

**PROGETTO
PERMESSO DI RICERCA
"GALLO D'ORO"
IN TERRITORIO DI MILENA
(PROVINCIA DI CALTANISSETTA)**

RELAZIONE GEOMINERARIA

GENERAL MINING RESEARCH ITALY s.r.l.



Il Tecnico Dr. Geologo

Roberto Schifano

Firmato digitalmente da
GMRI
GENERAL MINING RESEARCH ITALY SRL
Giuseppe Carlino
C = IT presidente CdA

Firmato digitalmente da:

CURCURUTO ENRICO PAOLO
Firmato il 05/08/2022 19:02
Seriale Certificato: 1034000
Valido dal 24/12/2021 al 24/12/2024
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Sommario

1	Premessa	1
2	Riferimenti normativi	3
3	Ubicazione dell'area del permesso	4
4	Il permesso di ricerca "Gallo d'oro"	6
4.1	Geomorfologia	6
4.2	Idrografia e idrogeologia	7
4.3	Geologia	9
4.3.1	Tortoniano (terreni di letto della Serie Gessoso-Solfifera)	10
4.3.2	Messiniano (serie Gessoso-Solfifera)	11
4.4	Tettonica	14
5	Indagini geominerarie	15
5.1	Premessa	15
5.2	Perforazioni	16
5.3	Indagini geofisiche	18
5.3.1	Risultati delle indagini geoelettriche - SEV	19
5.3.2	Risultati delle indagini Microsismiche	20
6	Esplorazione della cessata miniera Milena	27
6.1.1	Campioni sottoposti ad analisi geotecniche	31
7	Indagini chimiche	35
8	Risultati delle indagini minerarie	38
8.1	Assetto stratigrafico del giacimento	38
8.2	Determinazione del volume del giacimento	40
8.2.1	La valutazione storica	40
8.2.2	Il modello del giacimento	42
8.2.3	Calcolo dei volumi mineralizzati a Sali potassici	43
8.2.4	Calcolo dei volumi mineralizzati a Sali sodici - halite	48

9	Valutazione economica del giacimento Milena	51
9.1	Premessa.....	51
9.2	Valutazione economica.....	52
10	Conclusioni	54
11	Appendice.....	64
11.1	Microsismica	64
11.2	Geoelettrica.....	66
11.3	I metodi per la stima dei volumi di un giacimento	67
11.4	Prove di schiacciamento	71
11.5	Relazione Geomineraria EMS – Servizio Ricerche	77
11.6	Relazione tecnica esplorazione mineraria “Milena”, stato dei luoghi	118

1 Premessa

Su incarico affidatomi dalla società “General Mining Research Italy S.r.l.” (di seguito GMRI Srl) con sede in Viale Spartaco Lavagnini n° 41 – 50129, Firenze (FI), Cod. Fisc. e Part. IVA 04411720230, PEC generalmining@legalmail.it, lo sottoscritto dott. Roberto SCHIFANO, geologo, iscritto al n° 3506/A dell'albo dell'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia, ho condotto uno studio con l'obiettivo di definire le potenzialità giacimentologiche di un'area prossima all'abitato di Milena (Caltanissetta), ricadente all'interno del permesso di ricerca per Sali alcalino-potassici denominato “Gallo d'oro”, ottenuto dalla GMRI srl con D.D.G. n° 1378 il 26/11/2020.

A conclusione delle campagne esplorative, ho redatto il seguente documento, in cui riporto alla luce dei risultati ottenuti, le considerazioni giacimentologiche sull'area.

A *onor del vero* il settore non è “estraneo” a tale tipo di *investigazioni*. Già negli anni 1957-59 un nutrita serie di sondaggi, condotti dall'allora Montecatini-EDISON evidenziarono la presenza di una estesa formazione salina i cui margini lambiscono l'abitato di Bompensiere, raggiungendo il massimo spessore, di circa 1000m, in prossimità del torrente “Gallo d'oro”.

Dai dati storici in nostro possesso, non tutti i sondaggi perforati intercettarono i livelli mineralizzati a kainite, riscontrandosi anche una certa “ambiguità” nei risultati riportati dalle diverse fonti. Tale ambiguità riguarda in particolare il sondaggio “Butera 1”, in cui a tratti o si evidenzia la *sterilità* o se ne *lodano* i risultati positivi¹.

Generalizzando, la mineralizzazione potassica è stata osservata in quei sondaggi ubicati ad Est dell'abitato di Milena, sebbene alcune fonti parlino anche di ritrovamenti potassici in sondaggi ubicati ad ovest dell'abitato, intercettati dai pozzi “Gallo d'oro 1-3-4” perforati dalla Montecatini.

Le ricerche successive si indirizzarono nell'area ad Ovest dell'abitato di Milena, all'interno dell'omonimo permesso di ricerca, e in cui si racchiude la porzione centrale del bacino. Nel 1966 fu ripresa l'esplorazione dell'area culminata nel 1976 con l'inizio delle perforazioni geognostiche.

Negli anni successivi e fino al 1980, l'Ente Minerario Siciliano (EMS) perforò 15 pozzi denominati “Milena 1-15” in cui in più riprese vennero attraversati i livelli mineralizzati a kainite.

¹ È parere dello scrivente attribuire la “positività” al “Butera 1” per numerosi ragioni che verranno di seguito dettagliate, ma che principalmente si basano sul fatto che il sondaggio è ubicato lungo la linea “Milena 1” - “Milena 9” entrambi risultati mineralizzati a kainite.

I risultati permisero di delimitare con precisione l'estensione e le potenzialità del giacimento e furono così promettenti da giustificare l'installazione e l'avvio dell'attività estrattiva, che permise negli anni '80-'90 lo sviluppo economico dell'area.

Per motivi non imputabili a fattori "giacimentologici", l'estrazione si concluse il 09/09/1991 con rinuncia dell'Ente gestore – EMS alla titolarità della concessione.

Alla luce di quanto descritto appare evidente come l'area negli anni sia stata approfonditamente studiata e come siano note nel dettaglio le caratteristiche geologiche, strutturali e giacimentologiche.

Per tale ragione una parte cospicua del presente studio giacimentologico ha avuto come obiettivo la validazione dei risultati storici, operazione ottenuta sia mediante uno studio bibliografico di dettaglio, sia mediante l'esecuzione di campagne di rilevamento geologico di superficie e in sottosuolo all'interno della miniera "Milena", oltreché a campagne geofisiche mirate, con punti d'indagine appositamente ubicati in prossimità dei sondaggi storici.

La campagna esplorativa si è articolata nelle seguenti fasi:

- Il reperimento e la rielaborazione della letteratura geologica esistente con oggetto l'area di coltivazione;
- Il rilevamento di dettaglio finalizzato alla caratterizzazione geologica, geomorfologica e idrogeologica dell'area;
- L'elaborazione di indagini geofisiche condotte dalla società "GMRI" in occasione delle campagne di prospezione geomineraria eseguite in seno allo sviluppo del permesso di ricerca;
- L'elaborazione delle analisi chimico-fisiche e mineralogiche condotte su campioni prelevati in numerose occasioni (rilevamenti sul territorio, esplorazioni in miniera, etc.);
- Lo studio giacimentologico finalizzato alla stima dei volumi, delle superfici e delle geometrie interessate dalla mineralizzazione salina;

Il documento riporta tutti gli elementi ritenuti essenziali alla definizione del ***"Modello Giacimentologico di Riferimento"***.

Costituiscono parte integrante del presente documento:

- a) la corografia in scala 1:25.000 con indicazione dei caposaldi e del perimetro dell'area di concessione per la coltivazione e valorizzazione del giacimento di Sali alcalini, con indicazioni delle indagini eseguite suddivise per tipologia (geofisiche-geognostiche);

- b) la carta geologica su base topografica CTR alla scala 1:5.000 dell'area interessata dalla coltivazione ed estesa ad un areale regionalmente significativo;
- c) i profili geologici e giacimentologici verticali;

Dai calcoli effettuati la mineralizzazione kainitica si estende a racchiudere un volume di circa 81.997.500 m³, e con una densità $d=2,2 \text{ kg/dm}^3$ le risorse stimate ammontano a circa **180.395.500 t** mentre la mineralizzazione halitica racchiude un volume di circa 1.045.693.500 m³ pari a circa **2.300.525.700 t**.

2 Riferimenti normativi

I riferimenti normativo-procedurali cui il presente studio si uniforma comprendono:

- L. Reg. Sic. 04.04.1956, n. 23 - Norme di polizia mineraria;
- L. Reg. Sic. 01.10.1956, n. 54 - Disciplina della ricerca e della coltivazione delle sostanze minerali nella Regione;
- D.P.R.S. 15.07.1958, n. 7 e successive modificazioni ed integrazioni – Regolamento di Polizia Mineraria (per le norme riguardanti gli aspetti autorizzatori);
- D.P.R. 09.04.1959, n. 128 e successive modificazioni ed integrazioni - Norme di Polizia delle miniere e delle cave; (per le norme riguardanti gli aspetti autorizzatori);
- Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (G.U. Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8).
- Circolare Ministero dei LL.PP. 02/02/09 n. 617 - Istruzione per l'applicazione delle "Nuove Norme tecniche per le costruzioni".
- D.M. 14/01/2008 - "Nuove Norme tecniche per le costruzioni".

3 Ubicazione dell'area del permesso

Il permesso di ricerca denominato “Gallo d’oro”, oggetto del presente studio, è ubicato nel centro della Sicilia, confinato tra gli abitati di Milena (ad Est) e di Bompensiere (ad Ovest), da cui dista in linea d’aria rispettivamente 1,3 km e 0,3 km.

I quattro vertici uniti da linea continua per complessivi 8.272 m, delimitano un’area con forma prossima ad un parallelogrammo esteso a coprire circa 404 ha di superficie, e ricade all’interno del Foglio 267, Tavoletta II NO (Tav. “Montedoro”) della Carta Geografica d’Italia edita dall’Istituto Geografico Militare, e nella sezione n° “630100” della Carta Tecnica Regionale.



Figura 1 Ubicazione dell'area.

L’area è facilmente raggiungibile percorrendo la SP 24 Milena - Bompensiere, ed è sotto la giurisdizione dei Comuni di Sutera, Bompensiere e Milena.

I vertici che la delimitano sono stati così identificati:

VERTICE	DENOMINAZIONE	LONGITUDINE EST	LATITUDINE N
A	Il vertice A ricade in coincidenza dello spigolo N di un fabbricato denominato “Casa Ingrassi” in località “Rocca d’Aquila” a circa 2,2 km a SE da Milena (CL). Esso ricade nella tavoletta Montedoro del foglio N° 267 (II NO) della carta d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare. Lo stesso ricade nella sezione N° 630100 della carta CTR edita dalla Regione Sicilia	13° 44' 59,96”	37° 27' 50,60”

VERTICE	DENOMINAZIONE	LONGITUDINE EST	LATITUDINE N
B	Il vertice B ricade in coincidenza dello spigolo SO di un fabbricato ubicato a 230 m circa a SO di "Case Curma del Dottore", 1,9 km circa a NE del centro abitato di Milena, in territorio di Sutura (CL). Esso ricade nella tavoletta Montedoro del foglio N° 267 (II NO) della carta d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare. Lo stesso ricade nella sezione N° 630100 della carta CTR edita dalla Regione Sicilia	13° 45' 2,07''	37° 28' 52,03''
C	Il vertice C ricade in coincidenza dello spigolo NO di un fabbricato ubicato 150m circa a SUD di "Case Montalto" in territorio di Bompensiere (CL),raggiungibile percorrendo per 520 m circa una strada che interseca la S.P. 23 al km 16. Esso ricade nella tavoletta Montedoro del foglio N° 267 (II NO) della carta d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare. Lo stesso ricade nella sezione N° 630100 della carta CTR edita dalla Regione Sicilia	13° 46' 37,46''	37° 28' 56,74''
D	Il vertice D ricade in coincidenza dello spigolo O di un fabbricato denominato "Case Provenzano" sito in c.da Mezzogiorno, a 1 km circa dal centro abitato di Bompensiere (CL), raggiungibile percorrendo, in direzione SO Viale della Libertà. Esso ricade nella tavoletta Montedoro del foglio N° 267 (II NO) della carta d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare. Lo stesso ricade nella sezione N° 630100 della carta CTR edita dalla Regione Sicilia	13° 46' 35,72''	37° 28' 3,44''

Tabella 1 Coordinate dei vertici del permesso di ricerca "Gallo d'oro"

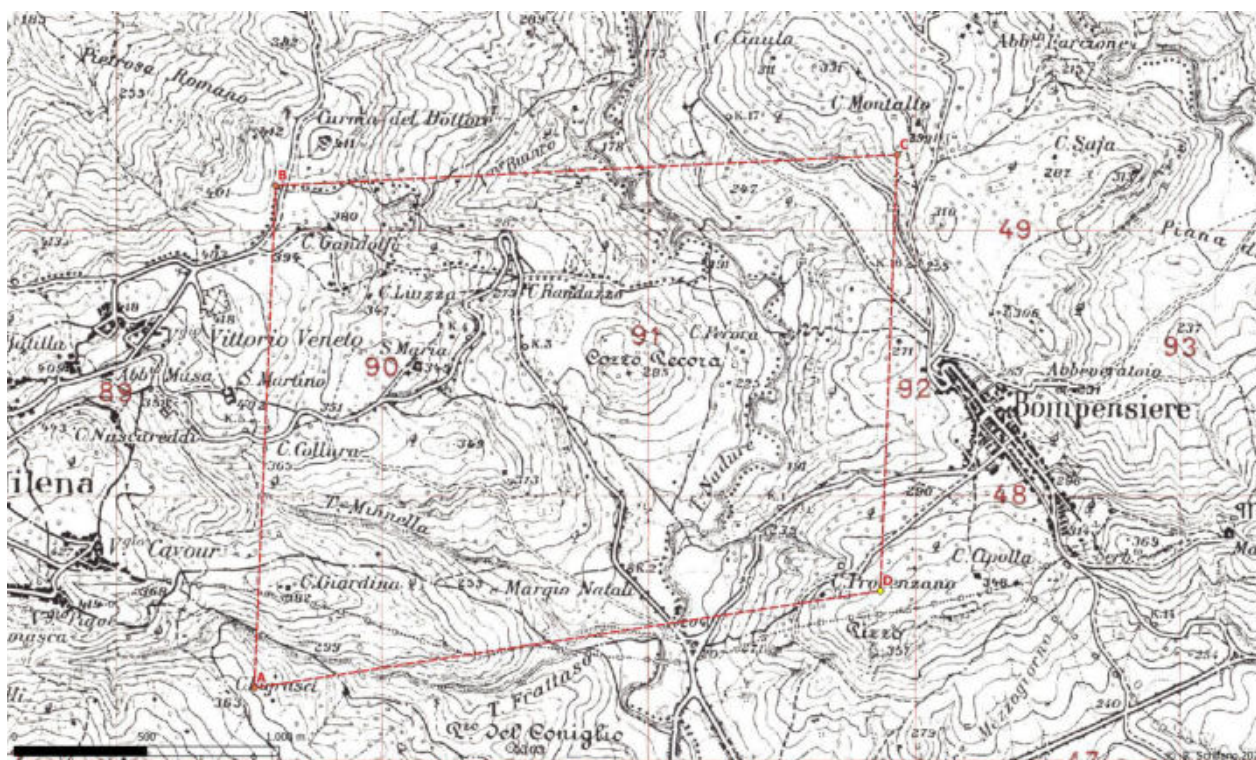


Figura 2 Ubicazione del permesso di Ricerca per Sali Alcalino-Potassici "Gallo d'oro" su cartografia IGM.

4 Il permesso di ricerca “Gallo d’oro”

4.1 Geomorfologia

L’assetto morfologico dell’area riflette pienamente le caratteristiche geomeccaniche di *erodibilità* degli affioramenti litoidi. In particolare si presenta diversificato in tre principali tipologie topografiche:

- a) **altopiani** di modesta estensione, localizzati in prossimità dei terreni argillosi. Hanno un aspetto sub-pianeggiante con pendenze medie inferiori ai 10 gradi, degradano dolcemente in direzione dei corsi d’acqua dai quali generalmente risultano separati da accentuate rotture di pendenza;
- b) una **serie di rilievi** a cime e costoni distribuiti uniformemente nell’intera area, di natura gessosa o marnosa (trubi).

Sono rappresentati a N-W dai rilievi separati dall’incisione valliva del “V.ne Bianco”, tra i quali spiccano la cima di “Curma del Dottore”, la più alta dell’area con 417 m slm, e di C.zzo Gandolfo (394m). In posizione centrale si colloca il rilievo gessoso di C.zzo Pecora (285 m) bordato dal Torrente Nadure e dal Vallone Bianco, mentre a Sud dominano le cime di C.zzo Giardina (370m) e di C.zzo Collura (365m);

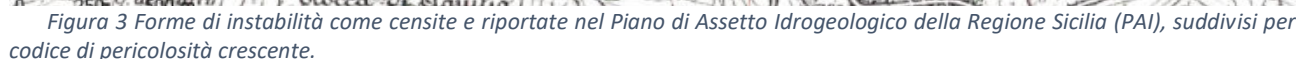
- c) **le incisioni vallive** più o meno profonde, collegano i complessi di altopiani e i rilievi montuosi intaccandone la continuità spaziale.

Le aree alluvionali, dall’estensione limitata, sono formate da depositi recenti, ed ospitano corsi d’acqua il cui regime è principalmente a carattere torrentizio.

La loro presenza ha intaccato profondamente il territorio, asportandone i litotipi facilmente erodibili, principalmente le argille e le brecce argillose che affiorano estensivamente nell’area, e determinando profonde incisioni in prossimità della fascia dei rilievi, dove l’azione erosiva delle acque è più intensa. L’accumulo dei sedimenti per riduzione dell’energia delle correnti è testimoniato dai depositi quaternari accumulatisi alla base dei versanti.

Tracciando un ideale profilo altimetrico a congiungere i caposaldi A-D dell’area di concessione si evidenzia un primo tratto esteso per circa 700m con morfologia tipicamente montuosa caratterizzata da creste con altitudine compresa tra 340m e 310m a cui segue una rapida e scoscesa vallata di raccordo con il Torrente Nadure, per poi risalire in destra orografica fino alla cima di C.zzo Provenzano. Il profilo altimetrico tracciato tra i due caposaldi B-C è invece più “monotono”, e dominato da un’ampia e morbida vallata, all’interno della quale scorre il Torrente Nadure.

La distribuzione di tali forme di instabilità è riportata in fig. 3.



Il permesso di ricerca “Gallo d’oro” è contenuto all’interno del bacino idrografico del Fiume Platani, che con un’estensione di circa 1.777 km² e una lunghezza dell’asta principale di circa 103 km lo rendono a pieno titolo uno dei bacini idrografici più importanti della Sicilia meridionale.

a) una porzione settentrionale ad assetto prevalentemente montuoso;

7

- b) una porzione mediana di tipo collinare e condizionata dalla variabilità delle caratteristiche di erodibilità delle litologie in affioramento, comprese tra morfologie più aspre in corrispondenza degli ammassi rocciosi lapidei e morfologie più blande laddove affiorano i termini argilloso-marnosi;
- c) una parte terminale dominata da estese piane alluvionali di fondovalle in cui i corsi d'acqua assumono un andamento prevalentemente meandriforme;

All'interno dell'area del permesso di ricerca "Gallo d'oro", posto in posizione mediana del bacino del Platani, le principali linee di deflusso superficiale sono rappresentate dal Fiume Gallo d'oro e dal Torrente Nadure.

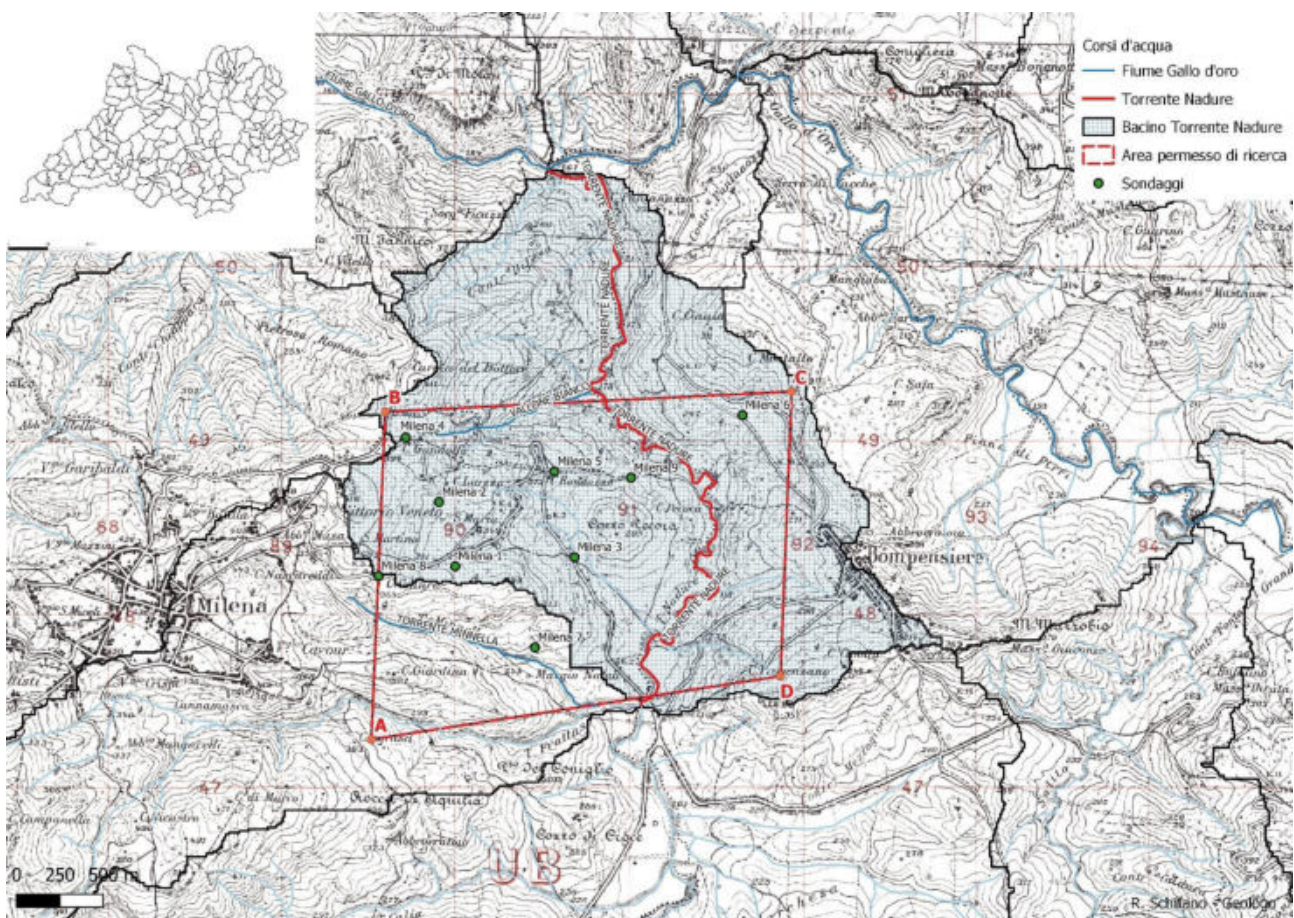


Figura 4 Reticolo idrografico dell'area del permesso di ricerca "Gallo d'oro" con indicazione dei corsi d'acqua principali e del bacino idrografico del Torrente Nadure.

Il **Fiume Gallo d'Oro**, affluente del Fiume Platani drena le acque meteoriche di una superficie estesa circa 831 km², e comprende i territori dei centri abitati di Racalmuto, Canicattì e Serradifalco, sino alla confluenza con il Fiume Platani, in c.da Margagliana in territorio di Casteltermini, a quota di 139 m s.l.m.

Il bacino presenta un'altitudine massima di 659 m s.l.m. e un'altitudine media di 391 m s.l.m. Il Fiume Gallo d'Oro nasce in prossimità del centro abitato di Serradifalco, nei pressi di Pizzo Candela,

con il nome di Fiume di Ghibellina e si sviluppa per circa 39 km. Lungo il suo percorso riceve le acque del Fiume Salito che confluisce in destra presso c.da Pantanazzo al confine tra il territorio di Sutera, Mussomeli e Bompensiere.

Il **Torrente Nadure** funge da confine naturale tra i territori del Comune di Milena e Bompensiere ed attraversa longitudinalmente il permesso di ricerca. Lungo il suo corso esteso per circa 5 km tra Cozzo di Croce, area in cui nasce, e la confluenza con il Fiume Gallo d'oro riceve le acque di due impluvi naturali, il Torrente Minnella e il Vallone Bianco. Il suo bacino idrografico si estende a coprire circa 6 km², e comprende oltre ai territori dei Comuni di Milena e Bompensiere, un tratto del Comune di Sutera. L'altitudine media è di 278m slm, con un valore massimo di 413 m slm ed un minimo di 173m slm. Il regime idrologico è di tipo torrentizio osservandosi l'acqua nel suo greto solo in occasione di eventi piovosi.

4.3 Geologia

Nei decenni passati l'area ha suscitato notevole interesse da un punto di vista minerario, ed è stata nel tempo oggetto di numerose campagne di ricerca, inizialmente per lo sfruttamento dello zolfo, quindi dei Sali alcalino-potassici, oltreché dalla ricerca di idrocarburi.

Le diverse campagne di ricerca hanno fornito una nutrita serie di dati, spesso di grande qualità che permettono la definizione univoca sia delle caratteristiche geologiche di superficie che di sottosuolo.

Nell'area è noto un giacimento salino già messo in evidenza in occasione dei primi sondaggi perforati nel territorio. La serie di sondaggi "Butera 1" e "Butera 2" aveva già messo in evidenza l'esistenza del giacimento salino, ed avevano altresì permesso una caratterizzazione litologico-strutturale di massima, poi ulteriormente raffinata con la perforazione dei 15 sondaggi Milena. Spesso tali sondaggi si estendevano fino al termine dell'ammasso salino e terminavano all'interno dei terreni di letto. Per cui è nota l'estensione verticale dell'ammasso.

I sopralluoghi e il rilevamento geologico da noi effettuati hanno avuto l'obiettivo di confermare, direttamente sul luogo, quanto era stato affermato dai nostri illustri predecessori.

Le osservazioni di superficie e di sottosuolo hanno evidenziato come i terreni coinvolti appartengano in massima parte la serie gessoso-solfifera.

La serie stratigrafica visibile è la seguente:

Età	Litologia
Olocene	Alluvioni recenti dei corsi d'acqua

Età	Litologia
(terreni di copertura)	
Pliocene (terreni di copertura)	Calcareniti Argille brecciate Trubi Arenazzolo
Messiniano (formazione Gessoso – Solfifera)	Gessi (gessi di Pasquasia) Argille marnose intercalate ai gessi Calcare e marne a Congerie Calcareniti intercalate ai gessi Argille brecciate intercalate ai gessi Gessarenite trasgressiva Tripoli Gessi in grossi banchi (gessi di Cattolica)
Tortoniano (terreni di letto della formazione Gessoso-Solfifera)	Terreni di letto Argille brune - giallastre Argille scagliose Sabbie

Tabella 2 Serie stratigrafica.

4.3.1 Tortoniano (terreni di letto della Serie Gessoso-Solfifera)

I terreni che fanno da letto alla serie gessoso-solfifera sono costituiti da:

- argille grigie-verdastre, brune-giallastre talora a *scagliosità* pronunciata, contenenti elementi sabbiosi fini e diffusi;
- argille marnose grigio chiaro;
- marne più o meno calcarifere granulose molto simili ai più recenti trubi;
- marne tripolacee e tripoli.

L'analisi micropaleontologica eseguita su diversi campioni ha mostrato spesso forme promiscue andanti dal Langhiano a Tortoniano.

4.3.1.1 Argille scagliose

Queste rappresentano i terreni più vecchi della zona rilevata. Affiorano a Cozzo di Croce, a S-W dell'abitato di Bompensiere e costituiscono una piccola placca. Si sono generate a causa di una colata gravitativa tortoniana che ha inglobato terreni pre-tortoniani.

4.3.1.2 Sabbie

Il Tortoniano si trova rappresentato da questo tipo di terreno solamente a S-W di M. Marrobbio.

Qui troviamo un piccolissimo lembo di sabbia, a grana fine, color giallastro, sottostante alle argille brune.

4.3.1.3 Argille brune giallastre

Questo tipo di terreni, rappresentanti il letto della serie Messiniana sono presenti tanto nella zona settentrionale che meridionale dell'area rilevata. Essi correndo lungo i due margini del bacino lo delimitano quasi interamente. Queste argille, quasi a dimostrare la loro natura derivante da una colata gravitativa, inglobano terreni di età precedenti (Langiano - Elveziano). A volte queste argille si presentano nettamente tettonizzate.

4.3.2 Messiniano (serie Gessoso-Solfifera)

4.3.2.1 Gessi in grossi banchi (Gessi di Cattolica)

La parte più bassa della serie Messiniana è costituita da gessi in grossi banchi. Poggiano direttamente sulle argille di letto che chiameremo comprensivamente Tortoniane. Hanno molto spesso alla base delle marne grigie tettonizzate contenenti lamellibranchi. Questi gessi sono sempre rappresentati dal tipo spicchiolino a grossi geminati a ferro di lancia, e mostrano spesso una evidente stratificazione in grossi banchi.

4.3.2.2 Tripoli

Nella zona studiata poggia direttamente sulle argille tortoniane, come a M. Campanella e ad E di Rocca dell'Aquila. Superiormente è seguito o dai gessi come in quest'ultima località o dalla gessarenite come a M. Campanella.

Si presenta di colore molto chiaro, biancastro, quasi sempre molto leggero e fogliettato. A volte è molto mal ridotto per cui nel terreno si notano come delle placche a contatto delle argille, quasi sempre scure, del tortoniano.

4.3.2.3 Gessarenite trasgressiva

Sopra i tripoli di M. Campanella è presente, interposto fra questi e i sovrastanti gessi, un bancone di gessarenite. Questa si presenta come una roccia priva di stratificazione, friabile, costituita da grossi granelli di gesso spigolosi e cementati debolmente da una pasta calcarea. L'affioramento³ è molto limitato, assottigliandosi e scomparendo tanto ad E che a W.

³ E' da ricordare che più avanti parleremo ancora di un altro tipo di gessarenite, ma i due termini non debbono essere confusi. La prima rappresenta infatti un termine trasgressivo della sedimentazione messiniana, mentre la seconda è un semplice episodio durante la sedimentazione dei gessi dovuto ad un apporto detritico.

4.3.2.4 Argille brecciate intercalate ai gessi

Le argille brecciate coeve ai gessi sono state rinvenute lungo un tratto delle sponde del F. Gallo d'Oro, più precisamente in contrada Mangiabue. In entrambi gli affioramenti si riscontra una argilla di colore grigio scuro, brecciata, ricca di pirite, quarzo e frammenti di rocce metamorfiche.

4.3.2.5 Gessarenite

A S.W. di Bompensiere, e precisamente a Pizzo si rinviene un banco di gessarenite di spessore molto limitato, poggiante sui gessi e coperto oltre che da questi, anche dai trubi che a loro volta ricoprono i gessi stessi. Ha un colore molto chiaro, grana fine, ben cementata compatta, non ha stratificazione apparente.

4.3.2.6 Calcare a congerie - marne a congerie

La dove affiora questo tipo calcareo si tratta sempre di una lumachella calcarea, per lo più a congerie a Dreissensie con la parte cementata giallastra, spugnosa. Piccoli affioramenti di questo calcare si hanno a M Maniscalco e a Rocca Amorella. Sempre nella zona dell'ex feudo Crocefia, oltre che a M. Campanella, Cozzo Pecora e nei terreni compresi tra Bompensiere e Contr. Pantanazzo, si rinvencono estese placche di argille marnose contenenti una grande quantità di ciottoli del calcare sopradetto.

4.3.2.7 Argille marnose intercalate ai gessi

Le argille brecciate intercalate ai gessi interessano due strette fasce lungo le sponde del Gallo d'Oro, tutta la restante zona, là dove non compaiono affioramenti gessosi o pliocenici è dominio delle marne intercalate. Hanno un colore che va dal marroncino al verdognolo e spesso contengono una grande quantità di piccoli e grossi cristalli di gesso. In alcuni punti forse per un notevole apporto di materiale detritico, passano ad argille sabbiose o sabbie vere e proprie.

4.3.2.8 Gessi (gessi di Pasquasia)

Le facies con cui più frequentemente si presentano sono:

- gessi sottilmente stratificati o "balatino";
- gesso finemente saccaroide, bianco in grossi noduli o "alabastrino";
- gesso a medi o grossi cristalli geminati o "spicchiolino";

Nel caso dei gessi "alabastrini" e "spicchiolini" la stratificazione è spesso apparentemente assente. Quasi sempre agli affioramenti gessosi sono frapposti pacchi, più o meno spessi, di marne ed argille marnose in entrambi i casi gessose.

I gessi possono poggiare, indistintamente, su uno qualsiasi dei "terreni di letto" già descritti, per lo più li vediamo poggiare direttamente sulle argille brune tortoniane.

Specialmente là dove esiste la copertura, troviamo i sedimenti trasgressivi pliocenici che poggiano direttamente sui gessi in un solo caso, in Contrada Lago, i sedimenti pliocenici hanno alla loro base il termine "arenazzolo".

4.3.2.9 Arenazzolo

Questo termine affiora solamente in "Contrada Lago" giace tra i gessi e i sovrastanti trubi. Esso rappresenta il limite fra la formazione lacustre miocenica e i sedimenti marini pliocenici. Litologicamente è rappresentato da una sabbia o arenaria, poco o del tutto non cementata, ricca in quarzo e mica.

4.3.2.10 Trubi

I trubi sono i primi terreni pliocenici depositatesi. Hanno la loro massima estensione intorno all'abitato di Milena, ma non mancano di presentarsi, ancora in vaste placche a N. e a S. dell'abitato di Bompensiere e in Contrada Lago.

Si tratta di calcari marnosi granulosi, bianco giallastri ricchissimi di una microfauna a globigerine, seguono verso l'alto ai gessi. Poggiano indistintamente sui gessi come nei dintorni del Villaggio Grappa, sulle argille intercalate ai gessi come nei pressi del Villaggio Crispi, sulle marne a congerie com'è possibile notare in Contrada Musteiuve.

Solamente in contrada Lago i trubi poggiano sull'arenazzolo interposto tra questi e le marne della zona a congerie.

4.3.2.11 Argille brecciate

Sono delle argille di colore grigio scuro o marrone, includono sempre massi lapidei piccoli e grandi appartenenti a svariate rocce. Hanno un aspetto caotico e si sono originate per colata gravitativa.

Nella zona in esame affiorano nei dintorni di Milena dove poggiano sui trubi o sulla formazione gessoso-solfifera direttamente, nella valle del fiume Gallo d'Oro ed a Est dell'abitato di Bompensiere. La loro potenza può essere rilevante, spingendosi per circa 700 metri.

4.3.2.12 Calcareniti

Presso la Masseria Crocefia, si rinviene un lembo di calcarenite e sabbie. Vi si riscontrano grandi abbondanze di frammenti di gusci (molluschi e modelli interni di lamellibranchi).

4.3.2.13 Alluvioni

Rappresentano i terreni appartenenti all'Olocene. Questi depositi prevalentemente sabbiosi, ricchi di cristalli di gesso sono dovuti alle alluvioni del Fiume Gallo d'Oro, Fiume Salito e del torrente Nadure.

4.4 Tettonica

La zona rilevata fa parte della grande sinclinale, che con asse NE - SW, passante all'incirca per gli abitati di Milena e Bompensiere, chiude a SW in prossimità del Villaggio Masaniello (a Sud di Rocca Amorello) mentre a NE entra nella tavoletta Serradifalco.

I fianchi di questa sinclinale sono costituiti: a N dai gessi che passano subito a ridosso di Rocca Amorello e Monte Maniscalco e si continuano in quelli di contrada Difesa, contrada Pantanazzo e Lago; a S da quelli di Pizzo della Croce, Monte Marrobio. Entrambi i fianchi hanno come terreno di letto le argille brune del tortoniano.

Nei pressi della masseria Musteiuve si nota che il fianco settentrionale di questa sinclinale si rovescia dando luogo ad una piega coricata; qui infatti vediamo i gessi seguire, dall'alto verso il basso, prima il calcare a congerie e quindi i trubi e le argille brecciate dell'olistostroma pliocenico.

Nei dintorni di Milena è possibile riscontrare come i trubi danno origine ad una struttura sinclinalica. Gli assi di queste strutture secondarie sono subparalleli a quello della struttura principale.

5 Indagini geominerarie

5.1 Premessa

Durante la fase di progettazione e pianificazione delle campagne di prospezione geomineraria, era stata prevista l'esecuzione di una serie di sondaggi geoelettrici oltreché la perforazione di due sondaggi geognostici, quest'ultimi ubicati a seguito dei risultati ottenuti dall'elaborazione congiunta tra i dati di letteratura e i risultati delle indagini geofisiche.

Ben presto ci si è resi conto che i dati storici erano estremamente precisi, e fornivano in maniera dettagliata l'ubicazione e la natura della mineralizzazione. La loro validità era stata ampiamente dimostrata negli anni e "affermata" dalla realizzazione e dallo sfruttamento della miniera a Sali potassici "Milena", la cui valutazione delle risorse era stata ottenuta proprio dalla loro elaborazione.

Alla luce di ciò, e in tutta franchezza, dalla qualità eccelsa dei dati di letteratura di gran lunga superiori alle nostre aspettative, reperiti dagli archivi del Distretto Minerario di Caltanissetta e visionati il 27/01/2021⁴.

L'originario piano esplorativo ha subito una serie di riadattamenti, in particolare un drastico ridimensionamento.

Si è ritenuta superflua l'esecuzione di ulteriori sondaggi geognostici, mentre le campagne geofisiche di superficie condotte secondo metodologie sismiche e geoelettriche hanno avuto l'obiettivo di validare quanto era già venuto alla luce.

È stato inoltre possibile ispezionare il cavo della miniera "Milena" per circa 700 m dall'imbocco fino alla congiunzione con la prima traversa, area in cui è stato osservato il crollo parziale della volta che ha impedito, per motivi di sicurezza, il proseguimento dell'esplorazione.

Ad ogni modo l'ispezione ha permesso di costatarne lo stato conservativo, ed ha fornito l'occasione di prelevare una serie di campioni ritenuti rappresentativi dei vari livelli litologici, comprendenti tanto i terreni di copertura (argille e gessi) quanto l'ammasso salino, su cui sono state effettuate sia indagini geochimiche atte a definirne natura e qualità, sia prove geotecniche con l'obiettivo di ottenere delle prime indicazioni sulla "resistenza" dei materiali coinvolti da una possibile attività estrattiva.

⁴ Richiesta di accesso agli atti dalla Società General Mining Research Italy S.r.l., titolare del Permesso di Ricerca denominato Gallo D'Oro ricadente nei Comuni di Milena (CL), Bompensiere (CL) e Sutura (CL) - D.D.G. n.1378 del 26.11.2020 - Prot. n. 2303 del 22.01.2021 Regione Siciliana Assessorato dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale dell'Energia Servizio 5 - Distretto Minerario di Caltanissetta

5.2 Perforazioni

Nella porzione di terreno racchiuso dai vertici del permesso di ricerca ricadono 16 sondaggi geominerari effettuati a più riprese nei decenni passati con l'obiettivo di definire, come conseguenza dei risultati *positivi* del "Butera 1", l'estensione dell'ammasso salino.

Al "Butera 1" seguirono il "Butera 2" positivo a salgemma, ma ricadente all'esterno del permesso di ricerca e pertanto non considerato ai fini del computo volumetrico, e i sondaggi della serie "Milena" denominati con sequenza numerica lineare dal n° 1 al n° 15.

Della serie dei sondaggi Milena è stato possibile per 12 di essi ottenere l'ubicazione univoca (riportata da diverse fonti) e pertanto utilizzarne le informazioni stratigrafiche per valutare i volumi mineralizzati, mentre i Milena 13-14-15, tutti positivi a Sali potassici e molto profondi, sono privi di qualsivoglia indicazione geografica, e pertanto scartati dal computo volumetrico.

Immediatamente ad Est dell'area sono infine ubicati il gruppo di sondaggi "Bompensiere" denominati con sequenza numerica lineare dal n° 1 al n° 5.

Le fonti storiche riportano che tutti i sondaggi sono stati effettuati a distruzione di nucleo fino al tetto della formazione salina per poi proseguire a carotaggio continuo fino ad oltre il letto della formazione stessa. I campioni prelevati furono analizzati parallelamente dall'Ente Minerario Siciliano (EMS) e dall'allora concessionaria "ISPEA", risultando concordanti nelle loro deduzioni.

Per ogni sondaggio fu redatta la colonna stratigrafica, da noi ripresa e digitalizzata, in modo da ricostruire un nostro database cartografico di riferimento.

Una mappa dell'ubicazione dei sondaggi è riportata in fig. 6 mentre le stratigrafie sommarie dei pozzi in fig. 5. La tabella 3 ne riassume i principali dati.

Borehole	Easting_EPS32633	Northing_EPSG32633	Collar Elevation	Total Depth	Longitude Decimal Degrees	Latitude Decimal Degrees
	UTM Meters	UTM Meters	Meters	Meters	GEOWGS84	GEOWGS84
Milena 1	389937	4148085,3	346,06	354,8	13,755276	37,473108
Milena 2	389843,56	4148456,39	341,7	492,9	13,754164	37,476441
Milena 3	390625,53	4148137,93	243,28	468	13,763053	37,473664
Milena 4	389651,97	4148828,9	370,59	388	13,751941	37,479775
Milena 5	390509,19	4148632,6	273,15	520,4	13,761664	37,478108
Milena 6	391594,41	4148957,52	232,1	501	13,773887	37,481164
Milena 7	390397,56	4147616,82	257,5	222,1	13,760553	37,468941
Milena 8	389494,03	4148029,46	372,1	433	13,750275	37,472552
Milena 9	390950,9	4148595,96	226,12	788,5	13,766664	37,47783
Milena 10	391271,6	4149301,7	226,1	350,5	13,770186	37,484228
Milena 11	391119,8	4147477,3	201,28	395	13,768739	37,467769
Milena 12	391269,0884	4148443,958	219,17	940,5	13,770284	37,476498

Tabella 3 Ubicazione dei sondaggi storici del gruppo "Milena". Coordinate metriche espresse in UTM WGS84 (EPSG 3263), quote in m slm.

Sondaggi "Milena"

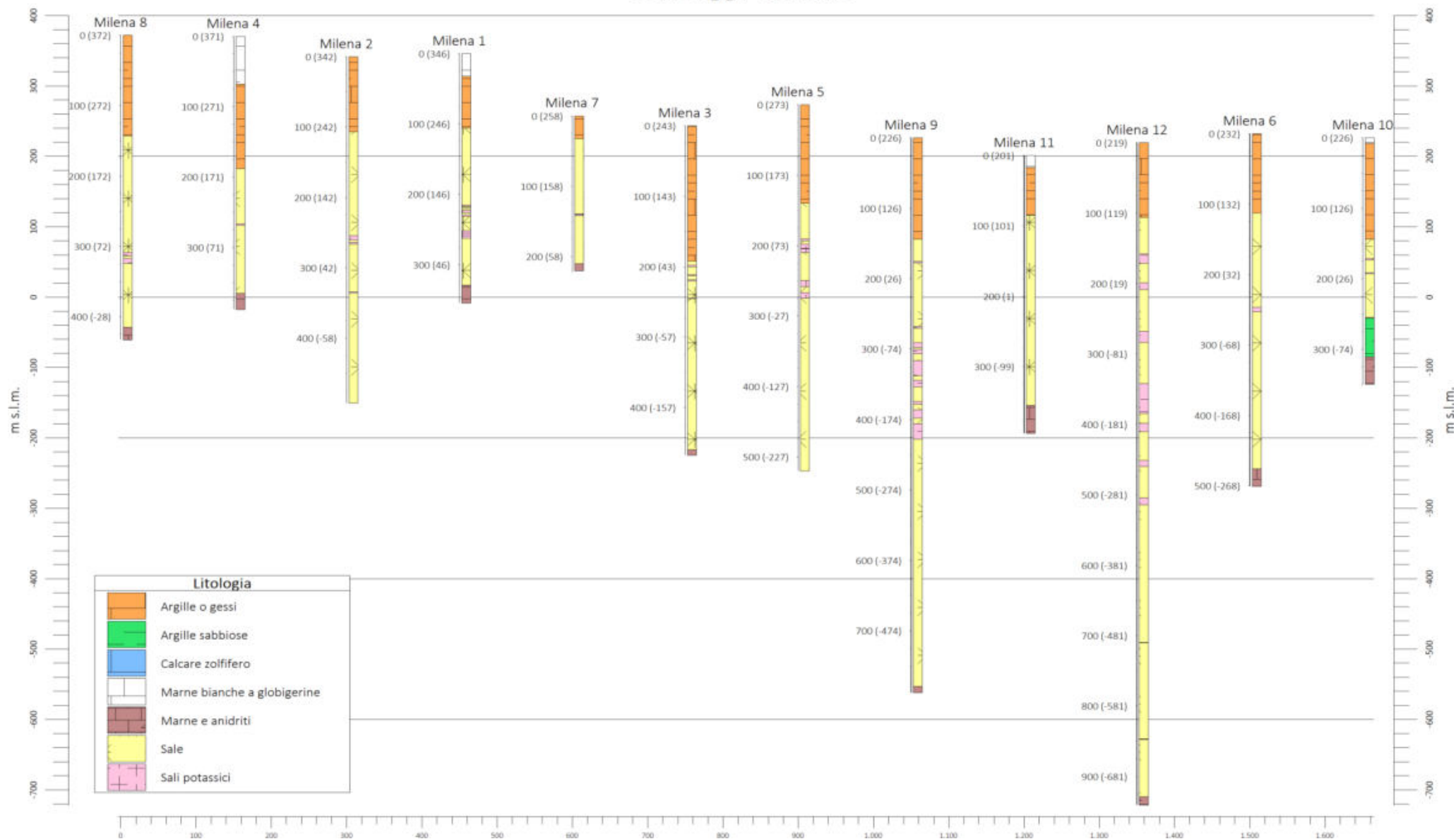


Figura 5 Colonne stratigrafiche pozzi del gruppo "Milena" con indicazioni dei livelli mineralizzati a sali potassici. Le quote sono espresse in m.

5.3 Indagini geofisiche

L'attività di ricerca svolta nell'area del permesso "Gallo d'oro" si è concretizzata con l'esecuzione di due campagne di prospezione geofisica applicando le metodologie geoelettrica e sismica.

La campagna di prospezione geoelettrica ha visto l'esecuzione di due sondaggi elettrici verticali in configurazione Schlumberger ubicati:

- 1) nel pianoro antistante l'imbocco della miniera "Milena";
- 2) in prossimità del sondaggio "Milena 7";

La campagna microsismica ha invece visto l'esecuzione di 8 acquisizioni microsismiche HVSR poste in prossimità dei sondaggi storici.

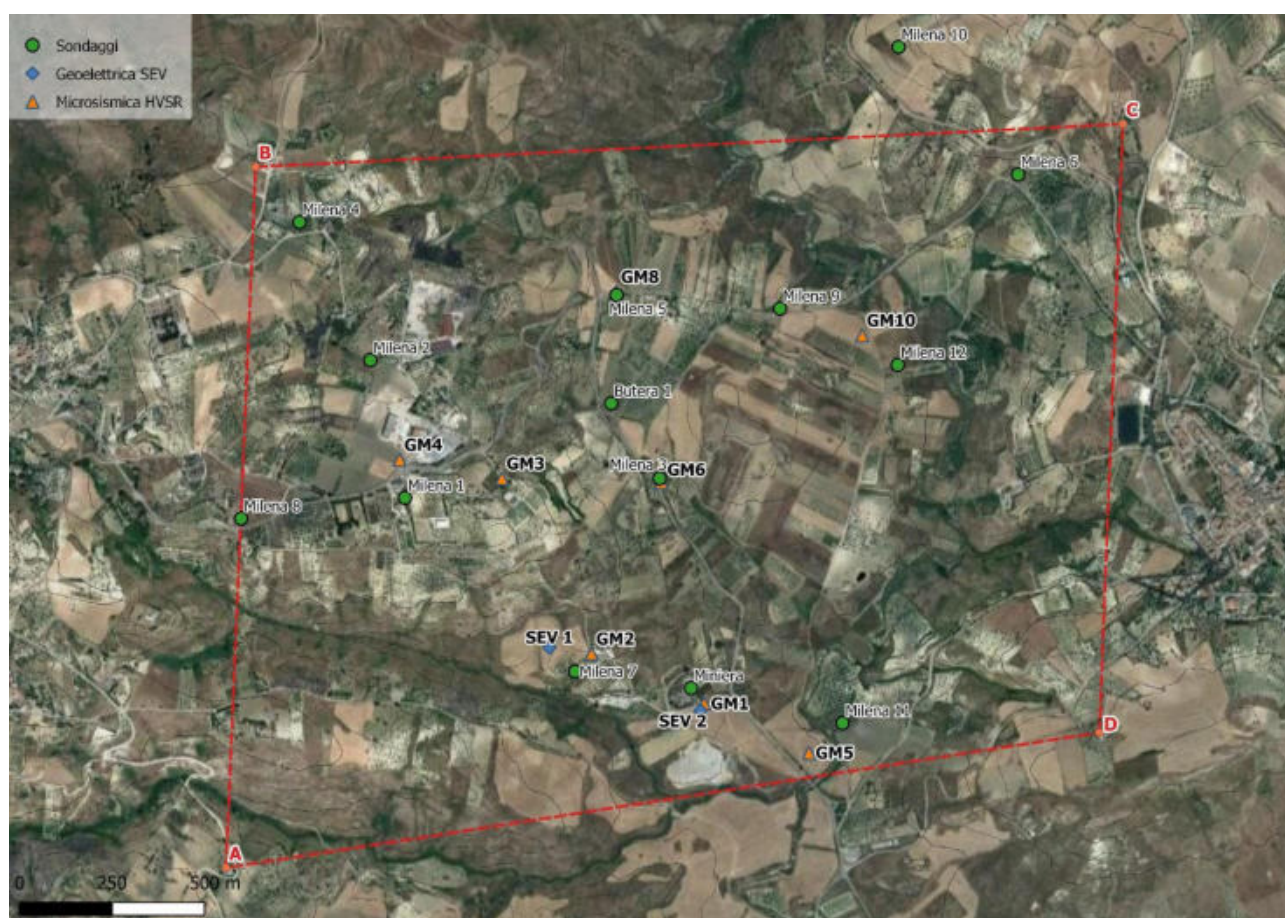
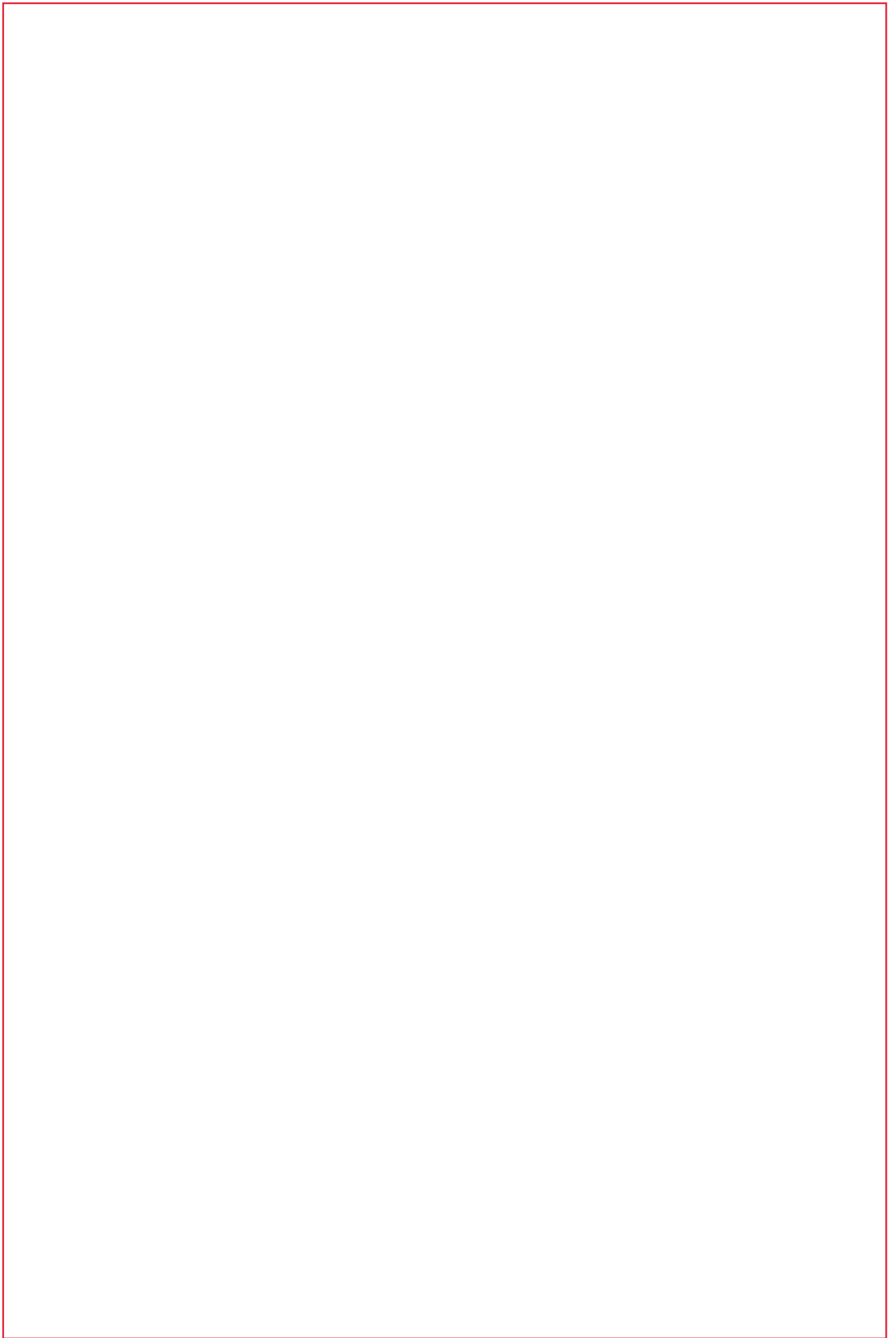


Figura 6 Ubicazione delle due campagne geofisiche di ricerca mineraria effettuate da GMRI con l'obiettivo di validare i dati di letteratura ed utilizzate per la creazione del modello giacimentologico di riferimento.

Ciò che accumuna le due campagne geofisiche è l'obiettivo che si sono prefisse, non lo studio di porzioni del giacimento inesplorate, ma di *validazione* dei sondaggi storici. Tale idea ha quindi guidato la pianificazione e l'ubicazione dei sondaggi, che come visibile dalla fig. 6 risultano essere posti nelle immediate vicinanze dei siti perforati a stratigrafia nota.









6 Esplorazione della cessata miniera Milena

In due distinte occasioni, previa autorizzazione del Distretto Minerario di Caltanissetta, accompagnati dai due funzionari P.M. G. Aronica e L. Geraci, è stato possibile esplorare l'interno della miniera Milena. Si tratta di un sito minerario ricadente all'interno del permesso di ricerca "Gallo d'oro", attivo fino alla fine degli anni '90 ed oggi cessato, in cui l'ente concessionario coltivava i livelli potassici a kainite, materiale utilizzato per alimentare il vicino impianto di trattamento di Campofranco.

Delle due esplorazioni effettuate, la prima ha avuto finalità "conoscitive", concentrandosi principalmente sulla valutazione dello stato di sicurezza dei luoghi⁶, mentre la seconda ha avuto finalità prettamente geologico-minerarie.



Figura 12 Sito minerario Milena, ubicazione, dettaglio del deposito sterili, panorama.

⁶ La relazione tecnica descrittiva di quanto osservato, a cura degli Ing.ri B. Gambino e L. Baccini è riportata in appendice (a cui si rimanda per ulteriori dettagli).

Il sito minerario “Milena” è ubicato ad est del centro abitato del Comune di Milena, e si compone di:

- 1) un piazzale (in discrete condizioni) antistante l’ingresso alla miniera, esteso per circa 0,5 ha, al quale si accede tramite un cancello posto su una strada interna che si distacca dalla SP24;
- 2) un deposito di sterili, posto ad una distanza di circa 200m a Sud dal piazzale, esteso a coprire circa 1,65 ha, e in prossimità del quale sono visibili rifiuti abbandonati di diversa natura (tra i quali alcuni pneumatici);
- 3) un pozzo con funzione di ventilazione della miniera, posto ad una distanza in linea d’aria di circa 750m dall’imbocco, raggiungibile percorrendo la SP24 in direzione Milena. Il sito si presenta delimitato da una recinzione e solo parzialmente da un muro. Il pozzo (ormai chiuso mediante gettata in calcestruzzo) ha un diametro di 5,00 m e una profondità di circa 154,00 m, ed è sormontato da una struttura metallica (castelletto) in ferro alto 13,00 m all’asse delle molette, ancora provvisto di puleggia di rinvio della fune di estrazione. Le parti metalliche si presentano in uno stato di avanzata ossidazione e non più utilizzabili;
- 4) Il cavo della galleria costituito da:
 - a. Un rivestimento interno realizzato con casseri a perdere di lamelle intrecciate in acciaio sagomato in evidente avanzato stato di ossidazione (a costituire i piedritti e la volta) usati per sostenere il getto di un rivestimento in calcestruzzo non armato, di spessore pari a circa 50 cm;
 - b. Un piano di calpestio costituito da una piattaforma in calcestruzzo priva di armatura, poggiante direttamente sul terreno, caratterizzato da un breve tratto iniziale in



Figura 13 Castelletto pozzo di aereazione, cavo interno della miniera.

discrete condizioni, a cui segue un lungo tratto rigonfiato inutilizzabile per il transito dei mezzi meccanici;

In occasione della seconda visita, è stato effettuato un rilievo geologico-minerario lungo le pareti non rivestite della galleria di accesso al giacimento. Nell'occasione sono stati prelevati campioni di rocce poi sottoposti ad una serie di analisi, con l'obiettivo di valutarne sia la composizione chimica che il comportamento meccanico.

Il rilievo geologico-minerario delle pareti non rivestite ha evidenziato, il contatto tra i terreni di copertura argilloso-gessosi e la formazione salina, di fatto confermando l'affidabilità dei dati forniti dal Distretto Minerario.

Il campionamento geochimico è stato effettuato direttamente lungo il cavo della galleria ad una distanza dall'imbocco compresa tra 700 m e 600 m.

Sono stati campionati sia i livelli di sale ritenuti interessanti, sia i campioni dei terreni di copertura, i quali sebbene fossero stati completamente rivestiti dalla struttura metallica di sostegno, in un paio di punti risultavano accessibili al campionamento.

I campioni geochimici sono stati imbustati direttamente in galleria, e su ognuno di essi si è indicata la distanza di prelievo dall'ingresso. L'informazione è stata poi utilizzata, di concerto con la pendenza media del cavo e con le informazioni stratigrafiche in nostro possesso, per stimare la profondità verticale di prelievo.

Il primo tratto di attraversamento dei terreni di copertura, appare rivestito da una struttura metallica con avanzato grado di corrosione. A circa 400 m dall'ingresso sul piano di calpestio rivestito in calcestruzzo non armato è stato notato un rigonfiamento, con una porzione di circa 6 m² crollata per la presenza di un sinkhole. Non si sono osservate venute d'acqua se non in limitate porzioni, a circa 200 m dall'imbocco, in cui erano presenti delle stalattiti di sale.

A circa 700 m dall'imbocco in prossimità della prima traversa di discesa, la volta del cavo è crollata. Il cumulo ostruisce parzialmente il cavo e sebbene rimanga un ampio passaggio, per evidenti motivi di sicurezza è stata interrotta l'esplorazione.

I sopralluoghi ed i rilievi effettuati nella galleria, esplorate per uno sviluppo di circa 700 m, della hanno fornito un inestimabile contributo allo studio geotecnico e geologico dell'area.

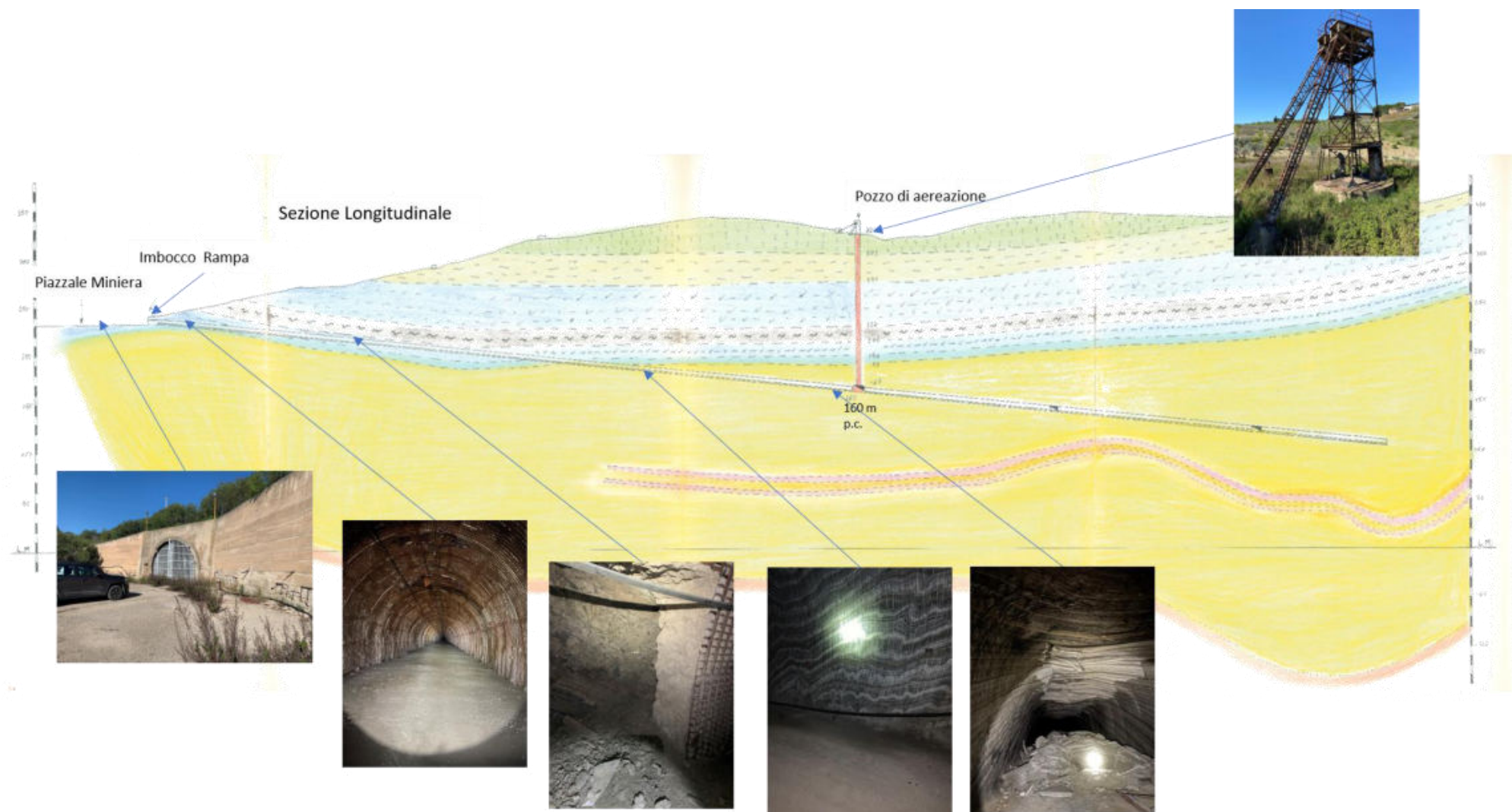


Figura 14 Profilo stratigrafico della Miniera Milena e documentazione fotografica.









8 Risultati delle indagini minerarie

8.1 Assetto stratigrafico del giacimento

L'elaborazione dei dati storici verificati attraverso l'esecuzione delle due campagne di prospezione geofisica, oltreché dall'esplorazione e dai rilievi geologico-minerari della cessata miniera Milena, unita al dettagliato rilievo geologico di campagna, hanno permesso non solo di confermare l'esistenza del giacimento a Sali alcalini del bacino di Milena, ma di ampliarne la consistenza, a riprova dell'importanza rivestita dal giacimento stesso.

Tale giacimento si pone tra i banchi di gesso e le gessareniti della formazione "gessi di Pasquasia" e le argille intervallate ai livelli gessosi o anidritici del Messiniano. La stratigrafia⁹ del deposito può essere ricondotta alla schematizzazione fatta da Decima-Wezel ed ormai universalmente accettata.

Entrambi asseriscono che la successione evaporitica messiniana è suddivisibile in due cicli denominati "Ciclo Evaporitico Inferiore" e "Ciclo Evaporitico Superiore", separati da una superficie di discordanza angolare causata da un evento tettonico avvenuto nel Messiniano.

All'interno del ciclo evaporitico inferiore collocano i giacimenti salini siciliani, caratterizzati da una zonizzazione composizionale verticale correlata alla solubilità del sale, osservandosi al top del ciclo la deposizione dei Sali magnesiaci-potassici.

Dalle loro osservazioni conclusero che all'interno della deposizione salina sono distinguibili quattro facies differenti, da loro denominate "zona A-B-C-D". Tali facies, riportano le fonti storiche, sono in parte presenti nell'ammasso salino di Milena, in particolare:

- a) La "zona A", almeno per quanto riguarda la sua parte basale è visibile nel sondaggio Milena 12, essa è caratterizzata alla base da salgemma con noduli anidritici, a cui segue salgemma con lamine molto fitte di anidrite che si fanno sempre più sottili verso l'alto fino a dar luogo ad un banco di salgemma puro e compatto nel quale il contenuto in NaCl può talora superare il 99,96%;
- b) La zona B, ossia quello in cui generalmente giacciono gli strati potassico-magnesiaci, è presente in tutti i sondaggi anche se a volte è parzialmente eroso. Decima-Wezel sostengono che tale zona è costituita inferiormente da salgemma con lamine anidritico-polialitiche generalmente molto pieghettate, verso l'alto si intercalano strati di sali potassico-magnesiaci.

⁹ I dettagli stratigrafici che verranno di seguito riportati si riferiscono alle deduzioni ottenute e riportate dalle varie fonti storiche da noi consultate. È chiaro che per ottenere tale tipo di osservazioni sarebbe necessaria l'analisi visuale di tutte le carote prelevate. Ritendo tali fonti *affidabili* e degne di *fiducia* se ne riporta la cronaca.

La zona B è quasi sempre separata dalla sottostante zona A da un intervallo pelitico che può raggiungere lo spessore di alcuni decimetri; esso rappresenta una stasi nel processo evaporitico con probabile ridissoluzione parziale degli strati sottogiacenti e può dar ragione delle variazioni di spessore osservate per la zona A. Tra i sali di potassio e magnesio prevale generalmente la kainite, seguita in qualche giacimento da lenti più discontinue a carnallite, silvite e bischofite; gli strati kainitici sono concentrati in sei intervalli, potenti ciascuno fino a 10 m, intercalati nel salgemma.

Nel loro interno i singoli strati appaiono estremamente pieghettati, con strutture tipo slump, mentre gli strati di salgemma al letto e al tetto sono indisturbati. Alla sommità della zona e comunque sempre presente un intervallo di alcuni metri di salgemma con noduli anidritici e polialitici, talora di aspetto brecciforme, che potrebbe rappresentare un deposito residuale;

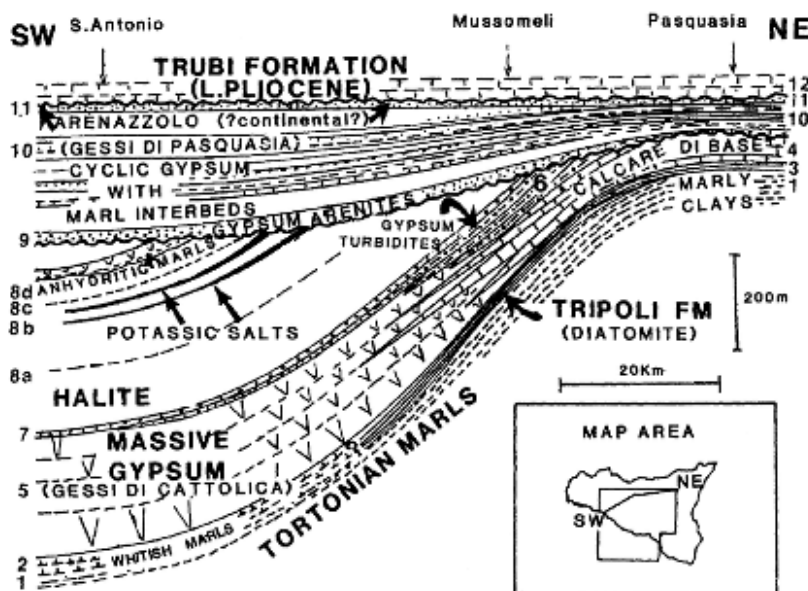


Figura 23 Modello stratigrafico del Messiniano di Sicilia da Decima e Wezel (1974).

- c) La zona C, è mancante quasi totalmente in tutti i sondaggi di Milena. Quando presente ha uno spessore quasi costante sui 70 m, ed è caratterizzata da salgemma molto puro, a grana grossa con lamine argilloso-anidritiche di aspetto stilolitico, regolarmente distanziate di 10-30 cm;
- d) La zona D, manca in tutti i sondaggi ad eccezione del Milena 6. Si tratta della zona di chiusura dei giacimenti salini, è rappresentata alla base da marne anidritiche di colore verde scuro e da anidrite a lamine millimetriche (complessivamente circa 15 m di spessore) e poi da salgemma simile a quello della zona A, ma con più frequenti e spesse intercalazioni di lamine

anidritiche. Questa zona è spesso mancante o molto ridotta a causa dell'erosione successiva al parossismo tettonico, lo spessore massimo osservato è di circa 60 m.

La quasi totale mancanza degli ultimi due cicli è certamente imputabile all'erosione molto accentuata, successiva agli effetti tettonici, di cui la parte nord-orientale del bacino pare abbia sofferto in maniera preponderante.

8.2 Determinazione del volume del giacimento

8.2.1 La valutazione storica

Il problema “giacimentologico” del cubaggio del giacimento Milena venne affrontato nei primi anni '80 dall'allora Ente Minerario Siciliano - EMS, dopo che una serie di perforazioni avevano portato alla luce l'esistenza di una mineralizzazione a Sali di potassio.

Volendo dar seguito alle scoperte effettuate, furono approfondite le ricerche dettagliando un'area in parte coincidente con il permesso di ricerca “Gallo d'oro”. Da tali ricerche fu possibile stimare i volumi mineralizzati, e fu dato seguito alla coltivazione del giacimento, cosa che avvenne solo parzialmente.

Le risorse furono valutate applicando un approccio di tipo geometrico basato sui “poligoni di influenza” e considerando i dati stratigrafici provenienti dai sondaggi del gruppo “Milena” (dal n° 1 al n° 15).

In accordo a tale approccio venne attribuito ad ogni sondaggio un'area chiamata “poligono di influenza”, all'interno della quale...*lo spessore dei livelli mineralizzati può ritenersi ragionevolmente costante.*

Dal *prodotto* tra la *superficie* occupata dal poligono di influenza e lo *spessore* dei livelli mineralizzati intercettati dallo stesso sondaggio si ottenne una *stima* volumetrica della mineralizzazione, che ripetuta per i vari sondaggi permise di ottenere una stima completa delle potenzialità minerarie del sito. I risultati vennero acquisiti, trasmessi e conservati negli archivi del Distretto Minerario di Caltanissetta.

Con il medesimo approccio, gli autori ottennero una serie di “sottostime” basate su una classificazione che teneva conto sia del **tenore** di K_2O (espresso come percentuale) che dello **spessore** medio del livello mineralizzato.

Relativamente al parametro “ **K_2O** ” furono individuati **tre** gruppi, rispettivamente con un tenore medio in potassio del **10%, 11% e 12%**. Ognuno dei tre gruppi venne ulteriormente suddiviso

secondo il parametro “**spessore**”, ottenendo una serie di sottogruppi denominati rispettivamente **A-B-C** con spessori di **1,5 – 2- 3 m**.

Il processo permise di definire un totale di 9 sottogruppi per i quali furono ottenute le stime volumetriche, riportate all’interno della tabella 6.

Cut-Off	Tenore medio	cubaggio tonn.x10 ⁶	Potenza media	Tenore medio	Cubaggio tonn.x10 ⁶	Potenza media	Tenore medio	Cubaggio tonn.x10 ⁶	Potenza media
10	12,56	120,936	29,51	12,59	114,130	29,24	12,58	109,381	28,02
11	12,73	109,570	26,76	12,76	103,654	26,55	12,74	99,919	34,16
12	13,27	89,646	23,36	13,28	85,065	21,79	13,26	81,190	27,76
	CASO A			CASO B			CASO C		

Tabella 6 La tabella riassume i dati volumetrici espressi in tonnellate (è stato considerata una densità media dei livelli mineralizzati di 2,2 t/m³) per ogni gruppo individuato (suddivisione in gruppi in accordo ai due criteri “qualitativi” e “di spessore” – estratta dalle Relazione Minerarie archiviate presso il Dis.Min.CL).

La necessità di suddividere il giacimento secondo il criterio “*qualitativo*” della risorsa era in parte legato all’efficienza dell’apparato industriale (di trattamento) utilizzato all’epoca.

Infatti il processo di separazione del minerale kainitico dalla matrice halitica, era effettuato mediante “flottazione”, processo che per essere industrialmente ed economicamente valido richiedeva un tout-venant estremamente puro.

Al fine di garantire il funzionamento ottimale del sistema flottativo, veniva richiesto un minerale grezzo con un contenuto in K₂O superiore al 10%, cosa che rendeva inutilizzabile i livelli mineralizzati a titolo più basso e che conseguentemente venivano scartati dalle stime.

Lo sviluppo tecnologico delle celle di flottazione avvenuto nei decenni successivi, ha portato all’ideazione di sistemi capaci di trattare efficientemente un minerale a contenuto potassico inferiore al 10%.

Dalle numerose stime ottenute secondo i criteri all’epoca utilizzati, verrà qui presa in considerazione la sola basata sul tenore medio del 10% in K₂O e spessori dei livelli coltivabili superiori a 2 m (Caso A) per un totale all’epoca stimato di circa **120.936.000 t¹⁰**.

Analogamente per le nostre stime verranno utilizzati gli stessi criteri, i risultati ottenuti saranno quindi confrontati con il dato volumetrico storico.

¹⁰ Dato contenuto all’interno della relazione “Permesso Milena - Conclusioni Sulle Ricerche Eseguite e Valutazione Geomineraria del Giacimento”, Ente Minerario Siciliano – Serv. Ricerche – Dr. Nicolò La Rosa – 05/02/1981, presente negli archivi del Distretto Minerario di CL - in allegato.

8.2.2 Il modello del giacimento

Per la creazione del modello del giacimento, che ha permesso il calcolo volumetrico delle risorse, sono stati rivisti i dati stratigrafici ottenuti dai sondaggi perforati dall'EMS e di cui si è ampiamente discusso nei paragrafi precedenti.

Tali informazioni sono state coadiuvate con:

- a) i dati ottenuti dalle campagne geoelettriche e microsismiche;
- b) l'esplorazione della miniera Milena e dal contestuale campionamento ed analisi sia chimiche che geotecniche dei campioni prelevati;
- c) dal rilevamento geologico di dettaglio, dai numerosi sopralluoghi nell'area, e dalla raccolta e dall'elaborazione della bibliografia esistente;

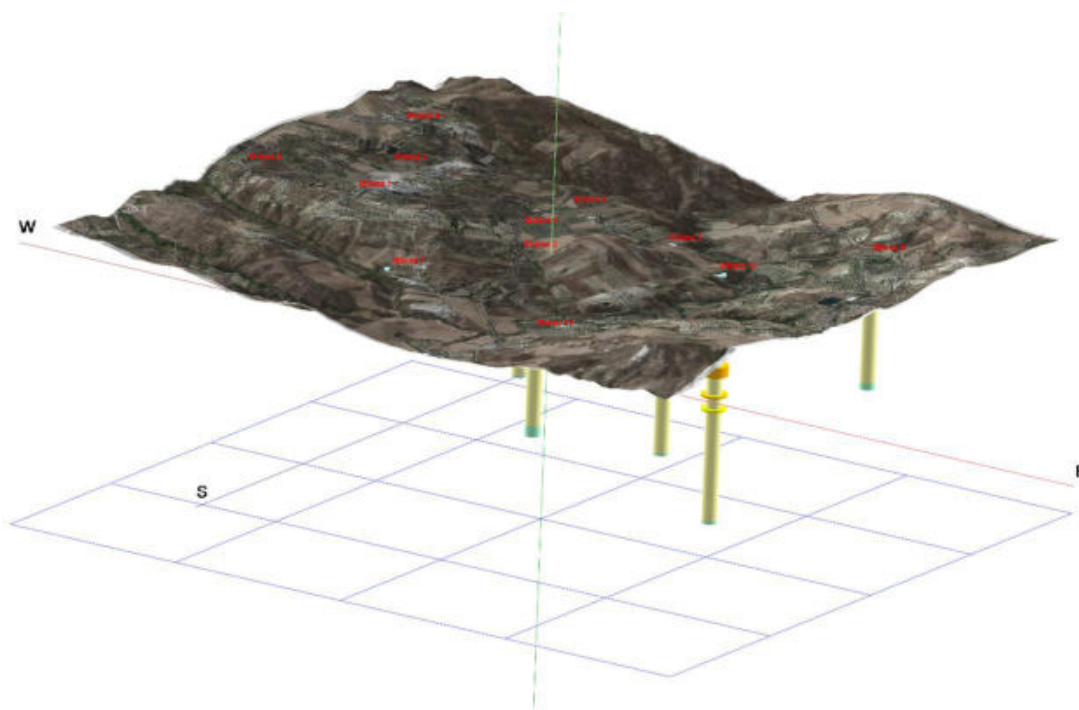


Figura 24 Vista 3D dell'area di studio con l'ubicazione dei sondaggi geognostici utilizzati.

I dati utilizzati per la realizzazione del modello (ubicazione dei sondaggi storici, stratigrafie, etc.), originariamente su supporto cartaceo, sono stati digitalizzati e georeferenziati (EPSG:32633, UTM-WGS84). All'operazione di digitalizzazione ha fatto seguito la creazione di un solido database cartografico utilizzato per la realizzazione del modello giacimentologico, ed integrato con cartografia (ortofoto colori, carta tecnica regionale 1:10.000, modello digitale del terreno (ris. 2m), e LIDAR (ris. 1 m)) proveniente dal servizio cartografico della Regione Sicilia (<http://map.sitr.regione.sicilia.it>).

Alla fase di riorganizzazione e omogeneizzazione del dato è quindi seguita la fase di elaborazione, caratterizzata da un utilizzo estensivo di metodologie GIS. L'uso di tali applicativi (QGIS -

www.qgis.org) ha consentito una gestione dinamica delle informazioni possedute, non esaurita alla semplice visualizzazione, ma estesa all'applicazione di algoritmi di calcolo spaziale e volumetrico, che hanno consentito di stimare i volumi interessati dalla mineralizzazione.

8.2.3 Calcolo dei volumi mineralizzati a Sali potassici

Il calcolo dei volumi interessati dalla mineralizzazione salina è stato ottenuto tenendo conto dei soli sondaggi per cui è nota con certezza l'ubicazione, ovvero il gruppo dei pozzi denominati "Milena" dal n°1 al n°12 e il "Butera 1", mentre sono stati esclusi i sondaggi Milena 13-14-15 per i quali, seppur sia nota la stratigrafia, se ne *sconosce* con esattezza l'ubicazione. Per la sola ricostruzione strutturale è stato altresì utilizzato il pozzo "Butera 2" ricadente al di fuori dell'area di ricerca.

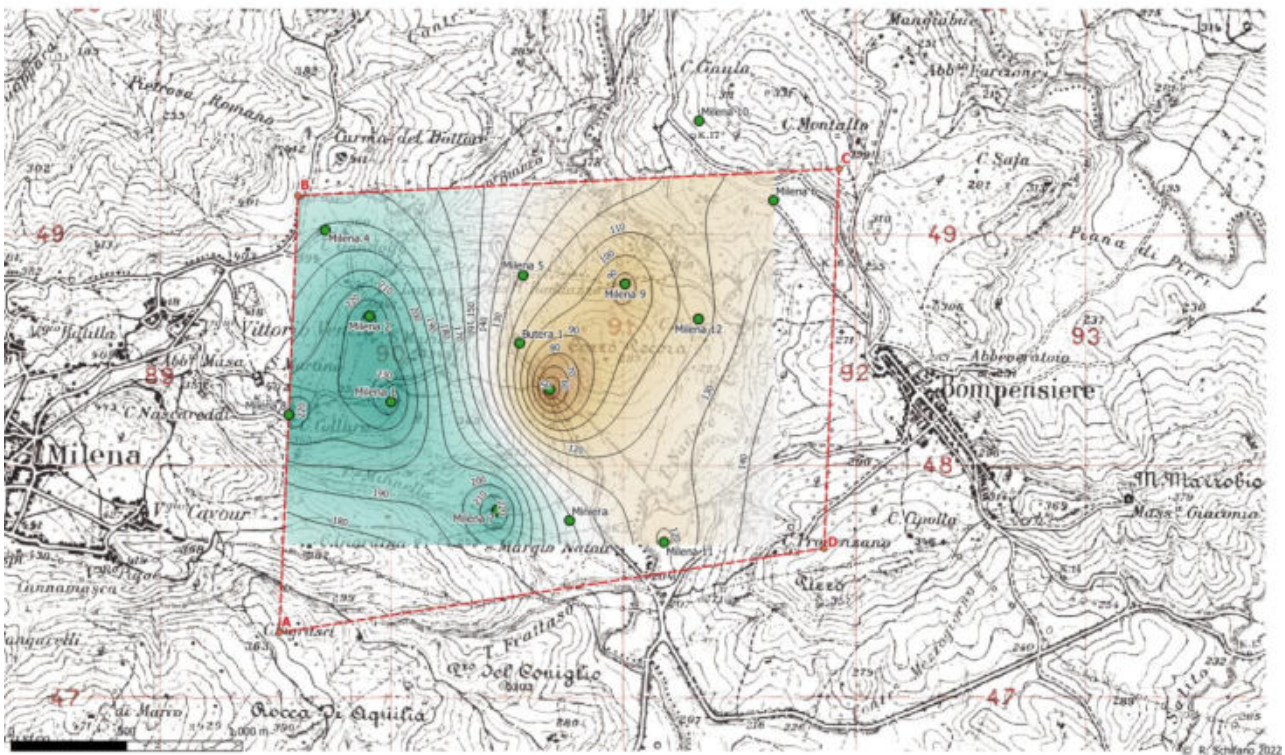


Figura 25 Isobate (m p.c.) del tetto del giacimento salino, sono evidenziate le due aree Orientale e Occidentale.

Nell'area del permesso i sondaggi appaiono uniformemente distribuiti a coprire una superficie di circa 164 ha, e si pongono ad una distanza reciproca di circa 300m.

Per quanto è noto, i pozzi hanno tutti intercettato il tetto della formazione salina a quote variabili comprese tra i 31 m dal p.c. del "Milena 7" posto nel margine S del permesso, e i 189 m dal p.c. del

“Milena 4” posto a NW, mentre il letto ad esclusione del “Milena 5¹¹” è stato intercettato a quote variabili tra i 209 m del “Milena 7” e i 909 m del “Milena 12”.

I dati di letteratura riportano altresì informazioni chiare sull'estensione della componente halitica del giacimento, e descrivono dettagliatamente i livelli mineralizzati a Sali potassici, quest'ultimi poiché intercalati ai livelli halitici, ne seguono le geometrie e le strutture.

Dal punto di vista strutturale il bacino di Milena può essere diviso in una zona orientale e una occidentale rispetto ad un immaginario asse passante per i sondaggi Milena 3 e Milena 11.

Nella parte occidentale il bacino si presenta molto regolare sia come andamento tettonico sia come tenori dei livelli mineralizzati, mentre nella parte orientale presenta un notevole approfondimento in corrispondenza dei sondaggi Milena 9-12, e sembra essere orientato in direzione NO – SE. Tale geometria potrebbe essere attribuita in buona parte alle notevoli forze di spinta che hanno portato alla formazione di una serie successiva di pieghe aventi una vergenza in linea di massima in direzione SO.

È per questo che nel versante E - NE del bacino si riscontra un notevole ispessimento della lente salina dovuta oltre che ad un maggiore spessore dei livelli ad una conseguente ripetizione dei livelli stessi.

Il tetto della formazione salina presenta in corrispondenza dei sondaggi Milena 3 e Milena 14, ed approssimativamente parallelamente alla loro congiungente, un minimo che lo porta alla quota di 31 m sul p.c., dato da tenere in considerazione per la pianificazione futura della coltivazione.

All'interno dell'ammasso sono stati riconosciuti sette livelli mineralizzati a Sali potassici, sei dei quali presenti in quasi tutti i sondaggi.

Per tali livelli le fonti storiche ne riportano il contenuto in K₂O e lo spessore apparente. I risultati sono riassunti in tab. 7

Sondaggio	Quota	Profondità strati mineralizzati slm		Profondità strati mineralizzati pc		Spessore medio in m	% K ₂ O
		top	bt	top	bt		
Milena_EMS_1	345,73	215,15	216,7	130,58	129,03	1,55	10,44
Milena_EMS_1		218,55	220,2	127,18	125,53	1,65	10,32
Milena_EMS_1		222,8	218,6	122,93	127,13	4,2	11,71
Milena_EMS_1		229,4	231,3	116,33	114,43	1,9	14,4
Milena_EMS_1		251,6	255,4	94,13	90,33	3,8	13,46
Milena_EMS_1		255,4	259,2	90,33	86,53	3,8	8,23

¹¹ Il Milena 5 dopo aver attraversato uno spessore mineralizzato di circa 380 è stato interrotto alla quota di 540 m dal p.c. per “sopraggiunti limiti dell'impianto...” senza raggiungere i terreni di letto.

Sondaggio	Quota	Profondità strati mineralizzati slm		Profondità strati mineralizzati pc		Spessore medio in m	% K2O
Milena_EMS_1	341,71	259,2	262,05	86,53	83,68	2,85	13,27
Milena_EMS_2		254,1	260,35	87,61	81,36	6,25	12,23
Milena_EMS_2		263,9	266,65	77,81	75,06	2,75	12,48
Milena_EMS_2		333,95	335,85	7,76	5,86	1,9	12,44
Milena_EMS_3	243,28	198	199,8	45,28	43,48	1,8	14,29
Milena_EMS_3		211,3	212,7	31,98	30,58	1,4	10,44
Milena_EMS_3		218,45	220,25	24,83	23,03	1,8	12
Milena_EMS_3		244,35	245,65	1,07	2,37	1,3	9,84
Milena_EMS_4	370,59	266,65	268,8	103,94	101,79	2,15	11,25
Milena_EMS_5	273,15	190,5	192,85	82,65	80,3	2,35	10,92
Milena_EMS_5		197,8	203,5	75,35	69,65	5,7	10,8
Milena_EMS_5		204,45	209,8	68,7	63,35	5,35	8,55
Milena_EMS_5		249,7	258,25	23,45	14,9	8,55	14,66
Milena_EMS_5		266,65	274,95	6,5	1,8	4,7	11,68
Milena_EMS_6	232,1					0	
Milena_EMS_7	257,5	138,95	141,8	118,55	115,7	2,85	14,38
Milena_EMS_8	372,11	308,75	313,5	63,36	58,61	4,75	13,06
Milena_EMS_8		317,3	323,9	54,81	48,21	6,6	11,3
Milena_EMS_9	226,12	175,65	177,55	50,47	48,57	1,9	12,96
Milena_EMS_9		267,8	270,35	41,68	44,23	2,55	13,06
Milena_EMS_9		290,85	297,4	64,73	71,28	6,55	10,32
Milena_EMS_9		300,2	306,5	74,08	80,38	6,3	12,37
Milena_EMS_9		316,5	337,65	90,38	111,53	21,15	11,98
Milena_EMS_9		344,1	353,55	117,98	127,43	9,45	11,21
Milena_EMS_9		374,55	378,35	148,43	152,23	3,8	13,08
Milena_EMS_9		386,3	397,8	160,18	171,68	11,5	12,86
Milena_EMS_9		406,2	427,8	180,08	201,68	21,6	11,11
Milena_EMS_10	226,12	171,2	173,1	54,92	53,02	1,9	11,24
Milena_EMS_10		191,45	193,1	34,67	33,02	1,65	9
Milena_EMS_11	201,97					0	
Milena_EMS_12	219,17	158	171,3	61,17	47,87	13,3	14,56
Milena_EMS_12		198,9	208,65	20,27	10,52	9,75	12,82
Milena_EMS_12		267,65	283,6	48,48	64,43	15,95	14,39
Milena_EMS_12		342,05	382,1	122,88	162,93	40,05	13,76
Milena_EMS_12		382,1	384,8	162,93	165,63	2,7	12,19
Milena_EMS_12		398,45	410,35	179,28	191,18	11,9	10,8
Milena_EMS_12		451,55	459,9	232,38	240,73	8,35	13,7
Milena_EMS_12		503,9	514,25	284,73	295,08	10,35	13,39
Milena_EMS_13	185,96	205,2	208,1	19,24	22,14	2,9	11,66
Milena_EMS_13		263,6	265,2	77,64	79,24	1,6	11,22
Milena_EMS_13		266,9	268,6	80,94	82,64	1,7	12,61
Milena_EMS_13		296,8	303,45	110,84	117,49	6,65	12,32
Milena_EMS_14	260,47	228,9	231,45	31,57	29,02	2,55	15,66

Sondaggio	Quota	Profondità strati mineralizzati slm		Profondità strati mineralizzati pc		Spessore medio in m	% K2O
Milena_EMS_14	268,57	267,44	279,8	6,97	19,33	12,36	12,74
Milena_EMS_15		335,09	336,54	66,52	67,97	1,45	11,31
Milena_EMS_15		388,51	395,98	119,94	127,41	7,47	13,27
Milena_EMS_15		396,3	399,25	127,73	130,68	2,95	10,38
Milena_EMS_15		400,8	407,09	132,23	138,52	6,29	13,36
Milena_EMS_15		408,33	412,38	139,76	143,81	4,05	13,04
Milena_EMS_15		422,77	431,86	154,2	163,29	9,09	13,81
Milena_EMS_15		440,61	444,3	172,04	175,73	3,69	11,5

Tabella 7 Livelli potassici intercettati dai vari sondaggi.

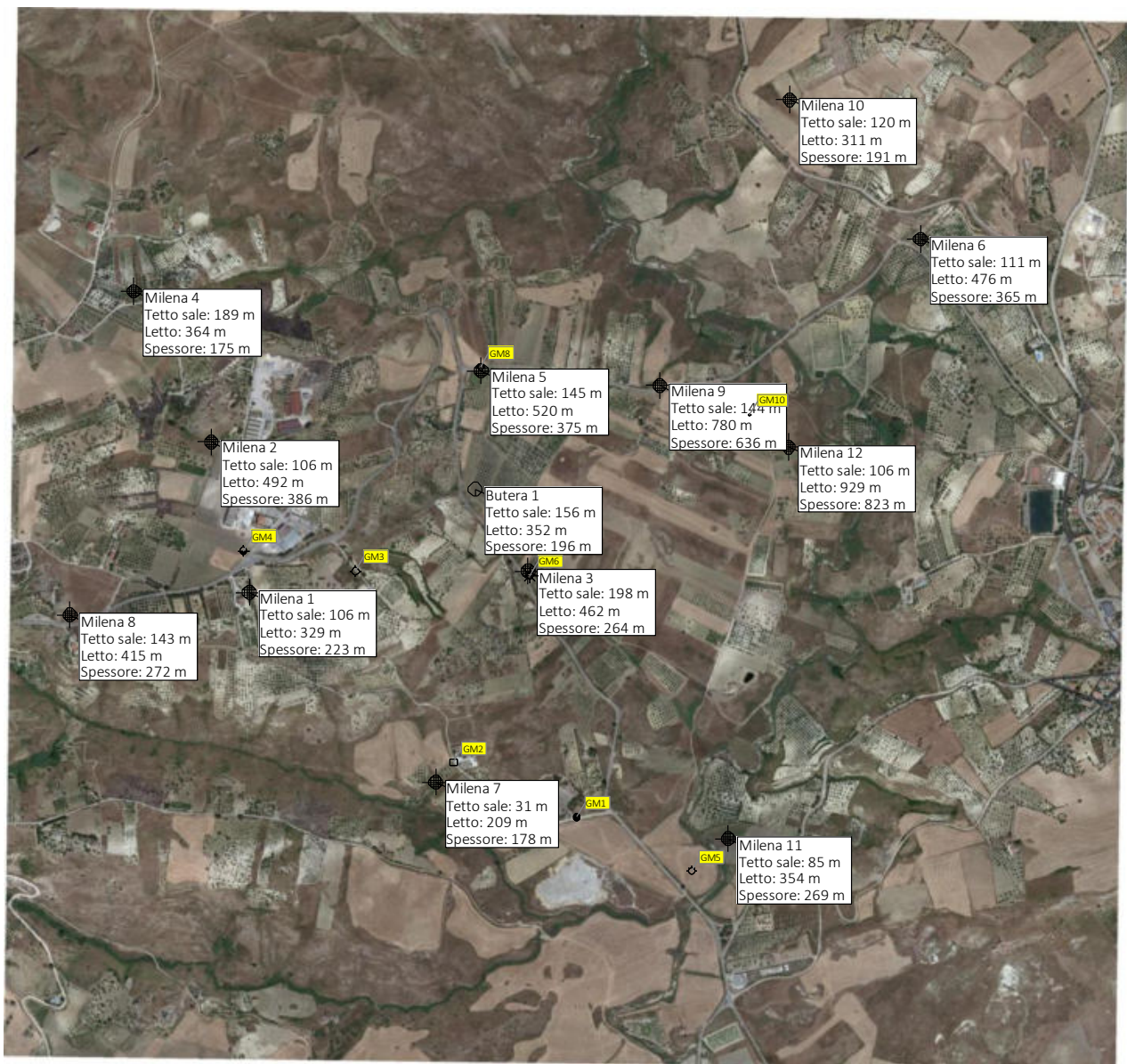


Figura 26 Ubicazione dei pozzi "Milena" con indicazione delle quote di tetto e letto, e dello spessore stimato.

La metodologia che verrà utilizzata per la stima del giacimento, sia della sua componente halitica che kainitica, è basata su un approccio geostatistico automatizzato.

La procedura usata può essere riassunta nel seguente modo: note le coordinate “X” e “Y” (rispettivamente Longitudine e Latitudine espresse in coordinate metriche secondo il sistema di riferimento EPSG:32633 – UTM-WGS84) per ogni punto di misura, ed attribuito al parametro “Z” rispettivamente le quote di tetto o di letto, si applica l’algoritmo di correlazione spaziale “Ordinary Kriging”¹², mediante l’uso dell’applicativo QGIS 3.18.

L’algoritmo realizza una “griglia” di punti fittizi con maglia di 10x10 m in cui alla coordinata “Z” (nei punti di intersezione della griglia, detti “nodi”), attribuisce l’esito del processo interpolativo; l’approccio è ripetuto per ogni livello potassico. Il risultato è la carta delle isobate del giacimento riportata in fig. 24.

L’analisi dei dati geologici e geofisici ha consentito di stimare i volumi interessati dalla mineralizzazione:

- a) a Sali potassici, il cui minerale principale è la kainite;
- b) a sola halite (cloruro di sodio);

Dai dati in nostro possesso è stato stimato che la mineralizzazione a **kainite** coinvolge un volume di circa **81.997.500 m³**, pari ad un ammontare di riserve kainitiche grezze prossime a circa **180.395.500 t**, dato che tiene conto dei soli livelli kainitici con titolo in K₂O superiore al 10%.

La differenza nella stima delle riserve kainitiche, superiore di circa il 67% a quanto riportato dall’EMS, è attribuibile al più efficiente sistema di calcolo volumetrico da noi utilizzato.

Stima EMS	Stima GMRI	Differenza in t	Differenza in %
120.936.000 t	180.395.500 t	59.459.500 t	67

Tabella 8 Tabella riassuntiva delle stime mineralizzazione potassica.

Ipotizzando che la coltivazione del giacimento venga effettuata mediante il tradizionale sistema a “camere e pilastri”, il tasso di recupero del minerale si riduce a circa il 30%, e pertanto le risorse potenzialmente utilizzabili in maniera economicamente competitiva con le tecnologie disponibili si riducono a circa **54.118.650 t**.

¹² La più comune tecnica usata per la stima di risorse minerarie, ed è una variante dell’estimatore di regressione lineare che permette di stimare una variabile regionalizzata in punti “non-campionati” interpolando/estrapolando i valori dai punti “campionati”, è stato preferito alla triangolazione perché fornisce tra l’altro un aspetto grafico migliore e stime perfettamente compatibili.

Tale valore si riferisce al minerale kainitico, che ricordiamo, ha una percentuale in K_2O superiore al 10%, corrispondenti ad una quantità “percentuale” di minerale *kainitico puro* di circa il 52%¹³.

Pertanto è possibile affermare che la quantità di kainite pura è prossima a circa **28.141.698 t**.

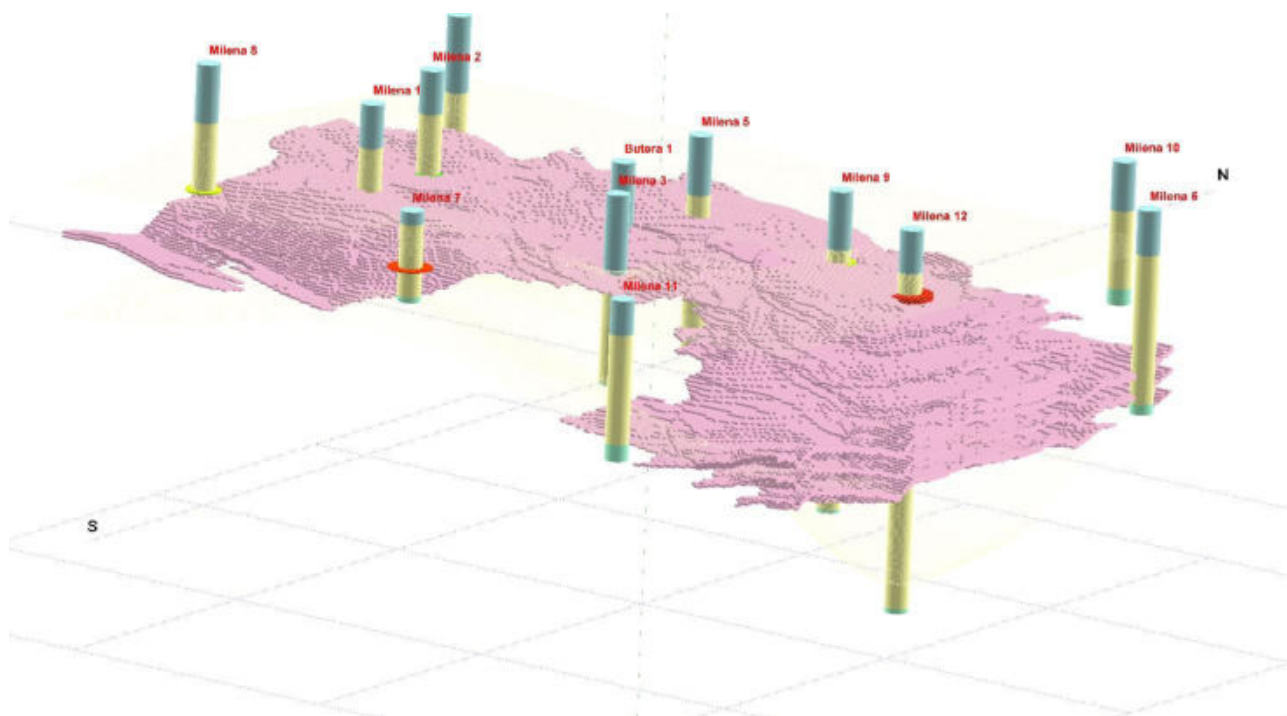


Figura 27 Giacimento "Gallo d'Oro" in rosa i livelli kainitici.

8.2.4 Calcolo dei volumi mineralizzati a Sali sodici - halite

Più complessa è invece la stima della mineralizzazione halitica. Poiché ritenuta priva di interesse commerciale, l'EMS non ne stimò l'entità, e cosa peggiore, non riporto dettagli sulle caratteristiche chimico-mineralogiche.

Le stime volumetriche della componente halitica, basate su una serie di assunzioni, hanno pertanto richiesto una particolare cura, poiché sebbene siano conosciute le profondità del tetto e del letto della formazione, non sono altrettanto note le caratteristiche qualitative del minerale halitico, determinate solo parzialmente e limitatamente ai livelli più superficiali, mediante analisi effettuate sui campioni prelevati in occasione delle esplorazioni della cessata miniera Milena, i cui dettagli sono già stati esposti nei paragrafi precedenti.

Seguendo il medesimo approccio geostatistico già applicato per la mineralizzazione kainitica, si è valutata la mineralizzazione halitica in circa 1.045.693.500 m³ pari a circa 2.300.525.700 t.

¹³ Con tale valore per ogni tonnellata di minerale “kainitico” grezzo estratto, 0,52 t sono costituite da minerale kainitico “puro”, mentre la restante parte, circa 0,48 t dal minerale halitico.

Non tutta la mineralizzazione halitica presenta caratteristiche qualitative tali da giustificare una coltivazione economicamente sostenibile.

Si è pertanto provveduto a stimare le caratteristiche qualitative del minerale halitico estrapolando informazioni in tal senso dai documenti storici prodotti dall'EMS; le deduzioni sono state infine *confrontate* con quanto dedotto personalmente dalle analisi chimiche.

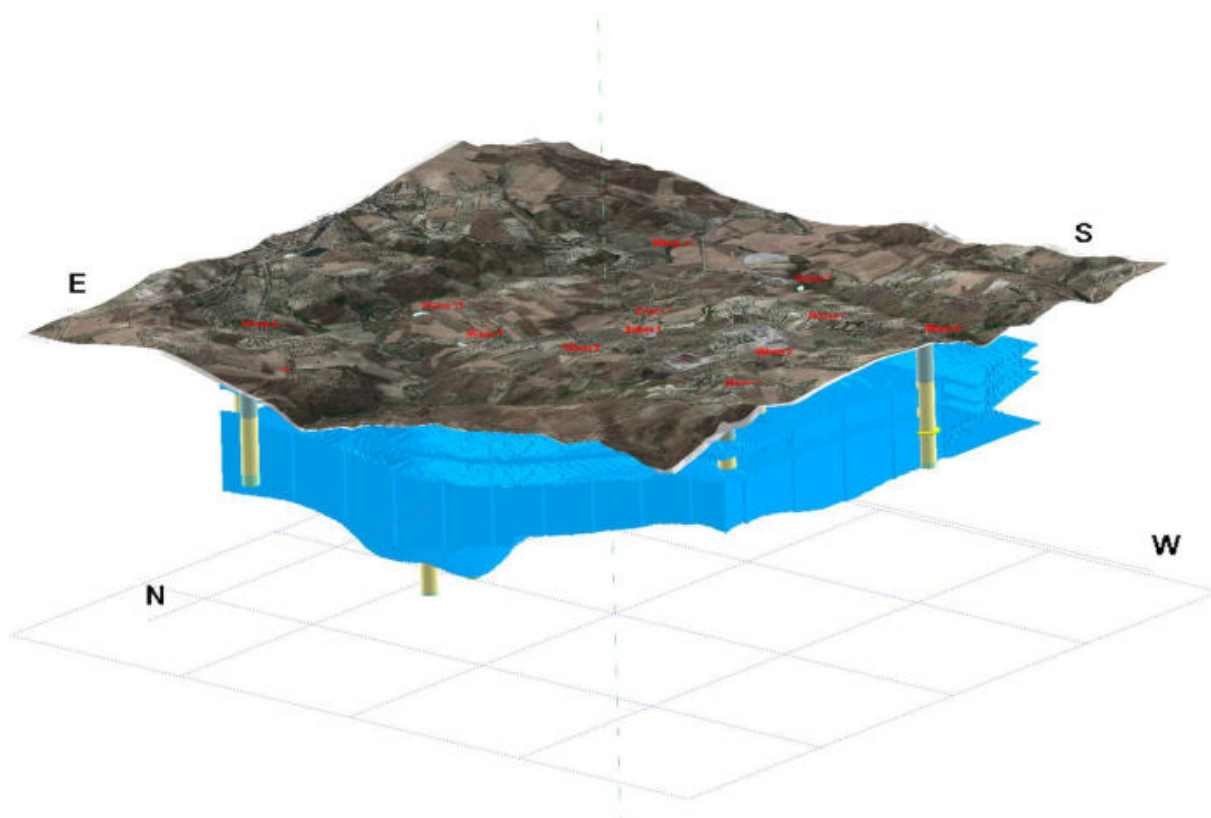


Figura 28 Modello stratigrafico 3D della sola "Zona A".

Nei documenti consultati, prodotti dall'EMS, i rilevatori dell'epoca affermano che i sondaggi da loro perforati hanno intercettato a quote variabili le due zone del ciclo salino definite "A" e "B", mentre le zone "C" e "D" risultavano essere del tutto assenti" ...*la quasi totale mancanza degli ultimi due cicli è certamente imputabile all'erosione molto accentuata, successiva agli effetti tettonici, di cui la parte nord-orientale del bacino pare abbia sofferto in maniera preponderante¹⁴*".

¹⁴ Relazione Geomineraria EMS – pag. 13 – vedi appendice.

Dal punto di vista strettamente minerario, le due zone “A” e “C” sono ritenute gli “obiettivi” salini da coltivare a Sali sodici¹⁵, in particolare la zona “A” nella sua parte sommitale¹⁶ è caratterizzata da salgemma bianco molto puro e compatto nel quale il contenuto in NaCl raggiunge il 99,6%.

Poiché le fonti riportano la terebrazione della zona “A” nei vari sondaggi perforati, ci appare del tutto lecito ipotizzare l’esistenza di una mineralizzazione ad halite con caratteristiche qualitative tali da poter essere coltivata.

Con il medesimo approccio geostatistico applicato al caso kainitico, si è pertanto valutata l’entità volumetrica del livello “halitico” attribuibile alla sola zona “A”, seguendo l’approccio di seguito descritto.

Per ogni sondaggio il tetto e il letto della zona “A” sono stati ottenuti considerando rispettivamente

- a) Per il tetto, il letto del livello kainitico più profondo (indicatore “certo” della zona “B”);
- b) Per il letto, il tetto dei terreni di letto (di solito argille-gessi);

ad esempio nel caso del “Milena 11” si sono attribuite alla “Zona A” le quote di tetto e letto rispettivamente di 324 m e di 415 m pc.

Ottenute le profondità del tetto e del letto della “Zona A”, se ne sono ricostruite le geometrie e stimati i volumi, i quali ammontano a circa 879.279.500 m³, pari a 1.934.414.900 t.

Definita la zona “A” si è voluto stimare il volume della sola facies costituita da cloruro sodico bianco e compatto con tenore in NaCl prossimo a 99,6%.

Nessuna informazione in tal senso è riportata o è derivabile dalle fonti storiche consultate, ma da esperienze dirette in bacini salini posti a poca distanza dal sito “Gallo d’oro”, è possibile valutare in circa 10m tale livello di sale puro e compatto.

¹⁵ Le attuali miniere di salgemma (halite) attive presenti sul territorio siciliano “coltivano” la facies “C”, e parzialmente la facies “A”.

¹⁶ A contatto con la sovrastante zona “B” quest’ultima contenente Sali potassico-magnesiaci, separata dalla sottostante zona “A” da un livello pelitico decimetrico ben delineato e spesso utilizzato come marker per correlazioni tra bacini.



Figura 29 Perforazione SCR4, carotaggio della "zona A"

La zona "A" citata è stata infatti intercettata e descritta dallo scrivente in occasione della campagna esplorativa "Case Rainieri", in cui in più occasioni i sondaggi perforati lo hanno attraversato.

La fig. 28 si riferisce proprio all'intercettazione della "zona A" ad opera del sondaggio SCR4.

Considerando pertanto uno spessore medio omogeneo di circa 10m, e considerando che il livello è stato terebrato dai sondaggi EMS, distribuiti su una superficie di circa 300 ha, si può in prima approssimazione stimare che l'entità della mineralizzazione salina di "facies 99,6%" è prossima a circa 30.000.000 m³, pari a circa 66.000.000 t.

Nell'ipotesi di una coltivazione a camere e pilastri, con un recupero netto di minerale prossimo al 25% le riserve ad halite contenute nel giacimento "Gallo d'oro" ammontano a circa **16.500.000 t.**

9 Valutazione economica del giacimento Milena

9.1 Premessa

La stima delle potenzialità economiche del giacimento kainitico è operazione alquanto complessa, poiché se opportunamente trattato, dal minerale "kainite" è possibile produrre sali pregiati tra i quali i solfati di potassio e magnesio e i rispettivi cloruri.

Al fine di rendere più agevole la lettura ed eliminare ogni possibile fraintendimento, nel proseguo ci si riferirà con il termine di:

- a) **kainite grezza**, al minerale estratto dal sottosuolo e generalmente contenente varie fasi mineralogiche quali halite, kainite, carnallite, etc. È infatti necessario ricordare che i depositi potassici non sono mai costituiti da una singola fase ma spesso in paragenesi con altre specie;
- b) **kainite**, la forma mineralogica "pura", un sale doppio di potassio e magnesio con formula chimica $\text{KClMg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$;
- c) **halite**, il minerale di cloruro di sodio con formula NaCl ;

tale precisazione è funzionale alla valutazione economica del giacimento, in quanto le stime effettuate per un ammontare complessivo di circa 180.395.500 t (valore in linea con quanto stimato dai precedenti operatori minerari), si riferiscono al contenuto di “kainite grezza”, il cui titolo in K₂O del 10% si traduce in un contenuto di minerale **kainitico puro** pari a circa **28.141.698 t**¹⁷.

In prima approssimazione si può affermare che il rapporto tra contenuto di K₂O in % e il contenuto medio di kainite pura è pari a 5,19, ovvero:

$$\frac{\text{Contenuto medio Kainite \%}}{\text{Contenuto medio K}_2\text{O \%}} = 5,19$$

La rimanente *porzione* del minerale kainitico grezzo è quasi esclusivamente costituita da halite, e da eventuali fasi accessorie (altri minerali quali calcite, gesso, etc), oltre che da un residuo argilloso (circa 1-3 %) definito *insolubile*.

La separazione tra fasi mineralogiche è generalmente ottenuta mediante flottazione.

9.2 Valutazione economica

La valutazione economica del giacimento a Sali potassici di Milena è stata ottenuta mediante il metodo *sintetico reddituale*.

Tale approccio prevede la valutazione economica prospettica basata sull’attualizzazione di una rendita annua posticipata (pari al reddito atteso medio-normale) con durata limitata nel tempo.

Generalmente tale durata coincide con il periodo di concessione per la coltivazione, che nel caso del giacimento “Gallo d’oro” ammonta a 30 anni.

Noto il periodo di attività della miniera, il calcolo del profitto della miniera, derivante dal possibile sfruttamento e dalla coltivazione del giacimento è esprimibile dalla relazione:

$$P = T * V - S_p$$

Con:

T: tonnellate di kainite prodotta annualmente;

V: valore del minerale espresso in €/t;

Sp: spese annuali complessive per la produzione;

¹⁷ Mentre il contenuto in kainite pura per le stime “storiche” ammonta a circa 18.866.016 t.

Stimando in circa 38,18 €/t i *costi di produzione* onnicomprensivi per tonnellata di kainite estratta “a bocca miniera”, ed ipotizzando un ricavo medio di 3,82 € per ogni tonnellata di minerale commercializzato (pari a circa il 10% del costo di produzione), il profitto P annuale è valutabile in:

$$P = T * 3,82\text{€}$$

6.891.108 €, con T, tonnellate di kainite grezza estratta nei 30 anni di presunta attività della miniera, ovvero con un tasso di estrazione annuale pari a circa 1.803.955 t.

Il dato appena calcolato riferito alla redditività media annuale della miniera a Sali potassici basato su un esaurimento delle risorse nei 30 anni di presunta coltivazione, permette di valutare il valore attuale del giacimento, mediante l'espressione (eq.1):

$$V_a = P \frac{(1+i)^{n-1}}{i * (1+i)^n}$$

Il valore i esprime il **tasso di attualizzazione** determinato secondo il Modello CAPM (Capital Asset Pricing Method).

$$i = (k_e - \text{tasso d'inflazione}) = [R_f + \beta(R_m - R_f)] - I$$

Con k_e definito con la somma del tasso delle attività prive di rischio (R_f) e un premio per il Rischio di mercato ($R_m - R_f$) moltiplicato per la rischiosità specifica dell'impresa (β).

Il tasso per le attività prive di rischio è stato stimato al 0,82% sulla base del rendimento dei titoli di Stato (BTP) con scadenza decennale.

Il premio per il rischio di mercato viene stimato sulla base del rendimento medio delle azioni quotate nei mercati regolamentati, utilizzando serie di dati secolari è possibile stimare ($R_m - R_f$) pari al 5%. Il parametro β è stato fissato pari ad 1.

Pertanto:

$$i = 0,82\% + 1 \cdot 5,0\% = 5,82\%$$

L'inflazione media nel 2019 è pari allo 0,77%.

Il tasso di attualizzazione risulta quindi

$$i = (k_e - \text{tasso d'inflazione}) = 5.82\% - 0.77\% = 5,05\% = \text{circa } 5\%$$

Il valore attuale del giacimento calcolato mediante l'espressione dell'eq.1 sarà uguale a:

$$\mathbf{105.933.222 \text{ €}}$$

Analogamente l'approccio può essere applicato al caso del minerale halitico.

Stimando in circa 21,6 €/t i *costi di produzione* onnicomprensivi per tonnellata di halite estratta “a bocca miniera”, ed ipotizzando un ricavo medio di 2,4 € per ogni tonnellata di minerale commercializzato (pari a circa il 10% del costo di produzione), il profitto P annuale è valutabile in:

$$P = T * 2,4\text{€}$$

1.320.000 €, con T, tonnellate di halite estratta nei 30 anni di presunta attività della miniera, ovvero con un tasso di estrazione annuale pari a circa 550000 t. Il valore attuale della componente halitica del giacimento calcolato mediante l'espressione dell'eq.1 sarà uguale a:

20.291.635 €

10 Conclusioni

Su incarico affidatomi dalla società "General Mining Research Italy S.r.l." ho condotto uno studio con l'obiettivo di definire le potenzialità giacimentologiche di un'area ubicata nel centro della Sicilia, confinata tra gli abitati di Milena (ad Est) e di Bompensiere (ad Ovest).

L'area:

- Ricade all'interno del permesso di ricerca per Sali alcalino-potassici denominato "Gallo d'oro", ottenuto dalla GMRI srl con D.D.G. n° 1378 il 26/11/2020;
- È delimitata da una linea continua estesa per complessivi 8272m a congiungere quattro vertici e racchiude una superficie di 404 ha;
- In essa è noto un giacimento salino già messo in evidenza dai sondaggi "Butera 1-2" perforati negli anni '50 dall'EMS. Il giacimento è stato meglio delineato mediante ulteriori perforazioni (serie sondaggi Milena da 1 a 15) effettuati dall'EMS negli anni 60-70, anni in cui inizia la coltivazione del giacimento, con la messa in funzione della miniera "Milena", rimasta in attività fino a fine anni '90.

In due distinte occasioni è stato possibile esplorare l'interno della miniera "Milena", contestualmente sono stati prelevati campioni di rocce lungo il cavo della galleria, in seguito sottoposti ad una serie di analisi chimiche e geotecniche.

I campioni sottoposti:

- A prove di compressione uniassiale non confinata hanno riportato valori compresi tra 15,6 e 43,3 MPa, con un carico di rottura compreso tra 62,506 e 418,806 KN;
- Ad analisi chimiche hanno evidenziato tenori in NaCl compresi tra 63% e oltre 93,8%. È stata individuata la presenza di Silvite (KCl), Polyhalite ((K₂Ca₂Mg (SO₄)₄·2H₂O)), Carnallite (MgCl₂·KCl·H₂O), e Kainite (4MgSO₄·4KCl·11H₂O);

Sono state effettuate due campagne di prospezione geofisica applicando le metodologie geoelettrica e sismica, la campagna di prospezione:

- Geoelettrica ha visto l'esecuzione di due sondaggi elettrici verticali in configurazione Schlumberger;
- Microsismica ha invece visto l'esecuzione di 8 acquisizioni microsismiche HVSR;

A conclusione delle campagne esplorative, si è **delineato** un giacimento a sali alcalini-potassici denominato "Gallo d'oro", le cui caratteristiche sono di seguito riassunte:

- Il giacimento si pone tra i banchi di gesso e le gessareniti della formazione "gessi di Pasquasia" e le argille intervallate ai livelli gessosi o anidritici del Messiniano;
- La stratigrafia del deposito può essere ricondotta alla schematizzazione fatta da Decima-Wezel, che prevede all'interno della deposizione salina 4 facies, due delle quali A e B presenti nel giacimento Gallo d'Oro;
- Dal punto di vista strutturale il bacino di Milena può essere diviso in una zona orientale e una occidentale rispetto ad un immaginario asse passante per i sondaggi Milena 3 e Milena 11.
- Il tetto della formazione salina si pone a quote variabili comprese tra i 31 m dal p.c. del "Milena 7" posto nel margine S del permesso, e i 189 m dal p.c. del "Milena 4" posto a NW, mentre il letto ad esclusione del "Milena 5" è stato intercettato a quote variabili tra i 209 m del "Milena 7" e i 909 m del "Milena 12";
- Il giacimento occupa una superficie di circa **388** ha, la mineralizzazione kainitica si estende a racchiudere un volume di circa 81.997.500 m³, e con una densità $d=2,2$ t/m³ le **riserve** stimate ammontano a circa **180.395.500 t** mentre la mineralizzazione halitica racchiude un volume di circa **30.000.000 m³** pari a circa **66.000.000 t**;
- È ragionevolmente ipotizzabile che la coltivazione del giacimento avverrà mediante il tradizionale sistema a "camere e pilastri". Con tale modalità estrattiva il tasso di recupero del minerale kainitico si attesta a circa il **30%**, e pertanto le **risorse** potenzialmente utilizzabili in maniera economicamente competitiva con le tecnologie disponibili si riducono a circa **54.118.650 t** di kainite grezza con un titolo in K₂O del 10%, corrispondenti a loro volta a una quantità di kainite pura di circa **28.141.698 t**;
- Le stime da noi effettuate per la componente kainitica sono *superiori* rispetto a quanto stimato dall'EMS di circa 59.459.500 t pari a circa il 67%;
- Il valore attuale della componente kainitica del giacimento tenendo conto del tasso di attualizzazione è stimato in circa **105.933.222 €**;

- Sono state altresì valutate le riserve di minerale halitico potenzialmente estraibile dal giacimento “Gallo d’oro”. Le stime qualitative sono state ottenute sia da analisi dirette di campioni prelevati in occasione dell’esplorazione della miniera “Milena”, sia da osservazioni e deduzioni riportate dai documenti storici consultati. Dal confronto si è ipotizzato che le riserve di halite possono stimarsi in circa in circa 66.000.000 t. Coltivando mediante sistema “camere e pilastri” ed ipotizzando un tasso di recupero del 25%, le risorse potenzialmente estraibili si attestano a circa **16.500.000 t.**
- Il valore attuale della componente halitica del giacimento tenendo conto del tasso di attualizzazione è stimato in circa **20.291.635 €.**

Dagli studi da me effettuati è possibile concludere che le potenzialità del giacimento “**Gallo d’oro**” sono tali da giustificare una coltivazione mineraria a larga scala.

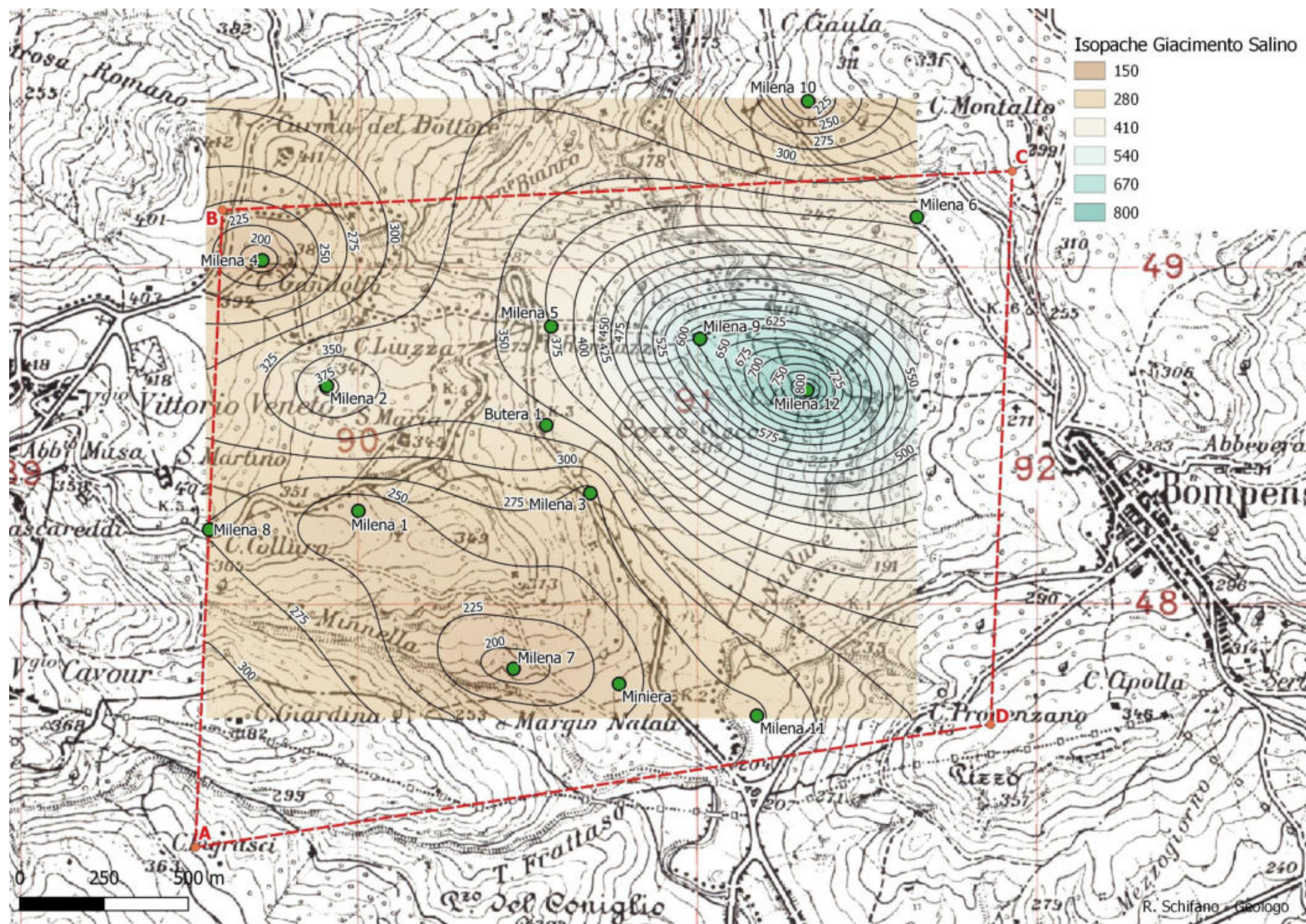
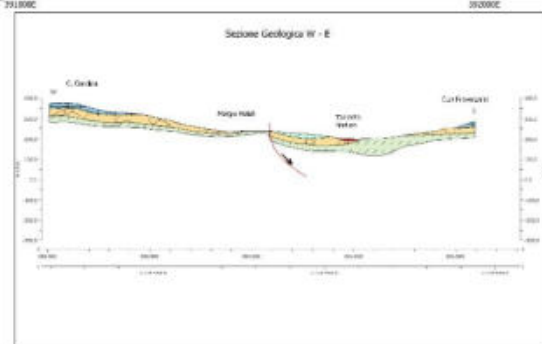
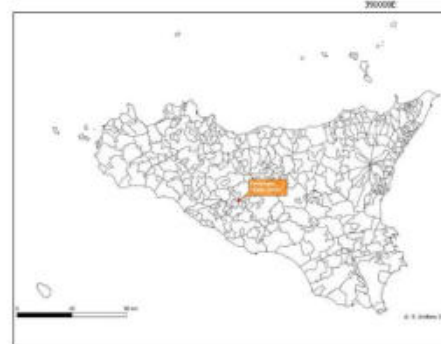
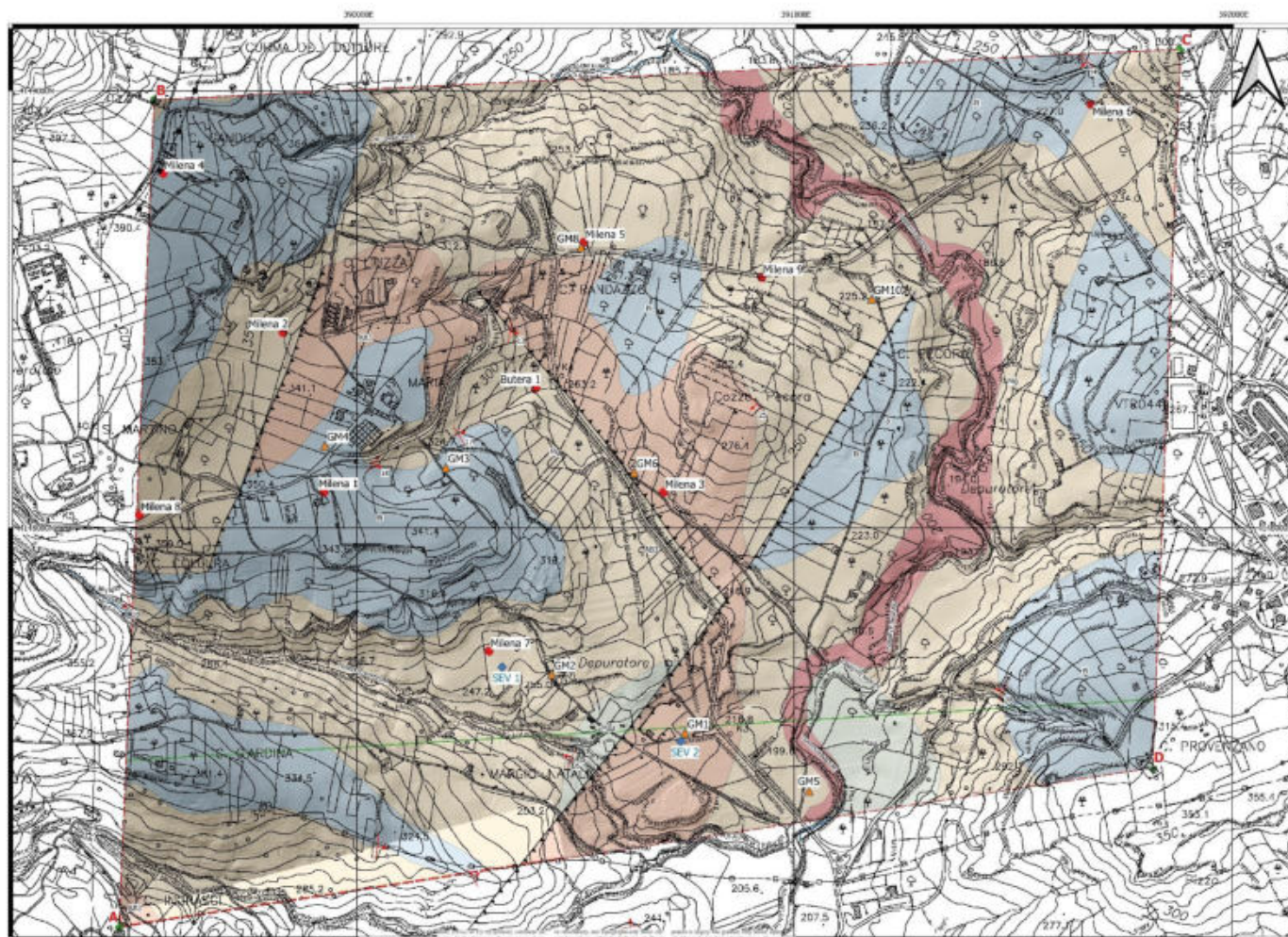
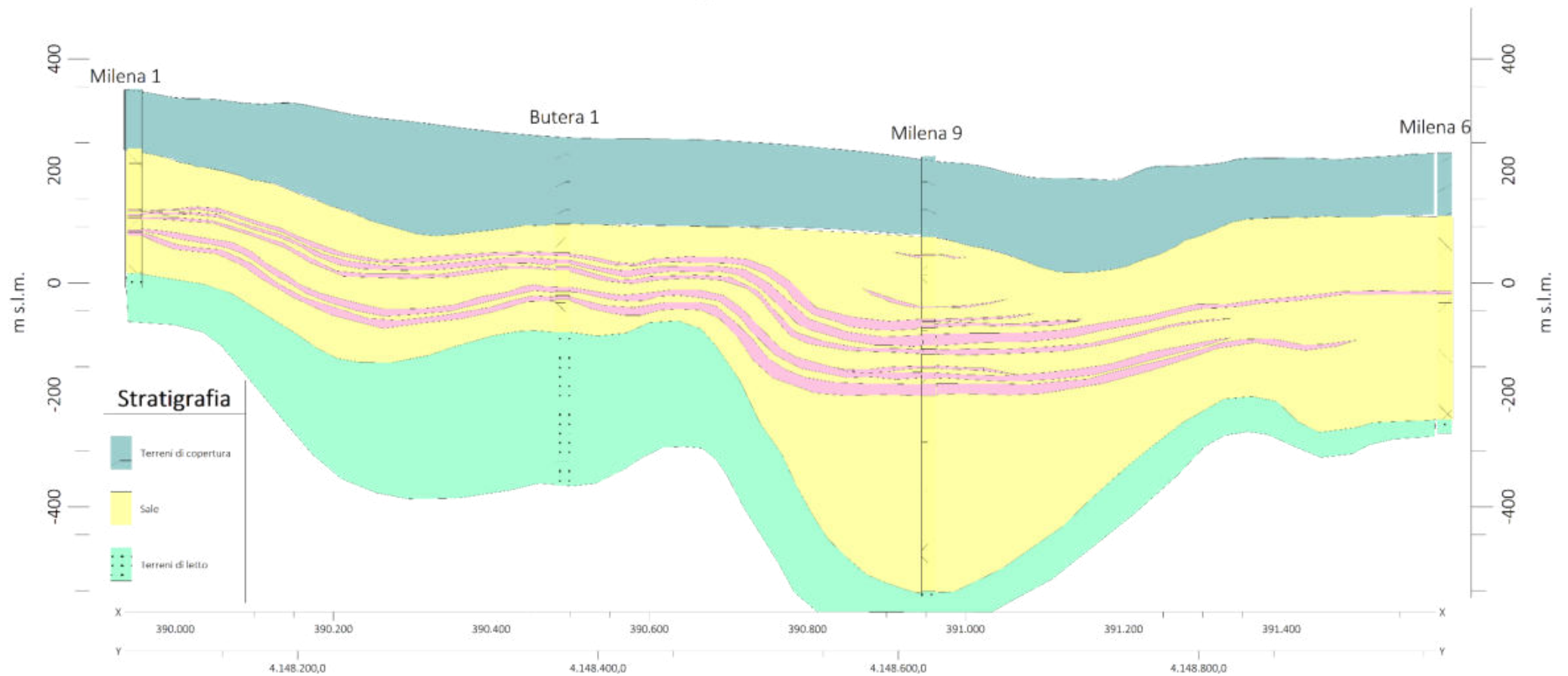


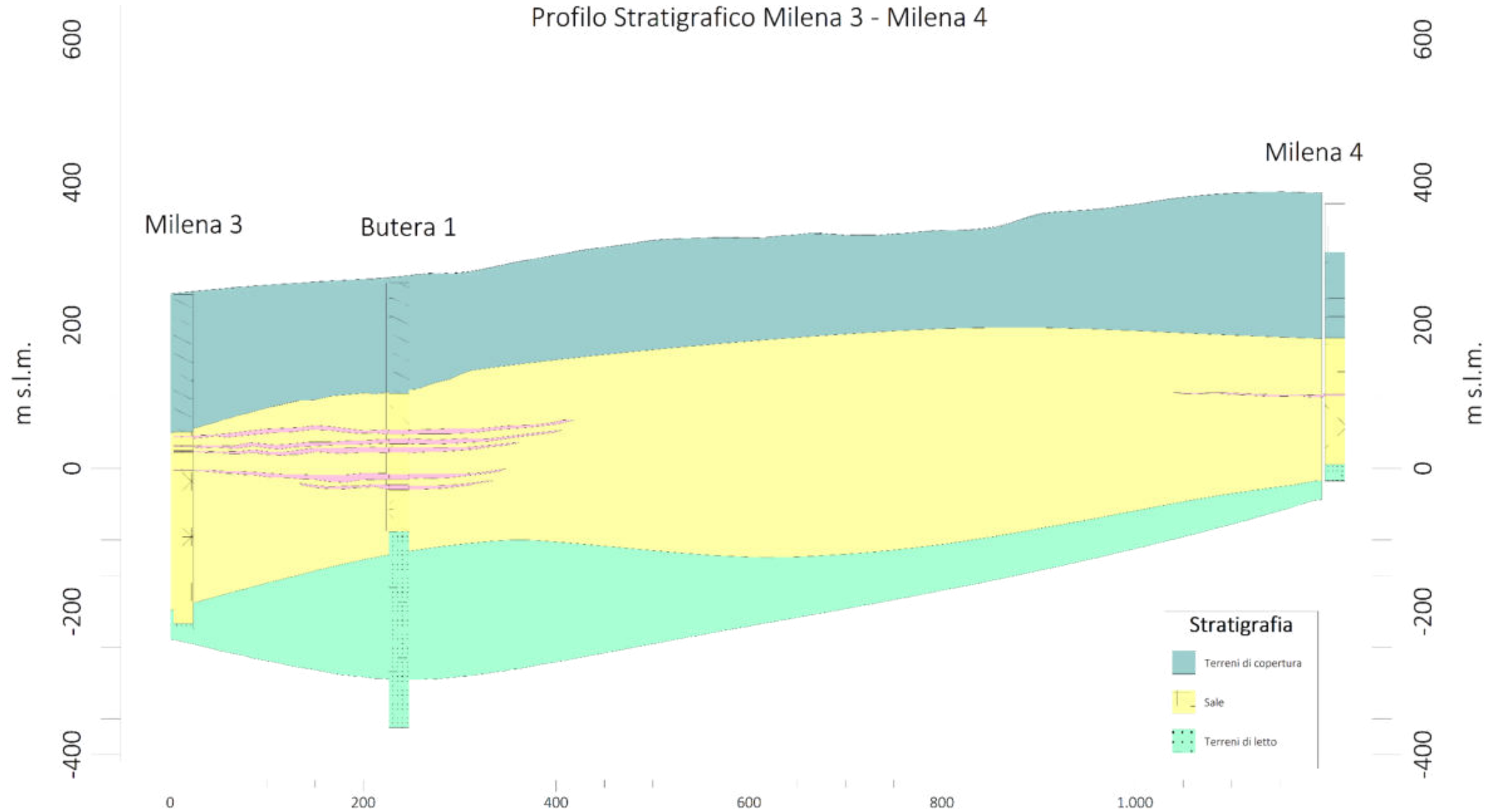
Figura 30 Isopache del giacimento salino.



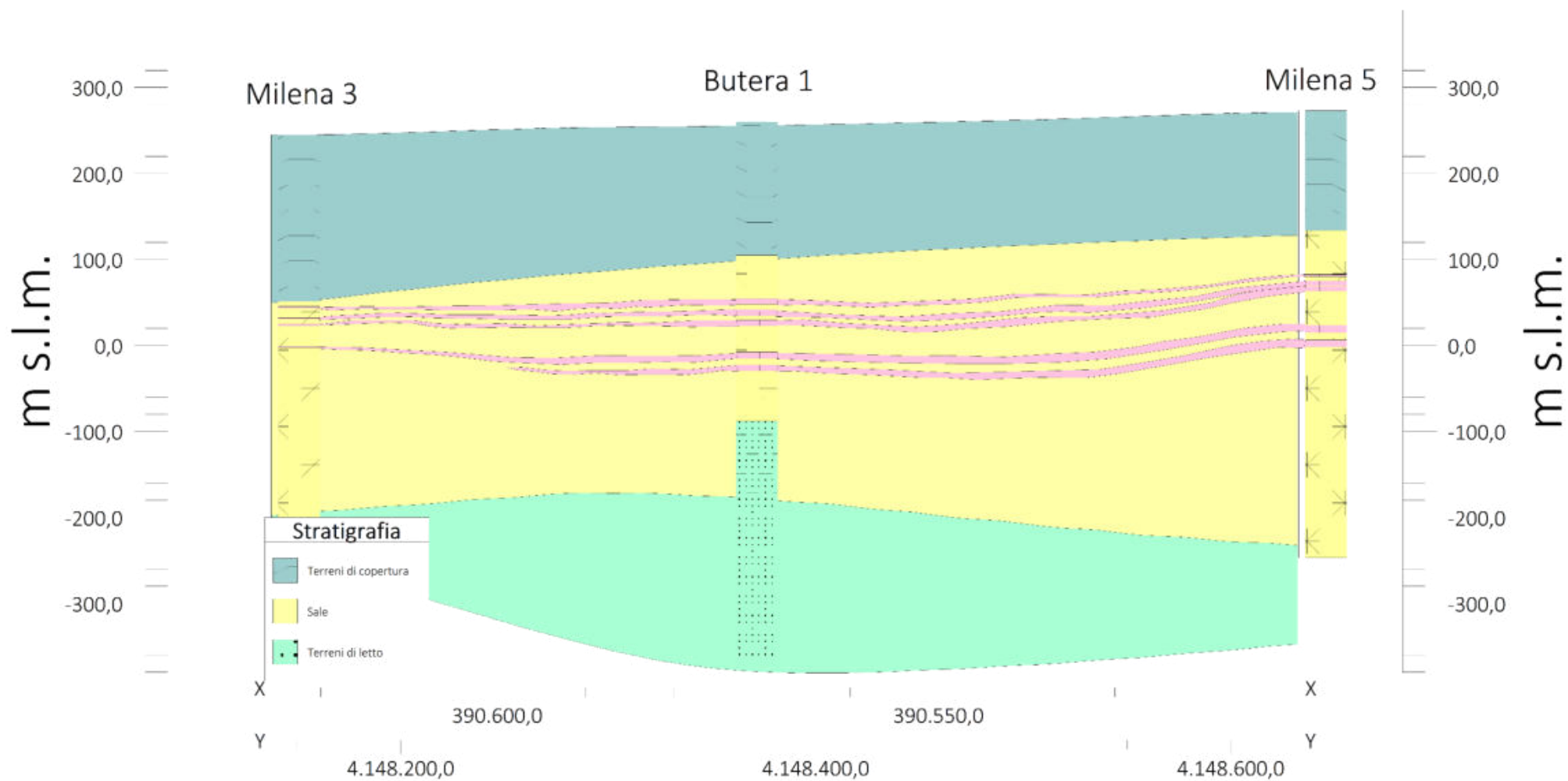
Profilo Stratigrafico Milena 1 - Milena 6



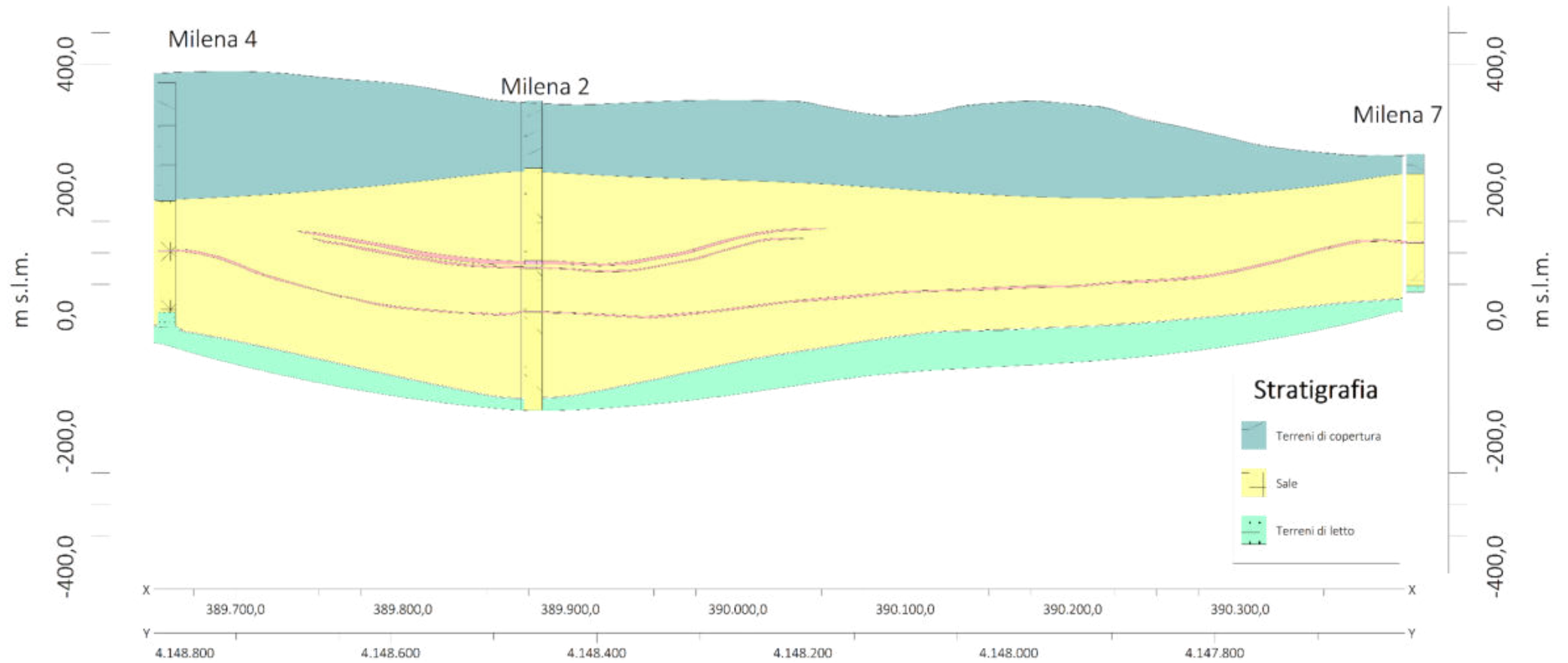
Profilo Stratigrafico Milena 3 - Milena 4



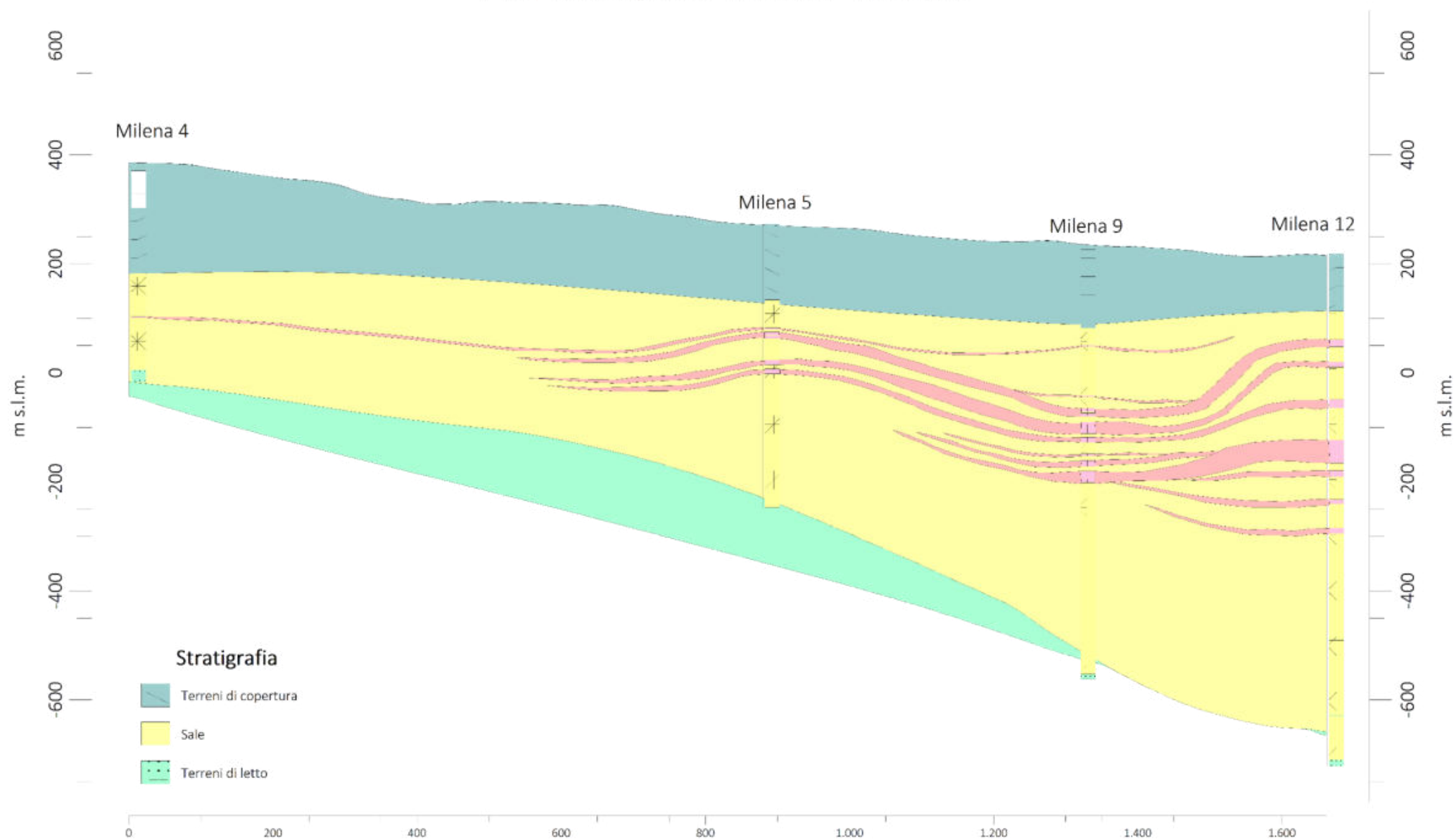
Sezione Stratigrafica Milena 3 - Milena 5



Profilo Stratigrafico Milena 4 - Milena 7



Profilo Stratigrafico Milena 4 - Milena 12



11 Appendice

11.1 Microsismica

HVSR è l'acronimo di Horizontal to Vertical Spectral Ratio, ed indica una tecnica originariamente sviluppata per lo studio e la microzonazione sismica in ambito delle costruzioni civili.

La tecnica consiste nel calcolo del rapporto spettrale tra le componenti orizzontali (H, calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e verticali (V) di un segnale sismico passivo (noto con il termine di "microtremore") costituito dall'insieme delle vibrazioni sismiche a bassa energia presenti sulla superficie terrestre e generate da sorgenti naturali o antropiche.

Si tratta di una tecnica molto semplice e rapida, recentemente applicata allo studio stratigrafico dei terreni, in quanto ha evidenziato un'alta efficacia in quelle situazioni geologiche caratterizzate dalla presenza di terreni di copertura (sabbie-argille) sovrastanti a litologie compatte (ammasso salino) e comunque caratterizzati da elevati contrasti di densità.

I concetti teorici su cui essa si basa appaiono evidenti se si considera il modello litologico semplificato a due soli strati appena descritto, in cui un'onda sismica subisce una riflessione al contatto tra le due litologie interferendo costruttivamente con le onde incidenti, che sommandosi raggiungono ampiezze massime per effetto di risonanza.

La frequenza di risonanza, individuabile quale picco del rapporto H/V, tipica per ogni sito, è stata correlata alla profondità dell'interfaccia (corrispondente al tetto dell'ammasso salino), nei siti a stratigrafia nota, permettendo di ottenere una curva di taratura utilizzata per l'estrapolazione delle quote del tetto del giacimento o per la validazione delle stratigrafie note.

L'equazione ottenuta

$$P_{tetto} = 125.55 * f^{-1.007}$$

ha consentito di estrapolare lo spessore dei materiali di copertura, e conseguentemente la profondità del tetto del giacimento in quelle aree prive di sondaggi geognostici.

Le quote così individuate sono state integrate con le informazioni provenienti dalle differenti tipologie di indagine ed utilizzate nella ricostruzione del tetto del giacimento salino.

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei segnali microsismici è stata fornita dalla GPAEng. Si tratta di un tromografo con risoluzione a 24 bit dotato di una terna di geofoni con frequenza tipica di 4,5 Hz orientati ortogonalmente, e capace di acquisire alla frequenza di 300 Hz.

Le acquisizioni sono state effettuate in accordo alle linee guida emesse dal progetto europeo SESAME (Site effects assessment using ambient excitations, see e.g. SESAME group, 2005; Jongmans et al, 2005), ed elaborate mediante l'uso dell'applicativo "Geopsy ver. 3.2".

Ogni acquisizione microsismica della durata di 25 minuti, è stata suddivisa in "intervalli" di 45 secondi, in ognuno delle quali è stato calcolato lo spettro di Fourier. Lo spettro calcolato per ogni intervallo e per tutte e tre le componenti (N-S, E-W, V) è stato filtrato applicando l'algoritmo Konno and Ohmachi usando un valore "b= 40".

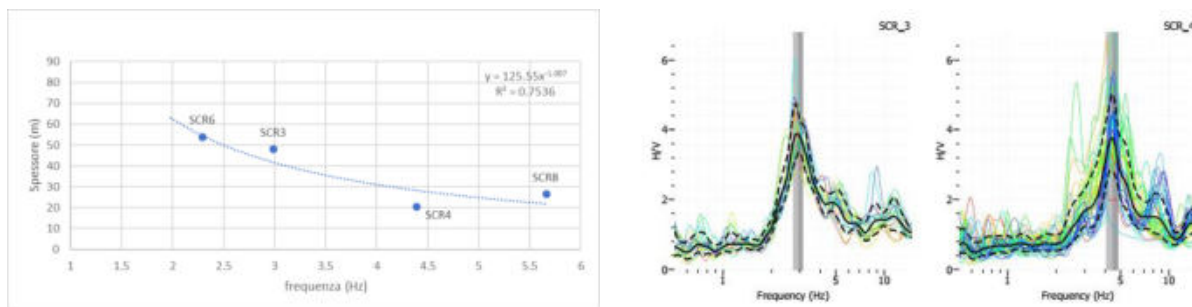


Figura 31 A dx curve di taratura frequenza/picco di risonanza ottenuta da misurazioni microsismiche in un'area posta nelle immediate vicinanze del permesso Gallo d'oro con le medesime caratteristiche geologiche.

L'equazione è stata utilizzata per la determinazione del tetto del giacimento in aree prive di indicazioni litologiche.

Il rapporto H/V è stato ottenuto come risultato della media geometrica dei rapporti H/V per ogni singolo intervallo. La presenza del picco (come visibile in fig. 15) è il risultato del contrasto di impedenza tra le diverse litologie, la sua frequenza è dipendente dalla profondità dell'interfaccia, con una relazione di inversa proporzionalità (bassi valori nella frequenza di risonanza corrispondono a profondità elevate dell'interfaccia), mentre la sua ampiezza (asse H/V nel grafico di fig. 15) è direttamente proporzionale alla differenza nel contrasto di densità tra terreni di copertura e bedrock.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	GM1	Vertical	2021-06-24 17:04:58,000000	2021-06-24 17:24:58,000000	300	0,003333333333	360000	20m	390746,3731	4147530,37
2	GM1	North	2021-06-24 17:04:58,000000	2021-06-24 17:24:58,000000	300	0,003333333333	360000	20m	390746,3731	4147530,37
3	GM1	East	2021-06-24 17:04:58,000000	2021-06-24 17:24:58,000000	300	0,003333333333	360000	20m	390746,3731	4147530,37
4	GM2	Vertical	2021-06-24 16:33:35,000000	2021-06-24 16:56:35,000000	300	0,003333333333	450000	25m	390441,4853	4147664,985
5	GM2	North	2021-06-24 16:33:35,000000	2021-06-24 16:56:35,000000	300	0,003333333333	450000	25m	390441,4853	4147664,985
6	GM2	East	2021-06-24 16:33:35,000000	2021-06-24 16:56:35,000000	300	0,003333333333	450000	25m	390441,4853	4147664,985
7	GM3	Vertical	2021-06-24 17:32:51,000000	2021-06-24 17:52:51,000000	300	0,003333333333	360000	20m	390199,2458	4148137,76
8	GM3	North	2021-06-24 17:32:51,000000	2021-06-24 17:52:51,000000	300	0,003333333333	360000	20m	390199,2458	4148137,76
9	GM3	East	2021-06-24 17:32:51,000000	2021-06-24 17:52:51,000000	300	0,003333333333	360000	20m	390199,2458	4148137,76
10	GM4	Vertical	2021-06-24 17:59:12,000000	2021-06-24 18:19:12,000000	300	0,003333333333	360000	20m	389922,8388	4148188,005
11	GM4	North	2021-06-24 17:59:12,000000	2021-06-24 18:19:12,000000	300	0,003333333333	360000	20m	389922,8388	4148188,005
12	GM4	East	2021-06-24 17:59:12,000000	2021-06-24 18:19:12,000000	300	0,003333333333	360000	20m	389922,8388	4148188,005
13	GM5	Vertical	2021-07-01 09:30:41,000000	2021-07-01 09:50:41,000000	300	0,003333333333	360000	20m	391029,3219	4147397,463
14	GM5	North	2021-07-01 09:30:41,000000	2021-07-01 09:50:41,000000	300	0,003333333333	360000	20m	391029,3219	4147397,463
15	GM5	East	2021-07-01 09:30:41,000000	2021-07-01 09:50:41,000000	300	0,003333333333	360000	20m	391029,3219	4147397,463
16	GM10	Vertical	2021-07-01 10:58:13,000000	2021-07-01 11:18:13,000000	300	0,003333333333	360000	20m	391173,0019	4148523,682
17	GM10	North	2021-07-01 10:58:13,000000	2021-07-01 11:18:13,000000	300	0,003333333333	360000	20m	391173,0019	4148523,682
18	GM10	East	2021-07-01 10:58:13,000000	2021-07-01 11:18:13,000000	300	0,003333333333	360000	20m	391173,0019	4148523,682
19	GM6	Vertical	2021-07-01 10:00:54,000000	2021-07-01 10:20:54,000000	300	0,003333333333	360000	20m	390630,0904	4148126,984
20	GM6	North	2021-07-01 10:00:54,000000	2021-07-01 10:20:54,000000	300	0,003333333333	360000	20m	390630,0904	4148126,984
21	GM6	East	2021-07-01 10:00:54,000000	2021-07-01 10:20:54,000000	300	0,003333333333	360000	20m	390630,0904	4148126,984
22	GM8	Vertical	2021-07-01 10:28:45,000000	2021-07-01 10:48:45,000000	300	0,003333333333	360000	20m	390508,5264	4148641,366
23	GM8	North	2021-07-01 10:28:45,000000	2021-07-01 10:48:45,000000	300	0,003333333333	360000	20m	390508,5264	4148641,366
24	GM8	East	2021-07-01 10:28:45,000000	2021-07-01 10:48:45,000000	300	0,003333333333	360000	20m	390508,5264	4148641,366

Figura 32 Tabella riassuntiva delle acquisizioni microsismiche HVSR, con indicazioni dei principali parametri tecnici. (schermata procesamiento dati estratta da Geopsy).

11.2 Geoelettrica

Le indagini geoelettriche sono tra i metodi geofisici più utilizzati per lo studio del sottosuolo in contesti minerari. In particolare il metodo della resistività si realizza attraverso la misura della differenza di potenziale elettrico in diversi punti della superficie del terreno. Questa tipologia di rilievi non invasivi si basano sui principi che descrivono la conduzione elettrica attraverso un mezzo: più una sostanza si lascia attraversare da portatori di carica, più essa viene definita conduttiva; viceversa essa è definita resistiva. In presenza di un conduttore la corrente elettrica incontra una resistenza (R), misurata in Ohm, che dipende dalla differenza di potenziale (V), misurata in Volt, e dalla corrente (I) secondo la relazione (Legge di Ohm)

$$R = \frac{V}{I}$$

Il metodo geoelettrico della resistività prevede l'energizzazione del terreno (generalmente attraverso una batteria) con corrente continua I ed una misura diretta sulla superficie del suolo della differenza di potenziale (V)

$$g \frac{V}{I} = \rho_a$$

dove con (g) si indica un fattore geometrico (misurato in metri) e con ρ_a resistività apparente, la quale è influenzata dal contributo delle diverse resistività degli elementi presenti nel sottosuolo. Per

realizzare misure di resistività si utilizzano 2 elettrodi conduttivi (chiamati convenzionalmente A e B) che, a contatto con il terreno, permettono l'immissione della corrente elettrica. A distanza nota, attraverso altri due elettrodi (chiamati convenzionalmente M e N), viene misurata la differenza di potenziale (V). Questa configurazione è chiamata quadripolo. Le cariche nel passare da un elettrodo all'altro percorrono linee di corrente a profondità diverse: maggiore è la separazione tra A e B, maggiore è la diffusione della corrente nel terreno. Una volta che sono stati posizionati gli elettrodi A, B, M e N, è possibile compiere una misura, alimentando con una corrente elettrica A e B e registrando la differenza di potenziale M e N. Allargando ad ogni misura i quattro elettrodi mantenendo invariato il centro del quadripolo si ottiene un sondaggio elettrico verticale (SEV).

11.3 I metodi per la stima dei volumi di un giacimento

Le metodologie utilizzate per la stima di un giacimento minerario sono raggruppate in due categorie: i metodi definiti "classici" e i più recenti metodi "geostatistici".

I metodi classici, non geostatistici, sviluppati e implementati nell'industria mineraria prima dell'avvento dell'approccio geostatistico (avvenuto negli anni '50), sono ancora dei metodi validi ed ampiamente utilizzati soprattutto per le valutazioni preliminari del giacimento.

Il fattore comune nei metodi classici è la suddivisione a "mosaico" (sia esso poligonale, triangolare, longitudinale, etc.) della superficie del giacimento (intesa come proiezione sulla superficie terrestre).

Nel caso del metodo "*poligonale*", applicato alla stima di giacimenti ad estensione tabulare (come può essere un giacimento salino), la superficie che delimita superiormente il giacimento, è suddivisa in una serie di poligoni ognuno dei quali racchiude un sondaggio (sia esso geognostico o geofisico) che si estende su una superficie (detta di influenza) la cui dimensione è valutata tenendo conto delle caratteristiche estrapolate dal sondaggio stesso. In tal modo ad ogni poligono sarà associato, per ogni grado di qualità del minerale (ad esempio il tenore in NaCl determinato mediante analisi chimica) uno spessore.

La qualità media del giacimento sarà data dalla somma dei vari poligoni secondo una relazione del tipo:

$$Qualità\ media = \frac{\sum_{i=1}^n Qualità\ media\ i * Spessore\ i * Area\ del\ poligono\ i}{\sum_{i=1}^n Spessore\ i * Area\ del\ poligono\ i}$$

mentre il volume totale per ogni grado qualitativo sarà dato dall'espressione

$$Volume = \sum_{i=1}^n Spessore\ i * Area\ del\ poligono\ i$$

Il metodo mostra tuttavia delle limitazioni principalmente dovute alla difficoltà nella stima della superficie del poligono di incidenza relativo ad ogni sondaggio.

Un approccio molto simile a quanto appena discusso, è il metodo della “triangolazione”. Le analogie principali riguardano la stima dello spessore e la qualità del giacimento effettuata in prossimità del sondaggio. Il metodo tuttavia a differenza del precedente, stima lo spessore del giacimento utilizzando la triangolazione tra tre adiacenti sondaggi, ognuno dei quali costituisce il vertice del triangolo.

La valutazione della qualità media del giacimento per ogni triangolo è calcolata con l'equazione:

$$Qualità\ media = \frac{\sum_{i=1}^3 Qualità\ media\ i * Spessore\ i}{\sum_{i=1}^3 Spessore\ i}$$

Mentre il suo volume è calcolata mediante l'equazione

$$Volume = \sum_{i=1}^n Spessore\ triangolo\ i * Area\ del\ triangolo\ i$$

Sebbene i metodi risultino ancora validi in un approccio di stima preliminare, essi mostrano un grado di incertezza nelle stime estremamente variabile, conducendo spesso ad errori di stima importanti. Essi inoltre non consentono di ottenere nessuna informazione sulle caratteristiche strutturali del deposito e non permettono la stima ai margini del giacimento.

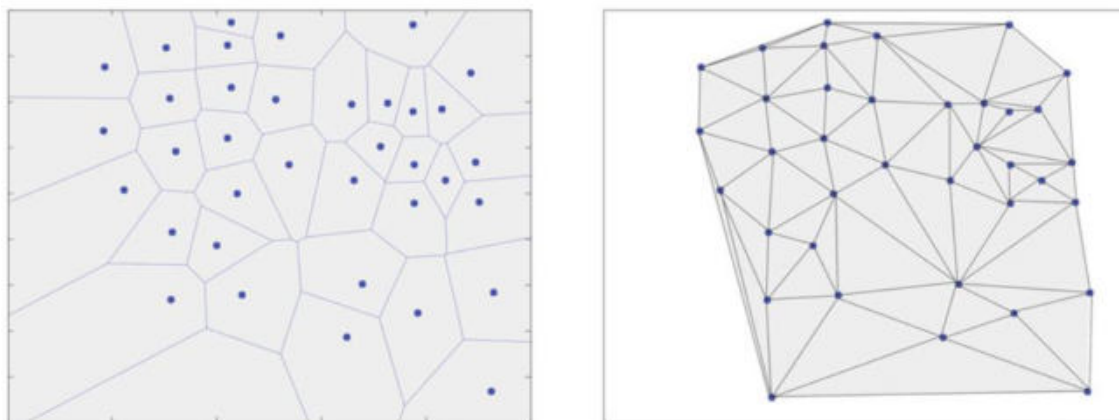


Figura 33 Sono riportati due esempi relativi ai metodi di stima del giacimento. A sx il metodo poligonale, a dx la triangolazione. I punti rappresentano i sondaggi.

Negli anni '50 del secolo scorso per la stima dei giacimenti minerari, sono stati introdotti approcci alternativi basati su un uso estensivo di concetti di statistica, ed in particolare dell'introduzione dei concetti di "variabile regionalizzata x " distribuita in uno spazio R^3 ", definendo la distribuzione di una mineralizzazione all'interno di un deposito come funzione $Z(x)$.

L'obiettivo della geostatistica è quello di individuare le caratteristiche di tale funzione $Z(x)$ in maniera da definirne l'equazione capace di ottenere una stima della variabile regionalizzata in punti dove non esiste nessuna misura diretta. Un utile strumento statistico utilizzato per valutare la continuità spaziale di una variabile geologica, quale lo spessore di un livello mineralizzato, l'accumulo di un inquinante etc., è il variogramma. Esso consente di definire una distanza massima (tra punti in cui è stata misurata una variabile, ad esempio il titolo di NaCl, la profondità del tetto del giacimento, etc.) oltre la quale non esiste nessuna correlazione spaziale. Tale distanza massima è definita "range", e possiede un preciso significato geologico, in quanto definisce una "zona di influenza" del campione o della misura diretta.

Per tale ragione per la definizione delle superficie di tetto e di letto mediante l'applicazione di algoritmi di correlazione spaziale, si è circoscritta un'area ad alta densità di misurazioni, tralasciando volutamente punti di misura (pozzi) posti a distanza elevata, superiore alla rispettiva zona di influenza valutata mediante variogramma.

Definiti i punti di misurazione e note le loro coordinate spaziali " x, y, z " rispettivamente (longitudine, latitudine e variabile regionalizzata quale ad esempio quota del tetto/letto, concentrazione di NaCl, etc.) è necessario effettuare un'operazione di correlazione mediante l'applicazione di un algoritmo.

Esistono diversi tipi di algoritmi di correlazione spaziale, qui si vuole citare l'algoritmo che è stato applicato per la ricostruzione del giacimento, l'Ordinary Kriging.

Esso è la più comune tecnica usata per la stima di risorse minerarie, ed è una variante dell'estimatore di regressione lineare che permette di stimare una variabile regionalizzata in punti "non-campionati" interpolando/estrapolando i valori dai punti "campionati". Il successo di tale tecnica risiede nell'uso di una "distanza di influenza" posseduta da ogni campione calcolata mediante l'applicazione dei variogrammi, essa inoltre possiede un'importante proprietà, è un interpolatore esatto, ovvero quando il punto stimato corrisponde al punto campionato, i valori coincidono, inoltre assegna più "peso" ai campioni stimati e localizzati in prossimità dei punti di misura.

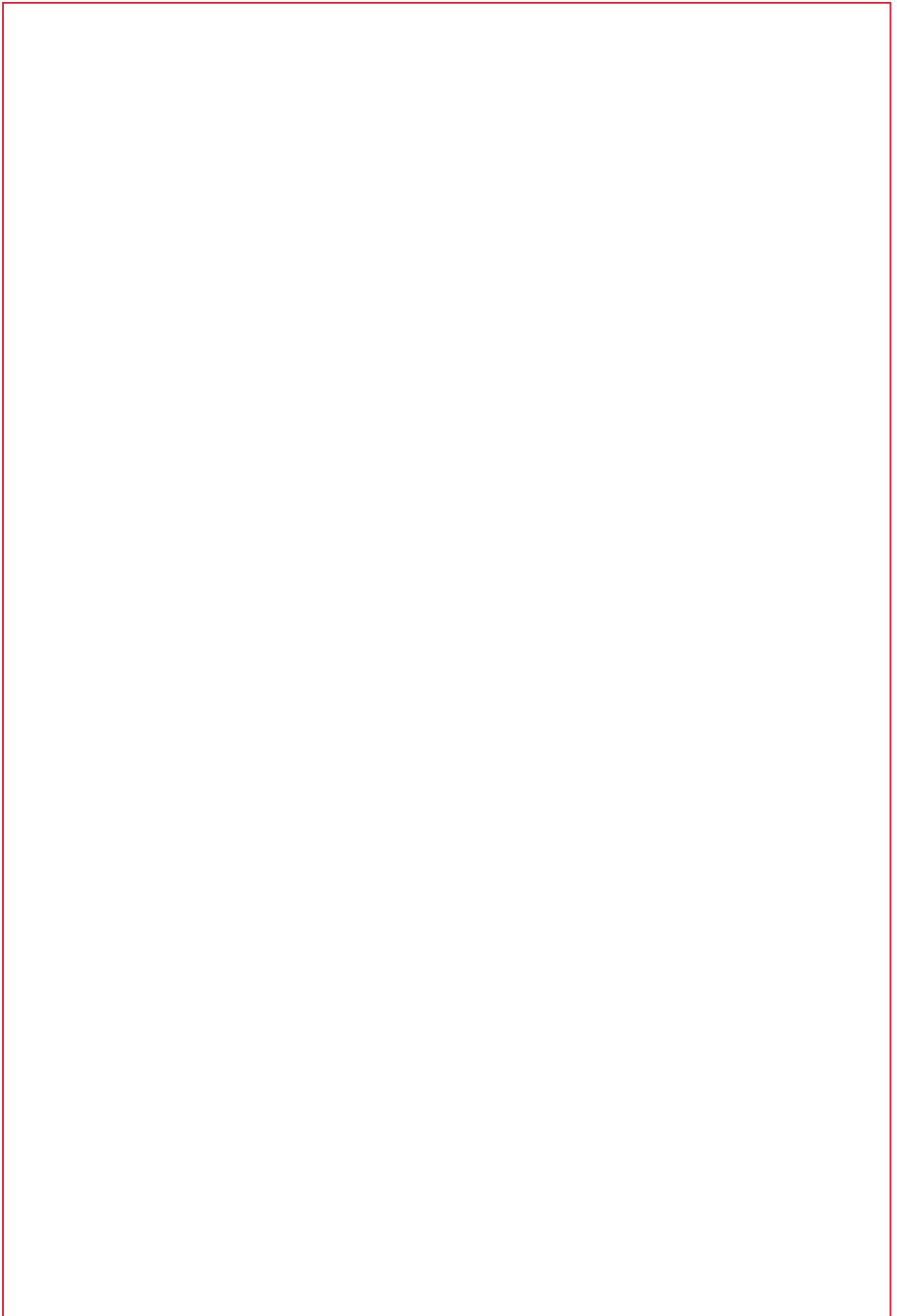
Il processo fin qui riportato e l'applicazione dell'algoritmo di Ordinary Kriging, ha permesso di ricostruire partendo da punti con coordinate "x, y, z" note (con "z" tetto o letto), una griglia di punti equispaziati a maglia di 10x10 m ai cui nodi la coordinata "z" è il risultato del processo di interpolazione.

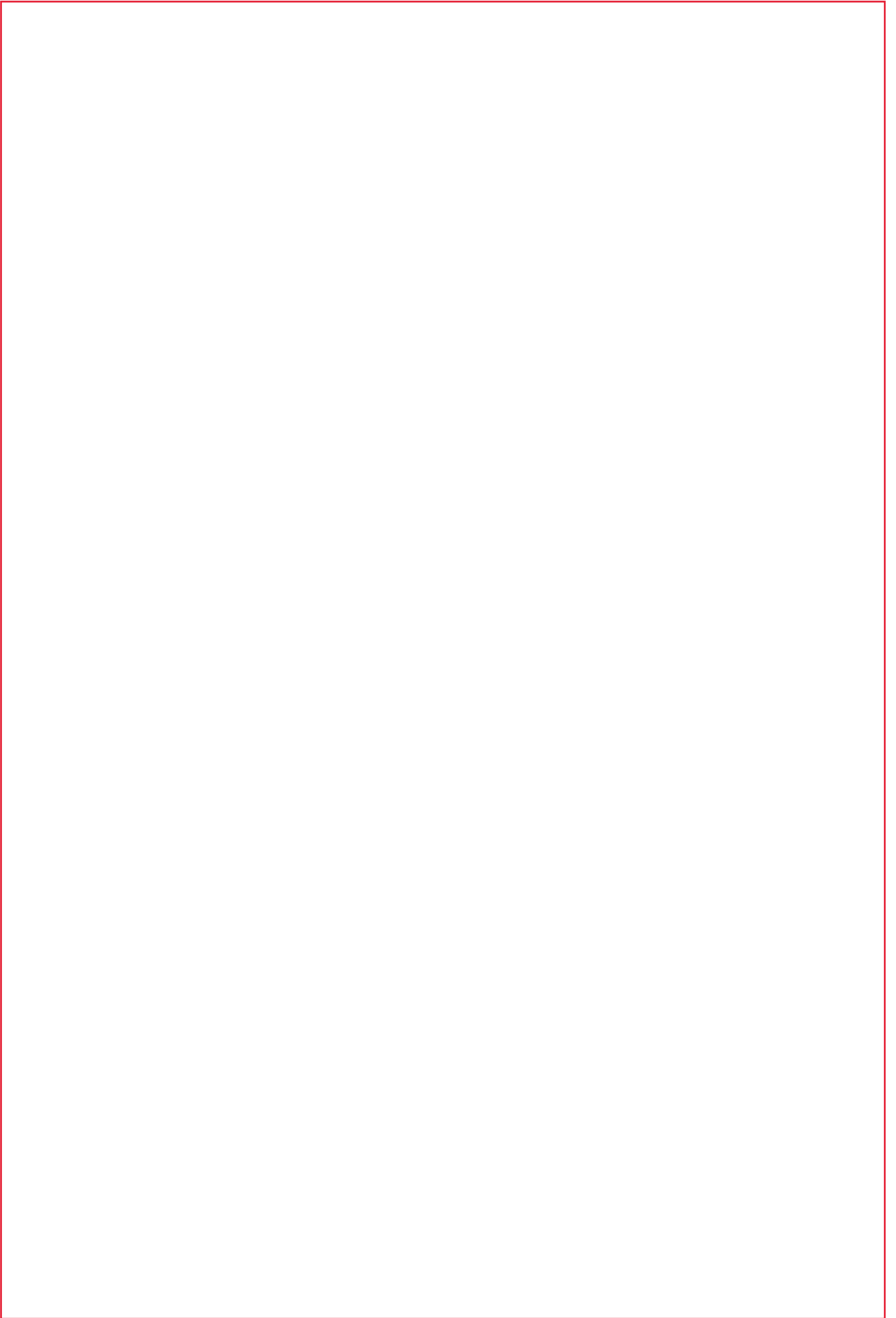
In tal modo si sono ottenute due griglie, che descrivono le morfologie relative al tetto e al letto del giacimento. L'integrazione tra le due superfici ha permesso di ottenere il volume occupato dalla mineralizzazione.

11.4 Prove di schiacciamento











u.e.

PERMESSO MILENA
CONCLUSIONI SULLE RICERCHE ESEGUITE
E VALUTAZIONE GEOMINERARIA DEL GIA-
CIMENTO

PREMESSA

Negli anni 1957/58/59 da parte delle Società: ANIC, MONTECATINI e BUTERA (EDISON), nei limiti della tav. Montedoro interessata dall'attuale permesso in oggetto, furono eseguiti una nutrita serie di sondaggi i quali misero in evidenza la presenza di una estesa formazione salina che dal margine O della tav. stessa si spinge oltre l'abitato di Bompensiere fino al di là del "Gallo d'Oro", giungendo fino al margine E della detta tavoletta, e presentando proprio in questa zona il suo massimo spessore 1000 metri di sale (si noti che il sondaggio non raggiunse il letto della formazione salina) dovuto quasi certamente ad effetto diapirico del sale (vedi sez. G - H in "Nota descrittiva nel rilevamento della tav. Montedoro" del 12/9/66, dello scrivente).

Dei sondaggi sopradetti il Butera 1 è ubicato in prossimità del baricentro ed il Butera 2 a circa 400 metri dal margine O dell'attuale permesso "Milena".

Mentre i sondaggi della Montecatini "Gallo d'Oro" 1 - 3 - 4, ubicati ad O dell'abitato di Milena e

dello stesso Butera 2, evidenziano il ritrovamento di li velli kainitici all'interno della formazione salina, quel li della Edison, Butera 1 e 2 ricadenti dentro o in pros simità del permesso, non risulta, dai dati in nostro pos- sesso abbiano incontrato orizzonti potassici.

Nel 1966 l'Ente Minerario Siciliano ha ripreso lo studio dell'intera area procedendo al rilevamento di det taglio delle tavolette interessate dal bacino salino (Mile- na - Mussomeli - Casteltermini - M.Mimiani - Serradifalco).

Nel 1976, in seguito al finanziamento regionale finalizzato alla ricerca di sali potassici in provincia di Caltanissetta fu chiesto il permesso "Milena", comprendente la parte centrale del bacino già individuato e per il quale si avevano le notizie meno certe e meno incoraggianti visto l'esito dei due sondaggi Butera della Edison.

L'attività di perforazione da parte dell'EMS fu iniziata, tramite la sua collegata SORIM, il 3/8/1976 e si è conclusa il 9/5/1980.

I risultati relativi alla prima fase di questi sondaggi e precisamente fino al sondaggi EMS 9 sono stati presentati dallo scrivente il 20/9/1977 in una relazione (Relazione provvisoria sullo stato dei lavori di ricerca nel permesso per sali alcalini "Milena").

I dati che ritenevamo già acquisiti con questa prima relazione hanno dovuto essere rielaborati in ogni par te perchè nel corso del rilevamento topografico (mediante poligonale chiusa) per l'ubicazione dei sondaggi, effettua to dai nostri tecnici (Geom.Vagliasindi e Vizzini), si è

riscontrata una differenza di ubicazione di circa 75 m. nei sondaggi 3 e 7 e di 120 m. nel 4 rispetto all'ubicazione fornitaci dall'ISPEA (giacimento Milena - planimetria generale - febbraio 1978, scala 1:2000).

I sondaggi sono stati effettuati a distruzione di nucleo fino al tetto della formazione salina e quindi a carotaggio continuo fino ad oltre il letto della formazione stessa.

Le carote relative alla formazione salina sono state analizzate sia dall'EMS che dall'ISPEA e i risultati delle due analisi possono definirsi concordanti a meno di quelle piccole variazioni dovute al fatto che ognuno ha lavorato su campioni provenienti da distinte mezze carote.

Per la concordanza di cui sopra e allo scopo di non ritardare la valutazione geomineraria sono stati utilizzati per i sondaggi EMS 14 e 15 le analisi dell'ISPEA, visto che quelle dell'EMS non sono ancora ultimate.

Di ogni singolo sondaggio è stata redatta la colonna stratigrafica e successivamente inviata al Distretto Minerario di Caltanissetta, questo per i sondaggi che vanno dall'1 al 13. Restano ancora da predisporre le colonne relative ai sondaggi 14 e 15.

Le sezioni che accompagnano questa relazione sono riferite esclusivamente alla formazione salina, mancano quindi del profilo topografico a causa del fatto che malgrado si sia richiesto più volte all'EMSAMS di commissionare e fornirci una carta aerofotogrammetrica al 2000 (carta che comunque sarà necessaria a detta Società per i collegamenti mine-

rari interno - esterno) a tutt'oggi le nostre richieste sono rimaste non evase. Ne d'altro canto poteva essere effettuato l'ingrandimento del 10.000 o utilizzato il 2000 dell'ISPEA chiaramente ridisegnato, per i limiti di precisione che entrambi avrebbero fornito. Per lo stesso motivo non è stato possibile corredare la presente di una carta dello spessore della copertura.

Sono state invece predisposte le carte relative all'andamento del tetto e del letto della formazione salina nonché quella relativa alle isopache della formazione stessa.

SERIE STRATIGRAFICA

Il rilevamento geologico dell'area interessata è stato eseguito dallo scrivente nel 1966.

I terreni che interessano la zona in esame sono, in massima parte, appartenenti alla serie solfifera.

La serie stratigrafica visibile è la seguente:

Olocene	Alluvioni recenti dei corsi d'acqua
Pliocene	Calcareniti
	Argille brecciate
	Trubi
	Arenazzolo
	Gessi (gessi di Pasquasia)
	Argille marnose intercal. ai gessi
	Calcare e marne a Congerie
Messiniano	Calcareniti intercal. ai gessi
	Argille brecciate intercal. ai gessi
	Gessarenite trasgressiva
	Tripoli
Miocene	Gessi in grossi banchi (gessi di Cattolica)
Tortoniano	
terreni di letto	Argille brune - giallastre
	Sabbie
	Argille scagliose

TERRENI DI LETTO

I terreni che fanno da letto alla S.S. sono esclusivamente costituiti da argille grigie, verdastre, brune giallastre talora a scagliosità pronunciata, contenenti elementi sabbiosi fini e diffusi o maggiormente concentrati; argille marnose grigio chiaro; marne più o meno calcarifere granulose molto simili ai più recenti trubi; marne tripolacee e tripoli.

L'analisi micropaleontologica eseguita su diversi campioni ha mostrato spesso forme promiscue andanti dal Langhiano a Tortoniano, evidentemente ereditate. I campioni con fauna esclusiva del Tortoniano sono relativamente rari.

Argille scagliose

Queste rappresentano i terreni più vecchi della zona rilevata. Affiorano a Cozzo di Croce, a S-O dell'abitato di Bompensiere e costituiscono una piccola placca.

Si sono generate a causa di una colata gravitativa Tortoniana che ha inglobato terreni pre-tortoniani.

Sabbie

Il Tortoniano si trova rappresentato da questo tipo di terreno solamente nella parte orientale della tavoletta e precisamente a S-O di M.Marrobio.

Qui troviamo un piccolissimo lembo di sabbia, a grana fine, color giallastro, sottostante alla argille brune.

Argille brune giallastre

Questo tipo di terreni, rappresentanti il letto della serie Messiniana sono presenti tanto nella zona settentrionale che meridionale dell'area rilevata. Essi correndo lungo i duemargini del bacino lo delimitano quasi interamente.

Queste argille, quasi a dimostrare la loro natura derivante da una colata gravitativa, inglobano terreni di età precedenti (Langiano - Elveziano ecc...). A volte queste argille si presentano nettamente tettonizzate.

MESSINIANO

Gessi in grossi banchi (Gessi di Cattolica)

La parte più bassa della serie Messiniana è costituita da gessi in grossi banchi. Poggiano direttamente sulle argille di letto che chiameremo comprensivamente Tortoniane, hanno molto spesso alla base della marne grigie tettonizzate contenenti lamellibanchi.

Questi gessi sono sempre rappresentati dal tipo spicchiolino a grossi geminati a ferro di lancia, e mostrano spesso una evidente stratificazione in grossi banchi.

Tripoli

Nella zona studiata poggia direttamente sulle argille tortoniane, come a M.Campanella e ad E di Rocca dell'Aquila. Superiormente è seguito o dai gessi come in quest'ultima località o dalla gessarenite come a M.Campanella.

Si presenta di colore molto chiaro, biancastro quasi sempre molto leggero e fogliettato. A volte è molto mal ridotto per cui nel terreno si notano come delle placche a contatto delle argille, quasi sempre scure, del toniano.

Gessarenite trasgressiva

Sopra i tripoli di M. Campanella vediamo, interposto fra questi e i sovrastanti gessi, un banco di gessarenite. Questa si presenta come una roccia priva di stratificazione friabile costituita da grossi granelli di gesso, piuttosto spigolosi, cementati debolmente da una pasta calcarea. L'affioramento è molto limitato infatti si assottiglia subito, scomparendo tanto ad E che a O.

E' da ricordare che più avanti parleremo ancora di un altro tipo di gessarenite, ma i due termini non debbono essere confusi. La prima rappresenta infatti un termine trasgressivo della sedimentazione messiniana, mentre la seconda è un semplice episodio durante la sedimentazione dei gessi dovuto ad un apporto detritico.

Argille brecciate intercalate ai gessi

Le argille brecciate coeve dei gessi sono state rinvenute lungo un tratto delle sponde del F. Gallo d'Oro, più precisamente in contrada Mangiabue.

In entrambi gli affioramenti si riscontra una argilla di colore grigio scuro, brecciata, ricca di pirite, quarzo e frammenti di rocce metamorfiche.

Per quanto ci è dato conoscere da altre zone queste argille brecciate rappresentano sempre degli olistostromi in fra-messiniani o infra-pliocenici.

Gessarenite intercalata

A S.O. di Bompensiere, e precisamente a Pirro si rinviene un banco di gessarenite di spessore molto limitato; questo poggia sui gessi ed è coperto oltre che da questi ultimi anche dai trubi che a loro volta ricoprono i gessi stessi. Ha un colore molto chiaro, grana fine, ben cementata compatta; non ha stratificazione apparente.

Calcare a congerie - marni a congerie

Là dove affiora questo tipo calcareo si tratta sempre di una lumachella calcarea, per lo più a congerie a Dreissensie con la parte cementata giallastra, spugnosa, del tutto simile ad un tufo. Affioramenti di questo calcare si hanno principalmente nell'angolo NE della tavoletta ex feudo Crocefia ma non mancano altri piccoli affioramenti come a M. Maniscalco e a Rocca Amorella. Sempre nella zona dell'ex feudo Crocefia, oltre che a M. Campanella, Cozzo Pecora e nei terreni compresi tra Bompensiere e Contr. Pantanazzo, si rinven-
gono estese placche di argille marnose contenenti una grande quantità di ciottoli del calcare sopradetto.

Argille marnose intercalate ai gessi

La formazione a congerie sopra descritta, interessa, come si è detto, una larga zona dello spigolo NE della tavoletta

ta, oltre alle altre zone su citate. Le argille brecciate intercalate ai gessi interessano due strette fasce lungo le sponde del Gallo d'Oro, tutta la restante zona, là dove non compaiono affioramenti gessosi o pliocenici è dominio della marne intercalate. Hanno un colore che va dal bruno al verdognolo e spesso contengono una grande quantità di piccoli e grossi cristalli di gesso. In alcuni punti forse per un notevole apporto di materiale detritico, passano ad argille sabbiose o sabbie vere e proprie.

Le troviamo sempre comprese fra i gessi a costituire i "partimenti" argillosi o fra questi e i sovrastanti sedimenti ~~pliocenici~~.

Gessi (gessi di Pasquasia)

Le facies con cui più frequentemente si presenta no sono: gessi sottilmente stratificati o "balatino"; gesso finemente saccaroide, bianco in grossi noduli o "alabastrino"; gesso a medi o grossi cristalli geminati o "spicchiolino". Nel caso dei gessi "alabastrini" e "spicchiolini" la stratificazione è spesso apparentemente assente. Quasi sempre, come si è detto sopra, agli affioramenti gessosi sono frapposti pacchi, più o meno spessi, di marne ed argille marnose, in entrambi i casi gessose.

I gessi possono poggiare, indistintamente, su uno qualsiasi dei "terreni di letto" già descritti; per lo più li vediamo però poggiare direttamente sulle argille brune tortoniane.

Specialmente, là dove esiste la copertura troviamo i sedimenti trasgressivi pliocenici che poggiano direttamente sui gessi in un solo caso, Contrada Lago, i sedimenti pliocenici hanno alla loro base il termine "arenazzolo".

Arenazzolo

Questo termine che, nella zona in esame, affiora solamente in "Contrada Lago" giace tra i gessi e i sovrastanti trubi. Esso rappresenta il limite fra la formazione lacustre miocenica e i sedimenti marini pliocenici. Litologicamente è rappresentato da una sabbia o arenaria, poco o del tutto non cementata, ricca in quarzo e mica.

Trubi

I trubi sono i primi terreni pliocenici depositatisi. Hanno la loro massima estensione intorno all'abitato di Milena, ma non mancano di presentarsi, ancora in vaste placche a N. e a S. dell'abitato di Bompensiere e in Contrada Lago. Si tratta di calcari marnosi granulosi, bianco giallastri ricchissimi di una microfauna a globigerine, seguono verso l'alto i gessi. Poggiano indistamente sui gessi come nei dintorni del Villaggio Grappa; sulle argille intercalate ai gessi come nei pressi del Villaggio Crispi; sulle marne a congerie come è possibile notare in Contrada Musteuve. Solamente in contrada Lago i trubi poggiano sull'arenazzolo, interposto tra questi e le marne della "zona congerie".

Argille brecciate

Sono delle argille di colore grigio scuro o mar rone, includono sempre massi lapidei piccoli e grandi appartenenti a svariate rocce; hanno un aspetto caotico e si sono originate per colata gravitativa. Nella zona in esame affiorano: nei dintorni di Milena dove poggiano sui trubi o sulla SS direttamente; nella valle del fiume Gallo d'Oro ed a Est dell'abitato di Bompensiere. Possono essere anche intercalate ai trubi, come è stato messo in luce da un sondaggio eseguito dall'ANIC in contrada Piana dei Pir ri. La loro potenza, come è stato messo in luce da questo sondaggio, può essere rilevante, sono stati attraversati infatti per circa 700 metri.

Calcareniti

Nel versante NE della tavoletta, presso la Mas seria Crocefia, si rinviene un lembo di calcarenite e sab bie che fanno parte dell'affioramento di Rabbione - Cerau si ricande nella tavoletta Serradifalco. Vi si riscontrano grande abbondanze di frammenti di gusci (molluschi e modelli interni di lamellibanchi).

Alluvioni

Rappresentano i terreni appartenenti allo Olocene. Questi depositi prevalentemente sabbiosi, ricchi di cristal li di gesso sono dovuti alle alluvioni del: Fiume Gallo d'Oro, Fiume Salito e del torrente Nadure.

Tettonica

La zona rilevata fa parte della grande sinclinale, che con asse NE - SW, passante all'incirca per gli abitati di Milena e Bompensiere, chiude a SW in prossimità del Villaggio Masaniello (a Sud di Rocca Amorello) mentre a NE entra nella tavoletta Serradifalco. I fianchi di questa sinclinale sono costituiti: a N dai gessi che passano subito a ridosso di Rocca Amorello e Monte Maniscalco e si continuano in quelli di contrada Difesa, contrada Pantanazzo e Lago; a S da quelli di Pizzo della Croce, Monte Marrobio. A questo punto non ci è stato possibile continuare a seguire i gessi di questo fianco meridionale, ma siamo certi che essi si dovranno continuare nella tavoletta Serradifalco come sta ad indicare il limite dell'olistostroma di argille brecciate che riempie la conca della sinclinale, lungo le sponde del Gallo d'Oro tra l'ex feudo Crocefia e l'abitato di Bompensiere.

Entrambi i fianchi hanno come terreno di letto le argille brune del tortoniano.

Nei pressi della masseria Musteiuve si nota che il fianco settentrionale di questa sinclinale si rovescia dando luogo ad una piega coricata; qui infatti vediamo i gessi seguire, dall'alto verso il basso, prima il calcare a congerie e quindi i trubi e le argille brecciate dell'olistostroma pliocenico.

Nei dintorni di Milena è possibile riscontrare come i trubi danno origine ad una struttura a sinclinario. Gli assi di queste strutture secondarie sono subparalleli a quello della struttura principale.

FORMAZIONE SALINA
e suo assetto strutturale

La formazione salina individuata dai vecchi sondaggi ed attraversata da tutti i sondaggi EMS va posizionata tra le gessareniti ed i banchi di gesso che costituiscono i "gessi di Pasquasia". Nei sondaggi risulta intercalata prevalentemente tra argille con livelli gessosi-anidritici ed anidriti basali. Nella parte superiore si nota un passaggio graduale tra l'argilla ed il sale costituito da alternanze più o meno fitte.

La stratigrafia del deposito salino può essere ricondotta alla schematizzazione fatta da Decima-Wezel (osservazioni sulle evaporiti messiniane della Sicilia centro-meridionale; PA/1971) i quali dividono la successione salina in quattro cicli denominati a), b), c), d) a partire dal basso.

Il ciclo a), almeno per quanto riguarda la sua parte basale, è chiaramente visibile nel sondaggio EMS 12; il ciclo b), ossia quello in cui generalmente giacciono gli strati potassico-magnesiaci, è presente in tutti i sondaggi anche se a volte è parzialmente eroso; il ciclo c), è mancante quasi totalmente in tutti i sondaggi; il ciclo d), manca in tutti i sondaggi mentre è presente nell'EMS 6 ubicato al margine E del permesso. La quasi totale mancanza degli ultimi due cicli è certamente imputabile all'erosione molto accentuata, successiva agli effetti tettonici, di cui la parte nord-orientale del bacino pare abbia sofferto in maniera preponderante.

Dal punto di vista strutturale il bacino di Milena può essere diviso in due parti ossia: zona orientale e zona occidentale rispetto ad un immaginario asse passante per i sondaggi EMS 3 e EMS 14.

Nella parte occidentale il bacino si presenta molto regolare sia come andamento tettonico sia come tenore dei livelli mineralizzati (vedi sezioni 1-10). La parte orientale del bacino invece presenta un notevole approfondimento in corrispondenza dei sondaggi EMS 9-12. Detto approfondimento sembra orientato in direzione NO - SE ed è stato certamente provocato, in buona parte, da notevoli forze di spinta che hanno portato alla formazione di una serie successiva di pieghe aventi una vergenza in linea di massima in direzione SO.

E' per questo che nel versante E e NE del bacino si riscontra un notevole ispessimento della lente salina ed un arricchimento della parte mineralizzata dovuta oltre che ad un maggiore spessore dei livelli ad una conseguente ripetizione dei livelli stessi (vedi sezioni 11-20).

E' molto importante precisare, ai fini dell'avanzamento dell'attuale galleria di accesso, che l'assetto strutturale del tetto della formazione salina (vedi carta delle isobate del tetto del sale) presenta in corrispondenza dei sondaggi EMS 3 e EMS 14, ed approssimativamente parallelamente alla loro congiungente, un minimo che lo porta alla quota di 50 mt. sul l.m.

Per quanto sopra è opportuno tenere conto che per raggiungere la parte orientale del bacino bisognerà passare, con il dovuto margine, al di sotto di questa quota.

Dallo studio delle carote ci è stato possibile riconoscere sette livelli mineralizzati, sei dei quali molto caratteristici sono presenti in quasi tutti i sondaggi. Sono proprio questi livelli rappresentati in tratteggio nelle sezioni che accompagnano la presente. E' grazie a questi livelli che abbiamo potuto ipotizzare l'assetto strutturale riportato nelle sezioni. Va avvertito che essi non sempre rappresentano i livelli coltivabili, ma sempre li contengono là dove non li rappresentano esclusivamente. Il settimo livello, molto limitato e discontinuo non è stato rappresentato.

Si tenga conto che l'interpretazione strutturale del versante orientale del bacino è volutamente semplificata in termini elementarmente pessimistici. Ma siamo propensi ad ammettere che il sistema di pieghe che in questo versante si presenta, certamente più complicato ed ampio di quello da noi rappresentato può dare, durante il corso dei lavori minerari, arricchimenti tali da superare di gran lunga gli spessori da noi ipotizzati ed i tenori presi in considerazione.

RISULTATI DELLE PERFORAZIONI

Si riporta qui di seguito la stratigrafia sommaria dei pozzi Butera 1, Butera 2 e di quelli EMS dall'1 al 15. Per i sondaggi Butera i dati sono incerti non disponendo delle colonne stratigrafiche originali.

Butera 1

0	21	Marne argillose
21	32,20	argille marnose
32,20	44,07	argille " con tracce di gesso
44,07	56,07	marne argillose
56,07	62,27	argille marnose
62,27	86,27	" con tracce di gesso
86,27	92,17	" marnose
92,17	116,37	" con tracce di gesso
116,37	122,37	"
122,37	130,57	" " " " "
130,57	142,47	gessi
142,47	148,47	argille
148,47	156,32	gessi
156,32	352,00	sale
352,00	394,00	argille
394,00	400,20	" e gessi
400,20	406,20	" marnose
406,20	426,40	"
426,40	494,00	"
494,00	516,00	" con tracce di gesso
516,00	540,00	" marnose
540,00	558,00	" con tracce di gesso
558,00	582,00	" e argille marnose
582,00	587,60	" con tracce di gesso
587,60	622,40	?

Butera 2

0	80	argille e trubi
80	350	argille gessose e gessi
350	614	sale
614	616	argille
616	620	sale
620	742	argille e gessi
742	784	gessi e anidrite
784	786	calcare zolfifero
786	792	gessi e anidrite
792	823	anidrite e argille
823	827	calcare zolfifero
827	829,10	argille e gessi

Milena EMS 1

0,00	32,00	trubi
32,00	106,20	formazione gessoso-argillosa di copertura
106,20	146,80	sale con tracce potassiche
146,80	210,00	" " rare tracce potassiche
210,00	251,00	" " straterelli potassici
251,00	267,00	" potassico con livellini di salgemma
267,00	329,00	" compatto grigio biancastro
329,00	354,80	marne ed anidrite

Milena EMS 2

0,00	106,20	formazione gessoso-argillosa di copertura
106,20	156,00	sale con livelli anidritici
156,00	211,20	" zonato a grana media con noduli anidritici sparsi
211,20	247,60	" con livelli potassici sparsi
247,60	266,65	" potassico con intercalazioni di salgemma
266,65	333,85	" bianco e grigio con livellini potassici
333,85	335,85	" potassico e salgemma
335,85	492,20	" a grana grossa bianco e grigio con veli e noduli anidritici
492,20	492,90	anidrite

Milena EMS 3

0,00	198,00	formazione argilloso-gessosa di copertura
198,00	207,00	sale potassico
207,00	208,65	"
208,65	209,00	" "
209,00	210,28	"
210,28	210,69	" "
210,69	211,69	"
211,69	213,00	" "
213,00	218,00	"
218,00	221,00	" "
221,00	239,88	" a bande
239,88	244,41	" potassico con intercalato un livello di salgemma
244,41	461,80	" bianco e grigiastro con livellini anidritici veli argillosi e lamine polilistiche
461,80	470,00	complesso anidritico-argilloso di letto

Milena EMS 4

0,00	48,00	trubi
48,00	148,00	argille brecciate
148,00	162,00	" e gessi
162,00	188,80	gessi e argille
188,80	192,10	sale con tracce potassiche
192,10	240,00	" " livellini potassici
240,00	241,50	" potassico
241,50	242,30	"
242,30	243,70	" "
243,70	244,30	"
244,30	247,20	" con livelli potassici
247,20	266,50	" sale c.s.
266,50	269,60	" potassico
269,60	364,00	" sale a grana media zonato
364,00	388,00	complesso anidritico-argilloso di letto

Milena EMS 5

0,00	4,00	argille sabbiose
4,00	145,00	formazione argillo-gessosa di copertura
145,00	188,40	sale
188,40	192,80	" potassico
192,80	195,30	"
195,30	200,00	" "
200,00	205,30	"
205,30	207,40	" "
207,40	220,47	" " con livelli di salgemma
220,47	231,20	"
231,20	235,50	" "
235,50	249,00	"
249,00	259,00	" "
259,00	265,70	"
265,70	276,60	" "
276,60	373,00	"
373,00	373,60	anidrite
373,60	410,00	sale
410,00	410,65	anidrite
410,65	461,20	sale
461,20	461,30	anidrite
461,30	520,40	sale

Il sondaggio è rimasto nella formazione salina

Milena EMS 6

0,00	100,50	formazione argilloso-gessosa di copertura
100,50	197,00	sale
197,00	216,50	breccia anidritico-argillosa
216,50	243,50	sale
243,50	252,00	" potassico con livelli di salgemma
252,00	475,72	"
475,72	501,00	complesso anidritico-argilloso di letto

Milena EMS 7

0,00	31,20	formazione argilloso-gessosa di copertura
31,20	138,04	sale
138,04	141,70	" potassico con livelli di salgemma
141,70	209,10	"
209,10	222,10	complesso anidritico argilloso di letto

Milena EMS 8

0,00	143,00	formazione argilloso-gessosa di copertura
143,00	281,60	sale
281,60	289,50	" con livelli potassici
289,50	291,50	" potassico
291,50	293,00	"
293,00	294,90	" "
294,90	304,00	"
304,00	309,12	" con livelli potassici
309,12	313,50	" potassico
313,50	318,50	"
318,50	324,00	" "
324,00	415,00	"
415,00	443,00	complesso anidritico-argilloso di letto

Milena EMS 9

0,00	6,00	trubi
6,00	143,80	formazione argilloso-gessosa di copertura
143,80	173,90	sale con tracce potassiche
173,90	177,92	" potassico
177,92	179,00	"
179,00	182,80	" "
182,80	267,30	" con tracce e livellini potassici
267,30	270,20	" potassico
270,20	290,98	"
290,98	298,40	" "
298,40	309,52	" con tracce potassiche
309,52	313,09	" potassico
313,09	318,60	" " scuro
318,60	353,50	" "
353,50	356,46	"
356,46	362,50	" "
362,50	367,80	" con tracce potassiche
367,80	381,60	"
381,60	383,20	" potassico
383,20	385,70	"
385,70	427,80	" "
427,80	436,00	" con tracce potassiche
436,00	438,30	" potassico
438,30	472,70	"
472,70	473,15	" " con livelli di salgemma
473,15	780,00	" zonato
780,00	788,50	complesso anidritico-argilloso di letto

Milena EMS 10

0,00	8,00	trubi
8,00	120,00	formazione argillosa-gessosa di copertura
120,00	171,20	sale con livellini e tracce potassiche
171,20	173,10	" potassico
173,10	187,00	" grigio con tracce potassiche
187,00	191,45	" con livellini potassici
191,45	193,10	" potassico
193,10	254,90	" biancastro a grana grossa
254,90	256,00	anidrite
256,00	311,00	argille con anidrite, gessi e livellini di sale
311,00	350,50	complesso anidritico argilloso di letto

Milena EMS 11

0,00	17,00	trubi
17,00	85,00	argille
85,00	354,70	sale biancastro e grigiastro a tratti zonato
354,70	381,00	breccia anidritico-argillosa
381,00	395,00	anidrite

Milena EMS 12

0,00	105,90	formazione argillo-gessosa di copertura
105,90	155,15	sale
155,15	171,30	" potassico
171,30	190,50	" con tracce potassiche
190,50	191,45	" potassico
191,45	198,90	" con tracce potassiche
198,90	208,65	" potassico
208,65	266,70	"
266,70	283,60	" "
283,60	340,15	" con livellini potassici
340,15	384,80	" potassico
384,80	398,45	" con tracce potassiche
398,45	410,35	" potassico
410,35	450,05	"
450,05	462,60	" "

./.

462,60	495,70	sale
495,70	534,40	" potassico
534,40	550,90	" con livellini potassici
550,90	559,10	" potassico
559,10	709,80	" sale
709,80	710,00	anidrite
710,00	846,80	sale
846,80	847,80	anidrite
847,80	929,20	sale
929,20	940,50	complesso anidritico-argilloso di letto

Milena EMS 13

0,00	23,20	formazione argilloso-gessosa di copertura
23,20	105,60	sale con tracce e livellini potassici
105,60	114,60	" potassico
114,60	119,30	" con livellini potassici
119,30	120,20	" potassico
120,20	154,05	" con livelli potassici
154,05	157,80	" potassico
157,80	159,60	" con tracce potassiche
159,60	201,40	"
201,40	214,45	" potassico
214,45	228,90	" con livelli potassici
228,90	248,00	"
248,00	253,20	" " "
253,20	284,75	" potassico con livelli di salgemma
284,75	296,70	" con livelli potassici
296,70	303,45	" potassico
303,45	308,20	" con livelli potassici
308,20	399,00	"
399,00	561,90	" con intercalazioni argillose
561,90	582,40	complesso anidritico argilloso di letto

Milena EMS 14

0,00	211,60	formazione argilloso-gessosa di copertura
211,60	228,90	sale con livellini potassici
228,90	231,45	" potassico
231,45	267,44	" con tracce e livellini potassici
267,44	279,81	" potassico
279,81	293,28	" con tracce potassiche
293,28	301,60	" potassico
301,60	635,00	"
635,00	650,70	complesso anidritico argilloso di letto

Milena EMS 15

0,00	81,00	formazione argillo-gessosa di copertura
81,00	285,30	sale con livellini potassici
285,30	287,24	sale potassico
287,24	335,43	sale con livelli potassici
335,43	339,70	sale potassico
339,70	388,32	sale con livelli potassici molto diffusi
388,32	458,27	sale potassico con intercalazioni di livelli di salgemma
458,27	608,35	sale con tracce potassiche
608,35	622,27	sale potassico con livello di salgemma
622,27	830,00	sale
830,00	850,50	complesso argilloso anidritico di letto

Nella tabella 1) allegata sono riportati tutti i dati caratteristici dei sondaggi EMS, le quote del tetto e del letto della formazione salina nonché le stesse quote ridotte al livello del mare.

Nella stessa tabella sono stati riportati le profondità di tetto e letto dei livelli mineralizzati e le rispettive quote ridotte al livello zero. Nell'ultima colonna si ha il totale progressivo dei metri perforati nel corso delle perforazioni effettuate nel permesso Milena.

TABELLA 1 - GIACIMENTO MILENA - DATI SONDAGGI

SONDAGGIO	QUOTA	PROFONDITÀ ISTO SALE	PROFONDITÀ LETTO SALE	QUOTA ASSOLUTA TETTO	QUOTA ASSOLUTA LETTO	PROFONDITÀ TETTO LIVELLI CULTIVABILI	PROFONDITÀ LETTO LIVELLI CULTIVABILI	QUOTA ASS. TETTO LIVELLI CULTIVABILI	QUOTA ASS. LETTO LIVELLI CULTIVABILI	PROFONDITÀ SONDAGGIO MT. PERFORATI	TOTALE PROGRESSIVO MT. PERFORATI
1	345,73	106,20	320,00	239,53	16,73	215,75	262,05	129,98	83,68	354,80	354,80
2	341,71	106,20	492,00	235,51	-150,49	254,10	335,65	87,61	- 5,86	492,90	847,70
3	243,28	198,00	461,80	45,28	-218,52	198,00	245,65	45,28	- 2,37	468,00	1315,70
4	390,59	182,80	364,00	201,79	26,59	265,95	268,80	124,64	121,79	388,00	1703,70
5	213,15	145,00	—	128,15	—	190,15	274,95	83,00	- 4,80	520,40	2224,10
6	232,17	110,50	415,72	122,17	-242,95	—	—	—	—	501,00	2725,10
7	257,56	31,20	209,10	226,36	48,86	138,95	141,80	118,61	115,76	222,10	2947,20
8	372,11	143,00	415,00	229,11	- 42,89	308,75	323,10	63,36	48,21	433,00	3380,20
9	226,12	143,80	780,00	82,32	-553,88	175,65	427,80	50,47	-201,68	788,50	4168,70
10	250,87	120,00	311,00	130,87	- 60,13	171,20	193,10	79,62	57,77	350,50	4519,20
11	201,97	85,00	354,70	116,97	-152,73	—	—	—	—	395,00	4914,20
12	219,17	105,90	929,20	113,27	-710,03	158,00	-574,25	61,17	-295,02	940,50	5854,40
13	185,96	23,20	561,90	162,76	-375,04	205,20	-303,45	- 19,24	-117,49	582,10	6436,80
14	260,47	211,60	635,00	48,87	-374,53	228,90	279,81	31,57	-19,34	650,70	7087,30
15	268,57	81,00	830,00	197,57	-561,43	335,09	444,30	- 66,52	-175,13	850,50	7938,00

STRATI POTASSICI COLTIVABILI

Nella nostra prima relazione si erano considerati come coltivabili tutti quegli strati che avevano una potenza non inferiore a 2 mt. ed un contenuto in K_2O non inferiore all'11%.

Si è visto però che operando in questo modo venivano lasciati fuori dal calcolo del cubaggio strati molto prossimi ai 2 mt. e con un elevato tenore in potassio.

Questa volta allo scopo di non lasciare fuori questi strati e non conoscendo in questo momento quale sarà la potenza minima adottabile, dipendendo questa dal metodo di coltivazione che sarà usato, abbiamo preferito non scegliere, aprioristicamente, una determinata potenza e percentuale potassica minima.

Operando in questo senso abbiamo raggruppato per ogni sondaggio quelli che a nostro avviso sono gli strati più interessanti e quindi maggiormente suscettibili di sfruttamento. Il risultato di quanto sopra detto è riportato nella tabella 1a). In detta tabella sono stati elencati, per ogni sondaggio, gli strati mineralizzati presi in esame con la loro profondità dal piano campagna, quella assoluta e con i loro lati caratteristici quali: potenza apparente, % in K_2O e % in K_2O kainitico per quegli strati per cui è stato possibile calcolarlo.

TABELLA 1a - GIACIMENTO MILENA - DATI SONDAGGI

SONDAGGIO	QUOTA	AREA DI INFLUENZA m ²	PROFONDITÀ STRATI MINERALIZZATI	PROFONDITÀ RIFERITA AL LIVELLO 0	POTENZA APPARENTE	POTENZA APPARENTE TOTALE	% K ₂ O	% K ₂ O MEDIATO	% K ₂ O RAINITICO	% K ₂ O RAINITICO MEDIATO
1	340,72	240 221	210,15 - 210,70	123,95 - 123,03	0,95	10,44	17,45	11,65	11,22	9,31
			210,55 - 220,10	121,17 - 120,53	1,45	10,24				
			221,30 - 231,10	122,70 - 118,00	4,20	11,71				
			231,50 - 231,50	116,35 - 114,40	1,30	19,50				
			231,50 - 232,40	94,15 - 90,30	3,80	12,46				
			232,40 - 233,20	90,35 - 86,30	3,80	8,43				
			233,20 - 242,62	86,35 - 83,08	2,80	12,15				
2	340,71	191 247	224,00 - 240,32	31,81 - 31,81	6,40	12,47				
			240,30 - 240,60	22,81 - 22,00	2,10	12,47				
			231,30 - 232,97	2,70 - 2,56	1,20	10,44				
			232,97 - 232,97	1,20 - 1,12	1,10	10,44				
3	342,08	225 121	210,10 - 210,30	21,10 - 21,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	21,10 - 21,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	21,10 - 21,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	21,10 - 21,10	1,10	10,44				
4	340,23	81 282	210,10 - 210,30	21,10 - 21,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	21,10 - 21,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	21,10 - 21,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	21,10 - 21,10	1,10	10,44				
5	273,15	104 218	190,10 - 190,30	19,10 - 19,10	1,10	10,44				
			190,30 - 190,30	19,10 - 19,10	1,10	10,44				
			190,30 - 190,30	19,10 - 19,10	1,10	10,44				
			190,30 - 190,30	19,10 - 19,10	1,10	10,44				
6	342,11									
7	342,11	104 218	190,10 - 190,30	19,10 - 19,10	1,10	10,44				
8	272,11	403 290	209,10 - 210,30	20,10 - 20,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	20,10 - 20,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	20,10 - 20,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	20,10 - 20,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	20,10 - 20,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	20,10 - 20,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	20,10 - 20,10	1,10	10,44				
9	272,11	64 238	209,10 - 210,30	20,10 - 20,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	20,10 - 20,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	20,10 - 20,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	20,10 - 20,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	20,10 - 20,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	20,10 - 20,10	1,10	10,44				
			210,30 - 210,30	20,10 - 20,10	1,10	10,44				

500 18

TABELLA 1a - GIACIMENTO MILENA - DATI SONDAGGI

SONDAGGIO	QUOTA	AREA DI INFLUENZA	PROFONDITA' STRATI MINERALIZZATI	PROFONDITA' RIFERITA AL LIVELLO 0	POTENZA APPARENTE	POTENZA APPARENTE TOTALE	% K ₂ O	% K ₂ O MEDIATO	% K ₂ O RAINITICO	% K ₂ O RAINITICO MEDIATO
10	226,11	64 238	191,20 - 193,10 191,45 - 193,10	79,62 - 77,77 59,42 - 51,17	1,85 1,65		11,24 9,00			
11	201,97	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	219,17	247 195	158,00 - 171,30 198,90 - 202,65 202,65 - 203,60 203,60 - 203,60 203,60 - 203,60 203,60 - 203,60 203,60 - 203,60	61,17 - 47,37 26,37 - 10,52 -48,46 f - 64,45 -122,30 f - 162,35 -162,35 f - 165,65 -179,28 f - 191,18 -232,58 f - 240,73 -284,73 f - 295,08	13,30 9,15 15,95 40,13 2,70 11,50 8,45 10,35	42,82	14,56 12,81 14,39 13,76 12,19 10,80 13,70 13,39	13,16		
13	185,90	151 995	205,20 - 208,10 208,10 - 208,10 208,10 - 208,10 208,10 - 208,10	- 19,24 f - 22,14 - 22,14 f - 29,24 - 29,24 f - 31,64 - 31,64 f - 31,64	2,30 1,60 1,10 1,10		11,00 11,22 12,61 12,32			
14	260,41	85 714	228,90 - 231,15 231,15 - 231,15	31,24 - 29,62 6,91 f - 19,34	2,85 20,31		18,66 22,74		12,25 12,70	
15	268,57	123 559	335,00 - 336,50 336,50 - 336,50 336,50 - 336,50 336,50 - 336,50 336,50 - 336,50 336,50 - 336,50	- 20,22 f - 27,49 - 27,49 f - 32,41 - 32,41 f - 33,68 - 33,68 f - 33,68 - 33,68 f - 33,68 - 33,68 f - 33,68	1,78 7,47 2,45 6,29 4,05 3,18	10,74	11,31 13,21 10,38 13,36 13,09 11,20	12,53		

Ottenuti questi dati abbiamo raggruppato tutti gli strati in tre classi A, B, C ciascuna corrispondente ad una determinata potenza minima:

A = classe con strati $\geq 1,50$ mt.

B = classe con strati $\geq 2,00$ mt.

C = classe con strati $\geq 3,00$ mt.

Di ognuna di queste classi si è pensato di fare tre sottoclassi corrispondenti rispettivamente a tre tenori di taglio (Cut-off) prefissati: 10%, 11%, 12% in K_2O .

Abbiamo così ottenuto nove sotto classi che abbiamo rappresentato, con tutti i loro dati caratteristici, nelle 9 tabelle 2 (numerate con 2 che va da a-i).

Ricordiamo che le tabelle 2a, 2b, 2c attengono alla classe A; 2d, 2e, 2f attengono alla classe B; 2g, 2h, 2i attengono alla classe C. E' chiaro che la classe A contiene la B e C, mentre la B contiene la C.

Cubaggio

Per il calcolo del cubaggio si è seguito, come nella nostra prima relazione il metodo delle aree di influenze dei singoli sondaggi.

Si è determinata l'area di influenza di ogni singolo sondaggio preso in esame, area nella quale si può ipotizzare che gli spessori si mantengono costanti.

Una volta determinata l'estensione dell'area di influenza si è assunto come spessore mineralizzato la somma

TABELLA 2a - GIACIMENTO MILENA
CASO A CON CUT-OFF 10 % K₂O

SONDAGGIO	AREA INFLUENZA	POTENZA APPARENTE SINGOLI STRATI	% K ₂ O	POTENZA APPARENTE TOTALE	% K ₂ O MEDIO	CUBAGGIO m ³	TONNELLATE
1	245.331	1.65 4.20 1.90 10.45	10.32 11.71 14.40 11.65	18.20	11.83	4465.024	9.823.052
2	140.267	6.25 2.75 1.90	12.19 12.48 12.24	10.90	12.21	4.561.610	3.435.542
3	255.890	1.80 1.90	14.28 12.00	3.70	13.10	2.946.793	2.082.944
4	82.885	2.15 2.80	11.25 10.92	2.15	11.25	178.202	392.044
5	109.428	5.70 8.35 8.30	10.80 14.66 11.68	21.15	12.38	4.135.364	9.097.800
6	---	---	---	---	---	---	---
7	106.084	2.85	14.38	2.85	14.38	302.339	665.146
8	103.295	4.75 6.60	13.06 11.30	11.35	12.03	1.172.398	2.579.275
9	64.238	1.90 2.55 6.55 6.30 21.15 9.45 3.80 10.87 21.60	12.96 13.06 10.32 12.37 11.98 11.21 13.08 12.86 11.11	84.17	11.78	5.411.962	11.906.316
10	86.596	1.85	11.24	1.85	11.24	160.202	352.444
11	---	---	---	---	---	---	---
12	247.295	13.30 9.75 15.95 42.83 11.90 8.45 10.35	14.56 12.82 14.39 13.16 10.80 13.70 13.39	112.53	13.28	27.828.106	61.221.833
13	151.995	2.90 1.60 1.70 6.55	11.66 11.22 12.61 12.32	12.75	12.07	1.937.936	4.263.459
14	85.714	2.55 26.31	15.66 12.74	28.86	12.99	2.473.706	5.442.153
15	123.559	1.18 19.74 4.25 4.05 9.15 3.65	11.21 12.22 13.25 13.74 12.81 11.50	35.59	12.70	4.397.464	9.674.426
TOTALE				350.85	12.56	54.917.106	120.936.660

TABELLA 26 - GIACIMENTO MILENA
CASO A CON CUT-OFF 11 % K₂O

SONDAGGIO	AREA INFLUENZA	POTENZA APPARENTE SINGOLI STRATI	% K ₂ O	POTENZA APPARENTE TOTALE	% K ₂ O MEDIO	CUBAGGIO m ³	TONNELLATE
1	245.331	4.20 1.90 10.45	11.71 14.40 11.65	16.55	11.98	4.060.228	8.932.501
2	143.267	6.25 2.75 1.90	12.19 12.48 12.24	10.90	12.27	1.561.610	3.435.542
3	255.890	1.80 1.90	14.28 12.00	3.70	13.10	946.793	2.082.944
4	82.885	2.15	11.25	2.15	11.25	178.202	392.044
5	169.428	8.35 8.30	14.66 11.68	16.65	13.17	2.737.726	6.022.997
6	—	—	—	—	—	—	—
7	106.084	2.85	14.38	2.85	14.38	302.339	665.145
8	103.295	4.75 6.60	13.06 11.30	11.35	12.03	1.172.398	2.579.275
9	64.238	1.90 2.55 6.30 21.15 9.45 3.80 10.87 21.60	12.96 13.06 12.37 11.98 11.21 13.08 12.86 11.11	77.62	11.91	4.990.810	10.979.782
10	86.596	1.85	11.24	1.85	11.24	160.202	352.444
11	—	—	—	—	—	—	—
12	247.295	13.30 9.75 15.95 42.83 8.45 10.35	14.56 12.82 14.39 13.16 13.70 13.39	100.63	13.57	24.885.295	54.747.649
13	151.995	2.90 1.60 1.70 6.55	11.66 11.22 12.61 12.32	12.75	12.07	1.937.936	4.263.459
14	85.714	2.55 26.31	15.66 12.74	28.86	12.99	2.473.706	5.442.153
15	123.559	1.75 10.74 6.10 2.00 3.11 2.60	11.31 12.23 13.34 12.64 12.81 11.20	33.59	12.10	4.231.409	9.674.920
TOTALE				371.45	12.10	49.899.100	109.570.000

TABELLA 26 - GIACIMENTO MILENA
CASO A CON CUT-OFF 12 % K₂O

Serie	AREA INFLUENZA	POTENZA APPARENTE SINGOLI STRATI	% K ₂ O	POTENZA APPARENTE TOTALE	% K ₂ O MEDIO	CUBAGGIO m ³	TONNELLATE
1	245.331	190 3.80 2.85	14.40 13.46 13.27	8.55	13.60	2.097.580	4614.676
2	143.267	6.25 2.75 1.90	12.19 12.48 12.24	10.90	12.27	1.561.610	3.435.542
3	255.890	1.80 1.90	14.24 12.00	3.70	13.10	946.793	2.082.944
4	82.885	—	—	—	—	—	—
5	104.428	8.35	14.66	8.35	14.66	1.372.973	3.020.540
6	—	—	—	—	—	—	—
7	106.084	2.85	14.38	2.85	14.38	302.339	665.145
8	103.295	4.75	13.06	4.75	13.06	490.651	1.079.432
9	64.298	1.90 2.55 6.30 3.80 10.87	12.96 13.06 12.37 13.08 12.86	25.42	12.79	1.634.455	3.595.801
10	86.596	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—
12	247.295	13.30 9.75 15.95 42.83 8.45 10.35	14.56 12.82 14.39 13.16 13.70 13.39	100.63	13.57	24.885.295	54.747.649
13	151.995	1.70 6.55	12.61 12.32	8.25	12.37	1.253.958	2.758.707
14	85.714	2.55 26.31	15.66 12.74	28.86	12.99	2.473.706	5.442.153
15	123.559	16.74 1.29 4.07 9.10	12.35 11.25 12.04 13.81	30.18	13.08	3.749.010	8.203.822
TOTALE				182.14	13.22	10.149.376	29.646.414

TABELLA 2d - GIACIMENTO MILENA
CASO B CON CUT-OFF 10 % K₂O

Sondaggio	AREA INFLUENZA	POTENZA APPARENTE SINGOLI STRATI	% K ₂ O	POTENZA APPARENTE TOTALE	% K ₂ O MEDIO	CUBAGGIO m ³	TONNELLATE
1	245 331	4.20 10.45	11.71 11.65	14.65	11.67	3.594.099	7.907.017
2	143 267	6.25 2.75	12.19 12.48	9.00	12.28	1.289.403	2.836.686
3	255 890	—	—	—	—	—	—
4	82 885	2.15	11.25	2.15	11.25	178.202	392.044
5	109 428	2.80 5.70 8.35 8.30	10.92 10.80 14.66 11.68	25.15	12.38	4.135.364	9.097.800
6	—	—	—	—	—	—	—
7	106 084	2.85	14.38	2.85	14.38	302.339	665.145
8	103 295	4.75 6.60	13.06 11.30	11.35	12.03	1.172.398	2.579.275
9	64 298	2.55 6.55 6.30 21.15 9.45 3.80 10.87 21.60	13.06 10.32 12.37 11.98 11.21 13.08 12.86 11.11	82.27	11.76	5.289.796	11.637.551
10	86 596	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—
12	247 295	13.30 9.75 15.95 42.83 11.90 8.45 10.35	14.56 12.82 14.39 13.16 10.80 13.70 13.39	112.53	13.28	27.828.106	61.221.833
13	151 995	2.90 6.55	11.66 12.32	9.45	12.11	1.436.352	3.159.974
14	85 714	2.55 26.31	15.66 12.74	28.86	12.99	2.473.706	5.442.153
15	123 559	10.74 6.29 4.05 9.18 3.63	14.93 13.58 13.04 13.81 11.50	33.21	12.91	4.177.512	9.170.523
TOTALE				321.07	12.25	27.871.194	11.125.000

TABELLA 2e - GIACIMENTO MILENA
CASO B CON CUT-OFF 11 % K₂O

Sondaggio	AREA INFLUENZA	POTENZA APPARENTE SINGOLI STRATI	% K ₂ O	POTENZA APPARENTE TOTALE	% K ₂ O MEDIO	CUBAGGIO m ³	TONNELLATE
1	245 331	4.20 10.45	11.71 11.65	14.65	11.67	3.594.099	7.907.017
2	143 267	6.25 2.75	12.19 12.48	9.00	12.28	1.289.403	2.836.686
3	255 890	—	—	—	—	—	—
4	82 885	2.15	11.25	2.15	11.25	178.202	392.044
5	104 428	8.35 8.30	14.66 11.68	16.65	13.17	2.737.726	6.022.997
6	—	—	—	—	—	—	—
7	106 084	2.85	14.38	2.85	14.38	302.339	665.145
8	103 295	4.75 6.60	13.06 11.30	11.35	12.03	1.172.398	2.579.275
9	64 298	2.55 6.30 21.15 9.45 3.80 10.87 21.60	13.06 12.37 11.98 11.21 13.08 12.86 11.11	75.72	11.88	4.868.644	10.711.016
10	86 596	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—
12	247 295	13.30 9.75 15.95 42.83 8.45 10.35	14.56 12.82 14.39 13.16 13.70 13.39	100.64	13.57	24.885.295	54.747.649
13	151 995	2.90 6.55	11.66 12.32	9.45	12.11	1.436.352	3.159.974
14	85 714	2.55 26.31	15.66 12.74	28.86	12.99	2.473.706	5.442.153
15	123 559	6.25 4.05 3.10 3.60	13.35 13.35 12.81 11.50	33.81	12.91	1.177.529	3.190.363
TOTALE				305.13	12.26	43.117.33	103.654.000

TABELLA 24 - GIACIMENTO MILENA
CASO B CON CUT-OFF 12 % K₂O

Sondaggio	AREA INFLUENZA	POTENZA APPARENTE SINGOLI STRATI	% K ₂ O	POTENZA APPARENTE TOTALE	% K ₂ O MEDIO	CUBAGGIO m ³	TONNELLATE
1	245 331	3.80 2.85	13.46 13.27	6.65	13.37	1.631.451	3.589.192
2	143 267	6.25 2.75	12.19 12.48	9.00	12.28	1.289.403	2.836.686
3	235 890	—	—	—	—	—	—
4	82 885	—	—	—	—	—	—
5	109 429	8.35	14.66	8.35	14.66	1.372.973	3.020.540
6	—	—	—	—	—	—	—
7	106 084	2.85	14.38	2.85	14.38	302.339	665.145
8	103 295	4.75	13.06	4.75	13.06	490.651	1.079.432
9	64 298	2.55 6.30 3.80 10.87	13.06 12.37 13.08 12.86	23.52	12.77	1.512.288	3.327.033
10	86 596	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—
12	247 295	13.30 9.75 15.95 42.83 8.45 10.35	14.56 12.82 14.39 13.16 13.70 13.39	100.64	13.57	24.887.768	54.753.089
13	151 995	6.55	12.32	6.55	12.32	995.567	2.190.247
14	85 714	2.55 26.31	15.66 12.74	28.66	12.99	2.456.563	5.404.438
15	123 559	11.14 4.23 4.62 2.10	12.33 13.37 13.64 13.51	34.12	13.08	2.775.011	6.203.832
TOTALE				231.15	13.22	28.844.013	65.665.228

TABELLA 2g - GIACIMENTO MILENA
CASO C CON CUT-OFF 10% K₂O

Sondaggio	AREA INFLUENZA	POTENZA APPARENTE SINGOLI STRATI	% K ₂ O	POTENZA APPARENTE TOTALE	% K ₂ O MEDIO	CUBAGGIO m ³	TONNELLATE
1	245 331	4.20 10.45	11.71 11.65	14.65	11.16	3.594.099	7.907.017
2	143 267	6.25	12.69	6.25	12.19	895.418	1.969.919
3	255 890	—	—	—	—	—	—
4	82 885	—	—	—	—	—	—
5	169 428	5.70 8.35 8.30	10.80 14.66 11.68	22.35	12.56	3.674.965	8.084.923
6	—	—	—	—	—	—	—
7	106 084	—	—	—	—	—	—
8	103 295	4.75 6.60	13.06 11.30	11.35	12.03	1.172.398	2.579.275
9	64 238	6.55 6.30 21.15 9.45 3.80 10.87 21.60	10.32 12.37 11.98 11.21 13.08 12.86 11.11	79.72	11.71	5.125.836	11.276.839
10	86 596	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—
12	247 295	13.30 9.75 15.95 12.83 11.90 8.45 10.35	14.56 12.82 14.39 13.16 10.80 13.70 13.39	112.53	13.28	21.828.106	61.221.833
13	151 995	6.55	12.32	6.55	12.32	995.567	2.190.247
14	85 714	26.31	12.74	26.31	12.74	2.255.135	4.961.297
15	123 559	10.74 6.20 4.65 9.10 3.63	12.22 12.22 13.64 12.81 11.20	27.81	12.91	4.117.729	9.199.563
TOTALE				313.52	12.58	49.719.053	102.381.600

TABELLA 2h - GIACIMENTO MILENA
CASO C CON CUT-OFF 11 % K₂O

ORDINE	AREA INFLUENZA	POTENZA APPARENTE SINGOLI STRATI	% K ₂ O	POTENZA APPARENTE TOTALE	% K ₂ O MEDIO	CUBAGGIO m ³	TONNELLATE
1	245.331	4.20 10.45	11.71 11.65	14.65	11.67	3.534.099	7.907.017
2	143.267	6.25	12.69	6.25	12.69	895.418	1.969.919
3	255.890	—	—	—	—	—	—
4	82.885	—	—	—	—	—	—
5	104.428	8.35 8.30	14.66 11.68	16.65	13.17	2.737.726	6.022.997
6	—	—	—	—	—	—	—
7	106.084	—	—	—	—	—	—
8	103.295	4.75 6.60 6.30	13.06 11.30 12.37	11.35	12.03	1.172.398	2.579.215
9	64.298	21.15 9.45 3.80 10.87 21.60	11.98 11.21 13.08 12.86 11.11	73.17	11.84	4.704.684	10.350.304
10	86.596	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—
12	247.295	13.30 9.75 15.95 42.83 8.45 10.35	14.56 12.82 14.39 13.16 13.70 13.39	100.63	13.57	24.885.295	54.747.649
13	151.995	6.55	12.32	6.55	12.32	995.567	2.190.241
14	85.714	26.31	12.74	26.31	12.74	2.255.135	4.961.297
15	123.559	10.74 6.29 4.05 9.10 3.63	13.33 13.20 12.04 12.81 11.56	33.81	12.91	4.177.539	9.190.543
TOTALE				289.37	12.74	40.407.851	90.919.272

TABELLA 2: -GIACIMENTO MILENA
CASO C CON CUT-OFF 12 % K₂O

Serie	AREA INFLUENZA	POTENZA APPARENTE SINGOLI STRATI	% K ₂ O	POTENZA APPARENTE TOTALE	% K ₂ O MEDIO	CUBAGGIO m ³	TONNELLATE
1	245.331	3.80	14.36	3.80	14.36	932.257	2.050.965
2	143.267	6.25	12.69	6.25	12.69	895.418	1.969.919
3	255.890	—	—	—	—	—	—
4	84.885	—	—	—	—	—	—
5	109.428	8.35	14.66	8.35	14.66	1.372.973	3.020.540
6	—	—	—	—	—	—	—
7	106.084	—	—	—	—	—	—
8	103.295	4.75	13.06	4.75	13.06	490.651	1.079.432
9	64.298	6.30 3.80 10.87	12.37 13.08 12.86	20.97	12.75	1.348.329	2.966.323
10	86.596	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—
12	247.295	13.30 9.75 15.95 42.83 8.45 10.35	14.56 12.82 14.39 13.16 13.70 13.39	100.63	13.57	24.885.295	54.747.649
13	151.995	6.55	12.32	6.55	12.32	995.567	2.190.247
14	85.714	26.31	12.74	26.31	12.74	2.255.135	4.961.297
15	123.559	10.74 6.29 4.05 8.19	12.33 13.34 13.04 13.81	30.18	13.02	3.723.910	8.203.812
TOTALE				207.02	13.26	31.904.632	81.190.197

delle potenze dei singoli strati presi in considerazione nel sondaggio.

Tutti questi dati variabili col variare delle classi e delle sottoclassi sono riportati nelle tabelle 2a---i. Il compendio di tutti questi dati è riportato nella tabella 3.

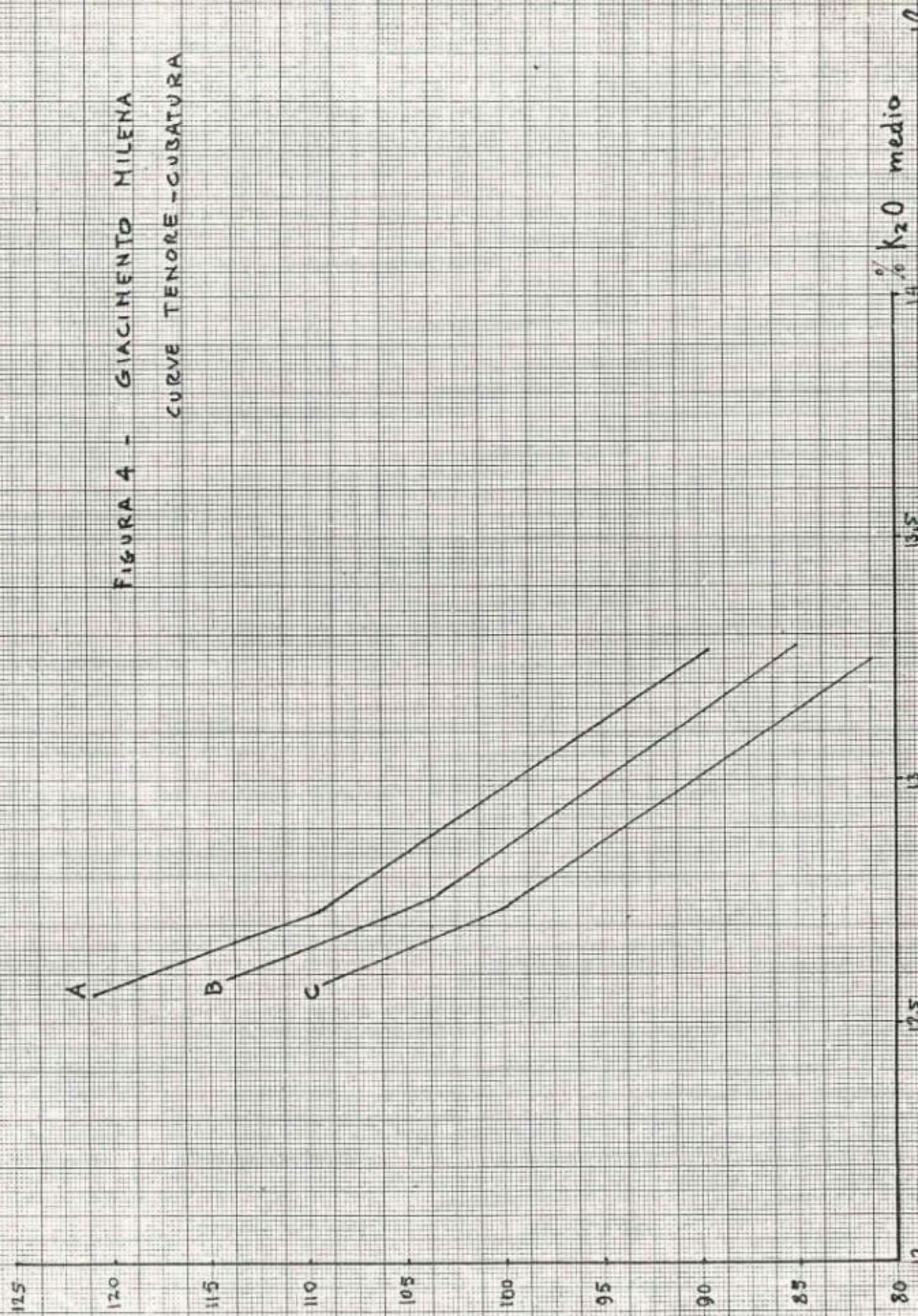
Nella figura 4 questi risultati sono riportati in sintesi secondo curve tenore-cubatura. ~~seguita~~ Dette curve sono state ricavate tenendo in ordinate le tonnellate di minerale ed in ascisse il corrispondente tenore medio.

I dati di cubaggio contenuti in tutte le tabelle e particolarmente la 3 e la 4 si riferiscono a minerale in posto. Volendo passare dal minerale in posto a quello estraibile riteniamo si debba applicare un fattore di riduzione del 50% qualsiasi sia la classe o sottoclasse di taglio che minerariamente verrà scelta.

TABELLA 3- MILENA : CUBAGGIO TOTALE

Cut-Off	Tenore medio	cubaggio tonn;x10 ⁶	Potenza media	Tenore medio	Cubaggio tonn.x10 ⁶	Potenza media	Tenore medio	Cubaggio tonn.x10 ⁶	Potenza media
10	12,56	120,936	29,51	12,59	114,130	29,24	12,58	109,381	28,02
11	12,73	109,570	26,76	12,76	103,654	26,55	12,74	99,919	34,16
12	13,27	89,646	23,36	13,28	85,065	21,79	13,26	81,190	27,76
CASO A			CASO B			CASO C			

FIGURA 4 - GIACIMENTO MILENA
CURVE TENORE-CURATURA



CONCLUSIONI

I risultati della ricerca condotta nel permesso di ricerca per sali alcalini "Milena" hanno portato alla individuazione di un giacimento di sali potassici in larga maggioranza costituiti da kainite ad un tenore medio non inferiore al 12,56% in K_2O qualsiasi sia la classe di taglio scelta fra quelle da noi prese in esame.

La valutazione di massima sulla consistenza di detto minerale in posto è quella già riportata nella tabella 3.

Se il tenore medio in K_2O minerariamente utile potesse essere portato tra l'11% e il 12% in K_2O allora si può tenere il cut-off di ogni classe al 9% con conseguente innalzamento del tonnellaggio totale di ogni classe.

Palermo 5/2/1981

ENTE MINERARIO DI
SERVIZIO RICERCHE

Dr. *Nicola La Rosa*

ALLEGATI:

- 1 - Carta delle isobate del tetto della Formazione salina con ubicazione sondaggi e tracce delle sezioni
- 2 - Carta delle isobate del letto della Formazione salina con ubicazione sondaggi e tracce delle sezioni
- 3 - Carta delle isopache della Formazione salina con ubicazione dei sondaggi
- 4 - Sezioni relative alla Formazione salina (1-5)
- 5 - " " " " " (6-10)
- 6 - " " " " " (11-15)
- 7 - " " " " " (16-20)
- 8 - Sezione lungo l'asse della galleria
- 9 - Carta con ubicazione sondaggi paralleli alla galleria e colonne stratigrafiche relative

11.6 Relazione tecnica esplorazione mineraria “Milena”, stato dei luoghi

Relazione Tecnica

Il sito minerario oggetto della presente relazione si trova ubicato nel versante sud dell'altura ove si sviluppa il centro abitato del Comune di Milena in provincia di Caltanissetta. La scrivente, al fine di appurare lo stato dei luoghi ha condotto alcuni sopralluoghi preliminari sia nelle pertinenze della miniera sia all'interno della stessa.

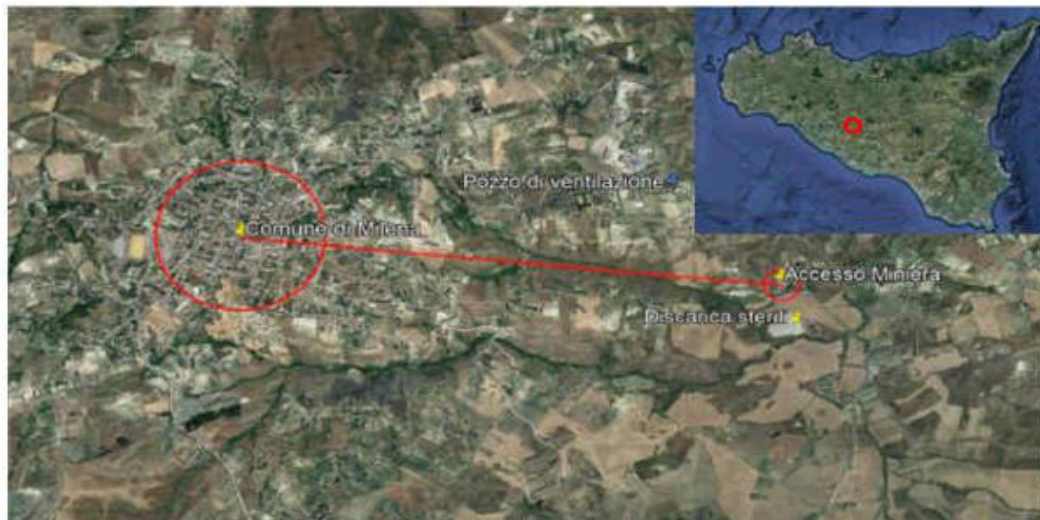


Figura 1. Localizzazione delle pertinenze della miniera rispetto al Comune di Milena.

Il sito minerario si compone di un piazzale antistante l'ingresso alla miniera, al quale si accede tramite un cancello che dà su una strada interna che si distacca dalla SP24, come riportato in **Figura 2**. Il piazzale presenta un'estensione in pianta pari a circa 0,5 ettari e da un primo sopralluogo effettuato esso si presenta in discrete condizioni.

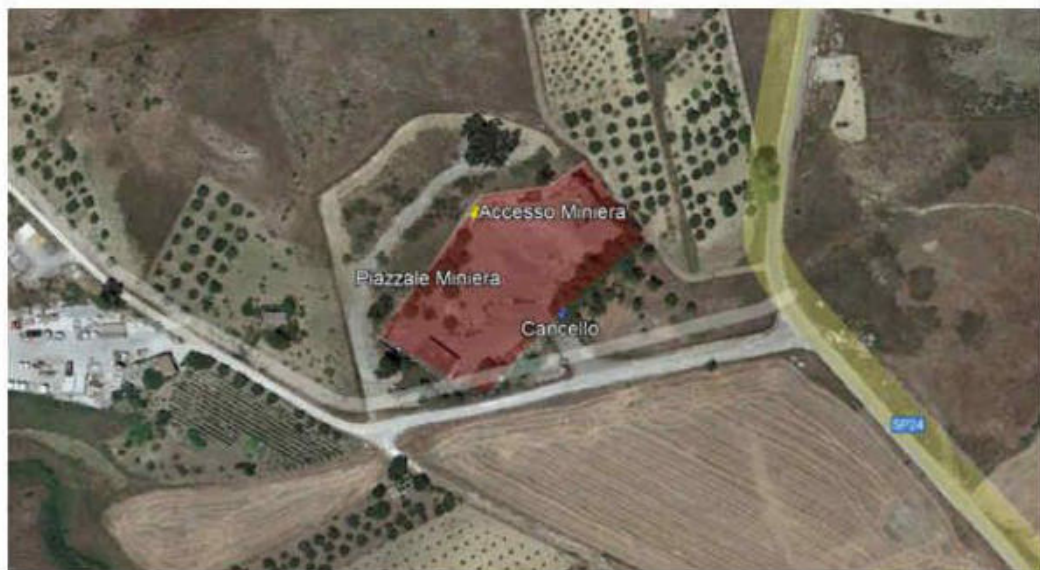


Figura 2. Perimetrazione preliminare del piazzale di miniera ed individuazione degli elementi che lo costituiscono.

A Sud del piazzale è presente un deposito di quelli che potrebbero essere considerati sterili **[Figura 3]**, ossia *materiale solido o fanghi che rimangono dopo il trattamento dei minerali per separazione (ad esempio: frantumazione, macinazione, vagliatura, flottazione e altre tecniche fisico-chimiche) per ricavare i minerali pregiati dalla roccia meno pregiata* (Art.3, co.1, lett.l del D.Lgs.117/2008). Tale deposito si estende su una superficie misurata grossolanamente in pianta pari a circa 1,65 ettari ad una distanza di circa 200m dal piazzale.

Come si evince dalle foto scattate in prossimità del deposito **[Figura 4]**, sono visibili su di esso rifiuti abbandonati tra i quali alcuni pneumatici. Tale ammasso di materiale sarà chiaramente oggetto di ulteriori controlli nelle fasi successive per accertare sia la natura del materiale ivi depositato sia l'eventuale presenza di rifiuti di diversa natura all'interno dell'ammasso. La scrivente si adopererà affinché esclusivamente il materiale classificabile come sterile o rifiuto da attività estrattiva o terre e rocce da scavo, ai sensi del D.Lgs.117/08, sarà immesso nuovamente all'interno della miniera una volta resi disponibili spazi idonei tali da garantire uno stoccaggio in sicurezza. Tale intervento conclusivo è coerente con l'Art.5 comma 2 lett.a punti 3 e 4, nei quali si prevede per l'appunto l'immissione dei rifiuti nei vuoti minerari ed il ripristino delle aree adibite a deposito. La ripiena avverrà in seguito alla verifica della conformità dei rifiuti ai sensi dell'Art.12 del D.Lgs.117/08.



Figura 3. Localizzazione del deposito di sterili rispetto al piazzale miniera.





Figura 4. Reportage fotografico dello stato del deposito di sterili.

Percorrendo la Strada Provinciale n. 24 verso Milena si raggiunge l'area ove è ubicato il pozzo di ventilazione della Miniera, che dista in linea d'aria circa 750m dal piazzale di miniera **[Figura 5]**. Il pozzo si trova all'interno di un'area recintata e delimitata parzialmente da un muro.

Esso è in comunicazione con le sottostanti gallerie e ha le seguenti caratteristiche: un diametro di 5,00 m e profondità di circa 154,00 m. Come emerge dalle foto scattate durante un primo sopralluogo [Figura 6], esso è dotato di un castelletto metallico in ferro alto 13,00 m all'asse delle molette ed è ancora provvisto di puleggia di rinvio della fune di estrazione del diametro di 2,00 m. Le parti metalliche si presentano in uno stato di avanzata ossidazione non più atte ad essere adoperate. Pertanto, la suddetta struttura dovrà essere sostituita con una più efficiente e moderna. Le condizioni statiche del pozzo saranno vagliate con specifico sopralluogo, al fine di evidenziare eventuali interventi di consolidamento.

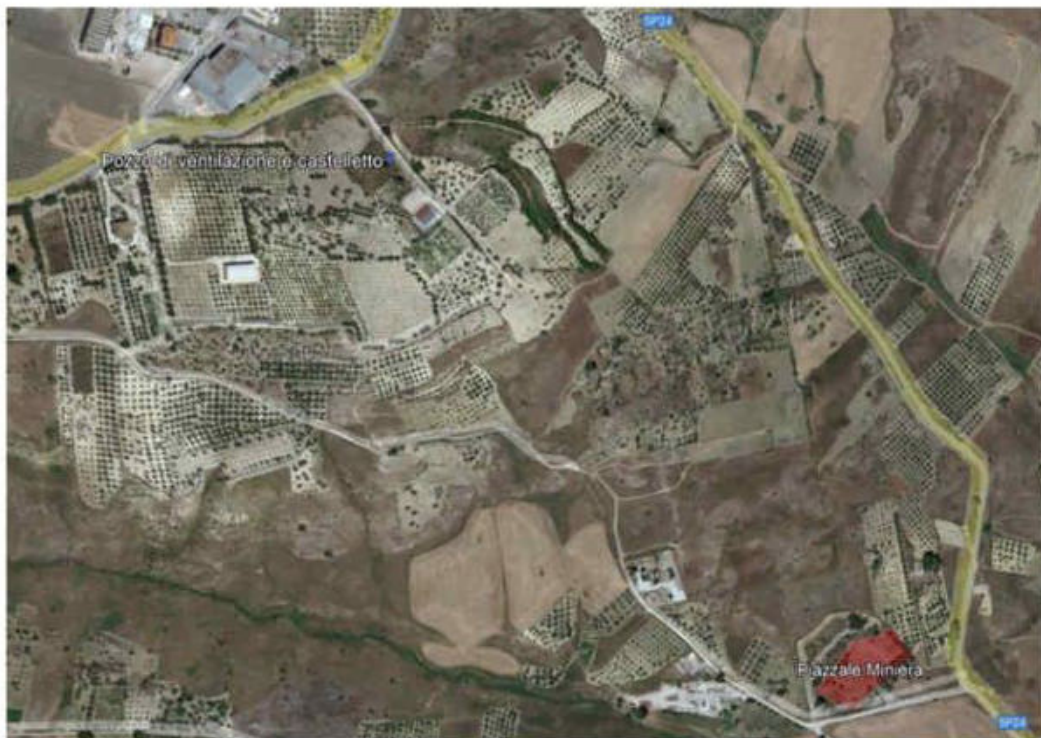


Figura 5. Localizzazione del pozzo di ventilazione e del castelletto metallico rispetto al piazzale miniera.



Figura 6. Reportage fotografico del pozzo di ventilazione e del casteletto metallico.

Il sopralluogo condotto all'interno della miniera ha evidenziato quanto segue.

Il rivestimento interno della galleria di accesso, lunga circa 600,00m, risulta realizzato con casseri a perdere di lamelle intrecciate di acciaio sagomato al fine di aumentarne la rigidità trasversale, sì da costituire una volta su piedritti laterali. La suddetta struttura è servita a sostenere il getto di un rivestimento di calcestruzzo, non armato, di spessore pari a circa 50 cm.



Figura 7. Caratteristiche del rivestimento interno della galleria.

A terra, nella parte centrale, è presente una piattaforma in calcestruzzo, anch'essa priva di armatura, poggiante su terreno. Un breve tratto iniziale presenta lo strato di calcestruzzo in discrete condizioni, mentre il cassero in acciaio è in evidente avanzato stato di ossidazione. Nella parte centrale e fino al termine della galleria di accesso rivestita, sono presenti infiltrazioni di acqua ed in alcuni tratti le sovrappressioni idrostatiche hanno causato lievi scalzamenti al piede dei piedritti laterali in calcestruzzo, nonché dei fenomeni di sifonamento che hanno causato il sollevamento del massetto centrale, rendendo intransitabile l'accesso a mezzi meccanici.



Figura 8. Particolare della pavimentazione presente in galleria.

Sulla base di quanto detto sopra:

- la galleria di accesso alla miniera sarà oggetto di intervento di consolidamento al fine di renderla transitabile sia ai lavoratori che ai mezzi meccanici. Il suddetto intervento sarà realizzato a tratti progressivi a partire dall'imbocco della galleria. Pertanto, sarà smantellata la soletta di base, saranno armati dei cordoli laterali dove saranno vincolate delle centine metalliche costituite da un profilato curvo avente la sagoma dell'attuale galleria. Tali centine saranno ubicate ad interasse variabile da 1,50 m a 2,00 m collegati da tra loro da traversi retti aderenti all'attuale struttura in calcestruzzo. Il tutto sarà ricoperto con Spritz Benton. La soletta di base sarà realizzata in calcestruzzo armato con una lieve monta centrale sì da convogliare l'eventuale presenza di acqua su opportune canalette laterali. In sommità della parte centrale della galleria saranno posizionati, per tutta la lunghezza della stessa dei cavidotti per il passaggio dei cavi elettrici, mentre a terra saranno ubicate delle condotte per far defluire le acque verso l'esterno con un sistema di pompaggio azionato automaticamente da interruttori a galleggiante elettrico.
- Per quanto riguarda il pozzo di ventilazione sarà verificato lo stato di ossidazione delle armature del rivestimento e saranno realizzate delle strutture di rinforzo.
- In merito all'ammasso di sterili, questi saranno riportati all'interno della miniera in seguito ad una valutazione della loro natura in conformità a quanto riportato nel D.Lgs.117/08, non appena saranno disponibili vuoti di miniera idonei a garantire uno stoccaggio in sicurezza; mentre gli eventuali rifiuti diversi da quelli disciplinati dal D.Lgs.117/08 saranno gestiti separatamente coerentemente alle norme di tutela ambientale afferenti al D.Lgs.152/06.

Ne segue che la scrivente, parallelamente alle attività di miniera vere e proprie, intende adoperarsi per il miglioramento delle condizioni di sicurezza e dello stato dei luoghi dell'intero sito e delle opere presenti nelle pertinenze.