

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

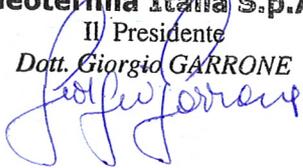
Progetto Definitivo e Programma Lavori

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

Settembre 2013

Codice Progetto:
P13_ITW_049

Revisione: 0

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


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)**

Progetto Definitivo e Programma Lavori

Prof. Franco Barberi

Project Supervisor

ITW&LKW Geotermia Italia S.p.A.



Ing. Riccardo Corsi

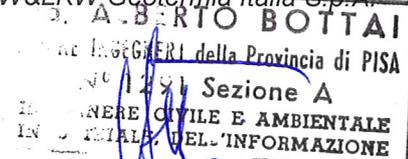
Project Director

STEAM Srl

Ing. Alberto Bottai

Project Manager

ITW&LKW Geotermia Italia S.p.A.



INDICE

1	INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO	1
1.1	CARATTERE “PILOTA” DEL PROGETTO	2
2	IL CAMPO GEOTERMICO DI TORRE ALFINA	4
2.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
2.2	CARATTERISTICHE PRODUTTIVE DEL CAMPO GEOTERMICO	4
2.2.1	Caratteristiche Produttive dei Pozzi	7
2.2.2	Potenzialità della Risorsa Geotermica	8
2.3	CARATTERISTICHE CHIMICHE DEL FLUIDO E CAPACITÀ INCROSTANTI	9
2.3.2	Scelta del Numero e dell’Ubicazione dei Pozzi	14
2.4	PRESSIONE DI REINIEZIONE	15
2.4.1	Aspetti tecnici preliminari	15
2.4.2	Contenimento dei Valori di Pressione di Re-Iniezione	16
3	CONDIZIONI LOCALI E COLLOCAZIONE DELL’IMPIANTO	17
3.1	CARATTERIZZAZIONE DELLE CONDIZIONI LOCALI	17
3.1.1	Climatologia	17
3.1.2	Sismicità	18
3.2	UBICAZIONE DELL’IMPIANTO E DEI POZZI PRODUTTIVI	19
3.2.1	Criteri di Scelta	19
3.2.2	Scelta Finale	20
3.2.3	Riferimenti Catastali	22
4	PROGETTO DEI POZZI	24
4.1	POZZI PRODUTTIVI	24
4.1.1	Caratteristiche dei Pozzi di Produzione	24
4.2	POZZI REINIETTIVI	27
4.2.1	Caratteristiche dei Pozzi di Reiniezione	28
4.3	DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI DI PERFORAZIONE	30
4.3.1	Caratteristiche Fisiche del Serbatoio	32
4.3.2	Caratterizzazione Produttiva dei Pozzi	33
4.3.3	Approvvigionamento Idrico	34
4.3.4	Tempi di Realizzazione dei Lavori	34
4.3.5	Caratteristiche dell’Impianto di Perforazione e della Postazione	35
4.3.6	Temporaneità delle Postazioni, Chiusura Mineraria e Ripristino Ambientale	44
4.3.7	Tecnologia di Perforazione e Prevenzione Rischi Durante la Perforazione	45
4.3.8	Uso di Risorse in Fase di Perforazione	53
4.3.9	Bilancio Scavi Riporti	54
4.3.10	Rifiuti e Residui	55
4.3.11	Effluenti Liquidi	57
4.3.12	Emissioni Sonore	58
4.3.13	Ripristino Ambientale - Chiusura Mineraria dei Pozzi	59
4.4	COMPLETAMENTO DEI POZZI PRODUTTIVI	60
4.5	COMPLETAMENTO POZZI REINIETTIVI E SEZIONE RECUPERO ENERGIA	60

5	LA CENTRALE DI PRODUZIONE	62
5.1	<i>CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE</i>	62
5.2	<i>DESCRIZIONE DEL PROGETTO</i>	63
5.2.1	<i>Descrizione Generale</i>	63
5.2.2	<i>Impianto ORC</i>	64
5.2.3	<i>Pompe di Sollevamento</i>	65
5.2.4	<i>Le Tubazioni di Connessione Impianto-Pozzi</i>	67
5.2.5	<i>Sezione di Recupero Energia</i>	71
5.2.6	<i>Ausiliari di Impianto</i>	72
5.2.7	<i>Opere Civili</i>	75
5.3	<i>COLLEGAMENTO ELETTRICO</i>	77
5.4	<i>PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO PILOTA</i>	78
5.4.1	<i>Bilancio Energetico</i>	78
5.4.2	<i>Approvvigionamento Idrico</i>	79
5.4.3	<i>Consumo di Materie Prime ed Altri Materiali</i>	80
5.4.4	<i>Uso di Territorio</i>	80
5.4.5	<i>Emissioni in Atmosfera</i>	80
5.4.6	<i>Effluenti Liquidi</i>	80
5.5	<i>FASE DI COSTRUZIONE</i>	83
5.5.1	<i>Fase 1: Preparazione delle Aree e Realizzazione Fondazioni e Strutture</i>	83
5.5.2	<i>Fase 2: Tubazioni Adduzione e Reiniezione</i>	84
5.5.3	<i>Fase 3: Montaggi Meccanici ed Elettro-Strumentali</i>	84
5.5.4	<i>Fase 4: Commissioning, Messa in Servizio e Test</i>	84
5.5.5	<i>Cronoprogramma</i>	85
5.5.6	<i>Movimento Terra</i>	85
5.5.7	<i>Materiali</i>	88
5.5.8	<i>Mezzi di Cantiere</i>	89
6	INVESTIMENTI PREVISTI	90
7	REMISSIONE IN PRISTINO DELLE AREE AL TERMINE DEI LAVORI	91
7.1	<i>SMONTAGGIO E BONIFICA DEGLI IMPIANTI E DEGLI EQUIPAGGIAMENTI</i>	91
7.2	<i>DEMOLIZIONE DELLE OPERE CIVILI</i>	91
7.3	<i>CHIUSURA MINERARIA DEI POZZI PRODUTTIVI E REINIETTIVI</i>	92
8	ELENCO TAVOLE E ALLEGATI	93

INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

Il presente documento descrive il progetto definitivo dell’Impianto Geotermico Pilota, denominato Castel Giorgio, così come definito dall’art.9 del D.Lgs. n 28 del 03/03/2011 che la società ITW&LKW Geotermia Italia S.p.A. (nel seguito ITW&LKW) intende realizzare nel territorio comunale di Castel Giorgio, in Provincia di Terni.

L’impianto di Castel Giorgio fa parte di una richiesta di Permesso di Ricerca per due impianti pilota denominato “Castel Giorgio–Torre Alfina” che la società ITW&LKW ha presentato in data 19 Luglio 2011 ai sensi del D.Lgs. n.28 del 03/03/2011.

Il programma lavori associato alla richiesta di Permesso è stato esaminato dalla Commissione per gli Idrocarburi e le Risorse Minerarie (CIRM) del Ministero per lo Sviluppo Economico che ha espresso parere favorevole in data 13/03/12.

Scopo della presente Relazione è la definizione delle caratteristiche tecniche del progetto necessarie all’espletamento della Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale di competenza nazionale.

La localizzazione del progetto su CTR è mostrata in *Tavola 1*, su foto aerea nella *Tavola 2*. In *Figura 1a* si riporta l’ubicazione del progetto con indicata l’estensione e l’ubicazione dell’area del permesso di ricerca per gli Impianti Pilota Castel Giorgio – Torre Alfina. Come visibile dalla figura, l’Impianto Pilota di Castel Giorgio (pozzi di produzione, pozzi di reiniezione e impianto ORC) sarà localizzato interamente nel territorio della Regione Umbria, nel territorio comunale di Castel Giorgio, nei pressi dell’area industriale in località Quercia Galante.

In particolare, il permesso di ricerca “Castel Giorgio–Torre Alfina”, per la parte ricadente nel territorio della Regione Umbria, interessa l’area già relativa alla Concessione mineraria per la coltivazione di fluidi geotermici denominata “Torre Alfina”, titolare Enel Green Power del Gruppo Enel S.p.A.

La Concessione mineraria aveva scadenza nel 2013, ma con Determinazione del Direttore del Dipartimento di competenza n. 3243 del 29 dicembre 2007, pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Lazio, n.3 – Parte prima, del 21-1-2008, l’area della concessione fu ridotta da 58,63 Km² a 9,84 Km² ricadenti interamente nel territorio della Regione Lazio, e la Concessione mineraria per fluidi geotermici fu trasformata in Concessione mineraria per anidride carbonica e accordata per anni dieci alla Società Enel Produzione S.p.A.

Nella Determinazione sopra citata fu altresì precisato (art.3) l’obbligo per la Società Enel Produzione S.p.A.:

- a farsi carico, a proprie cure e spese, della manutenzione e del controllo dei pozzi denominati Alfina 4 e Alfina 14 e delle relative pertinenze minerarie site nel Comune di Castel Giorgio (TR) fino a che la Regione Umbria non individui un nuovo soggetto concessionario per lo sfruttamento della risorsa geotermica e comunque non oltre la naturale scadenza dell'attuale Concessione (anno 2013);
- a farsi carico, a proprie cure e spese e su richiesta della Regione Umbria, della chiusura mineraria dei suddetti pozzi, nel caso in cui, entro il predetto termine, non siano stati individuati nuovi soggetti interessati allo sfruttamento delle risorse geotermiche;
- a non opporsi all'eventuale sfruttamento delle risorse geotermiche reperite o da reperire nel territorio della Regione Umbria già ricadente nella Concessione denominata "Torre Alfina".

L'impianto in oggetto utilizzerà fluidi geotermici altamente incrostanti per la produzione di energia elettrica e calore. I fluidi geotermici una volta utilizzati nell'impianto pilota verranno reiniettati nelle formazioni di provenienza.

L'impianto consegnerà l'energia prodotta alla rete di Enel Distribuzione mediante un collegamento in elettrodotto aereo in media tensione alla Cabina Secondaria Nuova Itelco. di Orvieto.

Come descritto precedentemente, l'impianto in oggetto si configura come "Impianto Pilota", caratterizzato pertanto da soluzioni tecnologiche innovative e assenza di emissioni in atmosfera.

La principale novità introdotta con il progetto è l'utilizzazione di pompe immerse per l'estrazione del fluido geotermico e per prevenire la formazione delle incrostazioni da carbonato di calcio, che altrimenti impedirebbero il funzionamento dell'impianto. Si prevede di utilizzare la stessa tipologia di macchina per il recupero di energia idraulica dalla reiniezione, come dettagliato nel seguito.

Il presente progetto è stato predisposto utilizzando i dati dei pozzi perforati negli anni '70 da Enel nell'ambito della Concessione mineraria per la coltivazione di fluidi geotermici "Torre Alfina", richiamata sopra.

Il progetto prevede tuttavia la perforazione di nuovi pozzi nelle vicinanze dei vecchi e pertanto gli esiti delle perforazioni potrebbero essere leggermente diversi da quelli ipotizzati nel presente progetto. Tuttavia le ipotesi utilizzate per i dimensionamenti devono considerarsi "conservative", nel senso che rappresentano la condizione ambientale più impattante.

1.1

CARATTERE "PILOTA" DEL PROGETTO

Da quanto riportato sopra, il carattere sperimentale del progetto, per cui è stato classificato "pilota", riguarda:

- le soluzioni progettuali innovative per assicurare l'assenza di emissioni;

- il comportamento del campo geotermico a fronte di questo tipo di esercizio (durabilità);
- le problematiche di cogestione della produzione elettrica e di calore per usi civili, industriali e agricoli;
- l'affidabilità nel tempo della pompa sommersa per estrazione dell'acqua;
- la fattibilità di un sistema di recupero di energia dal fluido reiniettato per generazione elettrica con "pompa inversa";
- gli aspetti termodinamici, chimici, di durabilità dei macchinari principali, che è un tema di ottimizzazione del loro impiego.

Questi elementi, che sono propri della sperimentazione, investono questioni che interessano la completa rispondenza dell'impianto alle caratteristiche attese, come:

- l'effettiva durabilità dei macchinari;
- le problematiche di eliminazione dei guasti iniziali o "infantili", in definitiva o, per meglio dire, gli aspetti di ottimizzazione;
- la durabilità del campo geotermico.

E' chiaro che tali temi non hanno alcuna influenza sugli aspetti ambientali e di sicurezza che invece costituiscono l'"ossatura" portante del progetto che è stato concepito avendo la sicurezza mineraria e quella ambientale come elementi assolutamente prioritari.

2 IL CAMPO GEOTERMICO DI TORRE ALFINA

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il campo geotermico di Torre Alfina è ubicato al confine fra le province di Terni e Viterbo ed è stato scoperto dall'ENEL nel 1973; l'area è stata oggetto di numerosi studi e interpretazioni, riportati in *Allegato 1*, cui si rimanda per un completo inquadramento geologico, geofisico, sismico e idrogeologico della zona.

2.2 CARATTERISTICHE PRODUTTIVE DEL CAMPO GEOTERMICO

Ad oggi sono stati perforati n. 10 pozzi di cui 5 (A4, A7, A13, A14, RA1) con ottime caratteristiche di permeabilità, 2 sterili (A2, A5) ed altri tre inizialmente permeabili ma inutilizzabili (A1, A1 BIS, A15).

La profondità dei pozzi varia da 600 m a 4.826 m del pozzo Alfina 15, perforato con obiettivi di studio, ma nella maggior parte dei pozzi è compresa fra 600 e 800 m e 2.368 m del pozzo A14.

Le caratteristiche geologiche e geometriche del serbatoio sono mostrate nelle seguenti *Figure 2.2a, 2.2b e 2.2c*.

Figura 2.2a Sezione Geologica Schematica su una Traccia in Corrispondenza dei Pozzi Indicati. 1) Complesso vulcanico 2) Complesso dei depositi marini pliocenici 3) Complesso in facies ligure ed australpina interna 4) Complesso in facies toscana 5) Estensione della Cappa di gas 6) Isotherme in °C . Da Buonasorte et al 1988

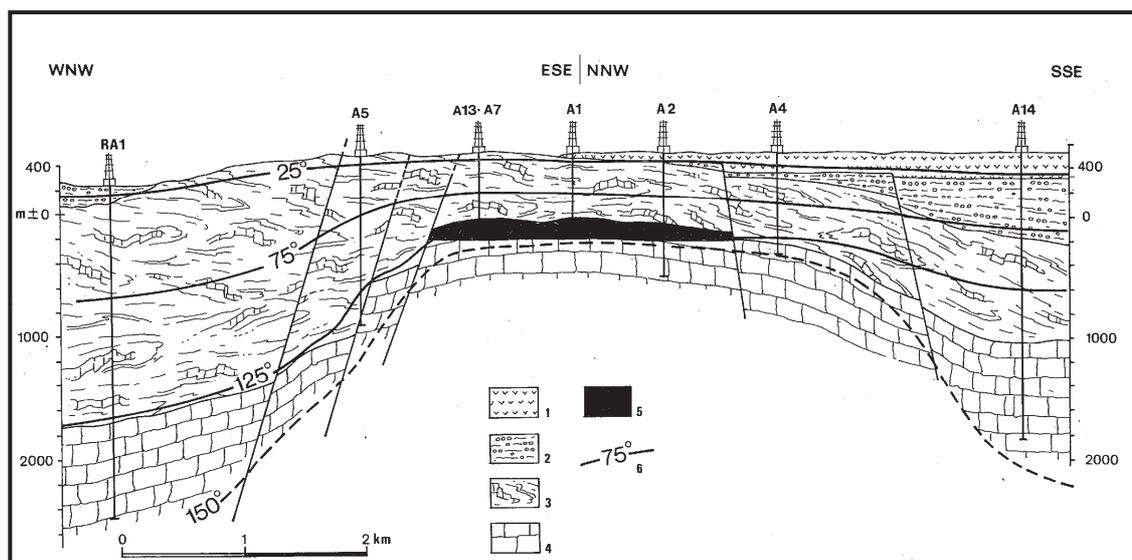


Figura 2.2b *Andamento del Tetto del Potenziale Serbatoio. Le isobate sono Espresse in Metri sul Livello del Mare . Il Numero 4 indica l'estensione della cappa di gas Da Buonasorte et al. 1988*

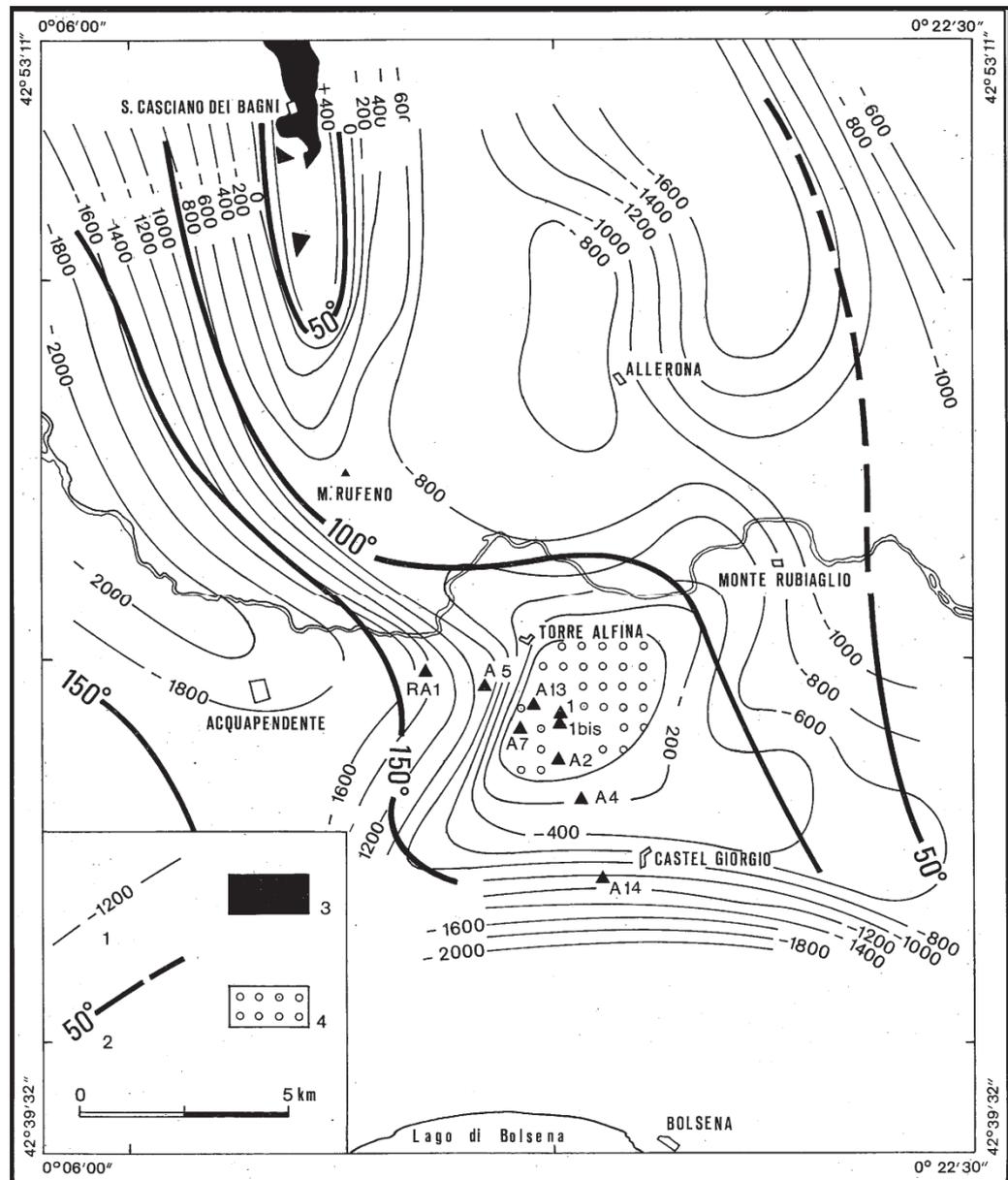
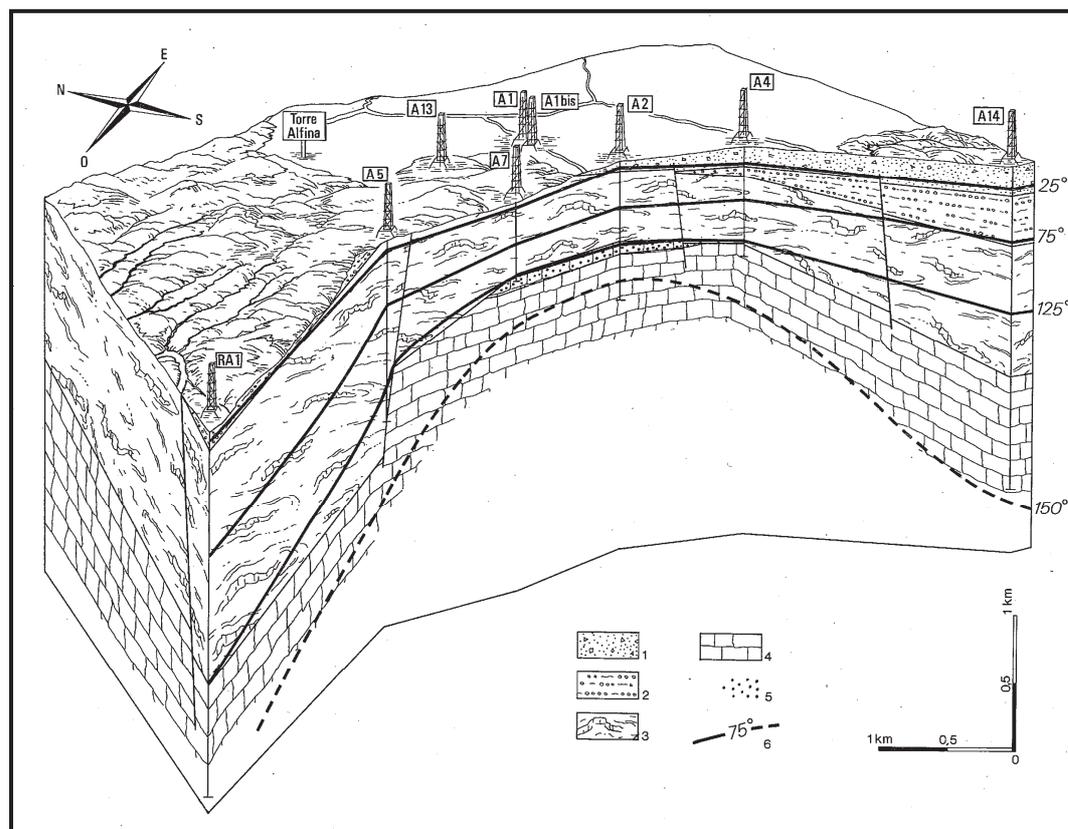


Figura 2.2c Blocco Diagramma Schematico del Campo Geotermico di Torre Alfina. Per i Simboli Vedi Figura 2.2a (da Buonasorte et al. 1988)



Il serbatoio geotermico è ospitato nel complesso carbonatico sottostante la copertura flyschoidale ed è costituito da una cappa di gas dello spessore di circa 100 m alla sommità della struttura (circa 600 m dal piano campagna) al di sotto della quale si trova la fase liquida (acqua saturata di CO₂) per uno spessore imprecisato ma comunque superiore al km.

I pozzi che interessano la sommità della struttura producono quindi gas (A1, A1 bis, A13), mentre quelli ai bordi producono acqua (A4, A14, RA1) con qualche per cento di CO₂ disciolta. In particolare, per quanto riguarda i pozzi situati nell'area oggetto del presente progetto, il pozzo Alfina 4 attinge alla zona ad acqua ed ha una buona capacità produttiva (circa 250 t/h); il pozzo A14 è del tutto simile al pozzo A4 e se ne distingue per una maggiore produttività.

Al di fuori dell'area di interesse del progetto si incontrano anche altri pozzi perforati dall'Enel negli anni '70-'80.

Il pozzo A7, avendo incontrato permeabilità in corrispondenza dell'interfaccia gas-acqua, aveva prodotto gas e acqua in proporzioni variabili in dipendenza della posizione dell'interfaccia al momento dell'erogazione e della portata.

Il pozzo profondo A15, fu perforato a fine anni '80 a fini stratigrafici. Il pozzo ha raggiunto la profondità di 4815m incontrando il serbatoio geotermico a 1050m circa, quindi ad una profondità nettamente superiore a quella rilevata negli altri pozzi perforati nella zona adiacente la cappa di gas che, non è stata pertanto intercettata dall'A15.

Esso ha dimostrato l'esistenza di un unico serbatoio carbonatico fino almeno a fondo pozzo (quasi 500 m).

Infine il pozzo RA1, il più lontano dall'area di interesse distante oltre 6 km ha raggiunto l'acquifero alla maggiore profondità, circa 1930 m a conferma della forma "a fungo" del serbatoio, come riportato nei documenti pubblicati da Enel.

Il pozzo ha mostrato una limitatissima capacità produttiva spontanea. Mentre gli altri pozzi presentano un livello statico di acqua a circa 200 m dal piano campagna, RA1 manteneva un livello a piano campagna.

Proprio a causa della sua limitatissima capacità produttiva, il pozzo era stato oggetto di tentativi di fratturazione per aumentarne artificialmente la capacità iniettiva. L'operazione consistette in un pompaggio prolungato di acqua dalla testa pozzo a portate variabili e ad alta pressione per creare fratture nella formazione profonda del serbatoio, provocare la loro diffusione nella speranza di intercettare zone permeabili del serbatoio.

Di fatto si tentò di realizzare un'operazione che oggi è conosciuta come Enhanced Geothermal System (EGS), cioè tendente a realizzare, per fratturazione artificiale delle rocce, un serbatoio geotermico artificiale laddove esso non esisteva o quanto meno a creare un collegamento artificiale tra il pozzo e un serbatoio.

L'operazione fu interrotta perché dette luogo a fenomeni di sismicità indotta che, per quanto di modesta entità, oltre ad essere rilevati dalle stazioni sismiche dell'Enel furono avvertiti in superficie dalla popolazione.

Le temperature del giacimento sono abbastanza uniformi e variano fra 125 e 150°C (*Buonasorte et al. 1988, Barelli et al., 1978*).

La modellazione numerica del sistema geotermico di Castel Giorgio effettuata da Terra Energy, società spin-off dell'Università di Pisa, è riportata in *Allegato 3*.

2.2.1 *Caratteristiche Produttive dei Pozzi*

Su tutti i pozzi perforati, sono state eseguite prove di fisica del serbatoio durante e/o alla fine della perforazione per conoscere il fluido prodotto e le caratteristiche della formazione.

Oltre a queste prove eseguite con l'impianto di perforazione ancora sul posto, sono state eseguite prove di lungo termine ai pozzi A1 bis e A7.

Le prove eseguite hanno fornito informazioni sufficienti alla comprensione dei fenomeni più importanti che possono avvenire nel serbatoio geotermico di Torre Alfina nel corso dello sfruttamento ed hanno consentito di determinare le caratteristiche produttive di ogni singolo pozzo riassunte nella *Tabella 2.2.1a*.

Tabella 2.2.1a *Caratteristiche produttive dei pozzi di Torre Alfina*

Pozzo	Temperatura Fondo pozzo C	Portata CO ₂ ** t/h	Portata liquida t/h
A1	130		non utilizzabile
A1 BIS			non utilizzabile
A2	130	Sterile	
A4	140	5	250
A5	140	Sterile	
A7	130	6	300
A13 *	130	6	300
A14	140	5	250
RA1	140	3	150
A15			

* Il pozzo A13 ha erogato solo CO₂ nell'ambito della concessione mineraria Enel. I dati indicati in tabella per la portata di liquido si riferiscono a previsioni effettuate nell'ipotesi di completo esaurimento nella cappa di CO₂ sovrastante l'acquifero.

** E' stata stimata (Barelli et al., 1978) una ricarica di CO₂ naturale pari a circa 7 t/h. Producendo da tutto il campo meno di 7 t/h i pozzi A7-A13 non evolveranno mai ad acqua.

2.2.2 *Potenzialità della Risorsa Geotermica*

Come mostrato precedentemente:

- il campo geotermico è contenuto nelle rocce carbonatiche permeabili per fratturazione ed è confinato superiormente da una copertura impermeabile (costituita da terreni in facies di Flysch);
- nella parte centrale del campo, in corrispondenza della culminazione delle rocce carbonatiche è presente una cappa di gas (CO₂) avente una pressione di circa 45 bar ed uno spessore dell'ordine di 100 m. L'acqua contenuta nel serbatoio geotermico ha una salinità di circa 5000 ppm ed in essa è disciolta anidride carbonica nella misura del 2% circa. Tale quantitativo è dell'ordine di almeno 1x10⁶ tonnellate (Barelli et al 1978);
- al di sotto della cappa di gas risiede un acquifero con una temperatura sostanzialmente uniforme il cui valore medio risulta 140°C.

Il calcolo della potenza termica estraibile dall'acquifero può essere effettuato stimando l'estensione del serbatoio geotermico.

Con riferimento alle precedenti *Figure 2.2a, 2.2b e 2.2c*, per effettuare una stima prudenziale si può ipotizzare che i pozzi produttori siano collegati da una frattura verticale che li attraversa.

In questa ipotesi l'estensione minima in lunghezza del serbatoio comprenderà il tratto dal pozzo RA1 al pozzo A14 per complessivi 7 km mentre in ampiezza si può assumere che sia compreso in una ristretta fascia di 100 m in prossimità dei pozzi produttivi.

Dalla sezione geologica mostrata nella precedente *Figura 2.2a*, si può desumere che il serbatoio geotermico abbia una profondità di almeno 1 km e si può quindi valutare in circa 0,7 km³ il suo volume minimo.

D'altra parte i lavori di prospezione geologica, geofisica e di fisica del serbatoio fino ad oggi effettuati (*Buonasorte et al. 1988; Barelli et al. 1978*) indicano un'estensione del medesimo certamente superiore a quella fin qui considerata.

Considerando che la temperatura media del serbatoio sia di 140 °C, che il calore specifico delle rocce sia di 2100 kJ/m³, assumendo la temperatura convenzionale di reiniezione dei reflui di 25 °C e tralasciando, sempre con ipotesi conservativa, il calore contenuto nell'acqua che impregna le rocce, si stima che la quantità di calore contenuta certamente nel giacimento sarà almeno la seguente:

$$7 \cdot 10^8 \cdot 2100 \cdot (140 - 25) = 1,7E \cdot 10^{14} \text{ MJ}$$

Prendendo in esame le caratteristiche produttive dei pozzi di Torre Alfina riportate nella precedente *Tabella 2.2.1a* e programmando di produrre la portata liquida di circa 1.000 t/h, prevista dal progetto nel suo complesso, si estrarrebbe una potenza pari a:

$$1.000.000 \cdot (140 - 25) / 860 = 133.720 \text{ kW}_T$$

Supponendo di estrarre questa potenza termica per 20 anni, si estrarrebbe circa 0,05% del calore minimo contenuto e quindi tale da non creare disturbi.

Da tenere presente infine, che la sopra esposta valutazione è stata effettuata supponendo, in via conservativa, che le rocce calde siano completamente isolate e non in contatto termico con sorgenti di calore endogeno.

In realtà i pozzi A14 e A15, hanno dimostrato la presenza di fratture, anche molto permeabili come nel caso del pozzo A14, a profondità ben oltre i 100m dal tetto del serbatoio. Nel caso dell'A14 una frattura molto importante è stata rilevata anche a 2300m cioè almeno 500m al di sotto del tetto del serbatoio intercettato dal pozzo stesso.

Quindi, è di tutta evidenza che la stima della potenzialità della risorsa di cui sopra si basa su considerazioni tecniche altamente cautelative in quanto viene messo in conto solo uno spessore di 100m di serbatoio a partire dal suo tetto.

Nel seguito (vedi *Paragrafo 2.3.2* e *Allegato 3*) vengono riportate anche valutazioni più sofisticate della precedente, mettendo in conto una ragionevole diffusione della permeabilità della formazione calcarea che ospita il serbatoio e costruendo un modello numerico dello stesso che permette una stima oltre che della durata dell'utilizzabilità della risorsa anche di altre grandezze fisiche importanti per avere una prima conferma della totale compatibilità dello sfruttamento con alcune fenomenologie associate in via ipotetica allo sfruttamento stesso.

2.3

CARATTERISTICHE CHIMICHE DEL FLUIDO E CAPACITÀ INCROSTANTI

Nel corso delle erogazioni dei pozzi di Torre Alfina, si sono potuti raccogliere numerosi campioni e ricostruire la composizione tipica del fluido in condizioni di serbatoio.



Le analisi chimiche medie dei pozzi così come riportate in *Buonasorte et al (1988)* sono riassunte nella seguente *Tabella 2.3.1.1a*. La composizione media del gas raccolto durante le prove di produzione è invece riportato nella *Tabella 2.3.1.1b*.

Per una discussione sui caratteri chimici delle acque e della geochimica si rimanda al *Paragrafo 4.2.2.2* dello *Studio di Impatto Ambientale*.

I dati idrogeochimici sono stati raccolti nel corso di numerose e prolungate prove di produzione che avevano permesso ad Enel di formulare anche ipotesi di sfruttamento e che hanno condotto all'ottenimento di una concessione mineraria per lo sfruttamento della risorsa geotermica per la produzione di gas.

Alcuni aspetti dovranno essere definitivamente accertati in corso di realizzazione dei pozzi mentre altri dovranno trovare conferma della loro validità. Tuttavia i margini di incertezza sono da considerarsi molto ridotti e non inficiano il valore e l'affidabilità al progetto presentato. Questa scelta è perfettamente in linea anche con la "Direttiva per la prima attuazione" del D.Lgs. 22/2010 emanata dal Ministero dello Sviluppo Economico in data 01/07/2011.

Restano da accertare la rispondenza tra produttività attesa dei pozzi e quella reale ma, come in tutte le attività minerarie, le risposte potranno venire solo dalle nuove perforazioni.

Inoltre un piccolo margine di incertezza resta sul contenuto effettivo di gas disciolto nell'acqua del serbatoio, mentre per la temperatura del fluido e per la composizione chimica delle acque le conferme ricevute in passato lasciano pochi dubbi sui loro valori effettivi.

Potrebbero essere eliminate quindi le poche incertezze legate alle caratteristiche esatte del fluido geotermico prelevando campioni dai pozzi Alfini 4 e Alfini 14 tuttora aperti. Essi infatti si trovano nello stato attuale da decenni e il fluido presente nel fondo pozzo è sicuramente rappresentativo dello stato naturale del serbatoio geotermico. L'analisi di campioni di fluido prelevati dal fondo pozzo o in prossimità di esso fornirebbe risultati importanti ai fini della caratterizzazione chimico-fisica del serbatoio. L'esistenza dei pozzi nelle condizioni in cui si trovano tuttora costituisce un'opportunità unica, quasi un laboratorio a disposizione sia dell'operatore che ha presentato il progetto, sia dell'Autorità pubblica chiamata per legge a esercitare la vigilanza e la custodia della risorsa geotermica.

Per questo motivo ITW&LKW Geotermia Italia SpA ha chiesto al Ministero e alla Regione di poter eseguire il campionamento del fluido nei due pozzi facendosi carico di tutti gli oneri, incluse la gestione dei pozzi e la loro eventuale chiusura mineraria.

Le informazioni oggi disponibili sono comunque sufficienti per conferire validità al presente progetto in attesa delle decisioni delle Autorità competenti sulla possibilità di poter procedere alla raccolta di nuovi dati chimici sul fluido geotermico. In assenza di questa disponibilità, saranno i risultati di campo a

seguito delle nuove perforazioni, a fornire le informazioni per un affinamento e una calibrazione del progetto.

2.3.1.1

Incrostazioni da Carbonato di Calcio

Ci preme qui sottolineare che, nel corso della produzione, tutti i pozzi avevano evidenziato grossi problemi di incrostazione da carbonato di calcio. Per i diversi metodi di trattamento delle incrostazioni si rimanda a R. Corsi 1986, 1987¹.

Tabella 2.3.1.1a Analisi Chimiche del Fluido Prodotto dai Pozzi di Torre Alfina (da Buonasorte et alii 1988)

N° camp.	DATA camp.	T °C	PH	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Petot mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	B tot mg/l	SiO ₂ Tot. mg/l	H ₂ S Tot. mg/l	TDS mg/l	Σcat Σ an
PP1 A1bis	9/9/74	102	7.20	2020	144	158	20.0	n.d.	20.7	2480	1280	439	22.7	439	as.te	6690	1.017
PP2 2) A1bis	29/11/74	116	7.70	1970	171	137	20.0	n.d.	38.7	2110	1800	374	32.2	101	as.te	5560	1.014
PP3 3) A1bis	29/11/74	117	7.70	1940	171	131	14.0	n.d.	43.4	2100	1670	426	38.5	128	as.te	5980	1.017
PP4 A4	1/9/74	119	8.70	1800	2000	10	11.0	n.d.	25.0	2630	59	405	28.7	176	tracce	5340	0.917
PP5 A4	3/9/74	119	8.60	2030	225	8	12.0	n.d.	9.5	2950	87	427	30.5	204	as.te	6040	0.930
PP6 4) A4	3/9/74	119	8.40	2000	205	22	12.0	n.d.	19.0	2660	550	419	28.4	190	as.te	5940	1.017
PP7 A7	4/2/74	90	7.30	2160	117	147	14.0	0.87	21.4	2460	n.d.	543	21.7	96	as.te	n.d.	1.323
PP8 5) A7	11/2/76	90	7.35	2300	144	139	19.0	0.52	18.6	2640	2110	70	22.7	103	as.te	6450	1.025
PP9 5) A7	16/2/76	90	7.30	2330	153	134	16.0	0.42	12.0	2660	2090	79	23.4	106	as.te	6350	0.893
PP10 A7	5/7/75	80	6.90	2250	165	148	20.0	1.40	19.2	2700	1440	511	25.0	117	as.te	6530	1.020
PP11 A7	7.7.75	81	7.40	2250	149	71	24.0	0.20	19.0	2610	1320	505	24.8	117	as.te	6290	1.019
PP12 RA1	12/10/76	80	7.00	1840	175	240	40.0	n.d.	27.0	2160	1750	554	8.9	106	as.te	5910	0.998
PP13 RA1	19/10/74	80	7.20	2070	168	151	44.2	n.d.	28.5	2320	1760	522	22.5	129	as.te	6180	1.018
PP14 RA1	21.10/76	67	6.20	1830	168	266	96.0	n.d.	32.0	2160	1930	561	25.5	111	as.te	6080	1.023
PP15 6) RA1 7)	21/10/76	130	6.80	1940	168	225	29.0	38	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	96	n.d.	n.d.	

1) Sotto il codice del campione viene indicata la sigla del pozzo da cui esso è stato raccolto; 2) Campionamento con Kuster a 620 m dal p.c.; 3) Idem a 627 m dal p.c.; 4) Alla portata massima di circa 300 t/h; 5) Le composizioni sono ricostruite includendo nel liquido il vapore prodotto durante l'erogazione; 6) Campionamento con Kuster a 2000 m dal p.c.; 7) Determinati solo i cationi per mancanza di un adeguato volume di campione.

Tale fenomeno si origina dal fatto che la soluzione nel serbatoio è praticamente satura in ioni Ca⁺⁺ e HCO₃⁻ e in ioni CO₃⁻ essendo in equilibrio con un gas (anidride carbonica al 98%).

Quando inizia la produzione di fluido in assenza di pompaggio, la pressione diminuisce passando da valori dell'ordine dei 45 bar presenti nel serbatoio a valori di circa 5-6 bar dell'erogazione spontanea.

¹ R.Corsi Scaling and Corrosion in geothermal equipment: problems and preventive measurements. *Geothermics*, 15/5. 1986;

R. Corsi Engineering aspects of CaCO₃ and SiO₂ scaling. NATO course on "Geothermal Reservoir Engineering", Antalya, Turkey, July 1987.

Tabella 2.3.1.1b Analisi Chimiche dei Gas Prodotti dai Pozzi di Torre Alfina (da Buonasorte et alii 1988)

TABELLA F

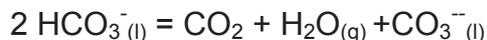
COMPOSIZIONE DEI GAS EROGATI DAI POZZI GEOTERMICI E PARAMETRI D'EROGAZIONE

CAMPIONE	DATA	COMPOSIZIONE GAS NATURALE. (% Volume)						GAS/VAP Nl/Kg	PORTATA t/h	PRESSIONE B.P. Atm	TEMP. B.P. °C
		CO ₂	N ₂	O ₂	H ₂	CH ₄	H ₂ S				
G1 - A1	11/6/73	98.5	1.31	tracce	assente	0.145	tracce	ca.100%gas	200 1)	9.0	n.d.
G2 - A1 2)	5/7/73	98.6 ± 0.1	1.24 ± 0.04	tracce	assente	0.180 ± 0.020	assente	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
G3 - A1 3)	2/7/73	98.3	1.53	tracce	tracce	0.207	assente	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
G4 - A1	18/4/74	98.1	1.65	assente	assente	0.193	assente	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
G5 - A1bis 4)	20-22/5/74	98.6	1.24	tracce	tracce	0.180	tracce	100% gas	187 ± 20%	5.5	n.d.
G6 - A1bis	25/6/74	98.6	1.24	assente	assente	0.149	tracce	n.d.	304	4.5	102
G7 - A1bis	26/6/74	98.7	1.16	assente	assente	0.145	tracce	10120	272	26.2	103.5
G8 - A1bis	28/6/74	98.8	1.17	assente	assente	0.161	tracce	ca.100%gas	163	38.5	112.4
G9 - A1bis	2/7/74	98.8	1.09	assente	assente	0.139	tracce	100%gas	165	37.0	112.2
G10 - A7	1/7/75	98.8	0.961	tracce	tracce	0.161	0.088	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
G11 - A7	7/7/75	98.9	0.885	tracce	tracce	0.129	0.052	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
G12 - A7	6/2/76	98.8	0.921	assente	tracce	0.150	0.091	8000 5)	155/141 6)	32.1	106.8
G13 - A7	12/2/76	98.9	0.912	assente	tracce	0.143	0.085	4960 5)	108/154 6)	29.6	107.7
G14 - A7	18/2/76	98.9	0.887	assente	tracce	0.144	0.058	2570 5)	51/140 6)	25.6	106.0

1) Stimato; non è stato possibile eseguire misure; 2) Emanazioni gassose sul piazzale del sondaggio. Valore medio e deviazione standard di vari campioni; 3) Gas di un pozzetto spia sul piazzale del sondaggio; 4) Media dei campioni raccolti tra le date indicate; 5) Rapporto calcolato includendo il trascinato nel vapore; 6) Portate di gas e di liquido rispettivamente.

n.d.: non disponibile — B.P.: bocca-pozzo.

Tale abbassamento di pressione provoca lo spostamento sulla destra del seguente equilibrio:



e quindi l'aumento di concentrazione degli ioni CO_3^{2-} che fa superare il prodotto di solubilità della calcite provocandone la deposizione.

Una discussione più dettagliata degli equilibri chimici è riportata negli articoli citati.

Per la risoluzione del problema Enel aveva proposto un impianto per l'iniezione di inibitore in pozzo descritto in Corsi R., Culivicchi G., Sabatelli F., 1985.

Tale sistema, oltre ai costi relativi al consumo di inibitore, era di difficile realizzazione e comunque manteneva intatta la problematica relativa alla dispersione dei gas incondensabili in atmosfera.

Nel presente progetto si prevede l'utilizzazione di una pompa immersa, che mantenga in tutto il circuito di sfruttamento del calore una pressione sempre maggiore della pressione alla quale l'anidride carbonica disciolta nella soluzione geotermica si libera. In questo modo sarà possibile impedire in ogni punto del circuito la deposizione di incrostazioni e la liberazione del gas fino alla reiniezione finale.

2.3.1.2 Incrostazioni da Silice Amorfa

Uno dei principali problemi connessi allo sfruttamento dell'energia geotermica è dato dalla possibilità di incrostazioni derivanti dalla precipitazione di silice amorfa a seguito della diminuzione di temperatura connessa allo sfruttamento (*R. Corsi 1985, 1987*). I problemi di incrostazione da silice sono soprattutto presenti in campi ad alta temperatura che contengono quantità rilevanti di silice (sono generalmente saturi in quarzo alla temperatura di serbatoio).

Poiché la cinetica di deposizione della silice amorfa è lenta, in quasi tutti i campi geotermici ad alta temperatura si tollera una leggera sovrasaturazione in quanto la lentezza della deposizione non permette la formazione di incrostazioni rilevanti.

Nel caso particolare del campo geotermico di Torre Alfina le basse temperature del serbatoio (circa 140°) permettono la dissoluzione di quantità di silice piuttosto modeste: dalla *Tabella 2.3.1.2a* si può notare come le concentrazioni di silice siano sempre inferiori a 200 mg/l se si eccettua il dato del pozzo A1bis probabilmente affetto da errore.

Tale valore di 200 mg/l deve essere confrontato con la concentrazione di saturazione ricavata dalle pubblicazioni di *Gunnarson and Arnorsson, 2000* e *Fournier and Rowe, 1973*.

Come si può notare a 70°C la concentrazione di saturazione è superiore a 200 mg/l con entrambe le correlazioni. Se ne deduce che anche a temperature dell'ordine di 60°C non si verificheranno incrostazioni da silice. Poiché la temperatura di reiniezione prevista è di 70°C non sono previsti problemi di incrostazione da silice.

Tabella 2.3.1.2a Concentrazioni di Equilibrio di Silice Amorfa in Soluzioni Acquose (Gunnarson and Arnorsson 2001¹ and Fournier and Rowe 1973²)

Temperatura °C	Solubilità secondo Gunnarson and Arnorsson 2000 mg/l	Solubilità secondo Fournier & Rowe 1977 mg/l
40	122,8	152,9
50	146,1	180,7
60	172,0	211,3
70	200,4	244,8
80	231,5	281,3
90	265,1	320,8
100	301,2	363,3
110	339,5	408,7
120	380,0	457,0
130	422,6	508,3
140	466,9	562,4
150	512,7	619,3
160	559,9	678,9
170	608,1	741,1
180	657,0	806,0
190	706,4	873,3

2.3.2

Scelta del Numero e dell'Ubicazione dei Pozzi

In conclusione, considerando le produttività dei pozzi mostrate nel *Paragrafo 2.2.1*, le caratteristiche delle pompe immerse necessarie a mantenere la pressione nel circuito geotermico al di sopra del punto di bolla della anidride carbonica, si ritiene che, per il progetto Castel Giorgio, siano necessari cinque pozzi produttivi e quattro pozzi reiniettivi, per produrre circa 5 MW elettrici e far fronte alle eventuali richieste di calore del comprensorio industriale di Castel Giorgio.

Per lo sviluppo del progetto si è ritenuto pertanto opportuno selezionare aree per la perforazione di pozzi produttivi nei dintorni del pozzo Alfina 4 e dei pozzi reiniettivi nei dintorni del pozzo Alfina 14 (vedi *Figura 2.2a e b* dove è anche visibile in forma schematica la cappa di gas che caratterizza il serbatoio geotermico).

Il pozzo produttivo A4 è infatti ubicato in una posizione abbastanza baricentrica del campo; pertanto viene naturale ubicare il polo produttivo nell'intorno del pozzo A4 ed ubicare il polo reiniettivo in una posizione più defilata, intorno al pozzo Alfina 14, in modo da limitare al massimo l'interferenza tra le due attività.

Tra l'altro, collocare il polo reiniettivo in posizione Sud del baricentro del campo, implica anche intercettare il serbatoio geotermico a maggiore profondità di

¹ GUNNARSON, S. ARNOSSON. (July 2000) Amorphous silica solubility and Thermodynamic Properties of H₄SiO₄ in the range of 0-350° at Psat. *Geochimica et Cosmochimica Acta* Vol 64, 13.

² FOURNIER. R.O. (1973) The solubility of amorphous silica in water at high temperature and high pressures. *American Mineralogist*, vol 62, Pag 1052-1056.

quanto avviene nel polo produttivo, con la conseguenza che la reiniezione sarà favorita dalla maggiore densità del fluido rispetto a quello del campo, in quanto raffreddato a seguito della generazione di energia.

La modellazione numerica del campo, riportata in Allegato 3, indica che la temperatura del fluido geotermico nella parte produttiva del serbatoio rimane sostanzialmente la stessa per almeno 30 anni, nonostante la reiniezione di fluido raffreddato nei pozzi del polo CG14.

2.4 *PRESSIONE DI REINIEZIONE*

2.4.1 *Aspetti tecnici preliminari*

La conoscenza del campo geotermico permette di individuare zone del serbatoio che hanno già dimostrato elevata permeabilità ovvero alta capacità produttiva.

L'alta capacità iniettiva dei pozzi era stata messa in evidenza già in fase di perforazione attraverso il fenomeno della cosiddetta perdita di circolazione durante l'attraversamento del serbatoio.

Tra le zone caratterizzate da questo comportamento vi sono quelle interessate dai pozzi A14 e A4. Questi pozzi erano stati tra l'altro provati dall'Enel negli anni '70 con produzione dal pozzo A14 e re-iniezione nel pozzo A4 (Batini et al. 1980¹, Buonasorte et al. 1988). In questi lavori viene messo in evidenza anche il fatto che il pozzo ha assorbito senza pressione a testa pozzo, indicazione certa di alta iniettività.

Il progetto prevede di utilizzare i due pozzi in maniera inversa a quanto fatto allora in quella fase ma, dal punto di vista idraulico, la cosa è perfettamente equivalente. Vale la pena di ricordare che lo stesso pozzo A4, nel momento della prova iniziale di caratterizzazione produttiva, ha prodotto acqua e vapore con una portata di 250 t/h ad una pressione a testa pozzo di circa 5,2 bar. Anche questa è una prova evidente della elevata permeabilità della formazione del serbatoio interessata dal pozzo.

Queste informazioni sono state utilizzate anche per realizzare una simulazione numerica del comportamento del serbatoio geotermico e valutare gli effetti del prelievo di fluido nell'intorno dei pozzi produttivi e, viceversa, della reiniezione nell'intorno dei pozzi reiniettivi. Il lavoro di simulazione è stato realizzato da Terra Energy, spin-off dell'Università di Pisa con il programma TOUGH 2 e i risultati sono riportati nell'Allegato 3 al presente Progetto.

Dalla simulazione risulta che la sovra pressione di re-iniezione nei pozzi A14 è di circa 8-9 bar con i valori di portata di progetto. Dal punto di vista fisico, per pressione di reiniezione si intende il maggior valore di pressione, rispetto alla condizione statica, che si deve applicare in prossimità delle fratture assorbenti affinché queste assorbano il flusso di re-iniezione. Esso rappresenta quindi la

¹ BATINI F., CAMELI G.M., CARABELLI E. & FIORDELISI A. (1980) – Seismic Monitoring in Italian Geothermal Areas : Il Seismic Activity in the Geothermal Fields During Exploration. Second DOE-Enel Workshop for cooperative research in Geothermal Energy, Berkeley (California).

pressione “motrice” che deve essere applicata sul fluido reiniettato. Se è vero che all’aumentare della portata aumenta anche la pressione di re-iniezione, sappiamo anche con certezza dalle sperimentazioni avvenute che tale valore si manterrà entro i limiti molto bassi indicati sopra.

Queste variazioni di pressione sono così modeste da far ritenere molto improbabile ogni effetto apprezzabile sia in termini di subsidenza nell’intorno dei pozzi produttivi che di micro sismicità nell’intorno di quelli reiniettivi. Per i dettagli si rimanda allo SIA, cap.4.3.3 dove si analizzano anche gli effetti “a distanza” e nel tempo nel caso della reiniezione.

2.4.2

Contenimento dei Valori di Pressione di Re-Iniezione

In valore assoluto, la pressione di re-iniezione alla frattura (che è la grandezza fisica che determina gli eventuali effetti sulle formazioni rocciose) risulterà dalla somma della pressione di testa pozzo e dal carico idrostatico dovuto alla presenza di acqua in pozzo.

A sua volta la pressione di testa pozzo è dovuta al gas che deve essere mantenuto in soluzione. Le caratteristiche iniettive del pozzo permettono di determinare univocamente per ogni valore di portata, la maggior pressione necessaria a smaltire il flusso.

Pertanto, limitando la portata totale per ciascun pozzo, si è in grado di non superare mai la pressione stabilita sulla formazione fratturata. La pressione di testa è invece determinata dalla temperatura di reiniezione: se questa pressione aumenta, il livello di acqua si abbasserà in modo automatico perché condizionato dalle caratteristiche iniettive della formazione. La limitazione della portata verrà eseguita mediante rilevazione in continuo del valore della portata stessa, della temperatura del flusso di acqua, della pressione di testa pozzo. Le necessarie calibrazioni iniziali e gli eventuali scostamenti nel tempo che si dovessero manifestare saranno regolati agendo in automatico su una valvola regolatrice di flusso posta sul tubing di re-iniezione per aumentare o diminuire il flusso stesso e mantenerlo entro i limiti stabiliti per garantire la limitazione della pressione sulla frattura entro il livello voluto, come precisato sopra.

Tale limitazione avverrà inizialmente con l’ausilio dell’apposita valvola di laminazione, successivamente sia con il dispositivo previsto di recupero dell’energia di pressione descritto al *Paragrafo 5.2.5* sia ancora con la stessa valvola collocata nella tubazione di re-iniezione in pozzo.

3 CONDIZIONI LOCALI E COLLOCAZIONE DELL'IMPIANTO

3.1 CARATTERIZZAZIONE DELLE CONDIZIONI LOCALI

3.1.1 Climatologia

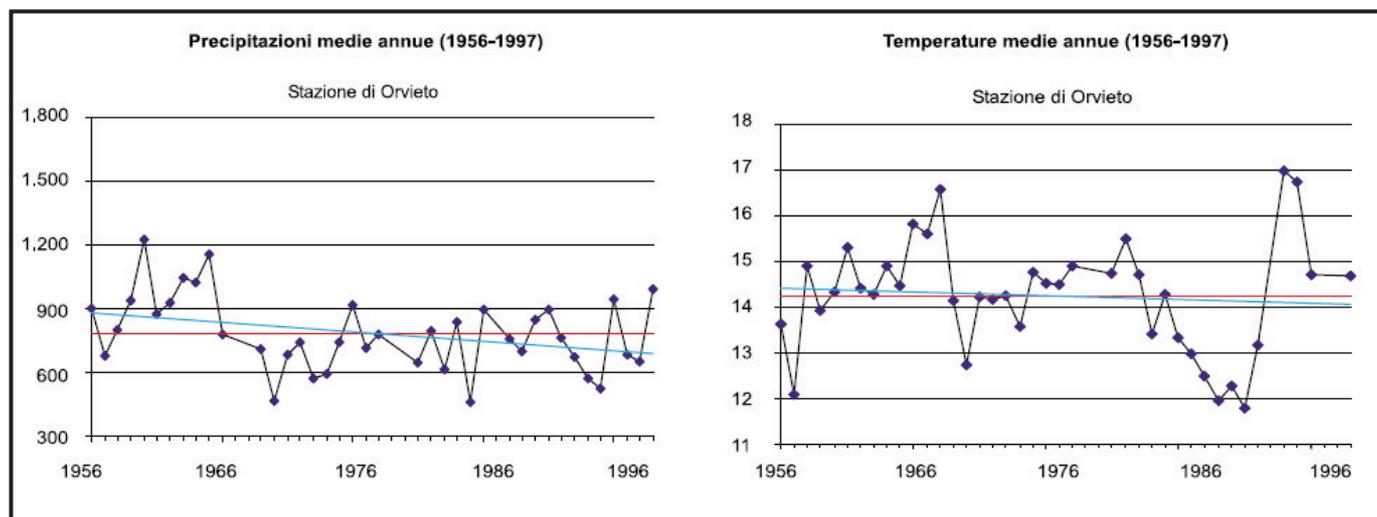
L'Umbria presenta generalmente caratteristiche climatiche mediterranee, anche se attenuate dalla propria posizione geografica, senza sbocchi sul mare: le estati sono calde e asciutte, gli inverni relativamente miti. La tendenza alla continentalità si manifesta in particolare nelle zone montagnose e nelle conche; inoltre, la topografia con continue variazioni di altitudine e orientamento, determina una grande varietà di microclimi.

La dorsale appenninica costituisce una barriera alla penetrazione non solo degli influssi del mare Adriatico, ma anche delle masse d'aria fredda provenienti da nord-est. Analogamente verso il Tirreno, le colline e basse montagne presenti si frappongono alla libera circolazione di masse d'aria.

In quasi tutta la regione, la temperatura raggiunge raramente valori minimi bassi. Le piogge totali oscillano tra gli 800 mm ed i 1.200 mm, e si concentrano nel semestre autunno-inverno.

Nel seguente grafico si riportano l'andamento dei dati climatici medi, rilevati nel quarantennio 1956-1997, della stazione meteorologica "Orvieto", situata a 315 m s.l.m., nel bacino del Tevere-Paglia (coordinate geografiche 42°43'N 12°09'E), che rappresenta la stazione più prossima all'area di ubicazione del progetto (circa 10 km di distanza).

Tabella 3.1.1a Dati Climatici Rilevati dalla Stazione Meteorologica "Orvieto" (1956-1997)



Considerando la vicinanza della stazione di Orvieto con l'area di ubicazione del progetto e l'elevazione sul livello del mare leggermente superiore per l'area di progetto si può considerare una temperatura media annua di circa 14 °C.

La temperatura ambiente presa a riferimento per le prestazioni dell'impianto è pari a 24,1 °C (temperatura media estiva).

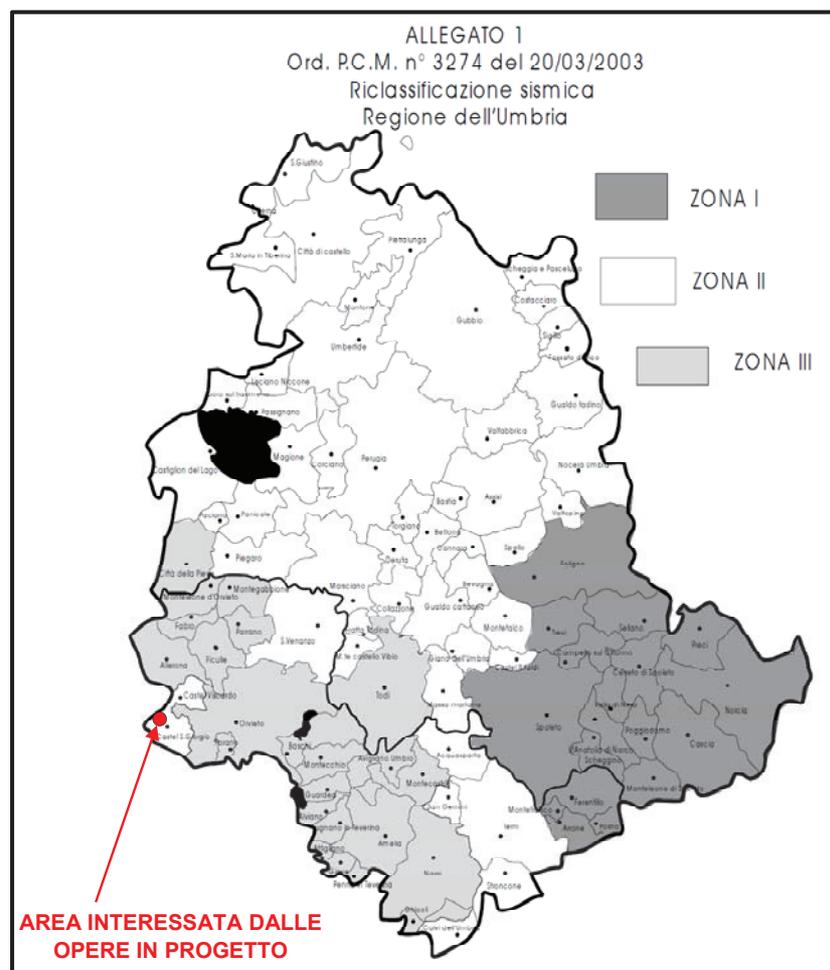
3.1.2

Sismicità

La Regione Umbria, con DGR n. 852 del 18 Giugno 2003, ha approvato la *"Riclassificazione Sismica della Regione Umbria"* redatta sulla base dei nuovi criteri per l'individuazione delle zone sismiche previsti dall' *Ordinanza n. 3274/2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri*.

Come è evidente dalla seguente *Figura 3.1.2a*, il Comune di Castel Giorgio rientra all'interno della Zona II, corrispondente alle zone con accelerazione di picco orizzontale al suolo (a_g) compresa tra $0,15 \leq a_g < 0,25$ e probabilità che questa sia superata pari al 10% in 50 anni.

L'area geotermica Torre Alfina-Castel Giorgio è soggetta a una sismicità che si manifesta essenzialmente con i caratteri tipici delle aree vulcaniche e geotermiche: bassa profondità degli ipocentri e distribuzione temporale degli eventi sismici a sciami. Si ricordano gli sciami sismici del 1992(magnitudo massima $M_I=3,5$) del 2010, 2011, 2012 ($M_I \max=2,4$). L'evento maggiore (intensità VII) a Castel Giorgio è avvenuto nel 1957. Ad Acquapendente gli eventi principali sono quelli del 1755 (intensità VI-VII) e del 1924 (intensità VII).

Figura 3.1.2a Classificazione Sismica Regione Umbria

Per dettagli si rimanda al rapporto “Sismicità storica e recente dell’area geotermica di Torre Alfina” predisposta da INGV per conto del Committente (Aprile 2013) e costituente l’*Appendice 1* dell’*Allegato E* dello *SIA*.

3.2 UBICAZIONE DELL’IMPIANTO E DEI POZZI PRODUTTIVI

3.2.1 Criteri di Scelta

Per la scelta della collocazione dell’impianto e dei pozzi, oltre alle considerazioni descritte al *Capitolo 2*, si è svolta un’attività mirata ad identificare, nell’ambito delle aree geologicamente più interessanti quelle che, anche da un punto di vista ambientale, presentassero i minori problemi. I criteri generali che hanno ispirato la ricerca dei siti, *oltre a evitare il più possibile aree vincolate*, sono stati i seguenti:

- preferire luoghi in prossimità di strade esistenti, pur nel rispetto delle distanze minime imposte dalle norme di legge, con l’obiettivo di limitare la dimensione delle opere viarie;
- evitare di interessare colture agricole di particolare pregio;
- evitare zone che dovessero implicare l’abbattimento di piante di alto fusto o di pregio;

- preferire morfologie piane e semplici, al fine di limitare gli sbancamenti del terreno;
- evitare, nei limiti del possibile, attraversamenti di torrenti, costruzione di ponti o altre opere;
- tenersi alla massima distanza possibile da edifici, in particolare se abitati, o da opere comunque di apprezzabile pregio architettonico, storico, di utilità sociale, ecc.;
- tenersi alla massima distanza possibile da corsi d'acqua;
- limitare il più possibile l'impatto visivo sia della sonda, nella fase iniziale, che dell'impianto pozzo, nella fase successiva, sia infine della centrale elettrica che è stata ubicata nell'area industriale di Castel Giorgio.

Sono state escluse tutte le aree ricadenti all'interno di aree Naturali come Siti di Interesse Comunitario o Zone di Protezione Speciale (Aree SIC, ZPS), aree soggette a vincolo archeologico o aree classificate pericolose dal Piano di Assetto Idrogeologico; inoltre sono state escluse le aree che presentavano minori gradienti geotermici.

3.2.2

Scelta Finale

Sulla base delle considerazioni di cui ai precedenti Paragrafi è stato definito il Layout mostrato nelle *Tavole 1, 2, 3, 4 e 5*.

Impianto ORC

L'impianto ORC è ubicato all'interno della zona industriale di Castel Giorgio.

Pozzi Produttivi

I cinque pozzi produttivi necessari saranno disposti in tre postazioni (piazzole) produttive, due in cui saranno presenti un pozzo verticale e uno deviato e una in cui sarà presente un unico pozzo, come indicato nella seguente tabella:

Tabella 3.2.2a Configurazione del polo produttivo

Postazione	N° pozzi	I.D. pozzo
CG1	2	CG1
		CG1/A
CG2 ⁽¹⁾	1	CG2
CG3	2	CG3
		CG3/A
Note:		
⁽¹⁾ La cantina avrà comunque la predisposizione per due pozzi		

Le postazioni CG1 e CG2 sono ubicate in area agricola, attualmente destinata a seminativo. Entrambi i siti sono prossimi alla strada Torre Alfina–Castel Giorgio e pertanto facilmente accessibili.

La postazione CG3 è ubicata nell'area industriale di Castel Giorgio, in adiacenza all'impianto ORC.

Tutti i siti dei pozzi produttivi rispondono ai criteri base di sufficiente lontananza da obiettivi sensibili dal punto di vista di impatto acustico e visivo durante la perforazione.

La localizzazione dei pozzi produttivi con l'indicazione della direzione dei pozzi devianti è mostrata nella *Figura 3.2.2a*.

Figura 3.2.2a Localizzazione dei Pozzi Produttivi



Pozzi Reiniettivi

La postazione dei 4 pozzi reiniettivi (CG14, CG14/A, CG14/B, CG14/C) è ubicata nelle vicinanze del pozzo esistente A14. Il sito è prospiciente a Via del Poderetto. La postazione (CG14) di reiniezione sarà costituita comunque da una cantina a 6 pozzi di cui 4 in esercizio e 2 di riserva.

Il sito del polo reiniettivo risponde ai criteri base di sufficiente lontananza da obiettivi sensibili dal punto di vista di impatto acustico e visivo durante la perforazione.

La localizzazione dei pozzi reiniettivi con l'indicazione della direzione dei pozzi deviati è mostrata nella *Figura 3.2.2b*.

Figura 3.2.2b Localizzazione dei Pozzi Reiniettivi



3.2.3

Riferimenti Catastali

Il progetto ricadente interamente nel Comune di Castel Giorgio (TR), insiste sulle seguenti particelle catastali:

- *Postazione CG1;*
 - Foglio 7;
 - Mappali 16;
- *Postazione CG2;*
 - Foglio 2;
 - Mappali 4;
- *Postazione CG3;*
 - Foglio 10;

- Mappali 126, 150;
- *Postazione CG14*;
 - Foglio 18;
 - Mappali 137, 484, 485;
- *Impianto ORC*;
 - Foglio 10;
 - Mappali 126, 150.



4 *PROGETTO DEI POZZI*

4.1 *POZZI PRODUTTIVI*

Il progetto proposto prevede la perforazione di n.5 pozzi di produzione, la cui localizzazione è rappresentata nelle *Tavole 1* e *2*. Come visibile dalle tavole il polo di produzione è ubicato nelle vicinanze del pozzo esistente denominato Alfina 4 (A4). In particolare sono previsti:

- due pozzi, identificati con la sigla Castel Giorgio 1 (CG1) e Castel Giorgio 1/A (CG1/A), da perforare all'interno della stessa postazione (uno verticale e uno deviato) nei pressi del pozzo Alfina 4;
- un pozzo, identificato con la sigla Castel Giorgio 2 (CG2), a circa 600 m in direzione nord – nord est rispetto all'Alfina 4;
- due pozzi, identificati con la sigla Castel Giorgio 3 (CG3) e Castel Giorgio 3/A (CG3/A), da perforare all'interno della stessa postazione (uno verticale e uno deviato) in direzione est, a circa 600 m dall'Alfina 4.

Il pozzo Alfina 4 è stato perforato dall'operatore ENEL nel 1974 fino alla profondità massima di 834 m, intercettando il serbatoio carbonatico a 735 m. Il pozzo ha prodotto acqua e vapore con una portata di 250 m³/h ed una pressione a testa pozzo di circa 5,2 bar. L'acqua conteneva, tuttavia, anche CO₂ in quantità consistente (circa 2% in peso) ed il fluido fu ritenuto all'epoca di difficile impiego.

I pozzi di produzione hanno una profondità media inferiore rispetto ai pozzi reiniettivi.

4.1.1 *Caratteristiche dei Pozzi di Produzione*

Pozzi Verticali (CG1, CG2, CG3)

I pozzi verticali avranno tutti lo stesso profilo, il quale è desunto dall'esperienza delle precedenti perforazioni ENEL. Queste non hanno rivelato alcun inconveniente di rilievo, se non dovuto a difetti di gestione in fase di perforazione del serbatoio carbonatico. Pertanto, stante la vicinanza dei nuovi siti di perforazione ai precedenti, si prevede di cementare il primo casing 24"1/2 a 140 m e un secondo casing diametro 18"5/8 a 350 m.

Con tale soluzione, che garantisce efficacemente la protezione della falda, le formazioni superficiali risultano ben coperte dal livello del fango, anche in caso di perdita di circolazione, una volta raggiunto il serbatoio carbonatico con la perforazione da 17"1/2 o da 16".

La terza tubazione è prevista dopo aver intercettato il contatto con la formazione sede del serbatoio carbonatico ed ha lo scopo di isolare completamente le

formazioni di copertura. Il diametro di questa tubazione è 13”3/8. La profondità di posa di questa terza tubazione è circa 780 m.

Una volta isolata la formazione di copertura, si prevede di completare la perforazione attraversando il serbatoio carbonatico per un tratto sufficiente a garantire il flusso di acqua necessario per la produzione, indicativamente 210 t/h di acqua per ogni pozzo.

Dal momento che:

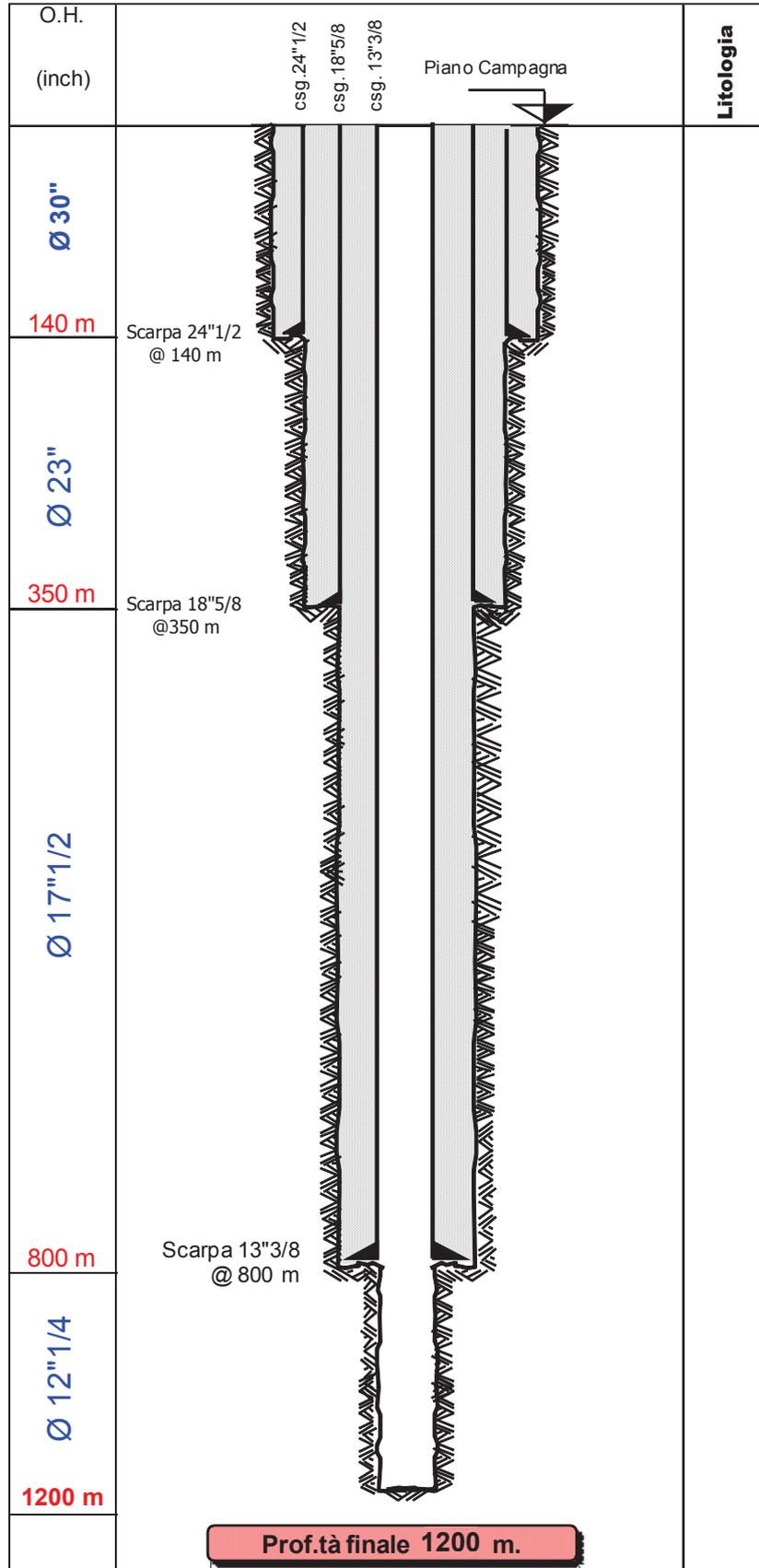
- per le considerazioni di natura fisico-chimica svolte al *Capitolo 2.3* l'acqua geotermica dovrà essere estratta con una pompa sommersa (ad azionamento elettrico, in sigla ESP) in condizioni di flusso monofase del fluido, ovvero senza formazione di bolle di gas;
- il livello statico del campo (posizione della cosiddetta tavola d'acqua) è a circa 200 m;
- le condizioni di sommergezza della pompa durante la produzione devono essere tali da assicurare il flusso monofase del fluido,

la ESP dovrà essere collocata ad una profondità di circa 800 m.

Inoltre, tenuto conto dell'esigenza di disporre al di sotto della ESP un *rat hole* di adeguata estensione per assicurare un corretto funzionamento della ESP stessa, la profondità attesa per i pozzi di questa area è di 1.100 m. Tuttavia, a fronte della possibile esigenza di aumentare la produttività del pozzo, durante la perforazione potrà essere deciso di approfondire maggiormente, dunque la profondità di riferimento dei pozzi è stabilita in 1.200 m.

In *Figura 4.1.1a* si riporta il profilo tecnico tipico del pozzo produttivo verticale.

Figura 4.1.1a Profilo Tecnico del Pozzo Produttivo Verticale



Pozzi Devianti (CG1/A, CG3/A)

I due pozzi devianti avranno entrambi lo stesso profilo con l'unica differenza che la deviazione sarà orientata in direzioni diverse e in particolare:

- il pozzo CG1/A sarà deviato verso Ovest rispetto al pozzo CG1;
- il pozzo CG3/A sarà deviato verso Est rispetto al pozzo CG3.

Le operazioni di deviazione (max 30°) avranno inizio alla profondità di 150 m. La profondità finale del pozzo, misurata sull'asse verticale, sarà 1.200 m (in sigla TVD), come nel caso precedente.

La sua "lunghezza", ovvero la profondità totale misurata, sarà circa 1.330 m (TMD).

Lo scostamento di ciascun pozzo rispetto alla verticale passante per la testa pozzo stesso e misurato sul piano orizzontale vale circa 300 m, al contatto con il serbatoio carbonatico (VD=800 m), e circa 516 m a fondo pozzo (VD=1.200 m).

4.2

POZZI REINIETTIVI

Il polo reiniettivo è stato ubicato nell'intorno del pozzo Alfina 14 (A14), a circa 70 m in direzione nord est (si veda *Tavola 2*).

Il pozzo A14 era stato perforato dall'operatore ENEL nel 1977. Il serbatoio carbonatico era stato intercettato a 1.560 m, il casing 13"3/8 era stato posto a 1.140 m ed il liner 9"5/8 tra 1.090 e 1.848 m. Il fondo pozzo era stato raggiunto con un RB 8"1/2 a 2.357 m. Il pozzo ha prodotto acqua e vapore con una portata di 250 m³/h a una pressione a testa pozzo (WH) di circa 3 bar.

Tenuto conto delle caratteristiche della formazione e dei risultati pubblicati dal precedente operatore, si prevede che siano necessari quattro pozzi reiniettivi.

Come detto in precedenza, verrà realizzata una cantina per 6 pozzi di cui 4 in esercizio e 2 di riserva.

In particolare un pozzo sarà verticale e gli altri tre devianti: la deviazione sarà programmata per avere uno scostamento al contatto con il serbatoio carbonatico, di circa 660 m, o più, dalla verticale.

Tale soluzione permette di ridurre al minimo l'ingombro delle opere, con indubbi vantaggi dal punto di vista ambientale, oltre che di semplificare, concentrare e razionalizzare la gestione dell'intero impianto di reiniezione. Consente inoltre di allontanare il fondo pozzo dalla verticale dell'abitato di Castel Giorgio.

4.2.1

Caratteristiche dei Pozzi di Reiniezione*Pozzo Verticale*

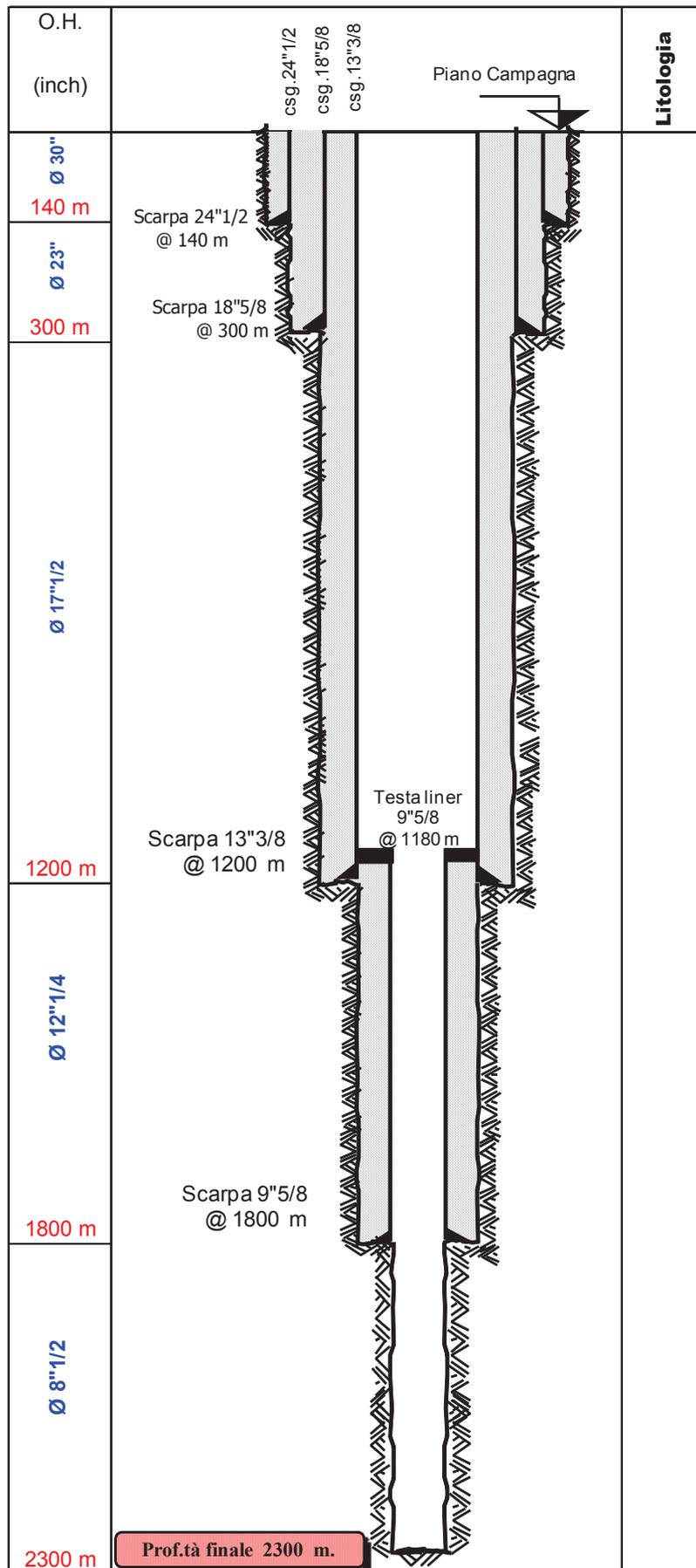
Dal momento che il pozzo di reiniezione è localizzato in prossimità del pozzo A14 esistente, per il profilo di tubaggio dei nuovi pozzi si prevede:

- una prima tubazione da 24"1/2 a 140m;
- una seconda da 18"5/8 da piano campagna a 300-350 m;
- una terza da 13"3/8 da piano campagna a 1.200 m;
- un liner 9"5/8 da circa 1100m fino a 1.600 m, per completare l'isolamento della formazione di copertura e della prima parte della serie carbonatica.

La profondità finale del pozzo è da valutare, anche in questo caso, in relazione alla capacità iniettiva della formazione attraversata, tuttavia è attesa una profondità finale (verticale) di 2.300 m, in linea con il pozzo A14.

Il profilo di tubaggio tipico del pozzo di reiniezione è riportato in *Figura 4.2.1a*.

Figura 4.2.1a Profilo di Tubaggio del Tipico Pozzo di Reiniezione (Verticale)



Pozzi Devianti

Gli altri 3 pozzi presenti nella postazione del polo reiniettivo saranno devianti e le direzioni della deviazione sono indicate nella seguente tabella.

Tabella 4.2.1a *Direzioni delle deviazione dei pozzi di reiniezione (devianti)*

I.D. pozzo	Direzione di deviazione
CG14/A	Ovest
CG14/B	Ovest / Sud-Ovest
CG14/C	Sud / Sud-Ovest

Le operazioni di deviazione avranno inizio alla profondità di 500 m. La profondità finale del pozzo, misurata sull'asse verticale, sarà 2.300 m (in sigla TVD), come nel caso precedente.

La sua "lunghezza", ovvero la profondità totale misurata, sarà circa 2.548 m (TMD).

Lo scostamento di ciascun pozzo rispetto alla verticale passante per la testa pozzo stesso e misurato sul piano orizzontale vale circa 660 m, al contatto con il serbatoio carbonatico (VD=1.800 m), e circa 950 m a fondo pozzo (VD=2.300 m).

4.3

DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI DI PERFORAZIONE

La trivellazione è realizzata mediante uno scalpello supportato da una batteria di elementi tubolari (aste) di adeguate caratteristiche meccaniche. Il sistema delle aste è messo in rotazione dall'impianto, attraverso la cosiddetta tavola rotary o attraverso un dispositivo equivalente, comunemente costituito da quel componente che in gergo è chiamato "top drive".

I detriti di roccia prodotti dallo scalpello vengono sollevati fino a giorno, per mezzo di circolazione di fango o acqua, a seconda delle caratteristiche della formazione geologica attraversata.

Per il fango sono possibili varie formulazioni, anche queste funzione delle caratteristiche geologiche. Nella fase iniziale della perforazione verrà utilizzato il fango nella sua composizione più semplice, ovvero preparato con acqua e bentonite. Man mano che la perforazione procede si pone la necessità di isolare le formazioni attraversate, per dare stabilità al foro costruito fino a quel momento. A tale scopo, nel foro viene collocata una tubazione (casing) come schematicamente rappresentato nelle *Figure 4.1.1a e 4.2.1a*.

Un efficace collegamento tra formazione geologica e tubazione è realizzato mediante riempimento dell'intercapedine con malta di cemento, di caratteristiche meccaniche atte a garantire un legame sicuro tra formazioni e tubo. In gergo tale operazione prende il nome di "cementazione del casing".

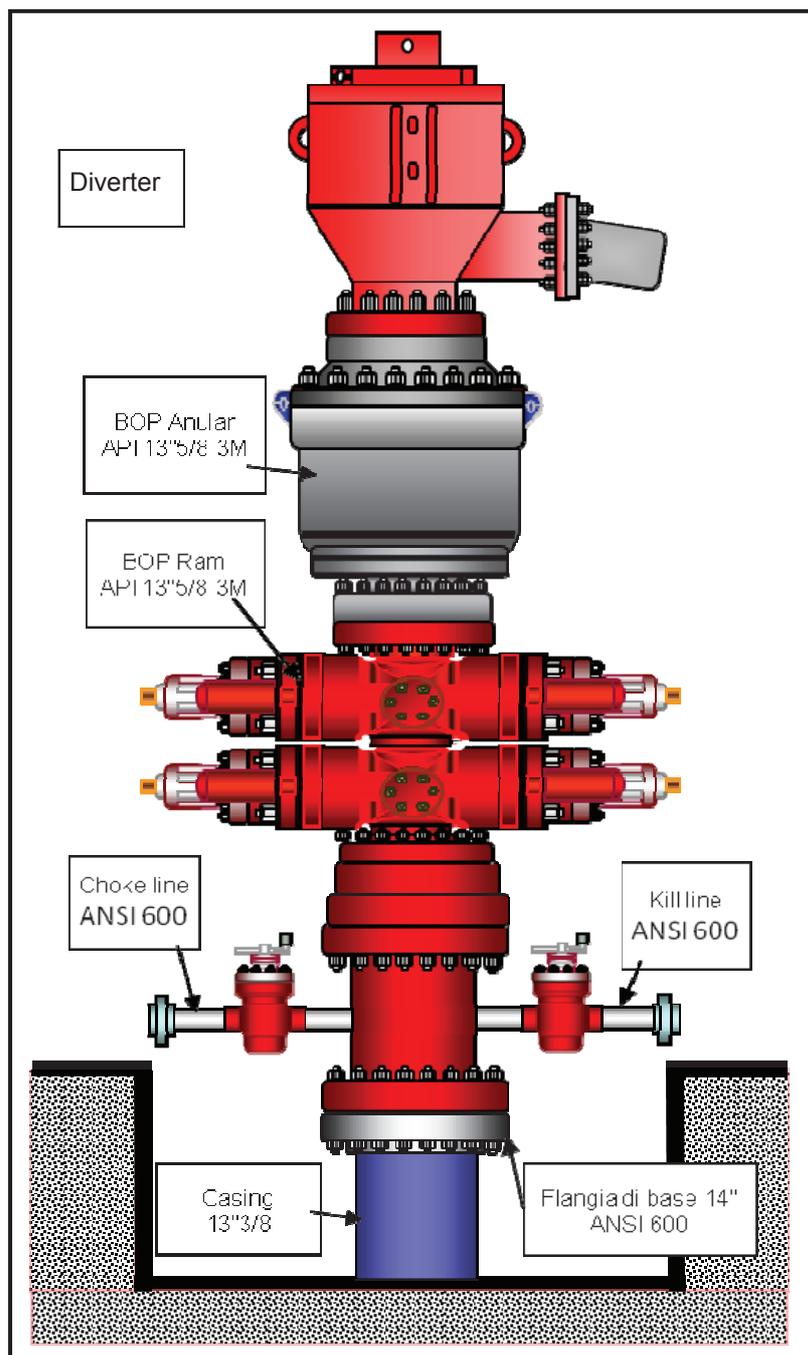
La tubazione in acciaio così cementata permette il completo isolamento delle formazioni attraversate nel corso della perforazione ed il collegamento diretto tra il foro sottostante ed il tratto tubato con la superficie. Con tale sistema strutturale

si realizza la connessione tra le formazioni produttive e le installazioni di superficie.

Il tubaggio del pozzo avviene in più volte, isolando la formazione che man mano viene scoperta con l'evolvere della perforazione.

Una volta cementata la prima tubazione, sulla stessa viene installata una testa pozzo, un esempio della quale è mostrato in *Figura 4.3a*. La testa pozzo costituisce l'elemento principale per garantire la sicurezza durante la perforazione.

Figura. 4.3a Esempio di Testa Pozzo da Perforazione



La testa pozzo prevede l'installazione di un dispositivo chiamato *Blow Out Preventer* (in gergo BOP, indicato in *Figura. 4.3a*), una o più valvole laterali, collocate al di sotto del BOP, e di altri componenti tubolari che collegano il pozzo all'impianto di pompaggio, preparazione e trattamento del fango.

Il BOP è essenzialmente una valvola a comando idraulico, azionabile a distanza, che permette di chiudere il pozzo anche in presenza, al suo interno, delle aste di perforazione.

Il BOP è quindi un dispositivo di sicurezza, la cui utilizzazione è prevista quando sussista il rischio di incontrare formazioni contenenti gas o altro fluido di strato ad alta pressione o comunque in condizioni fisiche tali per cui il fluido, a seconda delle condizioni idrauliche del pozzo, possa migrare dalla formazione geologica attraversata dallo scalpello verso l'interno del pozzo stesso, dando luogo al rischio di eruzioni. Il BOP permette di chiudere rapidamente il pozzo, in qualsiasi condizione di lavoro, ed impedirne l'eruzione.

4.3.1

Caratteristiche Fisiche del Serbatoio

Come descritto al *Paragrafo 2.2*, il fluido geotermico che caratterizza il campo di Torre Alfina è contenuto nelle rocce carbonatiche e al di sotto delle formazioni argillose di copertura. Le zone di interesse industriale per lo sviluppo del progetto sono tutte situate all'esterno della zona interessata dalla "cappa" di gas, individuata e delimitata come in *Figura 2.2a e b*.

La formazione oggetto di indagine è una formazione carbonatica permeabile per fratturazione e contenente acqua con gas disciolto.

La zona del campo geotermico interessata dalla "cappa" di gas posta al di sopra della tavola d'acqua è ben delimitata da un punto di vista areale. Al di fuori di tale area, i pozzi perforati a suo tempo da ENEL dimostrano che il gas non è presente allo stato libero, come avviene nella zona di cappa, ma è disciolto in acqua ed in equilibrio alla pressione di 45 bar circa.

L'area di interesse per le perforazioni localizzata nel territorio comunale di Castel Giorgio è esterna all'area ristretta della "cappa". In tali zone il gas si trova esclusivamente in soluzione, non allo stato libero, e pertanto è facile da controllare durante le normali attività di perforazione.

L'acqua è attesa ad una temperatura di 140°C e la pressione inferiore a quella idrostatica corrispondente per profondità. Pertanto, dalla profondità di 500 m in poi, si prevede di incontrare fratture e di entrare in contatto con l'acqua in esse contenuta.

Essendo l'acqua contenuta nelle fratture a pressione inferiore a quella idrostatica corrispondente alla profondità, entrando in contatto con essa si avrà un abbassamento di livello in pozzo e perdite di fluido di perforazione dal pozzo verso la formazione stessa. In gergo tecnico queste condizioni sono definite di "perdita di circolazione".

4.3.2

Caratterizzazione Produttiva dei Pozzi

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.

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 e con un limitatissimo consumo di acqua.

Oltre alla permeabilità della formazione geologica del serbatoio carbonatico, le grandezze di maggiore interesse ai fini della caratterizzazione produttiva del pozzo sono la temperatura e la pressione del fluido contenuto nel serbatoio.

Un altro test di notevole interesse per la caratterizzazione del reservoir è l'analisi chimica di tale fluido. Anche se tali caratteristiche sono già abbondantemente note nel caso di Torre Alfina, un campionamento del fluido geotermico dovrà essere necessariamente eseguito in ciascun pozzo.

Nei limiti offerti dalle possibilità di pervenire ad un accordo sulla gestione delle opere minerarie esistenti, si metterà in programma anche l'esecuzione di un campionamento di fluido nei pozzi esistenti A14 e A4, attualmente in custodia a ENEL GREEN POWER SpA.

Per una più efficiente programmazione del lavoro nei limiti del possibile si cercherà di eseguire tali campionamenti di fluido anche, e soprattutto, prima di iniziare qualsiasi operazione di sonda che preveda immissione di acqua in pozzo.

Analogamente può dirsi dei test per la rilevazione della temperatura della formazione in condizioni indisturbate. Dal momento che la perforazione dà sempre luogo ad una modifica dello stato termico della formazione attraversata, la sua temperatura viene stimata secondo tecniche teorico-pratiche basate sulla elaborazione dell'evoluzione della temperatura di fondo pozzo, in un determinato intervallo di tempo.

Il test suddetto, noto anche come “termometria di fondo pozzo”, richiede un consumo di acqua irrisorio e potrà essere ripetuto durante i vari stadi della perforazione.

4.3.3 *Approvvigionamento Idrico*

I fabbisogni idrici in fase di perforazione sono dettagliati al *Paragrafo 4.3.8* dove è riportata l’analisi dei consumi.

I fabbisogni idrici saranno soddisfatti utilizzando gli acquiferi superficiali presenti nelle aree interessate dalle perforazioni: larga parte dell’area coinvolta dal progetto è infatti interessata dalla presenza di uno strato superficiale di vulcaniti, sede anche di un acquifero da cui viene attinta acqua per usi civili, industriali o agricoli.

Il progetto prevede di attingere da questo acquifero l’acqua per la perforazione.

Si prevede in particolare di prelevare acqua dall’acquifero mediante 4 pozzetti dedicati, perforati in prossimità delle piazzole di perforazione come indicato nelle *Tavole 3, 4, 5*. Dettagli sulla stratigrafia dei pozzi, sulle loro capacità produttive e sulle interferenze sull’acquifero circostante sono riportati nella relazione idrogeologica allegata (*Allegato 2*). In tale Allegato viene dimostrata la compatibilità di tali prelievi idrici con gli acquiferi presenti nell’area. Per una trattazione dell’argomento si rimanda anche al *Paragrafo 4.3.2.1* dello SIA.

L’estrazione dell’acqua da tali pozzetti è realizzata con semplici pompe sommerse, al pari dei pozzi per uso irriguo e inviata alla vasca raccolta acque industriali e da lì all’utilizzo tramite tubazioni in polietilene.

In tal modo il consumo ordinario sarà coperto dai pozzetti della postazione mentre un eventuale surplus di consumo, che potrebbe essere necessario in alcune fasi della perforazione (fase finale della perforazione in perdita di circolazione), potrà essere coperto attingendo dalla postazione limitrofa che verrebbe collegata alla postazione con tubazioni provvisorie.

I pozzetti di approvvigionamento, come descritto nella relazione idrogeologica (*Allegato 2*) saranno collegati alle vasche raccolta acque poste nelle piazzole dei pozzi tramite tubazioni provvisorie che saranno smontate al termine della perforazione e delle prove di caratterizzazione dei pozzi e di logging.

4.3.4 *Tempi di Realizzazione dei Lavori*

I tempi indicativi per la realizzazione delle singole fasi relative ai pozzi descritte nei paragrafi precedenti sono:

- verifica preliminare delle capacità produttiva o iniettiva dei pozzi sulla base dei dati di archivio e della qualità del fluido con nuovi test in pozzo: 10gg;
- scelta dell’esatta posizione della postazione di sonda: 30gg, incluso accordi con i proprietari ed autorizzazioni locali;

- definizione del programma e del profilo di sondaggio/reperimento dei materiali, autorizzazioni minerarie: 90gg;
- preparazione della postazione di sonda: 60gg, inclusa selezione ditte e negoziazione contratto; questa attività può essere considerata in parallelo alle precedenti;
- montaggio impianto: 30gg di attesa disponibilità impianto e 15gg di montaggio effettivo;
- perforazione dei pozzi: 32gg per ciascun nuovo pozzo di produzione; 55 per ciascun nuovo pozzo di reiniezione;
- verifica delle capacità produttiva o iniettiva del pozzo e della qualità del fluido reperito: 3gg;
- analisi dei dati e decisioni operative in linea con l'attività e imprevisti: 10gg;
- smontaggio e trasferimento dell'impianto ad altro sito: 15 gg;
- ripristino territoriale parziale od eventualmente totale dell'area della postazione di sonda, nel caso che il pozzo risultasse sterile: a tale attività si attribuisce una durata complessiva di 90gg, tuttavia essa è da considerare al di fuori del percorso critico ed incidente in misura minima sulla durata delle operazioni complessive.

4.3.5 *Caratteristiche dell'Impianto di Perforazione e della Postazione*

4.3.5.1 **Caratteristiche dell'Impianto di Perforazione**

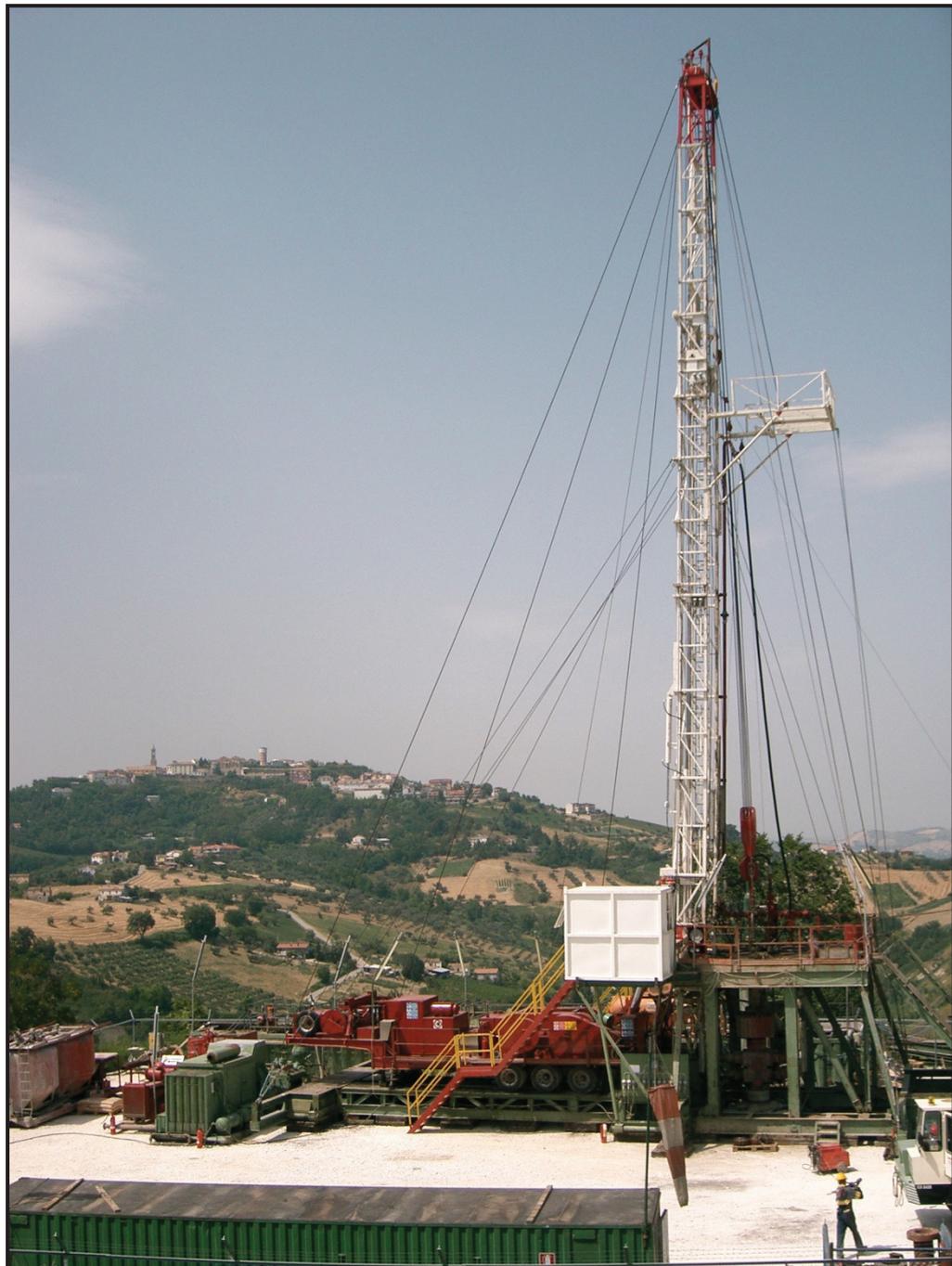
L'impianto si compone di alcune parti principali: il mast, con il macchinario di sonda, il sistema di trattamento e preparazione fango, il sistema di preparazione e pompaggio del cemento, quello per la generazione di energia.

Per la perforazione dei pozzi in progetto si prevede l'impiego di due tipi di impianto:

- uno con capacità idonea a raggiungere la profondità di 1.500 m, da adibire alla perforazione dei pozzi del polo produttivo, tra i quali, quelli verticali hanno una profondità di progetto di 1.200 m mentre quelli deviati hanno la stessa profondità misurata in verticale e una profondità effettiva di 1330 metri;
- un secondo impianto, idoneo a raggiungere agevolmente la profondità di 2.600 m, da adibire alla perforazione dei pozzi del polo reiniettivo tra i quali, quelli verticali hanno una profondità di progetto di 2.300 m mentre quelli deviati hanno la stessa profondità misurata in verticale e una profondità effettiva di 2600 metri.

Nella *Figura 4.3.5.1a* è riportata una foto di un impianto idoneo per la perforazione dei pozzi produttivi.

Figura 4.3.5.1a Esempio di Impianto di Perforazione con Potenzialità 1.500 m



In *Figura 4.3.5.1b* è riportata una foto di un tipo di impianto moderno, molto compatto, idoneo a raggiungere agevolmente la profondità massima dei pozzi reiniettivi.

Figura 4.3.5.1b Esempio di Impianto di Perforazione con Potenzialità 3.000 m



Si presume che entrambi gli impianti possano essere disponibili per la perforazione dei pozzi in progetto.

Nelle seguenti *Figure 4.3.5.1c* e *4.3.5.1d* sono riportati alcuni esempi di componenti di impianto, pompe fango e generatori elettrici di cantiere.

Figura 4.3.5.1c Esempio di Pompe Fango con Motore Insonorizzato e Protezione Ulteriore con Pannelli Fonoassorbenti



Figura 4.3.5.1d Generatori Elettrici ad Alta Insonorizzazione



Nelle *Tavole 3 (1 di 4, 2 di 4 e 3 di 4)* si riportano in forma schematica le planimetrie degli impianti di perforazione per i pozzi di produzione, complete dei principali componenti. Nella *Tavola 3 (4 di 4)* si riporta la planimetria per il polo di reiniezione.

A titolo di esempio le caratteristiche di base dell'impianto di perforazione da 1.500 m sono le seguenti:

- pompe fango: almeno una da 800÷1000Hp ed una di riserva da 400÷500Hp;
- argano: potenza 400Hp e capacità di almeno 100 tonnellate;
- altezza utile sotto tavola Rotary: almeno 4 m, per permettere il montaggio delle attrezzature di sicurezza di testa pozzo;
- impiego di un BOP annular e di uno doppio tipo "ram";
- impiego di un diverter nelle fasi a maggior rischio di emissione gas dal pozzo;
- rating API di funzionalità dei BOP: API 2000 o superiore sia per i BOP che per la relativa centralina idraulica di azionamento;
- centralina idraulica di azionamento BOP munita di due sistemi indipendenti di energizzazione, ciascuno di riserva automatica dell'altro;
- volume minimo delle vasche per la preparazione e gestione del fango: 80m³;
- sistema di separazione solidi munito di vaglio multiplo e a doppia rete oltre a un desander o un desilter per la rimozione dei detriti fini;
- disegno dei componenti d'impianto rispondenti alle norme antideflagranza ATEX con riferimento alle distanze dal pozzo definite dalle norme API;
- attrezzature di sicurezza per la batteria di perforazione, come kelly safety valve e float valve.

Dal punto di vista meccanico l'impianto da 3.000 m di *Figura 4.3.5.1b* (della classe HH200, di fabbricazione italiana) si differenzia essenzialmente dal primo per la potenza e capacità della linea di sollevamento e la potenza idraulica delle pompe, in virtù della maggiore profondità raggiungibile.

Mentre il primo è un classico impianto ad azionamento diesel di tutti i suoi componenti principali (argano, pompe), nel secondo questi componenti sono azionati idraulicamente, ottenendo una capacità di regolazione decisamente superiore. Inoltre, anche a fronte di una maggiore potenza installata, l'impianto HH200 prevede un sistema intrinseco di insonorizzazione che lo rende idoneo ad operare anche in situazioni potenzialmente critiche.

Nell'impianto da 1.500 m, essendo minore la potenza installata, questo aspetto si pone in forma meno intensa e, qualora fosse necessario procedere a insonorizzazioni, lo si può fare mediante pannelli aggiunti. Tuttavia, anche in questo caso, i componenti acusticamente più critici (pompe fango, gruppi elettrogeni) sono dotati di una efficace insonorizzazione.

Un esempio di insonorizzazione mediante pannelli fonoassorbenti aggiunti è riportata in *Figura 4.3.5.1c* mentre esempi di gruppi elettrogeni intrinsecamente insonorizzati sono riportati in *Figura 4.3.5.1d*.

Naturalmente, in funzione della disponibilità di impianti da parte dei contrattisti sul mercato dei servizi di perforazione, alcune caratteristiche tecniche potranno

subire variazioni (altezza del mast, numero di vasche per il fango, caratteristiche delle pompe, ecc.).

Tuttavia lo schema generale rimane quello descritto sopra, con carattere modulare; entrambe le tipologie di impianto considerate non hanno vincolo di trasporti eccezionali per il trasferimento su strade pubbliche.

È opportuno ribadire che, analogamente alla perforazione dei pozzi ad acqua, la permanenza dell'impianto di perforazione è strettamente limitata alle operazioni di sondaggio, la cui durata è variabile con la profondità e può essere indicativamente stimata in:

- 32 giorni, in media per la perforazione dei pozzi produttivi della profondità di 1.200 m;
- 55 giorni per la perforazione dei pozzi reiniettivi della profondità "misurata" (TMD) di 2.550 m di cui 50 dedicati alle attività di perforazione propriamente dette; su tale periodo è stato stimato il consumo di acqua.

Oltre a 3 giorni per le prove di caratterizzazione iniettiva/produttiva.

4.3.5.2 Criteri di Progetto delle Postazioni di Sonda

La postazione di perforazione è necessaria per il posizionamento ed il funzionamento del cantiere di perforazione. Essa richiede la predisposizione di una superficie pianeggiante atta ad ospitare l'impianto, le vasche per la preparazione del fango, le pompe del fango, altre attrezzature ausiliarie dell'impianto di perforazione nonché le strutture necessarie per la raccolta e stoccaggio temporaneo e la mobilizzazione dei fanghi reflui.

Nella postazione devono essere ospitate anche alcune baracche, tipo container, adibite a servizi, officina ed uffici per le maestranze addette all'esercizio dell'impianto. Queste baracche sono collocate ad una certa distanza dall'area di lavoro, per favorire migliori condizioni di permanenza del personale.

Inoltre il progetto della postazione deve rispondere anche alle altre esigenze di funzionamento del cantiere, primo fra tutti il flusso dei materiali necessari alla perforazione.

La disposizione dell'impianto e l'assetto del cantiere riportata nelle *Tavole 3* è studiata per rispondere ai vincoli previsti dalla vigente normativa sulla protezione e sicurezza del lavoro e per operare anche in situazioni di emergenza.

Nelle figure è visibile l'intera area occupata dal macchinario e la dislocazione dei principali componenti ed attrezzature che rispondono ai limiti previsti dal DPR 128 e dal Dlgs 624/96 per la distanza tra il pozzo ed i motori diesel e tra il pozzo ed il serbatoio del gasolio.

I componenti meccanici dell'impianto, il macchinario ed i serbatoi del gasolio sono dislocati su solette in calcestruzzo armato e da esse supportati.

Per quanto riguarda l'accessibilità al sito, la modifica delle infrastrutture viarie già esistenti sarà ridotta al minimo. In effetti la dimensione dell'impianto, dei carichi per il suo trasferimento da postazione a postazione e per il trasporto dei materiali sono tali da facilitare l'utilizzazione delle opere esistenti, a meno dei tratti necessari per consentire il rispetto delle distanze di sicurezza previste dalle norme.

Analogamente, anche se non sono previsti trasporti eccezionali sia per i materiali che per i componenti d'impianto, nei limiti del possibile si adotteranno percorsi che permettano il transito dei mezzi senza necessità di costruire o modificare le infrastrutture esistenti, con particolare riferimento a ponti ed altre opere civili di analogo rilievo.

Entrambe le figure si riferiscono a progetti definitivi per postazioni destinate a superfici pianeggianti.

L'area della superficie teoricamente occupata dalla postazione è relativamente limitata, dell'ordine di circa 3.200 m², nel caso dell'impianto da 1.500 m, e di circa 5.000 m² per l'impianto da 3.000 m, al netto della superficie occupata eventualmente dal breve tratto di strada di collegamento della postazione alla via principale, quando non esistente.

In pratica tali valori sono talvolta superati perché si sono cercate soluzioni di inserimento su appezzamenti esistenti e inutilizzati, o quasi, per i quali diventa difficile poter mantenere gli sfridi areali disponibili per gli utilizzi antecedenti.

Oppure, avendo inserito per motivi di opportunità ambientale la postazione di sonda accanto a quella per la centrale, si sono dovute mantenere certe distanze di sicurezza per il montaggio dell'impianto anche in futuro, quando le condizioni dei lotti attigui siano potenzialmente modificate rispetto alle attuali (caso della postazione CG3).

Non si prevedono opere in elevazione. Quelle in calcestruzzo sono limitate all'avampozzo (o cantina), alla soletta su cui poggia il macchinario e la vasca di stoccaggio acqua per la perforazione.

I depositi del gasolio hanno un proprio contenitore, nel caso dell'impianto con potenzialità 1.500 m, mentre nel caso dell'impianto con potenzialità 3.000 m si prevede una piccola vasca in calcestruzzo le cui funzioni sono descritte di seguito.

La cantina sarà costituita da uno scavo a forma di parallelepipedo, della profondità di circa 2 m, larghezza di circa 2,5 m e lunghezza di circa 7,5 m per le postazioni di produzione e di 23 m per quella di reiniezione.

Il fondo della cantina e le pareti sono normalmente realizzate in calcestruzzo per garantirne la stabilità, tenendo conto dei mezzi che possono circolare in prossimità dell'avampozzo stesso.

La zona sarà consolidata con ghiaia, in modo da renderla idonea a sopportare il transito dei mezzi per il trasporto e lo scarico dei tubi, dei containers ed il montaggio dello stesso impianto di perforazione che è collocato su un articolato.

Invece, nella parte circostante l'avampozzo, destinata ad accogliere l'impianto e gli ausiliari, è riportata una soletta in calcestruzzo armato di spessore idoneo a sopportare il carico dell'impianto.

Al fine di limitare al massimo sia il prelievo di risorse naturali che l'impatto dei mezzi per il trasporto e la costruzione dell'opera, si prevede l'adozione dei seguenti criteri costruttivi:

- riutilizzare in loco il terreno rimosso per lo sbancamento, la costruzione dell'avampozzo e della vasca reflui, ridistribuendolo sulla superficie della postazione per operazioni di livellamento, evitando o limitando al massimo ogni trasferimento di terreno da o ad altro sito;
- compattazione del terreno sull'intera area della postazione mediante rullatura, per un tempo sufficiente ad ottenere la massima compressibilità dello stesso;
- ricoprimento della superficie con inerti di pezzatura grossolana, dimensione fino a 4-5 cm, per uno spessore variabile da 20 a 30 cm; nei limiti del possibile si utilizzerà materiale frantumato da recupero (calcestruzzo, laterizi, ecc.);
- compattazione della superficie coperta da inerti di pezzatura grossolana;
- costruzione di una soletta di 15 cm di spessore in calcestruzzo armato con rete elettrosaldata di maglia 20 cm e tondi di diametro 10 mm, nella zona interessata dall'impianto di perforazione vero e proprio;
- definitiva copertura dell'area circostante la soletta con inerti di pezzatura più fine della precedente, inferiore a 15 mm; anche tale materiale sarà di preferenza prelevato da centro di trattamento inerti di recupero.

La scelta di privilegiare l'impiego di inerti da recupero è certamente favorevole ad un minore impatto ambientale.

4.3.5.3 Aspetti Funzionali della Postazione di Sonda

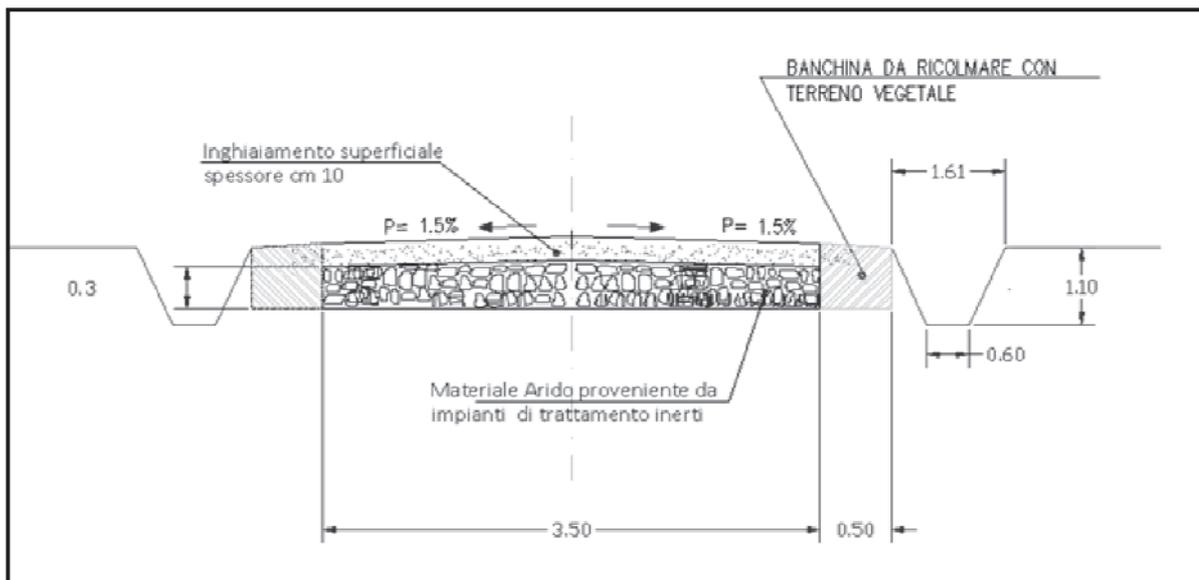
Postazione: Viabilità

Per il raggiungimento della postazione produttiva CG2 dalla strada Torre Alfina - Castel Giorgio verrà realizzata una strada bianca di circa 300 m e larga 3,5 m. In *Figura 4.3.5.3a* si riporta un tipico della sezione di tale strada.

La postazione di produzione CG1 sarà raggiungibile dalla strada Torre Alfina - Castel Giorgio mediante viabilità esistente a servizio del pozzo esistente Alfina 4 di proprietà Enel: sarà necessario realizzare soltanto un piccolo tratto di strada di circa 15 m per il collegamento dell'accesso all'area pozzo alla strada esistente. Il tipico della sezione della strada è riportato in *Figura 4.3.5.3a*.

Per il raggiungimento della postazione CG3 verrà utilizzata la viabilità esistente della zona industriale di Castel Giorgio.

Il polo reiniettivo CG14 sarà direttamente raggiungibile da via del Poderetto.

Figura 4.3.5.3a Sezione Tipo Nuova Strada di Accesso (misure in metri)**Postazione: Opere Accessorie**

Per quanto concerne l'approvvigionamento dell'acqua per uso perforazione, esso, come riportato al precedente *Paragrafo 4.3.3* avverrà direttamente in cantiere tramite i pozzetti di prelievo dalla falda posizionati come mostrato nelle *Tavole 3, 4, 5*. Le tubazioni di collegamento tra pozzetti e vasche saranno del diametro di 4", collocate sulla superficie del terreno, con la quale saranno collegate le postazioni vicine.

La tubazione avrà carattere temporaneo e resterà in esercizio durante la perforazione dei pozzi e successivamente sarà smantellata.

La fornitura di acqua per uso sanitario è una tipica fornitura di un cantiere mobile di piccole dimensioni e pertanto avverrà in funzione delle necessità mediante autobotte di piccola capacità.

Non si prevede, durante la perforazione, alcuna linea di alimentazione elettrica in quanto il cantiere è reso autonomo mediante gruppi diesel elettrici, peraltro di tipo silenzioso.

Postazione: Accorgimenti di Protezione del Terreno

Il progetto della postazione deve tener conto delle esigenze di funzionalità dell'impianto, della ripartizione dei carichi sul terreno e delle esigenze di protezione del terreno da agenti inquinanti, quali olio e gasolio, di cui si fa uso nell'esercizio dell'impianto di perforazione.

A tale scopo tutte le attrezzature dell'impianto considerate "a rischio" stillicidio sono dislocate sulla soletta in calcestruzzo descritta precedentemente che, per sua natura, è impermeabile e progettata in modo tale che i liquidi da essa raccolti finiscano, per gravità oppure estratti quando necessario mediante una piccola

pompa a ciò dedicata, verso la cantina del pozzo. Questa è munita di un tubo dall'interno dal quale è possibile aspirare l'acqua o il fango di fondo da inviare nella vasca di destinazione. Se si tratta di fango, questo viene aspirato e pompato nell'impianto fango per il riutilizzo. Se si tratta di acqua vanno distinti due casi:

- in situazioni di quantità modeste di acqua: anche in questo caso la destinazione è al riutilizzo, evitando di prelevarne altra dalle fonti naturali;
- se si tratta di quantità ingenti, ad esempio a seguito o durante piogge prolungate e intense, al raggiungimento di un certo livello prefissato la pompa invierà l'acqua alla vasca di stoccaggio e alle vasche di preparazione del fango per il suo recupero. Dopo il loro riempimento, potrà essere deviata all'esterno della postazione.

In ogni caso, grazie ad un semplice dispositivo di pescaggio della pompa di aspirazione che permette di aspirare solamente dal fondo cantina, eventuali residui oleosi sono destinati a rimanere in superficie e non sono aspirati dalla pompa. L'olio che eventualmente galleggiasse sull'acqua potrà essere raccolto efficacemente con tappeti oleoassorbenti e destinato con questi a scarica.

Un'altra zona potenzialmente critica è costituita dal deposito di gasolio. Il deposito è costituito da elementi modulari, di solito tre, ciascuno indipendente e munito di un proprio "vassoio" di raccolta. In caso di rottura del serbatoio, il vassoio è perfettamente in grado di ricevere e contenere il massimo volume di gasolio in esso contenuto.

Analoga considerazione vale per i fusti di lubrificanti temporaneamente stoccati in cantiere. Anch'essi sono dislocati in un contenitore stagno, di adeguato volume, per contenere ogni possibile perdita di olio lubrificante ed altri prodotti di analoga pericolosità, eventualmente necessari all'esercizio dell'impianto. I depositi sono protetti affinché, in caso di pioggia, i contenitori non raccolgano l'acqua, facendo trascinare eventuali residui di olio. Il contenitore è inoltre provvisto di un apposito punto di aspirazione per una pompa di servizio e una di scorta.

Il contenitore dei depositi di gasolio potrà essere in acciaio, nel caso dell'impianto da 1.500 m, mentre per esigenze tecniche è realizzato in calcestruzzo, nel caso dell'impianto da 3.000 m.

Analoghi dispositivi di protezione contro la diffusione nel terreno di prodotti oleosi, a seguito di perdite accidentali, saranno previsti anche per le zone della postazione di sonda ove fosse necessario dislocare altri motori o componenti ausiliari d'impianto fuori dalla soletta impermeabile in c.a. di cui sopra.

4.3.6

Temporaneità delle Postazioni, Chiusura Mineraria e Ripristino Ambientale

La postazione di sonda è, a tutti gli effetti, un'opera temporanea strettamente legata all'attività di perforazione, a conclusione della quale la superficie diviene oggetto di ripristino territoriale totale o parziale, a seconda dell'esito del sondaggio.

Nei casi di esito negativo del sondaggio, non sussistendo motivi per mantenere in essere l'opera costruita, il pozzo viene chiuso con appositi tappi di cemento, in modo da ripristinare il completo isolamento della formazioni.

L'operazione di chiusura del pozzo è detta "chiusura mineraria" ed, alla fine, sia l'avampozzo in calcestruzzo che la parte terminale superiore del pozzo vengono smantellati fino a circa 2 m di profondità ed i materiali risultanti, ghiaia e calcestruzzo, conferiti a discarica autorizzata od a centri di riutilizzo di inerti.

Anche ogni componente metallico della testa pozzo (flange, valvole, strumenti) è oggetto di recupero per successive utilizzazioni, mentre l'area circostante, precedentemente inghiaata, è oggetto di ripristino con l'eliminazione di ogni altra infrastruttura. Lo strato di ghiaia superficiale è raccolto e destinato ad altri usi.

Il riporto di altro terreno vegetale non è di solito necessario, salvo in quantità minime, grazie alla tecnica di progetto della postazione che permette il completo impiego del materiale originariamente presente.

Talvolta può risultare conveniente, per il proprietario del terreno, mantenere l'opera, al fine di utilizzarla nell'ambito della propria attività, generalmente di tipo agricolo.

Anche le amministrazioni locali, per analoghi interessi d'utilizzazione, possono richiederne il mantenimento. In tali casi il mantenimento in essere, normalmente accordato dal Committente, è strettamente legato all'ottenimento delle autorizzazioni urbanistiche concesse dall'Ente locale.

Quando invece il sondaggio ha esito positivo il ripristino territoriale non interessa l'avampozzo che pertanto viene mantenuto. Intorno ad esso viene collocata una protezione di rete metallica di adeguata altezza e robustezza, per impedire l'accesso di personale estraneo alle strutture del pozzo affioranti (tubo e valvole).

In tal caso, anche la restante superficie della postazione rimane destinata all'esercizio del pozzo, per permettere misure e controlli all'interno dello stesso e le operazioni di manutenzione del pozzo che si rendessero necessarie anche con impiego di impianto di perforazione.

4.3.7 ***Tecnologia di Perforazione e Prevenzione Rischi Durante la Perforazione***

Il Fango di Perforazione

Il fluido di perforazione utilizzato più diffusamente nella perforazione dei pozzi è il cosiddetto fango, che è costituito da una miscela di acqua, bentonite e, quando necessario, alcuni additivi.

Nel caso in esame l'impiego di additivi non è previsto nella prima fase di perforazione. L'impiego di questi diventa necessario allorché la temperatura della formazione supera 60-70°C, provocando effetti negativi sulla stabilità reologica del fango stesso. Pertanto dalla profondità di 300 m, ovvero dopo aver posizionato e cementato completamente il primo e il secondo casing in acciaio, non si esclude l'impiego di additivi, pur in bassissime percentuali.

La bentonite dunque è il costituente base del fango. Si tratta di un materiale di origine minerale ottenuto trattando termicamente la montmorillonite (un tipo di argilla), macinata per ottenere il grado di finezza della particelle più appropriato e trattata termicamente per facilitare una rapida idratazione in fase di preparazione del fango.

Da un punto di vista ambientale è opportuno ricordare che la bentonite è un prodotto assolutamente innocuo. Infatti essa trova varie altre forme di impiego al di fuori della perforazione. Significativi da questo punto di vista sono gli impieghi nella bentonite nell'industria vinicola, alimentare in generale e nella cosmesi. È quindi un prodotto atossico e compatibile con l'ambiente.

Per quanto riguarda l'altro componente del fango, l'acqua, è sufficiente considerare che si tratterà di acqua proveniente da pozzi che attingono alla falda delle vulcaniti, quindi proveniente dallo stesso ambiente con il quale potrebbe entrare contatto.

Condizioni di Sicurezza durante la Perforazione

Come descritto ai precedenti paragrafi ci si attende di trovare il fluido geotermico ad una pressione inferiore alla idrostatica corrispondente alla quota del serbatoio.

Le condizioni geologiche di tutta l'area interessata dalle perforazioni è abbondantemente conosciuta grazie alle precedenti esperienze di perforazione, quindi si può escludere che, nella formazione di copertura, sia presente gas o altro fluido in sovrappressione rispetto al fango, e quindi critico dal punto di vista del controllo del pozzo in perforazione.

Tuttavia, l'installazione di uno o più Blow Out Preventer (BOP), peraltro prevista dalle norme di legge in vigore, permette la gestione in sicurezza del pozzo grazie alla possibilità di prevenire possibili blow-out.

In *Figura 4.3.7a* sono mostrate le attrezzature di sicurezza che saranno installate durante la perforazione (singoli BOP, sia tipo "annular" che di tipo "ram").

Figura 4.3.7a Esempi di BOP “Ram” (a Sinistra) e “Annular” (a Destra)



La testa pozzo si completa con almeno una valvola laterale, installata sotto al BOP ed alla eventuale valvola maestra, a sua volta collegata ad una tubazione che permette di pompare fluido in pozzo per controllare la pressione in caso di necessità o gestire nella maniera voluta eventuali emissioni di fluido dal pozzo stesso.

Un'altra scelta a favore della sicurezza riguarda il sistema di rilevazione del gas e la professionalità del personale addetto, descritti di seguito.

Sistema di Rivelazione dei Gas Endogeni

L'impianto di perforazione che si prevede di usare sarà dotato di un sistema di rilevazione del gas, con relativo allarme a seconda della concentrazione rilevata. Si tratta di un'apparecchiatura tipica nella perforazione profonda dei campi a idrocarburi e geotermici.

Il sistema di rilevazione gas è basato sulla dislocazione di un certo numero di sensori che rilevano la concentrazione dei gas più comunemente incontrati nelle formazioni geologiche, CO₂, H₂S e CH₄ (ed in genere CH_n). Tra questi gas quelli più temuti nelle perforazioni profonde sono H₂S e CH₄. Di solito il metano è accompagnato da altri idrocarburi (da ciò l'adozione della simbologia gergale CH_n) che, dal punto di vista della rilevazione, danno luogo allo stesso segnale oltre che essere equipollenti dal punto di vista del rischio incendio.

Il sistema è progettato affinché, qualora si raggiunga, anche in uno solo dei punti critici dove sono localizzati i sensori, un determinato valore di soglia della concentrazione di uno dei gas suddetti, entri in funzione un dispositivo di allarme

ottico ed acustico, con indicatori anch'essi ubicati in punti strategici della postazione, in modo che il personale di sonda sia tempestivamente avvertito della presenza di gas e possa attivarsi per le operazioni del caso.

Per quanto riguarda la trattazione della possibile interferenza tra la cappa di gas e i pozzi geotermici si rimanda al *Paragrafo 3.3.3.6* dello SIA.

Per le considerazioni relative alla capacità di isolamento della formazione geologica di copertura di rimanda agli *Allegati F e G* dello SIA (nei quali sono riportati gli esiti di due monitoraggi del flusso di CO₂ dal suolo) e al *Paragrafo 3.4.13.1* dello SIA.

Valori Critici e di Allarme per la Concentrazione dei Gas

Il livello di allarme prefissato, in termini di concentrazione dei gas rilevata nell'atmosfera in prossimità delle zone ritenute più critiche, è ben lungi dall'essere pericoloso per le persone.

Normalmente si adottano i valori limite di concentrazione (*Threshold Limit Value, TLV*) indicati dalle norme API, che a loro volta attingono dai dati pubblicati da *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*.

Tali valori di soglia (TLV) sono quelli a cui una persona può stare esposta senza conseguenze per 8 h consecutive. A titolo di riferimento, si tratta di 10 ppm (parti per milione, in volume) per l'idrogeno solforato e 5.000 ppm per l'anidride carbonica, ovvero i gas che con maggior frequenza si incontrano in perforazione. Ancora a titolo di riferimento, si consideri che il TLV per il metano è 90.000 ppm, concentrazione non significativa in termini di tossicità, ma significativa dal punto di vista del rischio di eruzione e incendio.

Pertanto il sistema di allarme è tarato per attivarsi con una concentrazione di metano (o CH₄) pari al solo 15% del Limite Inferiore di Esplosività in aria, il cosiddetto L.I.E., che è generalmente ritenuto pari al 5%.

La logica su cui si basa il sistema di sicurezza, sia nei riguardi dell'eruzione spontanea (blowout) che del rischio incendio, è di rilevare tempestivamente, e trattare come stati di allarme, quei sintomi che possono essere cautelativamente considerati *premonitori* di una situazione potenzialmente evolutiva verso livelli di una certa criticità.

Infine saranno presenti almeno due indicatori di direzione del vento (maniche a vento) che permetteranno al personale operante di conoscere, in ogni momento, in quale direzione recarsi in caso di emergenza nell'eventualità di una fuoriuscita incontrollata di gas, o in caso di raggiungimento di situazioni critiche per concentrazione di gas superiore ai valori minimi di soglia prestabiliti.

Professionalità Richiesta al Personale di Sonda

Il personale addetto all'esercizio diretto dell'impianto di perforazione, in ottemperanza al dettato del D.Lgs. n.624/96 è sottoposto, ogni 2 anni, a corsi di

aggiornamento sulle tecniche operative di controllo delle eruzioni. Tali corsi sono tenuti o presso scuole qualificate dall'International Well Control Forum (IWCF) oppure svolti all'interno delle aziende da personale qualificato, o riconosciuto tale dallo stesso IWCF, e si concludono con una procedura di esame atta a verificare e documentare il livello di apprendimento e preparazione dei singoli partecipanti.

La partecipazione a tali corsi e il superamento dell'esame finale sono certificati da un attestato di adeguata preparazione professionale sia teorica che pratica in tema di "controllo eruzione" dei pozzi.

La qualità del funzionamento dei BOP, le apparecchiature di comando connesse, il sistema di monitoraggio e allarme gas, come previsto dalla buona pratica della perforazione, vengono periodicamente provati nella loro funzionalità durante tutta l'attività di perforazione, simulando con esercitazioni specifiche l'effettuazioni di interventi in emergenza.

Il controllo del corretto funzionamento dei BOP, così come di tutti i componenti più importanti dell'impianto, avvengono sulla scorta di un piano di controllo preventivamente definito a norma del D.Lgs. n.624/96, art. 31.

Pertanto, qualora si verificassero le condizioni per un'eruzione spontanea del pozzo, le misure di sicurezza presenti, tanto di natura impiantistica che organizzativa, offrirebbero una garanzia a livello degli standard internazionalmente riconosciuti e utilizzati per la perforazione di pozzi profondi.

Protezione Antincendio

Le norme in vigore che regolano l'attività di perforazione e prove di produzione dei pozzi (essenzialmente il già citato D.Lgs. n.624/96) prevedono specifiche disposizioni di corredo dell'impianto ai fini di protezione contro gli incendi, dalla dislocazione e numero degli estintori alla scelta delle caratteristiche tecniche dei componenti dell'impianto stesso. Analogamente, sono previste specifiche condizioni di capacità del personale di sonda con apposite figure "formate" per la gestione di situazioni critiche dal punto di vista incendio.

La dislocazione di componenti d'impianto dal pozzo (motori diesel e serbatoi gasolio, riferimento alle distanze riportate nelle precedenti *Tavole 3* e all'analisi riportata precedentemente) è soggetta a precise indicazioni di legge (DPR 128/59 e D.Lgs. n.624/96) che stabiliscono i limiti minimi della distanza di tali componenti dal pozzo, proprio con la funzione di protezione contro il rischio incendio. In tale contesto di sicurezza si inserisce anche la scelta di utilizzare i sensori di allarme gas endogeno con valori massimi di rilevazione CHn prestabiliti in funzione di questo obiettivo.

Tecniche di Tubaggio per la Protezione delle Falde Idriche

Le falde idriche sono racchiuse nelle formazioni geologiche superficiali, che nella situazione specifica, possono indicativamente considerarsi localizzate entro i primi 200 m.

In generale, durante la perforazione dei sondaggi, il rischio di contaminazione delle falde può avvenire attraverso l'immissione nell'acquifero di consistenti quantità di fango oppure di fluido endogeno; nel seguito viene analizzato in maniera compiuta tale rischio, descrivendo gli accorgimenti progettuali e operativi adottati per evitarlo.

Il profilo di tubaggio adottato per i pozzi geotermici (si veda come esempio la *Figura 4.1.1a*) permette un completo isolamento delle falde attraversate, in ordine le falde sospese (caratterizzate da alte concentrazioni di ioni Al, in particolare) e quelle profonde utilizzate per i prelievi di progetto.

All'*Allegato 2* si propone anche un profilo di realizzazione dei pozzetti di prelievo idrico e una programmazione della cementazione del casing idonea per pervenire ad un efficace isolamento delle falde presenti nella formazione geologica di superficie nella quale si distinguono le cosiddette falde sospese, non utilizzabili né a fini idropotabili né per l'acqua della perforazione, da quelle profonde, utilizzate a tale scopo. Ciò in accordo ad un'esperienza costruttiva oramai largamente applicata con successo in tale tipo di attività in grado di isolare in modo sicuro le diverse falde.

Oltre che nell'*Allegato* citato si rimanda anche al *Paragrafo 4.3.2.1* dello *SIA* per una trattazione degli accorgimenti adottati per la protezione delle falde idriche in modo da evitare la possibile interferenza con esse nelle fasi di perforazione dei pozzi.

In ogni modo, a fini cautelativi, per verificare l'eventuale inquinamento tra l'acquifero superficiale e quello profondo, è previsto il monitoraggio delle acque di falda da parte di un ente pubblico (INGV); per una trattazione in merito si rimanda al *Capitolo 5* dello *SIA*.

Rischio di Immissione di Fango in Falda

Come già esposto, la perforazione del tratto superficiale del pozzo viene condotta con le stesse tecniche di perforazione dei pozzi per la ricerca di acqua, pertanto il rischio di inquinamento delle falde in pratica non sussiste.

Una volta isolate le formazioni permeabili sedi di falda acquifera superficiale mediante i primi due casing completamente cementati, il problema del rischio di contaminazione delle falde è risolto alla radice.

Si fa notare che rispetto alla prima versione del programma lavori, nel presente è stato introdotto un primo casing di diametro 24"1/2 il cui scopo è di evitare qualsiasi connessione, anche durante la perforazione, delle falde idriche sospese con quelle più profonde, site a circa 200m.

Rischio di Immissione di Fluido Endogeno in Falda

La seconda forma di possibile contaminazione, cioè la immissione di fluido endogeno nelle formazioni sede di acquifero, potrebbe manifestarsi solo se il

fluido proveniente dalle formazioni interessate e presente in pozzo durante la produzione potesse entrare in contatto con le falde acquifere.

Tale rischio è eliminato intervenendo a livello di progetto del profilo di tubaggio del pozzo e prevedendo:

- un sistema multiplo di tubazioni concentriche;
- l'impiego di tubi assolutamente integri dal punto di vista della presenza di difetti meccanici o metallurgici: ciò è ottenuto realizzando un piano dei controlli di rispondenza generale del prodotto alle specifiche di progetto al più alto livello impiegato per tale tipologia di prodotto industriale;
- un montaggio delle tubazioni realizzato assemblando i singoli tubi sotto il controllo di una compagnia diversa da quella che gestisce l'impianto di perforazione ed esegue il montaggio. La prima compagnia controlla l'attività dell'esecutore dal punto di vista della garanzia della qualità del lavoro. In particolare la compagnia di controllo, oltre a impiegare macchine assolutamente idonee a offrire le migliori condizioni di serraggio dei singoli tubi, registra anche i parametri fondamentali di avvitatura (coppia, numero di giri, tempo di avvitatura) e per ciascuna filettatura certifica il rispetto delle condizioni di montaggio fornendo registrazioni su carta e su supporto magnetico;
- individuando la profondità ottimale della scarpa delle stesse tubazioni per evitare difficoltà in fase di cementazione;
- progettando cementazioni delle tubazioni attraverso le condizioni di centratura delle tubazioni, regolarità dell'intercapedine, condizioni di flusso, controllo del tempo di presa della malta in modo da creare condizioni finali di cementazione eccellenti.

Inoltre occorre considerare anche il fatto che la pressione che sollecita le tubazioni durante la fase di esercizio dei pozzi è molto inferiore alle condizioni di pericolo di rottura delle tubazioni stesse.

È evidente che una volta costituito un sistema multiplo di tubazioni così curate nella fase di montaggio dal punto di vista meccanico, cementate in maniera completa ed ottimale dal punto di vista della qualità, della omogeneità e resistenza meccanica della malta, tale sistema finisce per costituire una barriera primaria assolutamente ridondante nei riguardi della sicurezza dell'isolamento delle formazioni esterne alle tubazioni, che si traduce in un elevatissimo grado di protezione delle falde in esse contenute.

Rispetto alla prima versione del programma lavori, l'introduzione di due casing completamente cementati per isolare l'intero sistema di falde idriche superficiali, permette di ridurre a livelli veramente insignificanti questo rischio.

Problematiche di Igiene ed Aspetti di Organizzazione del Lavoro

Alloggi del Personale

Gli alloggi per il personale operativo sono costituiti da containers attrezzati ad uso ufficio.

Il personale si alterna secondo i turni contrattualmente previsti ed il cambio delle squadre avviene direttamente sul cantiere. Pertanto gli alloggi non sono destinati a essere utilizzati né come refettorio vero e proprio, né come dormitori.

Gli impianti per il condizionamento ambientale interno ai containers uso ufficio saranno periodicamente controllati secondo le norme e mantenuti al fine di prevenire rischi connessi con il cosiddetto “Morbo del Legionario”.

Rifiuti e Fattori Connessi

I rifiuti solidi urbani, in particolare eventuali scarti alimentari, ancorché di modestissima entità, saranno collocati in appositi contenitori stagni e giornalmente trasferiti in quelli appositamente previsti dal Comune o dall’Azienda preposta al servizio di raccolta e smaltimento degli stessi.

Non è previsto immagazzinamento in cantiere di alimenti o prodotti per alimenti.

Inoltre gli uffici di cantiere sono disegnati e costruiti per avere idonea protezione contro l’ingresso della fauna murina e, stante la breve durata dei lavori, non si prevede, di solito, l’esecuzione di opere di preventivo contenimento della stessa. Tuttavia, se la durata delle attività dovesse prolungarsi oltre il previsto, o se se ne verificassero le esigenze, si provvederà a richiedere servizio specifico attraverso compagnie specializzate.

Analoghe precauzioni saranno adottate nel caso di sbancamenti di terreno superficiale durante la fase di costruzione della postazione di sonda.

Acque Stagnanti

Non si prevede di disporre vasche con acqua stagnante, se non per il periodo ristretto delle operazioni di perforazione. Al fine di prevenire focolai di artropodi si provvederà ad effettuare trattamenti chimici preventivi.

Servizi Igienici di Cantiere

Si prevede un servizio completo da parte di una compagnia esterna per la fornitura dei servizi stessi e per la loro completa gestione.

Linee Elettriche e Telefoniche

Le norme di polizia mineraria in vigore impongono di mantenere una distanza minima dalle linee elettriche e telefoniche, ai fini della sicurezza, pari all’altezza massima della torre di perforazione e, nel caso di distanza (misurata in pianta) tra le linee e il pozzo inferiore a 50 m, la norma impone una specifica autorizzazione del Prefetto (art. 60 DPR 128/59).

Nel caso in esame si ritiene che sia possibile rispettare il limite di 50 m da qualunque linea elettrica o telefonica o altra opera di uso pubblico.

Tale distanza è largamente cautelativa anche dal punto di vista del rispetto del DPCM del 8 Luglio 2003.

4.3.8 *Uso di Risorse in Fase di Perforazione*

Acqua Industriale

L'attività di perforazione richiede la disponibilità di acqua per la preparazione dei fanghi e delle malte, in quantità correlabile al volume dei singoli pozzi, alla durata dei lavori di perforazione ed alle caratteristiche geologiche delle formazioni attraversate.

Nella stima del consumo di risorse si deve tener conto della diversa tipologia di formazioni attraversate, distinguendo, in particolare, le fasi di perforazione della copertura, durante la quale si impiega fango bentonitico. In tale fase, il consumo di fango è prevalentemente dovuto agli assorbimenti che si verificano nell'attraversamento delle vulcaniti, mentre è decisamente limitato nelle formazioni a prevalenza argillosa.

La perforazione del serbatoio comporta un maggior consumo idrico in conseguenza della minor pressione del fluido di strato, rispetto alla idrostatica equivalente per profondità, che implica il fenomeno della perforazione cosiddetta in *perdita di circolazione*.

Tale consumo di acqua sarà soddisfatto prelevando temporaneamente acqua dai pozzetti realizzati allo scopo, come descritto al *Paragrafo 4.3.3*.

In considerazione della possibile variabilità dei tratti di pozzo che potrebbero essere perforati in perdita di circolazione, e la necessità di non interrompere i lavori in caso di carenza idrica, il progetto dei pozzetti di prelievo di cui all'*Allegato 2*, cui si rimanda per i particolari, è stato eseguito considerando le seguenti forniture idriche, sulle quali è stato anche calibrato lo studio di compatibilità con l'acquifero riportato in *Allegato 2*:

- pozzo produttivo, portata di punta 70 m³/h per 9 giorni, nel restante periodo 10 m³/h (durata totale attesa per ciascun pozzo 32 gg);
- pozzo reiniettivo, portata di punta 50 m³/h per 10 giorni, nel restante periodo 10 m³/h (durata totale attesa per ciascun pozzo 50 gg).

Energia, Gasolio e Lubrificanti

L'energia necessaria all'esercizio dell'impianto e di tutti i servizi di cantiere viene prodotta in loco mediante i gruppi di generazione dell'impianto stesso. I carburanti per l'alimentazione dei motori e dei gruppi elettrogeni vengono approvvigionati tramite autocisterne che attingono presso fornitori autorizzati.

Pozzi di Produzione

Il consumo massimo di gasolio di un cantiere durante la perforazione è di circa 1.000 kg/giorno, per un fabbisogno complessivo a pozzo, con riferimento alla

profondità di un pozzo di profondità 1.200 metri, stimabile in 16.000 kg/pozzo ovvero una media di 500 kg/giorno.

Il consumo di lubrificanti del macchinario dell'impianto di perforazione è stimabile in 700 kg a pozzo.

Pozzi di Reiniezione

Per ciascun pozzo si prevede che i consumi siano doppi dei valori relativi al tipico pozzo produttivo.

L'impiego di energia elettrica, al di fuori della perforazione propriamente detta, è limitata all'alimentazione della pompa sommersa durante le prove di emungimento e non si prevede pertanto la necessità di costruire linee elettriche da adibire all'alimentazione del cantiere.

Altre Materie Prime

I consumi dei prodotti per la preparazione del fango e delle malte possono essere considerevolmente influenzati dalle condizioni geologiche incontrate.

Sulla base dell'esperienza si possono stimare i seguenti consumi medi per ogni pozzo (tenuto conto che alcuni pozzo sono deviati e quindi hanno una profondità misurata maggiore):

- bentonite: 22 t per il pozzo di produzione, 44 t per quello di reiniezione;
- cemento per le malte: 160 t per il pozzo di produzione e 215 t per quello di reiniezione;
- acciaio: il consumo di acciaio è relativo principalmente ai tubi (casing e tubazione supporto pompa), mentre altre utilizzazioni danno un contributo assai poco significativo. Il fabbisogno di casing ammonta a circa 155 t mentre altri consumi sono per scalpelli, testa pozzo e lamiere per lavori di carpenteria vari. Si stima pertanto un totale di 165 t di acciaio per il pozzo di produzione e 200 t per quello di reiniezione.

Nel successivo *Paragrafo 4.3.9* è riportato inoltre il bilancio scavi riporti dove viene dettagliata la quantità di inerti (circa 8.300 m³ che saranno prelevati dal centro di frantumazione più vicino) mentre il volume stimato di calcestruzzo necessario per la soletta è di 75 m³ per pozzo includendo in questo sia il cemento che gli inerti e sabbia necessari.

4.3.9

Bilancio Scavi Riporti

Nella tabella seguente si riportano, per ciascun pozzo, le volumetrie indicative degli scavi preceduti dal segno “-” (meno) e dei riporti col segno “+” (più).

Tabella 4.3.9a Bilancio Scavi Riporti

Rif	Operazione	Volume (m ³)	Note
Postazione CG1			
A	Sbancamenti e scavi a sezione obbligata	- 1170	
B	Riutilizzo per rilevati piazzale, rinterri e sistemazioni interne	+1170	
A+B	<i>Terreno residuo</i>	0	
C	Riporto inerti per ossatura piazzale+strada+parcheggio auto	+2000	
Postazione CG2			
D	Sbancamenti e scavi a sezione obbligata	-1770	
E	Riutilizzo per rilevati piazzale, rinterri e sistemazioni interne	+1100	
D+E	<i>Terreno residuo</i>	-670	Verrà utilizzato nei campi agricoli adiacenti o riutilizzato per sistemazioni interne dell'area di cantiere
F	Riporto inerti per ossatura piazzale+strada+parcheggio auto	+2050	
Postazione CG3			
G	Sbancamenti e scavi a sezione obbligata	-2900	
H	Riutilizzo per rilevati piazzale, rinterri e sistemazioni interne	+2200	
G+H	<i>Terreno residuo</i>	-700	Verrà utilizzato o nei campi agricoli adiacenti o riutilizzato per sistemazioni interne dell'area di cantiere
I	Riporto inerti per ossatura piazzale+strada+parcheggio auto	+1720	
Postazione CG14			
L	Sbancamenti e scavi a sezione obbligata	-2150	
M	Riutilizzo per rilevati piazzale, rinterri e sistemazioni interne	+1100	
M+N	<i>Terreno residuo</i>	-1050	Verrà utilizzato nei campi agricoli adiacenti o riutilizzato per sistemazioni interne dell'area di cantiere
O	Riporto inerti per ossatura piazzale+strada+parcheggio auto	+2500	
Quantità Totali			
-	Totale Sbancamenti e scavi a sezione obbligata	7060	-
-	Totale Riutilizzo per rilevati piazzale, rinterri e sistemazioni interne	4420	-
-	Totale Terreno residuo	2640	-
-	Totale Riporto inerti per ossatura piazzale, strada e parcheggio auto	8270	-

4.3.10
Rifiuti e Residui

Il detrito prodotto dalla frantumazione della roccia, dovuto all'azione dello scalpello, ha una dimensione variabile da qualche millimetro fino a valori dell'ordine di qualche micron.

La quantità attesa di residui di detriti e fango prodotta per perforare un pozzo produttivo verticale è stimabile in 310 t e per uno deviato in 335t. Per un pozzo di reiniezione tale valore sale a 600t per un pozzo verticale e a 650t per un pozzo deviato.

Di questi, circa il 70% risulterà proveniente dalla separazione dalla fase liquida attraverso le attrezzature di vagliatura, mentre il rimanente fa parte dell'aliquota non separabile dal fango, pertanto lo si ritrova sotto forma di materiale decantato nelle apposite vasche.

Tale quantità è relativa essenzialmente alla parte superficiale del pozzo, ovvero dal piano campagna fino a 780 m, per i pozzi di produzione, e fino a 1.800 m, per quelli di reiniezione. Oltre tali profondità si esclude la produzione di detriti, dal momento che sarà prevalente la perdita di circolazione.

La quantità di fango che contribuisce a tale voce è limitata a solo 30 m³ e 60 m³ nei due casi, rispettivamente, in virtù della possibilità di riutilizzo del fango durante la fase di perdita di circolazione.

Il processo cui è sottoposta la miscela fango e detrito, una volta portata presso il centro di trattamento, prevede la separazione della fase solida da quella liquida, attraverso una filtropressa.

Alla fine del ciclo si raccolgono due fasi ben distinte fisicamente: una solida dove sono confluiti i detriti grossolani, quelli fini e la bentonite rimasta intrappolata, l'altra liquida costituita da acqua resa opaca dalla presenza di residui particolarmente fini di bentonite in sospensione.

La fase solida viene sottoposta ad analisi della composizione per verificarne la possibilità di riutilizzo, o il tipo di scarica cui conferirla. Stante la ridotta quantità di residuo solido per pozzo, di solito quest'ultima è la destinazione finale.

Il residuo liquido è conferito al fornitore di un servizio di trattamento, che opera mediante impianti mobili o fissi, al fine di chiarificare la fase liquida, introducendo in soluzione dei prodotti (solfato di alluminio o cloruro ferrico) che favoriscono la coagulazione, flocculazione e precipitazione dei solidi molto fini, e facilitano l'assorbimento degli ioni residui.

L'acqua così depurata può essere immessa nei corpi idrici superficiali, previa analisi volta a verificare la rispondenza alle norme di legge e dopo aver ottenuto le autorizzazioni previste. Questa attività sarà interamente svolta mediante servizio esterno da uno specifico fornitore autorizzato dalle autorità provinciali (o comunque secondo le norme di legge in vigore) al servizio di raccolta, trasporto e trattamento presso un suo centro specializzato.

Acqua Residua da Prove di Produzione Pozzetti

Le prove di caratterizzazione dei pozzetti per il prelievo dell'acqua destinata alla perforazione (si veda *Paragrafo 6.3 dell'Allegato 2*) implicano la produzione di certi quantitativi di acqua di falda. L'acqua così prodotta sarà smaltita nei corpi idrici superficiali se la composizione chimica ne permette lo smaltimento. Oppure

in alternativa l'acqua prodotta attraverso un pozzetto potrà essere reimpressa in un altro di altra postazione pompandola attraverso una tubazione provvisoria o trasportata con autobotte.

Rifiuti da Attività di Cantiere

Durante la perforazione è presente sul cantiere un sistema di raccolta differenziata dei rifiuti prodotti, che vengono successivamente smaltiti secondo le disposizioni vigenti in materia. Particolare attenzione viene posta alla raccolta delle tipologie di materiale riciclabile (olio esausto, rottami ferrosi, etc.).

In accordo alla normativa vigente, anche i rifiuti prodotti nella perforazione dei pozzi sono classificabili nelle seguenti tre tipologie:

- urbani;
- speciali non pericolosi;
- speciali pericolosi.

Le quantità di rifiuti da smaltire, con riferimento all'attività di perforazione di un pozzo, sono stimabili come riportato nella seguente *Tabella 4.3.10a*.

Tabella 4.3.10a Quantitativi Medi Rifiuti da Smaltire con Riferimento all'Attività di Perforazione di Ciascun Pozzo

Tipologia Rifiuto	Quantità in kg
Materiali filtranti, stracci e indumenti contaminati da olio	150
Materiale per imballaggi	500
Gomma e gomma-metallo	1.500
Legname	400
Oli esausti utilizzati nei motori	150

4.3.11 Effluenti Liquidi

Durante le attività di perforazione sono previsti tre tipi di effluenti liquidi:

- le acque di pioggia;
- gli scarichi dei servizi sanitari;
- i reflui liquidi provenienti dalle attività di perforazione.

Nel periodo di perforazione le acque di pioggia che scorrono sul terreno impermeabilizzato sono raccolte dal sistema fognario e utilizzate come acqua di perforazione o comunque per la preparazione del fango e non saranno rilasciate nei corpi idrici superficiali.

Data la breve durata delle attività di sonda il cantiere non è dotato di strutture importanti ai fini igienici. Le acque nere provenienti dai servizi fondamentali saranno smaltite da compagnie specializzate, che provvederanno alla pulizia dei servizi ed al prelievo dei liquami. La quantità massima di acque nere prodotte, prevalentemente di provenienza dai servizi igienici, sono stimabili nella situazione specifica in 30 m³ a pozzo che saranno interamente smaltiti con autobotte.

Pertanto non si prevedono scarichi idrici nei corsi d'acqua, salvo le acque di seconda pioggia. Inoltre durante la perforazione saranno attuate le tecniche di prevenzione per la protezione delle falde idriche descritte e l'impermeabilizzazione dei bacini che assicurino l'isolamento ottimale.

4.3.12 *Emissioni Sonore*

Per ogni impianto di perforazione le principali sorgenti di emissione sonora sono le seguenti:

- due gruppi elettrogeni alimentati con motore diesel;
- due motopompe del fango;
- due vibrovagli alimentati con motore elettrico;
- due compressori;
- un gruppo elettrogeno di servizio alimentato con motore diesel;
- l'argano alimentato da motore diesel o idraulico utilizzato per la movimentazione delle aste e posto sul piano sonda;
- tavola rotary azionata attraverso il compound dell'argano e posta sul piano sonda.

Nella seguente *Tabella 4.3.12a* sono riportati i valori di potenza sonora delle sorgenti sopra descritte ottenute dalle specifiche tecniche di acquisto delle diverse apparecchiature, in base alle indicazioni dei progettisti ed in funzione delle misurazioni eseguite presso altri impianti simili.

Si è in particolare considerato che:

- il gruppo elettrogeno sia stato insonorizzato inserendolo all'interno di un cabinato fonoassorbente, dotato di silenziatori sia per l'aria di raffreddamento in ingresso e in uscita che di marmitta per i gas di scarico;
- ogni vibrovaglio sia stato insonorizzato inserendolo all'interno di un cabinato fonoassorbente;
- ogni pompa triplex sia stata insonorizzata inserendola all'interno di un cabinato fonoassorbente;
- ogni compressore sia stato insonorizzato inserendolo all'interno di un cabinato fonoassorbente.

Tabella 4.3.12a Potenza Sonora delle Principali Sorgenti dell'Impianto di Perforazione

Rif.	Descrizione Sorgente	Num Sorgente	Tipo Sorgenti	Potenza Sorgente dB(A)	Ore esercizio
S4-C	Gruppo elettrogeno	2	Puntiforme	95	24 h/g
S5-C	Vibrovaglio	2	Puntiforme	93	24 h/g
S6-C	Piano Sonda	1	Puntiforme	98	24 h/g
S7-C	Pompa Triplex	2	Puntiforme	93	24 h/g
S8-C	Compressore	2	Puntiforme	96	24 h/g

La caratterizzazione acustica delle sorgenti relative alla perforazione dei pozzi (S4-S8) deriva dalle indicazioni del fornitore dell'impianto di perforazione HH-200MM.

4.3.13

Ripristino Ambientale - Chiusura Mineraria dei Pozzi

In caso di esito negativo della perforazione, o comunque qualora il pozzo risulti inutilizzabile per uno degli obiettivi per cui era stato perforato, si procederà alla chiusura mineraria del pozzo.

Scopo della chiusura mineraria è ripristinare l'isolamento delle formazioni attraversate dal sondaggio e permettere la rimozione anche delle strutture di superficie (valvole di testa pozzo, opere in calcestruzzo), senza pregiudicare l'efficacia dell'isolamento dei fluidi endogeni rispetto alla superficie.

La realizzazione della chiusura mineraria avviene mediante riempimento del foro, almeno a tratti, con malta di cemento di opportuna composizione.

È buona norma, ai fini della sicurezza, disporre uno dei tappi di cemento nell'intorno delle "scarpe" dei casing e liner. In alcuni casi potrebbe anche essere necessario impiegare speciali attrezzature (packer), atte a garantire, con maggiore efficacia rispetto al solo cemento, l'isolamento dei fluidi contenuti negli strati sottostanti.

In generale ed a seconda delle condizioni effettive del pozzo, può essere necessario anche l'impiego dell'impianto di perforazione per realizzare l'intervento di chiusura mineraria. Nel caso dei pozzi del campo di Torre Alfina la chiusura mineraria potrebbe essere realizzata senza impianto di perforazione.

Al termine della chiusura mineraria si procederà al ripristino delle condizioni originali, asportando le opere in cemento e lasciando l'area nelle stesse condizioni di origine. Anche la tubazione per l'alimentazione di acqua al cantiere verrà completamente rimossa. Lo stesso dicasi per le eventuali relative opere accessorie che siano state costruite.

In caso di successo il pozzo sarà utilizzato per la produzione di energia ed in loco sarà mantenuta la postazione, pur in forma ridotta e con una visibilità minima, grazie ai criteri adottati per l'inserimento.

La sola opera destinata a rimanere in loco è la testa pozzo, caratterizzata da un ingombro irrilevante, sia in termini volumetrici che per elevazione e visibilità.

Si tratta infatti di teste pozzo che, alloggiata in un incavo (cantina), fuoriescono dal piano campagna di circa 1,5 metri, quindi di ingombro assimilabile ai comuni pozzi artesiani per l'attingimento dell'acqua.

Per la testa pozzo si prevede una recinzione costituita da una rete di altezza 1,80 m, con dimensioni in pianta 3 m x 3 m, coperta anche nella parte superiore e munita di cancello per impedire l'accesso alla struttura da tutti i lati.

4.4

COMPLETAMENTO DEI POZZI PRODUTTIVI

Al termine delle perforazioni e dopo l'esecuzione delle prove di produzione i pozzi produttivi costituiranno l'alimentazione all'impianto a ciclo organico descritto nel successivo *capitolo 5*.

All'interno dei pozzi produttivi saranno montate le pompe di sollevamento centrifughe multi girante (vedi *Paragrafo 5.2.3* per la descrizione) che saranno in grado di prelevare le portate di progetto e alimentare l'impianto ORC.

Le teste pozzo saranno completate con l'installazione di valvole elettriche o elettroidrauliche per l'avvio e l'arresto dell'impianto e delle tubazioni di produzione coibentate che correranno fuori terra fino al confine della piazzola dove verranno interrate e seguiranno i percorsi descritti nel successivo paragrafo.

Sul piazzale sarà inoltre prevista la cabina elettrica per l'alimentazione dell'impianto che accoglierà il trasformatore per l'alimentazione delle pompe e l'interfaccia con la rete Enel a media tensione.

Il layout delle postazione dei pozzi produttivi è riportato nelle *Tavole 4 (1 di 4, 2 di 4 e 3 di 4)*.

4.5

COMPLETAMENTO POZZI REINIETTIVI E SEZIONE RECUPERO ENERGIA

Al termine delle perforazioni e dopo l'esecuzione delle prove di produzione i pozzi reiniettivi saranno pronti per ricevere ciascuno circa 263 t/h di fluido a circa 70 °C di temperatura proveniente dall'impianto ORC descritto al successivo *Capitolo 5*.

In accordo alle prove di produzione eseguite sui pozzi da Enel negli anni 70 e descritte in *Buonasorte et al 1988* e *Barelli, Celati, Manetti 1976*, i pozzi reiniettivi hanno capacità di assorbimento elevate che possono valutarsi tra 100 e 400 t/(hbar). Ne consegue che, in condizioni di esercizio (pozzi in assorbimento di 263 t/h), su ciascun pozzo reiniettivo si può stimare un innalzamento del livello dalle condizioni statiche compreso tra 10 e 30 m.

Tale modesto innalzamento del livello e quindi della pressione nel serbatoio geotermico, ben inferiore alla pressione idrostatica, consente di escludere che si possano verificare fenomeni di disturbo di qualsiasi tipo nel serbatoio.

Considerando che il livello statico del pozzo Alfina 14 si pone a circa 200-240 m e che il dinamico teorico sarà attorno a 200 m dal pc se ne deduce che rimane disponibile una notevole quantità di energia idraulica contenuta nel fluido in reiniezione.

Si prevede pertanto di installare in ciascun pozzo di reiniezione un generatore idraulico, concettualmente simile ad una pompa immersa operante da turbina; tali apparecchiature saranno in grado di recuperare in totale circa 1,2 MW.

I generatori immersi saranno posizionati a circa 500 m dal piano campagna e saranno costituiti da tre componenti immersi: la turbina, il generatore e il cavo di potenza (per maggiori dettagli si veda *Paragrafo 5.2.5*).

In prossimità dei pozzi di reiniezione sarà collocata la cabina di trasformazione collegata al cavidotto che porterà l'energia all'impianto ORC. La planimetria del piazzale dei pozzi di reiniezione è riportato nella *Tavola 4 (4 di 4)*.



5 LA CENTRALE DI PRODUZIONE

5.1 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

La progettazione della centrale di produzione è stata condotta assumendo che il serbatoio geotermico sia in grado di mantenere la produzione di elevate quantità di fluido geotermico senza apprezzabile degrado nelle caratteristiche termiche e di produzione del fluido.

La soluzione adottata per garantire l'assenza di emissioni di fluido in atmosfera prevede il mantenimento della pressione del fluido al di sopra della pressione di bolla dell'anidride carbonica disciolta e quindi l'utilizzo di pompe immerse associata all'utilizzazione di un impianto a ciclo Rankine a fluido organico, come discusso nei paragrafi precedenti.

Il carattere dimostrativo dell'impianto limita la potenza massima dell'impianto a 5 MW elettrici netti.

L'impianto pilota viene quindi progettato impostando le seguenti specifiche:

- potenza netta massima erogabile: 5 MWe;
- temperatura del fluido geotermico in ingresso all'impianto: 140°C;
- utilizzo pompe immerse per la prevenzione delle incrostazioni da carbonato di calcio;
- installazione di un impianto di recupero dell'energia di pressione residua del fluido geotermico alla reiniezione;
- predisposizione dell'impianto alla cessione di calore a eventuali utenze future;
- assenza di emissioni in atmosfera;
- utilizzazione di condensatore ad aria e quindi assenza di prelievi idrici;
- i materiali delle tubazioni a contatto col fluido geotermico saranno in acciaio al carbonio con adeguato sovrappessore di corrosione;
- non saranno ammesse leghe contenenti rame per il materiale dell'impianto ORC a contatto con il fluido geotermico.

Dal momento che la solubilità del carbonato di calcio, che costituisce l'elemento di maggiore preoccupazione ai fini della capacità incrostanti del fluido geotermico, aumenta con il diminuire della temperatura e che la concentrazione di silice è tale da non provocare incrostazioni fino a temperature dell'ordine di 50 °C, è stato deciso di spingere il recupero di calore dal fluido geotermico fino a temperature comprese tra 50 e 70 °C. Ai fini del presente dimensionamento è stato scelto un raffreddamento fino, al più, a 70°C.

La portata del fluido geotermico per produrre 5 MWe netti in queste condizioni sarà di circa 1.050 t/h.

Il progetto è stato eseguito sulla base delle informazioni disponibili dai test eseguiti negli anni 70 da Enel e quindi soggette a modifiche a valle della realizzazione dei nuovi pozzi. Tuttavia la progettazione ha inteso descrivere la soluzione più “impattante”. In altre parole l’impianto è stato dimensionato con la maggior occupazione di suolo e con le maggiori dimensioni ipotizzabili. Eventuali piccole modifiche che si dovessero rendere necessarie nella progettazione esecutiva saranno migliorative ai fini dell’impatto ambientale.

5.2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

5.2.1 Descrizione Generale

L’impianto pilota geotermico di Castel Giorgio sarà costituito dai seguenti componenti principali:

- n.5 pozzi di produzione di acqua calda, dotati ciascuno di pompa di sollevamento;
- un sistema di tubazioni di convogliamento che consentirà di condurre l’acqua calda dai pozzi fino all’impianto ORC;
- l’impianto ORC (di seguito descritto), che consentirà la produzione di energia elettrica attraverso il recupero di calore dall’acqua calda geotermica;
- n.4 pozzi di reiniezione dell’acqua geotermica che risulta raffreddata a seguito dello scambio termico avvenuto nell’impianto ORC, tutti ubicati nella stessa piazzola;
- una tubazione di collegamento dell’acqua raffreddata in uscita dall’impianto ORC sino ai pozzi di reiniezione;
- la possibilità di “stacco” per il prelievo dell’acqua calda, sia a monte che a valle dell’impianto ORC per alimentazione di eventuali utenze termiche;
- la Linea elettrica di media tensione (20kV) per il collegamento alla Rete Elettrica Nazionale.

La localizzazione delle opere in progetto è riportata su CTR nella *Tavola 1* e su foto aerea nella *Tavola 2*. Lo schema generale dell’impianto pilota è riportato nella *Tavola 6 (2 di 2)*.

L’impianto ORC è così denominato perché consente la produzione di energia elettrica attraverso l’impiego di un ciclo termodinamico Rankine con fluido organico (da cui ORC – *Organic Rankine Cycle*).

Questo tipo di impianti, grazie a recenti miglioramenti nelle tecnologie e nei rendimenti che sono stati ottenuti dai produttori, offre interessanti opportunità di impiego per la valorizzazione energetica di fluidi geotermici a media e bassa entalpia.

Tali impianti sono anche detti impianti “a fluido intermedio” o a “ciclo binario” proprio per il fatto che coinvolgono due tipologie di fluido:

- il fluido geotermico caldo dal quale viene recuperato calore e che nel presente progetto viene successivamente reiniettato;
- il fluido organico che compie un ciclo chiuso di tipo Rankine e che quindi:



- evapora grazie al calore che viene recuperato dal fluido geotermico;
- viene espanso in una turbina per la produzione di energia elettrica;
- viene condensato per poter essere di nuovo impiegato per la produzione di vapore.

Come accennato precedentemente l'impianto sarà predisposto per cedere calore ad eventuali utenze future: a tal fine sul collettore del fluido geotermico caldo ($T=140\text{ }^{\circ}\text{C}$) e su quello freddo ($T=70\text{ }^{\circ}\text{C}$) saranno installate delle flange cieche alle quali potranno essere attaccate le tubazioni di distribuzione.

Inoltre verrà installato all'interno del pozzo di reiniezione un sistema di recupero capace di trasformare una quota parte dell'energia del fluido geotermico destinato alla reiniezione in energia elettrica. Teoricamente l'installazione del sistema di recupero di energia risulta fattibile in quanto il processo produttivo, abbassando la temperatura del fluido geotermico da 140°C a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, aumenta la solubilità della CO_2 (responsabile delle incrostazioni da carbonato di calcio) e quindi permette la riduzione della pressione del fluido di reiniezione, ai fini del recupero energetico, senza avere la precipitazione di carbonato di calcio.

Per la descrizione del progetto dei pozzi si rimanda al § 4.

5.2.2

Impianto ORC

Il lay-out dell'impianto ORC è riportato nella *Tavola 5 (1 di 2)*, nella quale, dentro il perimetro di impianto è possibile riconoscere le principali apparecchiature che costituiscono il ciclo ORC:

- N°2 evaporatori a fascio tubiero (fluido organico - acqua);
- N°2 preriscaldatori fluido organico - acqua;
- N°2 turbo-espansori comprensivi di generatore elettrico;
- Condensatore raffreddato ad aria;
- Sistema di riempimento circuito del fluido organico comprensivo di serbatoio di stoccaggio.

Nell'impianto sono inoltre presenti:

- lo skid antincendio;
- un cabinato ospitante il sistema di controllo, il trasformatore e i quadri elettrici;
- La cabina di interfaccia con il gestore della rete ENEL;
- I servizi igienici (WC Chimico);
- La vasca di prima pioggia.

I due turbo espansori e il generatore elettrico saranno alloggiati all'interno di un cabinato insonorizzato; analogamente ciascuna pompa alimento sarà dotata di una struttura dedicata per l'insonorizzazione.

Nella *Tavola 5 (2 di 2)* si riporta anche una vista dell'impianto.

5.2.2.1 Funzionamento del Ciclo ORC

Il diagramma di flusso dell’impianto ORC è riportato nella *Tavola 6 (1 di 2)*.

L’acqua calda proveniente dai pozzi e mantenuta in pressione dalle pompe immerse viene convogliata attraverso il sistema di tubazioni al collettore acqua calda dell’impianto ORC, alle condizioni di 140°C e 44 bar circa. Da qui, l’acqua calda viene inviata (in serie) a due evaporatori e successivamente va ad alimentare in parallelo due preriscaldatori attraverso i quali cede il proprio calore sensibile (raffreddandosi fino a 70°C) al fluido organico di lavoro. Questo, viceversa, dopo essersi riscaldato nei preriscaldatori, completa il suo passaggio in fase vapore all’interno degli evaporatori.

Il vapore del fluido organico in uscita dagli evaporatori viene quindi fatto espandere all’interno di un Turbo-Espansore (uno per ogni evaporatore) producendo energia meccanica, che viene convertita in energia elettrica dal generatore (unico, in comune per entrambi i turbo espansori).

Il fluido espanso in uscita dalla turbina viene fatto condensare in un condensatore aria-fluido organico, chiudendo il ciclo termodinamico. Una volta condensato, il fluido viene nuovamente rialimentato al sistema di preriscaldamento-evaporazione iniziando un nuovo ciclo di processo.

La scelta del fluido organico è legata alle “performance termodinamiche” dell’impianto e al suo costo. I diversi fornitori di questa tipologia di impianti, per queste temperature suggeriscono o idrocarburi leggeri (butano e isobutano, pentano, isopentano) o refrigeranti sintetici HFC (idrocarburi fluorurati) comunemente usati nei cicli frigoriferi.

Per il presente progetto si è ipotizzato l’utilizzazione di isopentano la cui scheda di sicurezza è riportata in *Allegato 5*. L’utilizzazione di fluidi diversi, che potrebbe essere conseguente ad una procedura di gara per l’assegnazione della fornitura non modifica tuttavia in modo sostanziale la caratterizzazione del progetto.

L’isopentano normalmente contenuto nell’impianto ORC (hold up tubazioni, condensatore, apparecchiature) sarà inviato, in caso di manutenzione e arresto impianto, ad un serbatoio di stoccaggio a doppio contenimento e interrato, in modo da ridurre il rischio di incendio, e polmonato con azoto per mantenere l’atmosfera inerte.

5.2.3 Pompe di Sollevamento

Come descritto precedentemente, l’installazione di pompe di sollevamento a fondo pozzo è una soluzione tecnica fondamentale per regolare la pressione della colonna di liquido nel pozzo a valori tali da mantenere la CO₂ disciolta nella soluzione liquida ed evitare così incrostazioni da carbonato di calcio.

Le pompe impiegate per questa funzione hanno caratteristiche altamente tecnologiche dal momento che devono lavorare alle profondità tra 800 e 600 m

circa come descritto nel *Paragrafo 4.1.1* e a temperature relativamente alte (la temperatura del serbatoio geotermico è di circa 140°C).

Le pompe di sollevamento che saranno installate saranno pertanto 5, una per ciascun pozzo produttivo.

Ciascuna pompa sarà in grado di produrre circa 210 t/h di acqua calda alla pressione di mandata di circa 136 bar, garantendo così una pressione di 44-45 bar a monte dell'impianto ORC.

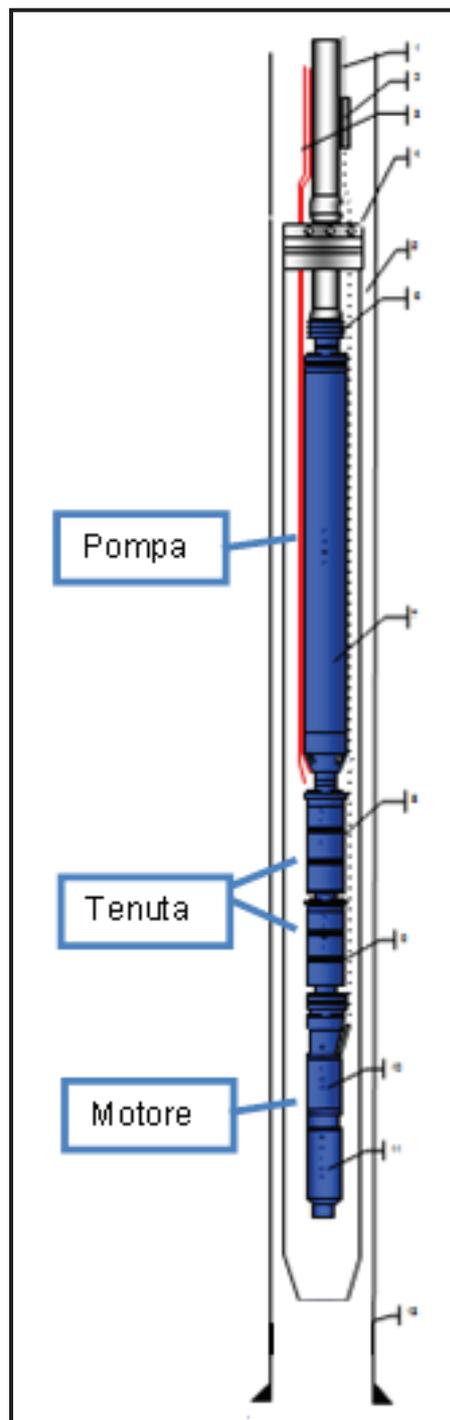
Nella *Figura 5.2.3a* è riportato lo schema tipico di una pompa immersa della lunghezza complessiva di circa 26 m.

La pompa sarà guidata da un motore elettrico immerso, visibile nella figura, in grado di lavorare alle temperature richieste. In sede di progettazione esecutiva potrà risultare opportuno prevedere di installare un sistema di packers per isolare la pompa dalla formazione.

Il motore elettrico sarà alimentato da un cavo che scende all'interno del pozzo visibile in tratteggio nella *Figura 5.2.3a*.

Ciascuna pompa assorbirà, nelle condizioni di progetto (cioè a circa 210 t/h e 67 bar di prevalenza) circa 540 kW.

Figura 5.2.3a Schema della Pompa di Sollevamento



5.2.4

Le Tubazioni di Connessione Impianto-Pozzi

La localizzazione dei pozzi produttivi e del polo reiniettivo è riportata nelle *Tavole 1 e 2*. Nelle stesse tavole si riportano il tracciato delle tubazioni di raccolta dell'acqua calda geotermica dai pozzi all'impianto ORC e il tracciato della tubazione che conduce alla postazione di reiniezione.

I tracciati delle tubazioni in oggetto sono stati definiti applicando i seguenti criteri generali:

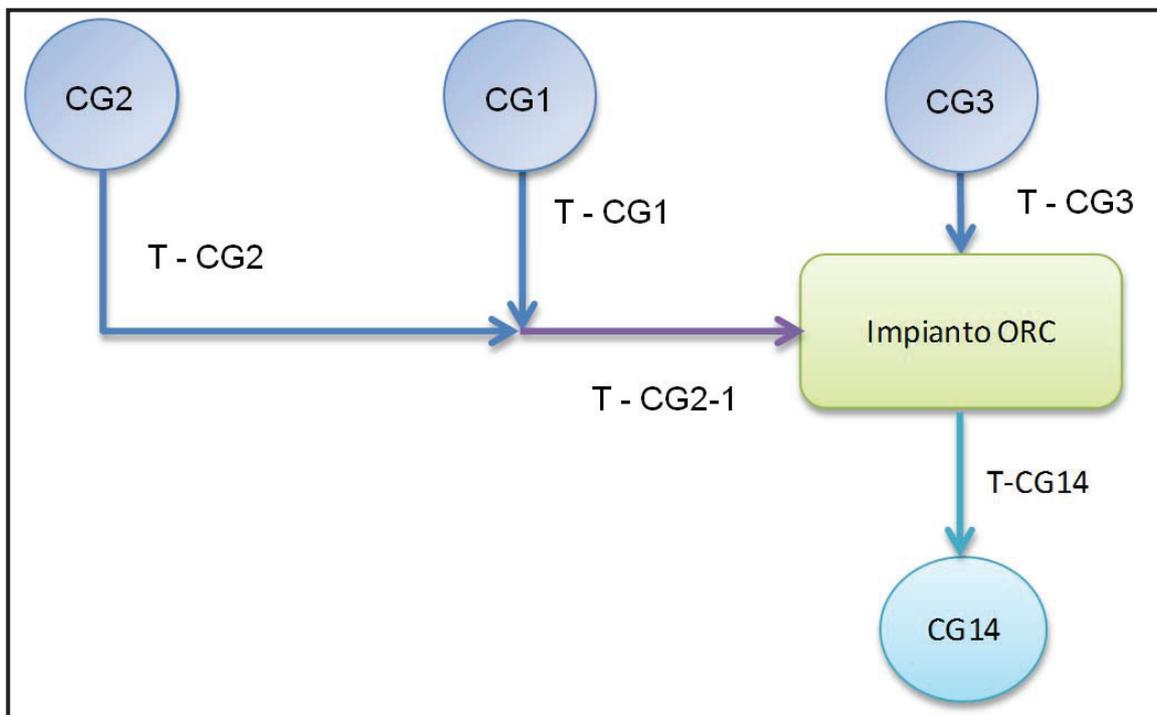
- possibilità di ripristinare le aree occupate, riportandole alle condizioni morfologiche e di uso del suolo preesistenti all'intervento, minimizzando l'impatto ambientale;
- riduzione al minimo delle aree occupate dalle infrastrutture;
- rispetto delle fasce di rispetto preesistenti relative a infrastrutture già presenti sul territorio quali linee e reti gas, reti acqua, fognature, linee elettriche;
- garanzia per il personale preposto all'esercizio e alla manutenzione della condotta e degli impianti dell'accesso all'infrastruttura in sicurezza.

Dalla postazione di produzione CG2 (vedi *Tavola 2*) la tubazione attraversa in direzione sud est il terreno agricolo dove è ubicato il pozzo fino giungere in prossimità della strada asfaltata. Da questo punto la tubazione si sviluppa, sempre su terreno agricolo, parallela alla sede stradale in direzione sud ovest sino ad incontrare la tubazione proveniente dalla postazione CG1 (pozzi CG1 e CG1/A) nei pressi dell'accesso alla zona industriale della Torraccia. Da qui le due tubazioni si convogliano in una sola, di dimensioni maggiori, il cui tracciato si sviluppa lungo la viabilità della zona industriale fino a raggiungere l'impianto. Le tubazioni descritte sono interrate e coibentate.

La postazione produttiva CG3 (pozzi CG3 e CG3/A) è ubicata in adiacenza all'area dell'impianto: la tubazione corre, interrata, lungo il confine nord dello stesso.

La tubazione diretta ai pozzi di reiniezione una volta uscita dall'impianto ORC percorre il terreno agricolo limitrofo all'impianto in direzione sud est fino a raggiungere la strada contrada Torraccia che attraversa per svilupparsi lungo il tracciato della strada comunale sterrata che collega strada contrada Torraccia a via del Poderetto, attraversa quest'ultima e si immette nei pozzi di reiniezione CG14. Si specifica che la tubazione di reiniezione è interamente interrata e coibentata.

Al fine di descrivere le caratteristiche di progetto dei diversi tratti delle tubazioni sopra tracciate, si consideri la rappresentazione schematica riportata in *Figura 5.2.4a*.

Figura 5.2.4a Rappresentazione Schematica delle Tubazioni


Con riferimento alla precedente figura la lunghezza, i diametri e le caratteristiche del fluido nelle tubazioni, nelle condizioni di progetto, sono riportate nella *Tabella 5.2.4a*.

I diametri delle tubazioni sono stati scelti in modo da minimizzare le perdite di carico e mantenere una pressione all'ingresso dell'impianto ORC di 44-45 bar, superiore cioè alla pressione di bolla dei gas disciolti nel fluido geotermico.

Tabella 5.2.4a Caratteristiche Principale delle Tubazioni nelle Condizioni di Progetto

ID	Lunghezza	Diametro nominale	Portata	Pressione partenza	Pressione arrivo	Temperatura
	m	mm	t/h	bar		°C
T-CG1	310	DN300	420	45	44,5	140
T-CG2	1060	DN250	210	45	44,4	140
T-CG3	120	DN300	420	45	44,7	140
T-CG2-1	355	DN400	630	44,4	44	140
T-CG14	1.830	DN450	1050	41	39,5	70

Il progetto delle tubazioni interrato utilizzate come acquedotti, prevede la protezione nei riguardi di tutte le forme di indebolimento strutturale delle tubazioni rispetto al loro assetto progettuale e di montaggio.

In primo luogo è previsto il completo isolamento termico per evitare sia la dispersione di calore che il contatto diretto dell'acciaio con il terreno;

Sulla base delle caratteristiche specifiche e in larga misura note del fluido, le tubazioni avranno un sovra spessore di corrosione di 6 mm (0,2 mm/anno per 30 anni di vita utile) ovvero verrà abbondantemente maggiorato lo spessore rispetto a quello che deriverà dal progetto meccanico.

Anche se sono da escludere rapidi fenomeni di corrosione grazie agli accorgimenti di cui sopra, con tale sovra-spessore si vuole garantire comunque una vita utile della struttura di decenni, cioè per un tempo assolutamente idoneo per permettere all'operatore di porre in essere gli eventuali interventi manutentivi, compresa la sostituzione di parti delle tubazioni e altro che si rendesse necessario per risolvere anche situazioni inattese.

Il criterio di progetto adottato è dunque indirizzato anche alla "gestione degli imprevisti", quindi è, a maggior ragione, da ritenersi cautelativo.

Le tubazioni essendo coibentate sono isolate da correnti di corrosione: verranno installati giunti dielettrici all'inizio e alla fine di ciascuna tubazione per evitare la trasmissione di eventuali correnti galvaniche da parte dei pozzi/impianto ORC.

Le tubazioni saranno dotate di sistema di controllo perdite che ne permetterà la rilevazione e l'invio di un segnale di allarme al centro di controllo per il successivo intervento di ripristino.

Tale sistema monitorerà il grado di umidità dell'isolamento in modo da poter intervenire prima che si verifichi la fuoriuscita del fluido localizzando la zona interessata dalla presenza di acqua.

Il sistema di allarme previsto è costituito da due fili di rame, di cui uno nudo e l'altro stagnato, annegati nella schiuma di poliuretano ad una distanza costante dal tubo di servizio in acciaio, non superiori al 10% della distanza nominale tubo-filo.

Il sistema è completato da centraline di controllo ed allarme e da tutti gli accessori necessari che individueranno sia eventuali punti di umidità nella schiuma isolante, sia rotture o corto circuiti nei conduttori di allarme.

La centralina fornirà direttamente la misura della distanza dal guasto senza bisogno di interventi di specialisti e di misurazioni in campo.

Per una trattazione più approfondita del sistema di monitoraggio dell'integrità e dello spessore delle tubazioni di rimanda al *Paragrafo 5.3* dello SIA.

I tipici delle sezioni di scavo per la posa delle condotte sono riportati nella *Tavola 8* "Tipici sezioni di scavo per posa condotte".

La profondità dello scavo dipende sia dal diametro della tubazione che dalla posa su terreno agricolo o su strada. Nello specifico:

- per i terreni agricoli si è considerato una distanza della sommità del rivestimento esterno del tubo dal livello del terreno di 1,5m per evitare interferenze con gli attrezzi utilizzati per le lavorazioni agricole;

- per la posa su strada si è considerato una distanza della sommità del rivestimento esterno del tubo dal livello del terreno di 1 m;
Il terreno scavato sarà depositato a meno di un metro dal ciglio dello scavo per la posa in opera della condotta che sarà installata opportunamente pretensionata.

Il terreno proveniente dagli scavi eseguiti nelle aree agricole sarà successivamente utilizzato per il rinterro: la parte eccedente verrà sparsa uniformemente sul terreno agricolo circostante. Come si può vedere dalla *Tavola 8* il rinterro degli scavi per la posa delle tubazioni è costituito da un primo strato di sabbia (fino a 100 mm al di sopra della generatrice superiore del rivestimento esterno del tubo) e da un secondo strato costituito dal terreno di riporto suddetto. In ogni caso la valutazione della possibilità del riutilizzo o meno del terreno di scavo per i rinterri sarà effettuata in accordo a quanto stabilito dal D.M. n.161 del 10 agosto 2012.

Il terreno proveniente dagli scavi eseguiti lungo la viabilità esistente asfaltata sarà interamente conferito a impianti di smaltimento/recupero: i rinterri verranno eseguiti mediante materiale arido di cava reperito da fornitori locali per conferire allo scavo la consistenza necessaria a sopportare il carico stradale. Alla fine dei lavori il manto stradale sarà completamente ripristinato.

Nello stesso scavo delle tubazioni che trasportano il fluido geotermico saranno stese due tubazioni in materiale plastico per il passaggio di cavi di controllo che collegano le apparecchiature dei pozzi al sistema di controllo dell'impianto ORC.

Gestione delle Tubazioni

Le tubazioni saranno poste in opera pretensionate per la compensazione delle dilatazioni termiche. Le temperature di esercizio permettono infatti questa tecnica che consentirà di non realizzare le curve di compensazione e di limitare pertanto l'ingombro delle tubazioni evitando i pozzetti di espansione.

Nei punti più alti e più bassi del tracciato saranno installate delle valvole accessibili che saranno utilizzate sia per il riempimento della tubazione e il successivo pretensionamento che per lo svuotamento della tubazione nei periodi di fermata.

Nel corso delle operazioni di manutenzione infatti le tubazioni, dopo il raffreddamento e la conseguente solubilizzazione dei gas, saranno svuotate con pompe mobili che caricheranno autobotti che scaricheranno il fluido nelle vasche di raccolta poste sulle piazzole di perforazione e successivamente re iniettate.

5.2.5

Sezione di Recupero Energia

Come descritto al precedente *Paragrafo 4.5*, al termine delle perforazioni e dopo l'esecuzione delle prove di caratterizzazione produttiva/iniettiva, ciascun pozzo reiniettivo sarà pronto per ricevere circa 263 t/h di fluido a circa 70°C di temperatura proveniente dall'impianto ORC.

In accordo alle prove di produzione eseguite sui pozzi da Enel negli anni 70 e descritte in *Buonasorte et al 1988* e *Barelli, Celati, Manetti 1976*, i pozzi re iniettivi hanno capacità di assorbimento elevate che possono valutarsi tra 100 e 400 t/(h bar). Ne consegue che, in condizioni di esercizio (pozzi in assorbimento di 263 t/h), su ciascun pozzo reiniettivo si può stimare un innalzamento del livello dalle condizioni statiche compreso tra 10 e 30 m comunque assolutamente compatibile con una sicura gestione del serbatoio. Considerando che il livello statico del pozzo Alfina 14 si pone a circa 200-240 m e che il dinamico teorico sarà attorno a 200 m dal pc se ne deduce che rimane disponibile una notevole quantità di energia idraulica contenuta nel fluido in reiniezione.

Si prevede pertanto di installare nei pozzi di reiniezione un generatore idraulico in ciascun pozzo, concettualmente simile ad una pompa immersa operante da turbina.

Ciascun generatore, posizionato ad una profondità di circa 500 m dal piano campagna, sarà alimentato da una portata di progetto di circa 263 t/h resa disponibile alla pressione di circa 40 bar a testa pozzo cui si aggiungeranno i circa 200 m di colonna liquida intercorrenti tra la testa pozzo e il livello dinamico in assorbimento.

Si renderà pertanto disponibile un salto idraulico di circa 600 m per una portata complessiva di circa 1.050 m³/h in grado pertanto di produrre circa 1,2 MW di potenza.

I generatori, posizionati a circa 500 m dal piano campagna, saranno costituiti da tre componenti immersi: la turbina, il generatore e il cavo di potenza che tramite opportuno trasformatore elevatore sarà collegato al cavidotto che porterà l'energia all'impianto ORC.

La turbina, dalle caratteristiche eminentemente sperimentali, sarà del tipo multistadio con rotori e diffusori costruiti di materiale resistente alla corrosione. Il generatore sarà un generatore asincrono trifase.

Dato il carattere eminentemente sperimentale del recuperatore di energia, ancora soggetto alla definizione di specifiche costruttive, molto probabilmente si provvederà in una prima fase all'installazione di una valvola in grado di dissipare l'energia che successivamente, dopo la realizzazione dei test necessari sarà sostituita dalla turbina idraulica.

5.2.6 Ausiliari di Impianto

5.2.6.1 Sistemi di Controllo

Il sistema di automazione, basato su logica a PLC, consentirà di controllare e gestire tutto l'impianto sperimentale ORC, la rete di produzione di acqua calda dai pozzi e il sistema di reiniezione. Il sistema di controllo sarà installato all'interno di un cabinato indicato nel layout di *Tavola 5 (1 di 2)* con il numero 7.

Sarà possibile comandare in remoto e gestire, mediante apposite pagine grafiche tutto l'impianto sperimentale.

Su tutte le tubazioni di ammissione del fluido geotermico all'impianto ORC e sulla tubazione di reiniezione sarà installato un sistema di controllo perdite descritto nel precedente *Paragrafo 5.2.4.* che ne permetterà la rilevazione e l'invio di un segnale di allarme al centro di controllo per il successivo intervento di ripristino.

Controllo Microsismico

Alcuni ricercatori hanno indicato nella pratica della reiniezione la possibile causa di eventi microsismici. Relativamente a tale tematica di veda l'*Allegato E* allo Studio di Impatto Ambientale. Sebbene la pratica pluriennale nei campi geotermici di tutto il mondo in cui sono installati circa 11.000 MW (si veda anche l'esperienza di Larderello e Ferrara) non abbia prodotto eventi rilevanti, a fini cautelativi e per verificare eventuali correlazioni tra attività microsismica e reiniezione è prevista l'installazione di una rete di sismografi per il controllo dell'attività sismica dell'area.

Tale strumentazione sarà in grado di definire le coordinate degli epicentri e degli ipocentri e la magnitudo degli eventi microsismici e di individuare tempestivamente eventuali anomalie nella normale attività sismica dell'area.

Una descrizione dettagliata del sistema di controllo demandato alla competenza dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) è riportata in *Allegato G* dello *SIA*.

Controllo della Corrosione

Il fluido geotermico in pressione presenta caratteristiche corrosive per l'acciaio al carbonio, in quanto ha pH acido e discreta concentrazione di cloruri.

Da dati sperimentali su numerosi campi geotermici aventi fluidi di composizione simile a quella del Campo Geotermico di Torre Alfina si è potuto valutare in circa 0,2 mm/anno la corrosione massima sull'acciaio al carbonio costituente le tubazioni.

Al fine di evitare danneggiamenti delle tubazioni per corrosione si è pertanto previsto un sovrasspessore di corrosione calcolato per un periodo di funzionamento di 30 anni. Cioè di 6 mm. Il periodo scelto di 30 anni è largamente sufficiente a permettere la realizzazione di interventi di manutenzione straordinaria per fare fronte a esigenze impreviste.

Inoltre la coibentazione e i giunti dielettrici rendono le tubazioni completamente isolate da correnti vaganti che potrebbero indurre fenomeni corrosivi dall'esterno.

Al fine di verificare l'andamento della corrosione e prevenire sul nascere eventuali perdite sono stati previsti i seguenti controlli:

- controlli non distruttivi spessimetrici con tecnologia a ultrasuoni su tutta la circonferenza delle tubazioni tra i pozzi e l'inizio del percorso interrato e in

alcuni altri dislocati lungo il percorso di ciascuna tubazione tra i pozzi e la centrale e tra questa e i pozzi di reiniezione ogni 6 mesi;

- controllo con “pig” intelligenti su tutto il sistema di tubazioni ad ogni fermata programmata (all’incirca ogni 2 anni).

Mentre il sistema di controllo delle perdite descritto precedentemente permette di rilevare e localizzare istantaneamente eventuali perdite anche minime di acqua dalle tubazioni, il controllo periodico dello spessore ne assicura l’integrità strutturale nel tempo.

La stessa metodologia di controllo è applicata anche per la verifica nel tempo del casing di produzione dei pozzi, ovvero del casing su cui è montata la testa pozzo e del tubing che sostiene la pompa di estrazione dell’acqua, verificandone lo stato nella parte terminale in prossimità della testa pozzo.

5.2.6.2 Impianto Antincendio

L’impianto è dotato di dispositivi antincendio automatici, approvati dai Vigili del Fuoco.

Nello specifico sarà prevista la realizzazione di sistema antincendio che prevede una rete antincendio e l’installazione di idranti UNI 70 con relativa cassetta corredo, in accordo alla Normativa UNI10779.

In caso d’incendio, la portata all’idrante sarà garantita dal sistema di pompaggio e distribuzione acqua antincendio che verrà realizzato e in mancanza di energia elettrica dall’intervento automatico di una diesel-pompa.

L’acqua per il sistema antincendio sarà stoccata in serbatoio dedicato che verrà installato in impianto.

5.2.6.3 Cabina Elettrica di Consegna

Le cabina elettrica svolge la funzione di edificio tecnico adibito a locali per la posa dei quadri e delle apparecchiature di consegna e misura.

Essa verrà realizzata con struttura prefabbricata con vasca di fondazione.

La cabina elettrica di consegna, situata lungo il lato ovest dell’impianto, presso il cancello di ingresso, contiene:

- 1 vano ENEL (accessibile dall’esterno della recinzione, dalla strada comunale adiacente al sito);
- 1 vano misure (accessibile dall’esterno della recinzione, dalla strada comunale adiacente al sito);
- 1 vano utente (accessibile, come tutti i locali della cabina di trasformazione, solo dall’interno della recinzione).

Nella *Tavola 9* si riportano dettagli sulle caratteristiche della cabina di consegna.

Essa sarà costituita da un edificio dalla superficie complessiva di circa 21 mq (8.6 x 2.5 metri) per una cubatura complessiva di circa 48.5 m³. Come detto, l'accesso al locale ENEL ed al locale misure della cabina elettrica di consegna avviene dall'esterno del lotto, mentre l'accesso al solo vano utente avviene dall'interno dell'impianto ORC.

L'edificio suddetto sarà dotato di impianto elettrico realizzato a norma della Legge 37/08 e suo regolamento di attuazione.

5.2.6.4 Sistema di Illuminazione

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 si ritiene indispensabile illuminazione esterna all'impianto.

L'illuminazione interna sarà in ogni caso limitata e eseguita in accordo alle prescrizioni impartite, ponendo particolare attenzione al posizionamento delle fonti luminose con un orientamento dall'alto verso il basso.

5.2.7 Opere Civili

Di seguito vengono elencate tutte le voci che costituiscono le Opere Civili:

- Preparazione dell'area di cantiere;
- Movimenti terra in generale;
- Fondazioni Turbo-Espansori e Generatore elettrico;
- Fondazioni Evaporatori e Preriscaldatori;
- Fondazioni Condensatore ad Aria;
- Opere Civili per Cavidotti interrati;
- Rete interrata per la raccolta delle acque meteoriche;
- Sistemazione delle aree interne;
- Recinzione;
- Realizzazione degli scavi per la posa in opera delle tubazioni.

In *Allegato 1* è riportata la *Relazione Geologica, Geotecnica, Idrologica, Idraulica e Sismica*.

5.2.7.1 Interventi di Preparazione dell'Area

La preparazione delle aree destinate ad accogliere le nuove installazioni prevede lo scotico del terreno vegetale il livellamento e la compattazione dell'area da utilizzare e la recinzione dell'area per l'apertura del nuovo cantiere.

5.2.7.2 Fondazioni

Si prevede di realizzare l'impianto ORC su fondazioni dirette del tipo a Platea.

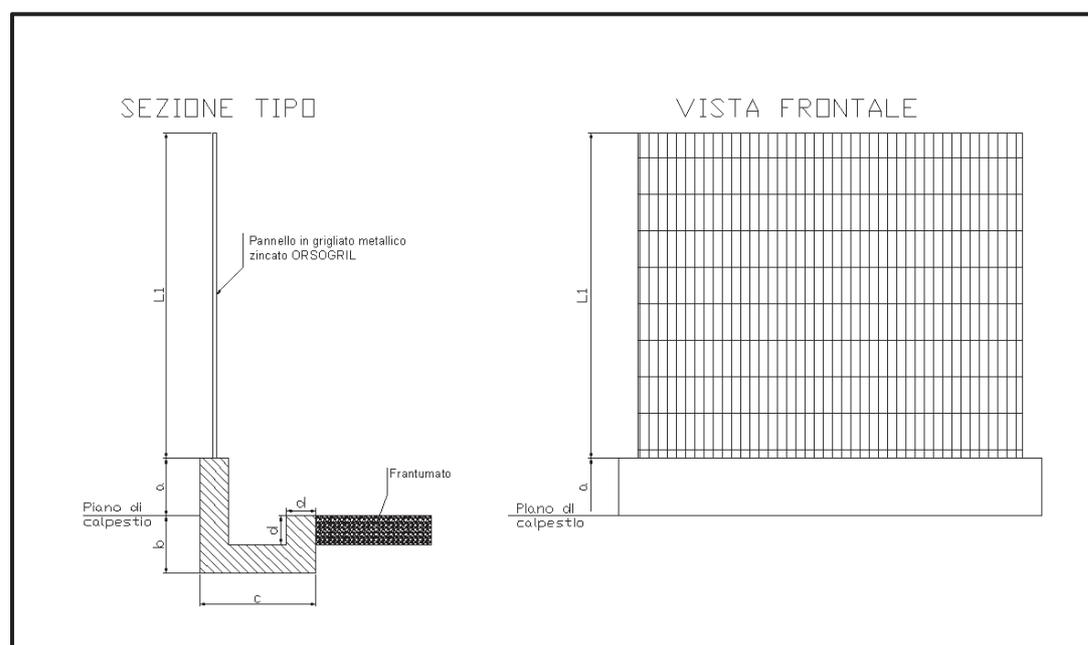
I basamenti saranno previsti in conglomerato cementizio armato gettato in opera, con nervature di irrigidimento.

Le caratteristiche delle strutture di fondazione saranno comunque conformi a quanto previsto dai relativi calcoli, redatti secondo quanto previsto nel Decreto Ministeriale del 14/01/2008. “Norme tecniche per le costruzioni” che recepisce e codifica univocamente quanto contenuto nelle precedenti disposizioni normative (dalla Legge n°1086/71 del 05/11/1971 all’Ordinanza n°3274 del 20/03/2003 e successiva n°3316 contenente modifiche ed integrazioni).

5.2.7.3 Recinzioni e Viabilità di Accesso

La recinzione, scelta sulla base di modelli standard, avrà la funzione, oltre che di barriera, di individuazione del perimetro esatto dell’impianto.

Figura 5.2.7.3a Schema della Recinzione



La rete avrà una lunghezza di circa 300 metri, al netto dei tratti interrotti dalla presenza del cancello.

Essa sarà realizzata con rete tipo “orsogrill”, ed avrà un’altezza fuori terra di circa 2,25 m.

Come già anticipato, per accedere all’impianto è stato previsto sul lato ovest un accesso tramite cancello di 6 m di tipo scorrevole e automatizzato, in modo da permettere agevolmente l’ingresso di mezzi pesanti. Il cancello sarà movimentabile anche manualmente tramite apposita chiave, in caso di emergenza. Il cancello sarà munito di ruote e realizzato con la posa di colonnine laterali in c.a., adiacenti alle quali verrà eretto un piccolo muro di rinforzo. Le fondazioni del cancello, sotto le colonne e i muri di rinforzo laterali, saranno costituite, per ognuno dei due lati, da un basamento in calcestruzzo di 90 cm di profondità avente una pianta di dimensioni 350x100 cm.

L'accesso all'impianto avverrà direttamente dalla viabilità interna esistente della zona industriale di Castel Giorgio.

5.2.7.4 Sistemazione Aree Interne

La sistemazione delle aree interne, ad eccezione di quelle direttamente interessate dagli impianti o pavimentate, sarà realizzata in terra battuta ricoperta da ghiaia.

5.2.7.5 Posa in Opera Tubazioni

La posa in opera delle tubazioni avverrà secondo le modalità indicate al § 5.2.4.

5.3 COLLEGAMENTO ELETTRICO

Connessione Impianto ORC

I criteri e le modalità per la connessione della Centrale alla Rete di Enel Distribuzione sono conformi alla specifica tecnica del preventivo di connessione Enel accettato in data 19/06/2013.

Il collegamento tra la cabina elettrica e la rete di Enel Distribuzione avverrà attraverso un elettrodotto aereo a 20 kV della lunghezza di circa 10,7 km fino alla Cabina Secondaria Nuova Itelco di Orvieto.

Nella *Tavola 10* è riportato lo schema unifilare delle connessioni.

Come visibile dall'unifilare, l'Impianto Pilota potrà funzionare in isola: le pompe immerse e gli ausiliari di impianto potranno essere alimentati dalla rete elettrica ed, in caso di malfunzionamento della rete, direttamente dall'impianto ORC. Il collegamento elettrico tra i pozzi produttivi e la cabina di connessione alla rete elettrica avverrà attraverso i cavidotti di potenza che correranno a fianco delle tubazioni.

Come indicato precedentemente, al termine delle necessarie prove sperimentali, è prevista l'installazione di quattro turbine per il recupero dell'energia idraulica contenuta nel fluido geotermico. L'energia prodotta sarà inviata via cavo alla centrale ORC e da qui alla rete di Enel Distribuzione.

Il tracciato, della lunghezza di circa 10,7 km, ha origine dalla cabina di consegna ubicata all'interno del confine dell'area occupata dall'Impianto ORC, nella zona industriale di Castel Giorgio, in località Quercia Galante, e si sviluppa in direzione ovest-est, mantenendosi esclusivamente nel territorio regionale umbro. Il tracciato si sviluppa a nord dell'abitato di Castel Giorgio, attraversa la S.P. n.45, poi prosegue, mantenendosi in direzione ovest-est ed interessando aree prevalentemente agricole fino alla Cabina Secondaria di Enel Distribuzione Nuova Itelco. Nell'ultimo tratto costeggia la S.P. n.99, poi si mantiene parallela a questa ed alla S.P. n.44 immediatamente a sud della zona industriale di Fontanelle Bardano, dove arriva alla Cabina Nuova Itelco.

Il primo tratto della linea si sviluppa su un'area pressoché pianeggiante, con quote intorno ai 500 m s.l.m., per poi discendere dopo circa 3 km, verso la piana del Fiume Paglia che presenta quote intorno ai 120 m s.l.m..

Si specifica che la linea in progetto si sviluppa in adiacenza ad altre linee elettriche e strade esistenti, sfruttando per buona parte del tracciato corridoi infrastrutturali esistenti, dunque limitando l'occupazione di nuovo suolo destinato ad altri usi.

È prevista l'infissione di n. 116 pali di tipo poligonale in lamiera saldata a sezione poligonale in due o tre tronchi innestabili, di altezza generalmente pari a 14 m, di quelli usati normalmente da Enel nella costruzione di linee MT.

Per maggiori dettagli si rimanda all'*Allegato 4* nel quale è riportato il *Progetto del Collegamento alla Cabina Secondaria Nuova Itelco di Enel Distribuzione*.

Connessione Impianto di Recupero Energia

Come indicato nel precedente paragrafo al termine delle necessarie prove sperimentali si prevede l'installazione di una turbina in ogni pozzo di reiniezione per il recupero dell'energia idraulica contenuta nel fluido geotermico. L'energia prodotta sarà inviata via cavo alla centrale ORC e da qui alla rete nazionale in Media Tensione in accordo alla Soluzione tecnica che Enel indicherà.

5.4 PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO PILOTA

5.4.1 Bilancio Energetico

L'impianto pilota, come descritto precedentemente consta di due parti funzionalmente connesse:

- l'impianto di produzione elettrica ORC;
- l'impianto di pompaggio acqua e recupero di energia, rispettivamente dei pozzi produttivi e reiniettivi.

Il bilancio energetico dell'impianto ORC è riportato in *Tabella 6.4.1a* dove sono stati considerati, i consumi degli ausiliari dell'impianto ORC e il calore disponibile per usi termici.

Tabella 5.4.1a Bilanci di Energia per l'Impianto ORC alle Condizioni di Progetto

Parametri	UdM	Valore
Potenza termica da fluido geotermico ⁽¹⁾	MW	86,3
Potenza elettrica lorda al generatore impianto ORC	MW	8,6
<i>Rendimento elettrico lordo</i>	%	9,96
Potenza elettrica ausiliari impianto ORC (pompa circolazione fluido organico e sistema di raffreddamento condensatore)	MW	0.9
Potenza pompe sommerse	MW	2,7
Potenza elettrica netta	MW	5
<i>Rendimento elettrico netto</i>	%	5,79
<i>Potenza termica disponibile per teleriscaldamento⁽²⁾</i>	MW	55.5

(1) Calcolata tra la temperatura in ingresso e la temperatura di 70 °C

(2) Calcolata tra la temperatura di 70°C a valle scambiatore e 25 °C

(3)

L'impianto di recupero energia idraulica permetterà, una volta realizzato di recuperare 1,2 MW in condizioni nominali.

5.4.2 *Approvvigionamento Idrico*

L'acqua geotermica, che costituisce in effetti la vera e propria materia prima dell'impianto, viene approvvigionata dai pozzi produttivi come descritto ai precedenti paragrafi. La portata di acqua calda geotermica approvvigionata per il funzionamento dell'impianto è di circa 1.050 t/h. La stessa portata di acqua geotermica, a seguito del recupero di calore che avviene nell'impianto ORC, viene reiniettata nel serbatoio geotermico da cui è stata prelevata attraverso appositi pozzi di reiniezione.

Dal bilancio sul serbatoio geotermico si evidenzia quindi che la realizzazione dell'impianto non arreca consumi di acqua geotermica, bensì ne consente il recupero di calore per la produzione di energia elettrica.

Per il funzionamento dell'impianto sperimentale ORC non sono necessari significativi prelievi di acqua industriale e potabile. La necessità di impiego di acqua industriale e potabile sarà infatti da ricondursi alle seguenti attività:

- acqua industriale o potabile:
 - per il saltuario lavaggio di apparecchiature di impianto;
 - per l'accumulo di acqua nel serbatoio del sistema antincendio;
- acqua potabile per servizi igienici.

Si prevede pertanto un consumo di pochi litri/giorno.

L'approvvigionamento dell'acqua necessaria per tali scopi avverrà mediante allacciamento all'acquedotto comunale che serve la vicina zona industriale, viste le contenute quantità richieste dall'impianto.

5.4.3 *Consumo di Materie Prime ed Altri Materiali*

Come descritto nel precedente paragrafo, la principale materia prima necessaria per il funzionamento dell'impianto ORC è l'acqua calda geotermica; a seguito del recupero di calore l'acqua geotermica viene completamente reiniettata nel serbatoio geotermico da cui è stata prelevata.

Per la conduzione dell'impianto ORC sarà necessaria una periodica sostituzione dell'olio lubrificante (circa 1 t/anno) utilizzato per il turbo-espansore e le altre parti in movimento dell'impianto. L'olio esausto sarà conferito ad una ditta specializzata che lo recupererà/smaltirà ai sensi della normativa vigente.

La quantità di isopentano necessaria per reintegrare il circuito è pari a circa 1 kg/giorno ovvero circa 365 kg/anno.

5.4.4 *Uso di Territorio*

La superficie interessata dall'impianto sperimentale ORC sarà di circa 8.200 m².

Al termine della perforazione le piazzole di ciascun pozzo rimarranno recintate, le vasche verranno mantenute e messe in sicurezza con una rete antintrusione.

Di seguito si riporta la superficie recintata di ciascun pozzo:

- Polo Produttivo CG1: circa 5.700 m²;
- Polo Produttivo CG2: circa 6.400 m²;
- Polo Produttivo CG3: circa 6.800 m²;
- Polo di Reiniezione CG14: circa 6.500 m².

5.4.5 *Emissioni in Atmosfera*

L'impianto sperimentale non produrrà, in condizioni di normale esercizio, nessuna emissione convogliata in atmosfera.

5.4.6 *Effluenti Liquidi*

L'impianto non produce effluenti liquidi di processo.

Sotto le aree occupate dalle apparecchiature principali dell'impianto ORC sarà predisposta una rete di raccolta di acqua meteoriche che saranno raccolte e inviate ad un sistema di trattamento che separa le acque di prima pioggia (acque corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 millimetri uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio) da quelle di seconda pioggia e le accumula in una vasca interrata (dimensioni 5m x 2,5m x 2,5m), detta "vasca di prima pioggia", capace di contenere tutta la quantità di acque meteoriche di dilavamento (circa 13 m³) risultante dai primi 5 mm di pioggia caduta sulla superficie scolante di pertinenza dell'impianto (circa 2.650 m²).

In questa vasca le acque subiscono un trattamento di decantazione per la separazione dei solidi sospesi. In abbinamento alla vasca di prima pioggia verrà installato un disoleatore, munito di filtro a coalescenza, dimensionato secondo la norma UNI EN 858 parte 1 e 2.

Le acque di seconda pioggia e quelle di prima pioggia in uscita dal disoleatore verranno recapitate mediante la tubazione di scarico alla fognatura bianca dell'area industriale.

Nella *Tavola 7* si riporta la planimetria dell'impianto ORC con la rete di raccolta acque meteoriche.

Nel caso si rendesse necessario svuotare le tubazioni di connessione pozzi-impianto ORC per manutenzione, il fluido geotermico, come descritto precedentemente, sarà aspirato mediante autobotti dai dreni installati nei punti delle tubazioni che si trovano alle quote più basse, stoccato nelle vasche di acqua sui pozzi produttivi e reiniettato.

5.4.6.1 Rumore

Fase di cantiere

Le sorgenti (con l'indicazione delle relative potenze sonore) che si possono riferire alla fase di cantiere per la costruzione dell'impianto ORC sono riportate nella seguente tabella:

Tabella 5.4.6.1a Potenza Sonora delle Principali Sorgenti in Fase di Cantiere

Num	Descrizione Sorgente	Tipo Sorgenti	Potenza Sorgente dB(A)
S9-C	Escavatore	Puntiforme	107
S10-C	Pala gommata	Puntiforme	105
S11-C	Gru a torre	Puntiforme	98
S12-C	Gruppo elettrogeno	Puntiforme	97
S13-C	Betoniera	Puntiforme	105

La caratterizzazione acustica delle sorgenti relative ai mezzi e macchinari per le costruzioni edili (S9-S13) sono riconducibili ai limiti massimi imposti dalla normativa di riferimento "concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto" Direttiva 2000/14/CE modificata con provvedimento europeo 2005/88/CE. I limiti massimi permettono di poter considerare lo scenario peggiore identificabile in cantiere considerando anche la contemporaneità dell'uso di tutti i macchinari. Tale contemporaneità è da intendersi come scenario teorico peggiore, difficilmente riscontrabile nella realtà del futuro cantiere.

Fase di esercizio

Le principali sorgenti di emissione sonora dell'impianto ORC sono le seguenti:

- Condensatore del vapore;
- Gruppo di generazione (Turbine e generatore);
- Pompe di alimento del fluido organico.

Le velocità nelle tubazioni di trasferimento sono dell'ordine di 1,5 m/s e pertanto non in grado di produrre emissioni sonore percepibili. Altrettanto modeste saranno le emissioni sonore delle cabine elettriche sui pozzi di produzione e reiniezione.

Nella *Tabella 5.4.6.1b* è indicata la potenza sonora delle principali sorgenti presenti nella Centrale per la produzione di energia elettrica.

Tabella 5.4.6.1b Principali Sorgenti Sonore dell'Impianto ORC per la Produzione di Energia Elettrica

Rif. Sorgente	Descrizione	Potenza dBA
S1	Condensatore (n.54 ventilatori)	86 ⁽¹⁾
S2	Gruppo Turbine-Generatore	85
S3	Pompe alimentazione fluido (n.2)	90 ⁽²⁾
⁽¹⁾ Il valore è riferito ad un unico ventilatore. ⁽²⁾ Il valore di potenza è riferito alla singola pompa.		

Dalla relazione progettuale emergono dunque i valori di calcolo per la valutazione previsionale:

- S1 – i condensatori del vapore sono collocati ad un'altezza di circa 11 metri dal suolo sulla struttura metallica dell'impianto. Ai fini di un calcolo previsionale che consideri l'aspetto più gravoso del rumore prodotto, sono state considerate n.54 sorgenti puntiformi. La caratterizzazione acustica della sorgente deriva dalle indicazioni del costruttore "ORMAT": per ogni unità nel modello si è assunto un Livello Sonoro Equivalente (ad 1 metro) pari a 75 dB(A). Il valore di potenza sonora emessa (LW) pari a 86 dB(A) è stato calcolato tramite il software previsionale IMMI;
- S2 – le due pompe di alimentazione del fluido sono state considerate come sorgenti di tipo puntiforme posizionate a circa 1 metro da terra. La caratterizzazione acustica della sorgente deriva dalle indicazioni del costruttore "ORMAT": si è assunto un Livello Sonoro Equivalente (ad 1 metro) pari a 95 dB(A). Il valore di potenza sonora emessa (LW) pari a 90 dB(A) è stato calcolato tramite il software previsionale IMMI prendendo in considerazione l'installazione di una struttura di isolamento acustico sull'attrezzatura, in grado di garantire un abbattimento pari a un massimo di 15 dB(A);
- S3 – il gruppo turbina è stato considerato come una sorgente di tipo puntiforme valutata a 1 metro da terra. La caratterizzazione acustica della sorgente deriva dalle indicazioni del costruttore "ORMAT": si è assunto un Livello Sonoro Equivalente (ad 1 metro) pari a 90 dB(A). Il valore di potenza sonora emessa (LW) pari a 85 dB(A) è stato calcolato tramite il software

previsionale IMMI prendendo in considerazione l'installazione di una struttura di isolamento acustico sull'attrezzatura, in grado di garantire un abbattimento pari a un massimo di 15 dB(A).

Le rimanenti sorgenti sonore fanno parte delle attività già presenti in sito e vengono computate all'interno del rumore "residuo" dell'area inteso come situazione di esercizio.

5.4.6.2 Rifiuti

Le tipologie di rifiuti a cui darà luogo l'impianto sono le seguenti:

- olii lubrificanti esausti;
- rifiuti derivanti dalla normale attività di pulizia.

Tali rifiuti saranno smaltiti a norma di legge dalle aziende che effettueranno la manutenzione.

5.5 FASE DI COSTRUZIONE

Le principali fasi per la costruzione dell'impianto in progetto, non considerando la fase di progettazione e costruzione in officina dell'impianto ORC della durata di circa 16 mesi, sono le seguenti:

- Fase 1: preparazione delle aree, realizzazione fondazioni e strutture: *durata circa 2 mesi e mezzo*;
- Fase 2: posa in opera tubazioni: durata circa 4 mesi;
- Fase 3: installazione e montaggio delle parti meccaniche ed elettrostrumentali: *durata circa 5 mesi e mezzo*;
- Fase 4: commissioning, messa in servizio e test: *durata circa 3 mesi e mezzo*.

Il numero di addetti previsti in cantiere per ciascuna fase di lavoro varierà tra le 20 e le 60 presenze giornaliere.

Il dettaglio delle attività previste per ciascuna fase è riportato di seguito.

5.5.1 Fase 1: Preparazione delle Aree e Realizzazione Fondazioni e Strutture

Le attività previste sono di seguito elencate:

- Recinzione e preparazione dell'area di cantiere;
- Scavi e sbancamenti;
- Realizzazione fondazioni impianto;
- Realizzazione fondazioni cabinato con quadro comandi;
- Realizzazione fondazioni cabina consegna energia elettrica;
- Realizzazioni reti interrato raccolta acque meteoriche;
- Riempimenti e compattazioni.

Considerando la modesta incidenza delle opere civili i movimenti terra saranno ridotti al minimo e il terreno scavato sarà in parte impiegato per la risistemazione dell'area di sito e in parte riutilizzato nei terreni agricoli limitrofi.

5.5.2 Fase 2: Tubazioni Adduzione e Reiniezione

Le tubazioni di collegamento tra pozzi ed impianto ORC verranno realizzate in acciaio, saranno preisolate e saranno interrate con l'applicazione delle modalità di posa standard, che prevedono la seguente sequenza di attività:

- esecuzione della pista di lavoro;
- sfilamento dei tubi lungo la pista;
- saldatura dei tubi;
- controlli non distruttivi sulle saldature;
- rivestimento dei giunti di saldatura;
- posa della condotta;
- pretensionamento;
- copertura dei tubi con sabbia esente da pietre fino a 100 mm al di sopra della generatrice superiore del rivestimento esterno del tubo;
- compattatura sabbia;
- rinterro;
- ripristino condizioni ambientali precedenti la realizzazione dell'opera.

5.5.3 Fase 3: Montaggi Meccanici ed Elettro-Strumentali

Le attività previste sono di seguito elencate:

- Montaggi meccanici ed elettro-strumentali dell'impianto a ciclo binario e degli ausiliari: scambiatori di calore, condensatore ad aria, tubazioni e pompe di ricircolo fluido organico, turbo-espansori e generatore energia elettrica;
- Montaggi meccanici ed elettro-strumentali scambiatore predisposto per il teleriscaldamento;
- Montaggio della cabina di consegna dell'energia elettrica;
- Montaggio della cabina con il quadro di controllo dell'impianto.

5.5.4 Fase 4: Commissioning, Messa in Servizio e Test

Le attività previste per questa fase sono di seguito elencate:

- Commissioning e avviamento dell'impianto ORC;
- Commissioning e avviamento impianti meccanici;
- Commissioning e avviamento impianti elettrici e montanti di macchina;
- Commissioning e avviamento impianti strumentali e DCS;
- Prove di avviamento e test funzionali;
- Prove di performance.

5.5.5 *Cronoprogramma*

Si prevede di realizzare l'intero progetto in circa 24 mesi a partire dalla data di ottenimento di tutte le autorizzazioni in accordo al cronoprogramma riportato in *Figura 5.5.5a*.

5.5.6 *Movimento Terra*

Come si vedrà dalle tabelle seguenti, sia per l'impianto ORC che per le tubazioni, il terreno scavato verrà riutilizzato in loco, per i rinterri e le sistemazioni interne all'area di cantiere e la parte eccedente sarà utilizzata nei campi agricoli adiacenti.

Sussistono dunque le seguenti condizioni:

- si prevede il completo riutilizzo del terreno scavato allo stato naturale "in situ";
- il suolo coinvolto dagli scavi risulta non contaminato, in quanto ad oggi utilizzato per esclusivi scopi agricoli.

Tali condizioni rispondono a quanto disposto dall'art. 185 comma 1) lettera c) del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e quindi non risulta applicabile il D.M. 161/2012.

Qualora si verificasse la necessità di un riutilizzo del terreno altrove sarà predisposto il Piano di Utilizzo (ai sensi del D.M. 161/2012) in accordo alla modulistica predisposta dal Comune competente.

5.5.6.1 **Impianto ORC**

Gli scavi saranno eseguiti secondo gli elaborati di progetto esecutivo e della relazione geologica e geotecnica esecutiva, nonché secondo le particolari prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo.

Nella esecuzione degli scavi in genere si procederà in modo da impedire scoscendimenti e franamenti. Gli scavi saranno opportunamente puntellati e dotati di robuste armature. Ove necessario saranno eseguite armature continue a "cassa chiusa".

Le volumetrie indicative degli scavi e dei riporti sono riportati nella seguente Tabella.

Tabella 5.5.6.1a Bilancio Scavi Riporti

Scavi	Volume (m ³)	Note
Materiale da Scavo di scotico	2.500	Scavo dei primi 30 cm di terra nell' area d'impianto che verrà utilizzato, preve analisi di controllo, nei campi agricoli adiacenti all'impianto .
Materiale da Scavo di sbancamento	1.600	Vengono sbancate tutte le aree interessate dalle fondazioni/basamenti delle macchine e dei cabinati.
Rinterri necessari	1050	Effettuato con terreno proveniente da scavi di sbancamento.
Terreno residuo	570	Verrà utilizzato nei campi agricoli adiacenti all'impianto.
Inerti per ossatura area di impianto	1400	Spessore ossatura 0,3 m.

Il terreno vegetale proveniente dallo scotico dei primi 30 cm dell'area d'impianto, pari a 2.500 m³, verrà utilizzato, preve analisi di controllo, nei terreni agricoli circostanti l'impianto. Si specifica che attualmente il sito d'impianto è utilizzato ai fini agricoli.

Anche il terreno residuo risultante dagli scavi di sbancamento, pari a 600 m³, verrà utilizzato nei terreni agricoli circostanti l'impianto.

5.5.6.2 Tubazioni

Gli scavi saranno eseguiti secondo gli elaborati di progetto esecutivo e della relazione geologica e geotecnica esecutiva, nonché secondo le particolari prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo.

Nella esecuzione degli scavi in genere si procederà in modo da impedire scoscendimenti e franamenti. Gli scavi saranno opportunamente puntellati e dotati di robuste armature.

Come già detto al § 5.2.4 gli scavi delle tubazioni varieranno in funzione del diametro della tubazione e a seconda che il tracciato si sviluppi su terreni agricoli oppure su strada.

I tubi una volta posati saranno coperti con sabbia esente da pietre fino a 100 mm al di sopra della generatrice superiore del rivestimento esterno del tubo.

Come detto, il terreno proveniente dagli scavi eseguiti nelle aree agricole sarà successivamente utilizzato per il rinterro: la parte eccedente verrà utilizzata uniformemente sul terreno agricolo circostante, preve analisi di controllo.

Il terreno proveniente dagli scavi eseguiti lungo la viabilità esistente asfaltata sarà interamente conferito a impianti di smaltimento/recupero: i rinterri verranno eseguiti mediante materiale arido di cava reperito da fornitori locali per conferire allo scavo la consistenza necessaria a sopportare il carico stradale. Alla fine dei lavori il manto stradale sarà completamente ripristinato.

Il terreno proveniente dallo scavo lungo la strada comunale sterrata che collega strada Contrada Torraccia a via del Poderetto verrà in parte riutilizzato per il rinterro della tubazione e la parte eccedente sarà riutilizzata per risistemare il piano della strada.

Le volumetrie indicative degli scavi e dei riporti per la posa delle tubazioni sono riportati nella seguente Tabella (per i tratti delle tubazioni ci si riferisca alla *Tavola 8* e alla *Figura 5.2.4a*).



Tabella 5.5.6.2a Bilancio Scavi Riporti

Tratto	Scavi	Volume (m ³)	Note
<i>T-CG1 (tracciato interamente su area agricola)</i>			
	Materiale da Scavo	1038	
	Sabbia di riempimento	270	
	Rinterro	708	Effettuato con materiale risultante dagli scavi
	Terreno residuo	330	Verrà sparso nei campi agricoli attraversati dalla tubazione
<i>T-CG2 (tracciato interamente su area agricola)</i>			
	Materiale da Scavo	2775	
	Sabbia di riempimento	693	
	Rinterro	1942	Effettuato con materiale risultante dagli scavi
	Terreno residuo	833	Verrà sparso nei campi agricoli attraversati dalla tubazione
<i>T-CG2 (tracciato interamente su area industriale)</i>			
	Materiale da Scavo	332	
	Sabbia di riempimento	86	
	Rinterro	227	Effettuato con materiale risultante dagli scavi
	Terreno residuo	105	Verrà sparso nei campi agricoli attraversati dalla tubazione
<i>T-CG2-1 (tracciato interamente su strada asfaltata)</i>			
	Materiale da Scavo	983	
	Sabbia di riempimento	359	
	Materiale arido di cava di riempimento	532	Effettuato con materiale risultante dagli scavi
	Terreno residuo	450	Verrà conferito a centri autorizzati per recupero/smaltimento
<i>T-CG14 (tracciato su terreno agricolo)</i>			
	Materiale da Scavo	4086	
	Sabbia di riempimento	1204	
	Rinterro	2565	Effettuato con materiale risultante dagli scavi
	Terreno residuo	1520	Verrà utilizzato nei campi agricoli attraversati dalla tubazione
<i>T-CG14 (tracciato su strada comunale sterrata)</i>			
	Materiale da Scavo	2389	
	Sabbia di riempimento	907	
	Rinterro	1243	Effettuato con materiale risultante dagli scavi
	Terreno residuo	1146	Verrà utilizzato per risistemare il piano della strada

5.5.7 **Materiali**

I materiali utilizzati in cantiere per la realizzazione delle opere saranno prelevati da cave e centrali di betonaggio ubicate nelle vicinanze, e soprattutto per le seconde, ad una distanza non superiore ai 30/40 minuti di viaggio.

Tale prescrizione risulta fondamentale al fine di non fornire un prodotto ammalorato dal lungo trasporto soprattutto durante i periodi estivi.

Il consumo di acqua sarà minimo in quanto il calcestruzzo sarà trasportato sul luogo di utilizzo già pronto per l'uso. L'acqua necessaria sarà esclusivamente quella utilizzata per la bagnatura delle aree di cantiere. Tale acqua verrà approvvigionata dall'acquedotto presente nella zona industriale.

Tutti gli altri materiali edili saranno forniti in funzione dei contratti di fornitura stipulati con le imprese realizzatrici.

5.5.8***Mezzi di Cantiere***

La realizzazione del nuovo impianto richiederà l'utilizzo di macchine di trasporto ed operatrici, che verranno impiegate nel periodo dei lavori di costruzione in maniera diversificata secondo le effettive necessità. In particolare, verranno utilizzate le seguenti macchine:

- autocarri;
- autobetoniere;
- escavatori;
- pale meccaniche;
- attrezzature specifiche in dotazione alle imprese esecutrici quali carrelli elevatori, piega ferri, saldatrici, flessibili, seghe circolari, martelli demolitori, ecc.

6

INVESTIMENTI PREVISTI

Il costo complessivo del progetto è di circa 32 MI euro così ripartito:

Tabella 6a Costi dell'Investimento

Voci di Costo	Euro
<i>Costo dei Lavori</i>	
Contratto EPC per Realizzazione 3 Postazioni di sonda e 5 pozzi di Produzione (perforazione, pompe immerse, prove e completamento con pompe immerse)	6.493.000
Contratto EPC per Realizzazione 1 Postazione di sonda e 4 pozzi di Reiniezione (perforazione, prove e completamento per recupero energia)	8.725.000
Contratto EPC per Impianto Produzione Energia Elettrica incluso Tubazioni Interrate e Elettrodotto di Collegamento	15.700.000
<i>Spese generali</i>	
Costi di Sviluppo (SIA, Progettazione Definitiva, Consulenze, ecc.)	415.000
Direzione Lavori e coordinamento della sicurezza	415.000
Controlli e rilievi (aria, acqua, rumore, microsismica)	165.000
TOTALE	32.363.000

7 **REMISSIONE IN PRISTINO DELLE AREE AL TERMINE DEI LAVORI**

Alla fine della sua vita tecnica, stimabile in oltre 25 anni, si procederà alla dimissione dell'impianto ORC e delle opere connesse, per la quale si prevedono le seguenti fasi:

1. smontaggio e bonifica degli impianti e degli equipaggiamenti;
2. demolizione delle opere civili e delle tubazioni;
3. chiusura mineraria dei pozzi produttivi e reiniettivi.

7.1 **SMONTAGGIO E BONIFICA DEGLI IMPIANTI E DEGLI EQUIPAGGIAMENTI**

Questa prima fase comprenderà tutte le attività necessarie per mettere a piè d'opera le componenti d'impianto e assicurarne la bonifica dagli agenti in grado di determinare qualsiasi rischio.

L'operazione, condotta da ditte specializzate, consisterà nella ripulitura delle parti di impianto venute a contatto con agenti inquinanti e nello smaltimento a norma di legge dei rifiuti raccolti. Gli impianti e gli equipaggiamenti bonificati saranno quindi lasciati aperti nel sito per l'ispezione da parte delle autorità pubbliche competenti.

Gli oli lubrificanti utilizzati negli impianti della Centrale saranno recuperati e inviati al Consorzio Smaltimento Olii Esausti. Altri materiali di consumo verranno restituiti ai rispettivi fornitori.

Il fluido organico utilizzato come fluido di lavoro sarà riutilizzato o altrimenti avviato al recupero.

7.2 **DEMOLIZIONE DELLE OPERE CIVILI**

In base alla normativa vigente al momento attuale, una volta ottenuta dalle autorità competenti la dichiarazione di avvenuta bonifica di impianti ed equipaggiamenti e parere sanitario favorevole, sarà possibile presentare all'autorità comunale specifico Piano di Demolizione.

Ottenutane l'approvazione, si procederà allo smontaggio delle strutture metalliche e alla demolizione delle opere civili in calcestruzzo.

Le operazioni, condotte da ditte specializzate, consisteranno nello smontaggio delle strutture metalliche, nella loro riduzione a membrature di dimensioni idonee al trasporto e nella demolizione meccanica delle opere in calcestruzzo armato (opere in elevazione e fondazioni) con l'utilizzo di apposite macchine operatrici.

Le fondazioni saranno demolite e tutti i residui di demolizione saranno suddivisi per tipologia e destinati al riutilizzo secondo necessità e possibilità.

Le parti metalliche, compresi gli impianti e gli equipaggiamenti bonificati, saranno riutilizzate come rottami ferrosi e ceduti a fonderie. Le parti in calcestruzzo saranno invece cedute a ditte specializzate che procederanno alla loro macinazione per separare il ferro di armatura dal calcestruzzo sminuzzato.

Il ferro di armatura sarà quindi recuperato come le parti metalliche, mentre il macinato di calcestruzzo potrà essere utilizzato come materiale inerte da costruzione, per esempio per sottofondi stradali, o, se non richiesto, avviato in discarica di tipo 2A.

Concluse le operazioni di demolizione e di allontanamento dei residui, l'area sarà completamente ripulita e predisposta per gli eventuali utilizzi previsti.

7.3

CHIUSURA MINERARIA DEI POZZI PRODUTTIVI E REINIETTIVI

Scopo della chiusura mineraria è di ripristinare l'isolamento delle formazioni attraversate dal sondaggio, e permettere la rimozione delle strutture di superficie (valvole di testa pozzo) senza pregiudicare l'efficacia dell'isolamento dei fluidi endogeni rispetto alla superficie.

La realizzazione della chiusura mineraria avviene mediante riempimento del foro, almeno a tratti, con malta di cemento di opportuna composizione.

È buona norma ai fini della sicurezza disporre uno dei tappi di cemento nell'intorno delle "scarpe" dei casing e liner. In alcuni casi è necessario inserire anche speciali attrezzature (packer), atte a garantire con maggiore efficacia rispetto al solo cemento l'isolamento dei fluidi contenuti negli strati sottostanti.

Nel caso dei pozzi in esame, dovendo procedere ad operazioni di chiusura mineraria, non si prevede l'utilizzazione di particolari attrezzature stante la semplicità e la non pericolosità del campo anche in accordo ad una lunga esperienza di realizzazione di chiusure minerarie .

Al termine della chiusura mineraria si procederà al ripristino delle condizioni originali asportando le opere in cemento e lasciando l'area nelle stesse condizioni di origine.

ELENCO TAVOLE E ALLEGATI**TAVOLE**

- **Tavola 1:** Planimetria dell'Impianto Pilota Geotermico su CTR;
- **Tavola 2:** Planimetria dell'Impianto Pilota Geotermico su Foto Area;
- **Tavola 3 (n.4 tavole):** Layout Pozzi - Fase di Perforazione;
- **Tavola 4 (n.4 tavole):** Layout Pozzi - Fase di Esercizio;
- **Tavola 5 (n.2 tavole):** Layout e Vista Impianto ORC;
- **Tavola 6 (n.2 tavole):** Schema di Processo;
- **Tavola 7:** Rete di Raccolta Acque Meteoriche;
- **Tavola 8:** Tipici Sezioni di Scavo per Posa Condotte;
- **Tavola 9:** Cabina di Consegna;
- **Tavola 10:** Schema Elettrico Unifilare.

ALLEGATI

- **Allegato 1:** Relazione Geologica, Geotecnica, Idrologica, Idraulica e Sismica;
- **Allegato 2:** Studio Idrogeologico per la Realizzazione di n. 4 Pozzi per
l'Emungimento di Acqua da Utilizzare per la Perforazione dei Pozzi
Geotermici;
- **Allegato 3:** Modellazione numerica del sistema geotermico di Castel Giorgio;
- **Allegato 4:** Progetto Opere Connesse;
- **Allegato 5:** Scheda di Sicurezza Isopentano.