

ROBERTO VALERA

APPUNTI SULLA MORFOLOGIA, TERMOMETRIA
E COMPOSIZIONE DELLE INCLUSIONI FLUIDE
DI FLUORITI SARDE (*)

RIASSUNTO. — Nel corso delle ricerche sulle mineralizzazioni a fluorite della Sardegna, particolare attenzione è stata dedicata all'analisi delle inclusioni fluide. Questo studio si è rivelato un prezioso strumento in problemi di correlazione, fornendo dati integrativi nell'interpretazione genetica.

Sulla base delle osservazioni effettuate, le mineralizzazioni sarde a fluorite possono essere divise schematicamente secondo tre gruppi principali, così caratterizzati:

- I Gruppo:* Cristalli negativi rari, temperatura di omogeneizzazione tra 80° e 110°C, composizione bifase.
- II Gruppo:* Cristalli negativi infrequenti, temperatura di omogeneizzazione tra 115° e 150°, composizione bifase.
- III Gruppo:* Cristalli negativi frequenti, temperatura di omogeneizzazione tra 155° e 400°, composizione polifase.

ABSTRACT. — During our researches on fluorspar mineralizations of Sardinia, particular attention has been devoted to the analysis of fluid inclusions. This study has shown to be a useful tool in solving correlation problems, giving data and helping in genetic interpretation.

According to our observations, Sardinian fluorspar mineralizations can be subdivided schematically into three main groups, i.e.:

- I Group:* Rare negative crystals, homogenization temperatures between 80° and 110° C, two-phase composition.
- II Group:* Uncommon negative crystals, homogenization temperatures between 115° and 150°C, two-phase composition.
- III Group:* Common negative crystals, homogenization temperatures between 155° and 400°C, polyphase composition.

(*) Lavoro eseguito nell'ambito del « Centro Studi Geominerari e Mineralurgici presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari » con il contributo del C.N.R.

RÉSUMÉ. — Pendant nos recherches sur les minéralisations à fluorite de Sardaigne, on a dédié particulière attention à l'analyse des inclusions fluides. Cette étude s'est révélée un instrument précieux en problèmes de corrélation, en fournissant des données intégratives dans l'interprétation génétique.

Selon les observations effectuées, les minéralisations sardes à fluorite peuvent être schématiquement distinguées suivant trois groupes principaux:

- I Groupe:* Cristaux négatifs rares, température d'homogénéisation entre 80° et 110°C, composition diphasée.
- II Groupe:* Cristaux négatifs infrequent, température d'homogénéisation entre 115° et 150°C, composition diphasée.
- III Groupe:* Cristaux négatifs fréquents, températures d'homogénéisation entre 115° et 400°C, composition polyphasée.

1. - Premessa. - Inquadramento generale dei giacimenti a fluorite in Sardegna.

Nel quadro delle ricerche da tempo in corso sulle mineralizzazioni sarde a fluorite [1], e in particolare sul comportamento e sulla geo-chimica del F nel Paleozoico della Sardegna, lo studio delle inclusioni fluide (IF) si è conquistato uno spazio cospicuo, essendosi dimostrato strumento di notevole interesse teorico e di concreta utilizzabilità pratica.

Una vasta letteratura continuamente arricchita di contributi spesso originali, testimonia dell'estensione del campo d'indagine e di quanta parte di esso sia ancora in attesa di valorizzazione. Lo studio delle IF esce inoltre dalla ristretta area della pura speculazione teorica, essendosi ormai dimostrato maturo per le verifiche sperimentali e le applicazioni pratiche: è stata già avviata (1) a conferma di ciò una serie di ricerche sull'influenza delle IF nella flottazione dei minerali e nei problemi della comminazione (Fig. 2).

Questa nota vuole riassumere e coordinare i dati raccolti in oltre un anno di analisi condotte parallelamente al lavoro di campagna ed alle altre analisi, petrografiche, micrografiche e di laboratorio. Veranno quindi esposte alcune osservazioni che ci sono apparse degne

(1) In cooperazione interdisciplinare con colleghi dell'Ist. di Arte Mineraria, nell'ambito dello stesso Centro Studi del C.N.R.

di interesse, ed avanzate alcune ipotesi la cui validità sottoponiamo al giudizio degli specialisti della materia. In ogni caso, ci auguriamo che il nostro lavoro possa recare un contributo alla conoscenza delle fluoriti della Sardegna, e gettare qualche lume sui loro problemi genetici.

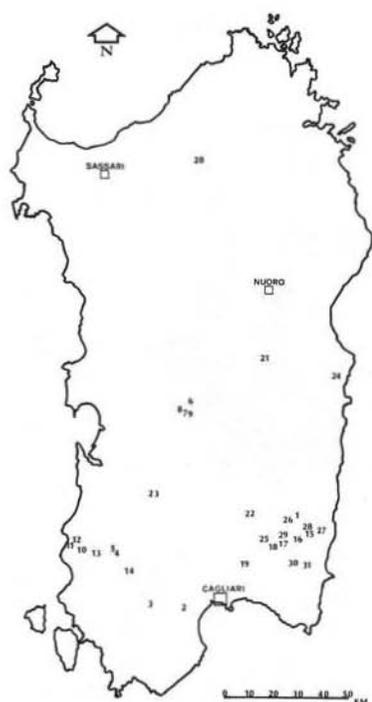


Fig. 1. — CARTA INDICE - Legenda

1: Rio Corrates. - 2: San Leone. - 3: Campanasissa. - 4: Perda Niedda. - 5: Nebidedda. - 6: Genna Oggiastru. - 7: Costa Ualla. - 8: Forru Iscrappeddu. - 9: Rio Misturadroxiu. - 10: Santa Lucia, fil. Palazzo. - 11: Santa Lucia, s'Oleri. - 12: Santa Lucia, Edmondo. - 13: Su Zurfuru. - 14: Monte Perdu Cerbu. - 15: Monte Narba - Giovanni Bonu. - 16: Tacconis. - 17: Nicola Seci. - 18: Serra s'Ilixi. - 19: Terra Mala. - 20: Punta Lanzinosa. - 21: Correboi. - 22: Silius. - 23: Perda Lai. - 24: Baccu Alinus. - 25: Monte Genis. - 26: Costa Lantini. - 27: Bruncu Ventura. - 28: Monti de Forru. - 29: Bruncu Molentinu. - 30: SS 125, Km. 41. - 31: Monte Acuto.

Convieni, a questo punto, delineare brevemente un quadro geogiacimentologico della Fluorite in Sardegna. Esso si configura sulla base dei seguenti dati di osservazione [1]:

- 1) Le manifestazioni fluoritiche note presentano un massimo accentuato di ricorrenza negli orizzonti ordoviciano-siluriani;
- 2) Le mineralizzazioni fluoritiche presentano, nella maggior parte dei casi, giaciture filoniane;
- 3) Nella stragrande maggioranza dei casi, le mineralizzazioni a fluorite in giacitura filoniana ricorrono in associazione composita con rocce filoniane basiche, generalmente porfiriti;

4) La ricorrenza delle mineralizzazioni fluoritiche è strettamente connessa con la vicinanza topografica dei contatti tra roccia incassante e granito;

5) Alcuni giacimenti a fluorite, spesso dei più cospicui, presentano una relazione topografica con i relitti del penepiano pre-eocenico.

Vedremo quale contributo lo studio delle IF possa dare al completamento del quadro minerogenetico della Fluorite in Sardegna.



Fig. 2. — Superficie di sfaldatura fresca in un frammento ricoperta da minuscole gocce della salsa che compone le IF. In nero: cavità, già occupate da IF. (ingr. lin. 750).

2. - Scopo dello studio.

Concepito inizialmente come semplice integrazione delle ricerche di laboratorio e delle analisi micrografiche e petrografiche, lo studio delle IF si è subito rivelato in grado di fornire molte informazioni originali e dati significativi. Sulla base delle loro caratteristiche sembra accertata la possibilità di effettuare correlazioni ed operare distinzioni tra le diverse fasi mineralizzanti di uno stesso corpo minerario, la qual

cosa può presentare anche notevoli prospettive qualora la correlazione (o la distinzione) venga effettuata su sezioni distanziate, particolarmente quando l'interpolazione non sia verificabile mediante accertamenti diretti. Partendo da queste constatazioni l'analisi delle IF è diventata uno strumento fondamentale nello studio di ogni mineralizzazione a fluorite, ed il suo scopo è la raccolta della maggior messe possibile di informazioni sui caratteri delle popolazioni di IF ricorrenti in ciascuna di esse.

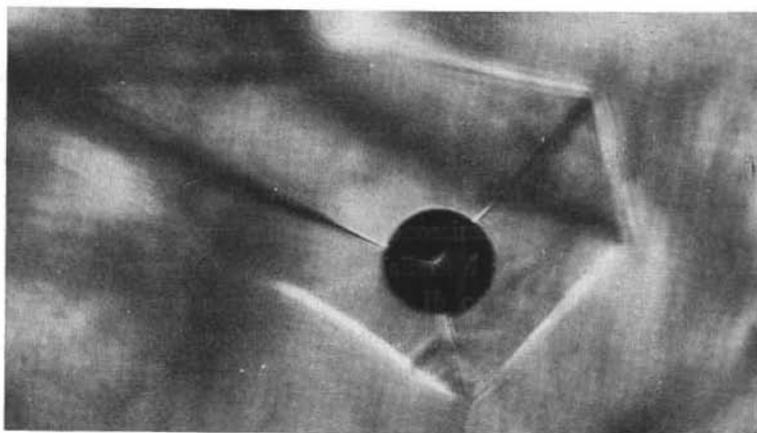


Fig. 3. — Una delle IF di maggiori dimensioni osservate. (ingr. lin. 750).

In questa sede, tali informazioni sono state raccolte e sintetizzate, per ottenere un panorama generale ed una prima distinzione sistematica delle fluoriti sarde sulla base dei caratteri tipici delle IF contenute.

3. - Metodo di studio.

Lo studio delle IF è stato eseguito operando su minuscoli frammenti (vol. max. 9 mm^3) staccati mediante percussione da blocchi prelevati in modo da escludere che possano avere mai subito escursioni termiche per cause climatiche (pertanto, prelevati quasi tutti in sotterraneo o in trincea). I frammenti sono stati scelti con la massima accuratezza, prestando attenzione che non subissero contaminazioni di sorta a causa della manipolazione.

Si è preferito operare su frammenti, anzichè su sezioni, per tre motivi fondamentali: anzitutto, i frammenti ottenuti dalla percussione della fluorite presentano generalmente più coppie di facce parallele variamente sviluppate, secondo la caratteristica sfaldatura ottaedrica. L'esistenza di tali facce individua con certezza la posizione di elementi cristallografici, cui si può agevolmente fare riferimento per la posizione delle IF.

Vengono inoltre posti in risalto taluni caratteri delle superfici di frattura che, in quanto direzioni preferenziali, presentano solitamente interessanti elementi, ausiliari nella diagnosi. Infine vengono eliminate alcune manipolazioni (come taglio, sgrossatura e pulitura), una cui possibile influenza sui caratteri delle IF non è da escludersi a priori.

Il sistema impiegato presenta un solo aspetto negativo: una leggera difficoltà di osservazione di talune parti del campo esaminato, dovuta alla presenza di irregolarità sulle superfici di frattura. Queste difficoltà, naturalmente, influiscono anche sulla qualità delle immagini fotografiche ottenute, come è facile notare nelle micrografie allegate: i sistemi che consentirebbero di ovviare a questo inconveniente non sono stati di proposito impiegati, poichè le fotografie sono state scattate durante gli esami al tavolino riscaldante.

4. - Le fluoriti studiate.

I campioni provengono da 31 mineralizzazioni, senza distinzione di importanza economica, rappresentanti la maggioranza dei giacimenti sardi a fluorite. Il loro elenco è riportato in tab. I, ed i numeri d'ordine si riferiscono alla numerazione della carta indice della loro distribuzione.

Nella stessa tab. I, oltre ai dati dello studio microscopico, sono riportati gli elementi essenziali relativi alla fluorite esaminata ed al giacimento di appartenenza. La maggior parte delle mineralizzazioni è rappresentata da un solo numero d'ordine; pur essendo vari i campioni di ciascuna di esse analizzati, le caratteristiche di omogeneità macro- e microscopiche dimostrate hanno consentito di attribuirne, di volta in volta, la provenienza ad un unico tipo. Fanno eccezione Perda Niedda (4a, b) e Monte Genis (25a-f). Nel primo caso si nota una evidente diversità nei tipi raccolti, pur coesistenti nell'intorno campio-

TABELLA I. — *Schema riassuntivo.*

Spiegazione dei simboli:

- Col. I: Provenienza dei campioni (i numeri corrispondono a quelli della Carta Indice).
 Col. II: Localizzazione dei campioni (rispetto agli affioramenti).
 Col. III: Tipo del giacimento.
 Col. IV: Paragenesi principale (F = Fluorite; Si = Quarzo; Mg = Magnetite; Silc = Silicati vari; Ba = Barite; Ca = Calcite; Pb = Galena; Zn = Blenda; Ag = solfuri vari di Argento e Ag nativo; Cu = Calcopirite; Sid = Siderite; W = Scheelite).
 Col. V: Caratteri della fluorite.

- Col. VI: Tipi genetici delle inclusioni fluide (A = primarie; B = secondarie).
 Col. VII: Morfologia delle IF: le misure sono relative ai valori medi dei diametri massimi delle inclusioni (XX neg. = cristalli negativi frequenti).
 Col. VIII: Temperature di omogeneizzazione. Massimo e minimo misurati in sistemi coesistenti (fra parentesi: valori eccezionali).
 Col. IX: Composizione delle IF (B = bifase; P = polifase; l = liquido; v = vapore; g = gas; s = solido. N.D. = non determinabile).
 Col. X: Numero dei campi esaminati (a = inferiore a 20; b = tra 20 e 50; c = oltre 50).

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	Affioramenti	Lente nel calcare marmorizzato	F, Si	Incolore, \pm limpida	A 70 μ B 50 μ	(320°) 200°-230° 70°-120°	B(l, v) B(l, v)	c c	
2	Affioramenti	Skarn	Mg, F, Silc	Incolore, vitrea	A < 20 μ ; XX neg.	(340°) 315°	P(l, v, s)	b	
3	Affioramenti	Skarn	F, Silc	Incolore, rosata	A 0.5 mm; XX neg. B 0.2 mm	350°-380° 220°-250°	P(l, v, s) B(l, v)	c c	
4a	Affioramento	Skarn	F	Incolore, vitrea	A 50 μ B 0.1 mm	340°-380° 90°-100°	P(l, v, s) B(l, v)	c c	
4b	m 10 sotto gli affioramenti	Skarn	F	Granulare, verde in massa	A 40 μ ; XX neg. B 0.1 mm	370°-390° 90°	P(l, v, s) B(l, v)	c c	
5	Affioramenti	Riempimento carsico	F, Ba, Ca	Azzurra e incolore, vitrea	A 0.1 mm B 70 μ	120°-125° 105°	B(l, v) B(l, v)	c c	
6	Affioramenti fino a m 100	Filoniano	F, Ba, Si	Incolore, in concrezioni fibroso-raggiate	A 60 μ B 20 μ	(240°) 90°-130° 80°- 85°	B(l, v) B(l, v)	c c	
7	Affioramenti fino a m 5	Filoniano	F, Ba, Pb	Rosata, torbida	A < 20 μ B < 20 μ	125°-140° 70°	B(l, v) B(l, v)	c c	

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
8	m 5 sotto gli affioramenti	Filoniano	F, Si	Vitrea, da torbida a incolore	A	20 μ	100°	B(1, v)	e
					B	40 μ	50°- 80°	B(1, v)	e
9	m 100 sotto gli affioramenti	Filoniano	F, Si, Ca, Pb, Zn	Variecolore, cristallina, limpida o torbida	A	30 μ	95°	B(1, v)	b
10	m 10 sotto gli affioramenti	Filoniano	F, Ba, Pb	Vitrea, incolore	A	20 μ	90°	B(1, g)	b
					B	< 20 μ	60°	B(1, v)	e
11	Affioramenti	Cristalli incrostanti	F, su Si-Ca	Incolore, cristalli	A	< 20 μ	80°	B(1, v)	b
12	Affioramenti	Riempimento carsico	F, Pb	Cristallina, azzurra, gialla	A	60 μ	130°-160°	B(1, v)	e
					B	0.1 mm	90°	B(1, v)	e
13	Affioramenti	Ammasso	Si, F, Ba, Pb	Cristallina, limpida, giallastra	A	0.2 mm	120°-150°	B(1, v)	e
					B	< 20 μ ;	N.D.	N.D.	e
14	Affioramento	Filoniano	F, Ca, Si	Da viola eupo a rosa	A	50 μ ; XX neg.	(270°) 120°-160°	B(1, g)	e
					B	< 20 μ	70°- 90°	B(1, v)	e
15	m 180 sotto gli affioramenti	Strata-bound	Ba, Ca, F, Si Zn-Pb-Ag	Incolore, torbida	A	70 μ	105°-140°	B(1, v)	b
					B	30 μ	70°	B(1, v)	a
16	Affioramenti	Strata-bound	F, Si, Pb	Geode di cristalli	A	50 μ	140°	B(1, v)	e
					B	20 μ	120°	B(1, v)	a
17	m 10-20 sotto gli affioramenti	Strata-bound	F, Zn-Pb-Ag	Incolore, cristallina	A	20 μ	120°	B(1, v)	b
					B	< 20 μ	90°	B(1, v)	b
18	m 5 sotto gli affioramenti	Strata-bound	F, Ba, Ca, Si, Zn-Pb-Ag-Cu	Cristallina, incolore violetta, torbida	A	< 20 μ ; XX neg.	105°	B(1, v)	a
					B	60 μ	≅ 50°- 85°	B(1, v)	b
19	m 20 sotto gli affioramenti	Strata-bound	F, Ca, Pb	Limpida, giallastra	A	60 μ	80°-100°	B(1, v)	e
					B	< 20 μ	50°- 60°	B(1, v)	e
20	Affioramenti	Filoniano	F, Si, Pb	Rosa, viola, torbida	A	20 μ	90°	B(1, g)	e
					B	< 20 μ	60°	B(1, v)	b
21	m 50 sotto gli affioramenti	Filoniano	Ba, F, Pb	Incolore, torbida	A	< 20 μ	170°	B(1, v)	a
22	m 50 sotto gli affioramenti	Filoniano	F, Ba, Ca, Si, Pb	Incolore, cristallina	A	0.1 mm	(160°) 120°-130°	B(1, g)	e
					B	0.1 mm	110°	B(1, v)	e

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
23	m 40 sotto gli affioramenti	Filoniano	F, Ba	Rosa, \pm torbida	A 30 μ B < 10 μ		130°-140° N.D.	B(l, v) N.D.	e e
24	m 5 sotto gli affioramenti	Filoniano	F, Ba, Pb	Cristallina, limpida, incolore	A 70 μ B < 10 μ		120° N.D.	B(l, v) N.D.	e e
25a	m 3 sotto gli affioramenti	Stock-work	F	Incolore, torbida, con inclusioni opache	A < 20 μ B < 10 μ		85° 50°	B(l, v) B(l, v)	e e
25b	m 5 sotto gli affioramenti	Stock-work	F	In cristalli, rosa, viola, limpida	A 60 μ ; XX neg. B 20 μ		120°-140° 90°	B(l, g) B(l, v)	e e
25c	m 12 sotto gli affioramenti	Stock-work	F	Grigio-azzurra, vitrea	A 30 μ B < 20 μ		100°-130° 70°- 80°	B(l, v) B(l, v)	e e
25d	m 18 sotto gli affioramenti	Stock-work	F	Microcristallina, limpida	A 20 μ	(155°)	80°-120°	B(l, v)	e
25e	m 22 sotto gli affioramenti	Stock-work	F	Saccaroide, limpida	A 60 μ B 30 μ		145° 70°-110°	B(l, v) B(l, v)	e e
25f	m 26 sotto gli affioramenti	Stock-work	F, Ba	Grigia, torbida	A < 10 μ		105°	B(l, v)	b
26	Affioramenti	Strata-bound	Si, F, Ba	Vitrea, concrezionare, verdastra	A 20 μ B 20 μ		105° 90°	B(l, v) B(l, v)	e b
27	m 50 sotto gli affioramenti	Filoniano	F, Si, Zn, Pb	Rosea, torbida	A 50 μ B < 20 μ		120°-140° 90°	B(l, v) B(l, v)	e e
28	m 50 sotto gli affioramenti	Filoniano	Sid, Ca, F, Zn, Pb	Incolore, da torbida a subtrasparente	B < 20 μ		70°	B(l, v)	e
29	Affioramenti	Filoniano	Ba, F, Si, Pb	Vitrea, incolore	A 70 μ B < 20 μ		150°-190° 90°	B(l, v) B(l, v)	e e
30	Affioramenti	Plaga nel granito	F, W, Sile	Vitrea, violetta	A 30 μ B 60 μ		120° 100°	B(l, v) B(l, v)	b e
31	Affioramenti	Filoniano	F	Vitrea, grigia	A 20 μ B < 10 μ		140°-160° N.D.	B(l, v) N.D.	e b

nato. Nel secondo caso i campioni provengono da un sondaggio ⁽²⁾ e si riferiscono a differenti profondità.

Ovviamente, l'evoluzione che ogni giacimento presenta sia in senso verticale che (spesso) orizzontale non traspare da questo primo studio: occorrerebbe, per ottenere tale risultato, una campionatura di ogni singolo corpo minerario differenziata per diversi livelli ed estesa lungo tutto il suo sviluppo longitudinale, il che sarà effettuato in un futuro studio (almeno per un giacimento sufficientemente tracciato e accessibile).

Per ora, le campionature effettuate sono da ritenersi rappresentative del tipo di fluorite prevalentemente ricorrente nei tratti accessibili dei giacimenti di provenienza.

5. - I dati di osservazione.

5.1. - *Morfologia.*

Nella distribuzione tra IF primarie e secondarie sono stati utilizzati i criteri di massima codificati nell'abbondante letteratura, principalmente sulla base delle osservazioni di Roedder [14], e Deicha [2].

Tra le primarie sono stati osservati tipi assai vari, taluni caratteristici di singole mineralizzazioni: i più singolari sono documentati nelle tavole di microfotografie allegate. Particolare interesse rivestono i « cristalli negativi » ottaedrici (tav. I e, III h) e le IF aciculari (tav. II a) di Campanasissa. A proposito di queste ultime si deve notare come non risulti chiaro se si tratta di IF primarie, associate ad aghi di rutilo (?), oppure di secondarie, insediate nel vuoto lasciato da un minerale aciculare (rutilo ?) dopo la sua asportazione: le dimensioni del diametro deg' i aghi, d'altra parte, non hanno consentito alcuna documentazione fotografica delle osservazioni fatte.

Di attribuzione dubbia (primarie o secondarie) rimangono le fitte popolazioni di IF vermiformi, che sono caratteristiche di numerose fluoriti dall'aspetto torbido, a difficile sfaldatura. Le dimensioni sono infinitesime, ma il loro carattere è testimoniato dalla decrepitazione dei frammenti, a temperature non elevate (< 250°).

⁽²⁾ Rivolgo un particolare ringraziamento alla Fluorosarda S.p.A. nella persona del suo Amministratore Prof. Ilio Salvadori, per avermi consentito e agevolato lo studio di campioni provenienti da numerosi lavori di ricerca attualmente in corso.

IF primarie a contorno irregolare ma ad allungamento parallelo ad un elemento cristallografico, sono osservabili nella fluorite di R. Corrates (tav. Ig). Esse sono simili a talune lacune di accrescimento (peraltro più regolari) osservate in cristalli di fosgenite [15] (Tav. Ih), e potrebbero essere attribuite agli stessi meccanismi genetici.

IF « pseudosecondarie » possono essere frequentemente osservate, praticamente in quasi tutti i tipi di fluorite. Da citare, tra l'altro, l'esistenza di piccole « nubi » di IF, regolarmente disposte ma perfettamente isolate all'interno del frammento, senza legame con gli altri « sistemi » ⁽³⁾ di IF presenti nel campo e con temperatura di omogeneizzazione (TO) identica ai valori caratteristici delle primarie presenti nel campo.

Le IF sicuramente secondarie non pongono problemi di attribuzione e hanno morfologia assai varia. Esse sono interessanti per la materializzazione delle superfici interne del cristallo, la cui individuazione, il più delle volte, è consentita dalla loro presenza. Più « sistemi » coesistenti possono identificare più superfici cristallografiche: è il caso dei campioni di Genna Oggiastru (Tav. IIc) e di R. Corrates (Tav. IId).

Un'ultima considerazione riguarda la frequente disposizione di sistemi di IF secondarie (e, talora, pseudosecondarie) in gruppi allineati secondo determinate direzioni, e tra di loro paralleli (tav. II f), nei quali le singole IF hanno allungamento normale all'allineamento del gruppo. Ciò potrebbe essere messo in relazione all'andamento dei « necking down » che le hanno isolate, come sembrerebbe indicato nel caso del gruppo di tav. If, verosimilmente derivato dalla suddivisione di una IF originaria di ampie dimensioni.

5.2. - Termometria.

Lo studio delle IF, da questo punto di vista, ha riguardato solo le temperature di omogeneizzazione: non ci è stato possibile infatti estendere gli esami alla crioscopia.

Le TO misurate occupano un campo abbastanza esteso: da minimi di poco superiori alla temperatura ambiente (IF secondarie) fino a massimi di 390° (IF primarie). Temperature superiori sono state saggiate solo per prove di decrepitazione, che non hanno mai toccato va-

⁽³⁾ Intendendo, con il termine « sistema », le popolazioni di IF singolarmente identificate per analogia di caratteristiche (morfologia, TO, composizione).

lori superiori ai 450°. In un caso (Nicola Secci, n. 17 di tab. I) è stata esaminata una fluorite di caratteristiche particolari (incolora, in incrostazioni mammellonari), assolutamente priva di IF', tanto da non decrepitare nemmeno a temperature dell'ordine di 800°.

Sulla base delle TO di IF' primarie è possibile suddividere le mineralizzazioni a fluorite esaminate in tre gruppi principali (⁴):

- 1) TO da 80° a 110° (9 mineralizzazioni);
- 2) TO da 115° a 150° (16 mineralizzazioni);
- 3) TO da 155° a 400° (6 mineralizzazioni).

Dei tre gruppi, il più numeroso è il secondo, mentre il terzo è il più ridotto ed anche il meno omogeneo (cadendo i suoi valori in un campo piuttosto esteso). Questi tre gruppi pongono già le basi per una classificazione sistematica dei giacimenti sardi a fluorite, dal punto di vista delle IF'.

Le IF' primarie dei campioni esaminati possono differenziarsi in diversi « sistemi », coesistenti, sulla base delle TO. Accade infatti (ma il caso è relativamente infrequente, e ricorre massimamente nelle IF' a TO elevata) che in uno stesso campo la TO vari progressivamente, con un incremento regolare, a seconda delle IF' esaminate. General-

(⁴) N.B.: La TO attribuita a ciascun campione è la media tra le TO registrate (cf. Tab. I, col. VIII).

TAVOLA I

- a, b*: M. Perdu Cerbu. IF' pseudosecondarie in lacune di accrescimento al contatto fra diversi individui cristallini. 1200 ×.
- c*: M. Genis (25 b). « Cristalli negativi » con IF' primarie. 1200 ×.
- d, e*: Campanasissa: IF' primarie. In *e* il contorno del cristallo negativo è nettamente ottaedrico e dà luogo ad una proiezione pseudoesagonale. 750 ×.
- f*: Costa Ualla. Serie di IF' risultanti dal frazionamento di un'unica iniziale. (TO 70°). 1200 ×.
- g*: Rio Corrates. IF' primarie a contorno irregolare (la centrale ha TO anomala 320°, contro i 230° del sistema coesistente) allineate secondo un allungamento preferenziale. 750 ×.
- h*: Lacune di accrescimento in un cristallo di fosgenite, a contorno e disposizione simili a quelli in *g*. 8 ×.

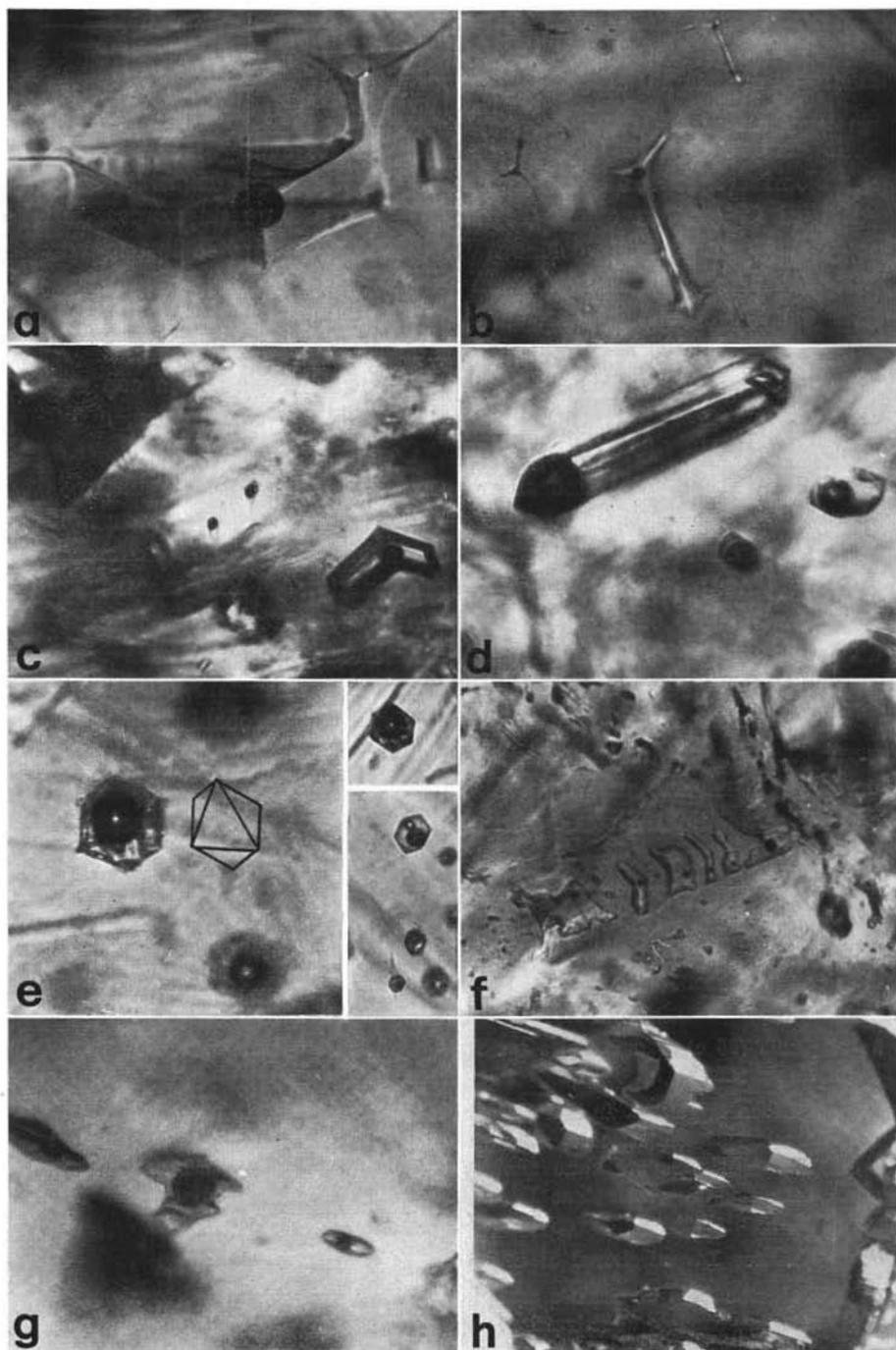


Tavola I.

mente, le diverse TO sono identiche per più IF, le quali starebbero così ad indicare una corrispondente variazione (spaziale e/o temporale) nelle condizioni chimico-piezo-termiche dell'ambiente di formazione.

Non infrequente è l'osservazione, in campi popolati da sistemi omogenei, di IF a TO anomala (superiore). In tab. I queste temperature vengono riportate, nella colonna VIII, tra parentesi (tra le temperature eccezionali). La loro esistenza (a parte considerazioni sugli equilibri e sulla dinamica della cristallizzazione) può trovare giustificazione in un'altra serie di osservazioni effettuate.

Ci riferiamo (tav. III *c, d*) ad un fenomeno che si nota con una certa frequenza: incrementando ulteriormente la temperatura, a TO superata, accade di veder in una IF il riformarsi di una bolla, che aumenta di dimensioni fino ad un certo punto, per poi stabilizzarsi; riscaldando ancora, si ha una nuova omogeneizzazione. Come esempio delle temperature in gioco, diremo che abbiamo registrato differenze (tra la prima e la seconda omogeneizzazione) fino a 220° mentre, tra la prima TO e la comparsa della nuova bolla, l'intervallo può andare da 100° a 190°. Naturalmente, dopo il raffreddamento la bolla è più grossa di quella di partenza, e la sua TO è notevolmente anomala rispetto a quella delle altre IF. Questo fatto può probabilmente spiegarsi con una perdita parziale e improvvisa di liquido alle alte temperature attraverso meati, peraltro assai difficilmente osservabili e comunque dal liquido stesso subito otturati. Con un simile processo si

TAVOLA II

- a, e*: Campanasissa. In *a* sono visibili le inclusioni aciculari, talora occupate da IF. In *e* IF pseudosecondarie con «necking down». 750 ×.
- b*: M. Genis (25 *c*). Campo tipico con fitta popolazione di minutissime IF vermicolari. 1200 ×.
- c, f, h*: Genna Oggiastru. In *c* le IF (secondarie) sono allineate lungo le superfici convergenti dell'ottaedro, come pure su superfici ricurve che delimitano i singoli individui ad abito fibroso: una di queste ultime emerge a destra della foto. In *f* si notano IF allineate, con allungamento di ciascuna normale all'allineamento. (cf. Tav. I *f*). In *h*: IF secondarie. 750 ×.
- d*: R. Corrates. Diversi sistemi di IF secondarie coesistenti. 750 ×.
- g*: Perdu Cerbu. IF secondaria a contorni seghettati, probabilmente determinati da una sua parziale cicatrizzazione regolata secondo direzioni cristallografiche. 1200 ×.

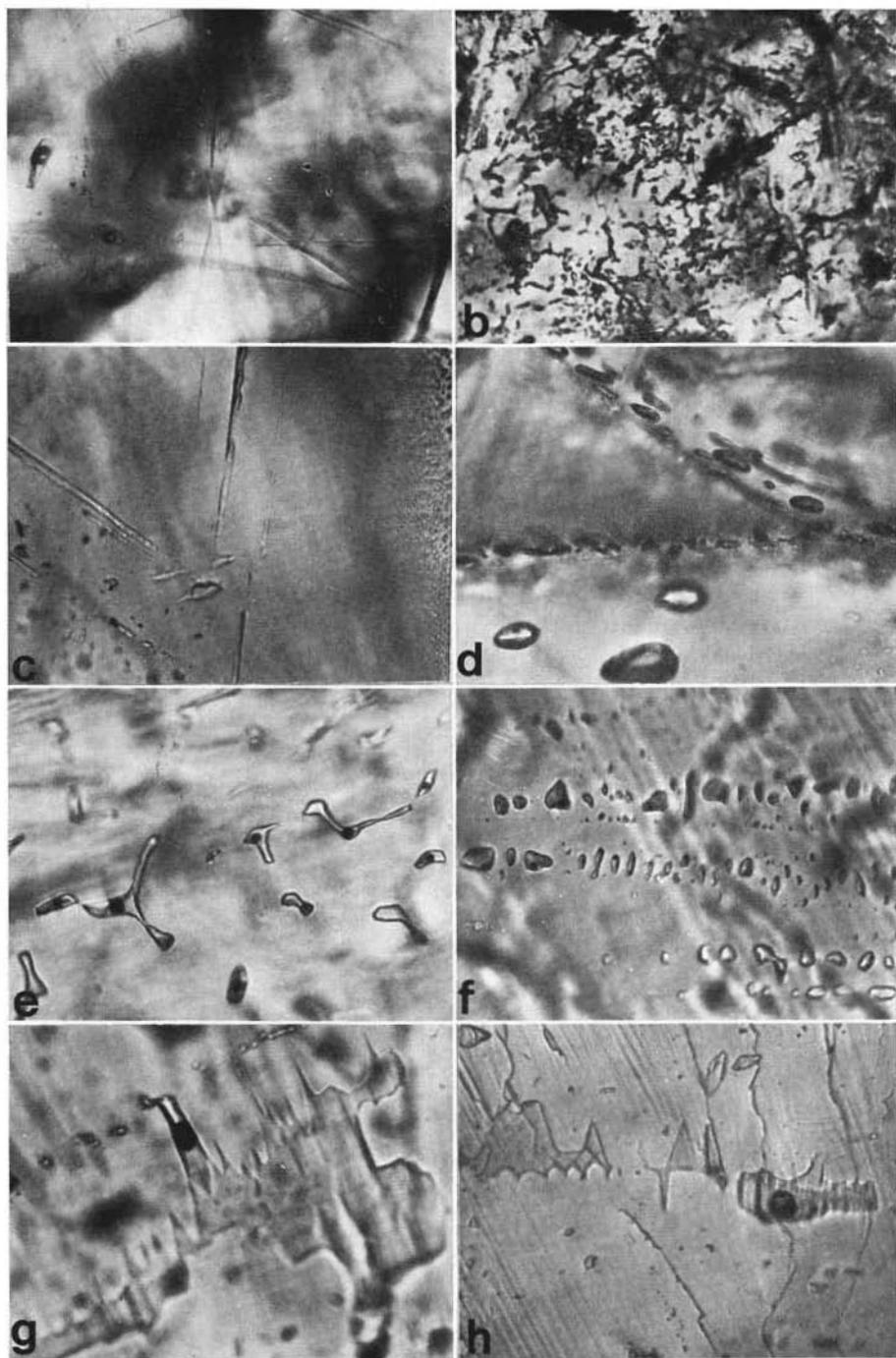


Tavola II.

potrebbero, almeno in qualche caso, giustificare le IF a TO anomala più sopra descritte: ipotizzando che il giacimento (meno probabilmente una porzione di esso, data l'escursione di temperatura necessaria) abbia subito, successivamente alla sua formazione, un nuovo riscaldamento, che potrebbe aver causato la formazione di IF a TO anomala, secondo il processo descritto.

Le TO delle IF primarie e secondarie differiscono generalmente in modo netto tra di loro, essendo le seconde più basse. D'altra parte, mentre, come si è visto, possono coesistere sistemi di IF primarie a TO variabile (entro certi limiti), le IF secondarie da noi osservate compaiono solitamente in sistemi a TO uniforme, e solo in qualche caso è valutabile con precisione (data la minima differenza) una certa variazione nelle IF secondarie presenti nel campo.

5.3. - *Composizione.*

A questo riguardo i dati raccolti sono indiretti e consentono di proporre interpretazioni, almeno in parte, solo sotto forma di ipotesi. Secondo il loro contenuto, le IF osservate possono essere suddivise in:

- 1) Monofasi (solo liquido. Molto frequenti tra le IF secondarie, associate alle bifasi a più bassa TO). Non sono state prese in considerazione in questo studio.
- 2) Bifasi (liquido-vapore, liquido-gas; liquido-solido: metastabili? cf. infra).
- 3) Polifasi (liquido-vapore-solido. Spesso più fasi cristalline).

TAVOLA III

- a, b*: M. Perdu Cerbu. Una grande bolla secura (vapore? bitume?) a 140° occupa tutto lo spazio disponibile. 1200 ×.
- c, d*: s'Orieri. Dopo riscaldamento e la prima omogeneizzazione (140°), nella IF maggiore si è verificata una perdita. Al raffreddamento si formano due bolle, di volume complessivo superiore a quello di partenza, e a TO più elevata (220°). 750 ×.
- e, f*: B. Alinus. Sistema di IF secondarie (*e*) eccitato in fluorescenza (*f*). 750 ×.
- g, h*: Campanasissa. In *g* si hanno due sistemi di IF, con bolle di differenti caratteristiche: le bolle chiare non omogeneizzano, le seure hanno TO 380°. In *h* si notano due IF (metastabili?) bifasi liquido-solido. Dopo riscaldamento anche in esse compare la bolla (TO 350°). 750 ×.

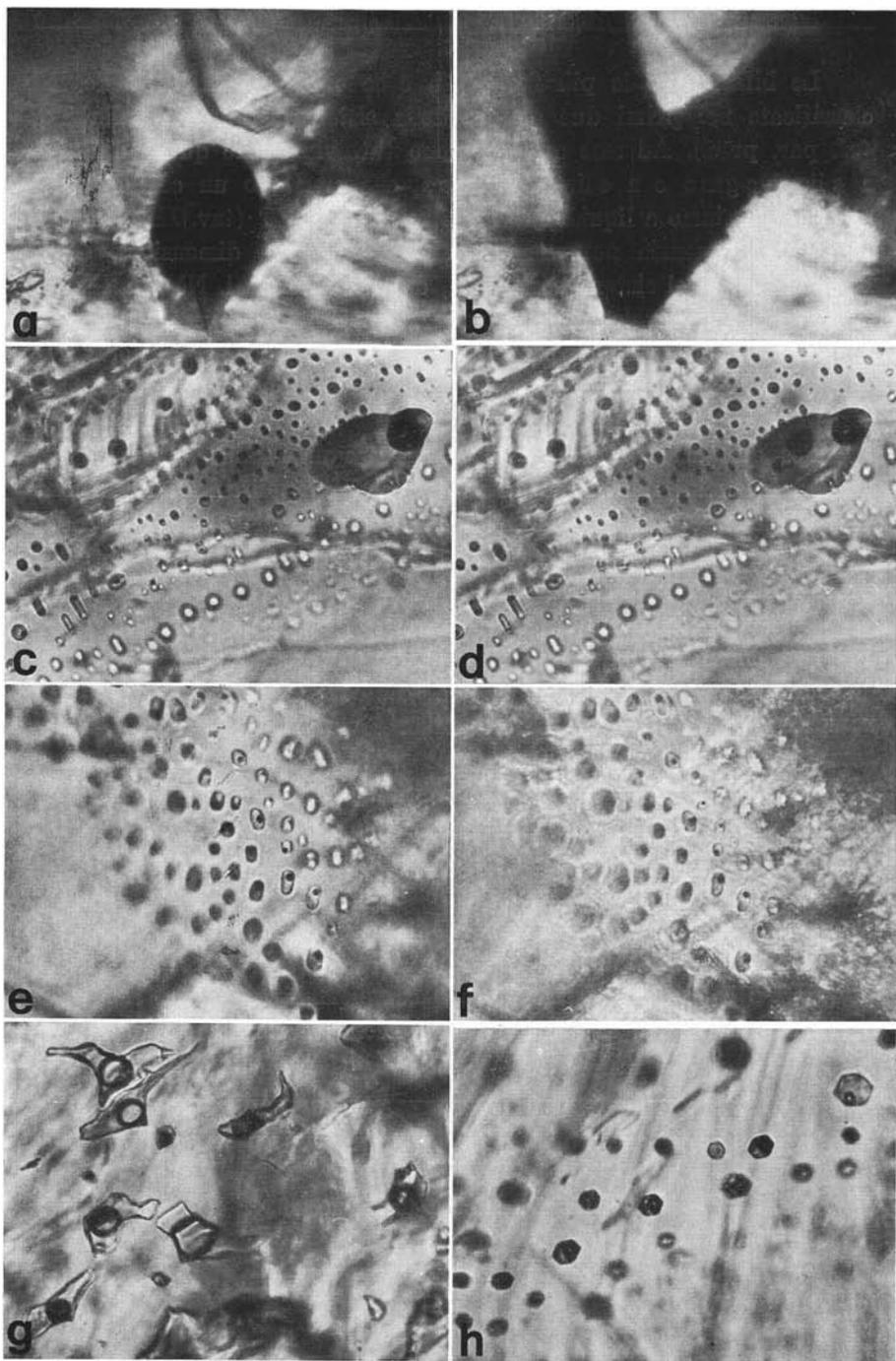


Tavola III.

Le bifasi sono le più frequenti, e sono caratteristiche delle IF classificate nei primi due gruppi della sistematica basata sulla TO (cf. par. prec.). Ad esse appartengono tuttavia anche quelle definite a « liquido-gas » e a « liquido-solido », che meritano un cenno particolare. Definiamo a liquido-gas i sistemi di certe IF (tav. III *g*) la cui bolla si differenzia nettamente, per limpidezza e dimensioni, dalle bolle delle IF dei sistemi coesistenti, del tutto normali. Nè tali IF accennano ad omogeneizzare, raggiungendo prima la temperatura di decrepitazione ed avendo ampiamente superato la TO delle IF « normali » coesistenti. Non siamo in grado di proporre un'ipotesi, circa le caratteristiche di composizione del gas.

Per quanto riguarda le IF bifasi a liquido-solido (tav. III *h*), assai infrequenti, riteniamo possa trattarsi di polifasi in condizioni metastabili. Dopo riscaldamento ed omogeneizzazione delle IF del campo, infatti, al raffreddamento la bolla ricompare in tutte, ivi comprese quelle che non l'avevano.

Le IF polifasi sono caratteristiche del gruppo a TO più elevata. Più fasi solide possono coesistere in una stessa IF (tav. IV *g, h*), pur essendo normale la presenza di una sola (tav. I *e*, II *h*, III *a-f*). La composizione delle fasi solide cristalline è variabile: in tav. IV *a* e *b* essa è rappresentata probabilmente da *halite* (TO 390°, scomparsa contemporanea e istantanea della fase solida). In tav. IV *d, e, f*, il minerale contenuto è opaco (*ematite?*) come in IV *g* e *h*, dove la fase trasparente (isotropa) che non scompare all'omogeneizzazione è probabilmente *fluorite* (ugualmente in IV *c*, in I *e* e in III *h*).

Un fenomeno frequente in certe fluoriti (segnatamente M. Perdu Cerbu e Sta Lucia-Palazzo: nn. 14 e 10 di tab. I) è documentato in tav. III, *a* e *b*: la presenza di bolle completamente opache in IF di variabili dimensioni, le quali non reagiscono al riscaldamento fino a

TAVOLA IV

a, b, d, e, f, g, h: Perda Niedda. Inclusioni fluide polifasi. In *a, b* la fase solida è probabilmente NaCl. In *d, e, f*: sequenza riscaldamento — omogeneizzazione (360°) — raffreddamento, con variazione della disposizione degli inclusi opachi. In *g, h* una IF con differenti fasi cristalline, in diverse posizioni per azione del calore. 750 ×.

c: Campanasissa. IF polifasi (TO 360°). 750 ×.

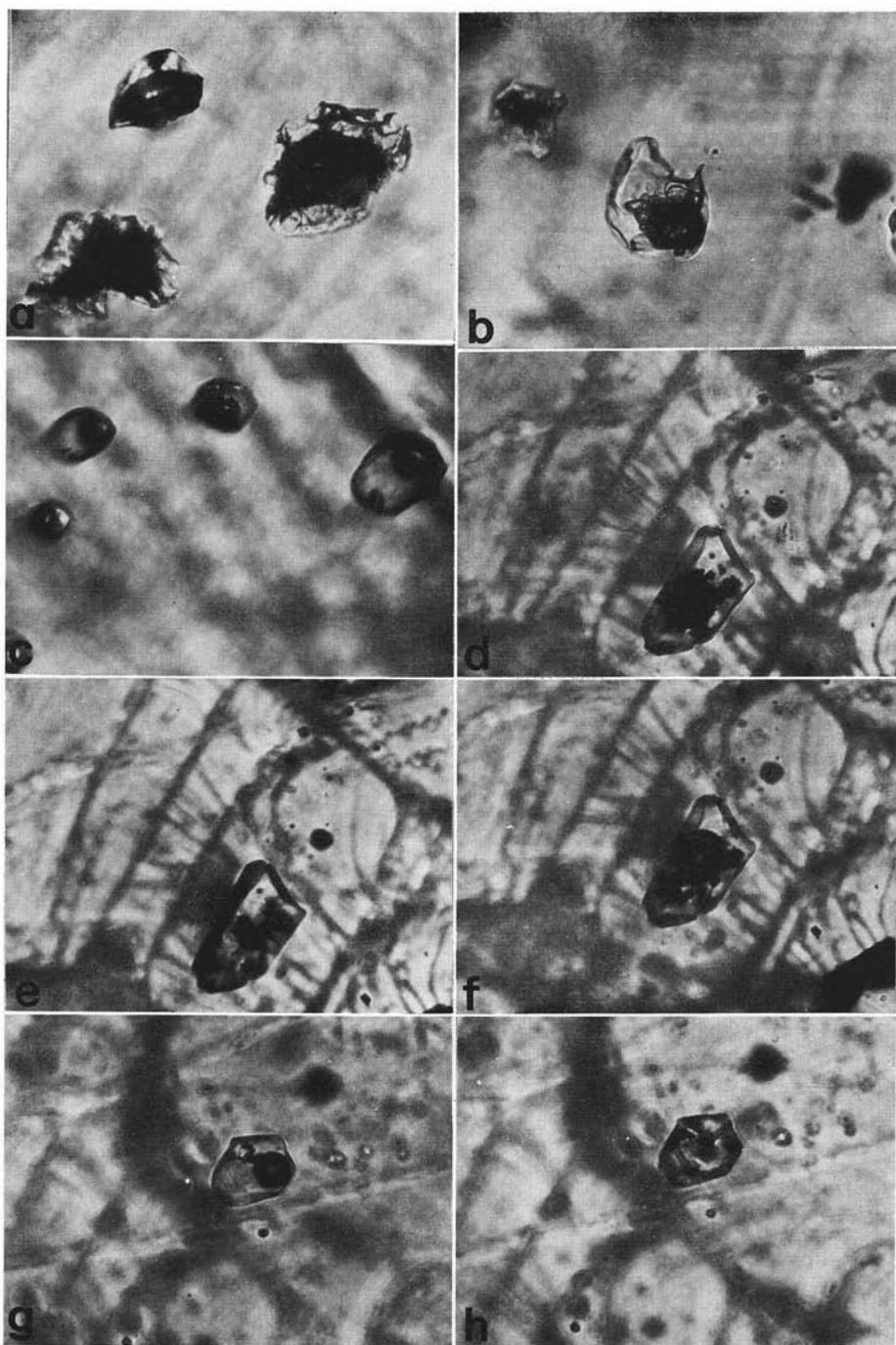


Tavola IV.

determinate temperature (la più comune è c.ca 220°), alle quali si dilatano rapidamente riempiendo tutto lo spazio disponibile. Il fenomeno non sarebbe dissimile se si trattasse di un bitume solido; Roeder [12] descrive analogo fenomeno, come risultato dell'espansione di una bolla scura di vapore.

Tutti i campioni esaminati sono stati controllati anche in radiazione ultravioletta ⁽⁵⁾. Per quanto non molto frequente, è stata in taluni casi osservata una fluorescenza di variabile intensità localizzata presso i contorni delle IF (tav. III f). Non è dato stabilire se ciò sia dovuto, ed in quale misura, al contenuto delle IF.

6. - Conclusioni.

A consuntivo delle ricerche sin qui condotte restano i dati riassunti e schematizzati in tab I, e la bozza di classificazione delle fluoriti sarde di tab. II, redatta sulla base degli elementi raccolti.

TABELLA II. — *Classificazione delle fluoriti sarde in base allo studio delle inclusioni fluide primarie.*

	I	II	III
Morfologia	Cristalli negativi rari	Cristalli negativi infrequenti	Cristalli negativi frequenti
Temperatura di omogenizzazione	80°-110°	115°-150°	155°-400°
Composizione	Bifase	Bifase	Polifase

Dalla tab. II si rileva come la distinzione in tre gruppi, fatta inizialmente (par. 5.2) partendo dalle TO, trovi corrispondenza nella distinzione di massima delle caratteristiche di morfologia e composizione delle IF. La classificazione proposta trova rispondenza nei tipi genetici, cui le mineralizzazioni sono riferibili: il III è infatti costi-

⁽⁵⁾ Unità Leitz con sorgente HBO 200 W, filtri di eccitazione UG 5 3 mm + BG 38 4 mm tagliarosso, sbarramento K 460.

tuito da manifestazioni legate a skarn o comunque connesse a zone di contatto termico, che pertanto già a priori possono essere distinti dagli altri tipi: a ulteriore conferma dell'importanza delle IF quali documento delle vicende genetiche del minerale, da cui sono custodite.

Le prospettive aperte dallo studio delle IF sono assai interessanti, e ci impegnano ad approfondire alcuni aspetti che per ora abbiamo trascurato: soprattutto, per quanto concerne la loro composizione. In ogni caso, uno dei risultati più promettenti è senz'altro l'aver stabilito l'utilità del metodo, quale strumento efficace nella ricerca giacimentologica, in cui siamo impegnati.

I dati di osservazione esposti non ci consentono di trarre altre conclusioni. Speriamo, in ogni caso, che essi rappresentino un contributo, per quanto limitato e circoscritto, alla conoscenza delle inclusioni fluide della fluorite.

Cagliari - Istituto di Giacimenti Minerari, Geofisica e Scienze Geologiche della Facoltà di Ingegneria dell'Università.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- (1) AUTORI VARI (1972) - *Giornata di studio sulle fluoriti italiane*. Torino, 16 Dicembre 1972. In corso di stampa.
- (2) DEICHA G. (1955) - *Les lacunes des cristaux et leurs inclusions fluides*. Masson & C., Paris, 126 pp
- (3) DEICHA G. (1971) - *Crystallogenic disequilibrium and fluid inclusions*. Soc. Min. Geol. Japan, Spec. Iss. 3, pp. 327-334.
- (4) DERRÉ C. e TOURAY J. C. (1971) - *Les derniers stades de la cristallisation du filon à fluorite et barytine de Chanavial (Haute-Loire, France) d'après des études d'inclusions fluides et solides*. Min. Deposita, Berlin, v. 6, pp. 292-301.
- (5) HALL W. E. and FRIEDMAN I. (1963) - *Composition of fluid inclusions, Cave-in-Rock fluorite district, Illinois and Upper Mississippi Valley Zinc-Lead District*. Econ. Geology, v. 58, pp. 886-911.
- (6) KLEVTSOV P. V. e LEMMLEIN G. G. (1959) - *Pressure corrections for the homogenization of aqueous NaCl solutions*. Akad. Nauk SSSR, Doklady, v. 128, n. 6, pp. 1250-1253, in Russo (trad. in Amer. Geol. Inst., Doklady of the Acad. of Sciences of USSR, v. 128, n. 1-6, pp. 995-997 (1960).
- (7) MOGAROVSKIY V. V. e MARKOV A. B. (1966) - *Bitumens in fluorite from hydrothermal deposits of Tadzhikistan*. Geoch. International, n. 3, v. 3° (trad. da: Geokhimiya, n. 4, pp. 459-463, (1966).
- (8) NASH J. T. (1972) - *Fluid inclusion studies of some gold deposits in Nevada*. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 800-C.

- (9) NASH J. T. (1973) - *Geochemical Studies in the Park City District: I: Ore Fluids in the Mayflower Mine*. Ec. Geol., v. 68, pp. 34-51.
- (10) PERNA G. (1969) - *Una nuova apparecchiatura per lo studio della decrepitazione*. Rend. S.I.M.P., v. XXV, fasc. I, pp. 107-120.
- (11) ROEDDER E., HEYL A. V. e CREEL J. P. (1968) - *Environment of ore deposition at the Mex-Tex Deposits, Hansonbourg District, New Mexico, from studies of fluid inclusions*. Ec. Geol., v. 63, pp. 336-348.
- (12) ROEDDER E. (1970) - *Application of an improved crushing microscope stage to studies of the gases in fluid inclusions*. Schweiz. Min. Petr. Mitt., v. 50/1, pp. 41-58.
- (13) ROEDDER E. (1971) - *Metastability in fluid inclusions*. Soc. Min. Geol. Japan, Spec. Issue 3, pp. 327-334.
- (14) ROEDDER E. (1972) - *Discussions on «Rife, D. L.: Barite fluid inclusions geothermometry, Cartersville Mining District, Northwest Georgia»*. Ec. Geol., v. 67, pp. 821-822.
- (15) ROSSI G., URAS I. e VALERA R. (1972) - *Modalità e difetti di accrescimento dei cristalli di Fosgenite*. Rend. S.I.M.P., v. XXIX, pp. 220-248.
- (16) SAMOYLOVICH L. A. e KHETCHIKOV L. N. (1969) - *Pressure corrections to omogeneization temperatures of aqueous solutions*. Geochemistry Internat., v. 12, pp. 1184-1189.
- (17) SASSANO G. P., FRITZ P. e MORTON R. D. (1972) - *Paragenesis and isotopic composition of some gangue minerals from the uranium deposits of Eldorado, Saskatchewan*. Can. Journ. of Earth Se., v. 9, n. 2, pp. 141-157.
- (18) WICKMAN F. E. e KHATTAB K. M. (1972) - *Non-Destructive activation analysis of fluid inclusions in fluorite*. Ec. Geol., v. 67, pp. 236-239.