

APVE  
EXPLO  
1165

EXPLO

Federico Barnaba  
Buja (Udine)

N. 48

Ing. MARIO GATTO

---

# SALE, GESSO E ZOLFO

---

Memoria presentata *all'Associazione Mineraria Siciliana*  
nella seduta del 9 dicembre 1933


---

PALERMO

TIPOGRAFIA MICHELE MONTAINA

Via Università, 38 - Telef. 13-482

1934 - A. XII.



SOMMARIO. — Composizione media dell'acqua del mare ; deposito salino ottenibile con la sua evaporazione. Saline marittime della Sicilia, loro composizione, operazioni per ottenere il sal marino : deposito precedente del gesso. Formazioni geologiche di sale e di gesso nei terreni miocenici della Sicilia : il sale appartiene al Tortoniano superiore ed il gesso al Pontico. Lo zolfo dovuto alla riduzione del gesso, contemporanea o posteriore alla formazione. Conclusione.

L'esplorazione in quest'ultimo ventennio delle così dette *cupole saline* del Texas, contenenti anche gesso e zolfo, ha fatto nascere l'idea che la formazione del salgemma sia coeva con quella gessoso-solfifera, e siccome anche in Sicilia in alcuni luoghi il salgemma trovasi quasi a contatto coi gessi, così qualcuno ha voluto estendere lo stesso concetto della contemporaneità ai terreni saliferi e gessoso-solfiferi della Sicilia.

A questo concetto si vorrebbe dare appoggio col fatto che tanto il sale quanto il gesso si sono formati in base allo stesso fenomeno di concentrazione ed evaporazione delle acque marine.

È noto che l'acqua del mare presenta in generale la seguente composizione media : (1).

---

(1) OMBONI. Nuovi Elementi di Mineralogia, 1878, pag. 449.

Acqua . . . . .	96.480
Cloruro sodico . . . . .	2,710
« potassico . . . . .	0.070
« magnesico . . . . .	0,360
Solfato magnesico . . . . .	0,230
« calcico . . . . .	0,143
Carbonato calcico . . . . .	0,004
Bromuro magnesico . . . . .	0,003
	<hr/>
	100.000
	<hr/> <hr/>

A questa composizione corrisponde una densità della soluzione di 1.025 (1), alla quale l'areometro di Baumè darebbe 3°.52.

La densità dell'acqua del mare Mediterraneo è maggiore; le misure da me fatte nel 1888 al largo delle coste di Augusta (Siracusa) e di Trapani, mi diedero una indicazione areometrica media di 3°.70 B, alla quale corrisponde una densità di 1,0263. A questa densità, ricorrendo alla formola areometrica indicata in nota, i valori di a e b sono:  $a = 96.302$  e  $b = 3.698$ , cioè in 100 parti di acqua marina vi sarebbero parti 96.302 di acqua e parti 3.698 di sali disciolti. Ritenendo che i componenti dei sali si mantengano nello stesso rapporto, la composizione dell'acqua del Mediterraneo presso le coste siciliane si può ritenere come segue:

---

(1) La graduazione dell'areometro di Baumè ci indica che la densità di una soluzione salina si può praticamente rappresentare con la formola:

$$d = \frac{a + b}{a + \frac{b}{3.2568}}$$

in cui a e b sono le percentuali in peso dell'acqua e

del sale.

Facendo  $a = 96.480$  e  $b = 3.520$  si ottiene appunto  $d = 1.025$ .

Acqua . . . . .	96.302
Cloruro sodico . . . . .	2.847
« potassico . . . . .	0.074
« magnesico . . . . .	0.378
Solfato magnesico . . . . .	0.242
« calcico . . . . .	0.150
Carbonato calcico . . . . .	0.004
Bromuro magnesico . . . . .	0.003
	<hr/>
	100,000
	<hr/>

Quindi per ogni litro di acqua che si evapora interamente si dovrebbe avere un deposito di:

Cloruro sodico . . . . .	gr.	29,563
« potassico . . . . .	»	0.768
« magnesico . . . . .	»	3.925
Solfato magnesico . . . . .	»	2.513
« calcico . . . . .	»	1.558
Carbonato calcico . . . . .	»	0.042
Bromuro magnesico . . . . .	»	0.031
		<hr/>
		38.400
		<hr/>

È noto altresì che i sali non si depositano contemporaneamente; prima si depositano i meno solubili e poi i più solubili; nel nostro caso prima si deposita il carbonato calcico, poi il solfato calcico, in seguito il cloruro sodico ed infine gli altri sali.

Vediamo ora quel che succede nelle nostre saline marittime a conferma di quanto è stato detto.

Le saline si preparano in terreni pianeggianti situati presso a poco sul livello del mare, e qualche volta si estendono sui bassi fondi marini. Mediante arginelli o muretti, e con opportuni adattamenti del fondo si divide il terreno in parecchie vasche che si rag-

gruppano in tre serie; la prima serie comprende le vasche preparatorie, dette *pantani* in provincia di Siracusa e *fredde* o *mediatrici* in provincia di Trapani, che servono a fare concentrare l'acqua del mare fino a che incomincia il deposito delle sostanze tenute in soluzione; la seconda serie comprende le vasche dette *mediatrici* in Provincia di Siracusa e *calde* in provincia di Trapani, che servono a far depositare il gesso ed a preparare l'acqua *fatta*, cioè, quella destinata a dare il sale; la terza serie comprende le vasche dette *caselle* o *vasche salanti* dove si deposita il sale. L'evaporazione in queste ultime vasche non si spinge fino agli estremi; quando si giudica che cominciano a depositarsi i sali di magnesio e di potassio, l'acqua concentrata, detta *acqua madre*, viene mandata via e va nelle vasche preparatorie o nel mare.

La circolazione delle acque da una vasca all'altra o da una serie di vasche alla successiva avviene o naturalmente, se vi è il dislivello opportuno, o per mezzo di apparecchi di elevazione, costituiti ordinariamente da coclee idrauliche (viti di Archimede), mosse, secondo i casi, dagli uomini o da cavalli o da motori a vento.

La estensione delle vasche è in rapporto dei fenomeni che si vogliono far verificare ed anche del sistema di condotta e dell'attenzione che vi si presta; essa non è quindi molto rigorosa. In media, essendo 1 la estensione della salina, le vasche occupano le seguenti estensioni:

	Siracusa	Trapani
strade, argini, fabbricati ecc. . . . .	0,10	0,10
vasche della 1 <sup>a</sup> serie. . . . .	0,54	0,41
vasche della 2 <sup>a</sup> serie. . . . .	0,23	0,32
vasche della 3 <sup>a</sup> serie (salanti). . . . .	0,13	0,17
	1,00	1,00
	1,00	1,00

Nelle vasche della prima serie l'acqua si mantiene alta da 20 a 30 cm., si concentra in media dal grado areometrico 3<sup>o</sup>.7 B a

12° B, ed evaporandosi si riduce a 0,30 del volume primitivo (riduzione effettiva 0,40 ÷ 0,20).

Nelle vasche della seconda serie l'acqua si mantiene alta da 10 a 20 cm., si concentra in media dal grado areometrico 12° B a 25° B, e si riduce dal volume 0,30 a 0,11 di quello primitivo.

Nelle vasche della terza serie l'acqua si mantiene alta da 5 a 10 cm., si concentra in media dal grado areometrico 25° B a 32° B, e si riduce dal volume 0,11 a 0,025 di quello primitivo.

È da avvertire che i gradi areometrici sopra indicati si riferiscono alle acque pure provenienti dal mare; mescolandovi le acque madri delle caselle i gradi aumentano un poco.

Il periodo utile per le saline va dal maggio al settembre, e la salinazione propriamente detta dura da 80 a 120 giorni secondo le condizioni atmosferiche.

Per le saline di Augusta mi fu possibile rilevare nel 1888 la intensità della evaporazione; risultò che l'evaporazione media giornaliera è di mm. 7 a 6,3 per le vasche della prima serie (il valore grande per la stagione corta e quello piccolo per quella lunga), di mm. 5 a 4,5 per le vasche della seconda serie, e di mm. 4 a 3,6 per quelle della terza. Per la stagione intera le altezze di acqua complessivamente evaporata sono: mm. 560 a 756 ed in media mm. 658 per le vasche della prima serie, mm. 400 a 540 ed in media mm. 470 per quelle della seconda, e mm. 320 a 432 ed in media mm. 376 per quelle della terza.

Poichè, riferendosi alla superficie evaporante delle saline di Augusta, le diverse vasche occupano in media le seguenti proporzioni;

vasche della 1 <sup>a</sup> serie. . . . .	0,60
vasche della 2 <sup>a</sup> serie. . . . .	0,25
vasche della 3 <sup>a</sup> serie. . . . .	0,15

---

1,00

---

così per ogni mq. della superficie utile dell'intera salina l'altezza di evaporazione è in media :

$$658 \times 0,60 + 470 \times 0,25 + 376 \times 0,15 = \text{mm. } 569$$

e pertanto, se la deposizione fosse completa si dovrebbe avere per mq. utile dell'intera salina, un deposito di :

$$569 \times 1,558 = \text{gr. } 886 = \text{Kg. } 0,886 \text{ di gesso}$$

$$569 \times 29,563 = \text{gr. } 16821 = \text{Kg. } 16,821 \text{ di cloruro sodico.}$$

Per il gesso è però da osservare che il periodo di evaporazione è un pò più lungo di quello relativo al cloruro di sodio, perchè verso la fine della stagione non si possono più utilizzare per il sale le acque che hanno già depositato il gesso; si può ritenere perciò in linea di massima che il gesso depositato in una stagione salinare sia di Kg. 1.060 per mq. utile dell'intera salina.

Questi dati generali possono applicarsi anche alle saline di Trapani, dove, pure essendo un pò diverse le proporzioni delle vasche, i fenomeni generali risultano identici.

Nelle vasche della prima serie si depositano le sostanze tenute in sospensione, come le argille e le sabbie, un leggerissimo velo calcareo costituito dal carbonato di calcio, e gli animalletti che cessano di vivere. Nelle vasche della seconda serie si deposita il solfato di calcio, formando uno straterello gessoso dello spessore di circa 3 mm. all'anno, e del peso di Kg. 4,20 per mq. (peso specifico del deposito gessoso circa 1,40). Nelle vasche della 3<sup>a</sup> serie si deposita il sale che nelle due o tre raccolte dell'anno ammonta ad uno strato di mm. 100 a 133 nelle saline di Augusta e di mm. 78 a 100 in quelle di Trapani e cioè per mq. di vasche salanti da Kg. 90 a 120 nelle saline di Augusta e da Kg. 70 a 90 in quelle di Trapani (peso specifico del deposito di sale circa 0,90).

Si ha perciò in media una produzione di sale per mq. di vasche salanti uguale a Kg 105 ad Augusta e Kg. 80 a Trapani. Riferendosi alla superficie totale dell'intera salina la produzione

unitaria media diventa per Augusta  $105 \times 0,13 = \text{Kg. } 13,65$  e per Trapani  $80 \times 0,17 = \text{Kg. } 13,60$ , quantità quasi identiche che riferite all'unità di superficie utile, dedotti cioè gli spazi per caseggiati, argini ecc. diventano in media Kg. 15,140. Poichè la deposizione completa sarebbe, come si è visto, di Kg. 16,821, così per ogni mq. utile dell'intera salina si ha una mancanza di Kg. 1,681 di sale, cioè del 10% che rimane nelle acque madri (1).

Si è visto che se la deposizione fosse completa si avrebbero per mq. di salina Kg. 0,886 di gesso e Kg. 16,821 di sale, pesi che sono nel rapporto di 1 a 19 in cifra tonda. I pesi specifici del sale e del gesso, al di fuori dello stato particolare in cui si depositano, cioè considerati come roccia, sono ambedue quasi uguali a 2,30; in base a ciò il rapporto dei volumi delle deposizioni dovrebbe essere pure di 1 a 19.

Ritornando ora alle cupole saline, se si deve ammettere che le formazioni di gesso e di sale sono coeve, nella supposizione che il mare di allora avesse avuto la stessa composizione di quello d'oggi, noi dovremmo osservare prima un deposito di gesso ed immediatamente sopra un deposito di sale 19 volte maggiore.

Questo caso non si osserva nè in America né in Sicilia; il sale è sempre sotto i gessi e fra di essi vi è sempre un deposito di materiale estraneo.

In Sicilia le formazioni salifere sono state attribuite da tutti i geologi che se ne sono occupati alla parte superiore del Tortoniano.

L'Ing. Mottura, che fu il primo ad occuparsene diffusamente,

---

(1) Da un calcolo, che è superfluo qui riportare, risulta che facendo concentrare 100 gr. di acqua di mare contenente gr. 2,847 di cloruro di sodio, dopo riduzione ad  $\frac{1}{40}$  del volume primitivo, cioè dopo depositati il solfato ed il carbonato di calcio e parte del cloruro di sodio, rimangono ancora gli altri sali in gr. 0,697 ed un residuo di cloruro di sodio in gr. 0,306 equivalente al 10,75 % della quantità preesistente.



riconobbe che nelle argille tortoniane formanti la base dei depositi saliferi, esistono dei cristalli di gesso; è quindi chiaro che il deposito gessoso coevo alla formazione salifera trovasi alla base del sale e diffuso nel terreno argilloso sottostante.

La formazione gessoso-solfifera siciliana, secondo sempre lo studio dei geologi, si trova invece nel periodo Pontico, e fra il Tortoniano ed il Pontico vi è ancora il periodo Sarmatiano rappresentato dai tripoli. È quindi chiaro che la nostra formazione gessoso-solfifera non ha nulla che vedere con la formazione salifera sottostante.

All'osservazione dei fatti si resta però impressionati da queste due circostanze.

1° la poca distanza esistente fra il sale ed i gessi sovrastanti, spesso limitata a qualche diecina di metri;

2° l'assenza dei tripoli fra sale e gessi.

Ciò si può spiegare ammettendo che la zona salifera, che doveva necessariamente essere superficiale, non fosse ancora sufficientemente coperta per permettere nelle sue immediate vicinanze la vita ai pesci ed agli altri animali che originarono il deposito tripolaceo. Sta di fatto che all'infuori della zona salifera il terreno attorno fu oggetto di una vita intensa che cessò alla fine del Sarmatiano quando si formarono le lagune del Pontico che diedero origine ad una seconda concentrazione delle acque del mare molto più importante della prima col deposito di grandi masse gessose.

A questo punto si presenta la domanda: ricominciata la concentrazione delle acque del mare, e questa volta in grande stile, dopo la deposizione del gesso, non avrebbe dovuto verificarsi una nuova deposizione di sale molto maggiore della prima?

La domanda, pur troppo, rimane senza risposta. È vero che in qualche caso isolato sopra i gessi si è trovato del sale, come a Bosco presso Serradifalco ed alla Montagna di Comitini, ma la situazione non è stata sufficientemente studiata, e potrebbe anche darsi che si trattasse di sale tortoniano venuto su per effetto di qualche faglia. Ma si potrebbe anche ammettere che il sale posteriore ai gessi fosse anche cominciato a depositarsi, senonchè

essendosi il terreno, dopo il periodo Pontico, notevolmente approfondito, non solo sarebbe stata sospesa la ulteriore concentrazione dell'acqua del mare, ma potrebbe il sale formatosi essersi nuovamente sciolto nell'acqua.

Lo zolfo, ormai, è ammesso dalla maggior parte dei geologi e dei tecnici, si sarebbe formato con la riduzione del gesso per mezzo di idrocarburi. Senonchè mentre i primi che se ne occuparono ammisero che la riduzione avvenne durante la formazione del gesso, i nuovi si sono invece orientati verso una riduzione in epoca assai posteriore; cioè gl'idrocarburi provenienti da grande profondità, attraversando alcuni strati gessosi, li abbiano decomposto producendo il minerale solfifero.

L'ipotesi a me sembra alquanto audace, perchè non saprei vedere la ragione per la quale gl'idrocarburi, provenienti evidentemente da spaccature del terreno, non abbiano continuato a salire fino all'esterno invece di attraversare per intero strati gessosi, alcuni in posizione quasi orizzontale. A favore dell'ipotesi sta solo il fatto che in alcuni casi il gesso sembra sia stato attaccato in epoca posteriore.

Ora ciò si può anche spiegare con la formazione contemporanea; in uno studio da me fatto nel 1900 (1) ammisero che il gesso venne nella maggior parte ridotto da idrocarburi liquidi che galleggiavano sulle acque, idrocarburi che sciolsero lo zolfo che si otteneva dalla riduzione. Quando la densità di questi idrocarburi diventava superiore a quella delle acque, essi precipitavano, sicchè lo zolfo sarebbe precipitato in fondo alle lagune allo stato di soluzione.

Dove l'acqua era tranquilla i depositi di calcari e di zolfo in soluzione formarono masse regolari che alla dispersione successiva degli oli diedero origine al minerale soriato; dove l'acqua non era tranquilla od il fondo del mare era irregolare, le masse formatesi,

---

(1) M. GATTO. Accidentalità geologiche nei giacimenti solfiferi.

essendo plastiche anche per l'esistenza degli idrocarburi liquidi, si mossero, si mescolarono e formarono, con la successiva scomparsa degli idrocarburi, il minerale comune.

In base a questa ipotesi, ove la massa plastica, scorrendo sul suolo, sia andata in contatto con gessi già depositati, oppure se gessi depositatisi posteriormente siano venuti direttamente in contatto con la massa plastica ancora ricca di idrocarburi liquidi, è ammissibile che siansi verificate localmente altre riduzioni gessose.

Questa ipotesi della precipitazione del zolfo in soluzione negli idrocarburi liquidi, che si sarebbero poi dispersi nei terreni circostanti, troverebbe conferma nel fatto che i terreni incassanti degli strati solfiferi sono quasi tutti ricchi di sostanze bituminose.

Concludendo, io ritengo che per quanto almeno riguarda la Sicilia, il salgemma del periodo tortoniano non abbia nulla che vedere con la formazione gessosa solfifera del periodo Pontico, e che la formazione del minerale solfifero sia coeva con quella dei gessi, meno forse alcuni lembi di gesso depositato che poterono essere ridotti in epoca posteriore dagli idrocarburi liquidi che precipitarono insieme allo zolfo.

---