



**PERMESSO DI RICERCA  
PER SALI ALCALINI  
"CASE RAINIERI"  
IN TERRITORIO DI MUSSOMELI E SUTERA  
(PROVINCIA DI CALTANISSETTA)  
DDG.242 DEL 18/04/2018  
ASSESSORATO ENERGIA REGIONE SICILIANA  
DIPARTIMENTO REGIONALE ENERGIA**

**SINTESI DELLA  
RELAZIONE GEOMINERARIA**

Il Tecnico Dr. Geologo  
Enrico Curcuruto



*Enrico Curcuruto*

GENERAL MINING RESEARCH ITALY s.r.l.  
Amministratore Unico  
Angelo Iannello

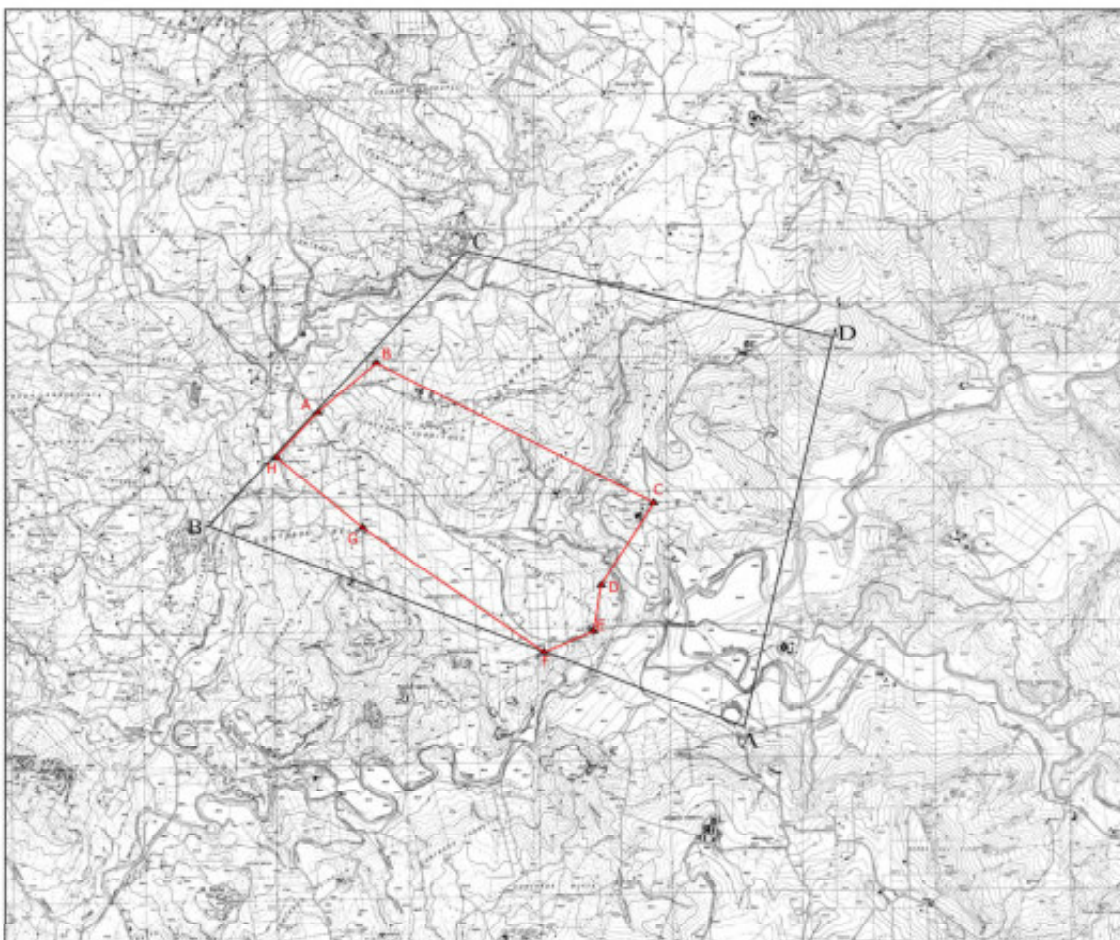
*Angelo Iannello*

**Sintesi di note geominerarie e dati per l'identificazione dell'area interessata dalla assegnanda  
Concessione Mineraria denominata "Case Rainieri"  
per la coltivazione e lo sfruttamento di un giacimento salino**

**OGGETTO:** Concessione Mineraria denominata "Case Rainieri" per la coltivazione e lo sfruttamento di Sali minerali alcalini (salgemma), ai sensi dell'art. 14 del Regio Decreto n. 1443 del 29 luglio 1927, dell'art. 23 della L.R. 54/56, per il rilascio e la proroga delle concessioni delle sostanze minerali di prima categoria individuate dall'art. 2 della L.R. n.54/1956, con esclusione delle sostanze dalla L.R.14/2000, mediante avvio di una procedura di evidenza pubblica in osservanza delle Linee guida secondo quanto meglio definito nel D.D.G. n. 886 del 12/10/2018

Bando di gara per la Concessione mineraria da assegnare ai sensi degli articoli come indicati in oggetto, mediante avvio di una procedura di evidenza pubblica, per la concessione mineraria denominata "**Case Rainieri**", per un periodo di trenta anni, per la coltivazione e lo sfruttamento di un giacimento di salgemma, sostanza minerale di prima categoria individuata dall'art. 2 della L.R. n.54/1956, in territorio del comune di Mussomeli, in provincia di Caltanissetta, estesa su una superficie continua di 303 Ha, delimitata con linea continua sul piano topografico a scala 1:10.000, allegato alla presente istanza, i cui vertici sono così identificati:

- Area del Permesso di Ricerca: Perimetrata **in nero** indicata con **A, B, C, D**
- Area richiesta in concessione: Perimetrata **in rosso** con **A, B, C, D, E, F, G, H**



Identificazione geografica dell'area richiesta in Concessione: Foglio 267 I SO (Tav. "Mussomeli" e Tav."Mimiani") della Carta Geografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare. Le contrade interessate sono quelle di Zubieddo, Cappello d'Acciaio e Case Rainieri.

#### Vertici dell'area richiesta in Concessione

VERTICE	DENOMINAZIONE	LONGITUDINE EST	LATITUDINE NORD
<b>A</b>	vertice A	13°47'34.32"	37°32'29.43"
<b>B</b>	vertice B	13°47'52.36"	37°32'41.06"
<b>C</b>	vertice C	13°49'18.24"	37°32'7.41"
<b>D</b>	vertice D	13°49'1.92"	37°31'47.57"
<b>E</b>	vertice E	13°48'59.21"	37°31'35.85"
<b>F</b>	vertice F	13°48'44.16"	37°31'31.46"
<b>G</b>	vertice G	13°47'48.09"	37°32' 1.69"
<b>H</b>	vertice H	13°47'21.37"	37°32'18.86"

L'area richiesta in concessione è ubicata all'interno dell'area del Permesso di Ricerca per sali alcalini "Case Rainieri" rilasciato dall'Ass. Energia e Pubblica Utilità della Regione Siciliana con Decreto Assessoriale. N° 242 del 18/04/2018.

#### UBICAZIONE DELL'AREA DEL PERMESSO

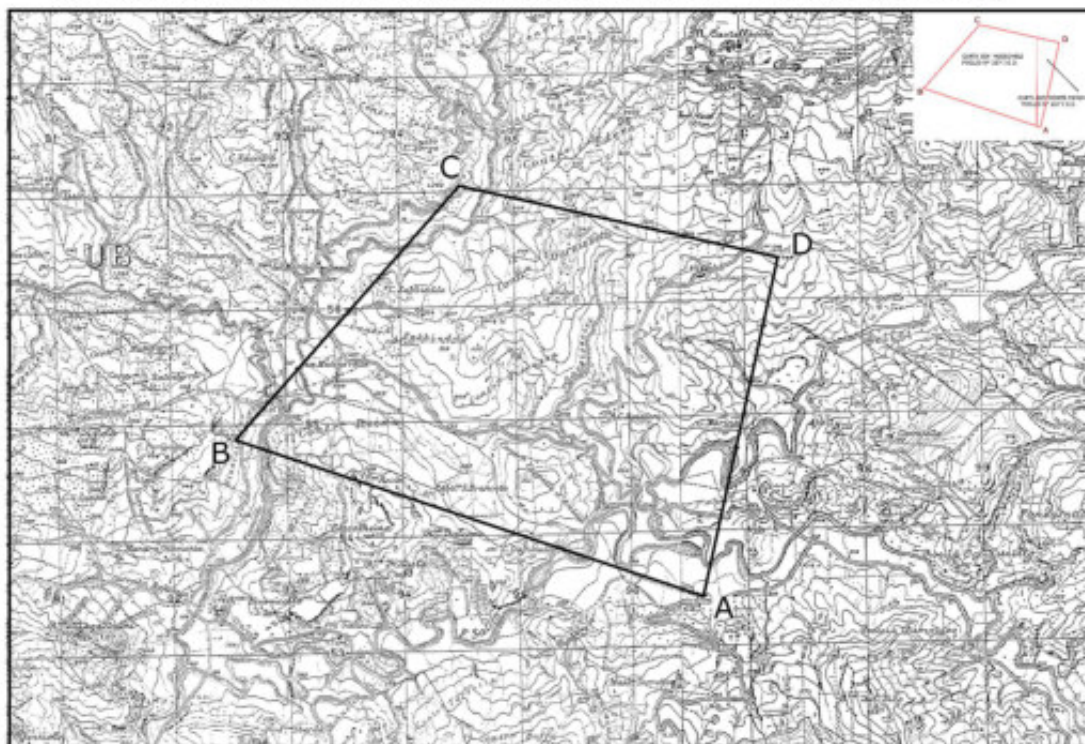
L'area interessata dal permesso di ricerca è ubicata nella Sicilia centrale, a Sud Est dell'abitato di Mussomeli, da cui dista mediamente in linea d'aria circa 5,5 Km, e ricade nel Foglio 267 nelle Tavole I SO (Tav. "Mussomeli") e I SE (Tav. "Mimiani") della Carta Geografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare, e nelle sezioni n° "630020" e "630060" e "630070" della Carta Tecnica Regionale.

L'intera area interessata dal permesso di ricerca ricade nel territorio dei comuni di Mussomeli e Sutera, in provincia di Caltanissetta. L'area è facilmente raggiungibile percorrendo la strada provinciale Serradifalco-Mussomeli. Nella corografia a seguire è riportata, non in scala, l'ubicazione dell'area interessata dal permesso.

Di seguito vengono definiti i caposaldi del perimetro dell'area, con le coordinate geografiche degli stessi. Il perimetro dell'area chiesta in permesso è individuato dai tratti rettilinei congiungenti i punti A, B, C, D, definiti come segue:

- A) Vasca per uso irriguo ubicata in C.da Sampria in territorio di Mussomeli
- B) Spigolo NE di un fabbricato ubicato in C.da Giancatalano in territorio di Sutera
- C) Spigolo SE di un fabbricato ubicato in C.da Testacotta in territorio di Mussomeli
- D) Spigolo SO di un capannone agricolo ubicato in località Cozzo Molitano in territorio di Mussomeli

## COROGRAFIA AREA PERMESSO RICERCA " CASA RAINIERI"



Scala 1:25.000

### COORDINATE GEOGRAFICHE DEL PERMESSO DI RICERCA

VERTICE	DENOMINAZIONE	LONGITUDINE EST	LATITUDINE N
<b>A</b>	Il vertice A ricade in coincidenza della valvola di fondo posta sul lato nord di una vasca in c.a. per uso irriguo con pianta circolare di diametro pari a 10 m, ubicata in C.da Sampria a valle della SP 41, 1250 m dopo il bivio con la SP 38 in direzione della Masseria Torretta. Esso ricade nella tavoletta Mimiani del foglio N° 267 (I SE) della carta d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare. Lo stesso ricade nella sezione N° 630060 della carta CTR edita dalla Regione Sicilia	13° 49' 48,00"	37° 31' 10,54"
<b>B</b>	Il vertice B ricade in coincidenza dello spigolo NE del fabbricato ubicato in C.da Giancatalano, a valle della SS 132, 300 m dopo l'incrocio con la SP 23, in direzione Sutera. Esso ricade nella tavoletta Mussomeli del foglio N° 267 (I SO) della carta d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare. Lo stesso ricade nella sezione N° 630060 della carta CTR edita dalla Regione Sicilia	13° 46' 49,83"	37° 31' 57,33"
<b>C</b>	Il vertice C ricade in coincidenza dello spigolo SE del fabbricato ubicato in C.da Testacotta, a valle della SP 23, 3608 m dopo l'incrocio con la SP 38, in direzione Mussomeli. Esso ricade nella tavoletta Mussomeli del foglio N° 267 (I SO) della carta d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare. Lo stesso ricade nella sezione N° 630020 della carta CTR edita dalla Regione Sicilia	13° 48' 11,19"	37° 33' 7,40"
<b>D</b>	Il vertice D ricade in coincidenza dello spigolo SO del capannone agricolo, ubicato sul Cozzo Molitano a monte della SP 41. Esso ricade nella tavoletta Mimiani del foglio N° 267 (I SE) della carta d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare. Lo stesso ricade nella sezione N° 630070 della carta CTR edita dalla Regione Sicilia	13° 50' 16,00"	37° 32' 45,40"

Le coordinate geografiche dei vertici sono state ricavate con metodo grafico sulle Tavolelle dell'IGM.

L'estensione dell'area è di 9,87 km<sup>2</sup>, pari a Ha 987

## OGGETTO DELLA RICERCA MINERARIA ESEGUITA

Oggetto della ricerca mineraria proposta ed eseguita dalla Società "General Mining Research Italy S.r.l." è stato il possibile sviluppo di un progetto di coltivazione di sali alcalini utilizzabili nel settore industriale, agro - alimentare, alimentare e similari combinati.

## GEOMORFOLOGIA

L'area interessata dal permesso di ricerca, come descritto nel paragrafo precedente, è ubicata a Sud-Est dell'abitato di Mussomeli da cui dista mediamente in linea d'aria circa 5,5 Km e ricade nel Foglio 267 I SO (Tav. "Mussomeli" e Tav. "Mimiani") della Carta Geografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare. Le contrade interessate sono quelle di Zubieddo, Cappello d'Acciaio e Case Rainieri.

L'area è ubicata su un versante che dalle alture di Serra del Vento (q. 621 m.s.l.m.), C.da Manca (q.819 m s.l.m.) e Rocca Bragame (q.515 m.s.l.m.) degrada verso l'incisione dei torrenti Raffocallo e Fiumicello scorrenti nell'area a quota variabili tra 200 e 260 m.s.l.m., con direzione NE-SO.

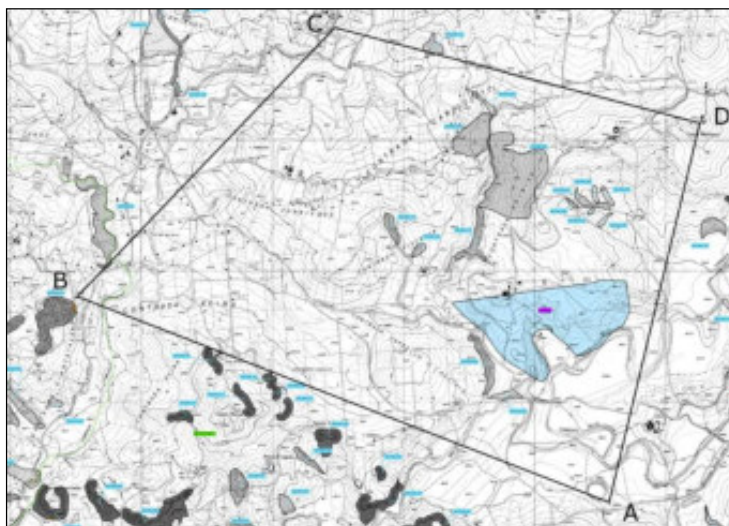
Mentre nella parte alta del versante affiorano rocce litoidi con giacitura a reggipoggio (calcari e gessi evaporitici), determinando il formarsi di scarpate strutturali ove affiorano le teste degli strati, nella parte mediana e valliva del versante affiorano rocce argilloso-gessose con intercalazioni gessoarenitiche che determinano il formarsi di rilievi collinari e scarpate.

Tra questi emergono, sempre all'interno dell'area oggetto di ricerca, da Ovest verso Est verso, i rilievi di Contrada Cozzo Tondo (q. 344 m s.l.m.), C.da Zubbieddo (q. 354 m.s.l.m.) e C.da Cappello d'Acciaio (q. 311 m.s.l.m.). Poco a Sud dell'area del richiesto permesso, in corrispondenza di affioramenti gessosi, emergono i rilievi di Rocca Fiumicello, Cozzo Reina e Rocca Fragola.

Dal punto di vista del reticolo idrografico la principale asta di drenaggio nell'area è costituita dal Torrente Fiumicello che scorre nell'area con direzione circa N-S; il reticolo mostra un pattern angolato fortemente controllato dalla tettonica con aste orientate N-S ed E-O e confluenze ad angolo retto.

Il Torrente Fiumicello dopo la confluenza del Torrente Raffocallo si innesta nel Fiume Salito, scorrente a Sud dell'area del permesso, affluente a sua volta del Gallo D'Oro che si innesta, nell'area di Casteltermini (AG) nel Fiume Platani.

Il corso delle aste torrentizie è in approfondimento e si rilevano diffuse sul territorio forme erosive incumbenti sul corso del F. Salito scorrente nell'area con direzione ENE-OSO. Nell'area del permesso di ricerca si rilevano dissesti franosi; sono presenti forme di colamento della coltre superficiale e di erosione accelerata, in C.da Rainieri, sul versante sinistro del corso del torrente Garzizetti ed in C.da Piscazza.



Stralcio della cartografia del PAI Bacino del F. Platani (063) Carta delle pericolosità

Le osservazioni morfologiche sono confermate dall'analisi della cartografia del PAI che in tali aree segnala la presenza di tali dissesti superficiali. Si rilevano altresì dissesti interessanti la SP 38, al km 10, riconducibili a fenomeni di sink-hole per affioramento e dissoluzione del substrato salino, che hanno provocato lo sprofondamento parziale (ad oggi) della sede stradale.



Foto aerea dell'area della SP 38 interessata da cedimenti della sede stradale (area campita in giallo)



Foto aerea dell'area della SP 38 interessata da una frana complessa causata dall'erosione regressiva del F. Salito

Si rileva una frana lungo il versante che da Case Rainieri degrada sino all'incisione del F. Salito interessante il tornante della SP 38 prima del bivio con la SP 41. La frana attivata dall'erosione regressiva di un meandro del F. Salito può essere ascritta ad una frana complessa roto-traslazionale.

## GEOLOGIA

Vengono di seguito esposti i risultati del rilievo geologico eseguiti nell'area in un periodo che si estende da Settembre 2018 a Gennaio 2020. I rilievi sono stati effettuati a scala 1:5.000 ed hanno permesso di ricostruire la complessa geostruttura dell'area del permesso di ricerca. Nell'area in studio affiora una serie di terreni che, dal più antico al più recente, possono così essere sintetizzati:

- *Argille marnose* Fm. *Terravecchia* *Tortoniano*
- *Calcari di base* Fm. *Gessoso-Solfifera* *Messiniano*
- *Gessi* Fm. *Cattolica* *Messiniano*
- *Salgemma* Fm. *Gessoso-Solfifera* *Messiniano*
- *Gessi* Fm. *Pasquasia* *Messiniano*
- *Marne Calcaree* Fm. *Trubi* *Pliocene Inf. - Medio*
- *Argille Brecciate* Fm. *AB IV* *Pliocene Inf. - Medio*
- *Alluvioni terrazzate ed attuali* *Pleistocene - Attuale*

Di seguito si riporta la descrizione litologica delle unità rilevate.

### ***Argille marmose* Fm. *Terravecchia* *Tortoniano***

Affiorano al limite meridionale dell'area del permesso di ricerca lungo la sponda destra del F. Salito nella contrada Torretta. Litologicamente la formazione è costituita da argille variamente marnose con un tenore medio in CaCO<sub>3</sub> intorno al 15%. Le argille risultano sottilmente stratificate e con tracce di tettonizzazione, consistenti in una intensa scagliettatura. Esse contengono un'abbondante frazione siltosa. I sedimenti descritti per litologia e contenuto faunistico sono ascrivibili alla Formazione Terravecchia del Tortoniano, la cui località tipo è stata localizzata da G. FLORES (1959) sul fianco settentrionale di Cozzo Terravecchia, 7 Km, a Nord di Santa Caterina Villermosa. Lo spessore della formazione non è determinabile in quanto nell'area non ne affiora il letto.

### ***Calcari di base* Fm. - *Cattolica (GTL1) Gruppo Gessoso-Solfifera* *Messiniano***

Affiorano in lembi discontinui e poco spessi, a Nord dell'area del permesso di ricerca, nella C.da Garzizetti. Tale formazione è costituita da calcari biancastri o grigiastri in strati e banchi massicci dello spessore 2 ÷ 3 m, con struttura brecciata e vacuolare. Tale estrema discontinuità dell'affioramento calcareo sembra far ipotizzare una origine detrica dell'ammasso, anche se molto distante dall'area di affioramento di C.da Sparacio. Lo spessore totale del Calcare di Base varia da 1 a circa 10 m. L'unità è considerata come un membro della F.ne Gessoso - Solfifera. Nell'ambito del Progetto CARG l'unità viene riclassificata come membro della formazione di Cattolica, facente parte del gruppo della Gessoso-Solfifera.

**Fm. Gessi di Cattolica          Gruppo Gessoso-Solfifera          Messiniano**

Affiorano nelle aree a Sud del permesso di ricerca a costituire i rilievi di Rocca Falcone e Cozzo Reina, incumbenti sul corso del F. Salito. Litologicamente sono costituiti da laminiti gessose e gessi macrocristallini, caratterizzati dalla classica geminazione a coda di rondine oltre a livelli decimetrici a laminazione mm-ritmica alternati a varve argillose ed evaporitiche. I cristalli geminati presentano un'orientazione perpendicolare rispetto alla stratificazione con l'angolo diedro rientrante della "coda di rondine" verso il tetto e l'apice del geminato verso il letto (regola di Mottura). Gli ammassi gessosi appaiono fortemente tettonizzati: lo smembramento è da relazionare alla fase tettonica infrapliocenica ed è stato agevolato dalla relativa rigidità della formazione rispetto alle unità incassanti. Tale termine non sempre risulta presente in quanto il Ciclo Evaporitico Superiore poggia spesso in maniera brusca e discordante, sulle argille della Form. Terravecchia.

**Salgemma          Mb. Salifero Gruppo Gessoso-Solfifera          Messiniano**

Affiora in una ristretta area del permesso di ricerca, in una scarpata a valle della masseria Case Rainieri. Litologicamente è costituito da un ammasso di salgemma, che si estende in lunghezza per circa 500 m e in altezza per circa 50 m. Il salgemma è stratificato in strati decimetrici, bianco-grigiastri con spessore variabile tra 10 e 30 cm, intensamente piegati, marcati da sottili lamine millimetriche-centimetriche, ricche in argilla e di colore scuro. A tetto l'ammasso salino, con contatto discordante, è sormontato da gessi stratificati ascrivibili alla Form. Gessi di Pasquasia. Tra il tetto del salgemma stratificato e il letto dei Gessi di Pasquasia si rileva la presenza di una formazione detritica costituita da clasti di gesso di dimensioni arenitiche e ruditiche e di salgemma immersi in matrice argillosa a tessitura scagliettata.

Esso costituisce l'oggetto di ricerca del permesso.

Lo studio delle sequenze salifere nel sottosuolo siciliano, interessate da lavori minerari, ha evidenziato la seguente successione litostratigrafica di questi depositi, che dal basso verso l'alto può così essere schematizzata:

- ❑ strato basale costituito da una breccia composta d'anidrite, spesso bituminosa, con frammenti di marna nerastra. Associati alla breccia basale vi sono strati d'anidrite a lamine.
- ❑ salgemma con noduli anidritici,
- ❑ salgemma con lamine molto fitte d'anidrite che, verso l'alto, diventano sempre più sottili fino a dar luogo ad un banco di salgemma puro e compatto,
- ❑ intervallo pelitico spesso alcuni decimetri,
- ❑ salgemma con lamine anidritico-polialitiche molto pieghettate,
- ❑ intercalazioni di strati di sali potassico-magnesiaci (con prevalenza di kainite ed in minor misura da carnallite, silvite e bischovite),
- ❑ salgemma molto puro, a grana grossa, con lamine argilloso-anidritiche di aspetto stilolitico regolarmente distanziate di 10-30 cm,
- ❑ marne anidritiche di colore verde scuro e anidrite a lamine millimetriche (spessore totale di circa 15 mt.),
- ❑ salgemma con frequenti e spesse intercalazioni di lamine anidritiche
- ❑ Lo spessore varia da 30 mt, ad oltre 400 mt. L'età è Messiniano.



### ***Fm. Gessi di Pasquasia Gruppo Gessoso-Solfifera Messiniano***

Affiorano all'interno dell'area oggetto di ricerca, da Ovest verso Est verso nei rilievi di Contrada Cozzo Tondo (q. 344 m s.l.m.), C.da Zubbieddo (q. 354 m.s.l.m.) e C.da Cappello d'Acciaio (q. 311 m.s.l.m.). Litologicamente sono costituiti da una sequenza di marne, marne argillose e argille marnose grigiastre, a tessitura scagliettata, alternate a livelli sabbiosi. Le argille spesso presentano fitte intercalazioni di lamine gessose alternate a gessareniti, torbiditi gessose e gesso balatino. I depositi gessosi sono quantitativamente inferiori rispetto ai sedimenti terrigeni. Un bancone di gessi laminati e gessoareniti affiora con persistenza in C.da Zubbieddo, dove assume giacitura caratterizzata da direzione circa Esy-Ovest ed immersione verso Nord con inclinazione da verticale a rovesciata. Nella zona centro-meridionale della Sicilia (zona centrale del bacino evaporitico, area compresa tra Porto Empedocle, Caltanissetta, Enna, Casteltermini, Ribera, Eraclea Minoa) il complesso evaporitico superiore è rappresentato da una successione di 7 cicli, ciascuno dei quali composto (dal basso verso l'alto) da argille marnose e marne, sabbie gradate e laminate a foraminiferi planctonici, laminiti calcaree bianche, lamine millimetriche di gesso microcristallino (gesso balatino), gesso selenitico. Lo spessore varia da 30 m ad oltre 150 m. L'età è Messiniano.

### ***Marne Calcaree Fm. Trubi Pliocene Inf.-Medio***

Affiorano in poco estesi affioramenti nell'area EST del permesso di ricerca nelle aree sommitali del versante nelle contrade Edera e Rainieri, ai fianchi di una stretta sinclinale con fianco Nord rovesciato. Litologicamente risulta costituita da un'alternanza ritmica di biomicriti, marne e calcari ricchi in plancton calcareo. Tali litotipi presentano colore variabile dal bianco al giallo e al bruno risultando per lo più privi di frazione terrigena; inoltre, si presentano in strati dello spessore di 20 ÷ 30 cm, ma possono raggiungere anche dimensioni metriche. La stratificazione è segnata dall'alternanza di livelli calcarei e marnosi; essa tuttavia è spesso mascherata dalla fessurazione intensa e di tipo prismatico non parallela alla stratificazione. Frequenti risultano le strutture deformative sin sedimentarie (livelli caoticizzati - brecce intraformazionali).

Si tratta di una formazione marnoso-argilloso-calcareo di ambiente marino aperto, sedimentatasi al tetto del Gruppo della Gessoso-Solfifera, al termine della crisi di salinità Messiniana. Il contatto risulta generalmente concordante o paracordante con i sottostanti termini del Gruppo della Gessoso-Solfifera. La base dei Trubi giace sui depositi del Gruppo della Gessoso-Solfifera. Dal punto di vista cronostratigrafico l'unità è riferibile allo Zancleano (Pliocene Inferiore) ed alla parte basale del Piacenziano (Pliocene Medio). Lo spessore della formazione varia tra 10 m. e 40 m. L'età è Pliocene Inferiore-Medio

### ***Argille Brecciate Fm. AB IV Pliocene Inf.-Medio***

Affiorano in una ristretta area ad EST del permesso di ricerca, nelle aree sommitali del versante nelle contrade Edera e Rainieri, al nucleo di una stretta sinclinale. Sono costituite da brecce argillose di colore grigiastro, costituite da una matrice argillosa in cui sono inglobati frammenti argillosi o marnosi eterogenei di piccole dimensioni. La struttura è talvolta scagliettata per la sovrapposizione di differenti piani di taglio. Con tale termine OGNIBEN (1953-54) individua i depositi argillosi costituiti da inserimenti olistostromici coevi o posteriori ai Trubi. La formazione è concordante con i Trubi e si può riscontrare a letto, a tetto o intercalata ad essi. Queste intercalazioni argillose sono interpretabili come olistostromi ed hanno spessore ed estensione non definibile. L'età è Pliocene Inferiore-Medio

## **Alluvioni terrazzate ed attuali      Pleistocene – Attuale**

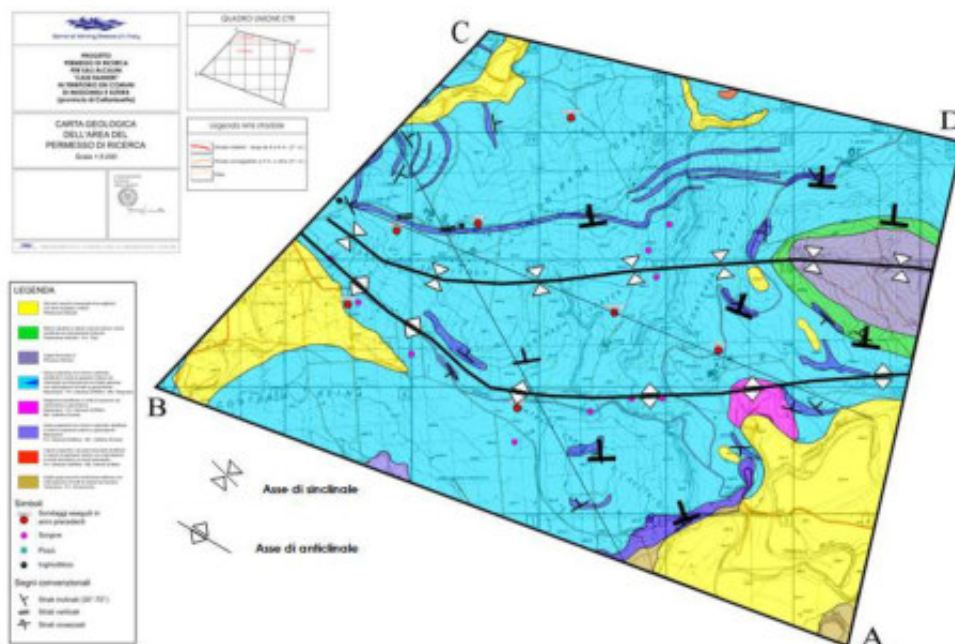
Lungo il corso e terrazzate sulle sponde dei torrenti Raffocalo e Fiumicello e, poco più a Sud, del F. Salito, si rilevano coltri alluvionali litologicamente costituite da limi sabbioso-argillosi con intercalati lenti e livelli di ghiaie e blocchi a spigoli arrotondati. Lo spessore varia da 1 mt. sino a circa 10 mt. I risultati dei rilievi geologici sono sintetizzati nella carta geologica a scala 1:5.000 allegata alla presente relazione geomineraria.

## **TETTONICA**

I rilievi geologici eseguiti hanno evidenziato come nell'area in studio i terreni affioranti sono interessati da intense strutture plicative. In particolare i terreni che vanno dalle argille del Tortoniano sino alle marne calcaree della Fm. dei Trubi sono interessati da pieghe accentuate o strizzate, spesso rovesciate ed interessate da faglie inverse. Si rilevano strutture plicative con assi differenti.

In particolare la successione di terreni compresa dai gessi della Fm. Cattolica al membro salino appaiono deformati con pieghe con assi orientati in senso NE-SO. A tale sistema di pieghe appartiene l'anticlinale di Case Rainieri. L'intera successione fino ai Gessi di Pasquasia è poi deformata con assi orientati in senso Ovest-Est. A caratterizzare dal punto di vista tettonico l'area del permesso "Case Rainieri" è una successione di due pieghe con assi orientati in sensi circa Ovest-Est.

Si susseguono così da Sud a Nord la monoclinale di Cappello d'Acciaio, una stretta piega anticlinale-faglia con asse orientato Ovest-Est, quasi parallelo al corso della SP 38 e una sinclinale, sempre con asse circa Est-Ovest, con al nucleo lembi di Trubi ed Argille Brecciate, ed ai fianchi le argille con gessi della Fm. Gessi di Pasquasia. Il fianco settentrionale di tale piega risulta rovesciato e interessato da una faglia inversa ben evidenziata da verticalizzazione degli strati di laminiti gessose.



I dati sopra riportati sono stati sintetizzati nell'allegata carta geologica a scala 1: 10.000.

## CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'AREA

Ai fini della caratterizzazione idrogeologica dell'area del permesso di ricerca, sulla scorta dei rilievi geologici e delle litologie affioranti è stata effettuata una valutazione del grado e del tipo di permeabilità prevalenti dei terreni affioranti nell'area in studio.

Sulla scorta della litologia è possibile distinguere i terreni affioranti in tre classi:

- I Classe: terreni con permeabilità da alta a media
- II Classe: terreni con permeabilità da media a bassa
- III Classe: terreni con permeabilità da bassa a nulla

### I CLASSE: TERRENI CON PERMEABILITÀ DA ALTA A MEDIA

In questa classe rientrano i Calcari evaporatici ed i Gessi laminitici e selenitici, con permeabilità prevalente per fratturazione e con tendenza ad aumento della permeabilità per carsificazione delle fratture, e le alluvioni attuali presenti lungo il corso delle aste torrentizie. Rientra in questa classe l'intervallo detritico costituito da clasti di gesso di dimensioni arenitiche e ruditiche e di salgemma immersi in matrice argillosa a tessitura scagliettata presente a tetto dell'ammasso salino.

### II CLASSE: TERRENI CON PERMEABILITÀ DA MEDIA A BASSA

In questa classe rientrano i seguenti litotipi: coltri alluvionali terrazzate e marne calcaree (Form. dei Trubi). Le coltri risultano permeabili per porosità e il loro grado di permeabilità varia in relazione alla percentuale di frazione ghiaiosa e sabbiosa che le compongono.

Permeabili per fratturazione risultano le marne calcaree della Form. dei Trubi con permeabilità decrescente in profondità per il serrarsi delle fratture.

### III CLASSE: TERRENI CON PERMEABILITÀ DA BASSA A NULLA

Rientrano in questa classe le argille marnose della Formazione Terravecchia, le alternanze di marne e diatomiti della Formazione dei Tripoli, le Argille dei Gessi e le Argille Brecciate del Pliocene Inferiore, Medio e Superiore. Rientra in questa classe l'ammasso salino che costituisce una acquicluda della superiore formazione dei Gessi di Pasquasia.

## INDAGINI GEOMINERARIE

Il programma di ricerca mineraria approvato prevedeva l'esecuzione di una campagna di indagine geofisica mediante esecuzione di indagini di tipo geolettrico e di una campagna di perforazioni geostratigrafiche. Veniva quindi redatto un programma di indagini esecutivo che prevedeva l'esecuzione di:

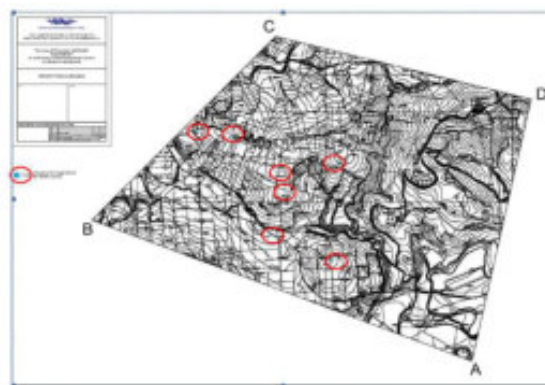
- indagini di transiente elettromagnetico TDEM realizzato con elettromagnetometro multicanale con loop di energizzazione con geometrie a maglia quadrata di lato 20/40/100/200 metri, restituzione di log elettrostratigrafico e georeferenziazione del punto di indagine acquisito. Tali indagini sostituivano i previsti SEV. Venivano ubicati nell'area del permesso n° 5 TDEM.
- Tomografia elettrica 2D per misure di resistività elettrica reale eseguita con multielettrodo digitale, con interdistanza elettrodica compresa tra 10 e 20 m, per uno stendimento totale di 3200 m (1600 m +800 m +800m) per definire e delimitare il top dello strato salino per profondità comprese tra 0 e 300 m

Sulla base del programma redatto veniva effettuata una selezione di curricula di ditte specializzate in indagini geoelettriche. Veniva selezionata, sia per l'esperienza acquisita nel settore di indagini geofisiche minerarie ed in particolar modo nel settore delle ricerche geofisiche su evaporiti e ammassi salini, sia per l'attrezzatura posseduta, una ditta siciliana. Di seguito si descrivono le metodologie adottate ed i risultati ottenuti.

## INDAGINI “TRANSIENTI ELETTROMAGNETICI NEL DOMINIO DEI TEMPI” (TDEM)

Il principio di un'indagine TDEM consiste in una fase iniziale di immissione di corrente in un circuito (chiamato loop) e successiva una interruzione nel circuito trasmettitore; tale immissione e interruzione nel loop genera un transiente elettromagnetico induce a sua volta dei campi secondari (correnti parassite) in strutture più o meno conduttive (elettrostrati). La bobina del ricevitore (piazata internamente al loop) intercetta il transiente e il decadimento della tensione risultante viene registrato digitalmente.

Risultato finale è la restituzione di profili elettrici (log) di elevata accuratezza in tempi brevissimi (circa dieci minuti di acquisizione) con tempi di approntamento dello stendimento estremamente rapidi (circa trenta minuti) e con profondità di investigazione talora prossimi ai 500 metri di profondità (in funzione della resistività dei terreni investigati e presenza di sorgenti ad elevato rumore quali strutture metalliche etc). Lo strumento è inoltre dotato di antenna GPS ad elevata precisione che consente pertanto di localizzare il punto di indagine. Sulla scorta dei risultati dei rilievi geologici eseguiti sono stati ubicati n° 5 sondaggi TDEM; nella figura sottostante è riportata l'ubicazione dei sondaggi.



## RISULTATI DELLE INDAGINI TIPO TDEM

L'interpretazione delle indagini tipo TDEM è stata preceduta da una calibrazione ottenuta mediante l'esecuzione di due sondaggi denominati “prova” ubicati in aree prossime a sondaggi geognostici “storici” di cui era nota la stratigrafia.

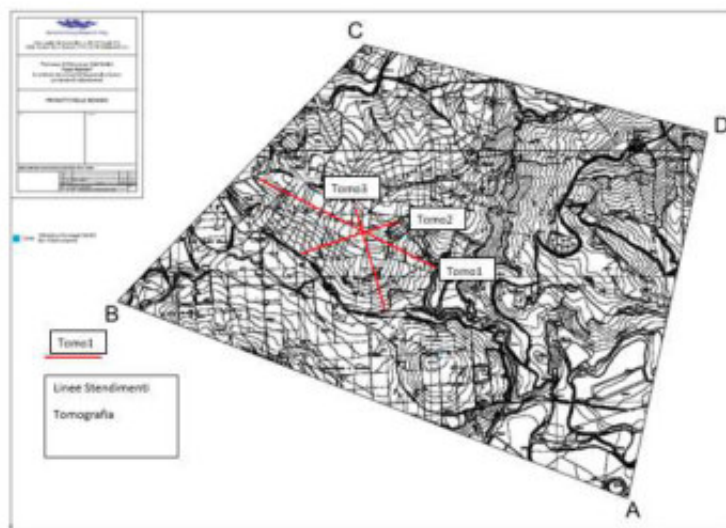
I due TDEM di calibrazione “Station 2 – Campo Prova” e “Station 3 – Campo Prova” sono stati ubicati nelle immediate vicinanze rispettivamente dei sondaggi geognostici “Vallone 4” e “Vallone 1” i quali identificavano il contatto tra i terreni di copertura (argilla con gessi) e il tetto del giacimento salino. La realizzazione dei sondaggi TDEM di calibrazione ha permesso di realizzare un modello elettrostratigrafico utilizzato come riferimento per i successivi sondaggi.

## TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D

La tomografia elettrica consiste nella determinazione di profili di resistività dei terreni indagati attraverso un numero elevato di elettrodi. Il georesistivimetro è dotato di una gestione automatica degli elettrodi che, commutandone la disposizione lungo la sezione investigata, varia la profondità di indagine. La configurazione geometrica utilizzata è di tipo Gradiente XL unitamente a una seconda acquisizione di tipo Doppio Dipolo. Nell'ambito dei lavori eseguiti sono stati realizzati n. 03 profili geoelettrici denominati da Tomo 1 a Tomo 3, in particolare:

- ❑ Tomo 1 con lunghezza pari a 1600 m, ha consentito di investigare i terreni sino ad una profondità prossima ai 200 m dal p.c per quanto riguarda i protocolli gradiente XL e oltre i 500 per quanto riguarda i protocolli doppio dipolo
- ❑ Tomo 2 con lunghezza pari a 800 m, ha consentito di investigare i terreni sino ad una profondità prossima ai 100 m dal p.c per quanto riguarda i protocolli gradiente XL e oltre i 400 per quanto riguarda i protocolli doppio dipolo (vedi sezioni allegate).
- ❑ Tomo 3 con lunghezza pari a 800 m, ha consentito di investigare i terreni sino ad una profondità prossima ai 100 m dal p.c per quanto riguarda i protocolli gradiente XL e oltre i 400 per quanto riguarda i protocolli doppio dipolo).

Nella figura sottostante è riportata la traccia degli stendimenti effettuati. Di seguito verranno dettagliati i risultati delle indagini eseguite



## RISULTATI DELLE INDAGINI TOMOGRAFIE ELETTRICHE

### TOMO 1

Lo stendimento TOMO 1 con lunghezza pari a 1600 m, ha consentito di investigare i terreni sino ad una profondità prossima ai 200 m dal p.c per quanto riguarda i protocolli gradiente XL e oltre i 500 per quanto riguarda i protocolli doppio dipolo. La configurazione geometrica utilizzata ha permesso di potere investigare fino ad un massimo di circa 500 m dal p.c. nella parte centrale dello stendimento.

## TOMO 2

Lo stendimento TOMO 2 con lunghezza pari a 800 m, ha consentito di investigare i terreni sino ad una profondità prossima ai 400 m dal p.c per quanto riguarda il doppio dipolo nella parte centrale dello stendimento.

## TOMO 3

Lo stendimento TOMO 2 con lunghezza pari a 800 m, ha consentito di investigare i terreni sino ad una profondità prossima ai 400 m dal p.c per quanto riguarda il doppio dipolo nella parte centrale dello stendimento.

La loro validazione è stata ottenuta da informazioni scaturite sia dalle indagini geognostiche effettuate nelle immediate vicinanze, che dal preliminare rilevamento geologico di superficie, mentre la loro elaborazione ha fornito indicazioni sull'andamento geometrico/morfologico degli strati del giacimento.

## 5.2- SONDAGGI MINERARI

Nell'area del Permesso di ricerca è stata effettuata una campagna di perforazioni, al fine di verificare la continuità dell'ammasso salino e definire il cubaggio del giacimento, individuato con i rilievi geologici di superficie estesi per circa 10 Km<sup>2</sup>, ed il tenore in cloruro di sodio del giacimento salino, mediante realizzazione di n° 7 sondaggi geominerari denominati SCR 1-2-3-4-5-6-8, geominerari spinti sino a m 200 di profondità dal p.c. con metodologia wire-line, per un totale di 1028 metri lineari perforati. Nella tabella seguente sono riportate le profondità dei sondaggi effettuati.

	<b>Sondaggio</b>	<b>Profondità terebrate in metri dal piano campagna</b>
<b>1</b>	SCR1	200
<b>2</b>	SCR2	200
<b>3</b>	SCR3	114
<b>4</b>	SCR4	163
<b>5</b>	SCR5	100
<b>5</b>	SCR6	100
<b>7</b>	SCR8	151
	<b>TOTALE METRI PERFORATI</b>	<b>1028</b>

La loro ubicazione è il risultato del compromesso tra necessità di valutare "l'affidabilità" dei sondaggi storici (GMRI ha voluto ri-perforare un sondaggio a recupero di carota nucleo SCR 8 in affiancamento ad un sondaggio storico realizzato in passato dall' Ente Minerario Siciliano, per potere validare i sondaggi storici e quindi inserirli all'interno del calcolo delle risorse del permesso di ricerca "Case Rainieri" e di investigare aree prive di ogni precedente indicazione o informazione. Questi si aggiungono ai risultati delle indagini eseguiti con rilievi e sondaggi minerari negli anni che vanno dal 1961 al 1981 a cura dell'Ente Minerario Siciliano, nell'ambito di un permesso di ricerca denominato "Zubbeddo" scaduto nel 10/03/1987 (fonte Bollettino Regionale Minerario). In totale sono stati consultati quindi i risultati di 51 sondaggi per un totale di 10.456,50 metri lineari di perforazione.

Suddividendo l'estensione dell'area di maggiore interesse indagata, individuata a seguito dei rilievi geologici, pari a 2.8 Km<sup>2</sup> per il totale dei sondaggi si arriva ad un rapporto di circa 18 sondaggi per kilometro quadro di area indagata. Nella figura sottostante è mostrata l'ubicazione.



*Foto aerea con ubicazione dei sondaggi di ricerca effettuati*

I sondaggi sono stati perforati a distruzione di nucleo con prelievo discontinuo di campioni ed analisi dei cuttings nei terreni di copertura e a carotaggio continuo con metodologia wireline con carotiere PQ (carote da 85 mm) nell'ammasso salino. L'utilizzo di salamoia sovrasatura come fluido di circolazione ha garantito una media di recupero del sale carotato di oltre 96%. A fine lavori di perforazione si è provveduto alla chiusura mineraria delle perforazioni, in osservanza delle normative in materia, con l'utilizzo di boiacche cementizie, lasciando a segnalazione dei sondaggi una base in cls sul piano campagna di circa m. 1,00 x 1,00 (indicazione e protezione) evidenziata con posizionamento di asta in metallo. Dei sette sondaggi perforati su commissione della General Mining nell'area del permesso di ricerca "Case Raineri" tra luglio e ottobre 2019, solo uno, ha avuto esito negativo, non intercettando, almeno fino alla profondità di indagine, il giacimento salino. I restanti sondaggi ad esito positivo, hanno permesso di individuare il tetto del giacimento a profondità inferiore a m 100 dal p.c. e con spessore medio di 50 m, fornendo preziose informazioni sulle caratteristiche litologiche degli strati di copertura.

## **INDAGINI CHIMICHE**

Dalle "carote" dei sondaggi effettuati sono stati prelevati campioni rappresentativi di ogni variazione litologica. Il prelievo è avvenuto mediante dissezione longitudinale della carota utilizzando una taglierina a disco diamantato ed il confezionamento in busta sigillata e sottovuoto della metà del campione; l'altra è stata conservata come campione di archivio presso il laboratorio GMRI nella sede di Caltanissetta. Sui campioni avviati al laboratorio, previa polverizzazione, sono state effettuate analisi chimiche mediante cromatografia di scambio ionico, spettrometria a fluorescenza di raggi X (XRF), analisi qualitativa tramite diffrattometria a raggi X (XRD) e determinazione degli insolubili. Sono inoltre stati caratterizzati macroscopicamente i campioni prelevati e su alcuni di essi preparate sezioni sottili per l'analisi al microscopio da petrografia. Sono stati analizzati oltre 100 campioni. Le analisi hanno evidenziato tenori in NaCl variabili tra 94% e oltre 99% utili quindi per tutte le finalità previste dalla legislazione vigente sul salgemma.

## ESPLORAZIONE DELLA CESSATA MINIERA RAINIERI

Nell'area del Permesso di ricerca ricadono due miniere oggi cessate; la vecchia miniera di salgemma "Rainieri", oggi del tutto chiusa, con periodo di attività compreso tra i primi anni del '900 e il 1959, e la nuova Miniera di salgemma "Rainieri" con concessione rilasciata nel 1959 dalla Regione Siciliana alla società "La Mineraria Salgemma S.r.l.", con sede a Agrigento, poi passata dal 1980 (secondo il Bollettino Regionale Minerario edito dall'Assessorato Industria) alla società "Rainieri s.r.l." con sede a Palermo, concessione scaduta nel 1989 e mai rinnovata.

Nell'anno 1994 la galleria d'imbocco della nuova miniera "Rainieri" fu chiusa mediante costruzione di un muro in cemento armato. La verifica dei lavori della chiusura mineraria venne affidata al Distretto Minerario di Caltanissetta. I lavori di riapertura del setto, autorizzati dal Distretto Minerario di Caltanissetta, con determina n° 08/19 in data 09/12/2019 hanno preso inizio in data 17/01/2020 e si sono conclusi il 13/02/2020.

### 5.4 - INDAGINI MICROSISMICHE

Tra novembre e dicembre 2019 è stata condotta, al fine di dettagliare i dati geofisici e dei sondaggi, una campagna di prospezione microsismica (HVSr) che ha visto la realizzazione di acquisizioni microsismiche a stazione singola ognuna della durata di 25 minuti, principalmente ubicate nel settore meridionale del permesso di ricerca, area ritenuta "interessante" dal punto di vista giacimentologico. 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.

Il processo di elaborazione che ha condotto alla stima della profondità del tetto del giacimento, si è basato sull'assunzione di un modello stratigrafico semplice a due soli strati: un terreno di copertura (limoso-argilloso) sovrastante ad un bedrock compatto e rigido, attribuito al giacimento salino. Ogni misura microsismica è stata elaborata mediante il software Geopsy 3.2, ottenendo il rapporto spettrale H/V. Alla frequenza del picco a maggior ampiezza, è stata applicata l'equazione di taratura. In questo modo è stato possibile stimare lo spessore dei terreni di copertura, che corrispondono all'interfaccia con il giacimento salino.

La metodologia ha permesso di individuare il primo contrasto di impedenza, attribuito all'interfaccia tra i terreni di copertura e l'ammasso salino (tetto), mentre la sua interpretazione è risultata ambigua nella definizione del letto del giacimento. Pertanto dal processo di interpolazione per la definizione della superficie di letto, si sono escluse le informazioni derivate dalla microsismica.

### 5.5 - RISULTATI DELLE INDAGINI MINERARIE

L'insieme dei rilievi geologici di superficie, delle indagini geoelettriche e dei sondaggi di ricerca ha evidenziato la presenza nel sottosuolo di una formazione salina caratterizzato da una sinclinale con asse principale ONO-ESE, coincidente con la direzione degli strati, il cui fianco meridionale dall'area di Cappello d'Acciaio immerge a Nord verso l'area di C.da Zubbieddo.



In tale area il fianco della sinclinale salina mostra una copertura minima, costituita da argille con gessi del Fm. Gessi di Pasquasia, in corrispondenza dell'asse stradale della SP 38, per poi crescere di spessore man mano che ci si sposta a Nord dell'area del Permesso di ricerca. Per lo spessore del giacimento salino e per lo spessore della copertura non rilevante appare meritevole, per lo sviluppo di un eventuale progetto di coltivazione mineraria, un'area di circa 2, 8 milioni di m<sup>2</sup> ubicata nella porzione S del richiesto permesso di ricerca.

## **DETERMINAZIONE DEL VOLUME DEL GIACIMENTO**

La modalità operativa adottata che ha condotto alla realizzazione del modello del giacimento salino, permettendone di stimarne estensione superficiale e volumi, è composta da una fase propedeutica seguita da una fase di elaborazione. La fase propedeutica ha avuto come obiettivo "l'omogeneizzazione" ovvero la standardizzazione dei dati, e si è resa necessaria a causa "dell'eterogeneità", intesa sia come "tipologia" (geofisica, geologica etc), che "origine" (prodotto da differenti operatori) mostrata dai dati storici.

Tutte le tipologie di dati utilizzati per la realizzazione del modello (ubicazione dei sondaggi storici, stratigrafie, etc.) sono stati digitalizzati e georeferenziati applicando il medesimo sistema di riferimento geografico (EPSG:3004, UTM-Monte Mario-Italy-zone 2). All'operazione di digitalizzazione è quindi seguita la creazione di un solido database cartografico utilizzato anche e non solo 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>).

### **Il modello 3D**

Il modello del giacimento salino individuato all'interno dell'area di studio è stato ottenuto elaborando le informazioni dedotte dalle diverse campagne di prospezione geofisica e geognostica, applicando concetti tipici della geostatistica e facendo un uso estensivo delle metodologie GIS. Al fine di evitare correlazioni tra punti posti a distanze troppo elevate, che avrebbero portato alla creazione di un modello delle superfici di tetto e di letto eccessivamente approssimato, si è delimitata un'area a più alta densità di punti estesa per 2.866.307 m<sup>2</sup>, all'interno della quale le correlazioni hanno permesso la ricostruzione delle superfici delimitanti il giacimento con un buon grado di approssimazione.

Il calcolo dei volumi del giacimento, realizzato attribuendo alla profondità del letto la profondità di fine perforazione, è estremamente cautelativo e sottostima notevolmente i volumi interessati dalla mineralizzazione. Evidenze ottenute dall'elaborazione di sondaggi geognostici storici perforati nelle immediate vicinanze dell'area di studio, fanno presupporre in determinate aree, una prosecuzione verticale del giacimento a profondità ben superiori al di sotto del limite perforato.

Considerata la breve distanza tra i sondaggi, appare plausibile valutare le dimensioni della mineralizzazione attribuendo quote di letto superiori al tratto perforato. Pertanto si sono realizzate due ulteriori "ricostruzioni" delle morfologie del letto, assegnando ad una parte dei sondaggi, profondità del letto superiori alle quote di fine foro rispettivamente di 50 m e 100 m.

Ottenute le superfici di delimitazione superiore ed inferiore (tetto e letto) è stato calcolato il volume. In tabella sotto sono riportati i risultati del calcolo del volume della formazione salina nell'area di maggiore interesse minerario, tra tetto e letto, per ognuno dei tre casi sotto descritti:

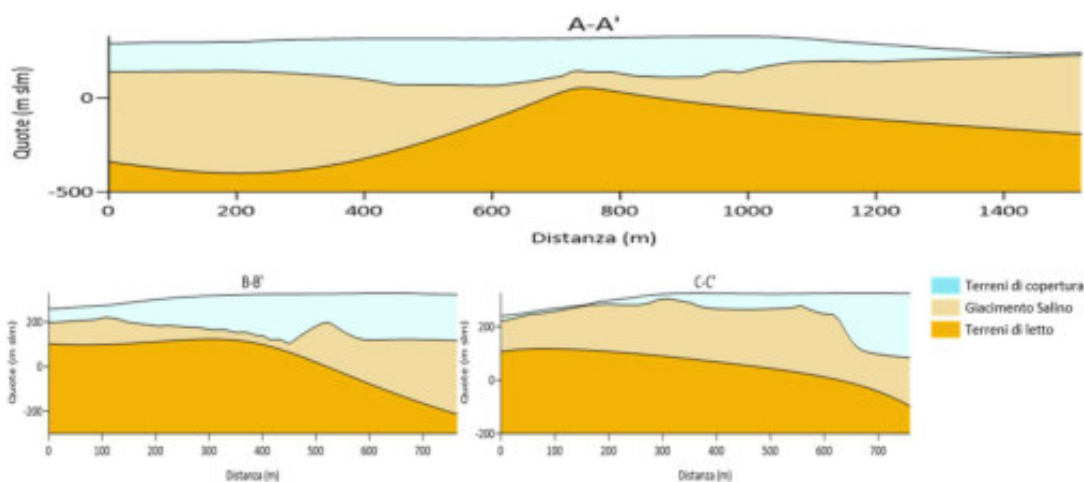
- ❑ letto calcolato assegnando la quota di fine foro;
- ❑ letto calcolato assegnando alla quota di fine foro un valore superiore di 50 m;
- ❑ letto calcolato assegnando alla quota di fine foro un valore superiore di 100 m;

la tabella seguente ne riassume i risultati.

Superficie	Volume (m <sup>3</sup> )	Differenza (m <sup>3</sup> )	Diff (%)
<b>Quota fondo foro</b>	642.219.991	0	0
<b>Quota fondo foro + 50m</b>	725.409.631	83.189.639	11
<b>Quota fondo foro + 100m</b>	796.945.957	154.725.965	19

*Tabella- Stima dei volumi del giacimento*

Il volume calcolato assegnando al letto la quota di fine foro è ritenuto il modello più affidabile nonostante fornisca un errore nella stima (estremamente cautelativa) dell'entità della mineralizzazione, ed è utilizzato come riferimento "statistico" a cui rapportare i risultati delle altre modalità di calcolo (esprese in tabella come differenze in m<sup>3</sup> e in %).



Sezioni stratigrafiche semplificate del giacimento salino.

Sondaggi storici posti all'esterno dell'area delimitata e non utilizzati nella computazione volumetrica, hanno più volte individuato il tetto e/o il letto del giacimento anche per profondità notevoli, facendo presupporre un'estensione del giacimento ben al di fuori dell'area delimitata, rafforzando l'importanza giacimentologica dell'intera area.

E' possibile quindi concludere che I calcoli effettuati hanno permesso di stimare il volume del giacimento in **642.219.991 m<sup>3</sup>**, mentre la superficie occupata come proiezione del tetto del giacimento sulla superficie terrestre è stata stimata in **2.866.307 m<sup>2</sup>**. Tali riserve possono essere definite, sulla scorta delle indagini eseguite allo stato attuale, "**minerale in vista**", cioè parte del giacimento completamente riconosciuta e campionata mediante sondaggi, e rappresentano la quantità di salgemma per uso industriale che, sulla base dei dati geologici e di ingegneria dei giacimenti allo stato disponibili, potranno essere recuperate con ragionevole probabilità in base alle condizioni tecniche contrattuali, economiche ed operative esistenti al momento considerato.

## CONCLUSIONI

Sulla scorta delle ricerche minerarie eseguite è possibile trarre le seguenti conclusioni: Le indagini eseguite nell'area del permesso di ricerca "Case Rainieri" rilasciato dall'Ass. Energia e Pubblica Utilità della Regione Siciliana con Decreto Assessoriale. N° 242 del 18/04/2018 hanno confermato la presenza di un giacimento di salgemma nel sottosuolo dell'area di ricerca.

### Determinazione quantitativa del giacimento

Gli studi effettuati hanno permesso di stimare il volume del giacimento in **642.219.991 m<sup>3</sup>**, mentre la superficie occupata come proiezione del tetto del giacimento sulla superficie terrestre è stata stimata in **2.866.307 m<sup>2</sup>**. Con una **media di 50 m di spessore** dell'intervallo coltivabile, con tenore di NaCl tale da destinare il salgemma ad uso industriale, si perviene ad un **volume utile del giacimento pari a 143.315.350 milioni di m<sup>3</sup> di minerale** (2.866.307 m<sup>2</sup> x 50 m)

Pertanto considerato che il **volume medio del salgemma che è pari a 2,16 t/m** moltiplicato per la quantità stimata di **2.866.307 mq e per 50 mt. di spessore** medio si ottiene un quantitativo di **giacimento sfruttabile pari 309.561.156 tonn.** Va considerato che procedendo alla coltivazione con il metodo di tradizionale noto come "Camere e Pilastrì" **la quantità di minerale estraibile si riduce al 25%** della cubatura totale stimata, pertanto la quantità di **minerale estraibile si riduce a 77.390.289 milioni di tonn.**

### Determinazione qualitativa del giacimento

Da quanto dichiarato dal Permissionario GRMI Srl e rilevabile nella relazione geomineraria di fine lavori, dai sondaggi effettuati sono stati prelevati campioni (*carote circa 1 ogni 5 mt.*) che sono stati inviati per le analisi chimiche al laboratorio del Dipartimento di Scienze della Terra, Biologia ed Ecologia dell'Università della Calabria ad Arcavacata di Rende (Cosenza), queste hanno evidenziato **tenori in NaCl variabili tra 94% e oltre 99%** utili quindi per tutte le finalità previste dalla legislazione vigente.