

**IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO
CASTEL GIORGIO (TR)**

**[ID-2557] Risposte alle Richieste di
Integrazioni**

Preparato per:
ITW&LKW Geotermia Italia S.p.A.

Maggio 2014

Codice Progetto:
P13_ITW_049

Revisione: 0

ITW & LKW
Geotermia Italia S.p.A.
Il Presidente
Dott. Giorgio GARRONE



Dott. Ing. RICCARDO CORSI
ALBO -DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI PISA N. 0869



STEAM
Sistemi Energetici Ambientali
Lungarno Mediceo, 40
I - 56127 Pisa
Telefono +39 050 9711664
Fax +39 050 3136505
Email : info@steam-group.net



STEAM

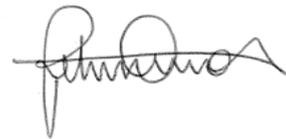
ITW&LKW GEOTERMIA ITALIA SPA

IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO
CASTEL GIORGIO (TR)

[ID-2557] Risposte alle Richieste di Integrazioni



Ing. Riccardo Corsi
Project Director



Ing. Omar Marco Retini
Project Manager

Progetto	Rev	Preparato da	Rivisto da	Approvato da	Data
P13_ITW_049	0	RB, CMO, APN, LaG, FB, AB, LMA, CBE	RC, AB, FB, OMR	RCO	06/05/2014

ELENCO ALLEGATI:

<i>Allegato A1</i>	<i>Analisi Sismica</i>
<i>Allegato A3</i>	<i>Allegato H allo SIA – Caratterizzazione del Suolo</i>
<i>Allegato B6</i>	<i>Schede di sicurezza degli additivi</i>
<i>Allegato B7</i>	<i>Valutazione delle Emissioni Polverulente durante la Fase di Cantiere</i>
<i>Allegato B10</i>	<i>Screening di Incidenza Ambientale</i>
<i>Allegato C1</i>	<i>Controdeduzioni alle Osservazioni del Pubblico pubblicate sul Portale delle Valutazioni Ambientali Trasmesse da ITW&LKW Geotermia Italia S.p.A. al MATTM tramite pec in data 11/03/2014</i>
<i>Allegato C2</i>	<i>Dichiarazione Valore Opere</i>

1**INTRODUZIONE**

Nel presente documento si riportano le risposte alle Integrazioni richieste dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con Nota Prot. CTVA-2014-0000858 del 11/03/2014 (raccomandata pervenuta alla sede di ITW&LKW Geotermia Italia S.p.A. in data 12/03/2014) relativamente al progetto "Impianto Pilota Geotermico denominato Castel Giorgio così come definito dall'art. 9 del D.Lgs. n.28 del 03/03/2011, da realizzarsi in Provincia di Terni, nel Comune di Castel Giorgio".

Nel seguito, per ogni paragrafo, vengono riportate integralmente le richieste e vengono fornite le relative risposte.



2

RISPOSTE ALLE RICHIESTE DI INTEGRAZIONI**PARTE A: QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE**

2.1

A1) COSTRUZIONI ANTISISMICHE

NONOSTANTE IL COMUNE DI CASTEL GIORGIO SIA CLASSIFICATO IN ZONA SISMICA 2 (ORDINANZA P.C.M. N. 3519 DEL 02/05/2006), "IN CUI POSSONO VERIFICARSI FORTI TERREMOTI", IL PROPONENTE NON FA ESPlicitO RIFERIMENTO A CRITERI DI COSTRUZIONE ANTISISMICA NELLA REALIZZAZIONE DEL PROGETTO. SI CHIEDE, PERTANTO:

- **DI DEFINIRE IL "TERREMOTO DI PROGETTO", COME IL MASSIMO TERREMOTO ATTESO NELLA ZONA E DI INDICARE PARAMETRI CHE LO CARATTERIZZANO TENENDO ANCHE CONTO DELLE CARATTERISTICHE TOPOGRAFICHE E STRATIGRAFICHE DEI LUOGHI, (IL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA (ST) E DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA (SS) DELL'AREA) AL FINE DI APPLICARE IL DECRETO MINISTERIALE (INFRASTRUTTURE) DEL 14 GENNAIO 2008 'APPROVAZIONE DELLE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI' (G.U. N. 29 DEL 4 FEBBRAIO 2008)**
- **RIFERENDOSI AL TERREMOTO DI PROGETTO, INTEGRARE LO SIA CON:**
- **I CRITERI ANTISISMICI DA ADOTTARE PER LE STRUTTURE DA REALIZZARE, NEL RISPETTO DELLE NORME TECNICHE DEL DM 14/01/2008;**
- **UN'ANALISI DI RISCHIO, NELL'IPOTESI CHE IL "TERREMOTO DI PROGETTO" SI DOVESSE VERIFICARE NEL CORSO DELLE OPERAZIONI DI PERFORAZIONE;**
- **UN'ANALISI DI RISCHIO PER LE TUBAZIONI VERTICALI DEI POZZI DI ESTRAZIONE ED IMMISSIONE DEL FLUIDO GEOTERMICO, VALUTANDO IL RISCHIO DI ROTTURA, LA CONSEGUENTE CONTAMINAZIONE DELLE FALDE ACQUIFERE SUPERFICIALI E DELL'AMBIENTE SUPERFICIALE, INCLUSA LA POSSIBILITÀ DI INDURRE EMISSIONI IDROTERMALI;**
- **UN'ANALISI DI RISCHIO PER LE TUBAZIONI DI SUPERFICIE CHE TRASPORTANO IL FLUIDO GEOTERMICO DAI POZZI D'ESTRAZIONE ALL'IMPIANTO ORC E DA QUESTO AI POZZI DI IMMISSIONE, FACENDO ANCHE RIFERIMENTO ALLE "GUIDELINES FOR THE SEISMIC DESIGN OF OIL AND GAS PIPELINE SYSTEMS" DELLA NORMATIVA AMERICANA.**

Per le risposte a queste richieste di integrazione il proponente si è avvalso della collaborazione scientifica del Centro di Ricerca P.LIN.I.V.S., facente capo all'università Federico II di Napoli, di cui è direttore il Prof. Giulio Zuccaro, ordinario di Scienza delle Costruzioni ed esperto di ingegneria sismica.

La relativa relazione scientifica alla quale si rimanda integralmente è fornita nell'Allegato A1 alla presente relazione.

In armonia con il D.M. 14 gennaio 2008, sono stati assunti una vita dell'opera pari a 100 anni ed un periodo di riferimento di 200 anni.



2.1.1

Definizione del terremoto di progetto e criteri antisismici

In funzione della posizione geografica delle opere da realizzare (Impianto ORC, postazioni dei pozzi CG1, CG2, CG3 e CG14) sono stati valutati i parametri che definiscono l'azione sismica per ciascuno degli stati limite considerati (si veda Tabella 2 dell'Allegato A1).

Come risulta dalla Tabella 2 dell'Allegato A1, l'area presenta una caratteristica sismica uniforme alla quale compete un valore dell'accelerazione al suolo pari a 0,088 g e 0,213 g per i due stati limite considerati, che sono lo Stato Limite di Operatività (SLO) e lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è stato valutato l'effetto del tipo di sottosuolo e delle condizioni geografiche sulla risposta sismica locale.

Dai risultati riportati nella Tabella 3 dell'Allegato A1 si evince che può essere assunta un'unica azione sismica per classe di sottosuolo per le quattro postazioni e per l'impianto ORC.

Infine sono stati valutati, sempre per ciascuno dei due stati limite considerati, i coefficienti di amplificazione per le diverse tipologie di opere:

- le strutture in elevazione, ORC e torre dell'impianto di perforazione;
- le tubazioni orizzontali (acquedotti);
- le tubazioni verticali (pozzi).

Per le strutture in elevazione vengono presi in esame l'effetto della "snellezza" della struttura e le sue caratteristiche base di composizione, acciaio nel caso in esame sia per l'ORC che per la torre dell'impianto di perforazione. La snellezza è stata stimata attraverso il suo periodo proprio di vibrazione.

Tale parametro può comportare un aumento o una diminuzione dell'accelerazione di progetto secondo la legge riportata in Figura 1 dell'Allegato A1. Nel caso specifico, la snellezza stimata per le due tipologie di struttura esaminate (torre dell'impianto di perforazione e sistema dei ventilatori per l'ORC) comporta un aumento del valore di accelerazione in accordo ai valori riportati in Tabella 4 dello stesso allegato.

In Tabella 5 dell'Allegato A1 sono riportati i valori di accelerazione per le tubazioni orizzontali.

In Tabella 6 dell'Allegato A1 sono riportati i valori di accelerazione per le tubazioni verticali (pozzi).

Vengono infine definiti i criteri che saranno adottati per la verifica alle sollecitazioni sismiche sulle tubazioni e la normativa da impiegare. Per quanto attiene la verifica dell'impianto di perforazione e dei pozzi la verifica si esaurisce nello stesso Allegato A1 con i commenti riportati di seguito.

Come precisato nell'Allegato A1, la verifica delle tubazioni di trasporto sarà eseguita combinando tutte le condizioni di carico (pressione interna, peso proprio

e del terreno, deformazioni imposte dal sisma al terreno, effetto delle curve, attrito del terreno, deformazioni termiche, ecc.).

La norma per il progetto delle tubazioni interrato, *Guidelines for the seismic design of oil and gas pipelines systems*, a sua volta fa riferimento alle norme ASCE 1984 e ASME B31.1 (si veda Allegato A1, Paragrafo Criteri di verifica). La norma ASME B31.1 definisce il valore massimo accettabile per le strutture nelle condizioni di sollecitazione più sfavorevoli in caso di sisma.

Tenuto conto dei valori di carico sulla tubazione, è certo che nella situazione in esame la sollecitazione effettiva determinata in accordo alla norma suddetta, rispetto alla sollecitazione massima ammissibile calcolata con il criterio di Von Mises, sarà caratterizzata da un coefficiente di sicurezza ben superiore a quello minimo previsto dalla norma stessa.

Lo stesso vale per i pozzi.

In effetti, la flessibilità della struttura dei pozzi e delle tubazioni (rapporto tra lunghezza e diametro) è talmente alto per cui queste opere “seguono” senza apprezzabili sollecitazioni le deformazioni del terreno.

Anche in occasione di terremoti recenti, che pure hanno provocato danni alle strutture di superficie, sia le tubazioni che trasportano metano, peraltro diffusissime anche in Italia, sia i pozzi di estrazione non hanno registrato danni di entità apprezzabili (vedi riferimento ad indagini effettuate su Internet in Allegato A1), neanche nei terremoti di magnitudo molto più alta di quelli massimi registrabili in Italia.

Nei pozzi, la presenza del tubing, oltre a costituire una ulteriore barriera in termini di contenimento dei fluidi, conferisce al sistema una flessibilità ancora maggiore, grazie alla capacità del tubing stesso di adattarsi nello spazio interno al casing.

2.1.2 *Rischio nell'ipotesi che il terremoto di progetto si dovesse verificare nel corso delle operazioni di perforazione*

Il quesito sembra far riferimento a due fattispecie di conseguenze che, almeno a livello ipotetico, potrebbero essere associate ad un terremoto: quelle relative all'impianto di perforazione e quelle relative al pozzo. Per semplicità di approccio si analizzano separatamente anche se, in realtà, sempre a livello generale, potrebbero teoricamente comprendere una certa interdipendenza, che tuttavia manca nel caso del progetto specifico, come risulterà evidente dall'analisi che segue.

Verifica dell'impianto alle sollecitazioni sismiche

L'impianto di perforazione è costituito da una struttura in acciaio appoggiata a terra, geometricamente snella e soggetta a varie combinazioni di carico: peso proprio, peso della batteria di perforazione (aste) o dei casing; queste sono

azioni statiche anche se talvolta, in conseguenza di certe anomalie possono dar luogo a carichi impulsivi verticali.

Le sollecitazioni orizzontali cui può essere soggetto l'impianto sono costituite dal vento oppure dal terremoto.

Dobbiamo premettere che tutte le attività legate alla perforazione, sia per quanto attiene alla costruzione degli impianti che per la realizzazione della perforazione dei pozzi, sono regolate dalla normativa American Petroleum Institute (API). Essa definisce standard di progettazione e fabbricazione degli impianti, delle teste pozzo, delle aste così come di ogni altro componente da impiegare nei pozzi.

Per gli impianti di perforazione, la API definisce criteri di progetto e, tra questi, individua anche le modalità per resistere a forze orizzontali dovute al vento. L'azione del vento in combinazione con le altre azioni dovute alle masse movimentate (essenzialmente tubazioni) impiegate in perforazione o immagazzinate in torre, sono stabilite dalla normativa API spec. 4F.

La norma distingue gli impianti on-shore da quelli off-shore.

Per gli impianti on-shore la norma API prevede un vento di progetto con una velocità di 93 knods (172 km/ora) senza materiale sul set back oppure altre condizioni di vento associate ad altre condizioni di esercizio dell'impianto (montaggio, perforazione,...).

Questo è lo standard di progettazione valido a livello mondiale e adottato anche dai costruttori italiani. Uno di questi ci ha gentilmente fornito i parametri di progettazione che lo stesso adotta in ottemperanza alla API 4F per il tipo d'impianto che abbiamo previsto di impiegare nel progetto Castel Giorgio. A tali parametri facciamo riferimento nelle considerazioni a seguire ma le considerazioni svolte hanno validità anche per tutti gli altri impianti in quanto sono progettati secondo la norma API.

Le sollecitazioni sismiche sono specificamente prese in esame solo per gli impianti offshore che sono ovviamente molto esposti per le modalità di connessione della piattaforma galleggiante al fondo marino oppure per casi di impianto on-shore per i quali è previsto l'impiego in aree geografiche caratterizzate da sollecitazioni sismiche di intensità particolarmente alta. Nel contesto mondiale quest'ultima eventualità è assolutamente inusuale tanto che non siamo a conoscenza, anche attraverso indagini specifiche svolte, di danni subiti da impianti di perforazione a seguito di un sisma..

Per gli impianti di perforazione a terra le sollecitazioni da vento coprono abbondantemente quelle sismiche, almeno per terremoti dell'intensità che può verificarsi nella maggior parte delle aree sismiche italiane.

L'impianto di perforazione analizzato è un HH200 (si veda Paragrafo 4.3.5 del Progetto Definitivo).

In Allegato A1 è riportata un'analisi di confronto tra le sollecitazioni di progetto dovute al vento in accordo alla API spec. 4F per un impianto di perforazione HH200 e quelle sismiche "equivalenti per intensità delle forze orizzontali".

Il calcolo è stato eseguito determinando la sollecitazione del vento nella situazione di esercizio, costituita da impianto pronto per la perforazione ma non in perforazione. La velocità del vento che in questo caso la norma API 4F prevede, è pari a 93 knods (173 km/ora). L'impianto quindi non è sollecitato dal peso della colonna di aste (o dei casing) e si trova nella combinazione di carico ritenuta più sfavorevole dal punto di vista delle forze orizzontali.

Siccome il sistema meccanico costituito da mast e struttura di sostegno del drilling floor è monolitico, in tale situazione è stata ricavata l'accelerazione sismica in grado di esercitare le stesse forze orizzontali del vento previsto dalla norma API 4F. Tale accelerazione è stata infine confrontata con quella del terremoto di progetto.

I dati di calcolo relativi all'azione del vento sul mast sono stati forniti dal costruttore dell'impianto HH200 di cui è previsto l'impiego nella perforazione almeno dei pozzi reiniettivi: *DRILLMEC S.p.A. - Trevi Group, Via 1° Maggio 12 – Casoni di Podenzano, 29027 Piacenza (PC)*.

Il calcolo della spinta del vento viene eseguito considerando che esso spiri in due direzioni ortogonali, x e y, in accordo alla Figura 2.1.2a sotto riportata.

La forza risultante associata alle due direzione principali del vento e fornite da DRILLMEC S.p.A., risulta pari a:

$F_x = 248,1$ KN agente a circa 8,9 m da terra
 $F_y = 287,6$ KN agente a circa 9,95 m da terra.

Il peso complessivo dell'impianto è di circa 1000 KN pertanto la sua resistenza alle forze orizzontali può essere assimilata all'azione di un terremoto avente un'accelerazione del suolo pari a 0,248.g in direzione x e un'accelerazione di circa 0,288.g in direzione y.

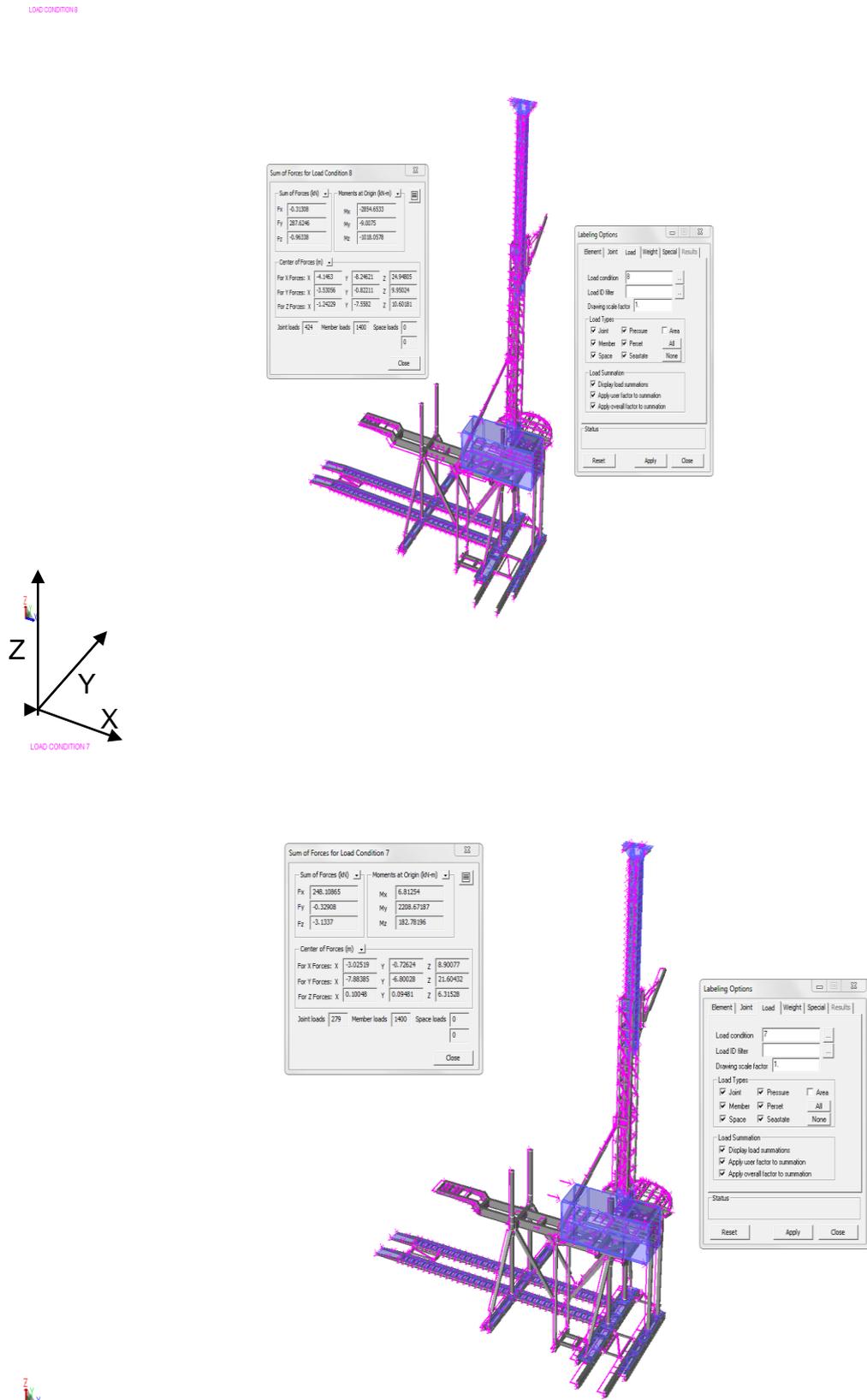
Il minimo valore tra i due è 2,53 volte il valore dell'accelerazione sismica agente sulla torre di perforazione relativa al terremoto di progetto che caratterizza il sito (vedi Allegato A1 Tabella 4) per la condizione Stato Limite di Operatività.

Dall'analisi riportata in Allegato A1 emerge che lo stato limite di operatività dell'impianto di perforazione è assicurato con un margine molto ampio nei riguardi dell'elemento strutturale più sollecitato dell'impianto. In particolare, il rapporto tra accelerazione equivalente di progetto e quella sismica è circa 3,8.

Inoltre tenuto conto di quanto previsto dalla normativa AISC (American Institute of Steel Construction), e API 4F per la verifica dei componenti strutturali, anche il valore dell'accelerazione equivalente rispetto a quella relativa allo stato SLV rimane superiore al 50% rispetto al valore dello snervamento minimo dell'elemento più sollecitato della struttura.

Quindi l'impianto è in grado di resistere ampiamente alle sollecitazioni sismiche in linea con il dato statistico che a livello mondiale non sono state trovate notizie di danni subiti da impianti di perforazione in conseguenza di terremoti (Allegato A1).

Figura 2.1.2a Schema dell'impianto HH200 e relative sollecitazioni da vento



Effetti sui pozzi per interruzione brusca della perforazione

Nel seguito si prende in esame lo stato dei pozzi per comprendere se esista, indipendentemente dalle condizioni dell'impianto di perforazione, uno stato "pericoloso" dei pozzi del campo geotermico di Castel Giorgio qualora durante la perforazione si manifestasse un sisma con intensità pari a quella di progetto o comunque, in generale, avvenisse un'interruzione brusca dell'attività impiantistica.

Dobbiamo premettere che il campo geotermico di Castel Giorgio e Torre Alfina è perfettamente conosciuto a seguito delle perforazioni realizzate negli anni '70 e '80 e delle osservazioni sui pozzi che sono rimasti in esercizio fino a dicembre 2013.

Le conoscenze fisiche del campo, del suo comportamento e, di conseguenza, di quello dei singoli pozzi, sono state largamente descritte nel Progetto Definitivo e nelle risposte fornite alle osservazioni pervenute da comuni, associazioni, singoli cittadini spedite per PEC al MATTM in data 11 Marzo 2014 e riprodotte in Allegato C1. È accertato che nei pozzi si forma, in condizioni statiche, un livello di acqua stabile nel tempo. Per maggiori dettagli si rimanda al Paragrafo 3.4.13 dello SIA.

Se durante la perforazione, per una qualsiasi ragione, si verificasse l'interruzione dell'attività impiantistica e quindi della circolazione di acqua o fango in pozzo, non potrebbero che manifestarsi due situazioni:

- se la perforazione interessa la formazione di copertura o il serbatoio prima di aver intercettato la prima frattura, il foro è pieno di fango o acqua fino al piano campagna;
- se la perforazione ha già interessato la prima frattura, il pozzo si trova in perdita di circolazione ed il livello di acqua o fango si trova a circa 200 m.

Tali situazioni rimarrebbero stabili nel tempo, come è dimostrato dal comportamento dei vecchi pozzi Enel.

Dunque, la stabilità dei pozzi è comunque assicurata in ogni situazione, anche se il sisma causasse l'interruzione dell'attività impiantistica, per quanto tale possibilità sia di fatto non verosimile prima come sopra spiegato. Pertanto, anche da questo punto di vista il sistema è a sicurezza intrinseca.

2.1.3

Rischi connessi ai pozzi e alle tubazioni di trasporto in esercizio

Verifica strutturale alle sollecitazioni sismiche

In Allegato A1 è riportato il criterio di progetto e i limiti delle sollecitazioni previsti dalle normative applicabili al caso delle tubazioni di trasporto del fluido geotermico e analogamente per i pozzi.

Allo scopo di mettere in evidenza il grado di cautela che permea il progetto si premettono le seguenti considerazioni.

Dal punto di vista geologico nell'intera area riguardante le opere del progetto non vi è presenza di discontinuità quali scarpate, zone in frana, faglie affioranti. Se il percorso degli acquedotti o gli stessi pozzi interessassero scarpate, zone in frana, faglie affioranti queste potrebbero costituire elementi di criticità che potrebbero dar luogo a sollecitazioni sulla struttura delle opere non facilmente identificabili anche ai fini della verifica strutturale.

Così non è. L'intera zona è caratterizzata da depositi vulcanici ad andamento molto regolare. La sola zona di faglia accertata è quella delle Solfanare dove sono presenti emissioni naturali di gas poco a sud del paese di Torre Alfina, quindi assolutamente fuori del contesto geologico del progetto Castel Giorgio.

In questo ambito le prospezioni di flusso di CO₂ eseguite dall'INGV per conto del proponente (vedi Allegati F e G dello SIA) hanno escluso la presenza di faglie che mettano in comunicazione il serbatoio geotermico con la superficie.

Sono quindi da escludere sollecitazioni dovute a fenomeni di cedimento del terreno comunque causati e che potrebbero subire un'amplificazione per cause sismiche.

Inoltre, le caratteristiche geologiche delle formazioni superficiali e la collocazione profonda delle falde acquifere, comunque classificabili, permettono di escludere categoricamente la possibilità che si verifichino i cosiddetti fenomeni di "liquefazione del terreno".

Le sollecitazioni di natura sismica sono quindi riconducibili alla sola differenza di massa e di elasticità dei materiali (terreni e tubazioni in acciaio) che potranno comunque essere efficacemente valutate con tecniche ordinarie di calcolo strutturale mediante simulazione agli elementi finiti.

Ciò premesso, nel seguito sono descritti i criteri e le norme di verifica delle strutture lineari costituite dalle tubazioni interrato di trasporto.

Non esiste una norma specifica di calcolo per le tubazioni dei pozzi, se non per quanto attiene le sollecitazioni sui casing da pressione interna e esterna e da variazioni di temperatura del fluido nelle varie fasi di lavoro: montaggio, cementazione, esercizio. Tutto ciò in accordo, come al solito, alla normativa API che prevede nelle varie condizioni di carico la verifica con il criterio delle sollecitazioni ammissibili ad esempio secondo Von Mises o un criterio equivalente. Per cui saranno estesi ai pozzi gli stessi criteri di verifica alle sollecitazioni sismiche usati per le tubazioni orizzontali in accordo a (vedi Allegato A1):

- Guidelines for the Seismic Design of Oil and Gas Pipeline Systems prepared by the American Society of Civil Engineers
- Code for Pressure Piping, Section on Power Piping prepared by the American Society of Mechanical Engineers.

Per le tubazioni dei pozzi, già calcolate nel rispetto della metodologia API, saranno adottati gli stessi criteri di calcolo delle sollecitazioni sismiche e di

verifica strutturale, previsti per le tubazioni orizzontali. Per i casing, di fatto, questa costituisce una doppia verifica strutturale.

Tenuto conto del valore relativamente basso della pressione interna che sollecita le tubazioni orizzontali e quelle dei pozzi, anche le sollecitazioni sismiche in combinazione con le rimanenti sollecitazioni risulteranno verificate con un grado di sicurezza ben più alto di quello limite previsto dalla normativa in applicazione dell'equazione (8) di Allegato A1.

Sicurezza dei pozzi: condizioni idrostatiche

Si ribadisce che per la parte mineraria, l'intero progetto fa riferimento alle condizioni fisiche del campo geotermico e alle caratteristiche accertate dei vecchi pozzi dell'Enel. L'argomento è stato ampiamente discusso sia nel Progetto Definitivo, sia nelle risposte alle osservazioni di comuni, associazioni, privati cittadini. (vedi Allegato C1). L'aspetto di maggiore interesse fisico per l'argomento che viene trattato in questa parte riguarda il fatto che i pozzi del campo, in assenza di sollecitazioni esterne come l'azione di una pompa, si mantengono in quiete con livello idrostatico a circa 200 m dal piano campagna.

Nei pozzi produttivi, la produzione di fluido avviene attraverso un tubing che supporta la pompa di profondità e il sistema dei cavi per l'alimentazione elettrica di questa. La pompa energizza il fluido geotermico e mantiene la produzione nel tempo alle condizioni di progetto.

Per rispondere compiutamente al quesito posto dobbiamo anticipare alcune considerazioni tipiche della progettazione esecutiva dei pozzi e relativo completamento.

Il montaggio della pompa di produzione avviene necessariamente con pozzo in quiete, ovvero in leggera iniezione di acqua.

Una volta che la pompa venga azionata, solo il tubing sarà interessato dal flusso di acqua geotermica dal serbatoio verso la testa pozzo e da questa verso la centrale ORC. A partire dall'inizio del pompaggio, la temperatura del flusso di acqua inizia a salire fino a stabilizzarsi a 140°C che è quella propria del serbatoio geotermico.

Anche la temperatura esterna al casing (nell'intercapedine) salirà gradatamente fino a stabilizzarsi a 140°C e, una volta a regime, la pressione in testa all'intercapedine risulterà quella che compete all'acqua (non geotermica, precedentemente immessa in pozzo) a temperatura di esercizio, quindi pari alla tensione di vapore a 140°C, che è circa 3,7 bar (vedasi tabelle di Mollier - rintracciabile in qualsiasi manuale di termodinamica applicata). Al di sotto della piccola bolla di vapore creatasi a testa pozzo, la pressione nell'intercapedine tra casing e tubing segue la legge idrostatica lungo il suo intero sviluppo.

All'interno del tubing la pressione all'altezza del piano campagna è circa 45-47 bar.

Le condizioni di montaggio della pompa presuppongono la presenza di acqua non geotermica nell'intercapedine. Tale condizione tenderà lentissimamente ad evolvere verso una completa sostituzione dell'acqua inizialmente immessa con quella geotermica. Il fenomeno è tuttavia lentissimo, come dimostrano i vecchi pozzi ENEL che hanno mantenuto pressione zero a testa pozzo per decenni.

Per sicurezza, tale stato può essere mantenuto anche durante l'esercizio del pozzo con un'alimentazione debolissima di acqua fredda dalla testa pozzo in modo da mantenere nella colonna dell'intercapedine casing-tubing uno stato idrostatico, ad eccezione degli ultimi 37 metri di testa dove si forma necessariamente vapore a 140°C. Si osserva che tale iniezione di acqua, pur trascurabilissima in termini di massa (pochi litri al giorno), offrirà anche la possibilità di proteggere da corrosione la struttura del casing e l'esterno del tubing impiegando un normale inibitore di corrosione.

In testa, il livello dell'acqua nell'intercapedine scenderà dai 200m iniziali a circa 317 m per effetto della depressione alle fratture (che assumiamo 8 bar, come risulta dalla modellizzazione numerica riportata in Allegato 3 al Progetto Definitivo) e della tensione di vapore dell'acqua a 140°C (3,7 bar).

In tale stima si trascura, in prima approssimazione la minore densità della colonna d'acqua che in esercizio è più calda di quella media che caratterizzava i pozzi A4 e A14 al momento della rilevazione del livello di circa 200 m dal piano campagna.

Il monitoraggio della pressione a livello di piano campagna e del livello di acqua nell'intercapedine permetterà di accertare in ogni momento lo stato di corretto funzionamento del sistema.

Per inciso si sottolinea che nel normale funzionamento, la differenza tra pressione interna e pressione esterna al solo casing di produzione, che costituisce la sollecitazione effettiva dal punto di vista strutturale, è insignificante. Infatti all'esterno dello stesso casing agisce la pressione di falda almeno dalla profondità di 90 m dal piano campagna con andamento idrostatico, come documentato nel Progetto Definitivo, Allegato 2- Relazione idrogeologica.

La differenza di pressione tra interno e esterno del casing è comunque insignificante ai fini delle sollecitazioni sul casing e della capacità di tenuta dei giunti.

Pertanto, in presenza di sollecitazioni da differenza di pressione quasi nulla, la possibilità che si verifichi una fuoriuscita di fluido attraverso i casing è praticamente inesistente e il sistema costituito dai casing e dal tubing nei riguardi della fuoriuscita di acqua geotermica può essere considerato a sicurezza intrinseca.

Per dovere di completezza analitica si fa presente anche che la ESP è una pompa centrifuga multistadio, non volumetrica, quindi la massima pressione che essa potrà esercitare sarà comunque di poco superiore a quella di esercizio e determinabile dal costruttore. Valori anomali di sovrappressione causati dalla pompa sono quindi da escludere a priori.

Il sistema sarà comunque soggetto a monitoraggio dei parametri idrodinamici: portata, pressione nel tubing, pressione nell'intercapedine tubing- casing e relativo livello.

Quindi, anche qualora si verificasse un'anomalia nel sistema tubing-casing con trafileamento di acqua dal tubing verso l'intercapedine, quest'anomalia di funzionamento sarebbe rilevata, il sistema sarebbe immediatamente messo sotto osservazione per valutare la causa dell'anomalia e, se non risolvibile, il pozzo sarebbe messo fuori servizio per manutenzione.

Sicurezza dei pozzi: cementazione dei casing

E' ricorrente il dubbio che la cementazione dei casing sia talvolta scarsamente efficace.

Una certa criticità può avere origine da situazioni particolari della formazione geologica attraversata, in particolare in presenza di sistemi a gas o a vapore dominante.

Nel caso del progetto Castel Giorgio le formazioni di copertura che si prevede di isolare mediante i vari casing completamente cementati non presentano queste difficoltà. Anche le precedenti esperienze di perforazione condotte dall'Enel negli anni '70 e '80 dimostrano che le cementazioni sono realizzabili senza grossi problemi tecnici e risultano molto affidabili.

Il pozzo Alfina 13 è un esempio che fa scuola. Esso chiude a circa 40bar ed è pressurizzato a gas, attinge dalla cappa di gas che caratterizza la parte alta del serbatoio e si trova pertanto nelle condizioni potenzialmente più critiche per mettere in evidenza eventuali difetti di cementazione. Il monitoraggio delle emissioni di gas dal terreno realizzate da INGV hanno confermato la perfetta tenuta del sistema cemento-terreno in prossimità del pozzo.

Preme mettere in evidenza che, se la cementazione non fosse avvenuta in modo perfetto, la situazione sarebbe risultata diversa.

Per inciso si ricorda che anche i pozzi Alfina 4 e Alfina 14, che pure furono sottoposti a prove di produzione, hanno mantenuto la loro efficacia per decenni. Però essi costituiscono un esempio meno significativo dell'Alfina 13 perché attingono dal serbatoio in una parte ove questo è costituito solo da un acquifero senza cappa di gas e cioè da un sistema geotermico NON auto innescante, contrariamente al caso dell'Alfina 13.

Quest'ultimo rimane un caso scuola perché dimostra che la formazione di copertura presenta caratteristiche ottime per la buona riuscita della cementazione.

Inoltre dobbiamo tener conto che dal tempo in cui fu perforato il pozzo Alfina 13 la tecnologia di cementazione si è sviluppata notevolmente. Oltre a una ben più alta qualità della preparazione delle malte con l'introduzione dei batch mixer per l'omogeneizzazione della malta, sono oggi disponibili additivi ben più efficaci di

quelli a suo tempo impiegati. In particolare, oggi sono disponibili additivi atti a conferire elasticità alle malte oppure in grado di conferire loro capacità di “autoriparazione” una volta avvenuta la presa anche nel caso in cui l’annulus cementato rimanesse sede di difetti, discontinuità e quindi permeabilità. Sono le cosiddette malte “autoriparanti” o “self healing”. Questi additivi sono anche disponibili per generare la riparazione anche nel caso di filtrazione di acqua attraverso la malta a presa avvenuta.

Infine, quanto alla possibilità che a seguito della perforazione rimanga una residuale difettosità nel volume di roccia circostante il pozzo, vale quanto riportato al Paragrafo 3.4.13.1 dello SIA al quale si rimanda per i dettagli analitici.

Lo stesso argomento è stato trattato anche al Paragrafo 2.6 del documento “Risposta alle osservazioni dei comuni, associazioni e privati cittadini” al quale si rimanda (Allegato C1).

In sintesi, per motivi di densità delle malte e della loro composizione, il volume di roccia circostante il pozzo subirà per effetto della cementazione un deciso consolidamento con ulteriore riduzione della permeabilità.

Sicurezza delle Tubazioni di Trasporto del Fluido geotermico

In aggiunta a quanto riportato in Allegato A1 sul dimensionamento sismico delle tubazioni di superficie e sotterranee e a chiarimento sulla possibilità di eventuali perdite di fluido geotermico dalle tubazioni di superficie, si ricordano le misure di sicurezza, che verranno utilizzate per impedire l’eventuale fuoriuscita di fluido descritte nello SIA al Paragrafo 3.4.13.1 e Paragrafo 5.3, e nelle risposte fornite alle osservazioni pervenute da comuni, associazioni e singoli cittadini, consegnate al MATTM l’11 marzo 2014 (Allegato C1), cui si rimanda per dettagli:

- controllo accurato dei tubi e delle saldature al montaggio;
- sovra spessore delle tubazioni per una durata di trenta anni in esercizio;
- controllo periodico dello spessore effettivo delle tubazioni nel tempo con frequenza inizialmente mensile e successivamente con frequenza da individuare per evidenziare fenomeni corrosivi in atto e prendere le dovute contromisure.

Le tubazioni interrato oltre al sovra spessore di corrosione, ai giunti dielettrici e all’isolamento per impedire il contatto con l’ambiente esterno, saranno inoltre dotate di un sistema di rilevamento perdite con invio di segnale di allarme al quadro di controllo per l’immediato intervento.

Come descritto nel Paragrafo 3.4.13.1 dello SIA le possibili cause di rilascio di fluido geotermico sono la perdita di contenimento delle tubazioni/pozzi per corrosione o un eventuale danneggiamento delle tubazioni in esterno per urti.

Le parti delle tubazioni fuori terra sono ubicate solamente all’interno delle aree pozzi e della centrale ORC che sono recintate e accessibili solamente al personale addestrato. Inoltre i tratti di tubazione esposti saranno adeguatamente protetti da urti di macchinari o altro. Nell’eventualità remota di una rottura la

fuoriuscita del fluido avverrebbe su area pavimentata e dotata di pendenze verso la cantina dove, dopo isolamento del pozzo, il fluido verrà raccolto e re iniettato senza possibilità alcuna di interferenza col suolo.

Nelle aree agricole le tubazioni sono posate in modo tale che tra l'estradosso della tubazione e il piano campagna ci sia una distanza di 1,5 m: ciò garantisce che non ci siano urti con attrezzi agricoli che potrebbero generare danneggiamenti alla tubazione. Per gli accorgimenti adottati, appena descritti, si ritiene che il rischio per l'ambiente associato alla perdita di contenimento delle tubazioni per urto sia ridotto ad un livello assolutamente non significativo.

Inoltre, anche le tubazioni fuori terra sono dotate di sistema di rilevazione perdite descritto al Paragrafo 3.4.13.1 dello SIA, collegato ad un sistema di allarme in sala controllo, capace di individuare con uno scarto di pochi metri il punto della perdita.

In ogni caso, essendo anche l'ubicazione dell'eventuale perdita ben individuabile, la sua eliminazione è cosa facile mediante l'asportazione e conferimento a discarica del poco terreno contaminato.

Si ricorda comunque che la composizione del fluido geotermico ha una capacità inquinante di gran lunga inferiore a quella dell'acqua contenuta nella falda sospesa che invece è ricchissima di arsenico e alluminio e soprattutto è isolata dalla falda idropotabile.

2.2

A2) GHIAIETTO PER I POZZI DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO

SI RICHIEDE DI SPECIFICARE LE CARATTERISTICHE E IL SITO DI APPROVVIGIONAMENTO DEL MATERIALE INERTE (GHIAIETTO CALIBRATO) PER I POZZI DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO CHE VERRÀ POSTO A FONDO POZZO, NELL'INTERCAPEDINE TUBO-FORO.

In considerazione delle dimensioni della luce di passaggio dei filtri (2 mm) previsti per la costruzione dei pozzi di approvvigionamento idrico, il ghiaietto calibrato sarà costituito da ghiaia lavata della classe granulometrica compresa fra 0,4-0,8 cm circa (circa 2/4 volte l'apertura del filtro).

Questo tipo di materiale può essere facilmente approvvigionato dalle cave di prestito esistenti in zona, quali ad esempio:

- Impianto Gioacchini Sante – Cava Le Greppe, nel comune di Acquapendente (VT) ;
- Impianto Cava Pizzuti, nel comune di Castel Viscardo (TR).

2.3

A3) PIANO UTILIZZO TERRE

SI RICHIEDE LA REALIZZAZIONE DI UN PIANO UTILIZZO TERRE (PUT) CHE TENGA CONTO DEI 7435 M³ DI TERRENO NON UTILIZZATI PER IL REINTERRO, IN CONFORMITÀ A QUANTO PREVISTO DALL'ART. 5 DEL DM 161/2012. SI RICHIEDE A TALE RIGUARDO CHE IL PROPONENTE CHIARISCA:

- **L'AFFERMAZIONE SULLA NON CONTAMINAZIONE DEL TERRENO SCAVATO CHE NON È ADEGUATAMENTE SUPPORTATA NEL SIA, MANCANDO UNA CARATTERIZZAZIONE GEOCHIMICA DEL TERRENO, TENUTO ANCHE CONTO CHE 3704 M³ DI TERRENO PROVENGONO DA SCAVI IN ZONA NON AGRICOLA (STRADA ASFALTATA, AREA INDUSTRIALE, STRADA STERRATA);**
- **COME IL PREVISTO SPARGIMENTO DEL SUOLO RESIDUO NEI TERRENI AGRICOLI LIMITROFI, FUORI DEL SITO DI PROGETTO ANCHE SE NELLA STESSA AREA GEOGRAFICA, SODDISFI IL REQUISITO STABILITO DAL D.LGS 152/2006.**

Come già esposto nello Studio di Impatto Ambientale il progetto risponde ai requisiti stabiliti dall'art.185 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e dunque non rientra nel campo di applicazione della Parte Quarta dello stesso decreto ne' risulta ad esso applicabile la disciplina del D.M. 161/2012 che prevede la redazione del Piano Utilizzo Terre.

La presente risposta contiene maggiori dettagli e chiarimenti, oltre che alcune rettifiche, rispetto a quanto dichiarato nello SIA in merito alla gestione dei terreni movimentati in fase di realizzazione del progetto, riguardanti proprio i requisiti stabiliti dall'art.185 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i..

Si evidenzia che nell'ambito della predisposizione dello Studio di Impatto Ambientale sono già state eseguite indagini chimico-fisiche sui suoli delle aree coinvolte dal progetto, impiegando le modalità di campionamento dettate dal D.M.161/2012. I risultati di tali indagini, presenti nell' Allegato H dello SIA sono per comodità riportati in Allegato A3 al presente documento..

Le analisi effettuate sui terreni delle aree di intervento hanno evidenziato la conformità dei valori di Concentrazione Soglia di Contaminazione per tutti i campioni prelevati, considerando quali limiti di confronto quelli previsti dal D.Lgs.152/06 Allegato 5 Titolo V, Parte IV "Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti", Tabella 1 (Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare) Colonna A.

I terreni scavati nelle aree di intervento risultano pertanto "non contaminati" (a prescindere dalla classificazione d'uso delle zone di intervento che, si ricorda, risulta "agricola" per le postazioni CG1, CG2 e CG14 mentre risulta "industriale" per la postazione CG3 e l'Impianto ORC, sebbene anche queste ultime due siano attualmente interessate da coltivazioni agricole).

Come esposto nel seguito della presente risposta, il progetto prevede che i terreni movimentati durante le attività di scavo possano essere:

- o reimpiegati, per i rinterri, *in situ* ovvero esclusivamente all'interno delle aree di cantiere, soddisfacendo in tal modo i requisiti di cui all'art. 185 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., trattandosi di terreni "non contaminati";
- o smaltiti, come rifiuto, ad idoneo centro specializzato.

Nel seguito si riporta, con maggior dettaglio rispetto a quanto descritto nello SIA, il bilancio scavi-riporti relativo al progetto, con riferimento a (Tabelle 2.3a-c):

- i quantitativi di terre da scavare, in **verde**;
- i quantitativi di rinterri necessari nei siti di intervento, in **azzurro**;
- i quantitativi di materiale inerte di riporto necessari nei siti di intervento, in **grigio**.

Le aree di cantiere corrispondenti ai "siti di intervento" sono rappresentate in Figura 2.3a e corrispondono:

- per le postazioni di produzione e reiniezione e per l'Impianto ORC, alle stesse aree che risultano recintate nella configurazione di esercizio dell'Impianto Pilota e che presentano le seguenti estensioni:
 - Postazione CG1: 5.700 m²;
 - Postazione CG2: 6.400 m²;
 - Postazione CG3: 6.800 m²;
 - Postazione reiniezione CG14: 6.500 m²;
 - Impianto ORC: 8.200 m²;
- per le tubazioni, ad una fascia di ampiezza circa 5 m lungo il tracciato delle tubazioni stesse: tale estensione è legata alle modalità di posa delle tubazioni stesse che avverrà impiegando un mezzo pesante posto in affiancamento alla trincea, progredendo lungo il tracciato delle tubazioni (l'ampiezza del cantiere è pertanto definita dall'ampiezza della trincea e dall'ingombro dei mezzi pesanti).

Tabella 2.3a *Movimentazione Terre per Realizzazione Postazioni Produzione/Reiniezione*

Area di Intervento/Attività	Volume (m ³)
Postazione CG1	
Sbancamenti e scavi a sezione obbligata	-1.170
Rinterri per rilevati piazzale, rinterri e sistemazioni interne	+1.170
Riporto inerti per ossatura piazzale+strada+parcheggio auto	+ 2.000
Postazione CG2	
Sbancamenti e scavi a sezione obbligata	-1.770
Rinterri per rilevati piazzale, rinterri e sistemazioni interne	+1.100
Riporto inerti per ossatura piazzale+strada+parcheggio auto	+ 2.050
Postazione CG3	
Sbancamenti e scavi a sezione obbligata	-2.900
Rinterri per rilevati piazzale, rinterri e sistemazioni interne	+2.200
Riporto inerti per ossatura piazzale+strada+parcheggio auto	+ 1.720
Postazione CG14	
Sbancamenti e scavi a sezione obbligata	-2.150
Rinterri per rilevati piazzale, rinterri e sistemazioni interne	+1.100
Riporto inerti per ossatura piazzale+strada+parcheggio auto	+ 2.500

Esaminando i dati riportati nella tabella precedente e fermo restando quanto sopra detto in merito alla qualità dei suoli e dunque al fatto che i terreni scavati possano essere reimpiegati direttamente nei siti di intervento in quanto “non contaminati”, risulta che:

- CG1:
 - tutti i terreni scavati nella postazione e pari a 1.170 m³ saranno utilizzati per i rinterri all'interno della stessa postazione;
- CG2:
 - dei 1.770 m³ di terreno scavati nella postazione, 1.100 saranno utilizzati per i rinterri all'interno della stessa postazione, con una eccedenza di 670 m³ che sarà:
 - per il 50% distribuita su tutta la superficie dell'area di cantiere in oggetto corrispondente alla postazione stessa, pari a 6.400 m², ottenendo dunque uno spessore di 5 cm sull'area;
 - per il 50% smaltita come rifiuto in apposito centro specializzato;
- CG3:
 - dei 2.900 m³ di terreno scavati nella postazione, 2.200 saranno utilizzati per i rinterri all'interno della stessa postazione, con una eccedenza di 700 m³ che sarà:
 - per il 50% distribuita su tutta la superficie dell'area di cantiere in oggetto corrispondente alla postazione stessa, pari a 6.800 m², ottenendo dunque uno spessore di 5 cm su tutta l'area;
 - per il 50% smaltita come rifiuto in apposito centro specializzato;
- CG14:
 - dei 2.150 m³ di terreno scavati nella postazione, 1.100 saranno utilizzati per i rinterri all'interno della stessa postazione, con una eccedenza di 1.050 m³ che sarà:
 - per il 30% distribuita su tutta la superficie dell'area di cantiere in oggetto corrispondente alla postazione stessa, pari a 6.500 m², ottenendo dunque uno spessore di 5 cm su tutta l'area;
 - per il 70% smaltita come rifiuto in apposito centro specializzato.

Sulla base di quanto sopra indicato risulta che per la realizzazione delle postazioni di produzione/reiniezione saranno:

- scavati in totale 7.990 m³ di terreno (somma righe verdi di cui alla Tabella 2.3a);
- riutilizzati in sito, in quanto non “contaminati”, 5.570 m³ (nei rinterri: somma righe azzurre di cui alla Tabella 2.3a) + 1.000 m³ (distribuiti all'interno delle aree di cantiere come specificato sopra), per un totale di 6.570 m³;
- smaltiti come rifiuto in apposito centro specializzato in totale 1.420 m³.

Tabella 2.3b *Movimentazione Terre per Realizzazione Impianto ORC*

Movimenti Terre per Impianto ORC	Volume (m3)
Materiale da Scavo di scotico di 30 cm su tutta l'area	- 2.500
Materiale da Scavo di sbancamento per gli scavi delle fondazioni/basamenti di macchine e cabinati	- 1.600
Rinterri necessari	+ 1.050
Inerti per ossatura area di impianto	+ 1.400

Esaminando i dati riportati nella tabella precedente e fermo restando quanto sopra detto in merito alla qualità dei suoli e dunque al fatto che i terreni scavati possano essere reimpiegati direttamente nel sito di intervento in quanto “non contaminati”, risulta che:

- i terreni scavati nell'area dell'Impianto ORC ammontano a 4.100 m³; di questi:
 - 1.050 m³ saranno utilizzati per i rinterri all'interno della stessa area di cantiere,
 - con una eccedenza di 3.050 m³ che sarà:
 - per 410 m³ distribuita su tutta la superficie dell'area di cantiere in oggetto corrispondente alla zona dell'Impianto ORC, pari a 8.200 m², ottenendo dunque uno spessore di 5 cm su tutta l'area;
 - per la restante parte, pari a 2.640 m³, smaltita come rifiuto in apposito centro specializzato.

Tabella 2.3c *Movimentazione Terre per Realizzazione Tubazioni*

Area di Intervento/Attività	Volume (m ³)
T-CG1	
Materiale da Scavo	- 1.038
Rinterro	+ 708
Sabbia di riempimento	+ 270
T-CG2	
Materiale da Scavo	- 2.775
Rinterro	+ 1.942
Sabbia di riempimento	+ 693
T-CG3	
Materiale da Scavo	- 332
Rinterro	+ 227
Sabbia di riempimento	+ 86
T-CG2-1 (tratto su strada asfaltata)	
Materiale da Scavo	- 983
Materiale arido di riempimento di cava	+ 532
Sabbia di riempimento	+ 359
T-CG14 (tratto su terreno agricolo)	
Materiale da Scavo	- 4.086
Rinterro	+ 2.565
Sabbia di riempimento	+ 1.204
T-CG14 (tratto su strada comunale sterrata)	
Materiale da Scavo	- 2.389
Rinterro	+ 1.243
Sabbia di riempimento	+ 907

Nella precedente Tabella 2.3c è stata aggiunta una ulteriore evidenziazione (in arancio) corrispondente agli scavi per la realizzazione delle tubazioni il cui tracciato sarà realizzato lungo la sede stradale: come già anticipato nello Studio di Impatto Ambientale, tali terreni saranno smaltiti come rifiuto e trasportati ad idoneo centro specializzato.

In particolare si tratta della tubazione T-CG2-1 e di una parte della T-CG14: i terreni da smaltire ammontano in totale a 3.372 m³.

Per quanto riguarda le altre tubazioni risulta che:

- T-CG1: dei 1.038 m³ di terreno scavati per la realizzazione della trincea,
 - 708 m³ saranno utilizzati per i rinterri della stessa trincea,
 - con una eccedenza di 330 m³ che sarà:
 - per il 30% distribuita all'interno della fascia del cantiere relativo alla posa della tubazione in questione, ottenendo uno spessore di 5 cm su tutta l'area (lunghezza di 375 m x ampiezza di 5 m = 1.875 m²);
 - per il 70% smaltita come rifiuto in apposito centro specializzato;
- T-CG2: dei 2.775 m³ di terreno scavati per la realizzazione della trincea,
 - 1.942 m³ saranno utilizzati per i rinterri della stessa trincea,
 - con una eccedenza di 833 m³ che sarà:
 - per il 30% distribuita all'interno della fascia del cantiere relativo alla posa della tubazione in questione, ottenendo uno spessore di 5 cm su tutta l'area (lunghezza di 1.110 m x ampiezza di 5 m = 5.550 m²);
 - per il 70% smaltita come rifiuto in apposito centro specializzato;
- T-CG3: dei 332 m³ di terreno scavati per la realizzazione della trincea,
 - 227 m³ saranno utilizzati per i rinterri della stessa trincea,
 - con una eccedenza di 105 m³ che sarà:
 - per il 30% distribuita all'interno della fascia del cantiere relativo alla posa della tubazione in questione, ottenendo uno spessore di 5 cm su tutta l'area (lunghezza di 120 m x ampiezza di 5 m = 600 m²);
 - per il 70% smaltita come rifiuto in apposito centro specializzato;
- T-CG14: dei 4.086 m³ di terreno scavati per la realizzazione della trincea,
 - 2.565 m³ saranno utilizzati per i rinterri della stessa trincea,
 - con una eccedenza di 1.521 m³ che sarà:
 - per il 25% distribuita all'interno della fascia del cantiere relativo alla posa della tubazione in questione, ottenendo uno spessore di 7 cm su tutta l'area (lunghezza di 1.018 m x ampiezza di 5 m = 5.090 m²);
 - per il 75% smaltita come rifiuto in apposito centro specializzato.

Sulla base di quanto sopra indicato risulta che per la realizzazione delle tubazioni saranno:

- scavati in totale 8.231 m³ di terreno (somma righe verdi di cui alla Tabella 2.3c);
- riutilizzati in sito, in quanto non "contaminati", 5.442 m³ (nei rinterri delle trincee: somma righe azzurre di cui alla Tabella 2.3c) + 761 m³ (distribuiti all'interno delle aree di cantiere come specificato sopra), per un totale di 6.203 m³;

- smaltiti come rifiuto in apposito centro specializzato in totale 2.028 m³.

2.3.1

Conclusioni

In sintesi, il progetto risponde ai requisiti stabiliti dall'art.185 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e dunque non rientra nel campo di applicazione della Parte Quarta dello stesso decreto in quanto i terreni movimentati durante le attività di scavo saranno:

- o reimpiegati, per i rinterri, *in situ* ovvero esclusivamente all'interno delle aree di cantiere, soddisfacendo in tal modo i requisiti di cui all'art. 185 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., trattandosi di terreni "non contaminati";
- oppure smaltiti, come rifiuto, in idoneo centro specializzato.

Di seguito si riporta la quantificazione totale di quanto esposto.

Tabella 2.3.1a Gestione Terreni Movimentati dal Progetto

Area di Intervento/Attività	Volume (m ³)
Postazioni Produzione/Reiniezione	
Terreni Scavati	7.990
Terreni Reimpiegati in Sito in quanto "non contaminati"	6.570
Terreni eccedenti smaltiti come rifiuto	1.420
Impianto ORC	
Terreni Scavati	4.100
Terreni Reimpiegati in Sito in quanto "non contaminati"	1.460
Terreni eccedenti smaltiti come rifiuto	2.640
Tubazioni	
Terreni Scavati ⁽¹⁾	8.231
Terreni Reimpiegati in Sito in quanto "non contaminati"	6.203
Terreni eccedenti smaltiti come rifiuto	2.028
Terreni smaltiti come rifiuto derivanti da scavi su strada	3.372
<u>Note</u>	
⁽¹⁾ Tale valore non comprende gli scavi su strada	

Totali	Volume (m ³)
Terreni Scavati ⁽¹⁾	20.321
Terreni Reimpiegati in Sito in quanto "non contaminati"	14.233
Terreni eccedenti smaltiti come rifiuto	6.088
Terreni smaltiti come rifiuto derivanti da scavi su strada	3.372
<u>Note</u>	
⁽¹⁾ Tale valore non comprende gli scavi su strada	

2.4

A4) TUBAZIONI

IL PROPONENTE RIPORTA TRACCIATI DI PROGETTO, SEZIONI DI SCAVO, SISTEMAZIONE DEL TUBO E REINTERRO, IN FUNZIONE DELL'USO ORIGINARIO DEL SUOLO (AREA AGRICOLA, STRADA ASFALTATA, STRADA STERRATA), SENZA APPROFONDIRE LE MODALITÀ DI SCAVO, DEPOSITO E REINTERRO. SI CHIEDE, PERTANTO, DI ESPlicitARE:

- **MODALITÀ DI SCORTICO DEL TERRENO SUPERFICIALE, DI DEPOSITO E CONSERVAZIONE DELLO STESSO, E DI REINTERRO VOLTO AL RIPRISTINO DELLA STRATIFICAZIONE ORIGINARIA E ALLA CONSERVAZIONE DEL CARATTERE PEDOLOGICO DELL'AREA;**
- **GLI ACCORGIMENTI CHE SI INTENDONO ADOTTARE PER MANTENERE UN LIVELLO DI PERMEABILITÀ, ORIZZONTALE E VERTICALE, EQUIVALENTE A QUELLO PREESISTENTE, EVITANDO LE CANALIZZAZIONI PARALLELE ALL'ASSE DELLE TUBAZIONI E/O EFFETTI BARRIERA IN DIREZIONE ORTOGONALE;**
- **NON È PREVISTA UNA SEZIONE DI SCAVO CORRISPONDENTE PER LA TUBAZIONE TCG2 CHE SI SVILUPPA IN AREA INDUSTRIALE. SI CHIEDE DI SPECIFICARNE LA RAGIONE O, EVENTUALMENTE, DI INCLUDERE TALE SEZIONE;**
- **LE MODALITÀ DI SCAVO, DI POSA E DI PROTEZIONE DEL TUBO IN CORRISPONDENZA DI EVENTUALI INTERFERENZE CON CORPI IDRICI SUPERFICIALI E STRADE;**
- **LE INTERFERENZE DELLE TUBAZIONI, SE PRESENTI, CON AREE VINCOLATE DA SPECIFICHE DESTINAZIONI D'USO E CON AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO (PAI) INDICANDO LE MODALITÀ DI MESSA IN OPERA IN PRESENZA DI QUESTE INTERFERENZE.**

2.4.1

Modalità di esecuzione degli scavi

Le operazioni di scavo verranno condotte in modo tale da mantenere inalterate le condizioni pedologiche delle aree interessate, ripristinando di fatto la situazione stratigrafica ante-operam.

In particolare, si procederà ad accantonare in cumuli distinti i diversi materiali di risulta dello scavo, che saranno diversi anche in funzione delle aree che saranno attraversate.

Si riportano, di seguito, le sequenze di scavo e reinterro che dovranno essere seguite nei tre casi che si presentano per il progetto in esame.

Si fa presente che gli spessori riportati nel seguitosi riferiscono esclusivamente ai riempimenti delle trincee in progetto e non tengono conto del sovrappessore di circa 5 cm risultante dalla ricollocazione del terreno eccedente nell'area di cantiere.

Scavo in aree agricole

- Asportazione dello strato superficiale di 30 cm, costituente il terreno vegetale e formazione di un primo cumulo;
- Scavo della trincea fino alla profondità richiesta, in base al diametro della condotta ed accantonamento del materiale di risulta in un cumulo distinto dal precedente;

- Posa dello strato di 10 cm sabbia;
- Posa della tubazione e dei cavidotti (per il passaggio dei cavi di potenza e di segnale);
- Ricopertura con sabbia delle condotte fino a 10 cm sopra l'estradosso della tubazione di trasporto del fluido geotermico;
- Riempimento con il terreno di risulta estratto alla profondità corrispondente o comunque della stessa tipologia (in accordo alla stratigrafia del terreno interessato);
- Ricopertura fino a piano campagna degli ultimi 30 cm della trincea impiegando i corrispondenti 30 cm derivati dallo scotico dello strato vegetale precedentemente accantonato.

Scavo su strada bianca

- Asportazione dello strato superficiale di 30 cm, costituente la fondazione della strada e formazione di un primo cumulo (A);
- Asportazione di un secondo strato di 50 cm (tale valore sarà confermato con appositi sondaggi che verranno effettuati prima dell'inizio dei lavori) e accantonamento di un secondo cumulo (B);
- Scavo della trincea fino alla profondità richiesta, in base al diametro della condotta e formazione del terzo cumulo (C) di materiale di risulta;
- Posa dello strato di 10 cm sabbia;
- Posa della tubazione e dei cavidotti (per il passaggio dei cavi di potenza e di segnale);
- Ricopertura con sabbia delle condotte fino a 10 cm sopra l'estradosso della tubazione del fluido geotermico;
- Posa di uno strato 20 cm di terreno proveniente dal terzo cumulo (C) accantonato (fino ad arrivare ad 80 cm dal p.c.);
- Posa di 50 cm impiegando il materiale proveniente dal secondo cumulo (B);
- Posa di 30 cm del terreno accantonato costituente il primo cumulo (A) per il ripristino della fondazione stradale.

Scavo su strada asfaltata

- Demolizione del manto stradale;
- Scavo della trincea fino alla profondità richiesta, in base al diametro della condotta e accantonamento del materiale di risulta (che verrà interamente conferito a centri specializzati di smaltimento/recupero);
- Posa dello strato di 10 cm sabbia;
- Posa della tubazione e dei cavidotti (per il passaggio dei cavi di potenza e di segnale);
- Ricopertura con sabbia delle condotte fino a 10 cm sopra l'estradosso della tubazione del fluido geotermico;
- Riempimento del rimanente volume dello scavo (fino a piano campagna) con materiale arido da cava delle opportuna consistenza in modo da conferire le caratteristiche meccaniche necessarie a sopportare il carico stradale;
- Ripristino del manto stradale.

2.4.2***Descrizione degli accorgimenti adottati per mantenere un livello di permeabilità, orizzontale e verticale, equivalente a quello preesistente***

I livelli di permeabilità post operam saranno mantenuti equivalenti a quelli presenti nel terreno prima dei lavori grazie a due accorgimenti:

- come descritto al precedente Paragrafo 2.4.1, ripristinare, in fase di ricopertura della trincea, la stratigrafia del terreno pre-esistente;
- effettuare il costipamento del terreno ogni 30-40 cm di terreno posato per il reinterro. In tal modo si ottiene un'uniforme compattazione dei vari livelli di terreno reinterro ed evitare che si verifichino delle canalizzazioni preferenziali in senso verticale o orizzontale.

Inoltre, successivamente alle fasi di reinterro della condotta, si procederà alla riprofilatura dell'area interessata dai lavori e alla riconfigurazione delle pendenze pre-esistenti, ricostituendo la morfologia originaria del terreno in modo da riattivare le linee di deflusso idrico eventualmente presenti.

2.4.3***Dettagli riguardo alla sezione di scavo per la tubazione T-CG2***

Come esposto al Paragrafo 3.4.2.4 dello SIA (pag 86) il tratto di tubazione T-CG2 si sviluppa esclusivamente in area agricola.

Per tale motivo nella Figura 3.4.2.4b allegata allo SIA non è mostrata una sezione tipica di scavo della tubazione T-CG2 in area industriale.

L'incongruenza riscontrata è dovuta ad un'imprecisione nella compilazione della tabella relativa al computo degli scavi riporti (Tabella 3.4.12.6b) in cui è riportata la voce "T-CG2 (tracciato interamente su area industriale)".

I valori dei volumi dei materiali degli scavi-riporti di tale voce si riferiscono in effetti alla tubazione T-CG3 per cui la denominazione corretta di tale voce è: "T-CG3 (tracciato su area agricola)", la cui sezione di scavo è il "tipo E" in Figura 3.4.2.4 dello SIA.

La Tabella 2.3c riportata sopra, in cui sono dettagliati gli scavi-riporti relativi alla realizzazione delle tubazioni, sostituisce la Tabella 3.4.12.6b dello SIA.,

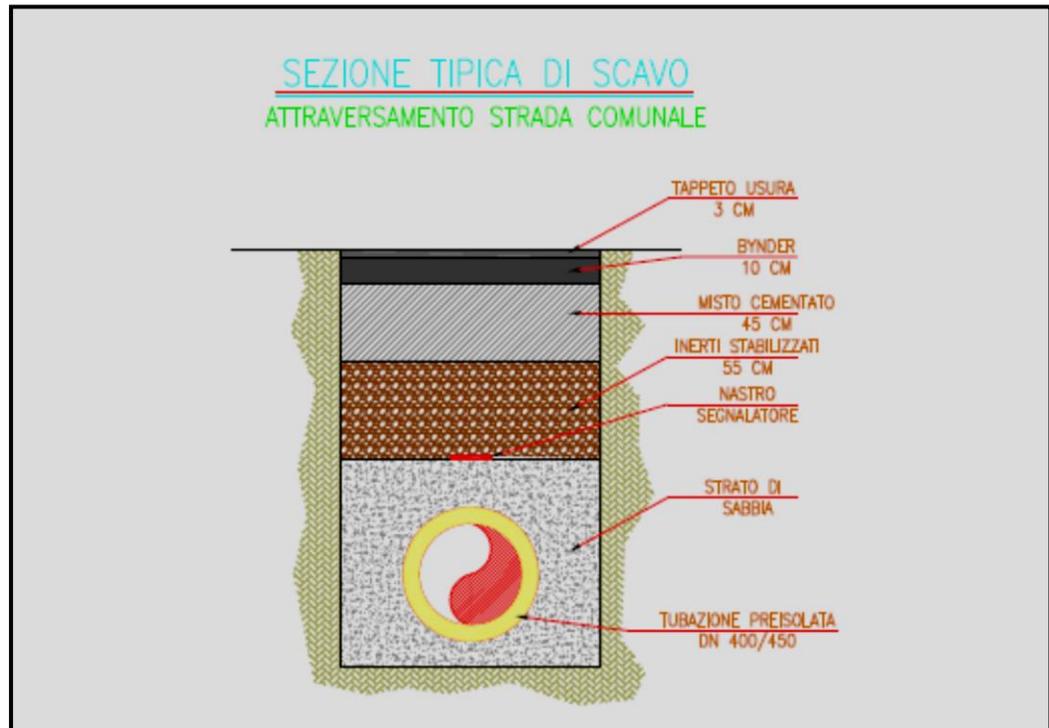
2.4.4***Modalità di scavo, di posa e di protezione del tubo in corrispondenza di eventuali interferenze con corpi idrici superficiali e strade***

Il percorso delle tubazioni interrato non interferisce con alcun corpo idrico superficiale.

Sono previsti n.3 attraversamenti di strade comunali.

Si riporta di seguito, in Figura 2.4.4a, la sezione tipica di scavo per l'attraversamento di tale tipologia di strada.

Figura 2.4.4a *Attraversamento della Condotta di Fluido Geotermico di Strada Comunale*



La tubazione, una volta posata, sarà coperta con sabbia esente da pietre fino a 100 mm al di sopra della generatrice superiore del rivestimento esterno del tubo. Quindi si posa un nastro segnalatore in corrispondenza dell'asse della condotta.

A questo punto verrà posato prima uno strato di inerti, quindi uno strato di misto cementato (calcestruzzo a dosaggio molto asciutto). Questo secondo strato, in particolare, avrà una funzione protettiva della condotta, in quanto si tratta di un materiale che limita cedimenti/assestamenti del terreno in conseguenza del carico stradale. Allo stesso tempo non crea una barriera di difficile rimozione come potrebbe essere una vera e propria soletta di calcestruzzo.

Infine deve essere ripristinato l'asfalto e tale operazione viene effettuata in due stadi. Prima viene gettato uno strato di 10 cm di bynder (avente una granulometria di 0-19 mm) con funzione di sottofondo del manto stradale. Dopo 3 mesi viene steso un secondo strato che costituisce il vero e proprio manto di usura, ha lo scopo di dare una continuità al manto stradale e sostanzialmente va a nascondere l'intervento effettuato uniformando la superficie viabile.

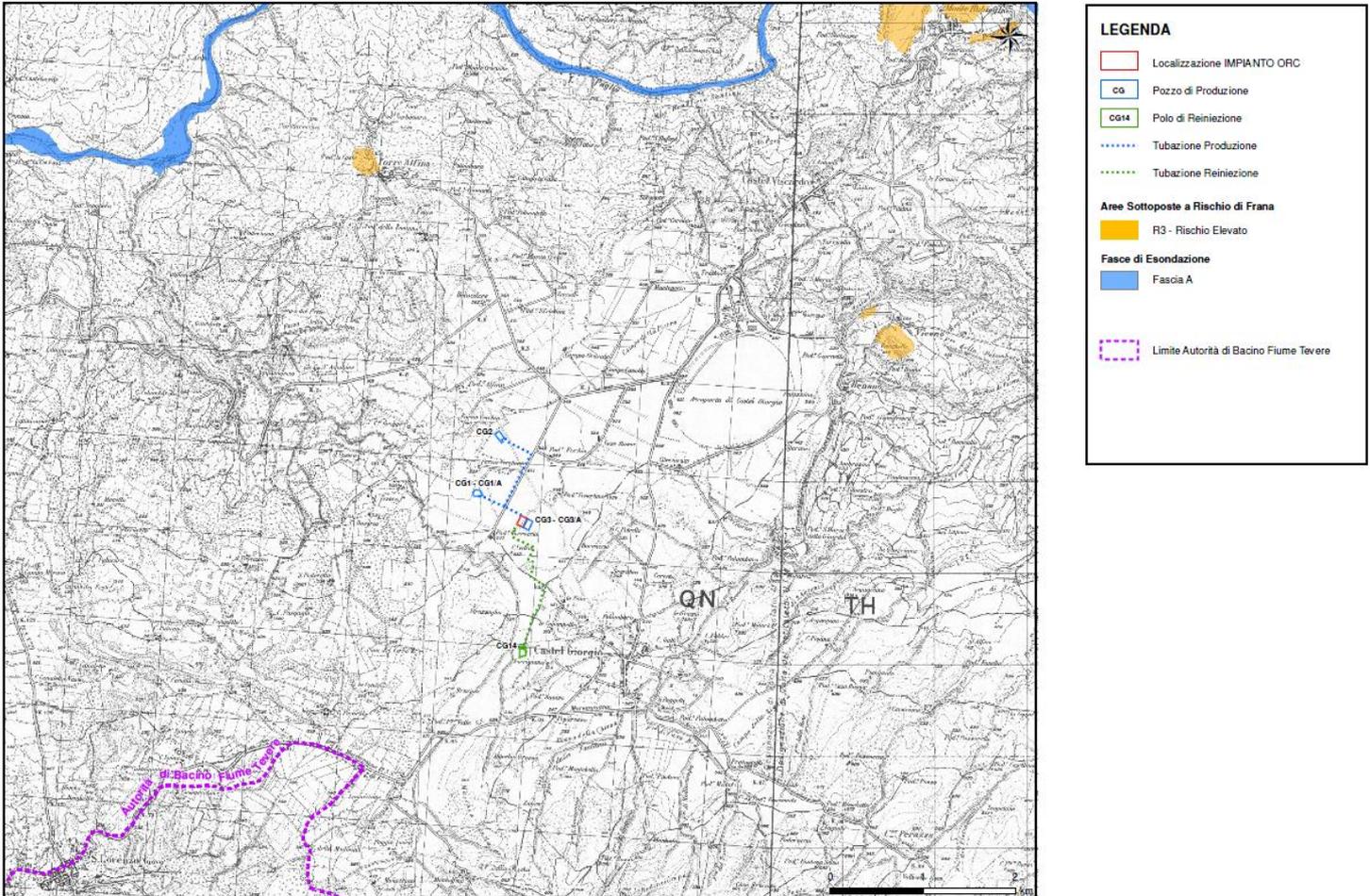
2.4.5 *Interferenze delle tubazioni, se presenti, con aree vincolate da specifiche destinazioni d'uso e con aree a rischio Idrogeologico (PAI) ed indicazione delle modalità di messa in opera in presenza di queste interferenze*

Nel Capitolo 2 dello Studio di Impatto Ambientale sono stati esaminati i principali strumenti di pianificazione territoriale vigenti nell'area di intervento ed identificate le interferenze delle tubazioni con eventuali aree vincolate da specifiche destinazioni d'uso.

Dall'analisi effettuata non risulta alcuna interferenza delle tubazioni con le aree a rischio idrogeologico identificate dal Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Tevere. Nella seguente immagine si riporta un estratto della Figura 2.4.1.1a allegata allo SIA, da cui ciò risulta evidente.

Figura 2.4.5a Estratto della Figura 2.4.1.1a "Aree Sottoposte a Tutela per Dissesto Idrogeologico - P.A.I. AdB Fiume Tevere" allegata allo SIA

Figura 2.4.1.1a Aree Sottoposte a Tutela per Dissesto Idrogeologico - P.A.I. AdB Fiume Tevere



Secondo quanto riportato nella cartografia allegata al Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Terni (PTCP) - Figura Fig.2.2.3.1b "Estratto Tavola I "Progetto di Struttura" - PTCP Terni" dello SIA - e in quella allegata al Piano Regolatore Generale Intercomunale dei Comuni di Allerona-Castel Giorgio-Castel Viscardo (PRGI) - Fig.2.3.2.1a "Estratto Tavola Cr.2_PR.6 "Instabilità e Criticità; Carta della Idoneità Geologica alla Destinazione Urbanistica" Piano Regolatore Generale Intercomunale dei Comuni di Allerona, Castel Viscardo, Castel Giorgio" dello SIA -, alcuni tratti delle tubazioni ricadono in area soggetta a vincolo idrogeologico, istituito con il R.D.L. 30 dicembre 1923 n. 3267 e il successivo regolamento di attuazione R.D. 1126/1926.

Come già esposto nello Studio di Impatto Ambientale, tale vincolo non preclude la possibilità di intervenire sul territorio bensì mira alla preservazione dell'ambiente fisico ed all'impedimento di forme di utilizzazione del territorio che

possano determinare denudazione, innesco di fenomeni erosivi, perdita di stabilità, ecc.

Nelle aree interessate dal tracciato delle tubazioni classificate a vincolo idrogeologico non sono identificate situazioni di dissesto o condizioni tali da poter essere compromesse dagli interventi in progetto. Si fa altresì presente che trattasi di aree attualmente destinate a scopi agricoli e, per una parte della tubazione T-CG14, di una strada bianca esistente. La realizzazione delle tubazioni in progetto non comporterà alcuna variazione alla destinazione d'uso attuale dei luoghi.

In virtù di quanto detto, non si ritiene sussistano le condizioni per eseguire la posa in opera delle tubazioni nelle aree sottoposte a vincolo idrogeologico in modo diverso rispetto a quanto descritto nei precedenti Paragrafi da 2.4.1 a 2.4.4.

2.5

A5) ELETTRODOTTO

SI CHIEDE D'INTEGRARE LO SIA CON:

- **LA DESCRIZIONE DELLE TIPOLOGIE DI FONDAZIONE PER I SOSTEGNI DELL'ELETTRODOTTO IN PROGETTO (INDICANDO COME TALI TIPOLOGIE TENGONO CONTO DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO ATTRAVERSATO);**
- **LA DESCRIZIONE DELLE SOLUZIONI ADOTTATE PER LE 22 INTERFERENZE CHE SONO SOLO ELENCAE NEL SIA, CON PARTICOLARE RIGUARDO ALLA REALIZZAZIONE DELLE FONDAZIONI DEI SOSTEGNI IN PROSSIMITÀ DEGLI ATTRAVERSAMENTI DI CORPI IDRICI SUPERFICIALI, ONDE EVITARE INQUINAMENTI O INTERFERENZE CON LA FALDA, E/O CAUSARE L'INSORGERE DI PROBLEMATICHE DI TIPO IDRAULICO NELLE DINAMICHE DI POSSIBILI ESONDAZIONI;**
- **LA VERIFICA DI COERENZA "DEL PROGETTO DELL'ELETTRODOTTO DI COLLEGAMENTO ALLA CABINA SECONDARIA NUOVA ITELCO DI ENEL DISTRIBUZIONE CON QUANTO PRESCRITTO DAGLI ARTICOLI DELLE NTAS" DEL PRG COME RICHiesto DAL PARERE ESPRESSO DALL'UFFICIO PROGRAMMAZIONE URBANISTICA DEL COMUNE DI ORVIETO (NEL CUI TERRITORIO SI SVILUPPA LA PARTE TERMINALE DELL'ELETTRODOTTO).**

La presente risposta si compone di due parti:

- la prima in cui sono fornite maggiori indicazioni in merito alle fondazioni dei sostegni dell'elettrodotta in progetto;
- la seconda in cui sono esaminate le Norme Tecniche di Attuazione del Piano Regolatore Generale Parte Strutturale (PRG.S) del Comune di Orvieto e verificata la coerenza del progetto ad esse.

2.5.1

Fondazioni dei sostegni dell'elettrodotta

Come indicato in Allegato 4 "Opere Connesse" al Progetto Definitivo consegnato al MATTM per l'avvio della procedura di VIA relativa al progetto in essere, in particolare nell'Elaborato 056.12.01.R1 Relazione Tecnico Descrittiva, la linea

elettrica è stata progettata, in accordo a quanto richiesto dal Gestore della Rete, ovvero Enel Distribuzione, in conformità alle Norme elaborate dal Comitato Tecnico 11 del CEI che disciplinano la progettazione, la costruzione e l'esercizio delle linee elettriche (Norma CEI 11-4 e relative varianti), e costituiscono disposizioni di legge:

- Decreto Ministeriale 21/03/1988, "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne" (Norma Linee);
- Decreto Ministeriale 16/01/1991, "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne".

In particolare, per i sostegni in lamiera saldata a sezione poligonale in tronchi innestabili come quelli in progetto, è previsto l'utilizzo di fondazioni del tipo "normale M1" interrate.

Si tratta di fondazioni pre-calcolate, rispondenti alla normativa vigente in materia di linee elettriche e rispondenti a quanto richiesto da Enel Distribuzione.

Di seguito si riporta la Tavola relativa alle fondazioni "M1" estratta dal documento "Linee in cavo aereo MT" nella "Sezione Materiali Scavi e Fondazioni" edito da Enel Distribuzione - Direzione Rete - Supporto Ingegneria, già presentata nella Relazione Tecnico Descrittiva sopra richiamata.

Per ogni tipologia di palo, nella Tavola di Enel sono definite le caratteristiche geometriche della relativa fondazione. Di seguito sono elencate le tipologie di palo previste dal progetto.

Tabella 2.5.1a *Elenco delle tipologie di pali previste per l'elettrodotto in progetto per l'identificazione delle relative fondazioni*

Sigla delle fondazioni	identificativa	Pali
14/H/24		S01, S02,
16/H/24		S03, S11, S42, S86
21/H/24		S04, S40, S41, S43
21/F/17		S05, S35, S87
21/G/24		S06
14/D/14		S07, S08, S09, S10, S12, S13, S14, S16, S22, S27, S28, S29, S30, S31, S32, S33, S34, S38, S39, S45, S46, S47, S48, S49, S50, S53, S54, S56, S58, S59, S60, S61, S62, S63, S64, S67, S68, S69, S71, S72, S74, S80, S81, S82, S84, S85, S94, S95, S96, S97, S99, S100, S102, S103, S104, S105
16/F/17		S15, S52, S73, S83
12/D/14 *		S17, S19, S79, S109, S110, S111, S112, S113, S114, S115
12/C/14 *		S18
14/F/17		S20, S21, S57
14/E/17		S23, S24, S25, S26, S75, S76, S107
18/F/17		S36, S66
16/D/14		S37, S44, S51, S88, S98
18/G/24		S55
24/G/24		S65
16/G/24		S70, S101
10/F/17 *		S77
10/D/14 *		S78, S89
12/G/24		S90
10/C/14 *		S91
9/C/14 *		S92
12/F/17		S93, S108
14/G/24		S106
12/H/24		S116
Commenti		
<p>* Si tratta di pali poco utilizzati per le proprie dimensioni contenute, e dunque non risultano elencati tra le tipologie riportate nelle Tavole di Enel seguenti. Le fondazioni di tali pali sono comunque del tipo M1 e presentano dimensioni inferiori rispetto a quelle dettagliate nelle Tavole di Enel (per le sigle non riportate, come tipologia di riferimento può essere considerata la sigla che presenta la stessa lettera ed il valore del primo numero più vicino a quello in esame).</p>		



Linee in cavo aereo MT

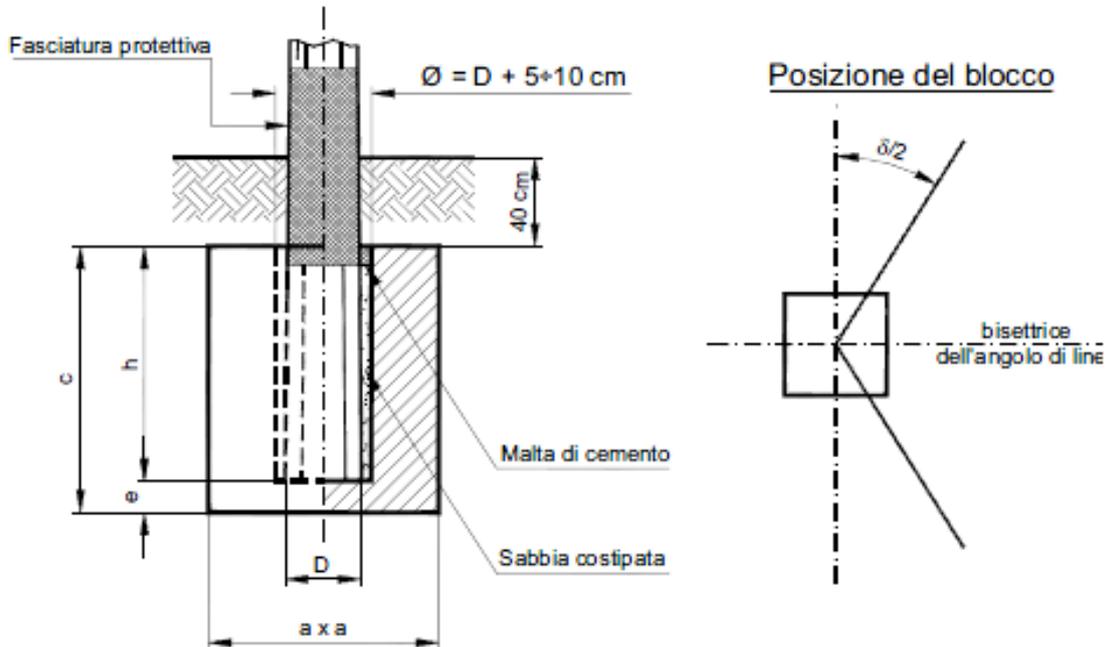
MATERIALI
SCAVI E FONDAZIONI

Tavola

M9.1

Ed. 2 Agosto 2004

**SCAVI E FONDAZIONI INTERRATE PER SOSTEGNI
IN LAMIERA SALDATA A SEZIONE OTTAGONALE**



Sigla del palo H/tipo/d	h [m]	e [m]	c [m]	M 1 Normale		
				a [m]	V _s [m ³]	V _c [m ³]
12/B/14 ⁽¹⁾	1.20	0.10	1.30	0.90	1.38	1.05
12/C/15	1.20	0.10	1.30	0.90	1.38	1.05
12/D/15	1.20	0.20	1.40	0.90	1.46	1.13
12/E/17	1.20	0.20	1.40	1.10	2.18	1.69
12/F/17	1.20	0.20	1.40	1.30	3.04	2.37
12/G/24	1.20	0.30	1.50	1.50	4.28	3.38
12/H/24	1.20	0.30	1.50	2.10	8.38	6.62

⁽¹⁾ Questo sostegno, se utilizzato in rettilineo, fatta eccezione per gli attraversamenti delle opere speciali di cui alla Norma linee e per i terreni di scarsa consistenza, va infisso direttamente nel terreno, avendo cura di effettuare il riempimento dello scavo con strati alterni di terra e ciottolame accuratamente costipati. La profondità di infissione minima deve essere pari a 1,75 m.





Linee in cavo aereo MT

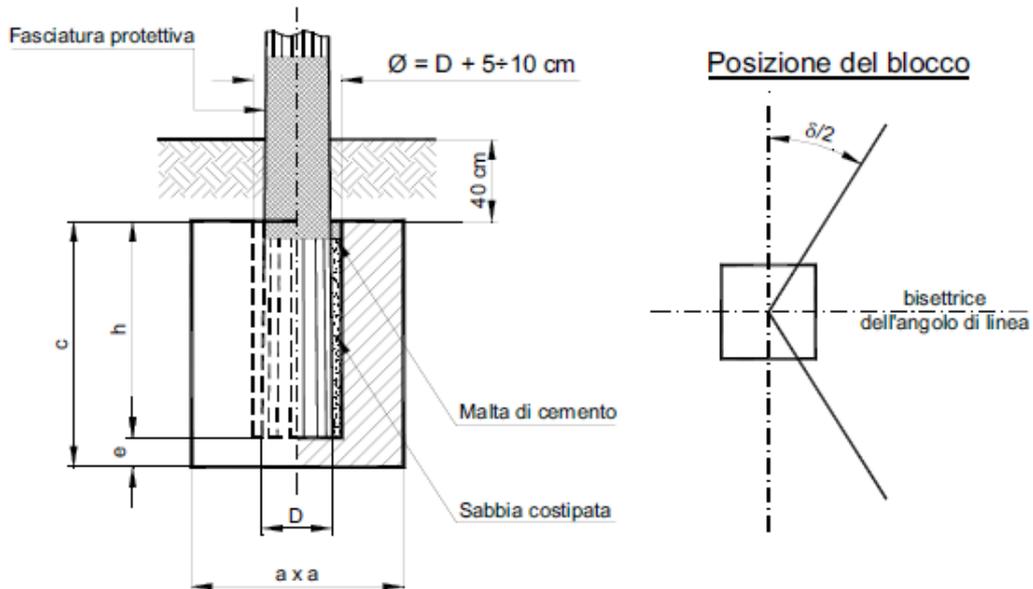
MATERIALI
SCAVI E FONDAZIONI

Tavola

M9.3

Ed. 2 Agosto 2004

SCAVI E FONDAZIONI INTERRATE PER SOSTEGNI IN LAMIERA SALDATA A SEZIONE POLIGONALE IN TRONCHI INNESTABILI



Sigla del palo H/tipo/d	h [m]	e [m]	c [m]	M 1 Normale		
				A [m]	Vs [m ³]	Vc [m ³]
14/D/14	1.40	0.20	1.60	0.90	1.62	1.30
16/D/14	1.60	0.20	1.80	0.90	1.78	1.46
14/E/17	1.40	0.20	1.60	1.00	2.00	1.60
16/E/17	1.60	0.20	1.80	0.90	1.78	1.46
14/F/17	1.40	0.20	1.60	1.20	2.88	2.30
16/F/17	1.60	0.30	1.90	1.10	2.78	2.30
18/F/17	1.80	0.30	2.10	1.00	2.50	2.10
21/F/17	2.10	0.30	2.40	0.90	2.27	1.94
14/G/24	1.40	0.30	1.70	1.50	4.73	3.83
16/G/24	1.60	0.30	1.90	1.40	4.51	3.72
18/G/24	1.80	0.30	2.10	1.30	4.23	3.55
21/G/24	2.10	0.30	2.40	1.20	4.03	3.46
24/G/24	2.40	0.30	2.70	1.10	3.75	3.27
27/G/24	2.40	0.30	2.70	1.30	5.24	4.56
14/H/24	1.40	0.30	1.70	2.10	9.26	7.50
16/H/24	1.60	0.40	2.00	1.90	8.66	7.22
18/H/24	1.80	0.40	2.20	1.90	9.39	7.94
21/H/24	2.10	0.40	2.50	1.80	9.40	8.10
24/H/24	2.40	0.40	2.80	1.60	8.19	7.17
27/H/24	2.40	0.40	2.80	1.80	10.37	9.07
12/J/28	1.40	0.40	1.80	2.50	13.75	11.25
14/J/28	1.40	0.40	1.80	2.70	16.04	13.12
16/J/28	1.60	0.40	2.00	2.60	16.22	13.52



Il progetto non prevede l'adozione di tipologie di fondazione diverse a seconda degli elementi interferiti dalla linea elettrica.

Di seguito si richiamano le n.22 interferenze della linea elettrica:

Tabella 2.5.1a *Elenco delle Interferenze della Linea Elettrica MT in Progetto*

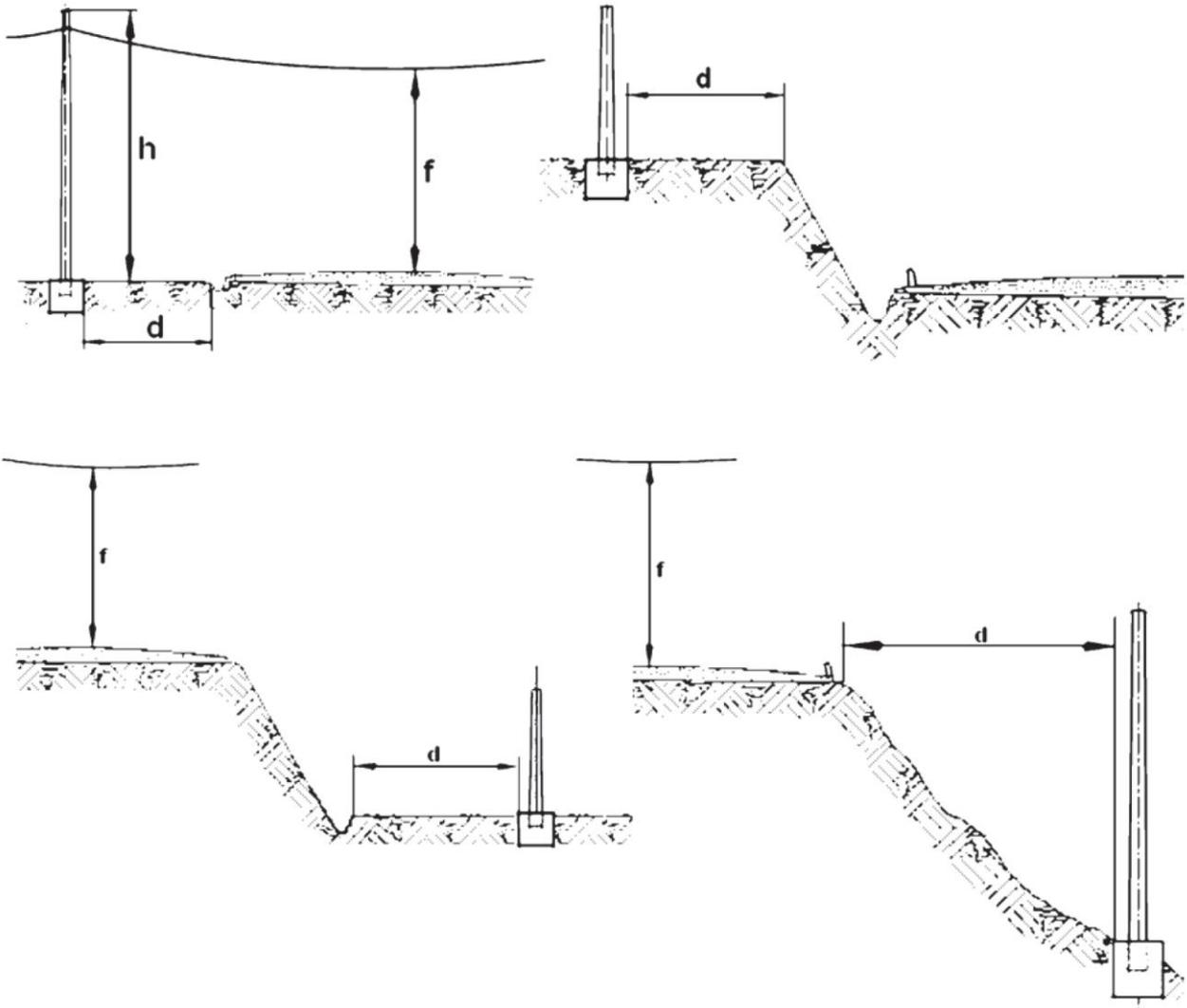
N.	Tipo di interferenza	Ente interessato
1	Linea AT	Terna S.p.A.
2	SP45	Provincia di Terni
3	Linea MT	Enel Distribuzione
4	SC di Benano	Comune di Orvieto
5	SC di Benano	Comune di Orvieto
6	Linea MT	Enel Distribuzione
7	Linea BT	Enel Distribuzione
8	SC di Benano	Comune di Orvieto
9	SC di Benano	Comune di Orvieto
10	Torrente Romealla	AdB Fiume Tevere
11	Linea MT	Enel Distribuzione
12	Linea MT	Enel Distribuzione
13	Linea AT	Terna S.p.A.
14	SC di Benano	Comune di Orvieto
15	SC di Benano	Comune di Orvieto
16	Linea TLC	Telecom Italia S.p.A.
17	Linea MT	Enel Distribuzione
18	Linea AT	Terna S.p.A.
19	Linea TLC	Telecom Italia S.p.A.
20	SP99	Provincia di Terni
21	SC	Comune di Orvieto
22	Linea AT	Terna S.p.A.

Come visibile si tratta di altre linee elettriche o strade; a queste si aggiunge l'attraversamento del Torrente Romealla.

Anche in questo caso, come già indicato nel Progetto, il posizionamento dei pali nei confronti degli attraversamenti sarà conforme ai tipici definiti nelle Linee Guida di Enel Distribuzione per le linee MT in cavo aereo (edizione 2004), di cui si riporta un estratto nelle immagini seguenti (Paragrafo 3.4.4.4 dello SIA).

OPERE INTERFERENTI:

- **STRADE STATALI E LORO COLLEGAMENTI NELL'ABITATO**
- **STRADE PROVINCIALI E LORO COLLEGAMENTI NELL'ABITATO**
- **STRADE COMUNALI**



TIPO DI STRADA	f [m]	d [m]	ANGOLO DI INCROCIO ⁽⁴⁾
Statale	≥ 7,30 (7,23)	≥ h ⁽¹⁾	≥ 30°
Provinciale	≥ 7,30 (7,23)	≥ 2/5 h ⁽²⁾	
Comunale	≥ 5	≥ 3 ⁽³⁾	

(1) riducibile previo benestare dell'ANAS o dell'Ente proprietario della strada.

(2) nell'abitato è riducibile previo benestare del Genio Civile o dell'Amm.ne Provinciale sino all'installazione in banchina o sul marciapiede.

(3) nessuna prescrizione se interna all'abitato.

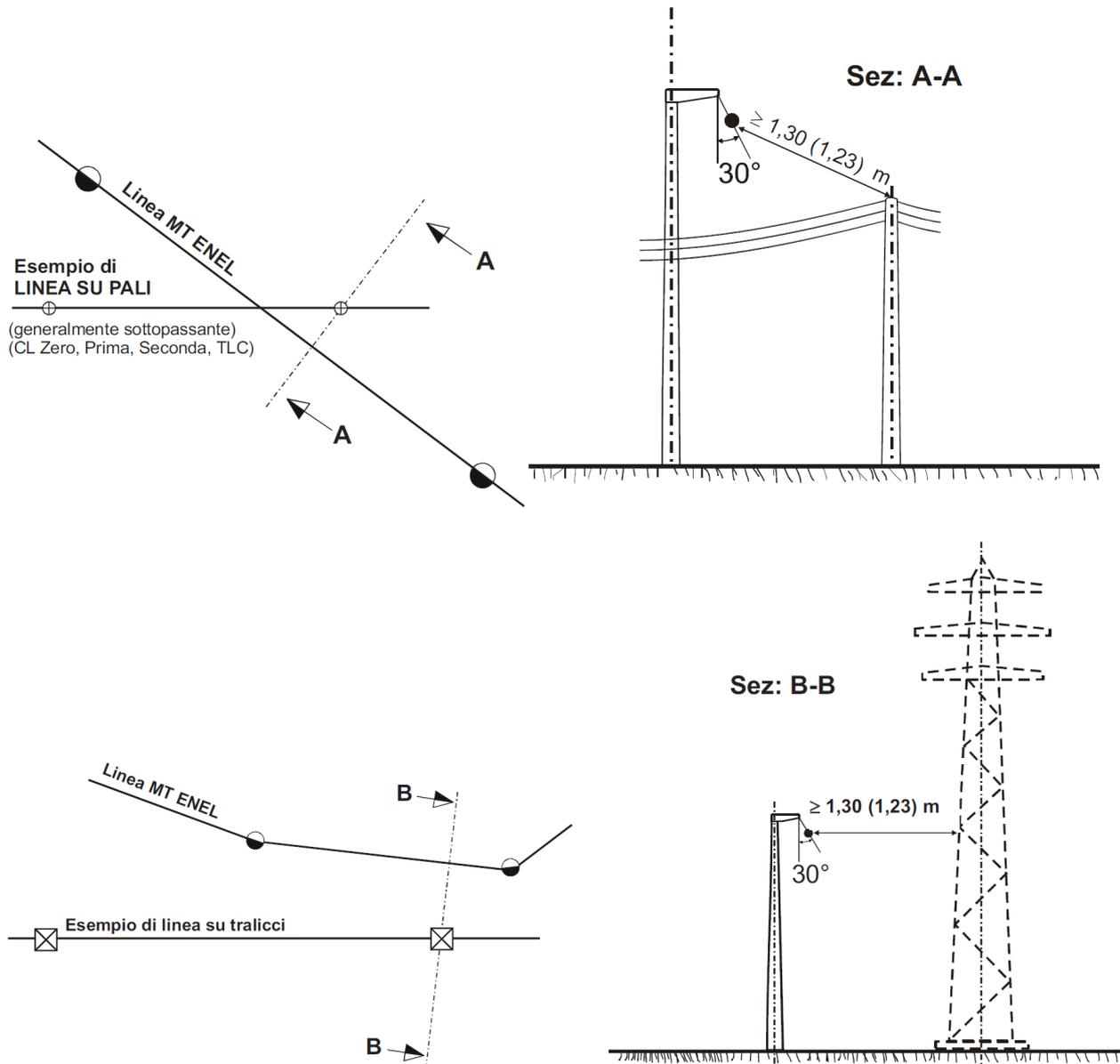
(4) prescrizione valida solo al di fuori dell'abitato.

OPERE INTERFERENTI:

- **SOSTEGNI DI ALTRE LINEE ELETTRICHE O DI TELECOMUNICAZIONE**

Angolo d'incrocio: nessuna prescrizione

Le seguenti prescrizioni sono valide in generale e devono essere rispettate in tutti i casi particolari considerati nel seguito (sia per opere attraversate sia per quelle non attraversate) anche se non compaiono esplicitamente nelle figure.

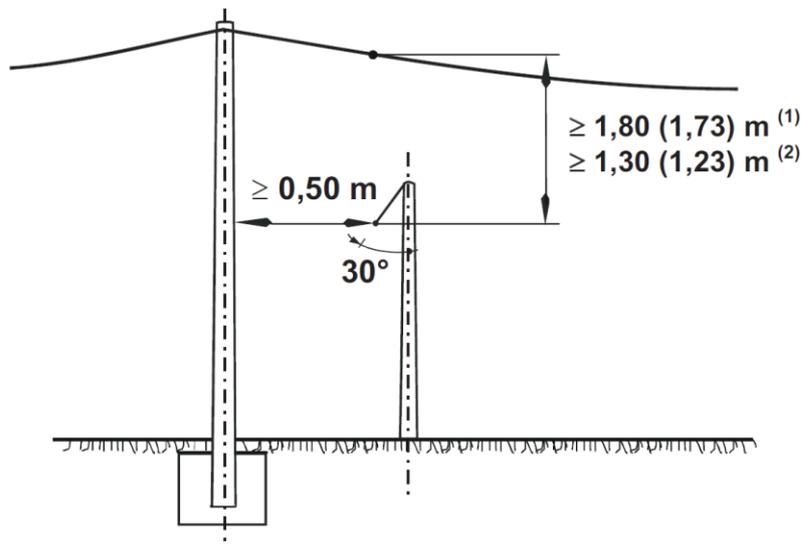


OPERE INTERFERENTI:

- **LINEE DI TELECOMUNICAZIONE, LINEE ELETTRICHE DI CLASSI ZERO E PRIMA**

Angolo di incrocio: nessuna prescrizione

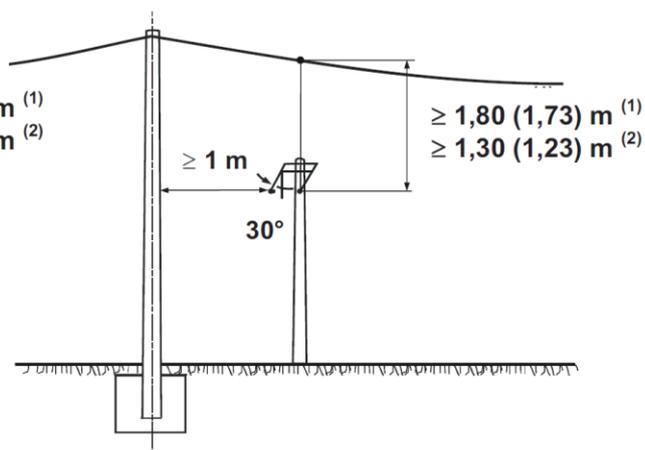
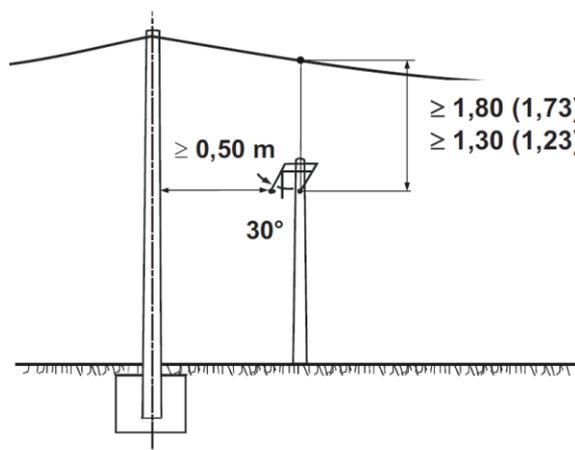
Linea di telecomunicazione, classe zero o prima in cavo aereo



Linea di telecomunicazione, classe zero o prima in conduttori nudi

Nell'abitato

Fuori dell'abitato



(1) Quando una o ambedue le linee sono in sospensione.

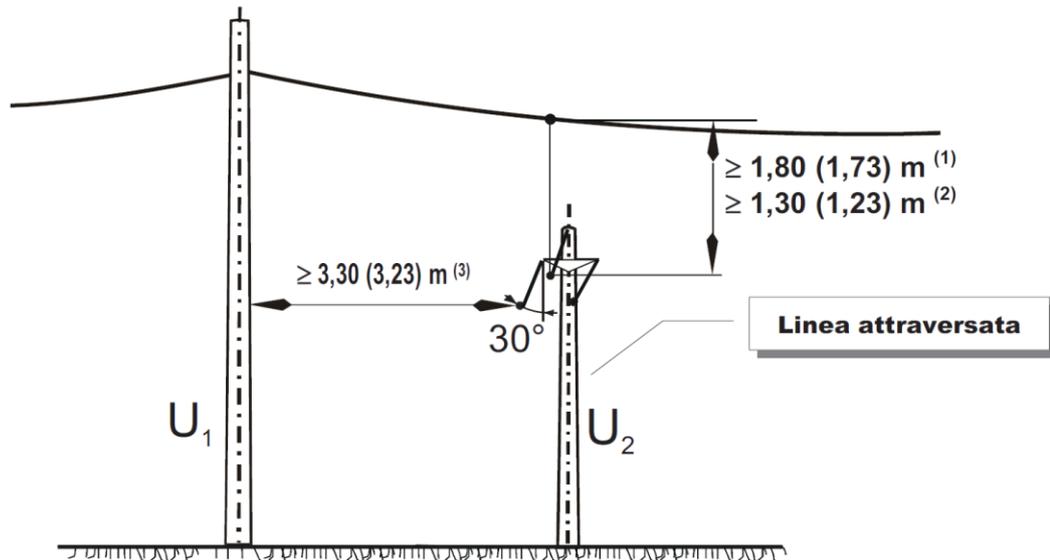
(2) Quando ambedue le linee sono fissate in amarro.

OPERE INTERFERENTI:

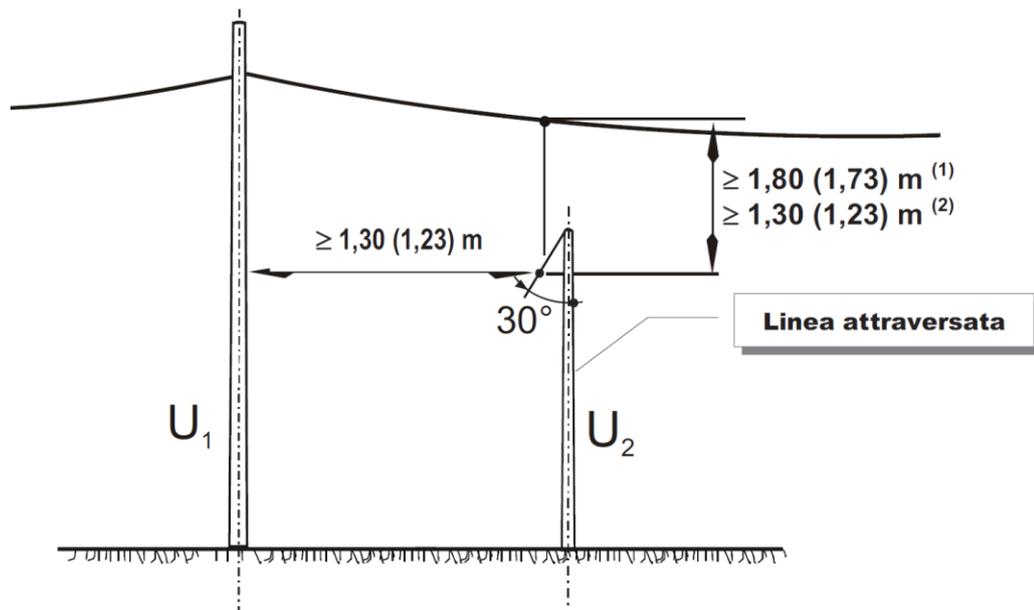
- LINEE ELETTRICHE DI CLASSI SECONDA E TERZA
ATTRAVERSAMENTO SUPERIORE

Angolo di incrocio: nessuna prescrizione

Esempio di Linea attraversata: MT in conduttori nudi a tensione $U_2 \leq 20$ kV



Esempio di Linea attraversata: MT in cavo aereo a tensione $U_2 \leq 20$ kV



(1) Quando una o ambedue le linee sono fissate con armamento di sospensione.

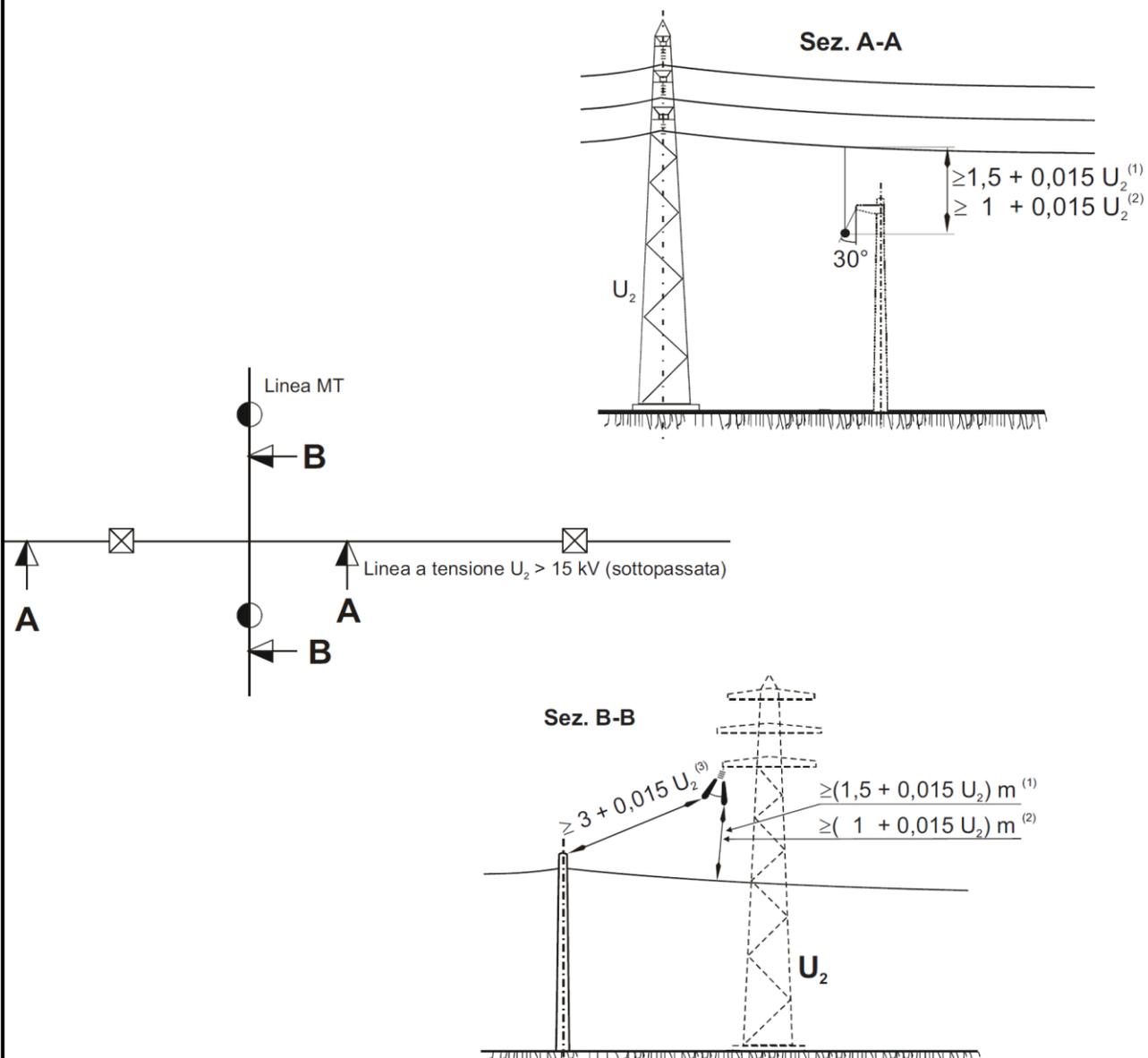
(2) Quando ambedue le linee sono fissate con morse d'amarro.

(3) Tale minimo può essere ridotto a 1,30 m (1,23 m per linee a 15 kV) quando ci sia l'accordo tra i proprietari delle due linee.

OPERE INTERFERENTI:

- LINEE ELETTRICHE DI CLASSI SECONDA E TERZA
ATTRAVERSAMENTO INFERIORE

Angolo di incrocio: nessuna prescrizione



(1) Quando almeno una linea è in sospensione;

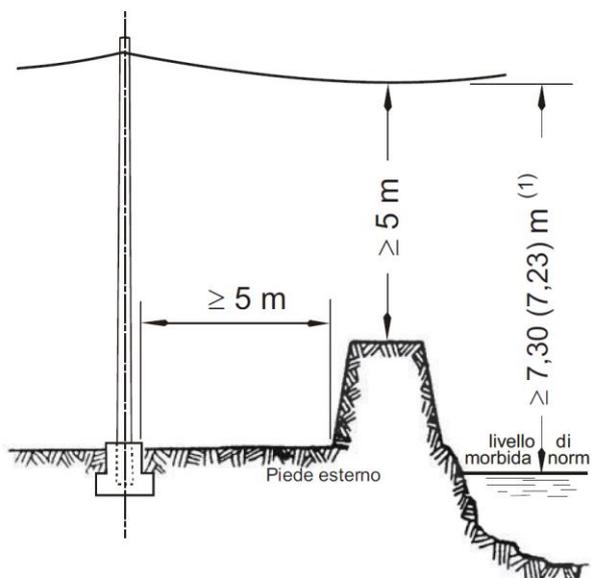
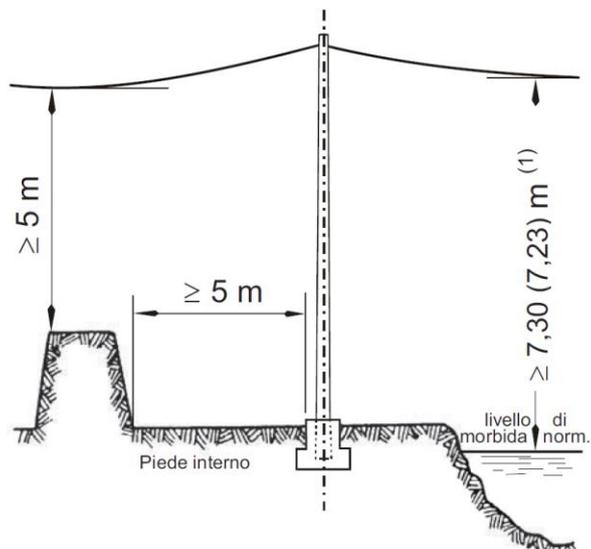
(2) Quando ambedue le linee sono fissate mediante isolatori rigidi o armamento in amarro in tutti gli attacchi.

(3) Tale minimo può essere ridotto a $(1 + 0,015 U_2) \text{ m}$ quando ci sia l'accordo tra i proprietari delle due linee.

OPERE INTERFERENTI:

- CORSI D'ACQUA NAVIGABILI DI SECONDA CLASSE (R.D. 8/6/11 n° 823 e R.D. 11/7/13 n° 959)
- ARGINI DI TERZA CATEGORIA (R.D. 25/7/04 n° 523)
- CORSI D'ACQUA NON NAVIGABILI

Angolo di incrocio: nessuna prescrizione



(1) ridotto a 5 m per corsi d'acqua non navigabili

N.B.: per le zone lagunari o lacuali con passaggio di natanti l'altezza è prescritta dall'Autorità competente.

Con particolare riferimento all'attraversamento del Torrente Romealla, si evidenzia che la soluzione mostrata nei tipici di Enel Distribuzione, di cui all'immagine precedente, risulta più conservativa di quanto indicato nelle "Specifiche Tecniche per l'esecuzione delle opere che interessano corsi d'acqua demaniali" della Provincia di Terni (Disciplinare delle Opere Idrauliche disponibile sul sito della Provincia di Terni - Ambiente - Difesa del Suolo e Gestione Idraulica) che prevede una distanza minima di 4 m, anziché di 5 m.

Dalle indagini condotte nella "Relazione Geologica, Geotecnica, Idrologica, Idraulica e Sismica" e nello "Studio Idrogeologico per la Realizzazione di n. 4 Pozzi per l'Emungimento di Acqua da Utilizzare per la Perforazione dei Pozzi Geotermici" riportati rispettivamente in Allegato 1 e 2 al Progetto Definitivo, risulta che il livello della falda di base si pone ad una quota di circa m 470 slm, e quindi ad una profondità di circa 60-70 m.

Per la realizzazione delle fondazioni dei sostegni è prevista una profondità massima di scavo pari a 3,3 m, tale da far generalmente escludere interferenze con la falda di base che, come detto sopra, si sviluppa a profondità ben maggiori.

In prossimità dell'attraversamento del Torrente Romealla, dove la falda potrebbe tendere a raccordarsi con il livello del corso d'acqua, è prevista la realizzazione dei sostegni S60 ed S61 (uno in sponda destra ed uno in sponda sinistra) entrambi della tipologia 14/D/14 (di cui alla precedente Tavola M9.3) caratterizzata da una profondità massima di scavo pari a 2 m.

In corrispondenza di tali sostegni, nell'ambito della progettazione esecutiva (geotecnica esecutiva), verranno eseguite delle prove in situ volte a rivelare l'eventuale presenza di falda superficiale. Se la falda superficiale risultasse a quote superiori rispetto a quelle di scavo, durante la realizzazione degli scavi si provvederà ad abbassare il livello di falda sino al piano di posa della fondazione ed a realizzare armamenti per le pareti di scavo. Eventuali acque di aggettamento verranno gestite ai sensi della normativa vigente.

Infine si ricorda che il rischio legato allo sversamento di sostanze inquinanti stoccate ed utilizzate in fase di realizzazione delle fondazioni dei sostegni risulterà minimizzato dall'adozione, da parte delle imprese, di adeguati accorgimenti finalizzati allo stoccaggio di tali sostanze in assoluta sicurezza.

La realizzazione dei sostegni e relative fondazioni non causerà l'insorgere di problematiche di tipo idraulico nelle dinamiche di possibili esondazioni in quanto la parte fuori terra è comunemente "trasparente" dal punto di vista idraulico; la realizzazione delle fondazioni dei sostegni comporterà un'impermeabilizzazione della superficie drenante talmente limitata (pari ad 1 m² a sostegno) tale da non rappresentare motivo di criticità.

2.5.2

Analisi delle Norme Tecniche di Attuazione del PRG Parte Strutturale (PRG.S) del Comune di Orvieto

L'analisi del Piano Regolatore Generale Parte Strutturale (PRG.S) del Comune di Orvieto è stata effettuata nel *Paragrafo 2.6.5* dello Studio di Impatto Ambientale.



Nel presente paragrafo si riportano ulteriori approfondimenti relativi alle osservazioni presentate dal Comune di Orvieto ed emesse con parere di competenza E.prot. DVA-2014-000018 del 02/01/2014 in merito alla coerenza del progetto rispetto a quanto previsto dalle Norme Tecniche di Attuazione del proprio Piano Regolatore Generale - Parte Strutturale (PRG.S).

Di seguito sono affrontate singolarmente le tematiche individuate dal Comune.

Ambito Territoriale Rurale e Urbano

Secondo quanto riportato nella Tavola 24 "Ambito Territoriale Rurale" e nella Tavola 25 "Ambito Territoriale Urbano", di cui è stato riportato un estratto nella Figura 2.6.5.1a dello SIA, la linea in progetto risulta interessare quasi esclusivamente aree appartenenti all'ambito rurale.

Il PRG.S identifica, all'interno dell'ambito rurale, ulteriori sottozone, ciascuna caratterizzata da peculiarità territoriali e paesaggistiche diverse.

Con particolare riferimento al progetto in essere, la linea elettrica risulta interessare le seguenti zone:

- E3a "Aree agricole del tavolato vulcanico con caratteri rurali storicizzati";
- E2a "Aree agricole di conservazione dei caratteri paesistici storicizzati";
- E2c "Aree agricole con insediamento residenziale diffuso";
- E1b "Aree agricole di fondovalle con corsi d'acqua e boschi di ripa".
- D "Attività produttive".

In Figura 2.5.2a si ripropone la Figura 2.6.5.1a dello SIA con i tematismi delle Tavole 24 e 25 del Piano.

Nelle suddette zone risultano consentite le destinazioni d'uso identificate come Du.D1 e Du.D2, corrispondenti a:

Du. D - Funzioni Agricole:

1 - produttive

stalle, silos, magazzini, ricoveri per macchine ed attrezzi; impianti per la conservazione e la trasformazione dei prodotti dell'azienda agricola; impianti per attività florovivaistiche; locali per la vendita dei prodotti dell'azienda agricola.

2 - abitative

residenza agricola e non, agriturismo, residenze d'epoca, strutture ricettive a gestione non imprenditoriale ristorazione e piccole attività artigianali non rumorose né inquinanti, piccole palestre.

Trattandosi di ambiti rurali, gli interventi edilizi consentiti dal PRG.S riguardano attività strettamente connesse con l'attività agricolo-produttiva. In linea generale come trasformabilità del territorio sono ammessi gli interventi volti alla riqualificazione od alla conservazione paesaggistica.

Per quanto riguarda la Zona D. Attività Produttive il PRG.S (art.71) individua quale indirizzo prioritario *“la riqualificazione ed il completamento degli agglomerati produttivi previsti, con ampliamenti in contiguità alle aree esistenti finalizzati al miglioramento della forma urbana del tessuto costruito ed alla migliore caratterizzazione degli spazi aperti ad essi afferenti”*.

Nelle NTA del PRG.S relative alle Zone E e D non si riscontrano limitazioni o prescrizioni ostative alla realizzazione della linea elettrica in progetto.

Vincoli Paesaggistico – Ambientali

Dall’analisi della Tavola 01 “Vincoli paesaggistico – ambientali” emerge che la linea elettrica in progetto interessa parzialmente alcune zone sottoposte a tutela paesaggistica, quali aree boscate e la fascia di rispetto di 150 m apposta al Torrente Romealla, tutelate ai sensi del D.Lgs.42/04 e s.m.i. art.142, comma 1, lett.c) e g).

Come già indicato in Allegato 1 all’Istanza di VIA presentata al MATTM per il progetto in essere, in cui sono elencate le autorizzazioni necessarie per la realizzazione/esercizio dell’impianto, in fase di Autorizzazione Unica del progetto, che sarà esperita presso il MISE, sarà richiesta anche Autorizzazione Paesaggistica ai sensi del D.Lgs. 42/04 e s.m.i..

Nell’ambito dello Studio di Impatto Ambientale è stata comunque condotta un’analisi delle interferenze della linea elettrica in progetto con le aree soggette a vincolo paesaggistico presenti, riportata in Allegato B “Analisi paesaggistica per l’elettrodotto di collegamento alla rete MT” allo SIA.

Dall’analisi condotta risulta un impatto paesaggistico dell’elettrodotto in progetto non rilevante.

Beni Archeologici

Così come indicato nella stessa nota del Comune di Orvieto, ai sensi dell’art.133 delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Terni, i Comuni, in sede di formazione o di variazione dello strumento di pianificazione comunale, devono provvedere a verificare e completare il censimento dei beni archeologici presenti sul proprio territorio.

Spetta ai comuni, inoltre, specificare le categorie di intervento consentite su tali beni e sull’area di pertinenza, individuata in 50 m a partire dal perimetro del bene.

Il Comune di Orvieto ha provveduto ad individuare i beni archeologici nella Tavola 04-2/4 “Beni d’Interesse Archeologico” allegata al PRG.S.

Dall’analisi della Tavola risulta che l’elettrodotto in progetto non interferisce direttamente con alcuna emergenza storico-archeologico di tipo puntuale od areale.

Si rileva che il sostegno S110 ricade al limite dell'area di pertinenza del bene puntuale "area fittili" n.107A - località San Marco (pari a 50 m), ponendosi a circa 40 m dal punto identificativo del bene.

Di seguito si riporta la scheda del bene estratta dalla "Relazione sui Beni Storici ed Archeologici" allegata al PRG.S.

<p>Scheda 107 A</p> <p>Comune: Orvieto</p> <p>Località: San Marco</p> <p>Oggetto: materiale ceramico di superficie</p> <p>Osservazioni: il materiale documentato consente di individuare la collocazione di un insediamento con strutture probabilmente connesse a luoghi di culto. Come per la vicina struttura di pod. Sartorio, anche la originaria funzione di pod. S. Marco, una delle chiese appartenenti ai Templari, testimonia della forte antropizzazione insediativa dell'area fra Orvieto e Bardano</p> <p>Tipologia: area di fittili /villa</p> <p>Cronologia: epoca etrusca - epoca romana</p> <p>Localizzazione: incerta</p>

L'art.39, comma 2, delle NTA.S del PRG.S dispone che nelle aree sopra descritte *"ogni trasformazione che comporti scavi o arature dei terreni a profondità superiore ad un metro, deve essere autorizzata dalla competente Soprintendenza archeologica, ed è subordinata all'esecuzione, a carico del promotore della trasformazione, di prospezioni e/o saggi di scavo secondo modalità concordate con la suddetta Soprintendenza."*

Gli scavi per l'installazione del sostegno S110 presentano una profondità di circa 1,40 m.

Si prevede dunque una certa cautela nell'esecuzione dei lavori previsti per la realizzazione del sostegno in questione; durante l'opera di scavo si propone di disporre, al momento della movimentazione terra, di un archeologo specializzato che possa individuare con immediatezza eventuali emergenze, operando anche un primo intervento nella documentazione grafica e fotografica delle stesse.

Pericolosità Geomorfologica

Dall'analisi della Tavola 20 "Vulnerabilità delle Componenti Geologico - Ambientali" emerge che la linea elettrica in progetto interessa parzialmente aree

classificate a pericolosità geomorfologica di tutte e 4 le classi individuate (da A a D, con grado di pericolosità decrescente).

Con particolare riferimento ai sostegni che ricadono nelle Classi A di vulnerabilità alta e B di vulnerabilità medio – alta, l'art.18 delle NTA.S identifica, tra gli *usi condizionati*, le “opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili”.

I condizionamenti riguardano l'accertamento delle condizioni di stabilità dell'area, da effettuarsi mediante rilievi geologici, geomorfologici e geotecnici di dettaglio, volti ad escludere dissesti in atto o atti a testimoniare la non influenza negativa dell'intervento in progetto.

L'elettrodotto in progetto rientra nella suddetta categoria in quanto:

- ai sensi del D.Lgs. 11 febbraio 2010, n.22 e s.m.i. *“le opere necessarie per la ricerca e la coltivazione, nonché per il trasporto e la conversione delle risorse geotermiche in terraferma, [...] sono dichiarate di pubblica utilità, nonché urgenti ed indifferibili”*;
- il tracciato presentato risulta la soluzione tecnicamente e ambientalmente migliore per collegare l'Impianto Pilota di Castel Giorgio alla Cabina Nuova Itelco, identificata come punto di connessione finale dal Gestore della Rete (Enel Distribuzione).

Le indagini geologiche preliminari svolte nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale escludono la presenza di situazioni di dissesto lungo il tracciato della linea. Si fa altresì presente che per la realizzazione delle fondazioni dei sostegni, descritte nel Paragrafo 2.5.1, è prevista una profondità di scavo generalmente intorno a 2 m, tale da far escludere interferenze con la falda di base che si sviluppa a profondità ben maggiori.

In fase di progettazione esecutiva o comunque nell'ambito dell'Autorizzazione Unica che sarà esperita presso il MISE saranno eseguite, se necessario, le suddette indagini di dettaglio.

Si rileva infine che anche il Piano di Assetto Idrogeologico del Fiume Tevere (si veda Figura 2.6.6.1a dello SIA) non individua alcuna area a rischio frana lungo il tracciato della linea elettrica in progetto.

Aree Boscate

L'elettrodotto in progetto ricade all'interno di aree boscate così come individuate nella Tavola 05.1 del PRG.S. L'analisi delle interferenze della linea aerea in progetto con la componente vegetale è già stata affrontata nello SIA al Paragrafo 4.4.5.

Per quanto concerne i brevi tratti dell'elettrodotto che ricadono nelle suddette aree boscate si fa presente che, per quanto possibile, i sostegni verranno posizionati al margine dei boschi con carpino o cerro, nel qual caso la vegetazione sottratta sarà ecotonale, ossia di transizione tra una formazione

boschiva vera e propria e il mantello boschivo, inteso come una comunità vegetale arbustiva che si dispone con andamento lineare a contatto della comunità forestale.

Tuttavia per la posa di quei sostegni che, inevitabilmente, ricadranno in aree boscate, si renderà necessario il taglio di alcuni esemplari arborei: si rientra pertanto nell'ambito normato dall'art. 4 del Decreto Legislativo 18 maggio 2001, n. 227 "Orientamento e modernizzazione del settore forestale, a norma dell'articolo 7 della legge 5 marzo 2001, n. 57" e quindi nel tema relativo alla "Trasformazione del bosco e rimboschimento compensativo".

Nel complesso, la realizzazione della linea elettrica dall'Impianto Pilota alla Cabina Secondaria Nuova Itelco di Orvieto determina impatti modesti, complessivamente mitigabili nel breve periodo.

L'altezza del cavo è tale da non dover generalmente necessitare di interventi di contenimento sulla vegetazione, in particolare su quella arborea, o comunque di interventi che possano danneggiarla in modo duraturo.

I tagli necessari non saranno effettuati nei periodi di sviluppo vegetativo. Inoltre poiché la maggior parte delle specie vegetali presenti nei boschi rivela una elevata capacità di ripresa al taglio, l'effetto degli interventi di contenimento si limita ad un cambiamento fisionomico della vegetazione.

Aree di Particolare Interesse Agricolo Confermate

Dall'analisi della Tavola 23 "Disciplina paesistica speciale per la conservazione delle risorse del territorio" emerge che la parte terminale dell'elettrodotto, circa 2,4 km, ricade nelle aree di particolare interesse agricolo confermate.

Il PRG.S individua nel territorio comunale le aree di particolare interesse agricolo, appartenenti al sistema territoriale strutturale delle aree di interesse agronomico: le aree oggetto del presente articolo sono sottoposte alla norma sovraordinata di cui all'art.20 del PUT.

Il Piano Urbanistico Territoriale, all'art.20 comma 3, dispone che *"nelle aree di particolare interesse agricolo di cui al presente articolo è consentita la realizzazione di infrastrutture a rete o puntuali di rilevante interesse pubblico, qualora sia dimostrata l'impossibilità di soluzioni alternative, nonché la realizzazione di opere di sistemazione idraulica"*.

L'elettrodotto in progetto rientra nella categoria di opere *"di rilevante interesse pubblico"* in quanto:

- ai sensi del D.Lgs. 11 febbraio 2010, n.22 e s.m.i. *"le opere necessarie per la ricerca e la coltivazione, nonché per il trasporto e la conversione delle risorse geotermiche in terraferma, [...] sono dichiarate di pubblica utilità, nonché urgenti ed indifferibili"*;
- il tracciato presentato risulta la soluzione tecnicamente e ambientalmente migliore per collegare l'Impianto Pilota di Castel Giorgio alla Cabina Nuova

Itelco, identificata come punto di soluzione finale dal Gestore della Rete (Enel Distribuzione).

Si fa altresì presente che nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale, in particolare in Allegato C, sono state studiate alternative progettuali (soluzioni interrata e mista oltre che aerea) per la linea elettrica, che tuttavia non sono state selezionate dal Proponente in quanto quella aerea è stata identificata come la migliore sia dal punto di vista ambientale che tecnico-economico.

Come già esposto precedentemente, per la realizzazione delle fondazioni dei sostegni è prevista una profondità di scavo generalmente non superiore 2 m, tale da far generalmente escludere interferenze con la falda di base che, come detto sopra, si sviluppa a profondità ben maggiori. Date le caratteristiche delle fondazioni previste dal progetto e che trattasi di pali tubolari monostelo, si esclude la necessità di intervenire con opere di sistemazione idraulica lungo il tracciato. Si veda anche quanto riportato al *Paragrafo 2.5.1.*

Parco Culturale

Il tratto di elettrodotto ricadente nel territorio comunale di Orvieto interessa il Parco Culturale così come individuato nelle tavole del PRG.S.

Il Piano, nonostante non sia ad oggi dotato di uno studio unitario relativo al Parco, prevede, al comma 3 dell'art.42 delle NTA.S, che nelle aree ricadenti all'interno del parco stesso *"non siano ammesse trasformazioni del mosaico paesistico dei soprassuoli"*.

Si fa presente che la realizzazione delle opere in progetto non comporterà una modifica al mosaico paesistico: l'elettrodotto, infatti, è costituito da elementi puntuali (i sostegni) e da conduttori aerei, dunque la texture paesistica dei soprassuoli non sarà alterata né compromessa.

PARTE B: QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

2.6

B1) MODELLIZZAZIONE MICROSISMICITÀ DELL'AREA

NELLA RELAZIONE SISMICA (ALLEGATO E DEL SIA) VIENE FATTA UN'APPROFONDIRITA ANALISI DELLA SISMICITÀ STORICA E DI QUELLA POTENZIALMENTE INDOTTA NELL'AREA DEL CAMPO GEOTERMICO DI TORRE ALFINA.

TRA LE VARIE PUBBLICAZIONI CITATE, THE TESTIMONIANO LA STORIA SISMICA DEI CAMPI GEOTERMICI IN GENERALE, È SEGNALATO UN ARTICOLO DI A. SHAPIRO ET AL. (2007) INTITOLATO "PROBABILITY OF A GIVEN MAGNITUDE EARTHQUAKE INDUCED BY A FLUID INJECTION", IN CUI LA MAGNITUDO MASSIMA DEGLI EVENTI INDOTTI È ESPRESSA IN FUNZIONE DELLE CARATTERISTICHE SIMICO-STRUTTURALI DELL'AREA E DELLA PRESSIONE E DURATA DI REINIEZIONE.

DATA LA NATURA DI "IMPIANTO PILOTA" DEL PROGETTO, SI RITIENE CHE TRA I SUOI SCOPI DEBBA ESSERCI LA VERIFICA SPERIMENTALE DI MODELLI CHE PERMETTANO DI TENERE SOTTO CONTROLLO LA SISMICITÀ INDOTTA, SI CHIEDE PERTANTO AL PROPONENTE:



- **DI AGGIORNARE LA LETTERATURA CITATA CON LAVORI ANALOGHI A QUELLO DI SHAPIRO ET AL, IN CUI LA MAGNITUDO MASSIMA DEGLI EVENTI INDOTTI DA INIEZIONE DI FLUIDO NEL SOTTOSUOLO È COLLEGATA CON LE CARATTERISTICHE SISMICHE-STRUTTURALI DELL'AREA.**
- **DI UTILIZZARE I DATI DISPONIBILI 'SULL'AREA DI TORRE ALFINE, (OTTENUTI DALLE NUMEROSE PROVE DI PRODUZIONE E REINIEZIONE CONDOTTE DALL'ENEL TRA GLI ANNI '70 E GLI ANNI '90 E DALLA PRESENZA NELLO STESSO PERIODO DI UNA RETE MICROSISMICA LOCALE, GESTITA DA ENEL-ISMES) CON LA METODOLOGIA PROPOSTA DA SHAPIRO ET AL. O ANALOGHE, AL FINE DI INDIVIDUARE UN PROGRAMMA DI REINIEZIONE CHE GARANTISCA, SE POSSIBILE, L'ASSENZA DI EVENTI AL DI SOPRA UNA DATA SOGLIA.**

Nel rapporto sulla sismicità indotta (Allegato E dello SIA), è stato riferito ampiamente sui dati sismici rilevati dalla rete sismica dell'Enel durante le attività geotermiche svolte a Torre Alfina negli anni '80, pubblicati da Batini et al. (1980) e da Moia (2008).

È stato messo in evidenza che nessuna sismicità anomala fu rilevata né durante la perforazione dei pozzi Enel A4 e A14 (corrispondenti rispettivamente a uno dei principali siti produttivi e al polo di reiniezione dell'attuale progetto Castel Giorgio) nel corso della quale si erano certamente avute ingenti perdite di circolazione nel serbatoio (equivalenti di fatto a reiniezione di fluido) né durante le successive prove di produzione (da A14) e reiniezione (in A4).

È stato anche illustrato che questa assenza di sismicità trova spiegazione nella altissima permeabilità del serbatoio nella zona dei pozzi A4 – A14 (pressione di testa pozzo uguale a zero durante le prove, Batini et al., 1980). Ugualmente è stato spiegato che diversa era la situazione del pozzo RA-1, dove fu rilevata sismicità anomala ai tempi delle prove Enel che avevano lo scopo di stimolarne per fratturazione la bassa permeabilità naturale.

In altre parole, le prove condotte al pozzo RA-1 erano sostanzialmente simili a quelle che vengono realizzate nei progetti EGS (Enhanced Geothermal Systems). Questi progetti si prefiggono di stimolare formazioni geologiche con scarsa o scarsissima permeabilità, esercitando una forte pressione a testa pozzo in modo da fratturare la formazione geologica. Una sismicità indotta è inevitabilmente associata a questi progetti e la maggior parte degli articoli scientifici, anche molto recenti, pubblicati su riviste internazionali trattano appunto di sismicità indotta in esperimenti di tipo EGS e molti fanno riferimento all'ormai ben noto caso del progetto EGS di Basilea (per esempio: *Bachmann et al. 2012, Wang e Ghassemi 2012, Dinske e Shapiro 2013, Douglas et al. 2013, Edwards e Douglas 2013, Gischig e Wiemer 2013, Goertz-Allmann e Wiemer 2013, Shapiro et al. 2013, Kiraly et al. 2014*).

Si ripete ancora una volta che le operazioni di reiniezione previste nel progetto geotermico Castel Giorgio non prevedono alcuna pressurizzazione della testa pozzo, visto che alla luce dei risultati dell'esplorazione Enel degli anni '80 ci si attende un'elevata permeabilità del serbatoio e quindi un'elevata iniettività dei pozzi.

Per quanto riguarda la sismicità (naturale o innescata) di sistemi geotermici “convenzionali” (non EGS) tipo Castel Giorgio si rimanda alle valutazioni di *Bromley (2012)* riportate nell’ Allegato E dello SIA.

In un recentissimo articolo, *Bromley (2014)* fa una nuova rassegna della sismicità registrata nei campi geotermici convenzionali della Nuova Zelanda. Considerato che nella reiniezione profonda a Rotokawa (2-2,5 km) la differenza di temperatura tra il fluido reiniettato e la formazione geologica che lo riceve è di circa 200 °C, *Bromley (2014)* ritiene che i microterremoti registrati in prossimità dei pozzi di reiniezione siano innescati da stress termici transienti dovuti alla contrazione da raffreddamento delle superfici delle fratture.

È interessante rilevare che nelle conclusioni della relazione della Commissione scientifica internazionale ICHESE (2014)¹, insediata dal Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri per valutare se la crisi sismica dell’Emilia Romagna del 2012 potesse essere stata innescata da attività di sfruttamento o di utilizzo di reservoir di idrocarburi o geotermici (Casaglia-Ferrara), viene riportato che “effetti geo-meccanici dovuti alle variazioni termiche sono stati osservati in altri casi quando la differenza tra le temperature di iniezione ed estrazione è di almeno 80 °C”. Il progetto Castel Giorgio prevede una differenza tra le temperature di iniezione e di estrazione di 70 °C (vedi Progetto Definitivo), nettamente inferiore al valore limite di 80 °C al di sotto del quale non vi è alcuna evidenza di effetti geo-meccanici da raffreddamento (ICHESE, 2014).

Sempre facendo riferimento alle conclusioni della relazione ICHESE (2014) è interessante la descrizione del sistema geotermico di Ferrara (Casaglia) che presenta numerose analogie con quello di Castel Giorgio. In entrambi i siti, il serbatoio geotermico è un acquifero confinato in calcari Mesozoici fratturati che formano un alto strutturale. Anche le profondità di estrazione e di reiniezione del fluido (tra 1000 e 2000 metri) sono simili e simili sono le distanze tra pozzi produttivi e reiniettori (circa 1 km).

A Casaglia dal 1995 al 2012 sono stati estratti ed iniettati in totale 36 M m³ di acqua; il volume è quindi bilanciato complessivamente, come è previsto anche nel progetto Castel Giorgio. La temperatura del fluido geotermico di Casaglia è di 100 °C ed è rimasta costante dal 1990 (inizio della produzione) e le pressioni di produzione/reiniezione non hanno presentato variazioni significative. La temperatura del fluido geotermico di Castel Giorgio è leggermente superiore (140 °C) e la modellizzazione fisico-numerica del campo realizzata con i parametri estrazione – reiniezione di progetto (Allegato 3 del Progetto Definitivo) indica che non sono da attendersi variazioni significative di temperatura e pressione.

Ebbene, dall’inizio della produzione nel 1990 ad oggi, non è stata registrata alcuna particolare sismicità associata allo sfruttamento del sistema geotermico di Ferrara; in particolare la commissione ICHESE esclude che l’attività geotermica di Ferrara possa aver causato la crisi sismica del 2012.

¹ La relazione ICHESE (2014) contiene una revisione accurata dello stato delle conoscenze sulla sismicità influenzata dall’attività antropica che comprende anche le conclusioni del Comitato ad hoc insediato dalla “National Academy of Sciences” degli Stati Uniti (2013) e una bibliografia completa sull’argomento.

Tornando alla sismicità dei campi geotermici della Nuova Zelanda, *Bromley (2014)* riferisce che, come a Castel Giorgio, in molti casi la permeabilità del serbatoio è alta, tanto da non richiedere pompaggio per la reiniezione e che quindi l'aumento di pressione è basso nel settore dove avviene la reiniezione. Ciò nonostante, transienti di pressione che si propagano attraverso un reticolato di fratture interconnesse potrebbero essere responsabili per l'innescò di microsismicità se le rocce del serbatoio fossero già criticamente stressate per cause naturali.

In merito alla definizione di sismicità indotta e sismicità innescata, si ritiene utile riprodurre di seguito una parte delle Conclusioni della relazione *ICHESE (2014)*.

“ Nella letteratura scientifica viene spesso adottata una distinzione dei terremoti nelle seguenti categorie:

*- **Terremoti tettonici**, che sono prodotti dai sistemi di sforzo naturali, dove lo sforzo tettonico ha superato lo sforzo di attrito esistente e la regione era “matura” da un punto di vista sismico.*

*- **Terremoti antropogenici**, nei quali l'attività umana ha avuto un qualche ruolo nel portare il sistema al punto di rottura:*

*a) **Terremoti indotti**, nei quali uno sforzo esterno, prodotto dalle attività antropiche, è sufficientemente grande da produrre un evento sismico in una regione che non era necessariamente sottoposta a un campo di sforzi tale da poter generare un terremoto in un futuro ragionevolmente prossimo (in senso geologico). Cadono in questa categoria i terremoti prodotti da procedimenti di stimolazione termica o idraulica di una roccia, quali la Fratturazione Idraulica (Fracking) e gli Enhanced Geothermal Fields.*

*b) **Terremoti innescati**, per i quali una piccola perturbazione generata dall'attività umana è sufficiente a spostare il sistema da uno stato quasi-critico ad uno stato instabile. L'evento sismico sarebbe comunque avvenuto prima o poi, ma probabilmente in tempi successivi e non precisabili. In altre parole, il terremoto è stato anticipato. In questo caso lo sforzo perturbante “aggiunto” è spesso molto piccolo in confronto allo sforzo tettonico pre-esistente. La condizione necessaria perché questo meccanismo si attivi è la presenza di una faglia già carica per uno sforzo tettonico, vicina ad un sito dove avvengono azioni antropiche che alterano lo stato di sforzo, dove vicina può voler dire anche decine di chilometri di distanza a seconda della durata e della natura dell'azione perturbante. In alcuni casi queste alterazioni possono provocare l'attivazione della faglia già carica. E' importante ricordare che, poiché in questo caso le operazioni tecnologiche attivano solamente il processo di rilascio dello sforzo tettonico, la magnitudo dei terremoti innescati può essere grande, dello stesso ordine di quella dei terremoti tettonici, e dipenderà dall'entità della deformazione elastica accumulata sulla faglia a causa del carico tettonico.*

Numerosi rapporti scientificamente autorevoli descrivono casi ben studiati nei quali l'estrazione e/o l'iniezione di fluidi in campi petroliferi o geotermici è stata associata al verificarsi di terremoti, a volte anche di magnitudo maggiore di 5. E' difficile, a volte impossibile, utilizzare il termine provata per questi casi. I casi riportati sono solo una piccola percentuale di tutti i casi esistenti di estrazione ed

iniezione di fluidi, e si riferiscono in gran parte all'aumento di pressione di carico legato a serbatoi molto grandi e a iniezioni di grandi volumi di fluido (in genere acqua di processo) nella roccia circostante, non nello stesso serbatoio in cui avviene l'estrazione, durante operazioni per recupero avanzato di idrocarburi o per tenere costante la pressione. Esistono comunque alcuni casi in cui l'attività sismica è stata associata a re-iniezione di acqua di processo nello stesso serbatoio dal quale è stato estratto olio o gas.

Le principali conclusioni che si possono trarre dai casi riportati sono:

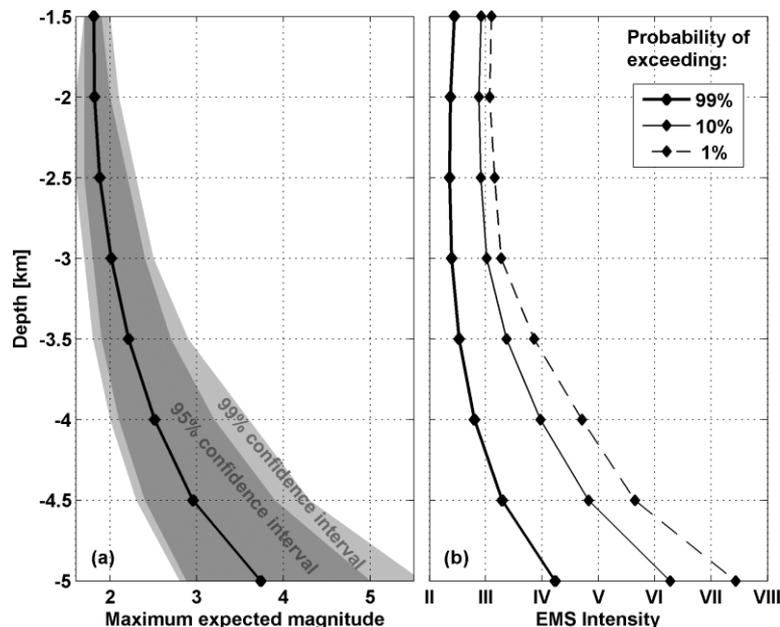
- Estrazioni e/o iniezioni legate allo sfruttamento di campi petroliferi possono produrre, in alcuni casi, una sismicità indotta o innescata;
- La maggior parte dei casi documentati in cui una attività sismica è stata associata a operazioni di sfruttamento di idrocarburi è relativa a processi estrattivi da serbatoi molto grandi o a iniezione di acqua in situazioni in cui la pressione del fluido non è bilanciata;
- Il numero di casi documentati di sismicità di magnitudo medio-alta associabile a iniezione di acqua nello stesso serbatoio da cui ha avuto luogo l'estrazione di idrocarburi è una piccola percentuale del numero totale;
- La sismicità indotta e, ancor più, quella innescata da operazioni di estrazione ed iniezione sono fenomeni complessi e variabili da caso a caso, e la correlazione con i parametri di processo è ben lontana dall'essere compresa appieno;
- La magnitudo dei terremoti innescati dipende più dalle dimensioni della faglia e dalla resistenza della roccia che dalle caratteristiche della iniezione;
- Ricerche recenti sulla diffusione dello sforzo suggeriscono che la faglia attivata potrebbe trovarsi anche a qualche decina di chilometri di distanza e a qualche kilometro più in profondità del punto di iniezione o estrazione, e che l'attivazione possa avvenire anche diversi anni dopo l'inizio dell'attività antropica;
- La maggiore profondità focale di alcuni terremoti rispetto all'attività di estrazione associata è stata interpretata come una evidenza diretta del fatto che l'estrazione o l'iniezione di grandi volumi di fluidi può indurre deformazioni e sismicità a scala crostale;
- Esistono numerosi casi di sismicità indotta da operazioni di sfruttamento dell'energia geotermica. La maggior parte di essi è legata allo sviluppo di Enhanced Geothermal Systems, nei quali vengono provocate fratture in rocce ignee impermeabili per produrre delle zone permeabili. **Esistono anche diversi casi di terremoti associati all'utilizzazione tradizionale dell'energia geotermica. I terremoti prodotti sono di magnitudo medio-bassa e a distanze non più grandi di alcuni chilometri dai pozzi di estrazione o iniezione.**

L'esame di tutta la letteratura esistente mostra che la discriminazione tra la sismicità indotta o innescata e quella naturale è un problema difficile, e attualmente non sono disponibili soluzioni affidabili da poter essere utilizzate in pratica".

Da quanto finora detto, si può concludere che è escluso che il progetto Castel Giorgio possa produrre sismicità indotta, mentre non si può escludere che terremoti di magnitudo medio-bassa possono essere innescati dalla reiniezione dei fluidi, ove esistano faglie già cariche e “favorevolmente” orientate in prossimità del sito. La relazione magnitudo-frequenza (*Gutenberg-Richter*) per i terremoti naturali della zona è riportata nel successivo capitolo B2; in ogni caso, come risulta dalla rassegna mondiale di *Bromley (2012)* (Allegato E dello SIA) non sono da attendersi terremoti di magnitudo elevata in un sistema idrotermale naturale come quello di Castel Giorgio.

Alcuni dati interessanti sulla sismicità indotta in sistemi EGS sono stati pubblicati da *Gischig e Wiemer (2013)*, secondo i quali la sismicità sembra in relazione più con il volume del fluido iniettato che con la pressione di iniezione ed è fortemente dipendente dalla profondità dell’iniezione (Figura 2.6.1a). Considerato che a Castel Giorgio la profondità di reiniezione del fluido geotermico è inferiore a 2,5 km di profondità (vedi Progetto Definitivo), risulterebbe dalla *Figura.2.6.1a* che l’eventuale sismicità associata dovrebbe essere di bassa magnitudo (<2) e bassa pericolosità (< III grado EMS).

Figura.2.6.1a *Dipendenza dalla profondità della iniezione di fluido della magnitudo massima attesa, con intervalli di confidenza del 95 e 99 percento (a) e della pericolosità sismica espressa come intensità EMS, con una probabilità di eccedenza del 99,10 e 1 percento (b) ottenuta da 1000 applicazioni del modello di Gischig e Wiemer (2013).*



In relazione, infine, alla possibilità di valutare la pericolosità sismica della reiniezione di fluido geotermico, peraltro sempre in progetti EGS, si ricorda che *Shapiro et al. (2013)* e *Dinske e Shapiro (2013)* hanno introdotto l’indice sismogenico

$$\Sigma = \log_{10} N_{\geq M}(t) - \log_{10} V_1(t) + bM \quad (1)$$

dove N è il numero di terremoti con magnitudo superiore ad un dato valore M , $V_1(t)$ è il volume cumulativo del fluido iniettato e b si riferisce alla legge magnitudo-frequenza di Gutenberg-Richter per gli eventi registrati dopo l'inizio dell'iniezione di fluido. Secondo gli autori citati, l'indice sismogenico fornisce, insieme con il parametro b della Gutenberg-Richter, uno strumento per prevedere il numero di terremoti con una magnitudo superiore a M , che verranno probabilmente generati durante un processo di iniezione di fluidi.

L'equazione (1) è valida nell'assunzione che in ogni dato sito, l'indice sismogenico e il valore b siano costanti (*Dinske e Shapiro, 2013*); ma questa assunzione è contraddetta dalle misure sulla sismicità indotta registrata nell'esperimento EGS di Basilea del 2006, dove è stato osservato che il valore b variava con la distanza dal punto di iniezione, in particolare aumentava fino a circa 250 m e poi diminuiva per distanze maggiori (*Bachmann et al., 2012*).

In ogni caso, la stima dell'indice sismogenico è possibile solo nel corso di un esperimento di reiniezione, quando si conosce il volume di fluido iniettato nel tempo, e la rete microsismica locale fornisce il numero degli eventi, la loro magnitudo e i dati consentono di calcolare il valore b di Gutenberg-Richter.

Considerato che più grande è l'indice sismogenico, più alta è la probabilità di indurre un terremoto di magnitudo significativa, si ritiene, come già indicato nell'Allegato E dello SIA, che lo studio dell'eventuale sismicità associata alle perdite di circolazione nel serbatoio che si verificheranno durante la perforazione dei pozzi profondi e durante le stesse prove di iniezione, consentiranno una valutazione precoce della relazione Gutenberg-Richter e dell'indice sismogenico e potranno anche suggerire la più adeguata strategia di reiniezione per limitarne gli eventuali effetti.

Come già precisato negli Allegati E e F dello SIA, la rilevazione in tempo reale e lo studio dell'andamento della sismicità saranno uno strumento utilissimo per ottimizzare la distribuzione delle portate di produzione e di reiniezione tra i singoli pozzi. Dall'insieme delle informazioni già disponibili e da quelle che verranno fornite dalla rete microsismica dedicata durante l'operatività del progetto, verrà anche sviluppato uno specifico "sistema semaforo" per la gestione del rischio sismico, come raccomandato nelle Conclusioni della Commissione *ICHESE (2014)*. La parte essenziale di queste raccomandazioni è riprodotta di seguito.

“Le attività di sfruttamento di idrocarburi e dell'energia geotermica, sia in atto che di nuova programmazione, devono essere accompagnate da reti di monitoraggio ad alta tecnologia finalizzate a seguire l'evoluzione nel tempo dei tre aspetti fondamentali: l'attività microsismica, le deformazioni del suolo e la pressione di poro. Queste reti dovrebbero essere messe in funzione al più presto, già quando si attende la concessione, in modo da raccogliere informazioni sulla sismicità ambientale precedente all'attività per il più lungo tempo possibile. Il monitoraggio micro-sismico può fornire indicazioni sulla attività delle faglie e sui meccanismi di sorgente che possono essere utili alla caratterizzazione delle zone sismogeniche. Il monitoraggio sismico dovrebbe essere effettuato con una rete locale dedicata capace di rilevare e caratterizzare tutti i terremoti di magnitudo almeno 0,5 ML. Le deformazioni del suolo devono essere rilevate principalmente con metodi satellitari. Dovrebbero essere utilizzate tecnologie interferometriche (INSAR) e

GPS che permettono di identificare processi di subsidenza con una risoluzione di alcuni millimetri all'anno.

La pressione dei fluidi nei serbatoi e nei pori delle rocce deve essere misurata al fondo dei pozzi e nelle rocce circostanti con frequenza giornaliera.

Infine, utilizzando l'esperienza di altri casi simili nel mondo e le caratteristiche geologiche e sismotettoniche dell'area in studio, deve essere generato un sistema operativo "a semaforo", e devono essere stabilite le soglie tra i diversi livelli di allarme.

È consigliabile che tutti i dati sismici vengano continuamente analizzati con metodologie statistiche per evidenziare variazioni dagli andamenti tipici della sismicità di fondo, quali variazioni dell'intervallo di tempo tra eventi, variazioni nel valore di b della distribuzione della magnitudo, clustering spaziali o/e temporali, comportamenti non-poissoniani. L'utilizzo di metodologie ETAS e di eventuali altre nuove metodologie va incoraggiato".

È necessario che i dati rilevanti per il conseguimento di quanto sin qui indicato e in possesso delle compagnie siano da esse messi a disposizione degli enti responsabili per il controllo.

È importante evidenziare che l'attività di controllo della sismicità prevista nel progetto Castel Giorgio descritta nello SIA e sintetizzata nel prossimo capitolo B2, già risponde a gran parte delle raccomandazioni ICHESE, che verranno comunque interamente rispettate nella fase esecutiva del progetto.

2.7

B2) MONITORAGGIO MICROSISMICO

SI CHIEDE DI PRESENTARE UN PROGETTO, CHE DOVRÀ ESSERE REALIZZATO DAL PROPONENTE A PROPRIE SPESE, RIGUARDANTE IL MONITORAGGIO MICROSISMICO E GEODETICO DELL'AREA CHE PREVEDA DI REALIZZARE:

- **UNA RETE DI MONITORAGGIO MICROSISMICO, IN GRADO DI DETERMINARE LA MASSIMA ACCELERAZIONE DEL SUOLO PROVOCATA DA UN TERREMOTO RICONDUCEBILE ALLE ATTIVITÀ DELL'IMPIANTO ED IN GRADO DI LOCALIZZARE I SISMI FINO A MAGNITUDO PARI A 0,9. A TALE RETE DOVRÀ ESSERE ASSOCIATO UN SISTEMA DI RICONOSCIMENTO ED UBICAZIONE DEGLI EVENTI, ANCHE TRAMITE LE "FORME D'ONDA", TALE DA CONSENTIRE UNA VALUTAZIONE IN TEMPO BREVE DELLE MICROSISMICITÀ SIGNIFICATIVE;**
- **CON TALE RETE SI DOVRÀ REALIZZARE UN MONITORAGGIO SISMICO DELLA DURATA DI ALMENO 1 ANNO CONSECUTIVO, PRIMA DELL'AVVIO DELLE ATTIVITÀ, AL FINE DI DETERMINARE LA CONDIZIONE DI MICRO SISMICITÀ LOCALE ANTE-OPERAM;**
- **UN MODELLO SISMICO DEL SOTTOSUOLO BASATO SU DI UNA RICOSTRUZIONE GEOLOGICO-STRUTTURALE COMPLETA CHE INCLUDA TUTTI I DATI DISPONIBILI, INCLUSI I DATI GEOFISICI RICAVATI DA SISMICA A RIFLESSIONE. IL MODELLO DOVRÀ ESSERE IN GRADO DI UBICARE GLI IPOCENTRI DEI SISMI ALLO SCOPO DI VALUTARE SE ESSI SIANO O MENO ASSOCIABILI A SPECIFICHE FAGLIE.**

MONITORAGGIO IN POZZO:

IL PROPONENTE DOVRÀ PRESENTARE UNA PROPOSTA RIGUARDANTE IL PROGETTO DI MONITORAGGIO IN POZZO, SE POSSIBILE, IN GRADO DI FORNIRE INDICAZIONI RELATIVE ALLA SISMICITÀ NATURALE DEL SITO, CHE SIA SOPRATTUTTO CAPACE DI IDENTIFICARE GLI EVENTI MICROSISMICI LOCALIZZATI NELL'INTORNO DEL CAMPO GEOTERMICO DI TORRE ALFINA.

SI CHIEDE AL PROPONENTE DI VALUTARE LA POSSIBILITÀ DI ACQUISIRE DATI ATTRAVERSO L'INSTALLAZIONE, IN POZZI GEOGNOSTICI DEDICATI, DI SISMOMETRI E GEOFONI TRIASSIALI, CON CUI MONITORARE LA MICROSISMICITÀ INDOTTA. SI RICORDA INFATTI CHE L'UTILIZZO DELLA MICROSISMICA DI POZZO HA I SEGUENTI VANTAGGI:

- **I SENSORI SONO COLLOCATI IN AMBIENTE PROTETTO, CON RIMOZIONE COMPLETA DEL DISTURBO ASSOCIATO AL RUMORE SUPERFICIALE**
- **I SENSORI SONO POSIZIONATI IN PROSSIMITÀ O ALL'INTERNO DEL CAMPO GEOTERMICO, CON ELEVATA PRECISIONE NELLA LOCALIZZAZIONE DEGLI IPOCENTRI**
- **ELEVATO CONTENUTO SPETTRALE (FINO A 250 Hz)**
- **RILEVAZIONE DI SISMI A BASSISSIMA ENERGIA (ML - 4)**

CONTROLLO GEODETICO:

SI CHIEDE AL PROPONENTE DI PREDISPORRE UN PIANO PER IL RILIEVO DELLA DEFORMAZIONE DEL SUOLO CHE DOVRÀ ESSERE OTTENUTO DALLE MISURE RADAR/INTERFEROMETRICHE DA SATELLITE (TIPO INSAR). OVE NECESSARIO L'ANALISI DOVRÀ UTILIZZARE I DATI RILEVATI SU UN NUMERO ADEGUATO DI "SCATTERS" PERMANENTI.

SI PREVEDA DI FORNIRE SIA LE MAPPE DI DEFORMAZIONE VERTICALE CHE QUELLE DI DEFORMAZIONE ORIZZONTALE (SUPERFICIALE). LE DEFORMAZIONI RILEVATE DOVRANNO ESSERE MODELLATE TRAMITE UN MODELLO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO-STRUTTURALE, AL FINE DI VALUTARE SE VI SIANO ISTERESI NELLA DEFORMAZIONE, IDENTIFICARE EVENTUALI FAGLIE CRITICAMENTE STRESSATE E DETERMINARE I VOLUMI DI ROCCIA IL POSSIBILE ACCUMULO DI STRESS.

2.7.1 Rete di monitoraggio microsismico

Come indicato nell'allegato E dello SIA, il proponente ha già stipulato una convenzione con l'INGV, Ente pubblico di ricerca che gestisce la rete sismica nazionale d'Italia, che prevede che l'INGV realizzi e gestisca una rete microsismica locale nell'area del progetto Castel Giorgio – Torre Alfina. Nel seguito è fornita una descrizione particolareggiata di questa rete. Si precisa nuovamente che la rete microsismica sarà pienamente funzionante ben prima dell'inizio dell'attività mineraria del progetto Castel Giorgio e che i risultati delle analisi in tempo reale dei dati registrati dalla rete, eseguite dall'INGV, verranno inseriti in una banca dati dedicata, il cui accesso sarà consentito a tutte le strutture pubbliche interessate che ne faranno richiesta.

Rete di monitoraggio microsismico

Come già precisato nello SIA, nell'area del progetto è in corso di realizzazione da parte dell'INGV una rete microsismica dedicata, come previsto nella

convenzione stipulata dal proponente con l'INGV nel 2013, nella quale sono stabilite le attività di monitoraggio geochimico, sismico e geodetico che verranno svolte nell'area. Le caratteristiche di questa rete sono descritte qui di seguito.

La Rete Microsismica di Castel Giorgio -Torre Alfina

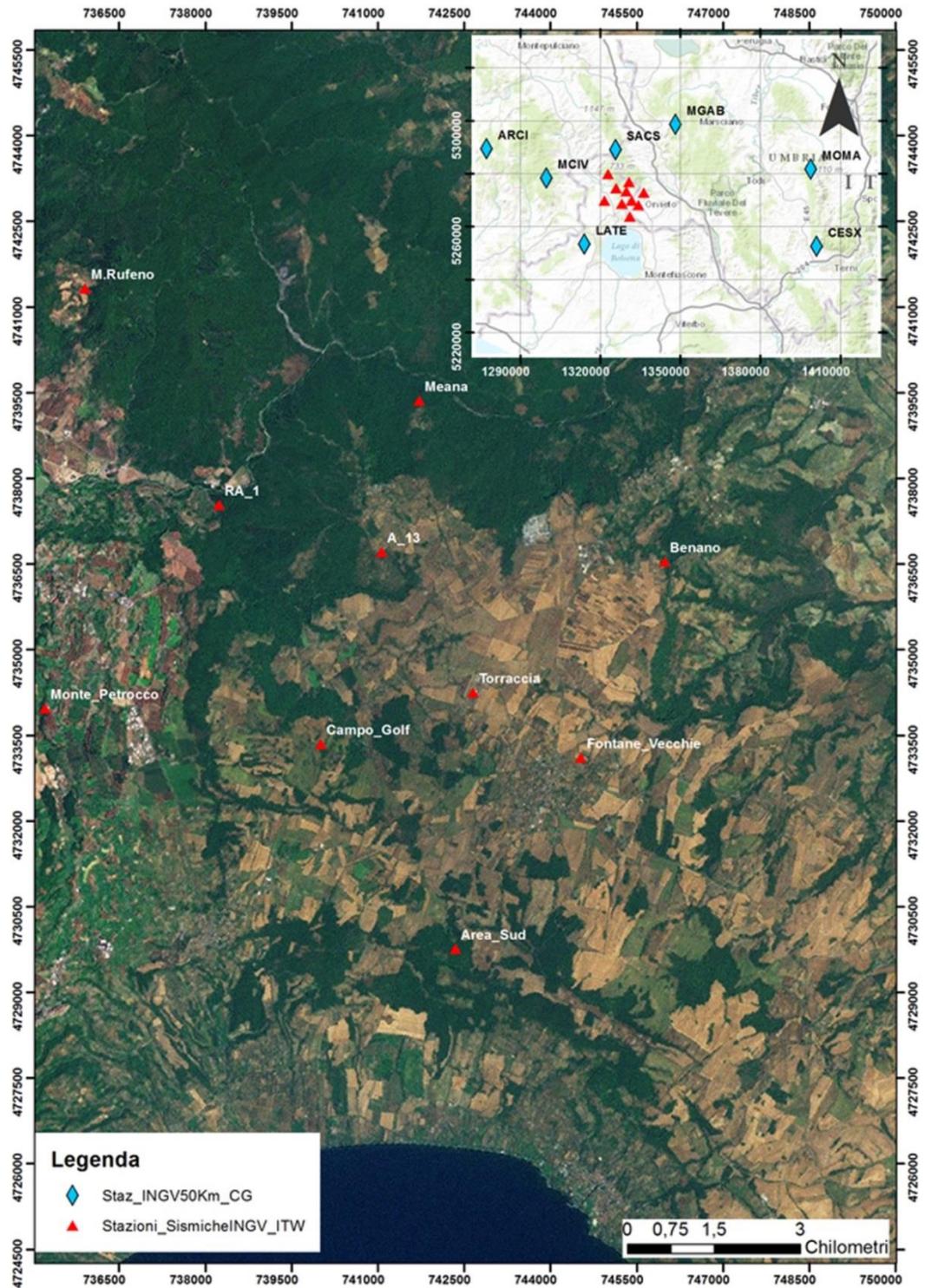
La Rete microsismica di Castel Giorgio-Torre Alfina, è stata progettata con lo scopo di poter svolgere un'attività di controllo e studio sia della sismicità naturale dell'area sia della eventuale micro-sismicità associata alle attività di estrazione e reiniezione di fluido geotermico dal e nel serbatoio.

La rete combina caratteristiche strumentali di alta dinamica ed elevata sensibilità richieste a una rete di monitoraggio micro-sismico che deve garantire un adeguato potere risolutivo relativamente alle profondità del serbatoio naturale che, nell'area di reimmissione del fluido geotermico si trova intorno a 2 km di profondità, nonché idonea a garantire anche la registrazione di terremoti associati a sorgenti sismogenetiche (note o ipotizzate) nell'area limitrofa a quella del progetto.

La geometria della rete è tale da avere una spaziatura tra le stazioni ridotta a 3-4 km nell'area corrispondente al serbatoio geotermico, e si allarga allontanandosi dall'area geotermica in modo da poter beneficiare dei dati acquisiti dalle reti di rilevamento sismico limitrofe gestite dall'INGV e dall'Osservatorio Sismico Bina di Perugia. Infatti, nel raggio di circa 20 km dai limiti del permesso di ricerca geotermico Castel Giorgio-Torre Alfina, si trovano tre stazioni sismiche appartenenti alla rete nazionale permanente dell'INGV (LATE, MCIV, SACS; Figura. 2.7.1a) molto utili per localizzare la microsismicità dell'area del progetto, mentre entro 50 km ricadono altre 4 stazioni (ARCI, CESX, MGAB, MOMA; Figura. 2.7.1a) appartenenti alla rete nazionale permanente dell'INGV e del Bina, che possono comunque fornire importanti informazioni tanto per terremoti regionali più grandi quanto per quelli locali.

Altro elemento importante è che le stazioni ARCI, MGAB, SACS, MOMA, sono dotate di accelerometri Episensor, molto utili per caratterizzare eventi di magnitudo medio-alta. Ad ogni modo, dai dati rilevati dai sismometri locali si può agevolmente risalire all'accelerazione per quel dato evento specifico. Così, per monitorare in maniera continua la microsismicità si progetta di impiegare 10 stazioni sismiche (più una di riserva) equipaggiate con velocimetri ad alta sensibilità, utili a descrivere le caratteristiche cinematiche del moto del suolo nel caso di eventi di piccola magnitudo in prossimità della stazione. La rete è stata progettata in modo da consentire la rilevazione degli eventi deboli (con $ML \leq 0.9$, e possibilmente inferiore) in corrispondenza del serbatoio e nelle immediate vicinanze. È attualmente in corso la realizzazione della prima parte della rete che comprende le stazioni A13, Torraccia, Campo Golf, Fontane Vecchie, Area Sud (Figura. 2.7.1a) ubicate intorno alla zona dove avverrà la reiniezione del fluido nel progetto Castel Giorgio. La rete verrà poi completata con le altre stazioni indicate in Figura. 2.7.1a prima dell'avvio dei lavori del progetto Torre Alfina.

Figura 2.7.1a *Mappa della Rete Microsismica Castel Giorgio-Torre Alfina. Nel riquadro piccolo, l'area ampia in cui vengono mostrate anche le stazioni della Rete Sismica Nazionale gestita dall'INGV. Le stazioni della nuova rete microsismica sono indicate con simboli in rosso.*

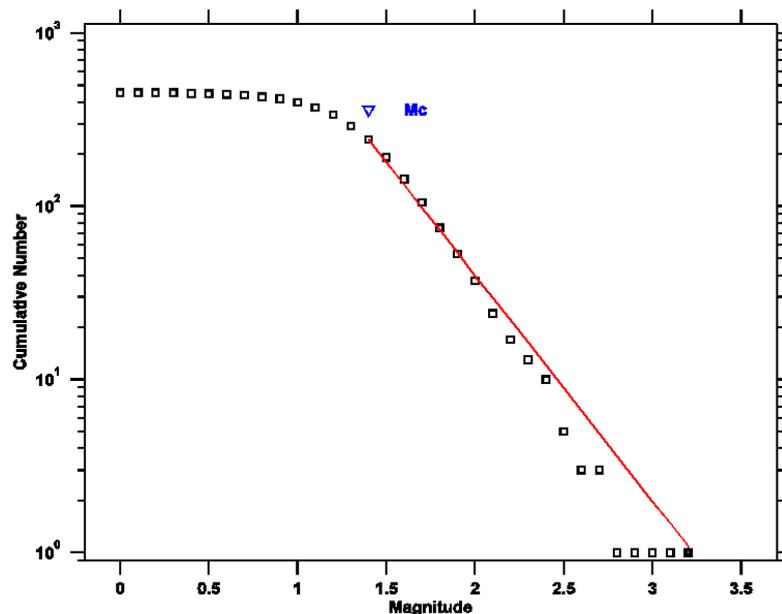


Per la zona in esame, è stata calcolata la distribuzione dei terremoti in funzione della magnitudo locale (Gutenberg-Richter) per l'area di Castel Giorgio (Figura 2.7.1b). La curva è stata ottenuta prendendo in considerazione il periodo 2004-

2014 con i dati del bollettino INGV, per un'area circolare di 20 km, con centro sul comune di Castel Giorgio. Con questi dati, la magnitudo di completezza è 1.4. Sono stati considerati gli anni in cui erano funzionanti le stazioni sismiche della Rete Nazionale nei pressi dell'area in esame: SACS (2004), ARCI (2005) LATE (2006), MGAB (2008), CESX (2008), MCIV (2010) e MOMA(2011). Con i dati che verranno raccolti dalla nuova rete microsismica sarà possibile ottenere informazioni precise anche sugli eventi di piccola magnitudo e quindi abbassare la magnitudo di completezza. E' da notare tuttavia che il periodo di riferimento utilizzato è troppo breve e non comprende l'evento di massima magnitudo verificatosi nella zona (vedi Sismicità storica e recente dell'area geotermica di Torre Alfina, Allegato E dello SIA).

La scelta di realizzare una rete microsismica locale è legata al fatto che il livello di detezione di una stazione sismica, a partire dalle registrazioni velocimetriche, dipende dalla distanza tra la stazione e l'ipocentro dell'evento: un evento sismico di piccola magnitudo può essere registrato, localizzato e analizzato soltanto se il suo epicentro è prossimo alla stazione. Inoltre il numero di stazioni è adeguato a garantire il monitoraggio anche nel caso di temporanei malfunzionamenti di parte della strumentazione o delle reti di comunicazione, in quanto i dati verrebbero comunque registrati in locale.

Figura 2.7.1b *Distribuzione dei terremoti in funzione della magnitudo locale (Gutenberg-Richter) per un'area circolare di 20 km, con centro sul comune di Castel Giorgio, e stima dei parametri (a) e (b).*



Maximum Likelihood Solution
 b-value = 1.3 +/- 0.07, a value = 4.21, a value (annual) = 3.26
 Magnitude of Completeness = 1.4

Configurazione e strumentazione della rete

Le posizioni delle stazioni (in parte già realizzate, in parte solo progettate) sono mostrate in Figura 2.7.1a. La scelta dei siti di installazione delle stazioni sismometriche è stata fatta in modo da rendere ottimale la qualità dei dati raccolti. I siti rappresentano un buon compromesso tra esigenze a volte contrastanti, come il basso rumore di fondo, le possibilità di accesso al sito, la possibilità di allaccio alla rete di alimentazione elettrica e alla rete telefonica. In aggiunta a questo, almeno per alcune stazioni, è anche stata considerata la posizione nell'ambito della geometria della rete sismica nazionale.

L'area è ad uso prevalentemente boschivo e agricolo, tant'è che sono presenti ben due consorzi di Bonifica (Consorzio di Bonifica Val di Chiana Romane e Val di Paglia, e Consorzio di Bonifica Val di Paglia superiore) e due parchi regionali (Parco di Monte Peglia e Selva di Meana, in Umbria, Riserva Naturale Monte Rufeno, nel Lazio). Lo sviluppo urbanistico non è particolarmente pronunciato, se non in piccoli centri abitati situati lungo le principali arterie viarie. A questo va aggiunto che l'area è anche interessata da un'attività estrattiva circoscritta al Comune di Castel Viscardo e alla frazione di Torre Alfina (Comune di Acquapendente).

Le stazioni sismiche poggiano su terreni compatti e, in alcuni casi, su formazioni rocciose, e l'allestimento del sito garantisce la coibentazione e l'impermeabilità dell'ambiente che ospita la strumentazione elettronica o elettrica, al fine di evitare derive termiche del segnale o degrado delle prestazioni degli apparati elettronici. Inoltre i siti sono stati scelti il più possibile distante da quanto possa produrre agitazione microsismica del terreno come la vicinanza di fiumi, luoghi particolarmente ventosi, adiacenza di grandi alberi.

Molto importanti sono gli aspetti geologici dell'area in questione. Da un punto di vista geologico la zona dell'Alfina è divisa dal fiume Paglia in due diversi domini geologici, che hanno generato nel tempo forme del rilievo e paesaggi differenti. A nord, affiorano i terreni del flysch (marne, argille, calcari e arenarie). A sud, gli stessi terreni, sono coperti da tufi e lave, generati dalla più recente attività vulcanica dei M.ti Vulsini, di cui l'altopiano dell'Alfina è espressione.

Le aree che meglio si prestano all'installazione di sismometri sono soprattutto quella che ricadono all'interno dei parchi, sia per la scarsa presenza umana che per la presenza di un sottosuolo caratterizzato da rocce compatte.

Al fine di ridurre il rumore sismico di fondo e aumentare il rapporto segnale/disturbo, i sensori sismometrici vengono installati in pozzetti profondi alcuni metri, cercando di intercettare una formazione sufficientemente rigida, tale da rappresentare un buon basamento per il sensore sismico.

Nell'ambito di queste ricerche dei siti, che in parte sono stati già individuati e le relative stazioni sismiche già installate, sono stati coinvolte anche gli enti istituzionali, tant'è che alcune stazioni verranno ubicate in luoghi di proprietà pubblica.

Prima di effettuare tutti questi passaggi, verrà valutata l'efficacia della rete che, in quanto dotata di strumenti di elevato livello tecnologico, combinata con una scelta ottimale dei siti, dovrebbe non risentire particolarmente del rumore sismico.

Gli elementi che caratterizzano le stazioni sono i seguenti (Figura. 2.7.1c):

- un pozzo, dotato di pozzetto superficiale di accesso, che ospita i sensori;
- un armadio, posto in superficie, che contiene la strumentazione elettrica ed elettronica;
- uno o più pannelli fotovoltaici per l'alimentazione, qualora non sia possibile allacciarsi alla rete elettrica;
- cavidotti interrati per il collegamento tra le varie parti.

Figura 2.7.1c *Stazioni sismica tipo, in aperta campagna. La strumentazione di acquisizione dati e di telemetria verrà in parte installata all'interno di un armadio di piccole dimensioni con all'esterno due pannelli fotovoltaici*



Tutte le stazioni verranno dotate di apparati di tele-trasmissione del dato e di antenne GPS per la sincronizzazione precisa del tempo. L'alimentazione verrà fornita, dove possibile, facendo ricorso alla rete ENEL, e in alternativa utilizzando batterie elettriche caricate da pannelli fotovoltaici. La corrente elettrica verrà stabilizzata e protetta da sovratensioni con opportune apparecchiature elettroniche. L'armadio, o lo shelter, ospiterà tutte le varie apparecchiature (acquisitori sismologici, modem/router, apparati di alimentazione, batteria, interruttori, ecc.), mentre all'esterno verranno posizionate le antenne di teletrasmissione e posizionamento.

In seguito, in funzione della risposta della rete e della qualità dei dati, si potrà valutare l'eventualità di installare almeno un sensore in pozzo, tipo il sensore Malin, modello IESE S-2 (Figura 2.7.1d), a tre componenti passive a corto periodo con frequenza di taglio 2 Hz, che è stato già utilizzato in campi geotermici (Lewis et al., 2010).

Attualmente il Malin IESE S-2 è in funzione con ottimi risultati anche in diverse stazioni della Rete Sismica Nazionale gestita dall'INGV, ed i suoi segnali sono monitorati in tempo reale 24 ore al giorno.

Figura 2.7.1d *A sinistra, il sismometro borehole modello IESE S-2 (progetto Prof. Malin, NZ). A destra, particolari dell'imboccatura del pozzo in superficie*



Ad ogni modo, una volta completata, la Rete Microsismica di Castel Giorgio-Torre Alfina sarà formata da dieci stazioni sismometriche con le seguenti caratteristiche:

- 1 stazione a banda larga ed elevata dinamica (Figura 2.7.1e);
- 9 stazioni a periodo esteso ed elevata dinamica (Figura 2.7.1f);

Figura 2.7.1e *Il sensore della Nanometrics modello Trillium T=40s, uguale a quello utilizzato dalle stazioni della Rete Sismica Nazionale, ubicate nei pressi dell'area geotermica di Torre Alfina*



Figura 2.7.1f *La strumentazione sismologica di marca SARA utilizzata per la rete sismica di Castel Giorgio-Torre Alfina: a) acquisitore sismico, mod. SL06; b) sismometro a periodo esteso T=10s, mod. SS20*



Per la trasduzione del segnale sismico è stato adottato un sensore sismometrico SS-20 a tre componenti (N-S, E-O e verticale), a corto periodo (2 Hz) con una banda utilizzabile 0.1-250Hz. Il sensore SS-20, accoppiato al digitalizzatore SL06/C3, un convertitore analogico - digitale a 24 bit, è basato sul sistema operativo Linux che rende disponibili tutta la serie di servizi Internet forniti dal sistema operativo Linux quali TCP/IP, HTTP, TELNET, FTP, SMTP. Inoltre ha un consumo di energia minore di 3W, cosa che ne permette l'uso in installazioni remote con risorse energetiche limitate.

Una volta installata la rete, l'SL06 invia tramite una linea dedicata, i segnali elettrici opportunamente convertiti in digitale al sistema di acquisizione che verrà installato presso la centrale ORC di Castel Giorgio.

La strumentazione sismologica è stata acquistata dalla SARA Srl di Perugia che produce strumentazione di alta qualità completamente rispondente ai requisiti richiesti. La consegna degli strumenti del primo lotto è già iniziata e le prime 5 stazioni verranno tutte installate entro maggio 2014.

In aprile, è stata installata la prima stazione (Torraccia) in un locale di proprietà del comune di Castel Giorgio. La stazione è alimentata con la tensione di rete o, in mancanza, da batterie tampone della capacità di circa 60Ah. Acquisitore e sensore si comportano in modo impeccabile e rispettano tutte le specifiche di progettazione. Lo stesso dicasi per il corredo software che accompagna la stazione, che consente un elevato livello di configurabilità e un controllo bidirezionale completo. Gli acquisitori sono stati configurati in modo da campionare il segnale a 100 Hz, frequenza che si ritiene adatta per monitorare la microsismicità attesa nella zona. Si rammenta che le stazioni sismiche della rete sismica nazionale gestita dall'INGV, usualmente campionano il segnale a 50 Hz.

Il programma in corso prevede di installare la rete microsismica nella sua interezza in maniera temporanea, vale a dire senza effettuare i lavori relativi ai pozzetti e alla trasmissione, raccogliendo i dati in maniera locale; questo per consentire che, prima di procedere all'installazione definitiva, venga valutata l'efficacia della rete, con riferimento particolare al rumore sismico di natura antropica (attività agricola, attività estrattiva, traffico, etc.). Per quanto poco probabile, qualora non risultasse possibile rilevare dalle stazioni di superficie i fenomeni microsismici in dettaglio, verrebbe presa in considerazione come già anticipato, la possibilità di installare le stazioni sismiche in pozzi geognostici, a profondità variabili fino a decine di metri dal piano campagna.

Trasmissione, acquisizione ed elaborazione dati

Tutte le stazioni della Rete Microsismica di Castel Giorgio-Torre Alfina saranno dotate di un sistema di trasmissione dati basato su router ADSL, scegliendo tra vari modelli già testati per l'affidabilità e il basso consumo energetico. Ove questo non sia possibile, ovvero in presenza di copertura di rete non ottimale, si utilizzerà un router con interfaccia UMTS. Tutti i siti della rete verranno comunque testati prima dell'installazione, in modo da garantire una banda minima di trasmissione di almeno 5 KByte/sec.

Grazie a questa infrastruttura di comunicazione, i dati di tutte le stazioni verranno raggiunti e prelevati tramite internet dal centro di elaborazione presso l'INGV di Roma.

Presso la centrale elettrica ORC di Castel Giorgio verrà installato il sistema di acquisizione principale. Verrà utilizzato come hardware un server per l'acquisizione centralizzata ed un PC dedicato alla visualizzazione dei dati e controllo della rete.

Lo spazio di archiviazione locale interno al server verrà utilizzato come buffer locale di memorizzazione per il sistema di acquisizione. I dati acquisiti in tempo reale verranno poi archiviati giornalmente sulla struttura esterna ad alta affidabilità in RAID 6. Verrà installato inoltre un sistema di acquisizione e visualizzazione e controllo secondari, predisposti a scopo di ridondanza, presso la sede INGV di Roma. Il sistema secondario mantiene copia del software di acquisizione, di elaborazione e del buffer dati.

Una volta acquisiti nel formato MiniSeed, i dati grezzi delle stazioni di monitoraggio verranno elaborati e analizzati. L'ultima fase della catena di operazioni è l'archiviazione stabile a cadenza giornaliera, dove il dato viene copiato all'interno dell'infrastruttura centrale utilizzata per l'accesso e l'archiviazione delle forme d'onda. Da questo momento il dato verrà conservato in modo permanente, e sarà accessibile via web.

La componente di elaborazione si basa su due macchine virtuali, costruite su due server fisici ridondanti e assegnate rispettivamente alla gestione dell'area di archiviazione (dal punto di vista filesystem e gestione del dato) e alla gestione delle modalità di accesso e consultazione attraverso un'applicazione web.

La componente di archiviazione si basa invece su un sistema di storage con array di dischi configurati in RAID 6, per garantire un buon rapporto sicurezza/prestazioni, ed è in grado di immagazzinare, al netto della ridondanza e dell'overhead di filesystem, circa 10TB di dati utili. Per le finalità di archiviazione dei dati della rete di Castel Giorgio – Torre Alfina, il sistema è stato integrato con un ulteriore array di dischi fino al raggiungimento della massima capienza. Stimando la quantità dei dati prodotti dalla rete in circa 200 GB/anno, la parte del sistema dedicata alla rete di Castel Giorgio – Torre Alfina sarà sufficiente ad archiviare dati per circa 10 anni.

Per quanto riguarda il sistema di acquisizione, le stazioni sono configurate per registrare i dati in forma continua con il formato MiniSeed, che rappresenta un standard internazionale per lo scambio di dati sismologici digitali, e contiene solo i dati di forma d'onda. E' un formato molto adatto per dati continui e per archiviare una grande mole di dati.

Il server della rete di Castel Giorgio – Torre Alfina è un computer adatto a gestire tutto il carico di lavoro di acquisizione e prima elaborazione in real-time dei dati. Per il collegamento e l'archiviazione dei dati in tempo reale si utilizza il protocollo SeedLink, che permette di stabilire una comunicazione robusta tra il server di acquisizione e le stazioni. La parte principale del sistema è un server virtuale, che permette di inserire i dati in arrivo all'interno di una memoria "circolare" (ring buffer), recuperare e correggere dati eventualmente mancanti e di controllare che tutte le operazioni di dialogo tra server e clients avvengano in modo rapido e corretto. Una volta entrati nel ring buffer e validati, i dati vengono archiviati sul disco rigido del server in files MiniSeed con lunghezza voluta (es. giornalieri).

Il software di elaborazione dei dati sismologici è SeiscomP (*Becker, 2014*). Questo è un software open-source ed è strutturato in una serie di moduli che gestiscono tutte le funzionalità necessarie all'elaborazione dei dati sismologici acquisiti da una rete.

Il sistema SeiscomP è utilizzato per effettuare numerose operazioni di elaborazioni in real-time o off-line. Ci sarà bisogno di una fase di sviluppo per una serie di funzioni di elaborazione e restituzione grafica dei dati acquisiti che proseguirà durante tutto il primo anno di gestione della rete microsismica.

Modello sismico del sottosuolo: dati geologico-strutturali

Sempre nella presente richiesta, è stato richiesto di “realizzare un modello sismico del sottosuolo basato su di una ricostruzione geologico – strutturale completa che includa tutti i dati disponibili, inclusi i dati geofisici ricavati da sismica a riflessione”.

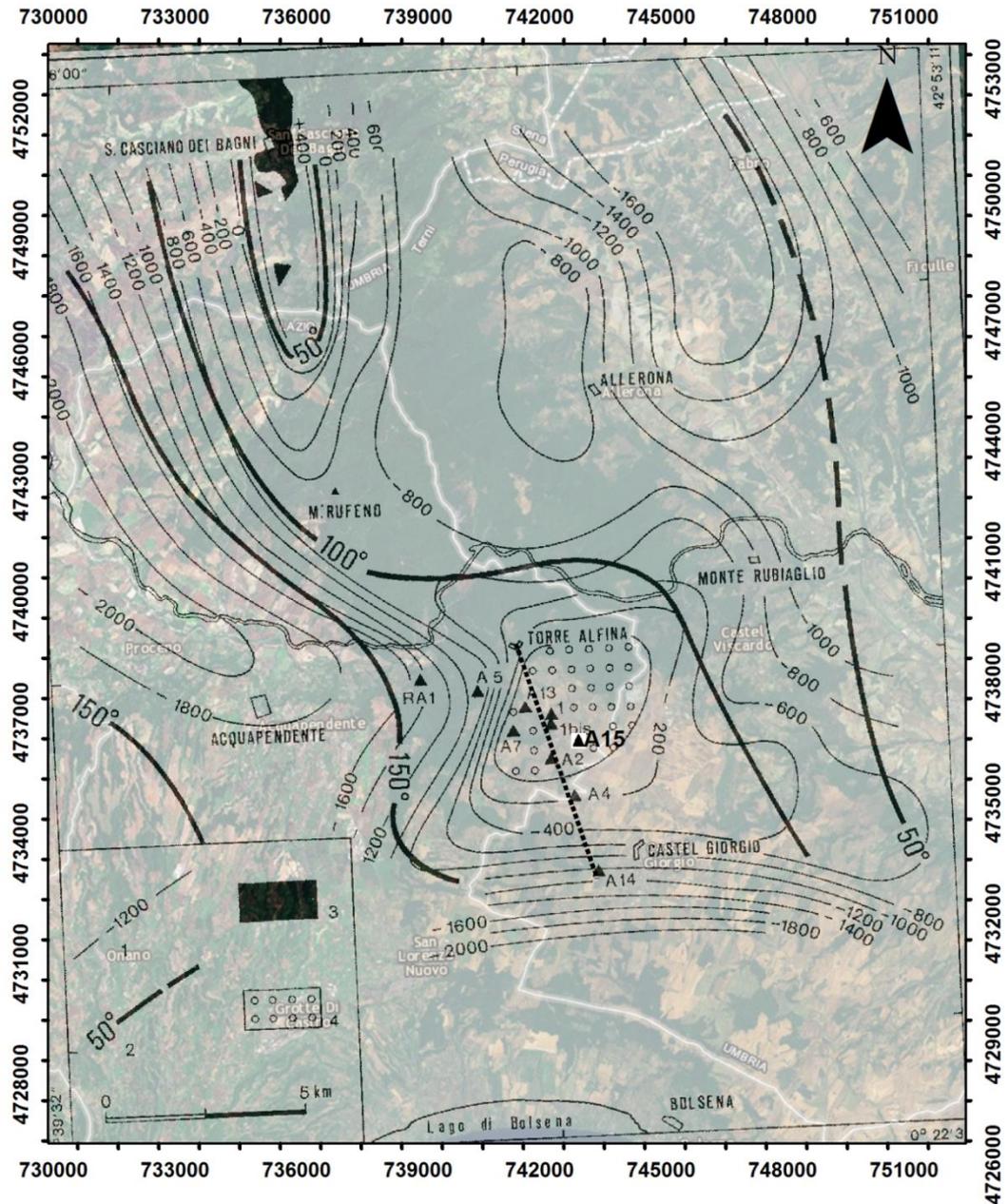
Si ritiene che quanto presentato nello SIA, nel Progetto Definitivo che lo accompagna e nei relativi Allegati, già contenga buona parte dell’informazione richiesta. In ogni caso, si forniscono di seguito ulteriori informazioni integrative.

La situazione geologico-strutturale dell’area geotermica di Castel Giorgio – Torre Alfina è ben nota grazie alle pubblicazioni scaturite dall’attività di esplorazione geotermica dell’Enel degli anni '70 e '80 (*Buonasorte et al., 1988; Buonasorte et al., 1991*).

Questa attività comprende rilievi geologici, geochimici e geofisici (gravimetria, geoelettrica, geomagnetismo) oltre che i risultati della perforazione di numerosi pozzi profondi.

Gli elementi geologico-strutturali e geotermici principali della zona sono riassunti nella Figura 2.7.1g, dove sono riportate le isobate del tetto delle rocce carbonatiche del serbatoio, le relative isoterme e l’estensione approssimativa della cappa di gas presente al tetto del serbatoio.

Figura 2.7.1g *Principali elementi geologico-strutturali dell'area geotermica Castel Giorgio-Torre Alfina. 1: Isobate del tratto del serbatoio carbonatico (in m s.l.m.), 2: Isoterme al tetto del serbatoio (in °C) 3: Affioramento più vicino delle rocce del serbatoio, 4: Estensione approssimativa della cappa di gas presente nella parte alta del serbatoio, nella parte centrale del campo. È indicata anche l'ubicazione dei pozzi profondi (modificata da Buonasorte et al., 1988) e la traccia della sezione geologica di Fig. B2-6 (linea punteggiata)*



Il modello geologico strutturale dell'area geotermica di Castel Giorgio-Torre Alfina, basato sui dati geologici, geofisici e dei sondaggi profondi è presentato nella Figura 2.7.1h.

Infine, nella Figura 2.7.1.i è presentato un profilo geologico-strutturale che attraversa tutta l'area di interesse del progetto geotermico Castel Giorgio, da Torre Alfina al pozzo A14 (sito progettuale CG14).

Figura 2.7.1h *Modello geologico –strutturale dell’area geotermica di Castel Giorgio – Torre Alfina basato sui risultati dei sondaggi profondi. 1: Prodotti vulcanici Quaternari; 2: Depositi marini Neogenici; 3: Copertura impermeabile costituita dai depositi alloctoni del Flysch ligure; 4: Serbatoio geotermico ospitato nei calcari fratturati della serie Toscana; 5: Cappa di gas al tetto del serbatoio nella parte centrale del campo; 6: Isotherme di °C. E’ indicata l’ubicazione dei pozzi geotermici (da Buonasorte et al., 1988)*

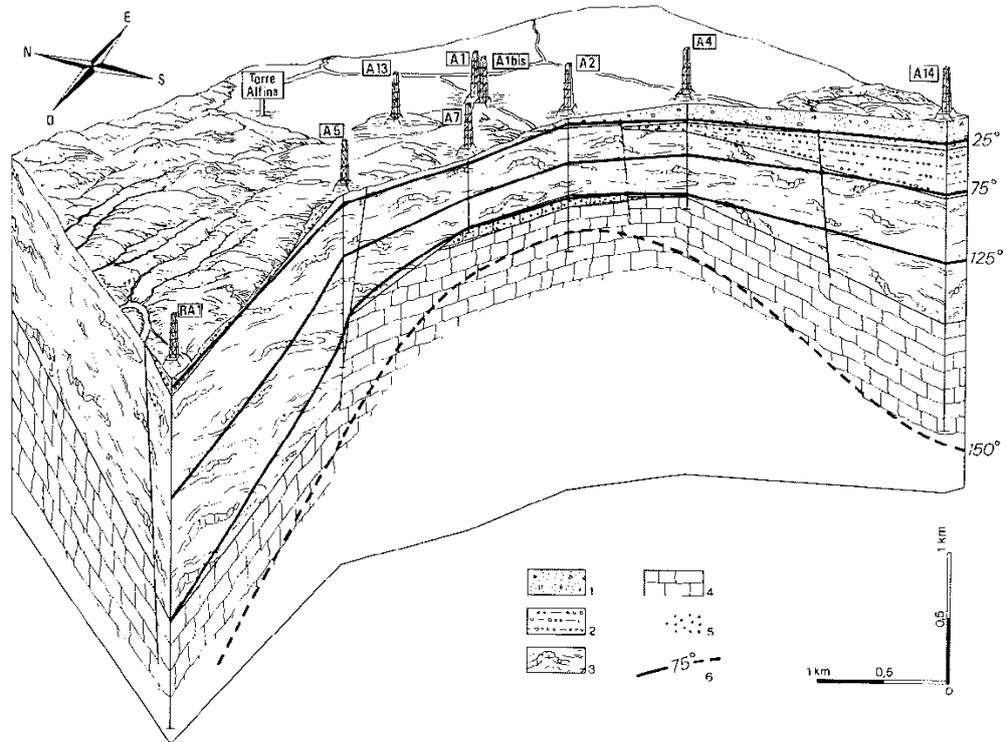
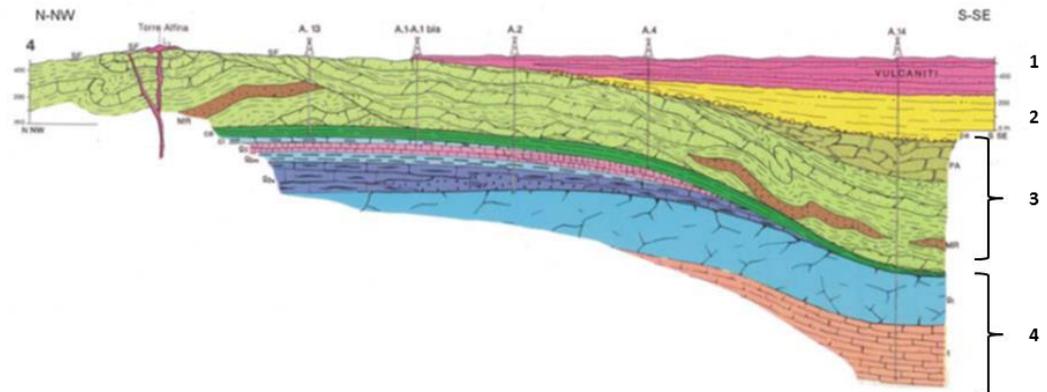


Figura 2.7.1i *Profilo Geologico della zona geotermica tra Torre Alfina e Castel Giorgio (pozzo A14) nel quale sono indicati 1) i terreni vulcanici; 2) le rocce Neogeniche; 3) le rocce dell’unità di facies Ligure e Austroalpina interna (copertura impermeabile); 4) le rocce di facies Toscana (che comprendono il serbatoio geotermico nei calcari fratturati (da Costantini et al., 1984). La traccia del profilo è indicata nella Figura 2.7.1g*



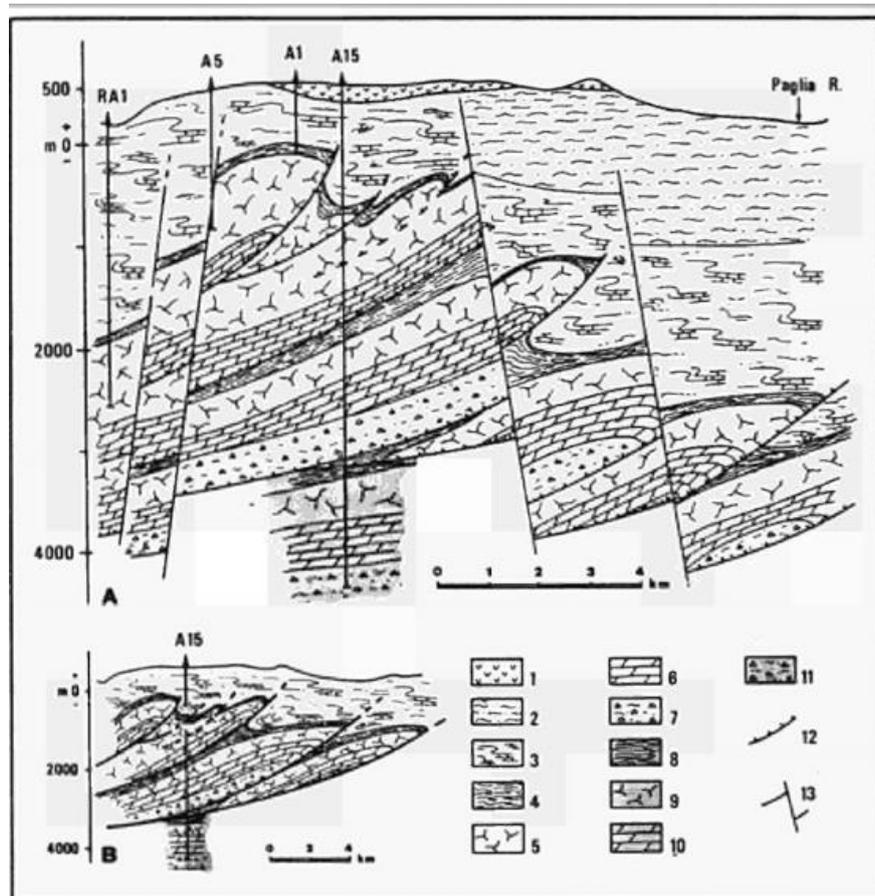
Altre importanti informazioni geologico-strutturali sono state ottenute dal sondaggio A15, perforato dall'Enel nel 1987 fino alla profondità di 4826 m dal p.c (Buonasorte et al., 1989 e 1991).

Il sondaggio era stato perforato allo scopo di accertare l'eventuale presenza, al di sotto del serbatoio geotermico nelle rocce carbonatiche di facies Toscana, di un secondo serbatoio più caldo, ospitato in rocce metamorfiche, come avviene nei campi geotermici toscani (Larderello, Amiata).

In realtà al di sotto delle rocce di copertura delle Liguridi, il sondaggio ha attraversato tre scaglie tettoniche di rocce carbonatiche a "Serie Toscana" non metamorfica, che si sovrappongono ad una successione ancora carbonatica di tipo "Umbro" (Figura 2.7.1l).

La sovrapposizione tettonica di queste unità carbonatiche costituisce un unico serbatoio geotermico di grande spessore (oltre 3700 m), caratterizzato da un gradiente geotermico molto basso ($< 0,3 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ m}$) con temperatura variabile da 140°C a 210°C indicativo di una circolazione convettiva dei fluidi (Buonasorte et al., 1991).

Figura 2.7.11 *Sezione geologico-strutturale attraverso il campo geotermico di Torre Alfina – Castel Giorgio estrapolata dalla stratigrafia del sondaggio profondo A15. La sezione A rappresenta la situazione strutturale attuale, con la presenza supposta delle faglie tensionali del Miocene Superiore-Pliocene. Si noti che la struttura della zona che va dal pozzo A15 al Fiume Paglia è del tutto ipotetica non essendovi in questa zona pozzi profondi. 1: Vulcaniti Quaternarie, 2: Sedimenti Neogenici, 3: Liguridi, 4-7: Unità Toscana, 8-11: Sequenza Umbra, 12: Overthrust, 13: Faglia tensionale (da Buonasorte et al., 1989)*



Nell'insieme i dati presentati indicano chiaramente che l'area geotermica di Castel Giorgio - Torre Alfina è caratterizzata dalla presenza di un alto strutturale delle rocce carbonatiche del serbatoio, permeabile per fratturazione, legato verosimilmente a strutture di tipo overthrust.

Al di sopra vi è la formazione impermeabile che agisce come copertura del sistema geotermico, costituita da terreni prevalentemente argillosi dei flysch Liguri. Questa copertura è molto efficace, tanto che solo in un sito, corrispondente alla manifestazione a gas delle Solfanare poco a sud di Torre Alfina, si trova una piccola faglia a direzione NW-SE che mette in comunicazione il serbatoio con la superficie consentendo la risalita di gas (prevalentemente CO₂).

Le prospezioni di flusso di CO₂ dal suolo condotte dall'INGV per conto del proponente, hanno dimostrato infatti che solo alle Solfanare si registra

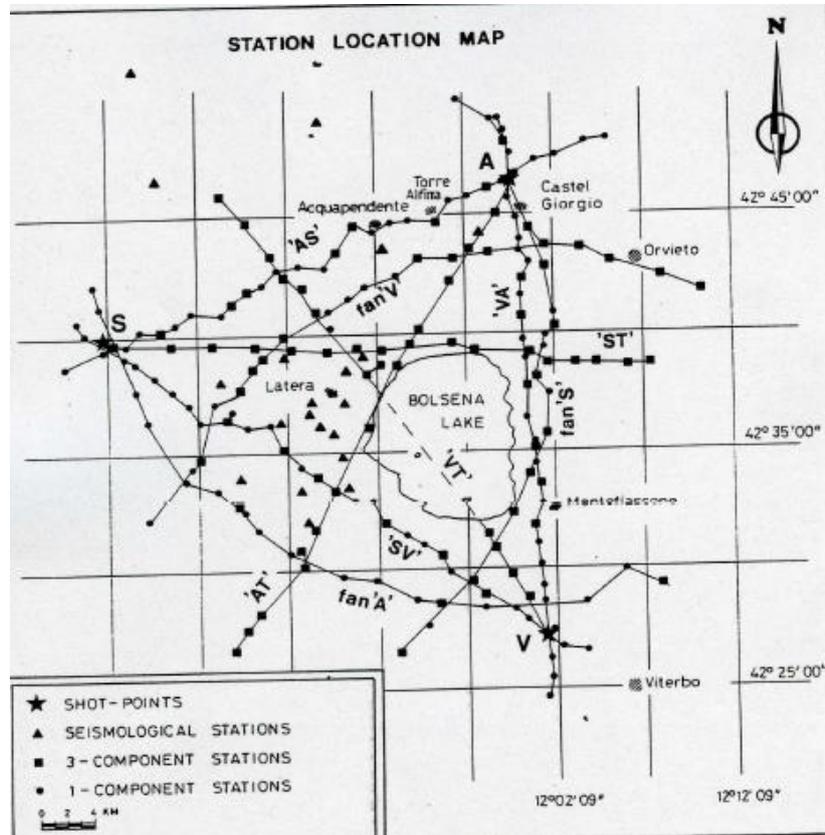
un'emissione anomala di gas geotermico, mentre in tutto il resto dell'area il flusso di CO₂ è molto basso, compatibile con un'origine organica da "respirazione" del suolo vegetale (vedi Allegati Fe G dello SIA).

Modello Sismico del Sottosuolo: Dati da Sismica a Riflessione, a Rifrazione e da Terremoti Naturali

Nell'ambito dell'esplorazione geotermica dei Monti Vulsini, l'Enel ha realizzato alcuni profili sismici a riflessione, i cui risultati non sono stati resi noti. Tuttavia, nel descrivere le indagini di sismica a riflessione condotte sul Lago di Bolsena, *Buonasorte et al. (1995)* riferiscono che la risposta sismica dei sondaggi a terra è stata "povera" a causa della presenza di una potente copertura di rocce vulcaniche. Peraltro anche le indagini di sismica a riflessione condotte nel lago, pur facilitate dalla presenza del bacino d'acqua, hanno avuto scarsa penetrazione non riuscendo a raggiungere i terreni sedimentari (flysch, carbonati) posti al di sotto delle vulcaniti (*Buonasorte et al., 1995*). Pertanto le indagini di sismica a riflessione non hanno fornito informazioni strutturali di rilievo.

I risultati di tre profili di sismica a rifrazione, uno dei quali interessa l'area geotermica di Castel Giorgio – Torre Alfina, sono stati pubblicati da *Biella et al. (1987)* e da *Amato et al. (1991)* (vedi ubicazione in Figura 2.7.1m).

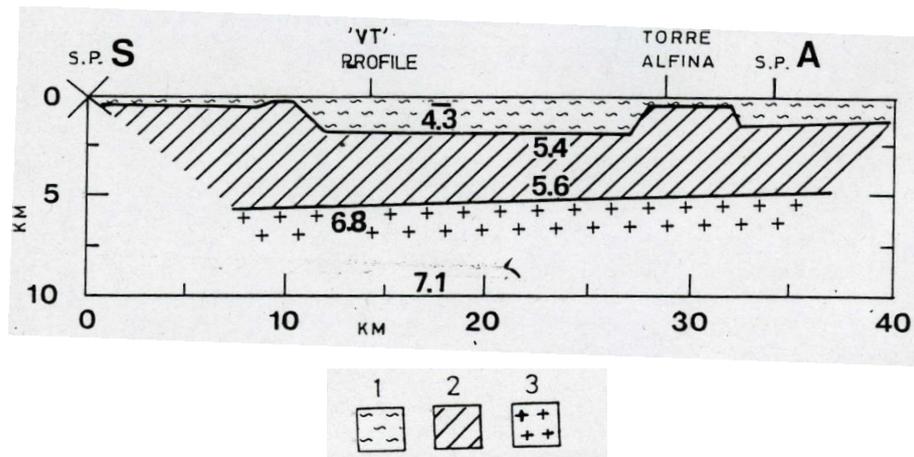
Figura 2.7.1m *Ubicazione dei profili di sismica a rifrazione e delle stazioni sismiche (da Biella et al., 1987). Il profilo S-A è quello che passa attraverso l'area geotermica del progetto*



Il modello sismico ottenuto e la relativa interpretazione geologica sono mostrati nella Figura 2.7.1n, nella quale si riconosce bene l'alto strutturale delle rocce carbonatiche del serbatoio nella zona di Torre Alfina. Dall'alto verso il basso, vengono distinti tre livelli sismici:

- un livello superficiale con velocità delle onde P di 4,1-4,5 km/s (4,3 km/s a Torre Alfina), corrispondente sia alle rocce vulcaniche sia a quelle del flysch alloctono che non sono distinguibili dalla sismica a rifrazione per l'esiguo spessore del vulcanico;
- un livello intermedio con Vp di 5,3-5,9 km/s (5,4-5,6 km/s a Torre Alfina), corrispondente alle formazioni carbonatiche Mesozoiche (serbatoio geotermico); la geometria irregolare del tetto di questo livello corrisponde alla struttura tettonica dell'area (es. horst di Torre Alfina);
- - un livello profondo ad andamento piatto che comincia a circa 5 km di profondità nella zona di Torre Alfina, caratterizzato da Vp da 6,8 a 7,1 km/s, corrispondente verosimilmente al basamento metamorfico.

Figura 2.7.1n *Modello sismico e interpretazione geologica del profilo S-A di sismica a rifrazione. 1: copertura vulcano-flyschoida, 2: rocce carbonatiche del serbatoio, 3: basamento metamorfico ad alta Vp (modificata, da Biella et al., 1987)*



Altri risultati utili al modello sismico della zona si ricavano dagli studi di tomografia sismica condotti da *Chiarabba et al. (1995)* nella regione dell'Amiata – Vulsini comprendente anche la zona di Torre Alfina. Invertendo i tempi di arrivo di terremoti locali registrati dalle reti microsismiche dell'Enel nel periodo 1977-1992, è stata ricostruita la struttura tridimensionale delle velocità delle onde P.

Il modello 3D delle velocità delle onde P in quattro livelli crostali (layer 1, 2, 3, 4 alla profondità di rispettivamente 1,3,5 e 7 km) è mostrato nella Figura 2.7.1o, nella quale la zona di Torre Alfina è collocata circa a 1/3 della congiungente Lago di Bolsena – M. Amiata.

Nei primi 3 km, che sono ben conosciuti dai dati dei pozzi geotermici profondi, le variazioni di velocità sono determinate dalle strutture in alti e bassi (horst e graben) delle rocce carbonatiche che ospitano il principale serbatoio geotermico.

A Torre Alfina si osserva un'anomalia positiva di velocità, la cui geometria corrisponde bene all'andamento dell'alto strutturale dei carbonati sepolti (vedi Figura 2.7h), mentre velocità più basse corrispondono ai terreni di copertura (flysch e depositi vulcanosedimentari). Il tetto del serbatoio carbonatico corrisponde ad un'isolinea di $V_p = 4,8$ km/s e le alte velocità tra 1 e 3 km corrispondono alla struttura positiva dei carbonati che, come abbiamo visto, è composta da tre unità tettoniche sovrapposte fino ad almeno 5 km di profondità.

Questo spiega anche perché non è stato osservato alcun contrasto di velocità a 5 km di profondità sotto il campo geotermico di Torre Alfina. Verso nordovest, un'area a bassa velocità è in relazione al forte spessore dei depositi di flysch (zona RA1 in Figura 2.7.1p).

Figura 2.7.1o *Modello tridimensionale della velocità delle onde P in quattro livelli crostali (profondità 1,3,5 e 7 km) (da Chiarabba et al., 1995)*

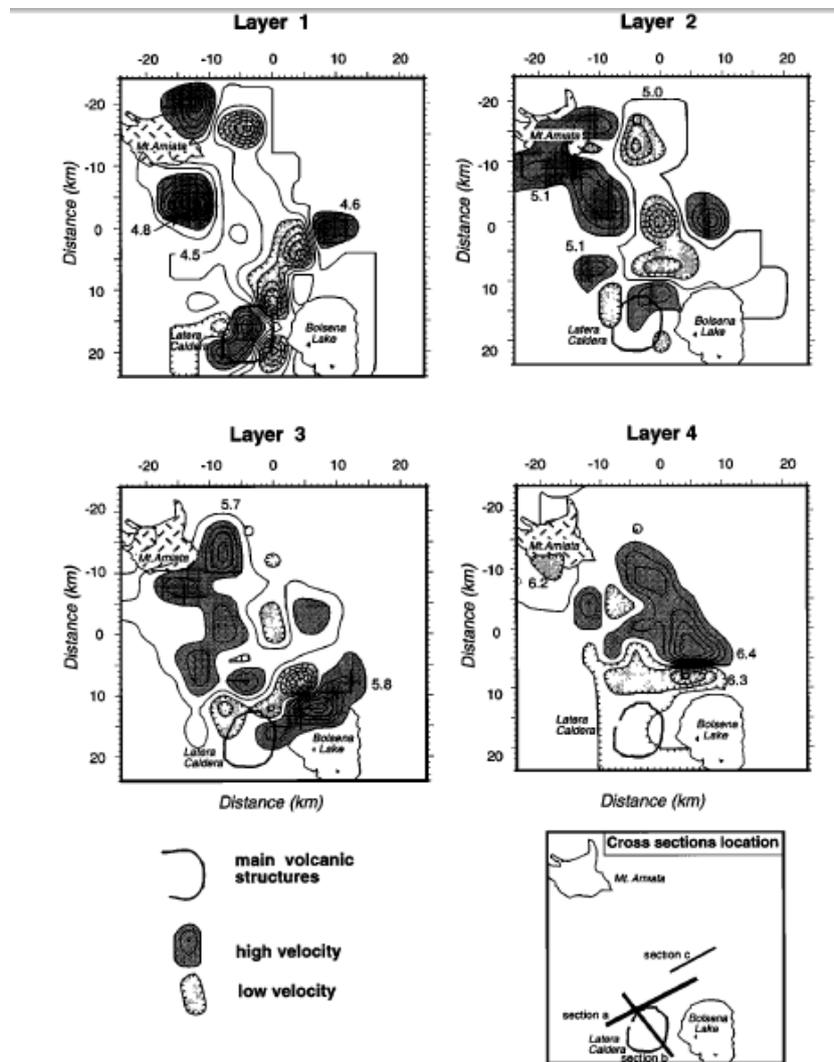
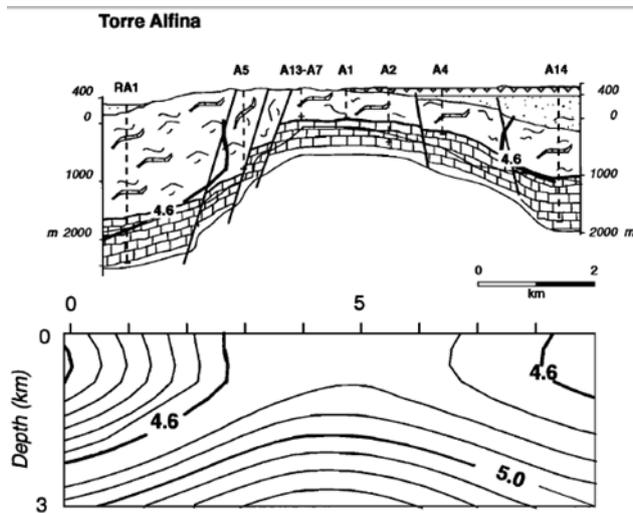


Figura 2.71p

Sezione verticale di tomografia sismica e modello geologico dell'area geotermica di Torre Alfina. L'isolinea $V_p= 4,8$ km/s marca il tetto dei carbonati Mesozoici che ospitano il serbatoio geotermico (modificato, da Chiarabba et al., 1995)



2.7.2

Controllo geodetico

Nell'Allegato D dello SIA sono state descritte le attività di monitoraggio con tecniche InSAR programmate per il controllo geodetico nell'area del progetto. Considerate le raccomandazioni di ICHESE (2014) il programma di monitoraggio è stato ampliato e sono state inserite anche tecniche SAR. Il piano di monitoraggio, riportato di seguito, è stato elaborato da INGV che, nell'ambito della Convenzione stipulata con il proponente, ha l'incarico di realizzare e gestire il sistema, e di interpretare e conservare i dati raccolti.

Requisiti del monitoraggio

Il piano deve assicurare la misura delle deformazioni del suolo in un'area di 6 km per 6.5 km circostante l'area di estrazione e reiniezione dei fluidi del progetto Castel Giorgio, al fine di monitorare eventuali movimenti del suolo con valori possibili di alcuni mm/anno sulle tre componenti Nord, Est e Verticale.

Metodi

Dati i requisiti, le misure verranno effettuate attraverso metodologie geodetiche GPS e di telerilevamento SAR satellitare.

Le misure GPS da stazioni con acquisizione in continuo, benché riferite ad un solo punto, garantiscono accuratèzze maggiori (anche inferiori ad 1 mm/anno) rispetto alle misure InSAR, restituiscono lo spostamento del suolo su scale temporali molto piú dettagliate (fino ai secondi), e forniscono tutte e tre le componenti cartesiane dello spostamento.

Il monitoraggio InSAR, eseguito con le tecniche dette dei Persistent Scatterers, è in grado di fornire misure di spostamento con accuratezze reali di 1-2 mm/anno su tutti i pixel coerenti presenti nelle immagini, tuttavia le misure sono riferite alla linea di vista (Line of Sight-LOS) che congiunge il satellite con la superficie. Perché un pixel abbia una risposta coerente nel tempo nell'intero dataset di immagini radar è necessario che contenga uno o più scatteratori stabili (o persistenti), i quali nella stragrande maggioranza dei casi corrispondono a manufatti o affioramenti rocciosi, in quanto i tipi di superficie molto variabili nel tempo (vegetazione, suolo, acqua) non forniscono una risposta in fase ad ogni passaggio del satellite. Un'altra caratteristica del monitoraggio InSAR è la necessità di attendere almeno 15-20 acquisizioni satellitari per ottenere le accuratezze menzionate; questo è necessario per minimizzare gli effetti di rumore legati alle variazioni atmosferiche nelle varie immagini del dataset.

Date queste premesse, è stato sviluppato un piano di monitoraggio che prevede di usare entrambi i metodi di misura, utilizzati in sinergia tra loro.

Le misure GPS in continuo saranno eseguite nelle immediate vicinanze dei punti di estrazione/immissione, in cui è possibile che si verifichino movimenti del suolo di maggiore intensità. Le stazioni non sono dipendenti dall'esistenza di manufatti e potranno quindi essere installate in posizioni ottimali.

Le misure InSAR saranno dedicate a coprire un'area più vasta, che include il centro abitato di Castel Giorgio, e forniranno dati sui movimenti dei manufatti e delle infrastrutture esistenti. Utilizzando immagini provenienti da orbite ascendenti e discendenti sarà possibile ricavare lo spostamento del suolo nella direzione Est e nella direzione verticale, mentre per i limiti della tecnica InSAR lo spostamento nella direzione Nord non è misurabile con la necessaria accuratezza.

Un vantaggio del metodo InSAR è la possibilità di ottenere misure anche per il periodo ante-operam, grazie alla disponibilità di dati di archivio a partire dal 1992, e di serie temporali che, con qualche interruzione, arrivano fino al presente.

Piano di monitoraggio

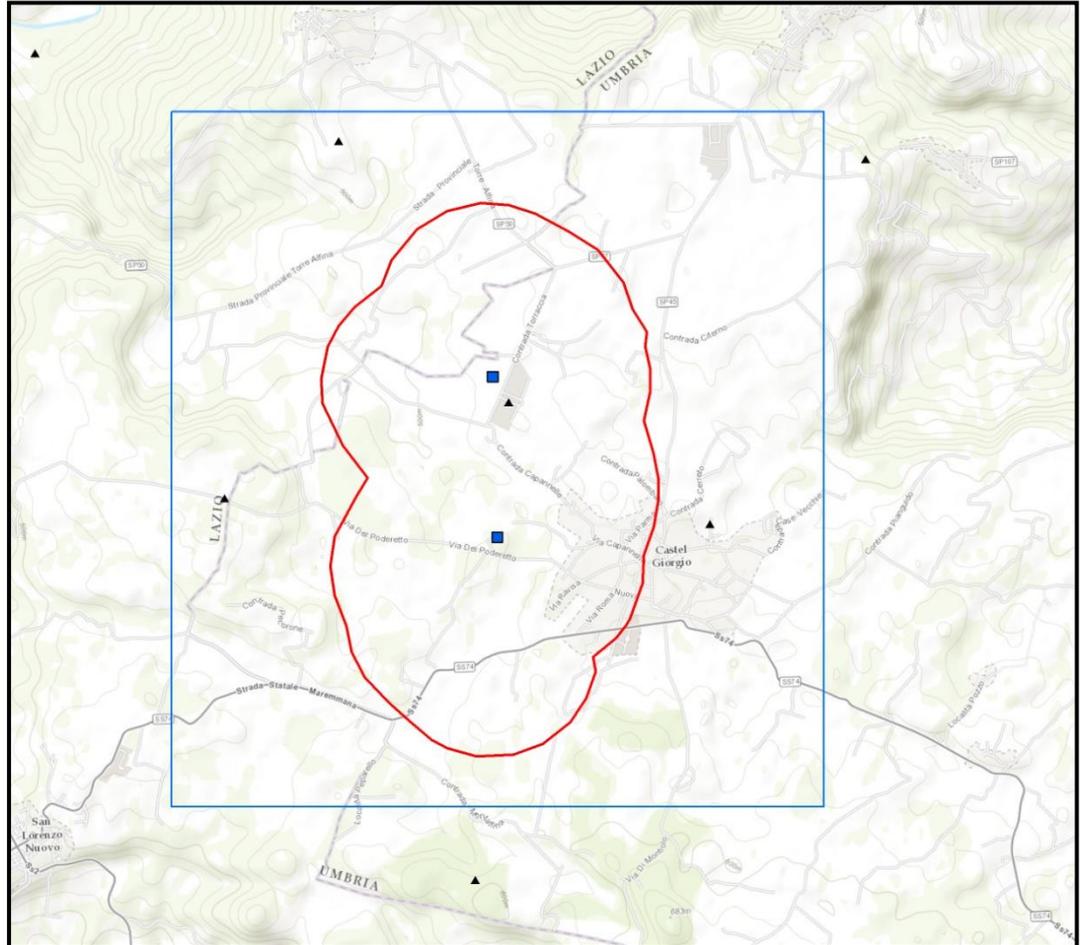
L'area del monitoraggio geodetico è quella indicata dal riquadro blu nella Figura 2.7.2a.

Al suo interno si prevedono le seguenti attività:

- Installazione iniziale di tre stazioni GPS a doppia frequenza con acquisizione in continuo. Due di esse saranno posizionate nei siti indicati in figura (quadrati blu), mentre una terza sarà collocata in un sito stabile al di fuori delle possibili influenze dell'impianto (da individuare). Eventuali ulteriori stazioni potranno essere installate successivamente nelle aree in cui le misure InSAR evidenzino eventuali deformazioni del suolo consistenti e riconducibili all'operatività dell'impianto;
- Acquisizione e archiviazione dei dati GPS in tempo reale presso la sede dell'impianto ORC;

- Elaborazione dei dati tramite una procedura automatica che permette di ottenere serie di spostamento (con coordinate in un sistema riferimento assoluto e locale) e con risoluzione temporale a regime di un giorno. Nella fase di realizzazione dei pozzi e per un periodo di 6 mesi dall'inizio delle attività dell'impianto, le serie di spostamento del suolo verranno prodotte a frequenza subdiurna;
- Reperimento ed elaborazione dei dati SAR di archivio dei satelliti ERS1-2 ed ENVISAT (da orbite ascendenti e discendenti), per la determinazione dei movimenti del suolo in fase ante-operam, tra il 1992 e il 2010;
- Reperimento ed elaborazione dei dati SAR dei satelliti COSMO-SkyMed (da orbite ascendenti e discendenti), per la determinazione dei movimenti del suolo tra il 2010 e la metà del 2015;
- Successivamente al giugno 2015 il monitoraggio InSAR verrà eseguito esclusivamente con dati del satellite Sentinel-1 (da orbite ascendenti e discendenti). Sarà necessario attendere fino al giugno 2015 per la generazione dell'archivio minimo di 20 immagini;
- L'elaborazione dei dati Sentinel-1 verrà eseguita con tecniche basate sui Persistent Scatterers, processando il dataset cumulativo aggiornato ogni 6 mesi, e proseguiranno per tutto il periodo di operatività dell'impianto;
- Le misure geodetiche InSAR e GPS saranno inserite in un Sistema Informativo Geografico che permetterà anche il controllo delle deformazioni rispetto ad altri parametri ambientali;
- Ogni 6 mesi sarà stilato un rapporto sulle misure geodetiche (GPS e InSAR) affiancato dalle mappe della deformazione e dai dataset digitali delle serie temporali dello spostamento del suolo;
- Ogni anno verrà eseguita una valutazione complessiva delle attività di monitoraggio e in caso di movimenti del suolo anomali rispetto alla situazione ante-operam e riconducibili all'attività dell'impianto, saranno implementate delle tempistiche di monitoraggio più ravvicinate. Per anomalia si intende un segnale di velocità di spostamento del suolo superiore a due volte la deviazione standard della velocità media pluriennale;
- L'accesso ai dati sarà consentito alle strutture pubbliche che ne faranno richiesta.

Figura 2.7.2a Area del monitoraggio geodetico



2.8

B3) MODELLIZZAZIONE DELLE FALDE

DAL MODELLO IDROGEOLOGICO PRESENTATO E DALL'ESAME DELLA TAVOLA 05 ALLEGATA ALLO STUDIO IDROGEOLOGICO, SI EVINCE CHE LA FALDA ACQUIFERA CORRISPONDENTE AL CAMPO GEOTERMICO È POSTA AD OVEST DELLO SPARTIACQUE IDROGEOLOGICO TRA LA VALLE DEL FIUME PAGLIA E QUELLA DEL FIUME MARTA/LAGO DI BOLSENA. IL DRENAGGIO DELLE ACQUE AVVIENE PERTANTO IN DIREZIONE SUD, VERSO IL LAGO DI BOLSENA.

SI CHIEDE DI ESTENDERE LA MODELLIZZAZIONE DELLA FALDA ACQUIFERA ORA LIMITATA, NELLA DIREZIONE SUD, AL CONFINE REGIONALE, A UN'AREA PIÙ VASTA CHE COMPRENDA LA ZONA SIC/ZPS DEL LAGO DI BOLSENA, AL FINE DI VERIFICARE L'ESISTENZA DI UN POSSIBILE INQUINAMENTO DELL'AREA SIC CAUSATO DALLE ATTIVITÀ DI PROGETTO.

Nelle seguenti Figure 2.8a, b, c e d, tratte rispettivamente da Pagano et al.(2000), Capelli et al. (2005), Capelli e Mazza (2007), Frondini et al. (2012), sono riportate le curve isopiezometriche relative alla falda di base dell'acquifero ospitato nelle vulcaniti dei Vulsini, della zona che si estende dal nord di Castel Giorgio fino al lago di Bolsena.

In ciascuna delle figure è riportato il limite dello spartiacque sotterraneo o limite di bacino idrogeologico; come può vedersi, proprio nella zona di interesse del presente progetto (area di Castel Giorgio), questo limite differisce nelle varie carte idrogeologiche.

Vi è un sostanziale accordo tra *Pagano et al. (2000)*, *Capelli et al. (2005)* e *Capelli e Mazza (2007)*, a parte differenze minori, che il limite idrogeologico passi proprio in prossimità di Castel Giorgio, con andamento circa ovest-est, mentre *Fronzini et al. (2012)* lo collocano a sud di Castel Giorgio (Figura 2.8d).

Figura 2.8a *Mappa idrogeologica da Pagano et al. (2000). Con la linea verde è indicato il limite del bacino idrogeologico*

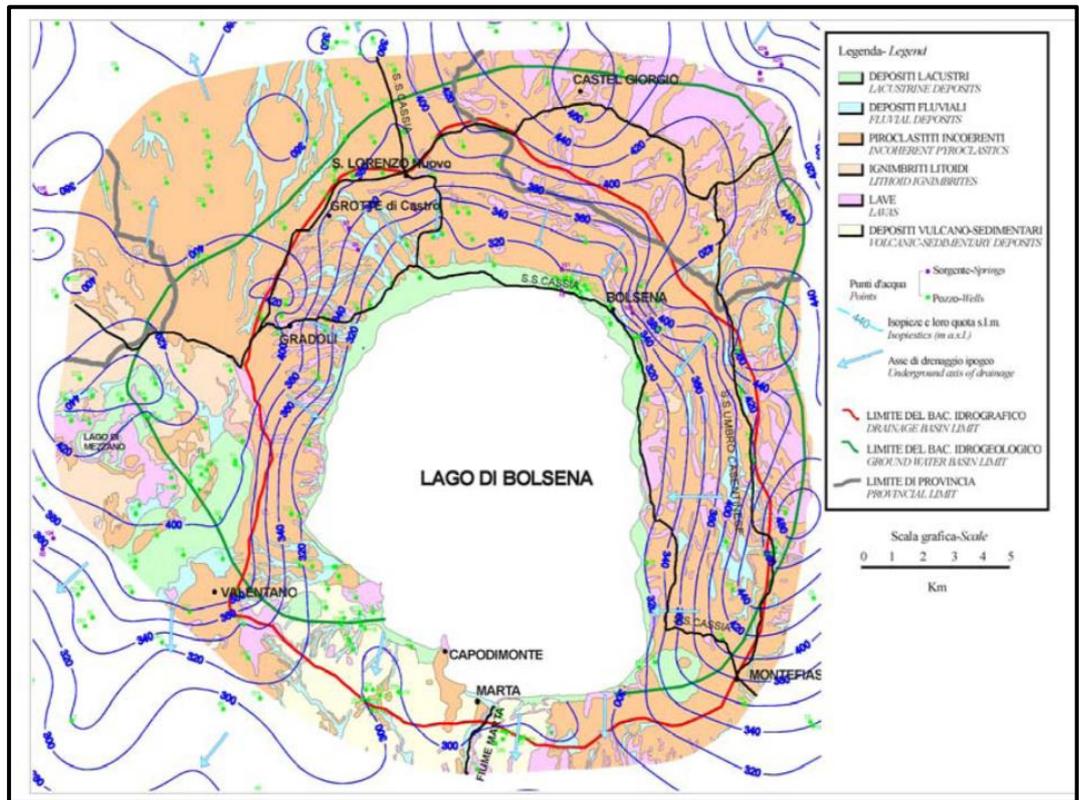


Figura 2.8b *Andamento delle linee isopiezometriche della zona Castel Giorgio – Lago di Bolsena (da Consorzio di Bonifica della val di Paglia Superiore in Capelli e Mazza, 2007). La linea nera indica il limite del bacino idrogeologico*

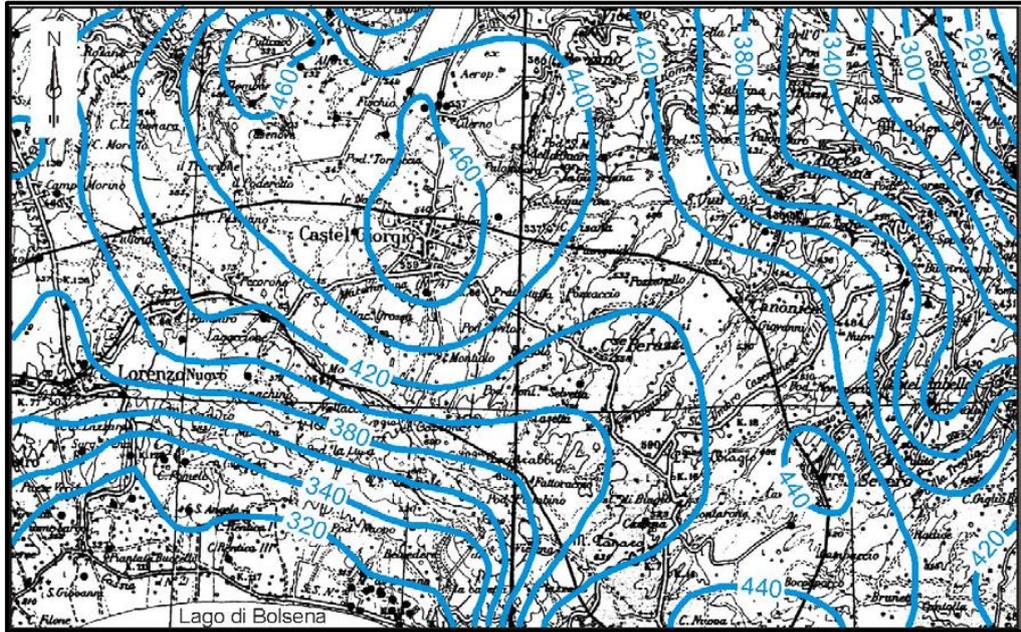


Figura 2.8c *Mappa idrogeologica da Capelli et al.(2005). Le linee gialle indicano i limiti dei bacini idrogeologici*

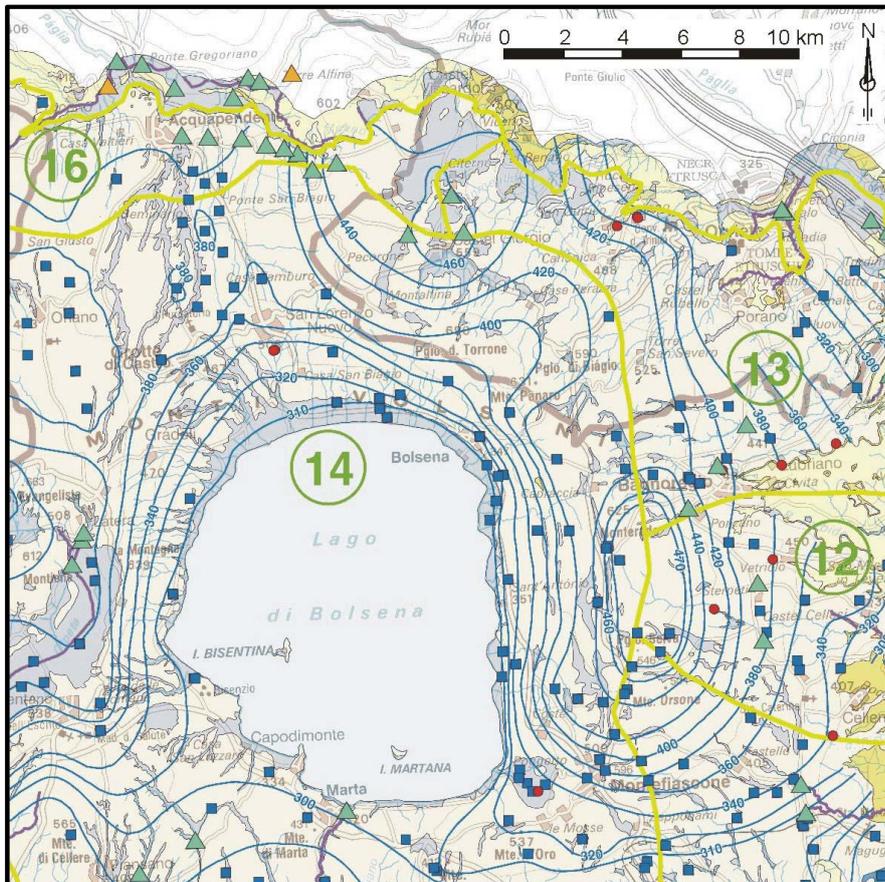
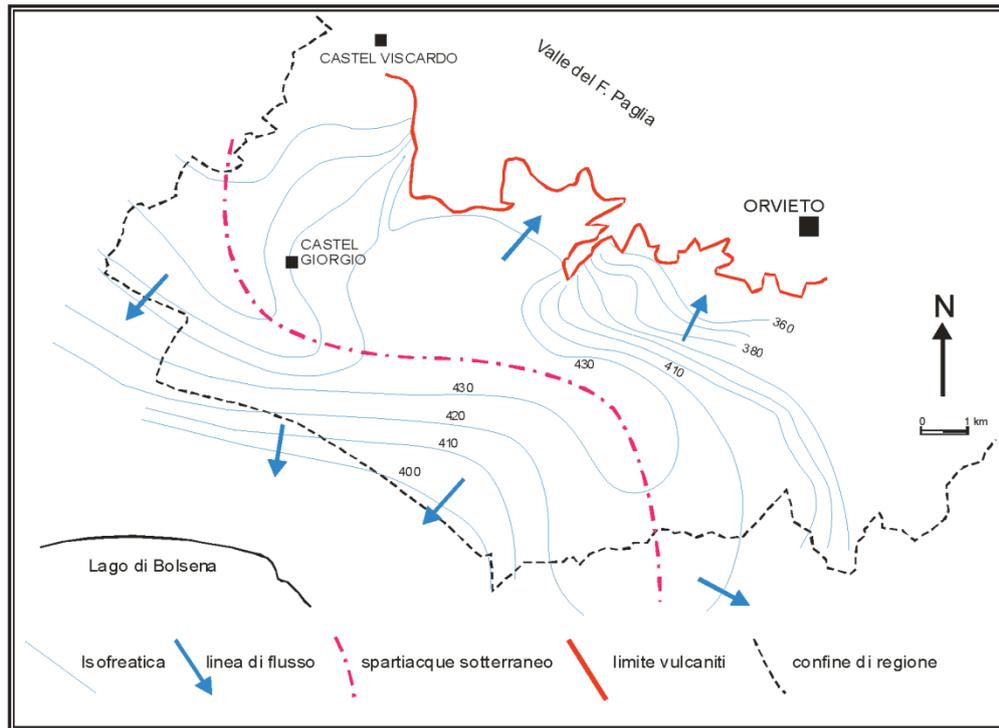


Figura 2.8d

**Carta piezometrica schematica dell'acquifero vulcanico dei Monti Vulsini
 (da Frondini et al., 2012)**


Come ben spiegato da Pagano et al. (2000) *“l'esatta delimitazione del limite idrogeologico nel settore nord-occidentale dell'acquifero (l'area di interesse del progetto) è resa quanto mai difficoltosa dal modestissimo gradiente idraulico della falda, per cui non è sempre agevole seguirne le culminazioni piezometriche, nonché dalla presenza di falde sospese più superficiali talora difficilmente distinguibili dalla basale. In questo senso è necessario considerare un certo margine di approssimazione nella delimitazione del bacino, per cui è lecito attendersi discostamenti anche nell'ordine di 1 km rispetto a quanto evidenziato. Va anche tenuto conto del fatto che, per via del modesto gradiente piezometrico, lo spartiacque idrogeologico è soggetto a migrazioni di carattere stagionale, o indotte da intense estrazioni attraverso pozzi, per cui la delimitazione del bacino così come rappresentata, deve essere intesa come condizione media”*.

In ogni caso, tenuto conto della collocazione delle opere (si veda successiva Figura 2.9a) e tralasciando il limite idrogeologico di Frondini et al. (2012), solo il tratto terminale della tubazione di reiniezione e i pozzi di reiniezione (sito CG14) si collocano nell'area dove il drenaggio sotterraneo dell'acquifero delle vulcaniti è diretto verso il Lago di Bolsena. I pozzi di produzione (siti CG1, CG2 e CG3) sono invece ubicati nella zona dove il drenaggio è in direzione opposta, verso il fiume Paglia e poi il Tevere. Questi ultimi non possono pertanto avere alcuna influenza sul bacino idrogeologico del Lago di Bolsena. La valutazione della incidenza ambientale delle opere del progetto nella zona SIC del lago è riportata al successivo Paragrafo 2.15.

2.9

B4) CENSIMENTO SORGENTI

SI CHIEDE DI ESEGUIRE SU DI UN'AREA OMOGENEA DI CIRCA 1 KM ATTORNO ALLE INSTALLAZIONI DELL'IMPIANTO (POZZI DI PRODUZIONE E REINIEZIONE, IMPIANTO ORC, TUBAZIONI INTERRATE) UN CENSIMENTO:

- **DEGLI EVENTUALI PUNTI DI CAPTAZIONE ACQUEDOTTISTICA NELL'AREA**
- **DEGLI EVENTUALI POZZI PUBBLICI E PRIVATI AD USO CIVILE, INDUSTRIALE E AGRICOLO**
- **DELLE EVENTUALI SORGENTI**

INDICANDO PER CIASCUNO DI ESSI:

- **LE CARATTERISTICHE FISICO-CHIMICHE DELL'ACQUA**
- **LE COORDINATE (X, Y) E LA QUOTA (Z)**
- **LA PROFONDITÀ DELLA PIEZOMETRICA**
- **LA PORTATA MEDIA E MASSIMA ANNUALE**
- **IL CARATTERE STAGIONALE O PERMANENTE**
- **LA DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO, DALLA RETE DI TUBAZIONI O DALLE POSTAZIONI DI PRODUZIONE E REINIEZIONE**

NEL CASO DOVESSERO ESSERE INDIVIDUATI ALTRI PUNTI DI CENSIMENTO OLTRE AI TRE PUNTI DI CAPTAZIONE GIÀ CONSIDERATI, SI CHIEDE DI ESTENDERE A QUESTI ULTERIORI PUNTI LA MODELLIZZAZIONE GIÀ REALIZZATA, AL FINE DI INDIVIDUARE L'IMPATTO DEI POZZI DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO.

Come richiesto, nella Figura 2.9a è stata perimetrata con una linea rossa, su una basemap ESRI tratta da ArcGis 10.2, l'area di circa 1 km attorno alle installazioni dell'impianto (pozzetti di produzione e reiniezione, impianto ORC, tubazioni interrato) che sono tutte riportate nella figura.

Sempre come richiesto, sono stati censiti e riportati in Figura 2.9b i pozzetti d'acqua e le sorgenti che ricadono all'interno della linea rossa. Nella stessa figura sono riportati anche due pozzetti esterni ma vicini alla linea rossa, siti rispettivamente nel Comune di Castel Viscardo e nel Comune di Castel Giorgio utilizzati a scopo di monitoraggio da ARPA-Umbria (pozzetti ORV11 e P08-C18 tratti da www.arpa.umbria.it).

Nelle Tabelle 2.9a e 2.9b sono riportati, rispettivamente per le sorgenti e per i pozzetti reperiti, elencati in ordine da nord verso sud, il numero di codice, la denominazione, la quota, la portata. I dati sono tratti da Capelli e Mazza (2007).

Tabella 2.9a **Sorgenti Ubiccate all'Interno dell'Area Rossa di Figura 2.9b**

Codice	Denominazione	Quota (m s.l.m)	Portata (l/s)
032	Le Greppe	500	0,02
005	Le Lance	487	0,05
006	Casenove	500	0,01
012	Fontanelle (Case Nuove)	499	0,2
007	Torraccia	503	0,02

Tabella 2.9b *Pozzi Ubicati all'Interno dell'Area Rossa di Figura 2.9b*

Codice	Denominazione	Quota (m s.l.m)	Portata (l/s)	Note
009	C.Pulicaro	525	-	-
013	Pod.Alfina	532	-	-
014	Forno Vecchio	530	-	Pozzo irriguo
P30	Com.Castel Viscardo	554	6	-
P53	Pozzo Com. Castel Viscardo	552	10	-
3	Pozzo Com. Castel Viscardo	552	15	-
028	Case Rosse	554	5/6	-
P29	Case Rosse	545	9,5	-
004	Pod. Capannaccia	509	15	Pozzo irriguo
015	Pod.Torraccia	547	5/6	-
P28	Pod.Tevertino	547	5	-
13	C.Cedro	525	-	-
P56	Castel Giorgio	537	12	-
12	Castel Giorgio	537	9	-
P73	-	-	-	-

Figura 2.9a

Delimitazione dell'area compresa entro 1 km di distanza dalle installazioni dell'impianto geotermico di Castel Giorgio. Sono indicate tutte le installazioni del progetto, il pozzo di monitoraggio ORV11 dell'ARPA-Umbria e i pozzetti di prelievo idrico che verranno utilizzati per il monitoraggio della falda (pallino rosso vicino alle piazzole dei pozzi CG_1, CG_2, CG_3 e CG_14)

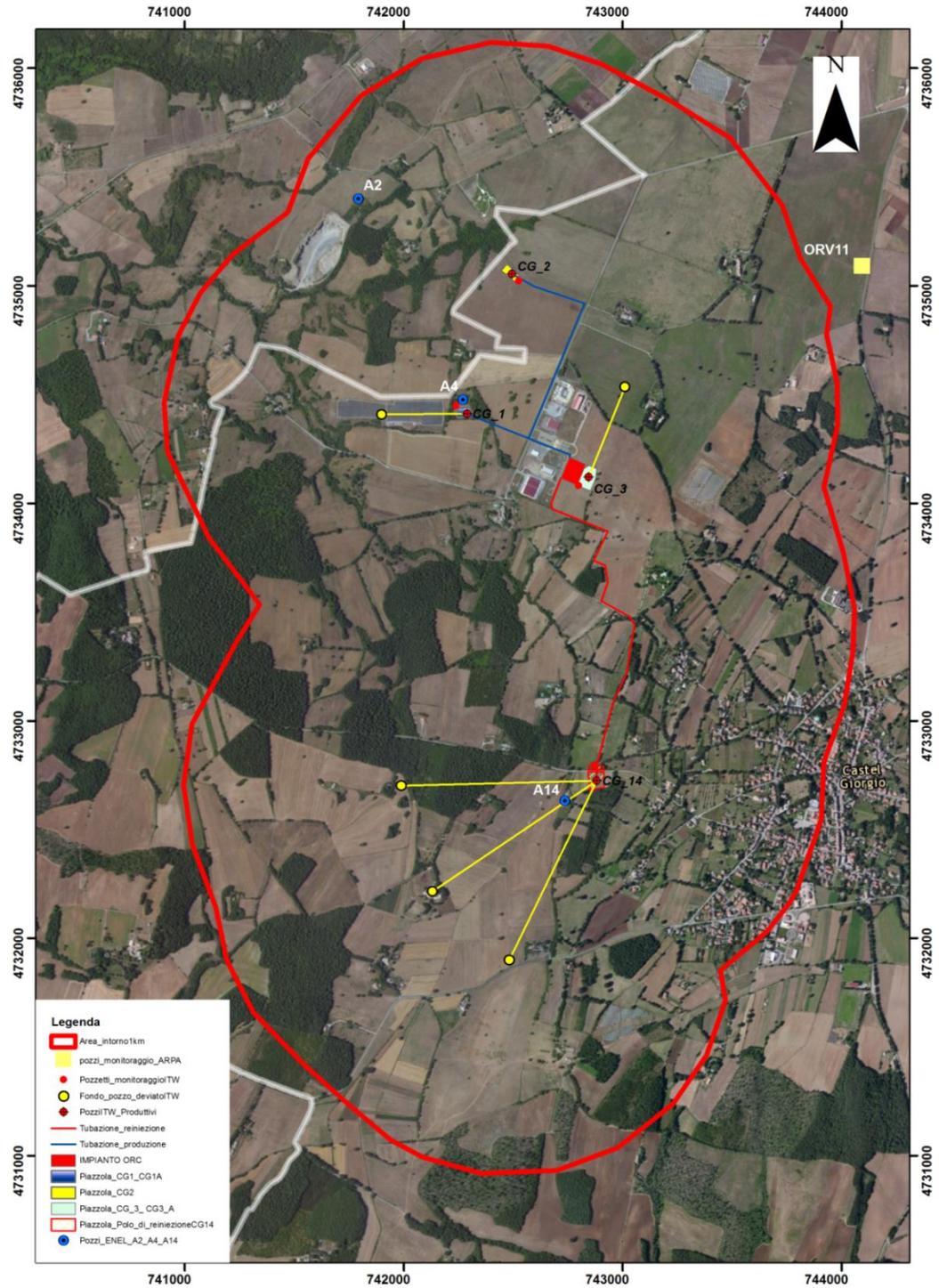
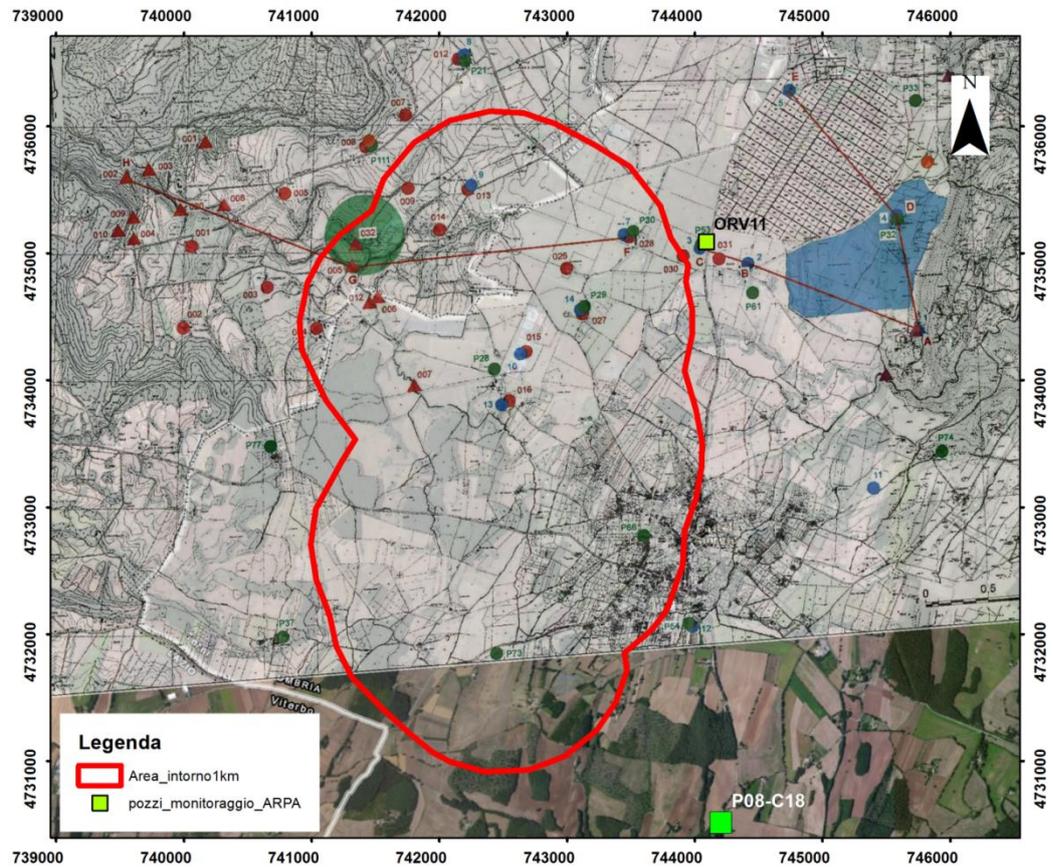


Figura 2.9b

Ubicazione di sorgenti e pozzi all'interno dell'area perimetrata dalla linea rossa di Fig.B4-1 tratta dal censimento di Capelli e Mazza (2007). Sono indicati anche i pozzi ORV11 e P08-C18 della rete di monitoraggio dell'ARPA-Umbria



Nessuna delle sorgenti riportate in Tabella 2.9a risulta captata. La portata più alta (0,2 l/s) è riportata per la sorgente Fontanelle, posta in Umbria vicino al confine con il Lazio.

I dati idrogeologici dell'area indicano la presenza di alcuni acquiferi ospitati nelle rocce vulcaniche dei Monti Vulsini, separati da livelli cineritici, paleosuoli e depositi lacustri. La circolazione idrica di questi acquiferi è sostenuta e condizionata dalla presenza di un substrato argilloso-marnoso a bassa permeabilità (terreni del flysch o argille neogeniche). Questo substrato immerge verso sud e verso est, cioè verso la depressione calderica del Lago di Bolsena e verso il Paglia-Tevere. Ciò impone le due direttrici di flusso idrico descritte al precedente Paragrafo 2.8.

Vi è accordo tra gli idrogeologi sulla presenza nell'altipiano dell'Alfina dei seguenti tre acquiferi:

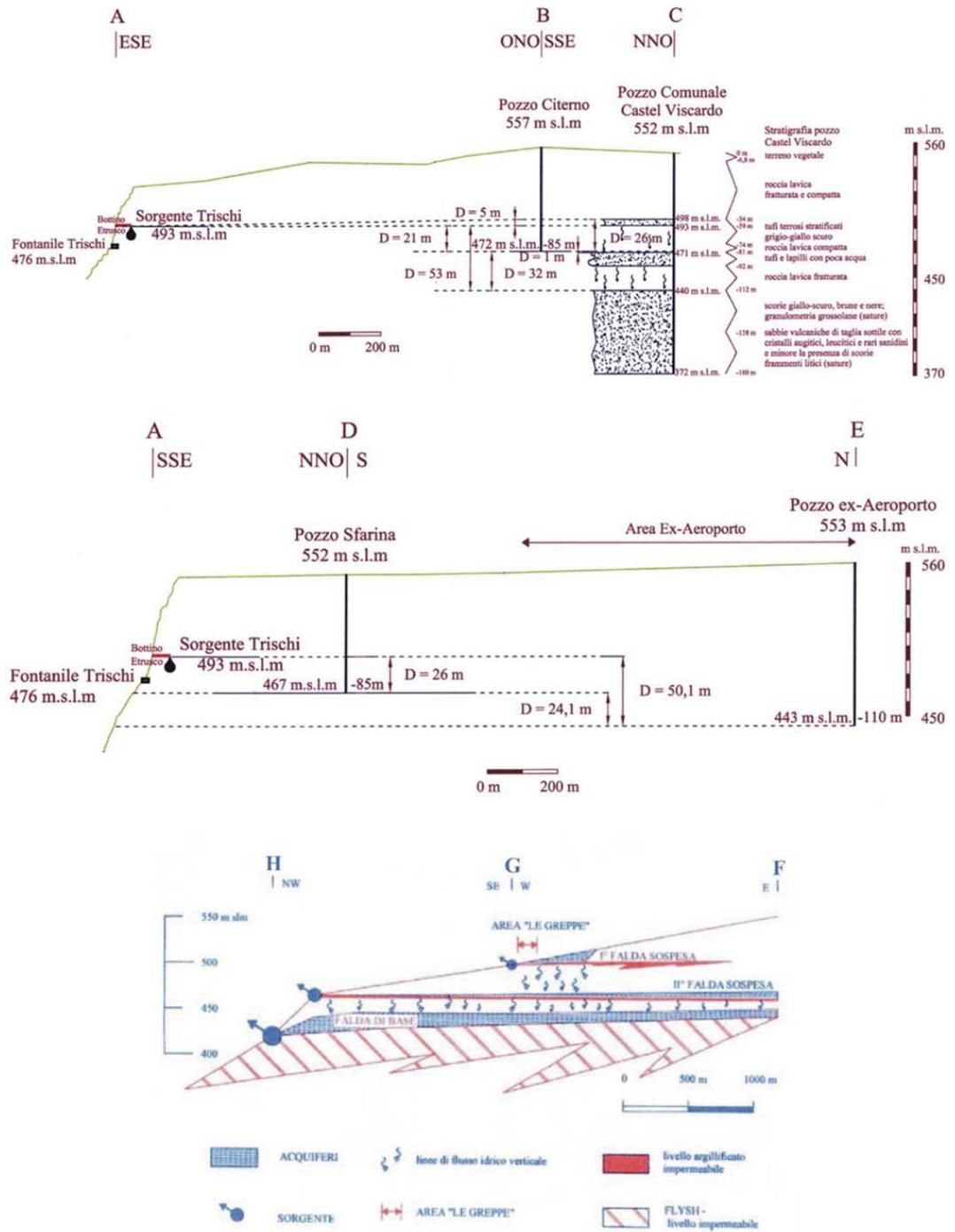
1. Falda superficiale ospitata nei depositi lavici recenti e sostenuta da tufi terrosi stratificati. Tra i principali punti di manifestazione di questa falda vi è la sorgente di Trischi (n.1 in Figura 2.9b) esterna all'area rossa, posta alla quota di 493 m s.l.m, lungo il versante orientale dell'altipiano. Questa falda è stata

- intercettata anche dal pozzo comunale di Castel Viscardo, ubicato nel Comune di Castel Giorgio;
2. Falda intermedia compresa indicativamente tra le quote 460 e 470 m s.l.m, sostenuta da rocce a bassa permeabilità e intercettata dai pozzi Casale Citerno, Comune di Castel Viscardo, Casale Sfarina, Case Rosse, Podere Borraccia e Podere Molare (vedi sezioni in Figura 2.9c). Gli acquiferi superficiale e intermedio alimentano una numerosa serie di sorgenti che sono all'origine dei Fossi Romealla e Subissone;
 3. Falda di base di importanza regionale, che rappresenta la risorsa idrica che sostiene la maggior parte dei prelievi ad uso potabile delle Regioni Lazio e Umbria.

Nella Figura 2.9c sono riportate alcune sezioni interpretative degli acquiferi dell'Altopiano dell'Alfina; l'ubicazione delle sezioni A-B-C, A-D-E, H-G-F, è indicata nella Figura 2.9b.

Figura 2.9c

Sezioni Interpretative relative agli Acquiferi dell'Altopiano dell'Alfina (l'ubicazione è riportata nella Figura 2.9b) (da Capelli e Mazza, 2007)



Per quanto riguarda le caratteristiche chimico-fisiche di queste acque, nella Tabella 2.9c sono riportati i dati del pozzo ORV11 relativi agli anni 2005-2011 tratti dal sito dell'ARPA-Umbria. Come si vede, il pozzo viene campionato 1-2 volte all'anno.

Tabella 2.9c *Dati Chimico-Fisici del Pozzo ORV11 (da www.arpa.umbria.it)*

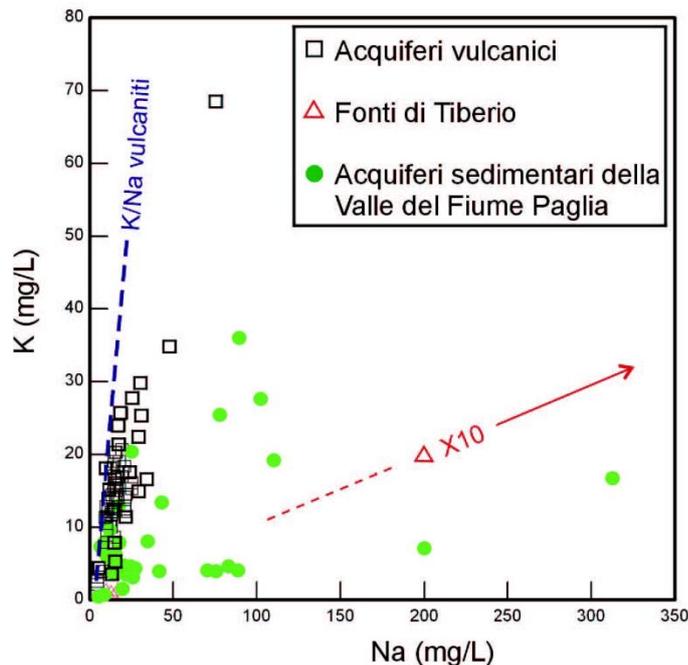
Data	Alc. (HCO ₃) mg/l	NH ₄ mg/l	Ca mg/l	T.O.C. mg/l	Cl mg/l	Cond. µS/cm (20°C)	Fe µg/l	Mg mg/l	Mn µg/l	NO ₃ mg/l	P_PO4 mg/l	O ₂ % disciolto sat%	O ₂ disciolto (DO) mg/l	pH	K mg/l	Pot.Redox mV	Na mg/l	SO ₄ mg/l	T acqua °C	T aria °C
2005		< 0,05	57	0,7	7,6	252		4,9	25	28,3	0,09	80,4	8	7,6	20	77	14	5,7	16	29
2005	93,9	< 0,05	19	0,64	8,9	246	28	4,9	< 0,5	27,5	0,07	102,46	10,4	7,39	15	169	12	13	15,2	4
2006	92,7	< 0,05	84	0,75	8,5	263	18,7	5	4	28,7	0,07	91,46	9,1	7,75	12	236	12	7,1	15,8	18
2006	96,4	< 0,05	31	0,75	7,3	262	< 10	5	0,9	27,8	0,075	75,86	7,7	7,3	17	85	14	7	14,6	5
2007	96,38	< 0,05	24	1,1	12,6	265	< 10	4,9	< 0,5	25,2	0,07	76,38	7,6	7,68	15	223	14	7,1	16,2	26
2007	93,94	< 0,05	18	0,6	8,1	251	< 10	4,5	0,7	25,5	0,086	85,43	8,5	7,34	19	226	14	6,5	15,9	7
2008	96,38	< 0,05	20	0,79	9,1	251	< 10	5	0,9	21,4	< 0,010	89,32	8,7	7,64	20,5	228	15,5	6,7	16,6	27
2008	92,7	< 0,05	20	0,72	10	244	161	4	2,2	23,7	0,053	72,36	7,2	7,24	15	238	15	7,8	15,8	7
2009	92,7	< 0,05	20		9,9	252	113	4,5	2,1	28,8	0,047		7,4	7,28	16	255	13,5	9,6	15,5	20
2009	91,5	< 0,05	17,4		7,7	254	27,8	5,2	< 0,5	25,3	0,059		8,2	7,47	19,6	235	15,2	7,2	16	3
2010	96,4	< 0,05	18,2	0,54	7,6	252	50,3	4,5	1,3	26,4	0,041	8,2		7,5	18,4	283	14	7,4	16,2	22
2011	93,9	< 0,05	19,2	0,48	7,9	276	255	5,7	4,5	26,8	0,068		8,2	7,5	21,7	237,7	14,2	7,1	13,6	
2011	92,7	< 0,05	19,5	0,54	7,7	254	22,3	5,1	0,58	29,6	0,087		7,7	7,1	21,1	155,6	14,1	8,4	15,8	

Una descrizione della geochimica delle acque sotterranee della zona è contenuta nel lavoro di Frondini et al. (2012), che è stato riportato nello SIA (Paragrafo 4.2.2.2) e dal quale, ad ogni buon conto, sono tratte le seguenti considerazioni.

Le acque che circolano nel sistema vulcanico hanno un chimismo che varia da bicarbonato alcalino a bicarbonato-alcalino terroso. La salinità è bassa, generalmente inferiore a 300 mg/L. La conducibilità elettrica specifica mostra variazioni entro un intervallo limitato, con pochi campioni a conducibilità superiore ai 500 µS/cm. Il pH presenta valori vicino al punto di neutralità o debolmente alcalini (7-7.5). La pressione parziale di anidride carbonica (pCO₂) varia tra 10-3 e 10-1.5 bar, ed è tipica di acque meteoriche che durante l'infiltrazione disciolgono la CO₂ presente nel suolo. La composizione delle acque che circolano nelle vulcaniti è legata alle reazioni di alterazione delle rocce vulcaniche, che a partire da un idrotipo bicarbonato calcico, rappresentativo delle acque meteoriche, portano a un idrotipo bicarbonato alcalino, rappresentativo delle acque che hanno significativamente reagito con le rocce del complesso vulcanico. Le reazioni di alterazione dei minerali e del vetro vulcanico producono nuove fasi solide e portano in soluzione cationi (K, Na, ma anche Mg, Fe e Ca) e acido ortosilicico (H₄SiO₄). La sequenza di reazioni di alterazione prosegue fino a che la soluzione non raggiunge la saturazione in quarzo o in un'altra specie della silice (per motivi cinetici, spesso è la silice amorfa a governare il sistema) e in idrossidi di ferro e alluminio. I calcoli termodinamici indicano che tra le nuove fasi solide prodotte le più importanti sono: caolinite e/o halloysite, alcuni minerali del gruppo delle smectiti (K-beidellite), alcuni tipi di zeoliti e vari idrossidi di Fe e Al (goethite, gibbsite). Gli idrossidi di Fe e Al, precipitano inizialmente come particelle colloidali di dimensioni nanometriche e solo successivamente cristallizzano come fasi cristalline vere e proprie. Durante la flocculazione gli idrossidi possono adsorbire molti metalli sottraendoli alla soluzione. Il diagramma Na vs K (Figura B4-4) mostra come il progressivo incremento in metalli alcalini (Na, K) avvenga con un rapporto Na/K quasi costante e molto vicino al rapporto ponderale medio delle rocce vulcaniche della zona. Solo i campioni con i contenuti totali di metalli alcalini più elevati mostrano un rapporto Na/K leggermente più alto. Tale incremento è probabilmente legato all'interazione con i sedimenti Plio-Pleistocenici presenti alla base delle vulcaniti e/o alla rimozione differenziale di K e Na dalla soluzione durante la precipitazione dei minerali di

alterazione. Dallo stesso diagramma non si individuano significativi processi di miscela delle acque circolanti nelle vulcaniti con i fluidi profondi che caratterizzano i sistemi termali-geotermici di Fonti di Tiberio - Torre Alfina (nelle zone più meridionali dei Monti Vulsini, ad esempio nella zona di Latera-Canino, sono invece evidenti i processi di mixing tra acque superficiali e fluidi profondi). Nella parte settentrionale dei Monti Vulsini, l'acquifero vulcanico è quindi completamente isolato rispetto alla circolazione profonda grazie alla presenza dei sedimenti argillosi del Plio-Pleistocene e delle Liguridi che a scala regionale agiscono da acquiclude.

Figura 2.9d **Diagramma Na-K per le Acque degli Acquiferi Vulcanici e Sedimentari della Zona di Torre Alfina (da Frondini et al., 2012)**



Nel sistema vulcanico si distinguono una falda di base, che rappresenta il maggior corpo idrico della regione, e alcune piccole falde sospese. Il chimismo dei due tipi di acquiferi è molto simile, le principali differenze sono: un contenuto in silice più elevato e concentrazioni più elevate di Na, Li, F e As nella falda di base. Gli elementi che variano in modo più significativo tra i due tipi di falda sono il litio, che aumenta quasi di un ordine di grandezza passando dalle falde sospese alla falda di base, e il fluoro che aumenta di un fattore 4-5 (Figura B4-5). Le differenze osservate sono causate sia dai tempi di interazione più lunghi delle acque che circolano nella falda di base sia dalla presenza dei sedimenti Plio-Pleistocenici alla base dell'acquifero. Il principale corpo idrico dell'area di studio è la falda di base ospitata dalle vulcaniti Vulsine. L'acquifero è completamente isolato rispetto alla circolazione profonda grazie alla presenza dei sedimenti argillosi del Plio-Pleistocene e delle Liguridi che a scala regionale agiscono da acquiclude.

Le acque circolanti nel sistema vulcanico sono di buona qualità, grazie alla bassa salinità e a un contenuto medio in nitrati inferiore a 30 mg/L. Solo l'8% dei campioni analizzati supera la concentrazione massima ammissibile di 50 mg/L. I

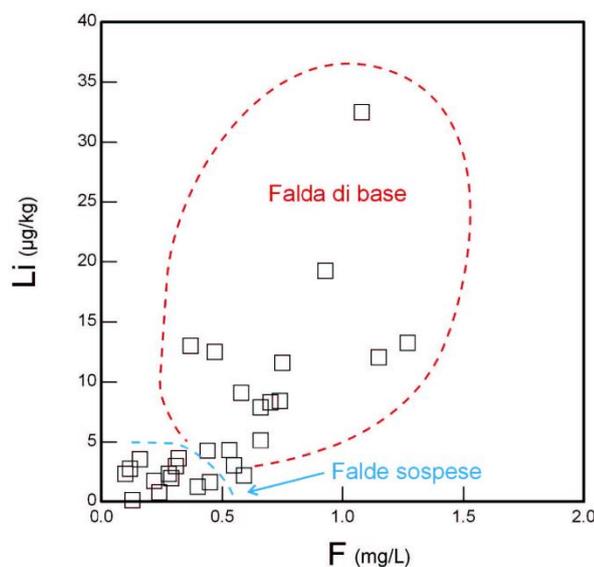
maggiori problemi sono legati a fenomeni naturali e non dipendono da contaminazione antropica.

Molti campioni della falda di base sono infatti caratterizzati da valori di As superiori a 10 µg/l, fatto comune a gran parte degli acquiferi vulcanici dell'Italia centrale. Tali valori, considerati ammissibili fino al dicembre 2010 grazie a una deroga al D.Lgs 31/2001 sui tenori limite di As nelle acque sotterranee, concessa dal Ministero della Salute, non sono più ammissibili per un uso idropotabile della risorsa. Infatti, scaduta la deroga nel 2010, la concentrazione massima ammissibile di As è passata da 50 µg/l a 10 µg/l e molti campioni, precedentemente in regola con il vecchio valore di parametro (DPR236/1988), risultano ora non conformi con la nuova concentrazione limite definita dal D.Lgs 31/2001.

Un secondo problema riguarda le falde sospese che in occasione di periodi molto piovosi vedono aumentare le concentrazioni di Al molto al di sopra della concentrazione massima ammissibile di 200 µg/l (D.Lgs 31/2001).

Non si tratta di alluminio disciolto come ione Al^{+3} ma di idrossidi di alluminio in particelle colloidali di dimensioni nanometriche, che vengono mobilizzate dai livelli superficiali alterati ad opera delle acque meteoriche. Dato che le falde sospese alimentano per drenanza la falda di base, nei periodi di massima contaminazione, anche le sorgenti della falda di base possono superare le concentrazioni massime ammissibili. Il processo di miscela tra acque della falda di base e acque delle falde sospese, varia in funzione della permeabilità locale. Tale processo a scala locale è molto importante per la qualità delle acque, infatti una contaminazione delle falde sospese può portare a un deterioramento della qualità anche nella falda di base, come è avvenuto in occasione della contaminazione da alluminio del 2010.

Figura 2.9e **Diagramma Li-F per le Acque dell' Altipiano dell'Alfina (da Frondini et al., 2012)**



2.10**B5) PIANO DI MONITORAGGIO DELLA FALDA ACQUIFERA**

NEL SIA IL PIANO DI MONITORAGGIO DELLA FALDA ACQUIFERA È TRATTEGGIATO PER GRANDI LINEE, PERALTRO CONDIVISIBILI. SI RITIENE NECESSARIA LA REDAZIONE DI UN PIANO DI MONITORAGGIO DELLA FALDA ACQUIFERA, CHE CONTENGA:

- **L'ARTICOLAZIONE DEL MONITORAGGIO NELLE FASI: ANTE OPERAM, IN CORSO D'OPERA E POST OPERAM;**
- **LA DURATA DELLE DIVERSE FASI DI MONITORAGGIO;**
- **LA FREQUENZA E LA MODALITÀ DEI CAMPIONAMENTI;**
- **I PARAMETRI FISICO-CHIMICI DA MONITORARE (TABELLA 2 ALLEGATO5 PARTE IV D.Lgs 152/2006);**
- **LA RETE DI MONITORAGGIO, CHE PREVEDA TUTTI I PUNTI INDIVIDUATI NEL CENSIMENTO DI CUI AL PRECEDENTE PARAGRAFO, OLTRE AI POZZI DI APPROVVIGIONAMENTO E A QUELLI DI PRODUZIONE-REINIEZIONE;**
- **LE MODALITÀ DI ACQUISIZIONE DEI DATI E DI PUBBLICIZZAZIONE DEI RISULTATI;**
- **L'INDIVIDUAZIONE, PER OGNI PARAMETRO MONITORATO, DELLE SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME;**
- **LA DEFINIZIONE DI UN PIANO D'INTERVENTO NEL CASO DI SUPERAMENTO DELLE SOGLIE PRECEDENTEMENTE INDICATE**

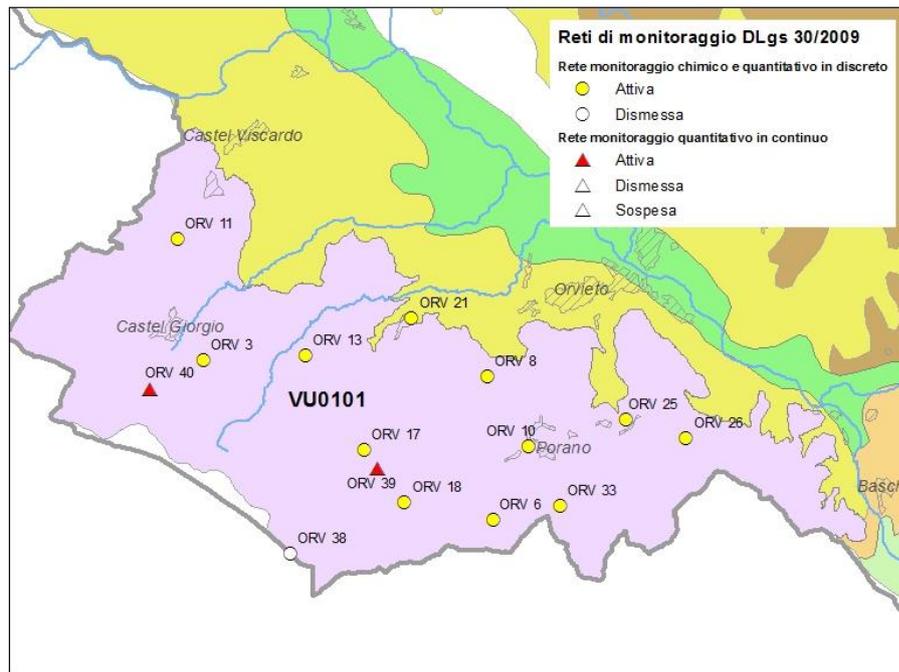
2.10.1**Piano di monitoraggio della falda acquifera**

Il piano di monitoraggio della falda acquifera è stato descritto nel Paragrafo 5.5 dello SIA. Si forniscono di seguito alcune ulteriori informazioni.

Rete di monitoraggio

Come descritto nel Capitolo 5.5 dello SIA, l'attività di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei condotta dall'ARPA-Umbria comprende anche alcuni punti di monitoraggio dell'acquifero vulcanico nella zona di Castel Giorgio – Castel Viscardo. In particolare questi consistono di 3 pozzetti (ORV3-ORV11-ORV13) per il controllo chimico periodico e di un pozzetto (ORV40) per il controllo continuo del livello della falda mediante piezometro (vedi ubicazione in Figura 2.10.1a).

Figura 2.10.1a *Rete di monitoraggio degli acquiferi sotterranei nella zona dell'Orvietano, ARPA-Umbria*



Ciò premesso, è sembrato logico includere nella rete di monitoraggio del proponente, tutti i 4 pozzetti per l'approvvigionamento idrico che verranno perforati nei pressi dei pozzi profondi (vedi Figura 2.9a per ubicazione). Si fa presente che nello SIA era stato previsto il monitoraggio di solo 2 di questi pozzetti; pertanto quanto descritto in questo capitolo rappresenta un'estensione del piano di monitoraggio precedentemente presentato.

Articolazione del monitoraggio e durata delle diverse fasi

In ognuno dei 4 pozzetti il monitoraggio avrà inizio non appena sarà stata realizzato il pozzetto relativo, quindi prima dell'inizio della perforazione dei pozzi profondi dalla vicina piattaforma. Si possono prevedere, per ogni sito, un campionamento prima dell'inizio delle perforazioni profonde previo spurgo del pozzetto, un secondo alla fine delle perforazioni profonde e infine, a regime, un campionamento ogni sei mesi sempre nello stesso periodo temporale per assicurarsi una similitudine di condizioni di falda. In caso di riscontro di anomalie chimico-fisiche, il campionamento verrà infittito seguendo le indicazioni che verranno fornite da ARPA – Umbria.

Modalità di campionamento e parametri chimico-fisici monitorati

I campioni d'acqua verranno raccolti calando in pozzo il raccogliatore con cavo e arganetto oppure pompando direttamente acqua dal pozzetto in presenza di pompa sommersa installata nello stesso.

Poiché il monitoraggio ha l'obiettivo di verificare eventuali fenomeni di inquinamento tra l'acquifero superficiale e quello geotermico profondo si prevede

il monitoraggio di “traccianti” del sistema profondo. Questi sono costituiti da boro, cloruri e solfati.

Nel primo campionamento verranno analizzati anche gli isotopi deuterio (δD) e ossigeno ($\delta^{18}O$) dell’acqua.

Nei quattro pozzetti indicati verrà quindi eseguito il monitoraggio delle seguenti sostanze:

- Boro totale;
- Cloruri;
- Solfati.

All’atto del campionamento saranno inoltre misurati:

- pH;
- temperatura;
- conducibilità.

Le analisi relative al primo campionamento rappresenteranno i valori di fondo di riferimento per il successivo monitoraggio.

Modalità di acquisizione dei dati e di pubblicazione dei risultati

La campionatura e le analisi chimico-fisiche all’atto del campionamento e successive di laboratorio saranno effettuate da INGV, Ente pubblico di ricerca, in base ad una Convenzione già stipulata con il proponente. I risultati saranno immediatamente trasmessi all’ARPA Umbria, con la quale l’INGV concorderà preventivamente le modalità di campionamento e di analisi. I dati analitici acquisiti saranno conservati in una banca dati dedicata che sarà resa accessibile ad ogni Ente Pubblico che ne faccia richiesta.

Individuazione, per ogni parametro monitorato, delle soglie di attenzione e di allarme

Le soglie di attenzione e di guardia verranno stabilite in armonia con le disposizioni normative specifiche (D.Lgs 31/2001 e 152/2006) e d’intesa con l’ARPA Umbria

A titolo indicativo, si ricorda che secondo le disposizioni normative citate (Allegato I, parte B e parte C del D.Lgs 31/2001), il valore “soglia di guardia” per i parametri di monitoraggio indicati è il seguente:

- Boro 1,0 mg/l
- Cloruri 250 mg/l
- Solfato 250 mg/l

Il valore “soglia di attenzione” è pari all’80% del valore “soglia di guardia” per ogni parametro. Dall’esame delle analisi chimiche del fluido geotermico di Castel

Giorgio-Torre Alfina (*Buonasorte et al., 1988*) risulta che esso ha valori elevati di boro e cloruri, ma relativamente bassi di solfati.

L'eventuale superamento delle soglie di attenzione verrà pertanto valutato in relazione alle concentrazioni di boro e cloruri nelle acque dei pozzetti monitorati.

Piano di intervento

Come ampiamente descritto in altra parte del documento e nello SIA, la possibilità di inquinamento della falda è esclusa alla radice. Tuttavia, qualora si verificasse il superamento della soglia di attenzione per uno dei traccianti principali monitorati (boro e cloruri) verrà adottata la seguente procedura:

- il gestore del piano di monitoraggio (*Gestore*) darà comunicazione all'autorità di controllo del superamento della soglia di attenzione;
- il Gestore e l'autorità di controllo stabiliranno i tempi e le ulteriori indagini da eseguire per comprendere le ragioni dell'anomalia e la sua origine (non necessariamente legate all'esercizio degli impianti);
- in seguito alla diagnosi verranno concordate le azioni da intraprendere e l'eventuale piano di intervento.

2.11

B6) PIANO DI MONITORAGGIO DELLA FALDA ACQUIFERA IN FASE DI PERFORAZIONE

POICHÉ LA CONTAMINAZIONE DELLA FALDA ACQUIFERA, PUÒ AVVENIRE IN TRE MODI:

- ***PER MIGRAZIONE DEI FLUIDI DI PERFORAZIONE NELL'ACQUIFERO DURANTE LA PERFORAZIONE STESSA, PRIMA DELLA TUBAZIONE IN CEMENTO DEI POZZI;***
- ***PER MIGRAZIONE NELL'ACQUIFERO DEL FLUIDO GEOTERMICO COMPRESSO DALLA POMPA SOMMERSA, IN SEGUITO A ROTTURE DELLE TUBAZIONI;***
- ***PER RISALITA DEL FLUIDO GEOTECNICO DALLA ZONA DI REINIEZIONE ALLA FALDA ACQUIFERA, ATTRAVERSO FRATTURE SUB-VERTICALI NELLA ROCCIA DI COPERTURA.***

IL PROPONENTE DOVRÀ SPECIFICARE CON MAGGIORE DETTAGLIO:

- ***LA COMPOSIZIONE DELLE MISCELE DI FANGHI USATI ALLE VARIE PROFONDITÀ, INDICANDO LE CARATTERISTICHE FISICO-CHIMICHE, DI BIODEGRADABILITÀ ED ECOTOSSICITÀ DI OGNI COMPONENTE DELLA MISCELA;***
- ***GLI ACCORGIMENTI ADOTTATI PER EVITARE L'EVENTUALE INQUINAMENTO DELLA FALDA, PRIMA DELL'INSTALLAZIONE E CEMENTAZIONE DEL CASING,***
- ***GLI INTERVENTI PREVISTI IN CASO SI VERIFICHINO CONTAMINAZIONI DELLA/E FALDE.***

2.11.1

Premessa

Nel piano di monitoraggio viene richiesto di valutare la possibilità che si verifichi contaminazione della falda secondo tre ipotetici meccanismi:

- per migrazione del fluido geotermico durante la perforazione prima dell'isolamento con casing cementati delle formazioni che ospitano l'acquifero;



- per migrazione nell'acquifero del fluido geotermico compresso dalla pompa sommersa, quindi per perdita attraverso le tubazioni di trasporto;
- per risalita del fluido geotermico dalla zona di reiniezione attraverso fratture sub verticali nella roccia di copertura.

Partendo da queste ipotesi viene richiesto di fornire ulteriori informazioni sulla composizione del fango, su come evitare la contaminazione prima dell'isolamento delle formazioni che ospitano la falda con casing cementati, gli interventi previsti in caso di contaminazione.

Nel seguito vengono fornite le risposte anche con argomentazioni integrative rispetto a quelle già contenute nel Progetto Definitivo e nello SIA e nelle risposte alle osservazioni pervenute da alcuni comuni e associazioni e trasmesse dal proponente al MATTM (vedi Allegato C1).

Riteniamo tuttavia opportuno riassumere in premessa alcune considerazioni tecniche che riguardano le reali possibilità che si verifichino le ipotetiche contaminazioni di cui sopra.

2.11.2 *Composizione dei fanghi*

Il programma di preparazione dei fanghi da impiegare per la perforazione delle formazioni superficiali e di copertura del serbatoio prevede quattro fasi principali:

- la prima, perforazione fino alla profondità di 140m alla quale verrà cementata la prima tubazione da 24"1/2
- la seconda, perforazione da 140m a 300÷350m, dove verrà cementata la seconda tubazione, diametro 18"5/8
- la terza, perforazione da 300÷350m fino al serbatoio geotermico dove verrà cementata la tubazione da 13"3/8
- la quarta, perforazione del serbatoio.

Fasi prima e seconda

Durante le prime due fasi di lavoro il foro attraverserà le vulcaniti che ospitano le falde acquifere. Al fine di esercitare la più completa forma di protezione delle falde, soprattutto della falda idropotabile che si estende al di sotto dei primi 100-150 metri dal piano campagna, i soli prodotti che si prevede di usare per la preparazione del fango sono bentonite, CMC e bicarbonato di sodio.

Le schede di sicurezza dei tre prodotti sono riportate in Allegato B6. In esse sono descritte le caratteristiche chimiche base dei tre prodotti e i loro effetti sull'organismo e sull'ambiente.

Bentonite

La bentonite è un minerale costituito da montmorillonite, cioè un tipo di argilla che, per le sue caratteristiche fisico chimiche è adattissimo alla preparazione del fango cosiddetto a base acqua per la sua attitudine ad idratarsi.



Una volta miscelata con acqua nella proporzione di 50-60 Kg per metro cubo di fango, la bentonite assorbe l'acqua "fissandola" in massima parte, indicativamente nella misura del 98%. Il fango che si forma diventa idoneo a entrare in contatto con le argille delle formazioni geologiche evitandone il possibile collasso per perdita di resistenza meccanica a causa dell'assorbimento di acqua.

Nelle formazioni debolmente permeabili il fango, a contatto con le pareti del foro, forma un pannello (cake) che oltre a consolidare meccanicamente il foro stesso, impedisce la penetrazione del fango in parete.

Dal punto di vista tossicologico la bentonite non ha effetti, tanto che viene usata come additivo alimentare (ad esempio come schiarente nei vini), nella cosmesi e in medicina.

CMC

CMC è una sigla che sta per Carbossi-Metil-Cellulosa e si usa come additivo del fango bentonitico nel caso sia necessario elevarne la viscosità per migliorare la sua capacità di trasportare i detriti dal fondo pozzo alla superficie, per contribuire alla riduzione della percentuale di acqua libera e per migliorare le caratteristiche meccaniche e impermeabilizzanti del pannello che si forma sulle pareti interne del foro.

La CMC è ottenuta dalla cellulosa, il principale polisaccaride e costituente del legno e delle strutture vegetali in genere. Ha sigla E466, è diffusa come additivo alimentare "addensante" (in realtà il termine corretto per indicarne le caratteristiche fisiche sarebbe "viscosizzante" o gelificante) ed è usato largamente anche nella preparazione dei dolci.

La dose richiesta di CMC è generalmente 1÷2 Kg di CMC per tonnellata di fango.

Bicarbonato di sodio

L'uso di questo additivo potrebbe essere richiesto in fase di perforazione del cemento residuo rimasto in pozzo dopo aver cementato la prima tubazione a 140 m; il bicarbonato di sodio ha la funzione di stabilizzare il pH del fango.

Anch'esso è un prodotto atossico, usato in larga misura negli alimenti, ingeribile anche allo stato tal quale in soluzione acquosa.

Fase terza

A partire da 300÷350 m le formazioni che ospitano la falda acquifera in parte idropotabile sono da considerare completamente isolate dai casing completamente cementati.

Nella perforazione si continuerà a utilizzare il fango già preparato e ancora stoccato nelle apposite vasche.

Tuttavia, nella parte più profonda di questa fase è atteso un aumento della temperatura della formazione e di conseguenza del fango che tenderà gradatamente a perdere le sue caratteristiche reologiche.

Diventa allora necessario l'impiego di lignosulfonati e cromo lignine per limitare la percentuale di acqua libera e mantenere la viscosità ad un livello accettabile per il trasporto dei detriti.

In presenza di temperatura più alta di quella che caratterizzava i primi 300m, per il controllo del pH si potrà usare carbonato di calcio o, se necessario, la soda caustica.

Nelle condizioni di temperatura previste, per ciascuno dei prodotti suddetti, la quantità generalmente usata va da 1 a 3Kg per tonnellata di fango.

Fase quarta

Essa riguarda la perforazione del serbatoio geotermico dove è prevista la perdita di circolazione del fluido di perforazione.

Si prevede l'impiego di acqua limitando l'uso del fango a specifiche e limitate attività di ripulitura del fondo dai detriti.

Oppure, con lo stesso obiettivo, potranno essere impiegati anche cuscini di acqua e CMC.

2.11.3

Accorgimenti adottati per evitare l'inquinamento della falda in fase di perforazione

Per migrazione dei fluidi durante la perforazione stessa

Gli accorgimenti adottati per evitare l'inquinamento delle falde interessano tre aspetti progettuali:

- l'utilizzazione di materiali atossici che non possono provocare in nessun caso inquinamento delle falde;
- l'impiego di prodotti potenzialmente inquinanti solo a seguito di totale isolamento delle formazioni geologiche che ospitano la falda acquifera idropotabile;
- la protezione del terreno della postazione di sonda che ospita l'impianto di perforazione per evitare ogni sia pur minima dispersione di prodotti nel terreno.

Come già analizzato in precedenza (Paragrafo 2.11.2), il fango sarà di tipo bentonitico e una delle sue caratteristiche base è la capacità di formare un pannello sulle pareti del foro, pannello che costituisce una barriera alla penetrazione del fluido nella formazione geologica.

In definitiva le condizioni di perforazione nelle fasi di attraversamento delle formazioni geologiche che ospitano la falda, saranno quelle tipiche della

perforazione dei pozzetti destinati all'estrazione di acqua per uso idropotabile già presenti nell'area.

Cantiere di perforazione e opere di protezione del terreno

Le opere di protezione del terreno della postazione di sonda che ospita l'impianto di perforazione sono descritte al Paragrafo. 4.3.5.2 del Progetto Definitivo al quale si rimanda per maggiore dettagli

Il progetto delle opere di protezione si è dimostrato di facile realizzazione, semplice da gestire e soprattutto affidabile nel corso di molti anni di attività in Italia e all'estero anche nell'esperienza diretta dello staff della Proponente.

In sintesi, il progetto di protezione del terreno prevede che ogni area esposta alla possibilità di stillicidio o perdita di materiale sia protetta da apposite solette impermeabilizzate in calcestruzzo armato, lavabili e collegate alla cantina che funge da punto di raccolta per i fluidi potenzialmente contaminati.

Pertanto l'area:

- destinata allo scarico e allo stoccaggio del gasolio è dimensionata per raccogliere ogni forma di stillicidio di gasolio, l'intero volume di gasolio dei serbatoi nel caso di rottura di questi e l'acqua (anche di origine meteo) che con esso può andare in contatto;
- che ospita le vasche del fango, i motori delle pompe e le pompe del fango;
- che ospita i gruppi elettrogeni
- che ospita i silos della bentonite e degli additivi del fango

è impermeabilizzata mediante una soletta in calcestruzzo armato, dimensionata e sagomata per raccogliere l'acqua di origine meteo e dei lavaggi verso la cantina che funge da vasca di raccolta e recupero.

Nelle Figure 3.3.3.2 - 1,2,3,4 dello SIA sono rappresentati il layout delle postazioni di sonda con indicata la posizione in pianta delle solette di protezione del terreno. Tali layout si riferiscono a due impianti di perforazione idonei per operare alle profondità di progetto: tuttavia anche nel caso si dovesse operare con un impianto caratterizzato da un diverso layout il criterio di protezione verrebbe integralmente mantenuto.

Interventi nel caso si verifichi contaminazione delle falde

Per tutto quanto rappresentato sopra, l'inquinamento è sostanzialmente escluso a priori nel caso dei pozzi, per il complesso di considerazioni che vanno dalla tipologia di materiali impiegati, alla tecnica di perforazione adottata, al completamento dei pozzi produttivi e reiniettivi, alle condizioni idrostatiche del campo, dell'acquifero e di esercizio dei pozzi.

Per quanto riguarda le tubazioni di trasporto dei fluidi, la tecnica di progetto, costruzione e monitoraggio adottata è talmente cautelativa che permette di ridurre la probabilità di perdita di fluido al di sotto di ogni ragionevole previsione.

Comunque, anche nell'ipotesi remota di una perdita di fluido dalle tubazioni di trasporto, il sistema di rilevazione e allarme permette di rilevarla quando essa è a a livello di semplice umidità.

Pertanto, nel caso estremamente improbabile che si verificasse una perdita di acqua, essa sarebbe limitata al massimo a pochi metri cubi, sarebbe circoscritta al terreno circostante la perdita e non avrebbe modo di raggiungere la falda idropotabile. La semplice rimozione del poco terreno contaminato risolverebbe il problema.

Si ricorda peraltro che le falde più vicine alla superficie sono quelle cosiddette sospese, che sono tutt'altro che idropotabili per alta concentrazione di arsenico e alluminio. L'acqua geotermica ha caratteristiche contaminanti decisamente inferiori a quella delle falde sospese che fortunatamente sono isolate dalla falda profonda com'è evidente dalla differenza molto marcata della loro composizione chimica.

Per migrazione nell'acquifero del fluido geotermico compresso dalla pompa sommersa, in seguito a rottura delle tubazioni

L'argomento è stato trattato ampiamente nello SIA al Paragrafo 3.14.13.1, ed è stato ripreso in modo altrettanto ampio nelle risposte fornite alle osservazioni di comuni, associazioni e privati cittadini (vedi Allegato C1) e infine è stato riconsiderato anche nel presente documento al paragrafo 2.1.

Si rimanda alle precedenti trattazioni attraverso le quali si è cercato di inquadrare la risposta nella maniera più ampia e esaustiva possibile.

Ipotesi di risalita del fluido geotermico dalla zona di reiniezione alla falda acquifera, attraverso fratture sub verticali nella roccia di copertura

L'argomento sollevato dal quesito è di sicuro interesse minerario e scientifico.

Esso è stato oggetto di approfondita analisi da parte dei progettisti che hanno avuto anche l'opportunità di fondare la loro analisi sul comportamento dei vecchi pozzi Enel, sia A4 e A14, sia il pozzo A13.

Tali pozzi hanno di fatto costituito un laboratorio scientifico "da campo" avendo fornito dati importantissimi per comprendere la capacità di isolamento della formazione di copertura e il comportamento del campo geotermico, acquifero in primis.

Per l'ampiezza e il valore di tali osservazioni scientifiche, esse sono state ripetutamente citate a supporto delle scelte di progetto trovando pieno riscontro e conferma anche nei risultati del monitoraggio dell'emissione di gas dal terreno, peraltro ripetuta, da parte dell'INGV (vedi Allegati F e G dello SIA).

In particolare, tenuto conto che:

- i monitoraggi INGV hanno evidenziato che la copertura ha una capacità isolante veramente efficace

- che anche nell'intorno del pozzo A13 che è in pressione di gas, non si rilevano emissioni anomale
- che l'unica manifestazione naturale è limitata a un'area ristretta a sud del paese di Torre Alfina cosiddetta delle Solfanare
- che il campo geotermico si comporta come un acquifero con netta tendenza a mantenere condizioni di equilibrio idrostatico
- che dai rilievi condotti nella falda acquifera superficiale il livello idrostatico è tale da dare certezza della NON interferenza con quello del campo geotermico

si trae la conclusione che anche qualora si manifestasse una tendenza del fluido a risalire lungo un qualche ipotetico "camino", mancherebbero comunque le condizioni di innesco di un flusso di fluido geotermico verso l'acquifero idropotabile per semplici motivi idrostatici.

Pertanto il sistema può essere considerato intrinsecamente sicuro.

2.12

B7) EMISSIONI IN ATMOSFERA

SI CHIEDE DI APPROFONDIRE LA VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA NELLA FASE DI CANTIERE E NELLA FASE DI AVVIO DELL'IMPIANTO SPECIFICANDO I MACCHINARI UTILIZZATI E LA POTENZA, LA TIPOLOGIA DELLE EMISSIONI E GLI EVENTUALI SISTEMI DI CONTENIMENTO.

2.12.1

Emissioni in fase di cantiere

Come già specificato nel Paragrafo 4.3.1 dello SIA, le emissioni in atmosfera connesse alla realizzazione del progetto sono del tutto analoghe a quelle relative a cantieri di opere civili e riguardano:

- le polveri durante la fase di preparazione delle aree per i pozzi e durante la realizzazione dell'impianto ORC;
- i gas di scarico dai mezzi coinvolti tanto nella fase di preparazione delle aree che nella fase di perforazione dei pozzi e di realizzazione dell'impianto ORC;
- i gas di scarico dai motori diesel azionanti i gruppi elettrogeni o altre utenze possibili durante la perforazione dei pozzi.

Con riferimento a quanto riportato nello SIA, di seguito vengono valutate le emissioni da traffico indotto e dai motori diesel, specificando i macchinari utilizzati e la potenza oltre che la tipologia delle emissioni e degli eventuali sistemi di contenimento delle emissioni. Per la trattazione e valutazione delle polveri emesse in fase di cantiere si rimanda invece all'Allegato B7, dove è stata applicata la metodologia prevista dalle "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti" adottate con Deliberazione della Giunta provinciale di Firenze n. 213 del 3/11/2009, redatte su proposta della Provincia stessa che si è avvalsa dell'apporto tecnico-scientifico di ARPAT.

Emissioni da Traffico Indotto

Il traffico indotto, tanto nella fase di costruzione delle postazioni per i pozzi, che nella fase di perforazione di questi ultimi, è stimabile in non più di 8 mezzi/giorno e non è pertanto in grado di alterare lo stato attuale della qualità dell'aria.

L'impatto è del tutto simile a quello che consegue dalle lavorazioni di cantieri stradali o di operazioni agricole e si ritiene pertanto non significativo.

Il numero di automezzi coinvolto nella fase di cantiere per la realizzazione dell'impianto pilota è esiguo e limitato nel tempo e determina emissioni di entità trascurabile e non rilevanti per la qualità dell'aria. In ragione di ciò, le potenziali variazioni delle caratteristiche di qualità dell'aria dovute ad emissioni di inquinanti gassosi in atmosfera dei mezzi coinvolti sono da ritenersi trascurabili.

Emissioni da Motori Diesel

Durante le attività di perforazione di ciascun pozzo saranno utilizzati i seguenti motori diesel di potenza complessiva inferiore a 3 MW:

- n. 2 motori azionanti n. 2 gruppi elettrogeni;
- n. 2 motori azionanti n. 2 motopompe del fango;
- n. 1 motore azionante n.1 gruppo elettrogeno di servizio.

Per la stima delle emissioni si deve tener conto che tutti i motori (diesel di potenza complessiva inferiore a 3 MW) sono gestiti secondo le norme vigenti e hanno emissioni inferiori ai limiti imposti dalla normativa (D.Lgs. 152/06 e s.m.i. punto 3 della Parte III dell'Allegato I alla Parte Quinta) sui motori per installazioni fisse a combustione interna, richiamati per comodità nella seguente Tabella 2.12a:

Tabella 2.12a *Limiti Emissioni Motori per Installazioni Fisse a Combustione Interna ai Sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.*

Inquinante	Valore Limite
Polveri	130 mg/Nm ³
Ossidi di Azoto	2000 mg/Nm ³ per i motori ad accensione spontanea di potenza uguale o superiore a 3 MW 4000 mg/Nm ³ per i motori ad accensione spontanea di potenza inferiore a 3 MW 500 mg/Nm ³ per gli altri motori a quattro tempi 800 mg/Nm ³ per gli altri motori a due tempi.
Monossido di Carbonio	650 mg/Nm ³
I valori di concentrazione sono riferiti a fumi secchi al 5% O ₂ libero.	

Considerando il consumo medio di gasolio di circa 500 kg/giorno e assumendo conservativamente le emissioni riportate nella tabella precedente si ottengono le emissioni massime riportate in Tabella 2.12b.

Tabella 2.12b Emissioni Massime

Sostanza Emessa	Durante l'intera perforazione* (kg)	Portata Massima Oraria ** (kg/h)
Polveri	39,3	0,08
Ossidi di Azoto	1.208	2,5
Monossido di Carbonio	197	0,4
Anidride Carbonica	64.705	135
* 40 giorni al consumo medio di 500 kg/giorno		
**Calcolato sul consumo di 1000/24 kg/h di gasolio		

Le emissioni di gas da motori diesel dell'impianto durante la perforazione sono paragonabili all'emissione di qualche trattore agricolo di media potenza generalmente operanti in ogni stagione nella zona. Per quanto detto e dato il carattere temporaneo dei lavori si ritiene che l'impatto generato dai motori sulla qualità dell'aria sia non significativo.

2.12.2 Emissioni in fase di avvio

Emissioni durante le prove di produzione

Come esposto nello SIA (Paragrafo 3.3.3.1) e nel Progetto (Paragrafo 4.3.2) verranno eseguite test di infettività per caratterizzare dal punto di vista iniettivo/produttivo i pozzi.

Anche in questa fase non si prevedono emissioni in atmosfera .

Si riporta al riguardo testualmente il contenuto del Paragrafo 3.3.3.1 "Caratterizzazione Produttiva dei Pozzi" dello SIA peraltro riportato anche nelle risposte alle osservazioni di cui al più volte citato Allegato C1:

"Stanti le particolari caratteristiche del campo, peraltro note, non si prevede di eseguire prove di produzione standard, ovvero con emissione di fluido all'atmosfera, considerando le caratteristiche del fluido geotermico e le conoscenze acquisite con le precedenti esperienze di perforazione.

Nei campi ad acqua la capacità produttiva dei pozzi può essere stimata in maniera affidabile mediante prove idrauliche (iniezione di modeste quantità di acqua), con contemporanea rilevazione della pressione idraulica in pozzo".

Per la caratterizzazione produttiva dei pozzi ci si avvarrà pertanto di tecniche che non prevedono emissioni dal pozzo di alcun tipo.

Esse consistono in prove di iniezione (o iniettività) di acqua nei pozzi associate alla misura di alcune grandezze fisiche eseguite durante e dopo l'iniezione stessa facendo uso di speciali attrezzature calate all'interno dei pozzi stessi.

Anche la quantità di acqua impiegata per le operazioni è assolutamente insignificante e rientra abbondantemente nelle previsioni di consumo indicate al successivo paragrafo.

Attraverso l'elaborazione numerica delle grandezze fisiche raccolte durante l'iniezione di acqua è possibile accertare la qualità del "collegamento" tra reservoir e ciascun pozzo e quindi prevedere con grande affidabilità la sua capacità produttiva.

La metodologia ha avuto larga sperimentazione in geotermia ed è sicuramente affidabile almeno per questa tipologia di campo geotermico".

Emissioni nella fase di avvio dell'impianto

Anche nella fase di avvio dell'impianto non si prevedono emissioni.

Una volta completato il montaggio dell'impianto, le tubazioni di superficie saranno infatti flussate con acqua per la loro ripulitura: l'acqua sarà raccolta nelle vasche presenti nelle piazzole dove decanteranno eventuali scorie presenti nelle tubazioni.

Per l'avviamento dell'impianto sarà quindi riutilizzata la medesima acqua raccolta nelle vasche per riempire completamente le tubazioni e i tubing di reiniezione e contemporaneamente si metteranno quindi in marcia le pompe sommerse per avviare l'estrazione del fluido geotermico che, trovando le tubazioni riempite di acqua, si manterrà sempre liquido e si scalderà gradualmente, fino ad arrivare alle condizioni di esercizio previste dal progetto.

2.13

B8) ILLUMINAZIONE

SI CHIEDE DI FORNIRE UNA DESCRIZIONE PIÙ DETTAGLIATA DELLA TIPOLOGIA DI ILLUMINAZIONE E DELLA MODALITÀ DI SCHERMATURA E MITIGAZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO, SIA PER LA FASE DI CANTIERE CHE DURANTE L'ESERCIZIO.

Di seguito sono identificati gli obiettivi progettuali seguiti per la definizione del sistema di illuminazione da attuare nell'Impianto Pilota in progetto.

Successivamente viene descritta la tipologia di illuminazione prevista sia per la fase di cantiere che per la fase di esercizio.

2.13.1

Obiettivi progettuali

Nell'ambito della progettazione di aree esterne, urbane, extraurbane e luoghi di lavoro, l'illuminazione assume un ruolo fondamentale, perché è in grado di esaltare e rendere evidenti aspetti fondamentali di luoghi, edifici, strade, piazze, etc., senza alterarne le forme.

Per diversi anni l'illuminazione esterna è stata considerata come uno strumento di semplice funzionalità, in grado di garantire esclusivamente sicurezza e orientamento.

Oggi gli impianti d'illuminazione esterna devono rispettare, inevitabilmente, una serie di elementi di cui non si può assolutamente non tenere conto, quali:

- a) l'inquinamento luminoso;
- b) la sicurezza stradale;
- c) il risparmio energetico e la riduzione dei costi di gestione.

Il presente progetto è pertanto ispirato all'ottimizzazione dei criteri sopra definiti.

2.13.2 *Illuminazione in fase di cantiere*

Per quanto riguarda l'illuminazione notturna durante la fase di preparazione delle aree di cantiere si prevede di realizzare un sistema di punti luce distribuiti anche sul perimetro delle aree al fine di rendere visibili e più sicure le aree da eventuali intrusioni dall'esterno.

Tutte le luci installate risponderanno alle prescrizioni dettate in materia dalla normativa vigente.

Durante la fase di perforazione verrà predisposto un sistema di illuminazione così come schematizzato nelle Figure 2.13.2a e 2.13.2b. N. 5 torri faro verranno posizionate lungo il confine delle piazzole e in corrispondenza delle zone di lavoro verranno utilizzati proiettori antideflagranti da 400 W e 150 W, plafoniere antideflagranti a risparmio energetico da 23 W, plafoniere antideflagranti 2X36 W neon da utilizzare sia in condizioni operative normali che di emergenza.

Il cantiere sarà presente per un periodo di tempo limitato e conseguentemente anche la relativa illuminazione.

Per quanto detto non si ritiene necessario la messa in opera di particolari schermi per le emissioni luminose indotte durante la fase di cantiere né, tantomeno, la predisposizione di misure di mitigazione.

2.13.3 *Illuminazione in fase di esercizio*

Per la progettazione dell'impianto di illuminazione esterna si è tenuto conto dei seguenti criteri generali:

- illuminazione dall'alto verso il basso e non oltre i 60° dalla verticale;
- riduzione del flusso fino al 50% dopo le 22:00 e spegnimento programmato degli impianti ogniqualvolta ciò sia possibile, tenuto conto delle esigenze di sicurezza;
- flusso luminoso emesso nell'emisfero superiore <3% del flusso totale emesso dalla sorgente.

Di seguito si riporta una descrizione dell'impianto di illuminazione.

Sistema di Illuminazione delle Postazioni CG1, CG2, CG3 e CG14

Durante la fase di esercizio nelle postazioni CG1, CG2, CG3 e CG14 è prevista l'installazione di apparecchi illuminanti testapalo, con tecnologia a LED, tipo AEC LED-IN o equivalente, di forma ovoidale, installati su pali conici a sezione circolare, di altezza fuori terra pari a 3 m, inclinazione armatura 0° (superficie emissiva parallela alla superficie stradale).

I pali saranno ricavati da trafilatura in acciaio Fe420B UNI EN 10219, zincati a caldo per immersione, in conformità alla Norma UNI EN 40/4 parte 4[^] - punto 4.1, spessore 3 mm, dotati di asola ingresso cavi e asola con morsettiera a filo, con morsetto di terra interno.

Gli apparecchi illuminanti avranno:

- ottica asimmetrica stradale, priva di lenti in materiale plastico esposte;
- rilevamento fotometrico conforme alle norme UNI EN 13032-1 e IES LM 79-08;
- classificazione secondo la norma CEI EN 62471:2009-2 "sicurezza fotobiologica delle lampade e sistemi di lampade": categoria EXEMPT GROUP con certificazione di ente terzo;
- modulo ottico base composto da 9 riflettori, uno per ciascun led, atto ad ottimizzare il flusso luminoso;
- LED ad alta efficienza 130 lm/W - 350mA - Tamb=25°C, resa cromatica >65, temperatura di colore 3950K;
- grado di protezione vano cablaggio e ottiche: IP66, classe d'isolamento II;
- marcatura CE;
- Norme di riferimento: EN 60598-1, EN 60598-1-2-3, EN 62471, EN 55015, EN 61547, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3.

Al fine di minimizzare la dispersione del flusso luminoso, l'ottica sarà ad emissione fotometrica "cut-off", conforme alla normativa UNI EN 13201.

Gli apparecchi permetteranno anche l'ottimizzazione dei consumi energetici, in quanto saranno dotati di sistema di regolazione del flusso luminoso tramite onde convogliate.

L'apparecchio sarà corredato di "test report" tecnici e di compatibilità elettromagnetica (EMC).

In ciascuna postazione CG1, CG2 e CG3 è prevista l'installazione di n. 2 apparecchi illuminanti testapalo a 45 led (5 moduli da 9 led), flusso luminoso iniziale 7.600 lm, potenza complessiva 99W.

In dette piazzole n. 1 apparecchio illuminante sarà posizionato in prossimità del cancello d'ingresso e della cabina utente e n. 1 apparecchio in corrispondenza della cantina guida dei pozzi.

Nella postazione CG 14 è prevista l'installazione di n. 3 apparecchi illuminanti testapalo a 45 led (5 moduli da 9 led), flusso luminoso iniziale 7.600 lm, potenza complessiva 99W.

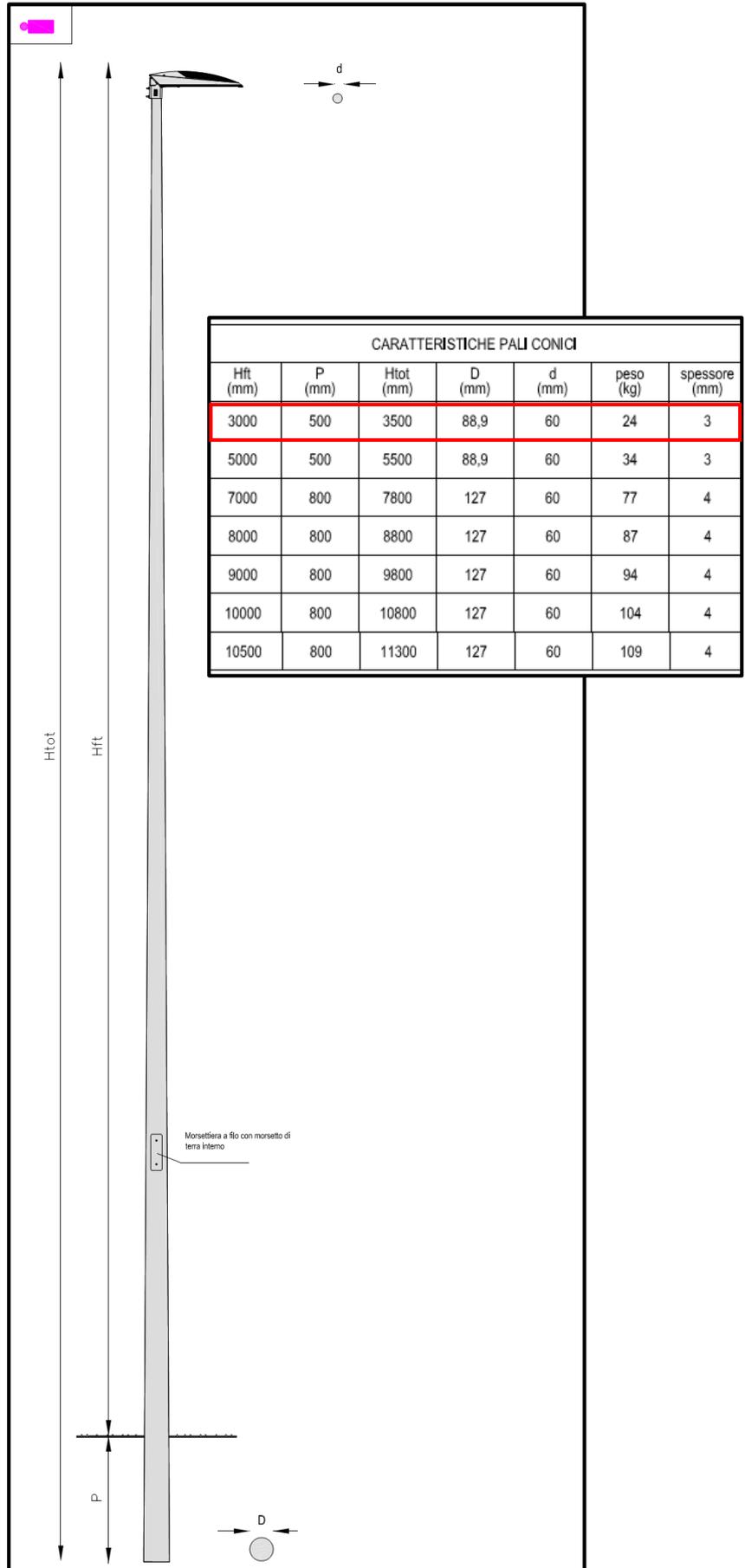
In tale piazzola n. 1 apparecchio illuminante sarà posizionato in prossimità del cancello d'ingresso e della cabina utente e n. 2 apparecchi in corrispondenza della cantina guida dei pozzi.

Nelle Figure 2.13.3a, 2.13.3b, 2.13.3c e 2.13.3d si riporta l'ubicazione degli apparecchi illuminanti rispettivamente nelle postazioni CG1, CG2, CG3 e CG14.

In condizioni di normale esercizio il sistema di illuminazione delle postazioni CG1, CG2, CG3 e CG14 sarà spento. Esso sarà dotato di dispositivi di accensione manuale ed attivato dal personale addetto soltanto in caso di interventi straordinari che si potrebbero rendere necessari durante il periodo notturno.

Nella figura seguente si riporta il dettaglio dell'apparecchio illuminante tipo AEC LED IN 3m. Nel riquadro in rosso della tabella riportata in Figura 2.13.3e si riportano le caratteristiche dimensionali degli apparecchi illuminanti che verranno installati nelle postazioni CG1, CG2, CG3 e CG14.

Figura 2.13.3e Dettaglio Apparecchio Illuminante tipo AEC LED IN 3m

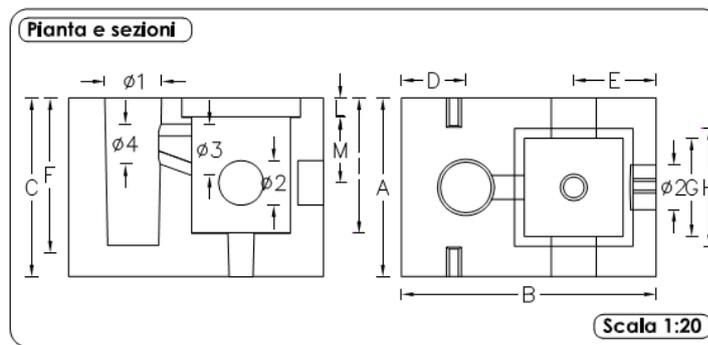


Nella figura seguente si riportano i particolari ed i dati tecnici dei plinti di fondazione con pozzetto in cls per gli apparecchi illuminanti tipo AEC LED IN ed Hft pari a 3000 mm.

Saranno utilizzati plinti prefabbricati gettati in opera. Le dimensioni dei plinti saranno le seguenti: Lxlp 850x600x600 mm (dimensioni esterne) per pali Hft uguale a 3000 mm, peso 582 Kg.

I plinti saranno provvisti di pozzetto ispezionabile con fori laterali per l'innesto dei cavidotti e di foro sulla base, oltre al foro passacavi; sul plinto è inoltre previsto il foro per l'inghisaggio del palo. I chiusini e i lapidini saranno in ghisa con scritta "Illuminazione", di Classe B125 / B250 / B400, in funzione della zona d'installazione.

Figura 2.13.3f Plinto per Apparecchio Illuminante Hft=3000 mm



CODICE	DIMENSIONI ESTERNE [mm]						DIMENSIONI POZZETTO [mm]						DIMENSIONI FORI [mm]				PESO kg. CAD.
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	
PP 060	600	850	600	215	265	500	330	405	420	65	230	90	190	150	170	130	582
													170		80	80	

Non sono previsti sistemi di illuminazione esterni alle piazzole CG1, CG2, CG3 e CG14.

Per quanto detto sopra non si ritiene necessario la messa in opera di particolari schermi per le emissioni luminose indotte durante la fase di esercizio ne', tantomeno, la predisposizione di misure di mitigazione.

Sistema Illuminazione Impianto ORC

Sul perimetro dell'area dell'impianto ORC è prevista l'installazione di apparecchi illuminanti testapalo, con tecnologia a LED, tipo AEC LED-IN o equivalente, di forma ovoidale, installati su pali conici a sezione circolare, di altezza fuori terra pari a 8 m, inclinazione armatura 0° (superficie emissiva parallela alla superficie stradale).

I pali saranno ricavati da trafilatura in acciaio Fe420B UNI EN 10219, zincati a caldo per immersione, in conformità alla Norma UNI EN 40/4 parte 4^ - punto 4.1, spessore 4mm, dotati di asola ingresso cavi e asola con morsettieria a filo, con morsetto di terra interno.

Gli apparecchi illuminanti avranno:

- ottica asimmetrica stradale, priva di lenti in materiale plastico esposte;
- rilevamento fotometrico conforme alle norme UNI EN 13032-1 e IES LM 79-08;
- classificazione secondo la norma CEI EN 62471:2009-2 "sicurezza fotobiologica delle lampade e sistemi di lampade": categoria EXEMPT GROUP con certificazione di ente terzo;
- modulo ottico base composto da 9 riflettori, uno per ciascun led, atto ad ottimizzare il flusso luminoso;
- LED ad alta efficienza 130 lm/W - 350mA - Tamb=25°C, resa cromatica >65, temperatura di colore 3950K;
- grado di protezione vano cablaggio e ottiche: IP66, classe d'isolamento II;
- marcatura CE;
- Norme di riferimento: EN 60598-1, EN 60598-1-2-3, EN 62471, EN 55015, EN 61547 , EN 61000-3-2, EN 61000-3-3.

Al fine di minimizzare la dispersione del flusso luminoso, l'ottica sarà ad emissione fotometrica "cut-off", conforme alla normativa UNI EN 13201.

Gli apparecchi permetteranno anche l'ottimizzazione dei consumi energetici, in quanto saranno dotati di sistema di regolazione del flusso luminoso tramite onde convogliate.

L'apparecchio sarà corredato di "test report" tecnici e di compatibilità elettromagnetica (EMC).

Sull'impianto ORC è prevista l'installazione di n. 14 apparecchi illuminanti testapalo a 54 led (6 moduli da 9 led), flusso luminoso iniziale 8.950 lm, potenza complessiva 118W.

In Figura 2.13.3g si riporta l'ubicazione degli apparecchi illuminanti testapalo tipo AEC LED IN all'interno dell'area dell'impianto ORC.

Nelle figure seguenti si riportano i dettagli dell'apparecchio illuminante tipo AEC LED IN 8m. Nel riquadro in rosso della tabella riportata in Figura 2.13.3h si riportano le caratteristiche dimensionali degli apparecchi illuminanti che verranno installati nell'area dell'impianto ORC.

Figura 2.13.3h Dettaglio Apparecchio Illuminante tipo AEC LED IN 8m

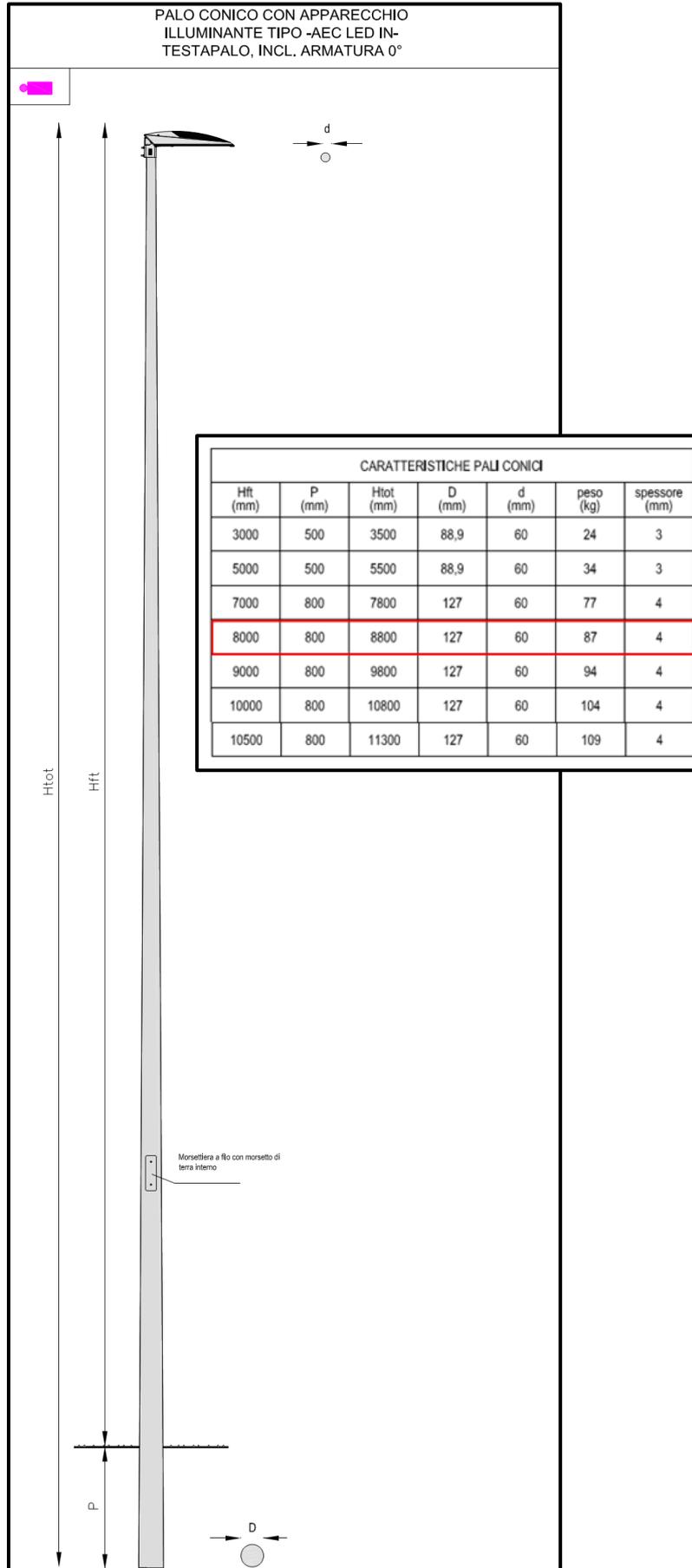
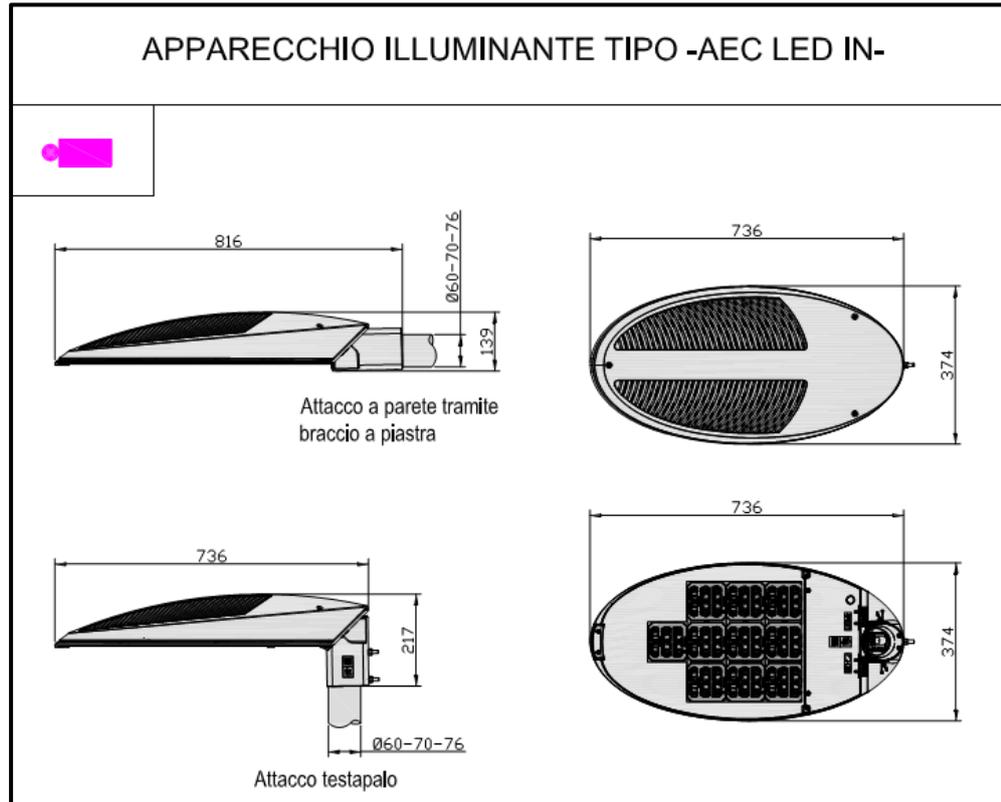
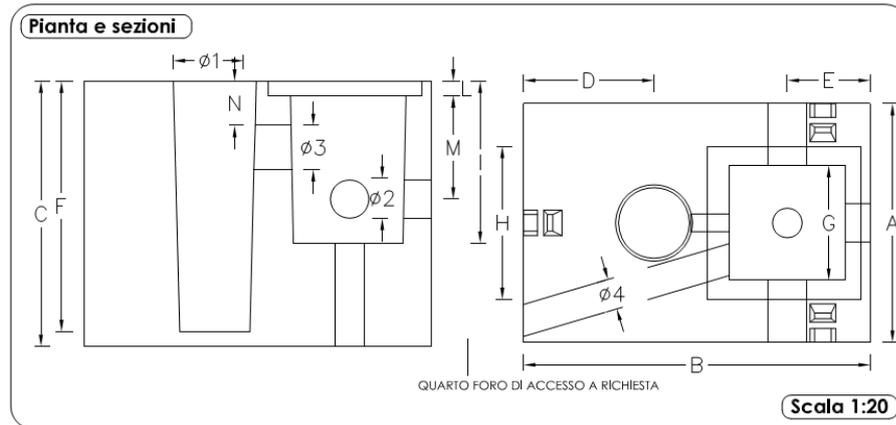


Figura 2.13.3i Dettaglio Apparecchio Illuminante tipo AEC LED IN 8m


Nella figura seguente si riportano i particolari ed i dati tecnici dei plinti di fondazione con pozzetto in cls per gli apparecchi illuminanti tipo AEC LED IN ed Hft compresa tra 5000 mm e 9000 mm.

Saranno utilizzati plinti prefabbricati gettati in opera. Le dimensioni dei plinti saranno le seguenti: Lxlxp 1.170x810x900mm (dimensioni esterne) per pali Hft compresa tra 5000 mm e 9000 mm, peso 1.725Kg.

I plinti saranno provvisti di pozzetto ispezionabile con fori laterali per l'innesto dei cavidotti e di foro sulla base, oltre al foro passacavi; sul plinto è inoltre previsto il foro per l'inghisaggio del palo. I chiusini e i lapidini saranno in ghisa con scritta "Illuminazione", di Classe B125 / B250 / B400, in funzione della zona d'installazione.

Figura 2.13.3j *Piinto per Apparecchio Illuminante Hft=5000-9000 mm*


CODICE	DIMENSIONI ESTERNE [mm]						DIMENSIONI POZZETTO [mm]						DIMENSIONI FORI [mm]				PESO kg. CAD.
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	
PP 080	810	1170	900	440	280	850	390	520	550	50	400	150	260	130	150	-	1750
													240		60		

L'impianto ORC è posizionato nell'area industriale di Castel Giorgio, immediatamente all'esterno della zona già costruita. La strada che costeggia la futura area di impianto è già dotata di illuminazione e pertanto non è necessario prevedere sistemi di illuminazione esterni all'impianto.

Per quanto detto sopra non si ritiene necessario la messa in opera di particolari schermi per le emissioni luminose indotte durante la fase di esercizio ne', tantomeno, la predisposizione di misure di mitigazione

2.14

B9) SALUTE PUBBLICA

SI CHIEDE DI FORNIRE DEGLI APPROFONDIMENTI VOLTI AD ESCLUDERE L'IMMISSIONE DI SOSTANZE NOCIVE IN ATMOSFERA O NELLA FALDA ACQUIFERA SUPERFICIALE.

L'impianto pilota in progetto è caratterizzato, in condizioni di normale esercizio, dall'assenza di emissioni in atmosfera di fluido geotermico: infatti, come riportato nel quadro di riferimento progettuale dello SIA, il fluido geotermico caldo estratto, dal quale viene recuperato calore per la produzione di energia elettrica in un impianto ORC, viene successivamente reiniettato nei pozzi di reiniezione, senza alcuna interferenza sull'atmosfera. Ulteriori informazioni sulle emissioni in fase di cantiere e di avvio sono riportate al Paragrafo 2.12.

Per quanto concerne gli approfondimenti volti ad escludere l'immissione di sostanze nocive nella falda acquifera superficiale si rimanda oltre che allo SIA (§§3.3 e 3.4) ed al Progetto Definitivo ai precedenti Paragrafi 2.10 e 2.11 per una trattazione dettagliata degli accorgimenti adottati per la sua protezione durante le attività di perforazione dei pozzi e di esercizio dell'impianto pilota.

Da quanto riportato si può escludere ogni possibilità di contaminazione della falda sia in fase di esercizio che di avvio perché il sistema dei pozzi, in rapporto alla tipologia di serbatoio geotermico e alla sua copertura, è intrinsecamente sicuro.

2.15

B10) VINCA

VISTO L'ALLARGAMENTO DELLA ZONA INTERESSATA AL MODELLO IDROGEOLOGICO, SI RICHIEDE LA VALUTAZIONE DI INCIDENZA AMBIENTALE (ART. 5, COMMA 3, D.P.R. 357/97) DELLA ZONE SIC 1T6010007 "LAGO DI BOLSENA" E ZPS 1T6010055 "LAGO DI BOLSENA E ISOLE BISENTINA E MANCINA"

Le aree individuate per la realizzazione del progetto si trovano ad una distanza minima dalla SIC IT6010007 "Lago di Bolsena" di 6,4 Km e dalla ZPS IT6010055 "Lago di Bolsena, Isole Bisentina e Martana" di 6,4 Km e, pertanto, le potenziali incidenze indotte dalla realizzazione e dall'esercizio dell'impianto pilota geotermico sono esclusivamente di tipo indiretto (variazioni di qualità dell'aria, rumore, interferenza con l'ambiente idrico superficiale e sotterraneo) essendo ovviamente da escludere ogni interazione diretta.

Premesso quanto sopra, come espressamente richiesto, è stato redatto lo Screening di Incidenza riportato in Allegato B10 al presente documento e nel quale è stata valutata la possibile incidenza sulle aree protette indotta da un eventuale inquinamento della falda acquifera in quanto sono da considerarsi di fatto nulli gli altri effetti indiretti quanto per i seguenti motivi:

- il progetto non ha emissioni in atmosfera in fase di esercizio, quale requisito di legge per la definizione di impianto pilota ex Dlgs 22/2010 e smi e pertanto non può avere nessun impatto sulle aree protette;
- le emissioni di polvere in fase di cantiere sono simili a quelle di un cantiere edile e si esauriscono entro pochi metri (vedi Allegato B6 al presente Documento);
- Il rumore emesso dall'impianto sia in fase di cantiere che di esercizio, come risulta dalle valutazioni di impatto acustico, raggiunge valori inferiori a 40 dB(A) entro 500 m dagli impianti e quindi è ben inferiore al limite notturno stabilito dalla vigente normativa per le aree SIC/ZPS non provocando pertanto alcun impatto apprezzabile sulle aree protette;
- Il progetto non prevede alcuna emissione nel reticolo idrico superficiale e pertanto non può avere alcuna influenza, anche indiretta, con le aree protette considerate.

Per quanto riguarda l'ipotetica contaminazione della falda idrica superficiale, analisi di dettaglio circa il drenaggio delle acque di falda tra la zona interessata dalle opere in progetto ed il Lago di Bolsena e la sua ipotetica contaminazione, sono state condotte ai Paragrafi 2.1.2, 2.8 e 2.11 del presente documento cui si rimanda per dettagli e del quale si riporta di seguito una sintesi.

Da quanto riportato al *punto 2.8* risulta che soltanto i pozzi di reiniezione (sito CG14) si collocano nell'area dove il drenaggio sotterraneo dell'acquifero delle

vulcaniti è diretto verso il Lago di Bolsena. I pozzi di produzione (siti CG1, CG2 e CG3) sono invece ubicati nella zona dove il drenaggio è in direzione opposta, verso il fiume Paglia e poi il Tevere. Questi ultimi non possono pertanto avere alcuna influenza sul bacino idrogeologico del Lago di Bolsena.

Inoltre, come specificato al Paragrafo 4.3.7 del Progetto Definitivo ed al punto 2.11.3 del presente documento, il rischio di contaminazione della falda è scongiurato dall'elevatissimo grado di protezione che la modalità di realizzazione prescelta per le opere in progetto consente di ottenere.

Infatti la possibilità di contaminazione della falda per:

- migrazione del fluido geotermico durante la perforazione prima dell'isolamento delle formazioni con casing cementati è scongiurata dall'utilizzo di materiali atossici che non possono provocare in nessun caso inquinamento delle falde, dall'impiego di prodotti potenzialmente inquinanti solo a seguito di totale isolamento delle formazioni geologiche che ospitano la falda acquifera idropotabile e dalla protezione del terreno della postazione di sonda che ospita l'impianto di perforazione per evitare ogni sia pur minima dispersione di prodotti nel terreno.

In definitiva le condizioni di perforazione dei pozzi geotermici nelle fasi di attraversamento delle formazioni geologiche che ospitano la falda, saranno quelle tipiche della perforazione dei pozzetti destinati all'estrazione di acqua per uso idropotabile già presenti nell'area.

- migrazione nell'acquifero del fluido geotermico compresso dalla pompa sommersa, quindi per perdita attraverso le tubazioni di trasporto. Il timore di perdita si riferisce tanto alla tubazioni in pozzo quanto a quelle di superficie. Entrambe le possibilità sono escluse in virtù delle considerazioni di cui ai precedenti Paragrafi 2.11.3 e 2.1.2, dalle quali emerge che il verificarsi di tale evento . è praticamente non credibile per . le caratteristiche idrostatiche del sistema geotermico e del sistema di completamento, monitoraggio e controllo adottati;
- risalita del fluido geotermico dalla zona di reiniezione attraverso fratture sub verticali nella roccia di copertura è un evento che non può verificarsi in quanto, anche qualora si manifestasse una tendenza del fluido geotermico a risalire lungo un qualche ipotetico "camino", mancherebbero comunque le condizioni tali da consentire un flusso di fluido geotermico verso l'acquifero idropotabile per semplici motivi idrostatici. Il sistema è pertanto intrinsecamente sicuro.

In Allegato B10 si riporta lo Screening di Incidenza.

PARTE C: VARIE

2.16

SI CHIEDE INOLTRE:

- **DI FORNIRE LE CONTRODEDUZIONI DI TUTTE LE OSSERVAZIONI AD OGGI PERVENUTE;**
- **DI DETTAGLIARE CON MAGGIOR CURA LE VOCI CHE CONCORRONO ALLA FORMAZIONE DELLA TABELLA IN CUI SONO RIPORTATI I COSTI PREVISTI, PER UNA SPESA TOTALE DI 39.160.000 €.**

I CRITERI A CUI UNIFORMARSI SONO RIPORTATI DI SEGUITO.

DICHIARAZIONE VALORE DELL'OPERA:

IL PROPONENTE FORNISCA UNA DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DI ATTO NOTORIO DEL PROGETTISTA DELL'OPERA - E DEL LEGALE RAPPRESENTANTE DELLA SOCIETÀ PROPONENTE CHE ATTESTI ESPLICITAMENTE:

- **IL VALORE COMPLESSIVO DELL'OPERA, COMPRESIVO DI I.V.A., DETTAGLIATO SECONDO IL "COSTO DEI LAVORI", COMPRESIVO DEGLI ONERI E LE "SPESE GENERALI" ANCH'ESSE ARTICOLATE SECONDO LE SINGOLE VOCI DI COSTO (SPESE TECNICHE DI PROGETTAZIONE, REDAZIONE DELLO SIA, DIREZIONE LAVORI, COORDINAMENTO SICUREZZA IN PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE, ATTIVITÀ DI CONSULENZA E/O SUPPORTO, SPESE PER PUBBLICITÀ, RILIEVI, ACCERTAMENTI, COLLAUDI E QUANT'ALTRO COSTO AD ESCLUSIONE DELLE SPESE PER ESPROPRIAZIONI CHE NON CONCORRONO A DETERMINARE QUELLE 'MAGGIORI ESIGENZE CONNESSE ALLO SVOLGIMENTO DELLA PROCEDURA DI IMPATTO AMBIENTALE);**
- **LA STIMA ECONOMICA DETTAGLIATA DI TUTTI GLI INTERVENTI PREVISTI PER LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA, INCLUSE LE OPERE DI MITIGAZIONE E QUELLE COMUNQUE PREVISTE NELLO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE;**
- **CHE GLI IMPORTI DICHIARATI AI PRECEDENTI PUNTI A) E B) SONO QUELLI DESUNTI DALLE LAVORAZIONI ELENcate E DICHIARATE NEL COMPUTO METRICO ESTIMATIVO DELL'OPERA ALLEGATO ALLA DOCUMENTAZIONE PRESENTATE POSTA AD ESAME DELLA COMMISSIONE TECNICA DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE;**
- **CHE IL SOPRA CITATO COMPUTO METRICO ESTIMATIVO SIA REDATTO IN MODO COMPLETO ED ESAUSTIVO SECONDO IL LIVELLO DI PROGETTAZIONE DICHIARATO (PRELIMINARE, DEFINITIVO O ESECUTIVO**

2.16.1

Controdeduzioni alle osservazioni

Le controdeduzioni alle osservazioni sono state inviate formalmente al Ministero dell'ambiente tramite PEC in data 11 marzo 2014 .

Una copia della documentazione inviata è riportata in Allegato C1.

2.16.2

Dichiarazione del Valore delle opere

La dichiarazione sostitutiva di atto notorio del progettista dell'opera - e del legale rappresentante della società è riportata in Allegato C2.

I costi sono stati stimati in aderenza ai valori di mercato, al netto IVA e con le seguenti modalità.

Il costo dei pozzi è stato valutato sulla base della loro profondità e con riferimento al valore medio attuale di mercato pari a 1000 €/metro. Tale valore è caratteristico dei pozzi geotermici aventi caratteristiche tecniche del tutto comparabili con i pozzi produttivi del progetto Castel Giorgio e non comprende casi di pozzi con finalità di ricerca, esplorazione che, interessando aree inesplorate comportano necessariamente costi più alti per attività scientifiche e di rilevazione dati ben superiori.

Il valore medio di 1000 €/metro, oltre che conforme all'esperienza diretta del team del Proponente, trova conferma anche nel "GEOELEC Report" del Novembre 2013.

Costo pozzi produttivi

La profondità di progetto dei pozzi è 1200 m. Essendo il numero dei pozzi pari a 5 per un totale di 6000 m, il costo complessivo dei pozzi produttivi è di 6000 K€. Ad esso si deve aggiungere il costo delle pompe di estrazione che per i cinque pozzi complessivamente ammonta a 3940 K€ (circa 788 K€ a pozzo) incluso montaggio, materiali della linea di completamento, cavi per la strumentazione e alimentazione elettrica, monitoraggio e controllo.

Totale costo pozzi di produzione: 9.940 K€

Costo dei pozzi reiniettivi

La profondità media dei pozzi reiniettivi, tenuto conto della deviazione di tre di questi, è assunta di circa 2500m.

Il costo al metro per questa tipologia di pozzi, tenuto conto che hanno caratteristiche simili a quelli produttivi ma hanno maggiore profondità e pertanto permettono una maggiore economicità nella perforazione (maggior durata degli scalpelli, minore incidenza delle manovre per controllo e sostituzione degli scalpelli, minore incidenza dei costi del fango e dei cementi, dell'unica postazione di sonda), il costo metro è stato assunto ragionevolmente pari a 900€/m.

Considerazioni analoghe alle precedenti portano ai seguenti valori: costo del pozzo pari a 2.780K€. Ad esso si deve aggiungere il costo delle macchine di recupero energia e relativi accessori, inferiore rispetto al costo delle pompe di estrazione, e pari a 532K€ per ogni pompa inversa.

Totale costo pozzi di reiniezione: 11.128K€

Costo delle tubazioni, centrale ORC e linee elettriche

I costi sono stati determinati sulla base di valori di mercato per le tre opere e dei risultati delle negoziazioni preliminari possono essere riassunti nei seguenti:

ORC, comprensiva di opere civili, impianto elettrico di centrale, impianto di regolazione, 12.000K€

Tubazioni di collegamento tra pozzi produttivi, centrale ORC e pozzi reiniettivi (per uno sviluppo totale di Km 3.25), 3.200K€

Linee elettriche (elettocondotto principale e linee interne di collegamento tra ORC e pozzi), 500K€

Totale ORC, tubazioni di collegamento e linee elettriche: 15.700K€

Altre voci di costo sono stati stimati sulla base di indicatori medi come segue:

Costi di Sviluppo (SIA, Progettazione Definitiva, Consulenze, ecc.), 420K€

Direzione Lavori e coordinamento della sicurezza, 400K€

Controlli e rilievi (aria, acqua, rumore, microsismica), 160K€

Le cifre suddette sono state utilizzate per la compilazione della dichiarazione dei costi delle opere gravandole dell'aliquota IVA nella misura del 22%. Buona parte dei materiali saranno di importazione, per essi l'aliquota IVA sarà nulla o inferiore a quella vigente in Italia pertanto il relativo contributo risulta sovrastimato.

Riferimenti bibliografici

Amato A., Biella G., De Franco R. (1991). Velocity structure of the Vulsinian Volcanic Complex (Latium, Italy) from seismic refraction data and three-dimensional inversion of travel times. *J. f Geophys. Res.*96, 517-535.
Arpa Umbria: www.arpa.it

Bromley C.,(2012) “ Geothermal Induced Seismicity: Summary of International Experience”. IEA-GIA Enviromental Mitigation Workshop Taupo, 15-16 June 2012.

Bachmann C. E., Wiemer S., Goertz-Allmann B. P., Woessner J. (2012). Influence of pore-pressure on the event-size distribution of induced earthquakes. *Geophys.Res.Lett.*, 39.

Batini, F., Cameli, G.M., Carabelli, E., Fiordelisi, A., (1980). “Seismic monitoring in Italian geothermal areas II: seismic activity in the geothermal fields during exploitation”. In: *Proceedings of Second DOE-ENEL Workshop on Cooperative Research in Geothermal Energy*, Report LBL-11555, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA, USA, October 20–22, pp. 48–85.

Becker J. (2014). SeisComp3 Overview, VS workshop - ETH/SED Zurich, gemp GmbH, Potsdam, Germany. www.seiscomp3.org.

Biella G., De Franco R., Lozej A., Amato A. (1987). Is there a shallow body of lower crust under the Vulsinian Volcanic Complex? *Per. Mineral.* 56, 303-318.

Bromley C.(2014). Seismicity and Subsidence: Examples of Observed Geothermal Deformation Synergies from New Zealand. *PROCEEDINGS, Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*.

Buonasorte G., Cataldi R., Ceccarelli A., Costantini A., D’Offizi S., Lazzarotto A., Ridolfi A., Baldi,P., Barelli A., Bestini G., Bertrami R., Calamai A., Cameli G., Corsi R., D’Acquino C., Fiordalisi A., Grezzo A., Lovari F. (1988). Ricerca ed esplorazione nell’area geotermica di Torre Alfina (Lazio-Umbria). *Boll.Soc.Geol.It.*, 107, 265-337.

Buonasorte G., Fiordelisi A., Pandeli E. (1989). Deep exploration in the Torre Alfina geothermal field (Italy): the test hole Alfina 15. *European geothermal update*, 98-108.

Buonasorte G., Pandeli E., Fiordelisi A. (1991). The Alfina 15 well: deep geological data from northern Latium (Torre Alfina geothermal area). *Boll. Soc. Geol. It.*, 110,823-831.

Capelli G., Mazza R. (2007). Studio Idrogeologico per la predisposizione alla variante del PRG.S del Comune di Orvieto (TR). Sito web: www.comune.orvieto.tr.it

Chiarabba C., Amato A., e Fiordelisi A. (1995). Upper crustal tomographic images of the Amiata-Vulsini geothermal region, Central Italy. *J. Geophys. Res.* 100, 4053-4066.

Costantini A., Ghezzi C., Lazzarotto A. (1984). Geologic map of the Torre Alfina geothermal field, Siena, Viterbo and Terni provinces. *Boll. Soc.Geol.It.*, 107.

Dinske C., Shapiro S.A. (2013). Seismotectonic state of reservoirs inferred from magnitude distributions of fluid-induced seismicity. *J. Seismol.*

Douglas J., Edwards B., Convertito V., Sharma N., Tramelli A., Kraaijpoel D., Cabrera B. M., Maercklin N., Troise C. Predicting Ground Motion from Induced Earthquakes in Geothermal Areas. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 103, 3, 1875–1897.

Edwards B., and Douglas J. (2013). Selecting ground-motion models developed for induced seismicity in geothermal areas, *Geophysical Journal International*, 195(2), 1314–1322.

Fronzoni F., Francesconi F., Fratini S., Checcucci R. (2012). “Geochimica delle acque sotterranee nel settore settentrionale dei Monti Vulsini”. Giornate Itineranti SoGel La valutazione del rischio geochimico: nuovi strumenti per una gestione sostenibile del territorio, Perugia 5-6 luglio 2012.

Gischig V. S., Wiemer S. (2013). A stochastic model for induced seismicity based on non-linear pressure diffusion and irreversible permeability enhancement. *Geophys. J. Int.*, advance access publ. (2013).

Goertz-Allmann B. P., Wiemer S. (2013). Geomechanical modeling of induced seismicity source parameters and implications for seismic hazard assessment. *Geophysics*, 78(1).

ICHESE (2014). Report on the Hydrocarbon Exploration and Seismicity in Emilia Region. Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 213pp.

Király E., Gischig V., Karvounis D., Wiemer S. (2014). Validating Models to Forecasting Induced Seismicity Related to Deep Geothermal Energy Projects. Proceedings, Thirty-Ninth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering.

Lewis K. C., Shalev C., Lucas A., and Malin P. (2010). Results from a borehole seismometer array I: microseismicity at a productive geothermal field, Kilauea Lower East Rift Zone, Puna, Hawaii. Proceedings World Geothermal Congress 2010. Bali, Indonesia.

Moia F. (2008). “Individuazione ed applicazione di metodologie di monitoraggio di possibili fughe di CO2 dai serbatoi di stoccaggio”. Rapporto CESI, Area Produzione e Fonti Energetiche.

Pagano G., Menghini A., Floris S. (2000). Bilancio idrogeologico del bacino Vulsino. *Geologia Tecnica & Ambientale*, n°3.

Shapiro S. A., Kruger O. S., Dinske, C. (2013). Probability of inducing given-magnitude earthquakes by perturbing finite volumes of rocks, J. Geophys. Res. 118(7), 3557–3575.

Wang X., Ghassemi A. (2012). A 3d thermal-poroelastic model for geothermal reservoir stimulation. Proceedings 37° workshop on geothermal reservoir engineering, Stanford univ.

