Richiedente: GEOTERMIA ZERO EMISSION ITALIA S.R.L.

idroGeo
ENGINEERING&CONSULTING

REGIONE EMILIA ROMAGNA
Provincia di Ferrara

Richiesta di Concessione di coltivazione per risorse geotermiche "POLA"

Relazione tecnica (art. 34 D.P.R. 395/1991)

Risposta alle integrazioni (art.18 della L.R. 4/2018)

Luglio 2023

IdroGeo Service srl (a socio unico) – via S. Pellico, 14/16 – 50052 Certaldo (Firenze) Italia –
tel +39 0571 651312 info@idrogeosrl.it – www.idrogeosrl.it

1. PREMESSA 1
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA DELLA CONCESSIONE GEOTERMICA 3
2.1 Inquadramento geografico del progetto geotermico 7
3. ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE 10
4. SCOPO DELLE PERFORAZIONI GEOTERMICHE 14
5. POTENZIALITÀ GEOTERMICHE 15
6. DEFINIZIONE GEOMETRICA DELLA STRUTTURA ED OBIETTIVI PERFORAZIONI GEOTERMICHE 15
7. PROGRAMMA DEI LAVORI E DESCRIZIONE DEL PROGETTO 19
7.1 Obiettivi del progetto 19
7.2 Programma dei Lavori della concessione geotermica Pola 21
7.3 Descrizione delle attività 23
7.3.1 Disponibilità area di cantiere 23
7.3.2 Attività propedeutiche alle perforazioni dei pozzi geotermici e della centrale ORC 23
7.3.3 Realizzazione area di cantiere e pista di accesso (punto 1 del programma dei lavori) 24
7.3.4 Operazioni di perforazione (punti 2, 3, 4, 5, 6 e 7 del programma dei lavori) 31
7.3.4.1 La postazione 32
7.3.4.2 Tecnica di perforazione 32
7.3.4.3 Impianto di perforazione 33
7.3.4.4 Fluidi di perforazione 35
7.3.4.5 Pompe 37
7.3.4.6 Condotte di superficie - Manifold - Vasche 37
7.3.4.7 Sistema di trattamento solidi 37
7.3.4.8 Tecniche di tubaggio e di protezione delle falde idriche cementazioni speciali 38
7.3.4.9 Apparecchiature di sicurezza (blow-out preventer e sensori gas) 40
7.3.4.10 Esecuzione logs geofisici in foro e campioni di roccia e di acqua geotermica. 41
2.3.4.11 Completamento pozzi e Prove di produzione 41
7.3.5 Realizzazione della centrale geotermica (punto 8 del Programma dei Lavori) 42
7.3.6 Opere di connessione alla rete (punto 9 del Programma dei Lavori) 44
7.3.7 Sfruttamento risorsa e produzione di energia elettrica (punto 10 del Programma dei Lavori) 46
7.3.8 Operazioni di ripristino dell'area e sistemazione finale al termine della Concessione (punto 11 del Programma dei Lavori) 46
7.3.9 Monitoraggio ambientale (punto 12 del Programma dei Lavori) 46
7.4 Durata delle attività e cronoprogramma 46
8. BIBLIOGRAFIA 50

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione tecnica e geologica a corredo del programma dei lavori allegato all'istanza per ottenere **la Concessione di coltivazione per risorse geotermiche denominata "Pola",** che si estende nei **Comuni di Copparo, Jolanda di Savoia, Codigoro e Tresignana in Provincia di Ferrara**, ai sensi del D. Lgs. 11 febbraio 2010 n. 22 e dell'art. 32 e seguenti del D.P.R. 395 del 27 maggio 1991.

La relazione tecnica e geologica, oltre agli aspetti geografici e geologico-strutturali specifici dell'area di concessione, esplicita il programma dei lavori che si intende sviluppare con la concessione geotermica in oggetto.

Obiettivo principale della Concessione per risorse geotermiche POLA è la produzione di energia elettrica, con realizzazione di una centrale ORC, a zero emissioni in atmosfera, sfruttando il calore proveniente da fluidi geotermici del sottosuolo ed estratto da sei pozzi geotermici (3 di presa e 3 di resa).

Il riconoscimento della risorsa è stato ottenuto dalla Società proponente Geotermia Zero Emission Italia srl (GZEI) con Determinazione Dirigenziale n. DET-AMB-2022-6562 del 22/12/2022, tenendo in considerazione che la risorsa geotermica era stata già trovata e analizzata da precedenti perforazioni esplorative realizzate da Agip, nel caso specifico nel pozzo Corte Vittoria 1 (Cv1), che ha permesso di rilevare informazioni riguardanti la presenza della risorsa, il chimismo, la temperatura, nonché le caratteristiche geologico strutturali e di permeabilità, con valutazione sulle portate, sufficienti per procedere, dopo le prime fasi di ricerca ultimati, alla richiesta del riconoscimento del carattere nazionale della risorsa.

Alla luce delle informazioni disponibili è stato possibile ricostruire un modello concettuale geologico e geotermico di riferimento, riuscendo a valutare le caratteristiche chimico fisiche del fluido e ricavare da dati certi di pozzo le pressioni e le temperature attese del serbatoio, nonché la permeabilità e la produzione del serbatoio geotermico, con realizzazione di modello geologico 3D e modello di flusso di simulazione dello sfruttamento a lungo termine del serbatoio geotermico.

Nello specifico, come precedentemente indicato, l'obiettivo della Concessione di risorse geotermiche e del connesso progetto geotermico, di cui al programma dei lavori di concessione, è la produzione di energia elettrica, con realizzazione di una centrale a zero emissioni in atmosfera, con utilizzo di acque calde prelevate da 3 pozzi di presa (Cv4-Cv5 e Cv6) e reimmesse nel sottosuolo con 3 pozzi di resa (Cv1-Cv2-Cv3 e opzionale Cv1-bis nel caso in cui non risulti possibile effettuare work-over sul pozzo esistente Cv1). I pozzi, tutti deviati ad eccezione dell'esistente Cv1, raggiungeranno profondità verticale massima attesa di 6.200 m. Il target del serbatoio geotermico risulta lo sfruttamento del riconosciuto serbatoio geotermico dalla dolomia alle termometamorfositi di f.f. (per spessore minimo di 700 m) che, per

caratteristiche litologiche esclude l'innesco di subsidenza indotta dall'emungimento. Le temperature misurate all'interno del pozzo Cv1 sono di 138°C (calcolata a 3820 m circa di profondità) e di 143 °C misurata a fondo pozzo. Per lo sviluppo del progetto, alla luce del riconoscimento della risorsa, verrà prelevata acqua con temperatura di 145°C a circa 6200 m.

Lo sfruttamento dell'energia geotermica rappresenta una forma di energia inesauribile, pulita, sostenibile ed in alcuni siti facilmente ed economicamente sfruttabile ed è pertanto definita come fonte energetica rinnovabile (FER). Dal punto di vista normativo, è quindi assoggettata a tutte le normative ambientali, autorizzative, urbanistiche ed edilizie che sono previste per le FER. In particolare, la ricerca e la coltivazione a scopi energetici delle risorse geotermiche effettuate nel territorio dello Stato sono considerate di pubblico interesse e di pubblica utilità e sottoposte a regimi abilitativi ai sensi del D.Lgs. 11 febbraio 2010 n. 22 (art. 1, comma 1 e art. 15).

A seguito di ottenimento di Permesso di Ricerca di risorse geotermiche "Pola" (Determinazione Dirigenziale n. DET-AMB-2022-3733 del 21/07/2022) e del riconoscimento della risorsa geotermica (Determinazione Dirigenziale n. DET-AMB-2022-6562 del 22/12/2022) la Società GZEI presenta istanza di concessione di coltivazione per risorse geotermiche denominata "Pola", ai sensi del D.Lgs. 11 Febbraio 2010, n. 22 e s.m.i. e del D.P.R. 27 Maggio 1991 n. 395, con contestuale richiesta di Provvedimento autorizzatorio unico di VIA (PAUR) ai fini ambientali, disciplinato ai sensi degli articoli da 15 a 21 della LR 4/2018 che recepiscono l'art 27 bis del D. Lgs 152/06, come modificato dalla legge 20/2020.

In relazione al Programma dei lavori, la società GZEI richiede autorizzazione al competente ufficio regionale di VIA, per la perforazione dei pozzi geotermici di produzione di acqua calda e di reiniezione e messa in esercizio della centrale geotermica a zero emissioni in atmosfera nel territorio comunale di Jolanda di Savoia (FE) Località Bologna.
L'energia prodotta sarà immessa nella rete tramite cavidotto interrato di collegamento alla stazione elettrica più vicina secondo le disponibilità dell'Ente gestore di riferimento Terna Spa.

Preme sottolineare che nell'area di progetto (pozzi e centrale di produzione elettrica) non sono presenti aree naturali protette o siti della Rete Natura 2000 interessanti le opere s.s..

Lo scopo della presente relazione è quello di descrivere le principali attività previste dal programma dei lavori della Concessione geotermica Pola.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA DELLA CONCESSIONE GEOTERMICA

L'area di Concessione si localizza nella porzione est della Regione Emilia-Romagna, in Provincia di Ferrara ed in particolare ad Est della città di Ferrara, in corrispondenza del Delta del Fiume Po (fig. 1). Nello specifico, l'area di interesse per la richiesta di Concessione, a seguito di rilascio di riconoscimento della risorsa geotermica (rilasciato alla Società GZEI con Determinazione Dirigenziale n. DET-AMB-2022-6562 del 22/12/2022), corrisponde ai territori interessati dal PdR Pola (ottenuto dalla Soc. GZEI con Determinazione Dirigenziale n. DET-AMB-2022-3733 del 21/07/2022), ovvero si estende nei territori comunali di Copparo, Jolanda di Savoia, Codigoro e Tresignana in Provincia di Ferrara. La superficie occupata dalla Concessione Geotermica Pola si estende per una superficie totale di 109.784 Km^2 come visualizzabile in fig. 2.

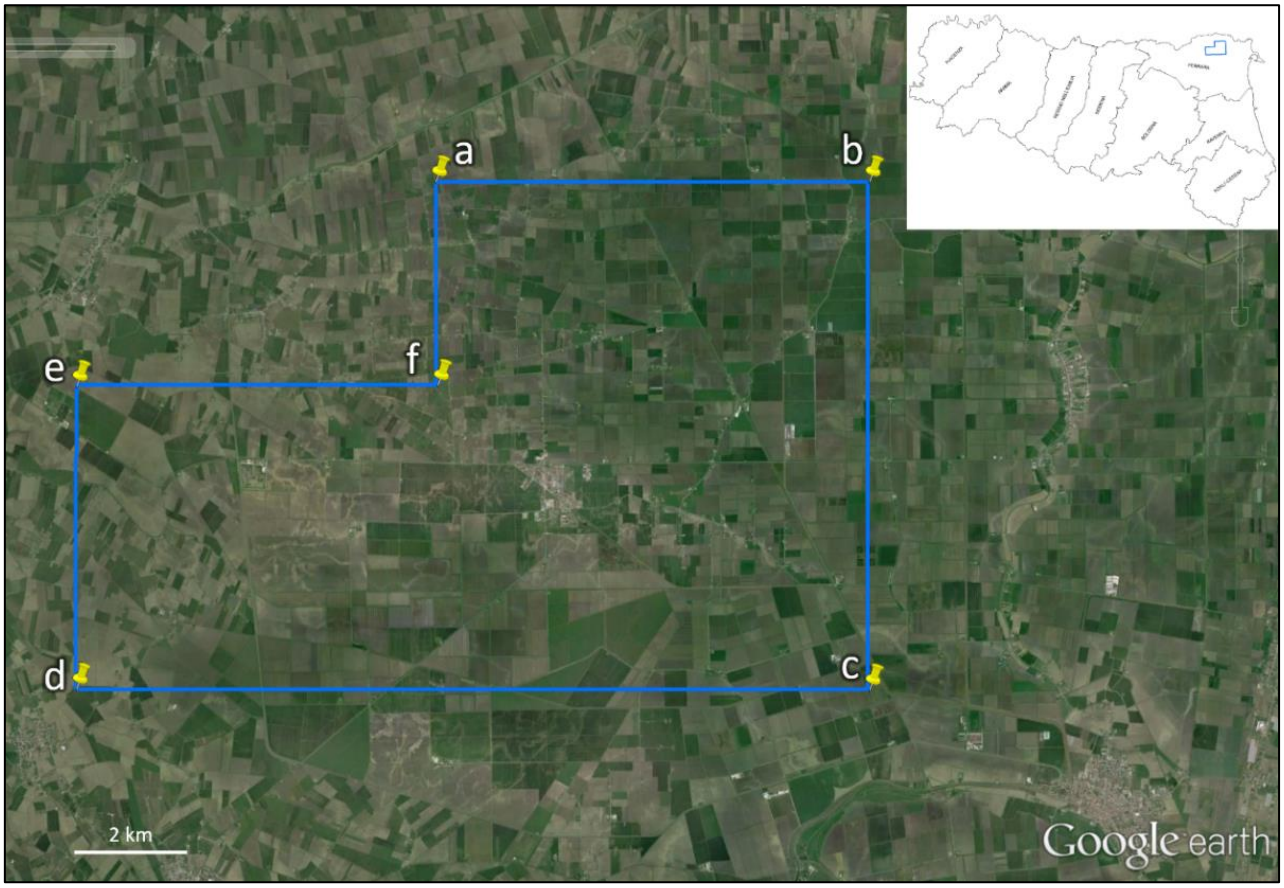


Fig. 1: Area della Concessione geotermica Pola su immagine da GOOGLE EARTH.

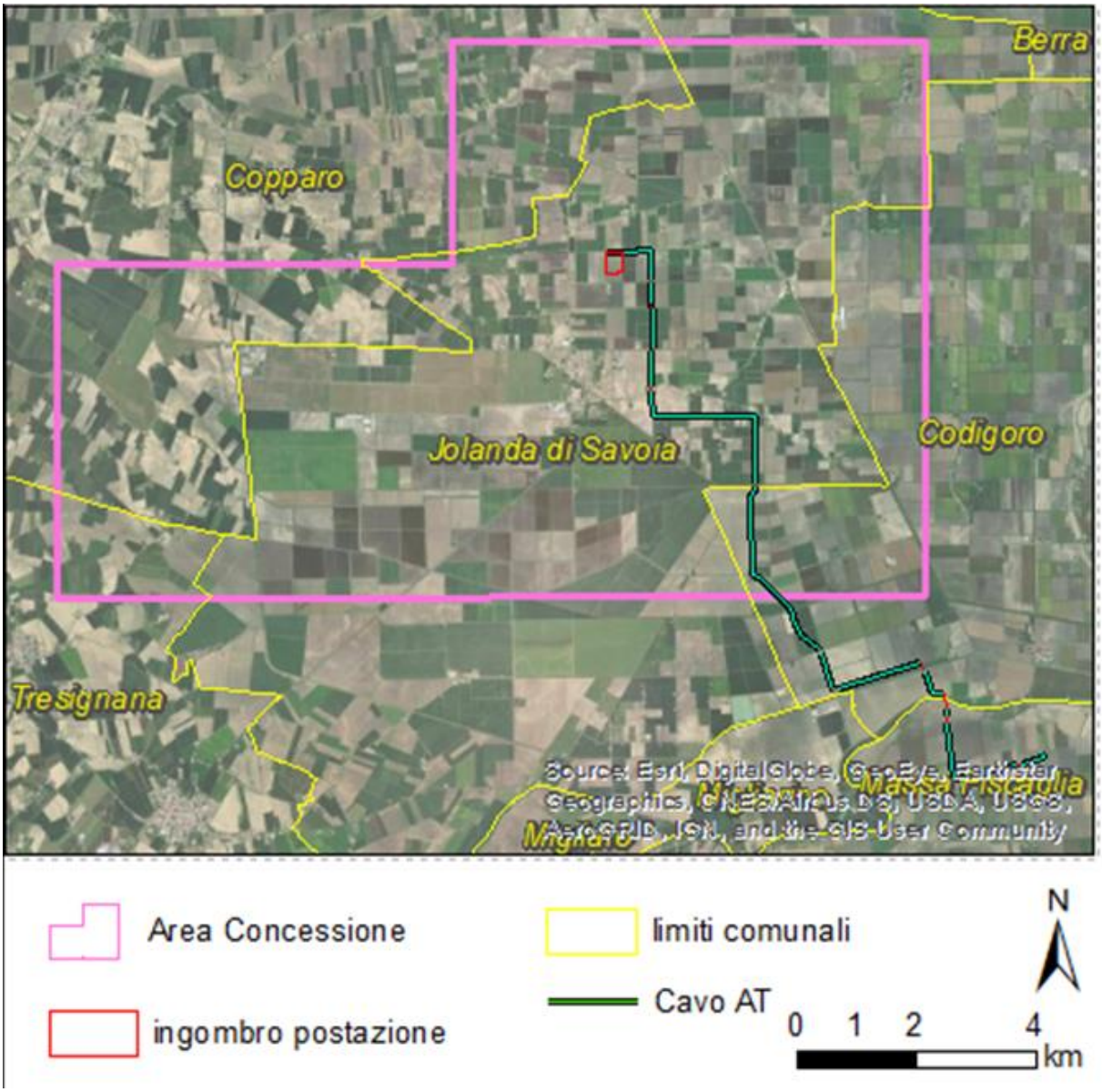


Fig. 2. Area della Concessione geotermica Pola con indicazione dei limiti comunali.

Nel dettaglio l'area, come può essere osservato nell'Allegato B (Piano Topografico) è definita dai seguenti vertici (Tabella 1 e fig.3) espressi in coordinate geografiche (Roma 40):

vertice	longitudine W	latitudine N
a	-0° 30' 00''	44° 56' 00''
b	-0° 24' 00''	44° 56' 00''
c	-0° 24' 00''	44° 51' 00''
d	-0° 35' 00''	44° 51' 00''
e	-0° 35' 00''	44° 54' 00''
f	-0° 30' 00''	44° 54' 00''

Tabella 1. Elenco coordinate dei vertici della Concessione.

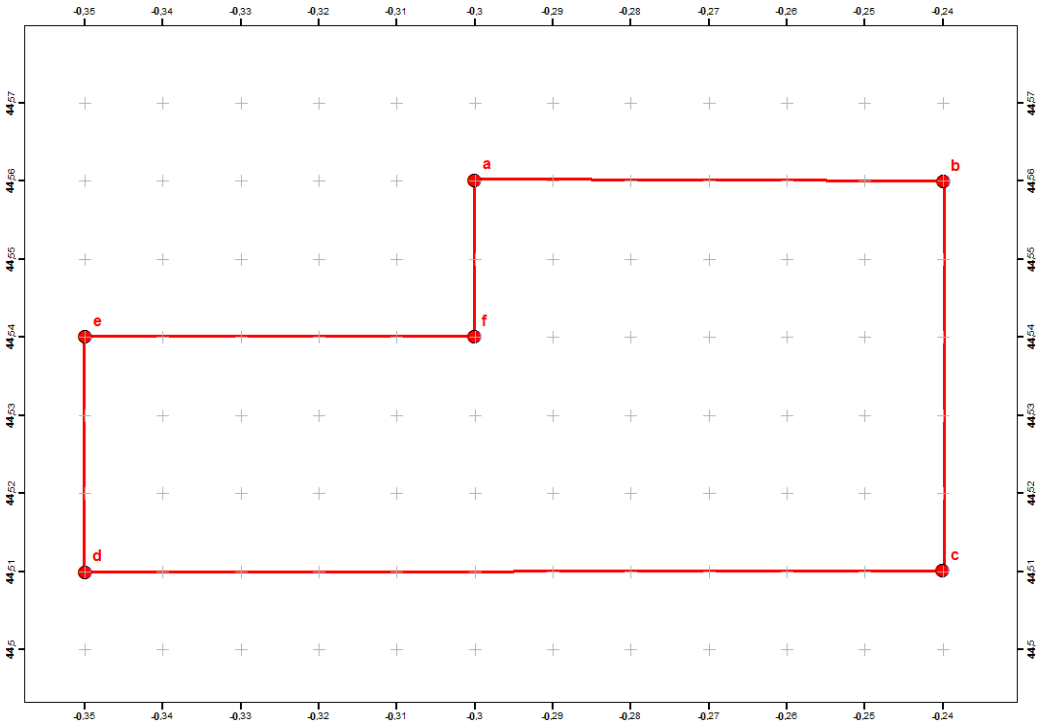


Fig. 3. Area della Concessione con indicazione dei vertici (su reticolo geografico).

L'area della Concessione è stata definita in base ai criteri dell'art. 9 del D.P.R. 27/05/1991 n. 395; secondo quanto riportato dai termini di legge al comma 1, l'area risulta quindi delimitata da archi di meridiano e di parallelo di lunghezza pari ad un primo o ad un multiplo di esso.

L'area così definita risponde inoltre ai requisiti del comma 2 del sopracitato articolo, secondo i quali la distanza tra i vertici estremi dell'area (17,139 Km) non deve essere superiore a quattro volte la lunghezza media dell'area, intesa come altezza del rettangolo equivalente avente per base tale distanza, nello specifico pari a 17,139 x 4 Km.

Ai sensi del punto e) del comma 2 dell'art. 6 del D.P.R. n° 395 del 27/5/1991 si precisa che il perimetro sopra definito non confina con altri permessi di ricerca o concessioni geotermiche; non si rilevano inoltre intersezioni con la frontiera dello Stato, né con la linea costiera.

Il territorio della Concessione Pola si sovrappone, per 2/3 circa, alla Concessione per ricerca di idrocarburi "Jolanda di Savoia", conferito nel 2008 a ENEL LONGANESI DEVELOPMENTS e GEOGAS. La fig. 4 riporta la carta dei titoli minerari per ricerca di idrocarburi della porzione centro-orientale della Regione Emilia-Romagna, aggiornata al 31 marzo 2015 ed estratta dal sito dell'UNMIG, modificata con l'inserimento del Permesso di ricerca Pola, per il quale a seguito del riconoscimento della risorsa si richiede concessione di

coltivazione per risorse geotermiche. Non esiste invece alcun Permesso di Ricerca o Concessione di coltivazione di risorsa geotermica nel territorio regionale. Secondo quanto riportato sul sito dell'UNMIG, il permesso risulta "sospeso dal 29/8/2014 fino all'ottenimento del parere VIA ed intesa da parte della Regione Emilia Romagna relativamente alla perforazione del pozzo CISI 1 e comunque per un periodo non superiore a 12 mesi".

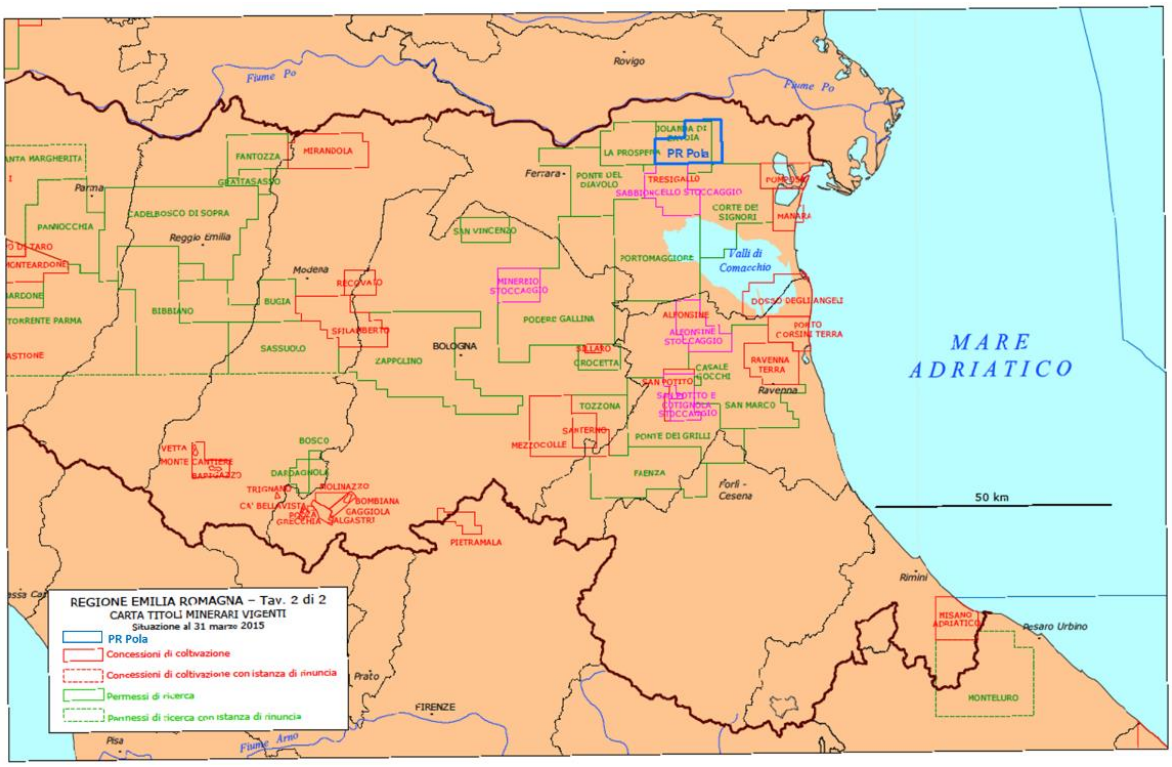


Fig. 4. Carta dei Titoli Minerari per ricerca di idrocarburi vigenti in Emilia Romagna (porzione centro-orientale). In azzurro l'ingombro del PR Pola per ricerca di risorse geotermiche(oggetto di richiesta di concessione), in parte sovrapposto alla Concessione per ricerca di idrocarburi Jolanda di Savoia.

Dati gli obiettivi minerari differenti (ricerca di idrocarburi e coltivazione di fluidi geotermici) non è quindi prevista alcuna interferenza tra le due attività di esplorazione proposta sul territorio, in rispetto a quanto enunciato all'Artt.14 e 11 del RD 1443/27: "*Possono essere fatte anche più concessioni nella stessa area, ma per sostanze minerali diverse tenuto presente quanto è disposto dall'articolo 11.",* e cioè "*nei limiti dei terreni compresi in un permesso di ricerca o in una concessione può essere dato altro permesso di ricerca, ma per sostanze diverse e sempreché i nuovi lavori non siano incompatibili con quelli della ricerca o della concessione esistenti. Nel caso di disaccordo fra gli interessati, il Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato provvede, sentito il Consiglio superiore delle miniere".*

L'area di concessione ricade all'interno dei Fogli 076 – Ferrara e 077 - Comacchio in scala 1:100.000 della cartografia IGM. La lunghezza massima della concessione è di circa 9,2 Km in direzione Nord-Sud ed una

larghezza massima di circa 14,5 Km in direzione Est-Ovest e la sua distanza massima dalla linea di costa risulta essere, in linea d'aria, al minimo di circa 17,5 km per la porzione Ovest dell'area di concessione.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area si presenta pianeggiante, essendo localizzata circa 5,5 km a sud del Fiume Po' e l'uso del suolo risulta prevalentemente agricolo. Tutto il territorio è attraversato da una rete piuttosto fitta di canali tra i quali citiamo: il Canale Boscardo, che attraversa per lo più la porzione a Sud della Concessione; il Canale Trotto, che invece incide trasversalmente l'area; il Collettore delle acque Alte ed il Canale Leone che tagliano in modo longitudinale il territorio.

Le aste fluviali limitrofe all'area della Concessione appartengono al bacino idrografico del fiume Po, nella porzione in prossimità del delta.

Dal punto di vista infrastrutturale, si rileva sostanzialmente:

- la SP 16, lungo la direttrice E-O e che collega Jolanda di Savoia alla città di Ferrara, ad O, e alla SS309 verso E;
- la SP 44 e la SP 28, lungo la direttrice N-S/SO che collegano Jolanda di Savoia all'abitato di Tresigallo a SO;
- la SP16a che taglia trasversalmente l'area di Concessione e che, in direzione SE permette il collegamento con il capoluogo di Codigoro.

Si rileva inoltre una viabilità minore costituita da strade comunali e campestri che ben compenetrano il tessuto rurale del territorio.

2.1 Inquadramento geografico del progetto geotermico

All'interno della Concessione sopra definita, l'area di intervento e di progetto geotermico (pozzi e centrale di produzione elettrica e connessioni), ricade interamente nel territorio Comunale di Jolanda di Savoia, in prossimità di loc. Bologna, a circa 1,5 km a N del Capoluogo, in un'area a prevalente devozione agricola (risaie) (*Fig. 5*).

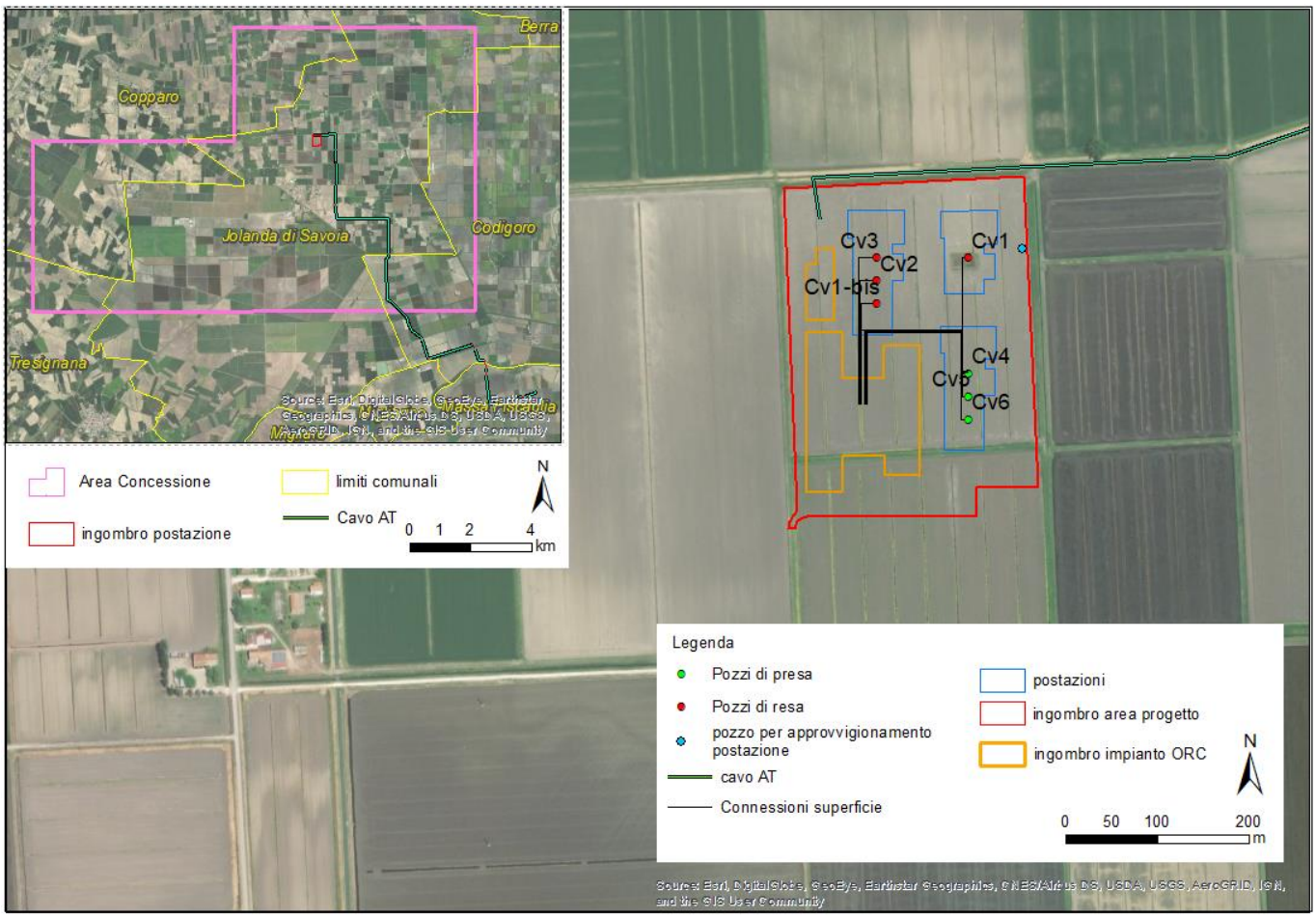


Fig. 5. Layout degli interventi su foto aerea

L'area si colloca nella pianura alluvionale del Fiume Po e dei suoi affluenti, con pendenze irrisorie.

Dal punto di vista idrografico, tutto il territorio è attraversato da una rete di corsi d'acqua facenti capo al Fiume Po, ed una fitta rete di canali e collettori di origine antropica. L'area di progetto risulta infatti delimitata su tutti e quattro i lati da canali di irrigazione.

Nel complesso l'area si presenta a media densità di presenza antropica, con alcuni fabbricati sparsi ad uso residenziale ed artigianale-industriale.

Per la definizione della postazione di perforazione dei pozzi e per la realizzazione della centrale è risultato fondamentale la presenza della piazzola già esistente del vecchio pozzo Cv1. Tale postazione è stata validata dai risultati della modellistica di serbatoio e da un'analisi del contesto vincolistico ambientale presente nell'area, comprese distanze dai fossi e corsi d'acqua, fascia di rispetto infrastrutturali, ecc.

L'area di progetto interesserà la particella n. 12 del Foglio di Mappa Catastale n. 18 del Comune di Jolanda di Savoia (Fe), attualmente adibito a terreno agricolo.

Riportiamo di seguito le coordinate delle opere in progetto: pozzi geotermici, pozzo ad uso civile per l'approvvigionamento idrico delle postazioni di perforazione, centrale geotermica ORC a zero emissioni in atmosfera (condensatori ad aria, edificio elettrico e trasformatore).

			WGS84-ETRF89		GAUSS-BOAGA-RETTILINEE	
Opere		id	X=EST	Y=NORD	X=EST	Y=NORD
Pozzi geotermici		Cv1	11°59'14,18"E	44°54'5.76"N	1.735.876,48	4.976.382,53
		Cv3	11°59'9,63"E	44°54'5,99"N	1.735.776,48	4.976.382,53
		Cv2	11°59'9,58"E	44°54'5,07"N	1.735.776,48	4.976.357,53
		Cv1-BIS	11°59'9,54"E	44°54'4,29"N	1.735.776,48	4.976.332,53
		Cv4	11°59'13,97"E	44°54'1,70"N	1.735.876,48	4.976.256,96
		Cv5	11°59'13,93"E	44°54'0,89"N	1.735.876,48	4.976.231,96
		Cv6	11°59'13,89"E	44°54'0,08"N	1.735.876,48	4.976.206,96
Pozzo approvvigionamento idrico perforazioni geotermiche		-	11°59'16,87"E	44°54'6,08"N	1.735.963,56	4.976391,766
Centrale ORC	Condensatori ad aria	-	11°59'8,83"E	44°54'0,79"N	1.735.744,80	4.976.297,24
	Edificio elettrico e trasformatore	-	11°59'6,55"E	44°54'5,82"N	1.735.689,47	4.976.449,72

Tabella 2. Coordinate geografiche (WMS84-ETRF89) e piane (Gauss-Boaga) delle opere in progetto

Una volta messa in esercizio la centrale, l'energia elettrica prodotta sarà immessa in rete. Nello specifico, il collegamento alla RTN necessita della realizzazione di una Cabina MT/AT di utenza, ubicata nel Comune di Jolanda di Savoia, che serve ad elevare la tensione di impianto di 11 kV al livello di 36 kV, per il successivo collegamento alla sezione 36 kV della futura stazione di Rete 380/132/36kV di Codigoro, ubicata a circa 18 km dalla suddetta Cabina di utenza.

3. ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

La Pianura Padana può essere considerata, in generale, come un'area di avanfossa che si è originata per la subduzione verso ovest della microplacca padano-adriatica al di sotto dell'orogene appenninico. La microplacca padano-adriatica, è delimitata dal fronte degli accavallamenti sud alpini a Nord e dinarici ad Est.

La subduzione verso Ovest, in direzione opposta al flusso del mantello, provoca l'arretramento verso Est della placca in subduzione. Questo fenomeno (slab retreat) è responsabile della progressiva migrazione del sistema catena-avanfossa verso l'avampaese ed in parte della subsidenza a cui è sottoposta l'intera area (e.g., Royden, 1988; Doglioni, 1991; Scrocca et al., 2007).

Nella parte meridionale della Pianura Padana, al di sotto della spessa copertura plio-pleistocenica, è ubicato il fronte dell'Appennino settentrionale, che non coincide con il fronte morfologico della catena. Tale fronte è costituito da un sistema a pieghe e sovrascorrimenti di età terziaria sviluppatosi al tetto della zona di subduzione (e.g., Pieri & Groppi, 1981; Bigi et al., 1992; Boccaletti et al., 2004; Cuffaro et al., 2010; Fantoni & Franciosi, 2010; Boccaletti et al., 2011; Livani et al., 2018)).

I dati geologici attualmente disponibili sulle strutture sepolte della Pianura Padana derivano principalmente dai rilievi di sismica a riflessione, realizzati per la ricerca degli idrocarburi negli ultimi decenni (e.g., Pieri & Groppi, 1981; Pieri, 1983; Fantoni & Franciosi, 2010; Ghielmi et al., 2010). Tali dati mostrano che le strutture tettoniche associate al fronte dell'Appennino settentrionale non presentano un andamento lineare, ma si organizzano in tre grandi archi:

1) l'arco del Monferrato è il più occidentale, collocato tra Torino ed Alessandria;

2) l'arco delle Pieghe Emiliane, che si estende e nord di Piacenza;

3) l'arco delle Pieghe Ferraresi-Romagnole, che si estende fino a nord di Ferrara.

In particolare, l'arco delle Pieghe Ferraresi-Romagnole, attivo principalmente dal Pliocene superiore al Pleistocene, rappresenta l'elemento strutturale più esterno dell'Appennino settentrionale sovrascorso sulla monoclinale pedealpina immergente verso Sud-Ovest. Esso risulta costituito da un complesso di strutture che può essere suddiviso in tre gruppi minori: le Pieghe Ferraresi, che sono quelle più esterne, le pieghe Romagnole, collocate verso l'interno della catena, e, infine, le Pieghe Adriatiche, situate tra le Pieghe Romagnole e la monoclinale Adriatica. Il progetto geotermico "POLA" si colloca nel settore più esterno delle Pieghe Ferraresi (*Fig. 6*).

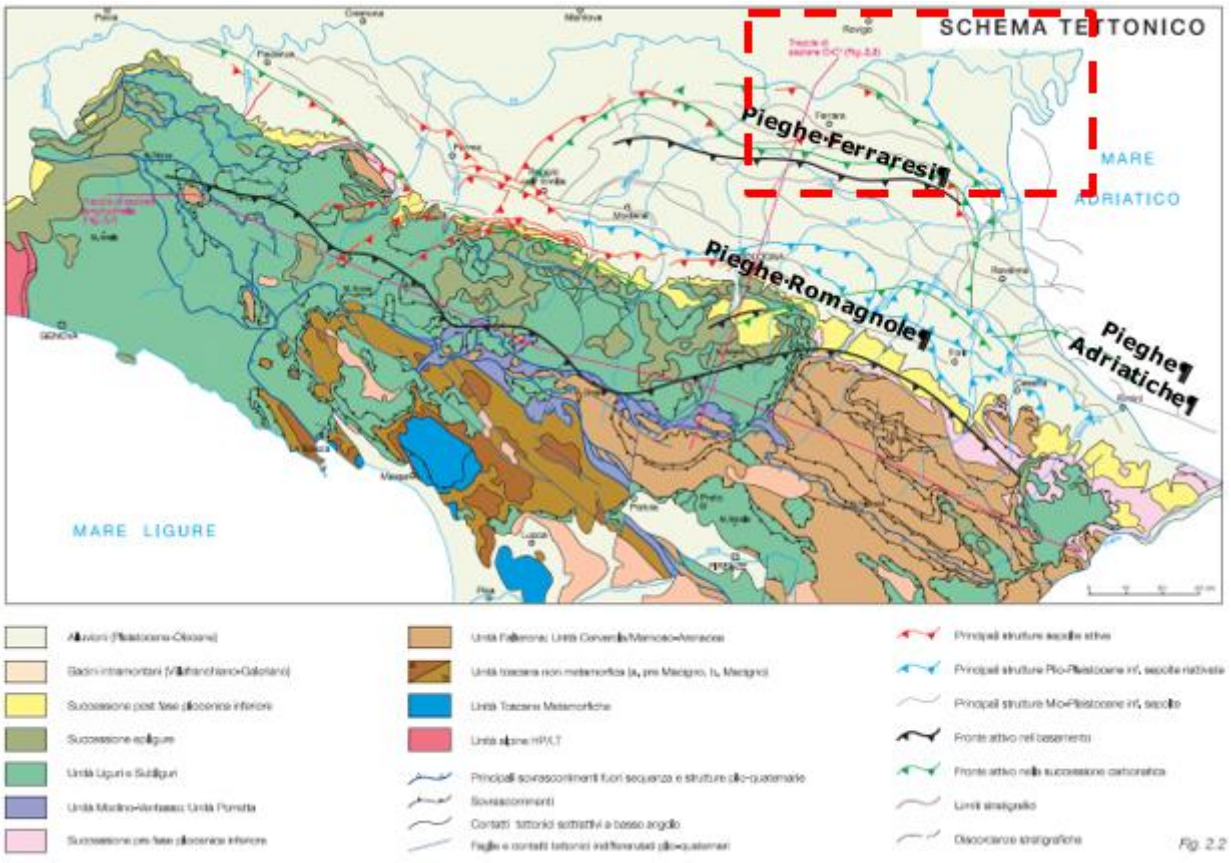


Fig. 6. Schema tettonico della regione Emilia-Romagna (Boccaletti et al., 2004); la traccia C-C' individua la sezione geologica riportata in figura 2. Il riquadro rosso a tratteggio identifica l'area in studio in cui è collocata l'area del progetto "POLA".

Il bacino Padano è riempito da una spessa coltre di sedimenti clastici sin-tettonici, di età prevalentemente pliocenica e pleistocenica (*Fig. 6* e *Fig. 7*). Sebbene la fase principale di compressione sia iniziata nel Messiniano, i primi sedimenti clastici si sono deposti nell'Oligocene superiore, con una provenienza principale dalle Alpi meridionali.

I depositi sin-tettonici di margine attivo poggiano su unità carbonatiche di età mesozoica e terziaria inferiore di margine passivo (*Fig. 8*), costituite prevalentemente da rocce calcaree e dolomitiche il cui ambiente deposizionale varia da piana di marea-mare poco profondo fino a mare profondo. La base della successione stratigrafica è invece costituita dal basamento ercinico e da formazioni continentali e di piattaforma del Permiano e del Triassico inferiore-medio, a cui si intercalano talora corpi vulcanici intra-sedimentari.

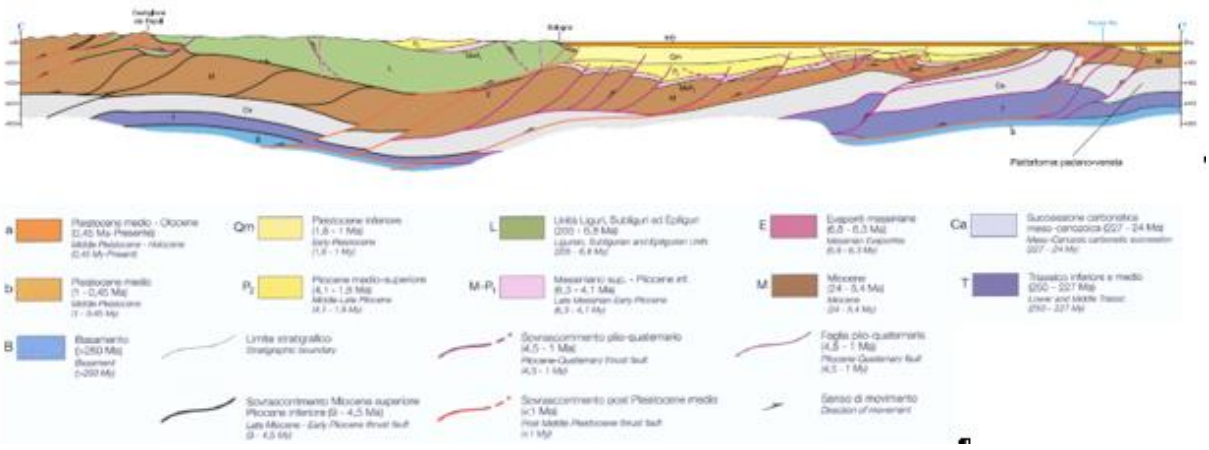


Fig. 7. Sezione geologica regionale attraverso l'arco delle Pieghe Ferraresi-Romagnole (Boccaletti et al., 2004); l'ubicazione della sezione è indicata dalla traccia C-C' nella figura 3.

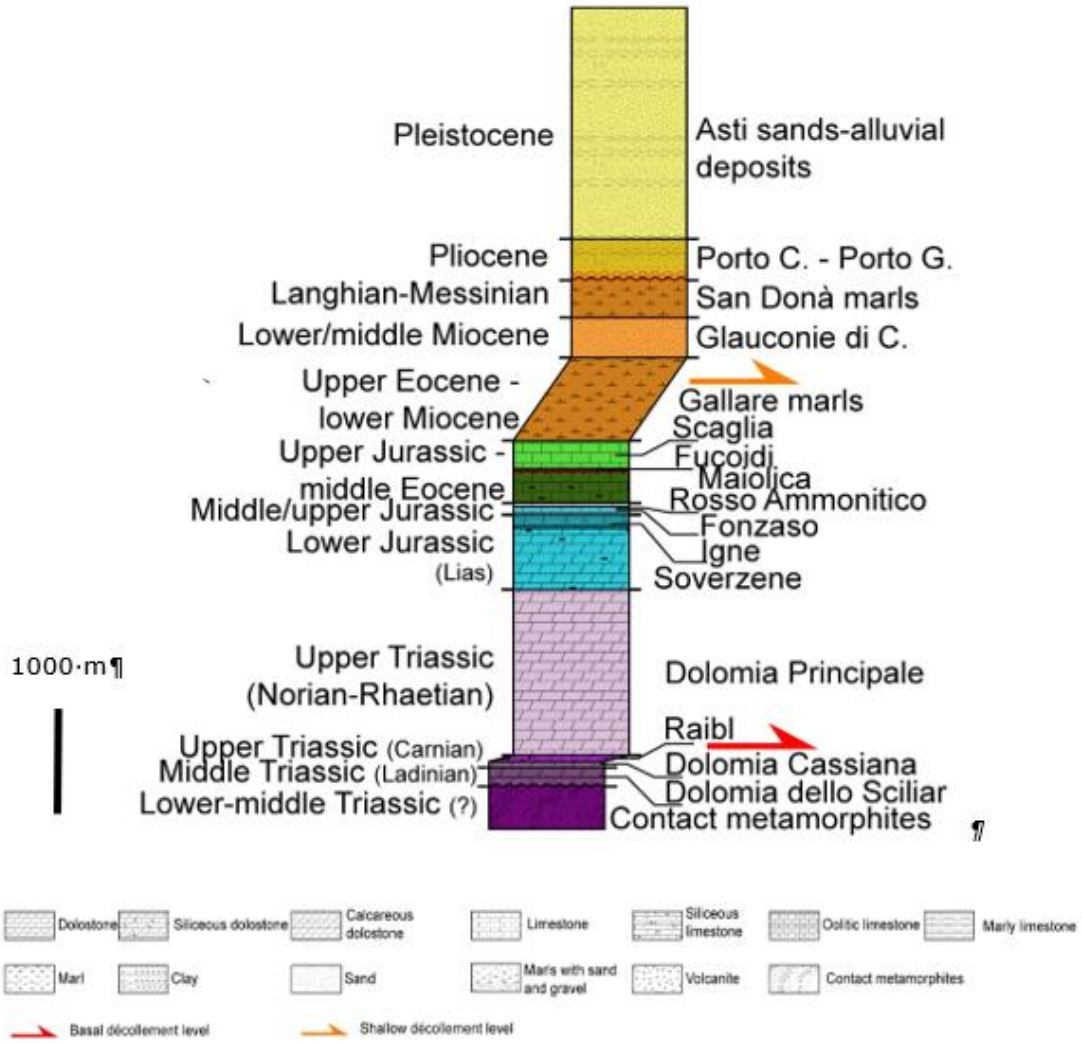


Fig. 8. Colonna stratigrafica sintetica del settore delle Pieghe Ferraresi-Romagnole (modificato da Livani et al., 2018). Sono evidenziati i principali livelli di scollamento (rosso per lo scollamento basale e arancione per quello superficiale).

La deformazione del settore padano dell'Appennino settentrionale ha avuto inizio nel Messiniano, con una fase di particolare intensità nel corso del Pliocene, ma l'insieme delle evidenze geologiche e geofische disponibili documenta in modo chiaro la perdurante attività di diverse fasce di sovrascorrimenti. Tale

attività recente risulta associata ad un regime tettonico compressivo con un sigma 1 orientato circa NNE-SSW, provato da breakout di pozzo (Montone et al., 2004, 2012), meccanismi focali (Boccaletti et al., 2004; Pondrelli et al., 2006; Calderoni et al., 2009; Vannoli et al., 2015; Martelli, 2017) e dati sismologici (Castello et al., 2006; ISIDE Working Group, 2007; Rovida et al., 2022; Latorre et al., 2023). Analisi del capo di deformazione derivati da geodesia spaziale (e.g., Devoti et al. 2008; Cuffaro et al., 2010) mostrano tassi di raccorciamento di qualche mm/a.

L'assetto strutturale dell'area in esame, illustrato in Figura 7, è caratterizzato dalla presenza di pieghe e sovrascorrimenti sepolti (ben evidenti nella porzione SW del profilo di figura sottostante) connessi con la propagazione del fronte orogenico appenninico sulle unità dell'Avampaese padano (presente al margine NE del profilo).

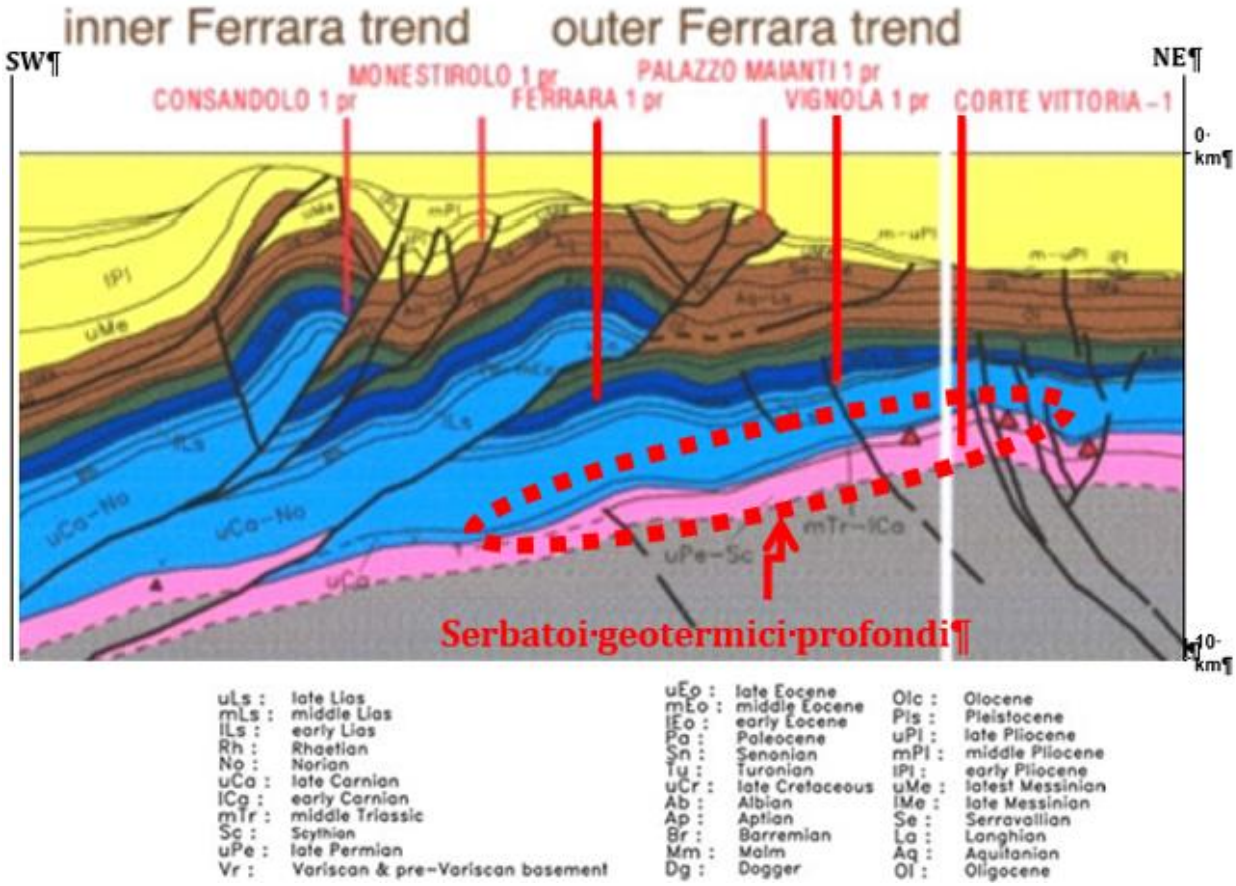


Fig. 9. Profilo geologico attraverso l'area in esame (da Fantoni e Franciosi, 2009). I termini prevalentemente silicoclastici e terrigeni Oligo-Miocenici sono in marrone mentre quelli Plio-Pleistocenici sono colorati in giallo. I livelli carbonatici del Triassico superiore - Eocene sono rappresentati in azzurro, blu, e verde. I depositi del Permiano-Triassico medio in fuxia e il basamento in grigio.

Dal punto di vista stratigrafico, il bacino Padano è riempito da una spessa coltre di sedimenti terrigeni e silico-clastici di età prevalentemente neogenica (in giallo e marrone in *Fig. 9*). Tali depositi sin-tettonici di margine attivo, collegati agli orogeni alpino ed appenninico, poggiano su unità carbonatiche di età mesozoica e terziaria inferiore di margine passivo, costituite prevalentemente da rocce calcaree e dolomitiche, il cui ambiente deposizionale varia da piana di marea-mare poco profondo fino a mare profondo (in verde, blu e azzurro in *Fig. 9*).

La base della successione stratigrafica è invece costituita dal basamento ercinico (in grigio in *Fig. 8*) e da formazioni continentali e di piattaforma del Permiano e del Triassico inferiore-medio (in fuxia in Figura 7), a cui si intercalano talora corpi vulcanici intra-sedimentari (triangoli rossi in *Fig. 9*).

L'insieme dei dati di pozzo e sismici disponibili documenta la presenza di alcuni acquiferi di potenziale interesse geotermico (e.g., Ghezzi et al., 2005; Bencini et al., 2011; Pilli et al., 2012; Pasquale et al., 2013). Prescindendo dagli acquiferi superficiali rinvenuti nei depositi plio-pleistocenici (e.g., RER & ENI-Agip, 1998; Bencini et al., 2011), i principali acquiferi profondi identificati sono ospitati nelle unità dolomitiche e termometamorfiche di interesse per il progetto geotermico in oggetto.

4. SCOPO DELLE PERFORAZIONI GEOTERMICHE

Scopo delle perforazioni geotermiche è intercettare il serbatoio geotermico dalla dolomia alle termometamorfositi di f.f. (per spessore minimo di 700 m). Le temperature misurate all'interno del pozzo Cv1 sono di 138°C (calcolata a 3820 m circa di profondità) e di 143 °C misurata a fondo pozzo. Per lo sviluppo del progetto è stata assunta la temperatura di 145°C a circa 6200 m.

L'intervallo stratigrafico di età Triassico superiore - Cretacico inferiore (in azzurro in *Fig. 9*) è rappresentato da un elevato spessore di rocce calcaree e dolomitiche e costituisce un vasto acquifero a pressione idrostatica normale al di sotto del settore padano-veneto (Ghezzi et al., 2005; Bencini et al., 2011; Pilli et al., 2012; ICHESE, 2014). Tali unità, pur avendo una bassa porosità primaria, sono infatti dotate di una significativa permeabilità sia orizzontale che verticale documentata da diversi pozzi profondi (e.g., Casaglia 1, Corte Vittoria 1, Ferrara 1, Rodigo 1, Vicenza 1) per la diffusa presenza di fratture. Ad esempio, fluidi geotermici estratti e re-iniettati da questo serbatoio geotermico sono utilizzati per la rete di teleriscaldamento di Ferrara. In particolare, il fluido geotermico viene prodotto dai pozzi "Casaglia 2" e "Casaglia 3" (open-hole dagli 890 ai 1950 metri). Dopo l'estrazione, il fluido geotermico circola in uno scambiatore di calore, viene filtrato e re-iniettato nel pozzo "Casaglia 1" (open hole da 1119 metri a 1950 metri) ad una distanza di 1 km dai pozzi produttori. La massima portata re-iniettabile è fissata in 400 m3/h. Dal 1995 al 2012 sono stati estratti ed iniettati in totale 36 Mm3 di acqua. Dall'inizio della produzione, la temperatura del fluido prodotto e le pressioni di produzione/re-iniezione non hanno presentato variazioni significative (ICHESE, 2014). Le sottostanti formazioni di piattaforma carbonatica e continentali (localmente interessate da fenomeni di termometamorfismo) del Permiano - Triassico inferiore-medio, e le vulcaniti ad esse localmente intercalate sono state intercettate da alcuni pozzi profondi (e.g., Corte Vittoria 1; Villaverla 1; Amanda 1 (area marina); Legnaro 1).Tali formazioni, pur presentando eteropie

laterali di facies e variazioni di spessore dove incontrate dai pozzi, rappresentano un ulteriore acquifero di notevole interesse geotermico.

Tali informazioni denotano la presenza di un serbatoio a carattere regionale, già sfruttato da 30 anni, nella parte superiore, per il teleriscaldamento di Casaglia ed interessato da ricerche, nelle porzioni più profonde, da un ulteriore permesso di ricerca "San Giovanni" attivo nel territorio Comunale di Ostellato.

5. POTENZIALITÀ GEOTERMICHE

Data la presenza nell'area di progetto del pozzo profondo denominato Corte Vittoria 1, realizzato nei primi anni '90 da Agip e risultato sterile ai fini delle ricerca di oil & gas, del quale è stato possibile reperire ogni informazione pubblica e non pubblica, tramite acquisto del data package dei dati di pozzo presso Eni da parte della Società proponente, nonché dall'interpretazione di linee sismiche eseguite sempre da Agip per gli stessi scopi e dei quali è stato possibile acquisire i row data presso Eni, in quanto dati ricadenti all'interno del Permesso di Ricerca di risorse geotermiche "Pola", è stato possibile individuare e accertare la presenza di un serbatoio geotermico a partire dalla profondità di 5390 m e spessore di fondo pozzo minimo di 700 m. L'interpretazione delle linee sismiche, calibrata con i dati del pozzo esistente Corte Vittoria 1, ha consentito di modellare la variabilità laterale e la geometria dell'andamento geologico strutturale che caratterizza l'area di intervento, come meglio esplicitato al capitolo dedicato.

Le temperature misurate e calcolate nel pozzo Corte Vittoria 1 mostrano una temperatura di 145°C ed una fratturazione elevata, con segnalate perdite di circolazione, e presenza di acqua salata negli orizzonti di interesse. Il prelievo di una carota di fondo pozzo (Figura 20) ha permesso l'individuazione della presenza di calcite a 6.107 m che presenta un carbonio di derivazione organica o magmatica, ed un ossigeno formatosi in condizioni di termalismo piuttosto elevato (tra 160°C e 190°C).

Poiché la quota della postazione individuata per i pozzi di produzione è di -1,85 m s.l.m., il livello statico dei pozzi si attesterà intorno alla profondità del p.c., con leggera artesianeità.

In presenza di fratture produttive nelle rocce del serbatoio, come evidenziato dalle perdite di circolazioni registrate a fondo pozzo da 5844 m a 5958 m (con presa batteria), da 5952 m a 5960 m e da 6100 m, è possibile prevedere una portata complessiva fino a circa 500 kg/s (per 3 pozzi di produzione), con porosità di 25mD, in grado di generare un disturbo di pressione lieve cioè inferiore a 30 bar ritenuto non significativo per lo scenario geologico, sismico e geotermico proposto.

6. DEFINIZIONE GEOMETRICA DELLA STRUTTURA ED OBIETTIVI PERFORAZIONI GEOTERMICHE

La geometria delle strutture e la definizione degli obiettivi di perforazione sono stati definiti grazie alla realizzazione del modello geologico 3D di sottosuolo.

I principali output del modello geologico 3D hanno restituito le Mappe Strutturali relative:

- alle isobate delle principali superfici stratigrafico/formazionali;
- alle isobate relative al piano di faglia inversa che disloca il basamento e parte della successione Permo-Triassica;
- alle isopache della successione Permo-Triassica.

Le mappe strutturali saranno commentate anche in relazione all'ubicazione dei "target" di fondo pozzo del campo pozzi esplorativo in progetto.

La *Fig. 10* e la *Fig. 11* mostrano i layer principali del modello geologico 3D.

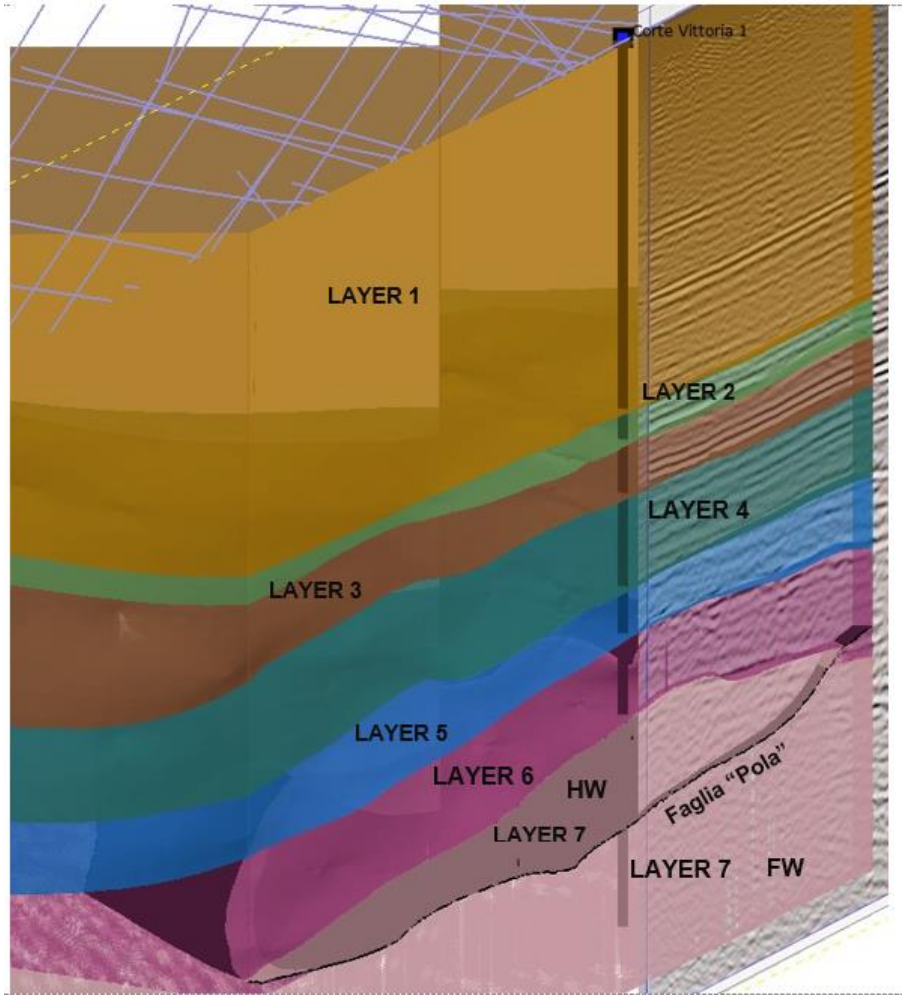


Fig. 10. Stralcio del modello geologico 3D e raffigurante i volumi (layer) generati e relativi alle principali unità geologiche e la superficie della faglia inversa che suddivide il dominio del modello geologico in 2 blocchi strutturali principali: blocco di Hanging Wall (HW; alto strutturale) e di Foot Wall (FW; basso strutturale)

Layer Modello	Unità Geologica
Layer 1 (successione di copertura)	Sequenza del Quaternario Marino (QM)
Layer 2 (roccia di copertura)	Successione Mio-Pliocenica (F.ne Gessono solfifera/F.ne Conglomerati di Boreca/F.ne Porto Corsini/F.ne Porto Garibaldi; F.ne Argille del Santerno).
Layer 3 (roccia di copertura)	F.ne Marne di San Donà; F.ne Glauconie di Cavanella (Successione Oligo-Miocenica)
Layer 4 (roccia di copertura)	F.ne Marne di Gallare (Eocene sup/Oligocene)
Layer 5 (roccia di copertura)	Successione Carbonatica Superiore: F.ne Scaglia, Maiolica, F.ne Fonzaso; F.ne Igne (Giurassico medio-Eocene medio)
Layer 6 ("target geotermico" secondario / potenziale roccia serbatoio)	Successione Carbonatica Inferiore: F.ne Calcari di Soverzene; F.ne Dolomia Principale (Triassico sup. – Giurassico Inf.)
Layer 7 ("target geotermico" primario / potenziale roccia serbatoio)	Successione Permo-Triassica: termometamorfiti di contatto. F.ne Dolomie dello Sciliar

Fig. 11. Layer in cui è stato suddiviso il Modello Geologico 3D

La realizzazione del modello geologico ha permesso la ricostruzione 3D in profondità del target geotermico e la stima degli spessori del serbatoio (*Fig. 12*).

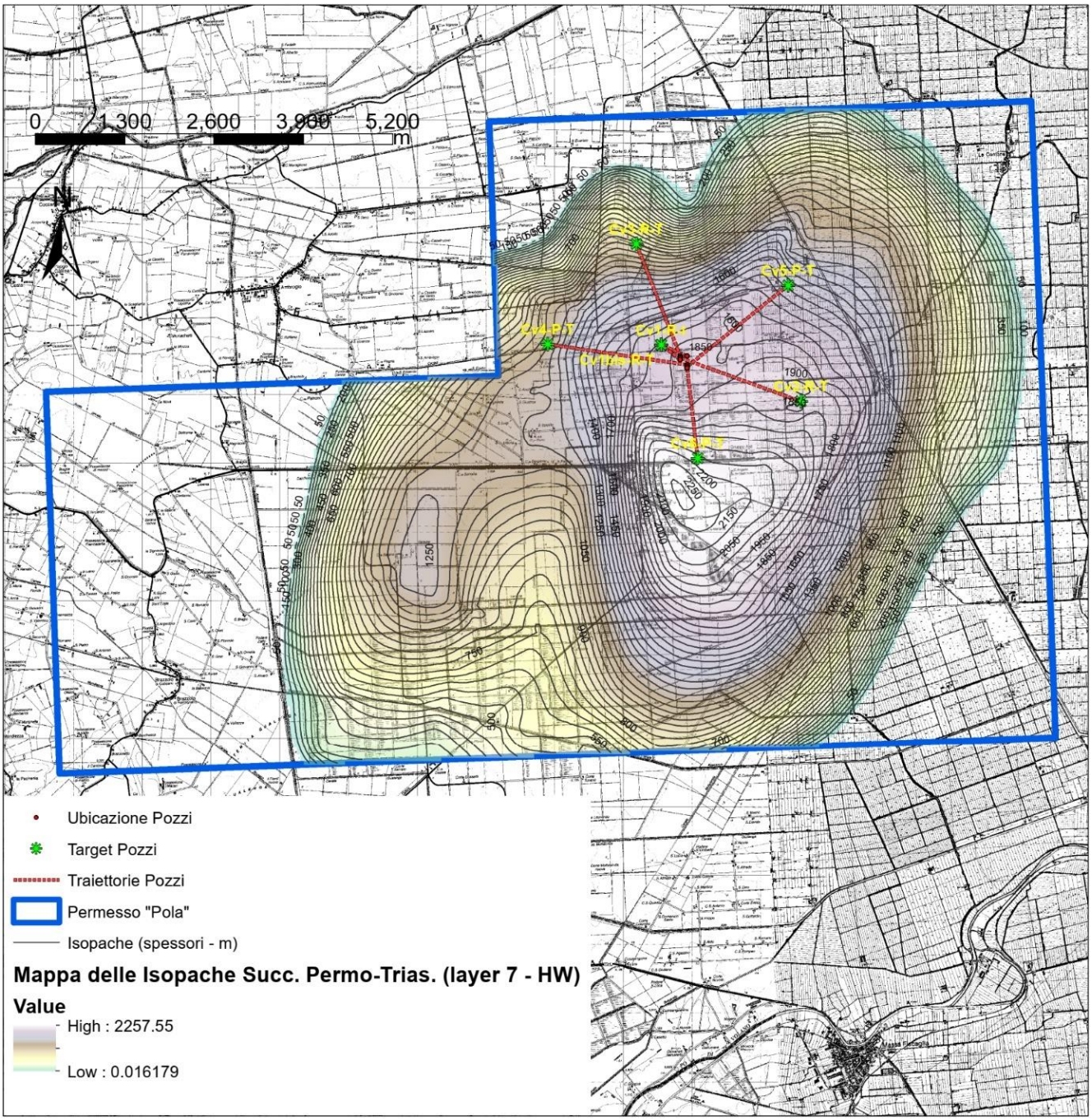


Fig. 12. Mappa delle isopache (spessori) della successione Permo-Triassica (Layer 7) presente nel blocco strutturale di Hanging wall (HW)

In *Fig. 12* è raffigurata la mappa degli spessori (isopache) della successione carbonatica ("target" geotermico) per il settore di alto strutturale (hanging wall - HW) di interesse.

Il serbatoio geotermico oggetto del riconoscimento si pone nei layer 6 e 7 di *Fig. 10* e *Fig. 11*, dalla profondità verticale di circa 5400 m fino alla profondità massima di circa 6200 m.

Tale serbatoio si pone pertanto ad una distanza considerevole dal piano di faglia individuato nel modello in profondità. Nel settore in cui sono ubicati i pozzi esplorativi ed i rispettivi "target" di fondo pozzo la profondità prevista del piano di faglia sia a circa -6800 nel settore settentrionale fino ad arrivare a circa -

7600 m s.l.m. nel settore S/SE e quindi con un intervallo di profondità rispetto ai "target" di fondo pozzo che vanno da un minimo di circa 800 metri ad un massimo di circa 1600 metri.

Si ricorda, inoltre, come i dati di output relativi al modello geologico 3D sono stati utilizzati come base fisica per la modellazione numerica relativa al trasporto di flusso e di calore al fine di simulare la coltivazione del serbatoio geotermico, che ha dimostrato l'assenza di interferenza termica tra i pozzi di reiniezione e quelli di produzione e calcola le sovrappressioni di reiniezione a fondo pozzo, oltre alla depressione generata dai pozzi di produzione in funzione della permeabilità del reservoir geotermico, ai fini del riconoscimento della risorsa e nella simulazione dell'esercizio della Concessione. Per i dettagli sui modelli rimandiamo agli elaborati specialistici 02_PROGETTO – 02_E_ELABORATI GEOLOGICI – Modello geologico 3D e Simulazione numerica del comportamento del serbatoio e di doppietto geotermico.

7. PROGRAMMA DEI LAVORI E DESCRIZIONE DEL PROGETTO

7.1 Obiettivi del progetto

Obiettivo principale della concessione geotermica e progetto geotermico POLA è la produzione di energia elettrica, con realizzazione di una centrale ORC, a zero emissioni in atmosfera, sfruttando attraverso 6 pozzi (3 di presa e 3 di resa) il calore proveniente da fluidi geotermici a media entalpia del sottosuolo, come da riconoscimento della risorsa, ottenuto dalla Società proponente Geotermia Zero Emission Italia srl (GZEI) con Determinazione dirigenziale n. DET-AMB-2022-6562 del 22/12/2022, tenendo in considerazione del fatto che la risorsa geotermica era stata già trovata e analizzata da precedenti perforazioni esplorative realizzate da Agip, nel caso specifico nel pozzo Corte Vittoria 1 (Cv1), che ha permesso di rilevare informazioni riguardanti la presenza della risorsa, il chimismo, la temperatura nonché le caratteristiche geologico strutturali e di permeabilità, con valutazione sulle portate, sufficienti per procedere, dopo le prime fasi di ricerca, alla richiesta del riconoscimento del carattere nazionale della risorsa.

Alla luce delle informazioni disponibili è stato possibile ricostruire un modello concettuale geologico e geotermico di riferimento, riuscendo a valutare le caratteristiche chimico fisiche del fluido e ricavare da dati certi di pozzo le pressioni e le temperature attese del serbatoio, nonché la permeabilità e la produzione del serbatoio geotermico, con realizzazione di modello geologico 3D e modello di flusso di simulazione dello sfruttamento a lungo termine del serbatoio geotermico.

Nello specifico, l'obiettivo della Concessione Geotermica Pola e del progetto localizzato in Comune di Jolanda di Savoia, Località Bologna, è la produzione di energia elettrica, con realizzazione di una centrale a zero emissioni in atmosfera, con utilizzo di acque calde prelevate da 3 pozzi di presa (Cv4-Cv5 e Cv6) e reimmesse nel sottosuolo con 3 pozzi di resa (Cv1-Cv2-Cv3 e opzionale Cv1-bis nel caso in cui non risulti

possibile effettuare work-over sul pozzo esistente Cv1). I pozzi, tutti deviati ad eccezione dell'esistente Cv1, raggiungeranno profondità verticale massima attesa di 6.200 m. Il target del serbatoio geotermico è individuato nell'area di intervento dalle formazioni della dolomia e delle termometamorfositi di f.f. (per spessore minimo di 700 m) che, per caratteristiche litologiche esclude l'innesco di subsidenza indotta dall'emungimento. Le temperature misurate all'interno del pozzo Cv1 sono di 138°C (calcolata a 3820 m circa di profondità) e di 143 °C misurata a fondo pozzo. Per lo sviluppo del progetto la temperatura di riferimento e pari a 145°C a circa 6200 m.

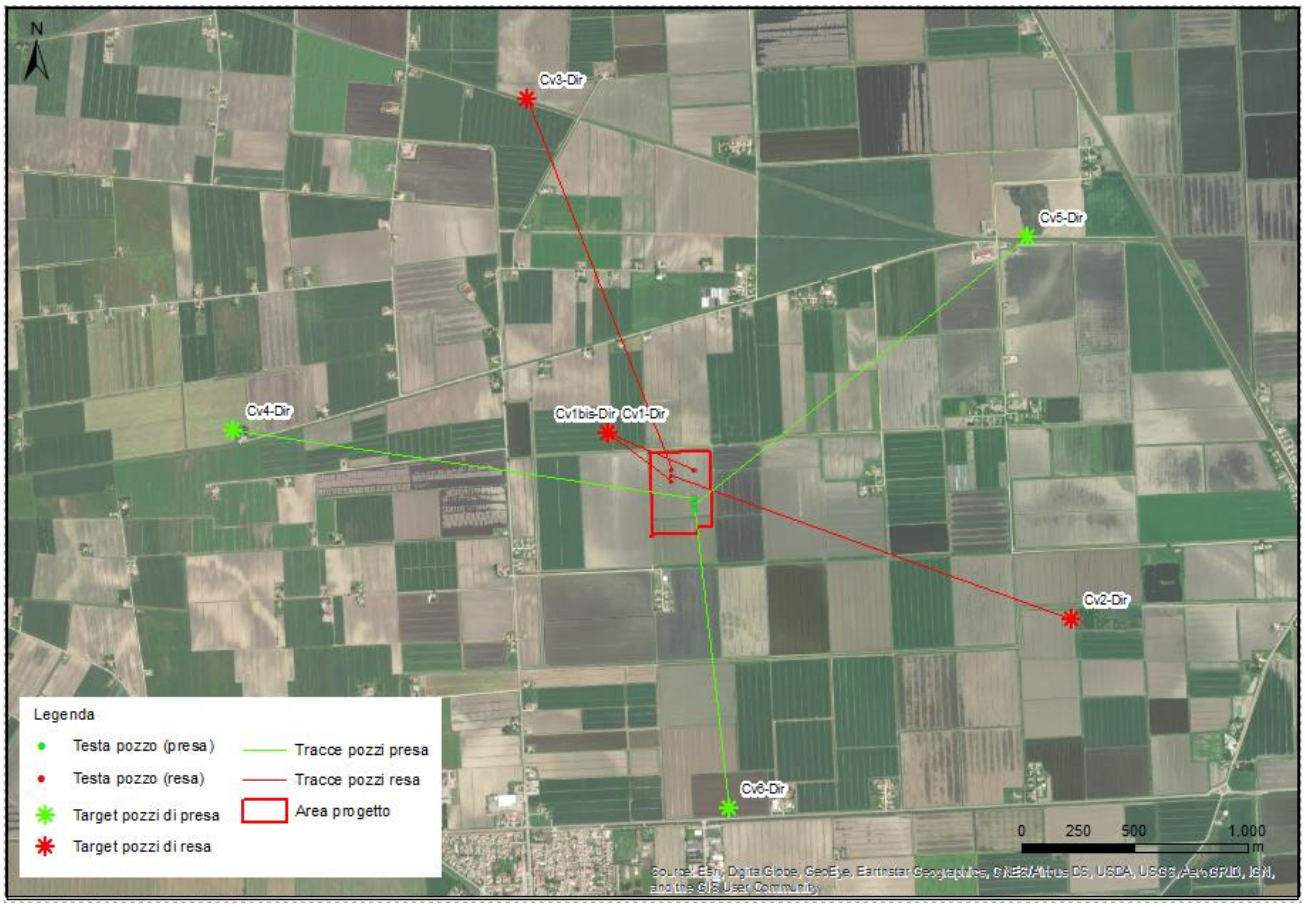


Fig. 13. Ubicazione dei pozzi in progetto e proiezione in superficie della deviazione in profondità.

È previsto il prelievo di una portata di complessivi 500 kg/s dai 3 pozzi di produzione, che consentirà la produzione, tramite impianto ORC, di una potenza elettrica lorda di 24.445 MW da immettere in rete. I fluidi geotermici, una volta prelevati, saranno successivamente reimmessi nel sottosuolo nelle stesse formazioni geologiche di prelievo ai sensi del RD 152/2006 e s.m.i. art. 104.

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

Potenza Elettrica Lorda	24,445 MW
Autoconsumi nominale (NOC)	3880 kW
Potenza Elettrica Netta	20,56 MWe
Portata di Produzione	500 kg/s
Temperatura di Produzione	145°C
Temperatura di Reiniezione	65 °C
Pozzi Produttivi	N°3
Portata massima di ciascun Pozzo Produttivo	170 kg/s
Pozzi Reiniettivi	N°3
Distanza Media tra le zone di serbatoio Produttive e Reiniettive	1,6 km
Quota dell'impianto ORC	-1.85 m slm
Quota della Postazione di Produzione	-1.85 m slm
Quota della Postazione di Reiniezione	-1.85 m slm
Profondità verticale dei Pozzi (massima attesa)	6200 m dal p.c.

7.2 Programma dei Lavori della concessione geotermica Pola

Di seguito si riporta uno schema del programma dei lavori previsti dal progetto geotermico e dalla concessione geotermica di Pola. Nei successivi capitoli vengono descritte sinteticamente le singole voci del programma dei lavori.

I dettagli del progetto geotermico sono riportate nelle relazioni specialistiche allegate all’istanza di Procedimento Unico di Valutazione di impatto ambientale del progetto

1- SCHEDA DEL PROGRAMMA DEI LAVORI DELLA CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE PER RISORSE GEOTERMICHE "POLA"			
voce	**DESCRIZIONE DEI LAVORI**	**TEMPI NECESSARI PER LO SVOLGIMENTO DEI LAVORI (MESI)**	**TEMPI PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI DAL RILASCIO DEL PERMESSO (MESI)**
1	Realizzazione delle opere civili per l'allestimento delle postazioni di perforazione, compreso realizzazione del parcheggio e della strada di accesso al cantiere di perforazione	2	2
2	Allestimento delle postazioni e mob di n.2 rig di perforazione, che lavoreranno in contemporanea	2	3
3	Esecuzione intervento di workover sul pozzo esistente Cv1 e contemporaneamente drilling del pozzo Cv4	5	7
4	Drilling del pozzo Cv3 e contemporaneamente del pozzo Cv5, successivo Well testing del doppietto con prove di produzione e reimmissione del fluido geotermico	5	12
5	Drilling del pozzo Cv2 e contemporaneamente del pozzo Cv6, successivo Well testing del doppietto con prove di produzione e reimmissione del fluido geotermico. Successivo demob di un rig di perforazione	5	17
6	OPZIONALE drilling pozzo Cv1bis (in caso esito non favorevole del workover del pozzo esistente Cv1) e successivo well testing con il pozzo Cv4	5	22
7	fine lavori di perforazione, demob del secondo rig di perforazione	2	24
8	Realizzazione centrale geotermica a ciclo binario, tramite impanto ORC, con produzione di una potenza elettrica netta di 20.5 MWe. Realizzazione collegamenti di superficie tra teste pozzo e centrale geotermica	12	36
9	Realizzazione di collegamento alla rete elettrica tramite cavo AT, da Cabina MT/AT di utenza, fino a stazione di rete Codigoro)	1	36
10	Messa in funzione della centrale geotermica a zero emissioni e sfruttamento della risorsa con produzione di energia elettrica	30 anni	33 anni
11	Ripristino ambientale per smantellamento centrale, chiusura mineraria dei pozzi e ripristino a terreno agricolo dell'area (progetto di da presentare un anno prima della fine della Concessione)	1	34 anni
12	Monitoraggio geodinamico (sismico e subsidenza), monitoraggio suoli, acque superficiali, acque sotterranee e rumore, da realizzarsi ex ante, in itinere ed ex post per tutta la durata della coltivazione della risorsa	33 anni	33 anni

Tabella 3. Programma dei lavori della concessione geotremica Pola

7.3 Descrizione delle attività

7.3.1 Disponibilità area di cantiere

Al momento di avvio delle attività, i terreni saranno in disponibilità della Società GZEI in relazione alla pubblica utilità e diritto di esproprio come sancito dall'art. 15 del D.Lgs. 22/2010.

L'accessibilità al cantiere è garantita tramite la Strada provinciale Jolanda Bonaglia e la Strada Jolanda Bonaglia Traversa n.3. l'ultimo tratto di accesso alla postazione necessita, della realizzazione di una strada d'accesso in quanto l'area si trova in un appezzamento di terreno attualmente adibito a coltivazione agricola di riso. L'accesso dell'area fu già utilizzato anche per la perforazione del pozzo CV1 nel 1991 che si colloca nell'area di intervento e su cui verranno eseguite operazioni di riapertura con *workover*.

7.3.2 Attività propedeutiche alle perforazioni dei pozzi geotermici e della centrale ORC

Allo scopo di procedere alla progettazione, è stato effettuato un rilievo topografico dettagliato, mediante l'uso di GPS e di una stazione totale, dell'area potenzialmente interessata dalla postazione e sue pertinenze (Rif. Elab.PE-05-A, PE-05-B) con relativa documentazione fotografica.

Il cluster sarà composto da 6 pozzi (Cv1, Cv2, Cv3, Cv4, Cv5, Cv6) più 1 pozzo opzionale (Cv1-bis) da utilizzare in caso il workover del pozzo esistente Cv1 non sia realizzabile. Le attività di perforazione saranno svolte utilizzando 2 impianti di perforazione, della stessa tipologia, in contemporanea. Gli impianti di perforazione prescelti saranno del tipo PERGEMINE AZ.20 – EMSCO C3/DRILLMEC MAS8000.

La postazione è stata progettata per eseguire un intervento di Workover sul pozzo esistente Cv1 e di realizzare altre 2 piazzole di perforazione con 3 pozzi ciascuna.

Per ottenere l'orientamento più idoneo della postazione, si è provveduto alla verifica delle distanze di sicurezza e dell'area potenzialmente interessata dalla caduta dei mast, in modo tale che i due impianti di perforazione non siano interferenti tra di loro nelle diverse fasi di perforazione.

L'orientamento così ottenuto porta alla realizzazione di una piazzola in direzione sud ed una in direzione ovest rispetto al vecchio pozzo "Corte Vittoria 1" orientando in questo modo la postazione da nord verso sud.

La prima piazzola serve per l'intervento di Workover e sarà denominato pozzo "Cv1 ", la piazzola posizionata a sud ospiterà i pozzi "Cv4, Cv5, Cv6 " mentre quella posizionata a ovest ospiterà i pozzi "Cv1-bis, Cv2, Cv3 "

I doppietti di pozzi saranno perforati secondo il seguente ordine:

- Realizzazione del Cv1 in contemporanea al Cv4;
- Realizzazione del Cv3 in contemporanea al Cv5;
- Realizzazione del Cv2 in contemporanea al Cv6;

- Per ultimo e solo qualora sorgano problemi nella riapertura del Cv1, sarà perforato il Cv1-bis.

7.3.3 Realizzazione area di cantiere e pista di accesso (punto 1 del programma dei lavori)

Compatibilmente quindi con le necessità di ordine geologico e tecnico-economico, in quanto il piazzale che ospita il cantiere di perforazione deve essere ubicato quanto più possibile sulla verticale dei terreni da indagare, è stata scelta un'area che permetta di ottimizzare i parametri progettuali, in particolare che offra le condizioni di sicurezza più favorevoli per la funzionalità delle operazioni, per il personale addetto, per l'ottimizzazione dei percorsi dei mezzi sulla rete viaria, in fase sia di allestimento sia di esercizio pozzi e della centrale.

La scelta del sito per la postazione di progetto ha tenuto di conto di esigenze diverse, ed in particolare:

- vincoli ambientali, paesistici, territoriali;
- particolari esigenze logistico-operative;
- sicurezza;
- riduzione al minimo dell'impatto ambientale;
- prevenzione dei rischi ambientali, idraulici, geologici ed idrogeologici.

Per la realizzazione della postazione occorrerà occupare una superficie di circa 96.970 mq (impronta a terra della postazione comprensivo dell'area destinata all'alloggiamento delle fiaccole), per il parcheggio per gli automezzi degli addetti ai lavori di perforazione e visitatori, sarà occupata un'area di circa 4.950 mq (impronta a terra), per la strada d'accesso l'area occupata sarà di circa 3.880 mq, inoltre e stato previsto di realizzare un'area di stoccaggio dei tubi di 4.960 mq. Vista l'orografia del terreno naturale, pianeggiante, dovrà essere realizzato uno sbancamento avente la profondità media di 20 cm dall'attuale piano di calpestio. Il terreno scavato verrà trasportato all'esterno dell'area, stoccato temporaneamente e smaltito in opportuno impianto autorizzato, previa analisi di compatibilità chimica.

Il piazzale finito sarà a quota -1.85 S.W.L., ovvero circa 1 mt più alto dell'attuale piano campagna, medio.

Tutte le acque meteoriche, di dilavamento superficiale del piano di calpestio, verranno convogliate all'interno di 2 vasche in terra di raccolta, situate una sul lato est e l'altra sul lato ovest della postazione, avente la capacità nominale di circa 1000 mc cad costituendo di fatto un circuito chiuso senza interazioni con il reticolo idrografico circostante. Da questa vasca le acque verranno smaltite mediante autobotte e/o reimpiegate per la perforazione.

Il piazzale della postazione verrà realizzato mediante una massicciata stradale, di adeguata portata per mezzi pesanti, impianto ed autogrù operanti sulla postazione medesima.

Negli spigoli nord-ovest e sud-est della postazione, verranno realizzate i bacini per l'alloggiamento delle fiaccole da utilizzare in caso di emergenza, in presenza di gas durante la perforazione. Detti bacini saranno costituiti da un arginello in terra, di forma circolare, con all'interno un telo in HDPE, ricoperto di sabbia a protezione del telo, con raggio interno di 15 mt.

All'esterno del piazzale della postazione, occorrerà provvedere alla realizzazione di una piccola area da adibire a parcheggio per i mezzi degli operatori e di un recinto per la manovra e sosta di automezzi speciali.

Nell'area di progetto sono stati pertanto individuati i seguenti settori:

a. Piazzale postazione;
b. Zona impianto di perforazione;
c. Zona bacini di stoccaggio provvisorio fluidi esausti di perforazione e cutting;
d. Vasca raccolta acque meteoriche;
e. Area fiaccola;
f. Area esterna adibita a strada e parcheggio automezzi;
g. Area adibita alla realizzazione della centrale (condensatori ad aria, edificio elettrico e trasformatore).

Per l'accesso all'area di cantiere risulta necessaria la predisposizione di apposita pista carrabile di collegamento con la viabilità ordinaria esistente e recinzione totale del cantiere.

Area di cantiere

a) Piazzale postazione

Per l'allestimento di questa zona si prevedono i seguenti lavori:

- Demolizione della soletta sottostruttura esistente, della cantina con smaltimento dei detriti mediante il conferimento a centro di trattamento.
- Postazione: realizzata previo scotico del terreno esistente, per una profondità media di 20 cm;
- Preparazione del piano di posa del rilevato, mediante compattazione e prolungata rullatura dell'area, su tutta l'impronta (footprint), mediante rullo vibrante da 18 Ton.;
- Posa in opera di strato di geotessile a protezione del terreno naturale sottostante, a salvaguardia del piano di posa della massicciata del piazzale.
- Strato di sabbia di cava dello spessore medio di 15/20 cm a protezione del geotessile.
- Rilevato eseguito con materiale di cava, di buona qualità, dello spessore minimo di cm 40/90, steso, rullato e compattato a strati fino al raggiungimento della portata prevista (Md=> 800 kg/cmq);
- Strato di finitura in ghiaietto, dello spessore medio di cm 5, ad intasamento superficiale.

All'interno dello spessore del pacchetto stradale del piazzale, verrà realizzata una linea di drenaggio, in PVC o Pead a doppia parete, con tubi micro-fessurati di diametro nominale Ø 100/160/200 mm, opportunamente alloggiati all'interno di una "calza" in tessuto non tessuto. Detto drenaggio avrà la funzione di captare ed allontanare eventuali infiltrazioni o ristagni d' acqua, sul piazzale, con recapito nelle vasche di raccolta delle acque meteo.

Realizzazione di una rete fognaria con tubi in PVC per convogliare le acque provenienti dai servizi al bacino di raccolta temporaneo (fosse Imhoff) per un successivo smaltimento a mezzo autospurgo a cura di imprese specializzate. Per la raccolta degli scarichi di servizi igienici saranno posizionare in opera tre fosse Imhoff, a tenuta e circuito chiuso senza rilasci nell'ambiente, che verranno periodicamente svuotate tramite autospurgo.

Tutte le condotte di scarico saranno sigillate con apposito mastice, rendendo le giunzioni tra i tubi del circuito chiuso a perfetta tenuta.

Recinzione perimetrale della postazione, con rete metallica plastificata, montata su fittoni in acciaio, con tre corsi di filo spinato, in sommità, per una altezza di 2.50 mt, dal piano del piazzale/terreno di campagna; la medesima recinzione verrà utilizzata per delimitare l'area fiaccola.

All'interno della recinzione perimetrale della postazione, verrà posto in opera un anello di messa a terra con adeguato numero di dispersori a puntazza e relative derivazioni per il collegamento e la messa a terra di tutte le strutture metalliche dell'impianto di perforazione e relativi accessori.

Verrà installata adeguata segnaletica per l'individuazione del tracciato della linea di messa a terra.

La recinzione sarà dotata di cancello per l'accesso carrabile e di tre vie di fuga realizzate con cancelli dotati di maniglione antipanico, apribili dall'interno a spinta.

In corrispondenza dei cancelli pedonali e delle uscite di sicurezza, verranno montati gli appositi cartelli di segnalazione del "Punto di raccolta" ed "Uscita di sicurezza. Sul montante orizzontale dei cancelli pedonali, inoltre, verrà installata una lampada luminosa, accesa per tutta la durata delle operazioni di perforazione del pozzo e durante le operazioni di montaggio/smontaggio dell'impianto di perforazione, indicante l'uscita di emergenza.

Sarà realizzato una soletta in C.A. per l'installazione del serbatoio del gasolio e il deposito del container degli oli. Davanti alla soletta per il serbatoio del gasolio e il container degli oli, verrà realizzata una soletta di sosta per l'autobotte del gasolio, durante le fasi di scarico e riempimento del gasolio. Il serbatoio del gasolio sarà dotato di proprio bacino di sicurezza, a tenuta, per il contenimento di eventuali perdite, non escludendo il recepimento di eventuali prescrizioni dai VVF, in fase di rilascio del "Nulla Osta".

Saranno realizzate tutte le canalizzazioni interrate nello spessore della massicciata, per il passaggio dei tubi di servizio, quali gasolio per l'alimentazione dei generatori, l'acqua di alimentazione dell'impianto, passaggi di cavi elettrici, telefonici e cavi dati.

La vasca di raccolta delle acque di lavaggio delle canalette sarà realizzata in C.A., ed avrà le dimensioni necessarie per contenere almeno due cicli di lavaggio delle canalette, per una profondità di 3.00 mt dal piano delle solette impianto, con una capacità di circa 150 m^3 utili.

All'interno della postazione, verrà realizzata una soletta in C.A. per il deposito e lo stoccaggio degli additivi di perforazione (correttivi). Tale soletta avrà lo scopo di impermeabilizzare il piano di posa dei bancali e dei contenitori degli additivi.

b) Zona impianto perforazione

Le opere da realizzare nella zona impianto di perforazione saranno:

- Costruzione delle cantine per avampozzo in calcestruzzo armato, con tronchetto di tubo Ø 40" (esterno), della lunghezza di 1 mt, sul fondo C.P., per consentire l'infissione del tubo guida.
- Le cantine avranno le dimensioni interne di mt 3.00 x 3.00, con una profondità di 2,00 mt, dal piano delle solette portanti l'impianto. Sul fondo delle cantine verrà realizzato un pozzetto per l'eventuale alloggiamento di una pompa atta al sollevamento e rilancio di eventuali reflui di perforazione o acque di lavaggio delle solette. Tali liquidi verranno pompati ed inviati in una vasca di raccolta delle acque di lavaggio delle canalette poste sotto l'impianto di perforazione. Le acque di lavaggio delle canalette e delle solette sotto l'impianto (circuito chiuso), oltre che ad eventuali reflui di perforazione, saranno prelevate dalla vasca di raccolta e smaltite mediante autospurgo.
- Realizzazione di soletta piana in c.a. per l'appoggio dell'impianto di perforazione, delle tubazioni, dei motori, dei generatori, delle pompe e vasche fango, dei miscelatori e correttivi, avente la doppia funzione:
- platea per ripartizione dei carichi dell'impianto, delle vasche, generatori e pompe;
- Impermeabilizzazione completa, del piazzale a protezione da eventuali sversamenti dei reflui di perforazione;
- Costruzione della rete delle canalette in c.a. in opera o prefabbricate, carrabili con grigliato carrabile pesante, per il convogliamento delle acque di lavaggio e/o di eventuali residui di perforazione alla vasca di raccolta, con sezione interna 40 x 40 cm, circa. A garanzia della tenuta statica delle canalette, sul perimetro, la soletta verrà prolungata verso l'esterno di

50 cm, per consentire eventuali transiti occasionali di gru, montacarichi e autocarri, senza provocare sbrecciamenti o rotture delle canalette.

c) Zona bacino stoccaggio provvisorio fluidi di perforazione esausti

Verrà realizzata una vasca in C.A. per la raccolta dei fluidi di perforazione ed eventuali scarichi di acque, della capacità di circa 300 mc.

Le tipologie dei rifiuti e di effluenti prodotti dalle operazioni di perforazione sono:

- fluidi di intervento esausti ("cuscini" di olio o di acido) ovvero fluidi impiegati per diminuire gli attriti;
- detriti di perforazione, ovvero i resti della roccia fratturata dalla operazione di perforazione;

Una seconda vasca, avente le medesime caratteristiche e la stessa capacità, sarà realizzata sul lato est della postazione, con collegamento alla prima mediante casing in acciaio Ø 400 mm, allo scopo di contenere temporaneamente eventuali fluidi di perforazione, presenti in eccesso.

Le vasche di raccolta dei fluidi di perforazione, a completa tenuta per evitare sversamenti, saranno interamente recintate con rete di protezione sicurezza con altezza a norma.

d) Zona bacino stoccaggio provvisorio fluidi di perforazione esausti

Questa zona, sarà costituita da un vascone C.A., avente la capacità nominale di circa 300 mc.

La vasca di raccolta delle acque meteoriche sarà interamente recintata con rete di protezione sicurezza con altezza a norma.

e) Area fiaccola

Il bacino della fiaccola, verrà realizzato sul lato ovest della postazione, all'esterno della medesima, interamente recintato, con accesso solo dall'interno della postazione e sarà costituito da un arginello di forma circolare, del raggio da definire, con altezza media di circa 80 cm., con all'interno una membrana o telo in PVC e/o HDPE saldata a caldo, a tenuta, posata su tessuto non tessuto ed uno strato protettivo di sabbia dello spessore minimo di cm 10 per garantire l'eventuale captazione di schizzi oleosi che dovessero generarsi durante le prove di produzione, con l'accensione della fiaccola.

Le dimensioni del bacino della fiaccola sono di tipo standard, ovvero con raggio interno di 15 mt.

f) Area esterna adibita a strada e parcheggio automezzi

All'esterno della postazione, sul fronte sud, verrà realizzato un piccolo parcheggio per i mezzi degli operatori, avente le medesime caratteristiche della massicciata del piazzale della postazione.

Nella zona d'ingresso verrà realizzata l'area recintata per gli automezzi speciali. L'area sarà accessibile solamente dall'interno della postazione. L'intera area sarà sorvegliata a vista dal servizio di sorveglianza, che avrà il box nelle vicinanze

Pista di accesso

La postazione è raggiungibile tramite una strada bianca denominata Jolanda Bonaglia Traversa 3, ed in prossimità dell'azienda agricola Corte Bologna.

L'appezzamento di terreno individuato per la realizzazione del cluster è identificato al Catasto Terreni del Comune di Jolanda do Savoia (FE) sul foglio N° 18, map. 12 (Fig. 14).

La strada di accesso alla postazione ricade sui mappali 12-33-68, del medesimo foglio catastale, adibiti in passato a strada d'accesso alla postazione Cv1 per estrazione gas naturale. Della vecchia postazione rimane la soletta della sottostruttura impianto e la cantina, riempita con terreno, dopo la chiusura mineraria.

La realizzazione della strada di accesso alla postazione ricalcherà il percorso che conduceva al pozzo esistente Cv1, seguendo gli argini divisori tra i vari mappali, onde evitare un utilizzo eccessivo del territorio (Fig. 15).

Per i particolari di progetto rimandiamo alle tavole e alla relazione tecnica specialistica per le postazioni di perforazione, allegata all'istanza di VIA.

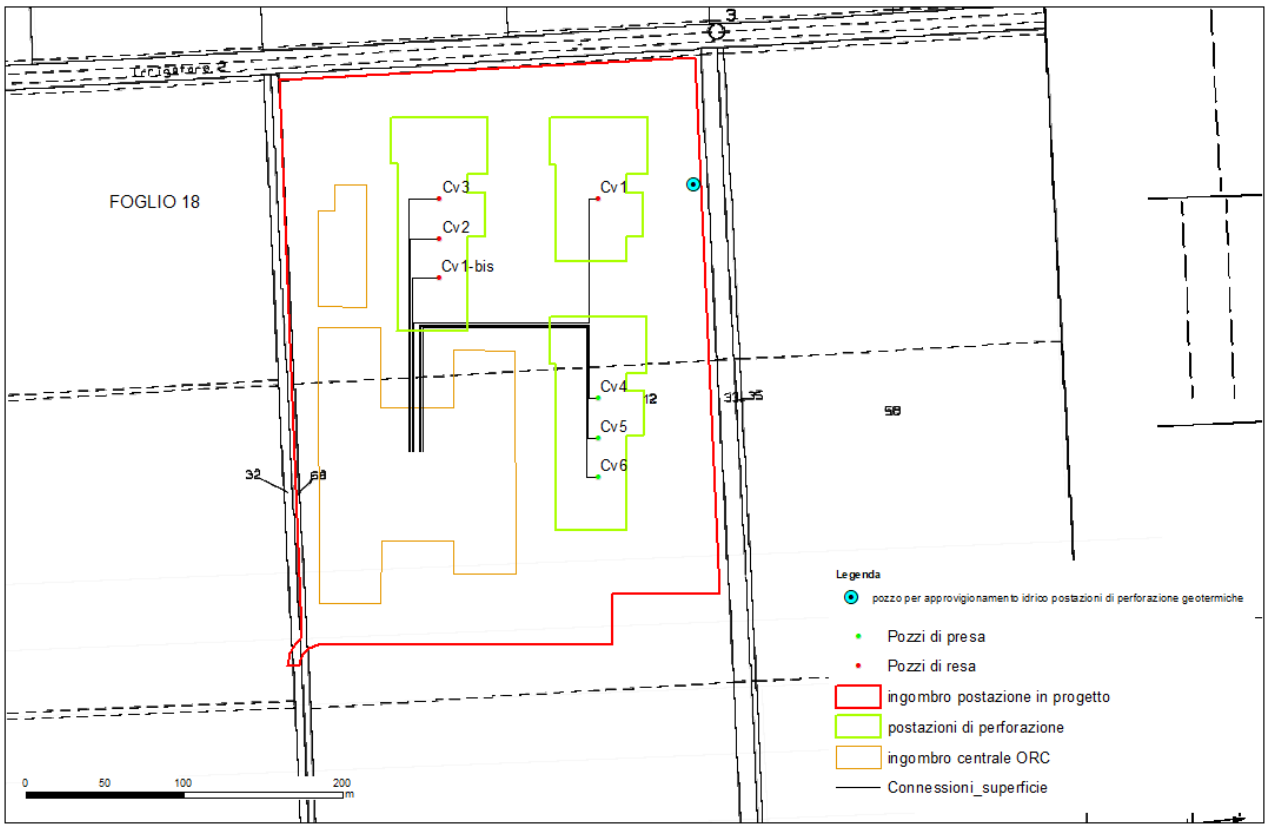


Fig. 14. Mappa catastale con sovrapposta la postazione in progetto

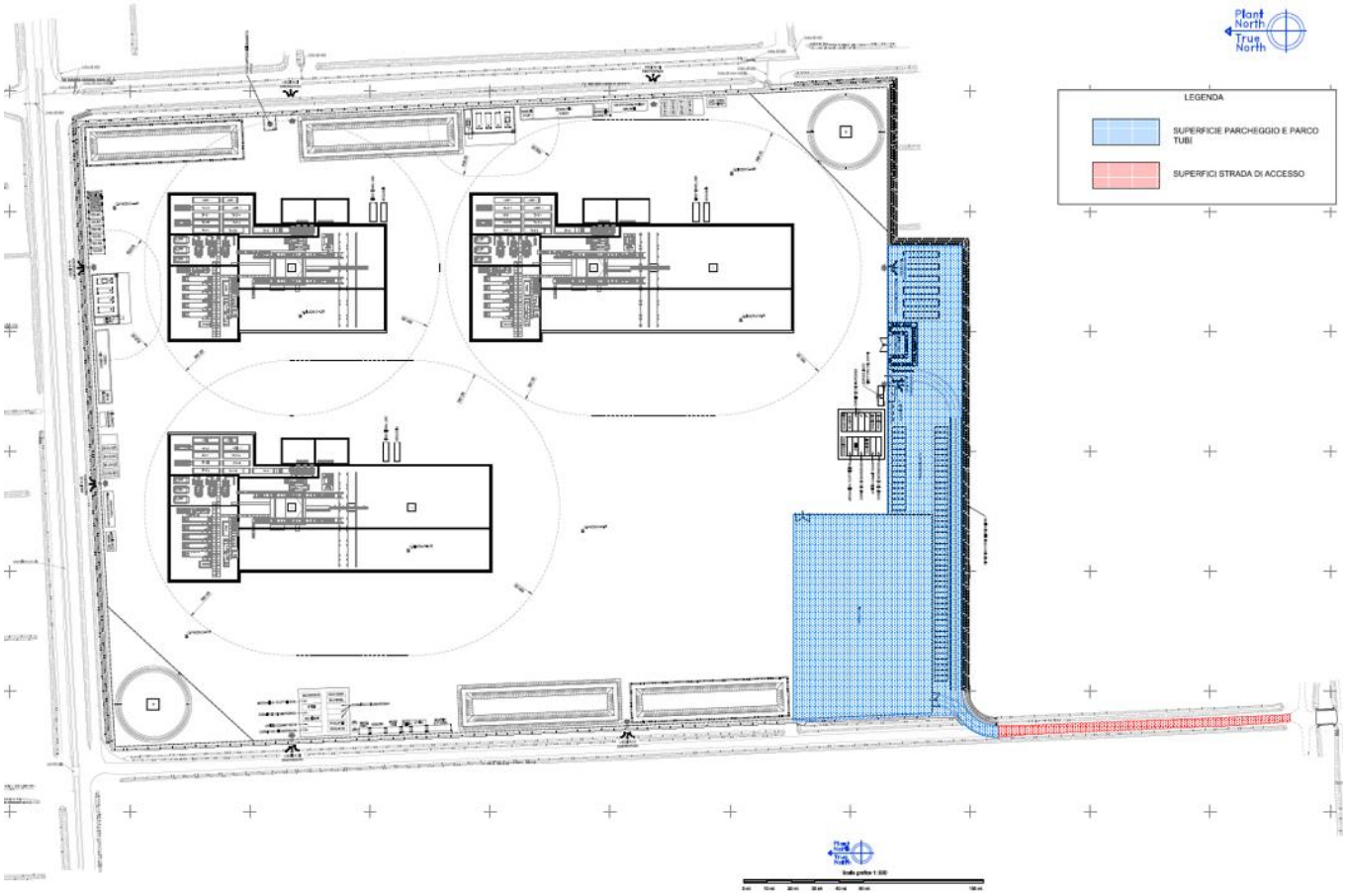


Fig. 15. Layout di cantiere e strada di accesso
(estratto fuori scala da tav. Layout generale di progetto strada d'accesso all'area pozzi)

7.3.4 Operazioni di perforazione (punti 2, 3, 4, 5, 6 e 7 del programma dei lavori)

Il progetto prevede la perforazione di 3 pozzi di presa (Cv4-Cv5 e Cv6) e 3 pozzi di resa per la re-iniezione del fluido geotermico all'interno dello stesso serbatoio geotermico di prelievo (Cv1-Cv2-Cv3 e opzionale Cv1-bis nel caso in cui non risulti possibile effettuare work-over sul pozzo esistente Cv1).

I pozzi, perforati secondo un asse deviato, con uno scostamento medio di circa 1,6 km rispetto alla verticale, raggiungeranno profondità massima di 6200 m sotto il piano campagna. Le traiettorie in pianta della deviazione dei pozzi fino al raggiungimento del target (dalla dolomia alle termometamorfositi di f.f. (per spessore minimo di 700 m) sono visibili in Fig. 13.

Nell'ordine saranno eseguiti i seguenti lavori:

- *punto 2) del programma dei lavori*: saranno allestite le postazioni dei 2 rig di perforazione che lavoreranno in contemporanea;

- *punto 3) del programma dei lavori*: sarà eseguito l'intervento di workover sul pozzo esistente Cv1 e contemporaneamente inizierà la perforazione del pozzo Cv4:

- *punto 4) del programma dei lavori*: sarà eseguita la perforazione del pozzo Cv3 e contemporaneamente la perforazione del pozzo Cv6. Successivamente sarà eseguito il Well Testing sul doppietto di pozzi con prove di produzione e di reimmisione del fluido geotermico

- *punto 5) del programma dei lavori*: sarà eseguita la perforazione del pozzo Cv2 e contemporaneamente la perforazione del pozzo Cv5. Successivamente sarà eseguito il Well Testing sul doppietto di pozzi con prove di produzione e di reimmisione del fluido geotermico. A seguire sarà effettuato il demob di un rig di perforazione;

- *punto 6) del programma dei lavori (opzionale):* in caso esito non favorevole del workover del pozzo esistente Cv1, sarà eseguita la perforazione del pozzo Cv1bis e successivamente eseguito il well testing con il pozzo Cv4;

- *punto 7) del programma dei lavori:* saranno completati i lavori di perforazione es eseguito il demob anche del secondo rig di perforazione, con ripristino dell'area propedeutico alla realizzazione della centrale geotermica.

Riportiamo a seguire una descrizione schematica relativa alle attività di perforazione rimandando, per tutti i dettagli relativi ai singoli pozzi geotermici, agli elaborati specialistici allegati alla istanza di VIA ("Programma pozzo").

7.3.4.1 La postazione

I pozzi geotermici saranno realizzati, per motivi di sicurezza, con un rig di perforazione della capacità di perforazione di 9000 m di profondità del tipo EMSCO C3/DRILLMEC MAS8000 della PERGEMINE, e attraverserà le varie formazioni geologiche secondo un preciso programma tecnico redatto per ciascun pozzo previsto. La realizzazione delle postazioni di perforazione seguiranno le indicazioni riportate al paragrafo 7.2.2.

7.3.4.2 Tecnica di perforazione

Nella perforazione di un pozzo si presenta la necessità di realizzare due operazioni: vincere la resistenza del materiale (roccioso e non) in cui si opera e rimuovere il materiale frantumato per poter avanzare nella perforazione.

La tecnica maggiormente utilizzata nel campo delle perforazioni esplorative profonde è quella della rotazione con circolazione diretta di fluidi.

Uno scalpello rotante perfora i terreni e la roccia e il movimento viene trasmesso allo scalpello da una serie di aste cave (batteria) che viene allungata con l'approfondimento del pozzo. Le rocce così triturate in frammenti (cutting) vengono portate in superficie da un flusso di fango (fluido di perforazione) inserito attraverso le aste e lo scalpello. Il fluido di perforazione ha anche la funzione di mantenere stabile il perforo, di raffreddare gli utensili e formare un pannello di protezione impermeabile sulle pareti.

Si specifica che, in caso ci siano livelli di acqua che consentano l'esecuzione di una perforazione a circolazione inversa, si procederà con il metodo a circolazione inversa.

Il foro, una volta eseguito, viene rivestito con tubi metallici (casing) uniti fra di loro da apposite guarnizioni. In tal modo vengono isolati i diversi strati rocciosi attraversati. Il raggiungimento dell'obiettivo minerario avviene pertanto attraverso la perforazione di un foro con diametro via via inferiore (fasi della perforazione) e protetto dal casing e dalle cementazioni anulari tra casing e perforo. I principali parametri che condizionano la scelta delle fasi (profilo del pozzo) sono:

- profondità del pozzo;
- caratteristiche litologiche degli strati rocciosi da attraversare;
- andamento della pressione dei pori.

Durante la perforazione di un pozzo è di estrema importanza acquisire il maggior numero possibile di informazioni geologiche, per ricostruire la colonna litostratigrafica dei terreni attraversati e accertare la presenza o meno di manifestazioni gassose di interesse. Viene previsto, all'interno del cantiere, l'allestimento di un laboratorio geologico dove verrà effettuata un'analisi dei cuttings portati in superficie dal fango di perforazione e delle manifestazioni di gas messe in evidenza da particolari strumenti (gas detector e apparecchio a fluorescenza).

7.3.4.3 Impianto di perforazione

Le postazioni di perforazione si sviluppano secondo lo schema e le descrizioni proposte al paragrafo 7.2.2.

All'interno delle stesse aree, l'impianto di perforazione avrà situato nelle immediate vicinanze:

- una zona motori per la produzione di energia, con accoppiamento meccanico, o con generatori per la produzione di energia elettrica, a seconda del tipo di impianto tutte posizionate sopra un'unica piattaforma di misto cementato;
- una zona destinata alle attrezzature per la preparazione, lo stoccaggio, il trattamento e il pompaggio del fango;
- una zona dedicata al parco tubi (aste di perforazione stoccaggio casing) anch'essa impermeabile secondo le modalità costruttive indicate precedentemente.

L'impianto deve assolvere essenzialmente a tre funzioni:

- sollevamento, o più esattamente manovra, degli organi di scavo (batteria, scalpello);
- rotazione degli stessi;
- circolazione del fango di perforazione

Negli impianti diesel-elettrici, tali funzioni sono svolte da sistemi indipendenti, che ricevono l'energia da un gruppo motore comune accoppiato con generatori di energia elettrica.

Un impianto di perforazione tradizionale è costituito da (Fig. 16):

- Torre di perforazione (derrick o mast) o in alternativa macchina autocarrata con top-drive;
- Argano;
- Sistema di vasche e pompe per il fango;
- Attrezzatura di perforazione (aste e scalpelli)
- Motori

Un impianto tipico e tecnicamente aggiornato è del tipo autocarrato idraulico costituito da un mast idraulico telescopico nel quale la rotazione viene impressa alla testa della colonna di aste (top drive), senza quindi l'uso di asta quadra e tavola rotary. Le aste vengono collocate frontalmente alla torre di perforazione in maniera da rendere agevole il loro montaggio e smontaggio sulla batteria in perforazione. A seconda della profondità e delle caratteristiche dei terreni incontrati vengono utilizzati oltre agli scalpelli di varie dimensioni anche aste pesanti per controllare la verticalità del perforo ed alesatori per centrare la batteria di aste.

Le caratteristiche generali dell'impianto, bop stack e dotazioni di sicurezza per l'impianto tipo da utilizzare nella perforazione dei pozzi geotermici di progetto sono quelle schematizzate in tabella sottostante.

VOCE	
Contrattista	**PERGEMINE**
Nome Impianto	Drillmec Mas8000
Codice Impianto	Rig 18
Tipo Impianto	Diesel Electric ac/ac w/vfd unit
Tavola Rotary / Piano Campagna	12.20 m (40-ft)
Distanza Sotto Rotary Beam	10.30 m (34-ft)
Mast	Drillmec 152ft 910ton (2.000.000 lbs) shl
Potenza Totale Installata	5x1200hp/cad=6000hp (7500kVA)
	N° 5 Caterpillar D399 w/Kato 6P6-3150 – 1500kva
	Un (1) gruppo elettrogeno d'emergenza
	300kVA
Potenza Argano	3000hp
Tipo di Argano	Mas8000-GD
Potenzialità Impianto con DP 5"	9000m
Tipo Top Drive System	Drillmec ETD500 (500t) – 7500psi
Tavola Rotary	DRM-375 37.5" – 650ton
Pressione di esercizio Stand Pipe	7500psi
Pompe Fango	Garden Denver PZ11 – 1600hp – 7500psi
Diametro camicie disponibili	6.½-in; 6-in; 5.½-in
Vibrovagli	N° 4 Swaco MD-2 shaker w/Mud cleaner
Degasser Unit	Swaco CD-1400
Capacità totale Vasche Fango	450 mc
Capacità stoccaggio Acqua Industriale	130 mc
Capacità stoccaggio Gasolio	80 mc
Capacità stoccaggio Barite	100 mc
Capacità stoccaggio Cemento	n/a

Tabella 4. Caratteristiche generali dell'impianto, bop stack e dotazioni di sicurezza

Fig. 16. Impianto perforazione tipo DRILLMEC MAS8000 (fonte: sito PERGEMINE)

7.3.4.4 Fluidi di perforazione

Le principali funzioni dei fanghi di perforazione sono:

- sollevamento e rimozione dei solidi dallo scalpello di perforazione alla superficie,
- permettendone la successiva separazione;
- raffreddamento e pulizia dello scalpello di perforazione e del foro;
- riduzione della frizione tra le aste di perforazione e le pareti del foro, ossia la lubrificazione dello scalpello e della batteria di perforazione;
- prevenzione dell'ingresso di fluidi o acqua dalle rocce permeabili perforate o perdita di fluido attraverso di esse;
- mantenimento della stabilità delle sezioni del foro scoperto non ancora tubato prevenendone il collasso;
- formazione di un sottile pannello di solidi poco permeabile, necessario a ridurre l'invasione del fango nella formazione perforata;

- raccolta dei dati geologici della formazione attraversata, per mezzo dell'analisi dei solidi (cuttings) rimossi.

Inoltre, un fluido di perforazione è di vitale importanza per:

- velocità di perforazione;
- costo;
- efficienza;
- sicurezza delle operazioni.

Il fluido di perforazione deve:

- non essere pericoloso per il personale;
- non essere pericoloso per l'ambiente;
- non corrodere o causare danno alle apparecchiature di perforazione;
- evitare il danneggiamento della formazione produttiva e la conseguente riduzione della produttività.

Le proprietà colloidali necessarie per mantenere in sospensione i detriti e per costituire un pannello di rivestimento sulle pareti del pozzo al fine di evitare filtrazioni o perdite di fluido in formazione, vengono fornite da speciali argille (bentonite) e vengono esaltate da particolari prodotti come additivi consentiti in perforazione dalla normativa vigente. Gli appesantimenti dei fanghi di perforazione servono a dare ai fanghi stessi la densità opportuna per controbilanciare con carico idrostatico l'ingresso di fluidi in pozzo; di impiego comune è il solfato di bario nei casi di sovrappressioni che richiedono maggiori pesi specifici. Il tipo di fango (e dei suoi componenti chimici) dipende principalmente dalle rocce da attraversare durante la perforazione e dalla temperatura. Una scelta sbagliata del fango di perforazione può ad esempio provocare franamenti del foro o danni alle formazioni produttive (giacimento).

Fanno parte del circuito del fango:

- pompe di mandata;
- condotte di superficie rigide e flessibili;
- manifold;
- testa di iniezione;
- batteria di perforazione;
- intercapedine tra le pareti del pozzo e le aste;
- sistema di trattamento solidi (vibrovaglio, desander e desilter);
- vasche del fango (fuori terra);

- miscelatori per la formazione del fango
- vascone di stoccaggio dei detriti di perforazione;
- area di stoccaggio della bentonite e barite in sacchi pronta all'uso;
- sistema di alimentazione acqua dal pozzo uso cantiere;
- vasca stoccaggio acqua.

7.3.4.5 Pompe

Le pompe a pistoni forniscono al fango l'energia necessaria a vincere le perdite di carico nel circuito.

Le camicie (e di conseguenza i pistoni) sono intercambiabili in modo da poter variare portata e pressione; i diametri sono dell'ordine di 4"-8" e la corsa di 8"-14".

A causa del funzionamento alternativo, portata e pressione sono pulsanti. Queste oscillazioni sono deleterie per il circuito del fango e per l'efficienza della pompa: si installa perciò sulla tubazione di mandata un ammortizzatore pneumatico che livella la pressione nel tempo. I parametri idraulici variabili per ottimizzare le condizioni di perforazione sono la portata e il diametro delle duse. Vengono variate quindi la velocità e le perdite di carico attraverso lo scalpello e la velocità di risalita del fango nell'intercapedine. Tali parametri sono in funzione del diametro e del tipo di scalpello, del tipo di fango e di roccia perforata.

7.3.4.6 Condotte di superficie - Manifold - Vasche

Le condotte di superficie, assieme ad un complesso di valvole posto a valle delle pompe (manifold), consentono di convogliare il fango per l'esecuzione delle funzioni richieste.

Nel circuito sono inserite diverse vasche a completa tenuta stagna, alcune contenenti una riserva di fango per fronteggiare improvvise necessità derivanti da perdite di circolazione per assorbimento del pozzo, altre con fango pesante per contrastare eventuali manifestazioni improvvise nel pozzo.

7.3.4.7 Sistema di trattamento solidi

Queste apparecchiature (vibrovaglio, desilter, desander, ecc.), disposte all'uscita del fango dal pozzo, separano il fango stesso dai detriti di perforazione: questi ultimi vengono accumulati in un'area idonea, che è costituita da uno scarrabile appositamente attrezzato.

7.3.4.8 Tecniche di tubaggio e di protezione delle falde idriche cementazioni speciali

Una delle principali componenti ambientali che vengono interessate dalle operazioni di perforazione è sicuramente l'assetto idrogeologico degli acquiferi attraversati dalla perforazione. Non è infrequente, infatti, trovarsi in condizione di elevata vulnerabilità idrogeologica, e, maggiore è la permeabilità dell'acquifero, maggiore è la possibilità di migrazione in formazione del fluido di perforazione talora con perdite di circolazione.

Con l'approfondimento del foro le pareti del pozzo verranno rivestite con colonne d'acciaio (casing) cementate alle pareti del foro stesso. Numerose sono le tecniche di cementazione e di controllo della cementazione. Questo procedimento permette di isolare completamente dalle operazioni le eventuali falde idriche e di assicurare la stabilità del foro con il progredire della perforazione.

La cementazione dei casings rappresenta una delle più importanti ed impegnative operazioni per la realizzazione ed il completamento del pozzo.

La buona riuscita della cementazione degli annulus tra casing interno ed esterno e tra casing esterno e formazione, oltre ad assicurare il sostegno meccanico di quest'ultima, dovrà assicurare il sigillamento totale ad infiltrazioni di fluidi.

In definitiva, la cementazione serve a:

- formare una camicia che, legata al terreno, sostenga il peso della colonna a cui aderisce e di eventuali altre colonne gravanti su questa;
- proteggere la colonna da corrosioni esterne, da schiacciamenti e da rotture;
- isolare, alle spalle delle colonne, gli strati a pressione o a mineralizzazione diverse,
- ripristinando la separazione fra le formazioni che esisteva prima dell'esecuzione del foro.
- In generale due sono i casi che possono verificarsi:
- formazione permeabile per porosità: verrà impiegato un fango ad alta viscosità che in breve tempo impermeabilizza il foro; successivamente il foro viene cementato a giorno;
- formazione permeabile per fratturazione: il fango deve avere un alto potere intasante e quindi alta viscosità ed anche densità, vengono impiegati quindi maggiori percentuali di bentonite allo scopo di riempire le fratture. Anche in questo caso il foro viene cementato a giorno.

Da quanto illustrato e comunque in relazione alle caratteristiche stratigrafiche dell'area scelta per le perforazioni sulla base della successione stratigrafica nota, rimandando per i dettagli agli specifici elaborati prodotti per i singoli pozzi geotermici, riportiamo di seguito il programma di tubaggio di un pozzo di presa (Fig. 17).

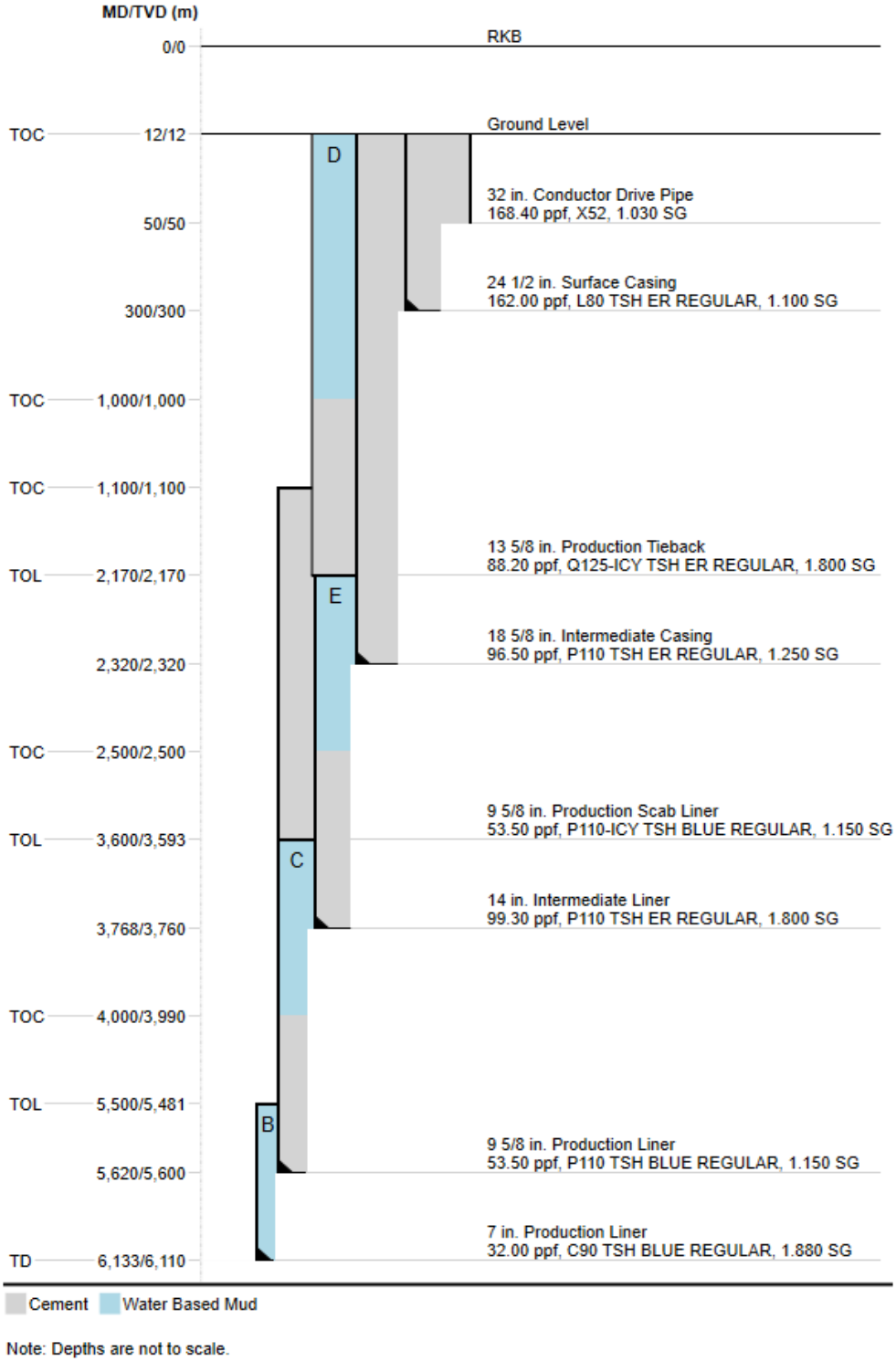


Fig. 17. Schema profilo colonne pozzo geotermico di presa

- CP 32” in fisso a m 50 circa, la quota dipende da quanto si riuscirà ad infiggere;
- Foro da 28” per csg superficiale da 24.½” a 300 m circa;

- Foro da 23” e CSG intermedio da 18.⅝” a 2320 m TVD/MD Con questo foro si attraverseranno tutte le Sabbie di Asti e la Porto Garibaldi in modo da escludere tutte le possibili falde acquifere ed avere a disposizione un gradiente di fratturazione idoneo per la fase successiva;
- Foro da 17.½” per Liner intermedio 14” e reintegro con csg 13.⅝”, di produzione, a 3760 m TVD (m 3768 MD). in questa fase è previsto lo sviluppo di gradiente dei pori sino a valori di circa 1.7 kg/cm2/10m con il rientro a gradiente di circa 1.1-1.2 kg/cm2/10m a fine fase. Il foro sarà verticale fino a circa 2400m da dove si inizierà a deviare;
- Foro da 12.¼” per Liner e “scab liner” di reintegro, di produzione, con csg 9.⅝” a 5610m TVD (5630 m MD). La testa dello “scab liner” di reintegro è prevista a circa 1100m. La scarpa verrà posizionata al top della formazione “Non Definita” obiettivo del sondaggio. La profondità di questa scarpa è puramente indicativa e potrà subire variazioni a seconda del riconoscimento del top dell’obiettivo;
- Foro da 8.½” per eventuale Slotted Liner da 7” a TD prevista a 6110m TVD (6133 m MD).

Preme sottolineare nuovamente che l’adozione di più avampozzi cementati in risalita garantirà l'isolamento tra le formazioni attraversate e la superficie. L'attesa per la presa del cemento non sarà inferiore alle 24 ore, per ogni discesa casing, prima di riprendere le operazioni di perforazione.

7.3.4.9 Apparecchiature di sicurezza (blow-out preventer e sensori gas)

In fase di realizzazione di ogni pozzo sarà installato il dispositivo di sicurezza blow-out preventer (B.O.P.) del tipo:

- Diverter System per Fase 28”;
- BOP System per Fase 23”;
- Bop Stack per fase 17 ½ ;
- BOP stack per fasi 12.¼”, 8.½”;

Le apparecchiature di sicurezza (blow-out preventer- B.O.P.) sono di due tipi fondamentali (a ganasce o anulare) e il loro compito è quello di chiudere il pozzo, sia esso libero che attraversato da attrezzature (aste, casing, etc.).

In tutti i casi di kick, una volta chiuso il pozzo con i B.O.P., si deve ripristinare una condizione di normalità, controllando la fuoriuscita del fluido in foro e ricondizionando il pozzo con un fango con caratteristiche adatte. Esistono allo scopo particolari procedure operative e sono predisposti piani di emergenza (DSS).

A seguito dell'installazione sia del B.O.P. saranno eseguiti test di tenuta con appositi manometri ed i risultati saranno appuntati sul giornale di sonda da parte del Direttore Responsabile.

7.3.4.10 Esecuzione logs geofisici in foro e campioni di roccia e di acqua geotermica.

Per verificare le caratteristiche stratigrafiche, la presenza di fluidi di interesse in fase di perforazione e la permeabilità delle formazioni attraversate ed acquisire utili informazioni sul giacimento e sul corretto posizionamento in zone impermeabili delle cementazioni degli avampozzi di protezione saranno eseguiti logs geofisici e prelievo di roccia e di campioni di acque in foro tramite ditte specializzate. I suddetti logs saranno eseguiti come da programma di perforazione specifico per i singoli pozzi, a carattere generale, prima di ogni tubaggio e quindi prima di ogni avampozzo e delle cementazioni.

2.3.4.11 Completamento pozzi e Prove di produzione

Il completamento di ogni pozzo verrà eseguito con la semplice discesa del tubo di produzione (size 9.⅝"), collegato solidalmente ad una pompa elettrica sommersa che garantirà la portata necessaria e assicurerà che la pressione del fluido geotermico non scenda al di sotto del punto di bolla. La discesa del completamento avverrà una volta terminate le operazioni di perforazione del foro scoperto e l'eventuale discesa di uno slotted liner, volta a garantire l'integrità del foro nel tempo. Prima di eseguire la discesa della pompa ESP, all'interno della sezione 13.⅝", sarà necessario assicurare la pulizia del pozzo mediante l'utilizzo di scrapers per l'eliminazione dei residui di cementazione e delle impurità. I fluidi utilizzati per la perforazione saranno spiazzati con brine pulito di peso opportuno. Le operazioni di discesa della pompa sommersa e del cavo di alimentazione dovranno seguire le procedure di installazione della società specializzata selezionata per le attività previste.

La discesa della pompa sommersa avverrà dopo il completamento delle fasi di perforazione al fine di garantire la possibilità di testare il pozzo.

Le prove di produzione saranno realizzate a seguito della perforazione del primo doppietto di pozzi, allo scopo di poter re-iniettare immediatamente il fluido geotermico estratto. Tale sistema offre i vantaggi di eliminare qualsiasi emissione in atmosfera (non saranno necessarie le specifiche autorizzazioni) e di poter mantenere il fluido sopra la pressione di bolla evitando precipitazioni di sali che potrebbero dar luogo a scales in pozzo e nelle condotte di superficie. Le prove di produzione sui pozzi avranno i seguenti obiettivi:

- determinare le caratteristiche produttive del pozzo;

- confermare la composizione chimica del fluido.
- confermare la potenzialità del serbatoio, allo scopo di definirne le possibilità di sviluppo, in termini di numero dei pozzi da perforare.

Le prove di produzione verranno effettuate a gradini e si protrarranno per circa 12 ore. Saranno realizzate attraverso l'esecuzione di 4 scalini da 3 ore ciascuno a portate variabili: q1 = 30 l/s, q2= 50 l/s, q3= 80 l/s, q4= 150 l/s. Viene stimata una produzione di circa 3350 m3 di acqua che sarà reiniettata nel pozzo iniettore gemello alle stesse portate di produzione, previa autorizzazione ai sensi dell'art. 104, comma 2 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Successivamente, trascorsi circa 10 giorni, sarà realizzata la prova di lunga durata, protratta per un tempo di circa 40 ore ad una portata costante di circa 150/170 l/sec. In tal modo sarà prodotto un quantitativo di acqua di circa 21600 mc; La re-immissione sarà costantemente monitorata per la verifica delle pressioni di iniezione che dovranno restare al di sopra della pressione di bolla, se necessario mediante l'ausilio di una pompa triplex in superficie, ma che non dovranno superare la pressione di fratturazione della formazione il cui limite verrà estrapolato dai dati raccolti durante la perforazione dei pozzi. Durante la prova il fluido sarà re-immesso nella medesima falda di prelievo, previa autorizzazione ai sensi dell'art. 104, comma 2 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i..

7.3.5 Realizzazione della centrale geotermica (punto 8 del Programma dei Lavori)

Il progetto in questione prevede la costruzione di un impianto geotermoelettrico, costituito dalla rete di trasporto dei fluidi geotermici, da una centrale a ciclo binario, con potenza netta di 20.5 MWe e la costruzione di una cabina di trasformazione, e la realizzazione di fondazione a supporto delle apparecchiature dell'impianto.

- Il progetto prevede, nello specifico, la realizzazione delle seguenti opere civili:
- viabilità di accesso e viabilità interna all'impianto;
- opere di fondazione per gli apparecchi di processo quali preriscaldatori, evaporatori, serbatoi del fluido di processo e condensatori ad aria;
- costruzione dell'edificio elettrico;
- centrale geotermica a ciclo binario.

Saranno altresì realizzate tutte le opere a servizio dell'area, quali impianti tecnologici, regimazione e trattamento delle acque dilavanti, opere di sostegno ove necessarie.

L'area occupata dalla centrale geotermoelettrica a ciclo binario è pari a circa 15000 mq ed è prevista sul nuovo rilevato da realizzarsi per lo sviluppo delle fasi di trivellazione dei pozzi (come descritto al paragrafo 2.2.2), ed in posizione il più vicino possibile alle postazioni di perforazione in modo da minimizzare le opere di tipo impiantistico necessarie al trasporto dei fluidi geotermici dalle teste pozzo alla centrale di produzione di energia.

L'area si sviluppa in un unico livello dove hanno sede tutti gli equipments necessari al funzionamento dell'impianto.

L' ingresso alla centrale avviene, grazie alla nuova viabilità, da sud-ovest che verrà realizzata insieme alle opere di costruzione previste per le postazioni di perforazione.

Per quanto riguarda le pavimentazioni, il piazzale di manovra sarà rifinito in stabilizzato di cava, mentre l'area specifica della centrale verrà realizzata con cemento di tipo ecologico.

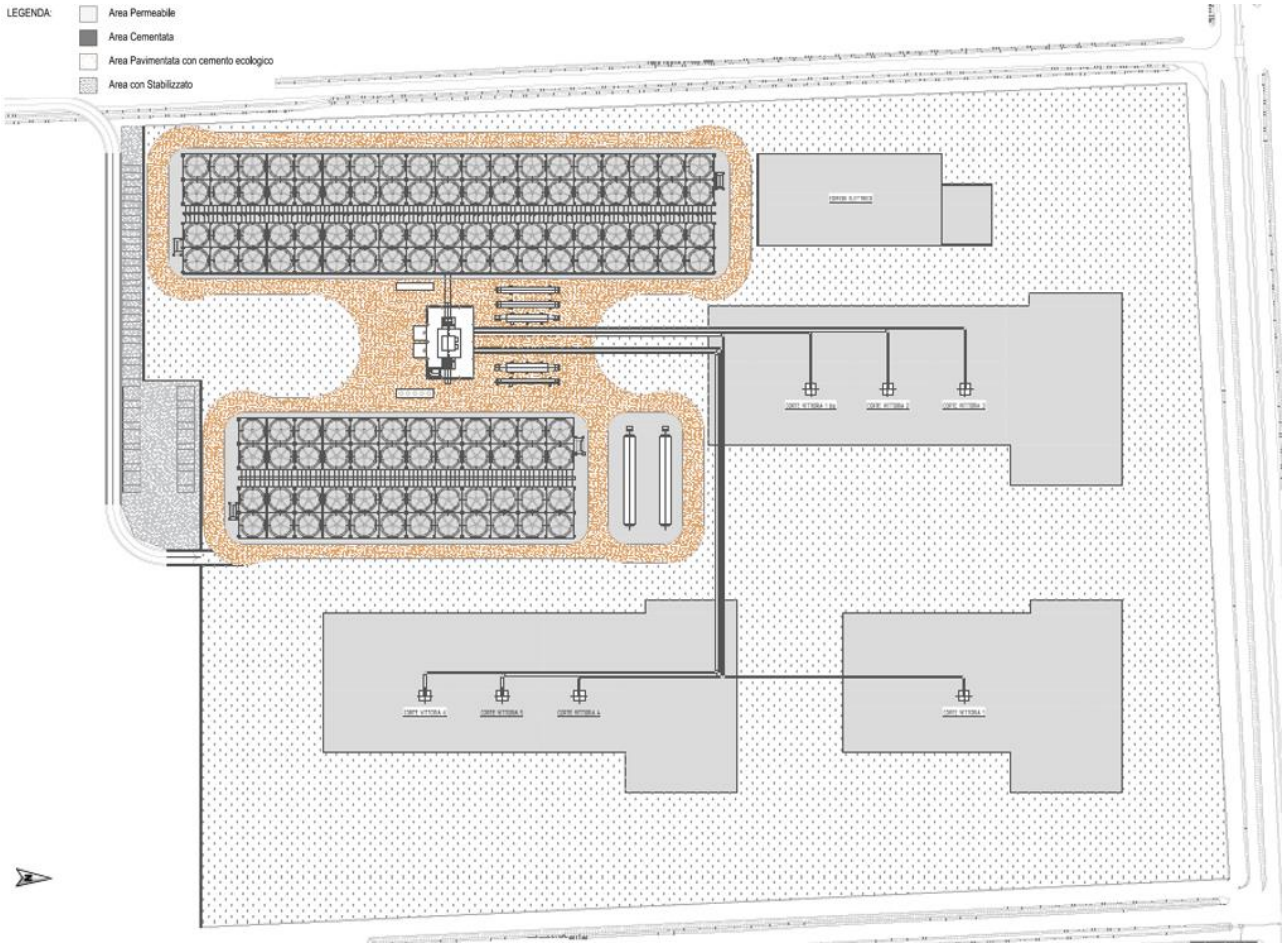


Fig. 18. Layout generale impianto geotermico (estratto fuori scala da tav. Impianto geotermico layout generale di impianto)

Sostanzialmente, le attività principali sono da ricondursi a:

- infissione dei pali in calcestruzzo armato di sezione circolare con diametro variabile tra i 300 mm e i 500 mm e lunghezza massima di 25 m;
- realizzazione di fondazioni macchine;
- getto di cemento biologico;
- realizzazione dei fabbricati della centrale e per l'edificio elettrico e cabina di trasformazione;
- Realizzazione scavi a sezione ristretta per canalette di drenaggio;
- Realizzazione del sistema fognario e del trattamento delle acque di prima pioggia.

7.3.6 Opere di connessione alla rete (punto 9 del Programma dei Lavori)

Una volta messa in esercizio la centrale, l'energia elettrica prodotta sarà immessa in rete. Nello specifico, il collegamento alla RTN necessita della realizzazione di una Cabina MT/AT di utenza, ubicata nel Comune di Jolanda di Savoia, che serve ad elevare la tensione di impianto di 11 kV al livello di 36 kV, per il successivo collegamento alla sezione 36 kV della futura stazione di Rete 380/132/36kV di Codigoro, ubicata a circa 18 km dalla suddetta Cabina di utenza (vedi **Errore. L'origine riferimento non è stata t rovata.**). Il Tracciato interesserà i territori comunali di Jolanda di Savoia, Fiscaglia e Codigoro.

Nella definizione dell'opera sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato sia per occupare la minor porzione possibile di territorio, sia per non superare certi limiti di convenienza tecnico economica;
- mantenere il tracciato del cavo il più possibile all'interno delle strade esistenti, soprattutto in corrispondenza dell'attraversamento di nuclei e centri abitati (ove presenti), tenendo conto di eventuali trasformazioni ed espansioni urbane future;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse e isolate, rispettando le distanze minime prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare l'interferenza con le eventuali zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- Inoltre, per quanto riguarda l'esposizione ai campi magnetici, in linea con il dettato dell'art. 4 del DPCM 08-07-2003 di cui alla Legge. n° 36 del 22/02/2001, i tracciati sono stati progettati tenendo conto dell'obiettivo di qualità di 3 µT.

I cavi utilizzati saranno del tipo unipolare ad isolamento solido estruso con conduttori di rame, aventi una sezione nominale di 630 mm^2. Le caratteristiche dei suddetti cavi sono riportate nella figura seguente.

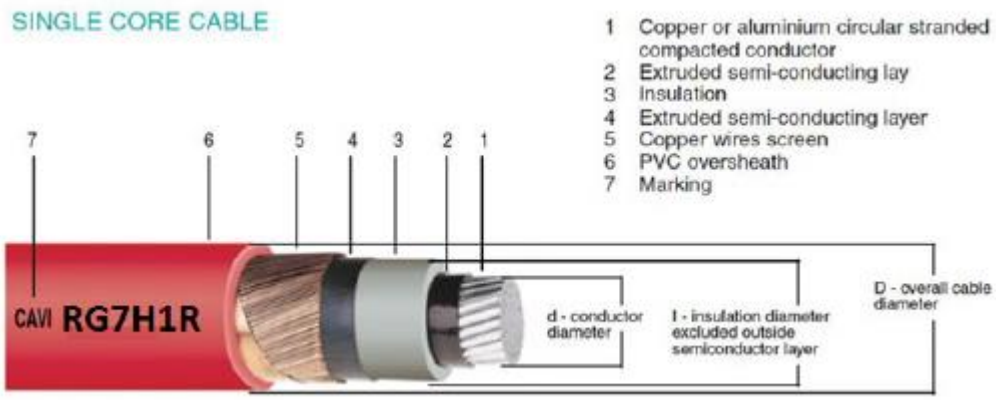


Fig. 19. Caratteristiche cavi unipolari

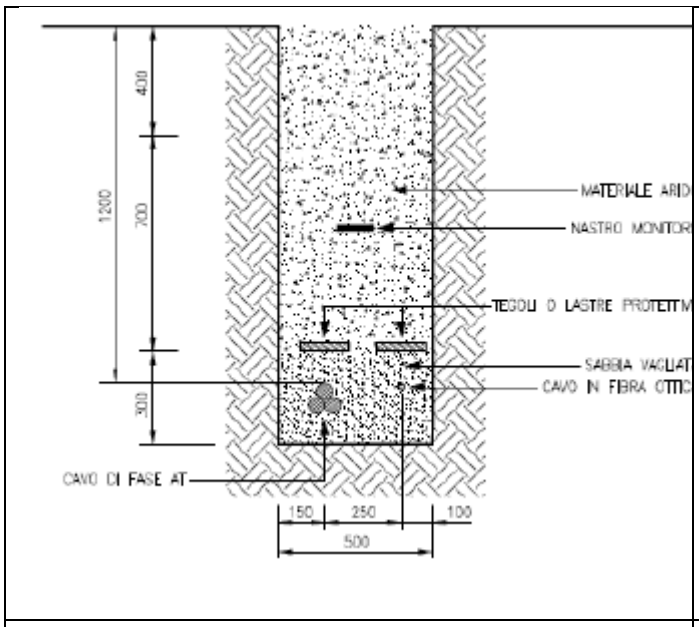
I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea alla profondità dell'ordine di 1.5 m, con disposizione delle fasi a trifoglio.

Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati.

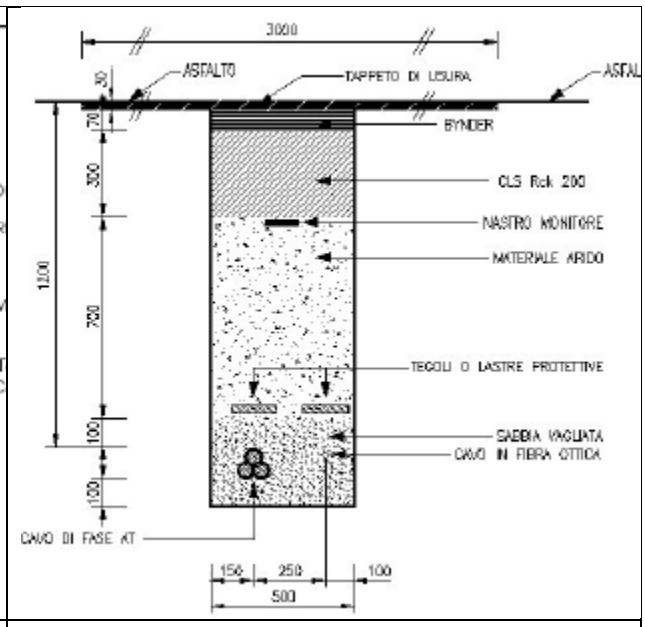
Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento 'mortar'.

Gli attraversamenti di eventuali opere interferenti saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17.

Di seguito una sezione tipo di installazione dei cavi su strade asfaltate o su strade sterrate.



Tipici di posa cavi AT (strade sterrate)



Tipici di posa cavi AT (strade asfaltate)

Per i dettagli progettuali rimandiamo all'elaborato specialistico "Opere di connessione alla rete – relazione tecnica di progetto elettrico".

7.3.7 Sfruttamento risorsa e produzione di energia elettrica (punto 10 del Programma dei Lavori)

Al termine dei lavori di realizzazione dell'impianto geotermico (circa 3 anni dal rilascio delle autorizzazioni), potrà iniziare l'utilizzazione della risorsa geotermica e la centrale geotermica a zero emissioni entrerà in funzione per la produzione di energia elettrica che si protrarrà per un periodo di 30 anni (durata della concessione geotermica)

7.3.8 Operazioni di ripristino dell'area e sistemazione finale al termine della Concessione (punto 11 del Programma dei Lavori)

Un anno prima del termine del periodo di Concessione, la Società presenterà opportuno piano di ripristino ambientale per lo smantellamento centrale, chiusura mineraria dei pozzi e ripristino piazzale con smantellamento massicciata e ripristino a terreno agricolo dell'area oppure potrà essere presentata richiesta di rinnovo della concessione, come indicato dal D.Lgs 22/2010.

Sinteticamente, gli interventi in caso di ripristino ambientale e riqualificazione paesaggistica possono essere schematizzati come segue:

- Demolizione e smantellamento centrale geotermica;
- Chiusura mineraria dei pozzi geotermici con tappi di cemento e bridge plug opportunamente dimensionati per i singoli pozzi;
- Rimozione della massicciata della postazione di progetto;
- Messa in posto del suolo vegetale, con ripristino delle caratteristiche dello stato edafico compromesso dalle attività antropico; e ripristino a suolo agricolo (risaia).

7.3.9 Monitoraggio ambientale (punto 12 del Programma dei Lavori)

Dal rilascio della concessione, prima dell'inizio lavori (ex ante), per tutta la durata della concessione (in itinere ed ex post) sarà messo in atto un monitoraggio ambientale di tipo geodinamico (sismicità e subsidenza), dei suoli, delle acque superficiali e sotterranee e del rumore.

Per i dettagli del monitoraggio ambientale proposto si rimanda agli specifici elaborati allegati all'istanza di VIA (SIA e monitoraggio geodinamico).

7.4 Durata delle attività e cronoprogramma

Le attività in progetto saranno realizzate secondo la tempistica a seguire.

- sono stimati 2 mesi per la realizzazione delle opere civili legate alle postazioni di perforazione, parcheggio strada di accesso;

- Ulteriori 2 emesi per l'allestimento delle postazioni e mob di due rig di perforazione che lavoreranno in contemporaneo sul sito;
- la durata delle perforazioni, incluso il well testing di ogni doppietto, è stata stimata di circa 5 mesi cad. Si parla quindi di un minimo di 15 mesi di perforazione (in caso il workover del pozzo Cv1 vada a buon fine) ad un massimo di 20 mesi (nel caso debba essere perforato il pozzo opzionale Cv1 bis). Il cantiere di perforazione lavorerà h24 con opportuni turni per il personale specializzato;
- al termine delle attività di perforazione, sono stimati 2 mesi per la fine lavori di perforazione, demob del rig di perforazione e ripristino postazioni di perforazione (per poter procedere alla costruzione della centrale geotermica);
- 12 mesi per la realizzazione della centrale geotermica a zero emissioni in atmosfera;
- 1 mese per la realizzazione del collegamento alla rete elettrica tramite cavo AT interrato;
- una volta messa in esercizio la centrale, lo sfruttamento della risorsa procederà per successivi 30 anni.
- entro 1 anno dal termine della Concessione sarà presentato o richiesta rinnovo concessione geotermica nel rispetto del D.Lgs 22/2010 oppure opportuno piano di ripristino ambientale per smantellamento centrale, chiusura mineraria dei pozzi e ripristino piazzale.

I tempi citati, riportati nel cronoprogramma allegato alla presente documentazione, si prevedono a partire dal rilascio del nulla osta ambientale e di tutte le autorizzazioni a procedere.
Riportiamo in Fig. 20 il cronoprogramma delle attività.

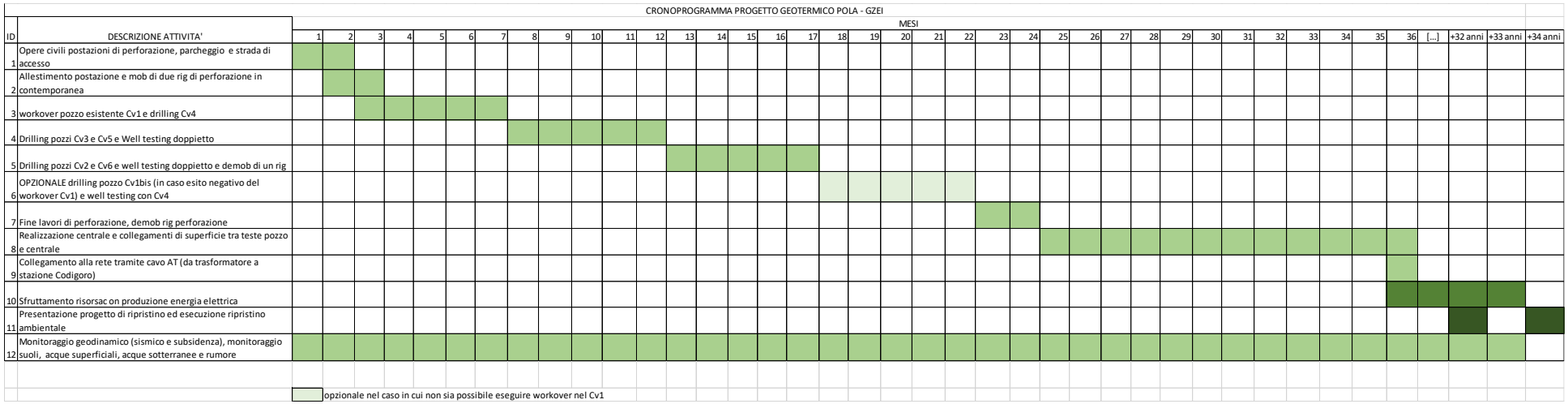


Fig. 20. Cronoprogramma

LUGLIO 2023

RICHIEDENTE:

Geotermia Zero Emission Italia Srl

Gruppo di lavoro:

Dott. Geol. Simone Fiaschi

Dott. Geol. Alessandro Murratzu

Collaboratori:

Dott. Geol. Laila Taddei

Dott. Geol. Alice Ciulli

8. BIBLIOGRAFIA

Amorosi A, Colalongo ML, Dinelli E., Lucchini F., Vaiani SC, Cyclic variations in sediment provenance from late Pleistocene deposits of the eastern Po Plain, Italy. Geol. Society of America, Spacial Paper 420, 2007.

Bally A. W., Catalano R., Oldow J.S., 1985. Elementi di tettonica regionale. Pitagora editrice, 290 pp., ISBN-13: 9788837103590.

Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi, 2008. The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology. Tectonophysics, doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014.

Bigi G., Cosentino D., Parotto M., Sartori R., Scandone P., 1992. Structural Model of Italy. Scale 1:500,000. In: Quaderni de La Ricerca Scientifica, vol. 114 (3), CNR.

Boccaletti M., Coli M., Eva C., Ferrari G., Giglia G., Lazzarotto A., Merlanti F., Nicolich R., Papani G., Postpischl D., 1985. Considerations on the seismotectonics of the Northern Apennines. Tectonophysics, 117, 7–38.

Boccaletti M., Bonini M., Corti G., Gasperini P., Martelli L., Piccardi L., Severi P., Vannucci G., 2004. Carta sismotettonica della regione Emilia-Romagna, scala 1:250.000. Servizio geologico sismico e dei suoli, Regione Emilia-Romagna. http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/geologia/carta-sismotettonica-della-regione-emilia-romagna-in-scala-1-250.000.

Boccaletti M., Corti G., Martelli L., 2011. Recent and active tectonics of the external zone of the Northern Apennines (Italy). Int. J. Earth Sci. (Geol Rundsch), 100, 1331–1348, doi 10.1007/s00531-010-0545-y.

Burrato P., Ciucci F., Valensise G., 2003. An inventory of river anomalies in the Po Plain, Northern Italy: evidence for active blind thrust faulting. Ann. Geophys., 46, 865-882.

Caciagli M., Camassi R., Danesi S., Pondrelli S., Salimbeni S., 2015. Can We Consider the 1951 Caviaga (Northern Italy) Earthquakes as Noninduced Events? Seismol. Res. Lett. 86(5), 1-10, doi: 10.1785/0220150001.

Calderoni, G., R. Di Giovambattista, P. Burrato, G. Ventura 2009 A seismic sequence from Northern Apennines (Italy) provides new insight on the role of fluids in the active tectonics of accretionary wedges. Earth Planet. Sci. Lett., 10.1016/j.epsl.2009.02.015.

Carminati E., Scrocca D., Doglioni C., 2010. Compaction-induced stress variations with depth in an active anticline: Northern Apennines, Italy. J. Geophys. Res., 115, B02401, doi:10.1029/2009JB006395.

Cassano, E., Anelli L., Fichera R., Cappelli V., 1986. Pianura Padana. Interpretazione integrata di dati geofisici e geologici. Proc. 73° Meeting Società Geologica Italiana, Roma, 29 settembre - 4 ottobre 1986, 27 pp.

Castellarin, A., Eva C., Giglia G., Vai G.B., Rabbi E., Pini G.A., Crestana G., 1985. Analisi strutturale del Fronte Appenninico Padano. Giorn. Geol., 3a, 47/1-2.

Castello B., Selvaggi G., Chiarabba C., Amato A., 2006. CSI Catalogo della sismicità italiana 1981-2002, versione 1.1. INGV-CNT, Roma http://csi.rm.ingv.it.

CORREGGIARI A., ROVERI M. & TRINCARDI F. (1992) - Regressioni “forzate”, regressioni “deposizionali” e fenomeni di instabilità in unità progradazionali tardo-quaternarie (Adriatico centrale). Giornale di Geologia, 54 (1): 19-36.

Cuffaro M., Riguzzi F., Scrocca D., Doglioni C., 2011. Coexisting tectonic settings: the example of the southern Tyrrhenian Sea. International Journal of Earth Sciences, 100, 1915-1924, doi: 10.1007/s00531-010-0625-z.

Devoti, R., Riguzzi F., Cuffaro M., Doglioni C., 2008. New GPS constraints on the kinematics of the Apennines subduction, Earth Planet Sci. Lett., 273, 163–174, doi:10.1016/j.epsl.2008.06.031.

Di Dio G. & Caporale L. (1998) – Un modello fisico tridimensionale della conoide alluvionale del Fiume Reno per la gestione degli acquiferi e lo studio della subsidenza. In: Brighenti G. & Mesini E. (a cura di), Problemi di Geoingegneria: estrazione di fluidi e subsidenza, GEOfluid ’98, GEO-GRAPH, Segrate (MI): 67-76.

Di Dio G., Lasagna S., Preti D. & Sagne M. (1997a) – Stratigrafia dei depositi quaternary della Provincia di Parma. Boll. Soc. Paleont. Ital., 35: 181-189.

Di Dio G., Lasagna S., Preti D. & Sagne M. (1997b) – Carta geologica dei depositi quaternary della Provincia di Parma. Il Quaternario, 10(2):443-450.

DISS Working Group, 2015. Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. http://diss.rm.ingv.it/diss/, © INGV 2015 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, doi:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.0.

Doglioni C., 1991. A proposal for the kinematic modelling of W-dipping subductions – possible applications to the Tyrrhenian-Apennines system. Terra Nova, 3, 423-434.

ERS, 2009. Studio multidisciplinare del sottosuolo dell'area di Rivara, Studio di impatto ambientale-Progetto Rivara, ERG Rivara Storage, 193 pp.

Fantoni R., Franciosi R., 2010. Tectono-sedimentary setting of the Po Plain and Adriatic foreland. Rend. Fis. Acc. Lincei, 21(Suppl 1), S197–S209, doi 10.1007/s12210-010-0102-4.

Ghielmi M., Minervini M., Nini C., Rogledi S., Rossi M., Vignolo A., 2010. Sedimentary and tectonic evolution in the eastern Po-Plain and northern Adriatic Sea area from Messinian to Middle Pleistocene (Italy). Rend. Fis. Acc. Lincei, 21 (Suppl 1), S131–S166, doi 10.1007/s12210-010-0101-5.

ISIDE Working Group (2015), Italian seismological instrumental and parametric database, http://iside.rm.ingv.it.

International Commission on Hydrocarbon Exploration and Seismicity in the Emilia-Romagna region (ICHESE), 2014. Report on the Hydrocarbon Exploration and Seismicity in Emilia Region, 213 pp., http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/unmig/agenda/upload/45_175.pdf.

ITHACA, 2015. Catalogo delle faglie capaci. http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci.

Locati M., Camassi R., Stucchi M. (Eds), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11, doi: 10.6092/INGV.IT-DBMI11.

Massoli, D., Koyi H.A. Barchi M.R., 2006. Structural evolution of a fold and thrust belt generated by multiple décollements: analogue models and natural examples from the Northern Apennines (Italy). J. Struct. Geol., 28, 185-199.

Michetti, A.M., Serva, L. Vittori, E., 2000. ITHACA Italy Hazard from Capable Faults: a database of active faults of the Italian onshore territory. CD-Rom e note esplicative, ANPA, Roma.

Molinari FC, Boldrini G., Severi P., Dugoni G., Caputo DR, Martinelli G., (2007) - Risorse idriche sotterranee della provincia di Ferrara (e bibliografia correlata).

Montone, P., Mariucci M. T., Pondrelli S., Amato A., 2004. An improved stress map for Italy and surrounding regions (central Mediterranean). J. Geophys. Res., 109, B10410, 10.1029/2003JB002703.

Montone, P., Mariucci M. T., Pierdominici S., 2012. The Italian present-day stress map. Geophys. J. Int., 189, 705–716 doi: 10.1111/j.1365-246X.2012.05391.x.

Picotti V., Pazzaglia F.J., 2008. A new active tectonic model for the construction of the Northern Apennines mountain front near Bologna (Italy). J. Geophys. Res., 113, B08412, doi:10.1029/2007JB005307.

Pieri M., Groppi G., 1981. Subsurface geological structure of the Po plain (Italy). CNR, Progetto Finalizzato Geodinamica, Pubblicazione n. 414, 21 pp.

Pieri M., 1983. Three seismic profiles through the Po Plain. In: A.W. Bally (Ed.), Seismic Expression of Structural Stiles. American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology. 15 (3.4.1), 8-26.

Pola M., Ricciato A., Fantoni R., Fabbri P., Zampieri D., Architecture of the western margin of the North Adriatic foreland: the Schio-Vicenza fault system. Ital. J. Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.), Vol.133, No.2 (2014), pp. 223-234, 7 figs., 3 tabs. (doi: 10.3301/IJG.2014.04).

Pondrelli S., Salimbeni S., Ekström G., Morelli A., Gasperini P., Vannucci G., 2006. The Italian CMT dataset from 1977 to the present. Phys. Earth Planet. Int., 159(3-4), 286-303, doi: 10.1016/j.pepi.2006.07.008.

Regione Emilia Romagna, Servizio Geologico e Sismico dei Suoli, ENI-AGIP (1998) – Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna, scala 1:250.000.

Rovida A., Camassi R., Gasperini P., Stucchi M. (Eds.), 2011. *CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano, Bologna,* http://emidius.mi.ingv.it/CPTI*, doi:10.6092/INGV.IT-CPTI11.*

Royden L., 1988. Flexural behaviour of the continental lithosphere in Italy: constraints imposed by gravity and deflection data. J. Geophys. Res., 93, 7747-7766.

Salvador A. (1994) – International Stratigraphic Guide. A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology and Procedure. UBSU. The International Union of Geological Sciences and The Geological Society of America, 214.

Scrocca D., Carminati E., Doglioni C., Marcantoni, D., 2007. Slab retreat and active shortening along the central-northern Apennines. In: Lacombe O., Lavé J., Roure, F., Verges, J. (Eds), Thrust belts and Foreland Basins: from fold kinematics to hydrocarbon systems, Frontiers in Earth Sciences, 471–487, Springer Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-540-69425-0, doi 10.1007/978-3-540-69426-7_25.

Scrocca D., 2014. Giacimenti di idrocarburi e sismicità stimolata in Appennino centro-settentrionale. Giornata di studio "Ricerca di idrocarburi e gestione del gas metano in pianura padana: aspetti di rischio sismico e criticità energetiche e amministrative", Brescia 7 maggio 2014, http://www.associazionededonato.it/documenti/2014-05-07-rischio-sismico/2014-05-07-scrocca.pdf

Suckale J., 2009. Induced seismicity in hydrocarbon fields, in Advances in Geophysics, Dmowska R. (Ed.), 51, 55–106, ISBN: 978-0-12-374911-6.

Toscani, G., Burrato P., Di Bucci D., S. Seno and G. Valensise, 2009. Plio-Quaternary tectonic evolution of the Northern Apennines thrust fronts along the Bologna-Ferrara section (Po Plain, Italy), based on geological observations and analogue modelling: seismotectonic implications. Boll. Soc. Geol. It., 128, 2, 605-613.

Vannoli, P., Burrato P., Valensise G., 2015. The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain. Pure Appl. Geophys., 172, 1105-1142, 10.1007/s00024-014-0873-0.