



**IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO
MONTENERO (GR)**

Progetto Definitivo e Programma Lavori

Preparato per:
Gesto Italia S.r.l.

Maggio 2014

Codice Progetto:
P13_GES_113

Revisione: 0

D. B. I.
Gesto Italia srl con socio unico
Viale delle Milizie 12
00192 Roma
P.IVA - C.F. 10619261000

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

Riccardo Corsi

STEAM

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



STEAM

GESTO ITALIA Srl

IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO MONTENERO (GR)

Progetto Definitivo e Programma Lavori

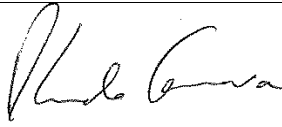






Riccardo Corsi
Project Director

Progetto	Rev	Preparato da	Rivisto da	Approvato da	Data
P13_GES_113	0	RB, PB	GB, RC	RC	05/2014

Il presente Rapporto è stato sviluppato dal gruppo di lavoro della Società STEAM riportato di seguito, di cui l'Ing. Riccardo Corsi è stato il coordinatore.

GRUPPO DI LAVORO

Consulente	Attività	Firma
Geol. Ricardo Caranova	Coordinamento generale del Progetto	
Ing. Riccardo Corsi	Direzione tecnica e coordinamento dello sviluppo e della gestione del Progetto	
Geol. Giorgio Buonasorte	Supporto all'ing. Corsi per il coordinamento dello sviluppo e della gestione del Progetto; Relazione Geologica e Modello Geotermico	
Ing. Roberto Brogi	Progettazione Impianto	
Geol. Paolo Basile	Inquadramento Geologico e Modello Geotermico ed Elaborati Cartografici	

INDICE

1	INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO	1
1.1	CARATTERE "PILOTA" DEL PROGETTO	2
2	INQUADRAMENTO GEOTERMICO DELL'AREA DI PROGETTO DI MONTENERO	4
2.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
2.2		6
2.3	SCelta DEL NUMERO E DELL'UBICAZIONE DEI POZZI	6
2.4		7
3	UBICAZIONE E CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO PILOTA	8
3.1	CRITERI DI SCELTA	8
3.2	SCELTA FINALE	8
3.3	RIFERIMENTI CATASTALI	9
4	PROGETTO DELLE POSTAZIONI DI PERFORAZIONE	10
4.1	CRITERI DI PROGETTO	10
4.1.1	Materiali Costruttivi	12
4.1.2	Aspetti Funzionali della Postazione di Sonda	12
4.2	BILANCIO SCAVI RIPORTI	15
4.3	APPROVVIGIONAMENTO IDRICO	16
5	PROGETTO DEI POZZI	20
5.1	POZZI PRODUTTIVI E REINIETTIVI	22
5.2	CARATTERISTICHE TECNICO COSTRUTTIVE DEI POZZI	24
5.2.1	Alloggiamento Pompe Sommerse di Produzione	25
5.3	CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO DI PERFORAZIONE	25
5.4	DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI DI PERFORAZIONE	30
5.5	TECNOLOGIA DI PERFORAZIONE E PREVENZIONE RISCHI DURANTE LA PERFORAZIONE	32
5.5.1	Uso di Risorse in Fase di Perforazione	39
5.6	RIFIUTI E RESIDUI	40
5.6.1	Rifiuti da Attività di Cantiere	41
5.6.2	Effluenti Liquidi	42
5.7	EMISSIONI SONORE IMPIANTO DI PERFORAZIONE	42
5.8	MEZZI DI CANTIERE E TRAFFICO INDOTTO	43
5.9	CARATTERIZZAZIONE DELLA RISORSA GEOTERMICA	44
5.10	COMPLETAMENTO E RIPRISTINO DEI POZZI	47
5.10.1	Esito Positivo della Perforazione (Pozzi Produttivi)	47
5.10.2	Esito Negativo della Perforazione (Pozzi Sterili)	48
6	LA CENTRALE DI PRODUZIONE	51

6.1	CRITERI DI PROGETTAZIONE	51
6.1.1	<i>Dati di riferimento</i>	51
6.1.2	<i>Criteri Generali di Progettazione</i>	52
6.2	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	53
6.2.1	<i>Descrizione Generale</i>	53
6.2.2	<i>Impianto ORC</i>	54
6.2.3	<i>Pompe di Sollevamento</i>	56
6.2.4	<i>Le Tubazioni di Connessione Impianto-Pozzi</i>	58
6.2.5	<i>Sezione di Recupero Energia</i>	62
6.2.6	<i>Collegamento Elettrico</i>	62
6.2.7	<i>Impianti Ausiliari</i>	64
6.2.8	<i>Opere Civili</i>	69
6.2.9	<i>Monitoraggi</i>	71
6.3	PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO PILOTA	72
6.3.1	<i>Bilancio Energetico</i>	72
6.3.2	<i>Approvvigionamento Idrico</i>	73
6.3.3	<i>Consumo di Materie Prime ed Altri Materiali</i>	74
6.3.4	<i>Uso di Territorio</i>	74
6.3.5	<i>Emissioni in Atmosfera</i>	74
6.3.6	<i>Effluenti Liquidi</i>	74
6.4	FASI DI COSTRUZIONE	76
6.4.1	<i>Fase 1: Preparazione delle Aree e Realizzazione Fondazioni e Strutture</i>	76
6.4.2	<i>Fase 2: Tubazioni Adduzione e Reiniezione</i>	77
6.4.3	<i>Fase 3: Montaggi Meccanici ed Elettro-Strumentali</i>	77
6.4.4	<i>Fase 4: Commissioning, Messa in Servizio e Test</i>	77
6.4.5	<i>Movimento Terra</i>	78
6.4.6	<i>Materiali Costruttivi</i>	80
6.4.7	<i>Mezzi di Cantiere</i>	81
7	CRONOPROGRAMMA	82
8	INVESTIMENTI PREVISTI	84
9	REMISSIONE IN PRISTINO DELLE AREE AL TERMINE DEI LAVORI	85
9.1	<i>IMPIANTO ORC</i>	85
9.1.1	<i>Smontaggio e Bonifica degli Impianti e degli Equipaggiamenti</i>	85
9.1.2	<i>Demolizione delle Opere Civili</i>	85
9.2	<i>POSTAZIONI DI PERFORAZIONE</i>	86
9.2.1	<i>Chiusura Mineraria dei Pozzi</i>	86
10	ELENCO TAVOLE E ALLEGATI	87
	BIBLIOGRAFIA	88

1

INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

Il presente documento costituisce il Progetto Definitivo di un *Impianto Pilota geotermoelettrico*, denominato “Montenero”, predisposto in accordo *all’art.9 del D.Lgs. n 28 del 03/03/2011*.

L'istanza del progetto Montenero è stata presentata in data 27 febbraio 2012 da Gesto Italia spa, con richiesta di rilascio del Permesso di Ricerca per risorse geotermiche finalizzato alla sperimentazione di impianti pilota convenzionalmente denominato Montenero, ricadente nel territorio della Provincia di Grosseto.

Il progetto pilota Montenero ha già ottenuto parere favorevole dal CIRM/MSE nella seduta del 12 dicembre 2012, come da comunicazione MSE del 6 febbraio 2013 n 0002746.

Il programma dei lavori già approvato nella seduta CIRM sopra citata prevedeva: potenza nominale dell'impianto di generazione pari a 5 MW e portata di fluido di processo pari a 500 t/h; 2 pozzi di produzione (uno verticale e uno deviato) e 2 di reiniezione (uno verticale e uno deviato) perforati da due diverse postazioni; recupero energia potenziale nei pozzi di reiniezione con pompe operanti da turbine in pozzo.

La società proponente GESTO ha modificato l'originario progetto conseguentemente alle recenti modifiche normative relative al limite di potenza immessa in rete (art. 1, comma 3-bis1 del D. Lgs 22/2010, come da D.L. 179/2012 convertito con modificazioni dalla Legge 221/2012) ed alla necessità di cambiamento parziale dei siti di perforazione ed impianto per ottenere il consenso alla cessione da parte dei relativi proprietari.

Al fine di applicare il concetto introdotto successivamente alla istanza presentata da Gesto del 27 Febbraio 2012, rispetto alle caratteristiche originariamente richieste, il progetto pilota è stato modificato prevedendo la perforazione di tre pozzi (e non 2) da ciascuna delle postazioni previste, conseguentemente incrementando la portata totale di fluido (da 500 a 700 t/h) e la potenza lorda di progetto (da 5 a 6,6 MW).

Inoltre, date le difficoltà incontrate per arrivare ad un accordo con il proprietario della postazione di reiniezione, questa ultima è stata spostata in un'altra proprietà, con il conseguente cambiamento del percorso della tubazione di reiniezione.

Scopo della presente Relazione è la ridefinizione delle caratteristiche tecniche del progetto già presentato.

La localizzazione del progetto su CTR è mostrata in *Tavola 1 (1 di 2)* e su foto aerea nella *Tavola 1 (2 di 2)*.

In *Figura 1a* si riporta l'estensione (30,29 km²) e l'ubicazione dell'area del Permesso di Ricerca "Montenero". Nella stessa figura sono anche individuate le opere facenti parte dell'Impianto Pilota (pozzi di produzione, pozzi di reiniezione e impianto ORC) da cui si evince che esso sarà localizzato interamente nel territorio della Regione Toscana e nello specifico nel territorio comunale di Castel del Piano (GR).

L'impianto in oggetto utilizzerà fluidi geotermici per la produzione di energia elettrica e calore. I fluidi geotermici esausti, dopo lo scambio termico nell'impianto pilota verranno reiniettati nelle stese formazioni geologiche di provenienza.

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 15 km in cavidotto interrato in media tensione) ad una Cabina di Consegna che sarà a sua volta connessa alla Cabina Primaria di Bagnore, come da prescrizioni per l'allaccio di Enel Distribuzione.

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

In particolare, le principali novità tecnologiche del progetto sono:

- utilizzo di pompe immerse per l'estrazione del fluido geotermico e per prevenire la formazione delle incrostazioni da carbonato di calcio, che altrimenti impedirebbero il funzionamento dell'impianto;
- utilizzo di una pompa operante da turbina posizionata in prossimità delle bocche pozzo dei pozzi reiniettivi per il recupero dell'energia idraulica residua prima della reiniezione stessa.

Il presente progetto è stato predisposto utilizzando le informazioni pubbliche derivanti dal vicino Campo geotermico di Bagnore (10 km a SE), la cui coltivazione è condotta da Enel Green Power a partire dalla fine degli anni '60.

Il progetto prevede la perforazione di pozzi i cui esiti potrebbero essere leggermente diversi da quelli ipotizzati nel presente progetto. Tuttavia le ipotesi utilizzate per i dimensionamenti devono considerarsi "conservative", nel senso che rappresentano la condizione ambientale più impattante.

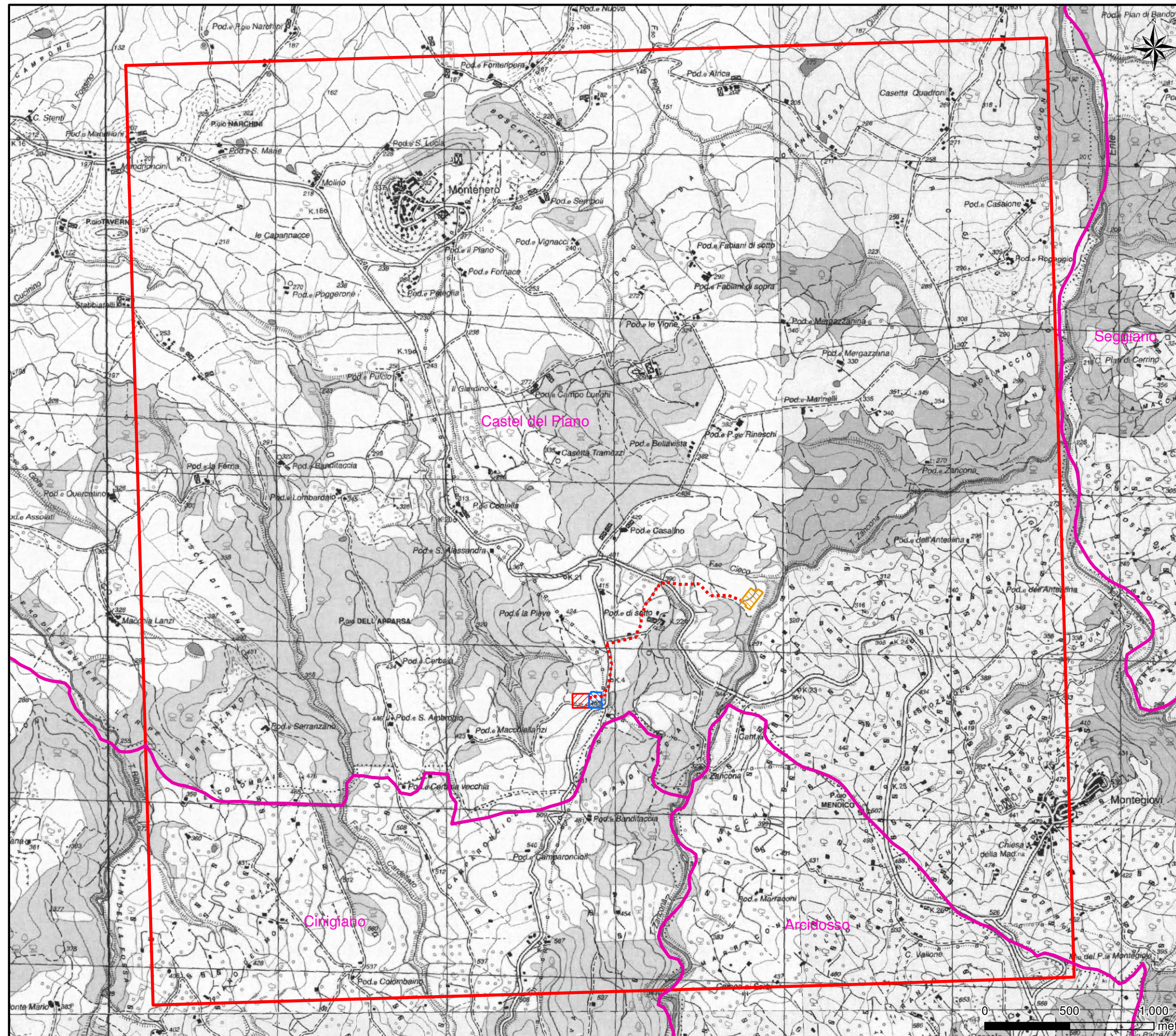
1.1

CARATTERE "PILOTA" DEL PROGETTO

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

- l'assenza di emissioni con soluzioni progettuali innovative;

Figura 1a Ubicazione del Progetto in scala 1:25.000



- la possibilità di produzione elettrica e di calore per usi civili, industriali e agricoli;
- la funzionalità temporale in pozzo della pompa di produzione dell'acqua;
- il recupero di energia potenziale del fluido prima della reiniezione;
- l'affidabilità temporale degli impianti di gestione del fluido geotermico e di generazione elettrica.

La progettazione di tutti gli impianti di processo necessari è stata effettuata con particolare attenzione per la sicurezza mineraria e quella ambientale.

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

Tabella 1.1a Caratteristiche Tecnico Progettuali

CARATTERISTICHE TECNICHE-PROGETTUALI	
Potenza Elettrica Lorda	6,6 MW
Caratteristiche di Produzione:	
Portata	700 t/h
Temperatura di Produzione	140 °C
Temperatura di Reiniezione	70 °C
Produzione con Pompa Immersa e Pressione di Esercizio Superiore alla Pressione di Bolla degli Incondensabili	40 bar a 140 °C
Pozzi Produttivi	N° 3
Portata di Ciascuno Pozzo Produttivo	230 t/h
Pozzi Reiniettivi	N° 3
Distanza Media tra le Zone di Serbatoio Produttive e Reiniettive	1,5 km
Quota dell'Impianto Pilota	435 m s.l.m.
Quota della Postazione di Produzione	435 m s.l.m.
Quota della Postazione di Reiniezione	302 m s.l.m.
Profondità Verticale dei Pozzi	1.800 m dal p.c.
Profondità Deviata dei Pozzi/ Scostamento Orizzontale	2.300 m dal p.c./ 600 – 800 m
Tubazione di Reiniezione	1.640 m
Elettrodotta MT Interrata	15.500 m

2 **INQUADRAMENTO GEOTERMICO DELL'AREA DI PROGETTO DI MONTENERO**

2.1 **INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

L'area del Permesso di Ricerca Montenero per lo Sviluppo di un Impianto Pilota è situata nel bordo nordoccidentale della grande anomalia geotermica del Monte Amiata, a circa 10 km a Nord-Ovest del campo geotermico di Bagnore, compreso nella omonima Concessione di coltivazione geotermica di Enel Green Power.

Le ricerche geotermiche nell'area amiatina, condotte dall'ENEL nel corso degli anni, hanno consentito di ricostruire l'assetto geologico-strutturale di un'ampia area attorno al Vulcano del Monte Amiata. Infatti, i dati pubblicati di tali ricerche (geologiche, idrogeochimiche e geofisiche) hanno stimolato la comunità scientifica ad effettuare approfondimenti tematici che, con nuove interpretazioni geologico - strutturali, sono stati oggetto di ulteriori pubblicazioni.

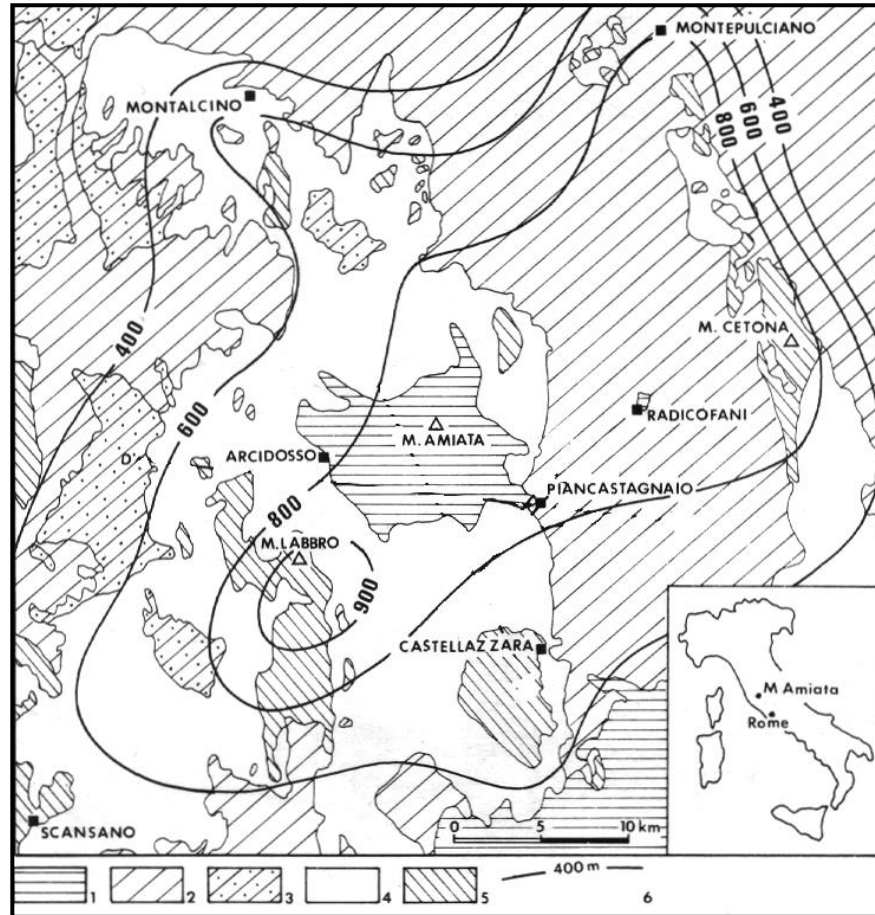
La storia geologica della zona circostante il Monte Amiata è molto complessa, comprendendo eventi sedimentari e tettonici che si sono susseguiti tra il Mesozoico (Giurassico, 200 milioni di anni fa) ed il Quaternario recente (150 mila anni fa).

Il Vulcano del Monte Amiata si trova al centro di un'area fortemente sollevata (*Figura 2.1a*), come testimoniato dalla presenza di sedimenti marini Mio-Pliocenici a quote comprese tra 600 e 1.000 m.

Il sollevamento della zona amiatina è conseguente alla risalita di una grande intrusione magmatica anatettica, lunga 50 km e larga 35 km, all'interno delle successioni del Basamento metamorfico (*Gianelli et al, 1988*). Questo corpo, attualmente in raffreddamento, è situato ad una profondità ipotizzata fra i 4 ed i 7 km (*Batini et al., 1986; Gianelli et al, 1988; Marinelli et al, 1993; Acocella, 2000*).

La dorsale dell'alto strutturale di Montalcino Castellazzara deriva dall'attività tettonica compressiva sin-collisionale occorsa tra l'Oligocene superiore ed il Miocene medio, che ha determinato la sovrapposizione delle liguridi s.l. al di sopra della Falda Toscana (a sua volta avanscorsa sulle unità metamorfiche) ed anche dall'attività di sistemi di faglie normali ad alto angolo sviluppatesi durante le successive fasi tettoniche distensive nel Miocene Sup.-Pliocene.

Figura 2.1a Sollevamento pliocenico dell'area del Monte Amiata (da Gianelli et al, 1988). 1) Vulcaniti quaternarie; 2) Sedimenti Pliocenici; 3) Sedimenti Miocenici; 4) Liguridi; 5) Falda Toscana; 6) Sollevamento dei sedimenti neogenici (m s.l.m.)



In particolare, per quanto riguarda la tettonica sin-collisionale, sono evidenti nell'area numerose superfici di sovrascorrimento che non solo portano all'impilamento delle Unità Liguri e sub-Ligure sulla Falda Toscana, ma anche a raddoppi tettonici all'interno delle suddette Unità (Brogi & Lazzarotto, 2002; Pandeli et al., 2005).

Questo stile tettonico sembra anche caratterizzare la sequenza paleozoica del sottostante "Basamento Metamorfico". Nell'ambito della dorsale del Monte Amiata, il basamento metamorfico dei campi geotermici di Bagnore e Piancastagnaio è caratterizzato da strutture tipo "Duplex" (Bertini et al., 1995; Pandeli et al., 1988).

Tale complesso edificio strutturale è stato interessato, a partire dal Miocene medio superiore, da fenomeni estensionali sin e post collisionali che, con sistemi di faglie normali a basso angolo, hanno disarticolato non solo le formazioni del Dominio Toscano (Falda Toscana - nella quale sono presenti localmente vistose elisioni tettoniche - Serie Toscana Ridotta Auct.) ma anche quelle della più complessa sequenza tettonica delle Liguridi e sub - liguridi (Pandeli et al., 2005).

La cartografia Geologica dell'area di studio è riportata nella *Figura 2.1a* dell'*Allegato 1 – Inquadramento Geologico e Modello Geotermico*; la stratigrafia dell'area in esame è costituita dall'alto verso il basso dalla seguente successione strutturale – stratigrafica (i numeri fanno riferimento ai codici utilizzati per la rappresentazione cartografica della carta Geologica):

- Complesso Vulcanico del Monte Amiata (5; lave da trachiti-daciti a olivinitiche, datate da 0,3 a 0,19 Ma - Ferrara, Tonarini 1985; Ferrari et al., 1996);
- Complesso Quaternario e Neogenico (1-2-3-7-8-9-12), costituito da depositi terrigeni marini e continentali;
- Le Unità Liguri (LU), dall'alto verso il basso, comprendono l'Unità Ofiolitica (18 - Formazione delle Argille a Palombini - Cretaceo inferiore; 20 Ofioliti - Giurassico), l'Unità di S. Fiora (24 - Formazione calcareo-marnoso-argillosa di S.Fiora - Cretaceo; 23 - Formazione arenacea della Pietraforte - Cretaceo). E' presente anche un'altra Unità sub-Ligure o di Canetolo (27 - riferita ad un bacino più esterno, paleogeograficamente intermedio tra quello di bacino oceanico e quello di margine continentale) e costituita da litotipi argillitici e calcarei di età Paleocenica-Eocenica (Pandeli et al. 2005);
- L'Unità Toscana (Falda Toscana), tettonicamente sottostante alle precedenti unità, è costituita dall'alto verso il basso dai depositi arenaceo torbiditici dell'Oligocene (31), dai litotipi calcareo argillitici del Cretaceo – Paleogene (32), dalla successione pelagica calcareo silicea (33 - Giurassico – Cretaceo), dai calcari massicci di piattaforma del Lias inf. ed infine dalle dolomie e anidridi evaporitiche del Trias sup. (Formazione dio Burano);
- Il Complesso Metamorfico Toscano (Paleozoico - Trias medio) attraversato dai pozzi nella zona di Bagnore - Piancastagnaio, è correlato alla Unità di Monticiano Roccastrada. Questa è articolata in Gruppo Mesozoico – Paleozoico del Verrucano (quarziti e filladi con calcari e dolomie), Gruppo Paleozoico Filladico Quarzítico e Gruppo dei Micascisti e Gneiss del Paleozoico;
- Un corpo intrusivo anatectico (Rocce Magmatiche) è stato ipotizzato all'interno del Complesso Metamorfico Toscano.

Per dettagli si rimanda all'*Allegato 1 – “Inquadramento Geologico e Modello Geotermico”*.

2.2

2.3

SCelta DEL NUMERO E DELL'UBICAZIONE DEI POZZI

Da quanto sopra esposto, emerge una risorsa geotermica verosimilmente di elevata potenzialità ed in grado di contribuire allo sviluppo delle energie rinnovabili nella Regione Toscana secondo le raccomandazioni del Piano Energetico Regionale.

Si ritiene molto probabile, per le considerazioni esposte al paragrafo precedente, la presenza di quantitativi di anidride carbonica alla pressione di serbatoio che, a

seguito di una produzione spontanea con riduzione di pressione, passerebbero in fase gassosa producendo i due seguenti effetti non desiderati:

- presenza a testa pozzo di una fase gas indesiderata che dovrebbe essere smaltita in atmosfera impedendo l'utilizzazione con zero emissioni;
- possibile deposizione di carbonato di calcio in pozzo come illustrato al precedente paragrafo.

Si rende quindi necessario mettere a punto una tecnologia che eviti emissioni di gas incondensabili in atmosfera e al contempo impedisca la possibile formazione di incrostazioni nel pozzo di produzione.

Come detto precedentemente il problema sarà risolto utilizzando una pompa immersa nei pozzi di produzione in grado di mantenere la pressione nel circuito di sfruttamento della soluzione geotermica al di sopra della pressione di bolla della soluzione. Uno degli obiettivi dell'impianto pilota sarà quindi quello di dimostrare l'affidabilità della soluzione scelta.

In accordo a quanto ipotizzato nel *Paragrafo 2.2.1*, la produzione di circa 700 t/h di fluido, necessaria per l'alimentazione di un impianto pilota di dimensioni dimostrative, non produce declini significativi nella produttività.

Si è posto quindi il problema dell'ubicazione dei pozzi di produzione e di reiniezione in accordo ai seguenti criteri:

- considerare i vincoli ambientali e logistici;
- quota dei pozzi produttivi non troppo elevata per minimizzare la potenza delle pompe immerse;
- distanza sufficiente tra pozzi produttivi e reiniettivi per evitare rapido degrado termico del serbatoio.

In conclusione, considerando le produttività dei pozzi della zona di Bagnore disponibili in letteratura, le caratteristiche delle pompe immerse necessarie a mantenere la pressione nel circuito geotermico al di sopra del punto di bolla dell'anidride carbonica e le conoscenze geotermiche della zona di Montenero riportate nell'*Allegato 1* si ritiene che, per il progetto Montenero, possano essere sufficienti tre pozzi produttivi e due/tre pozzi reiniettivi, per produrre una portata di fluido geotermico sufficiente (700 t/h) a generare una potenza elettrica media annua di 5 MW.

La loro ubicazione, dettata prevalentemente dalla necessità di trovare accordi con i proprietari dei terreni e da vincoli ambientali è risultata quella riportata nella *Tavola 1*. Di seguito si riportano alcune considerazioni sulle variazioni di pressione ai pozzi produttivi e reiniettivi e sul disturbo termico ai pozzi produttivi conseguente la reiniezione di fluido raffreddato.

2.4



3 **UBICAZIONE E CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO PILOTA**

3.1 **CRITERI DI SCELTA**

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

- preferire luoghi in prossimità di strade esistenti, pur nel rispetto delle distanze minime imposte dalle norme di legge, con l'obiettivo di limitare la dimensione delle opere viarie;
- evitare di interessare colture agricole di particolare pregio;
- evitare zone che dovessero implicare l'abbattimento di piante di alto fusto o di pregio;
- preferire morfologie piane e semplici, al fine di limitare gli sbancamenti del terreno;
- evitare, nei limiti del possibile, attraversamenti di torrenti, costruzione di ponti o altre opere;
- tenersi alla massima distanza possibile da edifici, in particolare se abitati, o da opere comunque di apprezzabile pregio architettonico, storico, di utilità sociale, ecc.;
- tenersi alla massima distanza possibile da corsi d'acqua;
- limitare il più possibile l'impatto visivo sia della sonda, nella fase iniziale, che dell'impianto pozzo, nella fase successiva, sia infine della centrale elettrica.

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 per i pozzi produttivi le aree che presentavano minori gradienti geotermici.

3.2 **SCELTA FINALE**

Sulla base delle considerazioni di cui ai precedenti Paragrafi è stato definito il Posizionamento mostrato nelle *Tavole 1 (1di 2 e 2di2)*.

L'impianto ORC è ubicato in area agricola in prossimità della strada provinciale di Monticello.

I tre pozzi produttivi saranno disposti in un'unica postazione (piazzola) produttiva in cui verrà perforato un pozzo verticale e due devianti.

La postazione è ubicata in area agricola, attualmente destinata a seminativo, ed è posta in adiacenza all'impianto ORC in progetto. Il sito è prossimo alla strada e pertanto facilmente accessibile.

Inoltre il sito risponde ai criteri base di sufficiente lontananza da obiettivi sensibili dal punto di vista di impatto acustico e visivo durante la perforazione.

I tre pozzi reiniettivi saranno perforati in un'unica postazione (piazzola) di reiniezione e saranno tutti e tre devianti.

La postazione è ubicata in area agricola, attualmente destinata a seminativo, a circa 1,2 km a nord est rispetto all'impianto ORC.

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

3.3

RIFERIMENTI CATASTALI

Il progetto ricadente interamente nel Comune di Castel del Piano (GR), insiste sulle seguenti particelle catastali:

- *Postazione produzione (MN1);*
 - Foglio 83;
 - Mappali 28,30,66;
- *Postazione reiniezione (MN2);*
 - Foglio 84
 - Mappale 16
- *Impianto ORC*
 - Foglio 83
 - Mappali 28,66

4 **PROGETTO DELLE POSTAZIONI DI PERFORAZIONE**

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, le altre attrezzature ausiliarie dell'impianto di perforazione nonché le strutture necessarie per la raccolta e stoccaggio temporaneo e la mobilitazione dei fanghi reflui.

Nelle *Tavole 3 (da 1 a 4)* si riportano in forma schematica le planimetrie e le relative sezioni e particolari delle postazioni MN1 e MN2, in previsione di utilizzo dell'impianto indicato HH200 e delle sue componenti tecnologiche di servizio.

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 *Tavole 3* è studiato per rispondere ai vincoli previsti dalla vigente normativa sulla protezione e sicurezza del lavoro e per operare anche in situazioni di emergenza.

Nei layout è identificata la dislocazione dei principali componenti ed attrezzature che rispondono ai limiti previsti dal DPR 128 e dal D.lgs 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, al fine di evitare problemi di infiltrazione di inquinanti nel sottosuolo.

Ai lati delle postazioni sono posizionate due vasche interrato:

- una "vasca d'acqua industriale", di volume pari a 500 m³, necessaria per l'approvvigionamento idrico durante le fasi di perforazione;
- una "vasca ausiliaria", di volume pari a circa 300 m³.

Per quanto riguarda l'accessibilità al sito, la modifica delle infrastrutture viarie esistenti sarà ridotta al minimo. In effetti, la dimensione dell'impianto, dei carichi

per il suo trasferimento da postazione a postazione e per il trasporto dei materiali sono tali da consentire l'utilizzo delle opere esistenti. Come si descriverà nel seguito per l'accesso a MN1 sarà necessario realizzare solo un breve tratto di strada, mentre per l'accesso alla postazione MN2 verrà realizzata una nuova strada di circa 500 metri.

La cantina di perforazione dei pozzi sarà costituita da uno scavo a forma di parallelepipedo, della profondità di circa 1-1.5 m, larghezza di circa 2,5 m e lunghezza di circa 15 m. Il fondo della cantina e le pareti sono normalmente realizzate in calcestruzzo per garantirne la stabilità, tenendo conto dei mezzi che possono circolare in prossimità dell'avampozzo stesso.

Inoltre, come illustrato nelle *Tavole 3*, sono previsti i cunicoli di uscita delle condotte di produzione al fine di poter intervenire liberamente in maniera mirata, nelle varie fasi di manutenzione.

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

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

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

- riutilizzo in loco il terreno rimosso per lo sbancamento, la costruzione dell'avampozzo e della vasca reflui, ridistribuendolo sulla superficie della postazione per operazioni di livellamento, evitando o limitando al massimo ogni trasferimento di terreno da o ad altro sito;
- compattazione del terreno sull'intera area della postazione mediante rullatura, per un tempo sufficiente ad ottenere la massima compressibilità dello stesso;
- ricoprimento della superficie con inerti di pezzatura grossolana, dimensione fino a 4-5 cm, per uno spessore di 40 cm; nei limiti del possibile si utilizzerà materiale frantumato da recupero (calcestruzzo, laterizi, ecc.);
- compattazione della superficie coperta da inerti;
- costruzione di una soletta di 15 cm di spessore in calcestruzzo armato con rete elettrosaldata di maglia 20 cm e tondi di diametro 10 mm, nella zona interessata dall'impianto di perforazione vero e proprio;
- definitiva copertura dell'area circostante la soletta con inerti di pezzatura più fine della precedente (inferiore a 15 mm); anche tale materiale sarà di preferenza prelevato da centro di trattamento inerti di recupero;
- costruzione di una canaletta posta al bordo della postazione che riceve l'acqua piovana e la drena alla vasca d'acqua industriale per il suo utilizzo;

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

In ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) del 2008 viene definita una vita nominale dell'opera pari a $V_N \geq 50$ anni.

4.1.1 *Materiali Costruttivi*

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. E' stata individuata a circa 7 km a Nord-Est rispetto all'ubicazione della postazione di produzione la cava di inerti afferente alla Tomu-Teca S.p.A..

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 mediante autocisterne.

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

4.1.2 *Aspetti Funzionali della Postazione di Sonda*

Postazione: Viabilità

L'accesso alle postazioni sarà garantito in parte mediante viabilità esistente e in parte tramite tratti di strada di nuova realizzazione.

In particolare per la postazione di produzione (MN1) sarà necessario realizzare soltanto un tratto di strada di circa 80 m per il collegamento dell'area pozzi alla Strada Provinciale Monticello.

La strada avrà una larghezza della carreggiata di 3,5 metri e sarà realizzata con un primo strato di materiale inerte (30 cm) e un strato superficiale di ghiaia (di 10 cm). I primi 20 metri dal collegamento con la strada provinciale avranno anche una copertura di asfalto di 10 cm.

L'accesso alla postazione di reiniezione (MN2) avverrà tramite un tracciato stradale che nel primo tratto (350 m) verrà realizzato adeguando il vecchio tracciato stradale della provinciale e una strada bianca esistente, mentre per il secondo tratto (della lunghezza di circa 550 m) sarà costruito ex novo. L'accesso a tale strada è previsto al km 22 della strada provinciale Cipressino, dove è già presente l'imbocco del vecchio tracciato della provinciale che si snoda in direzione NW/SE.

I lavori per il primo tratto di strada, terminante sotto il viadotto della Strada Provinciale Cipressino, saranno costituiti solo dalla rettifica della livelletta esistente e non comporteranno alcun movimento terra. Da sotto il viadotto alla fine della postazione di reiniezione, verrà realizzata una nuova strada, con le medesime caratteristiche di quella esistente e idonea al transito di mezzi pesanti.

Nel tratto iniziale (20-30 m) di collegamento con la strada provinciale e nei tratti che presentano una pendenza maggiore del 12-13%, si doterà la strada (sia la parte sul tracciato esistente che quella di nuova realizzazione) di un manto superficiale di asfalto di 10 cm. Per il primo tratto questo serve a evitare lo sporco della strada provinciale mentre nei tratti più acclivi lo strato bituminoso garantisce la corretta transitabilità dei mezzi pesanti.

Si rimanda, per dettagli, all'*Allegato 5* dove è riportato il progetto delle strade di accesso alle postazioni MN1 e MN2. In tale documento sono infatti presenti le planimetrie con il tracciato delle strade e le sezioni trasversali e longitudinali delle stesse.

Il percorso di entrambe le strade di accesso è individuato nella *Tavola 1*.

Postazione: Opere Accessorie

L'acqua necessaria per uso perforazione sarà approvvigionata, come descritto al *Paragrafo 4.3*, dal vicino Torrente Zancona realizzando una stazione di pompaggio e installando le relative tubazioni di collegamento dal punto di prelievo alle vasche di stoccaggio previste nelle due postazioni (MN1 e MN2). Le tubazioni di collegamento saranno in polietilene (per dettagli si rimanda al *paragrafo 4.3*) e posate fuori terra appoggiate direttamente sulla superficie del terreno.

La localizzazione del punto di prelievo dell'acqua dal Torrente e il percorso delle tubazioni di approvvigionamento è riportata in *Tavola 1*.

E' opportuno sottolineare che sia la postazione di prelievo che la tubazione avranno carattere temporaneo: resteranno in esercizio durante la perforazione dei pozzi e successivamente saranno rimosse.

Non si prevede, durante la perforazione, nessuna linea di alimentazione elettrica poiché il cantiere è reso autonomo mediante gruppi elettrogeni diesel, peraltro di tipo silenziato.

Postazione: Accorgimenti di Protezione del Terreno

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

A tale scopo tutte le attrezzature dell'impianto considerate "a rischio" stillicidio sono dislocate sulla soletta in calcestruzzo descritta precedentemente che, per

sua natura, è impermeabile e progettata in modo tale che i liquidi da essa raccolti finiscano, per gravità oppure estratti quando necessario mediante una piccola pompa a ciò dedicata, verso la cantina del pozzo. Questa è munita di un tubo dall'interno dal quale è possibile aspirare l'acqua o il fango di fondo da inviare nella vasca di destinazione. Se si tratta di fango, questo viene aspirato e pompato nell'impianto fango per il riutilizzo. Se si tratta di acqua vanno distinti due casi:

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

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

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

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

Il serbatoio del gasolio sarà posto ad un'altezza dal suolo di circa un metro e sarà dotato di apposita vasca di contenimento realizzata in calcestruzzo

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

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 ³)	Note
Postazione MN1			
A	Sbancamenti per piazzale, strada di accesso e parcheggio	-11.976	
B	Scavi a sezione obbligata (piazzale)	-917,5	
C	Riporto con terreno proveniente da scavi	+9.022	
D	Riporto inerti per ossatura piazzale+strada+parcheggio	+1.849	
E	Terreno residuo	+3.871,5	Verrà accantonato all'interno dell'area di cantiere, e utilizzato in parte (2.680 m ³) per il livellamento dell'area della Centrale ORC e il rimanente verrà inviato a idonei centri di smaltimento.
Postazione MN2			
F	Sbancamenti per piazzale, strada di accesso e parcheggio	-19.563	
G	Scavi a sezione obbligata (piazzale)	-764	
H	Riporto con terreno proveniente da scavi	+15.774	
I	Riporto inerti per ossatura piazzale+strada+parcheggio	+2.827	
L	Terreno residuo	+4.553	Verrà inviato a idonei centri di smaltimento.
Quantità Totali			
A+F	Totale Sbancamenti per piazzale+strada+parcheggio	-31.539	
B+G	Totale Scavi a sezione obbligata	-1.681,5	
C+H	Totale Riporti con terreno proveniente da scavi	+24.796	
D+I	Totale Riporto inerti per ossatura piazzale, strada e parcheggio	+4.676	
E+L	Totale Terreno residuo	+8.424,5	Verrà inviato a idonei centri di smaltimento.

La differenza tra il volume di terreno sbancato e riportato (3871,5 m³) per il livellamento dell'area della postazione MN1 (inclusi i movimenti terra per la preparazione della strada di accesso e del parcheggio ad essa adiacente) verrà accantonato in cumuli all'interno dell'area di cantiere e in corrispondenza dell'area su cui sorgerà la Centrale ORC. Una parte di tale terreno (2680 m³) verrà quindi impiegato per il livellamento dell'area della Centrale ORC una volta che inizieranno i lavori di allestimento della Centrale stessa.

Nel corso dei lavori di allestimento della Postazione MN1 si provvederà allo spostamento di un breve tratto di acquedotto (circa 100 metri) esistente traslando l'attuale tracciato verso la Strada Provinciale Monticello.

Nelle *Tavole 2* (da *1 di 6* a *6 di 6*) sono mostrate le planimetrie e le relative sezioni delle aree di MN1 (con l'adiacente area della Centrale ORC) e di MN2 con l'indicazione delle quote del terreno prima e dopo i lavori di sbancamento per il livellamento delle aree suddette.

4.3 *APPROVVIGIONAMENTO IDRICO*

Il fabbisogno idrico per le fasi di perforazione sarà soddisfatto prelevando l'acqua necessaria dal Torrente Zancona che scorre da Sud verso Nord ad Est delle postazioni di produzione e reiniezione.

In particolare l'opera di presa verrà installata sulla sponda sinistra del torrente in un punto in cui esso, in seguito a un dislivello, rallenta il suo corso e presenta una maggiore profondità, facilitando così il prelievo stesso.

Il sistema di prelievo è costituito da due motopompe collegate tra loro da una vasca in vetroresina da circa 5 m³. La prima pompa (P1) preleva l'acqua dal torrente (ad una quota di circa 4 metri inferiore rispetto al piano di installazione della pompa stessa) e carica la vasca (posta a fianco della stessa), da cui l'acqua, mediante la seconda pompa (P2, multistadio) viene inviata, tramite tubazioni in polietilene, alle apposite vasche in cemento poste in prossimità delle rispettive piazzole.

Le tubazioni saranno posate fuori terra, senza pertanto comportare movimenti terra, ed il percorso che seguiranno è stato scelto seguendo strade e sentieri esistenti in modo tale da non causare alcun impatto sulle aree attraversate.

Sulla vasca di collegamento tra le due pompe, per evitare che la pompa P2 marci a secco, è previsto un controllo di livello che arresta il motore della pompa in caso di raggiungimento di un livello di minimo nella vasca stessa. Per evitare che la vasca tracimi è inoltre prevista una tubazione di troppo pieno che, eventualmente, rinvia nel torrente l'acqua in eccesso.

Inoltre, poiché le operazioni di perforazione verranno effettuate in serie, prima su una postazione e poi sull'altra, è prevista un'unica pompa multistadio (P2) per l'alimentazione delle vasche delle postazioni, dimensionata per le condizioni operative più gravose (approvvigionamento della postazione di produzione, in quanto più distante e ad una quota superiore di 140 metri rispetto al corso del torrente).

Dalla tubazione di mandata della pompa si dirameranno due tubazioni, ciascuna dotata di valvola di intercettazione, in modo da deviare il flusso verso una postazione o l'altra. La tubazione diretta alla postazione di produzione sarà di PN25 e con un diametro esterno nominale di 160 mm mentre quella per la postazione di reiniezione sarà di PN10 e con un diametro esterno nominale di 125 mm. La motivazione per cui, nonostante le portate di progetto siano le stesse, sono state scelte tubazioni con diverse caratteristiche, sta nel fatto che per raggiungere la postazione di produzione è necessaria una maggiore

prevalenza pertanto la pressione di esercizio della linea è maggiore ed è necessario impiegare una tubazione che abbia sia il diametro che lo spessore maggiori.

Al termine delle operazioni verranno rimosse entrambe le tubazioni e si procederà al ripristino ambientale delle condizioni ante-operam, lasciando quindi l'area nelle stesse condizioni in cui si trovava prima dei suddetti lavori.

Dato il regime stagionale di tale corso d'acqua il programma lavori prevede la perforazione dei pozzi nel periodo autunnale, invernale e primaverile.

Lo schema di flusso del sistema descritto e il layout in pianta della stazione di prelievo idrico dal Torrente Zancona sono riportate rispettivamente alla *Figura 4.3a* e alla *Figura 4.3b*.

Figura 4.3a Schema di Flusso del Sistema di Approvvigionamento Idrico

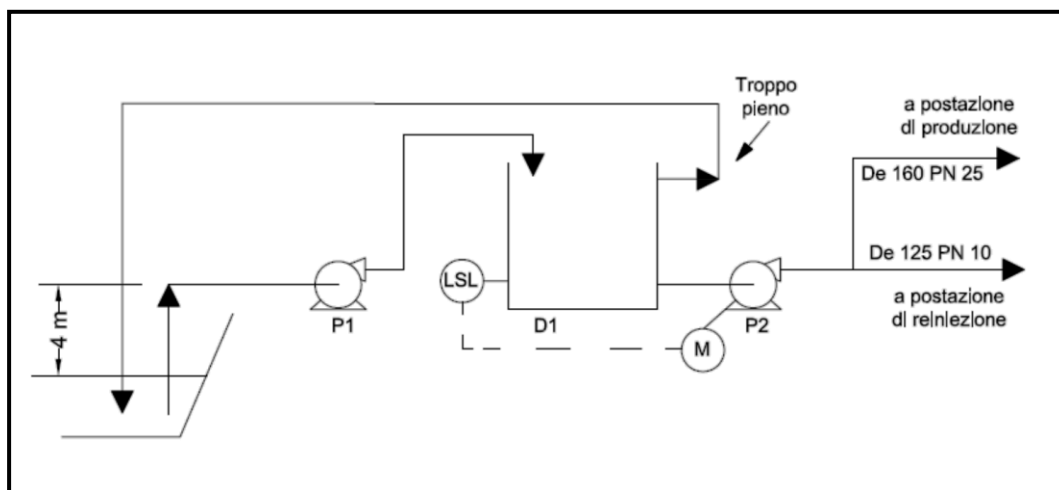
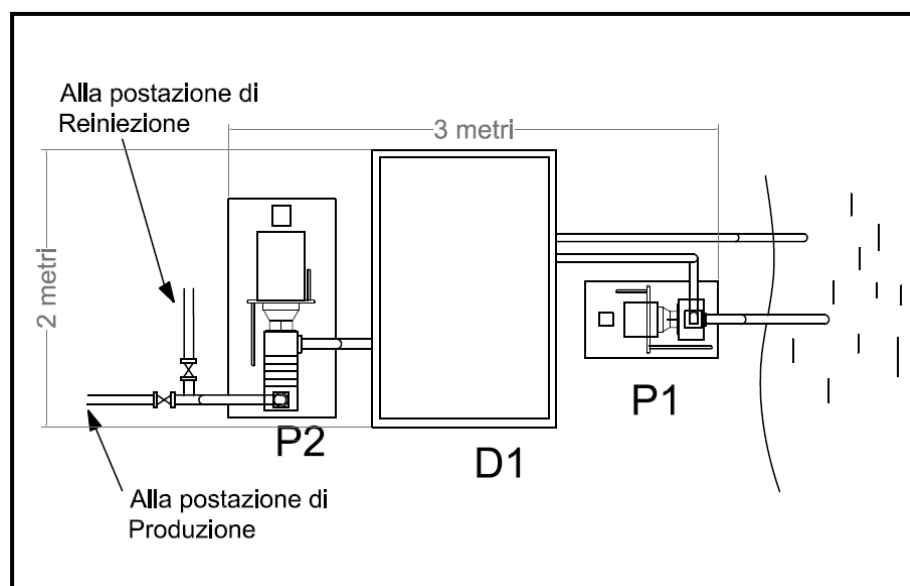


Figura 4.3b Layout in Pianta della Stazione di Prelievo Idrico



Le pompe saranno alimentate a gasolio e saranno provviste di un serbatoio della capacità adeguata a garantirne una opportuna autonomia. I basamenti delle pompe saranno pertanto dotati di un bacino di contenimento con capacità tale da contenere tutto il volume di carburante dei rispettivi serbatoi.

Le caratteristiche delle pompe previste sono riassunte nella *Tabella 4.3a*.

Tabella. 4.3a Caratteristiche delle Pompe dell’Opera di Presa

Pompa	P1	P2
Altezza (mm)	500	900
Lunghezza (mm)	800	1.500
Larghezza (mm)	450	800
Peso (kg)	185	715
Potenza ass./inst. (kW)	4,5/7,5	60/75
Capacità serbatoio (l)	20	100

Si ritiene necessario il prelievo medio di 10 m³/h (2,5 l/s) e si ipotizzano eventuali portate massime e di breve periodo pari a circa 70 m³/h (20 l/s). Per maggiori dettagli relativi al fabbisogno idrico in fase di perforazione si rimanda al *Paragrafo 5.5.1* dove è riportata l’analisi dei consumi.

L’acquedotto di approvvigionamento per la perforazione, di collegamento dall’opera di presa alle due postazioni, avrà uno sviluppo complessivo di circa 2.050 metri e il suo percorso viene di seguito descritto.

La tubazione per la postazione di reiniezione segue nel primo tratto (per 80 metri) un sentiero in direzione nord-ovest che collega l’opera di presa ad un campo fino a incontrare la nuova strada di accesso alla postazione dove ne seguirà il

tracciato correndo (posata sulla banchina) in direzione nord per circa 300 metri fino a giungere alla vasca di accumulo di destinazione.

La tubazione diretta alla piazzola produttiva all'inizio segue il suddetto sentiero, quindi segue a ritroso il percorso della strada di accesso alla postazione MN2, posata sulla banchina della stessa, per un tratto di circa 500 m. Quindi la condotta devia rispetto al tracciato della strada di accesso suddetta e segue il percorso di una strada bianca esistente (correndo sempre poggiata sul suolo a fianco di essa) per 550 m fino ad arrivare in prossimità di un podere. A questo punto, l'acquedotto correrà a fianco della strada di accesso del podere stesso (per circa 200 m) fino ad arrivare in corrispondenza della strada provinciale Monticello. Da qui la tubazione sarà posata a fianco della strada (lato est) fino a giungere all'altezza della piazzola di produzione (per 370 m), dove attraverserà la strada provinciale e si immetterà nell'apposita vasca in cemento.

Per l'attraversamento della Strada Provinciale Monticello la tubazione in polietilene sarà fatta passare attraverso una tubazione d'acciaio, con funzione di guaina protettiva, del diametro di circa 400 mm, interrata in precedenza.

Nella *Tavola 1*; è localizzata l'opera di presa dal Torrente Zancona e i relativi percorsi delle tubazioni di approvvigionamento.

Si ribadisce inoltre che la tubazione necessaria all'approvvigionamento idrico per la perforazione avrà, carattere temporaneo e resterà in esercizio durante la perforazione dei pozzi e successivamente rimossa.

PROGETTO DEI POZZI

Le postazioni dei pozzi produttivi e reiniettivi sono ubicate nel territorio del Comune di Castel del Piano in un'area rurale posta a circa 2,9 km a Sud del centro abitato di Montenero e a circa 2,8 km a Nord-Ovest dal centro abitato di Montegiovi.

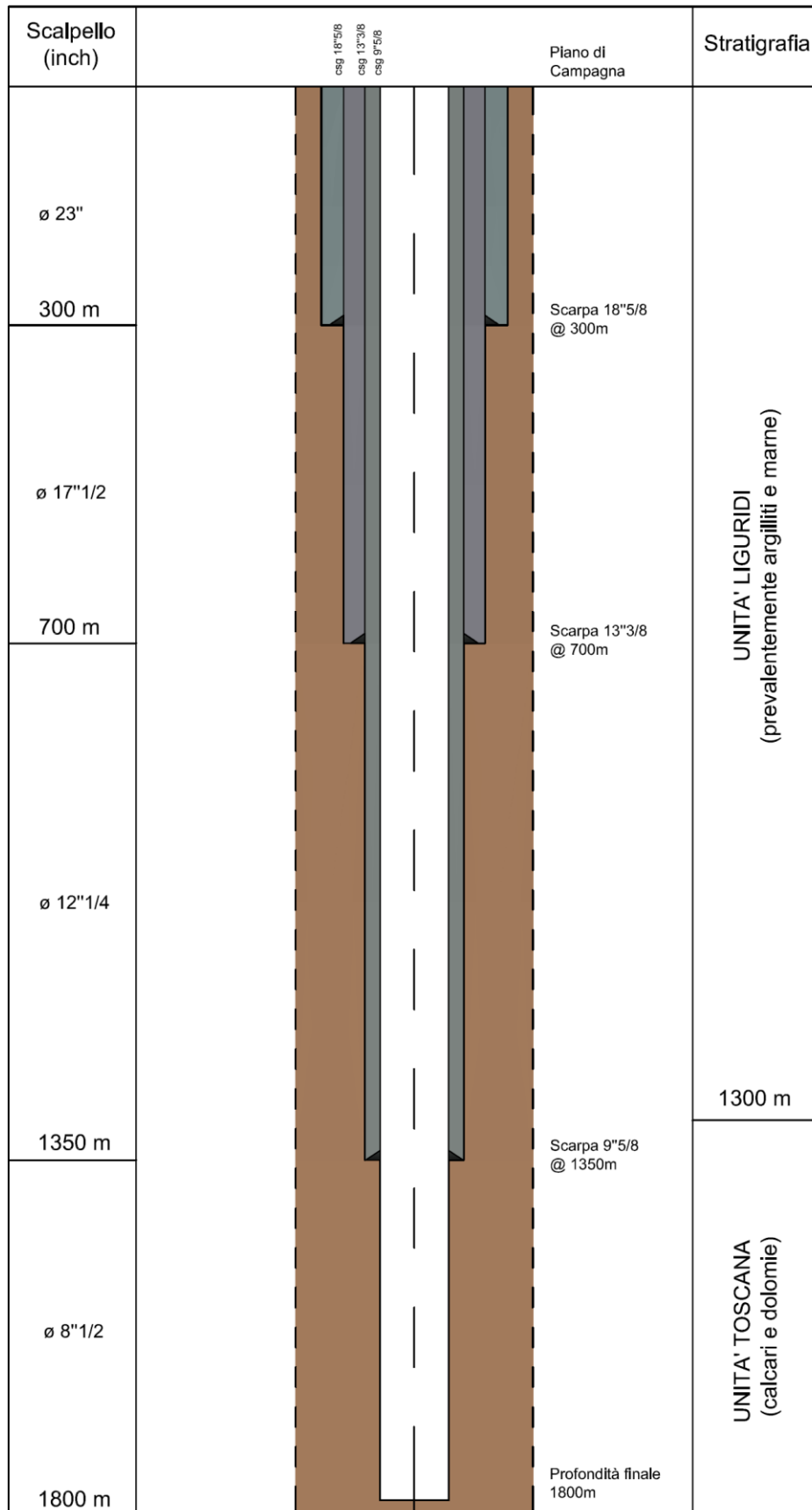
La distanza tra le due postazioni è di circa 1100 m. La localizzazione delle postazioni è riportata nelle *Tavola 1 (1 di 2 e 2 di 2)*.

Il profilo tecnico dei pozzi sarà del tutto simile sia per i pozzi produttivi che reiniettivi in quanto sono analoghe le previsioni stratigrafiche e le condizioni di esercizio.

Infatti, le formazioni intercettate dai pozzi, destinati alla reiniezione, sono situate alla stessa profondità di quelle dei pozzi produttivi. La zona dei pozzi di produzione e quello dei pozzi di reiniezione presentano, da un punto di vista geologico, le stesse caratteristiche quali profondità e litologia delle rocce impermeabili di copertura e delle rocce del serbatoio geotermico (vedi *Allegato 1*).

Nella seguente *Figura 5a* si riporta un esempio del profilo tecnico del pozzo verticale.

Figura 5a Profilo Tecnico dei Pozzi (Configurazione Verticale)

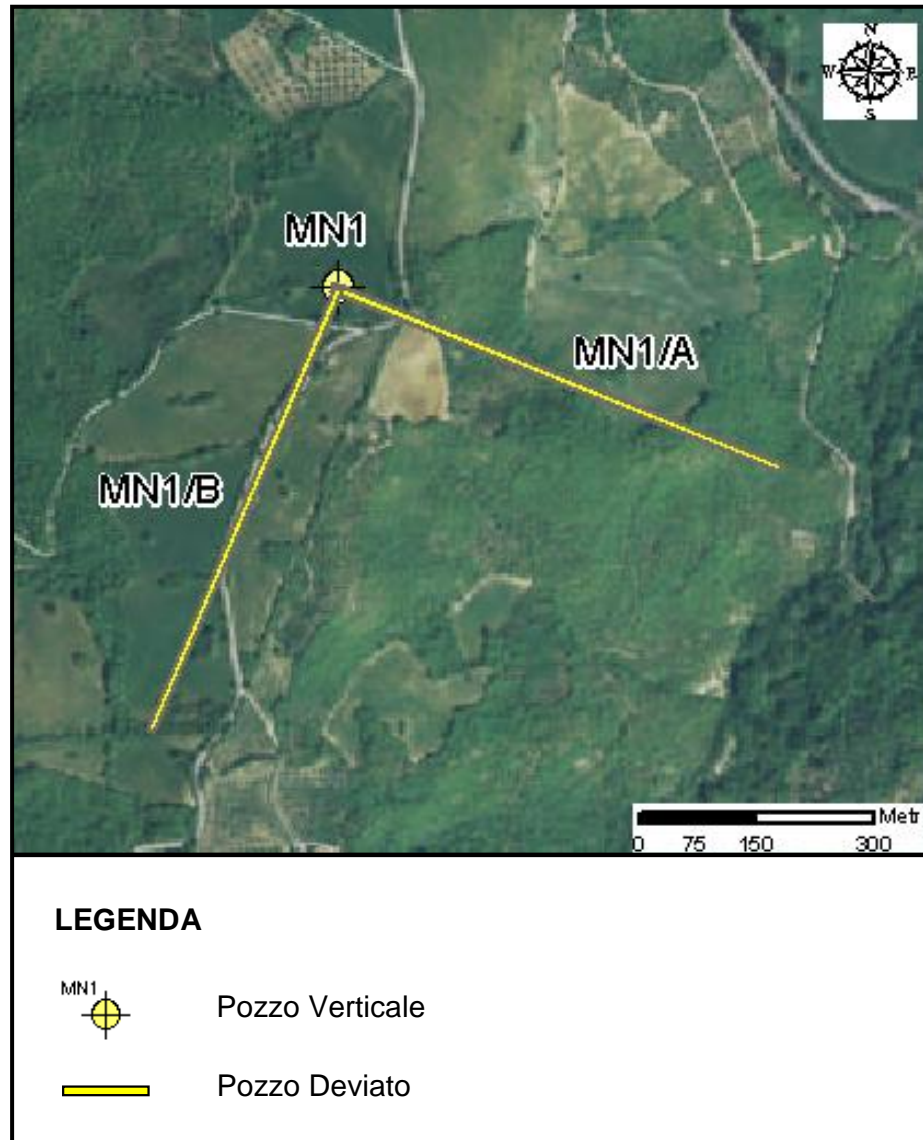


5.1

POZZI PRODUTTIVI E REINIETTIVI

Per quanto riguarda il polo produttivo, dalla medesima postazione verranno realizzati un primo pozzo verticale, denominato MN1 e due pozzi deviati denominati rispettivamente MN1/A e MN1/B, come riportato in *Figura 5.1a*. Le testa-pozzo saranno distanti circa 6 m, mentre la distanza tra il fondo dei pozzi sarà almeno 600-800 m.

Figura 5.1a Localizzazione dei Pozzi Produttivi



Tale soluzione 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.

La successione indicativa di perforazione dei pozzi è la seguente:

- pozzo MN1;
- pozzo deviato MN1/A;

- pozzo deviato MN1/B.

Analogamente, per il polo re iniettivo è prevista la realizzazione di tre pozzi MN2/A, MN2/B e MN2/C (deviati), come da *Figura 5.1b*: le teste pozzo, così come descritto per il polo di produzione, disteranno circa 6 m, mentre la distanza minima tra i fondo-pozzo sarà di circa 600-800 m.

Figura 5.1b Localizzazione dei Pozzi Reiniettivi



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

La successione indicativa di perforazione dei pozzi è la seguente:

- pozzo deviato MN2/A;
- pozzo deviato MN2/B;
- pozzo deviato MN2/C.

Il criterio di selezione dei pozzi reiniettivi risponde da un punto di vista progettuale all'esigenza di reiniettare il fluido non solo nella stessa formazione di provenienza (vedasi D.Lgs. 22/2010) ma anche alla stessa profondità di provenienza, in modo da rispondere ad esigenze minerarie.

5.2

CARATTERISTICHE TECNICO COSTRUTTIVE DEI POZZI

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

- le formazioni delle prime centinaia di metri sono generalmente molto poco permeabili; pur non essendo state individuate falde superficiali 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 si adotta il profilo generale riportato nella precedente *Figura 5a* che di seguito si riassume.

Il primo casing 18"5/8 che ha la funzione di primo ancoraggio, raggiungerà la profondità di 300 m (scarpa della tubazione). Tale casing sarà completamente cementato per assicurare al meglio la capacità di isolamento e tenuta. La perforazione di questo primo tratto di pozzo sarà realizzata con uno scalpello di diametro 23" o eventualmente in due fasi successive, una prima perforazione con diametro inferiore e una seconda di allargatura.

La seconda tubazione ha lo scopo ottenere un più profondo e migliore ancoraggio nelle formazioni di copertura. La sezione di pozzo interessata dal casing 13"3/8 sarà perforata con scalpello del diametro 17"1/2 e verrà anch'essa completamente cementata dalla scarpa fino a giorno. La profondità di posa di questa tubazione varia da circa 500 m a 800 m. Lo scopo principale di questa tubazione è di permettere il montaggio di una testa pozzo di perforazione di capacità adeguata sia come profilo che come pressione di esercizio a chiudere il pozzo durante la fase di perforazione nel caso si intercettino fluidi in pressione.

La terza tubazione prevista è un casing 9"5/8 da collocare a una profondità attesa di oltre 1300 m, profondità prevista del tetto del serbatoio geotermico.

Il casing 9"5/8 ha due scopi principali:

- completare l'ancoraggio e l'isolamento delle formazioni di copertura e isolare le formazioni scarsamente produttive situate nella parte alta delle formazioni costituenti il serbatoio carbonatico;
- costituire una efficace protezione nei riguardi di sezioni del precedente casing 13"3/8 per consolidare in via definitiva il sistema di ancoraggio strutturale e di protezione delle formazioni.

Una volta isolata la formazione di copertura e quella scarsamente produttiva, si prevede di completare la perforazione attraversando il serbatoio carbonatico con uno scalpello di diametro 8"1/2 per un tratto sufficiente a garantire il flusso di acqua necessario per la produzione. Il diametro del foro scoperto di 8"1/2 è adeguato per una produzione di 300÷400 t/h di acqua.

Il tratto basale del pozzo interessa rocce del serbatoio carbonatico notoriamente stabili, pertanto si prevede di non tubare questo tratto di pozzo e lasciarlo in condizioni cosiddette di Open Hole.

Per i pozzi deviati si prevede quanto segue:

- Le operazioni di deviazione (max 30°) avranno inizio alla profondità indicativa presunta di circa 400 m. La profondità finale del pozzo, misurata sull'asse verticale, sarà 1.800 m (in sigla TVD);
- La sua "lunghezza", ovvero la profondità totale perforata, sarà di circa 2.300 m (TMD);
- Lo scostamento orizzontale rispetto alla verticale potrà essere indicativamente di circa 600-800 m a fondo pozzo (TVD=1.800 m).

5.2.1 *Alloggiamento Pompe Sommerse di Produzione*

Come illustrato al *Capitolo 2*, a causa delle caratteristiche incrostanti del fluido geotermico, il progetto prevede l'installazione nei pozzi produttivi di una pompa immersa ad azionamento elettrico (in sigla ESP). Tale apparecchiatura consentirà infatti di mantenere nel circuito una pressione superiore alla pressione di bolla dell'anidride carbonica garantendo un flusso monofase ovvero senza evoluzione di bolle di gas e quindi di impedire la formazione di incrostazioni.

Dal momento che:

- il livello statico del campo (posizione della cosiddetta tavola d'acqua) è a circa 200 m dal pc;
- le condizioni di sommergenza della pompa durante la produzione devono essere tali da assicurare il flusso monofase del fluido;

la ESP dovrà essere installata ad una profondità di circa 750 m.

Inoltre, tenuto conto dell'esigenza di disporre al di sotto della ESP di un *rat hole* di adeguata estensione per assicurare un corretto funzionamento della ESP stessa, come detto al precedente paragrafo, la profondità attesa per i pozzi è di 1.800 m. Tuttavia, a fronte della possibile esigenza di aumentare la produttività del pozzo, durante la perforazione potrà essere deciso di approfondire maggiormente.

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, idoneo a raggiungere agevolmente profondità maggiori dei 2.000 m, da adibire alla perforazione dei pozzi per entrambe le postazioni.

Nella *Figura 5.3a* è riportata una foto dell'impianto (HH 200) che potrà essere utilizzato per la perforazione dei pozzi esplorativi. Dalla figura si possono, inoltre, apprezzare i pannelli fonoassorbenti presenti a semicerchio intorno all'impianto.

Figura 5.3a **Esempio di Impianto di Perforazione**



Nelle seguenti *Figure 5.3b* e *5.3c* sono riportati alcuni esempi di componenti di impianto, pompe fango e generatori elettrici di cantiere.

Figura 5.3b Esempio di Pompe Fango con Motore Insonorizzato e Protezione Ulteriore con Pannelli Fonoassorbenti



Figura 5.3c Generatori Elettrici ad Alta Insonorizzazione



In *Figura 5.3d* viene riportato un esempio in pianta del layout della distribuzione delle attrezzature dell'impianto di perforazione.

Le caratteristiche di base dell'impianto di perforazione HH200 sono le seguenti:

- 2 pompe fango: entrambe da 1000Hp;
- argano: capacità di almeno 200 tonnellate;
- altezza utile sotto tavola Rotary (piano di manovra): 7 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 delle vasche per la preparazione e gestione del fango: da 90 a 180 m³;
- 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.

L'argano e le pompe sono azionati idraulicamente, ottenendo una capacità di regolazione decisamente elevata. Inoltre, l'impianto HH200 prevede un sistema intrinseco di insonorizzazione che lo rende idoneo ad operare anche in situazioni potenzialmente critiche.

Naturalmente, in funzione della disponibilità di impianti da parte dei contrattisti sul mercato dei servizi di perforazione, alcune caratteristiche tecniche potranno subire variazioni (altezza del mast, numero di vasche per il fango, caratteristiche delle pompe, ecc.).

Tuttavia lo schema generale rimane quello descritto sopra, con carattere modulare; l'impianto considerato non ha vincolo di trasporti eccezionali per il trasferimento su strade pubbliche.

È opportuno ribadire che, la permanenza dell'impianto di perforazione è strettamente limitata alle operazioni di sondaggio, la cui durata può essere prudentemente stimata in 80 giorni per la perforazione dei pozzi della profondità "misurata" di 2.300 m; di cui circa 60 dedicati alle attività di perforazione propriamente dette.

5.4

DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI DI PERFORAZIONE

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

I detriti di roccia prodotti dall'avanzamento dello scalpello (cutting) vengono sollevati fino a giorno dalla corrente ascendente del fluido di circolazione, che può essere fango o acqua, a seconda delle caratteristiche di stabilità della formazione geologica attraversata.

Un efficace collegamento tra la roccia della formazione geologica presente e la tubazione è realizzato mediante riempimento dell'intercapedine con malta di cemento, di caratteristiche meccaniche atte a garantire un legame sicuro tra roccia e tubo. In gergo tale operazione prende il nome di "cementazione del casing". La tubazione in acciaio così cementata permette il completo isolamento delle formazioni attraversate nel corso della perforazione.

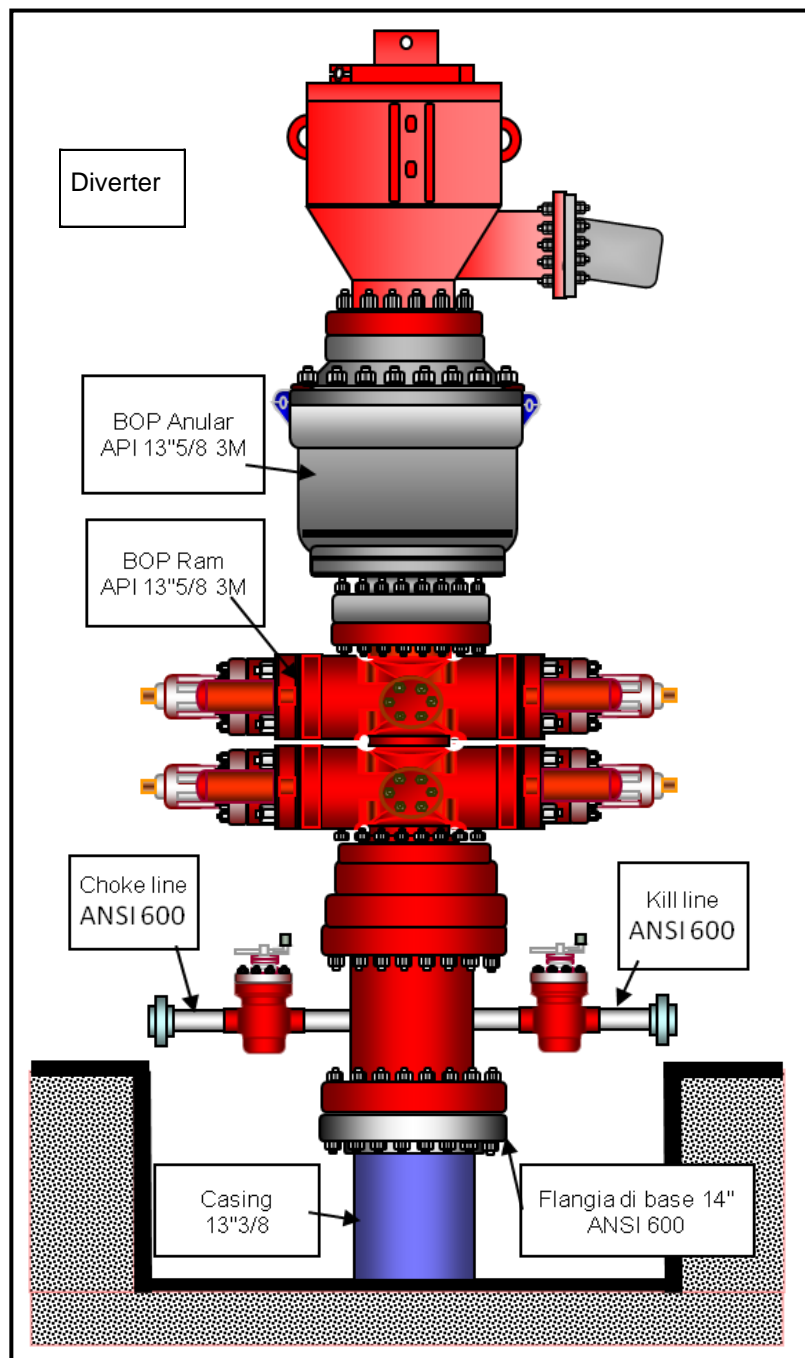
Il tubaggio del pozzo, con diametri decrescenti, avviene in più stadi, isolando le formazioni che progressivamente vengono perforate. Con tale sistema strutturale si realizza il collegamento diretto tra il sottostante foro libero nelle formazioni produttive e le installazioni di superficie.

Sulla sommità in superficie delle tubazioni cementate viene installato un sistema di valvole, denominato "testa pozzo".

Un esempio di questa è mostrato in *Figura 5.4a*. La testa pozzo costituisce l'elemento principale per garantire la sicurezza durante la perforazione.



Figura. 5.4a Esempio di Testa Pozzo da Perforazione



La testa pozzo prevede l'installazione di un doppio dispositivo chiamato *Blow Out Preventer* (in gergo BOP, indicato in *Figura. 5.4a*), una o più valvole laterali, collocate al di sotto del BOP, e di altri componenti tubolari che collegano il pozzo all'impianto di pompaggio, preparazione e trattamento del fango.

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

Il BOP è quindi un dispositivo di sicurezza, che viene utilizzato per contenere in pozzo la possibile risalita del fluido geotermico o del gas di strato in pressione. Il BOP permette di chiudere rapidamente il pozzo, in qualsiasi condizione di lavoro, ed impedirne l'eruzione anche in presenza delle aste di perforazione.

In altre parole il BOP è in grado di controllare a bocca pozzo, in ogni caso, la risalita e la fuoriuscita incontrollata dei fluidi migrati dalla formazione rocciosa perforata che li contiene verso il pozzo e quindi la superficie. In questo modo viene controllato il potenziale rischio di eruzioni.

5.5 **TECNOLOGIA DI PERFORAZIONE E PREVENZIONE RISCHI DURANTE LA PERFORAZIONE**

Il Fango di Perforazione

Il fluido di perforazione utilizzato più diffusamente nella perforazione dei pozzi è il cosiddetto fango, che è costituito da una miscela di acqua, bentonite e, quando necessario, 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 5.5a 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 allorquando la temperatura della formazione supera 60-70°C, provocando effetti negativi sulla stabilità reologica del fango stesso.

Il fango di perforazione, una volta risalito in superficie, viene alimentato ad un vibrovaglio installato nell'area identificata nelle *Tavole 3 (1 di 4 e 3 di 4)* come Area Trattamento Fanghi. Il vibrovaglio ha lo scopo di setacciare il fango bentonitico di risalita, separando i cutting e i fanghi più densi, dal resto del fango di perforazione che, così filtrato, finisce in apposite vasche.

Qualche esemplare di cutting viene prelevato e successivamente sottoposto ad analisi mineralogica al microscopio; il resto del materiale, cutting più fango addensato, definito anche "residuo palabile" viene trasferito per caduta ad una vasca di raccolta mobile, del volume di 30 m³.

Quando si raggiunge il livello di pieno di tale vasca, una ditta specializzata provvede al prelievo del residuo palabile e al suo allontanamento smaltimento in accordo alle procedure di legge.

I fanghi che, invece, passano attraverso il vibrovaglio, come detto, vengono raccolti nelle vasche fango, rappresentate nelle planimetrie delle postazioni, e riutilizzati per la perforazione.

All'interno delle vasche di raccolta fango, si vanno ad accumulare materiali solidi fini, con granulometria tale non poter essere separati dal vibrovaglio (materiale aspirabile). Quando le vasche risultano quasi piene viene chiamata una ditta specializzata per il suo recupero, che provvede, mediante un sistema di aspirazione a rimuovere tale materiale e smaltirlo secondo le procedure di legge.

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

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

Condizioni di Sicurezza durante la Perforazione

Come descritto ai precedenti paragrafi, si suppone che il fluido geotermico all'interno del serbatoio presenti una pressione inferiore alla idrostatica corrispondente alla profondità del serbatoio.

Si ritiene, in base alle condizioni geologiche e geotermiche note, di escludere che, nella formazione di copertura, sia presente gas o altro fluido in sovrappressione rispetto al fango, e quindi critico dal punto di vista del controllo del pozzo in perforazione.

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

In *Figura 5.5a* sono mostrate le attrezzature di sicurezza che saranno installate durante la perforazione (singoli BOP, sia tipo "annular" che di tipo "ram").

Figura 5.5a Esempi di BOP “Ram” (a Sinistra) e “Annular” (a Destra)


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

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

Sistema di Rivelazione dei Gas Endogeni

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

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

Il sistema è progettato affinché, qualora si raggiunga, anche in uno solo dei punti critici dove sono localizzati i sensori, un determinato valore di soglia della

concentrazione di uno dei gas suddetti, entri in funzione un dispositivo di allarme ottico ed acustico, con indicatori anch'essi ubicati in punti strategici della postazione, in modo che il personale di sonda sia tempestivamente avvertito della presenza di gas e possa attivarsi per le operazioni del caso.

Valori Critici e di Allarme per la Concentrazione dei Gas

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

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

Tali valori di soglia (TLV) sono quelli a cui una persona può stare esposta senza conseguenze per 8 h consecutive. A titolo di riferimento, in accordo alle nuove definizioni dei ACGIH si tratta di 1 ppm (parti per milione, in volume) per l'idrogeno solforato e 5.000 ppm per l'anidride carbonica, ovvero i gas che con maggior frequenza si incontrano in perforazione. Ancora a titolo di riferimento, si consideri che il TLV per il metano è 90.000 ppm, concentrazione non significativa in termini di tossicità, ma significativa dal punto di vista del rischio di eruzione e incendio.

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

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

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

Professionalità Richiesta al Personale di Sonda

Il personale addetto all'esercizio diretto dell'impianto di perforazione, in ottemperanza al dettato del D.Lgs. n.624/96 è sottoposto, ogni 2 anni, a corsi di aggiornamento sulle tecniche operative di controllo delle eruzioni. Tali corsi sono tenuti o presso scuole qualificate dall'International Well Control Forum (IWCF) oppure svolti all'interno delle aziende da personale qualificato, o riconosciuto tale dallo stesso IWCF, e si concludono con una procedura di esame atta a verificare e documentare il livello di apprendimento e preparazione dei singoli partecipanti.

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

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

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

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

Protezione Antincendio

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

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

Rischio di Contaminazione della Falda

Come testimoniato dalle indagini sito specifiche di cui alla relazione geologica (*Allegato 2*) per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, il complesso argilloso-litoide che costituisce il Flysch, caratterizzante tutta l'area di studio, è da considerare un complesso a permeabilità mediocre, che non permette quindi accumuli interni di riserve idriche; l'assenza di strutture idrogeologiche è testimoniata anche dalla assenza di sorgenti o di altri punti di presa di acqua destinata al consumo umano in tutta l'area indagata.

Un'eventuale circolazione idrica può essere prevista saltuariamente all'interno della coltre (pochi decimetri) di alterazione che ricopre il substrato, in concomitanza con i periodi più piovosi dell'anno. Non si ritiene pertanto di incontrare, durante l'attività di perforazione, livelli acquiferi significativi.

Tuttavia, a maggior cautela, si precisa che la perforazione del tratto superficiale del pozzo verrà condotta con le stesse tecniche di perforazione dei pozzi per la ricerca di acqua, pertanto il rischio di inquinamento, delle stesse, con il fango di perforazione non sussiste.

Inoltre, si fa notare che il profilo di tubaggio del pozzo prevede un tubo guida fino alla profondità di una decina di metri, il cui scopo è di evitare qualsiasi collegamento, con il terreno circostante.

Un'altra forma di possibile contaminazione potrebbe consistere nell'immissione di fluido endogeno nelle formazioni superficiali.

Tale condizione si potrebbe manifestare in condizioni dinamiche solo durante la risalita di fluido geotermico durante la produzione del pozzo.

Tale rischio è eliminato direttamente dal tipo di progetto del profilo di tubaggio del pozzo, che prevede:

- un sistema multiplo di tubazioni concentriche;
- l'impiego di tubi assolutamente integri, esenti da 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;
- la profondità ottimale della scarpa delle singole tubazioni per evitare difficoltà in fase di cementazione;
- la migliore gestione delle cementazioni delle singole tubazioni attraverso il controllo delle condizioni di centratura delle tubazioni, della regolarità dell'intercapedine, delle condizioni di flusso di risalita del cemento fino a bocca pozzo e, infine, dell'accertamento del tempo di presa della malta, in modo da creare le condizioni finali di cementazione eccellenti. In questo modo si realizza una ottimale, regolare e continua cementazione riempiendo l'intera intercapedine tra tubazione e parete esterna di roccia o di altra precedente tubazione.

Si sottolinea, inoltre, che la pressione di serbatoio potrà essere al massimo di alcune decine di bar e quindi largamente inferiore alla pressione di progetto delle tubazioni e sicuramente tale da non sollecitare significativamente la tubazione .

È evidente che tale sistema multiplo di tubazioni, 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, costituisce 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.

Igiene ed Aspetti di Organizzazione del Lavoro

Alloggi del Personale

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

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

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

Rifiuti assimilabili agli urbani

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

Non è previsto immagazzinamento in cantiere di alimenti o prodotti ad essi connessi.

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

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

Acque Stagnanti

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

Servizi Igienici di Cantiere

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

Linee Elettriche e Telefoniche

Le norme di polizia mineraria in vigore impongono di mantenere una distanza minima dalle linee elettriche e telefoniche, ai fini della sicurezza, pari all'altezza massima della torre di perforazione. Inoltre, nel caso di distanza (misurata in pianta) tra le linee e il pozzo inferiore a 50 m, la norma imponeva una specifica autorizzazione del Prefetto, la cui competenza è stata demandata all'Autorità di Vigilanza (Art. 60-64 DPR 128/59 e Art. 34 D.Lgs. 112 del 31/03/1998).

Nel caso in esame si ritiene che sia possibile rispettare il limite di 50 m da qualunque linea elettrica o telefonica o altra opera di uso pubblico. Infatti, si precisa che l'altezza dell'impianto HH200, descritto al *Paragrafo 5.3*, indicato per la perforazione, è pari a 29,9 m.

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

5.5.1 *Uso di Risorse in Fase di Perforazione*

Acqua Industriale

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

In particolare, durante le fasi di perforazione dei primi metri verrà impiegata acqua pura per tutelare il terreno superficiale. In tale fase, il consumo di acqua è del tutto trascurabile.

Il consumo di acqua si mantiene decisamente limitato nelle sottostanti formazioni prevalentemente argillo - sabbiose ed argillitiche. Durante tali fasi e soprattutto durante la perforazione delle rocce argillitiche delle Unità Liguri flyschoidi e delle formazioni litoidi non fratturate, l'approvvigionamento d'acqua sarà variabile tra pochi litri/ora in caso di impermeabilità totale delle formazioni fino al massimo di circa 10 m³/h (2,7 l/s). Infatti, durante la perforazione, anche in presenza di limitate perdite di circolazione, si instaurerà un circuito chiuso con il riutilizzo dello stesso fango bentonitico.

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

Tale consumo di acqua sarà soddisfatto prelevando temporaneamente acqua dal Torrente Zancona, come descritto al *Paragrafo 4.3*.

In considerazione della possibile variabilità dei tratti di pozzo che potrebbero essere perforati in perdita di circolazione, e la necessità di non interrompere i lavori in caso di carenza idrica, il prelievo di acqua potrà al massimo raggiungere una portata di punta pari a circa 70 m³/h (19,5 l/s) per un periodo previsto di circa 10 giorni, non consecutivi. Durante la perforazione dei livelli potenzialmente produttivi, in ogni caso potrà essere gestito in postazione uno stoccaggio preventivo di acqua, sia nelle varie vasche di servizio (corral) dell'impianto di perforazione che nella vasche interrato presenti.

La stazione di prelievo e le relative linee di approvvigionamento saranno progettate pertanto per una portata di 70 m³/h. Inoltre è opportuno ribadire che il programma lavori prevede di effettuare le operazioni di perforazione nei mesi da

ottobre a giugno in modo da avere la certezza che il torrente abbia una portata sufficiente a garantire il suddetto approvvigionamento.

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.

Il consumo massimo di gasolio di un cantiere durante la perforazione è di circa 1.000 kg/giorno, per un fabbisogno stimabile in 30.000 kg/pozzo ovvero una media di 500 kg/giorno; mentre il consumo di lubrificanti del macchinario dell'impianto di perforazione è stimabile in 1.200 kg a pozzo.

Altre Materie Prime

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

Sulla base dell'esperienza si possono stimare i seguenti consumi medi per ogni pozzo:

- bentonite: 44 t;
- cemento per le malte: 215 t;
- acciaio: il consumo di acciaio è relativo principalmente ai casing. Il fabbisogno di casing ammonta a circa 155 t mentre altri consumi sono per scalpelli, testa pozzo e lamiere per lavori di carpenteria vari. Si stima pertanto un totale di 200 t per pozzo.

Al precedente *Paragrafo 4.2* è riportato inoltre il bilancio scavi riportati dove viene dettagliata la quantità di inerti (circa 4.700 m³) che saranno prelevati dal centro di frantumazione più vicino) mentre il volume stimato di calcestruzzo necessario per la soletta è di 360 m³ per pozzo includendo in esso sia il cemento che gli inerti e la sabbia necessari.

5.6

RIFIUTI E RESIDUI

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

La quantità attesa di residui di detriti e fango prodotta durante le fasi di perforazione sarà pari a 600 t per un pozzo.

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, che pertanto si ritrova sotto forma di materiale decantato nelle apposite vasche (vedi *Paragrafo 5.5*).

Il processo cui è sottoposta la miscela fango e detrito, una volta portata dalla ditta specializzata presso il centro di trattamento, prevede la separazione della fase solida da quella liquida attraverso un filtro a pressa.

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

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

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

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

5.6.1 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 5.6.1a*, in cui si è distinto il caso del pozzo verticale da quello del pozzo deviato.

Tabella 5.6.1a Quantitativi Medi Rifiuti da Smaltire con Riferimento all'Attività di Perforazione di Ciascun Pozzo

Tipologia Rifiuto	Quantità (kg)	
	Pozzo verticale	Pozzo deviato
Materiali filtranti, stracci e indumenti contaminati da olio	150	160
Materiale per imballaggi	500	540
Gomma e gomma-metallo	1.500	1.620
Legname	400	430
Oli esausti utilizzati nei motori	150	160

5.6.2 *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 (da fango di perforazione).

Nel periodo di perforazione le acque di pioggia che scorrono sulla soletta impermeabilizzata sono raccolte dal sistema di canalizzazione, convogliate nella cantina e, come descritto nel *Paragrafo 4.1.2* riutilizzate come acqua di perforazione o comunque per la preparazione del fango e non saranno rilasciate nei corpi idrici superficiali.

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

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

Per quanto riguarda le caratteristiche e la gestione dei reflui liquidi provenienti dalle attività di perforazione, queste sono già descritte al *Paragrafo 5.5*.

5.7 *EMISSIONI SONORE IMPIANTO DI PERFORAZIONE*

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

- due gruppi elettrogeni alimentati con motore diesel;

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

Nella seguente *Tabella 5.7a* sono riportati i valori di potenza sonora delle sorgenti sopra descritte ottenute dalle specifiche tecniche di acquisto delle diverse apparecchiature, in base alle indicazioni dei progettisti ed in funzione delle misurazioni eseguite presso altri impianti simili.

Si è in particolare considerato che:

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

Tabella 5.7a Potenza Sonora delle Principali Sorgenti dell'Impianto di Perforazione

Num	Descrizione Sorgente	Num Sorgente	Tipo Sorgenti	Potenza Sorgente dB(A)	Ore esercizio
N1	Gruppo elettrogeni	2	Puntiforme	95	24 h/g
N2	Vibrovaglio	2	Puntiforme	93	24 h/g
N3	Piano Sonda	1	Puntiforme	98	24 h/g
N4	Pompa Triplex	2	Puntiforme	93	24 h/g
N5	Compressore	2	Puntiforme	96	24 h/g

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

Qualora necessario, si potrà procedere a interporre schermi fono isolanti sul piano sonda.

5.8

MEZZI DI CANTIERE E TRAFFICO INDOTTO

La realizzazione delle piazzole e dei relativi 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 delle postazioni, della durata totale di circa 90 giorni.

In questa fase si stima siano necessari:

- circa 60 carichi con autocarro da 30 ton per il trasporto di ghiaia per la realizzazione dell'ossatura della Postazione MN1 e ulteriori 3 autocarri per il trasporto del detrito per il consolidamento della relativa strada di accesso;
- circa 60 carichi con autocarro da 30 ton per il trasporto di ghiaia per la realizzazione dell'ossatura della Postazione MN2 e ulteriori 35 autocarri per il trasporto del detrito per il consolidamento della relativa strada di accesso;
- 135 autobotti da 8 m³ per la fornitura di calcestruzzo, volume stimato pari a circa 1.075 m³;
- 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 per postazione:

- 15 trasporti con autocarro da 30 ton per il materiale da perforazione (bentonite, tubi, cemento, materiali minori) ripartiti nei primi 30 giorni di attività;
- 10 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.

5.9

CARATTERIZZAZIONE DELLA RISORSA GEOTERMICA

Come descritto al *Paragrafo 2.2* e all'*Allegato 1*, il fluido geotermico che caratterizza il campo di Montenero è contenuto nelle formazioni calcaree delle Falda Toscana al di sotto delle formazioni flyschoidi di copertura.

La formazione oggetto di indagine è una formazione carbonatica permeabile per fratturazione e contenente acqua, ovvero quello che in gergo tecnico viene definito acquifero.

Il fluido geotermico è atteso ad una temperatura di circa 140°C; la pressione è idrostatica a partire da un livello piezometrico atteso a +230 m s.l.m. Pertanto dalla profondità di 1.300 m in poi si prevede di incontrare fratture e di entrare in contatto con l'acqua in esse contenuta. Per effetto della pressione del serbatoio, inferiore a quella idrostatica della colonna di perforazione, a pozzo pieno si avrà un abbassamento del livello in pozzo e perdite di fluido di perforazione verso la formazione stessa. In gergo tecnico queste condizioni sono definite di *perdita di circolazione*.

Al fine di confermare le caratteristiche chimico-fisiche del fluido e le caratteristiche idrodinamiche del serbatoio, si ritiene opportuno effettuare opportune prove.

Le grandezze di maggiore interesse ai fini della caratterizzazione produttiva del pozzo sono la temperatura e la pressione, in condizioni indisturbate, del fluido contenuto nel serbatoio e la permeabilità della formazione geologica del serbatoio.

La temperatura e la pressione vengono misurate durante l'avanzamento del pozzo stesso. Poiché la perforazione dà sempre luogo ad una modifica 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.

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

La capacità produttiva dei pozzi può essere stimata in maniera affidabile sia mediante prove idrauliche (iniezione di modeste quantità di acqua), con contemporanea rilevazione della pressione idraulica alla frattura, che attraverso brevi erogazioni controllate.

Pulitura del Pozzo

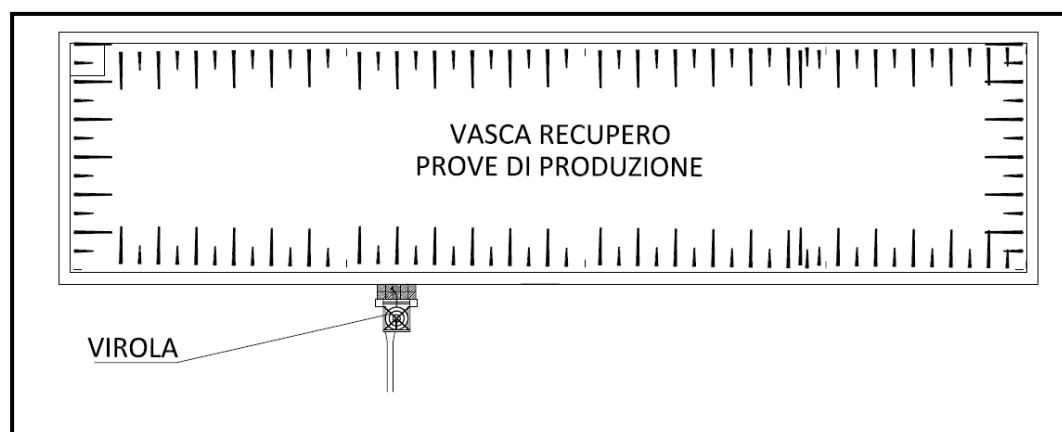
Al termine della perforazione e una volta verificata la presenza di un serbatoio permeabile, sempre con la sonda sopra il pozzo, si procederà a "pulire il pozzo" dai detriti e dall'acqua iniettata durante la perforazione per la futura installazione ed esercizio delle ESP mediante l'innescò del pozzo con Gas-Lift.

Con tale procedura, il pozzo verrà messo in erogazione verso la vasca di recupero fino al suo riempimento previsto in non più di 3 ore.

A tale scopo sarà montato in prossimità della vasca appositamente realizzata per il recupero del fluido (vedi *Tavole 3, 1 e 3 di 4*) un separatore silenziatore ciclonico di cui alla *Figura 5.9a* collegato alla testa pozzo con una tubazione.

Il silenziatore/separatore ha lo scopo di separare la parte liquida in uscita dal pozzo.

Figura 5.9a Particolare del Posizionamento della Virola



L'acqua contenuta nel fluido geotermico separata dal ciclone silenziatore sarà scaricata nella vasca adiacente al piazzale. Saranno quindi effettuati dei campionamenti al fine di caratterizzare dal punto di vista chimico-fisico il fluido geotermico e rilevare i parametri (Pressione, Temperatura, KH del serbatoio).

Successivamente l'acqua così raccolta nella vasca sarà re-iniettata nel pozzo stesso.

Prove di Iniezione

Sia durante la fase di perforazione che al termine della ripulitura del pozzo, si procederà, con le prove di iniezione (o iniettività) di acqua in pozzo associate alla misura di alcune grandezze fisiche (temperatura e pressione) eseguite durante e dopo l'iniezione stessa, utilizzando speciali strumenti di misura calati all'interno dei pozzi stessi.

La quantità di acqua impiegata per le operazioni è modesta e rientra abbondantemente nelle previsioni di consumo indicate al *Paragrafo 4.3*.

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, è sicuramente affidabile ed utilizza un limitatissimo consumo di acqua.

5.10**COMPLETAMENTO E RIPRISTINO DEI POZZI**

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 delle aree MN1 e MN2 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 4, 1 e 2 di 2*).

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

- la testa pozzo, 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'attingimento 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*.

All'interno dei pozzi produttivi saranno montate le pompe di sollevamento centrifughe multi girante (vedi *Paragrafo 6.2.3* per la descrizione) che saranno in grado di prelevare le portate di progetto e alimentare l'impianto ORC alla pressione voluta.

Sul piazzale sarà inoltre previsto un locale per l'alloggio del trasformatore e dei quadri delle pompe immerse.

Il layout della postazione dei pozzi produttivi è riportato nella *Tavola 4 (1 di 2)*.

Mentre i pozzi reiniettivi saranno in grado di ricevere ciascuno circa 235 t/h di fluido a circa 70°C di temperatura proveniente dall'impianto ORC, come descritto al successivo *Capitolo 6*.

Poichè la postazione di reiniezione si trova a una quota di 135 m inferiore a quella di produzione, se ne deduce che rimane disponibile una certa quantità di energia idraulica contenuta nel fluido in reiniezione.

Si prevede pertanto di installare nel piazzale di reiniezione un generatore idraulico, concettualmente simile ad una pompa ma operante da turbina per il recupero dell'energia potenziale e di parte dell'energia di pressione impartita dalle pompe di produzione. Tali apparecchiature saranno in grado di recuperare in totale circa 0,35 MWe (per maggiori dettagli si rimanda al *Paragrafo 6.2.5*).

All'interno della postazione di reiniezione sarà installata la cabina contenente i trasformatori per il generatore idraulico e da cui partirà il cavidotto interrato (posato parallelamente all'acquedotto di reiniezione) che trasporterà l'energia recuperata all'impianto ORC. La planimetria del piazzale dei pozzi di reiniezione è riportato nella *Tavola 4 (2 di 2)*.

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.

6 LA CENTRALE DI PRODUZIONE

6.1 CRITERI DI PROGETTAZIONE

6.1.1 Dati di riferimento

Climatologia

Nelle seguenti tabelle si riportano i dati climatici (temperature e precipitazioni) considerati per il dimensionamento dell'impianto pilota, rilevati, presso la stazione agrometeorologica "Montalcino" (che si trova a circa 15 km in direzione Nord dall'ubicazione dell'impianto pilota).

Tabella 6.1.1a Temperatura Media – Dati Rilevati dalla Stazione Agrometeorologica "Montalcino" (periodo 1990-2010)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Valore medio	5,3	5,8	8,5	11,2	16,4	20,6	22,9	22,7	18,0	14,4	9,5	6,1	13,4
Valore massimo	12,0	11,5	16,5	19,0	24,2	28,0	29,6	29,8	25,8	22,2	18,3	13,0	29,8
Valore minimo	-4,0	-3,4	-5,2	0,7	8,0	9,6	15,6	14,9	10,1	4,0	-2,2	-5,9	-5,9

I dati termometrici relativi al periodo 1990-2010 mostrano che la temperatura media annua presso la stazione di Montalcino raggiunge i 13,4 °C, con variazioni mensili da un minimo invernale di 5,3 °C nel mese di gennaio ad un massimo estivo di circa 23 °C nei mesi di luglio e agosto.

Tabella 6.1.1b Precipitazioni Totali – Dati Rilevati dalla Stazione Agrometeorologica "Montalcino" (periodo 1990-2010)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Valore medio	47,4	44,3	49,3	61,2	54,4	39,5	14,0	59,8	80,0	81,6	93,1	75,8	700,4
Valore massimo giornaliero	25,0	43,5	29,5	31,0	40,5	56,0	20,5	79,5	56,8	54,5	33,5	60,0	60,0

I dati pluviometrici mostrano un valore medio annuo di precipitazioni totali pari a 700 mm; il regime pluviometrico è caratterizzato da un minimo estivo, che cade di norma in luglio ed un massimo autunnale in novembre.

Sismicità

Con D.G.R. n.431 del 19 giugno 2006 la Regione Toscana ha approvato la nuova mappa di classificazione sismica del territorio regionale, in attuazione del D.M. 14.09.2005 e dell'Ordinanza PCM n.3519 del 28/04/2006. Inoltre, con

Deliberazione di G.R.T. del 26/11/2007 n.841, è stato approvato l'elenco aggiornato dei comuni a maggior rischio sismico: si tratta di ulteriori 14 comuni che si aggiungono ai 67 già inseriti con le precedenti deliberazioni di G.R. del 16/06/2003 n.604 e del 28/07/2003 n.751, per i quali sono estese le attività di prevenzione sismica previste dai programmi regionali.

Il Comune di Castel del Piano, interessato dall'installazione dell'impianto e dei pozzi, nonché gli altri comuni interessati dall'area del Permesso di Ricerca (che sono, oltre al già citato Castel del Piano, Arcidosso e Cinigiano) sono classificati tutti in categoria 3, corrispondente ad un livello di sismicità bassa.

Nella relazione geologica di cui in *Allegato 2* sono stati valutati i due stati limite considerati, che sono lo Stato Limite di Operatività (SLO) e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) cui il progetto esecutivo si dovrà uniformare per la realizzazione di tutte le strutture.

6.1.2 ***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 apprezzabili degrading sia termici che di produzione.

La necessità di una progettazione senza emissioni di fluido in atmosfera impone il mantenimento della pressione del fluido al di sopra della pressione di bolla dell'anidride carbonica disciolta e quindi l'utilizzo di pompe immerse associate all'utilizzazione di un ciclo Rankine a fluido organico, come discusso nei paragrafi precedenti. Il carattere dimostrativo dell'impianto limita la potenza massima dell'impianto a 5 MW elettrici, da intendersi come potenza media annua immessa in rete.

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

- potenza massima erogabile (come definito sopra): 5 MWe;
- temperatura del fluido geotermico in ingresso all'impianto: 140°C;
- utilizzo pompe immerse per la prevenzione delle incrostazioni da carbonato di calcio;
- installazione di un impianto di recupero dell'energia di pressione residua del fluido geotermico alla reiniezione;
- predisposizione dell'impianto alla cessione di calore a eventuali utenze future;
- assenza di emissioni in atmosfera;
- utilizzo di condensatore ad aria e quindi assenza di prelievi idrici;
- i materiali delle tubazioni a contatto col fluido geotermico saranno in acciaio al carbonio con adeguato sovrappessore di corrosione;
- non saranno ammesse leghe contenenti rame per il materiale dell'impianto ORC a contatto con il fluido geotermico;
- temperatura di riferimento per il calcolo dei bilanci energetici pari alla temperatura media annua di 13,4 °C;
- verifica delle tubazioni di trasporto sarà eseguita in accordo alla norma, ASCE 1984 e ASME B31.1 e alle azioni sismiche di cui al *Paragrafo 6.1.1*.

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

La portata del fluido geotermico per produrre una potenza media annua di 5 MWe (con una potenza lorda di circa 6,6 MWe) in queste condizioni sarà di circa 700 t/h.

La progettazione ha inteso descrivere la soluzione più "impattante". In altre parole l'impianto è stato dimensionato con la maggior occupazione di suolo e con le maggiori dimensioni ipotizzabili. Eventuali modifiche che si dovessero rendere necessarie nella progettazione esecutiva saranno migliorative ai fini dell'impatto ambientale.

6.2 **DESCRIZIONE DEL PROGETTO**

6.2.1 **Descrizione Generale**

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

- n.3 pozzi di produzione (tutti nella stessa postazione) di acqua calda, dotati ciascuno di pompa di sollevamento;
- una tubazione di convogliamento dell'acqua calda dai pozzi all'adiacente impianto ORC;
- l'impianto ORC (di seguito descritto), che consentirà la produzione di energia elettrica attraverso il recupero di calore dall'acqua calda geotermica;
- n.3 pozzi di reiniezione dell'acqua geotermica che risulta raffreddata a seguito dello scambio termico avvenuto nell'impianto ORC, tutti ubicati nella stessa piazzola;
- una tubazione di collegamento dell'acqua raffreddata in uscita dall'impianto ORC sino ai pozzi di reiniezione;
- la predisposizione di due "stacchi" per il prelievo dell'acqua calda, sia a monte che a valle dell'impianto ORC, per alimentazione di eventuali utenze termiche (teleriscaldamento);
- Linea elettrica in MT (e relativa Cabina di Consegna) per il collegamento alla Rete Elettrica Nazionale;

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

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



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

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

- Il fluido geotermico caldo dal quale viene recuperato calore e che nel presente progetto viene successivamente reiniettato;
- Il fluido organico che compie un ciclo chiuso di tipo Rankine e che quindi:
 - evapora grazie al calore che viene recuperato dal fluido geotermico;
 - viene espanso in una turbina per la produzione di energia elettrica;
 - viene condensato per poter essere di nuovo impiegato per la produzione di vapore.

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

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

Per la descrizione del progetto dei pozzi si rimanda al § 5.

6.2.2

Impianto ORC

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

- N°2 evaporatori a fascio tubiero (fluido organico - acqua);
- N°2 preriscaldatori (fluido organico – acqua);
- N°1 recuperatore di calore (fluido organico-fluido organico);
- Turbo-espansore comprensivo di generatore elettrico;
- Condensatore raffreddato ad aria;
- Sistema di riempimento circuito del fluido organico comprensivo di serbatoio di stoccaggio.

Nell'impianto sono inoltre presenti:



- lo skid antincendio;
- un cabinato ospitante il sistema di controllo, il trasformatore e i quadri elettrici;
- La vasca di prima pioggia.

Il turbo espansore e il generatore elettrico saranno alloggiati all'interno di un cabinato insonorizzato, analogamente le pompe alimento saranno dotate di una struttura dedicata per l'insonorizzazione.

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

Funzionamento del Ciclo ORC

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

L'acqua calda, proveniente dai pozzi di produzione e mantenuta in pressione dalle pompe immerse, viene convogliata mediante un collettore all'adiacente impianto ORC, alle condizioni di 140°C e 45 bar circa. Da qui, l'acqua calda viene inviata alla sezione di scambio termico del ciclo ORC ed in particolare passa, in serie, all'evaporatore e al preriscaldatore della sezione ad alta pressione, quindi alimenta, sempre in serie, l'evaporatore e il preriscaldatore della sezione a bassa pressione. Il ciclo ORC previsto, infatti, è caratterizzato da un doppio livello di pressione (e quindi di temperatura) in modo da ottimizzare l'efficienza del processo di recupero termico.

Il vapore del fluido organico viene fatto espandere nel Turbo-Espansore, che in seguito alla diversa pressione del vapore in uscita dai due evaporatori è dotato di un doppio ingresso. Il turbo espansore consente la produzione energia meccanica, che viene convertita in energia elettrica mediante un generatore.

Il vapore espanso in turbina attraversa prima un recuperatore, nel quale viene raffreddato, cedendo calore al fluido organico condensato, prima che questo venga ri-alimentato alla sezione di recupero termico; quindi il vapore, viene fatto condensare in un condensatore aria-fluido organico, chiudendo il ciclo termodinamico. Una volta condensato, il fluido viene nuovamente alimentato al sistema di preriscaldamento-evaporazione iniziando un nuovo ciclo di processo.

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

Per il presente progetto si è ipotizzato l'utilizzo di pentano la cui scheda di sicurezza è riportata in *Allegato 4*. L'utilizzo 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.

Il pentano normalmente contenuto nell'impianto ORC (hold up delle tubazioni, del condensatore e degli scambiatori) sarà inviato, in caso di manutenzione e arresto

impianto, ad un serbatoio di stoccaggio a doppio contenimento e interrato, in modo da ridurre il rischio di incendio, e polmonato con azoto per mantenere l'atmosfera inerte.

Sistema 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 edificio nel quale saranno presenti i quadri e la postazione operatore dalla quale sarà possibile supervisionare il funzionamento dell'impianto.

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

Su tutte le tubazioni di ammissione del fluido geotermico all'impianto ORC e sulla tubazione di reiniezione, sarà installato un sistema di controllo perdite, descritto al successivo *Paragrafo 6.2.4*, che ne permetterà la rilevazione e l'invio di un segnale di allarme al centro di controllo per il successivo intervento di ripristino.

6.2.3

Pompe di Sollevamento

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

Le pompe impiegate per questa funzione hanno caratteristiche altamente tecnologiche dal momento che devono lavorare alle profondità tra 800 e 600 m circa come descritto nel *Paragrafo 4.2.1* e a temperature relativamente alte (la temperatura del fluido nel serbatoio geotermico è di circa 140°C).

Le pompe di sollevamento che saranno installate saranno pertanto 3, una per ciascun pozzo produttivo.

Ciascuna pompa sarà in grado di produrre circa 235 t/h di acqua calda alla pressione di mandata di circa 120 bar, garantendo così una pressione di 45 bar a monte dell'impianto ORC.

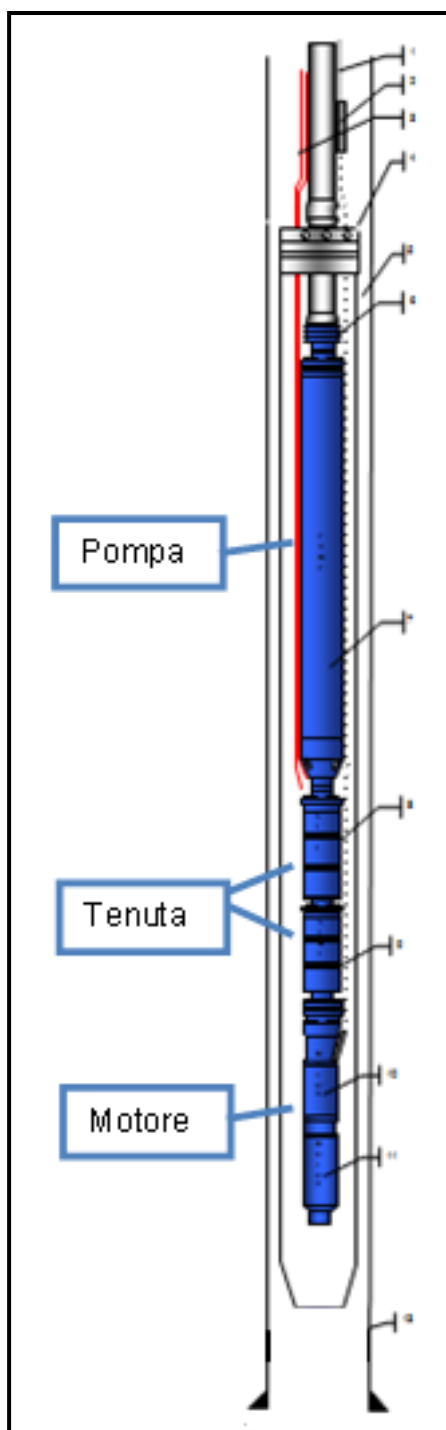
Nella *Figura 6.2.3a* è riportato lo schema tipico di una pompa immersa della lunghezza complessiva di circa 25 m.

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

Il motore elettrico sarà alimentato da un cavo che scende all'interno del pozzo visibile in tratteggio nella *Figura 6.2.3a*.

Ciascuna pompa assorbità, nelle condizioni di progetto (cioè a circa 235 t/h e 67 bar di prevalenza) circa 600 kW.

Figura 6.2.3a Schema della Pompa di Sollevamento



6.2.4***Le Tubazioni di Connessione Impianto-Pozzi***

La localizzazione dei pozzi produttivi e del polo reiniettivo è riportata nella *Tavola 1*. Nella stessa tavola si riportano il tracciato della tubazione di trasporto dell'acqua calda geotermica dai pozzi all'impianto ORC e da questo alla postazione di reiniezione.

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

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

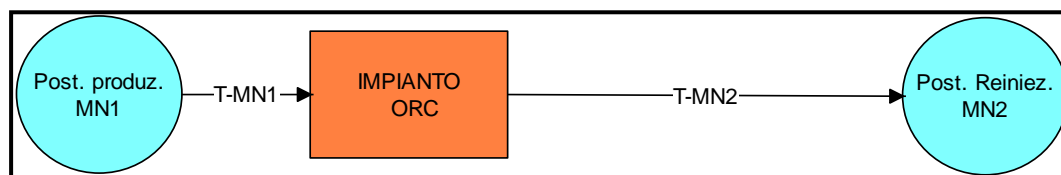
La postazione di produzione è adiacente all'impianto ORC. Le tubazioni in uscita da ciascun pozzo verranno collegate in un collettore che correrà, interrato, in direzione est-ovest fino a giungere in prossimità della sezione di scambio termico dell'impianto ORC dove uscirà fuori terra ed andrà a collegarsi alla flangia di ingresso dell'evaporatore.

La tubazione diretta ai pozzi di reiniezione, verrà interrata subito dopo l'uscita dal preriscaldatore e correrà per circa 130 metri in direzione est fino ad arrivare in corrispondenza della Strada Provinciale Monticello che attraverserà e di cui seguirà il percorso correndo parallela ad essa per 300 m fino ad giungere all'imbocco di una strada sterrata. A questo punto la condotta farà una deviazione di 90° verso est e correrà parallela alla suddetta strada bianca (per 190 m) fino ad arrivare in prossimità di un podere quando farà una deviazione verso nord est attraversando un'area agricola fino ad giungere in corrispondenza della strada provinciale Cipressino. A questo punto attraverserà tale strada e correrà verso est attraversando un primo campo agricolo, quindi una zona boscata ed infine di nuovo un'area dedicata a seminativo fino a giungere al sito di reiniezione.

Si specifica che la tubazione sarà posata, per tutto il tracciato descritto, interrata e coibentata.

Al fine di descrivere le caratteristiche di progetto dei diversi tratti delle tubazioni sopra tracciate, si consideri la rappresentazione schematica riportata in *Figura 6.2.4a*.

Figura 6.2.4a Rappresentazione Schematica delle Tubazioni



Con riferimento alla precedente figura, la lunghezza, i diametri e le caratteristiche del fluido nelle tubazioni, nelle condizioni di progetto, sono riportate nella *Tabella 6.2.4a*.

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

Tabella 6.2.4a Caratteristiche Principali delle Tubazioni nelle Condizioni di Progetto

ID	Lunghezza	Diametro nominale	Portata	Pressione partenza	Pressione arrivo	Temperatura
	m	mm	t/h	bar		°C
T-MN1	70	DN400	700	45	44,8	140
T-MN2	1.640	DN400	700	42	53,8	70

Le tubazioni avranno un sovra spessore di corrosione di 6 mm (0,2 mm/anno per 30 anni di vita utile).

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

Come si deduce dalla descrizione del tracciato dell'acquedotto, a parte gli attraversamenti stradali, la tubazione viene posata su terreno agricolo. Pertanto la profondità di scavo sarà tale da evitare interferenze con gli attrezzi utilizzati per le lavorazioni agricole. In particolare si manterrà una distanza di 1,5m tra la sommità del rivestimento esterno del tubo e il livello del piano campagna.

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

Gli scavi, a parte i punti in cui saranno attraversate le strade provinciali, saranno effettuati in area agricola. Il terreno scavato sarà in parte utilizzato per il rinterro e in parte conferito a impianti di raccolta autorizzati.

Il terreno proveniente dagli scavi eseguiti in corrispondenza della viabilità asfaltata (attraversamento della via provinciale Monticello e della strada provinciale Cipressino) sarà interamente conferito a impianti di smaltimento/recupero. I reinterri verranno eseguiti mediante materiale arido di cava reperito da fornitori locali per dare allo scavo la consistenza necessaria a sopportare il carico stradale. Alla fine dei lavori il manto stradale sarà completamente ripristinato.

Nello stesso scavo delle tubazioni che trasportano il fluido geotermico saranno posate delle condotte in materiale plastico per il passaggio di cavi di potenza e di segnale. Tali cavi saranno infatti costituiti dal cavo per il trasporto dell'energia elettrica (recuperata mediante la turbina idraulica) dalla postazione di reiniezione all'impianto ORC e dai cavi per lo scambio dei segnali tra il sistema di controllo della Centrale e le apparecchiature/strumentazione presenti nella postazione reiniettiva. Sempre nella *Tavola 8* sono rappresentate anche tali tubazioni in materiale plastico per il passaggio dei cavi.

Procedure di Scavo

Le operazioni di scavo verranno condotte in modo tale da mantenere inalterate le condizioni pedologiche delle aree interessate, ripristinando di fatto la situazione stratigrafica ante-operam. In particolare si procederà ad accantonare in cumuli distinti i diversi materiali di risulta dello scavo.

Il terreno scavato sarà depositato a meno di un metro dal ciglio dello scavo per la posa in opera della condotta che sarà installata opportunamente pretensionata.

Si riportano di seguito le sequenze di scavo e reinterro che verranno seguite nel caso di posa in area agricola e in caso di attraversamento delle strade provinciali suddette.

In caso di posa su terreno agricolo le diverse operazioni possono essere riassunte come segue:

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

In caso di attraversamento delle strade provinciali le sequenza dei lavori prevede quanto segue:

- Demolizione del manto stradale;

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

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 lo sfiato dell'aria e il riempimento della tubazione 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 carrellate che caricheranno autobotti da cui il fluido sarà scaricato nelle vasche di raccolta poste sulle piazzole di perforazione. Da tali vasche il fluido potrà essere, al termine delle attività manutentive, nuovamente inviato alla reiniezione tramite l'acquedotto.

Le tubazioni saranno dotate di sistema di controllo perdite che ne permetterà la rilevazione e l'invio di un segnale di allarme al centro di controllo per il successivo intervento manutentivo. Tale sistema monitorerà in particolare il grado di umidità dell'isolamento in modo da poter intervenire prima che si verifichi la fuoriuscita del fluido localizzando la zona interessata dalla presenza di acqua.

Il sistema di allarme previsto è costituito da due fili di rame, di cui uno nudo e l'altro stagnato, annegati nella schiuma di poliuretano ad una distanza costante dal tubo di servizio in acciaio, non superiori al 10% della distanza nominale tubo-filo. Il sistema è completato da centraline di controllo ed allarme e da tutti gli accessori necessari che individueranno sia eventuali punti di umidità nella schiuma isolante, sia rotture o corto circuiti nei conduttori di allarme.

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

6.2.5***Sezione di Recupero Energia***

Come descritto al precedente *Paragrafo 5.10.1*, al termine delle perforazioni e dopo l'esecuzione delle prove di caratterizzazione produttiva/iniettiva, ciascun pozzo reiniettivo sarà pronto per ricevere circa 235 t/h di fluido a circa 70°C di temperatura proveniente dall'impianto ORC.

In condizioni di esercizio (pozzi in assorbimento di 235 t/h), su ciascun pozzo reiniettivo si può stimare un innalzamento del livello di 50-60 metri rispetto alle condizioni statiche, che quindi si porterà in prossimità del piano campagna. Considerando che la postazione di reiniezione si trova a una quota di 135 m inferiore a quella di produzione, se ne deduce che rimane disponibile una certa quantità di energia idraulica contenuta nel fluido in reiniezione.

Si prevede pertanto di installare in prossimità della bocca pozzo dei pozzi di reiniezione un generatore idraulico, costituito da una pompa operante da turbina.

La pompa/generatore, sarà alimentato da una portata di progetto di circa 700 t/h resa disponibile alla pressione di circa 54 bar a testa pozzo dovuta in parte alla pressione idraulica fornita con le pompe di sollevamento (a meno delle perdite di carico dell'acquedotto) e in parte al dislivello intercorrente tra i pozzi produttivi e quelli reiniettivi.

Si renderà pertanto disponibile un salto idraulico di circa 540m in grado di produrre circa 0,37 MW di potenza elettrica.

Il generatore idraulico sarà, costituito da due componenti: la turbina e l'alternatore. Esso ha lo scopo di trasformare l'energia idraulica del fluido in energia elettrica sotto forma di corrente alternata. Quindi l'alternatore sarà a sua volta collegato ad un trasformatore elevatore che porterà la frequenza al valore opportuno per il trasporto dell'energia elettrica generata (tramite cavidotto interrato) all'impianto ORC. Come detto, il cavo di potenza correrà interrato parallelamente alla condotta di reiniezione.

6.2.6***Collegamento Elettrico***

I criteri e le modalità per la connessione della Centrale alla Rete di Enel Distribuzione sono conformi alla specifica tecnica del preventivo di connessione Enel .

La Centrale sarà collegata attraverso un cavidotto interrato a 15 kV, della lunghezza di circa 15 km, a una Cabina di Consegna ubicata all'interno della proprietà di Enel Green Power in prossimità della Cabina Primaria di Bagnore. Da tale cabina, quindi, sarà effettuata la connessione alla Rete Nazionale mediante il collegamento alla suddetta Cabina Primaria di Bagnore.

Nella *Tavola 9* è riportato lo Schema Unifilare Elettrico dell'Impianto Pilota.

Come visibile da tale schema, le pompe immerse e gli ausiliari di Centrale potranno essere alimentati sia dalla rete elettrica che dall'impianto ORC. Pertanto all'avviamento dell'impianto il generatore principale e quello del recupero di energia alla reiniezione saranno disconnessi e tutte le utenze (ausiliari di centrale e pompe immerse) verranno alimentate dalla rete, attraverso il trasformatore principale.

Una volta avviata la turbina del ciclo ORC e il sistema di recupero alla reiniezione, tutte le utenze saranno invece alimentate dal generatore di Centrale (Principale) e l'energia eccedente sarà immessa in rete. Analogamente, in caso di stacco/malfunzionamento della Rete Nazionale, l'Impianto Pilota potrà funzionare in isola ovvero l'Impianto verrà esercito a regime ridotto in modo tale che il generatore di Centrale eroghi l'energia necessaria a coprire esattamente i consumi degli ausiliari (in attesa della risoluzione del guasto e quindi di poter di nuovo immettere l'energia in rete).

L'energia prodotta dalla pompa operante da turbina installata nella postazione di reiniezione sarà inviata via cavo alla centrale ORC e da qui alla Rete Nazionale in Media Tensione.

Tracciato del Cavidotto Interrato MT

La descrizione e il progetto della connessione elettrica con l'indicazione delle caratteristiche del cavo, i tipici di scavo e degli attraversamenti e l'individuazione delle interferenze è riportata all'*Allegato 3*, "Progetto del Collegamento Elettrico".

Nel seguito si fornisce una sintesi del progetto con riferimento al tracciato riportato nella *Figura 6.2.6a*.

Il cavidotto MT esce dalla sala quadri presente all'interno della Centrale ORC e si sviluppa lungo la SP n°70 di Monticello, per una lunghezza di circa 1000 m in direzione nord, per poi immettersi nella SP n°64 "Il Cipressino", percorrendola in direzione sud est ed attraversando il torrente Zancona.

Immediatamente dopo l'attraversamento del torrente, il tracciato devia in direzione sud verso la località "Cantoniera" e da qui percorre strade vicinali in direzione est, fino ad immettersi nuovamente nella SP 64 "Il Cipressino".

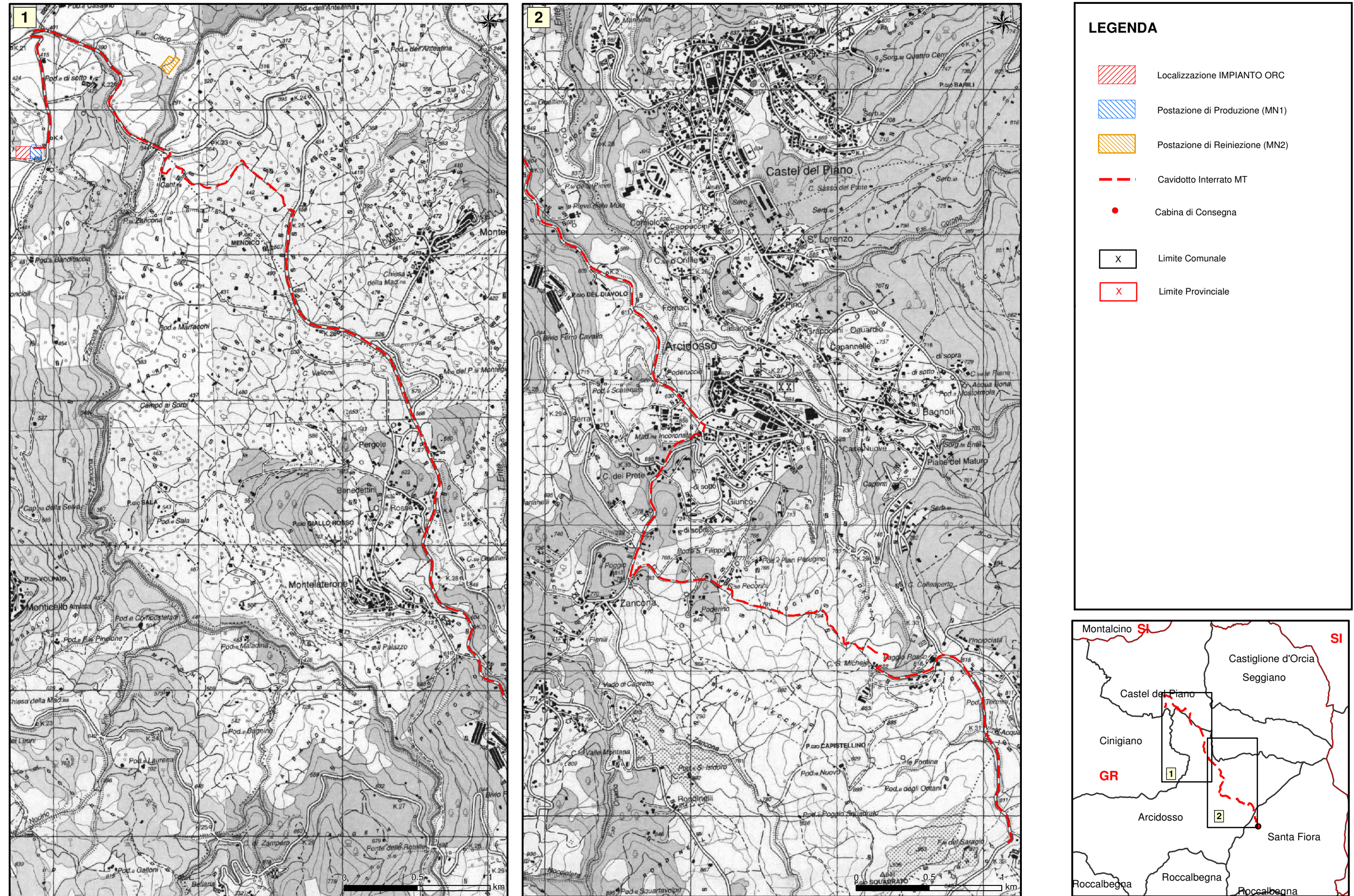
Prosegue quindi verso sud, raggiungendo il bivio Begname e proseguendo lungo la SP di Arcidosso, raggiungendo il comune omonimo dal lato ovest.

Giunto al km 9.9, il tracciato devia nuovamente verso sud, percorrendo la strada comunale Vecchia di Zancona in direzione del poggio della Crocina, dove subirà una deviazione verso ovest avvicinandosi alla località "Aiole".

Si dirige quindi verso sud, percorrendo la SS n°323 del Monte Amiata per circa 1500m in direzione dei confini comunali di S. Fiora, dove si attesta nella cabina di consegna.

Figura 6.2.6a

Localizzazione dell'Elettrodotto (1:25.000)



I comuni interessati dalla realizzazione dell'opera sono: Arcidosso, Santa Fiora e Castel del Piano, tutti ricadenti nella Provincia di Grosseto.

Cabina Elettrica di Consegna

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

Tale cabina sarà installata in prossimità della cabina Primaria di Bagnore. La localizzazione e il lay-out della cabina di Consegna è incluso nell'*Allegato 3* suddetto.

Essa verrà realizzata con struttura prefabbricata con vasca di fondazione.

La cabina elettrica di consegna, sarà composta di tre locali, ognuno dotato di una propria porta di accesso, i quali saranno:

- 1 vano ENEL (contenente tutte le apparecchiature ad uso del Distributore);
- 1 vano misure (ad uso comune e contenente gli strumenti di misura);
- 1 vano utente (ad uso del gestore della Centrale e in cui sono presenti le apparecchiature di sua proprietà).

Essa sarà costituita da un edificio dalla superficie complessiva di circa 24 mq (9,5 x 2.5 metri) per una cubatura complessiva di circa 66,5 m³.

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

6.2.7

Impianti Ausiliari

Impianto Antincendio

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

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

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

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

Sistema di Illuminazione

L'impianto ORC è posizionato in area agricola in posizione prossima alla Strada Provinciale Monticello. Tale strada non è dotata di illuminazione pertanto sarà prevista l'illuminazione necessaria per l'area immediatamente circostante l'impianto.

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

Fase di Cantiere

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

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

Lungo il confine dell'area di cantiere verrà predisposto un sistema di illuminazione con N. 5 torri faro 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

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

I pali saranno ricavati da trafilatura in acciaio Fe420B UNI EN 10219, zincati a caldo per immersione, in conformità alla Norma UNI EN 40/4 parte 4[^] - punto 4.1, spessore 4mm, dotati di asola ingresso cavi e asola con 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. 14 apparecchi illuminanti testapalo a 54 led (6 moduli da 9 led), flusso luminoso iniziale 8.950 lm, potenza complessiva 118W.

Nelle *Figure 6.2.7a e 6.2.7b* si riportano i dettagli dell’apparecchio illuminante tipo AEC LED IN 8m. Nel riquadro in rosso della tabella riportata nella *Figura 6.2.7a* si riportano le caratteristiche dimensionali degli apparecchi illuminanti che verranno installati nell’area dell’impianto ORC.

Figura 6.2.7a Apparecchio Illuminante tipo AEC LED IN 8m

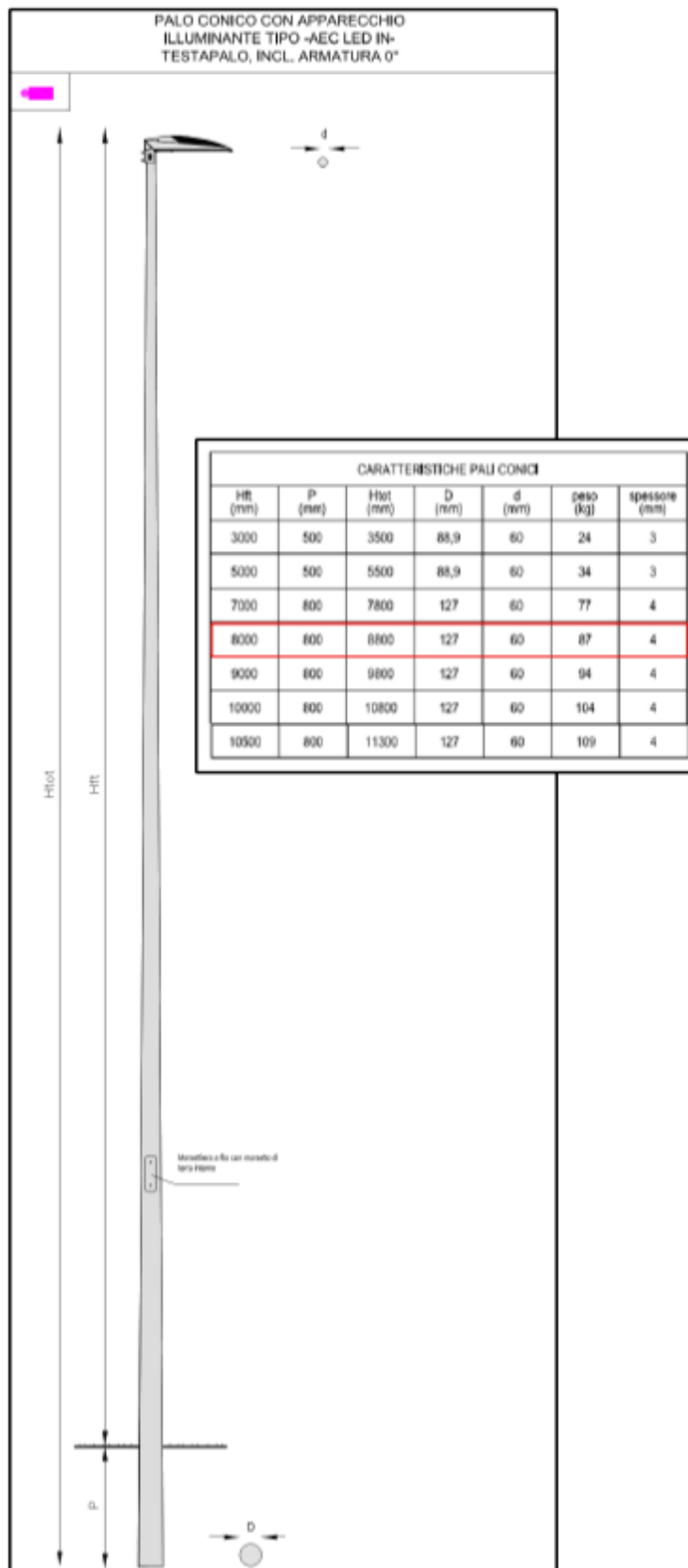
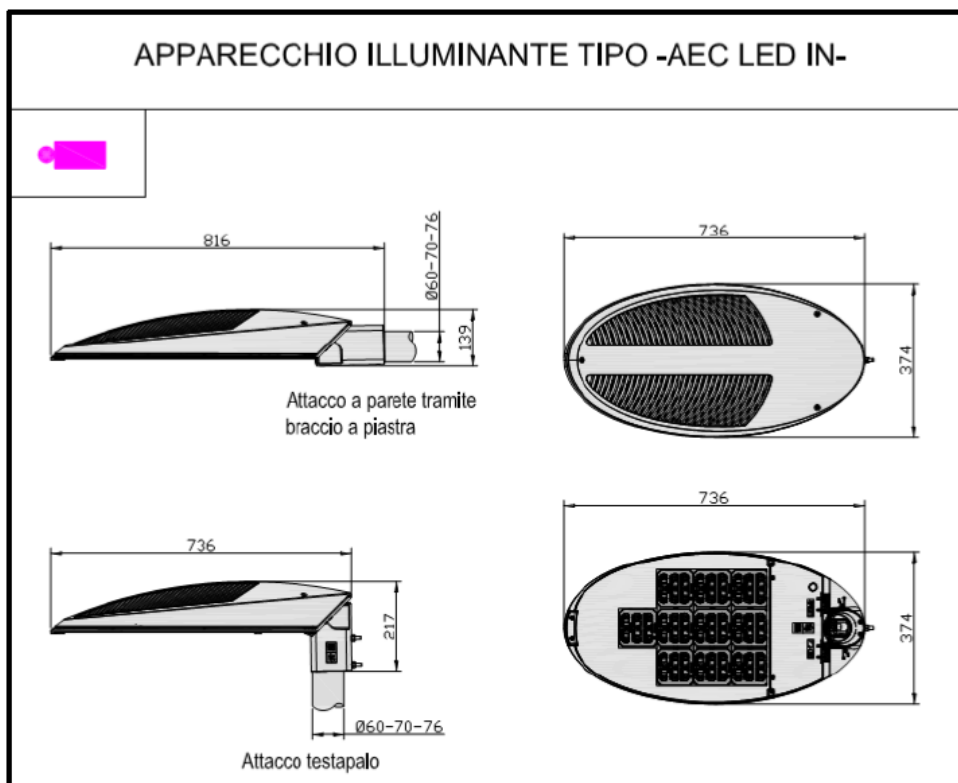


Figura 6.2.7b Dettaglio Apparecchio Illuminante tipo AEC LED IN 8m

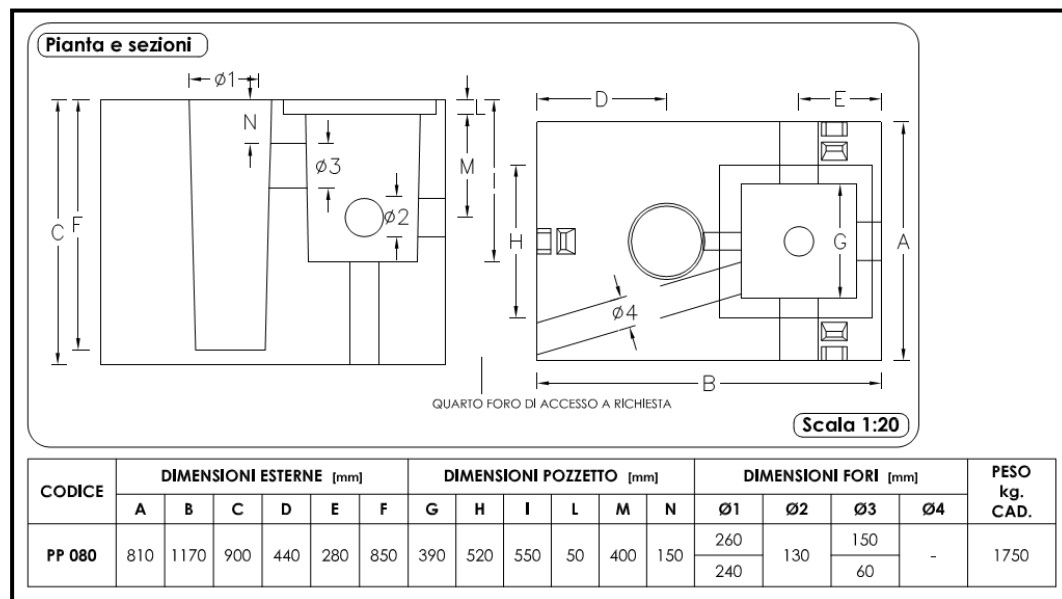


Nella *Figura 6.2.7c* si riportano i particolari ed i dati tecnici dei plinti di fondazione con pozzetto in cls per gli apparecchi illuminanti tipo AEC LED IN ed Hft compresa tra 5000 mm e 9000 mm.

Saranno utilizzati plinti prefabbricati gettati in opera. Le dimensioni dei plinti saranno le seguenti: LxIxp 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 6.2.7c Plinti di fondazione con pozzetto in cls per gli apparecchi illuminanti tipo AEC LED IN ed Hft compresa tra 5000 mm e 9000 mm.



6.2.8

Opere Civili

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

- Preparazione dell'area di cantiere;
- Movimenti terra in generale;
- Fondazioni Turbo-Espansori e Generatore elettrico;
- Fondazioni scambiatori di calore (evaporatori, preriscaldatori e recuperatore);
- 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 e Sismica*.

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 realizzazione della recinzione dell'area per l'apertura del nuovo cantiere.

Nel corso dei lavori di allestimento dell'area si provvederà alla deviazione di un breve tratto di un elettrodotto aereo in media tensione esistente, il cui attuale tracciato attraversa l'angolo nord ovest dell'area destinata ad essere occupata dalla Centrale ORC.

Fondazioni

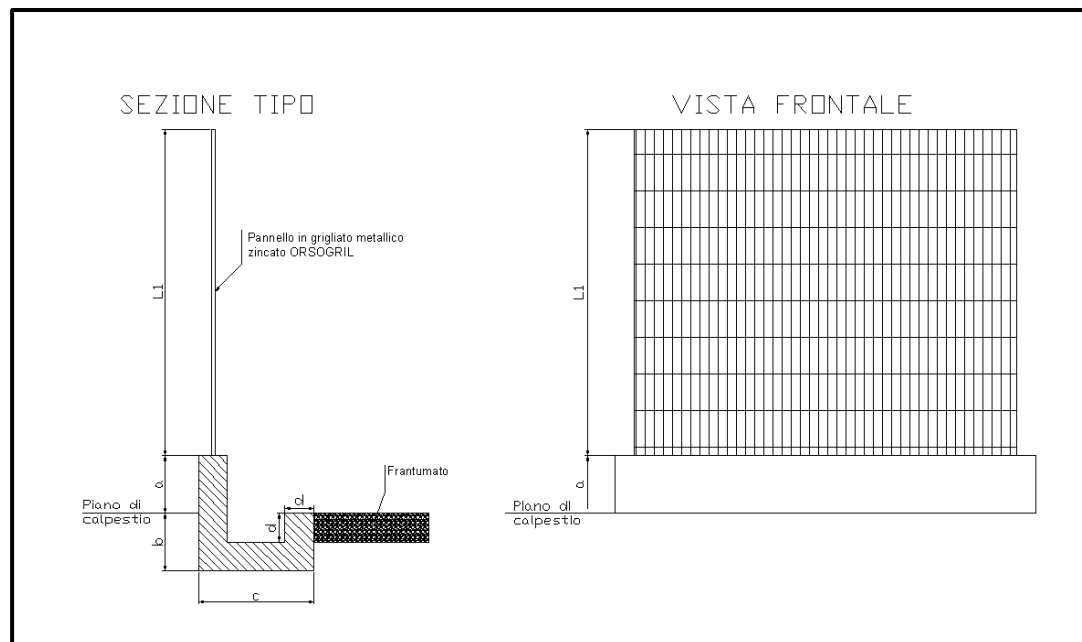
Per la realizzazione delle strutture fondali dell'impianto verranno effettuate fondazioni di tipo superficiale, su trave rovescia o platea, appoggiate al terreno ad una profondità minima di 0,80 m dal piano campagna attuale. Per i carichi che devono essere affidati al terreno di riporto, quest'ultimo sarà adeguatamente sottoposto a compattazione e rullaggio con mezzi meccanici idonei al fine di conferire allo stesso caratteristiche geotecniche e di resistenza al taglio opportune come indicate all' *Allegato 2*.

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

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 6.2.8a Schema della Recinzione



La rete avrà una lunghezza di circa 500 metri, al netto dei tratti interrotti dalla presenza del cancello.

Essa sarà realizzata con rete tipo "orsogrill", ed avrà un'altezza fuori terra di 2 metri.

Come già anticipato, la Centrale è affiancata alla postazione di produzione pertanto è prevista un'unica recinzione sia per la zona pozzi che per l'impianto di produzione energia. L'accesso all'area è quindi unico ed è stato previsto sul lato est tramite un cancello di 5 m automatizzato, in modo da permettere agevolmente l'ingresso dei mezzi pesanti. Il cancello sarà movimentabile anche manualmente tramite apposita chiave in caso di emergenza. Il cancello sarà 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.

Il suddetto cancello sarà raggiungibile tramite un breve tratto di strada, appositamente realizzato, per il collegamento alla Strada Provinciale Monticello. Le caratteristiche di tale strada di accesso sono riportate all'*Allegato 5*.

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.

Posa in Opera Tubazioni

La posa in opera delle tubazioni avverrà secondo le modalità indicate al § 6.2.4.

6.2.9

Monitoraggi

Controllo Microsismico

Sebbene la pratica pluriennale nei campi geotermici di tutto il mondo in cui sono installati circa 11.000 MW (si veda anche l'esperienza di Larderello e Ferrara) non abbia prodotto eventi rilevanti, a fini cautelativi e per verificare eventuali correlazioni tra attività microsismica e reiniezione è prevista l'installazione di una rete di sismografi per il controllo dell'attività sismica dell'area.

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

Una descrizione dettagliata del sistema di controllo è riportata in *Allegato E* dello SIA.

Controllo della Corrosione

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

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

Al fine di evitare danneggiamenti delle tubazioni per corrosione si è pertanto previsto un sovrappessore 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 i seguenti controlli:

- controlli non distruttivi spessimetrici con tecnologia a ultrasuoni su tutta la circonferenza delle tubazioni tra i pozzi e l'inizio del percorso interrato e in alcuni altri dislocati lungo il percorso di ciascuna tubazione tra i pozzi e la centrale e tra questa e i pozzi di reiniezione ogni 6 mesi;
- controllo con "pig" intelligenti su tutto il sistema di tubazioni ad ogni fermata programmata (approssimativamente ogni 2 anni).

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

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

6.3 PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO PILOTA

6.3.1 Bilancio Energetico

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

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

Il bilancio energetico dell'impianto ORC è riportato in *Tabella 6.3.1a* dove sono stati considerati, i consumi degli ausiliari dell'impianto ORC e il calore disponibile per usi termici.

Tabella 6.3.1a Bilanci di Energia per l'Impianto ORC alla Temperatura media annua (13,4 °C)

Parametri	UdM	Valore
Potenza termica da fluido geotermico ⁽¹⁾	MW	57,55
Potenza elettrica lorda al generatore impianto ORC	MW	6,63
<i>Rendimento elettrico lordo</i>	%	11,53
Potenza elettrica ausiliari impianto ORC (pompa circolazione fluido organico e sistema di raffreddamento condensatore)	MW	0,86
Potenza assorbita pompe sommerse	MW	1,8
Potenza recuperata con turbina idraulica alle reiniezione	MW	0,37
Potenza elettrica netta	MW	4,35
<i>Rendimento elettrico netto</i>	%	7,55
<i>Potenza termica disponibile per teleriscaldamento⁽²⁾</i>	MW	37

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

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

6.3.2 *Approvvigionamento Idrico*

L'acqua geotermica, che costituisce in effetti la vera e propria materia prima dell'impianto, viene approvvigionata dai pozzi produttivi come descritto ai precedenti paragrafi. La portata di acqua calda geotermica approvvigionata per il funzionamento dell'impianto è di circa 700 t/h. La stessa portata di acqua geotermica, a seguito del recupero di calore che avviene nell'impianto ORC, viene reiniettata nel serbatoio geotermico da cui è stata prelevata attraverso appositi pozzi di reiniezione.

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

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

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

Si prevede pertanto un consumo di pochi litri/giorno.

L'approvvigionamento dell'acqua necessaria per tali scopi avverrà mediante allacciamento all'acquedotto comunale che serve la zona di Montenero, viste le contenute quantità richieste dall'impianto, o in alternativa verrà approvvigionata tramite autobotte.

6.3.3 *Consumo di Materie Prime ed Altri Materiali*

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

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

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

6.3.4 *Uso di Territorio*

L'uso del suolo per l'impianto pilota in oggetto è costituito dall'area occupata dalle due postazioni per i pozzi, dall'area della Centrale ORC e dall'area in cui sarà installata la cabina di consegna (nei pressi della Cabina Primaria di Bagnore). La Centrale e la postazione sono previste una a fianco all'altra pertanto sono dotate di un'unica recinzione che comprende entrambe.

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

Di seguito si riporta la superficie recintata delle aree suddette:

- Postazione di Produzione MN1 e Centrale ORC: 15.020 m²;
- Postazione di Reiniezione MN2: 8.127 m²;
- Cabina di Consegna: 60 m².

Le strade di accesso comportano invece il seguente uso di suolo:

- Strada di Accesso a MN1: 400 m²;
- Strada di accesso a MN2 (tratto esistente): 2.550 m²;
- Strada di accesso a MN2 (tratto nuovo): 1.650 m².

6.3.5 *Emissioni in Atmosfera*

L'impianto sperimentale non produrrà, durante il normale esercizio, nessuna emissione convogliata in atmosfera.

6.3.6 *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 2m x 5m x 2m), detta "vasca di prima pioggia", capace di contenere tutta la quantità di acque meteoriche di dilavamento (circa 20 m³) risultante dai primi 5 mm di pioggia caduta sulla superficie scolante di pertinenza dell'impianto (circa 3.970 m²).

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

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

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

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

6.3.6.1 Emissioni Sonore


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

- Condensatore del vapore di fluido organico;
- Gruppo turbina- generatore;
- Pompe di alimento del fluido organico.

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

Nella *Tabella 6.3.6.1a* è indicata la potenza sonora delle principali sorgenti presenti nell'Impianto Pilota per la produzione di energia elettrica.

Tabella 6.3.6.1a Principali Sorgenti Sonore dell'Impianto Pilota per la produzione di energia elettrica.

Descrizione	Potenza	Esercizio
 PROGETTO P13_GES_113	TITOLO GESTO ITALIA SRL: IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO MONTENERO (GR): PROGETTO DEFINITIVO E PROGRAMMA LAVORI	REV. 0 Pagina 75

	<i>dBA</i>	<i>Ore/giorno</i>
Condensatore	104	24
Gruppo Turbina-Generatore	97	24
Pompa alimento fluido	90	24

6.3.6.2 Rifiuti

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

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

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

6.4 FASI 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, sono le seguenti:

- Fase 1: preparazione delle aree, realizzazione fondazioni e strutture: durata circa 4 mesi;
- Fase 2: posa in opera tubazioni: durata circa 3 mesi;
- Fase 3: installazione e montaggio delle parti meccaniche ed elettro-strumentali: durata circa 6 mesi;
- Fase 4: commissioning, messa in servizio e test: durata circa 4 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.

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

Le attività previste sono di seguito elencate:

- Recinzione e preparazione dell'area di cantiere;
- Scavi e sbancamenti;
- Realizzazione fondazioni impianto;
- Realizzazione fondazioni cabinati e apparecchiature della Centrale;
- Realizzazioni reti interrato raccolta acque meteoriche;
- Riempimenti e compattazioni.

Considerando la modesta incidenza delle opere civili i movimenti terra saranno ridotti al minimo e il terreno scavato sarà in parte impiegato per la risistemazione dell'area di cantiere e in parte inviato a centri di smaltimento.

6.4.2 Fase 2: Tubazioni Adduzione e Reiniezione

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

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

6.4.3 Fase 3: Montaggi Meccanici ed Elettro-Strumentali

Le attività previste sono di seguito elencate:

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

6.4.4 Fase 4: Commissioning, Messa in Servizio e Test

Le attività previste per questa fase sono di seguito elencate:

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

6.4.5

Movimento Terra

Come si vedrà dalle tabelle seguenti, sia per l'impianto ORC che per le tubazioni e per il cavidotto, il terreno scavato verrà riutilizzato in loco, per i rinterri e le sistemazioni interne all'area di cantiere e la parte eccedente sarà inviata ad idonei centri di raccolta/smaltimento.

Sussistono dunque le seguenti condizioni:

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

Impianto ORC

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

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

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

Tabella 6.4.5a Bilancio Scavi Riporti Impianto ORC

Scavi	Volume (m ³)	Note
Materiale da Scavo di scotico	3.132	Scavo dei primi 30 cm di terreno vegetale dell'area di impianto.
Materiale da Scavo di sbancamento	7.420	Tale scavo è necessario per il livellamento dell'area.
Scavi a sezione obbligata	1.884	Per la realizzazione delle fondazioni delle strutture e delle apparecchiature d'impianto.
Rinterri per livellamento area	10.100	Effettuato con terreno proveniente da scavi di sbancamento (2.680 m ³ da sbancamento area MN1 adiacente e il restante da sbancamento area ORC stessa).
Rinterri per riempimento scavi fondazioni	1.210	
Terreno residuo	876	Verrà inviato a idonei centri di smaltimento.
Inerti per ossatura area di impianto	925	Spessore ossatura 0,4 m.

Il terreno vegetale proveniente dallo scotico dei primi 30 cm dell'area d'impianto, pari a 3.132 m³, verrà inviato a idonei centri di raccolta/smaltimento. La stessa destinazione è prevista per il terreno residuo degli scavi di sbancamento (circa 900 m³).

Nella *Tavola 2 (1di6, 2di6 e 3di6)* sono riportati i piani quotati e le sezioni del terreno che mostrano la conformazione dell'area prima e dopo i lavori di sbancamento per il livellamento della superficie destinata ad ospitare la Centrale.

Tubazioni e Cavidotto MT di Connessione alla Cabina di Consegna

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, a parte i punti in cui saranno attraversate le strade provinciali, saranno effettuati in area agricola e prevedranno che il terreno sia in parte utilizzato per il rinterro e la sistemazione delle aree di cantiere e in parte (quello rimanente) conferito a impianti di raccolta autorizzati.

Le operazioni di scavo verranno condotte in modo tale da mantenere inalterate le condizioni pedologiche delle aree interessate, ripristinando di fatto la situazione stratigrafica ante-operam. In particolare si procederà ad accantonare in cumuli distinti i diversi materiali di risulta dello scavo.

Le tubazioni una volta posate saranno coperte con sabbia esente da pietre fino a 100 mm al di sopra della generatrice superiore del rivestimento esterno del tubo.

Le volumetrie degli scavi e dei riporti per la posa delle tubazioni e del cavidotto MT sono riportati nelle seguenti Tabelle (per le sigle dei tratti delle tubazioni ci si riferisca alla *Tavola 8* e alla *Figura 6.2.4a*).

Le sezioni di scavo per la posa del cavidotto per la connessione elettrica alla Cabina di Consegna sono riportate nell'*Allegato 3* ("Progetto del Collegamento Elettrico").

Tabella 6.4.5b Bilancio Scavi Riporti Tubazioni

Tratto	Scavi	Volume (m ³)	Note
<i>T-MN1</i>			
	Materiale scavato	151	
	Sabbia di riempimento	36	
	Rinterro e risistemazioni aree di cantiere	98	Effettuato con materiale risultante dagli scavi
	Terreno residuo	69	Da inviare a centri di raccolta/smaltimento
<i>T-MN2</i>			
	Materiale scavato	3.444	
	Sabbia di riempimento	826	
	Rinterro e risistemazioni aree di cantiere	2.706	Effettuato con materiale risultante dagli scavi
	Terreno residuo	1.082	Da inviare a centri di raccolta/smaltimento

Tabella 6.4.5c Bilancio Scavi Riporti Cavidotto MT

Tratto	Scavi	Volume (m ³)	Note
<i>Tratto su strada sterrata o terreno agricolo</i>			
	Materiale scavato	3.311	
	Sabbia di riempimento	903	
	Rinterro e risistemazioni aree di cantiere	2.408	Effettuato con materiale risultante dagli scavi
	Terreno residuo	1.896	Da inviare a centri di raccolta/smaltimento
<i>Tratto su strada asfaltata</i>			
	Materiale da Scavo	9.408	
	Sabbia di riempimento	2.352	Strato inferiore della scavo
	Rinterro e risistemazioni aree di cantiere	3.920	Strato intermedio del riempimento .Effettuato con materiale risultante dagli scavi.
	Calcestruzzo riempim.	2.352	Strato superiore del riempimento
	Asfalto per copertura	784	Copertura
	Terreno residuo	8.310	Da inviare a centri di raccolta/smaltimento

6.4.6 **Materiali Costruttivi**

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. E' stata individuata a circa 7 km a Nord-Est rispetto all'ubicazione della postazione di produzione la cava di inerti afferente alla Tomu-Teca S.p.A..

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 locale.

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

6.4.7

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:

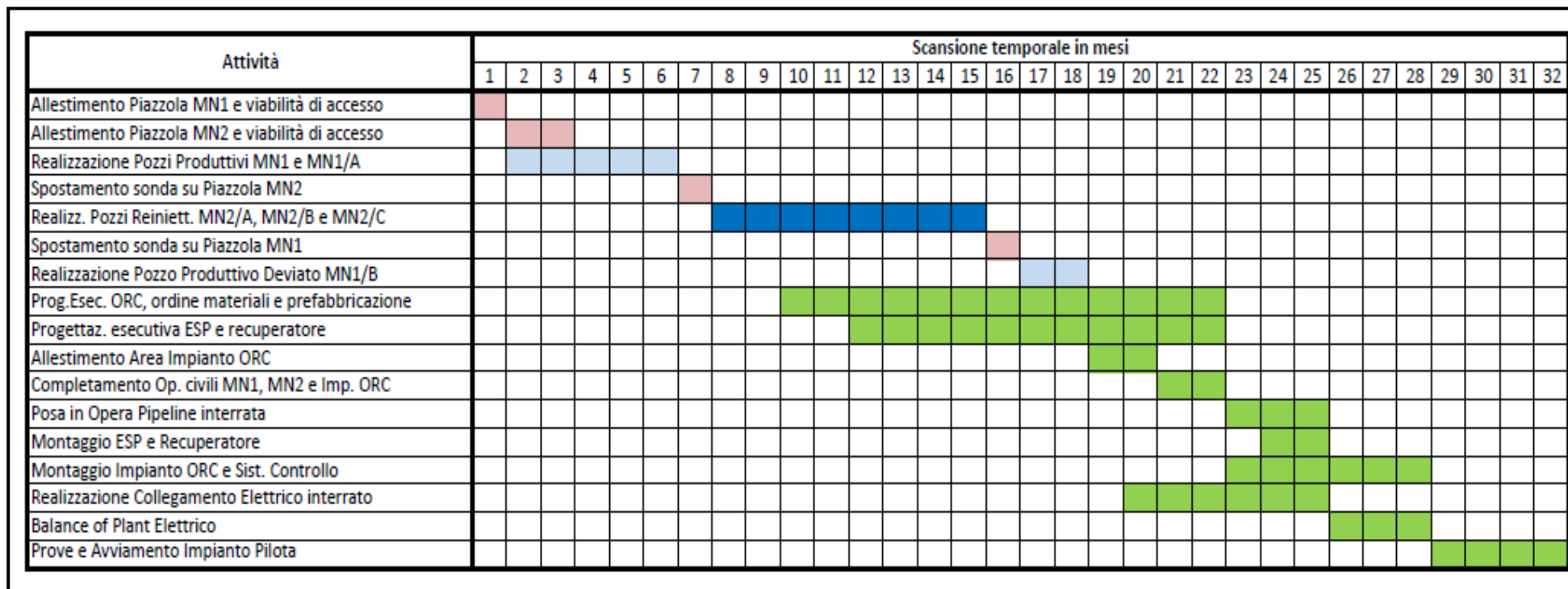
- Autocarri;
- Autobetoniere;
- Escavatori;
- Pale meccaniche;
- Attrezzature specifiche in dotazione alle imprese esecutrici quali carrelli elevatori, piega ferri, saldatrici, flessibili, seghe circolari, martelli demolitori, ecc.

7

CRONOPROGRAMMA

Si prevede di realizzare l'intero progetto in circa 32 mesi a partire dalla data di ottenimento di tutte le autorizzazioni in accordo al cronoprogramma di tentativo riportato in *Figura 7a*.

Figura 7a Cronoprogramma per la Realizzazione dell'Impianto Geotermico Pilota Montenero



INVESTIMENTI PREVISTI

Il costo complessivo del progetto è di circa 35 Ml euro così ripartito:

Tabella 8a Costi dell'Investimento

Voci di Costo	Euro
<i>Costo dei Lavori</i>	
Allestimento postazioni MN1 e MN2 e Approvvigionamento Idrico.	937.000
Realizzazione dei pozzi (trasporto e montaggio sonda di perforazione, esecuzione della perforazione, materiali e attività connesse).	15.695.000
Allestimento Area ORC	234.500
Contratto EPC per la Fornitura dell'Impianto ORC. Comprensivo di: Opere civili, Impianto Elettrico, impianti ausiliari (antincendio, trattamento acque meteoriche).	13.000.000
Balance of Plant (Fornitura e posa di tubazioni interrato preisolate, pompe immerse e turbina idraulica)	2.830.000
Connessione Elettrica (cavidotto interrato e cabina di consegna)	1.500.000
<i>Spese generali</i>	
Costi di Sviluppo (SIA, Progettazione Definitiva, Consulenze, ecc.)	350.000
Direzione Lavori e coordinamento della sicurezza	350.000
Controlli e rilievi (aria, acqua, rumore, microsismica)	150.000
TOTALE	35.046.500

Per maggiori dettagli relativamente al costo delle opere si rimanda *all'Allegato 6* "Computo Metrico Estimativo".

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

9.1 *IMPIANTO ORC*

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.

9.1.1 *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 Oli 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.

9.1.2 *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.

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.

9.2 ***POSTAZIONI DI PERFORAZIONE***

Al termine della vita tecnica dell'impianto si procederà al ripristino ambientale delle postazioni ovvero nello smantellamento delle opere in modo da riportare le aree nelle condizioni ante-operam come indicato al *Paragrafo 5.10.2*.

9.2.1 ***Chiusura Mineraria dei Pozzi***

Le operazioni necessarie per l'effettuazione della chiusura mineraria al termine della vita tecnica dell'impianto, saranno analoghe a quelle già descritte al §5.10.2 in caso di esito negativo della perforazione.

TAVOLE

- **Tavola 1 (n.2 tavole):** Localizzazione delle Opere in Progetto
- **Tavola 2 (n.6 tavole):** Planimetrie con posizionamento Postazioni di Sonda e Centrale ORC
- **Tavola 3 (n.4 tavole):** Layout Postazioni MN1 e MN2 - Fase di Perforazione
- **Tavola 4 (n.2 tavole):** Layout Postazioni MN1 e MN2 - Fase di Esercizio
- **Tavola 5 (n.2 tavole):** Layout (Pianta e Vista Impianto ORC)
- **Tavola 6 (n.2 tavole):** Diagrammi di Flusso (PFD)
- **Tavola 7:** Rete di Raccolta Acque Meteoriche
- **Tavola 8:** Tipici Sezioni di Scavo per Posa Condotte
- **Tavola 9:** Schema Elettrico Unifilare

ALLEGATI

- **Allegato 1:** Inquadramento Geologico e Modello Geotermico
- **Allegato 2:** Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica
- **Allegato 3:** Progetto del Collegamento Elettrico
- **Allegato 4:** Scheda di Sicurezza Pentano
- **Allegato 5:** Computo Metrico Estimativo
- **Allegato 6:** Progetto delle Strade di Accesso alle Postazioni MN1 e MN2

BIBLIOGRAFIA

Autori Vari, (1971). La Toscana Meridionale. Fondamenti Geologico Minerari per una Prospettiva di Valorizzazione delle Risorse Naturali. - Rend. Soc. Ital. Min. e Petr., v. XXVII - Fascicolo Speciale;

Accaino .F, Tinivella U., Rossi G., Nicolich R., (2005a). Imaging of CROP18 Deep Seismic Crustal Data . Boll. Soc. Geol. It. Spec. 3, pp.195-204;

Accaino F., Tinivella U., Rossi G., Nicolich R., (2005b). Geofluid Evidence from Analysis of Deep Crustal Seismic Data (Southern Tuscany, Italy). J. Volc. Geoth. Res 148, pp. 60-80;

Accaino F., Nicolich R., Tinivella U., (2006). Highlighting the Crustal Structures of Southern Tuscany: the Contribution of the CROP18 Project. Boll. Geof. Teor. Appl. 47, pp.425-446;

Arisi Rota F, Brondi A., Dessau G., Franzini M., Monte Amiata Spa Stab. Minerario del Siele, Stea B., Vighi .L., (1971). I Giacimenti Minerari della Toscana Meridionale . Rend. Soc. It. Miner. e Petr. 27, pp.357-544;

Atkinson P., Celati R., Corsi R., Kucuk F., Ramey H.J., (1978). Thermodynamic Behaviour of the Bagnore Geothermal Field. Geothermics, vol. 7, pp 185-208;

Baldi P., Buonasorte G., Cameli G.M., Ceccarelli A., Ridolfi A., Grassi S., Squarci P., Taffi L., (1988). Tuscany - Latium Geothermal Province in "Atlas of "Geothermal Resources" in the European Community, Austria and Switzerland - Publication n. EUR 11026 of the Commission of the European Communities;

Baldi P., Bellani S., Ceccarelli A., Fiordelisi A., Rocchi G., Squarci P., Taffi L. (1995). Geothermal Anomalies and Structural Features of Southern Tuscany (Italy). - Proceedings World Geothermal Congress, Firenze, 18-31 Maggio 1995;

Baldi P., Buonasorte G., Ceccarelli A., Ridolfi A., D'offizi S., D'amore F., Grassi S., Squarci P., Taffi L., Boni C., Bono P., Di Filippo M., Martelli M.C., Lombardi M.C. & Toro B., (1982). Contributo alla Conoscenza delle Potenzialita Geotermiche della Toscana e del Lazio - Consiglio Nazionale delle Ricerche, PFE RF15;

Baldi P., Bellani S., Ceccarelli A., Fiordelisi A., Squarci P., Taffi L., (1993). Nuovi Dati Geotermici nell'Area ad ovest del Monte Amiata. Atti del 12° Convegno Annuale del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra solida, Roma, 24-26 Novembre, 1993;

Baldi P., Bellani S., Ceccarelli A., Fiordelisi A., Squarci P., Taffi L., (1994). Correlazioni tra le Anomalie Termiche ed altri Elementi Geofisici e Strutturali della Toscana Meridionale. Studi Geologici Camerti, 1994, Vol. speciale 1, pp. 139-149;

Baldi P., Bellani S., Ceccarelli A., Fiordelisi A., Rocchi G., Squarci P, Taffi L., (1995). Geothermal Anomalies and Structural Features of Southern Tuscany - World Geothermal Congress Proceedings Florence, pp. 1287-1291;

Baldi P., Bellani, S., Buonasorte, G., Fiordelisi, A., and Manzella, A., (1998). Geothermal Exploration in Tuscany (Italy) for High Temperature Resources - World Renewable Energy Congress V (Florence, Italy), Part IV, pp.2733-2736;

Baldi P., Bertini G., Cameli G. M., Decandia F.A., Dini I., Lazzarotto A., Liotta D. (1994). La Tettonica Distensiva Post Collisionale nell'Area Geotermica di Larderello (Toscana Meridionale) - Studi Geologici Camerti, Volume Speciale.1994/1183-193;

Barelli A., Ceccarelli A., Dini I., Fiordelisi A., Giorgi N., Lovari F., Romagnoli P., (2010). A Review of the Mt. Amiata Geothermal System (Italy). Proceedings World Geothermal Congress 2010. Bali, Indonesia, 25-29 Aprile 2010;

Batini F., Bertini G., Gianelli G., Nicolich R., Pandeli E., Puxeddu M., (1986). Deep structure of the Geothermal Region of the Monte Amiata Volcano (Tuscany, Italy). Mem. Soc. Geol. It. 35, pp.755-759;

Batini F., Brogi A., Lazzarotto A., Liotta D., Pandeli E., (2003). Geological Features of Larderello.Travale and Mt Amiata Geothermal Areas (Southern Tuscany Italy) - Episodes 26, pp. 239-244;

Bellani S., Gherardi F., (2009). Thermal Modeling of an Area West of the Mt. Amiata Geothermal Field, Italy - GRC, Transactions, Vol. 33;

Benelli M., Benelli M., Franci T., (2008). La Risorsa Geotermica per Usi Elettrici in Italia: Energia, Ambiente e Accessibilità Sociale. Amici della Terra, Firenze – Onlus, 2008;

Benvenuti M., Papini M., Rook L., (2001). Mammal Biochronology UBSU and Paleoenvironment Evolution in a Post-Collisional Basin: Evidence from the Late Miocene Baccinello.Cinigiano Basin in Southern Tuscany, Italy . Boll. Soc. Geol. It. 120, pp. 97-118;

Bernabini M., Bertini G., Cameli G.M., Dini I., Orlando L., (1995). Gravity Interpretation of the Mt Amiata Geothermal Area (Central Italy) - Proceedings of the World Geothermal Congress, Florence, Italy, pp. 859.862;

Bertini G., Cappetti G., Dini I., Lovari F., (1995). Deep Drilling Results and Updating of Geothermal Knowledge of the Monte Amiata area Proceedings of the World Geothermal Congress 1995, Florence, Italy, pp. 1283-1286;

Bertini G., Buonasorte G., Cappeti G., Dini I., Ridolfi A., Stefani G., (2002). Tuscan Geothermal Fields. In "Atlas of "Geothermal Resources in Europe" - Publication N. Eur 17811 of The European Commission L . 2985. S. Hurter and R. Haenel Editors, Luxemburg;

Bertini G., Pandeli E., Principe C., Manzella A., (2008). Tettonica Gravitativa nell'Area del Monte Amiata: analisi e commenti. Rapporto intero IGG – CNR n. 10477;

Bettelli G., Bonazzi U., Fazzini P., Fontana D. & Gasperi G., (1990). Carta Geologica del Bacino del Fiume Albegna, S.El.Ca. Firenze;

Bodvarsson, G. (1972), Thermal problems in the siting of reinjection wells. Geothermics, Vol. 1, N.2;

Boncianni F., Callegari I., Conti P., Cornamusini G., Carmignani L., (2005). Neogene Post-Collisional Evolution of the Internal Northern Apennines: Insights from the Upper Fiora and Albegna Valleys (Mt Amiata Geothermal Area Southern Tuscany) . Boll. Soc. Geol. It. Spec 3, pp. 103-118;

Bonini M., Boccaletti M., Moratti G., Sani F., (2001). Neogene Crustal Shortening and Basin Evolution in Tuscany (Northern Apennines) - Ofioliti 26, pp.275.286
Borsi S., Ferrara G., Tongiorgi E., (1967). Determinazione con il Metodo K/Ar della Eta delle Rocce Magmatiche della Toscana - Boll. Soc. Geol. It., 86, pp. 403-410;

Bossio A., Costantini A., Foresi L., Mazzei R., Monteforti B., Radi L., Salvatorini C.F., Sandrelli F., (1994). Carta Geologica del Medio Ombrone (Siena.Grosseto), Selca 1994, Firenze;

Bossio A., Costantini A., Lazzarotto A., Liotta D., Mazzanti R., Mazzei R., Salvatorini G.F., Sandrelli F., (1993). Rassegna delle Conoscenze sulla Stratigrafia del Neautoctono Toscano . Mem. Soc. Geol. It. 49, pp.17-98;

Brogi A., (2003). Contributi all'Interpretazione del Profilo Sismico Crostale CROP18: Studi Strutturali di Superficie e Correlazione con i Dati di Sondaggio e di Sismica a Riflessione del Campo Geotermico del Monte Amiata (Toscana Meridionale) PhD thesis, Dipartimento di Scienze della Terra University of Siena, p. 315;

Brogi A., (2004a). Assetto Geologico del Nucleo di Falda Toscana affiorante nel Settore Occidentale del Monte Amiata (Appennino Settentrionale): Strutture pre- e Sin-Collisionali Relitte Preservate durante lo Sviluppo della Tettonica Distensiva Post-Collisionale . Boll. Soc. Geol. It. 123, pp.443-461;

Brogi A., (2004b). Seismic Reflection and Borehole Logs as Tools for Tectonic and Stratigraphic Investigations: New Geological Data for the Tuscan Nappe

exposed in the Northeastern Monte Amiata (Northern Apennines Italy) . Boll. Soc. Geol. It. 123, pp.189-199;

Brogi A., (2004c). Miocene Low-Angle Normal Detachments and Upper Crust Megaboudinage in the Mt Amiata Geothermal Area (Northern Apennines Italy) - *Geodinamica Acta* 17, pp.375-387;

Brogi A., (2004d). Miocene Extension in the Inner Northern Apennines: the Tuscan Nappe Megaboudins in the Mt Amiata Geothermal Area and their Influence on Neogene Sedimentation . Boll. Soc Geol. It. 123, pp.513-529;

Brogi A., (2005). Contractional Structures as Relicts of the Northern Apennines Collisional Stage Recorded in the Tuscan Nappe of the Mt Amiata Geothermal Area (Italy) - *Boll Soc Geol It Sepp* 4, pp.53-65;

Brogi A., (2006a). Neogene Extension in the Northern Apennines (Italy): Insights from the Southern Part of the Mt Amiata Geothermal Area - *Geodinamica Acta* 19, pp.33-50;

Brogi A., (2006b). Evolution, Formation Mechanism and Kinematics of a Contractional Shallow Shear Zone within Sedimentary Rocks of the Northern Apennines (Italy) . *Ecol. Geol. Helv.* 99, pp.29-47;

Brogi A., (2008). The Structure of the Mt. Amiata Volcano-Geothermal Area (Northern Apennines, Italy): Neogene-Quaternary Compression Versus Extension. *Int. J. Sci.(Geol Rundsch)* 2008, doi 10.1007/s00531- 007-0191;

Brogi A., Lazzarotto A., (2002). Deformazioni Sin-Collisionali nella Falda Toscana a Sud-Ovest del Monte Amiata (Toscana Meridionale): il sovrascorrimento di Monte Aquilaia. *Boll. Soc. Geol. It.* 121, pp.299-312;

Brogi A., Liotta D., (2006). Understanding the Crustal Structures of Southern Tuscany: the Contribution of the CROP18 Project - *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata* 47, pp.401-424;

Brogi A., Liotta D., (2008). Higly Extended Terrains, Lateral Segmentation of the Substratum, and Basin Development: the Middle - lat Miocene Radicondoli Basin - *Tectonics*, vol. 27, TC5002, doi 10.1029/2007TC002 188, 2008;

Brogi A., Lazzarotto A., Liotta D., Ranalli G., CROP18 Working Group (2005a). Crustal Structures in the Geothermal Areas of Southern Tuscany (Italy): Insights from the CROP18 Deep Seismic Reflection Lines - *J Volc Geoth Res* 148, pp.60-80;

Brogi A., Lazzarotto A., Liotta D., CROP18 Working Group (2005b). Structural Features of Southern Tuscany and Geological Interpretation of the CROP18 Seismic Reflection Survey (Italy) . *Boll. Soc. Geol. It. Spec.* 3, pp. 213-236;

Brogi A., Lazzarotto A., Liotta D. (eds) (2005d). Results of the CROP18 Project . Boll. Soc. Geol. It. 3, p. 239;

Calamai A., Cataldi R., Squarci P., Taffi L., (1970). Geology Geophysics and hydrogeology of the Monte Amiata Geothermal Field - Geothermics 1, pp.1.9;

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;

Carmignani L., Decandia F. A., Lazzarotto A., Liotta D., Meccheri M., (1994). Tertiary Extension Tectonics in Tuscany (Northern Apennines, Italy) - Tectonophysics, pp. 238, 295-315;

Costantini A., Decandia F.A., Lazzarotto A., Sandrelli F., (1988). L'unità di Monticiano Roccastrada fra la Montagnola Senese e il Monte Leoni (Toscana Meridionale) - Atti Tic. Sc. Terra, 31 (1987/1988), pp.382-420;

Carmignani L., Lazzarotto A., (2004). Carta Geologica della Toscana, Direzione Generale delle Politiche Territoriali ed Ambientali, Servizio Geologico . Regione Toscana;

Carobbi G., Rodolico F., (1976). I Minerali della Toscana - Acc. Tosc. di Sc. e Lettere – “La Colombaria” Leo Olschki Editore;

Cataldi R., (1967). Remarks on Geothermal Research in the Region of Monte Amiata (Tuscany – Italy). Bulletin Volcanologique, Tome XXX, 1967, pp. 243 – 270.

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 CaCO₃ and SiO₂ scaling. NATO course on “Geothermal Reservoir Engineering”, Antalya, Turkey, July 1987.

Decandia F.A., Lazzarotto A., Liotta D., (1993). La .Serie Ridotta nel Quadro dell'Evoluzione Geologica della Toscana Meridionale . Mem. Soc. Geol. It. 49, pp.181-190;

Dallmeyer R.D., Decandia F.A., Elter F.M., Lazzarotto A., Liotta D., (1995). Il Sollevamento della Crosta nel Quadro della Tettonica Post-Collisionale dell'Appennino Settentrionale: Nuovi Dati dall'Area di Larderello (Toscana Meridionale) . Stud. Geol. Camert. Spec. 1995/1, pp.337-347;

Delmaier R.D., Liotta D., (1998). Extention, Uplift of Rocks and Cooling Ages in Thinned Custal Province: the Larderello Geothermal Area (Inner Northern Apennines, Italy) - Geol. Mag. 135, (2), pp.193-202;

Damiani A.V., Gandin A., Pannuzi L., (1980). Il Bacino dell'Ombrone - Orcia nel Quadro dell'Evoluzione Paleogeografica e Tettonica della Toscana Meridionale. - Memorie della Societa Geologica Italiana, 1980;

Decandia F.A., Lazzarotto A., Liotta D., Cernobori L., Nicolich R., (1998). The Crop03 Traverse: Insights on Post-Collisional Evolution of Northern Apennines - Mem Soc Geol It 52, pp.427-439;

Decandia F.A., Lazzarotto A., Liotta D., (2001). Structural Features of Southern Tuscany Italy - Ofioliti 26, pp.287-300;

Della Vedova B., Bellani S., Pellis G., Squarci P., (2001). Deep temperatures and Surface Heat Flow Distribution In: Vai G.B., Martini I.P. (eds) Anatomy of an Orogen the Apennines and Adjacent Mediterranean Basins - Kluwer, Dordrecht;

Dessau G., De Stefanis A., (1969). Studio Geologico-Minerario della Zona Mercurifera di Cerreto Piano (Scansano, Provincia di Grosseto) - Mem.Soc.Geol.It.,8 (3). Vol.21, pp. 281-287;

Dessau G., (1971). I Giacimenti dell'Area di Scansano in • \La Toscana Meridionale. - Rend. Soc. Ital. Min. e Petr., v. XXVII - Fascicolo Speciale;

Dini I., Ceccarelli A., Brogi A., Giorgi N., Galleni P., Rossi L., 2010. Proceedings World Geothermal Congress 2010. Bali, Indonesia, 25-29 Aprile 2010;

Enel, (1995). L'Energia Geotermica in Toscana e nel Lazio Settentrionale. Gailldbooks feeldtreaps World Geothermal Congress 1995, Firenze;

Enel, (2009). Acquiferi del Monte Amiata e Coltivazione Geotermica. Integrazioni Riassetto di Piancastagnaio;

Enel, Eni, CNR, Enea (1988). "Indagine d'insieme sul Territorio Nazionale" in Inventario delle Risorse Geotermiche Nazionali - Rapporto Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Legge 9.12.1986 n. 896;

Finetti I.R., (2006). Basic Regional Crustal Setting and Superimposed Local Pluton-Intrusion Related Tectonics in the Larderello-Monte Amiata Geothermal Province, from integrated CROP Seismic Data - Boll Soc Geol It 125, pp.117-146

Finetti I.R., Boccaletti M., Bonini M., Del Ben A., Geletti R., Pipan M., Sani F., (2001). Crustal Section based on CROP Seismic Data across the North Tyrrhenian.Northern Apennines.Adriatic Sea - Tectonophysics 343, pp.135-163

Fiordelisi A., Manzella A., Buonasorte G., Larsen J.C., Mackie R.L., (2000). Mt Methodology in the Detection of Deep Waterdominated Geothermal Systems -

Proceedings World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, May 28-June 10, 2000

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

Gianelli G., Manzella A., Puxeddu M., (1997). Crustal Models of the Geothermal Areas of Southern Tuscany - Tectonophysics 281, pp.221-239;

Gianelli G., Puxeddu M., Batini F., Bertini G., Dini I., Pandeli E., Nicolich R., (1988). Geological Model of a Young Volcanoplutonic System: the Geothermal Region of Monte Amiata (Tuscany Italy) - Geothermics 17, pp.719-734;

Gunnarson S., Arnosson A., (1987). Amorphous silica solubility and Thermodynamic Properties of H₄SiO₄ in the range of 0-350°at Psat. Geochimica et Cosmochimica Acta Vol 64,13, July 1987.

Landi B., Tanini F., Sani F., Carobbi S., (1995). Evoluzione Geologico Strutturale del Bacino di Cinigiano.Baccinello (Toscana Meridionale). Stud. Geol. Camert. Spec. 1995/1, pp.475-488;

Lazzarotto A., (1993). Elementi di Geologia. La Storia Naturale della Toscana Meridionale, Giusti F. Pizzi Editore Edizione fuori commercio, riservata Monte dei Paschi di Siena, 1993;

Lazzarotto A., Liotta D., (1994). Studi Preliminari all'Acquisizione Dati del Profilo CROP18 - Studi Geologici Camerti Volume Speciale, pp. 233;

Liotta D., (1994). Structural Features of the Radicofani Basin along the Piancastagnaio (Mt Amiata) - S. Casciano dei Bagni (Mt Cetona) Cross Section . Mem. Soc. Geol. It. 48, pp.401-408;

Liotta D., Ranalli G. (1999). Correlation between Seismic Reflectivity and Rheology in Extended Lithosphere: Southern Tuscany inner Northern Apennines Italy - Tectonophysics 315, pp.109-122;

Losacco U., (1960). Ricerche Geologiche nella Toscana Meridionale III - Stratigrafia e Tettonica del Poggio Zoccolino (Monte Amiata) - Boll Soc Geol It 78, pp.107-134;

Marinelli G., Barberi F., Cioni R., (1993). Sollevamenti neogenici ed intrusioni acide della Toscana e del Lazio settentrionale. Mem. Soc. Geol. It. 49, pp.279-288;

Meccheri M., Moretti A., Volterrani S., (1985). La Struttura del Verrucano dei Monti Leoni (Grosseto: Cenni Litostratigrafici e Storia de formativa. In: Evoluzione Stratigrafica, Tettonica e Magmatica, del Paleozoico Italiano (Note brevi e riassunti) - IGCP Project 5 Siena,pp 109-110;

Michels D. E., (1981), CO₂ and Carbonate Chemistry Applied to Geothermal Engineering, Geothermal Reservoir Engineering Management Program, Earth and Science Division, Lawrence Berkley Laboratory, Report LBL-11509, pp 27

Nirta G., Pandeli E., Principi G., Bertini G., Cipriani N., (2005). The Ligurian Units of Southern Tuscany . Boll. Soc. Geol. It. Spec. 3, pp.29-54;

Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:100.000 Foglio n.128 "Grosseto" (1969);

Orlando L., Bernabini M., Cameli G.M., Dini I., Bertini G., (1994). Interpretazione Preliminare del Minimo Gravimetrico del Monte Amiata. Stud. Geol. Camert. Spec. 1, pp.175-182;

Orlando L., (2005). Interpretation of Tuscany Gravity Data - Boll. Soc. Geol., Volume Speciale, Result of the CROP 18 Project;

Pandeli E., Bertini G., Castellucci P., Morelli M., Monechi S., (2005). The Ligurian Subligurian and Tuscan Units of the Monte Amiata Geothermal Region (South-Eastern Tuscany): New Stratigraphic and Tectonic Data . Boll. Soc. Geol. It. Spec. 3, pp.55-71;

Pasquare G., Chiesa S., Vezzosi L., Zanchi A., (1983). Evoluzione Paleogeografica e Strutturale di parte della Toscana Meridionale a partire dal Miocene Superiore . Mem. Soc. Geol. It. 25, pp.145-157;

Provincia di Grosseto, 2010. Piano Territoriale di Coordinamento: norme.

Serri G., Innocenti F., Manetti P., Tonarini S., Ferrara G., (1991). Il Magmatismo Neogenico-Quaternario dell'Area Tosco-Laziale Umbra: Implicazioni sui Modelli di Evoluzione Geodinamica dell'Appennino Settentrionale. Stud. Geol. Camert. Spec. 1, pp.429-463;

Tinivella U., Accaino F., Rossi G., Nicolich R., (2005). Petrophysical Analysis of CROP18 Crustal Seismic Data . Boll. Soc. Geol. It. Spec. 3, pp.205-211;

Van Bergen M.J., (1985). Common Trace Elements Characteristics of Crustal and Mantle derived K-Rich Magmas at Mt Amiata (Central Italy). Chem. Geol. 48, pp.125-135;

Van Bergen M.J., Barton M.C., (1984). Complex Interaction of Aluminous Metasedimentary Xenoliths and Siliceous Magma: an Example from Mt Amiata (Central Italy) - Contrib Mineral Petrol 86, pp.347-384;

Università di Siena (2008), Studio geostrutturale, idrogeologico e geochimico ambientale dell'area amiatina;

Zanchi A., Tozzi M., (1987). Evoluzione Paleogeografica e Strutturale recente del Bacino del Fiume Albegna (Toscana Meridionale) - Geologica Romana V XXVI, Roma.

