

**A T T I**  
**DELLA**  
**SOCIETÀ TOSCANA**  
**DI**  
**SCIENZE NATURALI**  
**RESIDENTE IN PISA**

**MEMORIE - SERIE A**

**VOL. LXXXII - ANNO 1975**

**ARTI GRAFICHE PACINI MARIOTTI - PISA - 1975**

## I N D I C E

FICCARELLI G., TORRE D. - Differenze craniometriche nelle linci attuali .	Pag. 1
GIANNELLI L., SALVATORINI G. - I foraminiferi planctonici dei sedimenti terziari dell'arcipelago maltese. II. Biostratigrafia di: « Blue Clay », « Greensand » e « Upper Coralline Limestone » . . . . . »	20
CERRINA FERONI A., PATACCA E. - Considerazioni preliminari sulla paleogeografia del dominio toscano interno tra il Trias superiore ed il Miocene medio . . . . . »	43
RUGGIERI G. - Il problema dei microfossili inseriti in una microfauna in seguito a trasporto . . . . . »	55
RAGGI G. - Le frane del territorio di Roccastrada . . . . . »	62
SOLDATINI G. F., WAGGAN M. R. - Indagini sull'assorbimento del rame nel terreno agrario . . . . . »	83
MENESINI E. - Considerazioni su <i>Schizaster parkinsoni</i> (Defrance) del Miocene dell'arcipelago maltese . . . . . »	94
MENCACCI P., ZECCHINI M. - La buca di Castelvenere (Galliciano, Lucca) . . »	117
CORADOSSI N., CAMPAGNI F. - La distribuzione del boro in alcune rocce di tipo basaltico . . . . . »	144
PASINI M. - Stadi giovanili di <i>Ostreidae</i> probabilmente riferibili ad <i>Ostrea (Ostrea) Lamellosa</i> Brocchi 1814 . . . . . »	170
LEONI L., TROYSI M. - Ricerche sulla microdurezza dei silicati. II - <i>Le tormaline</i> . . . . . »	177
LEONI L., PETRACCO C. - Le torbide del fiume Arno alla stazione idrografica di S. Giovanni alla Vena . . . . . »	185
CRISCI G. M., LEONI L., SBRANA A. - La formazione dei marmi delle Alpi Apuane (Toscana). Studio petrografico, mineralogico e chimico . . . »	199
GENIOLA A., MALLEGNI F. - Il calvario neolitico di Lanciano (Chieti): note paleontologiche e studio antropologico . . . . . »	237
<i>Elenco dei Soci per l'anno 1975</i> . . . . . »	255

L. LEONI (\*), C. PETRACCO (\*\*)

## LE TORBIDE DEL FIUME ARNO ALLA STAZIONE IDROGRAFICA DI S. GIOVANNI ALLA VENA

**Riassunto** — Vengono riportati i risultati di uno studio mineralogico sul materiale di torbida del fiume Arno.

Per il lavoro di ricerca svolto nella presente nota sono stati utilizzati campioni di torbida prelevati a cura dell'Ufficio Idrografico di Pisa nei mesi di gennaio e novembre 1969. Il materiale di torbida risulta costituito da quarzo, feldspati, calcite, illite e clorite. Le concentrazioni ed i rapporti fra i vari componenti per la serie di campioni di gennaio sono piuttosto variabili con scostamenti sensibili rispetto ai valori medi. La serie di campioni relativa al mese di novembre è caratterizzata da una maggiore omogeneità e può ritenersi più rappresentativa dei caratteri quantitativi del materiale di torbida del fiume Arno.

Il quarzo è mediamente presente in quantità del 20%, i feldspati del 9% e la calcite del 6%. Il resto è costituito da sostanza organica e fillosilicati del tipo illite e clorite.

Non sono stati trovati rapporti significativi tra torbidità assoluta ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ) e portata del corso d'acqua; analogamente fra torbidità assoluta e relativa, limitatamente alle specie mineralogiche presenti.

Considerazioni e risultati interpretativi di un certo interesse emergono dai rapporti esistenti fra deflusso liquido, limitato ad eventi relativamente eccezionali, torbidità assoluta e variazione percentuale delle specie mineralogiche presenti.

**Abstract** — The results of a mineralogical study on the muddy material in the river Arno are given. This study is of importance both with regard to the variations in the coastline at the river-mouth and for a qualitative and quantitative identification of the mineralogical components of the same material. The research work described in this paper was carried out using samples of turbid material taken by the Hydrographical Office of Pisa from 1969 onwards. In particular, the samples examined in this paper represent January and November 1969. The muddy material is made up of quartz, feldspars, calcite, illite and chlorite. The concentrations and ratios between the different components for the January series of samples are quite varied with considerable shift in some cases from the average values. The November

---

\* Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Pisa.

\*\* Ministero Lavori Pubblici. Servizio Idrografico Pisa.

series of samples are characterized by a greater homogeneity and may be considered as more representative of the quantitative characteristics of the muddy material in the Arno. On average the quartz represents 20% (by weight), the feldspars 9% and calcite 6% of the total. The rest is made up of organic material and phyllosilicates of the illite and chlorite type.

No meaningful relationship was noted between the absolute turbidity ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ) and the water flow; similarly, no relation between absolute and relative turbidity with reference only to the mineralogical species.

Some observations and significant results of a certain interest can be drawn from the relationship between the liquid undertow, confined to relatively exceptional occasions, absolute turbidity and percentage variations of the mineralogical species.

## INTRODUZIONE

Scopo di questa nota è quello di caratterizzare qualitativamente e quantitativamente il materiale di torbida che il fiume Arno scarica alla sua foce sul litorale toscano e approfondire le conoscenze sul comportamento del bacino idrografico dell'Arno quale tributario delle sospensioni torbide riscontrate.

Dei vari bacini fluviali della Toscana quello dell'Arno presenta particolare interesse, in rapporto alle variazioni morfologiche dell'alveo ed al movimento della linea di spiaggia del litorale alla foce, per il suo rilevante deflusso liquido e torbido.

Lungo il decorso dell'Arno sono ubicate quattro stazioni torbiometriche gestite dal Servizio Idrografico di Pisa, delle quali quella di S. Giovanni alla Vena può considerarsi la più rappresentativa in quanto ubicata al limite inferiore del bacino, che si esaurisce praticamente in tale località.

Lo studio mineralogico dei materiali di torbida è stato pertanto limitato a campioni provenienti da questa sola stazione.

### *Caratteristiche della stazione torbiometrica di S. Giovanni alla Vena*

La stazione è ubicata a circa 37 Km. dalla foce dell'Arno e sottende un bacino di  $8186 \text{ Km}^2$ , con una altitudine massima di 1657 e media di 330 metri sul livello del mare. La stazione è predisposta per il campionamento delle torbide ed è dotata di una serie di apparecchiature tra le quali un idrometrografo con teleferica, per la misura delle portate liquide, un pluviografo, un termografo, un anemografo.

Il deflusso liquido viene determinato in base alle altezze idrometriche la cui registrazione è continua.

### *I campioni studiati*

La raccolta dei campioni di torbida viene effettuata in sponda destra dell'Arno a cura di un operatore locale mediante bottiglie a capacità costante, secondo le modalità standard prestabilite dall'Ufficio Idrografico di Pisa. Il liquido raccolto viene filtrato sul posto, dallo stesso operatore, con normale carta da filtro ed i filtri contenenti il residuo solido vengono inviati all'Ufficio Idrografico che li conserva per un certo numero di anni, a disposizione di chi voglia studiarli. I filtri utilizzati non consentono di trattenere il materiale colloidale in sospensione. Ai fini del presente studio è stato scelto un limitato numero di campioni prelevati in circostanze relativamente eccezionali, nelle quali il corso d'acqua trasportava un carico solido notevole. Questa scelta è stata dettata dalla necessità di disporre di quantità abbastanza rilevanti di materiale, per ogni singolo campione, ai fini della messa a punto delle metodologie di studio. La tab. 1 riporta l'elenco dei campioni studiati ed alcuni elementi caratteristici del corso d'acqua al momento del prelevamento.

TABELLA 1

Camp.	Data di prelevamento	ora	Torbidità totale (Kg/m <sup>3</sup> )	Portata liquida (m <sup>3</sup> /sec.)	Portata torbida (Kg/sec.)
AS 354	15/1/1969	8	0.6719	948	637
AS 355	15/1/1969	13	2.4491	930	2280
AS 356	15/1/1969	19	1.5479	772	1195
AS 486	15/11/1969	7	1.1431	294	336
AS 487	16/11/1969	14	0.8207	182	149
AS 488	17/11/1969	11	0.5517	120	66.2
AS 489	18/11/1969	8	1.4235	66.3	94.4
AS 490	19/11/1969	14	1.2920	37.8	48.8
AS 494	23/11/1969	13	1.4041	311	437
AS 495	24/11/1969	14	1.3770	220	303
AS 496	25/11/1969	13	3.0690	235	721

Per il ricupero dei campioni, i filtri sono stati messi a bagno in acqua distillata e sottoposti dopo uno-due giorni a lavaggio a spruzzo. L'operazione è stata ripetuta sino alla totale asporta-

zione del residuo torbido esistente tra le maglie del filtro. La sospensione così ottenuta è stata portata a secco per evaporazione a bassa temperatura.

### *Analisi diffrattometrica ai raggi X*

Diffrattogrammi di polvere ai raggi X (diffrattometro Philips a goniometro verticale, radiaz. Cu K  $\alpha$  (38 KV, 18 mA) hanno messo in evidenza la presenza di feldspati (ortoclasio e limitate quantità di plagioclasio) quarzo, calcite, illite e clorite. E' stata quindi eseguita l'analisi quantitativa, per aggiunta di LiF come standard interno (Klugh H. P., ALEXANDER L. [1954]) del quarzo, feldspati e calcite. I fillosilicati sono dati come differenza a 100 anche se si deve osservare che i campioni analizzati contengono una frazione organica di natura e quantità indefinita. I dati sono riportati in tab. 2.

TABELLA 2

camp.	Q%	Feldspati % (Ortocl.+ Plag.)	Calc. %	(Fillosilicati + Sostanza Organica)* Illite + Clor.		
AS 354	14	4	3	SI	SI	79
AS 355	19	9	5	SI	SI	67
AS 356	35	21	6	SI	SI	38
AS 486	18	11	7	SI	SI	65
AS 487	27	10	7	SI	SI	56
AS 488	24	7	8	SI	SI	61
AS 489	15	4	5	SI	SI	76
AS 490	17	6	5	SI	SI	72
AS 494	14	7	5	SI	SI	74
AS 495	15	7	5	SI	SI	73
AS 496	18	9	6	SI	SI	67
media camp. di Gennaio (354,355,356)	23	11	5			61
media camp. di Novembre (486,487,488, 489,490,494, 495,496)	19	8	6			67
media tot.	20	9	6			65

### DISCUSSIONE DEI DATI RACCOLTI

Per un corretto inquadramento dei dati raccolti è opportuno considerare dapprima le figure 1 e 2 che riportano, per i mesi di

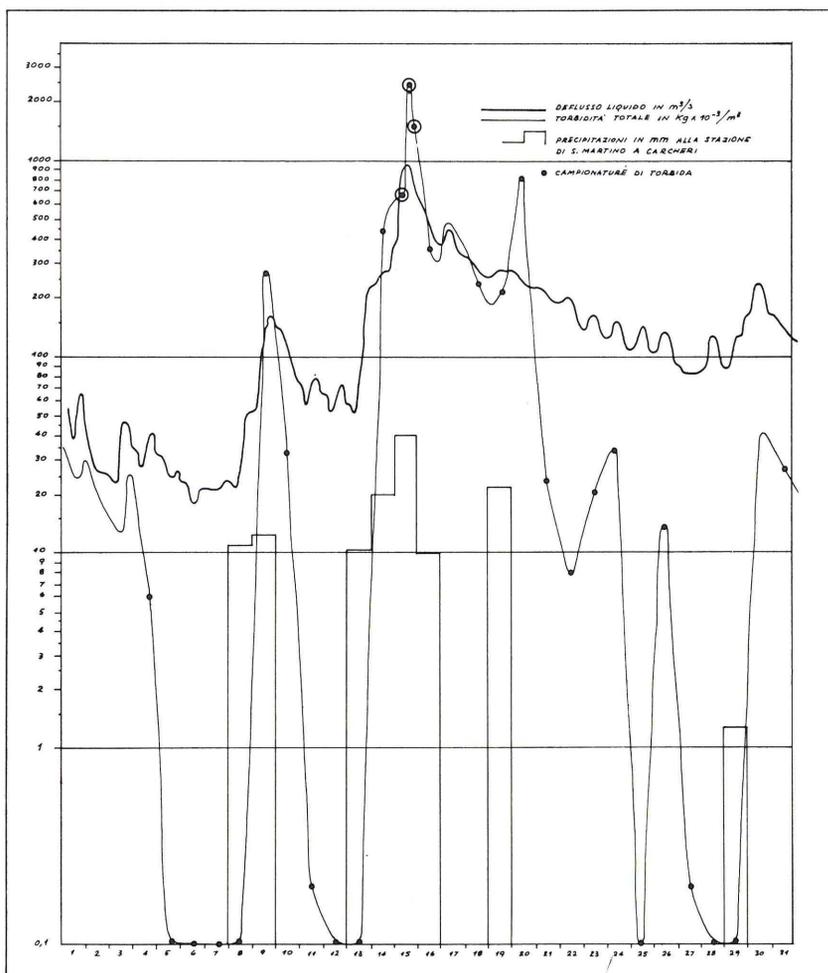


Fig. 1 - Fiume Arno - Stazione torbiometrica di S. Giovanni alla Vena. Precipitazioni, deflusso liquido e torbidità totale per il mese di gennaio 1969. Campioni studiati. O

gennaio e novembre 1969, il deflusso liquido e la torbidità totale misurati alla stazione di S. Giovanni alla Vena, oltre alle precipitazioni registrate alla stazione di S. Martino a Carcheri (Annali Idrologici, [1969]). Quest'ultima stazione è stata scelta come la più rappresentativa dell'intero bacino dell'Arno relativamente agli afflussi di gennaio e novembre.

Le due figure mettono in evidenza una correlazione fra i tre parametri considerati soltanto se esaminati nel loro andamento di

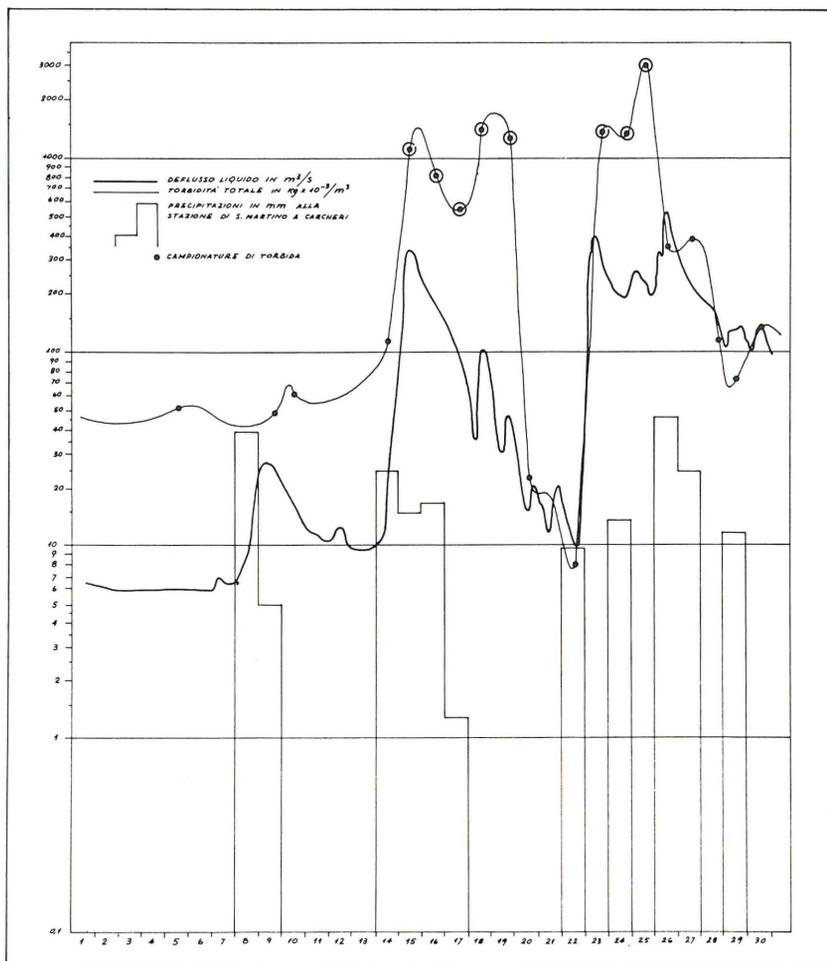


Fig. 2 - Fiume Arno - Stazione torbiometrica di S. Giovanni alla Vena. Deflusso liquido e torbidità totale per il mese di novembre 1969. Campioni studiati. O

massima, mentre nei particolari le correlazioni risultano meno evidenti, se non del tutto assenti. Valga come esempio tipico la torbidità totale che, nel mese di gennaio, può variare di tre ordini di grandezza, pur restando pressoché costante il deflusso liquido. Questa particolare situazione, che d'altronde vedremo ripetersi nell'analisi dei dati mineralogici, è chiaramente imputabile alla geomorfologia dei differenti bacini confluenti nell'Arno. Essi evidentemente contribuiscono ciascuno in modo assai diverso alla costituzione del materiale di torbida tenuto conto anche della distribuzione, intensità e frequenza delle precipitazioni.

In tal senso le precipitazioni riportate negli Annali Idrologici [1969] sono sufficienti per interpretare il regime degli afflussi relativamente ai bacini confluenti nell'Arno. Attraverso i deflussi registrati dalle stazioni di misura esistenti lungo la rete idrografica (Annali Idrologici, parte II [1969]), è valutabile in parte, il reale apporto liquido che contribuisce alla formazione dei deflussi registrati alla stazione di S. Giovanni alla Vena. Evidentemente l'estensione dei diversi sottobacini è altrettanto determinante.

Un sistematico campionamento del materiale di torbida dei corsi d'acqua confluenti, consentirebbe la definizione delle rispettive componenti ed interessanti interpretazioni sulla interdipendenza fra trasporto solido dell'asta principale ed apporti collaterali.

I dati qualitativi e quantitativi relativi alla composizione mineralogica dei campioni di torbida del fiume Arno indicano in linea di massima un'omogeneità dei materiali trasportati. Essi risultano costituiti da materiali argillosi (illite e clorite), quarzo, feldspati e calcite.

I materiali argillosi più la sostanza organica (non determinata) rappresentano in media il 65% del totale, il quarzo il 20%, i feldspati (ortoclasio e plagioclasio) il 9% e la calcite il 6%.

Un'analisi dei dati mineralogici relativi alla serie di campioni prelevati nelle 24 ore del giorno 15-1-1969 dimostra che le percentuali dei componenti esaminati sono piuttosto variabili mentre i dati relativi ai campioni del mese di novembre, dello stesso anno, presentano maggiore omogeneità. Un confronto tra i valori medi quantitativi dei componenti analizzati mette in evidenza tuttavia che tra le due serie di campioni (tab. 2) non esistono sensibili differenze.

In fig. 3 sono riportati i dati mineralogici ed idrometrici relativi ai campioni del giorno 15-1-1969. I valori assoluti di quantità dei diversi minerali ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ) sono stati calcolati utilizzando i valori sperimentali della torbidità totale (vedi tab. 1 e 2), estrapolando linearmente le concentrazioni percentuali per i tratti intermedi fra i campioni studiati. La stessa procedura è stata utilizzata per le fig. 4 e 5.

Si osservano due aspetti fondamentali:

- la torbidità totale massima presenta un certo sfasamento in ritardo rispetto al massimo valore di portata liquida (onda di piena);
- la quantità di materiale argilloso più la sostanza organica se-

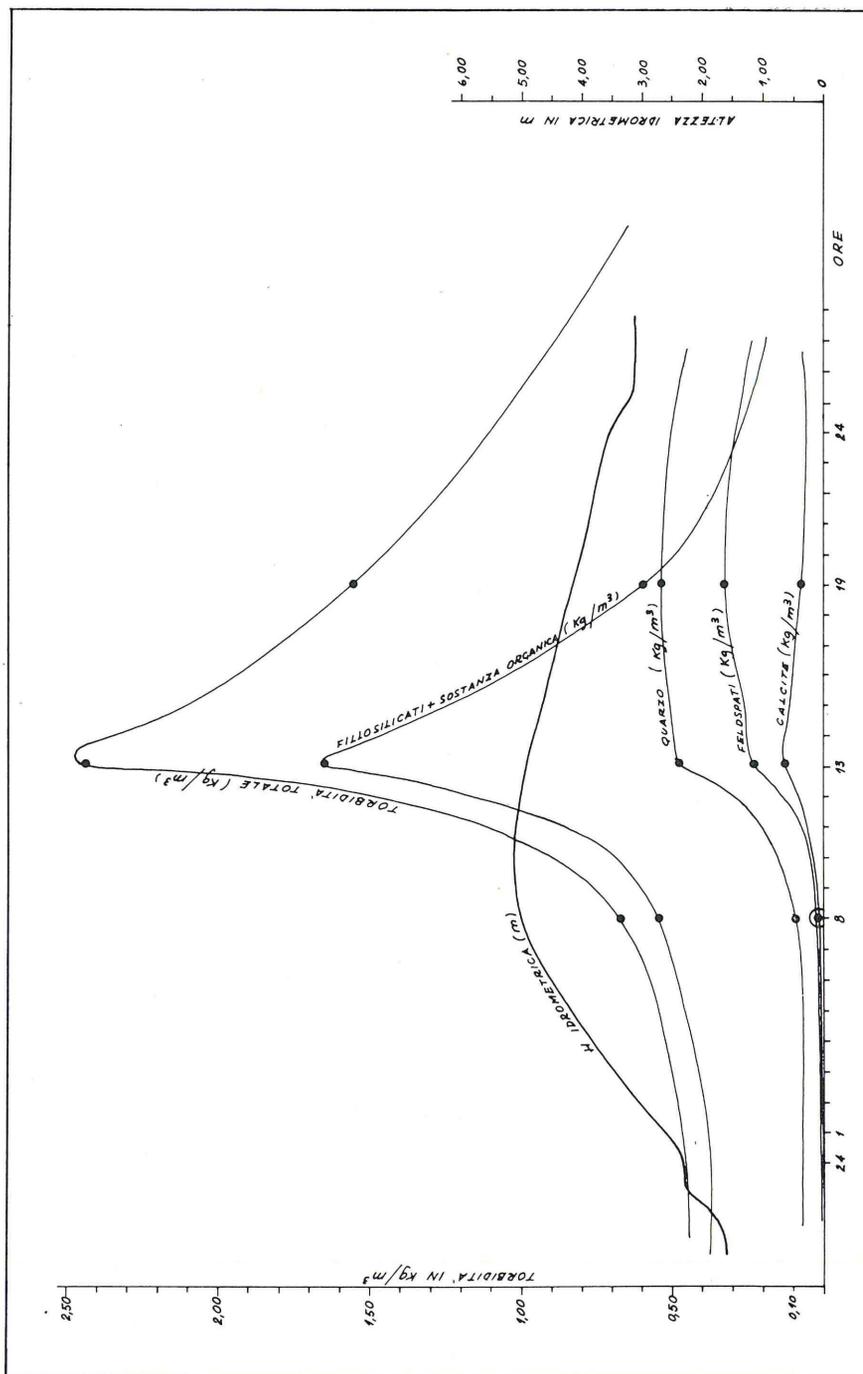


Fig. 3 - Fiume Arno - Stazione torbiometrica di S. Giovanni alla Vena. Deflusso liquido, torbidità totale e specifica del giorno 15-1-1969.

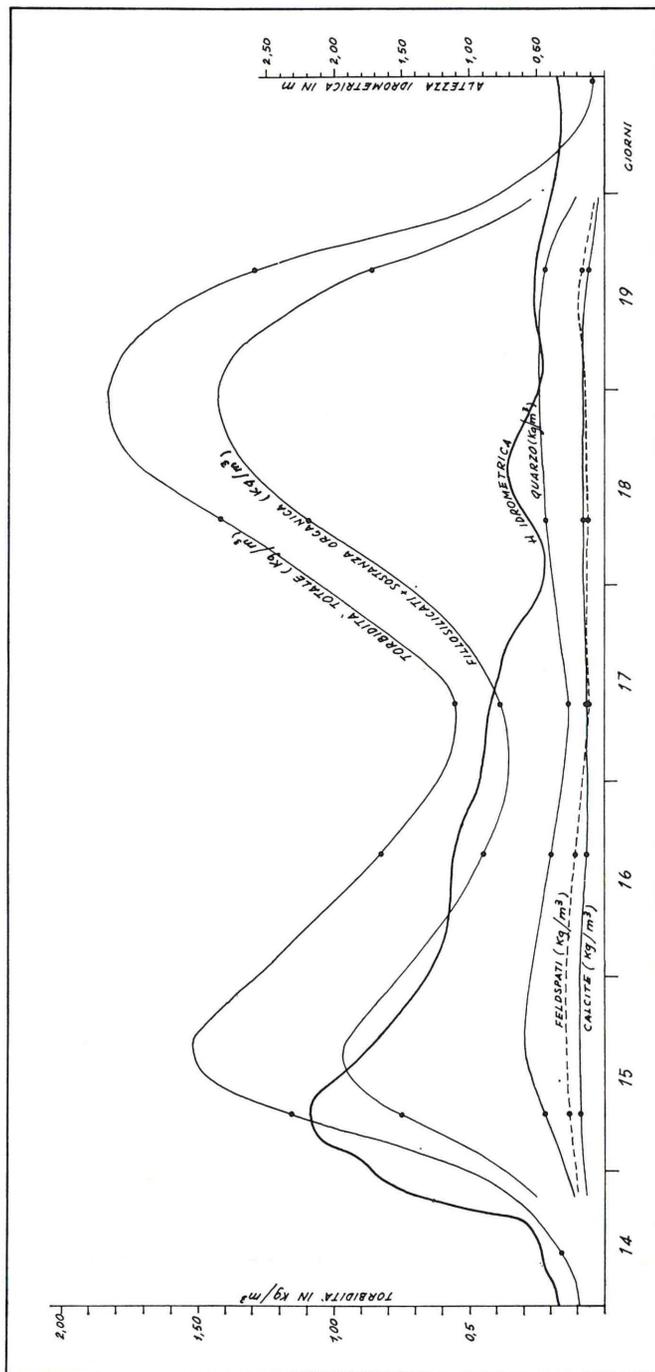


Fig. 4 - Fiume Arno - Stazione torziometrica di S. Giovanni alla Vena. Deflusso liquido, torbidità totale e specifica per il periodo 14-19 novembre 1969.

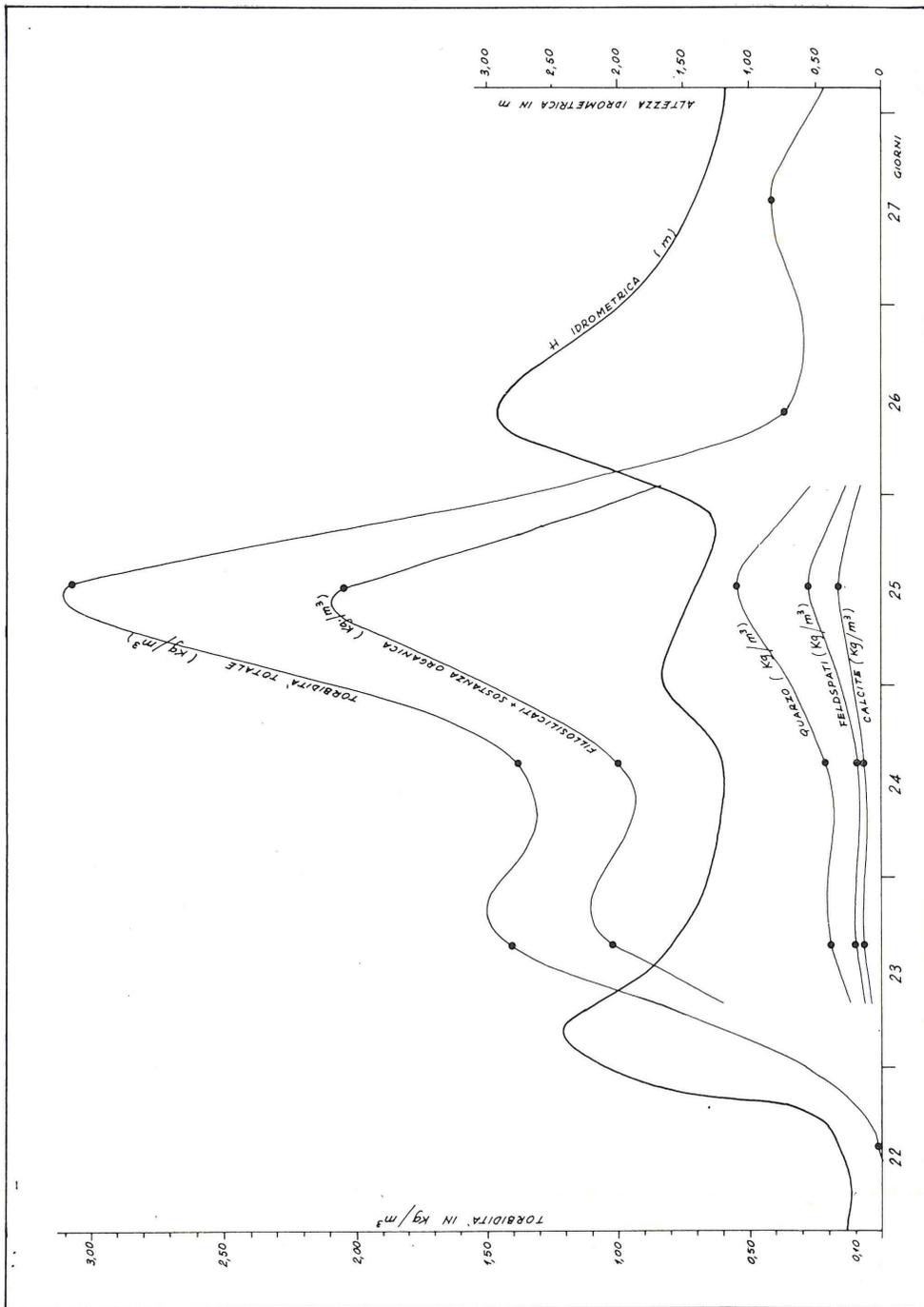


Fig. 5 - Fiume Arno - Stazione torbiometrica di S. Giovanni alla Vena. Deflusso liquido, torbidità totale e specifica per il periodo 23-25 novembre 1969.

gue con un certo ritardo l'andamento del deflusso liquido, mentre le quantità degli altri componenti mineralogici tendono ad aumentare leggermente con l'esaurirsi dell'onda di piena; tale andamento è più pronunciato per il quarzo ed i feldspati e meno accentuato per la calcite.

Le fig. 4 e 5 riportano i dati mineralogici ed idrometrici relativi rispettivamente ai campioni dei giorni 15, 16, 17, 18, 19 e dei giorni 23, 24, 25 novembre 1969.

Sempre evidente il sistematico sfasamento in ritardo dei valori massimi della torbidità rispetto all'onda di piena. Inoltre, come già messo in evidenza dalle fig. 1 e 2 non si nota corrispondenza tra torbidità totale e deflusso liquido.

Per quanto concerne la composizione mineralogica si osserva ancora una stretta relazione tra torbidità totale e quantità di fillosilicati. Meno evidente, anche se ancora ben visibile, soprattutto in fig. 4, l'aumento del quarzo e dei feldspati con l'esaurirsi dell'onda di piena. La discussione dei dati mette in evidenza una sostanziale mancanza di corrispondenza fra deflusso liquido e torbidità totale, ed una correlazione assai scarsa tra torbidità totale e composizione mineralogica quantitativa dei materiali trasportati.

L'esiguo numero di campioni esaminati non permette l'elaborazione di un bilancio per l'anno idrologico (1936-1974) dei singoli minerali trasportati. Bilancio che risulterebbe, comunque, poco significativo tenuto conto della notevole differenza che si riscontra

TABELLA 3 - *Dati idrografici relativi all'anno idrologico medio (1936-1974).*

Mese	Torbidità (Kg/m <sup>3</sup> )			Portata torbida (Kg/sec.)			Deflusso torbido (tonn.x10 <sup>3</sup> )	Contributo torbido (tonn./Km <sup>2</sup> )
	Max.	Min.	Media	Max.	Min.	Media		
Genn.	1.560	0.0	0.418	1210.0	0.00	66.90	179.00	21.90
Febbr.	0.699	0.0	0.293	295.0	0.02	81.90	198.00	24.20
Marzo	0.398	0.0	0.180	176.0	0.02	34.90	93.40	11.40
April.	0.095	0.011	0.035	16.6	0.61	3.42	8.86	1.08
Magg.	0.075	0.0	0.011	5.1	0.00	0.42	1.13	0.14
Giug.	0.039	0.0	0.008	0.4	0.00	0.15	0.38	0.05
Lugl.	0.052	0.0	0.032	0.4	0.00	0.20	0.69	0.08
Agost.	0.024	0.0	0.006	0.3	0.00	0.04	0.11	0.01
Sett.	0.266	0.0	0.076	3.4	0.00	0.71	1.85	0.23
Ott.	0.031	0.0	0.014	0.2	0.00	0.09	0.24	0.03
Nov.	3.070	0.008	0.884	721.0	0.19	81.10	210.00	25.70
Dic.	0.798	0.029	0.161	165.0	1.24	18.50	49.60	6.06
ANNO	3.070	0.0	0.276	1210.0	0.00	24.00	743.00	90.90

TABELLA 4 - *Dati idrografici relativi all'anno (1969).*

Mese	Torbidità (Kg/m <sup>3</sup> )			Portata torbida (Kg/sec.)			Deflusso torbido (tonn.x10 <sup>3</sup> )	Contributo torbido (tonn./Km <sup>2</sup> )
	Max.	Min.	Media	Max.	Min.	Media		
Genn.	3.650	0.0	0.577	3030	0.00	92.06	247.00	30.00
Febbr.	9.600	0.0	0.783	8890	0.00	142.50	349.00	43.00
Marzo	8.490	0.0	0.589	5460	0.00	89.04	239.00	29.00
April.	2.770	0.0	0.346	1720	0.00	37.80	98.00	12.00
Magg.	3.710	0.0	0.421	4300	0.00	37.50	100.00	12.00
Giug.	3.900	0.0	0.311	1020	0.00	15.84	41.00	5.00
Lugl.	2.440	0.0	0.158	432	0.00	2.51	6.70	0.80
Agost.	5.120	0.0	0.259	578	0.00	2.59	6.95	0.85
Sett.	7.040	0.0	0.926	5170	0.00	19.87	51.60	6.30
Ott.	10.400	0.0	1.086	5910	0.00	61.14	164.00	20.00
Nov.	6.500	0.0	0.825	6140	0.00	91.60	237.00	29.00
Dic.	4.670	0.0	0.695	3440	0.00	107.80	287.00	35.00
ANNO	10.400	0.0	0.627	8890	0.00	58.30	1827.00	223.00

TABELLA 5 - *Bilancio per l'anno (1969).*

	Deflusso torbido annuo (tonn.x10 <sup>3</sup> )	Contributo torbido annuo (tonn./Km <sup>2</sup> )
Argille + so- stanza organica	483	59
Quarzo	149	18
Feldspati (Ortochl.+ Plag.)	67	8
Calcite	44	5
TOTALE	743	90

fra i dati di deflusso liquido definiti per l'anno 1969 e quelli medi, rappresentativi dell'anno idrologico, riferito al periodo suddetto (tab. 3 e 4).

A puro titolo indicativo si può proporre, nei limiti di incertezza sopra citati, un bilancio specifico limitato all'anno 1969 (tab. 5).

## CONCLUSIONI

Sulla base dei dati sperimentali raccolti possiamo concludere quanto segue.

Da un punto di vista mineralogico le torbide del fiume Arno, registrate alla stazione di S. Giovanni alla Vena, risultano costituite in prevalenza da materiali argillosi (illite e clorite), accompagnati da quarzo, feldspati e calcite.

I dati idrografici indicano che sostanzialmente non esiste una relazione tra deflusso liquido, torbidità totale e specifica (relativamente ai singoli componenti mineralogici). Ciò può essere attribuito alla dinamica del deflusso liquido specie nei casi in cui si ha una serie più o meno numerosa di successive onde di piena a loro volta associate ad eventi meteorici diversamente distribuiti per intensità e frequenza. Circa le relazioni temporali tra punti di massima torbidità e portata liquida, là dove queste due grandezze sono correlate, si nota costantemente uno sfasamento in ritardo della torbidità rispetto all'onda di piena.

In considerazione del limitato numero di campioni esaminati, che possono ritenersi rappresentativi dei soli mesi di gennaio e novembre 1969, non si ritiene opportuno approfondire le relazioni esistenti tra composizione mineralogica delle torbide e caratteristiche idrogeologiche del bacino interessato. Impossibile anche ogni conclusione circa i rapporti fra deflusso torbido, degradazione ed erosione del bacino di alimentazione e riflessi sul litorale alla foce dell'Arno.

L'argomento potrà essere ripreso sulla base dell'analisi di un sufficiente numero di campioni da prelevare con opportuni accorgimenti in un arco di tempo che possa considerarsi rappresentativo del deflusso torbido di un intero anno.

Le metodologie messe a punto ed i risultati di questa prima indagine fanno infatti ritenere che l'estensione di ricerche analoghe possa portare un notevole contributo alla conoscenza idrogeologica

di un bacino e consenta attendibili ipotesi sugli effetti del trasporto torbido anche fra bacini confluenti.

#### BIBLIOGRAFIA

KLUG H. P., ALEXANDER L. (1954) - X ray diffraction procedures. John Wiley and Sons, New York.

Annali Idrologici (1969) - Ministero L.L.P.P. - Servizio Idrografico di Pisa.

*(ms. pres. il 17 dicembre 1975; ult. bozze il 20 aprile 1976).*