



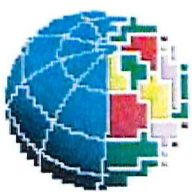

**IschiaGeoTermia S.r.l.**

Codice Fiscale e Partita IVA 07730051211 • Capitale sociale: Euro 10.000 i.v.  
 Attività di Direzione e Coordinamento: ASTA S.p.A.  
 Sede: Via Piffetti, 15 • 10143 Torino • Tel 011 4737401 • Fax 011 480476

**I.G.T. S.r.l.**  
**IL PRESIDENTE**  
 (Ing. Michele Blandino)

**PERMESSO DI RICERCA PER RISORSE GEOTERMICHE  
 FINALIZZATO ALLA SPERIMENTAZIONE DI IMPIANTI PILOTA  
 DENOMINATO "FORIO"**

**Progetto Definitivo e Programma Lavori  
 (Sito di "Serrara Fontana")**

Progettazione Specialistica e Monitoraggio		Progettazione		
 <b>INGV</b> ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA Via Diocleziano, 328 80124 Napoli Sezione di Napoli Osservatorio Vesuviano		 <b>STEAM</b> SISTEMI ENERGETICI AMBIENTALI Lungarno Mediceo, 40 I - 56127 Pisa		
DATA	CODICE PROGETTO			REVISIONE
Maggio 2015	P15_GAV_003			REV.0
Progetto	Redatto da	Visto da	Approvato da	DATA
P15_GAV_003	PB - RB - SC	RC-GD	RC	20/05/2015

IL PRESENTE DOCUMENTO NON PUO' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, INTUTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA ISCHIAGEOTERMIA S.R.L. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.  
 THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF ISCHIAGEOTERMIA S.R.L. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTE BY LAW.

**PERMESSO DI RICERCA PER IMPIANTO PILOTA**

**GEOTERMICO "FORIO"**

**SITO DI "SERRARA FONTANA" (NA)**

**Progetto Definitivo e Programma Lavori**

*Preparato per:*  
**Ischia GeoTermia Srl**

Febbraio 2015

*Codice Progetto:*  
P15\_GAV\_003

Revisione: 0

**Ing. RICCARDO CORSI**  
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA  
N° 869 Sezione A  
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE  
INDUSTRIALE



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



STEAM

## **INDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO</b>	<b>1</b>
1.1	<i>IL PERMESSO DI RICERCA E LA SCELTA DELL'AREA DI PRODUZIONE</i>	1
1.2	<i>L'IMPIANTO PILOTA</i>	3
1.3	<i>I POZZI</i>	3
1.4	<i>CARATTERISTICHE INNOVATIVE DEL PROGETTO</i>	4
<b>2</b>	<b>IL CAMPO GEOTERMICO</b>	<b>6</b>
2.1	<i>CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA GENERALE</i>	6
2.2	<i>CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DI DETTAGLIO DELL'AREA DI RICERCA (SERRARA FONTANA)</i>	10
2.3	<i>CARATTERIZZAZIONE GEOTERMICA DI DETTAGLIO DELL'AREA DI RICERCA (SERRARA FONTANA)</i>	13
2.4	<i>CARATTERISTICHE PRODUTTIVE DELL'AREA DI PROGETTO</i>	16
2.4.1	<i>Descrizione dell'Assetto Stratigrafico e Termico dell'Area Interessata dai Pozzi in Progetto</i>	16
2.4.2	<i>Caratteristiche Produttive del Serbatoio Geotermico</i>	16
2.5	<i>CARATTERISTICHE CHIMICHE DEL FLUIDO</i>	17
2.6	<i>SCELTA DEL NUMERO E DELL'UBICAZIONE DEI POZZI</i>	21
2.6.1	<i>Previsioni degli effetti della produzione/reiniezione sul comportamento del sistema geotermico</i>	22
2.6.2	<i>Sismicità Indotta e Subsidenza</i>	23
2.6.3	<i>Pressione di Reiniezione e di Produzione</i>	24
2.6.4	<i>Pressione di testa pozzo</i>	25
<b>3</b>	<b>CONDIZIONI LOCALI E COLLOCAZIONE DELL'IMPIANTO</b>	<b>26</b>
3.1	<i>CARATTERIZZAZIONE DELLE CONDIZIONI LOCALI</i>	26
3.1.1	<i>Climatologia</i>	26
3.1.2	<i>Sismicità</i>	27
3.2	<i>UBICAZIONE DELL'IMPIANTO E DEI POZZI PRODUTTIVI</i>	28
3.2.1	<i>Criteri di Scelta</i>	28
3.2.2	<i>Scelta Finale</i>	29
3.2.3	<i>Riferimenti Catastali</i>	29
<b>4</b>	<b>PROGETTO DELLA POSTAZIONE DI PERFORAZIONE</b>	<b>30</b>
4.1	<i>CRITERI DI PROGETTO</i>	30
4.1.1	<i>Aspetti Funzionali della Postazione di Sonda</i>	32
4.1.2	<i>Materie Prime</i>	35
4.2	<i>BILANCIO SCAVI RIPORTI</i>	36
<b>5</b>	<b>PROGETTO DEI POZZI</b>	<b>37</b>
5.1	<i>POZZI PRODUTTIVI E POZZO REINIETTIVO</i>	37



5.2	<b>CARATTERISTICHE TECNICO COSTRUTTIVE DEI POZZI</b>	<b>38</b>
5.3	<b>CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO DI PERFORAZIONE</b>	<b>41</b>
5.3.1	<b>Descrizione Delle Operazioni Di Perforazione</b>	<b>43</b>
5.4	<b>TECNOLOGIA DI PERFORAZIONE E PREVENZIONE RISCHI DURANTE LA PERFORAZIONE</b>	<b>47</b>
5.4.1	<b>Il Fango di Perforazione</b>	<b>47</b>
5.4.2	<b>Condizioni di Sicurezza durante la Perforazione</b>	<b>48</b>
5.4.3	<b>Uso di Risorse in Fase di Perforazione</b>	<b>53</b>
5.5	<b>RIFIUTI E RESIDUI</b>	<b>55</b>
5.5.1	<b>Detriti e Fango Esausto</b>	<b>55</b>
5.5.2	<b>Rifiuti da Attività di Cantiere</b>	<b>56</b>
5.5.3	<b>Effluenti Liquidi</b>	<b>56</b>
5.6	<b>EMISSIONI SONORE DA IMPIANTO DI PERFORAZIONE</b>	<b>57</b>
5.7	<b>MEZZI DI CANTIERE E TRAFFICO INDOTTO</b>	<b>57</b>
5.8	<b>CARATTERIZZAZIONE PRODUTTIVA DEI POZZI</b>	<b>58</b>
5.9	<b>TEMPI DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI</b>	<b>61</b>
5.10	<b>COMPLETAMENTO DEI POZZI E RIPRISTINO DELLA POSTAZIONE</b>	<b>62</b>
5.10.1	<b>Esito Positivo della Perforazione (Pozzi Produttivi)</b>	<b>62</b>
5.10.2	<b>Esito Negativo della Perforazione (Pozzi Sterili)</b>	<b>63</b>
6	<b>LA CENTRALE DI PRODUZIONE</b>	<b>66</b>
6.1	<b>CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE</b>	<b>66</b>
6.2	<b>DESCRIZIONE DEL PROGETTO</b>	<b>67</b>
6.2.1	<b>Descrizione Generale</b>	<b>67</b>
6.2.2	<b>Tubazioni di trasporto del fluido geotermico</b>	<b>68</b>
6.2.3	<b>Separatore liquido/vapore</b>	<b>70</b>
6.2.4	<b>Impianto ORC</b>	<b>70</b>
6.2.5	<b>Sistema di Estrazione e Reiniezione Gas Incondensabili</b>	<b>72</b>
6.2.6	<b>Ausiliari di Impianto</b>	<b>72</b>
6.2.7	<b>Opere Civili</b>	<b>78</b>
6.3	<b>COLLEGAMENTO ELETTRICO</b>	<b>81</b>
6.4	<b>PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO PILOTA</b>	<b>81</b>
6.4.1	<b>Bilancio Energetico</b>	<b>81</b>
6.4.2	<b>Approvvigionamento Idrico</b>	<b>82</b>
6.4.3	<b>Consumo di Materie Prime ed Altri Materiali</b>	<b>82</b>
6.4.4	<b>Uso di Territorio</b>	<b>83</b>
6.4.5	<b>Emissioni in Atmosfera</b>	<b>83</b>
6.4.6	<b>Effluenti Liquidi</b>	<b>83</b>
6.5	<b>FASE DI COSTRUZIONE</b>	<b>86</b>
6.5.1	<b>Fase 1: Preparazione delle Aree e Realizzazione Fondazioni e Strutture</b>	<b>86</b>
6.5.2	<b>Fase 2: Montaggi Meccanici ed Elettro-Strumentali</b>	<b>87</b>
6.5.3	<b>Fase 3: Commissioning, Messa in Servizio e Test</b>	<b>87</b>
6.5.4	<b>Movimento Terra</b>	<b>87</b>
6.5.5	<b>Materiali</b>	<b>88</b>
6.5.6	<b>Mezzi di Cantiere</b>	<b>89</b>



<b>7</b>	<b>CRONOPROGRAMMA</b>	<b>90</b>
<b>8</b>	<b>INVESTIMENTI PREVISTI</b>	<b>92</b>
<b>9</b>	<b>REMISSIONE IN PRISTINO DELLE AREE AL TERMINE DEI LAVORI</b>	<b>93</b>
<b>9.1</b>	<b>SMONTAGGIO E BONIFICA DEGLI IMPIANTI E DEGLI EQUIPAGGIAMENTI</b>	<b>93</b>
<b>9.2</b>	<b>DEMOLIZIONE DELLE OPERE CIVILI</b>	<b>93</b>
<b>9.3</b>	<b>CHIUSURA MINERARIA DEI POZZI PRODUTTIVI E REINIETTIVI</b>	<b>94</b>
<b>9.4</b>	<b>STIMA DEI COSTI</b>	<b>94</b>
<b>10</b>	<b>ELENCO TAVOLE E ALLEGATI</b>	<b>96</b>
<b>11</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>97</b>



## 1 **INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO**

Il presente documento descrive il progetto definitivo dell'*Impianto geotermico pilota* denominato "Serrara Fontana", così come definito *dall'art.9 del D.Lgs. n. 28 del 03/03/2011, che la società IGT intende realizzare nel territorio comunale di Serrara Fontana (isola di Ischia in provincia di Napoli).*

L'impianto di "Serrara Fontana" fa parte di una richiesta di Permesso di Ricerca per due impianti pilota denominato "Forio" che la società Taddei Green Power successivamente trasformatasi in IschiaGeotermia (IGT srl) ha presentato in data 20/02/2012 ai sensi del *D.Lgs. n. 28 del 03/03/2011.*

Il programma lavori associato alla richiesta di Permesso di Ricerca è stato esaminato dalla commissione per gli Idrocarburi e le Risorse Minerarie (CIRM) del Ministero dello Sviluppo Economico che ha espresso parere favorevole in data 03/07/2012, consigliando di procedere ad un progetto maggiormente definito, attento all'ambiente e alle caratteristiche della zona.

La presente relazione accoglie le indicazioni della commissione CIRM definendo in maggior dettaglio il progetto e il sito di sfruttamento. Vengono pertanto fornite le caratteristiche progettuali che riguardano:

- l'identificazione accurata dell'area di produzione e reiniezione diversa da quelle originariamente indicate;
- l'identificazione di un sito per il posizionamento dell'impianto pilota in prossimità dei pozzi produttivi nel Comune di Serrara Fontana;
- la descrizione della tecnologia di produzione; i pozzi produttivi erogheranno naturalmente una miscela di liquido e vapore che sarà successivamente reiniettata.

### 1.1 **IL PERMESSO DI RICERCA E LA SCELTA DELL'AREA DI PRODUZIONE**

In *Figura 1.1a* si riporta l'estensione (36,78 km<sup>2</sup>) e l'ubicazione dell'area del Permesso di Ricerca di Risorse Geotermiche finalizzato alla sperimentazione di Impianti Pilota denominato "Forio", che interessa i comuni di: Ischia, Forio, Barano d'Ischia, Serrara Fontana, Lacco Ameno, Casamicciola Terme. Nella stessa figura sono anche individuate le opere facenti parte dell'Impianto Pilota (postazione di perforazione ed impianto ORC) da cui si evince che esso sarà localizzato interamente nel territorio comunale di Serrara Fontana (NA).

Soltanto il cavidotto di collegamento alla rete elettrica interesserà anche un secondo comune, quello di Forio (NA).





La localizzazione del progetto “Serrara Fontana” su CTR è mostrata in *Figura 1.1b* e su foto aerea (ortofoto) nella *Figura 1.1c*.

Considerando la densità di popolazione e la rilevanza paesaggistica e turistica dell'isola, la scelta della collocazione dell'impianto e dei pozzi è stata determinata cercando di identificare, nell'ambito delle aree geologicamente più interessanti, quelle che, anche da un punto di vista ambientale risultino più accettabili.

I criteri generali che hanno ispirato la ricerca dei siti, oltre ad evitare il più possibile le aree vincolate (l'intera Isola di Ischia è soggetta a vincolo paesaggistico), sono stati i seguenti:

- preferire i 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 il più possibile 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 e dei pozzi, nella fase successiva.

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.

Sulla base delle considerazioni di cui sopra è stata individuata l'area mostrata nelle *figure 1.1b* e *1.1c* per la quale si è previsto la realizzazione di una postazione di perforazione denominata SF\_1 in cui saranno perforati n. 2 pozzi produttivi e n.1 pozzo reiniettivo: l'area risulta libera ed incolta. La postazione si trova nel Comune di Serrara Fontana, circa 1 km a Nord Ovest del centro abitato omonimo. Essa si colloca in prossimità dell'area di ubicazione dell'Impianto ORC. L'accesso alla postazione SF1 è garantito direttamente da Via Falanga; l'impianto ORC: l'area risulta libera ed incolta. Anch'essa si trova nel Comune di Serrara Fontana ed è direttamente accessibile da Via Falanga.

La soluzione progettuale descritta, che prevede la realizzazione di un'unica postazione di perforazione, consente di minimizzare l'ingombro delle opere in superficie, con indubbi vantaggi dal punto di vista ambientale, e di semplificare, concentrare e razionalizzare la gestione dell'intero impianto di produzione e reiniezione.

Le tubazioni per il trasporto del fluido geotermico saranno interrato e di lunghezza ridotta, data la vicinanza tra i due siti; esternamente alle postazioni le tubazioni saranno posate lungo Via Falanga.

## 1.2 L'IMPIANTO PILOTA

L'impianto pilota sarà costituito da:

- pozzi di produzione del fluido geotermico;
- tubazioni di trasporto del fluido;
- centrale di produzione elettrica del tipo Organic Rankine Cycle (ORC);
- pozzo di reiniezione.

La massima capacità produttiva dell'impianto pilota è definita dall'art.1 comma 3bis1 del Decreto Legislativo 11 febbraio 2010, n. 22 e s.m.i. ed è pari a 40.000 MWh annue immesse nel rete elettrica nazionale.

Tenuto conto delle caratteristiche dei pozzi produttivi, del fluido (si veda il successivo Capitolo 2) e della tipologia di impianto, la portata totale di fluido geotermico prevedibile da 2 pozzi produttivi, sufficiente per realizzare la produzione elettrica di cui sopra, è stata stimata in circa 300 t/h (T = 200 °C).

L'impianto immetterà l'energia prodotta nella Rete di Enel distribuzione. In particolare, dal generatore presente nell'impianto, la corrente verrà trasportata mediante un collegamento (circa 10,3 km in cavidotto interrato in media tensione) connesso alla Cabina Primaria di Forio. Per l'ubicazione del tracciato dell'elettrodotto e delle sue specifiche si rimanda all'*Allegato 6 – Progetto Elettrodotto*.

## 1.3 I POZZI

Come accennato al precedente paragrafo, tenuto conto delle caratteristiche di temperatura e pressione del potenziale serbatoio geotermico (si rimanda al *Paragrafo 2.4* per una discussione sull'argomento), si è calcolato il numero di pozzi produttivi necessario che è stato assunto pari a 2, mentre 1 è il pozzo destinato alla reiniezione.

I 2 pozzi produttivi ed il pozzo reiniettivo sono ospitati in un'unica postazione di sonda identificata nella *Tavola 1*, denominata SF1.

La profondità verticale attesa di fondo pozzo è di 1.300 m dal p.c. e la temperatura stimata tra 200 – 220 °C. In questa trattazione si utilizzerà una temperatura di serbatoio pari a 200 °C.

Nella stessa figura è visibile anche il percorso delle tubazioni di trasporto del fluido geotermico.



Il fluido geotermico che fluisce dai pozzi verso la centrale è allo stato bifase, costituito da acqua, vapore e gas.

I fluidi geotermici, una volta estratti e utilizzati nell'impianto ORC per la produzione di energia elettrica ed eventualmente per la cessione di calore per usi civili, industriali e agricoli, verranno totalmente reiniettati nelle formazioni di provenienza.

Pertanto l'impianto in oggetto si configura come "Impianto Pilota", caratterizzato da soluzioni tecnologiche innovative e da un processo di produzione che prevede totale assenza di emissioni nell'ambiente.

#### **1.4**

#### ***CARATTERISTICHE INNOVATIVE DEL PROGETTO***

Il carattere innovativo del progetto riguarda:

- le soluzioni progettuali per assicurare l'assenza di emissioni nelle condizioni di esercizio dell'impianto, tramite reiniezione totale del fluido geotermico ottenuta attraverso la miscelazione dei gas incondensabili e del fluido geotermico raffreddato a valle dello sfruttamento energetico;
- la predisposizione per la produzione elettrica e di calore per usi civili, industriali e agricoli;
- la previsione di un sistema di prevenzione delle incrostazioni da sali di calcio;
- gli aspetti di monitoraggio microsismico;
- l'effettiva durabilità della risorsa geotermica alle condizioni di sfruttamento previste.

In sintesi, la sperimentazione riguarderà lo sfruttamento di n fluido geotermico nel rispetto delle condizioni di sicurezza dell'esercizio dell'impianto verso le persone e l'ambiente a cominciare dall'assenza di emissioni.

La seguente tabella riassume le caratteristiche tecnico-progettuali dell'Impianto Pilota.

**Tabella 1.4a**      **Caratteristiche Tecnico-Progettuali**

<b>CARATTERISTICHE TECNICO-PROGETTUALI DEL PROGETTO ISCHIA - FORIO</b>	
<b>Potenza Elettrica Lorda</b>	5 MWe
<b>Portata del fluido</b>	300 t/h
<b>Salinità del fluido</b>	≈ 5 g/l (NaCl)
<b>Gas incondensabili (% in peso)</b>	0,1 %
<b>Temperatura di Produzione</b>	200 °C
<b>Temperatura di Reiniezione</b>	90 °C
<b>Pozzi Produttivi</b>	N° 2
<b>Portata di ciascun Pozzo Produttivo</b>	150 t/h
<b>Pozzi Reiniettivi</b>	N° 1
<b>Distanza media tra la zone di serbatoio produttiva e reiniettiva</b>	Circa 1,2 Km
<b>Quota dell'Impianto Pilota</b>	526,5 m s.l.m.
<b>Quota della Postazione dei pozzi di Produzione e Reiniezione</b>	519 m s.l.m.
<b>Profondità verticale dei pozzi</b>	1.300 m dal p.c.
<b>Profondità perforata dei pozzi devianti e Scostamento orizzontale</b>	1.450 m dal p.c. 600 m
<b>Tubazioni Gathering</b>	200 m
<b>Elettrodotto MT Interrato</b>	10.132 m

## 2 IL CAMPO GEOTERMICO

### 2.1 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA GENERALE

I dati di sintesi del campo geotermico di Ischia, che vengono riportati nel presente Capitolo, fanno parte di un lavoro più ampio realizzato dai seguenti relatori dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: *S. Carlino, R. Somma, R. Isaia, E. Iannuzzi, R.M. Toccaceli*.

Per l'approfondimento sulle caratteristiche geologiche e geotermiche dell'area si rimanda quindi all'Allegato 1. Altre informazioni di carattere geotecnico e idrogeologico della zona sono riportate in *Allegato 2 – Relazione Geologica*.

L'isola d'Ischia è stata oggetto di numerosi studi e interpretazioni poiché rappresenta, nell'ambito della dinamica vulcano-tettonica e dei processi di risorgenza, un caso esemplare sia per la rapidità delle deformazioni avvenute in passato che per la loro entità. L'isola, infatti, è dominata dalla struttura centrale del blocco del Monte Epomeo (787m s.l.m.), che ha subito un sollevamento differenziale, tra un minimo di 710m e un massimo di 970 m, per la spinta di masse magmatiche poco profonde (*Carlino, 2012; Sbrana et al., 2009*). Il blocco risorgente è delimitato da faglie sub-verticali, di tipo normali, talvolta associate a piccole faglie inverse, formatesi nel corso del sollevamento dell'Epomeo, iniziato tra 55.000 e 33.000 anni fa. Queste strutture bordiere, che hanno isolato un blocco di circa 4x4 km, hanno andamento appenninico (NW-SE) ed anti-appenninico (NE-SW), con strutture importanti allineate anche N-S.

L'isola è caratterizzata da numerose sorgenti calde e fumarole, con temperature in superficie fino ad oltre 100 °C, sviluppate prevalentemente nel settore occidentale e meridionale. Gli studi sul campo termico dell'isola, quelli sulla evoluzione vulcano-tettonica del Monte Epomeo ed i dati geofisici (*Carlino et al., 2006; Sbrana et al., 2009; Paoletti et al., 2009, Carlino, 2012*), fanno ragionevolmente ipotizzare la presenza di un serbatoio magmatico (un laccolite), che a partire da circa 55.000 anni fa ha incrementato il proprio volume e si è impostato fino ad una profondità minima di circa 2 km dal livello del mare, nel settore SW dell'isola. La dinamica di questo laccolite, associata ad un aumento di pressione, ha causato la risalita del blocco del Monte Epomeo, mentre il volume del magma sarebbe aumentato, a partire da 33.000 anni fa, da circa 21 km<sup>3</sup> a circa 80 km<sup>3</sup> nella fase di massimo sollevamento.

Dopo l'ultima fase di attività vulcanica (che inizia circa 10.000 anni fa), questo reservoir magmatico ha subito un progressivo raffreddamento, sia per fenomeni di trasferimento del calore (convettivi e conduttivi) sia per la perdita di fluidi magmatici (*quenching*) che ne hanno innalzato la temperatura del *solidus*. Ne risulta un magma che non è più allo stato fuso, ma si trova in un stato di *mush*, con temperature oltre il punto critico (>374 °C) ma sotto il punto di fusione



PROGETTO

P15\_GAV\_003

TITOLO

ISCHIA GEOTERMIA SRL:  
PERMESSO DI RICERCA PER IMPIANTO PILOTA  
GEOTERMICO DENOMINATO "FORIO".  
PROGETTO DEFINITIVO E PROGRAMMA LAVORI

REV.

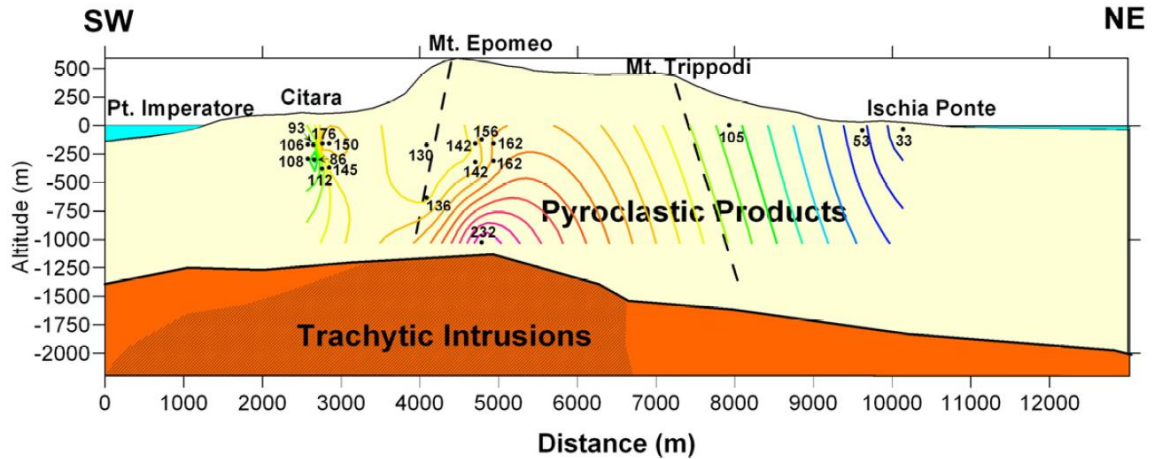
0

Pagina

6

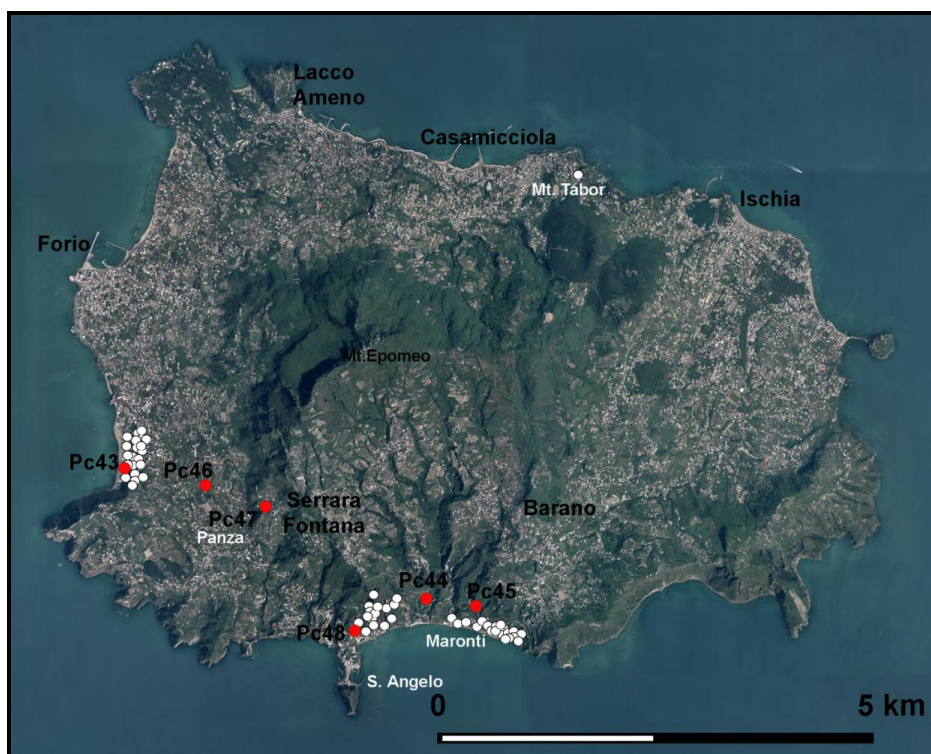
(<700°C). Un possibile schema del sistema magmatico dell'isola è riportato in *Figura 2.1a*.

**Figura 2.1a** *Modello geofisico dell'isola d'Ischia (sezione SW-NE) con indicazione dell'intrusione trachitica e delle temperature misurate dai pozzi profondi e da indagini geofisiche (da Paoletti et al., 2009)*



Gran parte delle informazioni relative allo stato termico dell'isola ed alle potenzialità per l'uso dei fluidi caldi a scopo geotermico, derivano dai dati relativi alle perforazioni geotermiche iniziate dalla Società SAFEN nel 1939. L'ubicazione dei pozzi profondi e superficiali (SAFEN-AGIP) è riportata nella *Figura 2.1b*.

**Figura 2.1b Ubicazione pozzi profondi (in rosso) e superficiali (in bianco) (AGIP, 1987; Carlino et al., 2012)**



I risultati delle perforazioni indicano che il settore più caldo dell'isola si estende poco a sud-ovest del blocco centrale del Monte Epomeo, tra i Comuni di Forio e Serrara Fontana. In questo settore si registra un flusso di calore mediamente  $>550 \text{ mWm}^{-1}$  e gradienti estremamente elevati nella parte più superficiale.

Le termometrie misurate nei pozzi più profondi (Figura 2.1c), localizzati tra Panza (Forio) e Serrara Fontana (settore occidentale e meridionale) indicano la presenza di una robusta circolazione di fluidi in un intervallo di profondità tra circa -150/200 m (sotto il livello del mare) fino a circa -800m. I gradienti più superficiali (tra la quota campagna e 100 - 200 m sotto il livello del mare) sono invece caratteristici di sistemi prevalentemente conduttivi e a minore permeabilità rispetto agli strati sottostanti.

La circolazione idrica sotterranea nell'isola d'Ischia è legata alle dinamiche vulcano-tettoniche che hanno condizionato la messa in posto dei depositi lavici e piroclastici che ne costituiscono i corpi acquiferi principali. Tale circolazione risulta complicata dalle intercalazioni e sovrapposizioni di depositi epiclastici e formazioni sedimentarie di origine marina: si esplica principalmente per infiltrazione nelle fessure e fratture dei termini litoidi dei complessi idrogeologici lavici e tufacei e nei pori dei depositi incoerenti piroclastici. Tale condizione litostrutturale genera una struttura idrogeologica complessa, con deflusso idrico che avviene con falde sovrapposte. Le falde però possono essere in genere ricondotte, a grande scala, ad un'unica circolazione idrica sotterranea, caratterizzata da fenomeni di drenanza e da mescolamenti tra acque di diversa origine.

Il recapito principale dell'idrostruttura è rappresentato, anche in condizioni indisturbate, dal mare. Le temperature della falda misurate nei pozzi posti ad ovest del M. Epomeo risultano relativamente contenute e variano tra i 20 °C ed i 67 °C. Esse diminuiscono procedendo verso la costa, mentre di contro si incrementa il mescolamento con acqua marina, come testimoniato dall'elevata conducibilità (da 5000 a 40.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), indice dell'incremento di salinità.

Il fenomeno è comprovato dalle facies idrochimiche delle acque sotterranee, che passano procedendo verso la costa da una facies di transizione tra acque bicarbonato-alcaline e solfato-clorurato-alcaline, ad una facies clorurato-alcalina, tipica dell'acqua di mare.



PROGETTO

P15\_GAV\_003

TITOLO

ISCHIA GEOTERMIA SRL:  
PERMESSO DI RICERCA PER IMPIANTO PILOTA  
GEOTERMICO DENOMINATO "FORIO".  
PROGETTO DEFINITIVO E PROGRAMMA LAVORI

REV.

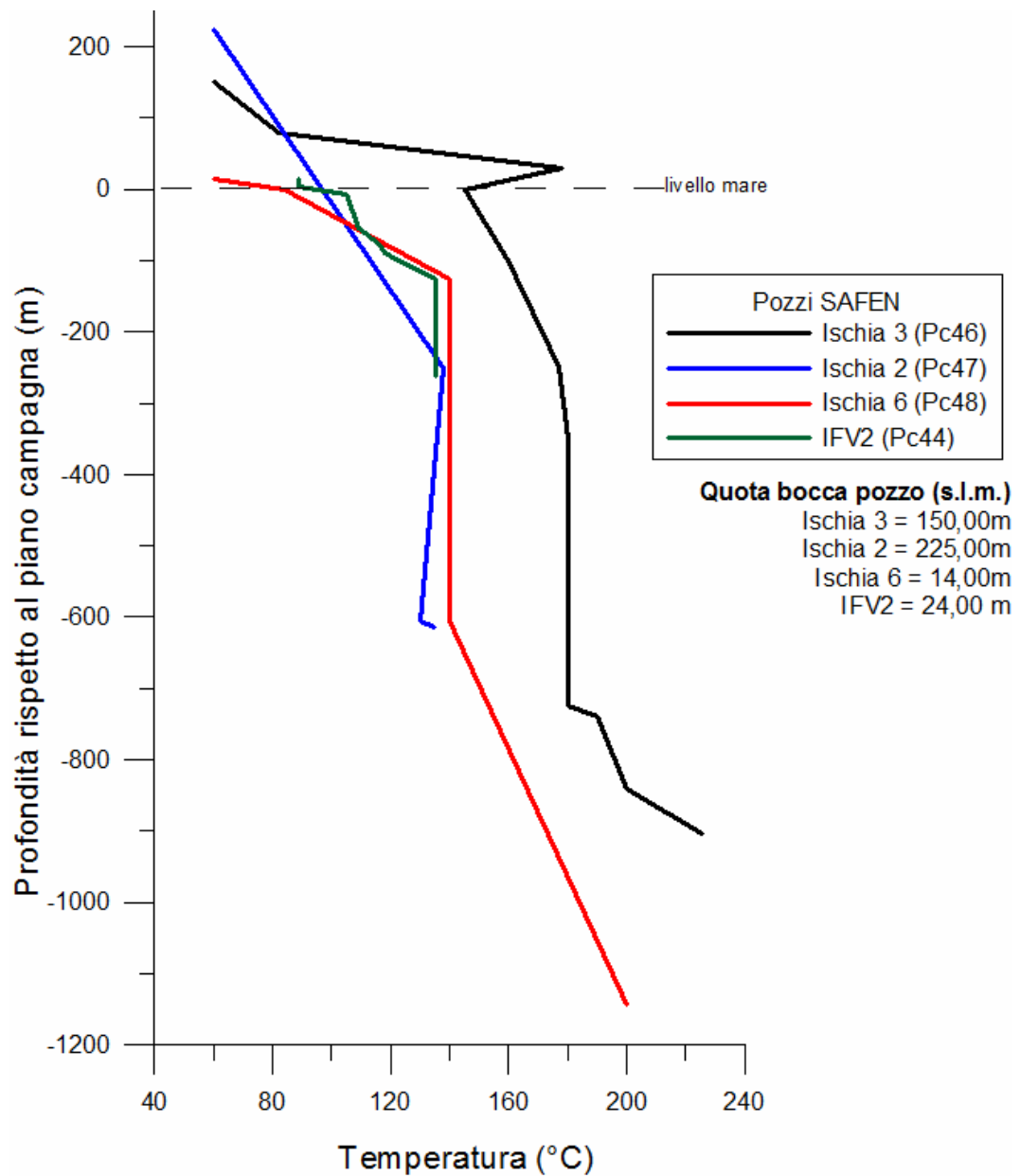
0

Pagina

9



**Figura 2.1c Termometrie misurate nei pozzi profondi SAFEN, localizzati nel settore occidentale e meridionale dell'Isola d'Ischia (Modificato da Carlino et al., 2014).**



## 2.2

### **CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DI DETTAGLIO DELL'AREA DI RICERCA (SERRARA FONTANA)**

L'area del progetto di ricerca ricade nel Comune di Serrara Fontana (località Ciglio), prossima al confine ovest con il Comune di Forio, ad una quota di circa 520 m s.l.m., nel settore occidentale del blocco del Monte Epomeo. Tale settore è bordato da un sistema di faglie con direzione NW-SE, di cui una visibile in superficie proprio in Località Ciglio dove affiora il contatto tra il Tufo Verde del Monte Epomeo e i Tufi di Serrara-Cava Petrella. Tale faglia sub-verticale presenta immersione verso SW e pendenza tra 60° e 70° con ribassamento

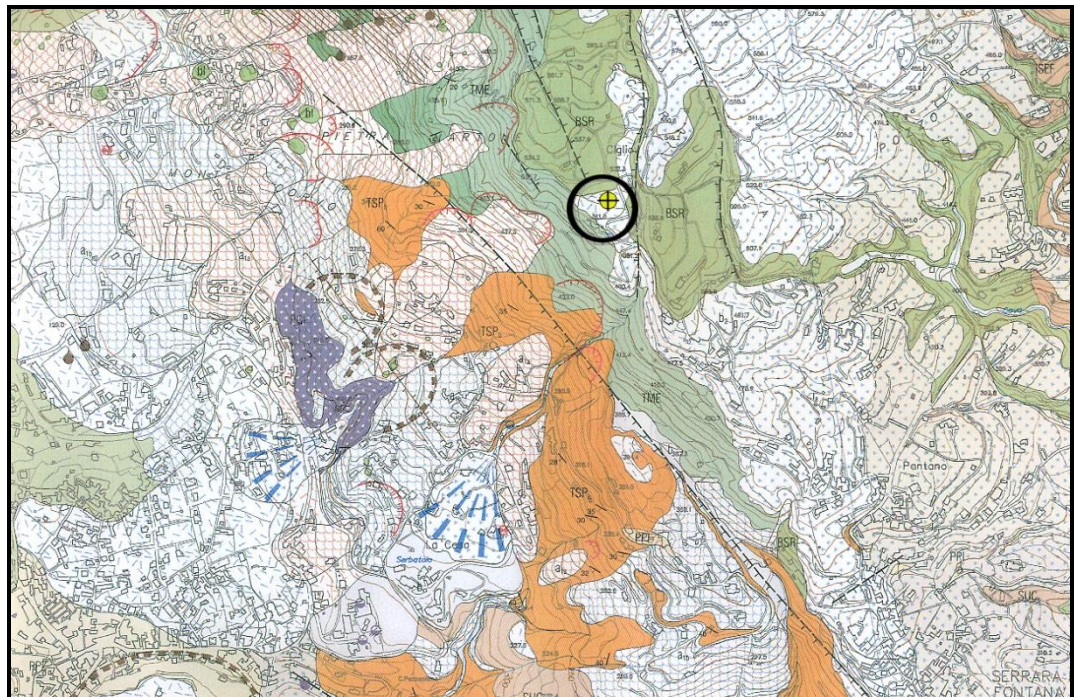
verso i quadranti sud occidentali e rigetto di circa 300 m (Acocella e Funicello, 1999) (Figura 2.2a, b, c; Per un'analisi più approfondita si rimanda all'Allegato 1 – Geologia ed Inquadramento Geotermico).






**Figura 2.2a Localizzazione dell'area occupata dalle opere in progetto (Area in Rosso) su ortofoto dell'isola d'Ischia, con l'ubicazione delle tracce di sezione A-A' e B-B'.**



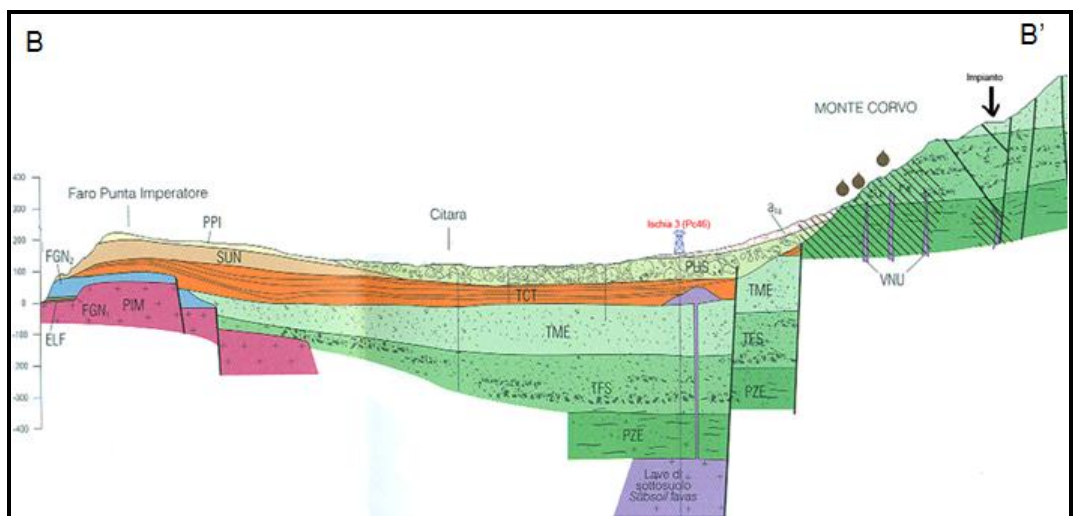


**Figura 2.2b Localizzazione dell'area campo pozzi (cerchio giallo) sulla carta geologica dell'isola d'Ischia (CARG). Si evidenzia un sistema di faglie con andamento NW-SE che ribassano verso SW il blocco del Monte Epomeo.**



-  Depositi tufacei rimaneggiati (depositi di versante e di frana)
-  Scorie di Punta della Cannuccia (lapilli e bombe scoriacee)
-  Depositi tufacei da debris avalanche
-  Tufi di Serrara-Cava petrella
-  Tuffo Verde del Monte Epomeo

**Figura 2.2c Sezione geologica NE-SW (B-B', Figura 2.2a) lungo la direttrice Monte Corvo-Punta Imperatore. Il Tuffo Verde del Monte Epomeo (TME) è ribassato da faglie che bordano il blocco risorgente. (PUS=depositi tufacei rimaneggiati; TFS= tufi di Frassitelli; PZE=tufo di Pizzone; TCT=tufi di Citara; FGN-PM=lave).** Vedi figura 2.3.2 per la traccia della sezione.



L'assetto geologico del campo vulcanico di Ischia, consente di individuare per l'area in cui insiste il progetto il seguente ambito stratigrafico-strutturale e idrogeologico.

L'area si sviluppa alla base del versante sud occidentale del Monte Epomeo, confinato strutturalmente dall'allineamento Punta Imperatore-Ciglio a sud, a Nord dall'allineamento Monte Corvo-Punta delle Pietre Rosse, ad ovest dalla spiaggia di Citara.

Il dettaglio stratigrafico-strutturale, sintetizzato sulla base dei nuovi rilevamenti geologici di superficie (progetto Ca.R.G., Regione Campania, Foglio Ischia), dai dati di perforazioni profonde SAFEN e da dati di sondaggi più superficiali, consente di effettuare la ricostruzione dell'assetto geologico del sottosuolo.

In particolare, per l'area in esame è possibile ricavare il seguente assetto geolitologico generale:

una copertura di tufi rimaneggiati intercalati a depositi di origine mista, quali coltre colluviale di limi sabbiosi ed argillosi, depositi detritici debolmente litificati da massivi, ricchi in matrice sabbiosa e limosa, a strutturati, costituiti da sabbie grossolane, sabbie limose e blocchi di Tufo Verde. Tale copertura ha uno spessore variabile tra decine di metri fino a circa 200 m dal piano campagna; spessori consistenti, da 180 - 200 m circa fino a 800 m -1.000 m dal piano campagna di Tufo Verde, talora intercalato a tufi grigi compatti e livelli di lava trachitica, da scoriacea a compatta; spessori consistenti di lave nella zona sottostante il Tufo Verde dell'Epomeo. In particolare una sequenza di lava, parzialmente alterata dai fenomeni idrotermali, è stata rinvenuta nel pozzo Ischia 3 (Pc 46), tra 650 m e 1.050 m dal piano campagna.

La successione sopra descritta può evidenziare variazioni nel suo sviluppo latero-verticale, all'intorno del sito prescelto, in relazione alla geometria dei corpi deposizionali e al controllo strutturale locale. In generale è possibile affermare che i livelli di Tufo Verde e delle sottostanti lave rappresentano i principali *reservoir* geotermici, dove la circolazione dei fluidi avviene principalmente per fratturazione, come evidenziato dal quadro geologico e strutturale dell'isola, dalle manifestazioni idrotermali in superficie, dalle indagini geofisiche e dal confronto tra stratigrafie e termometrie (*Allegato 1 – Geologia e Inquadramento Geotermico*).

### 2.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTERMICA DI DETTAGLIO DELL'AREA DI RICERCA (SERRARA FONTANA)

Per l'area in oggetto si può far riferimento ai dati relativi ai pozzi dell'area, ed in particolare al pozzo Ischia 3 (Pc 46, Monte Corvo) e Ischia 2 (Pc 47, località Ciglio, Panza) nei quali la circolazione idrica avviene in più falde sovrapposte. La più superficiale si registra a tetto dei Tufi di Citara all'interno dei depositi detritici

di versante con alimentazione esclusivamente zenitale; la falda di base circola all'interno della successione dei Tufi del Monte Epomeo e delle lave antiche.

In questa zona l'interferenza delle acque di falda con acque di ingressione marina avviene nei pressi dell'area costiera; si registra anche l'apporto di acque di origine profonda, in particolare in prossimità delle principali strutture vulcano-tettoniche (*Figura 2.3a*). Per i dettagli sulle caratteristiche geochimiche dei fluidi geotermali si rimanda all'*Allegato 1*.

L'insieme dei dati geofisici, geochimici evidenziano la presenza un serbatoio geotermico superficiale (tra 100 m e 300 m sotto il livello del mare) con temperature tra 150°C e 200°C e pressione fino a 4 MPa (40 bar), ed uno profondo ( $\geq 800$  m sotto il livello del mare) con temperature tra 270 °C e 300 °C e pressione di 8 MPa (80 bar). Il contenuto salino dei fluidi geotermali è variabile, ed in particolare la sua concentrazione diminuisce dalla costa (circa 30gl<sup>-1</sup>) verso il versante ovest dell'Epomeo (circa 5gl<sup>-1</sup>).

Inoltre, le termometrie dei citati pozzi della *SAFEN*, in particolare i pozzi Ischia 2, Ischia 3 e Ischia 6, indicherebbero la presenza di una vasta zona di circolazione di fluidi idrotermali tra 100 - 150 m e circa 800 m, sotto il piano campagna, con temperature tra 140 °C e 200 °C. L'estensione laterale di questo serbatoio (limitatamente all'area circa ad Ovest del bordo occidentale del M. Epomeo), ricavato dalle indagini *SAFEN* (AGIP, 1987), è pari a un minimo di circa 16 km<sup>2</sup>. Se si considera l'estensione verticale minima ricavata dai gradienti di temperatura dell'acquifero più profondo, pari a circa 600 m, il volume minimo interessato da queste acque termali ammonterebbe a circa 10 km<sup>3</sup>.

Il sistema geotermale è alimentato anche dai fluidi provenienti dal *reservoir* magmatico (il cui top è stato localizzato intorno ai 2 km di profondità, in forma di *mush*), che risalendo, per contrasto di densità, interagiscono con acqua di origine marina e meteorica. Durante la risalita, i fluidi si arricchiscono in contenuto salino, ed alimentano numerosi sistemi di sorgenti calde e fumarole, allineati lungo il sistema di faglie e fratture che bordano il blocco occidentale del monte Epomeo. Analisi geochimiche sulle fumarole, ubicate in prossimità del sito di impianto, hanno permesso di valutare un contenuto massimo in incondensabili variabile da 0,3% e 0,45% sul volume totale.

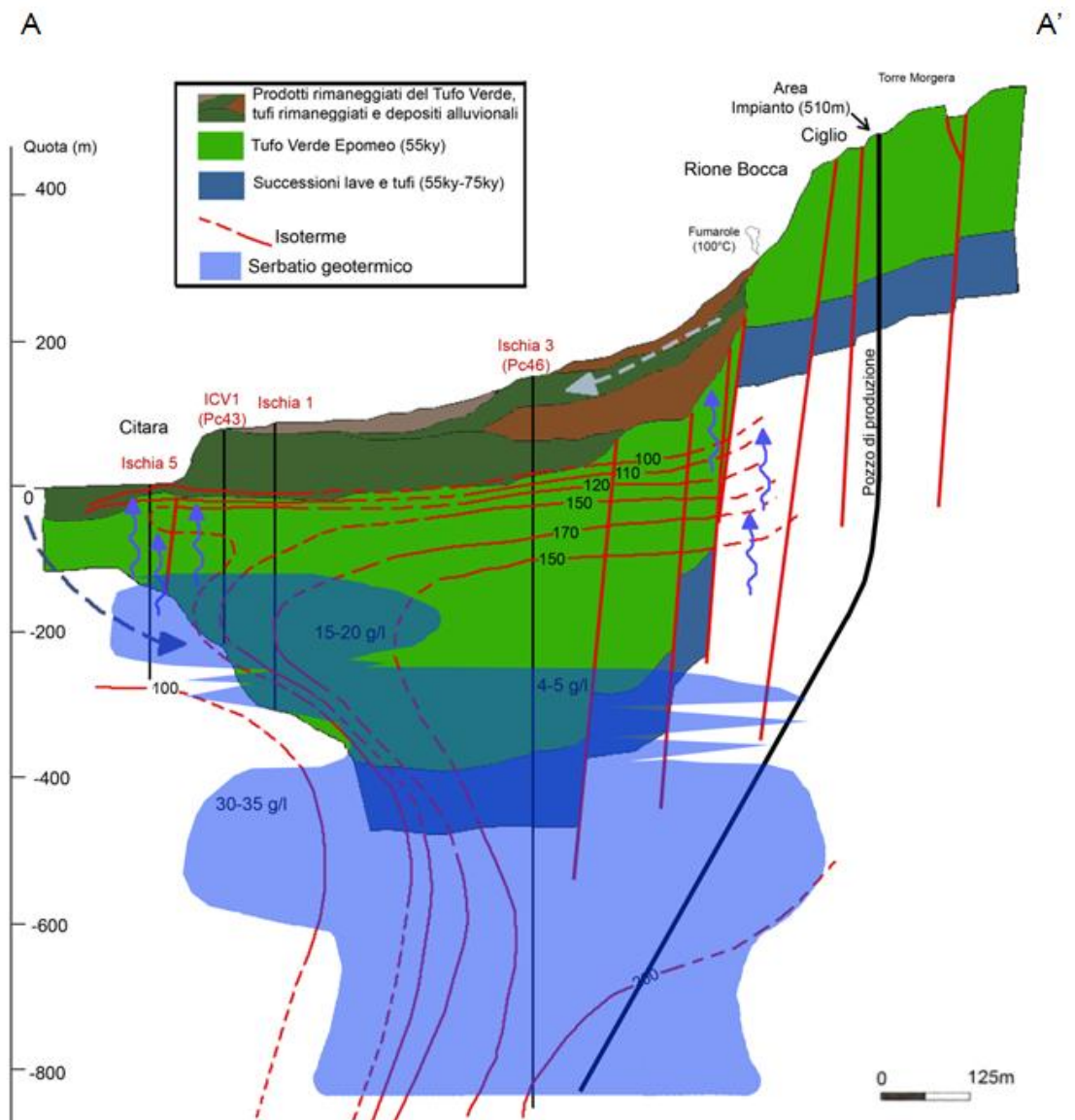
Tra i pozzi della *Safen*, il pozzo Ischia 3 (il più profondo, 1.051 m) fornisce utili indicazioni per la limitrofa area di perforazione dei pozzi di progetto. Il pozzo, perforato in prossimità delle fumarole dette di "Donna Rachele" (vedi *Allegato 1*), nella parte più superficiale (tra 200 m e 800 m circa) è caratterizzato da una zona con discreta permeabilità e temperatura di circa 180 °C.

I dati concernenti le prove di produzione del pozzo Ischia 3, hanno indicato la presenza di un livello produttivo prossimo a fondo pozzo, per la presenza di un orizzonte fratturato, all'interno di formazioni rocciose vulcaniche di origine intrusiva. E' verosimile che tale livello si trovi a quote superiori spostandosi verso l'*horst* vulcanico, in direzione E-NE rispetto al pozzo Ischia 3, in relazione ai fenomeni di sollevamento del blocco fagliato del Monte Epomeo in direzione W-SW.



Con riferimento al sito di installazione dell'impianto (quota di circa 510 m sul livello del mare), per quanto sopra (e meglio descritto nell'*Allegato 1*), il target potenziale dei pozzi (*Figura 2.3a*), per la produzione di energia elettrica da fonte geotermica, si attesta intorno ai 700 - 800 m di profondità rispetto al livello del mare, pari ad una profondità di 1.200-1.300 m dal piano campagna.

**Figura 2.3a Sezione geotermica E-W (A-A' di Figura 2.2a) tra Torre Morgera e Giardini di Poseidon (Citara) (Vedi figura 2.1.4, per la traccia della sezione). Sono indicate le isoterme ricavate dai dati di pozzo e da indagini geochimiche, le principali faglie (linee rosse continue) che ribassano il settore ovest dell'Epomeo, le zone di ricarica dei fluidi, marina e meteorica (frecche grandi) ed il contenuto salino medio dei fluidi in grammi per litro (g/l). Le frecche piccole (in blu) indicano le zone di risalita di fluidi (acqua e vapore) in superficie (modificata da Sbrana et al., 2010).**





## 2.4 CARATTERISTICHE PRODUTTIVE DELL'AREA DI PROGETTO

### 2.4.1 Descrizione dell'Assetto Stratigrafico e Termico dell'Area Interessata dai Pozzi in Progetto

Tutta l'isola di Ischia è caratterizzata da una circolazione idrotermale, più o meno superficiale, che si manifesta con le numerose sorgenti calde e fumarole.

Com'è stato già illustrato, nel settore occidentale dell'isola, i dati dei citati pozzi della SAFEN, in particolare i pozzi Ischia 2, Ischia 3 e Ischia 6, indicherebbero la presenza di una vasta zona di circolazione di fluidi idrotermali tra 100 - 150 m a circa 800 m sotto il piano campagna, con temperature tra 140 °C e 180 °C.

L'estensione laterale del serbatoio geotermico ricostruito sulla base delle indagini SAFEN (AGIP, 1987) e della presenza dei circuiti idrotermali che danno luogo alle sorgenti termali e fumarole, appare di notevoli dimensioni e quindi con un volume idoneo allo sfruttamento previsto.

Inoltre, come evidenziato nella sezione geologica riportata in *Figura 2.3a* e partendo dalle informazioni riportate del pozzo Ischia 3 è possibile ipotizzare una temperatura del fluido geotermico in serbatoio (alla profondità di circa 500 m sotto l.m. e quindi a 1000 dal p.c.)  $\geq 200$  °C, e una pressione di serbatoio idrostatica a partire dalla quota di +70 m s.l.m. (*Tabella 2.4.1a*).

**Tabella 2.4.1a Stratigrafia e Temperature Attese nei Pozzi di Progetto.**

Da - a (m dal p.c.)	Stratigrafie	Spessore (m)	T (°C) al letto
0 - 20	Piroclastite Rimaneggiata con Copertura di Riporto	20	-
20 - 450	Tufo Verde del Monte Epomeo	430	80 -100 °C
450 - 500	Tufo Grigio Trachitico	50	100 - 110 °C
500 - f.p.	Lave Trachitiche e Corpi Sub-vulcanici	?	110 - > 200 °C

Conseguentemente, il serbatoio geotermico è caratterizzato da temperature maggiori di 200 °C e pressioni di 75-80 bar a 1.300 m di profondità verticali (circa - 800 m sotto il livello mare).

### 2.4.2 Caratteristiche Produttive del Serbatoio Geotermico

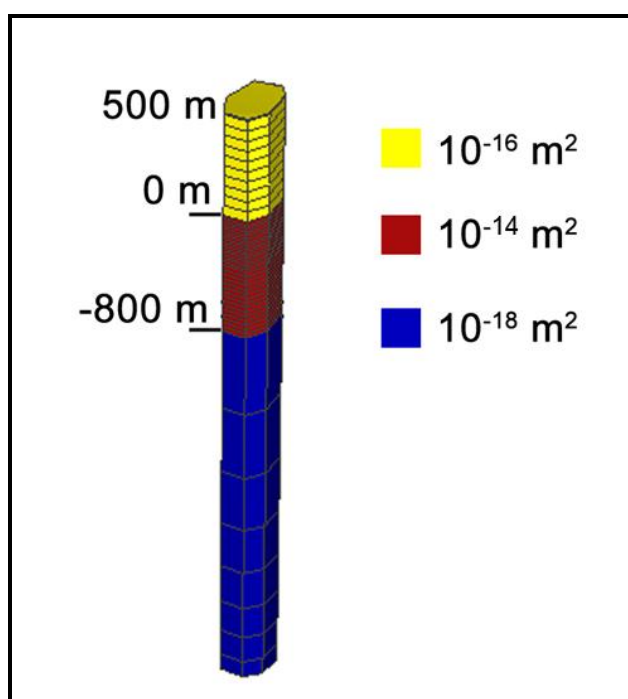
Al fine di valutare la potenziale produttività dei pozzi di progetto è stato ricostruito un modello matematico di produzione e reiniezione, con due pozzi produttivi ed un pozzo reiniettivo, simulato mediante con il codice di calcolo Tough2, i cui risultati sono illustrati nell'*Allegato 3 - Modellazione Numerica del Serbatoio Geotermico*. Il modello numerico ha permesso di valutare la sostenibilità temporale della coltivazione con l'analisi delle grandezze fisiche e termodinamiche in gioco.

Ai fini del progetto è stata definita una portata totale di fluido emunto (pozzi produttivi) pari a 82 kg/s (300 t/h; 150 t/h per pozzo) ed un analogo portata di reiniezione pari a 82 kg/s.

All'interno del modello, una volta definito il modello geologico e termico di riferimento (Tabella 2.4.1), sono stati definiti, per ogni litologia, i valori di:

- permeabilità (Figura 2.4.2a);
- conducibilità termica;
- porosità;
- calore specifico;
- densità media.

**Figura 2.4.2a** Valori di Permeabilità Associati alle Litologie Considerate



La simulazione effettuata ha mostrato la sostenibilità delle attività di progetto sia per quanto attiene le variazioni del campo termico e del campo di pressioni si per quanto concerne l'interazione delle perturbazione tra il dominio della zona di emungimento e quella di reiniezione.

Ovviamente, tale modellazione potrà essere affinata una volta che saranno stati acquisiti, attraverso la realizzazione dei nuovi pozzi, i dati effettivi di serbatoio.

## 2.5

### CARATTERISTICHE CHIMICHE DEL FLUIDO

Per la caratterizzazione chimica dei fluidi geotermici dell'area in oggetto si può far riferimento ai dati provenienti dalle prove di produzione relative al pozzo Ischia 3 (Pc 46, Monte Corvo).

La prova di produzione, dopo una fase iniziale è stata caratterizzata da una portata di 40 t/h di fluido, di cui 10 di vapore per una decina di giorni, fino al collasso degli ultimi 20 m di pozzo che probabilmente ha ostruito la frattura produttiva.

Durante tale fase di produzione il rapporto acqua/vapore si è mantenuto pressoché costante oscillando tra 3,4 e 3,6.

La composizione chimica del fluido totale ricostruito derivante dalle prove di erogazione del novembre 1954 sono riportate nella seguente tabella.

**Tabella 2.5.1a Composizione chimica del fluido alla fine delle prove di produzione del pozzo Ischia 3 in mg/l**

Data	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SiO <sub>2</sub>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>
Ott 54	48	100	3440	440	300	3030	16
Nov 54	37	110	3340	410	320	2940	18

Per quanto riguarda le concentrazioni di Cl, per tutto il periodo delle prove, non sono state registrate variazioni sensibili: valori di 3,5 gr/l misurati nella fase iniziale della produzione, sono aumentati intorno a valori di 4,4 gr/l per poi ritornare ai valori iniziali.

Anche i rapporti di SO<sub>3</sub> – CaO – MgO rispetto al contenuto di Cl si sono mantenuti praticamente costanti:

- SO<sub>3</sub>/Cl = 0,126;
- CaO/Cl = 0,0053
- MgO/Cl = bassissimo poiché Mg è risultato essere quasi assente nel fluido emunto.

I fluidi geotermici sono inoltre associati a modeste quantità di gas incondensabili per i quali non furono riportate indicazioni nel rapporto sulle sopra citate prove di produzione .

Il contenuto e la composizione dei gas geotermici sono stati pertanto valutati, sulla base dei dati analitici provenienti da campionamenti sulle fumarole di Donna Rachele (*Chiodini et al., 2004*), area in prossimità del sito di Serrara Fontana.

Nella seguente Tabella 2.5.1b sono riportati 3 valori tipici di composizione ricavati da Chiodini et al., 2004.

**Tabella 2.5.1b Composizione chimica dei gas principali da fumarole di Donna Rachele (Chidini et al 2004)**

ID	Data	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CH <sub>4</sub> <sup>-</sup>
ISDR1	03/04/2001	996814	2864	29.5	0.140
ISDR2	18/10/2000	995500	4389	49.0	0.317
ISDR3	03/05/2001	997571	2366	43.0	0.180

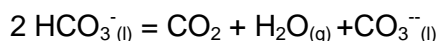
### 2.5.1.1 Incrostazioni da Carbonato di Calcio

Per quanto concerne il problema delle incrostazioni e corrosione delle tubazioni, sempre nel pozzo Ischia 3 sono state riscontrate, dopo circa 40 giorni di erogazione, circa 2 mm di incrostazioni all'interno della tubazione da 6 5/8" (da 0 a 880,5 m dal p.c.). Le analisi eseguite sull'incrostazione indicavano che questa era costituita al 99,5% da CaCO<sub>3</sub>.

Detto tipo di incrostazione non era mai stata rinvenuta in nessun altro pozzo perforato nell'isola ed è probabilmente correlabile ad interazioni tra acque più superficiali con acque profonde probabilmente imputabili a un cattivo completamento del pozzo.

Il problema della formazione di incrostazioni in pozzo e nelle tubazioni si origina dal fatto che la soluzione nel serbatoio contenendo anidride carbonica potrebbe essere vicina alla saturazione in ioni Ca<sup>++</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> e in ioni CO<sub>3</sub><sup>--</sup>.

Quando inizia la produzione di fluido la pressione diminuisce e l'eventuale infiltrazione di acqua più fredda contenenti un maggior quantitativo di carbonato di calcio, unitamente allo spostamento sulla destra del seguente equilibrio:



potrebbe far superare il prodotto di solubilità della calcite provocandone la deposizione.

Una discussione più dettagliata degli equilibri chimici è riportata in *R. Corsi 1986, 1987*.

Il problema potrebbe essere risolto attraverso l'iniezione in pozzo e nelle apparecchiature di superficie di inibitore di incrostazione. Questa soluzione proposta per la prima volta da *Corsi R., Culivicchi G., Sabatelli F., (1985)* dove era descritta anche la soluzione impiantistica per l'iniezione di inibitore, ha trovato numerose applicazioni in diversi campi geotermici nel mondo e in particolare in Turchia, in Costa Rica (campo geotermico di Miravalles (*Paul Moya and Federico Nietzen*)) e in Italia nel campo geotermico di Latera dove è stata sperimentata l'efficacia di inibitori di incrostazione secondo le metodologie indicate da *Sabatelli F., Mannari M. 1995*.

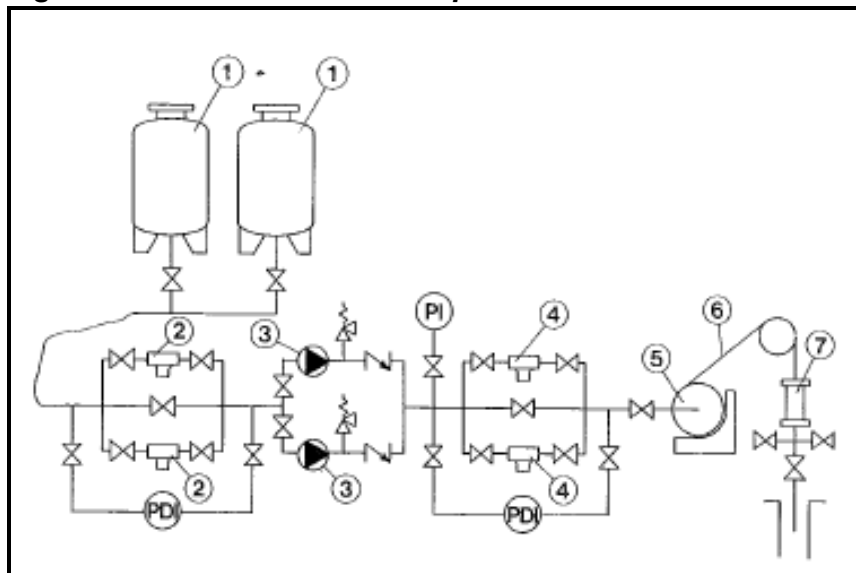
Tale sistema verrebbe installato in prossimità delle teste pozzo e prevederebbe le seguenti apparecchiature, con riferimento alla *Figura 2.5.1.1a*:

- I serbatoi per la preparazione della soluzione acquosa dell'inibitore (1);
- le pompe dosatrici dell'inibitore (3);
- i filtri in aspirazione e mandata delle pompe (2,4)
- un argano (e relative pulegge) per l'iniezione dell'inibitore in pozzo (5) per mezzo di una stuffing box (7) e di una tubazione metallica flessibile(6).

I serbatoi sono dei recipienti di circa 1 m<sup>3</sup> e quindi tutte le attrezzature previste occuperebbero un'area modesta (qualche metro quadrato).

Tuttavia in questo progetto, considerando di eseguire il pozzo a regola d'arte e quindi escludendo infiltrazioni, non si prevede al momento l'utilizzo di inibitori. Tuttavia, se a seguito delle prove di produzione si dovessero presentare problematiche relative ad incrostazioni da carbonato di calcio, sarà opportunamente predisposto un sistema di inibizione del tipo riportato negli articoli citati.

**Figura 2.5.1.1a Schema di un impianto iniezione inibitore di incrostazione**



### 2.5.1.2

#### 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 sovrassaturazione, in quanto, la lentezza della deposizione non permette la formazione di incrostazioni rilevanti.

Nel caso particolare del campo geotermico di Ischia, la temperatura di serbatoio attesa tra 200 e 220 °C è confermata dal contenuto di silice determinato nel corso delle prove di produzione citate, quando sono state misurate concentrazioni di Silice tra 300 e 320 mg/l corrispondenti a temperature del serbatoio di 200-220 °C alle quali, in accordo a *Mahendra P. Verma 2000*, la concentrazione di saturazione del quarzo è tra 250 e 312 ppm.

Tale valore di silice amorfa (300 mg/l) deve essere confrontato con la concentrazione di saturazione ricavata dalle pubblicazioni di *Gunnarson and Arnorsson, 2000* e *Fournier and Rowe, 1973* (vedi Tabella 2.5.1.2a).

Come si può notare, a 90°C la concentrazione di saturazione è attorno al valore rilevato e pertanto, scegliendo tale valore come temperatura di reiniezione e considerando la lentezza della cinetica di formazione della silice a bassi gradi di sovra saturazione, non si prevedono problemi di incrostazione da silice.

**Tabella 2.5.1.2a Concentrazioni di Equilibrio di Silice Amorfa in Soluzioni Acquose (Gunnarson and Arnorsson 2000 and Fournier and Rowe 1973)**

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

## 2.6

### **SCelta DEL NUMERO E DELL'UBICAZIONE DEI POZZI**

Considerando le condizioni di pressione e temperatura del serbatoio indicate sopra (200 °C uniforme per una pressione statica di circa 80-85 bar a 1300 m di profondità) e le permeabilità descritte precedentemente e ricavate dai dati di produzione del vecchio pozzo Ischia 3 sopra descritte, il contenuto di gas incondensabili e i profili tecnici dei pozzi di cui al Capitolo 4, si sono calcolate le curve caratteristiche dei pozzi per diversi valori di produttività utilizzando il simulatore descritto in *Barelli et al. 1981*.

Si è potuto verificare che i pozzi sono in grado di produrre naturalmente tra 130-160 t/h.

Si ritiene pertanto che, per il progetto Serrara Fontana, siano sufficienti 2 pozzi produttivi e un pozzo reiniettivo, per produrre circa 5 MW elettrici netti e far fronte alle eventuali richieste di calore per usi termici diretti per una portata complessiva di circa 300 t/h.



Come descritto precedentemente i 2 pozzi produttivi (SF\_P1 e SF\_P2) ed il pozzo reiniettivo (SF\_R1) sono ospitati in un'unica postazione di sonda identificata nella *Tavola 1*, denominata SF1.

### 2.6.1

#### ***Previsioni degli effetti della produzione/reiniezione sul comportamento del sistema geotermico***

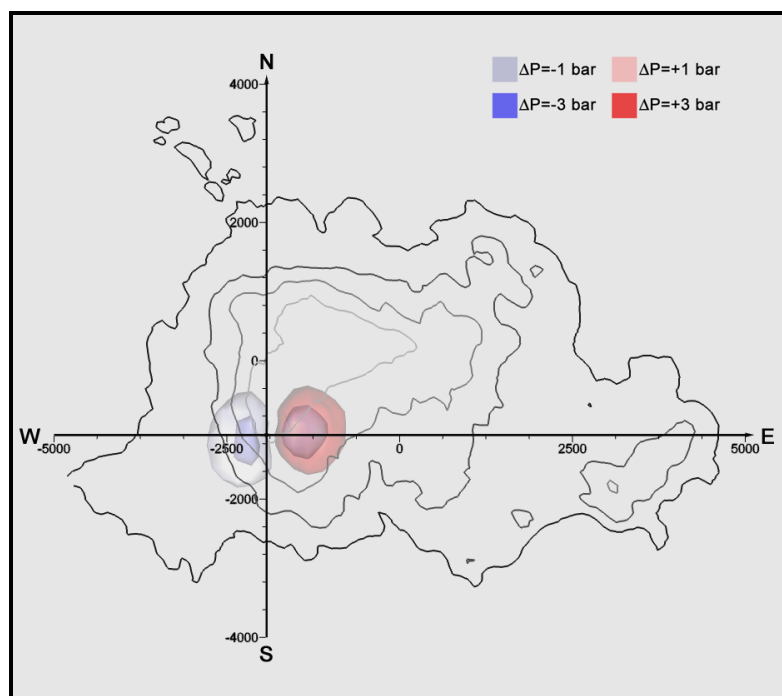
Come detto, per determinare la risposta del serbatoio geotermico, derivante dall'attività di produzione e reiniezione del fluido, è stato utilizzato il codice di calcolo TOUGH 2 (Pruess, 1991) utilizzando come dati di input i dati geologici, idrogeologici e geotermici riportati nell'*Allegato 3 – Modellazione Numerica del Serbatoio Geotermico*.

La modellazione numerica, dopo la simulazione dell'esercizio dei pozzi di produzione e del pozzo di produzione per un periodo di 30 anni, ha restituito i seguenti risultati:

un incremento di pressione ( $\geq 3$  bar, *Figura 2.6.2a*) in corrispondenza del pozzo re-iniettivo, in un volume piuttosto contenuto pari a  $1.6 \cdot 10^7 \text{ m}^3$ . La sovrappressione massima restituita dal modello è stata pari a 6 bar ed è confinata intorno all'asse del pozzo, in un volume estremamente ridotto;

un decremento di pressione ( $\geq 3$  bar) si osserva in prossimità dei pozzi di emungimento, in un volume pari a  $6.4 \cdot 10^7 \text{ m}^3$  (*Figura 2.6.2a*);

***Figura 2.6.2a*** ***Isosuperfici delle variazioni di pressione generate da un periodo di coltivazione della risorsa di 30 anni***



una non sostanziale variazione di temperatura è presente nel dominio dei pozzi di emungimento; mentre si osserva una diminuzione della temperatura superiore

a 50 °C in un volume intorno alla base della zona di reiniezione pari a circa  $10^7$  m<sup>3</sup>.

Considerazioni sull'effetto di tali sovra-pressioni, calcolate mediante la modellazione di cui all'*Allegato 3*, sull'attuale sistema geologico di Ischia, sono state riportate nell'*Allegato 5 – Sismicità Indotta e Subsidenza*.

## 2.6.2 *Sismicità Indotta e Subsidenza*

### Sismicità Indotta

Le attività geotermiche possono essere generalmente associate a variazioni del campo di sforzi locali che agisce nella crosta superficiale (generalmente nello strato di interesse dei pozzi di produzione e reiniezione, tra 1 e 4 km di profondità), con modesta influenza sull'attività microsismica nelle aree di sfruttamento. Gli eventi microsismici associati a queste attività sono generalmente di bassa magnitudo (inferiore a 2.0) e, tranne in casi particolari, difficilmente avvertiti dalla popolazione. L'effetto principale riguarda la variazione dello stress nelle rocce intorno al reservoir e la variazione di pressione di poro nelle rocce, in particolare a seguito dei processi di reiniezione dei fluidi utilizzati per la produzione di energia.

Le modellazioni numeriche del serbatoio geotermico di Ischia (*Allegato 3*) mostrano che nella zona di reiniezione, dopo 30 anni di sfruttamento, l'incremento di pressione di 0,3 MPa è contenuto all'interno di un volume pari a  $1.6 \cdot 10^7$  m<sup>3</sup>.

La magnitudo massima stimata, per terremoti indotti dall'attività di reiniezione dell'impianto geotermico di Ischia, per valori di stress drop pari a 5 bar è pari a 2.4.

La valutazione sulla magnitudo massima dei terremoti indotti dall'attività di reiniezione dei condensati in pozzo, è estremamente cautelativa in quanto la soglia di pressione assunta nel nostro caso potrebbe essere inferiore a quella effettiva, così come evidenziato in molti casi reali di reiniezione dei fluidi. In questo caso i volumi sismogenetici perturbati dal campo di pressione potrebbero essere inferiori e di conseguenza anche le magnitudo massime attese.

Inoltre è da tener presente che si è assunto il caso peggiore, e meno probabile, in cui la superficie di una faglia attraversa la sezione massima del volume in cui si oltrepassa la soglia minima d'incremento di pressione.

A queste considerazioni va aggiunto che il settore oggetto di studio, così come osservato dai dati storici e dalle registrazioni strumentali degli ultimi 16 anni, non è sede di terremoti, e che l'assenza di strutture tettoniche sismogenetiche in questo settore dell'isola, può essere imputabile agli elevati gradienti geotermici, che riducono lo spessore fragile della crosta, rendendo di fatto i processi tettonici prevalentemente duttili (creep) ed asismici.

Per maggiori dettagli e specifiche si rimanda all'*Allegato 4 Analisi Sismica e Monitoraggio Microsismico* e all'*Allegato 5 – Sismicità e subsidenza stimolata dall'esercizio dell'impianto*.

### Subsidenza

In superficie, l'effetto di rimozione dei fluidi si può tradurre nel fenomeno della "subsidenza" del suolo, ovvero nell'abbassamento della superficie topografica; mentre l'effetto della reiniezione di fluidi all'interno del serbatoio geotermico, al contrario, può provocare un innalzamento della superficie topografica.

A seguito della modellazione numerica effettuata, la subsidenza massima stimata per il caso esaminato è dell'ordine dei 3.4 mm, dopo 30 anni di tempo simulato, in corrispondenza dell'area posta al disopra del fondo pozzo dei pozzi produttivi. Il sollevamento, che può verificarsi in corrispondenza dell'area posta al disopra del fondo pozzo reiniettivo, è invece pari a circa 5 mm.

Per maggiori dettagli e specifiche si rimanda all'*Allegato 5 – Sismicità e subsidenza stimolata dall'esercizio dell'impianto*.

## **2.6.3**

### ***Pressione di Reiniezione e di Produzione***

#### *Aspetti tecnici preliminari*

Dal punto di vista tecnico, per sovrappressione di reiniezione si intende il maggior valore di pressione, rispetto alla condizione statica, che si determina in prossimità delle fratture assorbenti a seguito dell'immissione della portata di reiniezione. Analogamente per abbassamento di pressione in produzione si indica il minor valore di pressione, rispetto alla condizione statica, che si verifica a seguito della produzione della portata dai pozzi produttivi.

In gergo tecnico la portata assorbita per unità di pressione in condizione stabilizzate sulla frattura è chiamata *iniettività del pozzo* (t/h/bar) e, analogamente, la portata prodotta per un abbassamento di un bar della pressione di serbatoio è detta *indice di produttività* (t/h/bar).

Le caratteristiche iniettive del pozzo permettono di determinare univocamente per ogni valore di portata, la maggior pressione necessaria a smaltire il flusso.

#### *Valori di Pressione di Re-Iniezione e Produzione*

Il valore di produttività/iniettività dei pozzi, ricavata dalla modellazione numerica (*Paragrafo 2.6.1*) è dell'ordine di 50 ton/h/bar in condizioni stabilizzate. Questo comporta che, alla portata di progetto (circa 300 t/h), la sovrappressione che si stabilirà alla frattura per consentire l'iniezione del fluido geotermico sarà di circa 6 bar.

In condizioni di esercizio si avrà un innalzamento del livello rispetto alle condizioni statiche di circa 60 metri e un abbassamento per i pozzi di produzione di circa 30 m (3 bar).

Considerando che il livello statico nel pozzo reiniettivo si trova a circa 70 metri s.l.m. (circa 450 m dal p.c.), si desume che in condizioni dinamiche il livello del pozzo di reiniezione si porterà a circa 390 m del piano campagna (130 m s.l.m.), mentre il livello dinamico nei pozzi produttivi raggiungerà circa 480 m dal p.c..

#### **2.6.4** *Pressione di testa pozzo*

Rispetto alla sovrappressione di reiniezione definita sopra, tutt'altra cosa è la pressione di testa pozzo.

Essa è funzione della densità del fluido che deve essere reiniettato (e quindi della temperatura e pressione, in particolare nel caso dei fluidi bifase) e delle perdite di carico che il flusso incontra in pozzo e in frattura.

Comunque in un certo momento, una volta determinato il valore della sovrappressione alle fratture associato a una determinata portata di fluido, la sovrappressione rimane praticamente inalterata anche se cambiano le condizioni di pressione di testa pozzo.

Al fine di valutare la pressione di reiniezione a testa pozzo si è assunto una iniettività di 50t/h-bar (sovrappressione di 6 bar per 300 t/h) e si è simulato il comportamento del flusso bifase verticale verso il basso utilizzando le correlazioni proposte da *Swanand M. Bhagwat Afshin, J. Ghaiar 2012* per la determinazione delle densità della miscela bifase in pozzo.

Gli esiti delle simulazioni indicano pressioni di testa pozzo attorno all'atmosfera per 300 t/h di portata totale e sovrappressione alla frattura di 6 bar come ricavato dalle simulazioni di cui al *Paragrafo 2.4.2*.

### 3 **CONDIZIONI LOCALI E COLLOCAZIONE DELL'IMPIANTO**

#### 3.1 **CARATTERIZZAZIONE DELLE CONDIZIONI LOCALI**

##### 3.1.1 **Climatologia**

L'isola di Ischia è localizzata nel mar Tirreno all'estremità settentrionale del golfo di Napoli e a poca distanza dalle isole di Procida e Vitara.

La particolare formazione a cono dell'isola d'Ischia, con il Monte Epomeo al centro, e la posizione geografica dell'isola nel Mar Tirreno Centrale favoriscono un clima mite anche nei periodi invernali con frequenti cambi climatici, a volte anche nella stessa giornata. I venti predominanti variano in base alla stagione: in inverno sono il libeccio, il ponente-libeccio e lo scirocco. I venti predominanti in estate e primavera sono la tramontana ed il grecale.

La temperatura dell'acqua di mare nei pressi dell'isola d'Ischia si mantiene tra i 13 °C del periodo invernale fino a 25 nei mesi più caldi.

Nella seguente tabella sono riportate, per ciascun mese dell'anno, le temperature medie (la media giornaliera, la media delle massime e la media delle minime). Tali valori sono stati ricavati dai dati registrati dalla stazione meteorologica di Barano d'Ischia degli anni 2009-2011.

**Tabella 3.1.1a Temperature Medie (riferite agli anni 2009-2011)**

Mese	Temperature Giornaliere (°C)		
	Media delle massime	Media	Media delle minime
<b>Gennaio</b>	12,2	10,0	7,6
<b>Febbraio</b>	13,4	10,0	6,8
<b>Marzo</b>	15,4	11,6	7,7
<b>Aprile</b>	18,6	14,6	11,3
<b>Maggio</b>	22,2	18,0	14,4
<b>Giugno</b>	27,3	22,7	18,6
<b>Luglio</b>	35,1	29,5	23,2
<b>Agosto</b>	30,5	29,1	26,5
<b>Settembre</b>	27,1	23,6	20,0
<b>Ottobre</b>	22,3	18,9	15,8
<b>Novembre</b>	21,1	17,7	14,2
<b>Dicembre</b>	17,1	12,6	10,4

Tale quadro delle temperature è stato utilizzato per definire la temperatura di progetto ottimale per il dimensionamento dell'impianto ORC. La temperatura scelta è stata di 21 °C che è di poco inferiore alla temperatura media delle temperature medie massime giornaliere (21.8 °C).

3.1.2

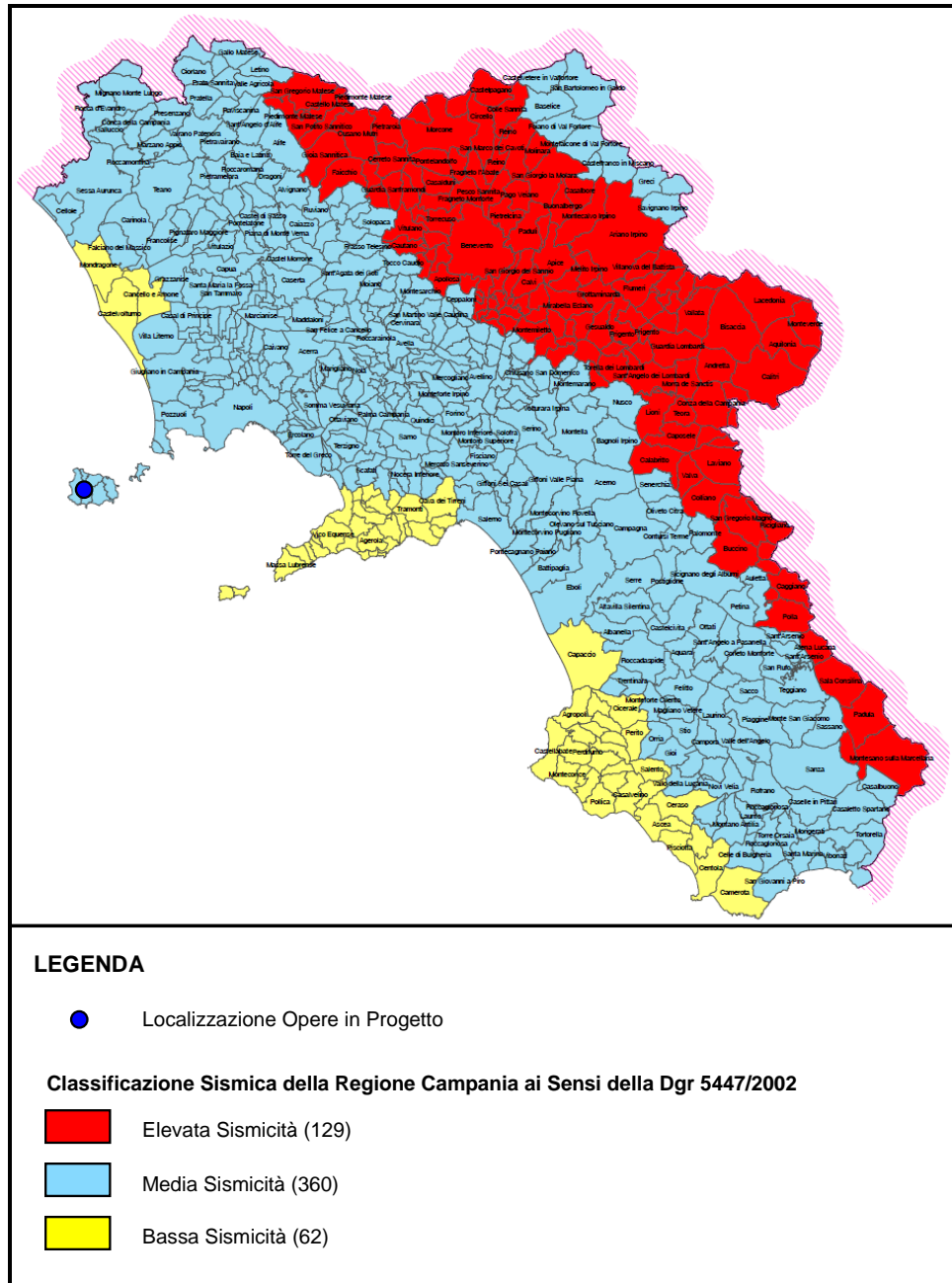
**Sismicità**

3.1.2.1

**Analisi sismica**

Con Deliberazione della Giunta Regionale n.5447 del 7 novembre 2002, recante Aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni della Regione Campania, è stata varata la nuova mappa sismica della regione (Figura 3.1.2.1a). Tale Deliberazione è entrata in vigore il 18 novembre 2002 con pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione Campania (BURC) n.56.

**Figura 3.1.2.1a - Zonizzazione Sismica – Regione Campania**



Lo scenario che si prospetta è il seguente:

- il 24% dei Comuni campani (129 Comuni) è inserito nella categoria a più alto rischio;
- il 65% (360 Comuni), con Napoli e Salerno, è collocato nella fascia intermedia;
- l'11% (62 Comuni), rientra nella terza categoria, quella caratterizzata dal più basso grado di pericolosità.

Secondo la classificazione sismica della Regione Campania (si veda *Figura 3.1.2.1a*), tutto il territorio dell'isola di Ischia, in cui ricadono le opere in progetto, rientra nella Zona 2, caratterizzata da una sismicità media.

Un quadro più completo sulla sismicità dell'isola di Ischia è presente nell'*Allegato 4 – Analisi Sismica e Monitoraggio Microsismico*.

## **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*, è stata 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 o di utilità sociale.;
  - 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.

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 *Figure 1.1a e 1.1b*.

Tra la Società IschiaGeotermia ed il Comune di Serrara Fontana è stato definito un Protocollo d'Intesa nell' "ambito della partecipazione del Comune di Serrara Fontana all'iniziativa per la possibile sperimentazione di un impianto pilota geotermoelettrico in località Falanga".

### **3.2.3 Riferimenti Catastali**

La postazione di perforazione in progetto ricadente interamente nel Comune di Serrara Fontana (NA), in località Falanga, insiste sulla seguente particella catastale:

Foglio 12;  
Particella 367.

Mentre l'impianto ORC interessa:

Foglio 12;  
Particelle 254, 289, 579, 616, 617, 636, 637, 664, 670 e 671.

Nel sopra citato protocollo d'intesa, tra la Società IschiaGeotermia ed il Comune di Serrara Fontana, viene definito l'uso della particella di proprietà comunale per la realizzazione della postazione di perforazione dei pozzi e per la posa delle tubazioni di collegamento.

Per quanto riguarda l'area che sarà interessata dalla realizzazione dell'impianto l'acquisizione dei diritti di superficie è in fase di avanzata definizione in base ad uno accordo raggiunto tra le parti.

## 4 **PROGETTO DELLA POSTAZIONE DI PERFORAZIONE**

La postazione di perforazione in progetto è ubicata nel territorio del Comune di Serrara Fontana posta a circa 1 km a Nord-Ovest del centro abitato di Serrara Fontana.

La localizzazione della postazione è riportata nelle *Figure 1.1a* e *1.1b* rispettivamente su base CTR e su Ortofoto.

### 4.1 **CRITERI DI PROGETTO**

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, riportato nelle *Tavola 1*, è studiato per rispondere ai vincoli previsti dalla vigente normativa sulla protezione e sicurezza del lavoro e per operare anche in situazioni di emergenza.

Nella *Tavola 1* è visibile l'intera area occupata dal macchinario e la dislocazione delle 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 (vedi *Paragrafo 4.1.1.1*). Infatti, la dimensione dell'impianto ed i carichi per il trasporto dei materiali sono tali da poter utilizzare le opere già esistenti, a meno di alcuni tratti necessari per consentire il passaggio

dei mezzi più pesanti ed il rispetto delle distanze di sicurezza previste dalle norme.

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, in maniera rilevante, le infrastrutture esistenti.

La superficie occupata dalla postazione è relativamente limitata, dell'ordine di circa 4.100 m<sup>2</sup>.

Non si prevedono opere in elevazione. Quelle in calcestruzzo sono limitate agli avampozzo (o cantine), alla soletta su cui poggia il macchinario e la vasca di stoccaggio acqua per la perforazione, occupanti una superficie di circa 1.000 m<sup>2</sup>. I depositi del gasolio hanno un proprio contenitore.

Le cantine, ciascuna delle quali ospiterà un pozzo, saranno di forma cubica, e precisamente, della profondità di 3 m, larghezza di 3 m e della lunghezza di 3 m. È stata preferita tale soluzione al fine di garantire una migliore stabilità all'impianto di perforazione.

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

Inoltre, sono previsti i cunicoli di uscita delle condotte di produzione e reiniezione al fine di poter intervenire liberamente in maniera mirata, nelle varie fasi di manutenzione, senza interrompere l'esercizio dell'impianto.

La zona non cementata, sarà consolidata, 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.

In prossimità del circuito fango, al disotto dello scarico del vibrovaglio, sarà realizzata una vasca interrata impermeabilizzata (Vasca Reflui in *Tavola 1*), con la funzione di raccogliere i detriti provenienti dalla perforazione, parte del fango contaminato da cementazioni. La capacità di tale vasca sarà di circa 300 m<sup>3</sup>.

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 il riutilizzo totale in loco del terreno asportato durante le fasi di escavazione e preparazione della postazione di sonda.

Infatti, il materiale escavato sarà miscelato con leganti idraulici (3% di calce e 3% di cemento) e, una volta compattato il terreno residuo, mediante rullatura, e

livellata la superficie, questo sarà riutilizzato per la formazione della massicciata dell'intera postazione di perforazione.

Una volta steso il materiale stabilizzato per mezzo di leganti idraulici si passerà alla:

- compattazione mediante rullatura della superficie così creata;
- 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. La soletta ha una capacità di carico massimo di 1,5 kg/cm<sup>2</sup>.

Lungo tutto il perimetro del piazzale interessato dai lavori, sarà installata una recinzione rigida, costituita da pannelli o da rete plastificata con appositi paletti di sostegno. L'unico accesso al cantiere sarà costituito da un cancello controllato dal personale in cantiere.

#### **4.1.1 Aspetti Funzionali della Postazione di Sonda**

##### **4.1.1.1 Viabilità**

L'accesso è previsto dal lato Est della postazione, direttamente da Via Falanga con un cancello adeguato da permettere in modo agevole l'ingresso di mezzi pesanti.

Inoltre, al fine di favorire il passaggio degli automezzi necessari alla realizzazione delle opere in progetto e della perforazione dei pozzi, sarà necessario effettuare l'adeguamento di alcuni tratti stradali (*Tavola 2*).

In particolare sarà necessario:

- l'ampliamento della curva di ingresso sulla SP 202 da via L. Fiore con demolizione e ricostruzione del muro a Nord (Foto n.1 *Tavola 2 1/3 e Tavola 2 2/3*);
- la demolizione di un vecchio palo e spostamento dei quadri Enel Distribuzione per ampliare la prima curva a sinistra dopo l'accesso di via Falanga (Foto N. 2 *Tavola 2 1/3 e Tavola 2 2/3*);
- la demolizione/ricostruzione per circa 20 m del muro in pietrame a secco, sul lato destro della strada, per ampliamento di circa 1 m della carreggiata stradale (Foto N. 3 e 4 *Tavola 2 1/3 e Tavola 2 2/3*);
- l'adeguamento dell'ultimo tratto di via Falanga (dopo il Ristorante) con ricostruzione dei muri di sottoscarpa, messa in sicurezza della scarpata di monte, canalizzazione delle acque, ricostruzione della barriera/balaustra stradale sul lato di valle (*Tavola 2 3/3*).

La caratterizzazione geologica di tali tratti stradali soggetti ad adeguamento è riportata nell'Allegato 2 – Relazione Geologica.

Il Consiglio Comunale di Serrara Fontana ha già rilasciato un assenso preventivo per la realizzazione degli adeguamenti stradali sopra descritti.

#### 4.1.1.2 Illuminazione

##### Fase di Cantiere

Per quanto riguarda l'illuminazione notturna durante la fase di preparazione dell'area di cantiere si prevede di realizzare un sistema di punti luce distribuiti sul perimetro delle aree al fine di rendere visibili e più sicure le aree da eventuali intrusioni dall'esterno. Tutte le luci installate risponderanno alle prescrizioni dettate in materia dalla normativa vigente.

Durante la fase di perforazione il sistema di illuminazione sarà costituito da 5 torri faro posizionate lungo il confine della piazzola e in corrispondenza delle zone di lavoro verranno utilizzati proiettori antideflagranti da 400 W e 150 W, plafoniere antideflagranti a risparmio energetico da 23 W, plafoniere antideflagranti 2X36 W neon da utilizzare sia in condizioni operative normali che di emergenza.

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

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

##### Fase di esercizio

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

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

Gli apparecchi illuminanti avranno:

- ottica asimmetrica stradale, priva di lenti in materiale plastico esposte;
- rilevamento fotometrico conforme alle norme UNI EN 13032-1 e IES LM 79-08;
- classificazione secondo la norma CEI EN 62471:2009-2 "sicurezza fotobiologica delle lampade e sistemi di lampade": categoria EXEMPT GROUP con certificazione di ente terzo;
- modulo ottico base composto da 9 riflettori, uno per ciascun led, atto ad ottimizzare il flusso luminoso;



- LED ad alta efficienza 130 lm/W - 350mA - Tamb=25°C, resa cromatica >65, temperatura di colore 3950K;
- grado di protezione vano cablaggio e ottiche: IP66, classe d'isolamento II;
- marcatura CE;
- Norme di riferimento: EN 60598-1, EN 60598-1-2-3, EN 62471, EN 55015, EN 61547, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3.

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

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

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

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

In condizioni di normale esercizio il sistema di illuminazione della postazione sarà spento. Esso sarà dotato di dispositivi di accensione manuale ed attivato dal personale addetto soltanto in caso di interventi straordinari che si potrebbero rendere necessari durante il periodo notturno.

#### 4.1.1.3 Accorgimenti di Protezione del Terreno

Il progetto della postazione tiene 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" stilicidio 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, verso la vasca di raccolta reflui (vedi *Tavola 1*).

Le acque meteoriche di "prima pioggia" (AMPP) sono quelle corrispondenti, per ogni evento meteorico distinto (ovvero che si verifica a distanza di almeno 48 ore dall'evento precedente), ad una precipitazione di 5 millimetri uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio.

Per la determinazione delle superfici scolanti si è fatto riferimento alle planimetrie riportata nella Tavola sopra citata.

In base alla suddetta definizione di acque di prima pioggia, nella seguente tabella è riportata la quantificazione del volume massimo di tali acque.



**Tabella 4.1.1.3a Volumi delle acque di prima pioggia (AMPP)**

Zona	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volume max (m <sup>3</sup> )
Area di Perforazione con Soletta	950	4,75

Considerando che la vasca raccolta reflui ha un volume di 300 m<sup>3</sup> rimane ampio margine per la raccolta delle acque di pioggia che saranno smaltite insieme ai residui di perforazione da una ditta specializzata per l'invio ad idonei centri di trattamento.

La piazzola è inoltre circondata da una canaletta, di raccolta acque meteoriche, che favorisce il drenaggio delle aree inghiaiate e quindi pulite che verranno inviate alla vasca raccolta acque per il loro riutilizzo. Prima dell'avvio alla vasca, per ulteriore precauzione, queste acque sono deviate verso il pozzetto disoleatore posto in prossimità del "Vascone Acqua" (Tavola 1).

Il pozzetto disoleatore servirà le altre zone a rischio stillicidio: il deposito gasolio e l'area dei fusti lubrificanti.

Il deposito gasolio 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 vasoio è perfettamente in grado di ricevere e contenere il massimo volume di gasolio in esso contenuto.

Le acque qui raccolte saranno convogliate anch'esse verso il pozzetto di disoleazione che si trova a fianco dell'area di stoccaggio del gasolio e può essere individuato nella planimetria costituente la precedentemente Tavola menzionata.

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. Anche le acque di pioggia, raccolte all'interno del contenitore stagno, saranno convogliate verso il pozzetto disoleatore.

Una volta trattate nel disoleatore, le acque saranno stoccate nel "vascone acqua" di capacità pari a 340 m<sup>3</sup>, per essere successivamente impiegate nelle attività di perforazione, come descritto nel seguito. In caso di eccedenza di acque nel "vascone acqua", queste saranno recapitate mediante tubazione di scarico al compluvio naturale.

#### 4.1.2

#### **Materie Prime**

##### *Calcestruzzo per la postazione di sonda*

Per la postazione SF1 il volume di calcestruzzo necessario per la realizzazione della soletta, delle vasche, dei cunicoli e della massicciata del piazzale (stabilizzazione del terreno escavato) è stimabile in 742 m<sup>3</sup>.

## 4.2

**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 4.2a Bilancio Scavi Riporti**

Rif	Operazione	Volume (m <sup>3</sup> )
Postazione SF1		
A	Sbancamenti e scavi a sezione obbligata	-1.110
B	Riutilizzo per rilevati piazzale, rinterri, sistemazioni interne, e realizzazione ossatura mediante trattamento delle terre stabilizzate.	+1.080
A-B	Terreno residuo	-30

Il terreno residuo di pari a circa 30 m<sup>3</sup> sarà utilizzato per la realizzazione di opere di ingegneria ambientale per il contenimento delle scarpate poste a monte dell'impianto ORC (*Capitolo 6*) con il metodo delle terre rinforzate (*Tavola 1 4di4*).

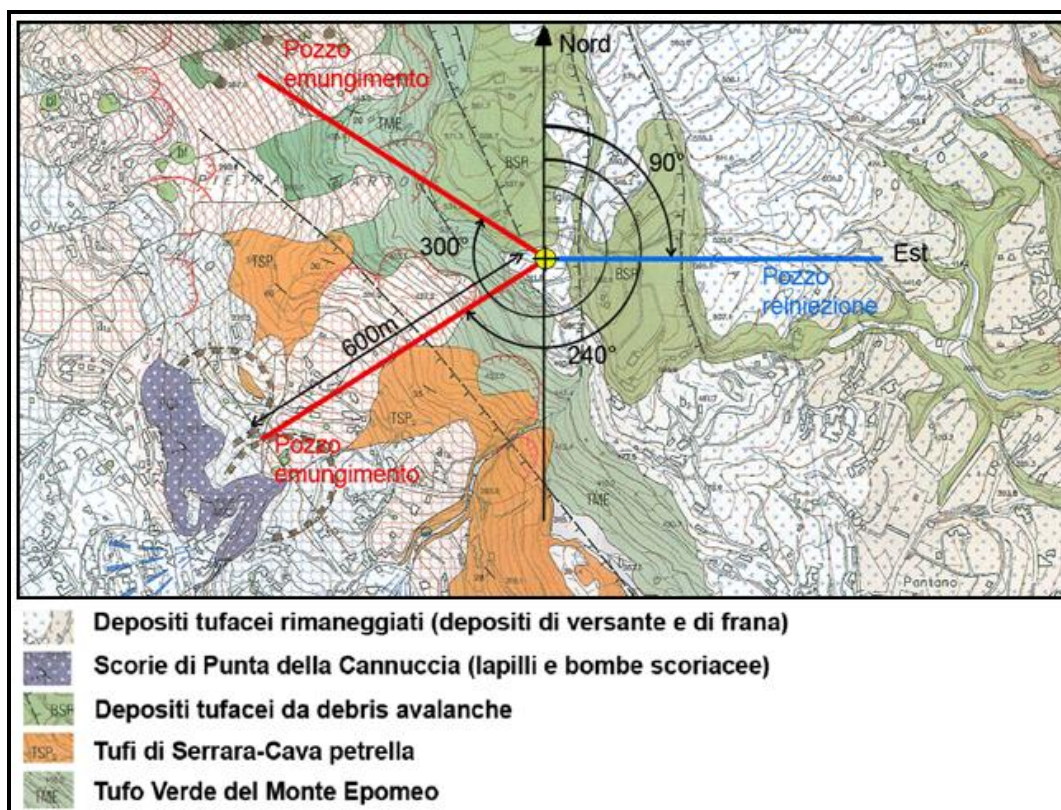
## 5 PROGETTO DEI POZZI

### 5.1 POZZI PRODUTTIVI E POZZO REINIETTIVO

Dalla medesima postazione SF1, descritta nel precedente *Capitolo*, verranno realizzati due pozzi produttivi deviati, denominati SF\_P1 e SF\_P2 ed un pozzo reiniettivo deviato denominato SF\_R1, come riportato in *Figura 5.1a*. Le testate dei pozzi saranno distanti circa 6 m.

La distanza tra il fondo dei pozzi produttivi sarà di circa 600 m, mentre la distanza tra il fondo dei pozzi produttivi e di quello reiniettivo sarà di circa 1,2 km.

**Figura 5.1a Localizzazione Pozzi su Base Geologica**



Tale soluzione, utilizzando una sola postazione di perforazione, permette di ridurre al minimo l'ingombro delle opere in superficie, con indubbi vantaggi dal punto di vista ambientale, oltre che di semplificare, concentrare e razionalizzare la gestione dell'intero impianto di produzione e reiniezione.

La successione indicativa di perforazione dei pozzi è la seguente:

Pozzo SF\_P1;

Pozzo SF\_R1;  
Pozzo SF\_P2.

## 5.2

**CARATTERISTICHE TECNICO COSTRUTTIVE DEI POZZI**

Nella seguente tabella sono riassunte le direzioni di deviazione dei pozzi produttivi e del pozzo reiniettivo illustrate nella precedente *Figura 5.1a*.

**Tabella 5.2a**      **Direzioni delle deviazioni dei pozzi produttivi e del pozzo reiniettivo**

I.D. Pozzi Produttivi	Direzione di deviazione
SF_P1	N 60 W
SF_P2	N 120 W
I.D. Pozzo Reiniettivo	
SF_R1	Est

Nella definizione del profilo di completamento dei casing si tiene conto dei seguenti elementi:

le formazioni delle prime centinaia di metri sono mediamente permeabili; per la possibile tutela di falde superficiali sospese è prevista la posa di un tubo guida e di una colonna di casing completamente cementati;

il diametro interno delle tubazioni 9"5/8 e dell'open hole 8"1/2 è adeguato al flusso produttivo prevedibile di progetto.

Sulla base di queste condizioni generali di progetto per i pozzi deviati si adotta il profilo riportato nella *Figura 5.2a* e *5.2b* che si può riassumere nelle seguenti fasi:

1<sup>a</sup> Fase

Il profilo tecnico del pozzo prevede la perforazione con scalpello da 23", fino a 50 m, e la posa e cementazione di un casing con diametro 18"5/8.

Le formazioni superficiali sono mediamente permeabili; il profilo di tubaggio e cementazione permetterà comunque la completa tutela di piccole falde sospese eventualmente presenti.

2<sup>a</sup> Fase

La successiva fase di perforazione sarà effettuata con scalpello del diametro 17"1/2 fino alla profondità di circa 200 m. Questa porzione di pozzo sarà rivestita con una tubazione cementata fino a giorno del diametro di 13"3/8. Questa tubazione permette un più profondo e migliore ancoraggio nelle prime formazioni di copertura.

3<sup>a</sup> Fase

La perforazione continua con uno scalpello da 12" 1/4 fino a circa 900 m dal p.c.. La tubazione di rivestimento da 9" 5/8 viene perciò calata fino ad una profondità presunta di circa 900 – 1.000 m.



Il criterio della posa della tubazione da 9" prevede che la scarpa sia posizionata sopra la zona con temperatura di serbatoio di circa 180 °C, quindi sopra la eventuale perdita di circolazione. Perciò la profondità della posa sarà determinata dalle termometrie in pozzo.

#### 4<sup>a</sup> Fase

Una volta isolate le formazioni di copertura, si prevede di completare la perforazione con uno scalpello da 8" 1/2, attraversando totalmente il serbatoio profondo, fino alla profondità prevista di circa 1.300 m verticali, al fine di esplorare i possibili orizzonti produttivi più caldi e più profondi previsti nel modello previsionale.

Durante la perforazione di questo ultimo tratto di pozzo verrà accertata periodicamente lo stato di iniettività con prove specifiche.

Una volta quindi raggiunta la massima profondità, o comunque la profondità per cui il pozzo è ritenuto sufficientemente produttivo, il foro potrà essere dotato di un liner da 7" con scarpa a fondo pozzo e finestrato per permettere il passaggio del fluido geotermico.

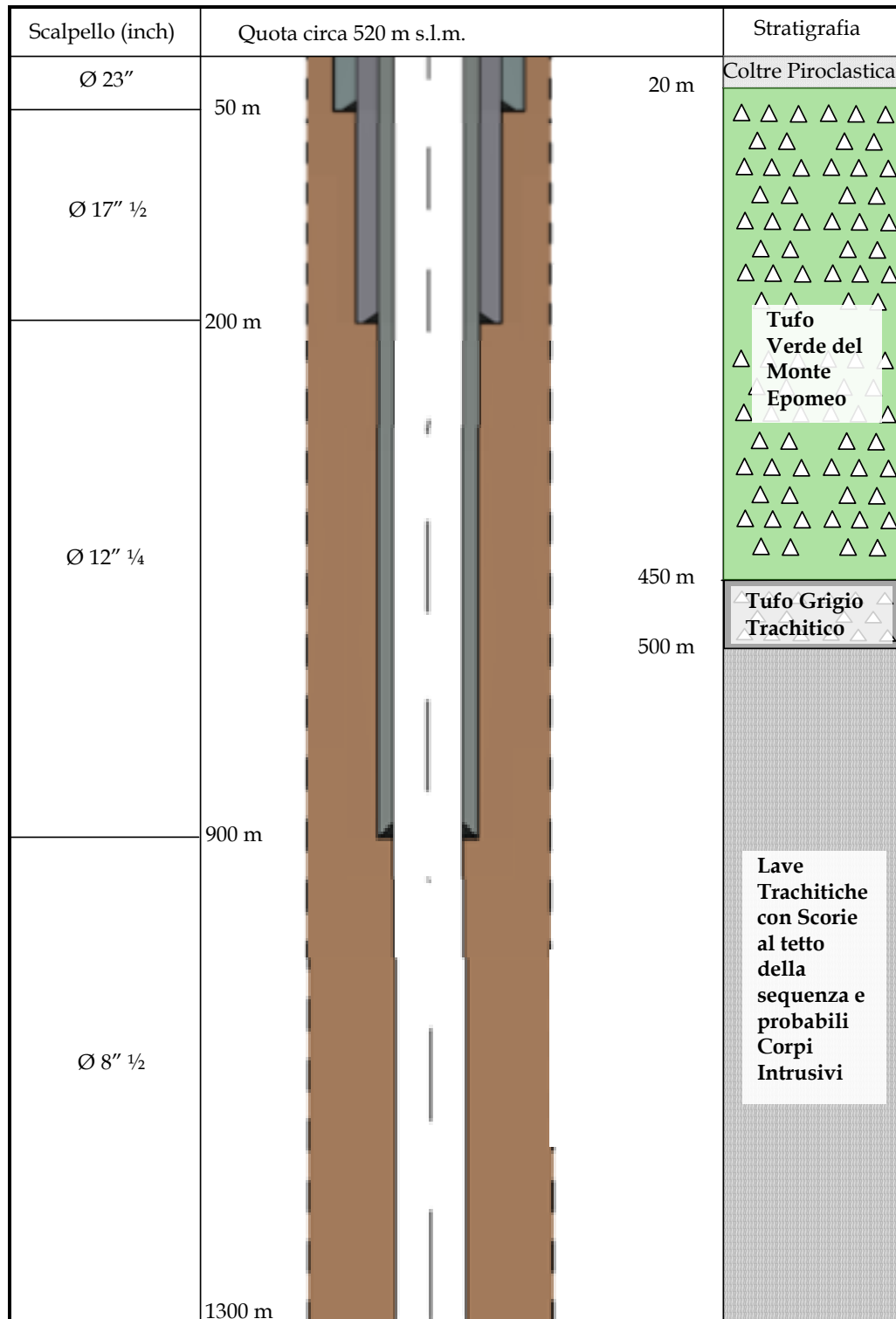
Per tutti e tre i pozzi devianti si prevede quanto segue:

le operazioni di deviazione (angolo di riferimento circa 30°) potranno avere inizio ad una profondità di circa 250 m dal p.c. (Kick-Off-Point). La profondità finale del pozzo, misurata sull'asse verticale, sarà di circa 1.300 m (in sigla TVD); la sua "lunghezza", ovvero la profondità totale perforata, sarà invece di circa 1.450 m (TMD); lo scostamento orizzontale rispetto alla verticale potrà essere indicativamente di circa 600 m a fondo pozzo.

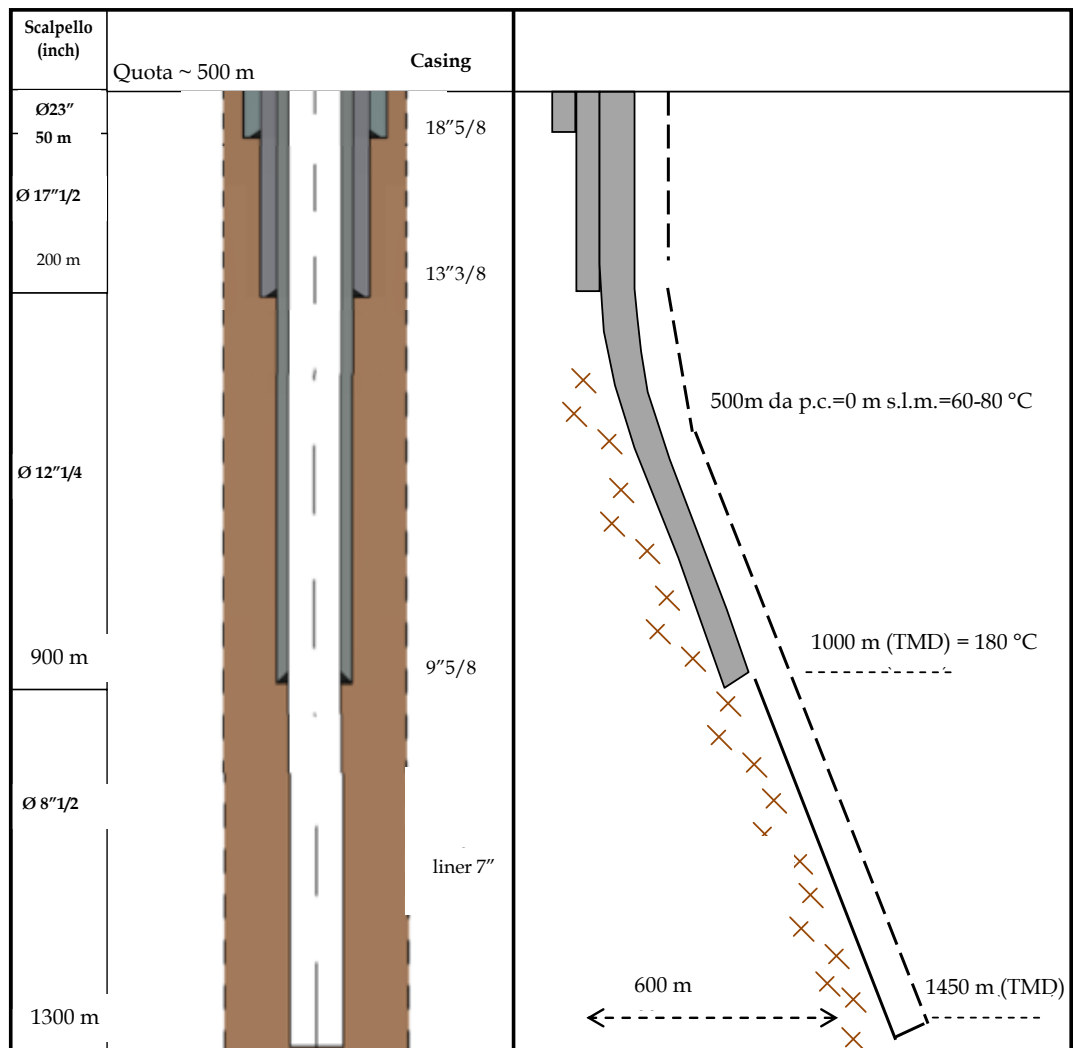
Il profilo di tubaggio dei pozzi produttivi e reiniettivi è essenzialmente analogo ed è riportato nelle seguenti *Figure 5.2a e 5.2b*.

Il programma dei lavori sopra riportato potrà essere soggetto a cambiamenti, nei limiti della potenzialità dell'impianto selezionato, anche durante la realizzazione della perforazione. Tali cambiamenti potranno anche essere conseguenti a formazioni geologiche diverse da quelle attese o comportamenti delle stesse diversi da quelli attesi.

**Figura 5.2a Profilo Tecnico Verticale Indicativo dei Pozzi di Produzione e Reiniezione con Colonna Stratigrafica.**



**Figura 5.2b Profilo Tecnico Indicativo dei Pozzi di Produzione e Reiniezione (K.O.P. = 250 dal p.c.; angolo circa 30°)**



**5.3**

**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 e quello per la generazione di energia.

Per la perforazione dei pozzi in progetto si prevede l'impiego di un impianto con capacità idonea a raggiungere la profondità di 1.500 m, da adibire alla perforazione dei pozzi

Nella *Figura 5.3a* è riportata una foto di un impianto idoneo per la perforazione dei pozzi.

**Figura 5.3a Esempio di Impianto di Perforazione con Potenzialità 1.500 m**



Nella *Tavola 1, 1 di 4*, si riporta in forma schematica la planimetria dell'impianto di perforazione.

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: 80m<sup>3</sup>;
- 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.

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 (al netto delle operazioni di moving, rig-up, rig-down) in circa 35 giorni.

### 5.3.1 *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.

I detriti di roccia prodotti dallo scalpello vengono sollevati fino a giorno, per mezzo di circolazione di fango o acqua fino a che lo scalpello non intercetta una zona fratturata. In tal caso sia il fluido di perforazione sia i detriti possono essere assorbiti dalla formazione stessa dando luogo al cosiddetto fenomeno della perdita di circolazione.

Per il fango sono possibili varie formulazioni, anche queste in 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 alle pareti del foro costruito fino a quel momento. A tale scopo, nel foro viene collocata una tubazione (casing) come schematicamente rappresentato nel profilo tecnico riportato al precedente paragrafo.

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 completa del casing".

L'attributo "completa" sta ad indicare che l'intercapedine dell'intera colonna di casing è riempito di malta cementizia cosa che non sempre viene realizzata in particolare nei completamenti dei pozzi a idrocarburi.

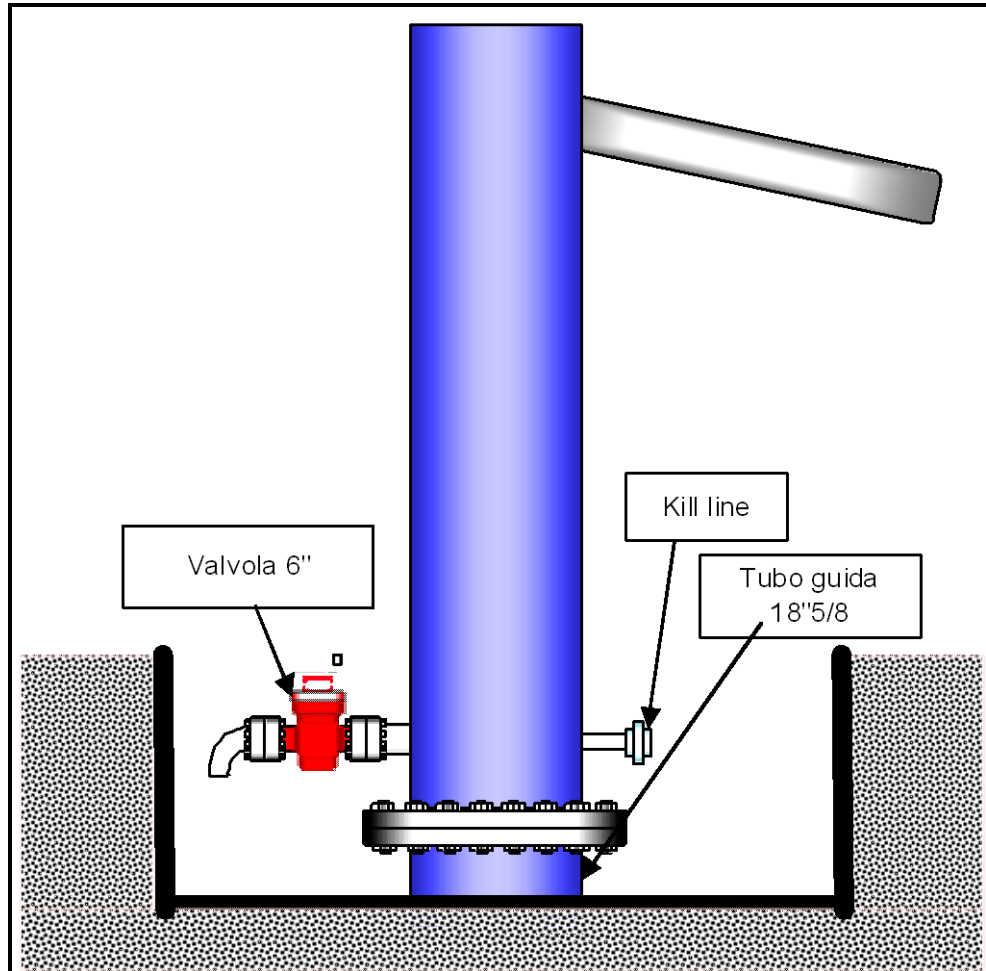
La tubazione in acciaio, così cementata, realizza un isolamento veramente efficace delle formazioni interessate ed il collegamento diretto tra il foro scoperto sottostante con le valvole di bocca pozzo in superficie.

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

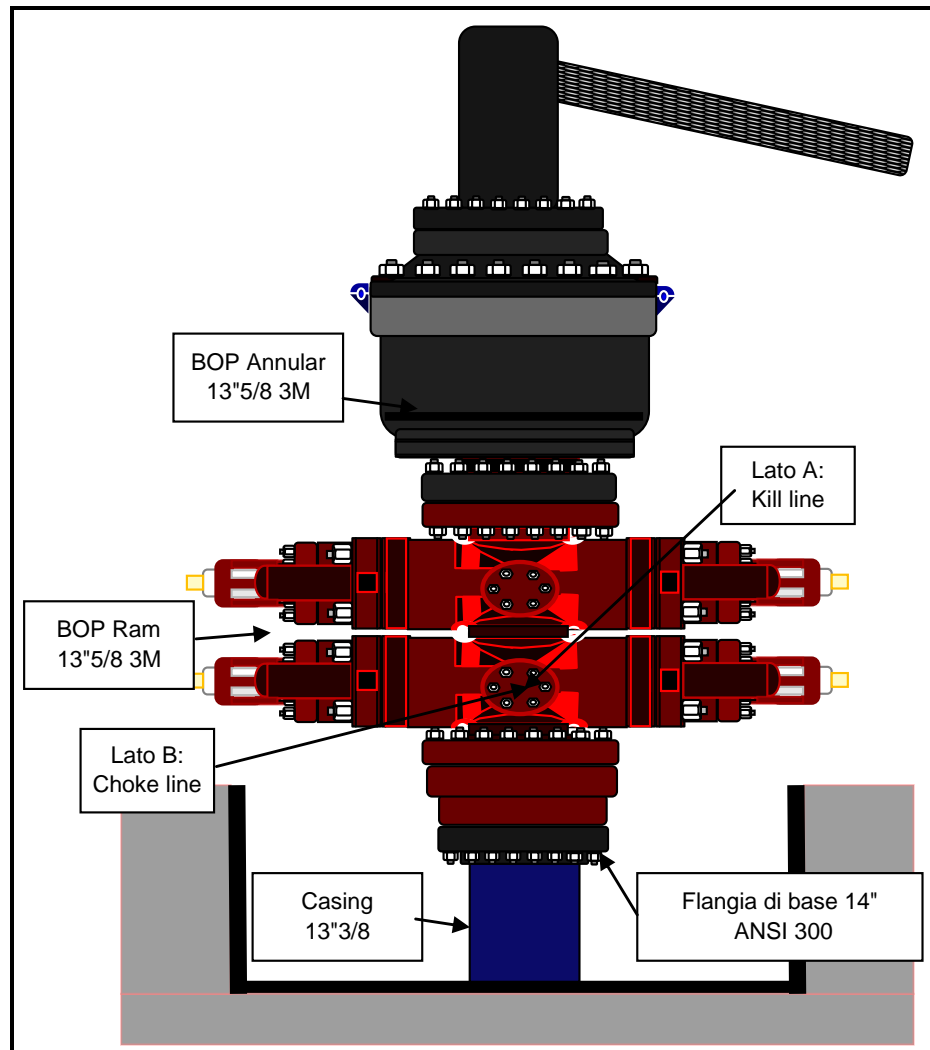


Per ognuna delle fasi di perforazione descritte al *Paragrafo 5.2*, verrà montata una testa pozzo adeguata al diametro dell'ultima tubazione cementata (*Figure 5.3.1 a, b, c*). La testa pozzo costituisce l'elemento principale per garantire la sicurezza durante la perforazione.

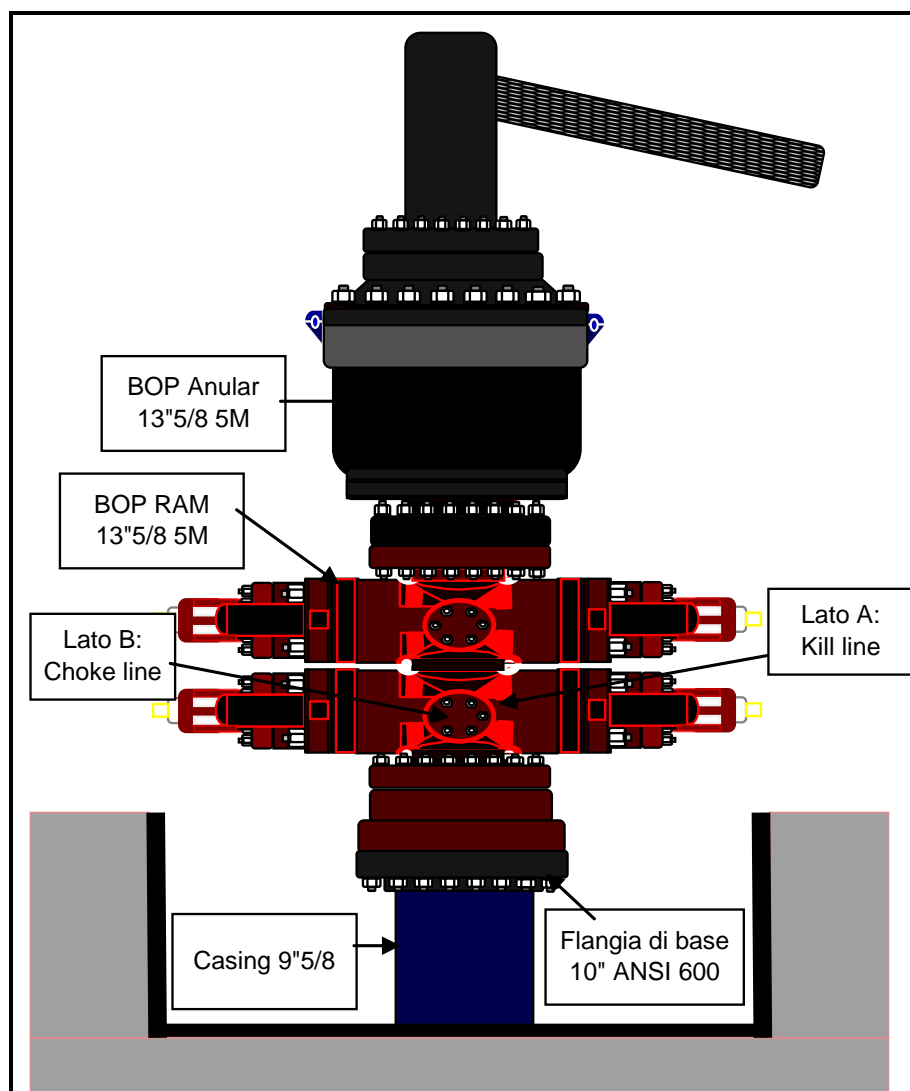
**Figura 5.3.1a** Fase 2 - Testa pozzo su tubo guida DN 18"5/8



**Figura 5.3.1b** Fase 3 - Testa pozzo su tubo casing 13"3/8 e perforazione con R.B. 12"1/4



**Figura 5.3.1c** Fase 4 - Testa pozzo su tubo casing 9"5/8 e perforazione con R.B. 8"1/2



La testa pozzo prevede l'installazione di uno o più dispositivi chiamati *Blow Out Preventer* (in gergo BOP, indicati nelle precedenti figure), di una o più valvole laterali, collocate al di sotto dei BOP, e di altri componenti tubolari che collegano il pozzo all'impianto di pompaggio, preparazione e trattamento del fango.

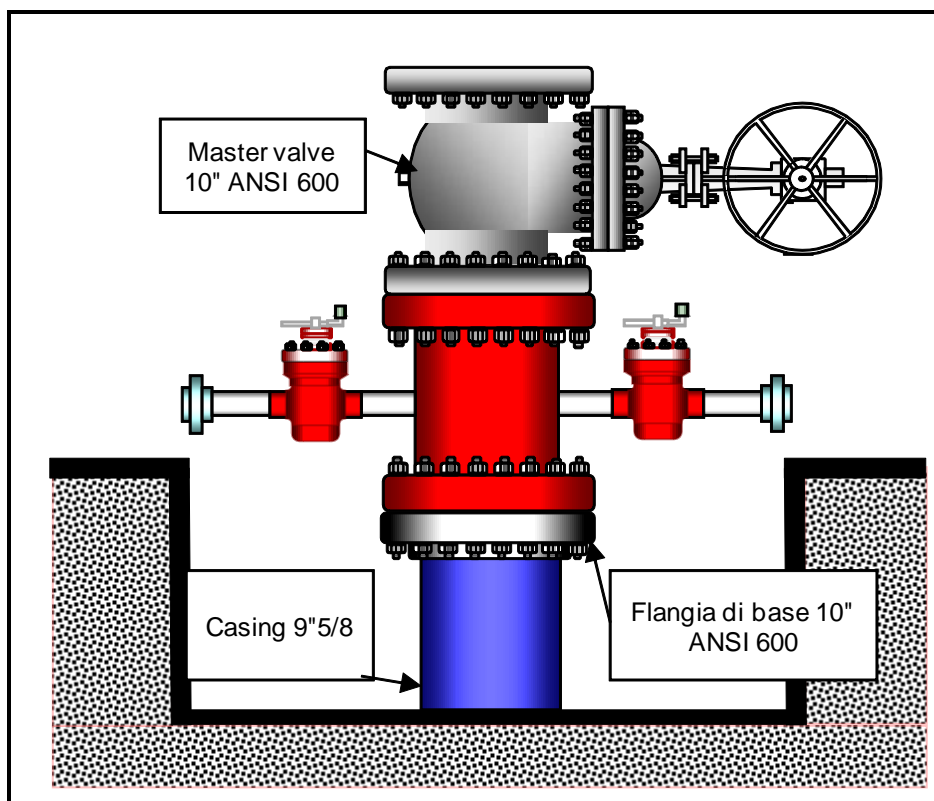
Il BOP è essenzialmente una valvola a comando idraulico, azionabile a distanza, da varie posizioni del cantiere, che permette di chiudere il pozzo anche in presenza, al suo interno, delle aste di perforazione.

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 quando questa manifesta i caratteristici sintomi premonitori. Un sintomo premonitore caratteristico è la

maggiore portata di fluido in uscita dal pozzo rispetto a quella pompata attraverso le aste.

La *Figura 5.3.1d* riportata di seguito illustra la configurazione finale della testa pozzo.

**Figura 5.3.1d**     *Testa Pozzo Finale Tipica*



## 5.4     *TECNOLOGIA DI PERFORAZIONE E PREVENZIONE RISCHI DURANTE LA PERFORAZIONE*

### 5.4.1     *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, altri componenti secondari. La composizione della miscela varierà in base alle fasi della perforazione secondo i range indicati nella seguente tabella, dove sono riportate anche le principali proprietà fisico-chimiche del fango:

**Tabella 5.4.1a** *Composizione e Proprietà Medie del Fango*

Composizione Percentuale		
Componente	Valore	U.d.M.
Acqua	50-80	% peso
Barite	0-15	% peso
Bentonite	15-38	% peso
Sabbia	0,1-3	% peso
Proprietà Chimico Fisiche		
Densità	1,15-1,50	kg/l
COD	0-300	ppm
pH	6-9	-

Nel caso in esame l'impiego di additivi non è previsto nella prima fase di perforazione. L'impiego di questi diventa necessario quando la temperatura della formazione supera 60-70°C, provocando effetti negativi sulla stabilità reologica del fango stesso. Pertanto dalla profondità di 200 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 delle particelle più appropriato e trattato 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. Rilevanti, da questo punto di vista, sono gli impieghi della bentonite nell'industria vinicola, alimentare in generale e nella cosmesi. È quindi un prodotto atossico e compatibile con l'ambiente.

Per quanto riguarda l'altra componente del fango, l'acqua, si tratterà di acqua proveniente dal serbatoio dell'acquedotto che serve il Comune di Serrara Fontana.

#### **5.4.2** *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 due 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.

La disponibilità di acqua per la preparazione dei fluidi di perforazione o per la sua utilizzazione diretta come fluido di perforazione del serbatoio, costituirà elemento di sicurezza per condurre la perforazione in modo sicuro.

In *Figura 5.4.2a* sono mostrati i tipi di attrezzature di sicurezza che saranno installate durante la perforazione (singoli BOP, sia tipo “annular” che di tipo “ram”).

**Figura 5.4.2a** *Esempi di BOP “Ram” (a Sinistra) e “Annular” (a Destra)*



La testa pozzo, della fase di perforazione delle rocce del serbatoio, 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, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S e CH<sub>4</sub> (ed in genere CH<sub>n</sub>). Tra questi gas quelli più temuti nelle perforazioni profonde sono H<sub>2</sub>S e CH<sub>4</sub>. Di solito il metano è accompagnato da altri idrocarburi (da ciò l'adozione della simbologia gergale CH<sub>n</sub>) 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.

#### *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 indicati dalle norme API e adottate diffusamente a livello internazionale dalle compagnie petrolifere cioè 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.

Inoltre il sistema di allarme è tarato per attivarsi con una concentrazione di metano (o CH<sub>n</sub>) 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) 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*

Eventuali livelli idrici potrebbero essere individuati nelle formazioni geologiche superficiali, che nella situazione specifica, possono indicativamente considerarsi localizzate entro i primi 200 m.

In generale, durante la perforazione, 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 la figura al *paragrafo 5.2*) permette un completo isolamento di eventuali falde sospese e di quelle profonde.

#### Protezione delle falde acquifere da immissione di fango

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 mediamente permeabili sedi di potenziali falde acquifere superficiali mediante i primi due casing completamente cementati, il problema del rischio di contaminazione delle falde è risolto alla radice.

#### Protezione delle falde acquifere da immissione di fluido endogeno

La seconda forma di possibile contaminazione, cioè l'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 direzione lavori che verifichi le migliori condizioni di serraggio dei singoli tubi, registri i parametri fondamentali di avvitatura (coppia, numero di giri, tempo di avvitatura) e certifichi il rispetto delle condizioni di montaggio;
- 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.

L'introduzione di due casing completamente cementati per isolare l'intero sistema di falde idriche superficiali, realizza una protezione del sistema degli acquiferi di altissima sicurezza. Tanto più che le parti di testa pozzo potenzialmente più critiche saranno sottoposte a periodici controlli spessimetrici, in particolare per la parte di casing di produzione che fuoriesce da terra. Quindi, un'eventuale perdita di spessore per corrosione sarebbe tempestivamente messa in evidenza, come per le tubazioni di trasporto, permettendo la programmazione degli interventi manutentivi ritenuti necessari.

### 5.4.3 *Uso di Risorse in Fase di Perforazione*

#### 5.4.3.1 **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, la fase di perforazione dei Detriti e Coltre Piroclastica Rimaneggiata, con spessore di circa 20 m, durante la quale si impiegherà solo acqua pura.

Durante la perforazione delle sottostanti Formazioni Tufacee (Tufo Verde e Tufo Grigio) il consumo d'acqua dipenderà dal grado di porosità e di fratturazione che sarà incontrato durante la perforazione.

La perforazione dei sottostanti litotipi (Lave Trachitiche con scorie e probabili corpi intrusivi) può comportare un maggior consumo idrico in conseguenza della presenza di fratture nella parte di Serbatoio Geotermico. L'intercettazione di tali fratture provocherebbe il fenomeno della perforazione cosiddetta in *perdita di circolazione*.

Si stima che la possibile portata di punta attesa sia pari a 70 m<sup>3</sup>/h per un periodo non facilmente quantizzabile ma che potrebbe durare alcuni giorni, mentre per il resto della perforazione, quando si prevede un ritorno pressoché totale di circolazione, il consumo sarà di pochi m<sup>3</sup> giorno.

Tale consumo di acqua sarà soddisfatto attraverso il prelievo (mediante elettropompa centrifuga da 3 kW) di 25 m<sup>3</sup>/h di acqua dalla cisterna idrica nel periodo invernale, posta a circa 200 m lineari a Sud-Est dalla postazione di perforazione, e l'utilizzo dell'acqua stoccata nella vasca di acqua industriale

presente all'interno della postazione di perforazione della capacità di 340 m<sup>3</sup> (*Tavola 1*).

La società IschiaGeotermia ha già interloquuto con il gestore del servizio idrico locale, EVI spa, che ha dato il suo assenso, in via preliminare, per la fornitura di acqua nel periodo invernale per le quantità sopra indicate.

La tubazione di collegamento tra la cisterna e la vasca di acqua industriale della postazione di perforazione, della lunghezza di circa 370 m, sarà del diametro di 3" (*Figura 5.4.3.1a*).

Come visibile dalla *Figura 5.4.3.1a* il tubo di approvvigionamento, in uscita dalla cisterna, arriverà fino alla postazione di perforazione SF1 passando sopra un muretto di sostegno che costeggia Via Falanga. Lungo il suo tragitto si prevede la realizzazione di due attraversamenti stradali, indicati in figura, che verranno effettuati mediante la messa in posto di un tubo guaina interrato da DN100 in acciaio.

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

Se i consumi idrici fossero elevati, si potrebbe verificare un'interruzione della perforazione, per ripristinare un'adeguata disponibilità di acqua.

Invece, la fornitura di acqua per uso sanitario è una tipica fornitura di un cantiere mobile di piccole dimensioni.

#### 5.4.3.2 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.

#### 5.4.3.3 Altre Materie Prime

Nel seguito vengono indicate le quantità di materiali necessari per l'alimentazione del cantiere in fase di perforazione.

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

Per il calcolo delle quantità dei materiali necessari per l'alimentazione del cantiere (in prevalenza inerti, cemento, bentonite, acciaio, gasolio) si fa riferimento alla perforazione di circa 1.450 m.

Sulla base del profilo dei pozzi, della stratigrafia conosciuta e dell'esperienza, si possono stimare i seguenti consumi medi per ogni singolo pozzo, sia produttivo che reiniettivo:



- bentonite: 50 t per pozzo;
- cemento per le malte: 120 t per pozzo;
- acqua per la perforazione, circa 20.000 m<sup>3</sup> a pozzo;
- gasolio per l'alimentazione dei macchinari di sonda, circa 23.000 kg in media per pozzo;
- acciaio: il consumo di acciaio è relativo principalmente ai tubi (casing), mentre altri utilizzi danno un contributo assai poco significativo. Il fabbisogno di casing ammonta a circa 110 t mentre altri consumi sono per scalpelli, testa pozzo e lamiera per lavori di carpenteria vari. Si stima pertanto un totale di 120 t di acciaio per pozzo.

## 5.5 RIFIUTI E RESIDUI

### 5.5.1 Detriti e Fango Esausto

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 singolo pozzo è stimabile in 580 t.

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 in apposite vasche.

Tale quantità è relativa prevalentemente alla parte del pozzo con ritorno di circolazione. Infatti, nelle fasi di perdita di circolazione 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 soli 90 m<sup>3</sup> a pozzo.

Per la miscela di fango, acqua e detriti di varia pezzatura prodotti dalla perforazione si prevede un ciclo di smaltimento attraverso apposito Centro di trattamento autorizzato in accordo alle leggi in vigore. Si prevede di affidare allo stesso Centro anche il prelievo dei prodotti dal cantiere con modalità stabilite di volta in volta per quanto attiene la frequenza di prelievo, ovviamente dominata dalla produzione nel tempo del detrito stesso.

Il Centro prescelto provvede quindi a prelevare i prodotti e trasferirli al luogo di trattamento con mezzi specializzati e autorizzati in accordo alle leggi in vigore. La caratterizzazione chimica iniziale del materiale prodotto, anche se costituito in prevalenza da detriti, bentonite e cemento, viene fatta in un laboratorio specializzato, anch'esso necessariamente tra quelli autorizzati, ma che potrà essere distinto dal laboratorio di cui il Centro è eventualmente dotato. Inoltre i residui saranno inoltre classificati in accordo al codice CER (D.lgs 152/06).



### 5.5.2

#### ***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 5.5.2a*.

***Tabella 5.5.2a 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	200
Materiale per imballaggi	700
Gomma e gomma-metallo	1.700
Legname	600
Oli esausti utilizzati nei motori	250

### 5.5.3

#### ***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, mediante una rete di canalette come riportato in dettaglio al *Paragrafo 5.4.3.1* (come rappresentato nella *Tavola 1*) e inviate a smaltimento 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 40 m<sup>3</sup> a pozzo che saranno interamente smaltiti con autobotte.

Pertanto non si prevedono scarichi idrici nei corsi d'acqua.

## 5.6

**EMISSIONI SONORE DA IMPIANTO DI PERFORAZIONE**

Le principali sorgenti sonore dell'impianto di perforazione sono rappresentate da:

- n.2 gruppi elettrogeni alimentati con motore diesel;
- n.2 vibrovagli alimentati con motore elettrico;
- n.2 pompe triplex;
- n.1 piano sonda;
- n.2 compressori;

Nella seguente *Tabella 5.6a* 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:

- ogni 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 5.6a Potenza Sonora delle Principali Sorgenti dell'Impianto di Perforazione**

Rif.	Descrizione Sorgente	Num Sorgente	Tipo Sorgenti	Potenza Sorgente dB(A)	Ore esercizio
S1	Gruppo elettrogeno	2	Puntiforme	96	24 h/g
S2	Vibrovaglio	2	Puntiforme	95	24 h/g
S3	Piano Sonda	1	Puntiforme	103	24 h/g
S4	Pompa Triplex	2	Puntiforme	92	24 h/g
S5	Compressore	2	Puntiforme	85	24 h/g

## 5.7

**MEZZI DI CANTIERE E TRAFFICO INDOTTO**

La realizzazione della piazzola e dei pozzi in progetto 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..

Per la stima del carico da mezzi di trasporto sulla viabilità esistente occorre distinguere le varie fasi di lavoro.

La prima fase è costituita dalla costruzione della postazione, della durata totale di circa 45 giorni.

In questa fase si stima siano necessari:

93 autobotti da 8 m<sup>3</sup> per la fornitura di calcestruzzo, volume stimato pari a circa 742 m<sup>3</sup>;

2 trasporti con autocarro da 30 ton per escavatore ed una motopala.

Per la fase di montaggio dell'impianto di perforazione si stimano 27 trasporti con autocarro da 30 ton e 11 trasporti speciali.

Durante la perforazione si stima siano necessari:

- 15 trasporti con autocarro da 30 ton per il materiale da perforazione (bentonite, tubi, cemento, materiali minori) ripartiti nei primi 30 giorni di attività;
- 15 trasporti per il ritiro del materiale di scarto, da parte di ditte specializzate, derivante dall'attività di perforazione;
- 5 trasporti con autocarro da 4,8 ton per operazioni di log in pozzo, gasolio e altre attività minori ogni 5 giorni per tutto il periodo delle attività;
- Impiego di 5 mezzi leggeri per il trasporto del personale operativo e di controllo delle attività 2 volte al giorno, dal cantiere alla sede di pernottamento sita nel raggio di 5 km.

## 5.8

### **CARATTERIZZAZIONE PRODUTTIVA DEI POZZI**

Considerando le informazioni note dalle vecchie prove eseguite da SAFEN, si prevedono solo prove di produzione a breve termine (BT) per la "ripulitura del pozzo" e la caratterizzazione preliminare che verranno eseguite con la presenza della sonda di perforazione della durata di massimo 3 giorni.

Le prove di produzione sono generalmente volte ad identificare l'esistenza di un possibile orizzonte produttivo in termini di:

- natura del fluido (liquido, vapore);
- temperatura;
- composizione chimica;
- pressione di serbatoio;
- dimensioni e capacità produttive (estensioni laterali e verticali, trasmissività, porosità etc.).

Le prove saranno pertanto le seguenti:

- test per la determinazione di pressione e temperatura;
- breve erogazione controllata;
- test di iniezione.

#### *Determinazione di pressione e temperatura*

La temperatura e la pressione vengono misurate durante l'avanzamento del pozzo stesso e sono parte integrante delle procedure di perforazione. Poiché la perforazione dà sempre luogo ad una modifica temporanea dello stato termico della formazione attraversata (raffreddamento), la sua temperatura viene ricostruita, secondo tecniche teorico-pratiche, sulla base del recupero nel tempo della temperatura di fondo pozzo, che tende verso una stabilizzazione.

#### *Erogazione breve controllata*

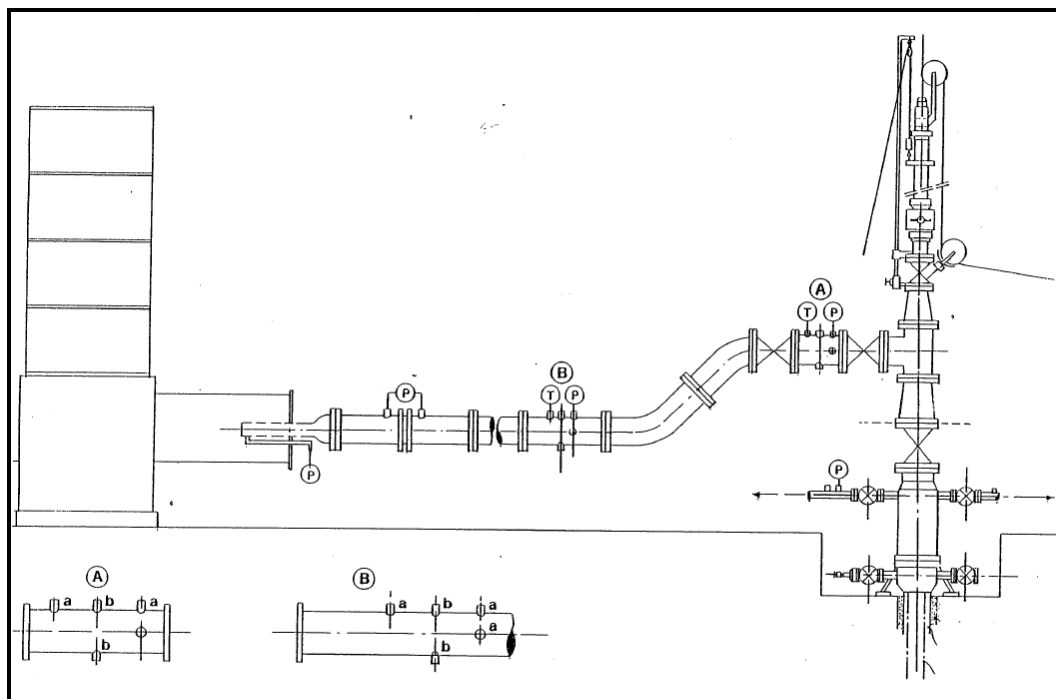
Al termine della perforazione e una volta verificata la presenza di un serbatoio permeabile si intende eseguire una breve prova di erogazione, avente lo scopo di “pulire il pozzo” dai detriti e dall’acqua iniettata durante la perforazione e determinare alcune caratteristiche produttive.

L’erogazione avverrà tramite una tubazione da 10” che sarà montata nel cunicolo appositamente predisposto (vedi *Tavole 1*), opportunamente ancorata per assorbire le dilatazioni termiche e le spinte fluidodinamiche in un separatore silenziatore”.

La linea di misura è schematicamente riportata nella seguente *Figura 5.8a* dove, non in scala, sono mostrate le misure che saranno eseguite e che sono riassunte nel seguito:

- misure di temperatura e pressione a testa pozzo;
- misura della Lip Pressure per la valutazione della portata (metodo di James);
- temperatura e livello del liquido nella vasca;
- attrezzatura per calare in pozzo la strumentazione per la misura di pressione e temperatura alla frattura in erogazione.

**Figura 5.8a Schema indicativo di installazione apparecchiatura per prove di produzione breve**



Il silenziatore/separatore (vedi *Tavola 4 1di6*) ha lo scopo di separare la parte liquida in uscita dal pozzo e ridurre le emissioni sonore.

Il silenziatore separatore sarà del tipo a ciclone: la fase gassosa (vapore e incondensabili e/aria) sono espulsi dall'alto, mentre la fase liquida cade nella vasca dopo aver attraversato una cassa con stramazzo.

L'acqua contenuta nel fluido geotermico, incluso l'acqua di perforazione sarà separata nel ciclone silenziatore e scaricata nella vasca adiacente al piazzale e successivamente re-iniettata nel pozzo stesso.

Il test si interromperà quando le vasche per prove di produzione saranno integralmente riempite. Considerando che la vasca ha un volume di 340 m<sup>3</sup> è ragionevole ritenere che le prove avranno una durata di non più 2 - 3 ore.

Nel corso dei test di erogazione è previsto il monitoraggio con strumento portatile della concentrazione di H<sub>2</sub>S a diverse distanze dall'impianto.

È possibile prevedere che, a seguito della perforazione del pozzo di reiniezione e della prova di iniezione, di seguito descritta, la prova di "erogazione breve controllata" possa essere eseguita reiniettando il fluido geotermico, riversato nella vasca, direttamente nel pozzo di reiniezione, mediante una pompa.

Tale ulteriore prova, consentirebbe una migliore caratterizzazione del serbatoio geotermico in termini di produttività e di reiniettività, ricreando all'incirca ciò che avverrà ad impianto in esercizio.

### *Prove di iniezione*

Al termine della breve prova di erogazione e comunque anche in assenza di prova di erogazione, si potrà procedere, con le prove di iniezione (o iniettività) di acqua in pozzo associate alla misura di alcune grandezze fisiche eseguite durante e dopo l'iniezione stessa, utilizzando speciali strumenti di misura calati all'interno dei pozzi stessi.

L'acqua sarà iniettata usando la stessa tubazione utilizzata per i brevi test di produzione che sarà collegata alle pompe fango.

La massima quantità di acqua impiegata è quella che si troverà nelle vasche prove di produzione cioè massimo 340 m<sup>3</sup>/h. Il test durerà non più di mezza giornata iniettando almeno 3 portate diverse per 2 – 3 ore.

Attraverso l'elaborazione numerica delle grandezze fisiche raccolte durante l'iniezione d'acqua, è possibile accertare la qualità della "interconnessione" tra le fratture delle rocce serbatoio e foro e quindi prevedere con sufficiente affidabilità la capacità produttiva dei pozzi.

La metodologia ha avuto larga sperimentazione in geotermia ed è comunemente usata anche in assenza di test di erogazione.

## **5.9**

### ***TEMPI DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI***

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

- definizione del programma e del profilo di sondaggio/reperimento dei materiali, autorizzazioni minerarie: 90gg;
- preparazione della postazione di sonda: 45gg; la selezione ditte e negoziazione contratto può essere considerata in parallelo alla precedente;
- montaggio impianto: 30gg di attesa disponibilità impianto e 15gg di montaggio effettivo;
- 35gg perforazione di un singolo pozzo;
- analisi dei dati e decisioni operative in linea con l'attività e imprevisti: 10gg;
- 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.

La durata complessiva delle operazioni di preparazione e perforazione (3 pozzi) è indicativamente 6/7 mesi come indicato nel cronogramma di cui al *Capitolo 7*.



## 5.10

**COMPLETAMENTO DEI POZZI E RIPRISTINO DELLA POSTAZIONE**

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.

Al termine delle attività di perforazione previste dal presente Programma Lavori, si provvederà al ripristino ambientale.

Il piano di recupero dell'area di postazione dipende strettamente dall'esito della perforazione e della produttività dei pozzi.

Di seguito verranno descritte le tipologie di ripristino ambientale che saranno adottate in caso di pozzi produttivi o pozzi sterili.

## 5.10.1

**Esito Positivo della Perforazione (Pozzi Produttivi)**

In caso di successo, i pozzi saranno utilizzati per la produzione di energia ed in loco sarà mantenuta la postazione, pur in forma ridotta e con una visibilità minima (*Tavola 3*).

In tal caso, le opere destinate a rimanere in loco saranno:

- la testa pozzo (*Figura 5.3.1d*), caratterizzata da un ingombro irrilevante, sia in termini volumetrici che per elevazione e visibilità. Si tratta, infatti, di tubazioni coibentate e valvole (manuali ed elettriche per l'avvio e l'arresto dell'impianto) che, alloggiata in una buca armata (cantina), fuoriescono dal piano campagna di circa 1,5 metri, quindi di ingombro assimilabile ai comuni pozzi artesiani per l'emungimento di acqua;
- una recinzione costituita da una rete di altezza 1,80 m, con dimensioni in pianta 3m x 16m posta intorno alla cantina, per protezione del pozzo; sarà coperta anche nella parte superiore e munita di cancello per impedire l'accesso alla struttura da tutti i lati;
- l'area cementata della postazione necessaria per la fase di perforazione;
- le solette e le strutture per il rifornimento gasolio e per il suo stoccaggio;
- la vasca interrata dell'acqua industriale;
- una protezione di rete metallica di adeguata altezza e robustezza, per impedire l'accesso di personale estraneo alle strutture di postazione; posta tutta intorno all'area di postazione.

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

Infine, le superfici aride circostanti la postazione saranno riprofilate e rese fertili con la posa in opera di uno strato di terreno vegetale; successivamente il tutto verrà rinverdito e cespugliato con essenze locali.

Nello specifico i pozzi produttivi costituiranno l'alimentazione all'impianto a ciclo organico descritto nel successivo *Capitolo 6*.

Il layout della postazione dei pozzi produttivi e del pozzo reiniettivo in fase di esercizio è riportato nella *Tavola 3*.

### **5.10.2** *Esito Negativo della Perforazione (Pozzi Sterili)*

In caso di esito negativo della perforazione, qualora il pozzo risulti inutilizzabile per uno degli obiettivi per cui era stato perforato, si procederà alla chiusura mineraria dei pozzi e alla demolizione delle opere civili.

#### *Chiusura Mineraria dei Pozzi*

Come detto, in caso di pozzi sterili verrà effettuata la chiusura mineraria dei pozzi. Scopo di tale operazione è quello di 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.

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.

La realizzazione della chiusura mineraria avviene mediante riempimento del foro con materiale clastico e appositi tappi di cemento a varie profondità lungo le tubazioni esistenti, in modo da ripristinare il completo isolamento delle rocce perforate.

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 in esame, 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.

L'operazione di chiusura del pozzo è completata in superficie con la demolizione delle parti in calcestruzzo e della parte terminale superiore del pozzo fino a circa 2 m di profondità.

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.

Inoltre, si procederà alla demolizione delle opere civili presenti nelle postazioni di sonda.

#### *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.

Ottenuta 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.

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.



PROGETTO

P15\_GAV\_003

TITOLO

ISCHIA GEOTERMIA SRL:  
PERMESSO DI RICERCA PER IMPIANTO PILOTA  
GEOTERMICO DENOMINATO "FORIO".  
PROGETTO DEFINITIVO E PROGRAMMA LAVORI

REV.

0

Pagina

65

## 6 LA CENTRALE DI PRODUZIONE

### 6.1 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, come confermato dalla simulazione numerica di cui all'*Allegato 3 – Modellazione Numerica del Serbatoio Geotermico*.

Per la stima delle caratteristiche di produzione a testa pozzo, si è fatto ricorso alla simulazione del deflusso da pozzi descritta i *Barelli et al 1982* (vedi anche *Paragrafo 2.4.2*).

La soluzione adottata per garantire l'assenza di emissioni di fluido in atmosfera prevede l'installazione di una centrale a fluido binario in cui si effettua l'estrazione della corrente dei gas incondensabili che si sono sviluppati, la loro ricompressione e quindi la miscelazione di essi con la corrente liquida raffreddata per poter effettuare la reiniezione totale del fluido geotermico nel sottosuolo.

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

- Potenza netta massima media immessa in rete nell'arco dell'anno: 5 MWe (per complessivi 40.000 MWh);
- Entalpia del fluido geotermico in ingresso all'impianto: 837 kJ/kg (corrispondente; a una temperatura del fluido nel serbatoio geotermico di: 200°C);
- Temperatura del fluido geotermico a testa pozzo: 141 °C;
- Contenuto di gas incondensabili (principalmente CO<sub>2</sub>) 0,1% in peso sul totale del fluido;
- Reiniezione totale fluido geotermico;
- Predisposizione dell'impianto alla cessione di calore a eventuali utenze future lo scambio di calore potrà avvenire sia alla temperatura di reiniezione sia alla temperatura più alta, pre-raffreddamento per la produzione elettrica a seconda della tipologia di richiesta termica;
- Assenza di emissioni in atmosfera;
- Utilizzo di condensatore ad aria;
- I materiali delle tubazioni a contatto col fluido geotermico saranno in acciaio al carbonio con adeguato sovrappessore di corrosione;
- Non verranno impiegate leghe contenenti rame per i materiali dell'impianto ORC a contatto con il fluido geotermico.

La portata del fluido geotermico necessaria per ottenere la suddetta produzione di energia elettrica annua sarà di circa 300 t/h.

## 6.2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

### 6.2.1 Descrizione Generale

L'impianto pilota geotermico sarà costituito dai seguenti componenti principali:

- n.2 pozzi di produzione di fluido geotermico (bifase);
- una tubazione di convogliamento del fluido geotermico dai pozzi produttivi all'impianto ORC;
- un'apparecchiatura per la separazione della fase liquida da quella aeriforme;
- l'impianto ORC (di seguito descritto), che consentirà la produzione di energia elettrica attraverso il recupero di calore dal fluido geotermico;
- una sezione di miscelamento dei gas incondensabili con la corrente liquida in uscita dall'impianto ORC;
- una tubazione di convogliamento del fluido geotermico raffreddato ai pozzi di reiniezione;
- n.1 pozzo di reiniezione del fluido geotermico (ubicato nella stessa piazzola dei pozzi produttivi);
- 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 (32kV) per il collegamento alla Rete Elettrica Nazionale.

La localizzazione delle opere in progetto è riportata su CTR nella *Figura 1.1a* e su foto aerea nella *Figura 1.1b*. Lo schema generale dell'Impianto Pilota è riportato nella *Tavola 4*.

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 impianto, 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" per il fatto che coinvolgono due tipologie di fluido:

il fluido geotermico caldo dal quale viene recuperato calore e che 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 (a monte e a valle della sezione di scambio termico) saranno installati dispositivi di prelievo del fluido ai quali potranno essere attaccate le tubazioni di distribuzione.

## 6.2.2 *Tubazioni di trasporto del fluido geotermico*

### 6.2.2.1 Tracciato

Il fluido geotermico viene trasportato in flusso bifase dai pozzi di produzione al vicino impianto ORC mediante una tubazione posata in cunicolo interrato.

Una volta uscita dall'area della postazione, la tubazione corre in direzione Sud-Nord attraversando via Falanga ed entra nell'area di Centrale dal lato Sud, passando a fianco della cabina di consegna.

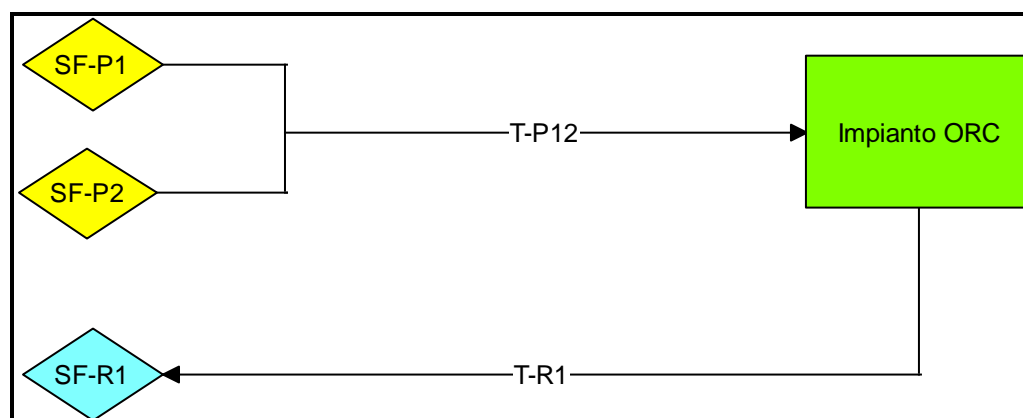
A valle della sezione di scambio termico si avranno due tubazioni, una costituita dal fluido geotermico raffreddato e una dei gas incondensabili. Una volta miscelati (vedi *paragrafo 6.2.5*) si avrà un'unica condotta di reiniezione che seguirà lo stesso tracciato della tubazione di produzione (le due condotte saranno posate nello stesso cunicolo).

Il suddetto tracciato delle tubazioni è indicato nelle *Figure 1.1a e 1.1b*.

### 6.2.2.2 Caratteristiche delle Tubazioni

Al fine di descrivere le caratteristiche di progetto dei diversi tratti delle tubazioni sopra tracciate, si consideri la rappresentazione schematica riportata in *Figura 6.2.2.2a*.

**Figura 6.2.2.2a 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 6.2.2.2a*.

**Tabella 6.2.2.2a Caratteristiche Principali delle Tubazioni nelle Condizioni di Progetto**

ID	L	DN	Portata	P in	P fin	T in	T fin
	m	mm	t/h	bar	bar	°C	°C
T-P12	88	500	300	3.6	3.2	141	135
T-R1	94	300	300	2.7	2.6	90	90

Come detto in precedenza, le tubazioni di connessione tra l'impianto ORC e l'area dei pozzi saranno posate all'interno di un cunicolo interrato in cemento armato che ha il vantaggio di consentire una agevole accessibilità delle condotte per le normali attività di esercizio e manutenzione dell'impianto e allo stesso tempo le rende invisibili dall'esterno.

Il progetto delle tubazioni interrate, 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 sovrasspessore 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, da ritenersi cautelativo.

La sezione di scavo per la posa delle condotte nell'apposito cunicolo è riportato nella *Tavola 1*.

Nel cunicolo suddetto 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 e i cavi in bassa tensione per l'alimentazione delle valvole dei pozzi.

### 6.2.2.3 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 reiniettate.

### 6.2.3 Separatore liquido/vapore

In prossimità degli scambiatori di calore dell'Impianto ORC verrà installato un separatore tipo "Webre" che consente la separazione delle due fasi. Tale apparecchiatura è costituita da un vessel cilindrico in cui il fluido bifase entra tangenzialmente in modo da operare come un ciclone. La fase liquida, impattando sulle pareti del separatore, si raccoglie sul fondo dello stesso e viene estratto da un bocchello realizzato di lato nella parte bassa. Il vapore risale e viene convogliato, fluendo dall'alto verso il basso, in una tubazione realizzata al centro del separatore e viene quindi estratto dal fondo dello stesso.

L'apparecchiatura sarà caratterizzata da una parte superiore, dedicata alla separazione gas liquido, di sezione minore, e da una parte inferiore (sotto al bocchello di ingresso della miscela bifase) con un diametro maggiore in modo da avere un volume che possa garantire un sufficiente tempo di permanenza alla fase liquida.

### 6.2.4 Impianto ORC

Il lay-out dell'impianto ORC è riportato nella *Tavola 4 (1 di 6)*, nella quale, dentro il perimetro di impianto è possibile riconoscere le principali apparecchiature che costituiscono il ciclo ORC:

- N°1 evaporatore a fascio tubiero (fluido organico – fluido geotermico);
- N°2 preriscaldatori fluido organico – fluido geotermico;
- N°1 recuperatore (fluido organico – fluido organico);
- N°1 turbo-espansore comprensivo di generatore elettrico;
- Condensatore 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;
- 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 4* si riportano anche una serie di viste e sezioni vista in elevazione dell'impianto e alcune sezioni significative dell'area su cui esso sarà installato.

#### 6.2.4.1 Funzionamento del Ciclo ORC

Come detto in precedenza, il fluido geotermico proveniente dai pozzi viene convogliata in flusso bifase all'impianto ORC. Da qui, la fase vapore viene inviata all'evaporatore del fluido organico mentre la fase liquida, insieme al condensato in uscita dal suddetto evaporatore, va ad alimentare in serie due preriscaldatori attraverso i quali cede il proprio calore sensibile (raffreddandosi fino a 90 °C) al fluido organico di lavoro.

Il diagramma di flusso dell'impianto ORC è riportato alla *Tavola 5*.

Il vapore del fluido organico in uscita dall'evaporatore viene quindi fatto espandere all'interno di un Turbo-Espansore producendo energia meccanica, che viene convertita in energia elettrica dal generatore.

Il fluido espanso in uscita dalla turbina viene prima fatto passare attraverso uno scambiatore di calore (recuperatore) che lo raffredda preriscaldando lo stesso fluido in uscita dal condensatore. Quindi, condensa in un condensatore ad aria chiudendo così il ciclo termodinamico. Una volta condensato e preriscaldato nel suddetto recuperatore, il fluido viene nuovamente rialimentato alla sezione di scambio termico con il fluido geotermico 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.

L'impiego 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 polmonato con azoto per mantenere l'atmosfera inerte.

### 6.2.5 *Sistema di Estrazione e Reiniezione Gas Incondensabili*

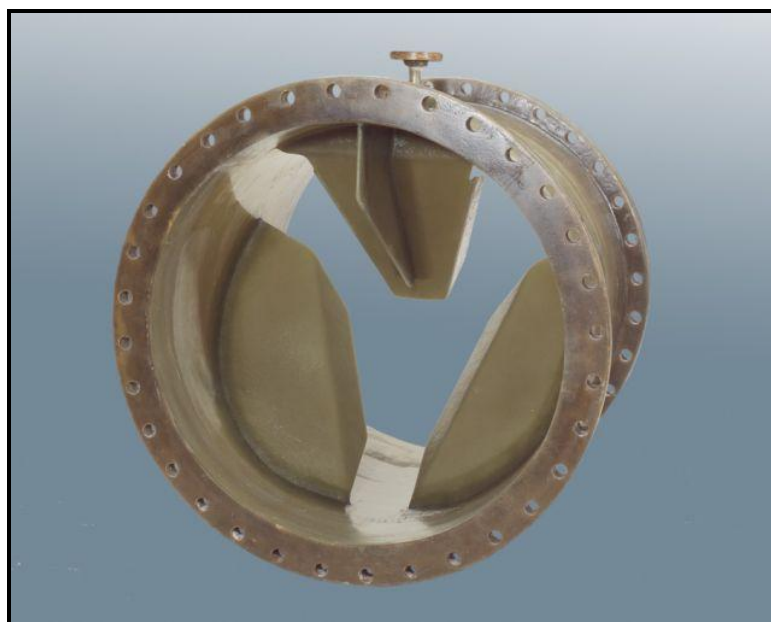
I gas incondensabili in uscita dall'evaporatore del ciclo ORC verranno estratti e miscelati alla corrente di fluido geotermico raffreddato a valle della sezione di scambio termico.

La miscelazione delle due fasi (gassosa e liquida) avviene in linea, installando un miscelatore statico sulla tubazione del fluido geotermico liquido e in cui il gas viene alimentato tramite un iniettore all'interno della corrente liquida.

Tale miscelazione avviene all'interno dell'Impianto ORC, pertanto dall'area di centrale partirà un'unica tubazione diretta al pozzo di reiniezione.

Nella *Figura 6.2.5a* viene presentato un esempio di miscelatore statico che può essere impiegato per il servizio descritto.

**Figura 6.2.5a** *Esempio di miscelatore statico per la miscelazione del fluido geotermico con i gas incondensabili*



### 6.2.6 *Ausiliari di Impianto*

#### 6.2.6.1 **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 in *Tavola 4 (1 di 4)*.

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

### 6.2.6.2 Controllo Microsismico

Alcuni ricercatori hanno indicato nella pratica della reiniezione la possibile causa di eventi microsismici. Relativamente a tale tematica si veda l'*Allegato 5*. 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 il proponente ha promosso l'installazione di una rete per il controllo dell'attività sismica.

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

### 6.2.6.3 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 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, si è pertanto previsto un sovrassessore di corrosione di 6 mm, calcolato per un periodo di funzionamento di 30 anni.

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 controlli non distruttivi spessimetrici con tecnologia a ultrasuoni su tutta la circonferenza delle tubazioni tra i pozzi e la centrale e tra questa e i pozzi di reiniezione ogni 6 mesi.

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 verificandone lo stato nella parte terminale in prossimità della testa pozzo.



#### 6.2.6.4 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 in 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 pompa diesel.

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

#### 6.2.6.5 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 (*Tavola 7*), 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).

Essa sarà costituita da un edificio dalla superficie complessiva di circa 21 m<sup>2</sup> (8.6 x 2.5 m) per una cubatura complessiva di circa 48,5 m<sup>3</sup>. 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.

#### 6.2.6.6 Sistema di Illuminazione

La zona di installazione della centrale ORC non è dotata di illuminazione, pertanto si dovrà prevedere il necessario sistema di illuminazione.

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

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

Gli apparecchi illuminanti avranno:

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

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

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

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

Sull'impianto ORC è prevista l'installazione di n°7 apparecchi illuminanti testapalo a 54 led (6 moduli da 9 led), flusso luminoso iniziale 8.950 lm, potenza complessiva 118W.

Nella *Tavola 4 (1di6)* è riportata l'ubicazione degli apparecchi illuminanti testapalo tipo AEC LED IN all'interno dell'area dell'impianto ORC.

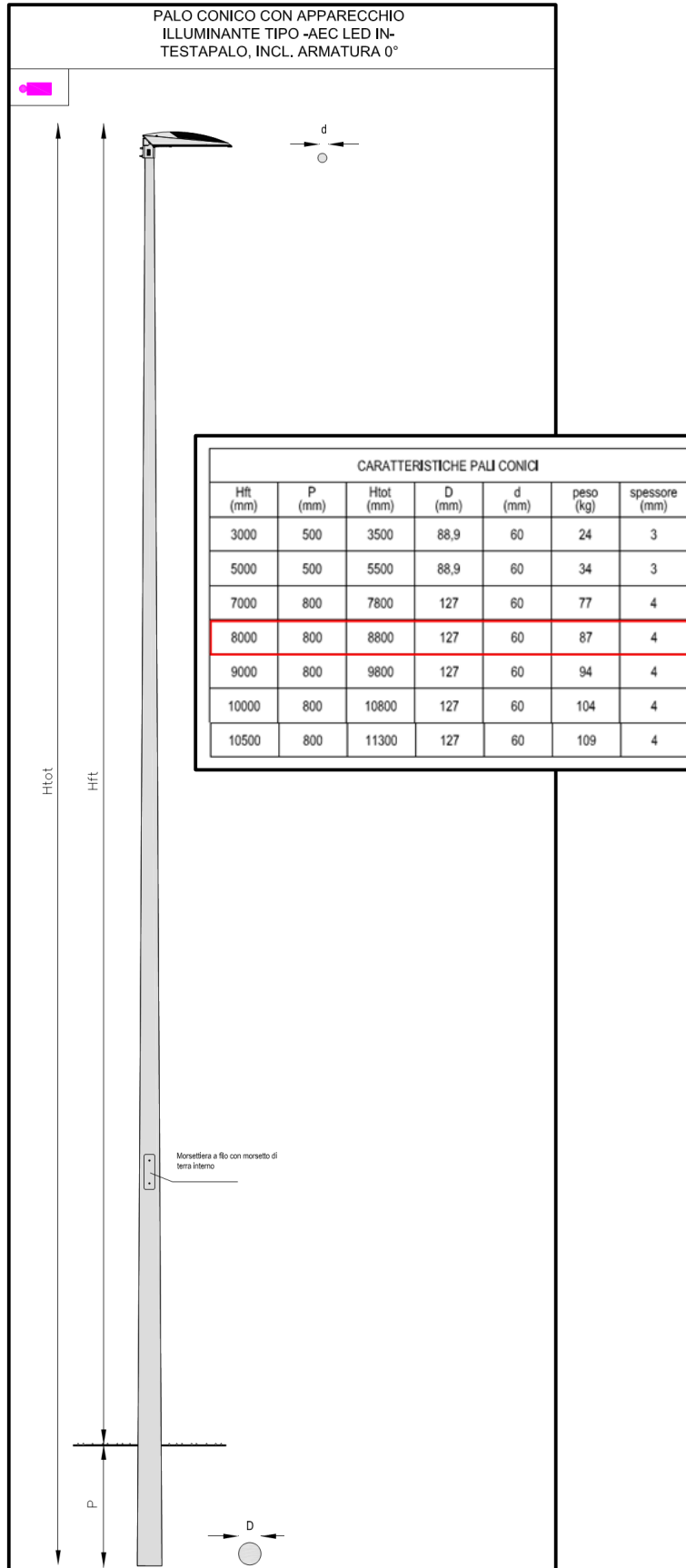
Nella *Figura 6.2.6.6a* si riportano i dettagli dell'apparecchio illuminante tipo AEC LED IN 8m. Nel riquadro in rosso si riportano le caratteristiche dimensionali degli apparecchi illuminanti che verranno installati nell'area dell'impianto ORC.

Nella *Figura 6.2.6.6b* si riportano i particolari ed i dati tecnici dei plinti di fondazione con pozzetto in cls per gli apparecchi illuminanti tipo AEC LED IN ed Hft compresa tra 5000 mm e 9000 mm.

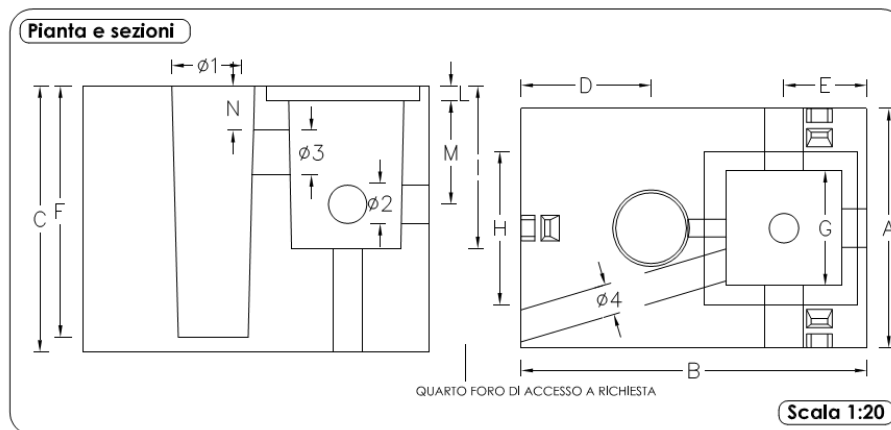
Saranno utilizzati plinti prefabbricati gettati in opera. Le dimensioni dei plinti saranno le seguenti: Lxlp 1.170x810x900mm (dimensioni esterne) per pali Hft compresa tra 5000 mm e 9000 mm, peso 1.725 kg.

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

**Figura 6.2.6.6a Dettaglio Apparecchio Illuminante tipo AEC LED IN 8m**



**Figura 6.2.6.6b Plinto per Apparecchio Illuminante Hft=5000-9000 mm**



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

### 6.2.7 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-Espansore e Generatore elettrico;
- Fondazioni Evaporatore 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 2 è riportata la *Relazione Geologica, Geotecnica ed Idrogeologica*.

#### 6.2.7.1 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.

L'area, così individuata per la realizzazione dell'impianto ORC (*Tavola 4 1di6*), andrà ad occupare parte della strada vicinale denominata "Cavone del Bertolico", che presenta direzione Nord-Sud.

Il presente Progetto prevede, quindi, la realizzazione di una strada alternativa che partirà in prossimità della zona di accesso all'impianto ORC e che,

costeggiando l'area d'impianto nel suo limite settentrionale, raggiungerà la strada vicinale originaria.

Tale nuovo tratto avrà le stesse caratteristiche di quello attualmente esistente: strada bianca inghiaata, con larghezza compresa tra 1,5 e 2 m.

### 6.2.7.2 Fondazioni

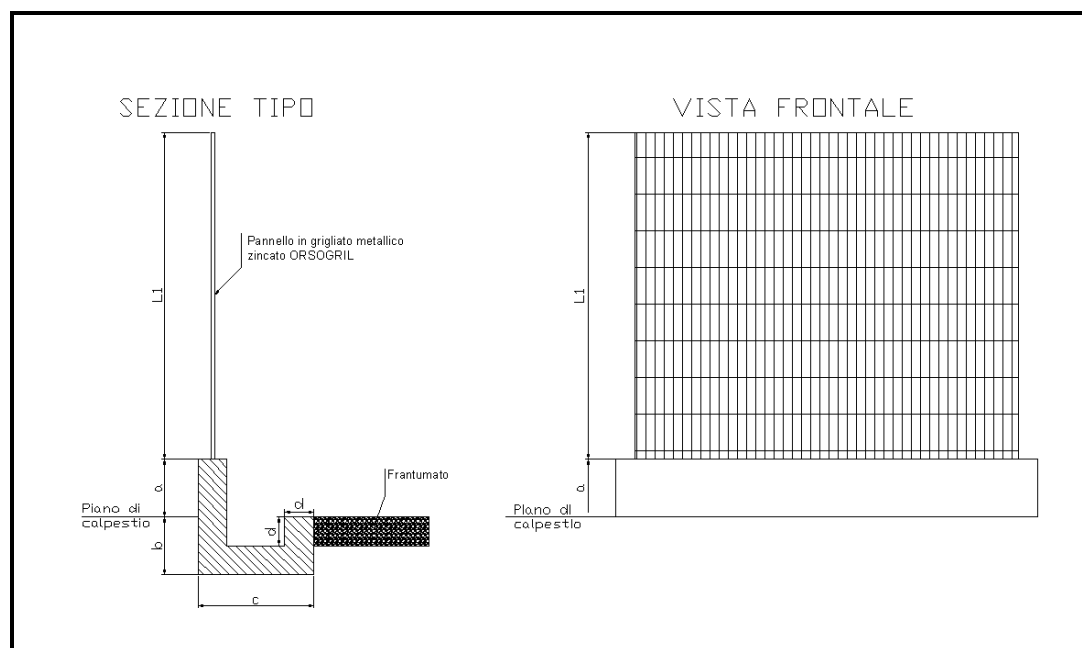
Si prevede di realizzare l'impianto ORC su fondazioni dirette del tipo a platea. I basamenti saranno previsti in conglomerato cementizio armato gettato in opera, con nervature di irrigidimento.

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°3 274 del 20/03/2003 e successiva n° 316 contenente modifiche ed integrazioni).

### 6.2.7.3 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 6.2.7.3a Schema della Recinzione**



La rete avrà una lunghezza di circa 240 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 m.



Come già anticipato, per accedere all'impianto è stato previsto sul lato Sud-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 da Via Falanga.

#### 6.2.7.4 Sistemazione Aree Interne

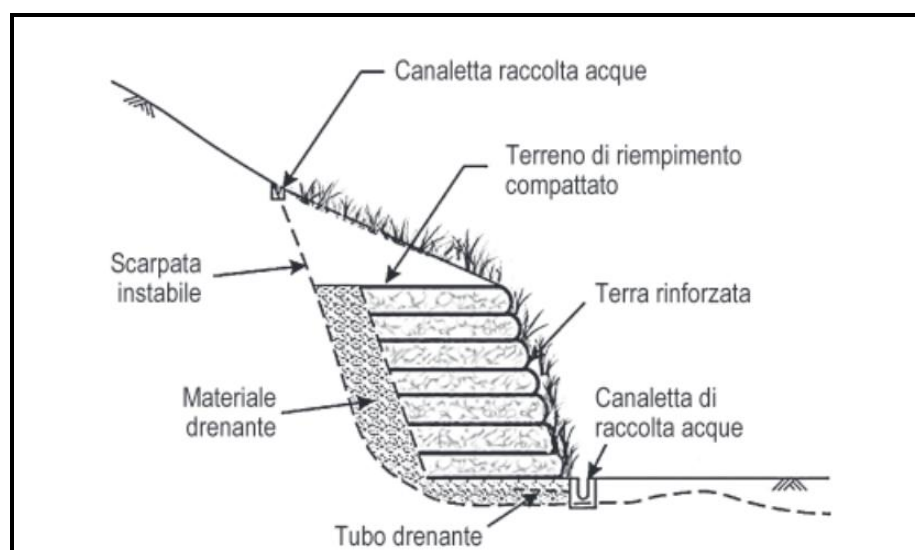
La sistemazione delle aree interne, ad eccezione di quelle direttamente interessate dagli impianti o pavimentate, sarà realizzata in terra battuta ricoperta da ghiaia.

#### 6.2.7.5 Opere di Messa in Sicurezza

Il terreno su cui sarà realizzato l'impianto ORC presenta zone con forte acclività e quindi il progetto ha previsto una preventiva riprofilatura del versante al fine di creare un'area pianeggiante.

In considerazione, quindi, degli sbancamenti necessari per la peneplanazione e della presenza di una parete naturale sub-verticale che delimita a monte l'area di impianto ad Est, si prevede la realizzazione di muri in terre armate nella parte settentrionale, orientale e meridionale della postazione (vedi sezioni in *Tavola 1, 4 di 4*) da realizzarsi con parte del terreno escavato (*Figura 6.2.7.5a*).

**Figura 6.2.7.5a Stabilizzazione di Pendio Mediante Muro in Terre Armate (da Comedini M., 2013)**



La terra armata si compone di due elementi costruttivi essenziali:

il terreno di riempimento (normalmente quello presente sul sito di costruzione), che conferisce all'opera la resistenza alla compressione e resistenza al taglio; i rinforzi o armature, che conferiscono resistenza a trazione, ovvero miglioramento della resistenza al taglio del terreno stesso; materiale e tubo drenante al fine di evitare l'insorgenza di pressioni interstiziali nel terreno.

Tale intervento prevede, sul paramento esterno, rivestimenti con vegetazione autoctona od inerbimenti artificiali mediante geostuoie ed idrosemina.

Nella parte occidentale dell'area di impianto, internamente all'area recintata, verrà invece realizzato un muro di contenimento rivestito con pietra locale (vedi sezioni di *Tavola 4*) che migliorerà la stabilità della recinzione perimetrale; infatti, tali opere saranno ancorate mediante tiranti alle sottostanti formazioni tufacee.

#### **6.2.7.6 Posa in Opera Tubazioni**

La posa in opera delle tubazioni avverrà secondo le modalità indicate al § 6.2.2.

### **6.3 COLLEGAMENTO ELETTRICO**

L'impianto sarà collegato alla rete di Enel Distribuzione a 32 kV tramite la realizzazione di una linea in Media Tensione interrata in doppia terna con conduttore in alluminio da 500 mm<sup>2</sup> lunga circa 10,3 km, fino alla Cabina Primaria di Forio.

Il Progetto dell'elettrodotto di collegamento è riportato in Allegato 6 cui si rimanda per dettagli.

Nella *Tavola 6* è riportato lo schema elettrico unifilare dell'Impianto.

### **6.4 PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO PILOTA**

#### **6.4.1 Bilancio Energetico**

Il bilancio energetico dell'impianto ORC è riportato in *Tabella 6.4.1a* dove sono stati considerati, con voci distinte, i consumi degli ausiliari dell'impianto ORC, e le altre utenze elettriche relative all'impianto di trattamento, separazione e reiniezione del fluido geotermico. E' inoltre indicato il calore residuo eventualmente disponibile per teleriscaldamento.

**Tabella 6.4.1a Bilanci di Energia per l'Impianto ORC**

Parametri	UdM	Valore
Potenza termica da fluido geotermico <sup>(1)</sup>		37.63
Potenza elettrica lorda al generatore impianto ORC		5
<i>Rendimento elettrico lordo</i>		12.75
Potenza elettrica ausiliari impianto ORC (pompa circolazione fluido organico e sistema di raffreddamento condensatore)		0.5
Potenza estrattore gas e pompa rilancio condense		0.1
Potenza elettrica netta		4.4
<i>Rendimento elettrico netto</i>		11.22
<i>Potenza termica disponibile per teleriscaldamento<sup>(2)</sup></i>		22.67

<sup>(1)</sup> Calcolata tra la temperatura in ingresso e la temperatura di 90 °C

<sup>(2)</sup> Calcolata tra la temperatura di 90°C a valle scambiatore e 25 °C

### 6.4.2 **Approvvigionamento Idrico**

Dal bilancio sul serbatoio geotermico si evidenzia quindi che la realizzazione dell'impianto non arreca consumi di fluido geotermico, 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.

L'approvvigionamento dell'acqua per tali scopi, dato l'esiguo consumo idrico (pochi litri al giorno) avverrà mediante autobotte.

### 6.4.3 **Consumo di Materie Prime ed Altri Materiali**

Come descritto nel precedente paragrafo, la principale materia prima necessaria per il funzionamento dell'impianto ORC è il fluido geotermico; a seguito del recupero di calore, esso viene completamente reiniettato nel serbatoio geotermico da cui è stata prelevato.

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.

#### 6.4.4 *Uso di Territorio*

La superficie interessata dall'impianto sperimentale ORC sarà di circa 3.650 m<sup>2</sup>. L'area occupata dalla postazione dei pozzi sarà di circa 4.300 m<sup>2</sup>.

Al termine della perforazione, la piazzola rimarrà recintata, le vasche verranno mantenute e messe in sicurezza con una rete antintrusione.

#### 6.4.5 *Emissioni in Atmosfera*

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

#### 6.4.6 *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 3m x 2m x 1m), detta "vasca di prima pioggia", capace di contenere tutta la quantità di acque meteoriche di dilavamento (circa 6 m<sup>3</sup>) risultante dai primi 5 mm di pioggia caduta sulla superficie scolante di pertinenza dell'impianto (circa 1.250 m<sup>2</sup>).

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 al compluvio naturale.

Nella *Tavola 4* 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 che si trovano alle quote più basse, stoccato nella vasca di acqua presente nella piazzola dei pozzi e reiniettato.

## 6.4.6.1

**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 6.4.6.1a Potenza Sonora delle Principali Sorgenti in Fase di Cantiere**

Tipologia Macchina	Potenza kW	Potenza Sonora limite dal 3 Gennaio 2006 [dB(A)]
Escavatore Cingolato	150	105
Pala Gommata	140	102
Gru a torre	50	98
Gruppo Elettrogeno	97	97
Betoniera	105	100
Autocarro	-	102

La caratterizzazione acustica delle sorgenti relativa ai mezzi e macchinari, che verranno utilizzati in cantiere per la realizzazione dell'impianto ORC, 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:

N° 1 condensatore ad aria (4 baie ad Ovest e 5 baie ad Est);

N° 2 pompe alimentazione fluido;

Gruppo turbina Generatore.

Le velocità nelle tubazioni di trasferimento sono dell'ordine di 1,5 m/s e pertanto non in grado di produrre emissioni sonore percepibili.

Nella *Tabella 6.4.6.1b* è indicata la potenza sonora delle principali sorgenti presenti nella Centrale per la produzione di energia elettrica.

**Tabella 6.4.6.1.b Principali Sorgenti Sonore dell'Impianto ORC per la Produzione di Energia Elettrica**

<b>Rif. Sorgente</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Potenza dBA</b>
S1	Condensatore (n.18 ventilatori)	86
S2	Pompe alimentazione fluido (n.2)	75 <sup>(1)</sup>
S3	Gruppo Turbine-Generatore	88,2
<sup>(1)</sup> Il valore di potenza è riferito alla singola pompa.		

Nel seguito si riportano i valori di calcolo per la valutazione previsionale delle potenze sonore delle suddette sorgenti:

- S1 – il condensatore ad aria è suddiviso in due sezioni, la parte est costituita da cinque baie (n. 10 ventilatori) e la parte ovest costituita da quattro baie (n. 4 ventilatori). Il condensatore ha un'altezza di 10,3 m. In una porzione del condensatore, ubicata ad una quota da 6,8 a 10,3 m da terra sono ubicati i ventilatori ed il sistema di tubazioni del condensatore. Tale porzione rappresenta la fonte di emissione sonora ed è stata considerata come sorgente areale ubicata ad una quota da terra pari a 6,8 m ed avente una superficie, in pianta, pari a quella delle due sezioni del condensatore e con un'altezza pari a 3,5 m. È stata presa in considerazione l'applicazione di una riduzione della velocità dei ventilatori e l'installazione di un'insonorizzazione adeguata allo scarico dell'aria, accorgimenti tali da consentire l'ottenimento di un livello di pressione sonora a 10 m di distanza dal condensatore e ad una quota da terra pari a 1,5 m, in campo libero e con il terreno riflettente, pari a 53 dB(A). Il valore di potenza sonora (LW) pari a 89,0 dB(A) è stato calcolato tramite il software previsionale SoundPlan.
- S2 – le due pompe di alimentazione del fluido sono state considerate come sorgenti di tipo puntiforme posizionate a circa 1 m da terra. È stata presa in considerazione l'installazione di una struttura fonoassorbente attorno a ciascuna pompa tale da garantire un livello di pressione sonora ad 1 m di distanza, in campo libero e con il terreno riflettente, pari a 65 dB(A). Il valore di potenza sonora (LW) pari a 75 dB(A) è stato calcolato tramite il software previsionale SoundPlan.
- S3 – il gruppo turbina è stato considerato come una sorgente di tipo areale. È stata presa in considerazione l'installazione di una struttura fonoassorbente all'interno della quale alloggiare il gruppo turbina tale da garantire un livello di pressione sonora ad 1 m di distanza, in campo libero e con il terreno riflettente, pari a 70,5 dB(A). Il valore di potenza sonora (LW) pari a 88,2 dB(A) è stato calcolato tramite il software previsionale SoundPlan.

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.



#### 6.4.6.2 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.

### 6.5 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;*

Fase 2: installazione e montaggio delle parti meccaniche ed elettro-strumentali: *durata circa 8 mesi;*

Fase 3: commissioning, messa in servizio e test: *durata circa 3 mesi.*

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.

#### 6.5.1 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 delle fondazioni di: condensatore ad aria, turbina e generatore, scambiatori di calore e separatore gas liquido;
- Realizzazione fondazioni cabinato sala quadri e controllo e impianto antincendio;
- Realizzazione fondazioni cabina consegna energia elettrica;
- Realizzazioni reti interrato raccolta acque meteoriche;
- Riempimenti e compattazioni;
- Realizzazione di opere di contenimento, secondo principi di Ingegneria Naturalistica.

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 mentre l'eccedenza sarà inviata a idonei centri di smaltimenti/recupero.

### 6.5.2 *Fase 2: 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 del separatore gas/liquido;
- montaggi meccanici ed elettro-strumentali scambiatore predisposto per il teleriscaldamento;
- montaggio della cabina di consegna dell'energia elettrica;
- montaggio della sala quadri-controllo.

### 6.5.3 *Fase 3: Commissioning, Messa in Servizio e Test*

Le attività previste per questa fase sono di seguito elencate:

- Commissioning e avviamento separatore;
- Commissioning e avviamento impianto ORC;
- 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.

### 6.5.4 *Movimento Terra*

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 mostrate nella seguente *Tabella 6.5.4a*.

**Tabella 6.5.4a Bilancio Scavi Riporti**

Scavi	Volume (m <sup>3</sup> )	Note
Materiale da Scavo di scotico	1.090,0	Scavo dei primi 30 cm di terra nell'area d'impianto
Materiale da Scavo di sbancamento	3.719,5	Vengono sbancate tutte le aree interessate dalle fondazioni/basamenti delle macchine e dei cabinati.

Rinterri necessari ed ossatura piazzale	3.447,0	Effettuato con terreno proveniente da scavi.
Terreno residuo	1.362,5	

Le volumetrie indicate includono anche i lavori di scavo per la realizzazione del cunicolo interrato di connessione tra la postazione dei pozzi e il separatore installato all'interno dell'area ORC che servirà per la posa della condotta di produzione, di quella di reiniezione.

Sia per l'impianto ORC che per il cunicolo delle tubazioni, il terreno scavato verrà riutilizzato in loco, per i rinterri, le sistemazioni e le riprofilature interne all'area di cantiere.

La quantità di terreno eccedente verrà inviata a discarica autorizzata.

Nella *Tabella 6.5.4b* è riportato il computo degli scavi-riporti per la realizzazione del cavidotto interrato MT.

**Tabella 6.5.4b Bilancio Scavi Riporti Cavidotto MT**

Scavi	Volume (m <sup>3</sup> )	Note
Materiale da Scavo	8.511	
Sabbia di riempimento	2.128	Strato inferiore della scavo
Rinterro e risistemazioni aree di cantiere	3.546	Strato intermedio del riempimento .Effettuato con materiale risultante dagli scavi.
Calcestruzzo riempimento	2.128	Strato superiore del riempimento
Asfalto per copertura	709	Copertura
Terreno residuo	7.092	Da inviare a discarica autorizzata

### 6.5.5

#### **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.

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

**6.5.6*****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.



7

**CRONOPROGRAMMA**

Si prevede di realizzare l'intero progetto in circa 29 mesi a partire dalla data di ottenimento di tutte le autorizzazioni in accordo al cronoprogramma riportato in *Figura 7a*.



PROGETTO

P15\_GAV\_003

TITOLO

ISCHIA GEOTERMIA SRL:  
PERMESSO DI RICERCA PER IMPIANTO PILOTA  
GEOTERMICO DENOMINATO "FORIO".  
PROGETTO DEFINITIVO E PROGRAMMA LAVORI

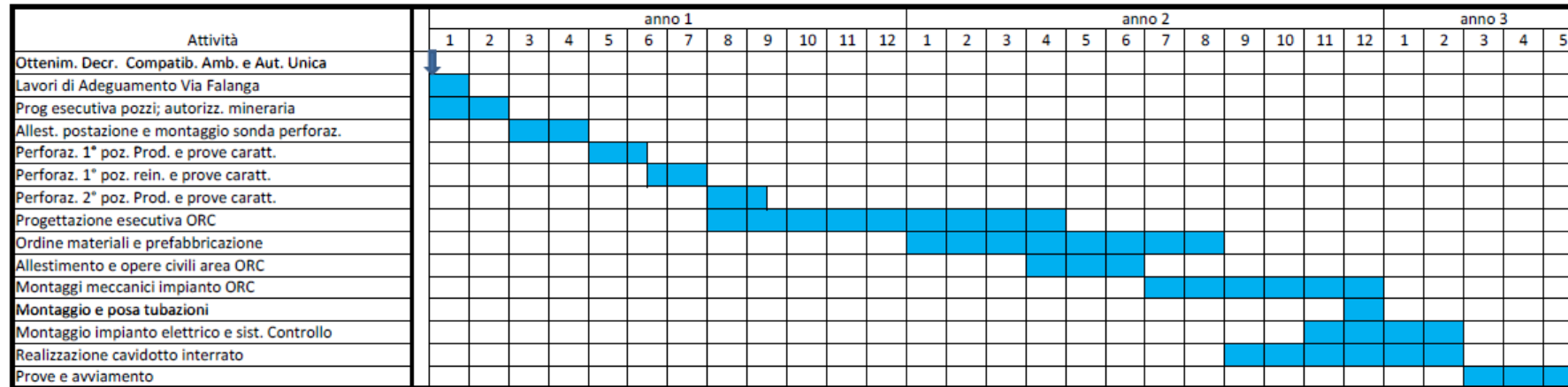
REV.

0

Pagina

90

Figura 7a Cronogramma delle Attività





**INVESTIMENTI PREVISTI**

Il costo complessivo del progetto al netto dell'IVA è così ripartito:

**Tabella 8a Costi dell'Investimento**

Voci di Costo	Euro
Allestimento Postazione SF1 e Approvvigionamento Idrico	280.000
Realizzazione dei Pozzi (trasporto e montaggio sonda di perforazione, esecuzione della perforazione, materiali ed attività connesse)	6.270.000
Allestimento Area ORC	160.000
Contratto EPC per la Fornitura dell'Impianto ORC. Comprensivo di: Opere Civili, Impianto Elettrico, Impianti Ausiliari (antincendio, trattamento acque meteoriche)	5.500.000
Balance Plant (Fornitura e posa tubazioni interrate preisolate)	250.000
Connessione Elettrica (Cavidotto Interrato)	900.000
Adeguamenti Stradali	170.000
<b>Spese Generali</b>	
Oneri per la sicurezza intero progetto	400.000
Opere di Mitigazione	120.000
Costi di sviluppo (SIA, Progettazione Definitiva, Consulenze, ecc.)	400.000
Direzioni Lavori e coordinamento della sicurezza	400.000
Controlli e Rilievi (aria, acqua, rumore, microsismica)	150.000
<b>TOTALE</b>	<b>15.000.000</b>

Per maggiori dettagli relativamente al costo delle opere si rimanda all'*Allegato 7 - Computo Metrico Estimativo*.

## 9 **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.

### 9.1 **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.

### 9.2 **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.

### 9.3

#### **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.

### 9.4

#### **STIMA DEI COSTI**

I costi previsti per le diverse fasi sopra descritte sono riportati nella seguente *Tabella 9.4a*.

	PROGETTO	TITOLO	REV.	Pagina
	P15_GAV_003	ISCHIA GEOTERMIA SRL: PERMESSO DI RICERCA PER IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO DENOMINATO "FORIO".	0	94
		PROGETTO DEFINITIVO E PROGRAMMA LAVORI		

**Tabella 9.4a**      **Stima Costi di Dismissione**

Voci di Costo	Euro
Scavo, Bonifica, Smontaggio copertura delle tubazioni con recupero dell'acciaio e smaltimento coibente.	10.000
Smontaggio e bonifica Impianto ORC, demolizione opere civili smaltimento rifiuti, recupero acciaio, rame e fluido organico.	230.000
Chiusura mineraria dei 3 pozzi	250.000
Demolizione opere civili di piazzola, smaltimento inerti, rimessa in pristino dell'area pozzi.	110.000
<b>TOTALE</b>	<b>600.000</b>

**ELENCO TAVOLE E ALLEGATI****TAVOLE**

- **Tavola 1 (n.4 tavole):** Layout Postazione SF1 - Fase di Perforazione;
- **Tavola 2 (n.3 tavole):** Adeguamento Stradale;
- **Tavola 3:** Layout Postazione SF1 - Fase di Esercizio;
- **Tavola 4 (n.6 tavole):** Layout e Viste Impianto ORC;
- **Tavola 5:** Diagramma di Flusso;
- **Tavola 6:** Schema Elettrico Unifilare;
- **Tavola 7:** Cabina di Consegna.

**ALLEGATI**

- **Allegato 1:** Relazione Geologica e Geotermico;
- **Allegato 2:** Relazione Geologica, Geotecnica e Idrogeologica;
- **Allegato 3:** Modellazione numerica del sistema geotermico di Ischia;
- **Allegato 4:** Analisi sismica e Monitoraggio Microsismico;
- **Allegato 5:** Sismicità e Subsidenza Stimolata dall'esercizio dell'impianto;
- **Allegato 6:** Progetto Elettrodotta;
- **Allegato 7:** Computo Metrico Estimativo.

*Acocella V, Funiciello R (1999)*. The interaction between regional and local tectonics during resurgent doming: the case of the island of Ischia, Italy. *J Volcanol Geotherm Res* 88:109-123;

*Barelli A, Corsi R., Del Pizzo G., Scali C. 1982* A two –phase Flow Model for Geothermal Wells in the Presence of non-condensable Gas. *Geothermics*, Vol 11, N° 3, pp.175-191.

*Cappetti, G., D'Olimpio P., Sabatelli F., Tarquini, B. (1995)*. Inhibition of Antimony Sulphide Scale by Chemical Additives: Laboratory and Field Test Results. *World Geothermal Congress*, Florence, Italy, May 18-31, 1995. 2503-2507.

*Cappetti G., Romagnoli P., Sabatelli F., (2010)*. Geothermal Power Generation in Italy 2005-2009 Update Report. *Proceeding World Geothermal Congress 2010*. Bali, Indonesia 25-29 Aprile 2010;

*Carlino S and Cubellis E (2005)*. The potential causes of Mt. Epomeo flank failure, Ischia Island (Southern Italy). *Geophysical Research Abstracts* 7: 04171;

*Carlino S, Cubellis E, Luongo G, Obrizzo F (2006)*. On the mechanics of caldera resurgence of Ischia Island (southern Italy). In: Troise C, De Natale G and Kilburn CRJ (eds) 2006. *Mechanisms of Activity and Unrest at Large Calderas*. Geological Society, London, Special Publications 269:181–193;

*Carlino S, Cubellis E, Maturano A (2009)*. The catastrophic 1883 earthquake at the island of Ischia (southern Italy): macroseismic data and the role of geological conditions. *Nat Hazards* DOI 10.1007/s11069-009-9367-2;

*Carlino S, Somma R (2010)*. Eruptive versus non-eruptive behaviour of large calderas: the example of Campi Flegrei caldera (southern Italy). *Bull Volcanol* doi 10.1007/s00445-010-0370-y;

*Carlino S., Somma R., De Natale G., Troise C. (2012)*. The geothermal exploration of Campanian volcanoes: historical review and future development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012), pp. 1004-1030 DOI information: 10.1016/j.rser.2011.09.023;

*Carlino, 2012.* The process of resurgence for Ischia Island (southern Italy) since 55 ka: the laccolith model and implications for eruption forecasting;

Carta Geologica Isola di Ischia, Foglio 464 scala 1:10.000, Progetto CAR.G. Regione Campania, 2011;

*Celico P., Stanzione D., Esposito L., Formica F., Piscopo V. and De Rosa B. M. (1999).* La complessità idrogeologica di un'area vulcanica attiva: L'Isola d'Ischia (Napoli-Campania) Boll. Soc. Geol. It. 118, 485-504;

*Chiodini G., Avino R., Brombach T., Caliro S., Cardellini C., De Vita S., Frondini F., Granieri D., Marotta E., Ventura G. 2004.* Fumarolic and diffuse soil degassing west of M.Epomeo, Ischia, Italy. J. Volcanol. Geotherm. Res. 133; 291-309;

*Comedini M. & Rimoldi P., 2013.* Terre Rinforzate (Applicazioni – Tecnologie – Dimensionamento). Dario Flaccavio Editore - Settembre 2013;

*Corsi R., Culivicchi G., Sabatelli F., (1985).* Laboratory and field testing of calcium carbonate scale inhibitors. Symposium on Geothermal Energy, Haway. 1985.

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

*Corsi R., (1987).* Engineering aspects of CaCO<sub>3</sub> and SiO<sub>2</sub> scaling. NATO course on "Geothermal Reservoir Engineering", Antalya, Turkey, July 1987.

*De Natale G, Pingue F, Allard P, Zollo A (1991).* Geophysical and geochemical modelling of the Campi Flegrei caldera. J Volcanol Geotherm Res 48:199–222;

*De Natale G, Troise C, Pingue F (2001).* A mechanical fluid-dynamical model for ground movements at Campi Flegrei caldera. J Geodynamics 32:487–517;

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

*Gunnarson, S.Arnosson. (July 2000)* Amorphous silica solubilità and Thermodynamic Properties of H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> in the range of 0-350°at Psat. Geochimica et Cosmochimica Acta Vol 64,13..

*Mahendra P. Verma (2000) Revised Quartz Solubility Temperature Dependence Equation along the water-vapor saturation curve Geotermia, Instituto de Investigaciones Electricas, Apdo. 1-475, Cuernavaca 62001, Mexico Proceedings WGC 2000 Kyushu Japan*





*Michels D. E., (1981), CO<sub>2</sub> and Carbonate Chemistry Applied to Geothermal Engineering, Geothermal Reservoir Engineering Management Program, Earth and Science Division, Lawrence Berkley Laboratory, Report LBL-11509, pp 27*

*Moya P. and Nietzen . (2011). "Performance of calcium carbonate inhibition and neutralization systems for production wells at the Miravalles geothermal field". Short Course on Geothermal Drilling, Resource Development and Power Plants", organized by UNU-GTP and LaGeo, in Santa Tecla, El Salvador, January 16-22, 2011.*

*SAFEN, Francesco Penta, 1954. Stato delle Ricerche SAFEN al 31/12/1954. IIRG;*

*Paoletti V, Di Maio R, Cella F, Florio G, Motschka K, Roberti N, Secomandi M, Supper R, Fedi M, Rapolla A (2009). The Ischia volcanic island (Southern Italy): Inferences from potential field data interpretation. J Volcanol Geotherm Res 179 (1-2):69-86*

*Pruess, K., 1991. TOUGH2 – A General Purpose Numerical Simulator for Multiphase Fluid and Heat Flow. Report LBL 29400, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, USA;*

*Sbrana A., Fulignati P., Giulivo I., Monti L. and Giudetti G. (2010). Ischia Island (Italy) geothermal system. Proceedings World Geotehrmal Congress 2010 Bali Indonesia, 25-29 April 2010. 6 pp;*

*Sbrana A, Fulignati P, Marianelli P, Boyce AJ, Cecchetti A (2009). Exhumation of an active magmatic-hydrothermal system in a resurgent caldera environment: the example of Ischia (Italy). J Geol Soc London 166:1016-1073;*

*Swanand M.Bhagwat, Afshin J. Ghaiar (2012). Similarities and differences in the flow patterns and void fraction in vertical upward and down ward two phase flow Experimental Thermaland Fluid Science 39 2012 213-227.*

