2007 ÷ 2014 (fonte: ARPAT¹⁷)

Zona	Class. Zona	Class. stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)							
						2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Zona collinare e montana	S	FI	Pisa	Pomarance	PI-Montecerboli	12	8	5	6	5	6	6	7

Tabella 30: H₂S – Medie massime giornaliere 2007 ÷ 2014 (fonte: ARPAT¹⁷)

Zona	Class. Zona	Class. stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Massima media giornaliera (µg/m ³)							
						2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Zona collinare e montana	S	FI	Pisa	Pomarance	PI-Montecerboli	68	32	24	41	47	26	47	36

Tabella 31: H₂S – Massime medie orarie 2007 ÷ 2014 (fonte: ARPAT¹⁷)

Zona	Class. Zona	Class. stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Massima media oraria (µg/m ³)							
						2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Zona collinare e montana	S	FI	Pisa	Pomarance	PI-Montecerboli	203	136	66	157	225	146	205	111

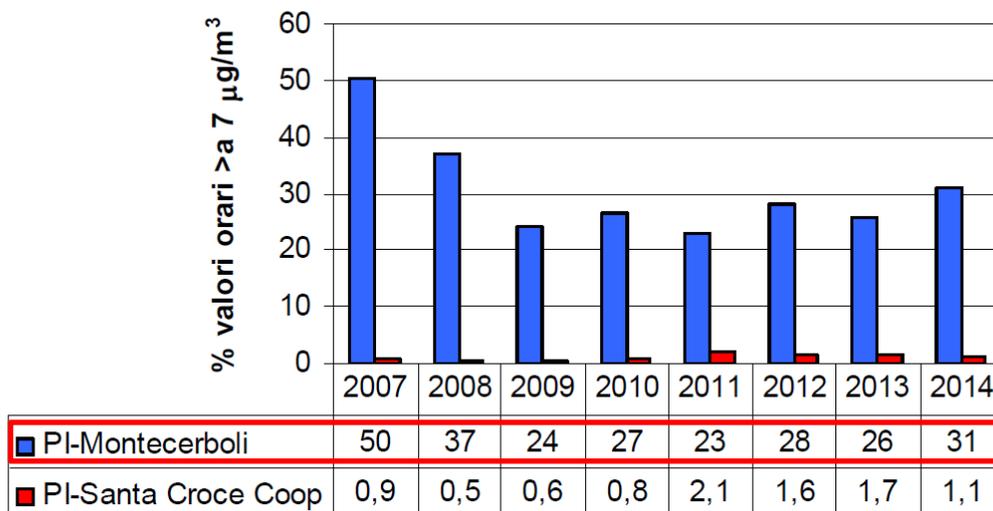


Figura 44: H₂S - Percentuali orarie con valori sopra la soglia olfattiva 2007-2014 (fonte: ARPAT¹⁷)

Ozono: per tale inquinante la normativa indica un valore obiettivo per la protezione della salute umana, rappresentato dal numero delle medie massime giornaliere di 8 ore superiori a 120 µg/m³, come media dei valori degli ultimi tre anni (con limite di 25 superamenti), ed un valore obiettivo per la protezione della vegetazione (AOT40) pari a 18.000 µg/m³h (come media dei valori degli ultimi cinque anni) rappresentato



dalla somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tra maggio e luglio, rilevate ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00. Con riferimento ai dati rilevati presso la stazione di Pomarance, appare evidente il superamento di entrambi i limiti dal 2007 al 2014 e la presenza, in entrambi i casi, di un andamento crescente. Risulta pertanto confermata la criticità per questo inquinante, situazione peraltro rilevata presso la gran parte delle stazioni di rilevamento della rete regionale.

Tabella 32: O₃ – Valore obiettivo per la protezione della salute umana 2007 ÷ 2014 (fonte: ARPAT¹⁷)

Zona	Classificazione zona	Provincia	Comune	Nome stazione	N° medie su 8 ore massime giornaliere >120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
					Valore obiettivo per la protezione della salute umana limite 25 superamenti come media di tre anni					
					media 2007-2009	media 2008-2010	media 2009-2011	media 2010-2012	media 2011-2013	media 2012-2014
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	17	11	21	40	41	32
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	28	29	35	52	54	49

Tabella 33: O₃ – Valore obiettivo per la protezione della vegetazione 2007 ÷ 2014 (fonte: ARPAT¹⁷)

Zona	Classificazione zona	Provincia	Comune	Nome stazione	AOT40 Maggio/Luglio			
					Valore obiettivo per la protezione della vegetazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$) limite 18000 come media su 5 anni			
					media 2007-2011	media 2008-2012	media 2009-2013	media 2010-2014
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	17271	19945	17784	19429
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	23214	26603	28371	28747

In conclusione, sulla base della caratterizzazione sopra descritta, ai fini della valutazione dell'impatto, alla componente atmosfera è stata attribuita una sensibilità media.

4.4.2 Valutazione degli impatti

4.4.2.1 Fattori di impatto

I fattori di impatto in grado di interferire con la componente atmosfera per le fasi di progetto considerate sono di seguito individuati.

- Fase di costruzione
 - emissione di polveri;
 - emissione di inquinanti atmosferici;
 - emissione di gas serra.
- Fase di esercizio
 - emissione di gas serra;
 - emissione di inquinanti atmosferici.



4.4.2.2 Valutazione e matrici di impatto

Fase di costruzione

Emissione di polveri

Per quantificare le polveri potenzialmente sollevate durante le operazioni di cantiere, essendo queste correlate principalmente alle operazioni di scavo e di movimento terra, dal deposito temporaneo del materiale di scavo e dal trasporto delle terre di scavo lungo le strade sterrate del cantiere, sono stati utilizzati opportuni fattori di emissione (secondo le indicazioni contenute sia nel rapporto dell'US dall'EPA, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente degli Stati Uniti AP-42 – Compilation of Air Pollutant emission Factors, sia nelle Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti dell'ARPA Toscana), distinti per le seguenti attività principali:

- scotico e scavo;
- formazione e stoccaggio di materiale inerte in cumuli;
- transito dei mezzi su strade non asfaltate.

Le emissioni di polveri legate alle attività di scavo e movimentazione del terreno possono essere calcolate applicando le seguenti relazioni elaborate dall'US EPA nel sopracitato documento, concernenti le emissioni orarie medie di particolato relative all'attività di un singolo mezzo da cantiere, per polveri di dimensioni $\leq 30\mu\text{m}$ e $> 15\mu\text{m}$:

$$\frac{2.6 (s)^{1.2}}{(M)^{1.3}}$$

Per le polveri aventi diametro $\leq 15\mu\text{m}$:

$$\frac{0.45 (s)^{1.5}}{(M)^{1.4}}$$

dove:

- s = contenuto in limo del materiale (%);
- M = umidità del materiale (%).

Per dimensioni del particolato inferiori occorre moltiplicare le equazioni sopra riportate per opportuni fattori correttivi, in particolare per il PM_{10} si moltiplica la seconda equazione per il coefficiente 0,75.

Dalla risoluzione delle equazioni, eventualmente opportunamente ridotte, si ottiene il fattore di emissione (in kg/ora) per la specifica dimensione delle polveri considerata nell'analisi.

Le equazioni del fattore di emissione sopra riportate consentono una stima attendibile se applicate per valori di umidità e di contenuto in limo del materiale compresi entro i seguenti intervalli:

- umidità del materiale (M): 2,2÷16,8%;
- contenuto in limo (s): 3,8÷15,1%.

Per quanto riguarda il contenuto di limo del terreno da asportare, tenuto conto dei litotipi presenti nell'area d'intervento, si è considerato un valore pari al 15%.

Per quanto concerne invece il tenore di umidità del terreno è stato utilizzato l'estremo inferiore del range di attendibilità della formula (2,2%), al fine di simulare, in via cautelativa, condizioni di materiale sostanzialmente asciutto.



In base alle assunzioni sopra esposte, il valore del fattore di emissione per la frazione PM₁₀ per mezzo risulta essere pari a 6,5 kg/h.

Le emissioni di polveri dalla formazione e stoccaggio del materiale inerte in cumuli derivano da diverse azioni, quali:

- l'accumulo del materiale in pile di stoccaggio;
- il movimento delle macchine operatrici;
- l'azione del vento sulla superficie dei cumuli;
- le operazioni di carico e scarico dei materiali.

Il quantitativo di particolato emesso dalle suddette azioni (espresso in chilogrammi per tonnellata di materiale movimentato) può essere stimato usando la seguente equazione empirica, riportata nel documento US EPA AP-42:

$$E = k(0.0016) \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$$

dove:

- E = fattore di emissione (kg/t);
- k = costante moltiplicativa adimensionale funzione della dimensione delle particelle costituenti il materiale;
- U = velocità media del vento (m/s);
- M = umidità del materiale accumulato (%).

La costante moltiplicativa k dell'equazione sopra riportata varia in funzione delle dimensioni delle particelle secondo il seguente schema:

Dimensioni delle particelle	k
< 30 µm	0,74
< 15 µm	0,48
< 10 µm	0,35
< 5 µm	0,20
< 2,5 µm	0,053

Nel presente studio per il calcolo della frazione PM₁₀ sono stati considerati valori di k pari a 0,35.

L'equazione del fattore di emissione sopra riportata consente una stima attendibile se applicata per valori di umidità del materiale e di velocità del vento compresi entro i seguenti intervalli:

- umidità del materiale (M): 0,25÷4,8%;



- velocità media del vento (U): 0,6÷6,7 m/s.

Nel calcolo del fattore di emissione è stata considerata una velocità del vento pari 1,1 m/s, valore rappresentativo della media annuale della velocità giornaliera del vento rilevata presso la stazione di Castelnuovo Val di Cecina – Loc. Sorbo (cfr. § 4.4.1.1).

Per quanto concerne il tenore di umidità dei materiali accumulati, sono stati considerati i due valori estremi del range di attendibilità della formula di calcolo: 0,25% come valore rappresentativo di condizioni di materiale sostanzialmente asciutto, 4,8% come rappresentativo delle condizioni del cumulo di terreno successive a bagnatura.

In base alle assunzioni sopra esposte, i valori del fattore di emissione del PM₁₀ risultano i seguenti:

	Fattore di emissione
	[kg/t]
	PM10
Assenza di bagnatura	0,004
Bagnatura	0,00007

Dai calcoli eseguiti emerge come la bagnatura delle terre possa contribuire in maniera sostanziale alla mitigazione dell'impatto dovuto all'emissione di polveri durante le operazioni di stoccaggio, con riduzioni del fattore di emissione dell'ordine del 98%.

L'emissione di polvere derivante dal transito degli automezzi e mezzi di cantiere sulle superfici non pavimentate può essere stimato mediante la seguente formula, riportata nel documento US EPA AP-42:

$$EF_i(\text{kg/km}) = k_i \cdot (s/12)^{a_i} \cdot (W/3)^{b_i}$$

dove:

EF = fattore di emissione (kg/km);

s = contenuto in limo del suolo in percentuale in massa (%);

W = peso medio del veicolo, calcolato sulla base del peso del veicolo vuoto e a pieno carico (t);

k_i , a_i e b_i sono coefficienti che variano in funzione delle dimensioni delle particelle e i cui valori sono i seguenti:

	k_i	a_i	b_i
PTS	1,38	0,7	0,45
PM ₁₀	0,423	0,9	0,45
PM _{2,5}	0,0423	0,9	0,45

L'equazione del fattore di emissione sopra riportata consente una stima attendibile se applicata per valori di contenuto in limo del materiale compresi tra 1,8÷25,2% e poiché la stima di questo parametro non è semplice, in mancanza di informazioni specifiche si suggerisce di considerare un valore all'interno dell'intervallo 12÷22%.



In considerazione del fatto che il transito dei mezzi avviene su strade in fondo sterrato di nuova realizzazione, per il calcolo si considera una percentuale di limo pari al 12%. Per il peso medio dei mezzi è stato considerato un valore di 30 t, valutato tenendo conto del peso a vuoto e a pieno carico di un bilico di capacità di circa 20 m³.

In base alle assunzioni sopra esposte, il valore del fattore di emissione per la frazione PM₁₀ risulta essere pari a 1,19 kg/km.

Partendo dai fattori di emissione sopra riportati, le emissioni di PM₁₀ sono calcolate considerando:

- le ore di lavoro della ruspa e/o escavatore previste per le fasi esecutive (cfr. § 3.6);
- le volumetrie di scavo/scotico/sbancamento previste per la realizzazione delle differenti opere ed accumulate (cfr. § 3.4.1.4);
- una densità del terreno di scavo pari a 1,9 t/m³;
- una percorrenza media di 800 m per autoveicolo (andata e ritorno da area di scavo ad area deposito temporaneo delle terre), un numero di carichi totali previsti per le differenti fasi pari a 2.660 (cfr. § 3.4.1.4);
- le seguenti misure che saranno adottate nell'area di cantiere al fine di mitigare la dispersione delle polveri durante le attività di lavoro:
 - bagnatura e copertura con teloni dei materiali polverulenti trasportati sugli autocarri;
 - limitazione dell'attività nelle ore di vento intenso (>6 m/s);
 - limitazione della velocità degli automezzi;
 - lavaggio delle ruote degli automezzi prima della loro uscita dal cantiere;
 - periodica bagnatura dei cumuli di terreni di scavo;
 - bagnatura periodica delle strade di cantiere percorse dagli automezzi.

Tabella 34: Emissioni di PM₁₀ da attività di scotico/scavo e di formazione e stoccaggio in cumuli

Attività	Fattore di emissione PM ₁₀	Ore lavoro ruspa ed escavatore	Materiale scavato ed accumulato (t)	Lunghezza percorso su strada di cantiere (km)	Emissioni di PM ₁₀ (kg)
Scotico e scavo	6,5 kg/h	1.680	-	-	10.920
Formazione e stoccaggio in cumuli	0,00007 kg/t	-	88.380	-	6
Transito mezzi su strade non asfaltate	1,19 kg/km	-	-	2.448	2.913
TOTALE					13.839

Le emissioni di PM₁₀ correlate alle attività di scotico, scavo e sbancamento ed alla formazione e stoccaggio in cumuli delle terre di scavo saranno pari a 13.839 kg. Considerando che le emissioni annuali di PM₁₀ del



territorio comunale di Castelnuovo Val di Cecina nel 2010 sono risultate pari 22.980 kg¹⁹, le emissioni di PM₁₀ correlate alla fase di costruzione rappresentano circa il 60%. Tuttavia, si ritiene l'impatto basso, data la natura temporanea, la reversibilità ed un'area di influenza circoscritta.

Emissione inquinanti atmosferici

Nella fase di costruzione l'emissione in atmosfera di inquinanti da combustione sono correlati principalmente all'attività delle macchine operatrici in cantiere (compreso generatori e compressori), al trasporto dei materiali e delle attrezzature necessarie alla perforazione dei pozzi ed alla costruzione della centrale elettrica geotermica, al trasporto dei rifiuti prodotti ed alla movimentazione interna del terreno di scavo.

Al fine di calcolare le emissioni di inquinanti derivanti dalle macchine operanti in cantiere, è stato considerato il consumo di gasolio previsto per ognuna delle principali fasi di attività, per un quantitativo complessivo pari a 1.294.900 litri di gasolio. Al riguardo si evidenzia che l'attività a maggior consumo di gasolio è rappresentata dalla perforazione dei pozzi. Infatti, durante le fasi di perforazione è stimato un consumo di gasolio pari a 1.228.500 litri.

Considerando una densità pari a 850 kg/m³ e i fattori di emissione²⁰ riportati in Tabella 35, sono state calcolate le seguenti emissioni totali di inquinanti correlate al consumo gasolio:

Tabella 35: Fattori di emissione per inquinanti atmosferici

CO (g/t gasolio)	NO _x (g/t gasolio)	PM ₁₀ (g/t gasolio)	NM VOC (g/t gasolio)
10.722	32.792	2.086	3.385

- CO: 11.801,3 kg;
- NO_x: 36.093,0 kg;
- PM₁₀: 2.296,0 kg;
- NMVOC: 3.725,8 kg.

Differentemente, per determinare le emissioni di inquinanti correlate al trasporto veicolare, sono stati considerati i flussi più rilevanti, rappresentati dalla movimentazione delle terre di scavo all'interno dell'area di cantiere, lungo la viabilità in fondo sterrato e dal trasporto dell'acqua di perforazione mediante autobotti.

Sono stati considerati i seguenti fattori di emissione, per veicoli diesel pesanti (> 35 t) e su percorsi di tipo extraurbano²¹:

- CO: 0,99 [g/km*veicolo];
- NO_x: 5,14 [g/km*veicolo];
- PM₁₀: 0,23 [g/km*veicolo];
- NMVOC: 0,27 [g/km*veicolo].

Considerando una percorrenza media di 800 m per veicolo (andata e ritorno da area di scavo ad area deposito temporaneo delle terre) ed un numero di carichi totali previsti per le differenti fasi pari a 2.660 (cfr. § 3.6), si ottengono le seguenti emissioni correlate al trasporto delle terre di scavo all'interno dell'area di cantiere:

¹⁹ Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissione in atmosfera (IRSE) della Regione Toscana

²⁰ European Environment Agency. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook - 2013 - Non-road mobile sources and machinery, 2013

²¹ INEMAR ARPA Lombardia, 2012



- CO: 2,1 kg;
- NO_x: 10,9 kg;
- PM₁₀: 0,5 kg;
- NMVOC: 0,6 kg.

Differentemente, considerando una percorrenza massima di 100 km per veicolo (andata e ritorno da area di carico delle autobotti ad area di cantiere) e un numero di carichi totali previsti pari a 2.240 (stimato tenendo conto di 8 autobotti da 37.000 litri al giorno per 280 giorni di perforazione), si ottengono le seguenti emissioni correlate all'approvvigionamento idrico con autobotti:

- CO: 221,8 kg;
- NO_x: 1.151,4 kg;
- PM₁₀: 51,5 kg;
- NMVOC: 60,5 kg.

Nella fase di costruzione si stima pertanto la seguente emissione complessiva di inquinanti atmosferici:

- CO: 12.025 kg;
- NO_x: 37.255 kg;
- PM₁₀: 2.348 kg;
- NMVOC: 3.787 kg.

Considerando che le emissioni annuali di NO_x, CO, NMVOC e PM₁₀ del territorio comunale di Castelnuovo Val di Cecina nel 2010 sono risultate pari, rispettivamente, a 35.210 kg, 185.740 kg, 127.810 kg e 22.980 kg²², le emissioni di inquinanti correlate alla fase di costruzione rappresentano, per gli NO_x circa il 106%, per CO circa il 6%, per NMVOC circa il 3% e per il PM₁₀ circa il 10%.

Nell'area di cantiere saranno adottate le seguenti pratiche allo scopo di mitigare l'emissione degli inquinanti atmosferici durante le attività di lavoro:

- utilizzo di macchine di lavoro a basse emissioni;
- uso di macchine di potenza commisurata all'intervento;
- periodica manutenzione delle macchine e delle apparecchiature con motore a combustione;
- spegnimento delle macchine e delle apparecchiature con motore a combustione nel caso di non utilizzo.

Alla luce di quanto esposto, si ritiene l'impatto basso, data la natura temporanea, la reversibilità e l'area circoscritta di influenza.

Emissioni di gas serra

²² Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissione in atmosfera (IRSE) della Regione Toscana



I gas ad effetto serra (GHGs) hanno la peculiarità di assorbire e rilasciare radiazioni infrarosse emesse da nuvole, dall'atmosfera e dalla superficie terrestre. Questo processo ha impatto sul bilancio dell'energia e si traduce nell'effetto serra che scalda la superficie terrestre. Una concentrazione molto alta di tali gas nell'atmosfera impedisce il processo naturale di assorbimento e rilascio delle radiazioni infrarosse.

Essi possono essere di natura sia antropogenica che naturale. I principali gas ad effetto serra (GHGs) sono il biossido di carbonio (CO₂), il vapore acqueo (H₂O), l'ossido nitroso (N₂O), il metano (CH₄), l'ozono (O₃), gli idrofluorocarburi (HFC), i perfluorocarburi (PFC) e l'esafluoruro di zolfo (SF₆).

I GHGs hanno un effetto sia diretto che indiretto, per esempio favorendo trasformazioni chimiche nell'atmosfera che portano alla produzione di altri gas serra o influenzando la permanenza in atmosfera di altri gas. Gli effetti delle emissioni di gas serra generalmente non sono rilevanti ad una scala locale (se non nel caso di emissioni massicce ed incontrollate) ma, a causa della loro elevata persistenza nell'atmosfera, il loro impatto si ripercuote su una scala ben più ampia, globale.

La capacità di influire sul clima da parte dei vari gas ad effetto serra si basa sulla misura definita Global Warming Potential (GWP), indice sviluppato per poter comparare differenti GHGs rispetto al biossido di carbonio, il cui GWP è posto pari a 1: pertanto, le emissioni di GHGs sono solitamente riportate in termini di tonnellate di CO₂ equivalenti. Essendo il GWP dipendente dal fattore tempo considerato, nella tabella seguente si riporta il GWP dei principali gas ad effetto serra a 100 anni.

Tabella 36: Global Warming Potentials (100 Year Time Horizon, 1996 Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC)

Gas	GWP
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
HFC-23	11.700
HFC-32	2.800
HFC-125	1.300
HFC-134	3.800
HFC-236	6.300
CF ₄	6.500
C ₂ F ₆	9.200
C ₄ F ₁₀	7.000
C ₆ F ₁₄	7.400
SF ₆	23.900

Al fine di stimare le emissioni di GHGs derivanti dai processi di combustione, ossia dal consumo di gasolio di tutte le macchine operanti in cantiere, sono stati considerati i seguenti fattori di emissione²³:

Tabella 37: Fattori di emissione di GHGs

CO ₂ (kg/t gasolio)	N ₂ O (g/t gasolio)	CH ₄ (g/t gasolio)
3.160	135	55

Considerando che nella fase di costruzione il consumo complessivo di gasolio è previsto pari a 1.294.900 litri e tenuto conto di una densità pari a 850 kg/m³, risultano emessi i seguenti quantitativi di GHGs:

²³ European Environment Agency. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook - 2013 - Non-road mobile sources and machinery, 2013



- CO₂: 3.478,1 t;
- N₂O: 148,6 kg;
- CH₄: 60,5 kg.

Al fine di rapportare le emissioni giornaliere di GHGs in termini di tonnellate di CO₂ equivalenti è stata applicata la formula:

$$t \text{ CO}_{2\text{eq}} = t \text{ GHG} * \text{GWP}$$

quindi,

$$\text{CO}_{2\text{eq}} = 148,6 * 10^{-3} * 310 + 60,5 * 10^{-3} * 21 = 47,4 \text{ t.}$$

Le emissioni totali di CO₂ equivalenti correlate alle attività di cantiere saranno pari a 3.525 t.

Con riferimento alle emissioni di GHGs derivanti da processi geologici, è opportuno considerare che durante i test di completamento che saranno effettuati a seguito della perforazione dei pozzi di produzione, il vapor d'acqua e i gas incondensabili in uscita dai pozzi saranno rilasciati in atmosfera. Considerando una portata di circa 9 kg/s di fluido geotermico, una percentuale in peso di CO₂ pari a circa il 7,8% ed una durata delle prove di 48 h, si stima un quantitativo totale di CO₂ emessa per pozzo pari a circa 120 t ed un quantitativo complessivo per i due pozzi di 240 t di CO₂.

Nella fase di costruzione si stima pertanto una emissione complessiva di CO₂ equivalente pari a 3.765 t.

Considerando che le emissioni annuali di CO₂ del territorio comunale di Castelnuovo Val di Cecina nel 2010 sono risultate pari a 207.626 t²⁴, le emissioni di CO₂ equivalente correlate alla fase di costruzione rappresentano circa 1,8%. Pur considerando che la sua area di influenza è globale, complessivamente, l'impatto è da considerarsi basso.

La Tabella 38 riassume i giudizi di impatto del Progetto sulla componente atmosfera in fase di cantiere per i singoli fattori di impatto individuati.

Tabella 38: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Atmosfera - Fase di costruzione

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - ATMOSFERA FASE DI COSTRUZIONE		emissione di polveri	emissione di inquinanti atmosferici	emissione di gas serra
Durata nel tempo (D)	breve			
	medio-breve			
	media			
	medio-lunga			
	lunga			
Distribuzione temporale (Di)	concentrata			
	discontinua			
	continua			
Area di influenza (A)	circoscritta			
	estesa			

²⁴ Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissione in atmosfera (IRSE) della Regione Toscana



MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - ATMOSFERA FASE DI COSTRUZIONE		emissione di polveri	emissione di inquinanti atmosferici	emissione di gas serra
	globale			
Rilevanza (Ri)	trascurabile			
	bassa			
	media			
	alta			
Reversibilità (R)	a breve termine			
	a medio-lungo termine			
	irreversibile			
Probabilità accadimento (P)	bassa			
	media			
	alta			
	certa			
Mitigazione (M)	alta			
	media			
	bassa			
	nulla			
Sensibilità componente (S)	trascurabile			
	bassa			
	media			
	alta			
Impatti		Basso	Basso	Basso

Fase di esercizio

Nell'ultimo decennio, al fine di ridurre la dipendenza dalle fonti fossili e a causa del crescente aumento delle concentrazioni di inquinanti atmosferici, sono diventate prioritarie le iniziative di promozione della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Il crescente utilizzo delle fonti rinnovabili è inoltre connesso al riscaldamento globale e alla riduzione dell'effetto serra. Da questo punto di vista il settore elettrico risulta particolarmente interessante poiché è responsabile di un quarto delle emissioni nazionali di gas serra, mostra un andamento di lungo termine della domanda elettrica in crescita ed è caratterizzato da sorgenti emissive puntuali. Tali caratteristiche rendono il settore della generazione elettrica particolarmente rilevante in relazione alle possibili strategie di riduzione delle emissioni atmosferiche di gas serra.

Considerando che, nel 2013, per ogni kWh di energia elettrica da combustibile fossile sono stati emessi 0,554 kg di CO₂²⁵, la realizzazione dell'impianto pilota in progetto, producendo circa 40 GWh/anno di energia da fonti rinnovabili, consentirà di "non emettere" 22.160 t/anno di CO₂.

L'impatto del Progetto sulla componente atmosfera in fase di esercizio risulta essere pertanto positivo e medio-basso (Tabella 39).

²⁵ ISPRA. Fattori di emissione atmosferica di CO2 e sviluppo delle fonti rinnovabili nel settore elettrico - Rapporti 212/2015.



Tabella 39: Matrice di valutazione degli impatti positivi - Componente Atmosfera - Fase di esercizio

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - ATMOSFERA	emissione di gas serra	
FASE DI ESERCIZIO		
Durata nel tempo (D)	breve	
	medio-breve	
	media	
	medio-lunga	
	lunga	
Distribuzione temporale (Di)	concentrata	
	discontinua	
	continua	
Area di influenza (A)	circoscritta	
	estesa	
	globale	
Rilevanza (Ri)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Reversibilità (R)	a breve termine	
	a medio-lungo termine	
	irreversibile	
Probabilità accadimento (P)	bassa	
	media	
	alta	
	certa	
Mitigazione (M)	alta	
	media	
	bassa	
	nulla	
Sensibilità componente (S)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Impatto	Medio-Basso	

Sporadicamente, durante l'avviamento a freddo dell'Impianto, verranno emesse in atmosfera circa 5.000 kg di CO₂ e 100 kg di H₂S per l'avviamento di ciascun pozzo. I quantitativi sopra indicati presuppongono che la produzione del pozzo cresca linearmente durante il riscaldamento, con una portata media emessa in atmosfera di CO₂ pari a 1.250 kg/h e di H₂S pari a 25 kg/h.



L'impatto così generato dall'emissione di CO₂, di direzione negativa, avrà una durata breve (si stima che un avviamento a freddo durerà dalle 7 alle 10 ore) ed una distribuzione temporale concentrata generando così un impatto trascurabile. Contemporaneamente all'emissione di CO₂, nel transitorio di avviamento a freddo vi sarà anche un'emissione di H₂S che avrà un impatto negativo trascurabile (Tabella 40).

Tabella 40: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Atmosfera - Fase di esercizio

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - ATMOSFERA FASE DI ESERCIZIO		emissione di gas serra	emissione inquinanti atmosferici
Durata nel tempo (D)	breve		
	medio-breve		
	media		
	medio-lunga		
	lunga		
Distribuzione temporale (Di)	concentrata		
	discontinua		
	continua		
Area di influenza (A)	circoscritta		
	estesa		
	globale		
Rilevanza (Ri)	trascurabile		
	bassa		
	media		
	alta		
Reversibilità (R)	a breve termine		
	a medio-lungo termine		
	irreversibile		
Probabilità accadimento (P)	bassa		
	media		
	alta		
	certa		
Mitigazione (M)	alta		
	media		
	bassa		
	nulla		
Sensibilità componente (S)	trascurabile		
	bassa		
	media		
	alta		
Impatti		Trascurabile	Trascurabile



In **fase di dismissione** si procederà alla chiusura dei pozzi, alla dismissione dell'impianto ORC e delle opere connesse. Gli impatti connessi a questa fase saranno correlati all'emissione di polveri e di inquinanti in atmosfera e saranno inferiori rispetto agli impatti generati in fase di cantiere, in quanto non saranno presenti le emissioni relative alla perforazione dei pozzi e le attività di scavo/rimodellamento saranno inferiori. Per entrambi questi fattori l'impatto può essere stimato negativo ma trascurabile. In questa fase, inoltre, non saranno presenti fattori di impatto quali quelli legati al trasporto tramite autobotti, limitando ulteriormente l'emissione di inquinanti in atmosfera.

4.5 Suolo e sottosuolo

4.5.1 Descrizione della componente

4.5.1.1 Inquadramento geologico e geotermico

Le considerazioni geologiche e geotermiche riportate nel seguito si riferiscono principalmente al documento edito da Magma "Impianto geotermico pilota - "Castelnuovo" - Relazione geologica-mineraria – Ottobre 2015".

Geologia

Dal punto di vista geologico, la zona inerente al Permesso "Castelnuovo" comprende la parte orientale del Bacino pliocenico di Anqua-Pomarance, interessata da strutture riconducibili a una tettonica di tipo distensivo.

Nell'area di interesse, successivamente alla fase compressionale legata all'orogenesi dell'Appennino Settentrionale, l'evoluzione tettonica si è sviluppata in regime distensivo con assottigliamento litosferico, dando origine a depressioni strutturali in cui si sono depositate le unità stratigrafico-sedimentarie del Miocene.

La tettonica distensiva pliocenico-quadernaria è caratterizzata dallo sviluppo di strutture dirette e oblique ad alto angolo, che definiscono depressioni strutturali entro le quali si sono depositati sedimenti marini del Pliocene inferiore-medio. Queste strutture sono caratterizzate dallo sviluppo coevo di zone di deformazione ortogonali alle discontinuità tettoniche transtensive, a prevalente rigetto orizzontale che hanno svolto la funzione cinematica di trasferire l'entità di distensione tra un settore di bacino e l'altro, differenziando ambiti con stili deformativi diversi, ma riferibili allo stesso contesto tettonico.

Le principali unità tettoniche riconosciute nell'area di interesse sono le seguenti, dall'alto verso il basso²⁶:

- a) Unità neoautoctone, comprendenti i sedimenti post-orogenici di età miocenica-pliocenica e i sedimenti recenti;
- b) Unità alloctone, comprendenti le varie formazioni liguri, sub-liguri e toscane, con età variabili dal Trias al Paleocene, sovrascorse sul substrato e accavallatesi l'una all'altra durante l'orogenesi appenninica, ivi incluso il cosiddetto "Complesso a Scaglie";
- c) Unità autoctone, comprendenti le rocce metamorfiche paleozoiche, considerate come il basamento originario della pila tettonica.

²⁶ Le informazioni geologiche espresse e sintetizzate nella carta geologica riportata nel presente SIA derivano dalla collaborazione tra Magma Energy Italia e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Siena.



Legenda

- Pozzi Geotermici

Geologia

- ALLUVIONI
- SEDIMENTI MARINI PLIOCENICI
- SEDIMENTI CONTINENTALI MIOCENICI
- FORMAZIONE DI CHIUSDINO
- OFIOLITI - ARGILLE A PALOMBINI
- OFIOLITI - CALCARI A CALPIONELLA
- FORMAZIONE DI LANCIAIA
- OFIOLITI - DIASPRI
- OFIOLITI - GABBRO BASALTI E SERPENTINITI
- UNITA' DELLE ARGILLE E CALCARI - FORMAZIONE DI CANETOLO
- MONTEVERDI M.MO - ARGILLE DI POGGIO ROCCHINO
- MONTEVERDI M.MO - FORMAZIONE DI MONTEVERDI

0 1 2 3 4 km

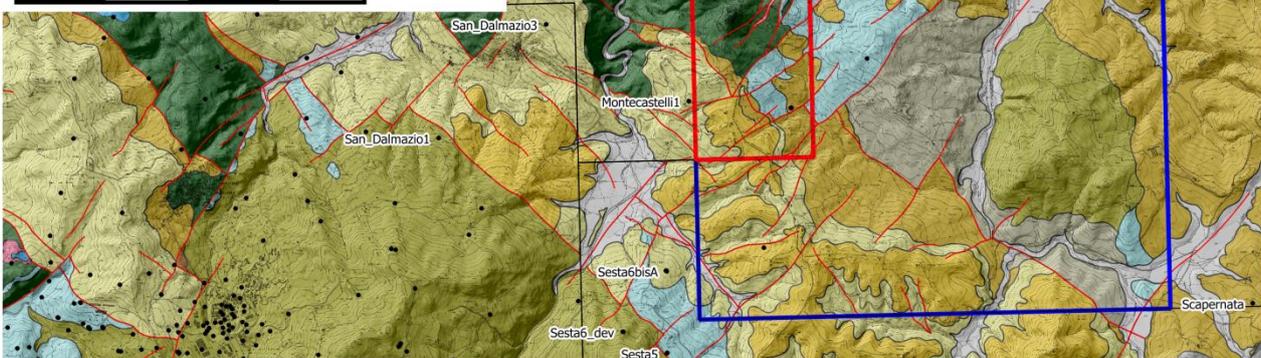


Figura 45: Carta Geologica dell'area interessata dal Permesso "Castelnuovo" e zone limitrofe con ubicazione pozzi preesistenti (punti neri). Fonte: rilievi originali inediti Magma Energy-Università di Siena

a) Unità neoautoctone

Tali unità tettoniche sono rappresentate da sedimenti neogenici, costituiti prevalentemente da livelli argillosi, nonché da conglomerati, calcari detritico-organogeni e sabbie più o meno argillose. Tali formazioni poggiano in discordanza sul substrato pre-neogenico. Si tratta di sedimenti continentali, di transizione e marini attribuiti al Miocene superiore – Pliocene medio. I depositi del Miocene si sono depositati in depressioni strutturali affioranti nella parte orientale e sud-orientale dell'area di interesse.

b) Unità alloctone

Il substrato pre-neogenico affiorante nell'area di interesse è costituito esclusivamente dalle Unità Liguri e, in particolare, dalle Unità Ofiolitifere (Superiore e Inferiore) e dall'Unità di Monteverdi Marittimo (il cosiddetto "Flysch ad elmintoidi").

La successione dell'Unità Ofiolitifera è caratterizzata, a partire dal basso, da Ofioliti (peridotiti, gabbrati e serpentiniti) di età compresa tra il Giurassico medio e il Giurassico superiore. Questa formazione affiora su buona parte dell'area del Permesso "Castelnuovo", ad esclusione dei bordi meridionale e orientale. Le Ofioliti sono state attraversate in profondità in occasione delle attività di esplorazione e/o produzione condotte nell'area vasta per uno spessore di circa 700 m (cfr. pozzo S.Dalmazio 3 in Figura 45, si ricorda che l'area del Permesso "Castelnuovo" è adiacente alla zona geotermica che alimenta la centrale geotermoelettrica di Sesta, sia l'area che le zone circostanti sono pertanto state interessate da esplorazioni e/o perforazioni produttive). Si tratta di rocce magmatiche appartenenti al basamento oceanico del Dominio Ligure che si possono trovare anche inglobate come scaglie tettoniche o come olistostromi nei litotipi argillitici, siltitici e marnosi della *Formazione delle Argille a Palombini*. Quest'ultima formazione raggiunge spessori intorno a 250 metri, si trova al tetto delle ofioliti ed è riferita



al Cretaceo inferiore. Essa costituisce il substrato della successione neogenica nella gran parte dell'area in studio e laddove non poggia sulle ofioliti, poggia sui litotipi della Unità di Monteverdi Marittimo-Lanciaia (es. Pozzo Montecastelli 1 in Figura 45).

Al di sopra di questa unità è presente una successione torbido-pelagica nota come *Formazione di Lanciaia*, riferita al Paleocene.

Il flysch di Monteverdi Marittimo affiora a SW e a E del Permesso "Castelnuovo" ed è rappresentato da una successione di età cretaceo-paleocenica costituita da calcari marnosi, calcari, marne e siltiti micacee a cui si intercalano livelli arenacei. Lo spessore massimo di questa formazione è valutabile in almeno 700 metri.

L'Unità di Monteverdi è stata perforata nell'area di interesse per uno spessore compreso tra 360 m e 650 m (pozzo S.Dalmazio 1 e pozzo Montecastelli 1, rispettivamente, in Figura 45). Essa giace direttamente sulla successione basale della Falda Toscana, rappresentata dalla successione evaporitica delle *Anidriti di Burano*, di età riferita al Carnico-Norico (Trias medio p.p. - superiore) caratterizzata da una intensa deformazione e brecciatura. Tale formazione rappresenta il "primo serbatoio" del campo geotermico di Larderello-Travale ed è costituita da banchi di anidriti, parzialmente o totalmente gessificate, cui si alternano strati di dolomie grigio-scure e brecce a elementi di dolomia in cemento gessoso-anidritico. Questi litotipi, se esposti ad agenti esogeni, per processi di dissoluzione degli elementi carbonatico-solfatici, sono trasformati in una roccia carbonatica per lo più brecciata e con tipica struttura a cellette, detta *Calcere Cavernoso*. Lo spessore della successione evaporitica di Burano attraversata nei sondaggi eseguiti nel corso dell'esplorazione/produzione geotermica è molto variabile (da pochi metri a un centinaio di metri), in quanto questo orizzonte è stato interessato da molteplici eventi tettonici.

I dati di sondaggi profondi che hanno raggiunto il basamento metamorfico nella zona della Centrale Sesta (ad es. pozzo Sesta 6, 1,3 km a sud del Permesso "Castelnuovo" in Figura 45) indicano inoltre che la successione evaporitica di Burano è spesso coinvolta nel *Complesso a Scaglie Tettoniche*. Con questo termine viene inteso un cospicuo spessore formato dall'alternanza di corpi di forma lenticolare e dimensioni assai variabili, appartenenti alle Filladi del Carbonifero-Permiano, al Gruppo del Verrucano (Trias inferiore e medio) e alla Formazione delle Anidriti di Burano (Trias superiore); questo complesso lito-tettonico non affiora ed è riconosciuto solo nei sondaggi geotermici.

c) Unità autoctone

Al di sotto del Complesso a Scaglie giacciono le formazioni del *Complesso delle Filladi* e del *Complesso dei Micascisti*, appartenenti all'Unità di Monticiano-Roccastrada. Queste formazioni costituiscono il basamento autoctono della regione.

Il complesso delle Filladi, che può raggiungere uno spessore di oltre 1000 metri, è composto da formazioni triassico-paleozoiche. Le analisi sui detriti recuperati in sondaggi profondi eseguiti nell'area di Travale-Radicondoli hanno mostrato una variegata composizione litologica di tale complesso, sintetizzabile in 4 associazioni litologiche-petrografiche: i) Brecce a elementi dolomitici immersi in un legante anidritico. Talvolta sono presenti filladi sericitiche grigie e grigio-verdi; ii) Alternanza di litotipi carbonatici, filladici e anidritici; iii) Filladi, filladi quarzose e metarenarie grafitose; iv) Filladi quarzose, metarenarie/metagrovacche cloritiche, sporadicamente intercalate a livelli carbonatici, grafitosi, ricristallizzati.

Il Complesso dei Micascisti è costituito da micascisti albitico-granatiferi, di colore grigio verde e grigio bruno, con associate lenti di quarziti grigie e, raramente, anfiboliti. Nell'area di Larderello-Travale sono stati effettuati sondaggi che hanno attraversato questo Complesso per uno spessore variabile tra 500 e 1000 m.

Al di sotto di queste due Unità giace l'*Unità degli Gneiss*, raggiunta da pozzi profondi nella zona di Sesta a una profondità di circa 3600-3800 m (pozzi Sesta 6bis e Sesta 6bisA in Figura 45). Questa Unità risulta formata da orto- e para- gneiss leucocratici e livelli anfibolitici.



La disponibilità di dati geologici, geofisici e di pozzo ha permesso di realizzare un modello geologico tridimensionale del Permesso “Castelnuovo”, con lo scopo di ricostruire le geometrie delle strutture e delle formazioni, necessarie per l’integrazione e la comprensione dei dati termici sia in fase esplorativa che nelle successive fasi di produzione e monitoraggio del serbatoio.

I numerosi dati disponibili in letteratura e i nuovi dati geologici di superficie acquisiti nell’attività esplorativa svolta da Magma nel Permesso “Mensano” (adiacente ai lati N, E e S del Permesso “Castelnuovo”) hanno consentito di ricavare un modello geologico 3D dell’area in oggetto.

Il modello geologico (Figura 46) contiene una serie stratigrafica che, seppur semplificata, rappresenta le diverse formazioni affioranti e raggiunte dalle perforazioni alle quali è possibile assegnare differenti proprietà petrofisiche significative per un modello geotermico (ad es. densità, suscettività magnetica, conducibilità termica, porosità).

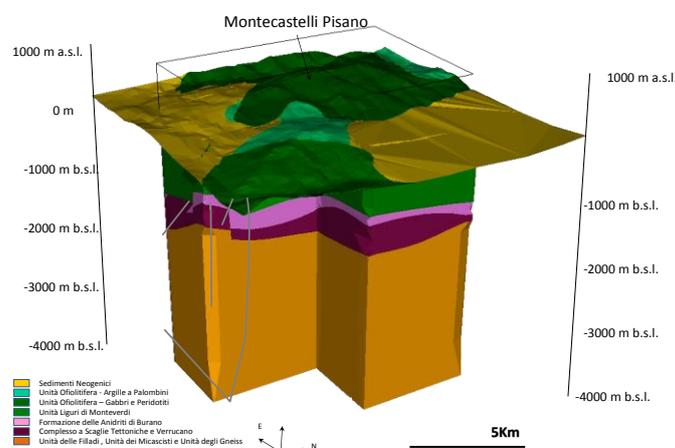


Figura 46: Modello geologico del Permesso “Castelnuovo” (da “Relazione Geologica-Mineraria” di supporto al progetto, a cura di Magma Energy)

Per la completa ricostruzione del modello geologico dell’area di interesse, si riporta inoltre un estratto della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000 (Foglio 295 – Pomarance), comprensivo di sezione geologica (Figura 47).

Sulla base dei dati geologici e geofisici disponibili, Magma ha quindi elaborato il modello geologico del Permesso “Castelnuovo” (Figura 48).

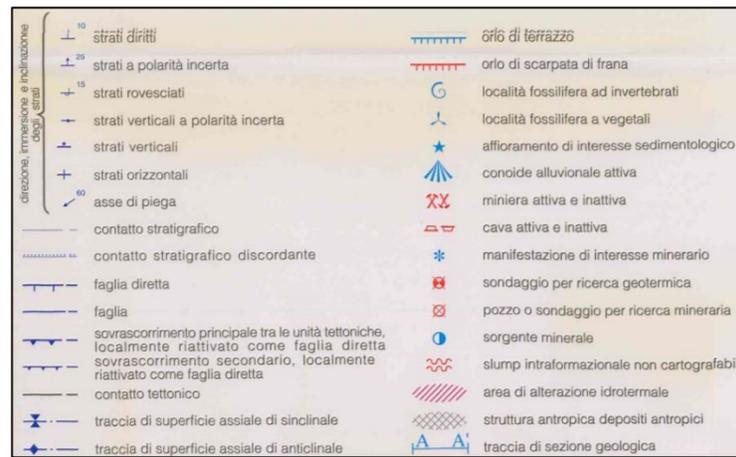
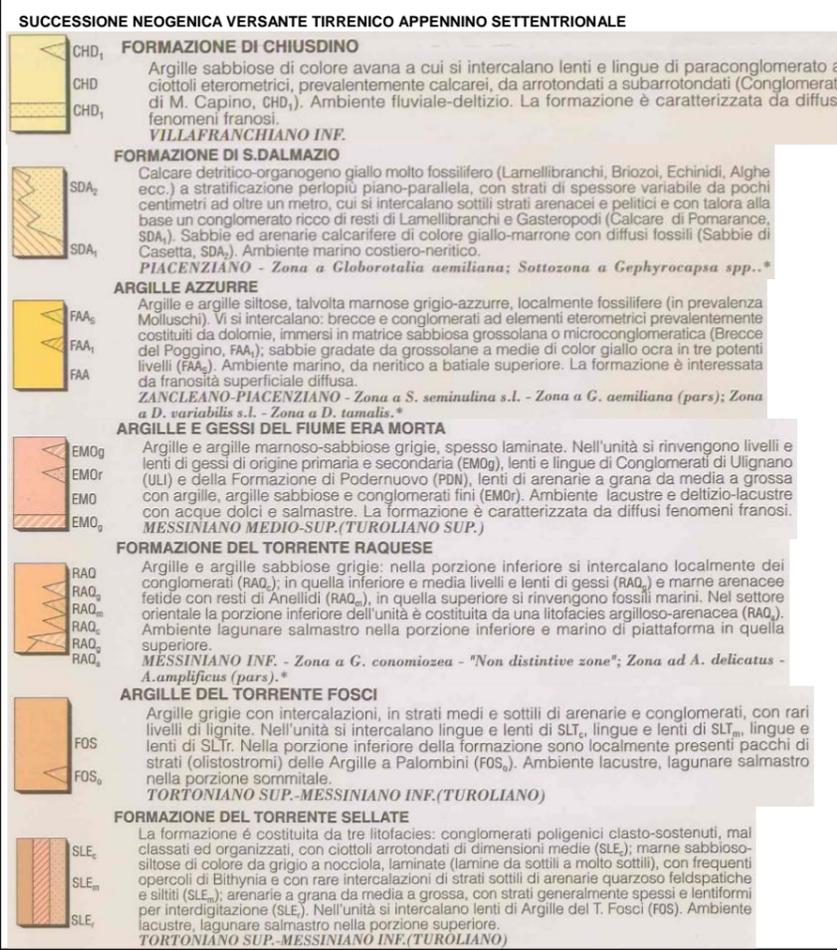
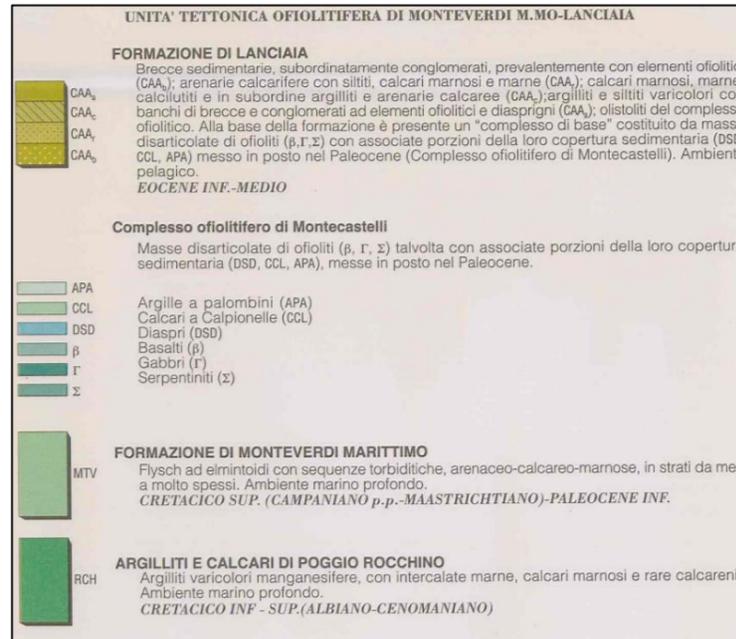
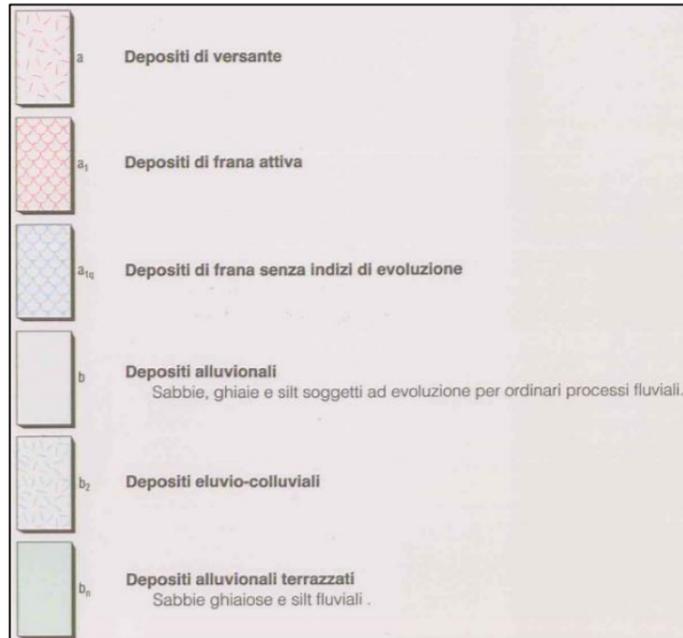
La ricostruzione della geometria dei corpi geologici mette in evidenza sia elementi litologici sia strutturali.

In particolare, da un punto di vista litologico, si sottolinea che la formazione delle Anidriti di Burano–Calcere Cavernoso, che costituisce il serbatoio superficiale del campo geotermico di Larderello–Travale (si veda la successiva parte di inquadramento geotermico per i dettagli), giace a profondità comprese tra 1200 m nel settore occidentale e 1500 m in quello orientale. Lo spessore non sembra superare mai i 150-200 m. Al di sotto di tale formazione, il Complesso a Scaglie può raggiungere spessori di oltre 500 metri e sormonta il basamento metamorfico, costituito, dall’alto verso il basso, dal Complesso delle Filladi, dal Complesso dei Micascisti e dall’Unità degli Gneiss, che rappresenta la roccia del serbatoio profondo, obiettivo geotermico del Progetto.

Dal punto di vista strutturale, i rilievi di superficie hanno evidenziato come le strutture che bordano il Bacino di Pomarance abbiano angoli di immersione di circa 60-70°. La loro geometria convergente implica che la struttura antitetica vada ad esaurirsi sul piano della faglia principale, con intersezione delle due strutture a una profondità stimata di circa 2500-3000 m rispetto al livello del mare.



SIA IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTELNUOVO



Posizione indicativa del Permesso "Castelnuovo"

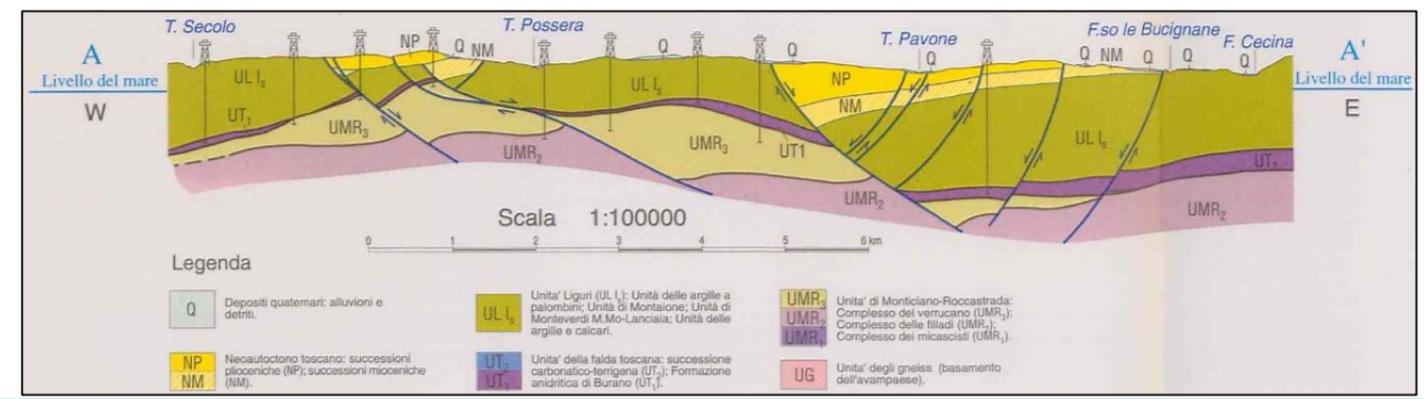
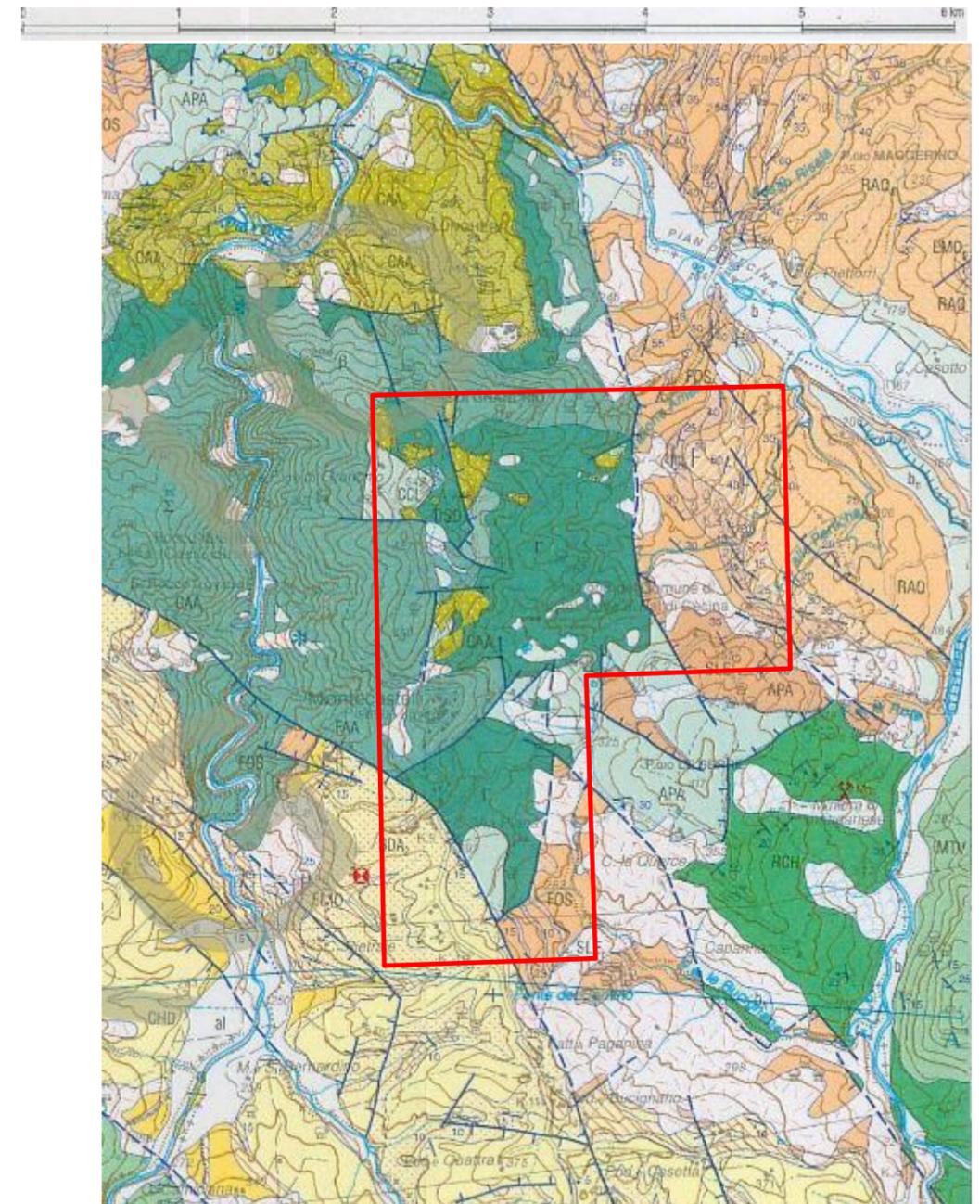
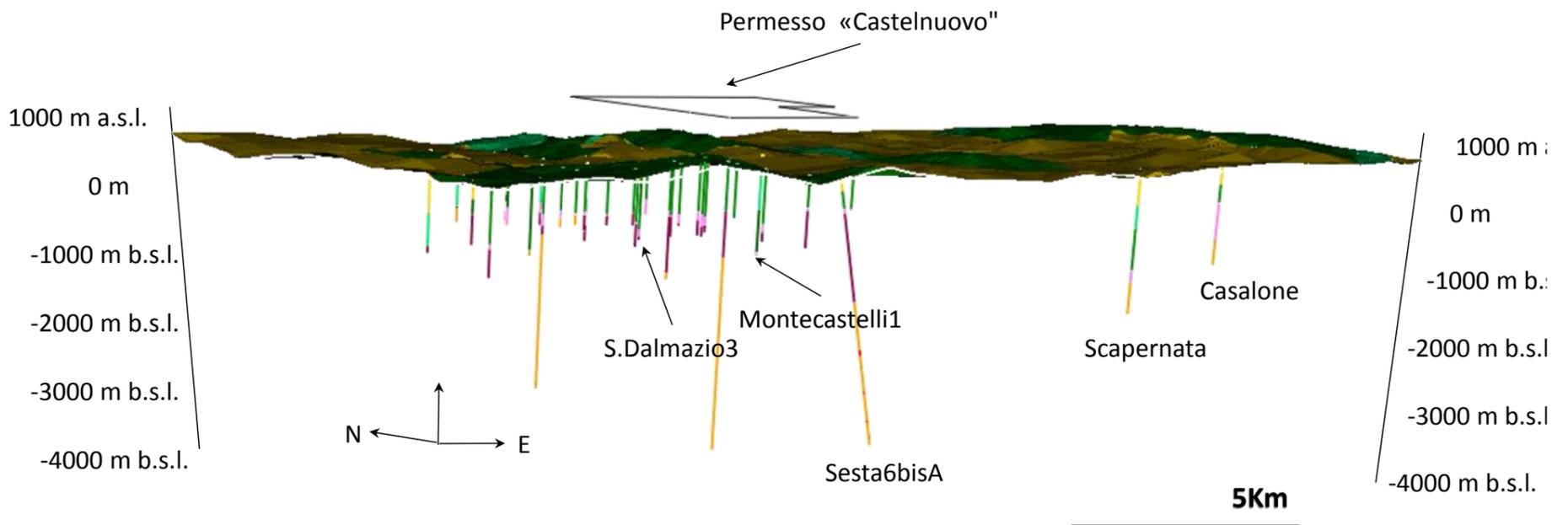


Figura 47: Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Estratto dal Foglio 295 - Pomarance)



GEOLOGIA DI SUPERFICIE E STRATIGRAFIE DEI POZZI GEOTERMICI



SEZIONI GEOLOGICHE

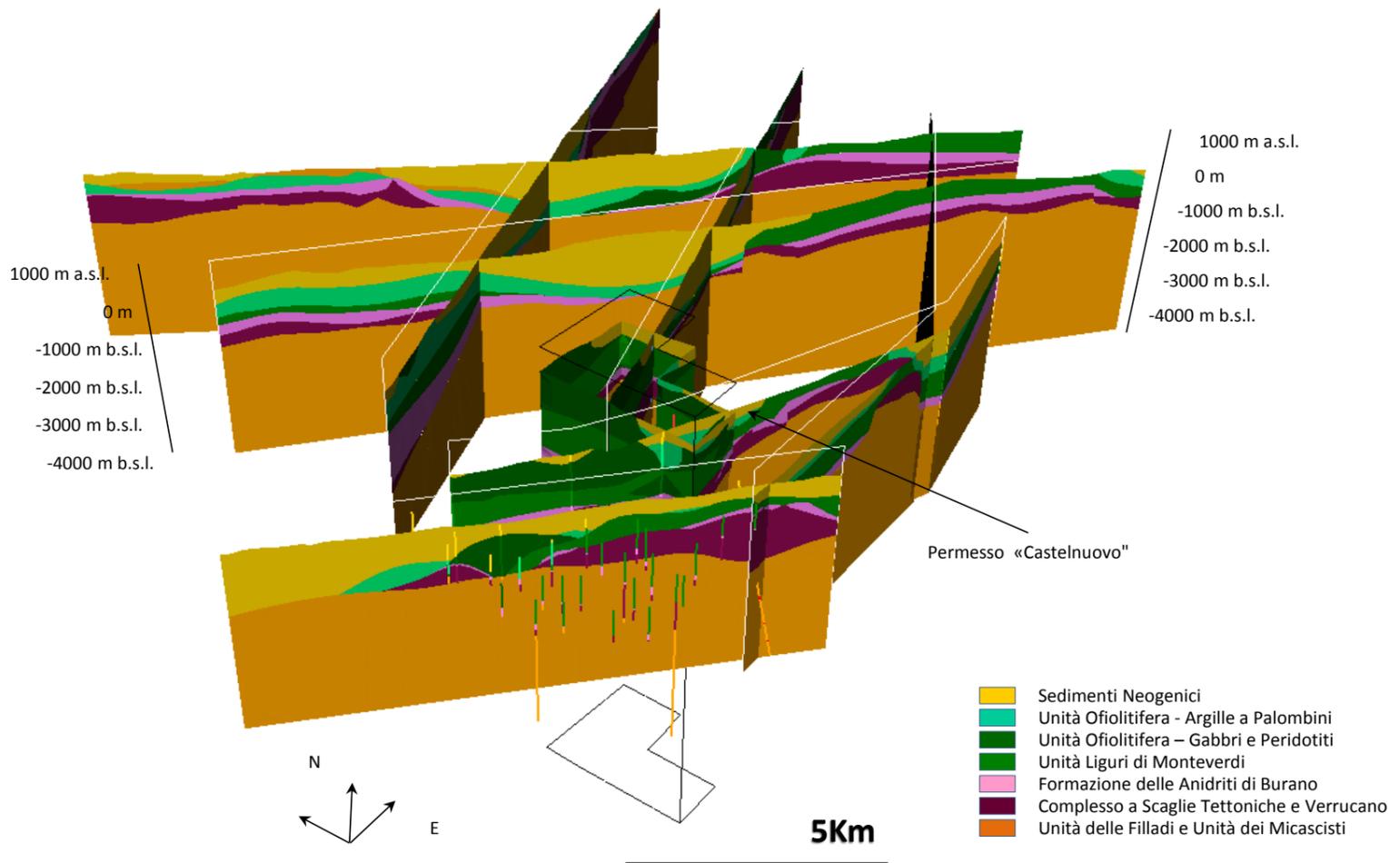


Figura 48: Modello geologico del Permesso "Castelnuovo" (da "Relazione Geologica-Mineraria" di supporto al progetto, a cura di Magma Energy)



Geotermia

Dal punto di vista geotermico, la ricostruzione dell'andamento del flusso di calore ricostruito per l'intera area di Larderello-Travale²⁷ mette in evidenza come l'area di Montecastelli Pisano (in cui ricade il Permesso "Castelnuovo") sia caratterizzata da valori compresi, mediamente, tra 100 e 300 mW/m² (Figura 49).

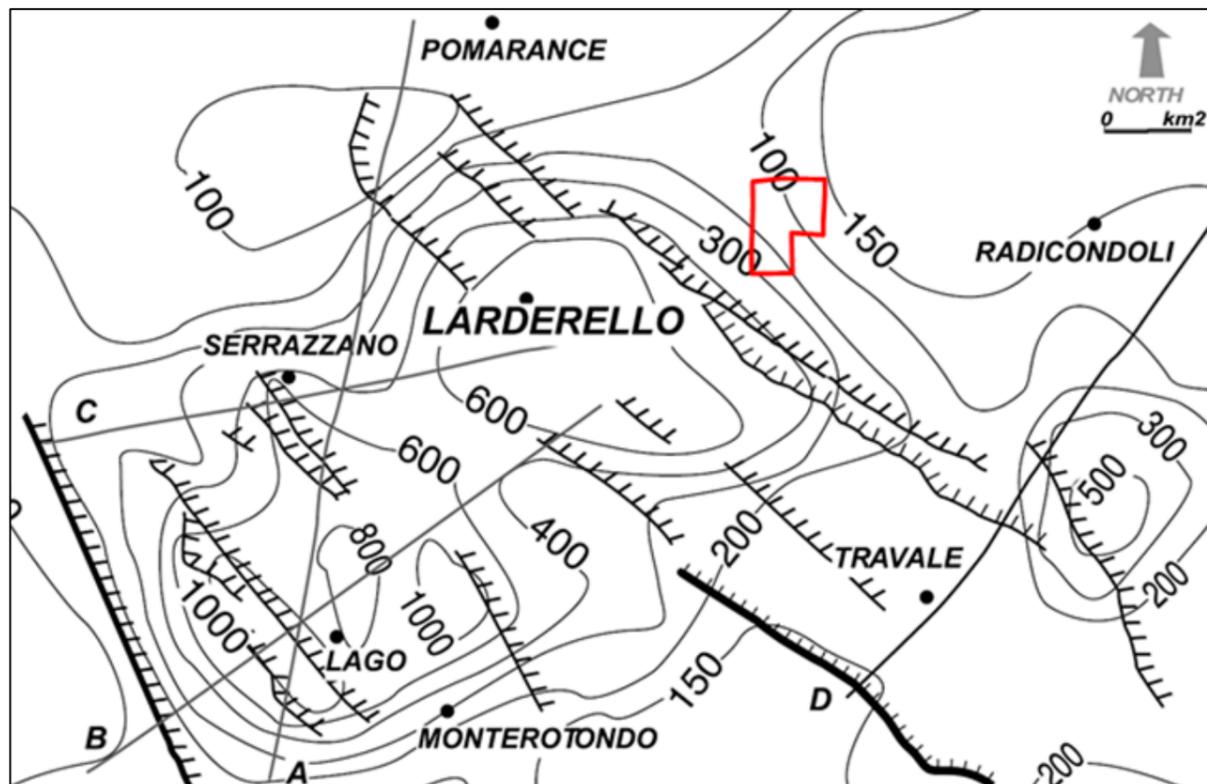


Figura 49: Schema tettonico con ubicazione delle principali faglie dirette ad alto angolo e distribuzione del flusso di calore espresso in mW/m² (Bellani et al., 2004)

La disponibilità di dati di numerosi pozzi esplorativi e/o produttivi hanno permesso di ricostruire le caratteristiche geometriche e la temperatura del serbatoio geotermico definito profondo.

A tale riguardo si evidenzia che la Toscana meridionale è caratterizzata dalla presenza di un evidente riflettore sismico, denominato "Orizzonte K", che si colloca a profondità variabile da 3 km (zona di Larderello) a 8-10 km (zona dell'Amiata). Nell'interpretazione più attendibile, tale orizzonte è dato da un livello fratturato permeato di fluidi in condizioni probabilmente supercritiche, a temperature di circa 450°C.

Al di sopra di tale orizzonte, a profondità di circa 2500-3500 metri è presente un altro orizzonte, noto come "Orizzonte H", più discontinuo, caratterizzato da alternanze di riflettori sismici che, laddove sono stati attraversati da pozzi profondi, sono risultati produttivi nel 70% dei casi.

Specifici studi²⁸ hanno mostrato come il serbatoio profondo del sistema geotermico Larderello-Travale sia ospitato all'interno delle successioni metamorfiche a profondità tra 3000 m e 4000 m e come, diversamente da quello superficiale, tale serbatoio sia caratterizzato da una permeabilità piuttosto disomogenea e localizzata.

Per tale motivo, negli ultimi 15 anni, una serie di prospezioni di sismica a riflessione 2D e 3D sono state realizzate in tale area al fine di localizzare le porzioni del serbatoio potenzialmente più produttive. A tal proposito, sono state individuate²⁹ zone interpretate come caratterizzate dalla presenza di vapore accumulato in rocce fratturate. I risultati della prospezione sismica 3D e le informazioni dei pozzi profondi hanno permesso la ricostruzione dettagliata dell'orizzonte sismico H, corrispondente a un livello fratturato spesso associato alla presenza di fluidi.

La Figura 50 presenta alcuni risultati della prospezione sismica 3D per l'area di Sesta, che parzialmente ricopre quella del Permesso "Castelnuovo". L'orizzonte riflettente H è chiaramente osservabile nella sezione 2D, inoltre il piano corrispondente all'"Orizzonte H" mostra delle anomalie che rivestono particolare interesse ai fini dell'esplorazione geotermica. Alcune perforazioni in prossimità dell'area del permesso di ricerca di "Castelnuovo" hanno già raggiunto tali obiettivi ottenendo produzione di fluidi geotermici per generazione geotermoelettrica.

²⁷ Bellani, S., Brogi, A., Lazzarotto, A., Liotta, D., Ranalli, G., 2004. Heat flow, deep temperatures and extensional structures in the Larderello geothermal field (Italy): constraints on geothermal fluid flow. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 132, 15–29.

²⁸ Barelli, A., Cappetti, G., & Stefani, G. (1995). Results of deep drilling in the Larderello-Travale/Radicondoli geothermal area. *Proceedings World Geothermal Congress*, 1275–1278.

Barelli A., Bertini G., Buonasorte G., Cappetti G. & Fiordalisi A. (2000). Recent deep exploration results at the margins of the Larderello Travale geothermal system. *Proceedings World Geothermal Congress 2000, Kyushu – Tohoku Japan, may 28 – June 10, 2000.*

²⁹ Casini, M., Ciuffi, S., Fiordalisi, A., Mazzotti, A. & Stucchi, E. (2010). Results of a 3D seismic survey at the Travale (Italy) test site. *Geothermics*, 39, 4-12.

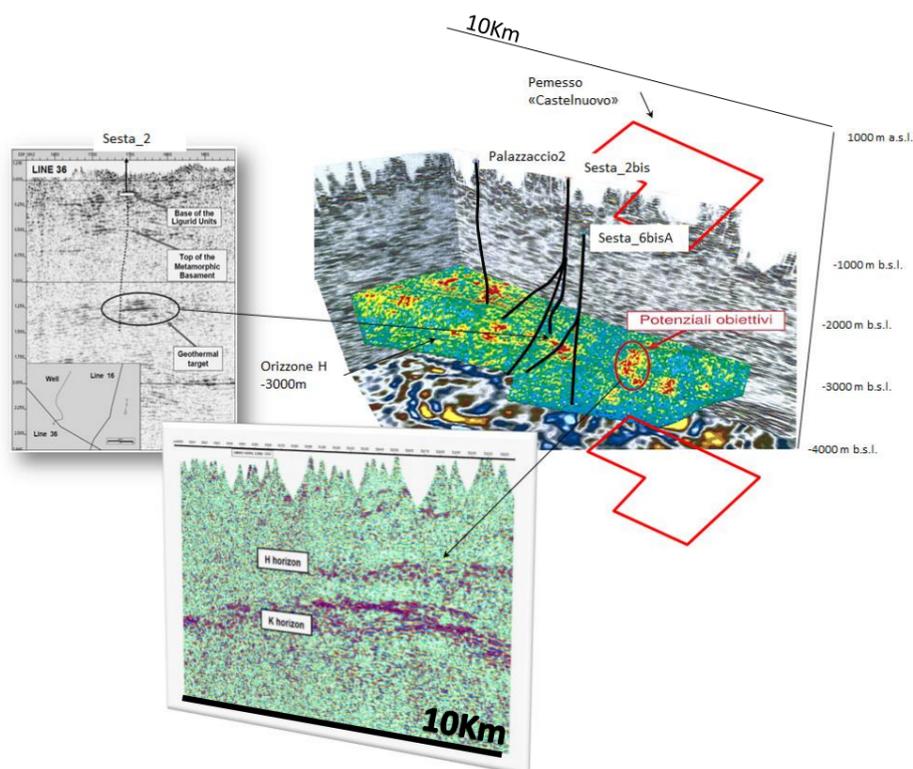


Figura 50: Ricostruzione dei risultati della prospezione sismica 3D per l'area del Permesso "Castelnuovo" (da "Relazione Geologica-Mineraria" di supporto al progetto, a cura di Magma Energy)

Con riferimento ai dati utili alla ricostruzione delle caratteristiche del serbatoio geotermico profondo, nel contesto dell'attività esplorativa condotta da Magma è stato realizzato un database di tutti i pozzi geotermici riportanti dati di temperatura. In Figura 51 è riportata la carta del gradiente geotermico calcolato sulla base dei pozzi geotermici che hanno raggiunto il basamento metamorfico a una profondità maggiore di 750 m. Dalla figura si può osservare come il Permesso "Castelnuovo" sia caratterizzato da un gradiente geotermico compreso tra 0.7 e 1.3°C/10m. Il gradiente mostra un trend crescente da NE verso SW con valori che superano 1°C/10m nella maggior parte dell'area del progetto pilota.

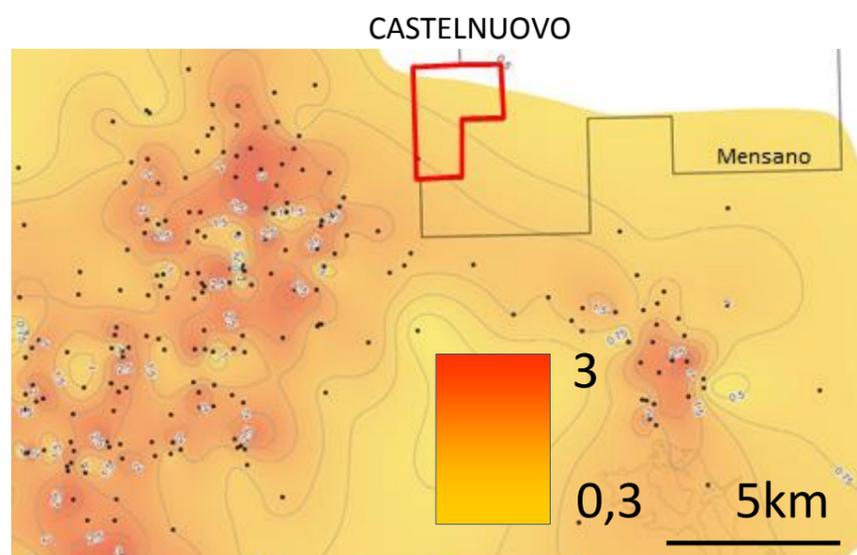


Figura 51: Carta del gradiente geotermico espresso in °C/10m con ubicazione dei pozzi analizzati (da "Relazione Geologica-Mineraria" di supporto al progetto, a cura di Magma Energy)

La carta del gradiente geotermico ha permesso di stimare la distribuzione della temperatura a differenti profondità e in Figura 52 sono riportate le temperature alle profondità di 1000, 2000 e 3000 m al di sotto del livello del mare. È possibile osservare che il permesso già alla profondità di 2000 m presenta condizioni di temperature superiori a 250°C nell'angolo SW. Temperature superiori sono previste a partire dalla profondità di 3000 m, dove i 300°C sono stati stimati ipotizzando un gradiente pari a 1°C/10m come attestato dalle misure nel pozzo Montecastelli1 (Figura 53).

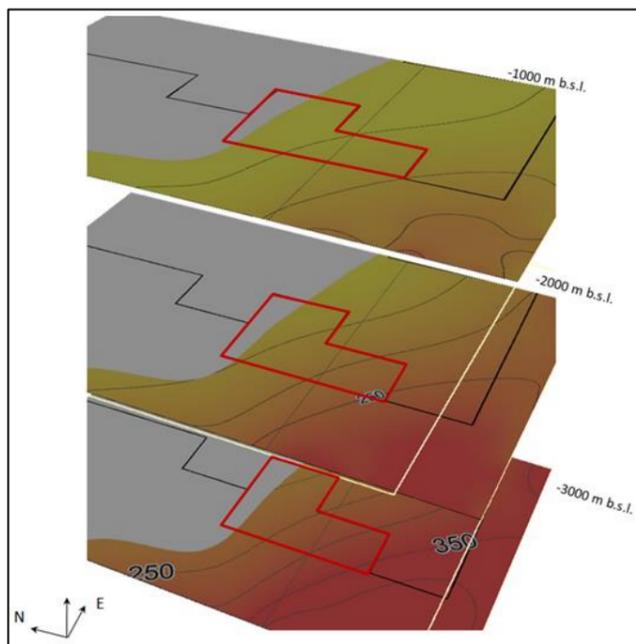


Figura 52: Distribuzione delle temperature al di sotto del Permesso “Castelnuovo” (da “Relazione Geologica-Mineraria” di supporto al progetto, a cura di Magma Energy)

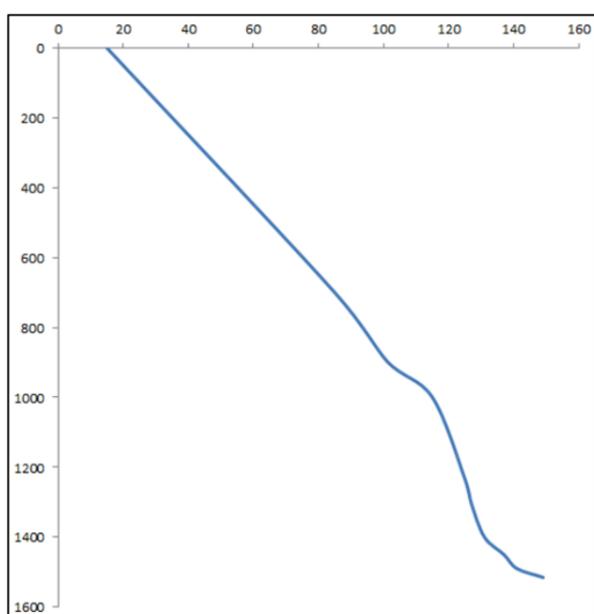


Figura 53: Profilo termico del pozzo Montecastelli1 (da “Relazione Geologica-Mineraria” di supporto al progetto, a cura di Magma Energy – Su dati Unmig)

Per quanto concerne il potenziale geotermico del Permesso “Castelnuovo”, questo è stato calcolato da Magma sulla base del metodo del volume³⁰, che esprime il calore complessivo come somma del calore nella roccia e nel fluido in funzione dei seguenti parametri (tra parentesi i dati utilizzati, reperiti da osservazioni dirette o da letteratura):

- Volume del serbatoio (30 km³);
- Porosità del serbatoio (0.02);
- Porosità efficace del serbatoio (0.01);
- Densità della roccia serbatoio (2800 kg/m³);
- Densità del fluido contenuto nel serbatoio (950 kg/m³);
- Calore specifico delle rocce del serbatoio (900 J/(kg K));
- Calore specifico del fluido contenuto nel serbatoio (1840 J/(kg K));
- Temperatura del serbatoio (175-450°C);
- Temperatura di riferimento (15°C).

Nel calcolo è stato considerato un volume del serbatoio dato dalla superficie del permesso per uno spessore di 4000 m, limitato superiormente dalla profondità media a cui si osserva il top del basamento metamorfico (2000 m al di sotto del livello del mare) e inferiormente dalla profondità dell'orizzonte K nella zona di interesse (6000 m al di sotto del livello del mare).

Le temperature sono state calcolate suddividendo il serbatoio in 4 strati (Figura 54), a loro volta suddivisi in sub-volumi sulla base della distribuzione delle temperature alle differenti profondità di riferimento, la cui sommatoria fornisce il potenziale geotermico.

Il potenziale geotermico calcolato per il Permesso “Castelnuovo” è riportato nella seguente Tabella 41.

Tabella 41: Potenziale geotermico espresso in MWh termici del Permesso “Castelnuovo” (da “Relazione Geologica-Mineraria” di supporto al progetto, a cura di Magma Energy)

³⁰ ENEA (1993) – Inventario delle risorse geotermiche nazionali – Valutazione del potenziale geotermico.



IPOTESI DI SERBATOIO 2500-4000 (ENEA, 1993)		IPOTESI DI SERBATOIO 2000-6000 (ENEA, 1993)	
E. Ter. (por=0) [MWh]	1.15E+09	E. Ter. (por=0) [MWh]	5.79E+09
E. Ter. Roccia [MWh]	1.12E+09	E. Ter. Roccia [MWh]	1.37E+19
E. Ter. Fluido [MWh]	1.45E+07	E. Ter. Fluido [MWh]	1.75E+17
E. Ter. Roccia+Fluido [MWh]	1.14E+09	E. Ter. Roccia+Fluido [MWh]	1.39E+19
Energia termica a boccapozzo [MWh]	2.85E+07	Energia termica a boccapozzo [MWh]	1.44E+08

L'energia immagazzinata nel sottosuolo del Permesso "Castelnuovo" estraibile a boccapozzo è stata pertanto stimata in $2.85 \cdot 10^7$ MWht per la parte di serbatoio compresa tra 3000 e 4000 m e in $1.44 \cdot 10^8$ MWht considerando l'intero spessore di serbatoio tra 2000 e 6000 m.

Con la relazione di Doveri et al.³¹ (cfr.) è stata inoltre stimata la portata di fluido estraibile (Figura 55), dalla quale è stata ricavata la potenza elettrica installabile sull'intero permesso "Castelnuovo", riportata in Tabella 42.

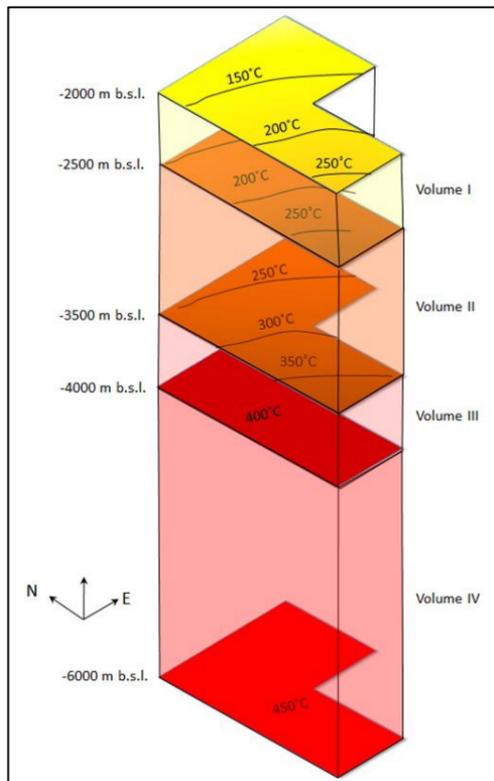


Figura 54: Distribuzione delle temperature alle diverse profondità considerata nel calcolo del potenziale geotermico del Permesso "Castelnuovo" (da "Relazione Geologica-Mineraria" di supporto al progetto, a cura di Magma Energy)

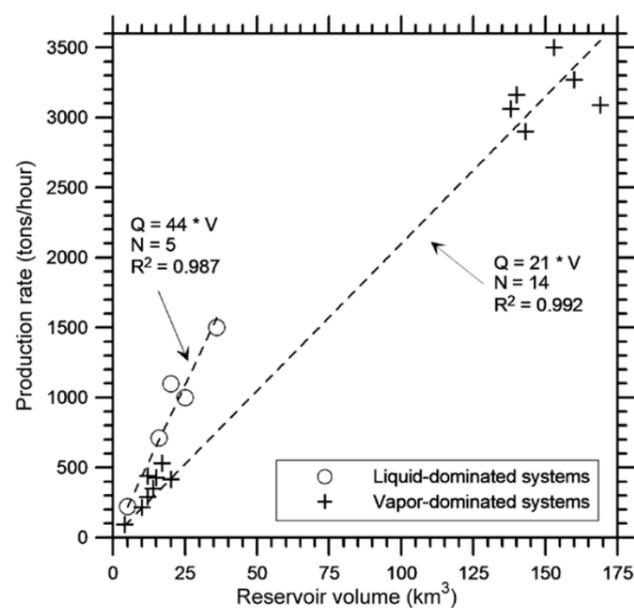


Figura 55: Relazione tra volume del serbatoio e portata di fluido estraibile (Doveri et al., 2010)

Tabella 42: Potenziale geotermico espresso in MWh elettrici del Permesso "Castelnuovo" (da "Relazione Geologica-Mineraria" di supporto al progetto, a cura di Magma Energy)

³¹ Doveri, M., Lelli, M., Marini, L., & Raco, B. (2010). Revision, calibration, and application of the volume method to evaluate the geothermal potential of some recent volcanic areas of Latium, Italy. *Geothermics*, 39(3), 260–269. doi:10.1016/j.geothermics.2010.06.002



IPOTESI DI SERBATOIO 2500-4000 (Doveri & al., 2010)			
Volume [km ³]	11.3		
Portata [t/h]	201.5		
Portata [kg/s]	56.0		
Temperatura [°C]	200	250	300
Potenza [MWt]	41.0	52.7	64.4
Potenza elettrica installabile [MWe]	6.2	7.9	9.7
Tempo di produzione [anni]	79	62	50
IPOTESI DI SERBATOIO 2000-6000 (Doveri & al., 2010)			
Volume [km ³]	30.0		
Portata [t/h]	630.1		
Portata [kg/s]	175.0		
Temperatura [°C]	200	250	300
Potenza [MWt]	128.2	164.9	201.5
Potenza elettrica installabile [MWe]	19.2	24.7	30.2
Tempo di produzione [anni]	128	100	81

Le portate necessarie a installare la potenza di progetto, pari a 5MWe netti sono state stimate in funzione della temperatura come riportato nella seguente Tabella 43.

Tabella 43: Stima delle portate per produrre 5 MWe netti con fluido geotermico in fase vapore (da “Relazione Geologica-Mineraria” di supporto al progetto, a cura di Magma Energy)

Portate stimate per la produzione di 5MWe _{netti}		
ΔT (°C)	Q (kg/s)	Q (t/h)
120	16.3	58.7
170	16.2	58.3
220	16.6	59.8

Per quanto riguarda le caratteristiche chimico-fisiche del fluido geotermico, si è fatto riferimento ai dati disponibili sul chimismo dei fluidi reperiti nel limitrofo campo di Sesta il quale, come già evidenziato, è stato oggetto di varie perforazioni geotermiche finalizzate all'esplorazione e alla produzione.

I dati disponibili (cfr. Tabella 44, fonte: Portale del Sistema Informativo Regionale dell'Ambiente della Toscana) indicano la presenza di vapore con presenza di gas incondensabili, che rappresentano circa l'8% in peso del fluido geotermico. Si tratta essenzialmente di anidride carbonica con circa il 95 %, con presenza di metano, azoto e idrogeno, questi ultimi in basse concentrazioni (meno dell'1%). L'idrogeno solforato è di norma presente in concentrazioni che possono arrivare all'1-2% della composizione del gas.

Tabella 44: Chimismo dei fluidi geotermici

Centrale	Carico al momento dei controlli	Portata fluido di alimentazione	Portata torre	Prelievo da	Date prelievi
SESTA 1	12,5 MW	91,5 t/h	702000 Nm ³ /h	torre	24-26.02.2003

Parametri normati

Acido Solfidrico		Arsenico (come sale nel drift)		Mercurio (come sale nel drift)		Anidride Carbonica	
Flusso di massa g/h	Conc. mg/Nm ³	Flusso di massa g/h	Conc. mg/Nm ³	Flusso di massa g/h	Conc. mg/Nm ³	Flusso di massa g/h	Conc. mg/Nm ³
128100	18,2	0,041	5,9 E-06	0,0016	2,2 E-07	6,2 E +06	885,9

Parametri non normati

Ammoniaca		Arsenico e suoi composti		Antimonio e suoi composti		Selenio e suoi composti	
Flusso di massa g/h	Conc. mg/Nm ³	Flusso di massa g/h	Conc. mg/Nm ³	Flusso di massa g/h	Conc. mg/Nm ³	Flusso di massa g/h	Conc. mg/Nm ³
26700	3,8	1,3	1,8 E-04	< 0,28	< 4,0 E-05	< 0,28	< 4,0 E-05
Mercurio e suoi composti		Cadmio e suoi composti		Cromo totale e suoi composti		Manganese e suoi composti	
5,37	7,7 E-04	<0,0003	<5,6 E-08	< 0,0008	< 1,1 E-07	0,023	3,3 E-06
Nichel e suoi composti		Piombo e suoi composti		Rame e suoi composti		Vanadio e suoi composti	
0,004	5,5 E-07	< 0,003	< 4,4 E-07	0,004	5,5 E-07	< 0,0003	< 5,5 E-06

Altri parametri

Acido Borico		Anidride carbonica		Metano		Ossido di carbonio	
Flusso di massa g/h	Conc. mg/Nm ³	Flusso di massa g/h	Conc. mg/Nm ³	Flusso di massa g/h	Conc. mg/Nm ³	Flusso di massa g/h	Conc. mg/Nm ³
156	0,022	-	-	28, E 03	4,1	52	7,4 E -03

Sulla base dei dati a disposizione, la zona di interesse per la produzione si colloca nel settore meridionale del Permesso “Castelnuovo”, in una fascia posta circa 800 a E del pozzo Montecastelli 1. Il principale obiettivo geotermico si colloca tra i 3000 e i 4000 m di profondità all'interno del basamento metamorfico. In questa fascia sono stati individuati livelli produttivi sia grazie al pozzo Sesta 6bisA, sia grazie all'analisi dei dati sismici 2D e 3D. Inoltre, i dati di temperatura osservati nei pozzi Montecastelli 1, Sesta 6bis e Sesta 6bisA hanno permesso anche di stimare la distribuzione delle temperature a diverse profondità e di localizzare la porzione del Permesso “Castelnuovo” dove si prevedono le temperature più elevate. Il settore sud possiede un gradiente geotermico di 1°C/10m che permetterebbe di raggiungere temperature anche maggiori di 300°C alle profondità individuate come obiettivo geotermico. Questo settore è caratterizzato anche da un'importante struttura geologica composta da faglie anastomizzate orientate SW-NE, subverticali e trascorrenti la cui attività recente, accertata mediante rilievi strutturali di dettaglio, viene considerata favorevole per sostenere condizioni di sufficiente permeabilità in profondità, soprattutto laddove tale struttura interseca le strutture principali orientate SE-NW.

Per garantire la produzione di fluido geotermico necessaria per alimentare l'impianto in progetto, si prevede la realizzazione di 2 pozzi di produzione spinti alla profondità di circa 3500 m. Il primo pozzo sarà realizzato a geometria verticale, il secondo, invece, a partire da una profondità di circa 400 m, sarà deviato di 16° sulla verticale con azimuth 220° in modo da intersecare le strutture sopra menzionate e raggiungere una profondità di 3500 m.

La re-iniezione è stata prevista in modo da evitare influenze termiche legate alla re-immissione del fluido. In particolare, è prevista la realizzazione di 1 pozzo dalla stessa postazione dei pozzi di produzione, ma con geometria deviata verso N-NE in modo da raggiungere il basamento metamorfico a una profondità di circa 3000 m e a una distanza dai pozzi di produzione tale da evitare influenze legate alla re-iniezione del fluido nella stessa formazione di prelievo.

Sulla base del modello geologico del settore in esame (cfr.

Figura 48) sono state ricavate le stratigrafie delle perforazioni dei pozzi di produzione (CAS-P1 e CAS-P2) e di re-iniezione (CAS-I), riportate nella Figura 56. La Figura 57 riporta invece l'andamento in 3D dei profili dei pozzi.



CAS-P1		CAS-P2		CAS-I	
0-150	Neogene	0-150	Neogene	0-150	Neogene
150-650	Complesso Ofiolitifero	150-650	Complesso Ofiolitifero	150-650	Complesso Ofiolitifero
650-1100	Unità di Monteverdi	650-1100	Unità di Monteverdi	650-1100	Unità di Monteverdi
1100-1550	Anidriti di Burano	1100-1600	Anidriti di Burano	1100-1750	Anidriti di Burano
1550-1750	Verrucano	1600-1800	Verrucano	1750-1950	Verrucano
1750-F.P.	Complesso Metamorfico	1800-F.P.	Complesso Metamorfico	1950-F.P.	Complesso Metamorfico

Figura 56: Stratigrafia attesa sulle postazioni di produzione e di re-iniezione (da "Relazione Geologica-Mineraria" di supporto al progetto, a cura di Magma Energy)

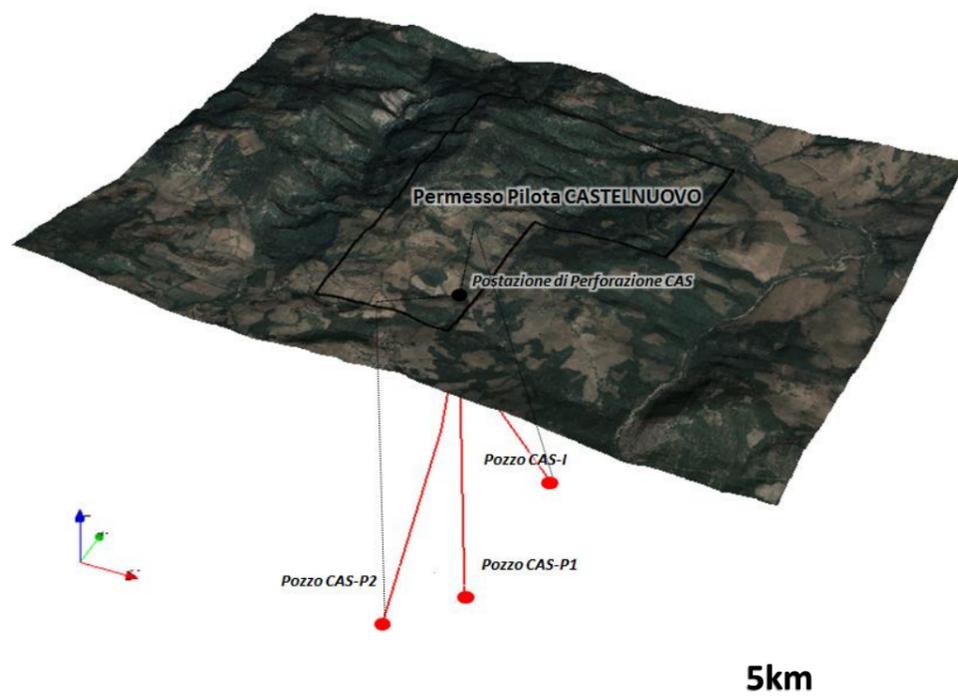


Figura 57: Vista in 3D dei profili dei pozzi di produzione e di re-iniezione (da "Relazione Geologica-Mineraria" di supporto al progetto, a cura di Magma Energy)

Nella seguente Figura 58 si riporta la sequenza stratigrafica del Permesso "Castelnuovo" (cfr.) integrata con le unità geotermiche individuate con la caratterizzazione geotermica del settore di interesse.

Simbolo	Complesso geologico	Unità tettonica	Unità geotermica
	Sedimenti Pliocenici	Unità neoautoctone	Formazioni di Copertura
	Sedimenti Miocenici		
	Complesso Ofiolitifero: Argille a Palombini	Unità alloctone	
	Complesso Ofiolitifero: Ofioliti		
	Flysch di Monteverdi Marittimo		
	Anidriti di Burano	Unità autoctone	Potenziale serbatoio
	Verrucano e Complesso a Scaglie		
	Basamento Metamorfico		

Figura 58: Sequenza stratigrafica e unità geotermiche del Permesso "Castelnuovo" (da "Relazione Geologica-Mineraria" di supporto al progetto, a cura di Magma Energy)

I potenziali serbatoi geotermici sono pertanto i seguenti (dall'alto verso il basso):

- il primo serbatoio, localizzato nelle rocce evaporitiche mesozoiche della Formazione delle Anidriti di Burano, a profondità comprese all'incirca tra 1200 m e 1600 m;
- il secondo serbatoio, localizzato nelle rocce del basamento metamorfico, a profondità comprese tra 2500 m e 4000 m circa.

I fluidi geotermici sono costituiti prevalentemente da vapore con pressione di strato dell'ordine di 50-60 bar.

Nella seguente Figura 59 è rappresentato il modello concettuale del sistema geotermico del Permesso "Castelnuovo" con la posizione dei pozzi di produzione e di re-iniezione. La Figura 60 riporta la sezione del modello geotermico lungo la traccia dei pozzi.

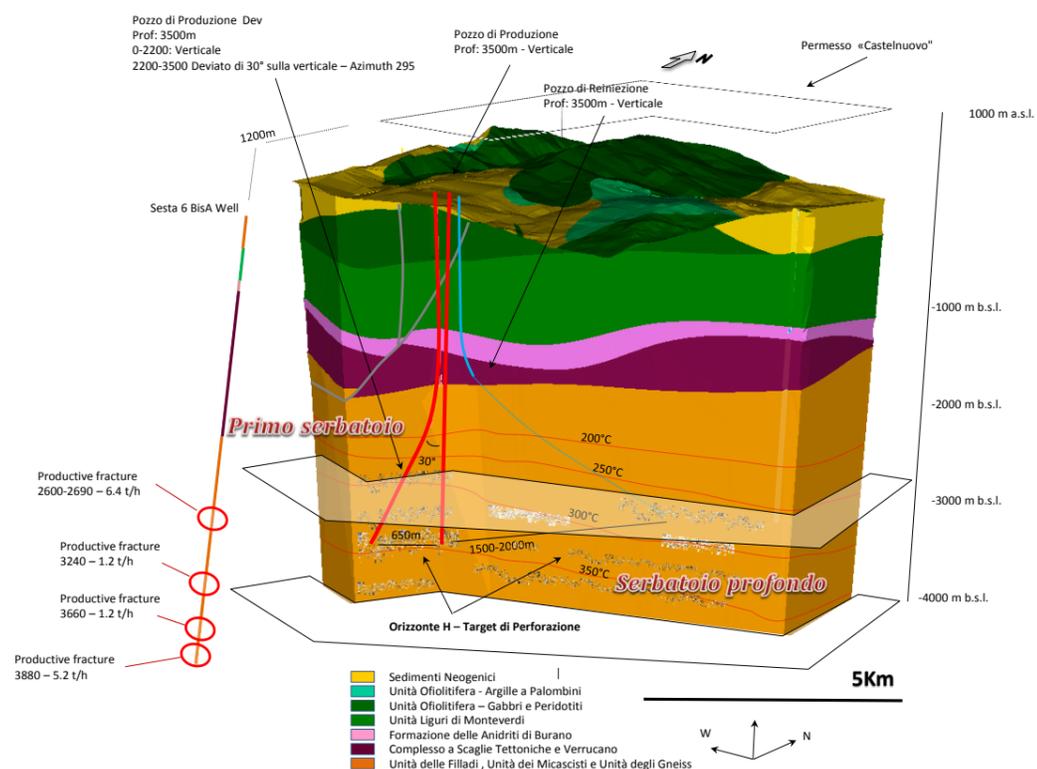


Figura 59: Modello concettuale geotermico del Permesso "Castelnuovo" con ubicazione dei pozzi di produzione e di re-iniezione (da "Relazione Geologica-Mineraria" di supporto al progetto, a cura di Magma Energy)

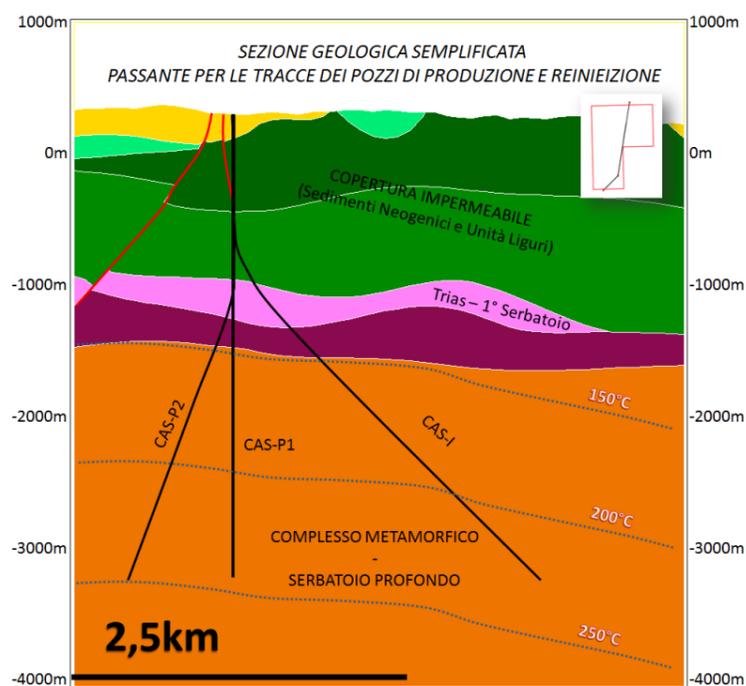


Figura 60: Sezione del modello geotermico lungo la traccia dei pozzi di produzione e di re-iniezione (da "Relazione Geologica-Mineraria" di supporto al progetto, a cura di Magma Energy)

4.5.1.2 Inquadramento sismico

Sismicità dell'area in studio

Per la caratterizzazione della sismicità dell'area in studio si è fatto principalmente riferimento ai dati disponibili dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

In particolare, sono state consultate le seguenti banche dati:

- Database Macrosismico Italiano, versione 2011 (DBMI11) – INGV - a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (dati dal 1900 al 2006);
- Database parametrico e strumentale della sismicità italiana - ISIDE (*Italian Seismic Instrumental and parametric Data-basE*) – INGV (dati dal 1985 ad oggi);
- Catalogo delle faglie capaci - ITHACA (*ITaly HAZard from CAPable faults*) - Servizio Geologico d'Italia – ISPRA;
- Catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane DISS (*Database of Individual Seimogenic Sources*) – INGV;
- Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'OPCM 3274 del 20 marzo 2003 - Rapporto conclusivo – INGV, 2004;
- Visualizzatore del Portale del Servizio Geologico d'Italia.



SIA IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTELNUOVO

Storia sismica di Castelnuovo di Val di Cecina [43.208, 10.906]



Numero di eventi: 9

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
NF	1887 11 14 05:48	Fiorentino	101	6 4.54 ±0.13
3	1895 05 18 19:55	Fiorentino	401	8 5.43 ±0.08
NF	1906 04 21 06:35	VAL D'ELSA	50	5-6 4.50 ±0.39
4	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8 5.37 ±0.10
NF	1911 09 13 22:29	Chianti	115	7 5.19 ±0.14
2	1984 05 07 17:49	Appennino abruzzese	912	8 5.89 ±0.09
NF	1984 05 11 10:41	Appennino abruzzese	342	5.50 ±0.09
NF	1987 01 22 05:10	LIVORNO	157	5-6 4.40 ±0.16
4-5	1998 05 20 11:07	Colline metallifere	31	4-5 4.20 ±0.17

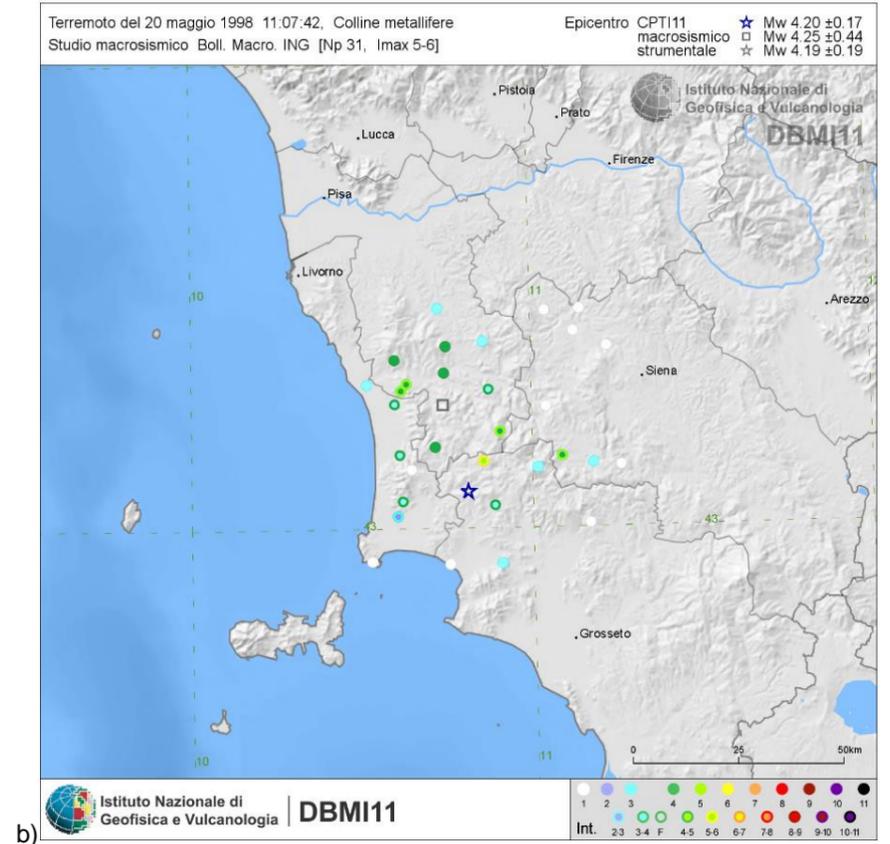
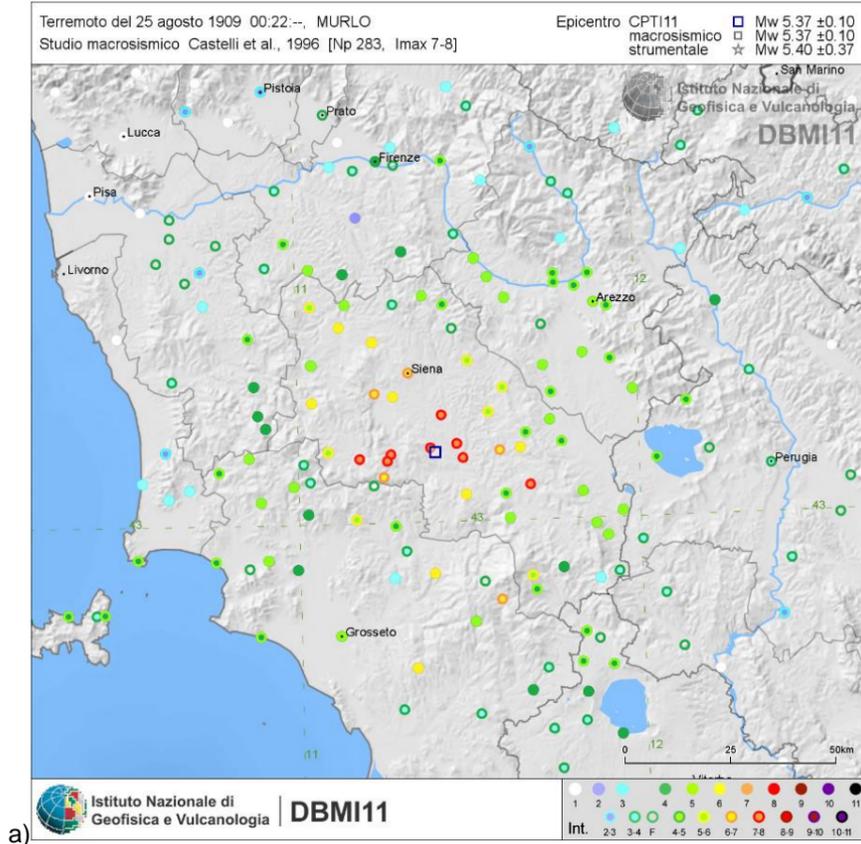
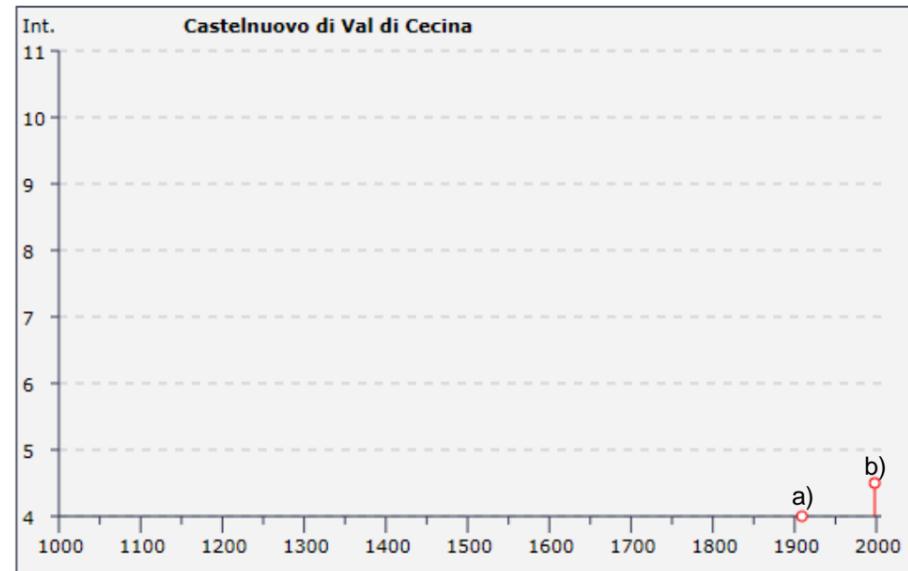


Figura 61: Database macrosismico italiano (estratto relativo a Castelnuovo di Val di Cecina)

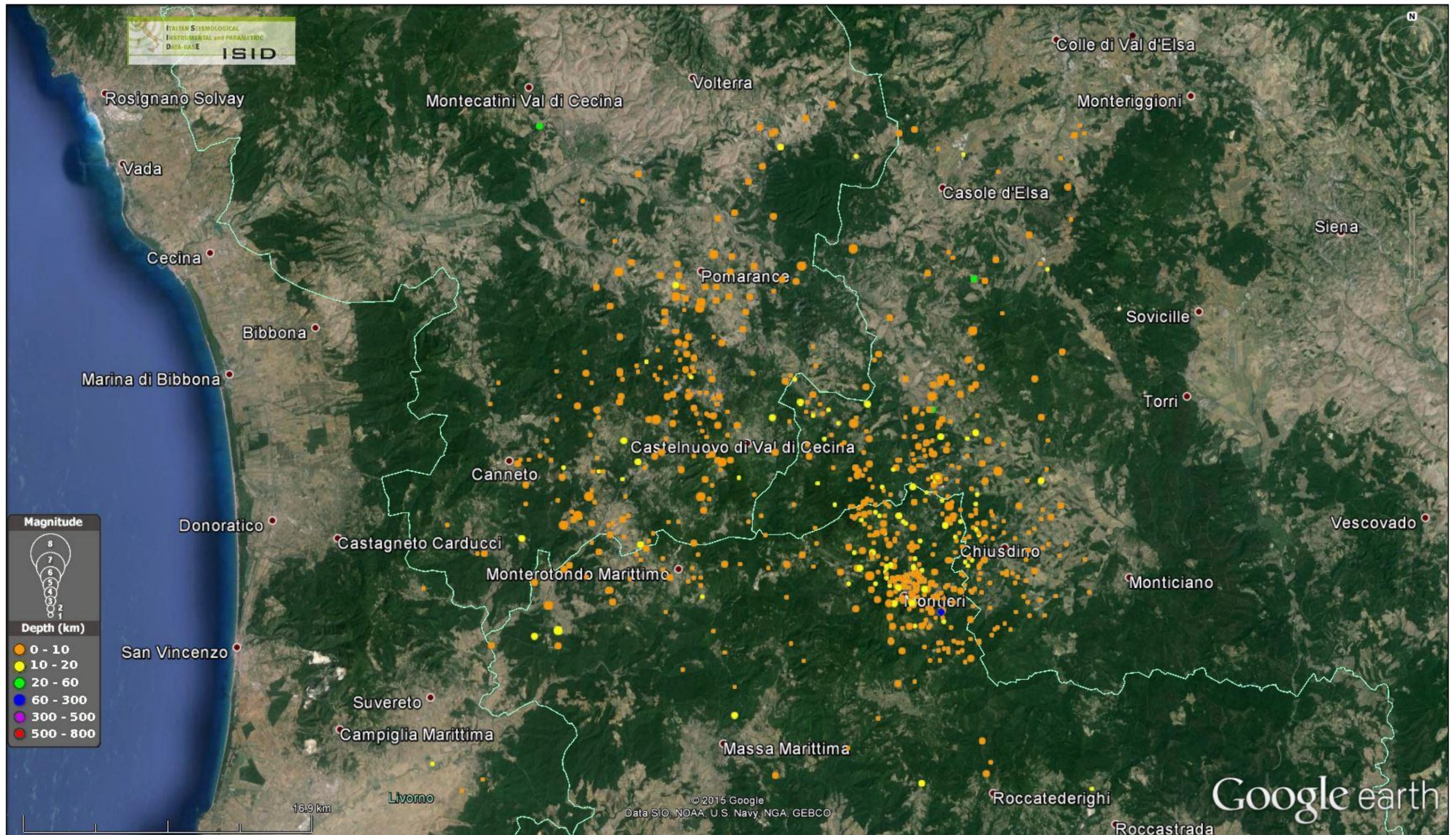


Figura 62: Database parametrico e strumentale della sismicità italiana (estratto relativo a un areale di 20 km da Castelnuovo)

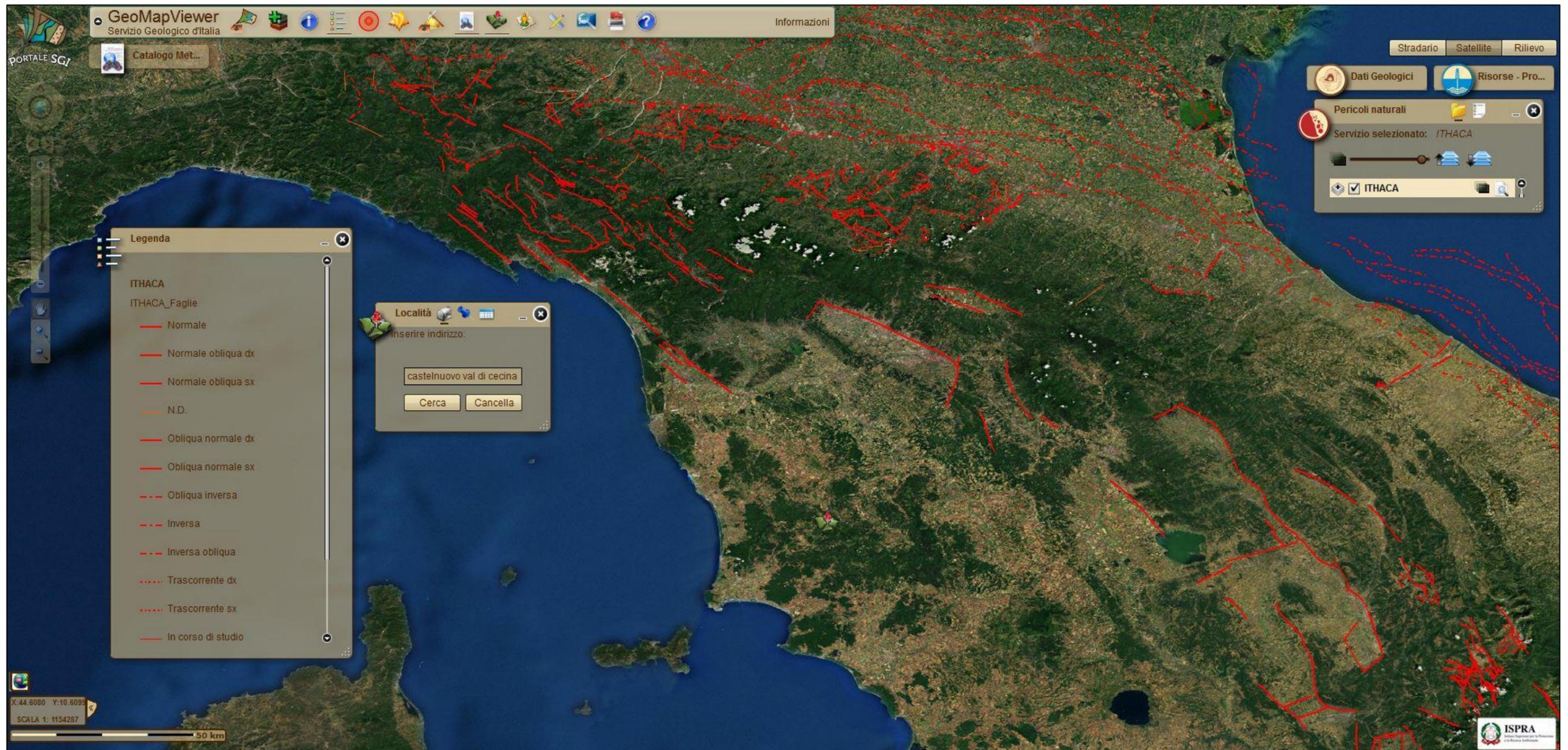


Figura 63: Catalogo delle faglie capaci (estratto relativo all'ambito regionale in studio)

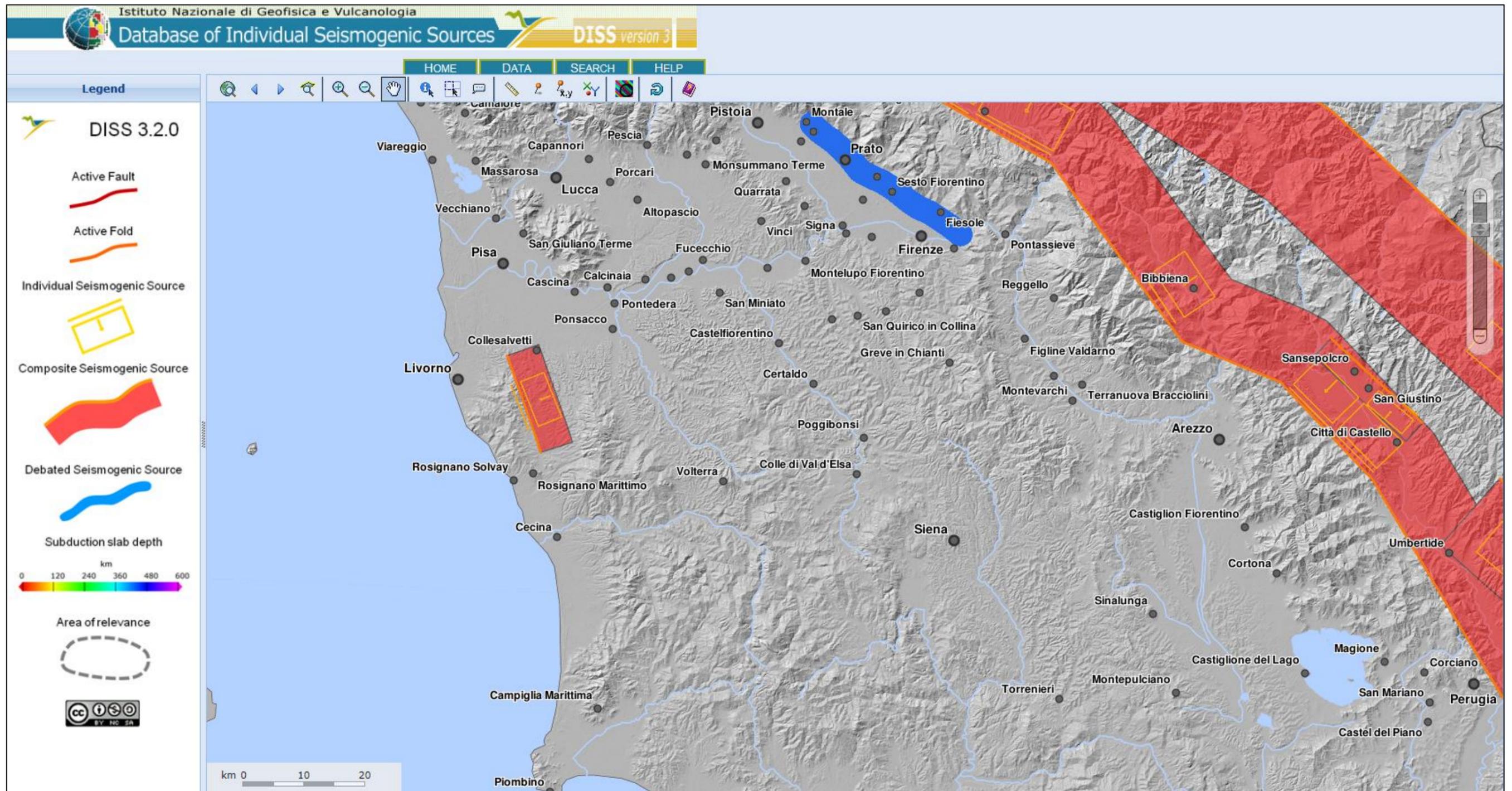


Figura 64: Catalogo delle sorgenti sismogenetiche (estratto relativo all'area in esame)

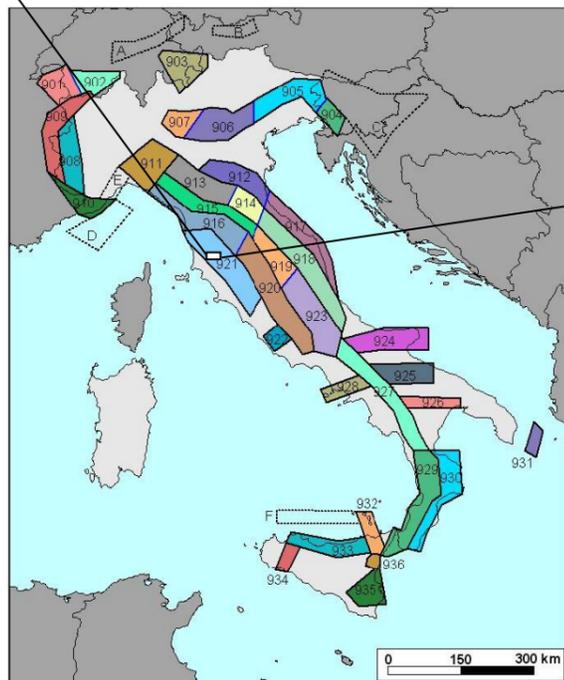
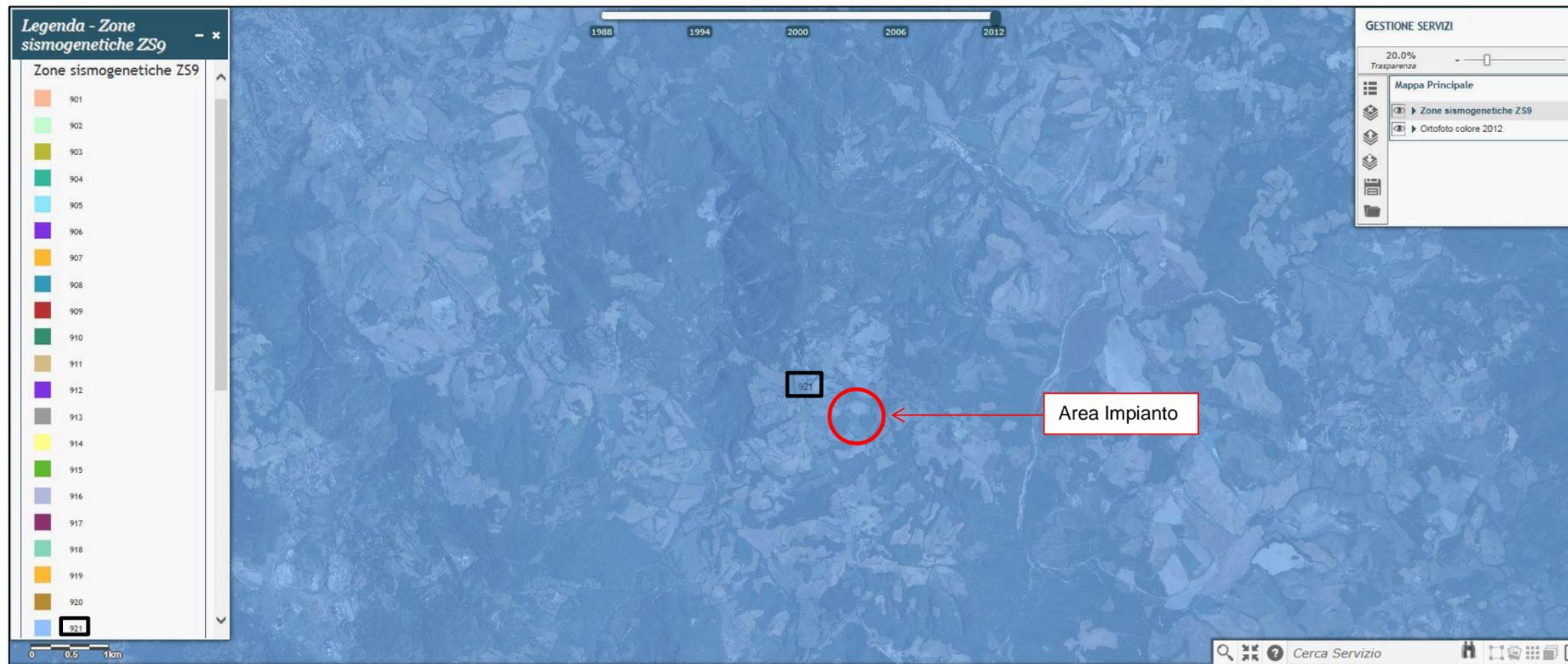


Figura 65: Zonazione sismogenetica ZS9 (estratti da: Rapporto conclusivo della redazione della mappa di pericolosità sismica dell'INGV e GeoMapViewer del Servizio Geologico d'Italia)

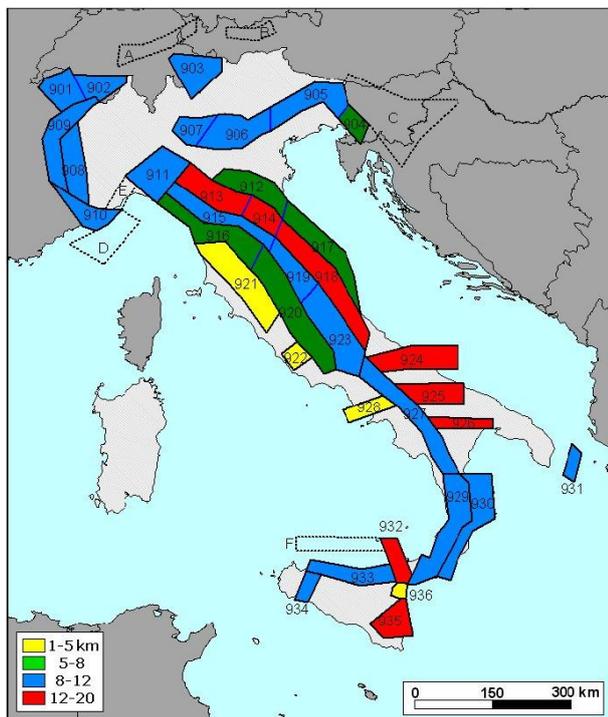


Figura 66: Zonazione sismogenetica ZS9 – Classi di profondità efficace (estratto dal Rapporto conclusivo della redazione della mappa di pericolosità sismica)

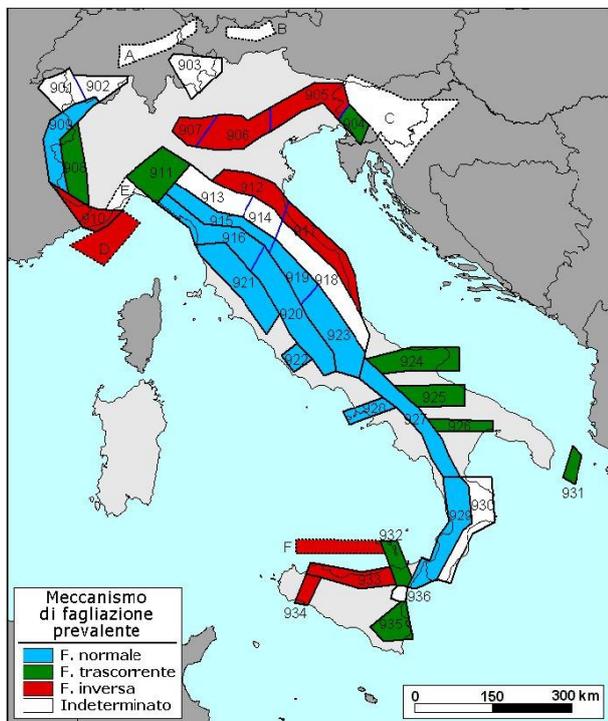


Figura 67: Zonazione sismogenetica ZS9 – Meccanismo di fagliazione prevalente atteso (estratto dal Rapporto conclusivo della redazione della mappa di pericolosità sismica)



SIA IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTELNUOVO

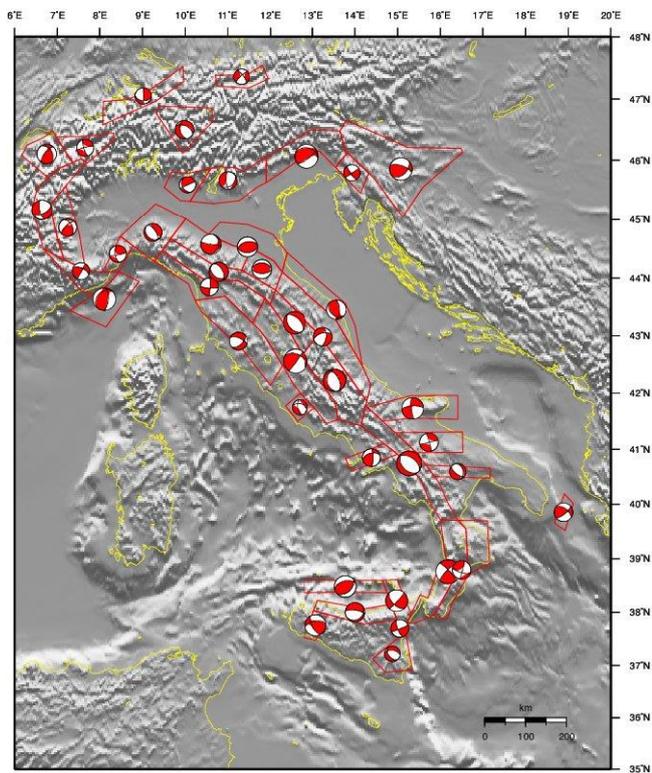


Figura 68: Zonazione sismogenetica ZS9 – Meccanismi focali medi (estratto dal Rapporto conclusivo della redazione della mappa di pericolosità sismica)

Tabella 45: Valori di magnitudo di momento massima

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	DISS2 MwMax	CPTI2 MwMax	CPTI2 MwMax (classe)	CPTI2 completo 04.2	Az1	Mw Max1	Az2	Mw Max2
Savoia	901		5.79	5.68	5.68	+1(a)	5.91	+2(d)	6.14
Vallese	902		6.10	6.14	6.14		6.14		6.14
Grignoni-Valtellina	903		5.79	5.68	5.22	+3(b)	5.91	+4(d)	6.14
Trieste -Monte Nevoso	904		5.71	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Friuli -Veneto Orientale	905	6.4	6.66	6.60	6.60		6.60		6.60
Garda-Veronese	906	6.2	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60
Bergamasco	907	5.9	5.67	5.68	5.68	G	5.91	+2(d)	6.14
Piemonte	908		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Alpi Occidentali	909		5.54	5.45	5.45	+1(a)	5.68	+3(d)	6.14
Nizza-Sanremo	910	6.3	6.29	6.37	6.37		6.37		6.37
Tortona-Bobbio	911		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Dorsale Ferrarese	912	6.2	5.88	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14
Appennino Emiliano-Romagn.	913		5.85	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Forlivese	914		5.97	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Garfagnana-Mugello	915	6.4	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60
Versilia-Chianti	916		5.52	5.45	5.45	+1(c)	5.68	+3(d)	6.14
Rimini-Ancona	917	6.1	5.94	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzz.	918		6.23	6.14	6.14	+1(a)	6.37	+1(a)	6.37
Appennino Umbro	919	6.0	6.33	6.37	6.37		6.37		6.37
Val di Chiana-Ciociaria	920		5.57	5.68	5.45	+1(b)	5.68	+3(d)	6.14
Etruria	921		5.91	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Colli Albani	922		5.53	5.45	5.45		5.45		5.45
Appennino Abruzzese	923	6.7	6.99	7.06	7.06		7.06		7.06
Molise-Gargano	924	6.7	6.73	6.83	6.83		6.83		6.83
Ofanto	925		6.72	6.83	6.83		6.83		6.83
Basento	926	5.8	5.84	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Sannio-Irpinia -Basilicata	927	6.8	6.96	7.06	7.06		7.06		7.06
Ischia-Vesuvio	928		5.78	5.68	5.68	+1(a)	5.91	+1(a)	5.91
Calabria Tirrenica	929	7.0	7.24	7.29	7.29		7.29		7.29
Calabria Ionica	930	6.0	6.60	6.60	6.60		6.60		6.60
Canale d'Otranto	931		6.90	6.83	6.83		6.83		6.83
Eolie-Patti	932	6.1	6.06	6.14	6.14		6.14		6.14
Sicilia settentrionale	933		5.89	5.91	5.91	+1(c)	6.14	+1(c)	6.14
Belice	934		6.12	6.14	6.14		6.14		6.14
Iblei	935		7.41	7.29	7.29		7.29		7.29
Etna	936		5.30	5.22	5.22	+1(a)	5.45	+1(a)	5.45

a = aumento di 1 classe per convenzione (i) (arrotondamento alla classe superiore);
b = aumento per convenzione (ii) (adozione dell'evento massimo osservato anche se al di fuori del periodo di completezza);
c = aumento per motivazioni particolari
d = aumento fino alla classe 6.14 per ragioni di maggiore cautela
G = aumento per adeguamento al dato geologico di DISS2.



Sulla base delle banche dati consultate, in sintesi, risulta quanto segue:

- la storia sismica di Castelnuovo di Val di Cecina è caratterizzata da 9 eventi, di cui 2 con intensità uguali o superiori al 4 grado della scala MCS (Figura 61);
- gli eventi registrati dalla rete strumentale dell'INGV (considerando un areale di 20 km da Castelnuovo di Val di Cecina) ammontano a 716, con magnitudo comprese tra 0.4 ML e 3.8 Md³² (Figura 62);
- l'area in esame non interessa faglie capaci (Figura 63) e singole sorgenti sismogenetiche (Figura 64);
- l'area in esame è compresa nella zona sismogenetica 921, denominata "Etruria" (Figura 65);
- gli eventi attesi per la suddetta zona sismogenetica hanno una profondità efficace³³ compresa tra 1-5 km (Figura 66);
- il meccanismo prevalente di fagliazione per la zona sismogenetica 921 è di tipo normale (Figura 67), con meccanismi focali prevalentemente distensivi (Figura 68);
- la magnitudo di momento massima ($M_{w,max}$) associata alla zona sismogenetica 921 risulta pari a 6.14 (Tabella 45).

Classificazione sismica

Per l'inquadramento dell'area in esame nella normativa sismica vigente si è fatto riferimento alla classificazione sismica del territorio nazionale ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) n. 3274 del 20 marzo 2003 - *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*.

La suddetta normativa individua le seguenti zone sismiche (da un punto di vista amministrativo):

- Zona 1, zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti eventi sismici;
- Zona 2, nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti;
- Zona 3, i comuni compresi in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti;
- Zona 4, zona meno pericolosa, nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.

L'OPCM 3274/2003 è stata successivamente aggiornata con l'OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006 - *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*.

Lo studio di pericolosità allegato all'OPCM 3519/2006 ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche (Tabella 46).

³² Quando non è disponibile una magnitudo locale, perché l'evento non è stato registrato da stazioni a larga banda a tre componenti, è calcolata la magnitudo di stazione da durata Md secondo la relazione (Di Sanza, Console):

$$Md = 2 * \log_{10}(dur + ed * 0.082) - 0.87$$

valida per distanze epicentro-stazione inferiori a 600 chilometri, dove "dur" è la durata del segnale sismico alla stazione e "ed" è la distanza epicentro-stazione.

³³ La profondità efficace è stata identificata con la profondità corrispondente alla moda principale della distribuzione di frequenza degli eventi sismici, tale profondità equivale a quella alla quale avviene il maggior numero di terremoti che determina la pericolosità della zona sismogenetica.



Tabella 46: Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0,25$
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$
4	$a_g \leq 0,05$

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

L'aggiornamento e l'adeguamento a livello regionale dell'elenco delle zone sismiche di cui all'OPCM 3519/2006 è stato ottemperato dalla Regione Toscana mediante l'emanazione della Deliberazione della Giunta Regionale (DGR) n. 421 del 26 maggio 2014.

Il territorio comunale di Castelnuovo di Val di Cecina, secondo l'OPCM 3519/2006 e la DGR n. 421 del 26 maggio 2014, rientra in zona sismica 3 (Tabella 47 e Figura 69).

Tabella 47: Classificazione sismica del comune di Castelnuovo di Val di Cecina

Regione	Provincia	Cod_Istat	Denominazione	Classificazione 2015
Toscana	Pisa	50011	Castelnuovo di Val di Cecina	3

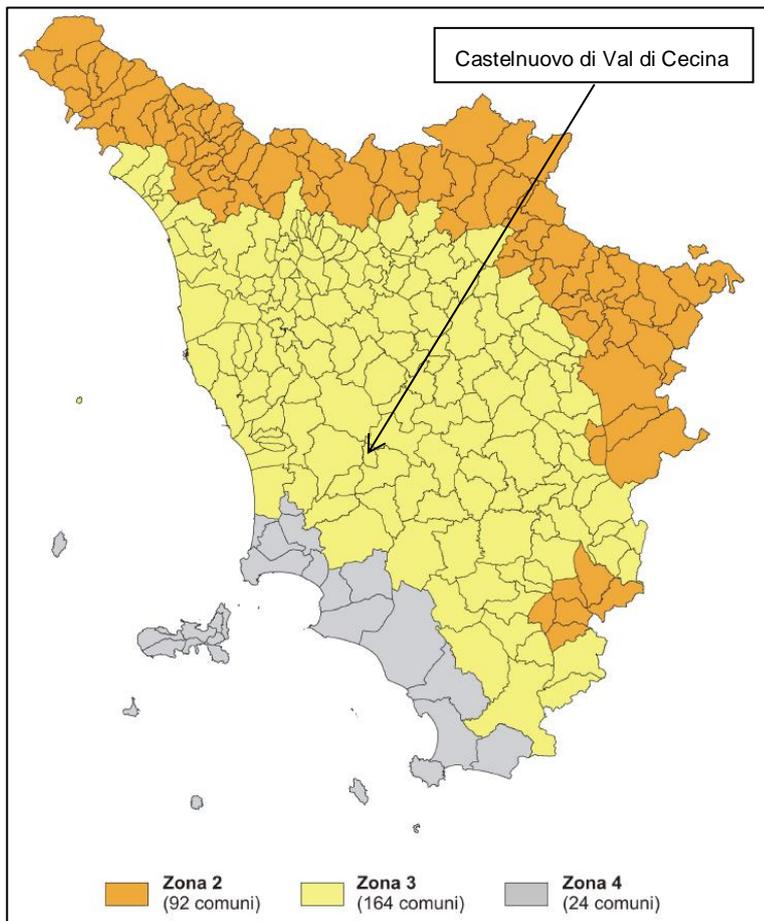


Figura 69: Mappa della classificazione sismica della Toscana

Rete sismica

Nella presente sezione del SIA viene fornita una panoramica delle stazioni sismiche presenti nell'intorno dell'area in esame.

A tal fine è stato consultato il già citato Database parametrico e strumentale della sismicità italiana (ISIDe).

ISIDe pubblica infatti i parametri ipocentrali forniti in tempo quasi-reale dal servizio di sorveglianza sismica, effettuato presso la sede di Roma dell'INGV, insieme con le localizzazioni del Bollettino Sismico Italiano, che sono il risultato della revisione giornaliera dei dati effettuata dagli analisti del Centro Nazionale Terremoti (CNT). I segnali sismici e le fasi analizzate provengono per la massima parte dalla Rete Sismica Nazionale (RSN), la quale conta oltre 300 punti di osservazione. La gran parte di queste stazioni è stata installata e viene gestita dal CNT, ma un numero considerevole di sismometri che contribuiscono alle localizzazioni è stato installato e viene mantenuto da altri dipartimenti dell'INGV o da altre istituzioni italiane o europee.

Nel seguito si riportano l'ubicazione (Figura 70) e le caratteristiche (Tabella 48) delle stazioni sismiche presenti in un areale di 60 km da Castelnuovo di Val di Cecina.

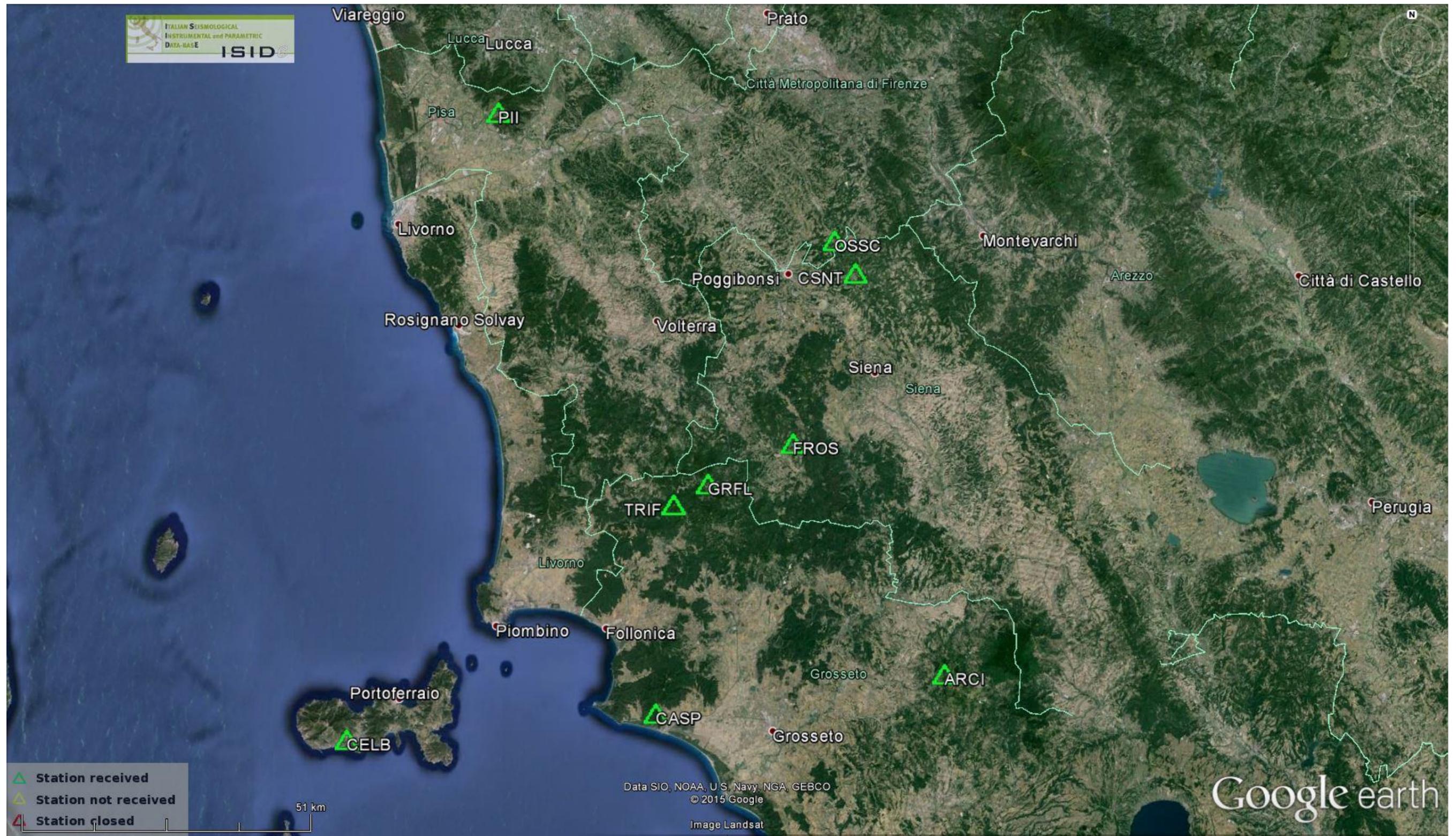


Figura 70: Ubicazione delle stazioni della rete di sorveglianza sismica nazionale presenti nell'area in esame



Tabella 48: Stazioni della rete di sorveglianza sismica nazionale

Codice identificativo	Nome	Latitudine	Longitudine	Altitudine	Rete di appartenenza	Data attivazione
ARCI	Arcidosso	42.8519	11.4754	1080	RSN	04/05/2005
CASP	Castiglione della Pescaia	42.7908	10.8652	390	RSN	30/05/2007
CELB	S.Piero in Campo Elba	42.746577	10.210652	742	RSN	08/06/2011
CSNT	Castellina in Chianti	43.47311	11.29017	636	RSN	01/03/2003
FROS	Frosini	43.20972	11.15622	432	RSN	01/06/2010
GRFL (*)	Gerfalco	43.14717	10.97545	750	RSN	01/03/2003
OSSC	Ossc	43.52358	11.24579	452	RSN	14/07/2011
PII	Pisa	43.72193	10.52495	66	RSN	01/03/2003
TRIF	Trifonti	43.11478	10.90265	596	RSN	17/05/2010

(*) stazione non più attiva

4.5.1.3 *Uso e qualità del suolo*

Per la caratterizzazione del suolo dell'area in esame, è stata consultata la cartografia tematica della Regione Toscana e la documentazione ad essa associata.

In particolare, si è fatto riferimento alla carta dell'uso e della copertura del suolo e alla carta della capacità d'uso del suolo.

L'area di Progetto ricade in una zona per la quale sono indicate le seguenti tipologie di uso e copertura del suolo (Figura 71):

- seminativi;
- boschi di latifoglie (per un breve tratto della pista di accesso al cantiere).



Figura 71: Carta dell'uso e della copertura del suolo



Per quanto riguarda la definizione della classe di capacità d'uso del suolo, la carta di capacità d'uso elaborata dalla Regione Toscana è stata realizzata secondo la metodologia della "Land Capability Classification" (LCC) predisposta nel 1961 dal *Soil Conservation Service* del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti d'America (USDA), mentre la Classificazione della Fertilità ha seguito la metodologia proposta da Sanchez (1982) ed è stata in parte inserita nella carta di Capacità d'uso; essa tiene in maggior considerazione gli elementi della fertilità agronomica dei suoli (tessitura, pH, calcare, CSC, sodio, salinità) classificando le limitazioni che essi inducono sulla gestione del suolo.

Il metodo non considera la potenzialità dei suoli rispetto ad usi particolari o a specifiche colture, ma assegna ad ogni tipo pedologico una capacità d'uso generica che tiene conto di tutti i suoi parametri permanenti e non modificabili da interventi antropici.

La cartografia definisce otto "Classi di capacità d'uso"; solo le prime quattro, pur presentando limitazioni crescenti, vengono indicate come adatte all'uso agricolo; le classi dalla quinta alla settima non sono adatte a tale attività, ma sono destinate al pascolo e alla forestazione; la classe ottava comprende suoli da destinarsi esclusivamente a fini ricreativi, estetici, naturalistici.

Le classi di capacità d'uso sono designate con numeri romani da I a VIII in base al numero e alla severità delle limitazioni e sono definite come segue.

- Suoli arabili:
 - Classe I: suoli senza o con poche limitazioni all'utilizzazione agricola. Non richiedono particolari pratiche di conservazione e consentono un'ampia scelta tra le colture diffuse nell'ambiente.
 - Classe II: suoli con moderate limitazioni, che riducono la scelta colturale o che richiedono alcune pratiche di conservazione, quali un'efficiente rete di affossature e di drenaggi.
 - Classe III: suoli con notevoli limitazioni, che riducono la scelta colturale o che richiedono un'accurata e continua manutenzione delle sistemazioni idrauliche agrarie e forestali.
 - Classe IV: suoli con limitazioni molto forti all'utilizzazione agricola. Consentono solo una limitata possibilità di scelta.
- Suoli non arabili:
 - Classe V: suoli che presentano limitazioni ineliminabili non dovute a fenomeni di erosione e che ne riducono il loro uso alla forestazione, alla produzione di foraggi, al pascolo o al mantenimento dell'ambiente naturale (ad esempio, suoli molto pietrosi, suoli delle aree golenali).
 - Classe VI: suoli con limitazioni permanenti tali da restringere l'uso alla produzione forestale, al pascolo o alla produzione di foraggi.
 - Classe VII: suoli con limitazioni permanenti tali da richiedere pratiche di conservazione anche per l'utilizzazione forestale o per il pascolo.
 - Classe VIII: suoli inadatti a qualsiasi tipo di utilizzazione agricola e forestale. Da destinare esclusivamente a riserve naturali o ad usi ricreativi, prevedendo gli interventi necessari a conservare il suolo e a favorire la vegetazione.

Poiché le classi di capacità d'uso individuano ambiti territoriali che possono presentare limitazioni non necessariamente dello stesso tipo, possono rientrare nella stessa classe suoli anche molto diversi tra loro.



Figura 72: Carta della capacità d'uso del suolo



Dall'esame della Figura 72 emerge che l'area di Progetto ricade in una zona per la quale sono indicate le seguenti classi di capacità d'uso:

- classe III;
- classe IV.

4.5.1.4 **Stabilità dei versanti**

Per quanto concerne l'analisi dello stato della stabilità dei versanti nell'intorno dell'area di progetto si rimanda alla relazione geologica redatta a corredo del Progetto definitivo (cfr. Elaborato R.CV.203.MAGMA.15.202 – Relazione di fattibilità geologica). In questa sede si evidenzia quanto riportato nelle conclusioni della citata documentazione, secondo cui non si evidenzia "la presenza di fenomeni gravitativi macroscopici attivi", rimandando a tale relazione per i dettagli di merito

In conclusione, sulla base della caratterizzazione sopra descritta, ai fini della valutazione dell'impatto, alla componente suolo e sottosuolo è stata attribuita una sensibilità bassa.

4.5.2 **Valutazione degli impatti**

4.5.2.1 **Fattori di impatto**

I fattori di impatto in grado di interferire con la componente suolo e sottosuolo per le fasi di progetto considerate sono di seguito individuati.

- **Fase di costruzione**
 - occupazione di suolo
 - asportazione di suolo/sottosuolo
 - immissione di inquinanti nel suolo/sottosuolo
 - variazione morfologica di versante
- **Fase di esercizio**
 - impermeabilizzazione di suolo
 - prelievo di fluido geotermico
 - immissione di fluido geotermico

4.5.2.2 **Valutazione e matrici di impatto**

In **fase di costruzione** si registrerà un impatto derivante dall'asportazione di suolo/sottosuolo a causa delle operazioni di scavo e/o sbancamento per la predisposizione delle aree di lavoro e degli scavi necessari principalmente alla realizzazione delle fondazioni della centrale geotermoelettrica e per la costruzione delle vasche di accumulo idrico e della viabilità di cantiere. Il volume complessivo di terreno asportato ammonta a 49.100 m³.

I terreni di scavo saranno sottoposti alle analisi di classificazione previste dalla normativa vigente e, se risulteranno conformi, saranno riutilizzati in sito per le operazioni di rinterro e riprofilatura; in caso contrario, gli stessi saranno gestiti in accordo alla normativa vigente e saranno inviati presso idonei siti di recupero/smaltimento autorizzati, tenendo conto della capacità di trattamento degli impianti presenti sul territorio provinciale. In attesa delle analisi per la verifica dell'idoneità del terreno al suo riutilizzo in loco, lo stesso sarà stoccato nell'apposita area dedicata prevista in progetto.

I lavori di movimento terra prevedono riporti pari a 42.100 m³, per cui si produrrà comunque un eccesso di 4000 m³ di terreno, il quale, opportunamente accantonato e protetto, potrà essere riutilizzato *in situ* a



chiusura della fase di costruzione per opere di rinverdimento (il terreno di scotico potrà essere miscelato con terreno di buona qualità per garantire l'attecchimento delle essenze vegetali).

Gli impatti relativi all'asportazione di sottosuolo sono inoltre legati alla realizzazione dei pozzi geotermici: i detriti di perforazione, stimati in circa 300 m³ per singolo pozzo, saranno gestiti e smaltiti secondo la normativa vigente (per quanto riguarda gli aspetti legati alla potenziale presenza di elementi radiogenici nei residui di perforazione si rimanda alla specifica sezione del presente SIA).

Un ulteriore impatto è atteso per l'occupazione di suolo nelle aree destinate allo stoccaggio temporaneo dei materiali da costruzione e delle terre di scavo (in attesa dei risultati delle analisi per stabilire il loro possibile riutilizzo) e nelle aree dove è prevista la realizzazione dei riporti necessari alla costruzione delle opere civili di impianto. La superficie complessiva delle aree occupate ammonta a circa 2.200 m² per l'area stoccaggio terre e a circa 3500m² per l'area stoccaggio materiali e mezzi.

Si sottolinea che si andrà a operare prevalentemente su suoli caratterizzati da un uso agricolo (seminativi) la cui capacità d'uso è di Classe III e IV, corrispondente a suoli che presentano rispettivamente limitazioni severe e molto severe alla pratica culturale.

Per quanto riguarda le operazioni di scavo e riporto, queste determineranno una variazione morfologica dei versanti oggetto di intervento, ritenuta nel complesso di media entità considerati i volumi di terreno coinvolti.

Per quanto riguarda gli aspetti più prettamente progettuali legati alla stabilità dei terreni e dell'insieme operaterrreno, questi saranno valutati in fase di progettazione esecutiva; per le valutazioni di merito dei suddetti aspetti si rimanda pertanto agli specifici elaborati geotecnici e strutturali redatti nell'ambito delle successive fasi di progetto.

Un potenziale impatto è infine ascrivibile all'eventuale occorrenza di eventi incidentali, con perdite di contaminanti dai mezzi d'opera durante le fasi di scavo e movimento terra. In tali casi, potranno verificarsi situazioni di contaminazione del suolo e del sottosuolo: tuttavia tale rischio risulta trascurabile in quanto la gestione delle attività di cantiere sarà svolta secondo opportune procedure in grado di minimizzare la possibilità di accadimento e/o di intervenire tempestivamente con la rimozione delle porzioni di terreno oggetto di eventuale contaminazione accidentale. In particolare, al fine di limitare i rischi di inquinamento del sottosuolo, in corrispondenza delle aree di cantiere saranno adottati opportuni accorgimenti, quali, ad esempio, l'esecuzione dei rifornimenti di carburante e lubrificanti ai mezzi meccanici su pavimentazione impermeabile ed il controllo giornaliero dei circuiti oleodinamici dei mezzi operativi.

La Tabella 49 riassume i giudizi di impatto del Progetto sulla componente suolo e sottosuolo in fase di costruzione.



Tabella 49: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Suolo e Sottosuolo - Fase di costruzione

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - SUOLO E SOTTOSUOLO FASE DI COSTRUZIONE		occupazione di suolo	asportazione di suolo / sottosuolo	immissione di inquinanti nel suolo / sottosuolo	variazione morfologica di versante
Durata nel tempo (D)	breve				
	medio-breve				
	media				
	medio-lunga				
	lunga				
Distribuzione temporale (Di)	concentrata				
	discontinua				
	continua				
Area di influenza (A)	circoscritta				
	estesa				
	globale				
Rilevanza (Ri)	trascurabile				
	bassa				
	media				
	alta				
Reversibilità (R)	a breve termine				
	a medio- lungo termine				
	irreversibile				
Probabilità accadimento (P)	bassa				
	media				
	alta				
	certa				
Mitigazione (M)	alta				
	media				
	bassa				
	nulla				
Sensibilità componente (S)	trascurabile				
	bassa				
	media				
	alta				
Impatti		Trascurabile	Basso	Trascurabile	Basso

Durante la **fase di esercizio** si attende un impatto legato all'impermeabilizzazione del suolo oggetto di occupazione definitiva della centrale e delle opere connesse.



In particolare, il Progetto comporterà l'occupazione definitiva delle seguenti superfici:

- piazzola di perforazione: 8.500 m²;
- piazzola della centrale elettrica geotermica: 5.500 m²;
- area di stoccaggio a servizio degli impianti: 3.500 m²;
- vasca di accumulo dell'acqua da 3.000 m³: 1.000 m²;
- vasca di accumulo dell'acqua da 12.000 m³: 2.500 m²;
- viabilità di accesso: 14.000 m²;
- cabina elettrica di consegna: 30 m².

Per quanto riguarda gli aspetti connessi all'estrazione e alla reiniezione del fluido geotermico durante l'attività di coltivazione del campo geotermico, i potenziali impatti sono legati agli eventuali fenomeni di sismicità e di subsidenza indotte, di seguito esaminati (le informazioni riportate fanno riferimento alle relazioni specialistiche redatte a cura di MAGMA Energy "Studio e monitoraggio della sismicità" e "Rapporto sul monitoraggio delle deformazioni del suolo", alle quali si rimanda per gli approfondimenti di merito).

I sistemi geotermici sono generalmente localizzati in aree tettonicamente attive e caratterizzati dalla presenza di moderata sismicità che si manifesta con microterremoti di medio-bassa magnitudo (< 2) per la preesistenza di sistemi di fratture. Durante le fasi di coltivazione di un campo geotermico, le operazioni di estrazione e reiniezione di fluidi geotermici possono, in alcuni casi, modificare lo stato tensionale delle strutture geologiche e provocare microterremoti.

Le modalità con le quali si manifesta la sismicità sono diverse in funzione del tipo di campo geotermico:

- nei sistemi idrotermali, la sismicità è correlata alla circolazione dei fluidi nei sistemi di fratture permeabili già presenti all'interno delle rocce serbatoio;
- nei sistemi EGS (*Engineered Geothermal System*), la sismicità si manifesta per effetto della creazione di fratturazione idraulica nelle rocce serbatoio indotta dall'iniezione di fluidi ad elevata pressione.

Le aree geotermiche di Larderello-Travale e del Monte Amiata sono sistemi idrotermali e sono stati oggetto di monitoraggio microsismico a partire dalla fine degli anni '70³⁴. Tali aree sono collocate in una fascia caratterizzata da un'evoluzione tettonica e geodinamica complessa. Si tratta di un'area sottoposta a stress tensionali che si manifestano con il rilascio di energia lungo zone di debolezza strutturale con eventi sismici molto frequenti, relativamente superficiali (entro i 10 km di profondità) ma di moderata intensità, con magnitudo usualmente inferiori a 2.6, che solo in un caso hanno raggiunto il valore di 3.8 nell'area di Larderello e di 4.1 nell'area del Monte Amiata.

La sismicità rilevata nelle aree geotermiche toscane non sembra mostrare relazioni di causa-effetto con le attività di perforazione in senso stretto, ma in qualche caso è correlabile alle operazioni di reiniezione dei fluidi. In particolare, è stato osservato come la frequenza degli eventi sismici aumenti all'aumentare della quantità di fluido reiniettato nel sottosuolo, mentre la magnitudo degli eventi tenda a diminuire, lasciando ipotizzare che il costante ma moderato rilascio di energia attraverso microterremoti impedisca l'accumulo di grandi tensioni e riduca il numero di terremoti di magnitudo elevata. Tuttavia, le informazioni su come effettivamente siano state gestite le operazioni di reiniezione non sono pubbliche, ed è quindi impossibile mettere in relazione diretta le portate di reiniezione con eventuali "cluster" di eventi.

Il permesso pilota "Castelnuovo" si trova sul margine Nord dell'area geotermica idrotermale di Larderello-Travale, adiacente alle Concessioni di Coltivazione Geotermiche vigenti e ricade all'interno di una zona

³⁴ Batini F., Console R. and Luongo G. – Seismological study of Larderello-Travale geothermal area – 1985 – Geothermics, Vol. 14, No. 2/3

Batini F., Bufo C., Cameli G.M., Console R., Fiordelisi A. – Seismic monitoring in Italian geothermal areas – 1980 – 2nd DOE-ENEL Workshop, proceedings



sismicamente attiva, come dimostrato dai dati sismologici raccolti sia in epoca storica che negli ultimi decenni con reti di rilevamento della microsismicità.

Al fine di monitorare con maggior livello di dettaglio l'attività sismica naturale all'interno del Permesso e nelle zone limitrofe, verrà installata una idonea rete di rilevamento costituita da sismometri distribuiti su tutta l'area del Permesso Castelnuovo, opportunamente integrata con la rete di sismometri già installati nell'adiacente Permesso di Ricerca Mensano. La rete sismica sarà quindi in grado di rilevare eventuali variazioni della sismicità eventualmente legate alle attività previste per la realizzazione del progetto industriale e, inoltre, consentirà di acquisire i dati necessari a ricostruire un modello tridimensionale della velocità e quindi delle proprietà meccaniche che caratterizzano le strutture geologiche del sistema geotermico.

Allo scopo di comprendere i possibili effetti delle attività di perforazione e di reiniezione nel contesto della sismicità naturale e della pericolosità sismica dell'area di interesse, è stata condotta un'analisi della sismicità che si è sviluppata in due fasi. Nella prima è stata valutata la pericolosità di riferimento (tempo di esposizione di 50 anni) a partire da due approcci di tipo statistico; nella seconda fase si è proceduto a un'analisi della sismicità negli ultimi secoli. Scopo di queste analisi è stato quello di localizzare le possibili sorgenti responsabili della pericolosità sismica locale (analisi di disaggregazione), valutando la possibile presenza di strutture sismogeniche potenzialmente pericolose all'interno o nelle vicinanze dell'area in studio.

Le due procedure di stima della pericolosità hanno confermato concordemente un livello di pericolosità sismica bassa per l'area di interesse, con intensità di riferimento (ossia le massime intensità caratterizzate da una probabilità di eccedenza non superiore al 10% in 50 anni) del VII grado MCS, cui corrispondono valori di accelerazione orizzontale di picco che conservativamente possono essere considerati nell'intervallo 0.13-0.18g.

Il risultato più importante di queste indagini proviene dall'analisi di disaggregazione, che ha evidenziato come la pericolosità sismica sia condizionata da eventi di magnitudo media (5.0-6.0), originati entro 15-20 km dall'area di studio. In particolare, sono stati identificati come rappresentativi di questa pericolosità due eventi storici: il terremoto della Toscana centrale del 7 agosto 1414, con magnitudo stimata pari a 6.0, e quello di Travale dell'11 dicembre 1724, con magnitudo stimata pari a 5.0. Per entrambi questi eventi si ipotizza una localizzazione epicentrale, seppur incerta a causa della scarsità di fonti documentali, prossima al settore meridionale del Permesso Castelnuovo.

Per validare l'ipotesi relativa alla possibile esistenza di una zona sismogenica a Sud dell'area di Castelnuovo e potenzialmente estesa all'interno di questa, è stata analizzata la sismicità strumentale così come riportata da tutte le fonti disponibili per l'area in studio. Questo tipo di indagine presenta notevoli difficoltà soprattutto per la bassa densità di stazioni sismiche della rete nazionale disponibili fino al 2004. Considerato che la sismicità dell'area è caratterizzata da magnitudo che non hanno superato il valore di 3.8, la scarsità di stazioni sismiche pubbliche distribuite nell'area condiziona pesantemente la completezza dei cataloghi disponibili e il livello di qualità delle determinazioni ipocentrali per molta parte della storia sismica dell'area. Pur con queste limitazioni, il quadro della sismicità strumentale sembra confermare le deduzioni effettuate sulla base della sismicità storica. In particolare, risulta confermata la presenza di una zona sismogenicamente attiva a Sud (Zona Travale) e a Sud-Ovest dell'area di Castelnuovo (Zona Larderello), con possibili estensioni al suo interno (nella parte più meridionale). Quest'area copre di fatto le zone di sfruttamento geotermico di Larderello e Travale, oggetto di un lungo monitoraggio da parte di Enel Green Power.

Nelle banche dati analizzate non è possibile identificare l'eventuale contenuto informativo prodotto dalle reti locali dislocate dall'Enel, in quanto il dato non risulta di dominio pubblico e quindi non è possibile valutare quanto la densità di informazioni (e quindi di terremoti localizzati) sia associabile alla naturale attività sismica dell'area, oppure ascrivibile all'effetto combinato della sismicità naturale e della coltivazione geotermica in corso, in particolare per quanto riguarda le operazioni di reiniezione di fluido in serbatoio. Tuttavia, la presenza di terremoti storici in questa stessa zona (almeno i citati eventi del 1414 e del 1724), depone a favore di una zona attiva in questa parte dell'area di studio.



Per quanto riguarda, in dettaglio, gli effetti dell'attività produttiva nei campi geotermici, in generale non si può escludere la possibilità che vi sia una correlazione tra sismicità e reiniezione di fluidi durante le fasi di coltivazione. Tuttavia, in questi casi, la sismicità correlata mostra le seguenti caratteristiche:

- gli eventi sismici generati sono generalmente classificabili come microsismi ($M < 3$);
- all'aumento della frequenza degli eventi sismici è associata una diminuzione della loro magnitudo;
- gli eventi sismici generati dalla reiniezione sulla base dei dati di letteratura possono essere generalmente localizzati in un intorno di alcune centinaia di metri dal punto di reiniezione;
- nell'area di Larderello-Travale gli ipocentri sono localizzati a profondità minori di 10 km;
- la macrosismicità attuale mostra valori di magnitudo del tutto confrontabili con i gradi di intensità risentiti nel passato e nettamente al di sotto dell'intensità massima dei terremoti più forti avvenuti nell'area.

Le operazioni si svolgeranno ai margini di un sistema geotermico idrotermale, ossia in una zona sismicamente attiva, quindi l'occorrenza di terremoti è attesa indipendentemente dall'esecuzione o meno di attività di produzione e reiniezione in serbatoio.

Al fine di garantire un adeguato controllo delle attività di coltivazione previste, è previsto un sistema di monitoraggio continuo della sismicità attraverso l'installazione di stazioni microsismiche nel territorio del Permesso, opportunamente integrato con la rete di sismometri già installati nell'adiacente Permesso di Ricerca Mensano e l'implementazione di una procedura d'allerta che consenta di intervenire per modificare le condizioni operative dell'impianto nel caso si verificassero eventi sismici correlabili alla reiniezione dei fluidi.

I dati raccolti dal sistema di monitoraggio saranno resi pubblici e messi a disposizione per studi di carattere tecnico scientifico che possano anche esulare dagli aspetti geotermici ma che possano contribuire a una migliore conoscenza del territorio anche in termini di:

- analisi di pericolosità ambientale e sismica;
- pianificazione territoriale;
- gestione delle emergenze di Protezione Civile.

La rete sismica installata nel Permesso Castelnuovo sarà integrata con la rete sismica nazionale di INGV, che in quest'area non presenta una densa copertura e i dati rilevati saranno resi fruibili in modo tale che anche le comunità locali possano disporre di informazioni oggettive con le quali documentarsi e valutare l'evoluzione della sismicità ed eventuali correlazioni con le operazioni condotte sugli impianti.

Per subsidenza si intende una deformazione altimetrica negativa, ossia un abbassamento di quota della superficie terrestre. L'abbassamento del suolo può essere legato a cause naturali (quali i processi tettonici), ma anche alcuni aspetti dell'attività antropica possono influenzare in modo considerevole il fenomeno o addirittura determinarne l'insorgere. La subsidenza indotta dalle attività antropiche si esplica generalmente in tempi relativamente brevi (al massimo alcune decine di anni), con effetti che possono avere conseguenze sulle opere umane, nel caso in cui non si intervenga preventivamente con azioni di controllo e gestione. Le cause più diffuse della subsidenza indotta sono essenzialmente legate all'emungimento eccessivo degli acquiferi, all'estrazione di idrocarburi, alle bonifiche idrauliche. Il grado di urbanizzazione e industrializzazione di un'area "sensibile" alla subsidenza può quindi sia influenzare tale fenomeno, sia esserne condizionato.

Nei campi geotermici produttivi il fenomeno della subsidenza, ove presente, è collegato alla diminuzione di pressione nel serbatoio, che causa il consolidamento delle rocce serbatoio comprimibili, ossia quelle in cui la matrice rocciosa non è tale da sostenere la perdita di pressione di poro. Il fenomeno della subsidenza in superficie a seguito dell'emungimento di fluidi geotermici si è manifestato in diverse parti del mondo, in particolare in quei campi geotermici dove il serbatoio produttivo è costituito da rocce particolarmente porose



(vulcaniti, carbonati vacuolari) situate a profondità ridotte (meno di 2000 m), all'interno delle quali le operazioni di reiniezione sono iniziate solo dopo diversi anni dall'inizio della produzione.

Nella zona di Larderello-Travale fenomeni di subsidenza sono documentati in letteratura, soprattutto fino agli anni '70, quando la produzione di fluido geotermico era concentrata nel primo serbatoio (Calcere cavernoso) a profondità di poche centinaia di metri nella zona centrale dell'area geotermica e la reiniezione dei reflui nel serbatoio non era una pratica ancora impiegata.

Dini et al.³⁵ riportano per il periodo 1986-1993 valori di subsidenza pari a 2 cm/anno nel settore centrale del campo di Larderello e valori di 6-8,5 cm/anno nelle zone più esterne, verso Castelnuovo di Val di Cecina e Serrazzano. Il settore interessato da maggiore sfruttamento della risorsa ha mostrato una subsidenza massima di 170 cm in 63 anni e, a seguito delle operazioni di reiniezione iniziate nel 1986, ha mostrato un notevole decremento della subsidenza fino a mostrare locali stabilizzazioni.

Ciulli et al (2010) hanno pubblicato uno studio relativo al campo di Travale, riportando dati di monitoraggio della subsidenza a partire dal 1973, anno in cui è iniziata l'attività industriale in quest'area sfruttando il serbatoio carbonatico a circa 1000 m di profondità. Nel trentennio 1973-2003 è stata registrata una subsidenza totale di 50 cm, con un tasso iniziale di 2,3 cm/anno che progressivamente è sceso all'attuale 1 cm/anno.

Nei primi anni '90 è iniziato lo sfruttamento del serbatoio profondo, con un aumento di produzione di circa 150 kg/s fino agli attuali 260 kg/s, che, a fronte di una diminuzione della pressione del serbatoio profondo di circa 1 MPa in 10 anni, non ha avuto effetti significativi sulla pressione nel serbatoio superficiale. La subsidenza nel decennio 1993-2003 è continuata, ma con tassi sensibilmente inferiori (1 cm/anno, prevalentemente correlata alla produzione del primo serbatoio) rispetto al ventennio precedente. Monitoraggi microgravimetrici effettuati a partire dal 1979 hanno mostrato una riduzione di 25 μ Gal in circa 25 anni di attività.

Questo andamento può essere spiegato in base alle caratteristiche fisico-meccaniche del serbatoio profondo, composto da rocce cristalline con valori elevati di modulo elastico e di compressibilità, tali che le rocce sono in grado di supportare l'estrazione di elevati volumi di fluido geotermico senza che vengano a determinarsi incrementi sensibili del fenomeno della subsidenza.

E' stato stimato (cfr. "Rapporto sul monitoraggio delle deformazioni del suolo") l'eventuale abbassamento del suolo a seguito dell'estrazione del fluido geotermico nel Permesso Castelnuovo, assumendo la roccia serbatoio come un mezzo omogeneo e isotropo, caratterizzato da deformazione poro-elastica prevalentemente lungo la direzione verticale e applicando la legge di Hooke. Ai fini di calcolo la diminuzione di pressione legata all'estrazione del fluido (il contributo positivo legato alla reiniezione non è stato considerato) è stata assunta in modo cautelativo pari al doppio di quella riportata da Ciulli et al. per il serbatoio profondo di Travale.

Per sola estrazione (senza reiniezione) da un serbatoio posto tra 2500 e 4000 m di profondità, nella non realistica ipotesi di ottenere un decremento di pressione doppio di quello generato nell'adiacente campo di Travale, si otterrebbe quindi una diminuzione di spessore inferiore a 4 cm in 30 anni, i cui effetti sarebbero assolutamente irrilevanti in superficie.

In ogni caso, al fine di monitorare accuratamente eventuali fenomeni di subsidenza sono state previste una serie di misurazioni che includono livellazioni topografiche e analisi interferometriche con tecnica InSAR, combinate con misure GPS, che verranno effettuate prima e durante il periodo di produzione.

³⁵ Dini et al (1995). Reinjection Monitoring in the Larderello Geothermal Field Using Microgravity and Topographic Measurements. World Geothermal Congress



In linea generale, con specifico riferimento alle attività estrattive che comportano la re-iniezione di fluidi, al fine di ridurre al minimo il potenziale impatto, è raccomandabile osservare le seguenti azioni principali nel corso dell'esercizio di un impianto³⁶:

- preservare il carico naturale originale, mantenendo il bilancio di fluidi estratti e re-iniettati il più vicino possibile allo zero;
- limitare al massimo la sovrappressione indotta in serbatoio dalla reiniezione dei fluidi (possono essere stimati circa 15 bar in funzione delle portate necessarie e dell'iniettabilità riscontrata in pozzi circostanti), in modo da non alterare significativamente le condizioni di pressione del serbatoio presso il reiniettore.

Tenuto conto delle suddette considerazioni, nell'ambito del presente SIA, per la valutazione dei potenziali impatti sulla componente suolo e sottosuolo legata all'estrazione e alla re-iniezione del fluido geotermico si fa riferimento all'eventuale rischio connesso a fenomeni sismici e di subsidenza indotti. Tali aspetti sono valutati mediante l'attuazione di specifici piani di monitoraggio, ai quali si rimanda per i dettagli di merito (cfr. Capitolo 5).

La Tabella 50 riassume i giudizi di impatto del Progetto sulla componente suolo e sottosuolo in fase di esercizio.

Tabella 50: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Suolo e Sottosuolo - Fase di esercizio

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - SUOLO E SOTTOSUOLO	FASE DI ESERCIZIO	impermeabilizzazione di suolo	prelievo di fluido geotermico	immissione di fluido geotermico
Durata nel tempo (D)	breve			
	medio-breve			
	media			
	medio-lunga			
	lunga			
Distribuzione temporale (Di)	concentrata			
	discontinua			
	continua			
Area di influenza (A)	circoscritta			
	estesa			
	globale			
Rilevanza (Ri)	trascurabile			
	bassa			
	media			
	alta			
Reversibilità (R)	a breve termine			
	a medio-lungo termine			
	irreversibile			
Probabilità accadimento (P)	bassa			

³⁶ Indicazioni tratte dal documento "Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche" - Redatto dal Gruppo di lavoro istituito dal Ministero dello Sviluppo Economico nell'ambito della Commissione Idrocarburi e risorse Minerarie (2014)



MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - SUOLO E FASE DI ESERCIZIO	SOTTOSUOLO	impermeabilizzazione di suolo	prelievo di fluido geotermico	immissione di fluido geotermico
	media			
	alta			
	certa			
Mitigazione (M)	alta			
	media			
	bassa			
	nulla			
Sensibilità componente (S)	trascurabile			
	bassa			
	media			
	alta			
Impatti		Medio-Basso	Trascurabile	Trascurabile

In **fase di dismissione** si procederà alla dismissione della centrale geotermoelettrica, delle opere connesse e alla chiusura mineraria dei pozzi. Considerando che la chiusura dell'impianto geotermico pilota avverrà dopo un periodo di almeno e/o minimo 25 anni di esercizio, al momento attuale non si ritiene pertinente valutare le possibili azioni di recupero dell'area in fase di chiusura. Questa progettazione sarà sviluppata in tempi successivi a valle della definizione e pianificazione degli obiettivi del recupero ambientale.

In questa sede si sottolinea comunque che la chiusura mineraria avverrà in modo sicuro e protetto nei confronti di potenziali effetti sull'ambiente circostante (si veda per i per i dettagli di tale aspetto l'analisi degli impatti della componente ambiente idrico sotterraneo).

Successivamente all'intervento di chiusura mineraria dei pozzi, si procederà al ripristino dei luoghi.

In particolare, saranno ripristinate le condizioni morfologiche e pedologiche dell'area mediante risagomatura/riprofilatura e ricostituzione dello strato vegetale.

Si segnala pertanto che gli impatti connessi a questa fase saranno positivi, in quanto gli interventi di ripristino saranno volti a ristabilire le originarie destinazioni d'uso dell'area interessata dalle attività di perforazione.

4.6 Ambiente idrico superficiale

4.6.1 Descrizione della componente

L'area di intervento è compresa nel territorio del bacino del fiume Cecina che è a sua volta compreso nel bacino Toscana Costa come descritto nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Toscana (vedi paragrafo 2.1.5.2).

L'area di costruzione dell'impianto pilota e dei relativi pozzi di captazione e reimmissione nonché delle opere connesse (vasche di accumulo e impianto di trattamento dei fanghi) è ubicata in sinistra orografica del fiume Cecina a circa 3 km di distanza dal corso d'acqua.

Il territorio nel quale ricade l'area di intervento è percorso da alcuni corsi d'acqua minori ed in particolare dal Botro di Bucignano e dai rii minori che vi confluiscono.

Le aree interessate dalla costruzione delle opere in progetto non sono attraversate da corpi idrici superficiali sebbene siano ubicate in prossimità di questi (Figura 73):



- a nord, a circa 80 metri di distanza dalla vasca di accumulo da 12.000 m³ prevista dal progetto, corre il Botro della Casanova (affluente in destra orografica del Botro di Bucignano);
- a est, a circa 50 metri di distanza dalla vasca di accumulo da 12.000 m³ prevista dal progetto, corre il Botro di Bucignano;
- a sud, a circa 30 metri di distanza dalla vasca di accumulo da 3.000 m³ prevista dal progetto, corre il Botro della Quercia (affluente in destra orografica del Botro di Bucignano);
- a ovest, a circa 20 metri di distanza dall'area della piazzola di perforazione e dalle aree destinate alla centrale ed all'air cooler, corre un rio minore affluente del sopra menzionato Botro della Quercia.

Inoltre, a sud ovest delle aree di intervento (a circa 400 m di distanza) e a nord ovest delle medesime (a circa 150 m di distanza), presso il podere Casanova, sono presenti due laghetti ad uso irriguo.

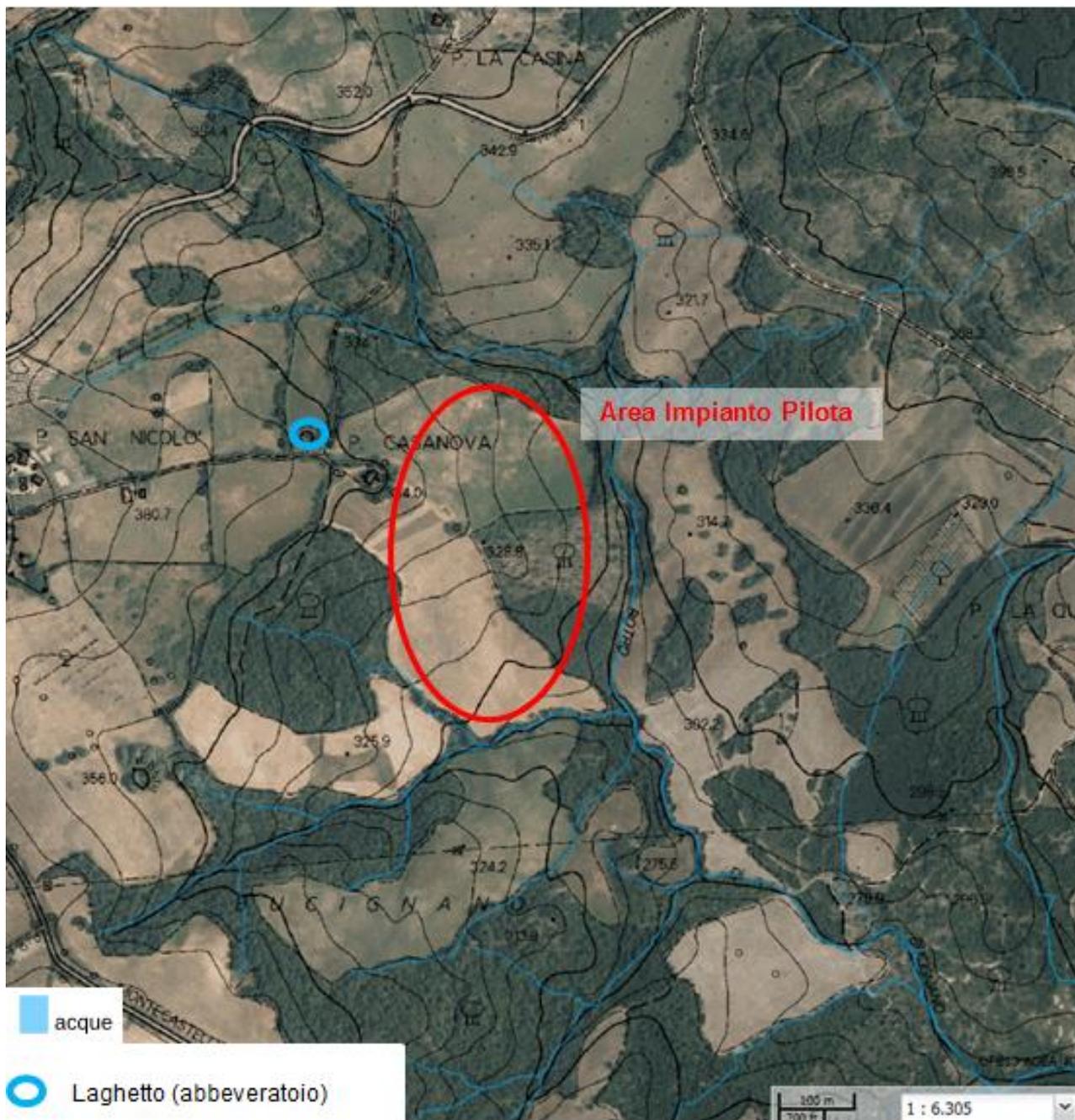


Figura 73: Corpi idrici superficiali (fonte: <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/pianopaesaggistico.html#>)



Come sopra menzionato l'area di intervento e i corsi d'acqua che corrono in prossimità di questo, è compresa nel bacino del Fiume Cecina.

Il Fiume Cecina prende origine dalle Cornate di Gerfalco, in provincia di Grosseto, a circa 812 m di altitudine. Il suo percorso si snoda in direzione nordovest dalla sorgente fino all'altezza dell'abitato di Saline di Volterra e poi in direzione ovest fino al mare. Il bacino del fiume ha una superficie complessiva di poco superiore ai 900 km² ed una lunghezza dell'asta principale di circa 79 km. Il fiume presenta un regime torrentizio, con portate misurate sul medio corso, variabili tra un massimo di 1.030 m³/sec ed un minimo di 0.01 m³/sec, con frequenti fenomeni di stress idrico.

Gli affluenti di sinistra sono più lunghi e hanno letti più ampi di quelli di destra, principalmente a carattere torrentizio e con maggiori pendenze del corso. In riva sinistra il Cecina riceve le acque dei Torrenti Pavone, Trossa e Sterza (i cui bacini occupano circa 367 km²). In riva destra riceve i Torrenti Fosci, Cortolla e Lupicaia (con circa 142 km² di bacino)³⁷.

Sull'asta principale si verificano lunghe magre durante il periodo estivo e forti piene da novembre fino alla stagione primaverile.

Il Piano Regionale di Azione Ambientale (PRAA) della Toscana 2004-2006 approvato dalla Regione Toscana con DCRT n. 29 del 2 marzo 2004 e oggi assorbito nei contenuti dal Piano Ambientale ed Energetico Regionale (vedi paragrafo 2.1.2.3). Il PRAA si propone come obiettivo il superamento delle criticità ambientali specifiche rilevate in alcune aree individuate entro i confini regionali. Tali aree, denominate "zone di criticità ambientale", sono ambiti territoriali in cui uno o più fattori di crisi ambientale che richiedono interventi contestualizzati in quella specifica dimensione territoriale e anche interventi integrati tra le diverse politiche ambientali e/o tra le politiche ambientali e le altre politiche pubbliche (economiche, territoriali e per la salute).

Il territorio interessato dal Progetto è compreso nella zona di criticità "Alta e Bassa Val di Cecina" per la quale il PRAA ha individuato le seguenti criticità causate dagli impatti dei processi produttivi:

- inquinamento atmosferico, siti da bonificare, rifiuti speciali;
- inquinamento atmosferico, siti da bonificare, rifiuti speciali, rischio industriale;
- inquinamento falde, deficit idrico, subsidenza, salinizzazione, erosione costiera;
- inquinamento falde, deficit idrico, subsidenza, salinizzazione, inquinamento atmosferico, rifiuti speciali, rifiuti urbani.

Quanto individuato dal PRAA è dettagliato nel capitolo 6 del PTA che riporta le criticità individuate per aree omogenee e in particolare di seguito si elencano quelle relative alla Val di Cecina:

- eccessivi prelievi di acque sotterranee in rapporto alla capacità di ricarica degli acquiferi;
- eccessivi prelievi di acque superficiali e/o di subalveo al fine del mantenimento delle portate naturali nel periodo estivo;
- ingressione del cuneo salino nella pianura costiera;
- inquinamento da nitrati delle falde idriche costiere;
- degrado qualitativo delle acque superficiali e sotterranee con presenza storica di attività minerarie, geotermiche ed industriali, nonché di siti di stoccaggio di rifiuti industriali e civili;
- prelievo di inerti dalle pianure alluvionali e dalle pertinenze fluviali;

³⁷ Piano di Tutela delle Acque della Regione Toscana (D.C.R. n. 6/05) – Bacino Toscana Costa - Parte A - Quadro di riferimento Conoscitivo e Programmatico



- presenza di impianti di frantumazione in prossimità dei pozzi d'acqua;
- carenza di impianti di depurazione.

Tabella riassuntiva pressioni ambientali sul fiume Cecina
● Prelievi acque sotterranee e superficiali per uso industriale e uso potabile e irriguo
● Intrusione acqua marina in prossimità della costa a causa livello piezometrico più basso rispetto al livello del mare per effetto dei pompaggi per uso potabile e irriguo nella zona della fascia costiera
● Utilizzo fertilizzanti ricchi in nitrati e fosfati con conseguente inquinamento delle acque superficiali e della falda
● Presenza di siti per escavazione inerti
● Presenza di siti per asportazione del salgemma
● Inquinamento delle acque da boro e mercurio che vengono utilizzati nei vari cicli produttivi industriali

La Regione Toscana, ai sensi del D.Lgs 152/06 e s.m.i., ha individuato i corpi idrici significativi superficiali ed i relativi tratti e, nel 2001, ha dato avvio al Programma di Monitoraggio per la determinazione degli stati di qualità ambientale i cui risultati relativi al periodo 2001-2003 sono già stati impiegati per la predisposizione del **Piano di Tutela** che ha fissato gli obiettivi di qualità ambientale per i suddetti corpi idrici (laghi, corsi, tratti).

L'obiettivo di qualità ambientale definito dal PTA per il fiume Cecina, da raggiungere nel 2016, è "buono" e corrisponde a quello rilevato nel periodo 2001-2003.

Inoltre dalla consultazione dei dati di monitoraggio disponibili sul Portale del Sistema Informativo Regionale dell'Ambiente della Toscana (SIRA)³⁸ emerge che la qualità ambientale del fiume Cecina in corrispondenza delle due stazioni di monitoraggio regionali più prossime all'area di intervento (Figura 74) è la seguente:

- **stazione MAS069** "fiume Cecina a monte della confluenza con il fiume Possera": stato chimico 2 (buono) definito sulla base dei parametri di base (tabella 1 A dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs 152/06 e s.m.i.) e stato ecologico 2 (buono) definito sulla base dei parametri aggiuntivi (tabella 1 B dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs 152/06 e s.m.i.) definita sulla base di dati aggiornati al 2009;
- **stazione MAS068** "fiume Cecina presso il ponte per Anqua": stato chimico 4 (non buono) definito sulla base dei parametri di base (tabella 1 A dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs 152/06 e s.m.i.) e stato ecologico 2 (buono) definito sulla base dei parametri aggiuntivi (tabella 1 B dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs 152/06 e s.m.i.) definita sulla base di dati aggiornati al 2013.

Inoltre la stazione MAS068 è impiegata dalla Regione anche per la definizione dell'idoneità alla vita dei pesci e, dai risultati disponibili sul SIRA, risulta caratterizzata da acque idonee alla vita dei pesci ciprinidi.

³⁸ <http://sira.ariat.toscana.it>

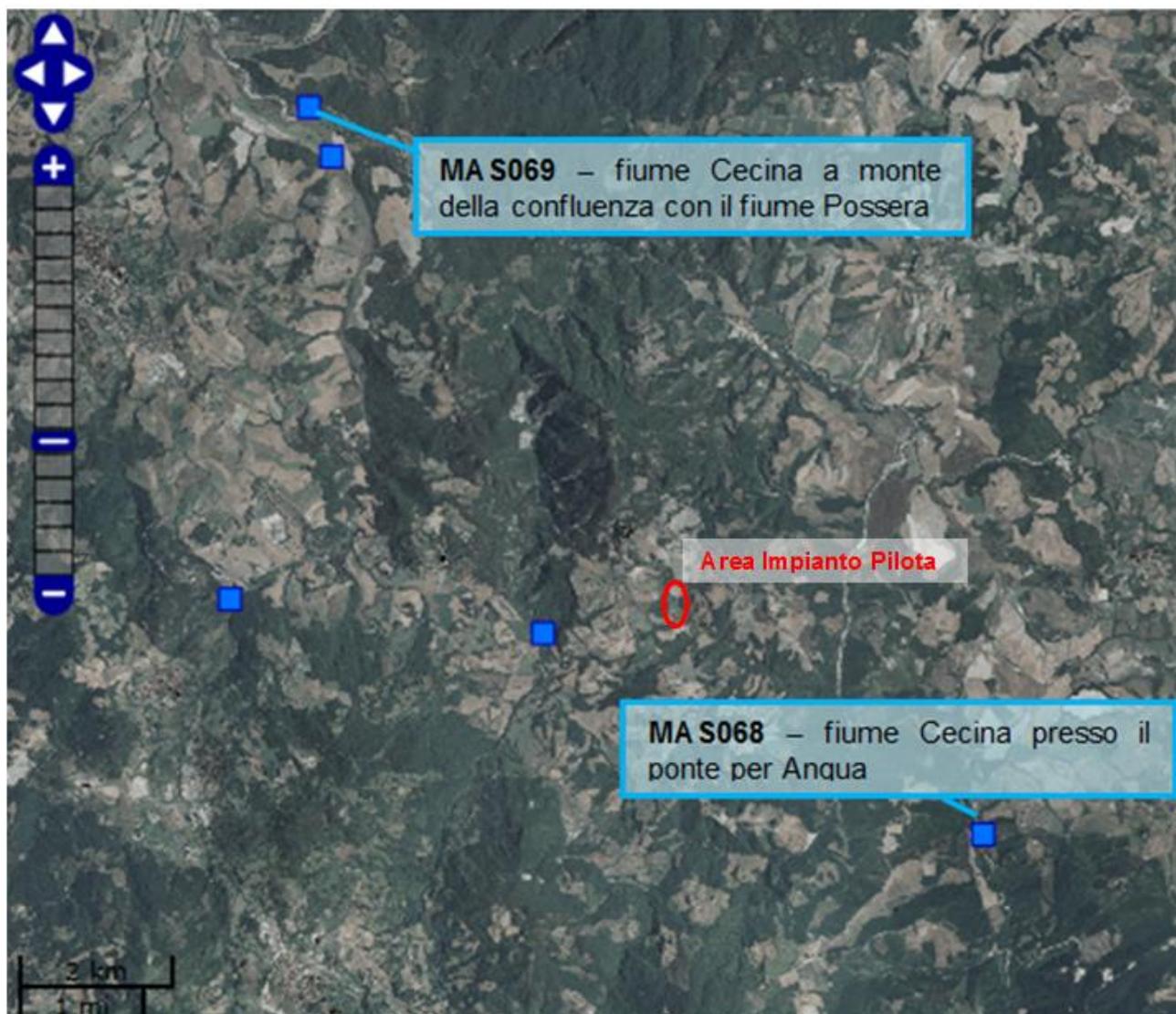


Figura 74: Punti di monitoraggio regionali delle acque superficiali (Fonte: http://sira.arpad.toscana.it/sira/inspire/map/mappa_rt.html?content=dati&dataset=mas)



Per quanto riguarda lo sfruttamento della risorsa idrica, il PTA evidenzia che all'interno del bacino, alcuni corpi idrici superficiali sono interessati da captazioni di entità superiore alla propria portata naturale. Nel caso dei corpi idrici a portata critica le misure prevedono anche una riduzione degli attingimenti già assentiti per il raggiungimento dell'obiettivo di garantire il Deflusso Minimo Vitale. Il fiume Cecina, al comma 1 dell'art. 13 delle Norme di Piano, è elencato tra i corsi d'acqua a portata critica.

Il Fiume Cecina, nel tratto che corre ad est dell'area di intervento non è oggetto di captazioni a fini idropotabili come risulta dalla mappa consultabile sul portale SIRA (Figura 75)

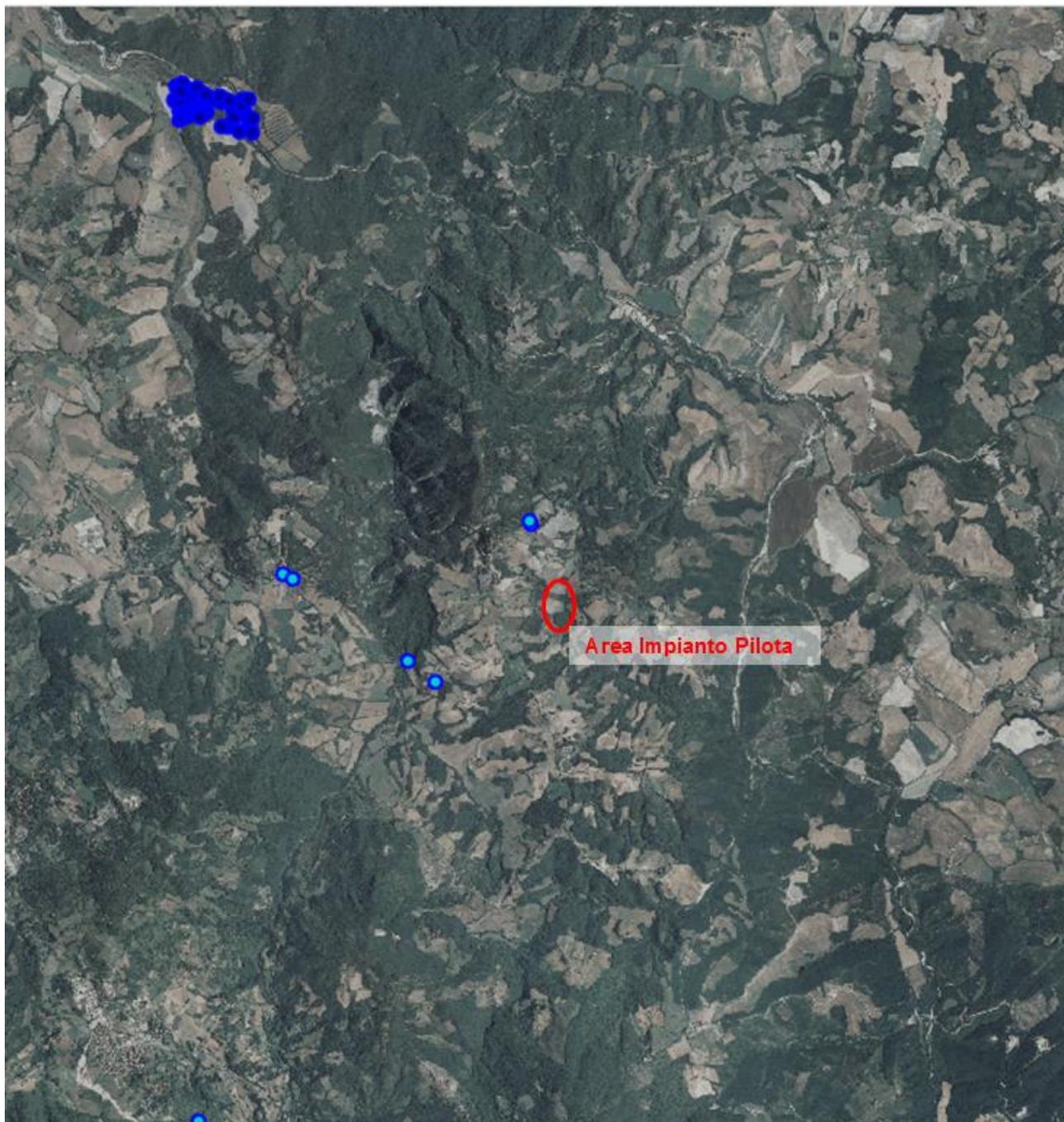


Figura 75: Captazioni idriche per fini idropotabili (fonte: <http://sira.arp.at.toscana.it/sira/progetti/captazioni/mappa/map.php>)

Per quanto riguarda la funzionalità del fiume dal punto di vista ecologico, da uno studio condotto dall'ARPAT nel 2004³⁹ il fiume risulta essere caratterizzato da una buona funzionalità nel tratto dalla sorgente ad arrivare in corrispondenza del centro abitato di Montecastelli Pisano (Figura 76).

³⁹ ARPAT, 2004. Rete di monitoraggio acque bacino del fiume Cecina. Indice di Funzionalità Fluviale



SIA IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTELNUOVO

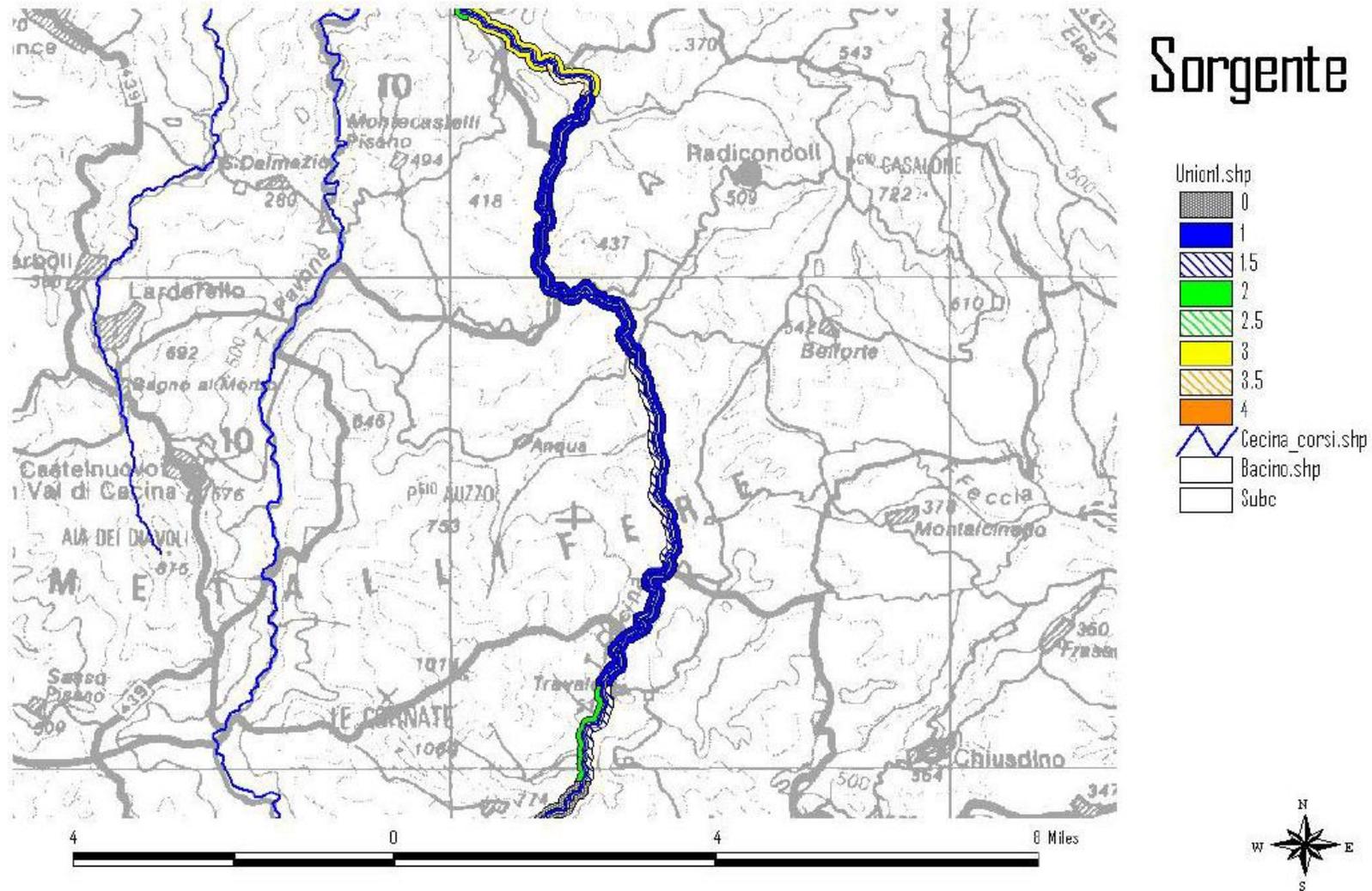


Figura 76: Indice di Funzionalità Fluviale (ARPAT, 2004. Rete di monitoraggio acque bacino del fiume Cecina. Indice di Funzionalità Fluviale)



In conclusione, sulla base della caratterizzazione sopra descritta, ai fini della valutazione dell'impatto, alla componente Ambiente Idrico Superficiale è stata attribuita una sensibilità alta.

4.6.2 Valutazione degli impatti

4.6.2.1 Fattori di impatto

I fattori di impatto in grado di interferire con la componente ambiente idrico superficiale per le fasi di progetto considerate sono di seguito individuati.

■ Fase di costruzione

- immissione di acque in corpi idrici superficiali.

■ Fase di esercizio

- immissione di acque in corpi idrici superficiali.

4.6.2.2 Valutazione e matrici di impatto

In **fase di costruzione** il potenziale impatto sulla componente è imputabile alle immissioni di acque in corpi idrici superficiali.

A tale riguardo, tuttavia, non si prevedono immissioni di acque da attività di costruzione, le uniche immissioni in corpi idrici superficiali saranno rappresentate dalle acque meteoriche provenienti dalle aree esterne, mentre i reflui civili provenienti dai servizi igienici a servizio della postazione saranno invece raccolti in una vasca monoblocco che sarà svuotata con cadenza settimanale attraverso l'utilizzo di pompa mobile ed i liquami saranno caricati su autobotte e avviati all'impianto di depurazione più vicino per il successivo smaltimento.

A tal scopo il Progetto prevede la costruzione di un sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche dei piazzali e delle zone limitrofe a questi tramite un sistema di fognatura in soluzione unica nel quale i dislivelli sono superati mediante pozzetti con salto in corrispondenza dei salti di quota tra piazzali. Alla chiusura del sistema di drenaggio le acque saranno convogliate in un manufatto che permetterà di far decantare e disoleare il piovuto prima di inviarlo al ricettore che è individuato nel corpo idrico esistente a sud a circa 30 metri di distanza dalla vasca di accumulo da 3.000 m³.

In considerazione dei dati sopra forniti ed in considerazione del fatto che non si prevede emissione di acque di processo con conseguente immissione nell'ambiente idrico, è possibile affermare che l'impatto sulla componente ambiente idrico superficiale causata dall'immissione di acque in corpi idrici superficiali sarà trascurabile.

Si rammenta che in caso di eventi incidentali, con perdite di contaminanti dai mezzi d'opera durante le fasi di lavoro necessarie alla fase di costruzione, potranno verificarsi situazioni di contaminazione del terreno, con rischio di dilavamento degli inquinanti nell'ambiente idrico superficiale.

Il rischio di inquinamento si ritiene trascurabile, tenuto conto che gli interventi non prevedono l'esecuzione di opere in sotterraneo e che la gestione delle attività di cantiere sarà svolta secondo opportune procedure in grado di minimizzare la possibilità di accadimento e/o di intervenire tempestivamente con la rimozione delle porzioni di terreno oggetto di eventuale contaminazione accidentale.

Come già evidenziato nell'analisi degli impatti sulla componente suolo e sottosuolo, al fine di limitare i rischi di inquinamento del terreno, in corrispondenza delle aree di cantiere saranno infatti adottati opportuni accorgimenti, quali, ad esempio, l'esecuzione dei rifornimenti di carburante e lubrificanti ai mezzi meccanici su pavimentazione impermeabile e il controllo giornaliero dei circuiti oleodinamici dei mezzi operativi.



Tabella 51: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Ambiente idrico superficiale - Fase di costruzione

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE FASE DI COSTRUZIONE		immissione di acque in corpi idrici superficiali
Durata nel tempo (D)	breve	
	medio-breve	
	media	
	medio-lunga	
	lunga	
Distribuzione temporale (Di)	concentrata	
	discontinua	
	continua	
Area di influenza (A)	circoscritta	
	estesa	
	globale	
Rilevanza (Ri)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Reversibilità (R)	a breve termine	
	a medio-lungo termine	
	irreversibile	
Probabilità accadimento (P)	bassa	
	media	
	alta	
	certa	
Mitigazione (M)	alta	
	media	
	bassa	
	nulla	
Sensibilità componente (S)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Impatto		Trascurabile

Durante la **fase di esercizio**, in relazione agli scarichi in corpi idrici superficiali, permarrà l'impatto trascurabile generato dall'immissione delle acque meteoriche raccolte dal sistema di regimazione delle



acque già attivo in fase di costruzione. I reflui civili provenienti dai servizi igienici a servizio della postazione saranno invece raccolti in una vasca monoblocco che sarà svuotata con cadenza settimanale attraverso l'utilizzo di pompa mobile ed i liquami saranno caricati su autobotte e avviati all'impianto di depurazione più vicino per il successivo smaltimento.

Tabella 52: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Ambiente idrico superficiale - Fase di esercizio

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE FASE DI ESERCIZIO		immissione di acque in corpi idrici superficiali
Durata nel tempo (D)	breve	
	medio-breve	
	media	
	medio-lunga	
	lunga	
Distribuzione temporale (Di)	concentrata	
	discontinua	
	continua	
Area di influenza (A)	circoscritta	
	estesa	
	globale	
Rilevanza (Ri)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Reversibilità (R)	a breve termine	
	a medio-lungo termine	
	irreversibile	
Probabilità accadimento (P)	bassa	
	media	
	alta	
	certa	
Mitigazione (M)	alta	
	media	
	bassa	
	nulla	
Sensibilità componente (S)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Impatto		Trascurabile



In **fase di dismissione** si procederà alla dismissione della centrale geotermoelettrica e delle opere connesse. Considerando che la chiusura dell'impianto geotermico pilota avverrà dopo un periodo di almeno e/o minimo 25 anni di esercizio, al momento attuale non si ritiene pertinente valutare le possibili azioni di recupero dell'area in fase di chiusura. Questa progettazione sarà sviluppata in tempi successivi a valle della definizione e pianificazione degli obiettivi del recupero ambientale.

Si segnala in conclusione che gli impatti connessi a questa fase saranno confrontabili con la magnitudo e la rilevanza degli impatti generati in fase di esercizio per l'immissione delle acque meteoriche in corpo idrico superficiale. Tuttavia l'estensione temporale sarà di breve durata, pertanto si possono anticipare impatti trascurabili.

4.7 Ambiente idrico sotterraneo

4.7.1 Descrizione della componente

Alla scala di bacino idrologico, il sito di interesse è inquadrabile nell'area del sottobacino del fiume Cecina, esteso su una superficie di circa 765 km² e appartenente al più ampio bacino definito dal Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Toscana quale "Bacino Toscana Costa".

La Valle del Cecina è una rilevante trasversale fisica che lega la costa ai territori interni della Toscana. Il corso del fiume Cecina si sviluppa per una lunghezza di circa 79 km con un percorso che si snoda in direzione NW dalla sorgente (presso Cornate di Gerfalco, in provincia di Grosseto, a circa 812 m s.l.m.) fino all'altezza di Volterra e poi in direzione W fino al mare.

Gli affluenti di sinistra sono più lunghi e hanno letti più ampi di quelli di destra, principalmente a carattere torrentizio e con maggiori pendenze del corso. In riva sinistra, il Cecina riceve le acque dei torrenti Pavone, Trossa e Sterza.

L'area di Progetto è localizzata nel settore di bacino del Cecina compreso tra questo e il torrente Pavone, a Sud del corso del Cecina stesso.

Dal punto di vista idrogeologico, i sedimenti alluvionali trasportati dal fiume Cecina e da alcuni corsi d'acqua minori hanno originato la stretta pianura costiera con caratteristiche di terrazzo degradante a debole inclinazione verso il mare; questa forma pianeggiante corrisponde a una superficie di regressione del mare Quaternario antico ed è incisa dagli alvei dei corsi d'acqua attuali, che si sono approfonditi in seguito ad una recente ripresa dell'attività erosiva.

Il margine occidentale delle colline che delimitano la pianura costiera è segnato da un sistema di faglie dirette, che hanno provocato l'abbassamento del territorio dal lato del mare; così mentre nella zona fra Riparbella e Montescudaio i depositi argillosi marini del Quaternario antico affiorano sui due lati della Val di Cecina fino alla quota di 200 m, al di sotto della pianura costiera si approfondiscono di circa 100 m sotto il livello del mare, formando il substrato dei sistemi alluvionali e costieri recenti ed attuali.

Per quanto riguarda la geometria e le caratteristiche degli acquiferi superficiali, si possono distinguere due settori separati:

- il settore a N del Cecina, nel quale lo spessore dei depositi permeabili è variabile fra 30 e 40 m e l'acquifero è prevalentemente di tipo freatico; la presenza di lenti di limo argillose intercalate alle ghiaie e alle sabbie nella parte inferiore, determina l'esistenza di falde profonde con locali caratteri di artesianità;
- il settore a S del Cecina, dove lo spessore dei sedimenti varia da 40 m a circa 100 m. In questo settore si rileva la presenza di falde di tipo freatico, dalle quali attingono i pozzi della profondità massima di 40 m, e di una falda profonda di tipo artesiano, separata dalle falde freatiche da livelli pressoché continui di limo e argille grigio-azzurre.

In particolare:



- nel bacino del fiume Cecina mancano strutture idrogeologiche atte a costituire grosse riserve di acque sotterranee. Le rocce permeabili e acquifere sono infatti limitate a piccoli nuclei affioranti nella parte alta e mediana del corso del Cecina;
- i depositi alluvionali dei tratti intervallivi del Cecina e degli affluenti hanno generalmente spessore limitato e scarsa permeabilità; la circolazione subalvea è limitata e talora assente nei periodi estivi. Le escavazioni in alveo hanno inoltre ridotto notevolmente il volume degli acquiferi alluvionali;
- le falde della pianura sono utilizzate al limite della loro potenzialità e ciò causa un peggioramento della qualità dell'acqua usata per scopi idropotabili e industriali a causa dell'intrusione marina.

L'areale di interesse non ricade all'interno di corpi idrici sotterranei classificati dal PTA come significativi e non sono disponibili dati sullo stato qualitativo delle acque sotterranee per l'area ristretta di Progetto.

Con riferimento agli acquiferi profondi (in mezzi fessurati), a S di Castelnuovo di Val di Cecina è identificato l'acquifero carbonatico delle Colline Metallifere, corpo idrico sotterraneo significativo e quindi caratterizzato dal punto di vista idrogeologico e idrochimico negli studi regionali. In particolare, l'acquifero carbonatico delle Colline Metallifere è situato in alta Val di Cecina, tra gli abitati di Monterotondo Marittimo, Massa Marittima e Chiusdino (Figura 77).

L'edificio strutturale di tale acquifero risulta composto dal basso verso l'alto dalla Falda Toscana, dalle Unità Subliguri e dalle Unità Liguri. Al tetto dell'edificio strutturale si trovano i depositi discordanti della Successione neogenico-quadernaria (Miocene superiore - Pleistocene).

La Falda Toscana è costituita da un basamento paleozoico sormontato da una successione stratigrafica di età mesozoico-terziaria. La parte mesozoica della successione è caratterizzata dalla predominanza di formazioni carbonatiche di ambiente di piattaforma (Calcere Cavernoso, Calcere a *Rhaetavicula contorta* e Calcere Massiccio) o bacinale (Rosso Ammonitico, Calcere Selcifero).

Tra il Cretaceo superiore e il Miocene, la Falda Toscana è caratterizzata dai depositi argillitico-marnosi della Scaglia e successivamente dalle torbiditi silico-clastiche del Macigno.

Le Unità Subliguri (nell'area delle Colline Metallifere poco rappresentate) e Liguri sono costituite da depositi bacinali formati da alternanze tra argilliti e calcari (Argille a Palombini e Argille e Calcari) o da torbiditi calcareo-marnose (Flysch di Monteverdi Marittimo).

La Successione neogenico-quadernaria nell'area delle Colline Metallifere è relativamente poco sviluppata ed è costituita da argille, sabbie e conglomerati di ambiente marino o continentale.

Dal punto di vista geologico-strutturale l'acquifero carbonatico delle Colline Metallifere è caratterizzato da geometrie determinate dalla diretta sovrapposizione tettonica di Unità Liguri impermeabili al di sopra dei termini basali della successione carbonatica della Falda Toscana. Questo assetto strutturale viene interpretato come il risultato degli eventi estensionali verificatosi nel Miocene pre-Messiniano, ai quali si può ricondurre la riduzione tettonica dell'edificio a falde di ricoprimento, realizzatosi in Toscana fino al Miocene inferiore. Il tetto dell'acquifero coincide quindi con le superfici tettoniche sottrattive a basso angolo lungo le quali è stato destrutturato l'impilamento di falde, con la giustapposizione tra la successione carbonatica basale della Falda Toscana, sede dell'acquifero, e le coperture impermeabili rappresentate dai termini più recenti della Falda Toscana (Scaglia e Macigno), o dalle Unità Liguri.

Al fine di fornire un inquadramento generale di area vasta relativamente agli acquiferi profondi presenti a scala regionale, nel seguito viene riportata la caratterizzazione idrogeochimica dell'acquifero delle Colline Metallifere⁴⁰, corpo idrico sotterraneo significativo ubicato alcuni chilometri a S dell'area di Progetto.

⁴⁰ Regione Toscana: Caratterizzazione geologica, idrogeologica e idrogeochimica dei Corpi Idrici Sotterranei Significativi della Regione Toscana (CISS) - 99MM040 "Acquifero delle Colline Metallifere" e 32CT060 "Acquifero carbonatico di Gavorrano" – Soggetti Realizzatori: Consorzio LaMMA, Consiglio Nazionale delle Ricerche (Istituto di Geoscienze e Georisorse) – 2009

Regione Toscana: Integrazione alla Caratterizzazione geologica, idrogeologica e idrogeochimica dei Corpi Idrici Sotterranei Significativi della Regione Toscana (CISS) - 99MM040 "Acquifero delle Colline Metallifere" e 32CT060 "Acquifero carbonatico di Gavorrano" – Soggetti Realizzatori: Consorzio LaMMA, Consiglio Nazionale delle Ricerche (Istituto di Geoscienze e Georisorse) – 2012

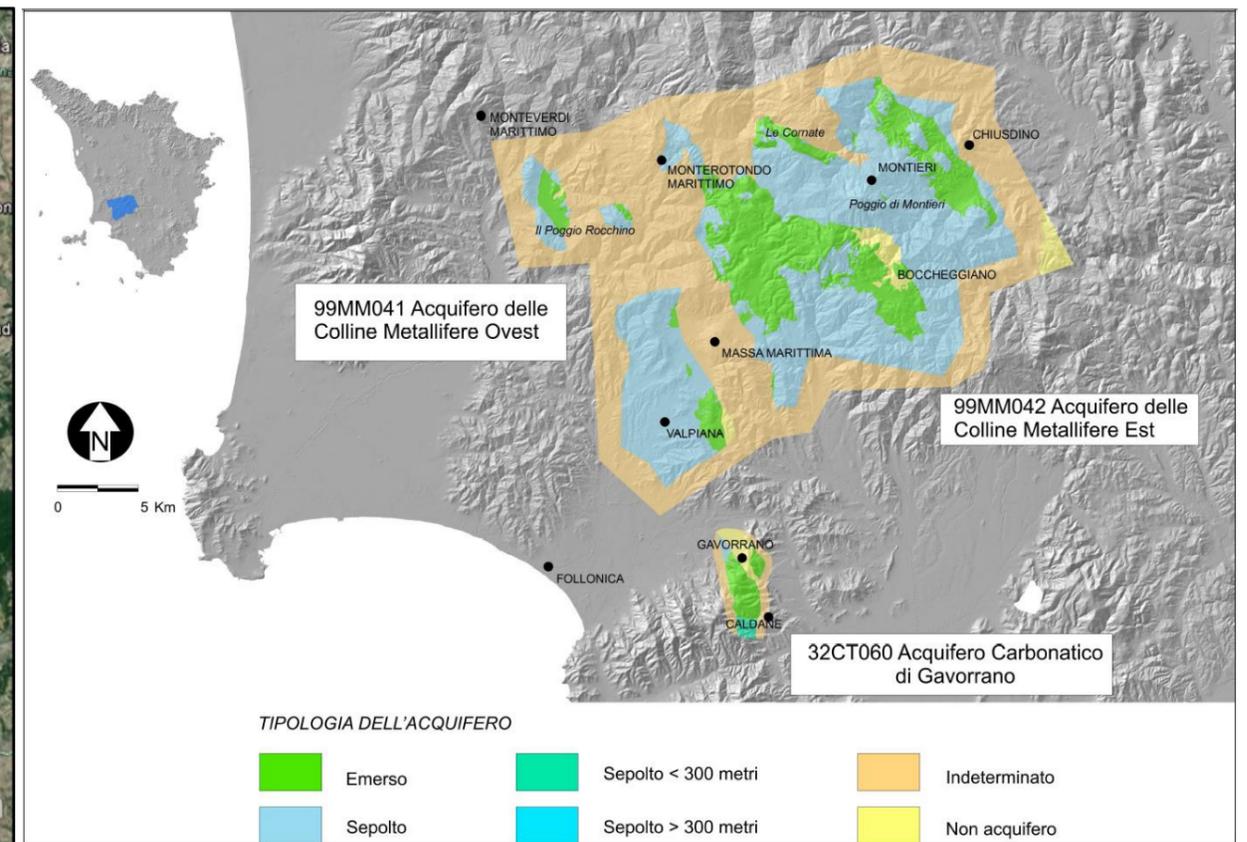


Figura 77: Acquifero idrico sotterraneo significativo delle Colline Metallifere



Gli estesi affioramenti che appartengono al corpo idrico delle Colline Metallifere costituiscono importanti aree di assorbimento delle acque che vanno ad alimentare una circolazione anche profonda. Come conseguenza, non sono presenti numerose sorgenti e, tra quelle esistenti, alcune (zona di Chiusdino) hanno caratteristiche idrotermali in ragione di una emergenza di circuiti relativamente profondi determinata dalla presenza di faglie ad alto angolo che ne favoriscono la risalita. Almeno una parte delle acque di infiltrazione in questi sistemi carbonatici va inoltre ad alimentare il campo geotermico di Lardarello⁴¹. Non si conoscono studi idrogeologici recenti che abbiano portato a una caratterizzazione dei parametri idrodinamici di questo sistema acquifero né tanto meno all'elaborazione di una superficie piezometrica basata su livelli di pozzo, anche perché il numero di pozzi è molto basso. Una ricostruzione piezometrica valida a scala regionale è quella di Celati et al. (1973), ricostruita sulla base dei livelli misurati in alcuni pozzi e delle quote di alcune sorgenti (Figura 78). Come mostra la figura, le zone di affioramento del carbonatico costituente il corpo idrico significativo in esame sono caratterizzate dai carichi piezometrici più elevati (tra i 400 e i 600 m s.l.m.), a testimonianza di un loro ruolo di assorbimento delle acque e di alimentazione di circuiti anche a carattere regionale.

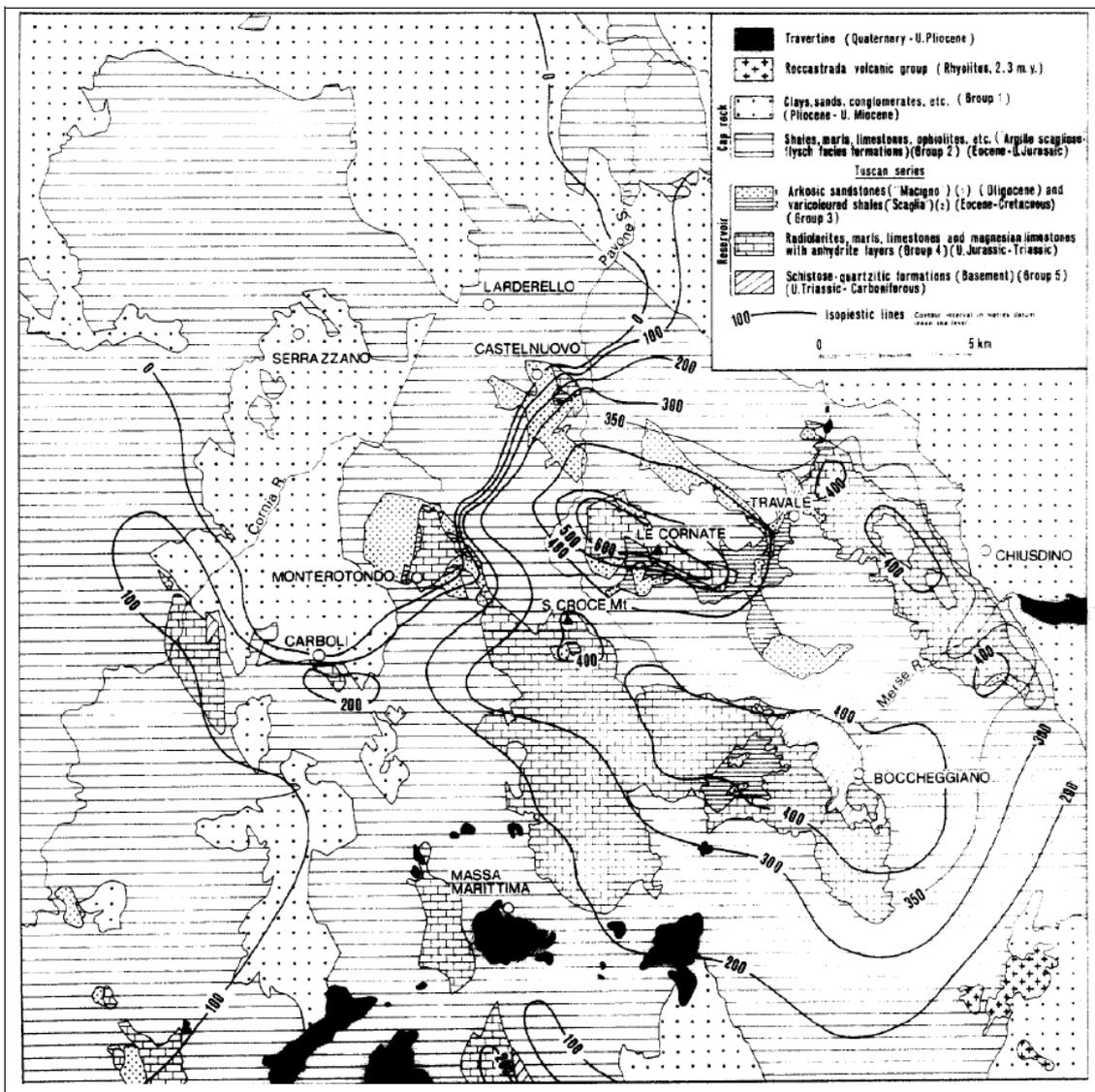


Figura 78: Piezometria del serbatoio carbonatico nell'area di Lardarello (da Celati et al., 1973)

⁴¹ Celati R., Noto P., C. Panichi, Squarci P., Taffi L., 1973. Interactions between the steam reservoir and surrounding aquifers in the Lardarello geothermal field. *Geothermics*, Volume 2, Issues 3-4, September-December 1973, Pages 174-185.

Celati R., Squarci P., Stefani G.C., Taffi L., 1977. Study of water levels in lardarello region geothermal wells for reconstruction of reservoir pressure trend. *Geothermics*, Volume 6, Issues 3-4, 1977, Pa



I dati idrogeochimici relativi agli acquiferi delle Colline Metallifere e di Gavorrano provengono in buona parte dai database del Sistema Informativo Regionale Ambientale della Toscana (S.I.R.A.) e dell'Acquedotto del Fiora, in cui sono immagazzinate serie temporali estese per i punti d'acqua oggetto di monitoraggio.

Nella Figura 79 si riporta un estratto del database geologico regionale, riportante l'ubicazione dei punti d'acqua presenti in un intorno di circa 10 km di raggio dall'area di progetto (suddivisi in: pozzi, sorgenti, sorgenti termali e idrotermali). Dall'esame della figura emerge l'esistenza di 5 sorgenti rilevate nel settore sudoccidentale dell'areale considerato.

In Figura 80 si riporta inoltre un estratto della mappatura delle captazioni idriche sotterranee a fini idropotabili della Regione Toscana, costruita su dati forniti dall'Autorità Idrica Toscana (fonte: Sistema informativo regionale ambientale). La figura riporta l'ubicazione delle captazioni idriche a scopo idropotabile comprese, anche in questo caso, entro un areale di circa 10 km di raggio dal sito di progetto, si tratta principalmente di sorgenti, la cui descrizione è riportata nella Tabella 53 (si evidenzia che in tale tabella non sono riportati i dati dei pozzi ubicati in prossimità del fiume Cecina, nel settore nordoccidentale dell'areale considerato, tali pozzi presumibilmente prelevano le acque di subalveo del corpo idrico superficiale).

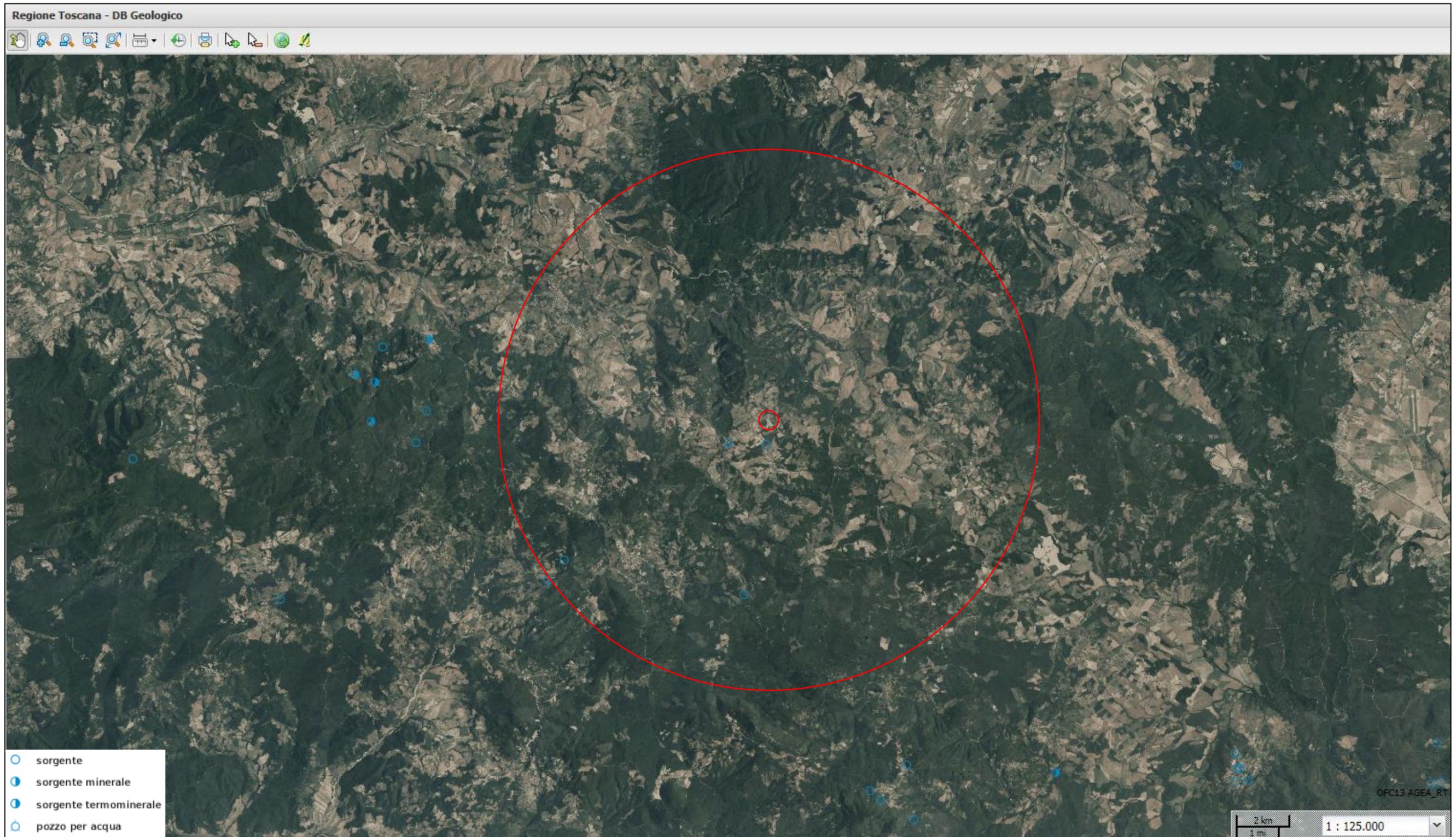


Figura 79: DataBase Geologico Regionale - sorgenti e pozzi rilevati sul territorio

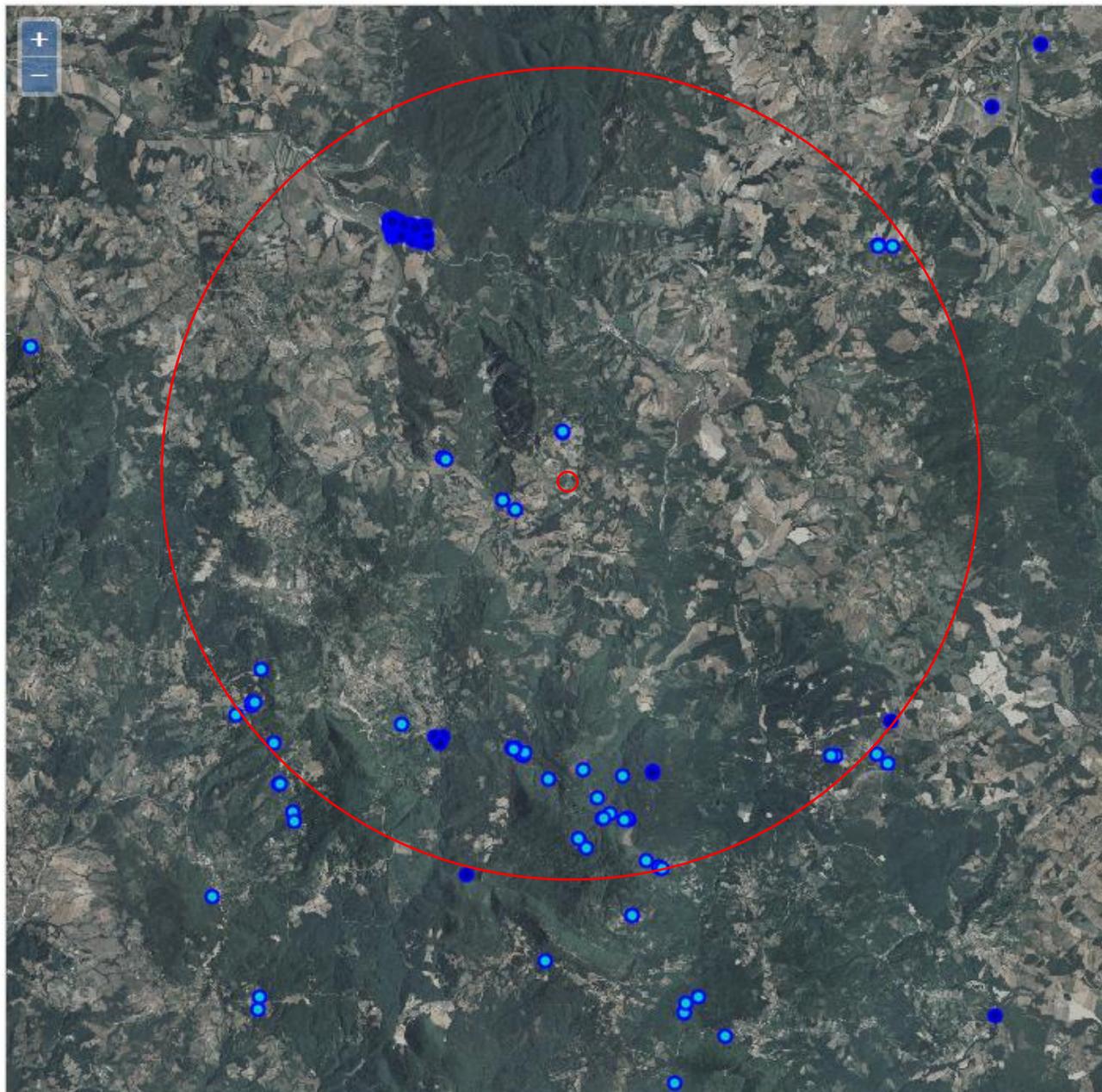


Figura 80: Estratto della carta delle captazioni idriche a scopo idropotabile (considerato un areale di circa 10 km di raggio dal sito di progetto)

Tabella 53: Pozzi e sorgenti idropotabili presenti nell'intorno dell'area di Progetto

CODICE	GESTORE	DESCRIZIONE	COORD. GB_EST	COORD. GB_NORD	LOCALITA'	COMUNE
PZ00000903	ASA spa	POZZO PAVONE1	1656436	4784975	PAVONE LOC. TRE VIGNE, P/RE	Castelnuovo di Val di Cecina
PZ00000902	ASA spa	POZZO PAVONE2	1656265	4784972	PAVONE LOC. TRE VIGNE, P/RE	Castelnuovo di Val di Cecina
PZ00000904	ASA spa	POZZO PAVONE3	1656363	4784831	PAVONE LOC. TRE VIGNE, P/RE	Castelnuovo di Val di Cecina



SIA IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTELNUOVO

CODICE	GESTORE	DESCRIZIONE	COORD. GB_EST	COORD. GB_NORD	LOCALITA'	COMUNE
PZ00001835	ASA spa	POZZO PRATIVIGNA2	1661538	4784108	n.d.	Radicondoli
PZ00001834	ASA spa	POZZ PRATIVIGNA1	1661536	4784092	n.d.	Radicondoli
CHIPO2	Acquedotto del Fiora spa	Fiumarello (COSVIG)	1667277.95	4785332.32	n.d.	Chiusdino
SO00000634	ASA spa	SORG CALDANELLE	1658220	4790495	LOC. PIETRAIE (GRUPPI OPERE)- LOC. CALCERAIO (GRUPPI OPERE)	Castelnuovo di Val di Cecina
SO00001331	ASA spa	SORG SARACILIERI 2	1659348	4792366	LOC. SARACILIERI (GRUPPI OPERE)- LOC. MONTECASTELLI PISANO	Castelnuovo di Val di Cecina
SO00001330	ASA spa	SORG SARACILIERI 1	1659337	4792398	LOC. SARACILIERI (GRUPPI OPERE)- LOC. MONTECASTELLI PISANO	Castelnuovo di Val di Cecina
SO00001081	ASA spa	SORG CALCERAIO 3	1657891	4790734	LOC. PIETRAIE (GRUPPI OPERE)- LOC. CALCERAIO (GRUPPI OPERE)	Castelnuovo di Val di Cecina
SO00001083	ASA spa	SORG GORGO2	1651849	4785724	GORGO, P/RE	Castelnuovo di Val di Cecina
SO00001504	ASA spa	SORG GORGO1	1651846	4785800	GORGO, P/RE	Castelnuovo di Val di Cecina
SO00001505	ASA spa	SORG GORGO 3	1651895	4785800	GORGO, P/RE	Castelnuovo di Val di Cecina
SO00001329	ASA spa	SORG DOCCIOLI 2	1655446	4785275	PAVONE LOC. TRE VIGNE, P/RE	Castelnuovo di Val di Cecina
SO00001084	ASA spa	SORG POGGIBIADA 1	1652364	4784821	SS329-SP49 LOCALITA' BURRAIA SASSO(SASSO PISANO)	Castelnuovo di Val di Cecina
SO00000624	ASA spa	SORG FONTINO1-SAN DALMAZIO	1656432	4791768	SP27	Pomarance
SO00001082	ASA spa	SORG PESCINE ROSA	1652071	4786612	n.d.	Pomarance
SO00000623	ASA spa	SORG FONTINO2-I LAVATOI	1656542	4791715	SP27	Pomarance
SO00001072	ASA spa	SORG ONORE 4	1658415	4784489	PODERNUOVO, P/RE	Radicondoli
SO00001070	ASA spa	SORG ONORE 3	1658366	4784535	PODERNUOVO, P/RE	Radicondoli
SO00000662	ASA spa	SORG ONORE 1	1658373	4784538	PODERNUOVO, P/RE	Radicondoli
SO00000656	ASA spa	SORG CARLIN DEL PAPA	1659930	4782256	n.d.	Radicondoli



SIA IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTELNUOVO

CODICE	GESTORE	DESCRIZIONE	COORD. GB_EST	COORD. GB_NORD	LOCALITA'	COMUNE
SO00000663	ASA spa	SORG RISCONE 3	1659010	4783949	Strada Comunale Solaio Fosini	Radicondoli
SO00000661	ASA spa	SORG PESCINE	1659846	4784151	n.d.	Radicondoli
SO00001506	ASA spa	SORG ACERO MEDIO	1660965	4782937	SORGENTE DELL'ACERO	Radicondoli
SO00001075	ASA spa	SORG RIMAGGIO1	1660790	4784015	n.d.	Radicondoli
SO00001074	ASA spa	SORG ACERO BASSO	1660926	4782963	SORGENTE DELL'ACERO	Radicondoli
SO00001073	ASA spa	SORG PALAZZOLI	1660481	4783106	n.d.	Radicondoli
SO00000685	ASA spa	SORG ACERO ALTO	1660857	4782942	SORGENTE DELL'ACERO	Radicondoli
SO00000660	ASA spa	SORG PIETRASDRUC CIOLA	1660196	4783488	n.d.	Radicondoli
SO00000659	ASA spa	SORG TREGGIATE 2	1660317	4782997	n.d.	Radicondoli
SO00000658	ASA spa	SORG TREGGIATE	1660330	4782996	n.d.	Radicondoli
SO00000657	ASA spa	SORG GINEPRO	1659737	4782471	n.d.	Radicondoli
SO00001071	ASA spa	SORG ONORE 2	1658372	4784531	PODERNUOVO, P/RE	Radicondoli
SO00001079	ASA spa	SORG GIUNCAIE	1658420	4784569	PODERNUOVO, P/RE	Radicondoli
SO00001078	ASA spa	SORG PODERE NUOVO3	1658192	4784696	PODERNUOVO, P/RE	Radicondoli
SO00001077	ASA spa	SORG PODERE NUOVO6	1658143	4784680	PODERNUOVO, P/RE	Radicondoli
SO00001076	ASA spa	SORG PODERE NUOVO2	1658169	4784667	PODERNUOVO, P/RE	Radicondoli
CAESO1	Acquedotto del Fiora spa	Solaioli	1666976.29	4796952.9	n.d.	Casole d'Elsa
CAESO2	Acquedotto del Fiora spa	Doccia Vecchia	1666993.65	4796920.15	n.d.	Casole d'Elsa
CAESO3	Acquedotto del Fiora spa	Paradiso	1667346.33	4796911.02	n.d.	Casole d'Elsa
CHISO2	Acquedotto del Fiora spa	Doccione 2	166.593.65	478.450.079	n.d.	Chiusdino
CHISO1	Acquedotto del Fiora spa	Doccione 1	166.585.52	478.449.777	n.d.	Chiusdino
MONSO7	Acquedotto del Fiora spa	Pian della Fonte	1661380.15	4781938.75	n.d.	Montieri
MONSO6	Acquedotto del Fiora spa	Casanacchi 1	1661714.89	4781753.79	n.d.	Montieri
MONSO14	Acquedotto del Fiora spa	Casanacchi 3	1661677.59	4781778.47	n.d.	Montieri
MONSO11	Acquedotto del Fiora spa	Casanacchi 2	1661747.88	4781751.13	n.d.	Montieri



In conclusione, sulla base della caratterizzazione sopra descritta, ai fini della valutazione dell'impatto, alla componente ambiente idrico sotterraneo è stata attribuita una sensibilità trascurabile.

4.7.2 Valutazione degli impatti

4.7.2.1 Fattori di impatto

I fattori di impatto in grado di interferire con la componente ambiente idrico sotterraneo per le fasi di progetto considerate sono di seguito individuati.

■ Fase di costruzione

- immissione di inquinanti nel suolo/sottosuolo.

■ Fase di esercizio

- in fase di esercizio non è previsto alcun fattore di impatto agente sulla componente.

4.7.2.2 Valutazione e matrici di impatto

In **fase di costruzione**, un potenziale impatto sulla componente potrebbe derivare a seguito dell'immissione di inquinanti nel suolo/sottosuolo a causa di perdite accidentali dai mezzi durante le operazioni di scavo per la realizzazione delle opere civili e dell'impianto.

Si sottolinea che le condizioni idrogeologiche dell'area di intervento sono caratterizzate da una circolazione idrica circoscritta alle porzioni più superficiali delle formazioni litologiche affioranti.

La circolazione idrica sotterranea è in pratica da ascrivere alle coltri detritiche di alterazione superficiale, dotate di una maggiore, seppur limitata, conducibilità idraulica rispetto ai litotipi dell'area (a prevalente componente argillosa, sostanzialmente impermeabile).

Nell'area di intervento non sono pertanto attesi corpi idrici sotterranei significativi, bensì possono instaurarsi condizioni di circolazione limitata e a carattere stagionale (tale situazione è riscontrabile nel regime di portata delle sorgenti superficiali individuate nei pressi dell'area in esame).

Stante le suddette considerazioni, si ritiene che eventuali perdite accidentali di contaminanti dai mezzi d'opera durante gli scavi potranno determinare locali situazioni di contaminazione del suolo e/o del sottosuolo, ma non sono attese ripercussioni sulle acque sotterranee.

A tale riguardo si evidenzia che la gestione delle attività di cantiere sarà svolta secondo opportune procedure in grado di minimizzare la possibilità di accadimento di sversamenti di sostanze inquinanti e, anche nel caso di occorrenza di episodi incidentali, si potrà intervenire tempestivamente con la rimozione delle porzioni di suolo eventualmente contaminato.

Con riferimento alle misure di gestione del cantiere da attuare al fine di ridurre al minimo il rischio di episodi di contaminazione si menzionano, a titolo esemplificativo, le seguenti:

- eseguire controlli giornalieri dei circuiti oleodinamici dei mezzi d'opera;
- effettuare operazioni frequenti di manutenzione degli automezzi e delle macchine operatrici;
- prevedere idonee aree di stoccaggio delle sostanze pericolose/inquinanti;
- evitare soste prolungate dei mezzi su aree permeabili;
- disporre le operazioni di rifornimento carburante e lubrificanti dei mezzi d'opera su aree impermeabilizzate.

Con specifico riferimento alla realizzazione dei pozzi, al fine di evitare eventuali interazioni con gli acquiferi potenzialmente attraversati durante la perforazione e possibili contaminazioni, saranno adottate particolari modalità tecnico-operative atte a escludere impatti sulle acque sotterranee.



In particolare, la perforazione sarà condotta mediante l'applicazione di tecniche tali da escludere eventuali rischi di inquinamento delle falde sotterranee e/o danneggiamento di acquiferi derivanti dalla comunicazione tra i pozzi e le falde stesse; i pozzi geotermici profondi saranno infatti totalmente isolati e impermeabili fino alla profondità del serbatoio geotermico e il rivestimento dei fori di perforazione escluderà il contatto o la contaminazione di eventuali acquiferi.

Nel seguito si citano alcune tecniche previste per evitare l'interazione con le acque sotterranee in fase di perforazione:

- il fluido di perforazione utilizzato nei primi tratti perforati sarà preparato esclusivamente con acqua dolce e bentonite (con eventuale aggiunta di idrossido sodico per neutralizzare il pH);
- gli eventuali orizzonti produttivi incontrati (a profondità superiori a quella delle falde) saranno tamponati utilizzando malte cementizie che non contengono additivi chimici, ma solo cloruro di calcio (sostanza innocua), utilizzato per accelerarne il consolidamento;
- l'utilizzo del "conductor pipe" ad infissione permetterà l'isolamento delle eventuali venute d'acqua superficiali fino alla quota di progetto;
- il sistema di circolazione interno ai pozzi risulterà sempre isolato da possibili falde e acquiferi in quanto racchiuso all'interno di tubazioni cementate fino a giorno per poi essere convogliato al sistema fango (vibrovasche, vasche, pompe, etc.).

La Tabella 54 riassume i giudizi di impatto del Progetto sulla componente ambiente idrico sotterraneo in fase di costruzione.

Tabella 54: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Ambiente idrico sotterraneo - Fase di costruzione

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO FASE DI COSTRUZIONE		immissione di inquinanti nel suolo / sottosuolo
Durata nel tempo (D)	breve	
	medio-breve	
	media	
	medio-lunga	
	lunga	
Distribuzione temporale (Di)	concentrata	
	discontinua	
	continua	
Area di influenza (A)	circoscritta	
	estesa	
	globale	
Rilevanza (Ri)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Reversibilità (R)	a breve termine	
	a medio-lungo termine	



MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO FASE DI COSTRUZIONE		immissione di inquinanti nel suolo / sottosuolo
	irreversibile	
Probabilità accadimento (P)	bassa	
	media	
	alta	
	certa	
Mitigazione (M)	alta	
	media	
	bassa	
	nulla	
Sensibilità componente (S)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Impatto		Trascurabile

In **fase di esercizio** non sono previsti fattori di impatto agenti sull'ambiente idrico sotterraneo, in quanto i pozzi saranno realizzati in modo che anche durante il funzionamento dell'impianto non risulti possibile il contatto tra fluido geotermico ed eventuali falde; infatti, le tubazioni di rivestimento del pozzo (*casing* superficiale) sono posizionate fino a profondità tali da isolare completamente le eventuali falde superficiali.

In **fase di dismissione** si procederà alla dismissione della centrale geotermoelettrica, delle opere connesse e alla chiusura mineraria dei pozzi. Considerando che la chiusura dell'impianto geotermico pilota avverrà dopo un periodo di almeno e/o minimo 25 anni di esercizio, al momento attuale non si ritiene pertinente valutare le possibili azioni di recupero dell'area in fase di chiusura. Questa progettazione sarà sviluppata in tempi successivi, a valle della definizione e pianificazione degli obiettivi del recupero ambientale.

In questa sede si sottolinea comunque che la chiusura mineraria avverrà in modo sicuro e preteso. I pozzi dovranno essere conservati in modo tale che nessun deterioramento del *casing* da corrosione o altri processi si possano verificare nel tempo.

L'abbandono sarà pertanto svolto in modo tale da prevenire futuri flussi tra le diverse parti del serbatoio con potenzialità di pressione differenti e saranno messe in pratica le misure necessarie per garantire un abbandono sicuro e affidabile che non interferisca con l'ambiente idrico sotterraneo.

4.8 Clima acustico

4.8.1 Descrizione della componente

4.8.1.1 Clima acustico

Il vigente Piano di Classificazione Acustica del Comune di Castelnuovo Val di Cecina è stato approvato con la D.C.C. n. 29 del 28/06/2005.

Nella Figura 81 si riporta uno stralcio di tale piano dell'area di studio (fonte: SIRA - Sistema Informativo Regionale Ambientale Regione Toscana), relativo alla frazione di Montecastelli Pisano, dal quale si evince che l'area di insediamento della centrale geotermica e il territorio circostante entro un raggio di oltre 1 Km sono classificati in Classe III "Aree di tipo misto".

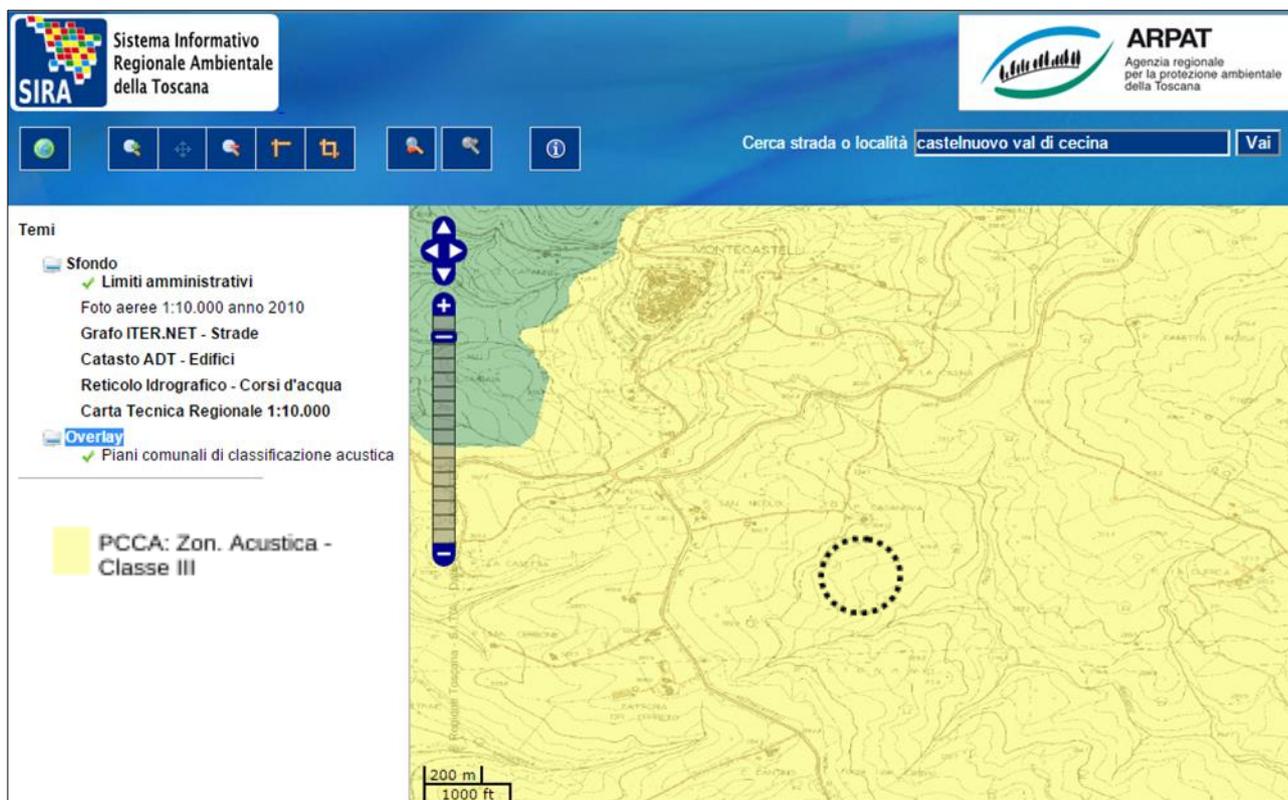


Figura 81: Estratto del Piano di classificazione acustica del Comune di Castelnuovo Val di Cecina (fonte:SIRA)

Al fine di definire il clima acustico dell'area, nei giorni 17 e 18 settembre 2015 è stata condotta dall'ing. Davide Papi, tecnico competente in acustica ambientale, un'indagine fonometrica.

Sono state definite n. 6 postazioni fonometriche, di cui n. 1 fissa (rilievo in continuo per 24h) denominata PF e n. 5 mobili (rilievo con campionamenti ripetuti da 10' in periodo diurno e notturno), denominate P1÷ P5 (Figura 82) (per i dettagli si rimanda alla Documentazione Previsionale di Impatto Acustico in Appendice A).

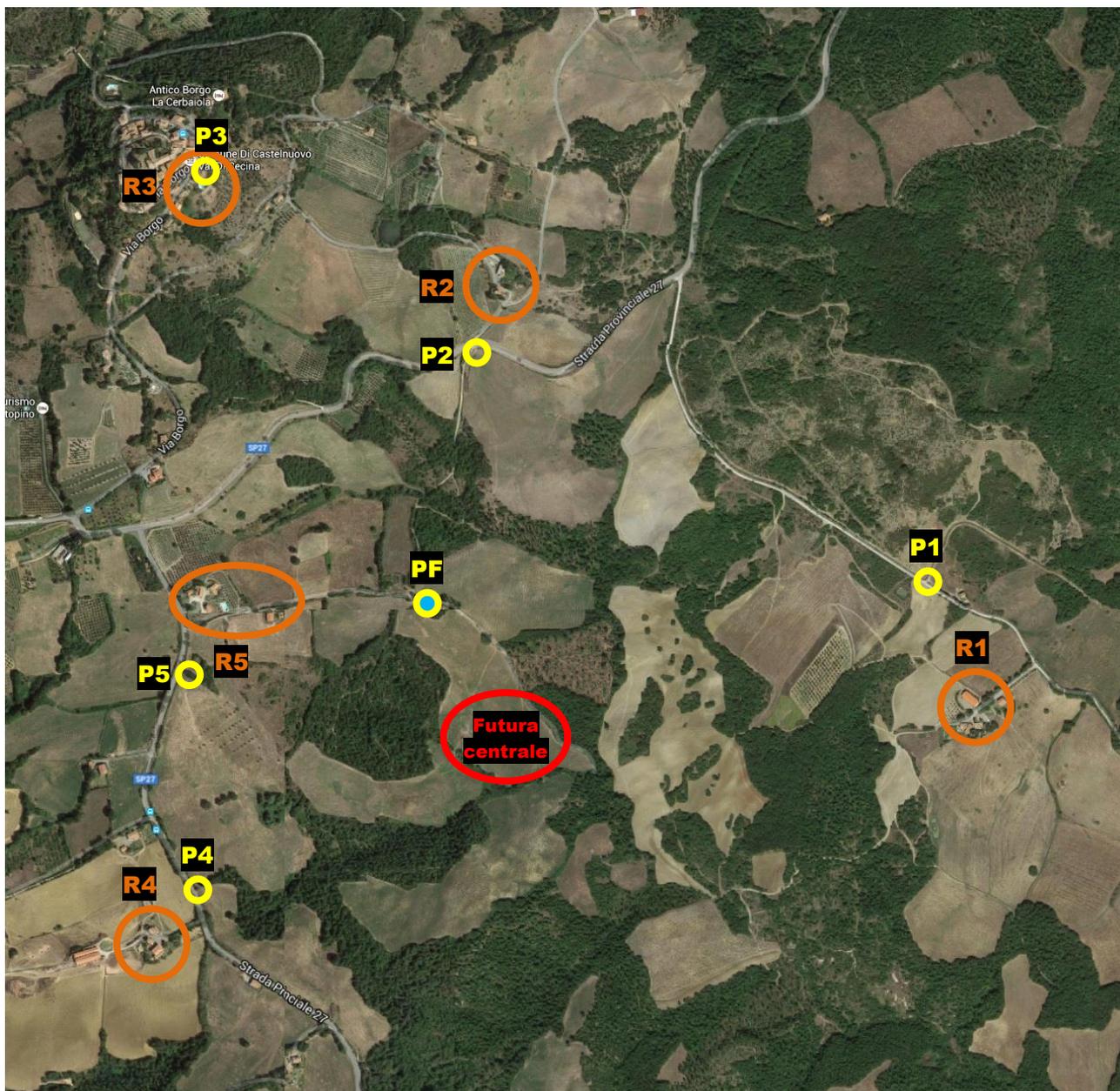


Figura 82: Postazioni di misura fonometrica (Pn) e principali ricettori (Rn)

In Tabella 55 e in Tabella 56 si riportano i risultati delle misure fonometriche. Per ogni postazione si indicano i livelli sonori equivalenti ($L_{Aeq, TM}$) nell'intervallo di misura TM, i livelli sonori di immissione medi del periodo di riferimento TR ($L_{Aeq, TR}$), i relativi Valori Limite di Immissione sonora (V.L.I.) che, in tutti i casi, corrispondono a quelli della Classe Acustica III in cui ricadono tutti i ricettori dell'area.

Tabella 55: Risultati del rilievo fonometrico condotto presso la postazione fissa PF

Postazione	Periodo	Data	Ora Inizio	Ora Fine	$L_{Aeq, TR}$ [dBA]	V.L.I. [dBA]
PF	Giorno	17/09/2015	16.00	22.00	35,0	60
		18/09/2015	06.00	16.00		
	Notte	17-18/09/2015	22.00	06.00	28,0	50



Tabella 56: Risultati dei rilievi fonometrici condotti presso le postazioni mobili P1÷P5

Punto	Periodo	Misura	Data	Ora Inizio	L _{Aeq, TM} [dBA]	L _{Aeq, TR} [dBA]	V.L.I. [dBA]
P1	Giorno	P1-D1	17/09/2015	18.18	29,7	33,5	60
		P1-D2	18/09/2015	09.43	36,4		
		P1-D3	18/09/2015	13.52	30,5		
	Notte	P1-N1	17/09/2015	22.01	27,7	28,5	50
		P1-N2	17/09/2015	23.34	28,9		
P2	Giorno	P2-D1	17/09/2015	18.35	34,3	32,5	60
		P2-D2	18/09/2015	10.27	32,9		
		P2-D3	18/09/2015	14.08	27,9		
	Notte	P2-N1	17/09/2015	22.15	32,0	31,5	50
		P2-N2	17/09/2015	23.53	30,4		
P3	Giorno	P3-D1	17/09/2015	18.55	41,0	38,5	60
		P3-D2	18/09/2015	10.49	38,2		
		P3-D3	18/09/2015	14.25	30,7		
	Notte	P3-N1	17/09/2015	22.33	30,7	29,0	50
		P3-N2	18/09/2015	00.12	26,7		
P4	Giorno	P4-D1	18/09/2015	11.12	34,3	37,5	60
		P4-D2	18/09/2015	13.19	40,1		
		P4-D3	18/09/2015	14.48	36,3		
	Notte	P4-N1	17/09/2015	22.56	30,3	30,0	50
		P4-N2	18/09/2015	00.35	29,6		
P5	Giorno	P5-D1	18/09/2015	11.34	36,5	37,5	60
		P5-D2	18/09/2015	13.33	37,7		
		P5-D3	18/09/2015	15.02	38,7		
	Notte	P5-N1	17/09/2015	23.14	29,8	29,0	50
		P5-N2	18/09/2015	00.54	27,8		

Dall'analisi dei dati risulta quanto segue:

- i livelli sonori residui diurni sono compresi tra 32.5 e 38.5 dB(A) L_{Aeq}, in tutti i casi ampiamente inferiori al valore limite di immissione diurno della Classe III (60 dB(A));
- i livelli sonori residui notturni sono compresi tra 28,0 e 31,5 dB(A) L_{Aeq}, in tutti i casi ampiamente inferiori al valore limite di immissione notturno della Classe III (50 dB(A)).

La principale sorgente sonora è rappresentata dal traffico veicolare della Strada Provinciale n. 27, interessata da flussi di traffico modesti e concentrati nel solo periodo diurno. Si segnala inoltre l'influenza acustica delle attività agricole aventi carattere discontinuo e il suono dei fenomeni naturali.

L'ambiente sonoro è caratterizzato da un'ottima qualità ambientale, pertanto ai fini della valutazione dell'impatto, alla componente clima acustico è stata attribuita una sensibilità media.

4.8.2 Valutazione degli impatti

4.8.2.1 Fattori di impatto

I fattori di impatto in grado di interferire con la componente clima acustico per le fasi di progetto considerate sono di seguito individuati.



- **Fase di costruzione**
 - emissione di rumore.
- **Fase di esercizio**
 - emissione di rumore.

4.8.2.2 Valutazione e matrici di impatto

In **fase di costruzione** l'emissione di rumore è principalmente imputabile alle attività dei mezzi d'opera impegnati nei rimodellamenti morfologici e nella costruzione della centrale elettrica geotermica, all'attività di perforazione dei pozzi e, in misura minore, al flusso veicolare indotto dal cantiere. La valutazione previsionale dello stato acustico è stata condotta mediante l'impiego del software previsionale Soundplan ed ha riguardato le fasi caratterizzate da una maggiore emissione acustica e correlate sia alle attività di costruzione della centrale (opere civili e meccaniche) sia all'attività di perforazione dei pozzi, quest'ultima condotta anche in periodo notturno.

Per la valutazione di dettaglio si rimanda alla lettura del documento riportato in Appendice A.

La Tabella 57 riassume il giudizio di impatto del Progetto sulla componente clima acustico in fase di costruzione.

Tabella 57: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Clima acustico - Fase di costruzione

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - CLIMA ACUSTICO		emissione di rumore
FASE DI COSTRUZIONE		
Durata nel tempo (D)	breve	
	medio-breve	
	media	
	medio-lunga	
	lunga	
Distribuzione temporale (Di)	concentrata	
	discontinua	
	continua	
Area di influenza (A)	circoscritta	
	estesa	
	globale	
Rilevanza (Ri)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Reversibilità (R)	a breve termine	
	a medio-lungo termine	
	irreversibile	
Probabilità accadimento (P)	bassa	
	media	
	alta	



MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - CLIMA ACUSTICO FASE DI COSTRUZIONE		emissione di rumore
	certa	
Mitigazione (M)	alta	
	media	
	bassa	
	nulla	
Sensibilità componente (S)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Impatto		Medio-Basso

In **fase di esercizio** l'emissione di rumore è correlato al funzionamento della centrale elettrica geotermica.

Anche in questo caso è stata eseguita una valutazione previsionale dello stato acustico, condotta mediante l'impiego del software previsionale Soundplan.

Per la valutazione di dettaglio si rimanda alla lettura del documento riportato in Appendice A.

La Tabella 58 riassume il giudizio di impatto del Progetto sulla componente clima acustico in fase di costruzione. Tale impatto potrà comunque essere ridotto implementando le misure di mitigazione durante la fase esecutiva.

Tabella 58: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Clima acustico - Fase di costruzione

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - CLIMA ACUSTICO FASE DI ESERCIZIO		emissione di rumore
Durata nel tempo (D)	breve	
	medio-breve	
	media	
	medio-lunga	
	lunga	
Distribuzione temporale (Di)	concentrata	
	discontinua	
	continua	
Area di influenza (A)	circoscritta	
	estesa	
	globale	
Rilevanza (Ri)	trascurabile	
	bassa	
	media	



MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - CLIMA ACUSTICO FASE DI ESERCIZIO		emissione di rumore
	alta	
Reversibilità (R)	a breve termine	
	a medio-lungo termine	
	irreversibile	
Probabilità accadimento (P)	bassa	
	media	
	alta	
	certa	
Mitigazione (M)	alta	
	media	
	bassa	
	nulla	
Sensibilità componente (S)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Impatto		Medio-Alto

In **fase di dismissione** si procederà alla chiusura mineraria dei pozzi, alla dismissione della centrale a ciclo binario e delle opere connesse. Considerando che la chiusura dell'impianto geotermico pilota avverrà dopo un periodo di almeno e/o minimo 25 anni di esercizio, al momento attuale si può stimare che l'impatto connesso a questa fase sarà basso ed inferiore rispetto a quello stimato per la fase di cantiere poiché non saranno presenti le emissioni di rumore correlate all'attività di perforazione dei pozzi.

4.9 Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti

4.9.1 Descrizione della componente

4.9.1.1 Radiazioni ionizzanti

Per radiazione ionizzante si intende l'energia trasferita in forma di particelle o onde elettromagnetiche pari ad una lunghezza d'onda di 100 nanometri o meno (a una frequenza uguale a o maggiore di 3×10^{15} Hertz) in grado di produrre ioni direttamente o indirettamente⁴².

Le radiazioni ionizzanti sono particelle e/o radiazioni elettromagnetiche che scaturiscono dal processo di decadimento del nucleo di un atomo (radioattività), di origine naturale o artificiale, e sono in grado di modificare la struttura della materia con cui interagiscono. Nel caso dei tessuti biologici questa interazione può portare a un danneggiamento delle cellule. Nella maggior parte dei casi il danno viene riparato dai normali meccanismi di difesa dell'organismo ma, in funzione anche dell'entità e della durata dell'esposizione, a volte le cellule interessate possono risultare compromesse, con conseguenze sulla salute degli individui esposti.

⁴² Direttiva 2013/59/Euratom



La radioattività naturale terrestre è dovuta ai radionuclidi cosiddetti primordiali presenti in varie quantità nei materiali inorganici della crosta terrestre (rocce, minerali) fin dalla sua formazione. I principali radionuclidi primordiali sono il K-40, il Rb-87 e gli elementi delle serie radioattive dell'U-238 e del Th-232.

La concentrazione dei radionuclidi naturali nel suolo e nelle rocce varia fortemente da luogo a luogo in dipendenza della conformazione geologica delle diverse aree. Nell'aria, la radiazione naturale è dovuta principalmente alla presenza di radon e toron, cioè di gas (7,5 volte più pesanti dell'aria) appartenenti alle famiglie dell'uranio e del torio.

I radionuclidi naturali possono essere classificati in funzione dell'origine che li ha prodotti:

- radionuclidi naturali (Naturally Occurring Radioactive Materials - NORM)
- radionuclidi naturali incrementati da attività tecnologiche (Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials - TENORM).

I radionuclidi naturali (NORM) sono diffusamente presenti nell'ambiente, con diverse concentrazioni nel suolo, nell'acqua, nell'aria, nei vegetali e negli organismi animali. Fra gli isotopi radioattivi normalmente presenti in natura occorre menzionare: le famiglie dell'Uranio (costituita da 18 radionuclidi), del Torio (costituita da 12 radionuclidi) e dell'Attinio (costituita da 16 radionuclidi), nonché i radionuclidi Carbonio-14, Trizio, Potassio-40, Berillio-7 e Rubidio-87.

I radionuclidi naturali incrementati da attività tecnologiche (TENORM) costituiscono spesso una delle principali sorgenti di esposizione della popolazione. A questa categoria appartengono, infatti, tutti quei materiali utilizzati nelle attività produttive che, pur non considerati radioattivi, contengono radionuclidi naturali che, per effetto dell'intervento tecnologico o di scelte produttive, vengono concentrati, incrementando così significativamente l'esposizione dei lavoratori e della popolazione attraverso:

- la produzione di residui con elevate concentrazioni di radionuclidi e conseguente contaminazione di suolo, aria, acqua ed alimenti per l'impiego di prodotti in cui i NORM hanno subito un processo di concentrazione
- la produzione di derivati da lavorazione di minerali che sono destinati all'impiego da parte di persone del pubblico e nei quali la presenza di radionuclidi è significativa ai fini dell'esposizione di queste.

4.9.1.1.1 Radon

L'uranio-238 è il capostipite di una catena naturale che attraverso successivi decadimenti del nucleo si trasforma in elementi e isotopi diversi fino a raggiungere l'isotopo stabile del piombo-206. Durante tutto il processo vengono emesse, ad ogni trasformazione nucleare, radiazioni ionizzanti di diverso tipo: alfa, beta, gamma o combinazioni di esse. Il decadimento dell'uranio-238 porta infatti alla formazione di Ra-226 che, emettendo una particella alfa, decade in Rn-222, cioè **radon**. Il Radon si trasforma spontaneamente in altre sostanze radioattive dette "figli". La catena di decadimenti ha termine con un elemento stabile rappresentato dal Piombo 206 (^{206}Pb). Nella famiglia del torio, il decadimento del Ra-224 porta alla formazione del Rn-220, un isotopo del Radon chiamato toron, e la catena dei decadimenti ha termine con l'elemento stabile rappresentato dal Piombo 208 (^{208}Pb).

Il radon emanato viene rapidamente disperso all'aperto, dove lo si trova in concentrazioni generalmente basse; quando invece è presente al chiuso, a causa del diminuito ricambio di aria esso tende a concentrarsi.

Tra gli elementi radioattivi naturali, il radon desta ormai da anni particolare attenzione poichè riconosciuto cancerogeno dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

Pertanto la riduzione dell'esposizione al radon nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro è da oltre due decenni oggetto di studio e raccomandazioni da parte di diversi organismi internazionali, e da più di 10 anni la normativa italiana ha introdotto il radon fra le sorgenti di radiazioni naturali soggette al controllo nelle attività lavorative che si svolgono nei sotterranei e in zone particolari del territorio.



Il D.Lgs. 230/95 e s.m.i. richiede, infatti, che le Regioni individuino le zone ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon (*radon-prone areas*) e le caratteristiche dei luoghi di lavoro che possono determinare livelli elevati di radon.

Negli ambienti di lavoro la normativa stabilisce che, se la concentrazione media annua di radon supera il livello di azione di 500 Bq/m^3 , il datore di lavoro deve mettere in atto azioni di rimedio per ridurre la concentrazione di radon e procedere a verificare l'efficacia dell'intervento con una nuova misura di durata annuale, il tutto entro 3 anni dalla prima misura. Le azioni di rimedio non sono dovute se il datore di lavoro dimostra che non viene superata la dose di esposizione di 3 mSv/anno ai lavoratori, dose che viene valutata tenendo conto del tempo di permanenza dei lavoratori nell'ambiente di lavoro.

Nel caso invece che la concentrazione di radon superi il livello di riferimento di 400 Bq/m^3 , è necessario ripetere la misura l'anno successivo (per tenere conto della variabilità annua e dell'incertezza sul risultato della misura).

In Italia non è presente uno strumento normativo per la protezione dall'esposizione al radon nelle abitazioni, tuttavia l'OMS ha proposto un valore di riferimento di 100 Bq/m^3 . Tuttavia, se particolari condizioni non consentissero l'adozione di tale valore, questo non dovrebbe comunque essere superiore a 300 Bq/m^3 (che rappresenta circa 10 mSv all'anno)⁴³.

La nuova Direttiva 2013/59/Euratom introduce livelli di riferimento inferiori rispetto ai livelli di azione indicati dalla normativa italiana per gli ambienti di lavoro. Infatti, ogni Stato membro dovrà stabilire livelli di riferimento nazionali per la concentrazione di radon nei luoghi di lavoro, per la media annua della concentrazione di attività di radon in aria, non superiori a 300 Bq/m^3 , a meno che un livello superiore non sia giustificato dalle circostanze esistenti a livello nazionale. Anche per le abitazioni lo Stato membro dovrà stabilire livelli di riferimento nazionali, per la media annua della concentrazione di attività di radon in aria, non superiori a 300 Bq/m^3 .

Inoltre, la Direttiva stabilisce che gli Stati membri devono garantire l'individuazione di classi o tipi di pratiche che comportano l'impiego di materiali contenenti radionuclidi presenti in natura e che determinano un livello di esposizione dei lavoratori o individui della popolazione non trascurabile dal punto di vista della radioprotezione e che l'individuazione debba essere effettuata tenendo conto dei settori industriali che comportano l'impiego di materiali contenenti radionuclidi presenti in natura, quale la produzione di energia geotermica.

La regione Toscana, già negli anni '90 aveva promosso un'indagine campionaria per rilevare la concentrazione di radon nelle abitazioni delle aree geotermiche dell'Amiata e delle Colline Metallifere: per quest'ultima area erano stati coinvolti otto comuni, tra cui Castelnuovo Val di Cecina⁴⁴. I risultati ottenuti per l'area geotermica delle Colline Metallifere mostrano una concentrazione media di radon nelle abitazioni confrontabile con il valore medio regionale, anche se sono presenti numerosi edifici con livelli medio-alti: infatti sono presenti percentuali significative, rispetto a quelle regionali, di superamento di 200 Bq/m^3 , indicato come livello di riferimento, e di 400 Bq/m^3 . Questo per la presenza di aree che si trovano su substrato geologico di tipo magmatico intrusivo o effusivo, con chimismo generalmente acido o intermedio.

Tabella 59: Risultati delle principali indagini effettuate in Toscana nelle abitazioni

Indagine	Area geografica	Periodo	Tipologia Edifici	Numero edifici	Media aritmetica Bq/m^3	Valore Massimo misurato Bq/m^3	% misure > 200 Bq/m^3	% misure > 400 Bq/m^3
Nazionale	Toscana	1989-91	Abitazione	308	48	350	1,2	0
Regionale	Amiata	1992-94	Abitazione	79	145	1240	38	11
Regionale	Colline Metallifere	1992-94	Abitazione	53	47	550	5,7	2

⁴³ World Health Organization. WHO handbook on indoor radon – A public health perspective, 2009

⁴⁴ ARPAT. Indagine regionale sulla concentrazione di radon negli ambienti di vita e di lavoro – Risultati nei Comuni della Toscana, 2012.



Per individuare le zone ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon (mappatura richiesta dal D.Lgs. 230/95 e s.m.i.), la Regione Toscana ha affidato ad ARPAT la realizzazione di una indagine estesa a tutto il territorio per determinare i livelli di radon nelle abitazioni e negli ambienti di lavoro.

L'indagine è stata svolta dal 2006 al 2010 presso tutti i Comuni della Regione Toscana⁴⁴. Gli indicatori calcolati a partire dai dati osservati, sia per le abitazioni che per i luoghi di lavoro sono:

- la media aritmetica (MA) fra le misure in un Comune, che è correlata direttamente al rischio sanitario;
- la media geometrica (MG) fra le misure in un Comune, che rappresenta un valore centrale della distribuzione dei dati nel Comune;
- le percentuali di superamento dei livelli di riferimento per le abitazioni (pari a 200 Bq/m³) e di azione per i luoghi di lavoro (pari a 500 Bq/m³).

Per l'individuazione dei Comuni ad elevata probabilità di alta concentrazione di radon (ai sensi del D.Lgs. 230/05 e s.m.i.) sono state considerate un numero di abitazioni misurate ≥ 15 e ad una percentuale di abitazioni che superano il livello di riferimento di 200 Bq/m³ $\geq 10\%$.

Nella Tabella seguente si riportano i Comuni così individuati.

Tabella 60: Comuni individuati in Toscana ai sensi del D.Lgs. 230/95 e s.m.i.

Provincia	Comune	Abitazioni				Luoghi di lavoro			
		N	MA Bq/m ³	MG Bq/m ³	% > 200 Bq/m ³	N	MA Bq/m ³	MG Bq/m ³	% > 400 Bq/m ³
Grosseto	Sorano	19	289	201	50%	40	622	260	43%
Grosseto	Santa Fiora	24	240	168	42%	28	245	169	36%
Siena	Piancastagnaio	28	211	151	38%	29	289	170	24%
Siena	Abbadia San Salvatore	39	205	153	36%	37	246	147	19%
Grosseto	Isola del Giglio	22	157	110	27%	7	151	95	29%
Livorno	Marciana	18	161	84	25%	16	369	193	31%
Grosseto	Pitigliano	16	155	135	24%	34	329	213	38%
Pisa	Montecatini Val di Cecina	19	344	59	22%	17	278	98	18%
Grosseto	Arcidosso	28	143	112	22%	30	239	118	27%
Grosseto	Roccastrada	16	119	77	18%	32	151	80	13%
Grosseto	Castel del Piano	25	117	91	13%	35	247	116	14%
Livorno	Marciana Marina	15	111	74	13%	16	183	118	13%
Pistoia	Piteglio	19	106	66	12%	11	61	50	0%

Dall'analisi della tabella nella provincia di Pisa l'unico Comune interessato risulta essere Montecatini Val di Cecina.

Nelle seguenti tabelle si riportano i risultati rilevati presso il Comune di Castelnuovo Val di Cecina.

Per quanto concerne le abitazioni, essendo presente un numero di dati sufficiente, gli indicatori di MA, MG e la percentuale di abitazioni che presentano il superamento del valore di 100 Bq/m³, risultano in linea con i rispettivi valori Regionali (corrispondenti a 35 Bq/m³, 26 Bq/m³ e 5%). Non sono presenti abitazioni con valori superiori a 200 Bq/m³.



Con riferimento ai luoghi di lavoro, pur essendo esiguo il numero di dati, non sono presenti concentrazioni superiori a 400 Bq/m³.

Tabella 61: Abitazioni - Parametri statistici della distribuzione della concentrazione di radon per Comune

Provincia	Comune	N	MA Bq/m ³	MG Bq/m ³	% > 100 Bq/m ³	% > 200 Bq/m ³	% > 300 Bq/m ³
Pisa	Casciana Terme	5	47	27	12%	3%	1%
Pisa	Cascina	1	16	16			
Massa-Carrara	Casola in Lunigiana	6	52	42	14%	3%	1%
Siena	Casole d'Elsa	4	37	27	11%	3%	1%
Livorno	Castagneto Carducci	1	9	9			
Grosseto	Castel del Piano	25	117	91	45%	13%	5%
Arezzo	Castel Focognano	4	96	52	31%	15%	9%
Arezzo	Castel San Niccolò	18	56	45	12%	1%	0%
Firenze	Castelfiorentino	1	23	23			
Arezzo	Castelfranco di Sopra	3	82	66	34%	14%	7%
Pisa	Castelfranco di Sotto	3	50	35	18%	7%	3%
Grosseto	Castell'Azzara	4	96	80	40%	15%	7%
Siena	Castellina in Chianti	5	39	30	8%	1%	0%
Pisa	Castellina Marittima	5	28	23	4%	0%	0%
Siena	Castelnuovo Berardenga	6	20	18	0%	0%	0%
Lucca	Castelnuovo di Garfagnana	3	45	42	5%	0%	0%
Pisa	Castelnuovo di Val di Cecina	15	31	27	2%	0%	0%
Arezzo	Castiglion Fibocchi	7	65	48	17%	3%	1%
Arezzo	Castiglion Fiorentino	9	27	23	1%	0%	0%

Tabella 62: Luoghi di lavoro - Parametri statistici della distribuzione della concentrazione di radon per Comune

Provincia	Comune	N	MA Bq/m ³	MG Bq/m ³	% >400 Bq/m ³	% > 500 Bq/m ³
Pisa	Castellina Marittima	1	42	42	0%	0%
Pisa	Castelnuovo di Val di Cecina	2	34	24	0%	0%
Arezzo	Castiglion Fiorentino	3	50	46	0%	0%
Grosseto	Castiglione della Pescaia	2	50	48	0%	0%

4.9.1.2 Radiazioni non ionizzanti

All'interno delle radiazioni non ionizzanti si distinguono, per importanza applicativa, i seguenti intervalli di frequenza:

- frequenze estremamente basse (pari a 50-60 Hz), la cui principale sorgente è costituita dagli elettrodotti;
- radiofrequenze (comprese tra 300 KHz e 300 MHz), le cui principali sorgenti sono costituite dagli impianti di ricetrasmisione radio/TV;



- microonde (con frequenze comprese tra 300 MHz e 300 GHz), le cui principali sorgenti sono costituite dagli impianti di telefonia cellulare e i ponti radio.

Gli elettrodotti sono composti da linee elettriche e cabine di trasformazione elettrica. Le linee elettriche si dividono nelle seguenti classi:

- alta tensione (380 kV, 220 kV e 132 kV): sono le sorgenti di campi elettromagnetici a bassa frequenza di maggior interesse per l'esposizione della popolazione;
- media tensione (15 kV);
- bassa tensione (380 V e 220 V): sono le linee che portano l'energia nei luoghi di vita e di lavoro.

Le linee elettriche a 132kV e a 15 kV non sono solo aeree esterne, ma possono anche essere interrato.

Le cabine di trasformazione, nelle quali la tensione viene trasformata da alta a media, o da media a bassa, si dividono in 3 tipologie:

- stazioni di trasformazione (riduzione di tensione da 380 kV e 220 kV a 132 kV);
- cabine primarie di trasformazione (riduzione di tensione da 132 kV a 15 kV);
- cabine secondarie di trasformazione MT/BT (riduzione di tensione da 15 kV a 380 V e a 220 V).

Nello spazio intorno a un elettrodotto ci sono:

- un campo elettrico, con la frequenza di 50 Hz, che si propaga verticalmente tra i conduttori della linea e la terra ed è molto intenso sotto i conduttori stessi; si misura in Volt su metro (V/m);
- un campo di induzione magnetica, con frequenza di 50 Hz, che si propaga dai conduttori per cerchi concentrici e si misura in microTesla (μ T).

Il campo elettrico prodotto dagli elettrodotti è facilmente schermato dalla maggior parte degli oggetti (anche la vegetazione e le strutture murarie). Esposizioni significative a questo campo elettrico si possono avere solo per alcuni tipi di attività professionali.

Il campo magnetico prodotto dagli impianti elettrici, invece, è poco attenuato da quasi tutti gli ostacoli normalmente presenti, per cui la sua intensità si riduce soltanto al crescere della distanza dalla sorgente. L'intensità del campo magnetico è direttamente proporzionale alla quantità di corrente che attraversa i conduttori della linea elettrica, pertanto varia a seconda dell'energia prodotta e della potenza assorbita (i consumi).

Per le linee aeree esterne l'induzione magnetica, a parità di corrente, varia con la distanza dalla linea, attenuandosi all'aumentare della stessa.

Nel caso di linee interrate, l'induzione magnetica generata è ridotta significativamente e si attenua già a pochi metri dalla linea, non per la schermatura del terreno, ma per il fatto che i 3 conduttori sono tra loro molto ravvicinati, ottenendo una sovrapposizione degli effetti che fa, di fatto, diminuire la risultante del campo generato.

Per gli elettrodotti ad alta tensione non è possibile definire una distanza di sicurezza uguale per tutti gli impianti, proprio perché non tutte le linee trasportano la stessa quantità di energia.

Nel caso delle cabine di trasformazione MT/BT l'impatto elettromagnetico è spazialmente molto confinato: campi significativi si possono trovare soltanto entro distanze di qualche metro dal perimetro della cabina stessa.

I limiti vigenti per l'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici, stabiliti dal D.P.C.M. 08/07/2003, sono i seguenti:



SIA IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTELNUOVO

- limite di esposizione 100 μ T: livello di induzione magnetica che non deve essere mai superato in nessun punto dello spazio;
- limite di esposizione 5 kV/m: livello di campo elettrico che non deve essere mai superato in nessun punto dello spazio;
- valore di attenzione 10 μ T: livello di induzione magnetica (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio dell'elettrodotto) che non deve essere superato nelle abitazioni ed in generale nei luoghi adibiti a permanenza prolungata della popolazione superiore alle 4 ore giornaliere; si applica alle situazioni esistenti;
- obiettivo di qualità 3 μ T: livello di induzione magnetica (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio dell'elettrodotto) che non deve essere superato nelle abitazioni ed in generale nei luoghi adibiti a permanenza prolungata della popolazione superiore alle 4 ore giornaliere; si applica alle nuove realizzazioni (nuovi edifici vicini ad elettrodotti esistenti, oppure nuovo elettrodotto vicino ad edifici esistenti).

Il territorio del Comune di Castelnuovo Val di Cecina è attraversato da numerosi elettrodotti di alta tensione (Figura 83). Con riferimento all'area di progetto (Figura 84), sono presenti i seguenti elettrodotti aerei ad alta tensione:

- linea Terna da 132 kV "Pian della Speranza – Farinello", distante circa 200 m;
- linea Terna da 380 kV "Poggio a Caiano – Suvereto", distante circa 1.600 m;
- linea Terna da 132 kV "Pian della Speranza – Sesta All.", distante circa 1.700 m.

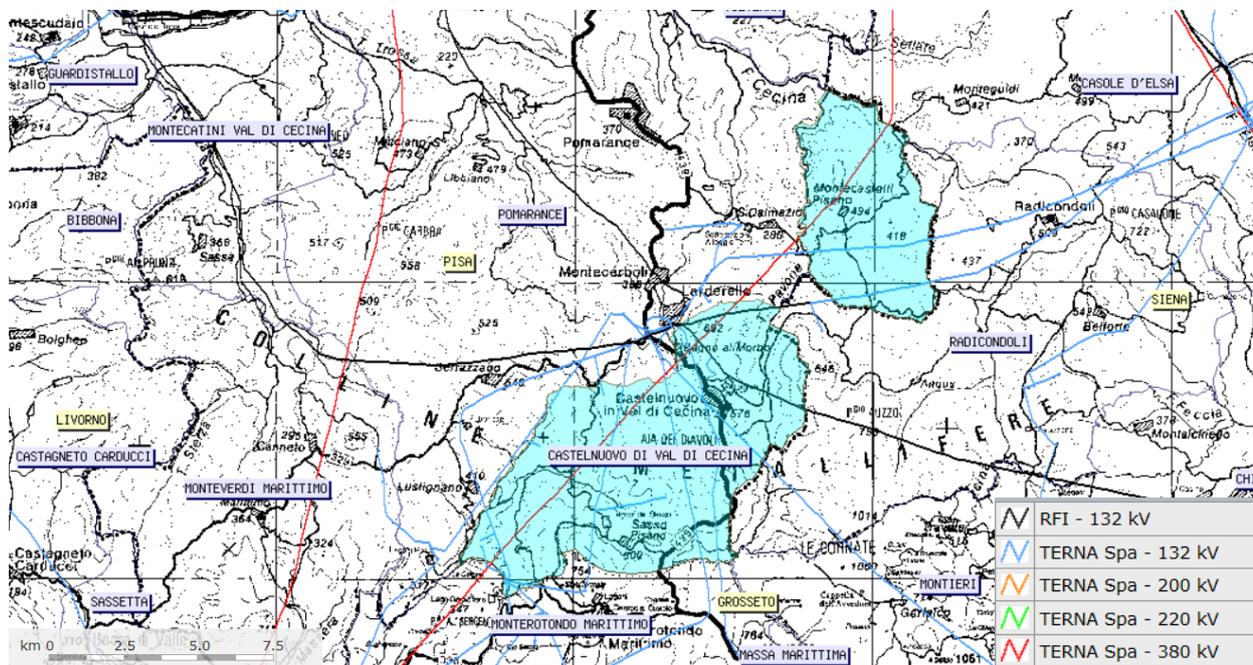


Figura 83: Elettrodotti presenti nel comune di Castelnuovo Val di Cecina (fonte: <http://sira.arpat.toscana.it>)



Figura 84: Elettrodotti presenti in prossimità dell'area di Progetto (fonte: <http://sira.arpat.toscana.it>)

Negli anni 2001 e 2007 l'ARPAT⁴⁵ ha eseguito misure a spot del campo magnetico in prossimità di un edificio distante circa 20 m dall'elettrodotto da 380 kV Poggio a Caiano – Suvereto”, in prossimità di Montecastelli Pisano, nel comune di Castelnuovo Val di Cecina (Figura 85): nella tabella seguente se ne riportano i risultati.

⁴⁵ <http://sira.arpat.toscana.it/webgis/map.phtml>



Figura 85: Ubicazione misure di campo magnetico spot presso edificio residenziale in prossimità di Montecastelli Pisano

Tabella 63: Risultati del monitoraggio del campo magnetico presso edificio residenziale in prossimità di Montecastelli Pisano

Data	Altezza sonda (m)	Campo magnetico medio (μ T)
15/12/2001	1,5	4,7
21/03/2007	0,5	0,54
22/03/2007	0,5	0,29
23/03/2007	0,5	0,29

In conclusione, sulla base della caratterizzazione sopra descritta, ai fini della valutazione dell'impatto, alla componente Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti è stata attribuita una sensibilità alta.



4.9.2 Valutazione degli impatti

4.9.2.1 Fattori di impatto

I fattori di impatto in grado di interferire con la componente radiazioni ionizzanti e non ionizzanti per le fasi di progetto considerate sono di seguito individuati.

- **Fase di costruzione**
 - emissioni da radionuclidi
- **Fase di esercizio**
 - emissioni elettromagnetiche

4.9.2.2 Valutazione e matrici di impatto

Per quanto riguarda le emissioni da radionuclidi, sulla base delle informazioni disponibili non è possibile escludere la possibilità di arricchimento di radionuclidi naturali nell'ambito del processo produttivo. Si può quindi ipotizzare una mobilitazione di radionuclidi naturali quali ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{224}Ra , ^{222}Rn nell'ambito dell'estrazione del fluido geotermico e successivi processi di arricchimento, rilascio o esposizione a radiazioni ionizzanti, quali:

- Fase di costruzione (perforazione):
 - arricchimento di radionuclidi nei fanghi di perforazione, esposizione in fase di gestione dei fanghi;
- Fase di esercizio
 - rilascio di gas radon nel corso di operazioni di manutenzione del circuito del fluido geotermico;
 - precipitazione di isotopi di Radio all'interno del circuito geotermico ed esposizione agli stessi nel corso di attività di manutenzione o regolazione (revamping) dell'impianto;
 - arricchimento di ^{222}Rn , ^{210}Pb , ^{210}Po sotto forma di incrostazioni del circuito geotermico e quindi:
 - liberazione delle incrostazioni nel flusso in seguito a sollecitazioni meccaniche, con rischio di esposizione nel corso di attività di manutenzione o revamping dell'impianto.
 - contaminazione degli elementi di impianto ed esposizione per irraggiamento in prossimità dei componenti contaminati.
- Fase di dismissione
 - rilascio di gas radon nel corso di operazioni di smontaggio o demolizione del circuito del fluido geotermico;
 - precipitazione di isotopi di Radio all'interno del circuito geotermico ed esposizione agli stessi nel corso di attività di smontaggio o demolizione dell'impianto;
 - arricchimento di ^{222}Rn , ^{210}Pb , ^{210}Po sotto forma di incrostazioni del circuito geotermico e quindi:
 - liberazione delle incrostazioni nel flusso in seguito a sollecitazioni meccaniche, con rischio di esposizione nel corso di attività di smontaggio o demolizione dell'impianto.
 - contaminazione degli elementi di impianto ed esposizione per irraggiamento in prossimità dei componenti contaminati.

È inoltre possibile la generazione di rifiuti contaminati da NORM, che dovranno essere caratterizzati e gestiti come previsto dalla normativa in materia.



I potenziali impatti ambientali potrebbero essere generati **in fase di perforazione** in considerazione della necessità di gestione dei fanghi di perforazione potenzialmente arricchiti in NORM, tuttavia, a valle delle misure che verranno adottate per la prevenzione di eventuali emissioni, l'impatto in fase di perforazione si ritiene trascurabile.

Tabella 64: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti - Fase di costruzione

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - RADIAZIONI IONIZZANTI E NON IONIZZANTI FASE DI CANTIERE		emissioni radionuclidi da
Durata nel tempo (D)	breve	
	medio-breve	
	media	
	medio-lunga	
	lunga	
Distribuzione temporale (Di)	concentrata	
	discontinua	
	continua	
Area di influenza (A)	circoscritta	
	estesa	
	globale	
Rilevanza (Ri)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Reversibilità (R)	a breve termine	
	a medio-lungo termine	
	irreversibile	
Probabilità accadimento (P)	bassa	
	media	
	alta	
	certa	
Mitigazione (M)	alta	
	media	
	bassa	
	nulla	
Sensibilità componente (S)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Impatto		Trascurabile



Durante la **fase di esercizio** la gestione delle emissioni da radionuclidi sarà trattata nell'ambito delle competenze di Salute e Sicurezza degli Ambienti di Lavoro, mentre non è più prevista la generazione e lo smaltimento di fanghi potenzialmente contaminati in quanto la perforazione sarà completata. Il fattore di impatto che agirà sulla componente sarà relativo alla emissione di radiazioni non ionizzanti relative alla presenza dell'elettrodotto. Dal momento che il tracciato dell'elettrodotto è tuttora in fase di discussione con Enel, la valutazione degli impatti ad esso connessi non sono stati approfonditi nel presente Studio.

In **fase di dismissione** si procederà alla chiusura mineraria dei pozzi e alla dismissione della centrale geotermoelettrica e delle opere connesse. Come per la fase di esercizio, la gestione delle emissioni da radionuclidi sarà trattata nell'ambito delle competenze di Salute e Sicurezza degli Ambienti di Lavoro.

4.10 Flora, vegetazione, fauna ed ecosistemi

4.10.1 Descrizione della componente

Lo stato attuale della componente "Flora, vegetazione, fauna ed ecosistemi" è stato esaminato considerando un'area di studio di 2 km dal Progetto.

4.10.1.1 Flora e vegetazione

Il territorio dell'area oggetto dello studio si estende in un contesto fitoclimatico omogeneo, in cui si rileva un'ampia distribuzione boschiva con una presenza dominante di suoli agricoli a seminativo semplice con campi delimitati da un reticolo di siepi o filari alberati (Figura 86): in appezzamenti più localizzati, si evidenziano colture tradizionali ad olivo (*Olea europaea*), talvolta distribuiti nell'ambito di colture miste (seminativi arborati), e di colture a vigneti. Le formazioni forestali sono spesso confinate in situazioni morfologiche critiche mentre i seminativi e le colture agricole in genere, comprese le arboree, sono presenti nelle condizioni morfologiche più favorevoli (sommità pianeggianti delle colline) e nei pressi dei centri abitati.



Figura 86: Vegetazione caratterizzante l'area di studio vista da Montecastelli

La tipologia vegetazionale dei boschi presenti è di tipo apenninico riconducibile ai codici Habitat 91 (foreste dell'Europa temperata) e 92 (foreste mediterranee caducifoglie), con strato arboreo dominante a *Quercus*



sp.pl., principalmente cerro (*Quercus cerris*), estese sui versanti delle colline. Queste formazioni si configurano come stadi seriali maturi caratterizzati anche dal castagno (*Castanea sativa*), dal rovere (*Quercus robur*) e, sporadicamente, dal faggio (*Fagus sylvatica*).

I querceti, quasi o esclusivamente cedui, sono nettamente dominati dal cerro e dalla roverella (*Quercus pubescens*) e si presentano anche in consociazione con altre specie quali l'orniello (*Fraxinus ornus*), il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) e il carpino bianco (*Carpinus betulus*). Cerro e roverella sono spesso associati in filari e caratterizzano tipicamente il paesaggio toscano nell'area di interesse.

Il cerro è la specie caducifolia più diffusa in Toscana perché le sue esigenze ecologiche intermedie fra la rusticità della roverella e le maggiori necessità della rovere e della farnia, gli consentono di occupare una vasta gamma di terreni.

Anche il cerro gravita sulle colline ma, rispetto alla roverella, ha maggiori capacità sia di risalita che di discesa. In montagna arriva a 1.000-1.100 metri insinuandosi fra le faggete nelle esposizioni più calde. Verso il basso e verso il mare si inserisce fra la vegetazione mediterranea nelle esposizioni meno soleggiate e lungo i fondovalle fino a raccordarsi ai querceti planiziali.

In questi boschi governati a ceduo il turno è di 10-14 anni effettuati con tagli intercalari delle specie diverse dalle querce e intensa applicazione del pascolo.

I boschi a dominanza di *Castanea sativa*, invece, derivano fondamentalmente da impianti produttivi che, abbandonati, si sono velocemente rinaturalizzati per l'ingresso di specie arboree, arbustive ed erbacee tipiche dei boschi naturali che i castagneti hanno sostituito per intervento antropico. In tutta Italia, sono state descritte numerose associazioni vegetali afferenti a diversi syntaxa di ordine superiore. Per l'area di interesse si fa riferimento in particolare all'ordine *Quercetalia roboris* Tüxen 1931 e all'alleanza *Quercion robori-petraeae* Br.-Bl. 1937 e all'ordine *Quercetalia pubescenti-petraeae* Klika 1933. Specie caratteristiche di queste associazioni sono *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Castanea sativa*, *Fraxinus excelsior*, *Euonymus verrucosus*, *Lonicera caprifolium*, *Adoxa moschatellina*, *Cyclamen purpurascens*, *Cardamine pentaphyllos*, *Epimedium alpinum*, *Erythronium dens-canis*, *Knautia drymeja* s.l., *Asperula taurina*, *Lathyrus venetus*, *Potentilla micrantha*, *Dianthus barbatus*, *Primula vulgaris*, *Picea abies*, *Prunus avium*, *Crataegus monogyna*, *Cornus mas*, *Ligustrum vulgare*, *Anemone nemorosa*, *Cardamine enneaphyllos*, *Corydalis* sp.pl., *Carex alba*, *Luzula luzuloides*, *Melica nutans*, *Ornithogalum pyrenaicum*, *Polygonatum multiflorum*, *Salvia glutinosa*, *Scilla bifolia*, *Vinca minor*, *Viola odorata*, *Lathyrus jordani*.

In Figura 87 si riporta un esempio di popolamento arbustivo nell'area di studio, in cui sono riconoscibili *Quercus* sp., *Carpinus* sp., *Fraxinus* sp. ed uno strato arbustivo di transizione allo strato erbaceo caratterizzato principalmente da graminacee.



Figura 87: Un esempio della struttura vegetazionale dell'area di studio

Lo sviluppo di siepi ed altre strutture ecologiche campestri appare relativamente scarso nelle aree coltivate, mentre sono presenti alcune alberature sparse prevalentemente riferibili a specie della macchia e del bosco originario.

L'area di intervento risulta attualmente occupata da terreni agricoli in continuità con terreni agricoli a nord e ad est e circondata ad ovest da settori boschivi continui.

In particolare, si rileva la presenza delle seguenti emergenze vegetazionali in adiacenza all'area di intervento (Figura 88):

- raggruppamento complesso di alberi ad alto fusto (prevalentemente cerri - *Quercuscerris*) sui margini a nord-ovest e a sud-est oltre la strada consortile Bacci-Brini-Conti (A);
- raggruppamento semplice di alberi ad alto fusto lungo il margine meridionale (B);
- raggruppamento complesso di alberi ad alto fusto a sud della SP 27 attraverso la quale si prevede il passaggio della strada di accesso al cantiere (C).



Figura 88: Emergenze vegetazionali prossime all'area di Progetto

Si rileva, infine, che nell'area di studio non sono presenti alberi monumentali individuati ai sensi della L.R. 60/98 aggiornata con Decreto Dirigenziale n. 6252 /2014.

4.10.1.2 Fauna

L'area oggetto di intervento si inserisce in un contesto di interesse naturalistico ospitante numerose specie faunistiche perché legata da un lato alla presenza di aree coperte da boschi e arbusteti e dall'altro al fiume Cecina.

Per il presente studio si è presa in considerazione la normativa europea, relativamente alla fauna protetta, oltre che la normativa nazionale e regionale, in particolare: Dir 147/2009 CEE (Uccelli), Dir 92/43 CEE (Habitat), Dir 85/411 CEE, Dir 91/244 CEE, Convenzione di Berna⁴⁶ e successive ratifiche, Convenzione di Washington⁴⁷, Convenzione di Parigi⁴⁸, Convenzione di Ramsar⁴⁹. Per lo studio della fauna è stata rivolta una particolare attenzione agli habitat individuati, riferendosi ai documenti esistenti in bibliografia e ad osservazioni dirette effettuate durante il sopralluogo.

Il territorio interessato comprende aree naturali, seminaturali ed antropiche. La maggior parte dell'area in esame è stata nel tempo disboscata a vantaggio della pastorizia e dell'agricoltura, ma presenta la consueta compenetrazione tra habitat più o meno naturali nelle zone più acclivi, ed aree agricole nelle zone pianeggianti. Il sistema prato – cespuglieto – bosco qui presente è importante per la fauna, in quanto garantisce un ampio spettro di habitat potenzialmente idonei alle attività delle differenti specie presenti. Tali habitat, che si presentano spesso frammentati a causa dell'antropizzazione, esprimono massima potenzialità per la fauna selvatica quando sono collegati ecologicamente, cioè quando si avvicinano ad una serie di vegetazione completa. L'integrità degli habitat e delle serie (o parti di serie) di vegetazione si riflette in modo

⁴⁶ Convenzione per la conservazione della vita selvatica e dei suoi biotopi in Europa, fu elaborata nel 1979, ratificata in Italia con legge n. 503 del 05/08/81

⁴⁷ Convenzione di Washington o CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) del 3/3/73, ratificata in Italia con legge n. 874 del 19/12/1975

⁴⁸ Convenzione Internazionale per la protezione degli uccelli firmata a Parigi il 18/10/1950, notificata in Italia con Legge 812 del 24/11/1978

⁴⁹ Convenzione firmata a Ramsar il 02/02/1971, entra nella normativa nazionale con il DPR n. 448 del 13/03/1976



positivo sulla componente faunistica, che in un contesto del genere può riscontrare fattori ecologici adeguati alle fasi trofiche e di nidificazione delle specie.

Nella foto aerea che segue è rappresentato un settore dell'area di studio, con il tipico paesaggio illustrato: coltivi, pascoli degradati, cespuglieti di contatto e boschi, talvolta scampati al disboscamento grazie all'acclività del substrato che non ne ha permesso lo sfruttamento a fini agricoli.

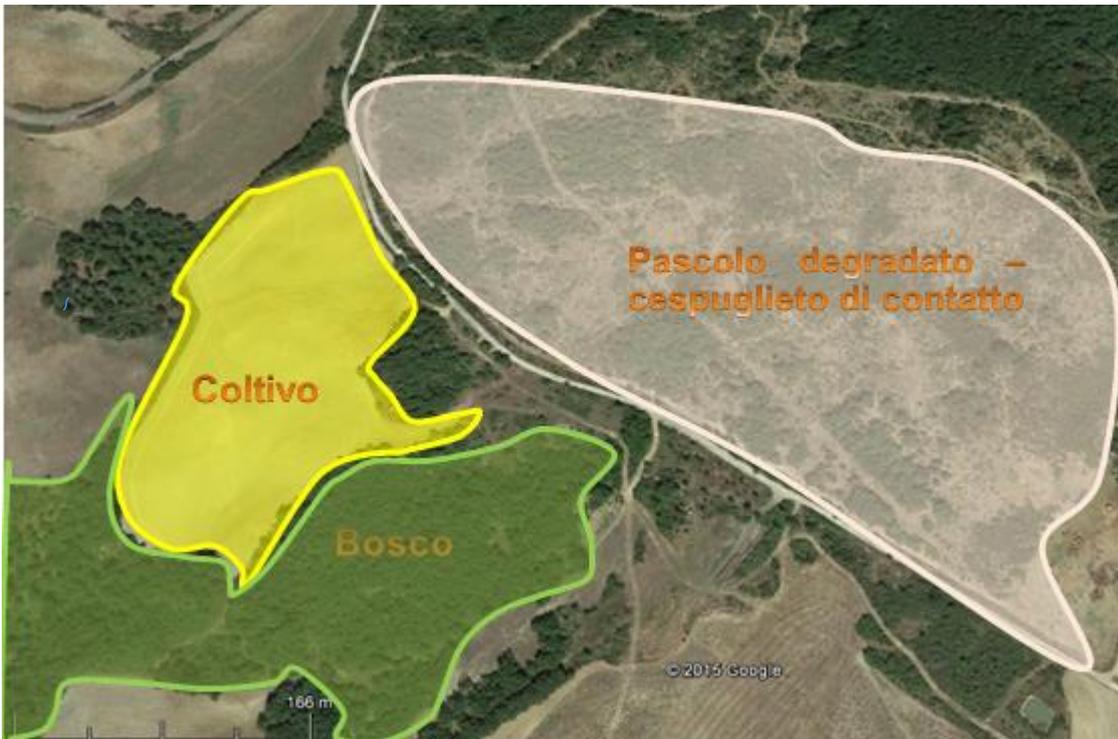


Figura 89: Eterogeneità di ambienti di differente idoneità per la fauna

L'eterogeneità strutturale della copertura vegetale, del substrato e delle condizioni ecologiche offrono un'ampia gamma di nicchie ecologiche favorevoli alle comunità animali, che si riscontra nella ricchezza e diversità della componente faunistica.

L'esame delle risorse faunistiche mostra una buona presenza di specie, alcune delle quali di elevato valore ai fini della conservazione. Nel seguito sono descritte le differenti classi faunistiche analizzate. In particolare, gli habitat agricoli influenzano la presenza di specie tolleranti che si sono adattate ai disturbi arrecati dalle pratiche agricole e dalle attività umane.

Mammiferi

Dall'analisi dei dati pregressi integrati con la ricerca bibliografica, nell'area sono potenzialmente presenti numerose specie di mammiferi appartenenti principalmente agli ordini dei Chiroteri, Roditori, Soricomorfi, Erinaceomorfi, Lagomorfi, Artiodattili e Carnivori. Tra gli ungulati selvatici, si rileva la presenza accertata del daino (*Dama dama*), qui presente non come specie reintrodotta, bensì come specie nativa. L'area esaminata, in particolare quella a nord dell'area di progetto, più boschiva, è interessata dalla presenza del cinghiale (*Sus scrofa*) e, tra gli altri mammiferi, della martora (*Martes martes*) e della faina (*Martes foina*). Le zone boschive o comunque ricoperte da abbondante cespuglieti sono frequentate anche dal quercino (*Eliomys quercinus*) e dal riccio europeo (*Erinaceus europaeus*) che si spinge anche verso le zone più antropizzate e coltivate. Inoltre, gli habitat presenti risultano anche idonei per la presenza della lepre (*Lepus europaeus*), del coniglio selvatico (*Oryctolagus cuniculus*), del gatto selvatico (*Felis silvestris*), della puzzola (*Mustela putorius*) e del lupo (*Canis lupus*), queste ultime tre specie protette dalla Direttiva Habitat 92/43 (Allegato IV).



Tra i mammiferi, si segnala che l'area di studio evidenzia una buona idoneità alla presenza dei diversi chiroterteri segnalati per questo territorio. Nell'area di studio infatti sono presenti ruderi e case abbandonate potenzialmente idonee alla presenza di pipistrelli, in quanto le cavità formate da crolli o fratture formano spesso dei semplici anfratti che possono fungere da riparo temporaneo. Al momento attuale non vi sono dati sulla reale consistenza delle popolazioni delle diverse specie, tuttavia fra le specie più importanti ricordiamo il rinolofo minore (*Rhinolophus hipposideros*), il vespertilio smarginato (*Myotis emarginatus*), il miniottero (*Miniopterus schreibersii*) e il vespertilio maggiore (*Myotis myotis*).

Uccelli

Tra i dati più interessanti ai fini di una gestione sostenibile del territorio, è da sottolineare la presenza di specie predatrici che si situano al vertice delle reti trofiche, confermando l'esistenza di zoocenosi complesse che ne costituiscono la base alimentare. Tali specie vanno considerate in tutta la loro importanza di indicatori in relazione alla scala locale: ad esempio la presenza del biancone (*Circaetus gallicus*) e dello sparviero (*Accipiter nisus*), se considerata in una prospettiva puramente conservazionistica su ampia scala potrebbe essere considerata non importante. Entrambi, infatti, sono considerati a rischio minimo (*Least Concern* – LC) secondo le categorie dell'Unione Internazionale per la Natura (IUCN), si adattano ad una grande quantità di habitat ed hanno colonizzato molti centri urbani anche nel nostro paese. La loro presenza, però, in un contesto locale antropizzato, va letta come indicatore della presenza di una rete ecosistemica completa, comprendente micromammiferi quali prede e risorse alimentari lungo la catena trofica.

Altro dato essenziale alla lettura dell'inventario faunistico dell'area è rappresentato dall'analisi delle presenze faunistiche in termini di comunità. Un'area è considerata di maggior pregio se il numero delle specie è alto e sono poche quelle numericamente dominanti. Attualmente non sono disponibili dati esaustivi su composizione e consistenza delle comunità ma alcune osservazioni qualitative confermano la stretta interrelazione tra integrità dell'habitat e zoodiversità. Ne è un esempio la presenza della ghiandaia (*Garrulus glandarius*), del picchio rosso maggiore (*Dendrocopos major*) e del picchio muratore (*Sitta europea*) in quegli ambienti boschivi dove meno intenso è stato lo sfruttamento a fini pascolativi. L'esempio della ghiandaia permette di sottolineare anche il ruolo, spesso non abbastanza considerato, che alcune specie faunistiche ricoprono nella ricolonizzazione vegetale attraverso disseminazione di semi. Egualmente importante risulta il ruolo ricoperto da picchi che, insieme a micromammiferi e specie insettivore, in generale garantiscono il mantenimento dell'equilibrio ecosistemico del bosco.

Infine, negli incolti e nelle radure boschive si trovano, invece, la tottavilla (*Lullula arborea*) e lo strillozzo (*Miliaria calandra*) e, talvolta, specie non frequenti come l'averla piccola (*Lanius collurio*) e l'averla capirossa (*Lanius senator*).

Rettili e anfibi

L'area di studio risulta mediamente idonea alla presenza di rettili e anfibi per la presenza di una rete idrografica (Botro della Casanova, Botro di Bucignano, Botro della Quercia) di potenziale elettività, tuttavia l'"Atlante degli Anfibi e dei Rettili della Toscana"⁵⁰ indica la potenziale presenza di 14 specie di rettili e anfibi. Nelle zone più aride si potrebbe riscontrare la presenza della Testuggine comune (*Testudo hermanni*), tuttavia essa è segnalata solo per le zone più costiere della Toscana. Nelle zone più umide, in prossimità di ruscelli e di pozze temporanee o permanenti, tanto in zone boscate che aperte, tra gli anfibi si può trovare l'ululone dal ventre giallo (*Bombina variegata*), il rospo comune (*Bufo bufo*), il rospo smeraldino (*Bufo viridis*) e la rana appenninica (*Rana italica*). L'ululone è l'anfibio più raro della provincia di Pisa, e altrove in Italia e in Europa risulta in allarmante declino.

Tra i rettili sono piuttosto comuni il gecko comune (*Tarentola mauritanica*), la lucertola campestre (*Podarcis sicula*), la lucertola muraiola (*Podarcis muraiola*) e il ramarro (*Lacerta bilineata*). Nei luoghi soleggati e aridi spesso si può trovare la luscegnola comune (*Chalcides chalcides*).

⁵⁰Museo di Storia Naturale dell'Università degli Studi di Firenze Sezione di Zoologia "La Specola". Atlante degli Anfibi e dei Rettili della Toscana. Regione Toscana.



4.10.1.3 Ecosistemi

L'ecosistema esprime l'insieme delle relazioni tra gli esseri viventi (componente biotica) e le componenti ambientali abiotiche (acqua, suolo, aria) entro cui vivono e si muovono.

L'approccio tradizionalmente seguito per la conservazione della natura si è sempre basato sulla protezione di siti chiave; oggi è riconosciuto che questa visione, da sola, non è sufficiente a garantire la conservazione di tutti gli habitat e di tutte le specie di interesse ed il concetto di conservazione si è progressivamente esteso perseguendo l'obiettivo di riqualificare e di connettere tra loro gli habitat mediante la creazione di corridoi e di aree di sosta per la dispersione e la migrazione delle specie, la cosiddetta Rete Ecologica⁵¹. Ai fini del presente studio, si è considerato in particolare il ruolo ecologico assunto dalle diverse formazioni in rapporto al contesto ambientale complessivo e cioè il ruolo svolto dalle diverse cenosi per l'apporto di fonti alimentari, la disponibilità di siti di nidificazione e rifugio per i popolamenti faunistici, nonché il ruolo complementare svolto, insieme ai corsi d'acqua, per la funzionalità dei corridoi ecologici, che costituiscono un nodo di interconnessione importante ai fini di una gestione pianificata in un'ottica di Rete Ecologica. Filari, siepi, rii e fasce di vegetazione, formano una rete di corridoi di comunicazione tali da annullare quel fattore di isolamento che rischia di vanificare gli interventi di tutela rivolti alla conservazione delle biodiversità.

La costituzione di una Rete Ecologica è finalizzata inoltre ad assicurare la continuità dei flussi migratori e genetici delle varie specie e a garantire la funzionalità a lungo termine degli habitat naturali.

La Rete Ecologica è sinteticamente costituita da:

- nodi (aree nucleo o *core area*): aree vaste in cui vi sono le maggiori concentrazioni di elementi di naturalità di elevato valore funzionale, quali i siti della Rete Natura 2000, le aree naturali protette e le oasi di protezione della fauna (individuate dai Piani faunistico venatori);
- zone tampone (*buffer zones*), di sufficiente estensione e naturalità, con funzione di protezione ecologica e di mitigazione degli effetti dell'antropizzazione (effetto filtro). Le aree boscate e le aree umide appartengono a questa categoria.
- corridoi ecologici: lineari continui o diffusi in grado di svolgere necessarie funzioni di collegamento per alcune specie e gruppi di specie in grado di spostarsi, sia autonomamente (fauna) che tramite vettori (flora). Mettono in comunicazione le aree nucleo e le aree di connessione. In generale sono associabili ai corsi d'acqua e al loro corredo di vegetazione lineare. Il corridoio ecologico può essere definito come l'infrastruttura naturale e ambientale che persegue il fine di interrelazionare e di connettere ambiti territoriali dotati di una maggiore presenza di naturalità;
- isole di naturalità (*stepping zones*), elementi puntali o di ridotta dimensione, ma con concentrato carico di biodiversità, che completano il sistema della rete ecologica.

Si evidenzia che attualmente è in fase di elaborazione da parte dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) la Carta della Natura alla scala 1:50000 della Provincia di Pisa, pertanto, per l'individuazione e descrizione della componente ecosistema, si è fatto riferimento ai risultati delle analisi svolte per le componenti fauna, flora e vegetazione. In particolare, le principali tipologie ecosistemiche individuate sono caratterizzate dagli elementi tipologici descritti nel seguito, riportate in ordine decrescente di naturalità.

Formazioni forestali

E' una tipologia di uso del suolo che comprende tutte le cenosi vegetali caratterizzate dalla presenza di piante forestali. Si tratta degli ecosistemi più complessi dal momento che la vegetazione conserva, almeno in linea teorica, l'articolazione nei diversi strati di copertura, arboreo, arbustivo ed erbaceo. L'interesse floristico-vegetazionale è molto elevato perchè, oltre alle entità che partecipano in primo piano alla strutturazione del bosco, sono presenti numerose specie nemorali che possono sopravvivere solo in questo

⁵¹ Il concetto di Rete Ecologica compare nell'art 3 della Direttiva Habitat 92/43/CEE, a monte del quale è costituita una rete ecologica Europea coerente di zone speciali di conservazione, denominata "Natura 2000".



tipo di ambiente. La situazione ecologica e l'attuale livello di diffusione di queste cenosi è stata strettamente condizionata dalle modalità di utilizzo dell'ambiente da parte dell'uomo; piuttosto diffusi sono infatti i boschi governati a ceduo (con differente densità di matricinatura) mentre modesta è la presenza di formazioni d'alto fusto, con una struttura ben definita, in cui si raggiunge il valore più alto di complessità strutturale.

Dal punto di vista floristico il tipo di bosco più diffuso è il querceto misto, con netta prevalenza di cerro (*Quercus cerris*), nelle stazioni con suolo più profondo e maggiormente umide, e di roverella (*Quercus pubescens*) nelle zone di versante più aride ed assolate.

Per quanto riguarda la presenza faunistica, va detto che i soprassuoli boscati rivestono un'importanza basilare nella conservazione di un gran numero di specie. Le zone boscate rappresentano infatti l'habitat esclusivo di moltissimi vertebrati; in particolare costituiscono le uniche zone di rifugio per quasi tutte le specie di mammiferi di medie e grandi dimensioni. Ogni strato della vegetazione offre risorse alimentari diverse, cosicché le reti trofiche si presentano particolarmente articolate. Va però segnalato che in presenza di interventi che conducono alla semplificazione della struttura vegetazionale, come ad esempio il governo a ceduo, si assiste ad una riduzione della diversità faunistica, venendo a mancare tutte quelle entità legate al bosco di alto fusto.

Arbusteti

L'arbusteto è una tipologia di uso del suolo che caratterizza ampie zone del territorio indagato. Si tratta di cenosi vegetali formate da specie con spiccate caratteristiche pioniere capaci di colonizzare, più o meno velocemente, tutti gli ambiti territoriali non più soggetti a forme di gestione attiva, come ad esempio i prati-pascoli ed i seminativi abbandonati. L'aspetto fisionomico-strutturale risulta abbastanza eterogeneo, in relazione al tempo intercorso dalla cessazione dell'utilizzo tradizionale. Le specie legnose che li compongono sono soprattutto *Crataegus monogyna*, *Prunus spinosa*, *Pyrus amygdaliformis* e alcune specie del genere *Rosa*.

Questi ambienti si presentano dal punto di vista ecosistemico come situazioni di transizione tra gli ecosistemi "aperti" dei prati e quelli "chiusi" dei boschi. Pur essendo strutturalmente poco complessi, presentano un rilevante interesse naturalistico in relazione alla grande biodiversità che li caratterizza.

Vegetazione ripariale

In questa tipologia sono state raggruppati i popolamenti naturali o seminaturali che, indipendentemente dall'aspetto fisionomico, afferiscono agli ambienti umidi presenti. I lembi di vegetazione naturale o seminaturale presenti sono in genere formazioni arbustive ed erbacee, raramente arboree, caratterizzate da una copertura discontinua, da una struttura irregolare o a volte coetaneiforme (a seconda dell'origine o della specie prevalente) e dalla prevalenza di un modello di distribuzione a gruppi. Tra le specie più rappresentate si citano *Salix purpurea*, *Salix fragilis* e *Salix eleagnos*, che formano gruppi piuttosto densi, mentre pioppo *Populus alba*, *Alnus glutinosa* e *Salix alba* sono presenti con esemplari più isolati.

Gli ecosistemi ripariali, quasi trascurabili sotto il profilo dell'estensione nell'area di studio poiché prevalentemente di natura temporanea, innalzano in modo determinante la diversità biologica dell'area indagata. Numerose sono le specie della flora esclusive dei greti sabbiosi e ghiaiosi, come pure le specie faunistiche ad essi legati. I corsi d'acqua rappresentano l'habitat esclusivo di tutta l'ittiofauna e l'habitat riproduttivo per tutte le specie di anfibi, oltreché un ambiente elettivo per numerosi rettili, uccelli e mammiferi.

Coltivi e prati-pascoli

Una ampia estensione dell'area di studio è occupata da superfici utilizzate per attività agricole estensive ed, in minor misura, pastorali. Come già citato, il tipo di agricoltura maggiormente diffuso è rappresentato dalle colture arboree di tipo viticolo e dagli oliveti. In entrambi i casi le colture sono poste nelle immediate vicinanze dei centri abitati ed hanno in genere estensioni esigue. Per quanto riguarda i prati-pascoli, essi sono ampiamente diffusi, anche se in tutta l'area si registra il frequente abbandono dei tradizionali indirizzi gestionali.

Sotto il profilo ecosistemico, i coltivi arborei si presentano poco interessanti soprattutto perché la struttura della vegetazione è stata fortemente banalizzata dall'uomo; la componente arborea è limitata alle specie



coltivate, mentre quelle arbustiva ed erbacea sono scarsamente rappresentate e composte da specie sinantropiche e/o infestanti. La semplificazione strutturale e specifica limita la recettività nei confronti della fauna vertebrata; le possibilità di rifugio e riproduzione/nidificazione sono modeste, le opportunità di alimentazione si mantengono invece abbastanza elevate, soprattutto in coincidenza della maturazione dei frutti, che può costituire un forte richiamo anche per le specie di altri ambienti.

Va segnalato che in certi tipi di coltivi arborei, come ad esempio i vecchi oliveti, le frequenti cavità dei tronchi possono costituire ottimali ambienti di rifugio, riproduzione e nidificazione per alcune specie di piccoli mammiferi e molte specie di uccelli.

Considerando le descrizioni precedenti e la presenza del SIR Valle del Pavone e Rocca Sillana e la definizione della Rete Ecologica da PTCP, si evidenzia l'importanza dell'intera area di studio quale *core area* che assume un ruolo di connessione primaria e secondaria.

Sotto il profilo ecosistemico più tradizionale l'area di progetto rientra nella casistica di un tipico agro-ecosistema a media naturalità.

L'area di progetto confina su tutti i lati con un ampio sistema semi-naturale rappresentato dagli agro-ecosistemi dei coltivi e dal sistema naturale rappresentato dalle formazioni boscate. Si può inoltre affermare che per il basso livello di antropizzazione dell'area le aree coltivate e quelle naturali e seminaturali sono in stretta correlazione. Pertanto fossi e canali che in contesti di significativa artificializzazione rappresentano elementi strategici per la connessione ecologica secondaria, non svolgono tale ruolo nel contesto di studio.

Si segnala infine che esiste una stretta correlazione tra biodiversità vegetale, biodiversità animale e qualità e struttura del suolo: comunità "bene strutturate", dotate di grande diversità biologica, vivono in suoli "ben strutturati" e contribuiscono a mantenerne le qualità. Infine, la diversità biologica a livello pedologico costituisce l'elemento centrale della biodiversità degli ecosistemi e della vita terrestre.

In conclusione, sulla base della caratterizzazione sopra descritta, ai fini della valutazione dell'impatto, alla componente Flora, fauna, vegetazione ed ecosistemi è stata attribuita una sensibilità media.

4.10.2 Valutazione degli impatti

4.10.2.1 Fattori di impatto

I fattori di impatto in grado di interferire con la componente flora, fauna ed ecosistemi per le fasi di progetto considerate sono di seguito individuati.

■ Fase di costruzione

- emissione di polveri;
- emissione di inquinanti atmosferici;
- asportazione di vegetazione;
- danneggiamento di vegetazione;
- emissione di rumore;
- emissione luminosa.

■ Fase di esercizio

- impermeabilizzazione di suolo;
- emissione di rumore;
- emissione luminosa.



4.10.2.2 Valutazione e matrici di impatto

In **fase di costruzione** il potenziale impatto sarà principalmente imputabile alle emissioni di polveri ed inquinanti in atmosfera derivanti dalle operazioni di movimento terra ed alle attività dei mezzi d'opera per il conferimento dei materiali da costruzione e dei materiali necessari alla costruzione dell'Impianto. Tali emissioni sono sostanzialmente riconducibili ai composti NO_x, CO, CO₂, e particolato inalabile (PM₁₀, PM_{2.5}). Si sottolinea al riguardo che l'ambito di lavoro degli automezzi sarà limitato all'intorno dell'area di Progetto. La rilevanza di tale fattore di impatto, ai fini del presente studio su flora, vegetazione fauna ed ecosistemi, si ritiene pertanto trascurabile.

Il sollevamento di polveri deriverà anche dalla riprofilatura del versante per la predisposizione delle aree di progetto. Per gli interventi di progetto sarà infatti necessario modellare il versante secondo una serie di gradoni di idonea pendenza e provvedere a un adeguato riporto di terra per consentire la corretta configurazione progettuale.

Eventuali ricadute di polveri con ripercussioni sulla capacità vegetativa delle specie floristiche esaminate sono da considerare trascurabili in relazione alla scarsa entità del materiale emesso e grazie alla mitigazione mediante operazioni di bagnatura e all'utilizzo di strumentazioni in grado di limitare le emissioni di polveri (ad esempio, la bagnatura e la copertura con teloni dei materiali polverulenti trasportati sugli autocarri). Ulteriori dettagli sono riportati al paragrafo 4.4.2 relativo alla componente Atmosfera.

In caso di eventi incidentali, con perdite di contaminanti dai mezzi d'opera, potranno verificarsi situazioni di contaminazione del suolo e delle acque sotterranee e conseguente danno alla componente in esame: tuttavia tale impatto risulta trascurabile in quanto la gestione delle attività di cantiere sarà svolta secondo opportune procedure in grado di minimizzare la possibilità di accadimento e/o di intervenire tempestivamente con la rimozione delle porzioni di terreno oggetto di eventuale contaminazione accidentale. In particolare, al fine di limitare i rischi di inquinamento del suolo, in corrispondenza delle aree di cantiere saranno adottati opportuni accorgimenti, quali, ad esempio, l'esecuzione dei rifornimenti di carburante e lubrificanti ai mezzi meccanici su pavimentazione.

Un potenziale impatto più significativo è previsto in relazione al taglio della vegetazione (principalmente di cerro - *Q. Cerris*) appartenente alla fascia boscata a nord della strada vicinale Bacci-Brini-Conti. Il taglio interesserà circa 1.500 m². Si segnala che questo taglio comporterà un impatto basso in relazione all'entità dell'estensione che non si ritiene possa avviare un processo di frammentazione degli ecosistemi e riduzione della permeabilità degli habitat con conseguente danno per la mobilità della fauna segnalata potenzialmente presente nell'area in esame. Inoltre questa area si configura già attualmente come un bosco rado. L'impatto dovuto alla riduzione di cerreta sulla componente faunistica ed ecosistemica risulta pertanto trascurabile e completamente reversibile.

Il passaggio dei mezzi di cantiere potrebbe causare un danneggiamento della vegetazione, ma un'opportuno confinamento delle aree con rete di cantiere riduce notevolmente i potenziali impatti in termini, ad esempio, di danni al colletto, al tronco ed alla chioma. E' importante segnalare che, nonostante il confinamento degli individui, si potrebbe verificare un potenziale schiacciamento delle radici degli esemplari più prossimi alle aree di cantiere. In tal caso sarà opportuno mantenere monitorato lo stato fitosanitario degli individui arborei maggiormente a rischio di danneggiamento.

Il rumore prodotto durante le fasi di costruzione potrebbe creare disturbo alla fauna ma non tale da produrre alterazioni dei modelli comportamentali. Le fonti di emissione acustica principali saranno rappresentate dalle attività di perforazione e dai mezzi d'opera utilizzati nelle diverse fasi di lavorazione e dall'aumento del traffico locale di mezzi pesanti, fattori di disturbo per diverse specie animali. Si sottolinea che le attività per la predisposizione del sito e costruzione della centrale avranno una durata limitata. Osservazioni effettuate in situazioni analoghe a quella in esame inducono a ritenere, con ragionevoli margini di certezza, che la fauna locale reagirà alla presenza del cantiere allontanandosi inizialmente dalle fasce di territorio circostanti il sito, soprattutto gli uccelli che risultano particolarmente sensibili a sollecitazioni di questo tipo; in un secondo tempo, tenderà a rioccupare tali habitat. Considerando quindi la transitorietà del cantiere, l'impatto è stimato essere basso.



Per quanto riguarda l'emissione luminosa, si evidenzia che l'intensità luminosa dell'area di studio è bassa ed è principalmente correlata all'abitato di Montecastelli ed alle illuminazioni delle singole abitazioni.

Gli effetti dell'inquinamento luminoso possono provocare interferenze con i naturali cicli luce/buio e possono influenzare i processi a livello fisiologico. L'esposizione alla luce artificiale durante le ore notturne, per esempio, può alterare gli orologi biologici in conseguenza di squilibri ormonali e l'inquinamento luminoso può anche trasporre comportamenti che si manifestano in ore diurne o crepuscolari alle ore notturne e incidere sui comportamenti riproduttivi quando essi sono sincronizzati con il fotoperiodo. Inoltre i gradienti di luminosità possono condizionare i tempi dedicati alla ricerca del cibo da parte delle diverse specie animali modificando i processi di competizione interspecifica.

L'impatto potenziale individuato nell'area di studio è principalmente da evidenziare per l'avifauna (soprattutto migratrice) e per i mammiferi, mentre si ritiene trascurabile per gli anfibi, sia anuri che urodela, che hanno forti abitudini notturne ma che tendono a concentrarsi nelle aree umide più distanti dal sito per i processi riproduttivi. L'avifauna e i chiropteri invece potranno subire delle interferenze dei voli, con conseguenti allontanamenti del volo rispetto all'area di progetto, mentre per gli altri mammiferi vi sono ipotesi in letteratura che la luce artificiale possa avere effetti sullo stato fisiologico degli animali. Tuttavia, data la natura temporanea della fase di cantiere, questo impatto si ritiene basso in quanto reversibile e non agente direttamente su un corridoio ecologico strategico per i movimenti delle specie considerate.

In conclusione è possibile affermare che l'estensione temporale del Progetto non darà luogo ad un impatto protratto nel tempo, considerato che la fase di costruzione avrà durata limitata nel tempo ed una estensione territoriale limitata.

La Tabella 65 riassume i giudizi di impatto del Progetto sulla componente "Flora, vegetazione, fauna ed ecosistemi" in fase di costruzione.



SIA IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTELNUOVO

Tabella 65: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Flora, fauna, vegetazione ed ecosistemi - Fase di costruzione

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - FLORA, VEGETAZIONE, FAUNA ED ECOSISTEMI FASE DI COSTRUZIONE		emissione di polveri	emissione di inquinanti atmosferici	asportazione vegetazione	danneggiamento di vegetazione	emissione di rumore	emissione luminosa
Durata nel tempo (D)	breve						
	medio-breve						
	media						
	medio-lunga						
	lunga						
Distribuzione temporale (Di)	concentrata						
	discontinua						
	continua						
Area di influenza (A)	circoscritta						
	estesa						
	globale						
Rilevanza (Ri)	trascurabile						
	bassa						
	media						
	alta						
Reversibilità (R)	a breve termine						
	a medio-lungo termine						
	irreversibile						
Probabilità accadimento (P)	bassa						
	media						
	alta						
	certa						



SIA IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTELNUOVO

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - FLORA, VEGETAZIONE, FAUNA ED ECOSISTEMI FASE DI COSTRUZIONE		emissione di polveri	emissione di inquinanti atmosferici	asportazione vegetazione	danneggiamento di vegetazione	emissione di rumore	emissione luminosa
Mitigazione (M)	alta						
	media						
	bassa						
	nulla						
Sensibilità componente (S)	trascurabile						
	bassa						
	media						
	alta						
Impatti		Trascurabile	Trascurabile	Basso	Trascurabile	Basso	Trascurabile



In **fase di esercizio** i potenziali impatti saranno legati essenzialmente alle emissioni sonore correlate al funzionamento dell’Impianto ed alle emissioni luminose dei fari per l’illuminazione.

Si evidenzia che le specie faunistiche rispondono in modo diverso al disturbo acustico rispetto alla sensibilità umana, pertanto i limiti di potenze sonore definite alla sorgente ed ai recettori costituiscono solamente un riferimento qualitativo ai fini della valutazione. Tuttavia si segnala che le specie faunistiche, dopo un primo periodo in cui si verifica un maggior disturbo, hanno la capacità di adattarsi alle modifiche ambientali, pertanto gli impatti ad esse correlate dal funzionamento dell’impianto in fase di esercizio sono da considerare bassi.

Altri impatti registrabili in misura minore sono l’impermeabilizzazione di suolo che si traduce in una sottrazione di habitat utile ed il disturbo arrecato alla fauna durante i lavori di manutenzione. Le specie sensibili alla presenza dell’uomo, infatti, possono essere disturbate, e quindi allontanate, dalla maggiore presenza umana dovuta alla fase di costruzione. Durante la fase di esercizio, tuttavia diminuisce sensibilmente la presenza umana e gli impatti ad essa associata (disturbo, rumore, inquinamento) e tali impatti sono da considerare pertanto trascurabili.

La Tabella 66 riassume i giudizi di impatto del Progetto sulla componente “Flora, vegetazione, fauna ed ecosistemi” in fase di costruzione.

Tabella 66: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Flora, fauna, vegetazione ed ecosistemi - Fase di esercizio

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - FLORA, VEGETAZIONE, FAUNA ED ECOSISTEMI FASE DI ESERCIZIO		impermeabilizzazione di suolo	emissione di rumore	emissione luminosa
Durata nel tempo (D)	breve			
	medio-breve			
	media			
	medio-lunga			
	lunga			
Distribuzione temporale (Di)	concentrata			
	discontinua			
	continua			
Area di influenza (A)	circoscritta			
	estesa			
	globale			
Rilevanza (Ri)	trascurabile			
	bassa			
	media			
	alta			
Reversibilità (R)	a breve termine			
	a medio-lungo termine			
	irreversibile			
Probabilità accadimento (P)	bassa			
	media			
	alta			
	certa			



MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - FLORA, VEGETAZIONE, FAUNA ED ECOSISTEMI FASE DI ESERCIZIO		impermeabilizzazione di suolo	emissione di rumore	emissione luminosa
Mitigazione (M)	alta			
	media			
	bassa			
	nulla			
Sensibilità componente (S)	trascurabile			
	bassa			
	media			
	alta			
Impatti		Basso	Trascurabile	Trascurabile

In **fase di dismissione** si procederà alla dismissione dell'impianto ORC e delle opere connesse. Considerando che la chiusura dell'impianto geotermico pilota avverrà dopo un periodo di almeno e/o minimo 25 anni di esercizio, al momento attuale non si ritiene pertinente valutare le possibili azioni di recupero dell'area in fase di chiusura. Questa progettazione sarà sviluppata in tempi successivi a valle della definizione e pianificazione degli obiettivi del recupero ambientale.

Si segnala in conclusione che gli impatti connessi a questa fase saranno confrontabili con gli impatti generati in fase di cantiere, in particolare in relazione alla emissione di polveri ed inquinanti in atmosfera ed alla emissione di rumore. Se il sito sarà oggetto di ripristino naturalistico, si possono anticipare impatti positivi sulla componente flora, vegetazione, fauna ed ecosistemi.

4.11 Paesaggio

4.11.1 Descrizione della componente

Il Piano di Indirizzo Territoriale con valenza di Piano Paesaggistico, approvato con Delibera del Consiglio Regionale (DCR) n. 37 del 27 marzo 2015, suddivide il territorio in 20 ambiti, riconosciuti per gli aspetti, i caratteri peculiari e le caratteristiche paesaggistiche del territorio regionale derivanti dalla natura, dalla storia e dalle loro interrelazioni. L'area di studio appartiene all'ambito n. 13 "Val di Cecina", come mostrato nelle figure sottostanti.

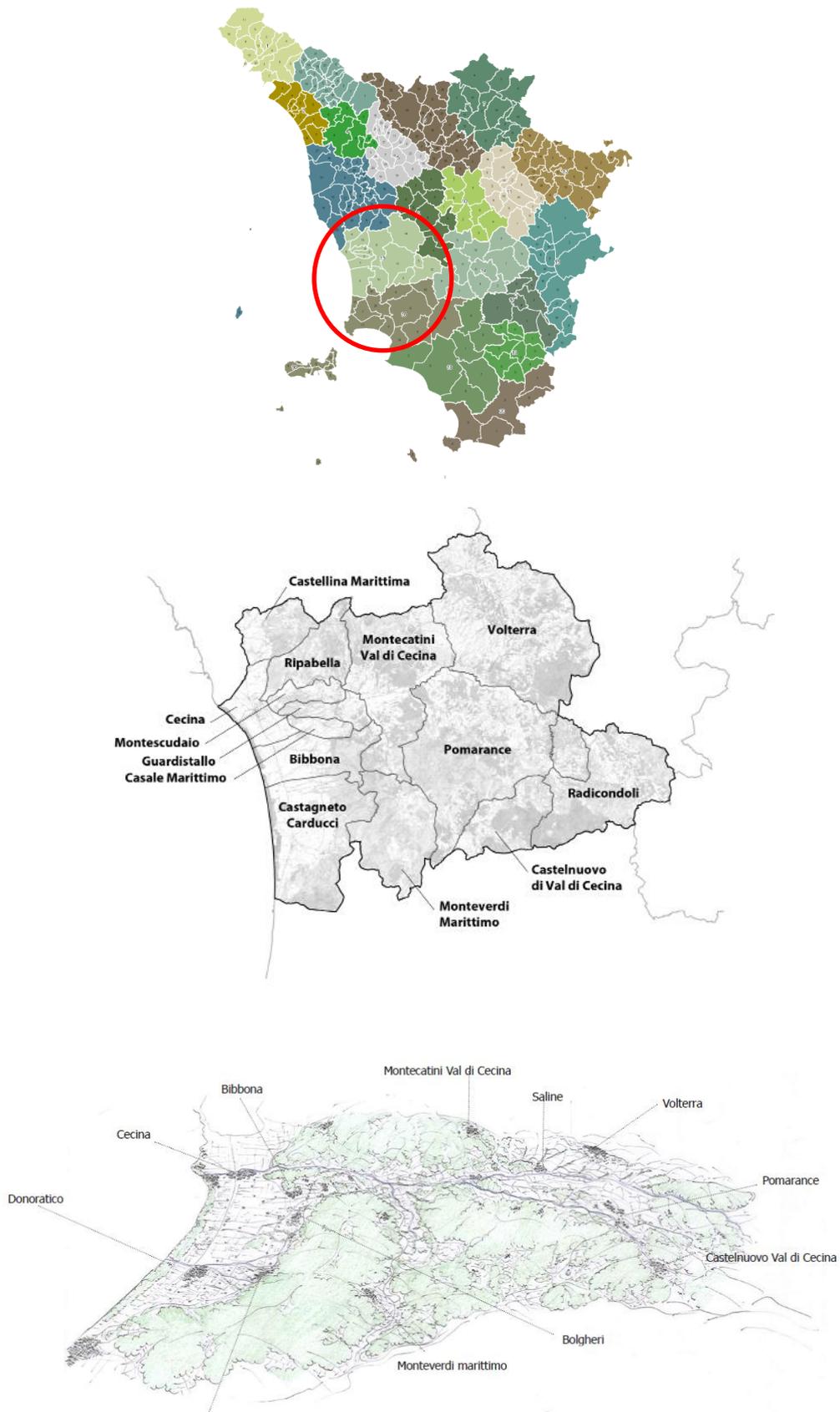


Figura 90: Ambito di paesaggio n. 13 "Val di Cecina" individuato nel Piano di Indirizzo Territoriale.



Ogni ambito di paesaggio è descritto dal piano tramite apposite schede, secondo i seguenti parametri:

- caratteri idro-geo-morfologici dei bacini idrografici e dei sistemi morfogenetici;
- caratteri ecosistemici del paesaggio;
- carattere policentrico e reticolare dei sistemi insediativi, urbani e infrastrutturali;
- caratteri morfotipologici dei sistemi agro ambientali dei paesaggi rurali;

Si riportano di seguito alcuni estratti del Piano utili per caratterizzare in maggiore dettaglio lo stato attuale del contesto paesaggistico in cui si colloca l'area di studio.

Per quel che riguarda i caratteri **idro-geo-morfologici** l'ambito della Val di Cecina comprende una ricca articolazione di paesaggi collinari, dei bacini neogenici e costieri, a cavallo tra i bacini idrografici dell'Arno, dell'Ombrone e della Costa Toscana.

Alle spalle delle catene costiere, si struttura un paesaggio complesso; una seconda serie di catene collinari segue a breve distanza, talvolta senza soluzione di continuità; si tratta di nuovo di sistemi collinari sulle Unità Liguri, prevalentemente a versanti ripidi; i rilievi della Collina su terreni neogenici deformati fiancheggiano e proseguono le colline sui terreni Liguri, offrendo paesaggi più morbidi coperti da mosaici a prevalenza di boschi. Questa catena si raccorda alle propaggini settentrionali delle Colline Metallifere, a cui è associata dalle emergenze vulcaniche e minerarie. Alle spalle della seconda catena di colline si estendono i paesaggi dei bacini neo-quadernari di Volterra – Pomarance. In questo ambito, i bacini neo-quadernari sono stati interessati da sollevamenti superiori alla media di questo tipo fisiografico, tanto che, al limite orientale, sono già visibili le avanguardie delle Colline senesi, con la stessa associazione di terreni Liguri e terreni neogenici antichi, miocenici, deformati. La massima testimonianza di questo sollevamento è, indubbiamente, l'emergenza visuale e paesaggistica di Volterra. Le colline di Pomarance sono un altro esempio dello stesso sistema, anche se con forme più dolci. In effetti, entrambi questi rilievi avrebbero potuto essere classificati nel sistema della Collina su depositi neo-quadernari a livelli resistenti, ma la classificazione scelta tiene conto delle criticità geomorfologiche, più vicine a quelle tipiche della Collina dei bacini neo-quadernari.

Dal punto di vista morfogenetico l'area di studio appartiene ai due seguenti sistemi:

- Collina dei bacini neo-quadernari, litologie alternate (CBAt):
 - **Forme:** Modellamento erosivo intenso, rari ripiani sommitali residuali, versanti ripidi con movimenti di massa (balze e calanchi)
 - **Litologia:** Alternanze di depositi neo-quadernari diversi
 - **Suoli:** Suoli dei sistemi a sabbie e argille dominanti
- Collina a versanti ripidi sulle Unità Liguri (CLVr)
 - **Forme:** Modellamento erosivo intenso, rari ripiani sommitali residuali, versanti ripidi con movimenti di massa (balze e calanchi)
 - **Litologia:** Alternanze di depositi neo-quadernari diversi
 - **Suoli:** Suoli dei sistemi a sabbie e argille dominanti

L'attività agricola condiziona in molti casi le forme dei versanti collinari, in particolare nei sistemi della Collina dei bacini neo-quadernari a litologie alternate e della Collina dei bacini neo-quadernari a argille dominanti. Le superfici oggi osservabili sono il risultato di una storia evolutiva che parte dalla prima colonizzazione agricola, che ha innescato le dinamiche di erosione accelerata in epoche storiche anche recenti, e attraversa un periodo contemporaneo di intenso "recupero" delle forme erosive, basato sull'uso di mezzi pesanti nella riforma meccanica dei versanti. Negli ultimi decenni, una tendenza alla sostituzione delle colture seminatrici con la pastorizia ha portato effetti positivi dal punto di vista idrogeologico. La tendenza alla riforma



meccanica dei versanti si è in massima parte esaurita, ma non si possono escludere nuove intenzioni di intervento, in relazione alla dinamica dei prezzi agricoli; quest'ultima potrebbe provocare un movimento di nuova espansione dei seminativi, da sorvegliare per le possibili conseguenze idrogeologiche.

Tra i valori il piano evidenzia che il territorio della Val di Cecina è ricco di risorse geologico - paesaggistiche e geositi, spesso inclusi in aree protette. Importanti manifestazioni geotermiche sono presenti nella zona di Sasso Pisano e Monterotondo Marittimo (SIR Campi di alterazione geotermica di Monterotondo e Sasso Pisano), un paesaggio collinare e montuoso dominato dagli impianti di Larderello, sede della prima esperienza al mondo di sfruttamento dell'energia geotermica per la produzione di energia elettrica. Mineralizzazioni boracifere sono associate all'attività geotermica. Nella stessa area sono presenti le sorgenti sulfuree di Micciano e di Libbiano, nella zona di Pomarance, e le sorgenti termali di Sasso Pisano, già sfruttate in epoca ellenistica.

Per quel che riguarda le criticità il Piano evidenzia che il territorio della Val di Cecina ha conservato un buon grado di naturalità, anche grazie alla presenza di numerose aree protette. Il Piano sottolinea che in Val di Cecina sono presenti alcuni dei campi geotermici più importanti di Italia (Larderello e Travale – Radicondoli) i cui impianti di estrazione e sfruttamento, torri di raffreddamento e impianti di adduzione (vaporkdotti) hanno un impatto paesaggistico rispetto all'ambiente naturale circostante.

Per quel che riguarda i **caratteri ecosistemici del paesaggio** il piano evidenzia che le zone collinari interne dell'ambito sono dominate da paesaggi agro-silvo-pastorali di elevato valore naturalistico, attraversati dal largo corso del Fiume Cecina e da un denso reticolo idrografico. Vasti complessi forestali di sclerofille e latifoglie termofile (Monterufoli, Caselli, Berignone, Tatti, ecc.), si alternano a paesaggi agricoli tradizionali ed estensivi (colline di Pomarance, Radicondoli), spesso mosaicati con tipiche formazioni dei calanchi e delle biancane (Volterra), o a una agricoltura più intensiva (alta Valdera).

La rete ecologica forestale dell'ambito si caratterizza per l'elevata estensione della sua componente di matrice, interessando in modo continuo i rilievi costieri e interni, con prevalenza di boschi termofili di latifoglie e sclerofille. Tale elemento, in gran parte attribuibile al target regionale delle Foreste e macchie alte di sclerofille e latifoglie, comprende quindi la vegetazione forestale dell'orizzonte mediterraneo e submediterraneo a prevalenza di formazioni di querce sempreverdi (boschi di leccio e macchie alte) e di latifoglie termofile (querceti di roverella e cerro) o di formazioni miste di sclerofille e latifoglie.

La porzione centrale e meridionale dell'ambito presenta un paesaggio agro-silvo-pastorale di elevato valore naturalistico, con pascoli, oliveti e seminativi mosaicati con la copertura forestale e con una elevata densità degli elementi vegetali lineari e puntuali (siepi, siepi alberate, boschetti, ecc.). Tra le aree a maggiore densità di nodi degli agroecosistemi emergono i versanti circostanti Pomarance (alta valle del T. Trossa e del Fiume Cecina), la zona tra Radicondoli e Belforte, tra San Dalmazio e Castelnuovo Val di Cecina, i rilievi circostanti Lustignano, Serrazzano e Monteverdi M.mo.

Il territorio dell'ambito presenta dinamiche territoriali diversificate con settori interessati da processi di abbandono delle attività agro-silvo-pastorali e aree collinari con agricoltura intensiva ed elevato utilizzo selvicolturale, ambienti fluviali ad elevata naturalità contrapposti a tratti fluviali fortemente alterati e inquinati e aree di pertinenza fluviale fortemente antropizzate. Gli ambienti forestali della Val di Cecina hanno subito nel passato una intensa utilizzazione. Rilevante, fino agli anni '60 del secolo scorso, il prelievo di risorse legnose per fornire legna da ardere alle caldaie di evaporazione delle saline di Volterra. Dopo un abbandono diffuso dei boschi verificatosi nel dopoguerra, nell'ultimo ventennio tali attività sono riprese con maggiore intensità, soprattutto nelle proprietà private, per effetto concomitante della maggior richiesta sul mercato di biomassa a scopo energetico, della maggior quantità di legname presente e, infine, della disponibilità di manodopera a basso costo. Al forte prelievo nelle proprietà private, spesso causa di forti alterazioni della struttura ecologica e del valore naturalistico dei boschi, si contrappone una gestione più conservativa nell'ambito del patrimonio agricolo-forestale regionale e nel sistema delle Riserve Naturali. La gestione di tipo naturalistico, finalizzata a conservare la foresta, anche mediante interventi di miglioramento ambientale, ha restituito notevoli elementi di naturalità e maturità al bosco, accentuandone il valore paesaggistico ed ecologico.



Tra gli elementi di criticità il Piano cita i processi di abbandono delle attività agro-silvo-pastorali delle zone interne (ad es. nelle Colline metallifere) o di semplificazione degli agroecosistemi nei casi di estese monoculture cerealicole (in alta Valdera) o viticole (nelle colline tra Bolgheri e Castagneto Carducci). Pur in un contesto di elevata naturalità, rilevanti attività antropiche hanno condizionato il paesaggio della Val di Cecina e i suoi valori ecosistemici: dalla presenza di vaste aree minerarie per l'estrazione del salgemma (Saline di Volterra), alle numerose attività estrattive nelle aree di pertinenza fluviale del Cecina e allo sviluppo dell'industria geotermica (con particolare riferimento alla zona di Larderello e alle colline metallifere interne).

L'area di studio è individuata dal piano come **matrice agro-ecosistemica collinare**.

Dal punto di vista del **carattere insediativo**, le zone collinari interne afferiscono al morfotipo n. 5 "Morfotipo insediativo policentrico a maglia del paesaggio storico collinare" (Art. 5.6 "Volterra" e Art. 5.14 "I rilievi boscati di Radicondoli"). Il sistema insediativo policentrico a maglia del paesaggio storico collinare è costituito da insediamenti collinari di origine medievale che si posizionano lungo la viabilità di crinale longitudinale che segue l'andamento morfologico nord-ovest/sud-est delle colline plioceniche. Questi centri sono relazionati tra loro da una viabilità trasversale principale e da rapporti reciproci di intervisibilità. Le relazioni con il sistema agrario circostante sono assicurate dal sistema delle ville fattoria.

Tra le criticità il piano evidenzia l'abbandono delle aree collinari interne della Val di Cecina con fenomeni di accentramento della popolazione verso i poli industriali di fondovalle, a discapito degli insediamenti più storicizzati e decadimento delle economie ad esse connesse.

Per quel che riguarda il **carattere agro ambientale** il paesaggio collinare è strutturato dalla presenza di grandi rilievi boscati: le propaggini settentrionali dei Monti di Campiglia Marittima; parte delle Colline Metallifere; i colli posti lungo il limite orientale dell'ambito, al confine con la Valdelsa. I boschi sono per lo più costituiti da leccete, cerrete e da associazioni di sempreverdi e latifoglie decidue.

Ai rilievi dominati dalla matrice forestale si affiancano formazioni collinari caratterizzate dall'alternanza tra bosco e tessuti coltivati. L'associazione tra oliveti e seminativi è uno dei tratti distintivi del paesaggio rurale della Val di Cecina e, più in generale, della Toscana centromeridionale. Non di rado, in questi contesti, siepi e formazioni boschive si insinuano capillarmente tra le colture bordando i confini degli appezzamenti che assumono quasi l'aspetto di campi chiusi. Molto alto il valore ambientale di queste porzioni di paesaggio, quasi tutte coincidenti con nodi della rete ecologica regionale degli ecosistemi agropastorali. Sulla gran parte delle Colline Metallifere l'elemento maggiormente qualificante il paesaggio è la presenza di estese superfici agricole e pascolive a campi chiusi (morfotipo 9), che costituiscono testimonianza storica di una particolare modalità di organizzazione del territorio rurale, diversificano il manto forestale contenendo al proprio interno una fitta e articolata rete di equipaggiamento vegetale della maglia agraria dalle importanti funzioni di connettività ecologica, creano un quadro paesistico caratterizzato dall'alternanza tra apertura e chiusura visiva, prodotte rispettivamente da praterie e colture erbacee e dal passo di siepi, filari, macchie boscate.

Più nello specifico il morfotipo dei campi chiusi a seminativo e a prato di collina e di montagna, a cui l'area vasta appartiene, è dato dalla combinazione tra aree a seminativo e a prato-pascolo in cui è leggibile l'organizzazione della maglia a "campi chiusi" con filari, siepi, boschi poderali e alberi isolati. Può essere sia espressione di una modalità di utilizzazione agricola del territorio consolidata, sia esito di fenomeni di rinaturalizzazione derivanti dall'espansione di siepi ed elementi vegetazionali su terreni in stato di abbandono.

In sintesi il piano individua come criticità principali dell'area l'abbandono di coltivi con fenomeni di colonizzazione arbustiva e arborea, la scarsa manutenzione dei tessuti agricoli tradizionali, l'alta produzione di reflussi e il conseguente rischio di erosione del suolo e infine la ridotta qualità ecologica delle formazioni forestali.

Il Piano ha inoltre effettuato un'**analisi dell'intervisibilità teorica**, per verificare le conseguenze dirette visive di una trasformazione della superficie del suolo. Attraverso tale analisi, svolta attraverso applicazione di algoritmi con strumenti informatici, è possibile prevedere da quali punti di vista, considerando le asperità del terreno, tale trasformazione sarà visibile o meno. Sulla base di tale analisi l'area risulta avere un **indicatore linguistico di valutazione molto basso**.



In aggiunta è stata effettuata **un'analisi di intervisibilità ponderata** delle reti di fruizione paesaggistica, per misurare la probabilità di ciascuna porzione del suolo regionale di entrare con un ruolo significativo nei quadri visivi di un osservatore che percorra il territorio. Per questa analisi sono stati considerati Strade panoramiche e/o di interesse paesaggistico, Punti panoramici, Centri e nuclei storici, Aree archeologiche ex art. 136, Siti Unesco, Sentieri CAI, Via Francigena, Grande Escursione Appenninica (GEA), Ferrovie di interesse paesaggistico e la Rete di valorizzazione fruitiva dei beni paesaggistici e delle aree tutelate per legge come punti di fruizione. Sulla base di tale analisi l'area risulta avere un **indicatore linguistico di valutazione molto basso**.

4.11.2 Beni vincolati

Nell'area di studio sono presenti i seguenti beni culturali o paesaggistici vincolati:

- Tomba etrusca a camera detta "Buca delle Fate", identificata dal Piano di Indirizzo Territoriale con codice ARCHEO144 e tutelata con provvedimento di tutela diretta ai sensi della L. 1089/1939 o del D.Lgs. 490/1999 (Titolo I), localizzata a circa 500 m a nord-est dell'area di progetto;
- Torre di Montecastelli, identificata con numero 305797444 e tutelata con provvedimento di tutela diretta ai sensi della L. 363/1909, localizzata a circa 1,2 km a nord dell'area di progetto;
- Cimitero di proprietà comunale, identificato con numero 305797568 tutelato con provvedimento di tutela diretta ai sensi della L. 1089/1939 o del D.Lgs. 490/1999 (Titolo I), localizzata a circa 1,3 km a nord dell'area di progetto.

Risultano infine vincolati ai sensi dell'articolo 142 punto g del D.Lgs. 42/2004 i boschi, alcuni dei quali confinanti con il Sito.

Inoltre il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa identifica nell'area di studio la "Buca delle Fate" come bene di valore culturale a livello sovra provinciale e alcune architetture rurali, tra cui il podere Casanova ai confini nord del Sito, come beni di valore culturale di livello locale.

4.11.3 Analisi dei caratteri identitari dell'area di studio

Si presentano di seguito alcune immagini dell'area di studio in cui si evidenziano i caratteri identitari dell'area di studio così come emersi dai documenti analizzati.



Le strade vicinali



Il sistema agricolo caratterizzato dall'alternanza tra bosco e tessuto coltivato.



Oliveti, seminativi e architetture rurali



Le architetture religiose nei borghi



Gli insediamenti collinari di origine medioevale come il borgo di Montecastelli



Il fiume Cecina

4.11.4 Analisi della visibilità del sito

Per meglio comprendere l'impatto delle opere nel contesto paesaggistico è stata condotta una analisi della visibilità dell'area di Sito.

L'analisi della visibilità consiste nell'individuazione di una serie di punti di visuale sensibili, ossia di punti ad alta fruizione da parte del pubblico, punti di spiccata panoramicità o punti in prossimità di canali visivi privilegiati.

I punti di visuale considerati nell'analisi sono della seguente tipologia:

- Punti di visuale dinamici: indica principalmente strade carrabili da cui il sito risulti visibile in una situazione di moto;
- Punti di visuale statici: indica luoghi puntuali frequentati dal pubblico o con spiccate viste panoramiche;
- Recettori: indica altri luoghi puntuali quali residenze o luoghi di lavoro.

Sulla base di tali considerazioni sono stati individuati i seguenti punti di visuale



Tabella 67: Punti di visuale

Identificativo	Localizzazione	Tipologia
1	Lungo la SP 27 a ovest del sito	Punto di visuale dinamico
2	Presso l'area archeologica Buca delle Fate	Punto di visuale statico
3	Lungo la SP 27 a nord ovest del sito, in prossimità del recettore	Punto di visuale statico e dinamico, presenza di recettore
4	Lungo la SP 27 a nord del sito	Punto di visuale dinamico
5	Da via Borgo, in prossimità dell'ingresso al borgo di Montecastelli	Punto di visuale statico e dinamico, presenza di recettori
6	Lungo la SP 27 a nord-est del sito	Punto di visuale dinamico
7	Lungo una strada vicinale a ovest del Sito	Punto di visuale dinamico e presenza di recettori

Durante le attività di campo la localizzazione dei punti di visuale ha subito lievi modifiche rispetto alla posizione individuata inizialmente (in particolare nel caso di punti di visuale in corrispondenza di recettori) per evitare interferenze e disturbi con le rispettive proprietà private.

La figura sottostante indica i punti di visuale da cui sono state effettuate le riprese fotografiche. Le pagine successive presentano le fotografie scattate dai vari punti; la freccia mostra indicativamente l'area in cui sorgerà il progetto.

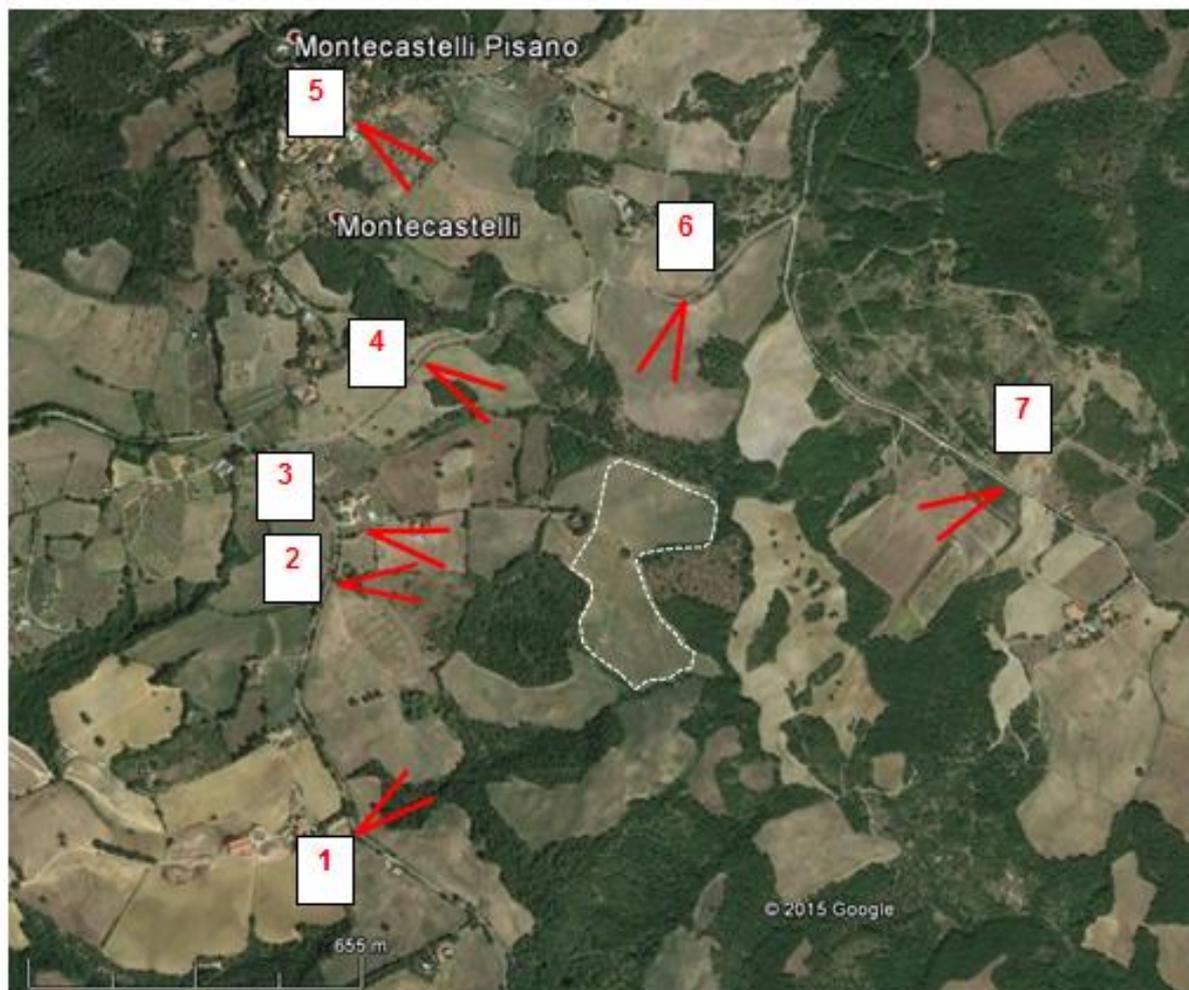


Figura 91: Localizzazione dei punti di visuale



Figura 92: vista verso nord est dal punto di visuale 1



Figura 93: vista verso nord est dal punto di visuale 1



Figura 94: vista verso est dal punto di visuale 2



Figura 95: vista verso sud est dal punto di visuale 3



Figura 96: vista verso sud dal punto di visuale 4



Figura 97: vista verso sud dal punto di visuale 4



Figura 98: vista verso sud dal punto di visuale 5



Figura 99: vista verso sud dal punto di visuale 5



Figura 100: vista verso sud ovest dal punto di visuale 6



Figura 101: vista verso ovest dal punto di visuale 7



Figura 102: vista verso ovest dal punto di visuale 7

Il sito è localizzato in un'area agricola, circondata da campi e boschi, in una zona piuttosto distante da recettori e dalle strade. La morfologia del contesto, composta principalmente da colline, fa sì che l'area di progetto risulti spesso mascherata da colline e da elementi vegetazionali quali alberi, filari e boschi. Il Sito si trova infatti sul versante di una collina in un'area più bassa rispetto alle strade e ai recettori circostanti.

Come mostrato dalle fotografie, il sito risulta generalmente distante dai principali punti di visuale e difficilmente visibile a causa della morfologia del territorio e della presenza di elementi di interferenza visiva quali alberi e boschi. I punti di visuale risultano in genere a bassa fruizione, comprese le strade provinciali, che hanno livelli di traffico generalmente ridotti.

4.11.5 Valutazione della sensibilità della componente

Per l'analisi della componente paesaggistica si è utilizzato un approccio qualitativo che permette di descrivere e valutare la sensibilità dell'area di studio sulla base di alcune criteri, a loro volta suddivisi in sotto-elementi. Di seguito si riporta un'indicazione degli elementi considerati.

■ Qualità morfologica

- Naturalità: indica la presenza di elementi naturali e il loro ruolo nel definire l'assetto del paesaggio complessivo (reti ecologiche, manto forestale, siepi e filari);
- Rarità: indica presenza di elementi con spiccate caratteristiche tipiche del luogo, difficilmente riscontrabili in altri contesti;
- Integrazione: indica il livello di integrazione tra elementi antropici, storici e contemporanei, con la morfologia e l'assetto naturale del luogo.

■ Qualità percettiva

- Fruizione paesaggistica: indica il grado di visibilità del luogo sulla base alla morfologia dell'area e la presenza di spiccati luoghi panoramici;



- Fruizione ricreativa: indica il grado in cui il territorio è utilizzato per attività ricreative per le quali l'esperienza del paesaggio è un elemento centrale.
- Elementi di intrusione: presenza di elementi di chiara detrazione paesaggistica per la loro incoerenza con il contesto paesaggistico dominante.

■ Qualità simbolica e culturale

- Tutela: indica il livello di tutela e salvaguardia da parte di normative nazionali e locali, oltre che iniziative di valorizzazione;
- Simbolicità: indica la presenza di elementi paesaggistici che appartengono a espressioni artistiche celebri, a tradizioni locali e a immagini di richiamo turistico.

Nel valutare la condizione complessiva dell'area si propone per ogni chiave di lettura quindi una breve descrizione qualitativa e un giudizio del valore che assume nel contesto specifico.

Tabella 68: Valutazione della sensibilità della componente

Criteria	Componente	Descrizione qualitativa	Valore
Qualità morfologica	Naturalità	Le aree a maggiore naturalità sono rappresentate dai boschi che si alternano ai campi coltivati. Tali boschi hanno quindi un aspetto generalmente frammentato, mentre estensioni più ampie si trovano a nord di Montecastelli.	Medio
	Rarità	L'area presenta caratteristiche paesaggistiche di qualità, che però sono riscontrabili in un'area ampia delle colline metallifere toscane, e quindi non considerabili rare e uniche a questa zona.	Basso
	Integrazione	Il paesaggio mostra un buon livello di integrazione tra morfologia, rete ecologica e attività antropiche. Le aree abitate risultano generalmente circoscritte ai borghi storici e ai casolari rurali dispersi sul territorio. Le forme di coltivazione agricola prevedono un'alternanza di coltivazioni e aree boscate, aumentando la complessiva integrazione dell'agricoltura nel paesaggio.	Alto
Qualità paesaggistica	Fruizione paesaggistica	Data la morfologia collinare esistono numerosi punti di visuale panoramica lungo le strade, spesso collocate sui crinali. Come mostrato nell'analisi della visibilità, la percezione dei luoghi è spesso condizionata dalla presenza di elementi naturali quali alberi e boschi che interrompono le visuali. Non esistono punti panoramici celebri. Il paese di Montecastelli Pisano è in una posizione privilegiata, data la collocazione sopraelevata rispetto al contesto; la tipologia urbanistica racchiusa, di impianto medioevale, fa sì che il paesaggio circostante sia visibile da scorci che si creano all'interno del borgo, ma non esistono chiari punti panoramici nel borgo quali balconate, piazze o sagrati.	Medio
	Fruizione ricreativa	L'area ha una fruizione turistica ed è dotata di	Basso



Criteri	Componente	Descrizione qualitativa	Valore
		alcune infrastrutture per l'ospitalità, in particolare agriturismi. Per tali strutture la qualità paesaggistica è un elemento centrale dell'offerta, ma va evidenziato che la loro dimensione in termini di ospitalità è ridotta e l'afflusso turistico è pertanto limitato. A parte l'area archeologica "Buca delle fate", non sono presenti altri luoghi puntuali di particolare richiamo turistico. L'area di Montecastelli è attraversata da una rete di sentieri che fa parte del sistema escursionistico Alta Val di Cecina; tali sentieri non si trovano in prossimità dell'area in progetto. Non si individuano altri luoghi per attività all'aria aperta o aree verdi attrezzate.	
	Elementi di intrusione	Nell'area sono presenti 3 elettrodotti, ma non sono individuati altri elementi antropici di rilevante intrusione, quali impianti produttivi o grandi infrastrutture.	Basso
Qualità simbolica e culturale	Tutela	Esistono alcuni elementi puntuali tutelati per il loro valore architettonico o culturale. L'elemento tutelato più prossimo al sito risulta essere l'area archeologica "Buca delle fate", che risulta anche aperto alla fruizione libera da parte del pubblico.	Medio
	Simbolicità	Non risultano esserci elementi di particolare valore simbolico, in quanto legati a espressioni artistiche, tradizioni o ricorrenze locali.	Basso

Nel complesso si ritiene pertanto che la componente abbia una sensibilità media.

4.11.6 Valutazione degli impatti

4.11.6.1 Fattori di impatto

I fattori di impatto in grado di interferire con la componente paesaggio per le fasi di progetto considerate sono di seguito individuati.

■ Fase di costruzione

- variazione morfologica di versante;
- presenza di manufatti e di opere artificiali;
- emissione luminosa.

■ Fase di esercizio

- presenza di manufatti e di opere artificiali;
- emissione luminosa.

4.11.6.2 Valutazione e matrici di impatto

Durante la fase di **costruzione** i potenziali impatti sulla componente paesaggistica saranno dovuti principalmente alla variazione morfologica di versante e alla presenza di manufatti e opere artificiali funzionali al progetto.



La costruzione implicherà infatti alcune modifiche rispetto alla attuale conformazione del sito, legate essenzialmente alla realizzazione dei percorsi di accesso, dei piazzali, delle vasche di accumulo. Tali operazioni implicheranno infatti uno sbancamento e una riprofilatura delle aree, con conseguenti modifiche in parte di tipo temporaneo e in parte reversibili. Va evidenziato che il progetto verrà realizzato in aree verdi non boscate, pertanto non sarà necessario l'abbattimento di alberi. L'unico taglio di alberi è previsto per la realizzazione dei percorsi, nella fascia boscata a nord della strada vicinale Bacci-Brini-Conti. Il taglio interesserà circa 1.500 m². Si segnala che questo taglio comporterà un impatto basso dal punto di vista paesaggistico.

Oltre alla modificazione della morfologia, la realizzazione dell'impianto avrà come conseguenza l'introduzione di elementi artificiali in un contesto attualmente dominato da un impianto rurale dove la presenza di strutture antropiche è relativamente ridotta. In particolare durante questa fase l'elemento più impattante sarà rappresentato dalla torre di perforazione, data la sua forma verticale che potrebbe renderla più visibile rispetto ad altri elementi.

Come evidenziato nell'analisi delle alternative e nell'analisi di visibilità, il Sito risulta distante dai recettori e generalmente poco visibile dal borgo di Montecastelli e da luoghi di fruizione pubblica quali strade e percorsi pedonali. Le modifiche apportate dal progetto avranno pertanto un effetto da un numero limitato di punti di visuale, riducendo l'entità complessiva dell'impatto. Va infine segnalato che l'illuminazione necessaria per le attività di costruzione determinerà inoltre una visibilità del sito anche in orari notturni, vista la ridotta presenza di luci artificiali nell'area.

La Tabella 69 riassume i giudizi di impatto del Progetto sulla componente "Paesaggio" in fase di costruzione.

Tabella 69: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Paesaggio - Fase di costruzione

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - PAESAGGIO FASE DI COSTRUZIONE		variazione morfologica di versante	presenza di manufatti e opere artificiali	emissione luminosa
Durata nel tempo (D)	breve			
	medio-breve			
	media			
	medio-lunga			
	lunga			
Distribuzione temporale (Di)	concentrata			
	discontinua			
	continua			
Area di influenza (A)	circoscritta			
	estesa			
	globale			
Rilevanza (Ri)	trascurabile			
	bassa			
	media			
	alta			
Reversibilità (R)	a breve termine			
	a medio-lungo termine			
	irreversibile			
Probabilità accadimento (P)	bassa			
	media			



MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - PAESAGGIO FASE DI COSTRUZIONE		variazione morfologica di versante	presenza di manufatti e opere artificiali	emissione luminosa
	alta			
	certa			
Mitigazione (M)	alta			
	media			
	bassa			
	nulla			
Sensibilità componente (S)	trascurabile			
	bassa			
	media			
	alta			
Impatti		Trascurabile	Trascurabile	Trascurabile

Durante la fase di **esercizio** i potenziali impatti sulla componente paesaggistica saranno dovuti alla presenza di manufatti e opere artificiali funzionali al progetto.

Per facilitare la valutazione degli impatti durante la fase operativa nella seguente Figura 105 vengono presentati alcuni fotoinserimenti che forniscono un'idea dell'aspetto che il progetto assumerà nell'attuale contesto paesaggistico. I punti di visuale non corrispondono a quelli individuati durante la fase di analisi perché non risulterebbero significativi per mostrare il progetto nel suo complesso.



Figura 103: Render: vista posteriore della centrale con tetto verde



Figura 104: Render: vista frontale della centrale con tetto verde



Figura 105: Render: vista a “volo d’uccello” della centrale con tetto verde

In particolare, durante questa fase gli elementi che possono avere un impatto paesaggistico possono essere raggruppati in tre comparti principali: l'**impianto** legato ai pozzi, la **centrale geotermoelettrica** e le opere



accessorie quali strade di accesso e vasche di accumulo. In particolare l'**impianto** sarà composto dai seguenti elementi:

- la testa pozzo, la cui presenza non costituirà, per le dimensioni esigue, elemento di disturbo visivo e ambientale;
- una recinzione intorno all'area della cantina munita di cancello per impedire l'accesso;
- l'area cementata della postazione e le aree che, se possibile, saranno ripristinate con il terreno in eccesso integrato con materiale di qualità.

La **centrale geotermoelettrica** sarà collocata all'interno di un unico corpo di fabbrica di forma rettangolare, di superficie pari a 1.560 m², che conterrà il gruppo di produzione, i locali di servizio e di controllo e i vari impianti. Tale area sarà interamente coperta attraverso una copertura curvilinea che avrà delle aperture sul lato adiacente la zona dei cooler in modo da favorire il ricircolo dell'aria. Va segnalato che tale corpo di fabbrica sarà dotato di copertura verde, che pertanto favorirà l'integrazione nel contesto e di conseguenza mitigherà l'impatto complessivo nel paesaggio.

Infine le opere accessorie saranno le medesime già utilizzate durante la fase di costruzione. In questo caso va segnalato che le aree libere saranno rinaturalizzate, in modo da migliorarne l'inserimento nel contesto paesaggistico.

I principali impatti sono pertanto legati all'introduzione e alla permanenza di manufatti artificiali in un contesto paesaggistico caratterizzato da un impianto rurale dove la presenza di strutture antropiche è relativamente ridotta.

Come già evidenziato nella valutazione in fase di costruzione, l'area di sito risulta generalmente poco visibile, riducendo complessivamente l'entità dell'impatto.

Va segnalato che anche nella fase di esercizio l'illuminazione necessaria per le attività determinerà inoltre una visibilità del sito anche in orari notturni, vista la generale assenza di luci artificiali nell'area.

La Tabella 70 riassume i giudizi di impatto del Progetto sulla componente "Paesaggio" in fase di esercizio.

Tabella 70: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Paesaggio - Fase di esercizio

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - PAESAGGIO FASE DI ESERCIZIO		presenza manufatti e opere artificiali	di opere	emissione luminosa
Durata nel tempo (D)	breve			
	medio-breve			
	media			
	medio-lunga			
	lunga			
Distribuzione temporale (Di)	concentrata			
	discontinua			
	continua			
Area di influenza (A)	circoscritta			
	estesa			
	globale			
Rilevanza (Ri)	trascurabile			
	bassa			
	media			
	alta			



MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - PAESAGGIO FASE DI ESERCIZIO		presenza di manufatti e opere artificiali	emissione luminosa
Reversibilità (R)	a breve termine		
	a medio-lungo termine		
	irreversibile		
Probabilità accadimento (P)	bassa		
	media		
	alta		
	certa		
Mitigazione (M)	alta		
	media		
	bassa		
	nulla		
Sensibilità componente (S)	trascurabile		
	bassa		
	media		
	alta		
Impatti		Trascurabile	Basso

In **fase di dismissione** si procederà alla chiusura mineraria dei pozzi, alla dismissione dell'impianto ORC e delle opere connesse. Considerando che la chiusura dell'impianto geotermico pilota avverrà dopo un periodo di almeno e/o minimo 25 anni di esercizio, al momento attuale non si ritiene pertinente valutare le possibili azioni di recupero dell'area in fase di chiusura. Questa progettazione sarà sviluppata in tempi successivi a valle della definizione e pianificazione degli obiettivi del recupero ambientale.

Se il sito sarà oggetto di ripristino naturalistico, si possono anticipare impatti positivi sulla componente paesaggistica.

4.12 Sistema antropico

4.12.1 Descrizione della componente

4.12.1.1 Geotermia in Toscana

L'attività di produzione di energia mediante coltivazione dei fluidi geotermici si colloca nella Toscana centro-meridionale, in corrispondenza delle colline metallifere e del massiccio dell'Amiata, dove si individuano due aree principali: quella storica ("tradizionale"), che include le località di Lardarello, Val di Cornia (detta anche di "Lago") e Radicondoli-Travale, dove l'attività geotermoelettrica, pur non esente da problemi, è parte del tessuto economico, produttivo, sociale e culturale di quei territori, e quella "nuova" dell'Amiata senese e grossetana.

L'area del monte Amiata è ricca di sorgenti termali utilizzate per scopi curativi e ricreativi, tra cui le terme di Chianciano, di San Casciano dei Bagni, di Bagni San Filippo, di Bagno Vignoni, di Saturnia e di Bagnore. Le sorgenti termali solfuree sono accompagnate dall'emissione in atmosfera di acido solfidrico (H₂S) e, nel caso di acque calde, anche di vapori di mercurio⁵². Già dalla fine del 1800 quest'area è stata sede di una fiorente attività estrattiva e metallurgica del cinabro (solfuro di mercurio, HgS), destinata alla produzione del mercurio metallico. In questo territorio si trovano ancora molti impianti dismessi, a testimonianza della pregressa

⁵² Fabrizio Minichilli et al. Stato di salute delle popolazioni residenti nelle aree geotermiche della toscana. Epidemiol Prev 2012; 36 (5) suppl. 1:1-104



attività, il cui declino è iniziato negli anni 1960-1970. Diversamente dall'area amiatina, nell'area tradizionale gli impianti termali ricreativi sono poco presenti. Tuttavia, in queste località si trovano numerose manifestazioni naturali di gas endogeno ricco di anidride carbonica e acido solfidrico, come "lagone", ancora attivo in località Monterotondo Marittimo e numerose "putizze", ossia fuoriuscite naturali di vapore endogeno, ubicate tra Sasso Pisano e Monterotondo Marittimo, che caratterizzano il territorio rendendolo attrattivo a fini turistici. E' proprio in queste località che nel 1800 venne avviato lo sfruttamento commerciale dei lagoni boraciferi per la produzione dell'acido borico, il cui declino cominciò a partire dal 1870. Con il passare del tempo, su queste aree è andato sempre più affermandosi l'uso dei fluidi geotermici per la produzione di energia.

Concessioni e permessi di ricerca

In Toscana sono in essere 8 concessioni, per una superficie totale di circa 490 km² suddivisi nelle provincie di Grosseto, Pisa e Siena⁵³, e, al 30/09/2015, sono stati assegnati i permessi di ricerca⁵⁴ sotto elencati e riportati in Figura 106.

- Bagnolo;
- Boccheggiano;
- Campiglia d'Orcia;
- Castiglione d'Orcia;
- Celle sul Rigo;
- Cinigiano;
- Gorfalco;
- Guardistallo;
- La Grasceta;
- La Guardiola;
- Le Cascinelle;
- Mazzolla;
- Mensano;
- Montalcino;
- Monte Labbro;
- Monte Santa Croce;
- Montebamboli;
- Montegemoli;
- Monteroni;
- Montorio;

⁵³ Regione Toscana. P.A.E.R. – Proposta di Piano Ambientale ed energetico Regionale, A.3 allegato 3 – L'energia geotermica in toscana, ottobre 2012

⁵⁴ Ministero dello Sviluppo Economico (UNMIG). Bollettino ufficiale degli idrocarburi e delle georisorse, Ano LIX, n.9, 30 settembre 2015



- Murci;
- Murlo;
- Peccioli;
- Pereta;
- Poggio Forte;
- Poggio Montone;
- Pomonte;
- Ripa d'Orcia;
- Roccastrada;
- Scansano;
- Torrenieri.

Inoltre, al 30/09/2015, erano in corso 3 procedimenti per rilascio di permessi di ricerca e due procedimenti per il rilascio di concessione⁵⁵.

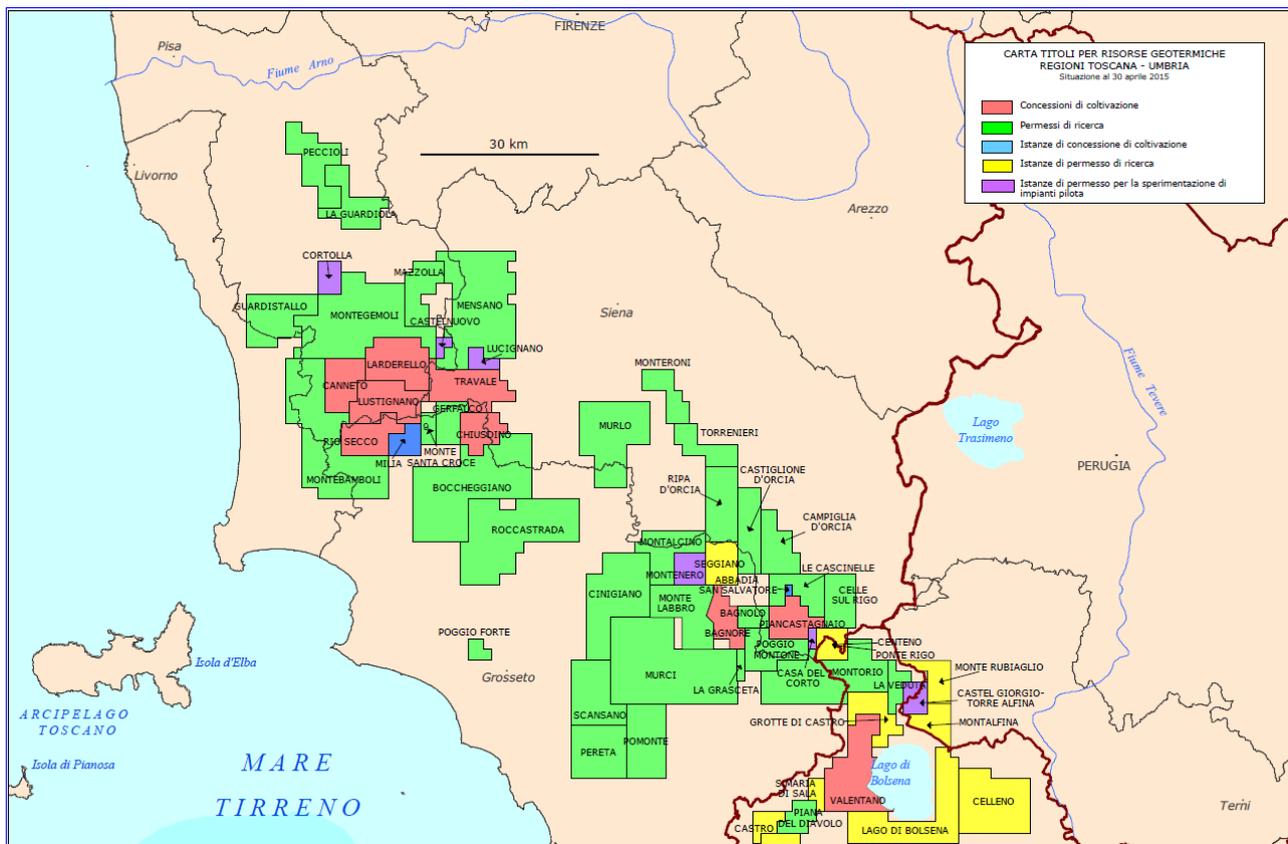


Figura 106: Concessioni e permessi di ricerca in Toscana al 30/04/2015 (fonte: UNMIG)

⁵⁵ <http://www.regione.toscana.it/-/permessi-concessioni-e-impianti>



Impianti pilota

Il D. Lgs. n. 22 del 11/02/2010, modificato dal D. Lgs. n. 28 del 03/03/2011 e dall'articolo 28 del D.L. n. 179 del 18/10/2012, prevede che, al fine di promuovere la ricerca e lo sviluppo di nuove centrali geotermoelettriche a ridotto impatto ambientale, siano considerati di interesse nazionale i fluidi geotermici a media ed alta entalpia finalizzati alla sperimentazione, su tutto il territorio nazionale, di impianti pilota con reiniezione del fluido geotermico nelle stesse formazioni di provenienza e con potenza nominale installata non superiore a 5 MW per ciascuna centrale.

In questo caso l'autorità competente per il conferimento dei relativi titoli minerari è il Ministero dello Sviluppo Economico, di concerto con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, che acquisiscono l'intesa con la regione interessata. In Toscana allo stato attuale sono presenti le seguenti istanze di permesso di ricerca di risorse geotermiche finalizzato alla sperimentazione di impianti pilota⁵⁶:

- Casa del Corto: l'area, di circa 5 km², interessa i territori comunali di Piancastagnaio, San Casciano dei Bagni in Provincia di Siena;
- Castelnuovo: l'area, di circa 7,5 km², interessa i territori comunali di Castelnuovo Val di Cecina (PI) e Radicondoli (SI). **Il Progetto ricade in tale area;**
- Cortolla: l'area, di circa 22,5 km², interessa il territorio comunale di Montecatini Val di Cecina in provincia di Pisa;
- Montenero: l'area, di circa 30 km², interessa i territori comunali di Arcidosso, Castel del Piano e Cinigiano in Provincia di Grosseto.

Centrali geotermiche

Nella regione sono presenti 35 centrali geotermiche ENEL (dato aggiornato a gennaio 2015), ubicate nelle quattro aree territoriali di Larderello, Radicondoli, Lago e Piancastagnaio afferenti alle province di Pisa, Siena e Grosseto (Figura 107 e Tabella 71).

⁵⁶ <http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it>

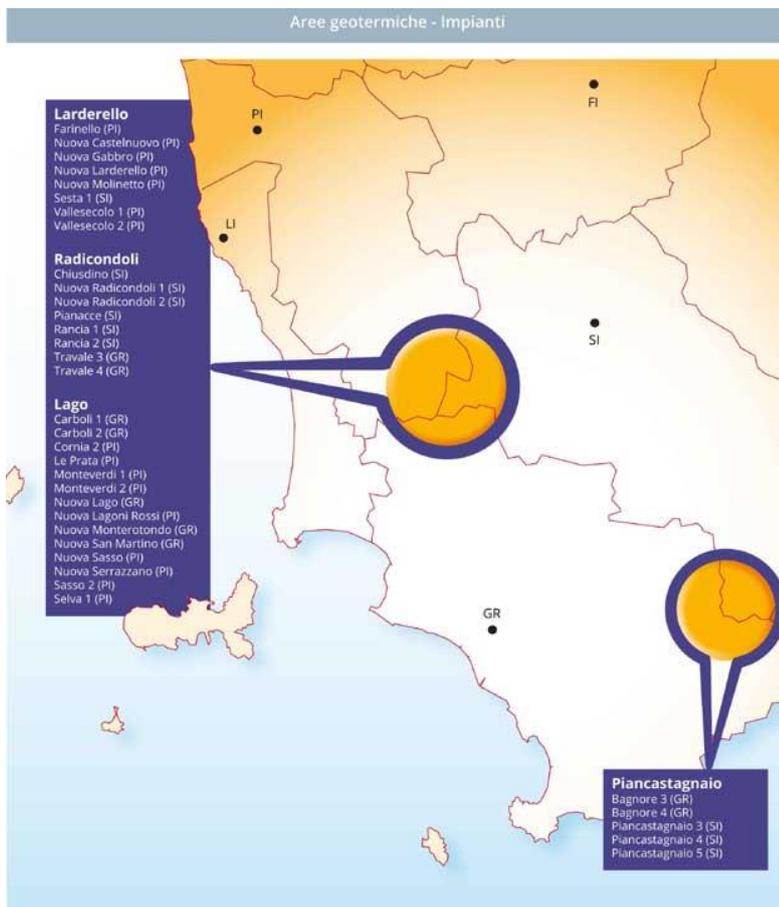


Figura 107: Aree geotermiche ed impianti

Tabella 71: Centrali geotermiche in esercizio in Toscana

Area geotermica	Nome centrale	Comune	Prov	Anno avvio
Larderello	SESTA 1	Radicondoli	SI	2002
Larderello	FARINELLO	Pomarance	PI	1995
Larderello	NUOVA GABBRO	Pomarance	PI	2002
Larderello	NUOVA LARDERELLO	Pomarance	PI	2005
Larderello	VALLE SECOLO 1	Pomarance	PI	1991
Larderello	VALLE SECOLO 2	Pomarance	PI	1992
Larderello	NUOVA CASTELNUOVO	Castelnuovo Val di Cecina	PI	2000
Larderello	NUOVA MOLINETTO	Castelnuovo Val di Cecina	PI	2002
Radicondoli	NUOVA RADICONDOLI 1	Radicondoli	SI	2002
Radicondoli	NUOVA	Radicondoli	SI	2010



SIA IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTELNUOVO

Area geotermica	Nome centrale	Comune	Prov	Anno avvio
	RADICONDOLI 2			
Radicondoli	PIANACCE	Radicondoli	SI	1987
Radicondoli	RANCIA 1	Radicondoli	SI	1986
Radicondoli	RANCIA 2	Radicondoli	SI	1988
Radicondoli	TRAVALE 3	Montieri	GR	2000
Radicondoli	TRAVALE 4	Montieri	GR	2002
Radicondoli	CHIUSDINO	Chiusdino	SI	2010
Lagoni	NUOVA ROSSI LAGONI	Pomarance	PI	1981
Lagoni	NUOVA SERRAZZANO	Pomarance	PI	2002
Lagoni	MONTEVERDI 1	Monteverdi	PI	1997
Lagoni	MONTEVERDI 2	Monteverdi	PI	1997
Lagoni	CARBOLI 1	Monterotondo	GR	1998
Lagoni	CARBOLI 2	Monterotondo	GR	1997
Lagoni	NUOVA LAGO	Monterotondo	GR	2002
Lagoni	NUOVA MONTEROTONDO	Monterotondo	GR	2002
Lagoni	NUOVA S. MARTINO	Monterotondo	GR	2005
Lagoni	CORNIA 2	Castelnuovo Val di Cecina	PI	1994
Lagoni	LE PRATA	Castelnuovo Val di Cecina	PI	1996
Lagoni	NUOVA SASSO	Castelnuovo Val di Cecina	PI	1996
Lagoni	SASSO 2	Castelnuovo Val di Cecina	PI	2009
Lagoni	SELVA 1	Castelnuovo Val di Cecina	PI	1999
Piancastagnaio	BAGNORE 3	Santa Fiora	GR	1998
Piancastagnaio	BAGNORE 4	Santa Fiora	GR	2014
Piancastagnaio	PIANCASTAGNAIO 3	Piancastagnaio	SI	1990
Piancastagnaio	PIANCASTAGNAIO 4	Piancastagnaio	SI	1991
Piancastagnaio	PIANCASTAGNAIO 5	Piancastagnaio	SI	1996



In provincia di Pisa sono presenti 7 centrali nel territorio comunale di Castelnuovo Val di Cecina, 7 in quello di Pomarance e 2 in quello di Monteverdi Marittimo (Figura 108).

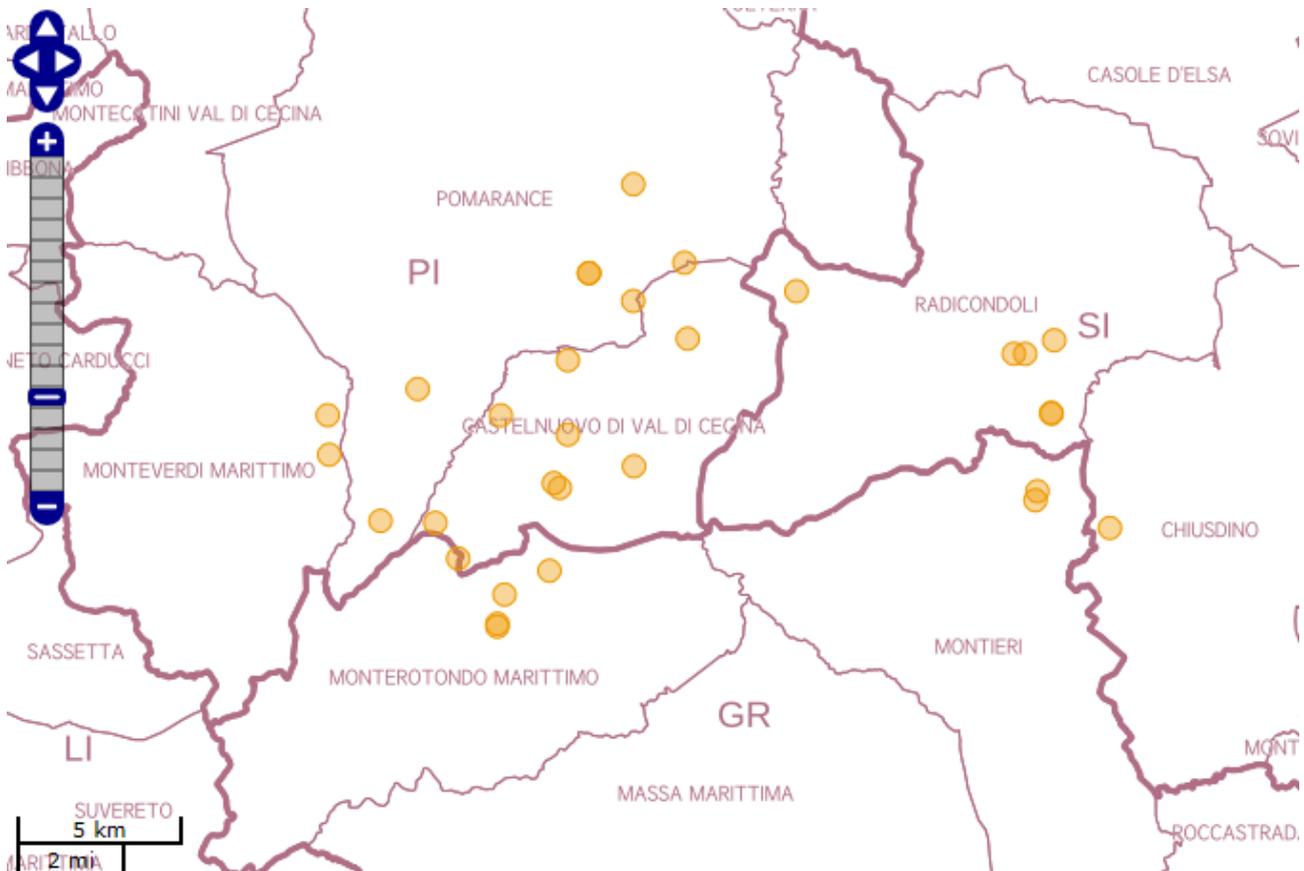


Figura 108: Ubicazione centrali di produzione di energia geotermica in Provincia di Pisa (fonte: S.I.R.A. della Regione Toscana)

4.12.1.2 Sistema socio-economico

Unità locali e addetti

Nelle tabelle seguenti sono riportate le unità locali attive sul territorio comunale di Castelnuovo Val di Cecina al 2011, suddivise per settore ed il relativo numero di addetti⁵⁷.

Le imprese attive risultano essere 111. Il settore maggiormente rappresentato è il commercio all'ingrosso e al dettaglio con 32 unità (rappresentanti il 29%), seguito dai settori costruzione (20 unità, rappresentanti il 18%), attività di servizi di alloggio e di ristorazione (16 unità, rappresentanti il 14%), agricoltura, silvicoltura e pesca (11 unità, rappresentanti il 10%).

Il numero complessivo di addetti è pari a 286, di cui 127 impiegati nel settore costruzioni (44%), 58 nel settore del commercio all'ingrosso e al dettaglio (20%), 22 nel manifatturiero (8%) e 13 nell'agricoltura, silvicoltura e pesca (4%).

⁵⁷ <http://dati-censimentoindustriaeservizi.istat.it>



Tabella 72: Numero delle imprese attive nel comune di Castelnuovo Val di Cecina

Territorio	Castelnuovo di Val di Cecina
Tipo dato	numero imprese attive
Classe di addetti	totale
Impresa con dipendenti	totale
Carattere artigiano	totale
Appartenenza a gruppi	totale
Diffusione territoriale	qualunque diffusione territoriale
Anno	2011
Forma giuridica	totale
totale	111
agricoltura, silvicoltura e pesca	11
coltivazioni agricole e produzione di prodotti animali, caccia e servizi connessi	1
silvicoltura ed utilizzo di aree forestali	10
attività manifatturiere	3
industrie alimentari	1
industria del legno e dei prodotti in legno e sughero (esclusi i mobili), fabbricazione di articoli in paglia e materiali da intreccio	1
altre industrie manifatturiere	1
fornitura di acqua reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento	1
attività di raccolta, trattamento e smaltimento dei rifiuti recupero dei materiali	1
recupero dei materiali	1
costruzioni	20
costruzione di edifici	1
lavori di costruzione specializzati	19
commercio all'ingrosso e al dettaglio riparazione di autoveicoli e motocicli	32
commercio all'ingrosso e al dettaglio e riparazione di autoveicoli e motocicli	2
commercio all'ingrosso (escluso quello di autoveicoli e di motocicli)	2
commercio al dettaglio (escluso quello di autoveicoli e di motocicli)	28
trasporto e magazzinaggio	2
trasporto terrestre e trasporto mediante condotte	2
attività dei servizi di alloggio e di ristorazione	16
alloggio	10
attività dei servizi di ristorazione	6
servizi di informazione e comunicazione	1
attività dei servizi d'informazione e altri servizi informatici	1
attività finanziarie e assicurative	2
attività ausiliarie dei servizi finanziari e delle attività assicurative	2
attività professionali, scientifiche e tecniche	7
attività degli studi di architettura e d'ingegneria, collaudi ed analisi tecniche	6
altre attività professionali, scientifiche e tecniche	1
noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese	3
attività di noleggio e leasing operativo	1
attività dei servizi delle agenzie di viaggio, dei tour operator e servizi di prenotazione e attività connesse	1
attività di supporto per le funzioni d'ufficio e altri servizi di supporto alle imprese	1
sanità e assistenza sociale	6
assistenza sanitaria	6
attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento	2
attività creative, artistiche e di intrattenimento	1
attività sportive, di intrattenimento e di divertimento	1
altre attività di servizi	5
altre attività di servizi per la persona	5



Tabella 73: Numero addetti delle unità locali delle imprese attive nel comune di Castelnuovo Val di Cecina

	Territorio	Castelnuovo di Val di Cecina
	Tipo dato	numero addetti delle unità locali delle imprese attive
	Anno	2011
	Classe di addetti	totale
totale		286
agricoltura, silvicoltura e pesca		13
coltivazioni agricole e produzione di prodotti animali, caccia e servizi connessi		2
silvicoltura ed utilizzo di aree forestali		11
attività manifatturiere		22
industrie alimentari		5
industria del legno e dei prodotti in legno e sughero (esclusi i mobili), fabbricazione di articoli in paglia e materiali da intreccio		3
fabbricazione di apparecchiature elettriche ed apparecchiature per uso domestico non elettriche		13
altre industrie manifatturiere		1
fornitura di acqua reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento		2
attività di raccolta, trattamento e smaltimento dei rifiuti recupero dei materiali		2
costruzioni		127
costruzione di edifici		14
lavori di costruzione specializzati		113
commercio all'ingrosso e al dettaglio riparazione di autoveicoli e motocicli		58
commercio all'ingrosso e al dettaglio e riparazione di autoveicoli e motocicli		7
commercio all'ingrosso (escluso quello di autoveicoli e di motocicli)		4
commercio al dettaglio (escluso quello di autoveicoli e di motocicli)		47
trasporto e magazzinaggio		4
trasporto terrestre e trasporto mediante condotte		2
servizi postali e attività di corriere		2
attività dei servizi di alloggio e di ristorazione		18
alloggio		10
attività dei servizi di ristorazione		8
servizi di informazione e comunicazione		0
attività dei servizi d'informazione e altri servizi informatici		0
attività finanziarie e assicurative		10
attività di servizi finanziari (escluse le assicurazioni e i fondi pensione)		8
attività ausiliarie dei servizi finanziari e delle attività assicurative		2
attività professionali, scientifiche e tecniche		8
attività degli studi di architettura e d'ingegneria, collaudi ed analisi tecniche		7
altre attività professionali, scientifiche e tecniche		1
noleggino, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese		3
attività di ricerca, selezione, fornitura di personale		1
attività dei servizi delle agenzie di viaggio, dei tour operator e servizi di prenotazione e attività connesse		1
attività di supporto per le funzioni d'ufficio e altri servizi di supporto alle imprese		1
sanità e assistenza sociale		7
assistenza sanitaria		7
attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento		2
attività creative, artistiche e di intrattenimento		1
attività sportive, di intrattenimento e di divertimento		1
altre attività di servizi		12
altre attività di servizi per la persona		12



Sul sito del Comune di Castelnuovo Val di Cecina nella sezione turismo risultano 7 strutture di pernottamento (di cui 1 a Montecastelli Pisano) e 3 strutture di ristorazione (di cui 1 a Montecastelli Pisano). Per quel che riguarda il settore agro-alimentare risultano 2 aziende vitivinicole (di cui una a Montecastelli Pisano), 7 aziende di produzione di olio di oliva (di cui 2 a Montecastelli Pisano) e 1 associazione di castanicoltori.

Indagine telefonica sugli stili di vita e sulla percezione del rischio ambientale

Nell'ambito delle attività di approfondimento per la valutazione dello stato di salute delle popolazioni residenti nelle aree geotermiche, l'ARS ha condotto tra il 2009 e il 2012 alcune indagini telefoniche sugli stili di vita e sulla percezione del rischio ambientale⁵⁸.

La popolazione in studio nelle indagini, è costituita dai residenti nei 16 comuni dell'area geotermica, distinta in area Nord pisana (circa 17.000 abitanti) e area Sud amiatina (circa 27.000 abitanti), e, come controllo, dai residenti nei comuni di un'area non geotermica compresa entro un raggio di 50 chilometri dall'area geotermica. Per ciascuna delle tre aree è stato estratto dall'elenco telefonico un campione casuale di circa 500 persone maggiorenni stratificato per sesso ed età (18-39 anni, 40-64 anni, 65 anni e più), rappresentativo della popolazione totale di ciascuna area.

Il questionario telefonico individuale ha rilevato informazioni socio-demografiche, stili di vita, tra cui il consumo di bevande alcoliche, il numero di sigarette fumate, alcune abitudini alimentari, l'attività fisica, la percezione del rischio ambientale con particolare riferimento alla presenza di impianti geotermici.

Considerando l'insieme complessivo dei dati ricavati dalle indagini, il confronto tra la popolazione residente nei comuni delle aree geotermiche e dell'area non geotermica non ha rilevato sostanziali differenze nelle caratteristiche sociali (titolo di studio, occupazione e classe sociale), demografiche e negli stili di vita (consumo di tabacco, alcol, attività fisica, dieta).

Relativamente alle abitudini alimentari è da segnalare la proporzione consistente di intervistati che consuma frutta e verdura proveniente dagli orti locali, in misura significativamente maggiore nei comuni geotermici rispetto a quelli non geotermici. Rispetto all'approvvigionamento idrico, emerge una maggiore percentuale di residenti nell'area dell'Amiata che preferisce consumare acqua dell'acquedotto, rispetto sia ai residenti dell'area Nord, che a quelli nei comuni non geotermici. In generale, in termini di gusto, l'acqua dell'acquedotto è giudicata "buona o molto buona" dalla maggioranza dei suoi consumatori, anche se nell'area dell'Amiata sono in numero maggiore gli insoddisfatti (12%), coloro cioè che non ritengono buona e sicura l'acqua proveniente dall'acquedotto, rispetto alle altre due aree (6-7%).

Dal punto di vista della percezione della qualità ambientale, la maggior parte degli intervistati ritiene di vivere in un territorio "molto sano" o "abbastanza sano", senza differenze significative di opinione tra le tre aree geotermiche e non geotermiche. La cattiva qualità dell'ambiente in cui si vive è attribuita soprattutto alle attività dell'uomo (traffico, fabbriche, discariche, etc.). La qualità dell'aria respirata è giudicata in maniera positiva da oltre l'80% del campione in tutte le aree in studio. Rispetto alla presenza degli impianti geotermici il 58,2% degli intervistati nell'Amiata e il 62,6% negli intervistati dell'area pisana non sanno esprimersi sui possibili effetti sulla salute o ritengono che l'effetto sia trascurabile o nullo. I più preoccupati risultano i residenti dell'area amiatina, dove il 26,5% ritiene che gli impianti geotermici possono avere un effetto dannoso o molto dannoso, rispetto al 16,6% dei residenti nell'area pisana.

Produzioni tipiche

Il territorio di Castelnuovo Val di Cecina ricade nella zona di produzione di alcuni prodotti agroalimentari tutelati, elencati nelle seguenti tabelle e suddivisi tra produzioni esclusive della Toscana e produzioni che contemplan aree anche in altre regioni d'Italia.

⁵⁸ <https://www.ars.toscana.it/it/component/content/article/604-geotermia-e-salute/1730-indagine-telefonica-sugli-stili-di-vita-e-sulla-percezione-del-rischio-ambientale-nelle-aree-geotermiche-toscane.html>

**Tabella 74: Produzioni agroalimentari tutelate esclusive della Toscana**

Denominazione	Forma di tutela	Tipologia
Cinta Senese	DOP	Carni fresche
Prosciutto Toscano	DOP	Prodotti a base di carne
Finocchiona	IGP	Prodotti a base di carne
Pecorino Toscano	DOP	Formaggi
Pecorino delle Balze Volterrane	DOP	Formaggi
Olio Toscano	IGP	Olio
Montecastelli	IGT	Vino
Toscana	IGT	Vino

Tabella 75: Produzioni agroalimentari tutelate che comprendono anche altre regioni d'Italia

Denominazione	Forma di tutela	Tipologia
Agnello centro Italia	IGP	Carni fresche
Vitellone bianco dell'appennino	IGP	Carni fresche
Salamini Italiana alla Cacciatora	DOP	Prodotti a base di carne
Mortadella di Bologna	IGP	Prodotti a base di carne

4.12.1.3 Impianti di gestione rifiuti

In provincia di Pisa sono presenti impianti autorizzati a gestire i rifiuti che verranno prodotti dal Progetto (nella forma di selezione, stoccaggio provvisorio, stoccaggio, recupero, trattamento chimico-fisico o biologico e smaltimento). La tabella elenca tali impianti, indicando quali codici CER sono autorizzati a trattare e quali attività svolgono.

Tabella 76: Impianti di trattamento rifiuti in Provincia di Pisa (fonte: Sistema Informativo Ambientale della Regione Toscana - SIRA)

Nome	Codice CER autorizzato	Comune	Indirizzo	Attività svolta
SPEDI - S.R.L.	170503, 170504, 010504, 010507, 010508, 010599	Vecchiano	Via Traversagna Sud 66, 56019 Migliarino	Stoccaggio Provvisorio
WASTE RECYCLING S.P.A.	170503, 170504	Castelfranco di Sotto	Via Malpasso 63, 56022	Selezione
WASTE RECYCLING S.P.A.	170503, 170504, 010504, 010505, 010506, 010507, 010508, 010599	Castelfranco di Sotto	Via Malpasso 63, 56022	Stoccaggio Provvisorio



SIA IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTELNUOVO

Nome	Codice CER autorizzato	Comune	Indirizzo	Attività svolta
TECNOAMBIENTE S.P.A.	170503, 170504, 010504, 010505, 010506, 010507, 010508	San Miniato	Via Chico Mendez, 56027 Ponte A Egola	Selezione
D & D DI D'AGNESE ANDREA & C. S.A.S.	170503, 170504, 010505, 010506, 010507, 010508, 010599	Cascina	Via Dello Scolmatore 50, 56021 Palmerino	Stoccaggio Provvisorio
WASTE RECYCLING S.P.A.	170503, 170504, 010505, 010506, 010507, 010508, 010599	Castelfranco Di Sotto	Via Usciana 115/A, 56022	Stoccaggio Provvisorio
WASTE RECYCLING S.P.A.	170503, 170504, 010504, 010506, 010508, 010599	Castelfranco Di Sotto	Via Usciana 115/A, 56022	Trattamento Chimico-Fisico e/o Biologico
SOCIETA' CHIMICA LARDERELLO S.P.A.	170503, 170504, 010599	Pomarance	Localita Bulera (Sede Piazza Leopolda 2), 56045	Discarica
WASTE RECYCLING S.P.A.	170503, 170504, 010504, 010505, 010506, 010599	Castelfranco Di Sotto	Via Malpasso 63, 56022	Trattamento Chimico-Fisico e/o Biologico
PUNTO ECOLOGIA S.R.L.	170503, 170504, 010504, 010505, 010506, 010507, 010508, 010599	San Miniato	Via Chico Mendez, 56027 Ponte A Egola	Stoccaggio Provvisorio
ECOGEST S.R.L.	170503, 170504, 010505, 010506,	Pomarance	Localita Area Industriale Larderello, 56045	Stoccaggio Provvisorio



SIA IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA CASTELNUOVO

Nome	Codice CER autorizzato	Comune	Indirizzo	Attività svolta
	010507, 010508			
TESECO S.P.A.	170503, 170504, 010505, 010506, 010507, 010508, 010599	Pisa	Via Raghianti (Ex Gabriele Monasterio O Via Cannizzaro) 12, 56100 Ospedaletto	Stoccaggio Provvisorio
GEOFOR S.P.A.	170504, 010504, 010507, 010508, 010599	Pontedera	Via Dello Scolmatore, 56025 Gello	Discarica
COMUNE DI PECCIOLI	170504	Peccioli	Via Monti, 56037 Legoli	Discarica
ECO-REC DI VITALI STEFANO	170504	Montescudaio	Via Di Poggio Gagliardo, 56040 Poggio Gagliardo	Stoccaggio Provvisorio
LEROSE S.R.L.	170504, 010504, 010507	Pontedera	Via America 103, 56025 Gello	Recupero
ECOFOR SERVICE S.P.A.	170504, 010599	Cascina	Via Del Nugolaio Snc, 56021 Navacchio	Discarica
DELCA S.P.A.	170504	Vicopisano	Via Masaccio 11, 56010 Lugnano	Recupero
SERENA SCAVI - S.R.L.	170504	Calcinaia	Via Provinciale Della Botte 74, 56012	Recupero
NOCERA GIOVANNI	170504	Castelfranco Di Sotto	Via Quarterona 30/A, 56022	Recupero
ECOFOR SERVICE S.P.A.	010504, 010507, 010508, 010599	Pontedera	Via Dell'industria, 56025 Cincinnato Gello	Trattamento Chimico-Fisico e/o Biologico
ACQUE INDUSTRIALI SRL SOCIETA' UNIPERSONALE	10504	Pontedera	Via Hangar, 56025	Trattamento Chimico-Fisico e/o Biologico
JAN DE NUL N.V.	010504, 010505, 010506, 010507, 010508, 010599	Pisa	Via Matteucci 38/F, 56124	Recupero



4.12.1.4 Viabilità

La viabilità nell'intorno dell'area di intervento è rappresentata dalla SP n. 27 di Montecastelli, che corre a ovest e a nord, dalla viabilità comunale di accesso all'abitato di Montecastelli Pisano e da viabilità secondaria, asfaltata e non, che si diparte dalla strada provinciale.

Con riferimento ai flussi di traffico, uno studio condotto dalla Provincia di Pisa⁵⁹ lungo la SP n. 27 nel 2002 in giorni feriali e nell'arco orario 7:00÷22:00, ha rilevato un flusso veicolare giornaliero pari a 409 (Tabella 77). Il traffico, inferiore a 5.000 veicoli/giorno, risulta essere pertanto scarso e costituito principalmente da autoveicoli (75%) e da veicoli commerciali pesanti e bus (14%).

Tabella 77: Volumi totali di traffico per sezione

SEZIONE			auto		comm. leggeri + caravan e roulotte		comm. pesanti + bus		mezzi speciali		due ruote		totali
SP 19	164	S.P. CAMMINATA (N.19)	394	75%	97	18%	26	5%	0	0%	11	2%	528
SP 20	134	S.P. DEL LODANO (N.20)	59	29%	33	16%	72	35%	4	2%	38	18%	206
SP 21	112	S.P. DEL PIANO DELLA TORA (N.21)	2.235	77%	189	7%	283	10%	14	0%	167	6%	2.888
SP 22	63	S.P. DEL MARE (N.22) DAVANTI AL CIMITERO	4.349	81%	479	9%	292	5%	9	0%	232	4%	5.361
SP 22	64	S.P. DEL MARE (N.22) DAVANTI CAMPO SPORTIVO	5.844	81%	419	6%	481	7%	8	0%	422	6%	7.174
SP 22	65	S.P. DEL MARE (N.22)	5.845	79%	525	7%	832	11%	11	0%	221	3%	7.434
SP 22	66	S.P. DEL MARE (N.22) DAVANTI CAMP DERBY	3.692	73%	331	7%	848	17%	9	0%	156	3%	5.036
SP 23	70	S.P. DI GELLO (N.23)	7.432	78%	873	9%	875	9%	7	0%	337	4%	9.524
SP 23	71	S.P. DI GELLO (N.23)	11.916	77%	1.499	10%	1.559	10%	34	0%	418	3%	15.426
SP 24	113	S.P. ARNACCIO CALCI (N.24)	3.123	83%	168	4%	344	9%	4	0%	129	3%	3.768
SP 24	114	S.P. 24 ARNACCIO CALCI	6.692	82%	617	8%	271	3%	60	1%	501	6%	8.141
SP 24	125	S.P. 24 DAVANTI IPERCOOP	10.707	90%	401	3%	693	6%	30	0%	46	0%	11.877
SP 25	92	S.P. 25 TRA BIENTINA E VICOPISANO	10.150	74%	1.458	11%	1.509	11%	26	0%	551	4%	13.694
SP 25	93	S.P. 25 TRA BIENTINA E QUATTRO STRADE	4.588	78%	592	10%	377	6%	31	1%	291	5%	5.879
SP 25	94	S.P. VICOPISANO SANTA MARIA A MONTE (N.2)	8.997	84%	872	8%	558	5%	4	0%	264	2%	10.695
SP 26	115	S.P. DI SAN PIETRO BELVEDERE (N.26)	3.735	80%	318	7%	432	9%	31	1%	130	3%	4.646
SP 26	126	S.P. 26 DA CAPANNOLI A S.PIETRO B.	2.764	86%	225	7%	117	4%	32	1%	88	3%	3.226
SP 27	158	S.P. DI MONTECASTELLI (N.27)	308	75%	28	7%	58	14%	0	0%	15	4%	409
SP 28	72	S.P. DEI TRE COMUNI (N.28)	1.377	86%	167	10%	53	3%	3	0%	5	0%	1.605
SP 28	73	S.P. DEI TRE COMUNI (N.28)	2.062	89%	172	7%	45	2%	4	0%	31	1%	2.314
SP 29	74	S.P. DELLA VAL DI CECINA (N.29)	2.644	77%	301	9%	348	10%	21	1%	101	3%	3.415
SP 30	75	S.P. DEL LUNGOMONTE PISANO (N. 30)	5.674	83%	575	8%	333	5%	20	0%	234	3%	6.836
SP 30	76	S.P. DEL LUNGO MONTE PISANO (N. 30)	9.187	80%	814	7%	736	6%	67	1%	683	6%	11.487
SP 30	77	S.P. 30 TRA S.GIULIANO E PONTASSERCHIO	10.767	79%	955	7%	576	4%	53	0%	1.215	9%	13.566
SP 30	90	S.P. 30 TRA FILETTOLE E AVANE	2.592	92%	149	5%	50	2%	10	0%	20	1%	2.821

Nel settembre 2015, nel corso di un sopralluogo, è stato conteggiato un traffico veicolare diurno in giorno feriale di circa 30÷40 veicoli, dato non discordante rispetto a quanto rilevato nel 2002.

In conclusione, sulla base della caratterizzazione sopra descritta, ai fini della valutazione dell'impatto, alla componente Sistema antropico è stata attribuita una sensibilità bassa.

4.12.2 Valutazione degli impatti

4.12.2.1 Fattori di impatto

I fattori di impatto in grado di interferire con la componente sistema antropico per le fasi di progetto considerate sono di seguito individuati:

⁵⁹ Provincia di Pisa. Piano Territoriale di Coordinamento – Indagine sui flussi di traffico della rete stradale della Provincia di Pisa, ottobre 2002



■ Fase di costruzione

- flussi di traffico;
- presenza di elementi di interferenza con sistema di gestione rifiuti;
- occupazione di manodopera.

■ Fase di esercizio

- occupazione di manodopera;
- produzione di energia da fonte rinnovabile.

4.12.2.2 Valutazione e matrici di impatto

Durante la fase di **costruzione** sono previsti sulla componente potenziali impatti di carattere sia negativo sia positivo. Tra quelli negativi si individuano i flussi di traffico e la presenza di elementi di interferenza con il sistema di gestione rifiuti, mentre la creazione di opportunità di lavoro e la produzione di energia da fonte rinnovabile sono considerate un impatto positivo.

In particolare, per quel che riguarda il traffico, le attività di cantiere genereranno sia flussi di materiali in ingresso sia flussi di rifiuti in uscita. I principali flussi in ingresso e in uscita avverranno durante le attività di perforazione. In particolare, coinvolgeranno le fasi 5, 6 e 7, di seguito sintetizzate:

■ Montaggio impianto di perforazione ("mob")

Tale fase prevede il trasporto e il montaggio dell'impianto di perforazione con i relativi equipaggiamenti. Avrà una durata di circa 3 settimane, con un impiego di 20-30 persone per il montaggio.

I mezzi utilizzati saranno i seguenti:

- Trasporti pesanti (100-120 viaggi);
- autogru (250 ore).

■ Perforazione primo pozzo di produzione

In questa fase sono operative, per una durata di circa 13 settimane (12 di perforazione e 1 per allestimento ed esecuzione prove brevi di erogazione) squadre di 4-5 persone su 2 turni da 12 ore sul piano sonda e 5-10 persone a terra su 2 turni da 12 ore.

I mezzi utilizzati e la relativa stima di utilizzo sono i seguenti:

- Autocarri o autoarticolati (200 viaggi);
- Autocarri per servizi di cementazione, log di pozzo, etc (16 viaggi);
- autogru (120 ore);
- autoveicoli per trasporto personale (750 viaggi);
- RIG (2000 ore).

■ Perforazione pozzo di reiniezione (direzionale)

In perforazione sono operative, per una durata di circa 16 settimane (1 per spostamento impianto, 14 di perforazione e 1 per allestimento ed esecuzione prove brevi di erogazione) squadre di 4-5 persone su 2 turni da 12 ore sul piano sonda e 5-10 persone a terra su 2 turni da 12 ore.

I mezzi utilizzati e la relativa stima di utilizzo sono i seguenti:

- Autocarri o autoarticolati (200 viaggi);
- Autocarri per servizi di cementazione, log di pozzo, etc (16 viaggi);
- autogru (250 ore);
- autoveicoli per trasporto personale (850 viaggi);
- RIG (2350 ore).



■ Perforazione secondo pozzo di produzione (direzionale)

In perforazione sono operative, per una durata di circa 16 settimane (1 per spostamento impianto, 14 di perforazione e 1 per allestimento ed esecuzione prove brevi di erogazione) squadre di 4-5 persone su 2 turni da 12 ore sul piano sonda e 5-10 persone a terra su 2 turni da 12 ore.

I mezzi utilizzati e la relativa stima di utilizzo sono i seguenti:

- Autocarri o autoarticolati (200 viaggi);
- Autocarri per servizi di cementazione, log di pozzo, etc (16 viaggi);
- autogru (250 ore);
- autoveicoli per trasporto personale (850 viaggi);
- RIG (2350 ore).

■ Smontaggio impianto di perforazione ("demob")

Tale fase prevede lo smontaggio e l'allontanamento dell'impianto di perforazione con i relativi equipaggiamenti. Avrà una durata di circa 3 settimane, con un impiego di 20-30 persone per il montaggio.

I mezzi utilizzati saranno i seguenti:

- Trasporti pesanti (100-120 viaggi);
- autogru (250 ore).

Oltre ai flussi sopra specificati sono da considerare anche quelli legati all'approvvigionamento idrico tramite autobotti (stimati 2.240 transiti).

Dal punto di vista del traffico tutte le suddette fasi sono rilevanti. Le altre fasi di cantiere non sono state valutate in quanto richiedono flussi di mezzi più ridotti.

Per quanto riguarda le perforazioni, allo stadio attuale non è noto dove verranno approvvigionati i materiali in ingresso e dove verranno smaltiti quelli in uscita, pertanto non si conoscono i percorsi che verranno effettuati dai mezzi. Si può ragionevolmente ipotizzare che per raggiungere il sito i mezzi percorreranno la SP 27 o la SS439, che pertanto risulteranno le strade maggiormente impattate.

Per le opere civili i materiali in ingresso proverranno da cave, impianti e magazzini nel raggio di 50 km, i percorsi ipotizzati sono due: dalla provincia di Siena (dalla direttrice Colle-Montarrenti) o dalla provincia di Pisa (dalla direzione di Castelnuovo Val di Cecina).

La produzione di rifiuti dovuti alle attività di cantiere potrebbe creare interferenze con il sistema di gestione rifiuti. Questo aspetto verrà affrontato a monte cercando di ridurre i rifiuti prodotti durante le attività di cantiere. Le fasi di progetto maggiormente impattanti dal punto di vista di produzione di rifiuti saranno quelle di perforazione, durante le quali è prevista complessivamente la produzione di circa 2.142 t di fanghi di perforazione e 2.313 t di detriti di perforazione. Tutti i rifiuti prodotti saranno gestiti in conformità alla normativa vigente e il trasporto avverrà con automezzi autorizzati. In particolare, per quanto riguarda lo smaltimento dei fanghi di perforazione e dei detriti sarà eseguito lo smaltimento "in linea" durante la perforazione, a cura di imprese specializzate che conferiranno tutti i materiali ad impianti di trattamento specifici. Verranno inoltre effettuate valutazioni nella selezione dei siti di smaltimento per evitare situazione di sovraccarico o di interferenza rispetto alle attività correnti degli impianti.

La Tabella 78 riassume i giudizi di impatto negativi del Progetto sulla componente "Sistema antropico" in fase di costruzione.



Tabella 78: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Sistema antropico - Fase di costruzione

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - SISTEMA ANTROPICO FASE DI COSTRUZIONE		flussi di traffico	presenza di elementi di interferenza con sistema gestione rifiuti
Durata nel tempo (D)	breve		
	medio-breve		
	media		
	medio-lunga		
	lunga		
Distribuzione temporale (Di)	concentrata		
	discontinua		
	continua		
Area di influenza (A)	circoscritta		
	estesa		
	globale		
Rilevanza (Ri)	trascurabile		
	bassa		
	media		
	alta		
Reversibilità (R)	a breve termine		
	a medio-lungo termine		
	irreversibile		
Probabilità accadimento (P)	bassa		
	media		
	alta		
	certa		
Mitigazione (M)	alta		
	media		
	bassa		
	nulla		
Sensibilità componente (S)	trascurabile		
	bassa		
	media		
	alta		
Impatti		Medio-basso	Trascurabile

Nel contesto del sistema antropico il Progetto genererà anche impatti positivi legati alla creazione di opportunità di lavoro. Queste opportunità di lavoro saranno di tipo diretto, per gli operai impiegati in cantiere



nelle attività di costruzione, e di tipo indiretto per aziende fornitrici di servizi, componenti e materiali. Il cantiere nel suo complesso avrà una durata di circa 24 mesi, durante i quali verranno richiesti da un minimo di 10 operai nella fase 1 e nella fase 8 a un massimo di 45 operai nella fase 7, che per una durata totale di 26 settimane prevede che venga perforato il secondo pozzo e contestualmente realizzate le opere meccaniche della centrale e degli aircooler.

La realizzazione delle attività di perforazione e assemblaggio della centrale e dei suoi componenti verrà appaltata a società specializzate del settore, ma i servizi tecnici e logistici come pure la manodopera, se disponibili, verranno prioritariamente reperiti tra soggetti residenti del Comune o Comuni Limitrofi. Guardando ai dati raccolti si può notare che il settore delle costruzioni rappresenta quello di maggiore importanza nel comune di Castelnuovo per numero di persone impiegate, pertanto si ritiene che il progetto possa avere importanti ricadute localmente su questo settore. Le opportunità di lavoro permetteranno inoltre un accrescimento delle capacità delle maestranze durante operazioni che richiedono professionalità di alto livello.

La Tabella 79 riassume i giudizi di impatto positivi del Progetto sulla componente “Sistema antropico” in fase di costruzione.

Tabella 79: Matrice di valutazione degli impatti positivi - Componente Sistema antropico - Fase di costruzione

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - SISTEMA ANTROPICO		occupazione di manodopera
FASE DI COSTRUZIONE		
Durata nel tempo (D)	breve	
	medio-breve	
	media	
	medio-lunga	
	lunga	
Distribuzione temporale (Di)	concentrata	
	discontinua	
	continua	
Area di influenza (A)	circoscritta	
	estesa	
	globale	
Rilevanza (Ri)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Reversibilità (R)	a breve termine	
	a medio-lungo termine	
	irreversibile	
Probabilità accadimento (P)	bassa	
	media	
	alta	
	certa	



MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - SISTEMA ANTROPICO FASE DI COSTRUZIONE		occupazione di manodopera
Mitigazione (M)	alta	
	media	
	bassa	
	nulla	
Sensibilità componente (S)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Impatto		Basso

Durante la fase di **esercizio** i principali impatti positivi saranno legati alla occupazione di manodopera e alla produzione di energia da fonte rinnovabile. Per quel che riguarda l'occupazione, in questa fase l'impianto richiederà il presidio da parte di personale tecnico preposto per la gestione della centrale e del campo pozzi, di un direttore tecnico dell'impianto, di staff tecnico (ingegneri di serbatoio, ingegneri di processo, geologi), nonché di personale di sorveglianza e di quello richiesto per la manutenzione dell'impianto (una squadra di 2 addetti 1-2 volte a settimana) per un totale di circa 18 addetti. Inoltre l'impianto genererà opportunità di lavoro indiretto per aziende fornitrici di servizi e materiali. L'attuale utilizzo del sito per seminativi e pascoli fa sì che il valore agricolo dei terreni non sia particolarmente rilevante e pertanto non si ritiene che la realizzazione del Progetto possa avere effetti negativi rilevanti sul sistema agricolo locale e sull'occupazione che genera.

Per quel che riguarda la produzione di energia va ricordato che dal punto di vista ambientale l'energia geotermica rappresenta una fonte energetica rinnovabile importante per ridurre la dipendenza da fonti fossili e per limitare le emissioni di CO₂, in linea con le principali strategie nazionali ed europee. L'avvio di un progetto pilota permetterà quindi di aggiungere un tassello importante ad un settore importante della *green economy*, con ricadute non solo in ambito locale ma anche nazionale. La presenza della centrale permetterà inoltre di rafforzare il distretto geotermico che trova proprio a Larderello e Castelnuovo una delle zone più vocate in ambito nazionale. L'idea di sfruttare l'energia geotermica per produrre elettricità nacque per la prima volta al mondo proprio in queste zone a inizio '900, diventando una realtà storicamente radicata nel tessuto economico locale e più in generale della Toscana. L'Italia è pertanto da sempre uno dei paesi che sfrutta maggiormente tale forma di energia e che ha costruito un know-how di alto livello, esportato anche in altri paesi del mondo.

La Tabella 80 riassume i giudizi di impatto positivi del Progetto sulla componente "Sistema antropico" in fase di esercizio per i singoli fattori di impatto individuati.

Tabella 80: Matrice di valutazione degli impatti positivi - Componente Sistema antropico - Fase di esercizio

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - SISTEMA ANTROPICO FASE DI ESERCIZIO		occupazione di manodopera	di produzione di energia da fonte rinnovabile
Durata nel tempo (D)	breve		
	medio-breve		
	media		
	medio-lunga		
	lunga		



MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - SISTEMA ANTROPICO FASE DI ESERCIZIO		occupazione di manodopera	produzione di energia da fonte rinnovabile
Distribuzione temporale (Di)	concentrata		
	discontinua		
	continua		
Area di influenza (A)	circoscritta		
	estesa		
	globale		
Rilevanza (Ri)	trascurabile		
	bassa		
	media		
	alta		
Reversibilità (R)	a breve termine		
	a medio-lungo termine		
	irreversibile		
Probabilità accadimento (P)	bassa		
	media		
	alta		
	certa		
Mitigazione (M)	alta		
	media		
	bassa		
	nulla		
Sensibilità componente (S)	trascurabile		
	bassa		
	media		
	alta		
Impatti		Trascurabile	Basso

In **fase di dismissione** si procederà alla chiusura mineraria dei pozzi, alla dismissione della centrale geotermoelettrica e delle opere connesse. Considerando che la chiusura dell'impianto geotermico pilota avverrà dopo un periodo di almeno e/o minimo 25 anni di esercizio, al momento attuale per questa fase si possono ipotizzare impatti sia negativi che positivi confrontabili con gli impatti generati in fase di cantiere, in particolare in relazione all'occupazione della manodopera, al traffico e alla generazione di rifiuti, mentre la produzione di energia da fonte rinnovabile cesserà.



4.13 Salute pubblica

4.13.1 Descrizione della componente

4.13.1.1 Demografia

Nell'area vasta ricade il territorio comunale di Castelnuovo Val di Cecina (PI). Nella Tabella 81 si riportano la popolazione residente al 1° gennaio di ogni anno (totale e ripartita per sesso) ed il confronto con la popolazione residente nell'intera Provincia di Pisa per l'ultimo decennio 2006÷2015⁶⁰, mentre nella Tabella 82 è riportato il bilancio demografico annuale.

Tabella 81: Popolazione residente nel comune di Castelnuovo Val di Cecina e nella Provincia di Pisa - 2006÷2015

Anno	Castelnuovo Val di Cecina				Provincia di Pisa	
	Popolazione totale	Maschi	Femmine	Variazione % sull'anno precedente	Popolazione totale	Variazione % sull'anno precedente
2006	2.423	1.137	1.286	-	392.965	-
2007	2.365	1.119	1.246	-2,4	395.180	0,6
2008	2.370	1.123	1.247	0,2	400.781	1,4
2009	2.346	1.112	1.234	-1,0	404.491	0,9
2010	2.312	1.102	1.210	-1,4	407.446	0,7
2011	2.286	1.097	1.189	-1,1	410.271	0,7
2012	2.286	1.098	1.188	0,0	410.728	0,1
2013	2.284	1.099	1.185	-0,1	413.602	0,7
2014	2.284	1.107	1.177	0,0	420.254	1,6
2015	2.271	1.102	1.169	-0,6	421.816	0,4

Tabella 82: Bilancio demografico annuale di Castelnuovo Val di Cecina - 2006÷2015

Anno	Popolazione totale	Nati	Morti	Saldo naturale	Immigrati	Emigrati	Saldo migratorio
2006	2.423	19	48	-29	65	94	-29
2007	2.365	16	16	0	98	93	+5
2008	2.370	25	52	-27	111	108	+3
2009	2.346	12	40	-28	110	116	-6
2010	2.312	17	32	-15	71	82	-11
2011	2.286	22	35	-13	94	81	+13
2012	2.286	21	39	-18	85	69	+16
2013	2.284	24	35	-11	85	74	+11
2014	2.284	14	37	-23	63	53	+10

⁶⁰ <http://demo.istat.it>



Anno	Popolazione totale	Nati	Morti	Saldo naturale	Immigrati	Emigrati	Saldo migratorio
2015	2.271	-	-	-	-	-	-

L'andamento della popolazione nel comune di Castelnuovo Val di Cecina dal 2006 al 2015 registra un trend decrescente (l'unico incremento è stato registrato nel 2008) ed in controtendenza rispetto all'incremento demografico rilevato per l'intera provincia di Pisa.

Tale fenomeno risulta essere imputabile ad un saldo naturale (derivante dalla differenza tra i nati ed i morti) quasi sempre negativo e ad un saldo migratorio (derivante dalla differenza tra iscrizioni e cancellazioni anagrafiche conseguenti a trasferimenti di residenza e ad altri movimenti anagrafici) quasi sempre positivo ma, in valore assoluto, inferiore al saldo naturale.

Inoltre, la popolazione femminile risulta essere sempre prevalente rispetto a quella maschile.

L'analisi della struttura e dell'andamento demografico di una popolazione, ed in particolare l'utilizzo di alcuni indici demografici, consente di individuare la presenza ed il peso di classi di età particolarmente vulnerabili e di individuare alcuni fenomeni di tipo socio-economico che possono rendere più o meno severi gli effetti di una modificazione dei determinanti della salute umana. Sono note, infatti, le relazioni tra la salute umana e parametri quali un elevato indice di vecchiaia e di dipendenza di una popolazione, o ancora i fenomeni di disagio sociale e pressione sulle strutture sanitarie legati alla presenza di una numerosa popolazione anziana.

Gli indici utilizzati sono stati i seguenti:

- indice di vecchiaia;
- indice di dipendenza.

L'indice di vecchiaia è il rapporto (per cento) tra la popolazione di 65 anni e più e la popolazione di 0-14 anni, e rappresenta un indicatore dinamico in grado di stimare il grado di invecchiamento di una popolazione: valori dell'indice superiori a 100 indicano una maggiore presenza di soggetti anziani rispetto ai giovanissimi. E' un indicatore di invecchiamento abbastanza grossolano ma efficace, poiché nel processo di invecchiamento di una popolazione si assiste, generalmente, ad un aumento del numero di anziani e, contemporaneamente, a una diminuzione del numero dei soggetti più giovani ed in tal modo il numeratore e il denominatore della frazione che esprime l'indice, variano in senso opposto, esaltandone l'effetto.

L'indice di dipendenza è il rapporto (per cento) tra la somma della popolazione di 65 anni e più e 0-14 anni, e la popolazione di età compresa tra i 15 ed i 64 anni, e viene considerato un indicatore di rilevanza economica e sociale. Il numeratore è costituito dalla frazione di popolazione che, a causa dell'età (troppo bassa o troppo alta) si ritiene non essere pienamente autonoma, e quindi, dipendente da altri soggetti. Il denominatore è costituito viceversa dalla fascia di popolazione che, essendo in attività, dovrebbe provvedere al sostentamento della frazione di popolazione sopra considerata. E' un indicatore che risente della struttura economica della popolazione: ad esempio, in società con una importante componente agricola i soggetti molto giovani o anziani non possono essere considerati economicamente o socialmente dipendenti dagli adulti; al contrario, nelle strutture più avanzate, una parte degli individui considerati nell'indice al denominatore sono in realtà dipendenti in quanto studenti o disoccupati.

Nella tabella e nelle figure seguenti sono riportati gli indici di vecchiaia e di dipendenza calcolati per il Comune di Castelnuovo Val di Cecina e per la Provincia di Pisa per gli anni 2006÷2015.



Tabella 83: Indici di vecchiaia e di dipendenza - Castelnuovo Val di Cecina e Provincia di Pisa - 2006÷2015

Anno	Indice di vecchiaia	Indice di dipendenza
Castelnuovo Val di Cecina		
2006	308,2	69,8
2007	328,5	70,4
2008	324,3	72,6
2009	292,4	71,4
2010	285,8	70,1
2011	290,4	69,0
2012	263,3	70,0
2013	251,5	71,1
2014	244,5	73,6
2015	249,8	74,4
Provincia di Pisa		
2006	184,6	53,3
2007	183,4	53,8
2008	180,9	53,8
2009	178,1	54,2
2010	175,3	54,8
2011	174,5	55,1
2012	175,0	56,2
2013	175,7	57,2
2014	177,4	58,3
2015	179,5	59,2

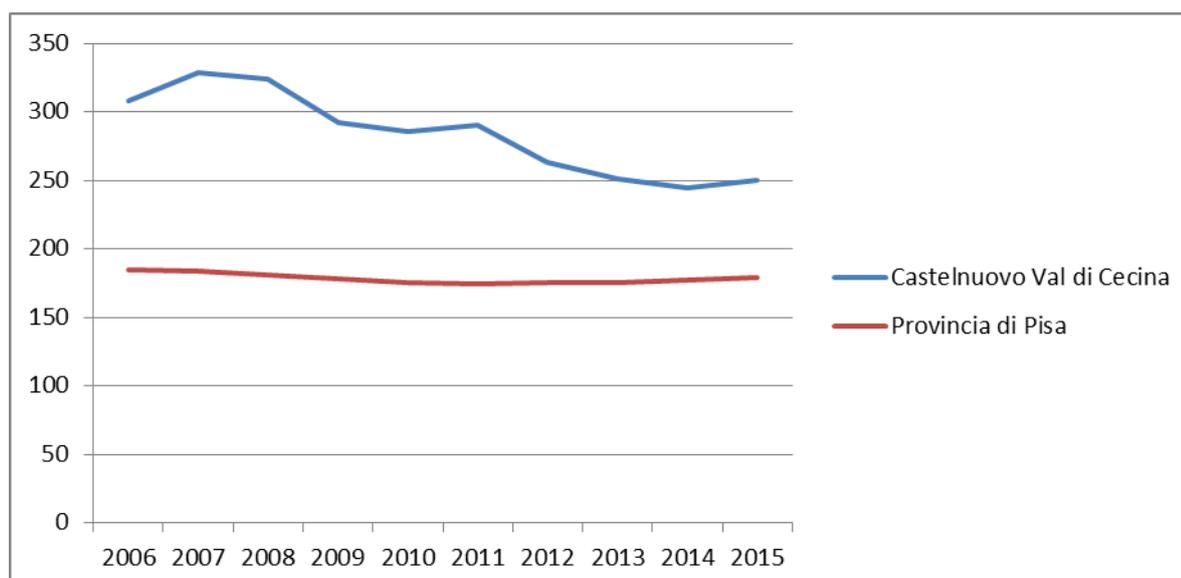


Figura 109: Andamento dell'indice di vecchiaia - 2006÷2015

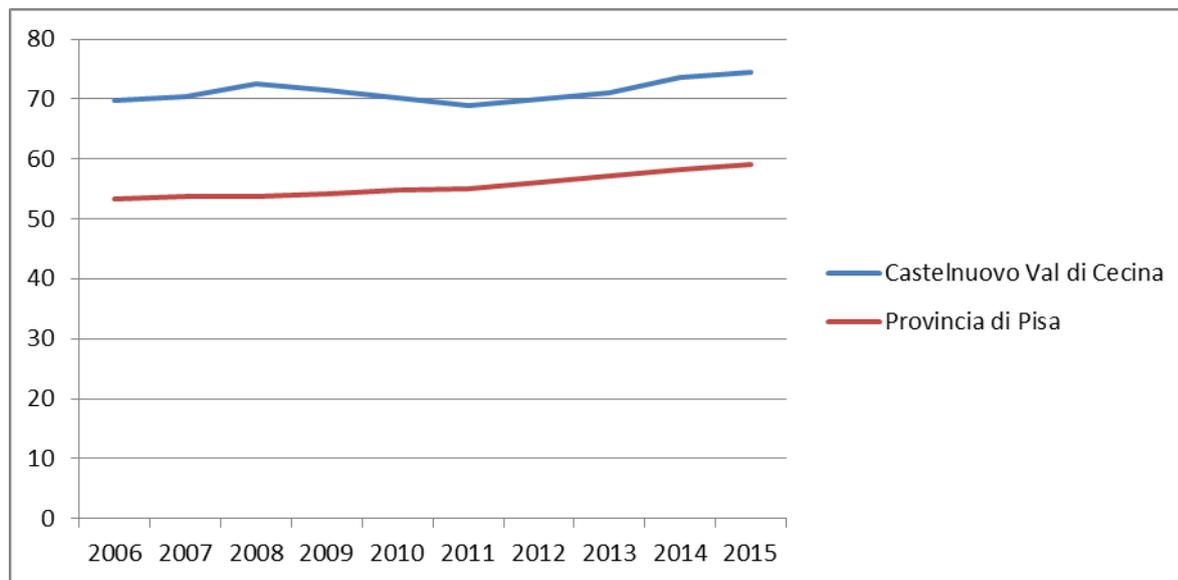


Figura 110: Andamento dell'indice di dipendenza - 2006-2015

L'indice di vecchiaia (Tabella 83 e Figura 109) della popolazione residente nel comune di Castelnuovo Val di Cecina presenta un andamento decrescente, mentre quello dell'intera provincia di Pisa presenta un andamento più costante: tuttavia l'indice di vecchiaia rilevato per la popolazione comunale risulta essere sempre molto superiore a 100 ed a quello rilevato per la provincia di Pisa, ciò a sottolineare la presenza di una popolazione maggiormente anziana rispetto a quella dell'intera provincia.

Differentemente, l'indice di dipendenza (Tabella 83 e Figura 110) rilevato per il comune di Castelnuovo Val di Cecina presenta un andamento crescente, in linea con quello rilevato per la Provincia di Pisa, con valori sempre inferiori a 100 ma significativamente sempre maggiori di quelli rilevati per l'intera provincia.

4.13.1.2 Dati epidemiologici

Nel corso del 2011-2013, l'Agenzia Regionale di Sanità (ARS) della Toscana ha effettuato un aggiornamento dell'analisi di mortalità e di ospedalizzazione per primo ricovero relativo all'area geotermica totale, area geotermica nord e area geotermica sud, aggiungendo nuovi anni di osservazione (2007-2009)⁶¹. Alla precedente analisi del periodo 2000-2006⁶² sono stati pertanto aggiunti tre anni di osservazione, completando così un intero decennio di studio (2000-2009).

L'area geotermica nord (denominata anche area tradizionale), situata nella parte occidentale della Toscana centrale, è costituita dai comuni di Castelnuovo Val di Cecina, Chiusdino, Montecatini Val di Cecina, Monte Verdi Marittimo, Monterotondo Marittimo, Montieri, Pomarance, Radicondoli (Figura 111); questa zona è inoltre distinta nelle tre subaree denominate "Lardarello", "Val di Cornia" (detta anche di "Lago") e "Radicondoli-Travale".

L'area geotermica sud (denominata anche area del monte Amiata), situata nella parte meridionale della Toscana, è costituita dai comuni di Abbadia San Salvatore, Arcidosso, Castel del Piano, Piancastagnaio, Radicofani, Roccalbegna, San Casciano dei Bagni, Santa Fiora.

⁶¹ www.ars.toscana.it

⁶² Fabrizio Minichilli et al. Stato di salute delle popolazioni residenti nelle aree geotermiche della Toscana. *Epidemiol Prev* 2012; 36 (5) suppl. 1:1-104

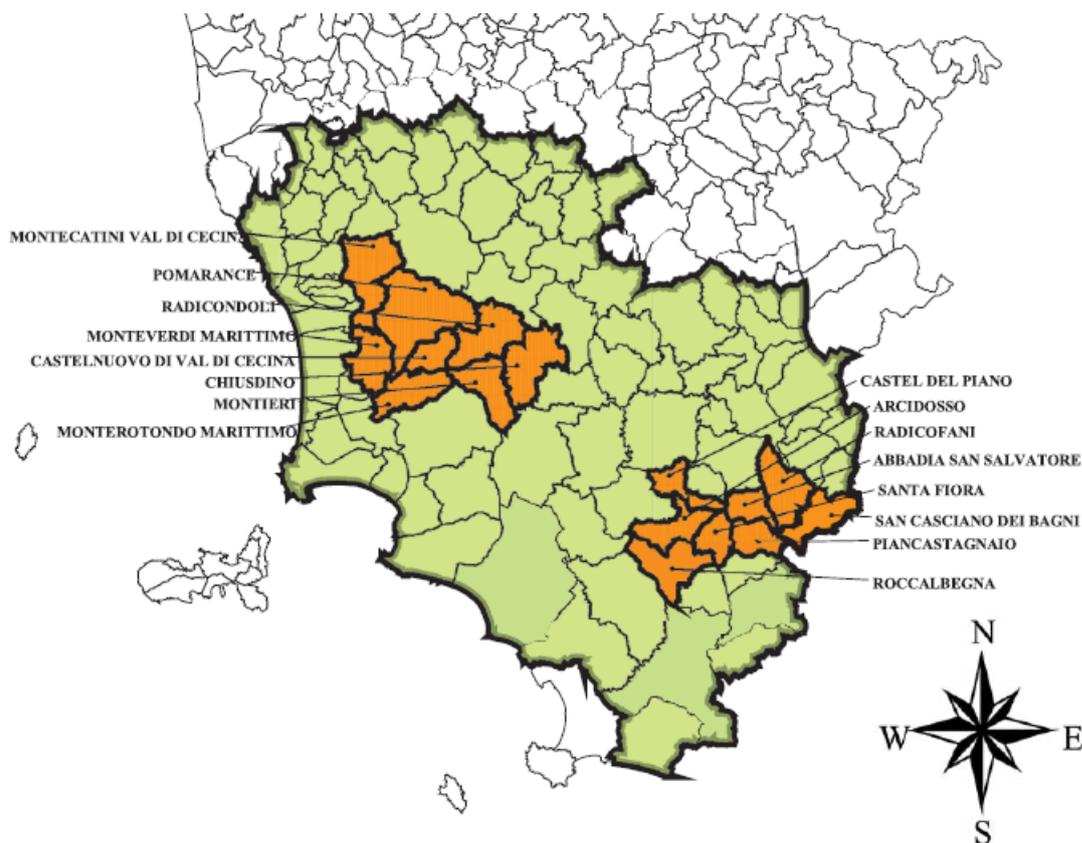


Figura 111: Mappa delle aree geotermiche nord e sud e dell'area di riferimento locale (fonte: www.ars.toscana.it)

L'analisi della mortalità è basata sui dati del registro di mortalità regionale (RMR) attivo dal 1987 presso l'Istituto per lo studio e la prevenzione oncologica di Firenze (ISPO), che registra i decessi dei residenti nella regione Toscana. In analogia alle analisi condotte nella fase precedente, gli indicatori epidemiologici calcolati sono i seguenti:

- tasso di mortalità standardizzato per età (TSM): è calcolato come media pesata dei tassi specifici di mortalità per classi di età, ognuna delle quali assume un peso dato dalla struttura per età di una popolazione di riferimento considerata come standard (la popolazione di riferimento utilizzata è quella europea fittizia). Tale metodo permette di confrontare tassi di popolazioni che presentano strutture per età differenti tra di loro. I TSM sono stati calcolati per le aree geotermiche e per la Regione Toscana, per i due generi separatamente;
- rapporto di mortalità standardizzato per età (SMR): attraverso l'SMR si evidenziano scostamenti in eccesso o in difetto di mortalità dei residenti nei comuni di studio rispetto ai residenti di un'area presa a riferimento, al netto delle diverse strutture per età delle due popolazioni. L'SMR è calcolato dal rapporto tra casi osservati nella popolazione in studio e casi attesi, intesi quali casi che si sarebbero verificati nella popolazione in esame se questa avesse sperimentato gli stessi livelli di mortalità della popolazione presa a riferimento. Il rapporto tra osservati e attesi è espresso per 100. Per ogni SMR sono riportati i limiti di confidenza al 95%, inferiori (IC 95% inf.) e superiori (IC 95% sup.), utili per valutare la precisione della stima. Se il limite inferiore dell'intervallo di confidenza dell'SMR è maggiore di 100, siamo in presenza di un eccesso statisticamente significativo di mortalità per la patologia in studio rispetto alla popolazione dell'area di riferimento, al netto dell'età. Se, al contrario, il limite superiore dell'intervallo di confidenza è inferiore a 100, siamo in presenza di un difetto statisticamente significativo. Per il calcolo degli attesi dell'SMR è stata utilizzata la popolazione residente nei comuni limitrofi ai comuni geotermici, compresi in un'area nel raggio di 50 km (rappresentati in verde nella Figura 111).



L'analisi dei ricoveri è stata effettuata con i dati delle schede di dimissione ospedaliera (SDO) sia in regime ordinario che in day-hospital; in caso di soggetti ricoverati più volte per la stessa causa, in analisi è stato considerato solo il primo ricovero. In analogia alle analisi condotte nella fase precedente, sono stati calcolati i seguenti indicatori epidemiologici:

- rapporto di ospedalizzazione standardizzato per età (SHR): attraverso l'SHR si evidenziano scostamenti in eccesso o in difetto di ospedalizzazione dei residenti nei comuni di studio rispetto ai residenti di un'area presa a riferimento, al netto delle diverse strutture per età delle due popolazioni. L'SHR è calcolato dal rapporto tra casi osservati e casi attesi, intesi quali casi che si sarebbero verificati nella popolazione in esame se questa avesse sperimentato gli stessi livelli di ospedalizzazione della popolazione presa a riferimento. Tale rapporto è espresso per 100. Per ogni SHR sono riportati i limiti di confidenza al 95%, inferiori (IC 95% inf.) e superiori (IC 95% sup.), utili per valutare la precisione della stima. Se il limite inferiore dell'intervallo di confidenza dell'SHR è maggiore di 100, siamo in presenza di un eccesso statisticamente significativo di ospedalizzazione per la patologia in studio rispetto alla popolazione dell'area di riferimento, al netto dell'età. Se, al contrario, il limite superiore dell'intervallo di confidenza è inferiore a 100, siamo in presenza di un difetto statisticamente significativo. Per il calcolo degli attesi dell'SHR è stata utilizzata la popolazione residente nei comuni limitrofi ai comuni geotermici, compresi in un'area nel raggio di 50 km.

Di seguito si riporta la sintesi dei risultati ottenuti dall'analisi epidemiologica condotta per l'area geotermica nord, cui appartiene il comune di Castelnuovo Val di Cecina, aggiornati all'ultimo triennio (2007-2009) di osservazione. Si sottolinea che la popolazione residente negli otto comuni nel 2012 era pari a 16.051 soggetti, in diminuzione dell'8% rispetto al 2000 ed in controtendenza rispetto all'incremento del 4% dei comuni limitrofi non geotermici e della regione. L'invecchiamento della popolazione di questa area è documentato dalla rilevante percentuale di ultra65enni sia nei maschi (26%) che nelle femmine (32%), percentuali maggiori dei rispettivi valori regionali pari a 21% e 26%.



Mortalità

Le cause di morte selezionate per lo studio sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 84: Cause di morte in studio ordinate secondo il codice ICD-9 (fonte: www.ars.toscana.it)

CAUSA (tutte le età)	Codice ICD-9
Tutte le cause	0-999
Malattie infettive e parassitarie	001-139
• Tubercolosi	010-018
• Epatite virale	070
Tutti i tumori	140-239
• Tumori maligni delle labbra, della cavità orale, della faringe	140-149
• Tumori maligni dell'esofago	150
• Tumori maligni dello stomaco	151
• Tumori maligni del colon	153
• Tumori maligni del retto	154
• Tumori maligni del fegato e della colecisti e dei dotti biliari	155-156
• Tumori maligni del pancreas	157
• Tumori maligni della laringe	161
• Tumori maligni della trachea, dei bronchi e del polmone	162
• Tumori maligni della pleura	163
• Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli	171
• Melanoma maligno della cute	172
• Tumori maligni della mammella	174-175
• Tumori maligni dell'utero	179-180, 182
• Tumori maligni dell'ovaio e di altri annessi uterini	183
• Tumori maligni della prostata	185
• Tumori maligni del testicolo	186
• Tumori maligni della vescica	188
• Tumori maligni del rene e di altri non specificati organi urinari	189
• Tumori maligni del sistema nervoso centrale	191-192, 225, 239.6
• Tumori maligni del tessuto linfoematopoietico	200-208
– Linfomi non Hodgkin	200.202
– Malattia di Hodgkin	201
– Mieloma multiplo e neoplasie immunoproliferative	203
– Leucemie	204-208
– Leucemia linfoide (acuta e cronica)	204
– Leucemia mieloide (acuta e cronica)	205
Diabete Mellito - Altri disturbi endocrini	250
Demenze	290, 331.0-331.2
Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso	320-389
• Morbo di Parkinson	332
• Malattia del motoneurone	335,2
• Sclerosi multipla	340
• Epilessie	345
• Neuropatie tossiche e infiammatorie non specificate	357,9
Malattie del sistema circolatorio	390-459
• Malattia ipertensiva	401-405
• Infarto miocardico acuto della parete enterolaterale	410
• Malattie ischemiche del cuore	410-414
• Disturbi circolatori dell'encefalo	430-438
Malattie dell'apparato respiratorio	460-519
• Malattie respiratorie acute	460-466, 480-487
– Polmonite	480-486
• Malattie polmonari croniche ostruttive	490-496
– Broncopneumopatie croniche ostruttive	491-492, 494-496
– Asma	493
• Pneumoconiosi	500-505
Malattie dell'apparato digerente	520-579
• Malattie epatiche croniche e cirrosi	571
Malattie del sistema genitourinario	580-629
• Nefrosi	581-583
• Insufficienza renale acuta e cronica	584-585
Malformazioni congenite	740-759
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	780-799
Traumatismi ed avvelenamenti	800-999

Nel periodo dal 1971 al 2009, i tassi di mortalità generale standardizzati (TMS) risultano essere in progressiva diminuzione sia nei maschi che nelle femmine (Figura 112 e Figura 113) e risultano essere, in entrambi i generi, sempre inferiori a quelli toscani.

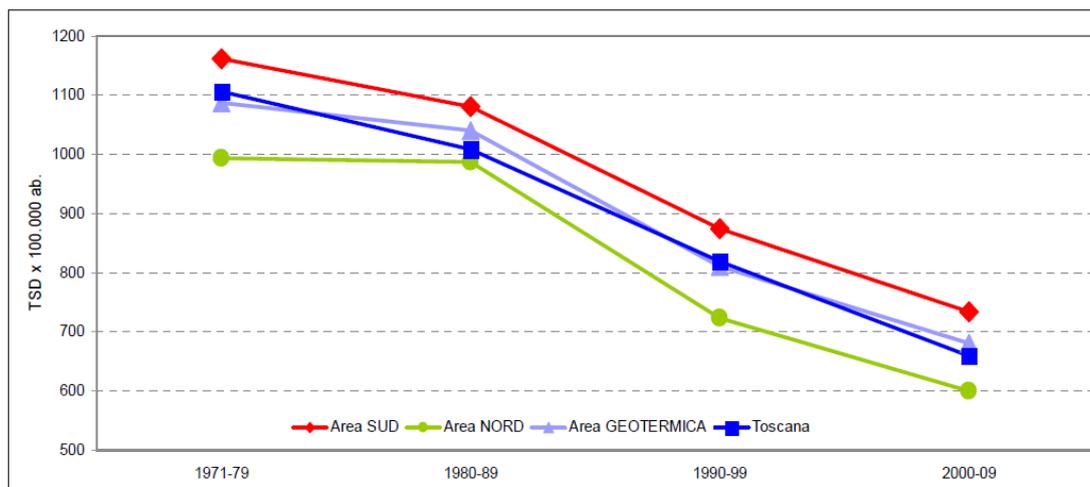


Figura 112: TSM x 100.000 abitanti - Maschi - Standard: popolazione Europa (fonte: www.ars.toscana.it)

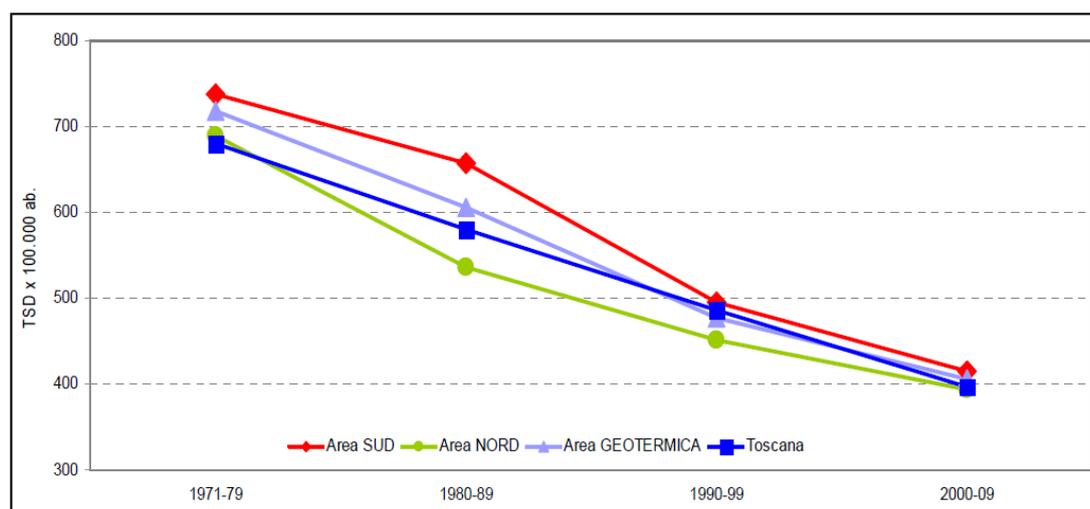


Figura 113: TSM x 100.000 abitanti - Femmine - Standard: popolazione Europa (fonte: www.ars.toscana.it)

La tabella dei risultati dell'analisi di mortalità (Tabella 85) riporta, per ciascuna della 60 cause esaminate per il periodo 2000-2009, il numero di decessi osservati (OSS), quelli attesi in base alla mortalità nei comuni limitrofi (ATT), la differenza tra osservati ed attesi (OSS-ATT), i rapporti di mortalità standardizzati per età (SMR%) ed i relativi intervalli di confidenza al 95% (IC95%, inferiore-superiore). In rosso sono evidenziati gli eccessi significativi, in verde i difetti significativi.

Nel periodo 2000-2009, nell'area geotermica nord si sono registrati 2.451 decessi, a fronte di 2.572 attesi, equivalenti a 121 casi in meno in 10 anni, di cui 94 in meno nei maschi e 27 in meno nelle femmine.

Nello stesso periodo, i livelli di mortalità sono del tutto sovrapponibili a quelli dei residenti nei comuni limitrofi non geotermici. Anzi, la mortalità generale, per tumori e per tumore del polmone, nei maschi residenti nell'area geotermica nord risulta significativamente inferiore all'atteso (- 7%, - 19% e - 30% rispettivamente). Nei maschi, superiore all'atteso è solo la mortalità per malattie del sistema respiratorio (+ 26%), sostenuta perlopiù da quella per pneumoconiosi.

Nelle femmine si osservano eccessi significativi di mortalità per malattie cerebrovascolari (+ 18%), per malattie del sistema genitourinario (+ 49%) e per tumore dell'ovaio (+ 63%), ma non per malattie respiratorie, per tumori, né per tumori polmonari.



Rispetto all'analisi precedente, riferita al periodo 2000-2006, sia nei maschi che nelle femmine, non si rilevano importanti variazioni nei risultati, con esclusione dell'eccesso di malattie dell'apparato genitourinario nelle femmine. Inoltre, si sottolinea che l'analisi condotta a livello comunale riferita al 2000-2006 ha evidenziato, per il comune di Pomarance, eccessi significativi di mortalità per disturbi circolatori dell'encefalo in entrambi i sessi e per tumore dell'ovario⁶³.

Tabella 85: Analisi di mortalità per l'area geotermica nord - Anni 2000-2009 (fonte: www.ars.toscana.it)

Patologia	ICD-9	Area geotermica Nord									
		Maschi					Femmine				
		OSS	ATT	OSS-ATT	SMR %	IC95%	OSS	ATT	OSS-ATT	SMR %	IC95%
Tutte le cause	0-999	1194	1287,8	-93,8	92,7	87,5-98,1	1257	1284,1	-27,1	97,9	92,6-103,5
Malattie infettive e parassitarie	001-139	10	6,1	3,9	165,2	79,1-303,9	4	5,9	-1,9	68,0	18,3-174,0
Tubercolosi	010-018	<3	-	-	-	-	<3	-	-	-	-
Epatite virale	070	<3	-	-	-	-	<3	-	-	-	-
Tutti i tumori	140-239	337	415,2	-78,2	81,2	72,7-90,3	290	288,3	1,7	100,6	89,4-112,9
Tumori delle labbra, della cavità orale, della faringe	140-149	12	7,1	4,9	168,9	87,2-295,0	3	3,0	0,0	101,5	20,4-296,5
Tumori dell'esofago	150	<3	-	-	-	-	<3	-	-	-	-
Tumori dello stomaco	151	34	37,4	-3,4	91,0	63,0-127,2	23	26,5	-3,5	86,9	55,1-130,5
Tumori del colon	153	27	34,8	-7,8	77,6	51,1-112,9	34	29,1	4,9	117,0	81,0-163,5
Tumori del retto	154	7	11,5	-4,5	61,0	24,4-125,6	9	9,0	0,0	100,3	45,8-190,5
Tumori del fegato, della colecisti e dei dotti biliari	155-156	19	26,0	-7,0	73,2	44,0-114,3	21	19,5	1,5	107,7	66,6-164,6
Tumori del pancreas	157	22	19,4	2,6	113,2	70,9-171,4	20	19,7	0,3	101,4	61,9-156,7
Tumori della laringe	161	10	6,2	3,8	162,5	77,8-298,9	<3	-	-	-	-
Tumori della trachea, dei bronchi e del polmone	162	72	102,5	-30,5	70,3	55,0-88,5	17	23,0	-6,0	74,0	43,1-118,5
Tumori della pleura	163	5	2,7	2,3	187,9	60,6-438,6	3	1,1	1,9	284,5	57,2-831,3
Tumori del connettivo e di altri tessuti molli	171	0	-	-	-	-	4	1,2	2,8	325,0	87,5-832,1
Melanoma della cute	172	4	3,9	0,1	103,5	27,8-264,9	4	3,3	0,7	120,0	32,3-307,3
Tumori della mammella	174-175	<3	-	-	-	-	28	38,8	-10,8	72,2	48,0-104,4
Tumori dell'utero	179-180,182	0	-	-	-	-	17	11,3	5,7	150,3	87,5-240,6
Tumori dell'ovaio e di altri annessi uterini	183	0	-	-	-	-	23	14,1	8,9	163,3	103,5-245,0
Tumori della prostata	185	31	38,7	-7,7	80,0	54,4-113,6	0	-	-	-	-
Tumori del testicolo	186	<3	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Tumori della vescica	188	16	21,2	-5,2	75,6	43,2-122,7	5	5,5	-0,5	91,0	29,3-212,5
Tumori del rene e di altri non specificati organi urinari	189	12	11,3	0,7	106,3	54,9-185,7	5	6,7	-1,7	75,1	24,2-175,4
Tumori del sistema nervoso	191-192, 225, 239,6	7	11,1	-4,1	62,9	25,2-129,5	12	10,0	2,0	120,1	62,0-209,8
Tumori del tessuto linfoematopoietico	200-208	28	31,3	-3,3	89,6	59,5-129,4	26	27,4	-1,4	95,1	62,1-139,3
Linfomi non Hodgkin	200, 202	8	10,5	-2,5	76,3	32,9-150,4	10	9,4	0,6	106,4	50,9-195,6
Malattia di Hodgkin	201	<3	-	-	-	-	<3	-	-	-	-
Mieloma multiplo e neoplasie immunoproliferative	203	7	6,9	0,1	101,8	40,8-209,7	5	6,5	-1,5	76,6	24,7-178,7
Leucemie	204-208	12	13,4	-1,4	89,5	46,2-156,4	9	10,7	-1,7	83,9	38,3-159,3
Leucemia linfocitica (acuta e cronica)	204	<3	-	-	-	-	4	3,5	0,5	115,4	31,0-295,3
Leucemia mieloide (acuta e cronica)	205	8	5,4	2,6	148,6	64,0-292,8	4	4,8	-0,8	82,7	22,2-211,7
Diabete mellito	250	25	28,4	-3,4	87,9	56,9-129,8	33	40,5	-7,5	81,6	56,1-114,6
Demenze	290,331,0-331,2	24	30,0	-6,0	79,9	51,2-118,8	67	60,6	6,4	110,6	85,7-140,5
Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso	320-389	42	36,9	5,1	113,9	82,1-154,0	42	47,9	-5,9	87,8	63,2-118,6
Morbo di Parkinson	332	14	10,5	3,5	132,9	72,6-223,0	10	10,0	0,0	100,4	48,1-184,7
Malattie del motoneurone	335,2	<3	-	-	-	-	<3	-	-	-	-
Sclerosi multipla	340	<3	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Epilessia	345	0	-	-	-	-	<3	-	-	-	-
Neuropatie tossiche e infiammatorie non specificate	357,9	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Malattie del sistema circolatorio	390-459	483	506,6	-23,6	95,4	87,0-104,2	633	625,4	7,6	101,2	93,5-109,4
Malattia ipertensiva	401-405	24	21,9	2,1	109,4	70,1-162,8	51	39,6	11,4	128,7	95,8-169,3
Malattie ischemiche del cuore	410-414	155	168,9	-13,9	91,8	77,9-107,4	135	154,3	-19,3	87,5	73,4-103,6
Infarto miocardico acuto della parete enterolaterale	410	60	72,4	-12,4	82,8	63,2-106,6	62	59,1	2,9	104,9	80,5-134,5
Disturbi circolatori dell'encefalo	430-438	152	146,6	5,4	103,7	87,8-121,5	244	206,3	37,7	118,3	103,9-134,1
Malattie dell'apparato respiratorio	460-519	135	107,5	27,5	125,5	105,2-148,6	58	68,0	-10,0	85,3	64,8-110,2
Malattie respiratorie acute	460-466,480-487	22	26,2	-4,2	84,1	52,7-127,4	20	26,3	-6,3	76,2	46,5-117,6
Polmonite	480-486	21	23,7	-2,7	88,6	54,8-135,5	19	22,0	-3,0	86,4	52,0-135,0
Malattie polmonari croniche ostruttive	490-496	61	52,1	8,9	117,1	89,5-150,4	26	26,9	-0,9	96,6	63,1-141,5
Broncopneumopatie croniche ostruttive	490-492, 494, 496	59	51,0	8,0	115,7	88,1-149,3	23	24,7	-1,7	93,2	59,1-139,8
Asma	493	<3	-	-	-	-	3	2,2	0,8	133,6	26,9-390,2
Pneumoconiosi	500-505	31	10,9	20,1	283,9	192,9-403,0	0	-	-	-	-
Malattie dell'apparato digerente	520-579	40	48,5	-8,5	82,5	58,9-112,3	49	50,1	-1,1	97,7	72,3-129,2
Malattia epatica cronica e cirrosi	571	11	17,3	-6,3	63,4	31,6-113,5	18	13,3	4,7	134,9	79,9-213,1
Malattie del sistema genitourinario	580-629	26	22,4	3,6	115,8	75,6-169,7	34	22,9	11,1	148,6	102,9-207,6
Nefrosi	581-583	0	-	-	-	-	<3	-	-	-	-
Insufficienza renale acuta e cronica	584-585	12	13,0	-1,0	92,7	47,8-161,9	20	13,5	6,5	148,6	90,7-229,4
Malformazioni congenite	740-759	0	-	-	-	-	<3	-	-	-	-
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	780	8	14,8	-6,8	54,0	23,3-106,4	15	28,4	-13,4	52,7	29,5-87,0
Traumatismi e avvelenamenti	800	58	58,5	-0,5	99,1	75,2-128,1	33	36,8	-3,8	89,6	61,7-125,8

⁶³ Fabrizio Minichilli et al. Stato di salute delle popolazioni residenti nelle aree geotermiche della toscana. Epidemiol Prev 2012; 36 (5) suppl. 1:1-104



Ricoveri ospedalieri

In Tabella 86 sono riportati i risultati dell'analisi di primo ricovero per ciascuna della 60 cause esaminate per il periodo 2007-2009, nel dettaglio, il numero di casi osservati di ospedalizzazione per primo ricovero (OSS), quelli attesi in base all'ospedalizzazione dei residenti nei comuni limitrofi (ATT), la differenza tra osservati ed attesi (OSS-ATT), i rapporti di ospedalizzazione standardizzati per età (SHR%) ed i relativi intervalli di confidenza al 95% (IC95%, inferiore-superiore). In rosso sono evidenziati gli eccessi significativi, in verde i difetti significativi.

I risultati delle analisi sui ricoverati nel periodo 2007-2009 mostrano un eccesso di ospedalizzazione generale sia nei maschi (+ 10%) che nelle femmine (+ 8%).

Analizzando le singole cause, nei maschi dell'area geotermica nord si conferma l'eccesso significativo di ricoverati per pneumoconiosi (+ 367%) già rilevato nei dati di mortalità e compare quello per malattie dell'apparato digerente (+ 20%) e per tumore della laringe (+ 110%). Risultano invece essere in difetto significativo i ricoveri per polmonite (- 25%).

Nelle femmine si osservano eccessi di ricoverati per malattie del sistema digerente (+ 33%) e si conferma quello per tumore dell'ovaio (+ 108%). D'altra parte, nelle femmine risultano in difetto significativo i ricoveri per malattie dell'apparato respiratorio (- 23%), tra cui quelle polmonari cronico-ostruttive, e per le malformazioni (- 44%).

Rispetto all'analisi precedente, riferita al periodo 2004-2006 (Tabella 87), non si rilevano importanti novità tra gli eccessi, ad eccezione del tumore della laringe nei maschi e del tumore dell'ovaio nelle femmine. Si segnala, nelle femmine, un riallineamento ai valori attesi delle ospedalizzazioni per tumori del sistema ematolinfopoietico, tra cui i linfomi di Hodgkin e le leucemie, che erano in eccesso. Con riferimento ai risultati dell'analisi condotta negli anni 2004-2006 a livello comunale si sottolinea che nel comune di Castelnuovo Val di Cecina sono emersi eccessi di ricoverati per tutte le cause per entrambi i generi, mentre a Pomarance sono emersi eccessi significativi di ospedalizzazione per tumori del linfoematopoietico, in particolare per le leucemie, tra le femmine⁶⁴.

⁶⁴Fabrizio Minichilli et al. Stato di salute delle popolazioni residenti nelle aree geotermiche della toscana. Epidemiol Prev 2012; 36 (5) suppl. 1:1-104



Tabella 86: Analisi di primo ricovero per l'area geotermica nord - Anni 2007-2009 (fonte: www.ars.toscana.it)

Patologia	ICD-9	Area geotermica Nord									
		Maschi					Femmine				
		OSS	ATT	OSS-ATT	SHR %	IC95%	OSS	ATT	OSS-ATT	SHR %	IC95%
Tutte le cause	0-999	964	872,9	91,1	110,4	103,6-117,6	1085	1008,0	77,0	107,6	101,3-114,2
Malattie infettive e parassitarie	001-139	60	52,0	8,0	115,4	88,0-148,5	57	43,9	13,1	129,9	98,4-168,3
Tubercolosi	010-018	<3	-	-	-	-	3	1,7	1,3	171,8	34,5-502,0
Epatite virale	070	7	7,5	-0,5	93,9	37,6-193,5	3	4,3	-1,3	69,3	13,9-202,4
Tutti i tumori	140-239	252	242,8	9,2	103,8	91,4-117,4	230	247,2	-17,2	93,0	81,4-105,9
Tumori delle labbra, della cavità orale, della faringe	140-149	8	5,3	2,7	150,2	64,7-295,9	<3	-	-	-	-
Tumori dell'esofago	150	<3	-	-	-	-	<3	-	-	-	-
Tumori dello stomaco	151	12	12,4	-0,4	96,4	49,7-168,4	6	8,7	-2,7	69,3	25,3-150,8
Tumori del colon	153	27	23,4	3,6	115,4	76,0-167,9	14	18,7	-4,7	74,9	40,9-125,8
Tumori del retto	154	14	14,1	-0,1	99,3	54,2-166,6	11	9,2	1,8	120,0	59,8-214,7
Tumori del fegato, della colecisti e dei dotti biliari	155-156	12	10,3	1,7	116,4	60,1-203,3	7	6,0	1,0	116,3	46,6-239,7
Tumori del pancreas	157	8	6,2	1,8	128,2	55,2-252,5	5	6,1	-1,1	82,0	26,4-191,4
Tumori della laringe	161	10	4,8	5,2	209,9	100,5-386,1	<3	-	-	-	-
Tumori della trachea, dei bronchi e del polmone	162	23	26,6	-3,6	86,5	54,8-129,8	13	8,7	4,3	149,9	79,8-256,4
Tumori della pleura	163	<3	-	-	-	-	<3	-	-	-	-
Tumori del connettivo e di altri tessuti molli	171	<3	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Melanoma della cute	172	<3	-	-	-	-	3	3,1	-0,1	95,8	19,3-279,8
Tumori della mammella	174-175	0	-	-	-	-	38	46,5	-8,5	81,8	57,8-112,2
Tumori dell'utero	179-180,182	0	-	-	-	-	7	8,8	-1,8	79,6	31,9-164,0
Tumori dell'ovaio e di altri annessi uterini	183	0	-	-	-	-	12	5,8	6,2	208,3	107,5-364,0
Tumori della prostata	185	24	31,2	-7,2	76,9	49,2-114,4	0	-	-	-	-
Tumori del testicolo	186	<3	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Tumori della vescica	188	22	27,9	-5,9	79,0	49,5-119,6	6	7,6	-1,6	78,5	28,7-170,8
Tumori del rene e di altri non specificati organi urinari	189	15	11,9	3,1	125,6	70,2-207,1	<3	-	-	-	-
Tumori del sistema nervoso	191-192, 225, 239,6	<3	-	-	-	-	8	7,4	0,6	108,7	46,8-214,2
Tumori del tessuto linfoematopoietico	200-208	17	16,3	0,7	104,4	60,8-167,2	12	13,3	-1,3	89,9	46,4-157,1
Linfomi non Hodgkin	200, 202	5	7,4	-2,4	67,7	21,8-157,9	6	6,0	0,0	99,7	36,4-217,0
Malattia di Hodgkin	201	<3	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Mieloma multiplo e neoplasie immunoproliferative	203	4	3,6	0,4	109,8	29,5-281,1	4	2,8	1,2	144,0	38,7-368,6
Leucemie	204-208	8	5,4	2,6	147,7	63,6-291,0	<3	-	-	-	-
Leucemia linfoide (acuta e cronica)	204	5	2,8	2,2	177,0	57,1-413,1	<3	-	-	-	-
Leucemia mieloide (acuta e cronica)	205	3	2,5	0,5	119,7	24,1-349,8	0	-	-	-	-
Diabete mellito	250	6	12,2	-6,2	49,4	18,0-107,4	9	11,0	-2,0	81,9	37,4-155,4
Demenze	290,331.0-331.2	3	7,4	-4,4	40,7	8,2-118,9	7	9,7	-2,7	72,3	29,0-148,9
Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso	320-389	92	108,1	-16,1	85,1	68,6-104,4	106	112,4	-6,4	94,3	77,2-114,1
Morbo di Parkinson	332	5	3,3	1,7	150,1	48,4-350,3	4	2,8	1,2	142,7	38,4-365,4
Malattie del motoneurone	335,2	<3	-	-	-	-	<3	-	-	-	-
Sclerosi multipla	340	<3	-	-	-	-	<3	-	-	-	-
Epilessia	345	14	9,2	4,8	151,5	82,8-254,3	12	8,5	3,5	141,9	73,2-247,9
Neuropatie tossiche e infiammatorie non specificate	357,9	<3	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Malattie del sistema circolatorio	390-459	371	348,0	23,0	106,6	96,0-118,0	335	319,6	15,4	104,8	93,9-116,7
Malattia ipertensiva	401-405	14	13,2	0,8	106,3	58,1-178,3	21	15,5	5,5	135,5	83,8-207,1
Malattie ischemiche del cuore	410-414	114	110,9	3,1	102,8	84,8-123,4	75	68,4	6,6	109,7	86,2-137,5
Infarto miocardico acuto della parete enterolaterale	410	52	66,0	-14,0	78,8	58,9-103,4	47	45,6	1,4	103,0	75,6-136,9
Disturbi circolatori dell'encefalo	430-438	131	120,0	11,0	109,2	91,3-129,6	126	127,9	-1,9	98,5	82,1-117,3
Malattie dell'apparato respiratorio	460-519	220	224,3	-4,3	98,1	85,6-112,0	137	178,4	-41,4	76,8	64,5-90,8
Malattie respiratorie acute	460-466,480-487	63	77,0	-14,0	81,9	62,9-104,7	46	58,6	-12,6	78,5	57,4-104,7
Polmonite	480-486	47	62,6	-15,6	75,1	55,2-99,9	38	44,6	-6,6	85,3	60,3-117,0
Malattie polmonari croniche ostruttive	490-496	24	25,8	-1,8	93,0	59,6-138,4	10	19,7	-9,7	50,7	24,3-93,2
Broncopneumopatie croniche ostruttive	490-492, 494, 496	20	22,2	-2,2	90,0	54,9-138,9	7	16,5	-9,5	42,3	17,0-87,2
Asma	493	5	3,8	1,2	131,6	42,4-307,0	4	3,7	0,3	109,3	29,4-279,7
Pneumoconiosi	500-505	12	2,6	9,4	466,5	240,8-815,0	<3	-	-	-	-
Malattie dell'apparato digerente	520-579	375	312,0	63,0	120,2	108,3-133,0	313	234,8	78,2	133,3	118,9-148,9
Malattia epatica cronica e cirrosi	571	10	13,7	-3,7	73,0	34,9-134,2	7	9,7	-2,7	72,2	28,9-148,8
Malattie del sistema genitourinario	580-629	156	163,4	-7,4	95,5	81,1-111,7	187	205,9	-18,9	90,8	78,3-104,8
Nefrosi	581-583	<3	-	-	-	-	<3	-	-	-	-
Insufficienza renale acuta e cronica	584-585	44	32,7	11,3	134,6	97,8-180,8	37	27,5	9,5	134,4	94,6-185,3
Malformazioni congenite	740-759	34	30,0	4,0	113,2	78,4-158,3	12	21,4	-9,4	56,1	28,9-98,0
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	780	87	106,1	-19,1	82,0	65,7-101,1	90	102,0	-12,0	88,2	71,0-108,5
Traumatismi e avvelenamenti	800	242	222,5	19,5	108,7	95,5-123,3	231	224,2	6,8	103,0	90,2-117,2



Tabella 87: Rapporti standardizzati di ospedalizzazione (SHR), aggiustati per indice di deprivazione (SHR-ID) per l'area geotermica nord - Anni 2004-2006 (fonte: www.ars.toscana.it)

Patologia	Codice ICD9	Area Nord					
		maschi			femmine		
		OSS	SHR% (IC95%)	SHR-ID% (IC95%)	OSS	SHR% (IC95%)	SHR-ID% (IC95%)
Tutte le cause	0-999	1.193	105 (99-111)	105 (99-111)	1357	105 (100-111)	106 (100-111)
Malattie infettive e parassitarie	001-139	67	121 (94-153)	114 (89-145)	54	108 (81-141)	107 (80-139)
Tubercolosi	010-018		<3		0	0	0
Epatite virale	70	13	81 (43-139)	80 (43-137)	19	88 (53-137)	82 (49-128)
Tutti i tumori	140-239	256	98 (86-110)	97 (85-109)	297	111 (98-124)	109 (97-123)
Tumori delle labbra, della cavità orale, della faringe	140-149	6	97 (35-211)	94 (34-205)	5	182 (59-425)	181 (58-422)
Tumori dell'esofago	150		<3		0	0	0
Tumori dello stomaco	151	17	118 (69-189)	120 (70-192)	13	136 (72-232)	137 (73-234)
Tumori del colon	153	22	96 (60-145)	94 (59-143)	23	127 (80-190)	129 (82-194)
Tumori del retto	154	15	109 (61-179)	105 (59-173)	12	115 (60-201)	113 (58-198)
Tumori del fegato, della colecisti e dei dotti biliari	155-156	7	72 (29-148)	73 (29-150)	8	122 (53-241)	111 (48-219)
Tumori del pancreas	157	12	167 (86-292)	171 (89-299)	6	100 (37-217)	102 (37-221)
Tumori della laringe	161	5	111 (36-259)	113 (37-264)		<3	
Tumori della trachea, dei bronchi e del polmone	162	27	88 (58-128)	91 (60-133)	4	47 (13-120)	47 (13-120)
Tumori della pleura	163		<3		0	0	0
Tumori del connettivo e di altri tessuti molli	171	3	167 (34-487)	148 (30-432)		<3	
Melanoma della cute	172	5	156 (50-363)	152 (49-355)	3	113 (23-329)	113 (23-331)
Tumori della mammella	174-175	0	0	0	39	82 (58-112)	84 (59-114)
Tumori dell'utero	179-180,182				13	129 (69-220)	131 (69-223)
Tumori dell'ovaio e di altri annessi uterini	183				7	112 (45-230)	108 (43-222)
Tumori della prostata	185	20	53 (32-82)	54 (33-84)			
Tumori del testicolo	186		<3				
Tumori della vescica	188	22	91 (57-138)	90 (57-137)	5	78 (25-183)	73 (24-169)
Tumori del rene e di altri non specificati organi urinari	189	9	79,8 (37-152)	73,8 (34-140)	4	73 (20-186)	74 (20-190)
Tumori del sistema nervoso centrale	191-192,225,239,6		<3		7	86 (35-178)	79 (32-162)
Tumori del tessuto linfomatopoiatico	200-208	20	127 (77-196)	124 (75-191)	21	167 (103-255)	160 (99-245)
Linfomi non Hodgkin	200, 202	8	104 (45-205)	99 (43-195)	9	151 (69-286)	145 (66-276)
Malattia di Hodgkin	201		<3		4	433 (117-1110)	360 (97-922)
Mieloma multiplo e neoplasie immunoproliferative	203	6	174 (64-378)	171 (63-373)	4	133 (63-340)	138 (38-353)
Leucemie	204-208	7	133 (54-274)	135 (54-277)	11	273 (136-489)	262 (131-469)
Leucemia Linfoide (acuta e cronica)	204	4	159 (43-406)	174 (47-445)	9	514 (235-975)	409 (187-777)
Leucemia mieloide (acuta e cronica)	205		<3			<3	
Diabete Mellito	250	21	136 (84-208)	143 (88-218)	22	145 (91-220)	153 (96-232)
Demenze	290,331.0-331.2	8	213 (92-419)	214 (92-421)	16	206 (117-334)	202 (115-327)
Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso	320-389	101	87 (71-105)	87 (71-106)	118	95 (79-114)	94 (78-112)
Morbo di Parkinson	332	3	114 (23-332)	116 (23-339)	6	161 (59-351)	175 (64-381)
Malattie del motoneurone	335,2	0	0	0		<3	
Sclerosi multipla	340		<3		5	137 (44-319)	135 (44-315)
Epilessia	345		<3		4	48 (13-122)	48 (13-124)
Neuropatie tossiche e infiammatorie non specificate	357,9		<3		0	0	0
Malattie del sistema circolatorio	390-459	391	95 (85-104)	94 (85-103)	381	101 (91-112)	101 (91-112)
Malattia ipertensiva	401-405	22	141 (88-213)	137 (86-207)	20	111 (68-172)	112 (68-173)
Infarto miocardico acuto della parete enterolaterale	410	66	87 (68-111)	95 (73-121)	44	86 (62-115)	91 (66-122)
Malattie ischemiche del cuore	410-414	122	94 (78-112)	98 (81-116)	79	94 (74-117)	99 (78-123)
Disturbi circolatori dell'encefalo	430-438	114	84 (70-101)	82 (68-99)	130	99 (83-118)	99 (83-117)
Malattie dell'apparato respiratorio	460-519	250	103 (91-117)	104 (91-118)	157	83 (71-97)	84 (72-98)
Malattie respiratorie acute	460-466,480-487	80	97 (77-121)	95 (75-118)	50	79 (59-105)	78 (58-103)
Polmonite	480-486	55	84 (63-109)	81 (61-105)	30	62 (42-88)	61 (41-87)
Malattie polmonari croniche ostruttive	490-496	37	99 (70-136)	102 (72-140)	31	109 (74-155)	117 (79-165)
Broncopneumopatie croniche ostruttive	491-492,494-496		<3		0	0	0
Asma	493		<3		5	83 (27-194)	87 (28-203)
Pneumoconiosi	500-505	6	206 (76-448)	333 (122-726)	0	0	0
Malattie dell'apparato digerente	520-579	392	114 (103-126)	112 (101-124)	300	113 (101-126)	112 (100-125)
Malattia epatica cronica e cirrosi	571	25	130 (84-192)	132 (85-194)	15	124 (70-205)	129 (72-213)
Malattie del sistema genitourinario	580-629	152	83 (70-97)	82 (70-96)	244	104 (91-118)	102 (90-116)
Nefrosi	581-583		<3		4	262 (72-672)	250 (68-640)
Insufficienza renale acuta e cronica	584-585	19	67 (40-104)	66 (40-103)	15	65 (36-107)	71 (40-117)
Malformazioni congenite	740-759	24	84 (54-125)	86 (55-128)	20	93 (57-144)	89 (55-138)
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	780-799	125	109 (90-129)	112 (93-133)	99	95 (77-115)	99 (81-121)
Traumatismi e avvelenamenti	800-999	227	97 (84-110)	97 (85-110)	255	108 (95-122)	109 (96-123)

Considerando quanto sopra esposto, l'analisi epidemiologica condotta per l'area geotermica nord, aggiornata ai dati del 2009, ha evidenziato che "...il profilo di salute dei residenti dell'area geotermica nord è



sovrapponibile a quello dei comuni limitrofi presi a riferimento. Anzi, gli indicatori epidemiologici più rilevanti, quali la mortalità generale e per tumori, presentano nei maschi valori significativamente inferiori all'atteso. L'eccesso di ospedalizzazione rilevato sia nei maschi che nelle femmine, può essere espressione di maggiore frequenza di malattie, ma anche di un uso maggiore dell'ospedale in aree con servizi sanitari extraospedalieri meno accessibili⁶⁵.

In conclusione, sulla base della caratterizzazione sopra descritta, ai fini della valutazione dell'impatto, alla componente salute pubblica è stata attribuita una sensibilità bassa.

4.13.2 Valutazione degli impatti

4.13.2.1 Fattori di impatto

I fattori di impatto in grado di interferire con la componente salute pubblica per le fasi di progetto considerate sono di seguito individuati.

■ Fase di costruzione

- emissione di polveri;
- emissione di inquinanti atmosferici;
- emissione di rumore.

■ Fase di esercizio

- emissione di rumore.

4.13.2.2 Valutazione e matrici di impatto

La valutazione dell'impatto sulla salute pubblica nella **fase di costruzione** ha riguardato le potenziali interferenze negative derivanti dalle variazioni della qualità dell'aria e del clima acustico.

La variazione della qualità dell'aria è correlata sia all'emissione di polveri potenzialmente sollevate durante le operazioni di scavo e di movimento terra, dal deposito temporaneo del materiale di scavo e dalla movimentazione degli automezzi lungo le strade sterrate del cantiere, sia all'emissione di inquinanti atmosferici derivanti dall'attività delle macchine operatrici in cantiere e dal traffico veicolare indotto dal cantiere. Gli impatti correlati, considerando che il più vicino recettore è rappresentato dall'Azienda Agrituristica "S. Nicolò" ubicata a circa 450 m a nord-ovest e che il borgo di Montecastelli Pisano dista circa 1.150 m a nord-ovest, sono da considerarsi negativi trascurabili.

La variazione del clima acustico in fase di cantiere sarà determinata dalle emissioni di rumore derivanti dalle attività dei mezzi d'opera (costruzione delle opere civili e per la realizzazione della centrale), dal traffico indotto da e per il cantiere e dalle emissioni emesse dalle macchine perforatrici per la perforazione dei pozzi con un conseguente disturbo per la popolazione residente. Per la caratterizzazione di dettaglio del clima acustico in relazione alle potenziali interferenze ai recettori si rimanda alle valutazioni riportate in Appendice A. Sulla base dei risultati riportati nell'Appendice A, si prevede un impatto negativo basso correlato all'emissione di rumore.

La Tabella 88 riassume i giudizi di impatto negativi del Progetto sulla componente Salute pubblica in fase di costruzione.

⁶⁵ www.ars.toscana.it. Area geotermica Nord – Aggiornamento dei dati di mortalità e ospedalizzazione, maggio 2013



Tabella 88: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Salute pubblica - Fase di costruzione

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - SALUTE PUBBLICA FASE DI COSTRUZIONE		emissione di polveri	emissione di inquinanti atmosferici	emissione di rumore
Durata nel tempo (D)	breve			
	medio-breve			
	media			
	medio-lunga			
	lunga			
Distribuzione temporale (Di)	concentrata			
	discontinua			
	continua			
Area di influenza (A)	circoscritta			
	estesa			
	globale			
Rilevanza (Ri)	trascurabile			
	bassa			
	media			
	alta			
Reversibilità (R)	a breve termine			
	a medio-lungo termine			
	irreversibile			
Probabilità accadimento (P)	bassa			
	media			
	alta			
	certa			
Mitigazione (M)	alta			
	media			
	bassa			
	nulla			
Sensibilità componente (S)	trascurabile			
	bassa			
	media			
	alta			
Impatti		Trascurabile	Trascurabile	Basso

Per quanto concerne la **fase di esercizio**, impatti negativi sulla salute pubblica sono attesi a causa delle emissioni sonore dovuto al funzionamento dell’impianto. Tale impatto è già stato trattato nell’analisi della componente clima acustico, a cui si rimanda per i dettagli di merito. Considerata la durata del progetto di almeno e/o minimo 25 anni, la media rilevanza del fattore di impatto agente sulla componente e l’alto potenziale delle mitigazioni messe in atto, si stima un impatto medio-basso sulla salute pubblica in fase di esercizio.



Tabella 89: Matrice di valutazione degli impatti negativi - Componente Salute pubblica - Fase di esercizio

MATRICE VALUTAZIONE DI IMPATTO - SALUTE PUBBLICA FASE DI ESERCIZIO		emissione di rumore
Durata nel tempo (D)	breve	
	medio-breve	
	media	
	medio-lunga	
	lunga	
Distribuzione temporale (Di)	concentrata	
	discontinua	
	continua	
Area di influenza (A)	circoscritta	
	estesa	
	globale	
Rilevanza (Ri)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Reversibilità (R)	a breve termine	
	a medio-lungo termine	
	irreversibile	
Probabilità accadimento (P)	bassa	
	media	
	alta	
	certa	
Mitigazione (M)	alta	
	media	
	bassa	
	nulla	
Sensibilità componente (S)	trascurabile	
	bassa	
	media	
	alta	
Impatto		Medio-basso

In **fase di dismissione** si procederà alla chiusura mineraria dei pozzi, alla dismissione della centrale geotermoelettrica e delle opere connesse. Considerando che la chiusura dell'impianto geotermico pilota avverrà dopo un periodo di almeno e/o minimo 25 anni di esercizio, al momento attuale si può stimare che gli impatti connessi a questa fase saranno confrontabili con gli impatti generati in fase di cantiere ma comunque minori perchè non saranno presenti gli impatti correlati alla costruzione dei pozzi.