

## Analisi archeometriche su reperti in vetro da centri urbani del Mediterraneo: *Leptis Magna* (Libia) e *Tyros* (Libano). Alcuni dati preliminari

Il Tempio Flavio di *Leptis Magna*, dedicato nel 93-94 d.C. ai *divi* Vespasiano e Tito e a Domiziano vivente, è situato nella zona settentrionale della città, a nord-est del Foro Vecchio (fig. 1), in posizione di controllo sul porto. Dotato di grandi *favisse* verosimilmente adibite a magazzini, viene abbandonato, nella sua funzione cultuale, probabilmente già nel corso del III secolo. Le strutture sono occupate e riutilizzate nelle epoche successive, anche dopo che un terremoto, intorno al 465 d.C., determina la caduta di gran parte degli elementi portanti (il crollo definitivo avviene soltanto alla fine del VII secolo, in conseguenza di un altro evento sismico). Il sito continua tuttavia ad essere frequentato: in corrispondenza della *favissa* settentrionale (tuttora *in situ*), è attestata una produzione di ceramica araba dell'epoca aglabita (IX-X sec.d.C.)<sup>1</sup>. Gli scavi hanno restituito quantità imponenti di ceramica (una valutazione approssimativa oscilla intorno ai 40.000 frammenti), in larga misura proveniente, come in generale il complesso dei materiali, dai livelli sovrastanti il crollo determinato dal terremoto della seconda metà del IV secolo (rare e sporadiche sono le presenze di materiali risalenti all'epoca della costruzione e della frequentazione del tempio; i livelli più antichi sono stati del resto indagati soltanto attraverso limitati sondaggi).

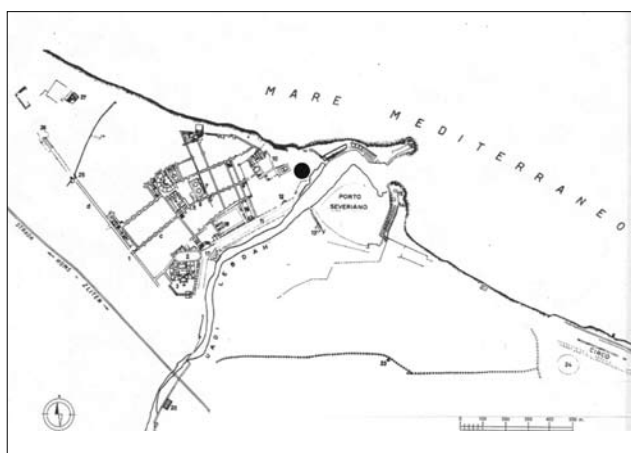


Fig. 1: Localizzazione del "Tempio Flavio" (*Leptis Magna*) nella zona settentrionale della città, a nord-est del Foro Vecchio, in posizione di controllo sul porto.

La documentazione relativa al vetro è incomparabilmente più ridotta (alcune centinaia di frammenti in tutto): le ragioni di questa limitata presenza vanno probabilmente cercate, al di là dell'ovvio fattore del riuso del materiale, che è comunque condizionante, nel tipo di occupazione del complesso successivamente all'abbandono del tempio, in cui sembra prevalere la funzione di deposito di derrate inoltrate dal porto, in contenitori ceramici. Va inoltre rilevato che, mentre la ceramica appare acquisita in maniera esaustiva, per il vetro si può supporre che, almeno in alcuni periodi, sia avvenuta una selezione al momento del recupero: i frammenti conservati infatti hanno in genere una caratterizzazione morfologica (si tratta per lo più di orli o di piedi) o presentano tracce di una decorazione.

Sono inoltre stati recuperati frammenti interpretabili come indicatori di attività vetraria, benché in quantità insufficiente per localizzare nel sito un'officina.

Tra i vetri si può rilevare una presenza estremamente limitata di materiali residuali, riferibili alla prima età imperiale, tra cui probabilmente un gruppo di alcune decine di tessere di mosaico (una delle quali oggetto di analisi), probabilmente pertinenti alla decorazione parietale del tempio.

I frammenti connotati tipologicamente si riferiscono per la maggior parte a forme attestate nell'area mediterranea tra IV e V sec. d.C.; allo stesso periodo appartiene il repertorio decorativo attestato nei vetri incisi, con motivi geometrici e anche figurati. A tale arco cronologico si riconducono anche quelli che possono considerarsi i punti fermi di carattere stratigrafico del sito: la maggior parte dei vetri proviene infatti dai livelli compresi tra il crollo dovuto al terremoto datato intorno al 465 d.C. e lo strato alluvionale (tin) che ricopre uniformemente le strutture alla fine del IV secolo. Sono inoltre attestati alcuni tipi attribuibili all'epoca dell'occupazione bizantina (VI-VII sec.), mentre non sono stati finora individuati con sicurezza materiali riferibili all'orizzonte cronologico della ceramica aglabita.

I campioni presentati in questo lavoro provengono per la maggior parte da *Leptis Magna* e in particolare dal sito del Tempio Flavio, esplorato a partire dagli anni Sessanta del XX secolo da una missione italiana, fondata dal Prof. Antonino Di Vita, diretta negli ultimi

20 anni dall'architetto Enrica Fiandra e successivamente dalla Dott. Anna Maria Dolciotti.

*Leptis Magna* è il principale insediamento urbano della Tripolitania, già frequentato come emporio fenicio all'inizio del I millennio a.C., sottomesso a Cartagine e quindi a Roma, colonia romana dall'epoca di Traiano. Arricchito di fastosi complessi monumentali da Settimio Severo, è stato abbandonato definitivamente molto dopo la conquista araba, nell'XI sec. d.C. Ancora oggi non è possibile tracciare un quadro d'insieme della cultura materiale, neppure in relazione a periodi circoscritti. La ricerca archeologica, non solo durante i grandi scavi italiani dell'epoca coloniale, a partire dagli anni Venti del Novecento, ma anche nel dopoguerra e nel periodo più recente, ha inevitabilmente privilegiato la ricostruzione dell'assetto urbanistico e delle strutture monumentali, mentre scarsa attenzione si è dedicata alle quantità ovviamente rilevanti di materiali, soprattutto ceramici, accumulati nei depositi del Museo Archeologico. Soltanto negli ultimi anni sono comparsi alcuni lavori dedicati a classi diverse di ceramica (Terra Sigillata, anfore), non ancora a carattere di sintesi generale, ma nell'ambito di contesti di scavo.

Per quanto riguarda il vetro, sono stati finora pubblicati, benché in assenza di un'adeguata documentazione grafica, soltanto i materiali provenienti dagli scavi del teatro<sup>2</sup>. Vanno inoltre ricordati gli oltre 40 pezzi rinvenuti in una tomba familiare della necropoli di Gasu Gelda, utilizzata per più generazioni dall'Età



Fig. 2: I campioni analizzati sono reperti riferibili al ciclo di produzione vetraria: A-blocchetto di vetro fuso semilavorato trasparente di colore verde-azzurro scuro (campione 3); B-goccia di vetro semitrasparente verde-azzurra (campione 5); C-scheggia di vetro semitrasparente incolore (campione 4); D-frammenti di manufatti finiti.

Flavia alla metà del II sec. d.C. (anche questi illustrati solo da alcune fotografie di insieme)<sup>3</sup>.

Risulta quindi di particolare interesse lo studio da poco iniziato sui reperti vitrei dagli scavi del "Tempio Flavio", di cui questo lavoro rappresenta un momento preliminare. Alcuni dei campioni selezionati per le analisi, a un esame preliminare, sono stati classificati come possibili indicatori di produzione (v. blocchetto vetro fuso semilavorato, goccia di vetro fuso, scheggia di vetro fuso incolore, tab. 1; fig. 2).

PROVENIENZA	CAMPIONE	INVENTARIO	LOCALIZZAZIONE	DESCRIZIONE
Leptis Magna	3	8-1970	Tempio Flavio - dall'area a est dell'edificio templare, in corrispondenza dell'arco libero, intorno al capitello ionico.	blocchetto vetro semitrasparente verde-azzurro scuro
	4	17.86a	Tempio Flavio - area del portico dell'edificio di probabile epoca bizantina (seconda metà VI-prima metà VII sec. d.C.) costruito sui resti del tempio (lato est), da strato di fine IV secolo, sovrapposto allo strato nero formatosi successivamente al terremoto della metà del IV sec. d.C.	scheggia di vetro semitrasparente incolore
	5	17.86b	Tempio Flavio - area del portico dell'edificio di probabile epoca bizantina (seconda metà VI-prima metà VII sec. d.C.) costruito sui resti del tempio (lato est), da strato di fine IV secolo, sovrapposto allo strato nero formatosi successivamente al terremoto della metà del IV sec. d.C.	goccia di vetro semitrasparente verde-azzurro
	6	17.86c	Tempio Flavio - area del portico dell'edificio di probabile epoca bizantina (seconda metà VI-prima metà VII sec. d.C.) costruito sui resti del tempio (lato est), da strato di fine IV secolo, sovrapposto allo strato nero formatosi successivamente al terremoto della metà del IV sec. d.C.	tessera di mosaico a facce quadrangolari (lato cm 1) di vetro opaco, poroso, di colore verde acqua
	7	2.2003.	Tempio Flavio - dalla superficie della strada che affianca il lato SW del Tempio, lastricata in blocchi lapidei	frammento di ansa a bastoncino, vetro trasparente verde-azzurro, superficie esterna molto alterata
	8	29.85	Tempio Flavio - saggio 2.80 (lato N, verso la fronte E del tempio), probabilmente da un livello sovrapposto allo strato rosso formato dall'alluvione della fine del IV sec. d.C.	frammento di fondo di bicchiere o coppa in vetro soffiato, con piede applicato formato da un filamento in vetro fuso avvolto in due giri, colore verde-azzurro, con superficie esterna alterata. Diametro del piede: cm 3,6
Tyros	1	1	Tyros - da un blocco di vetro grezzo, forse proveniente dallo scavo di una fornace tardoantica, collocata ai margini dell'insediamento urbano (nel sito della vetreria sono tuttora sparsi blocchi di vetro semilavorato)	blocchetto vetro grezzo, semitrasparente, di colore verde-azzurro
	2	2	Tyros - sporadico, da survey nel sito di Tyros	frammento di parete in vetro soffiato sottile, di colore verde-azzurro

TABELLA 1. I campioni analizzati.

In questo caso, le tematiche di cultura materiale, da definire attraverso l'interrogazione dei campioni, riguardano l'attendibilità dell'ipotesi di una loro pertinenza a una produzione secondaria di vetro nel sito di *Leptis Magna*. In particolare la composizione del blocchetto di vetro grezzo (n. 3; tab. 1) può essere messa a confronto con quella di un frammento analogo proveniente da *Tyros* (n. 1; tab. 1). I dati archeologici, per quanto piuttosto labili, inducono a collegare entrambi i campioni a una produzione tarda, forse già medievale per il pezzo da *Tyros*. La tessera di mosaico (n. 6; tab. 1) potrebbe rappresentare un elemento residuale proveniente dalla decorazione originaria del tempio. Nel sito sono state rinvenute poco più di 100 tessere di mosaico in vetro, disseminate in tutti i settori esplorati, prevalentemente di colore verde-blu, come il campione considerato, con presenze isolate di colore blu, giallo, rosso. Un rivestimento parietale in tessere vitree verde-blu è parzialmente conservato *in situ* in un ambiente delle terme adrianeae. In questo caso i risultati delle analisi potrebbero essere messi a confronto con la documentazione disponibile in letteratura sulla composizione di questa classe di manufatti.

Dei due campioni riferibili a manufatti (nn. 7 e 8; tab. 1) il primo, un frammento sporadico pertinente a un'ansa a bastoncino in vetro fuso, non sembra presentare elementi per una datazione su base tipologica, mentre il secondo, un frammento di fondo, con piede formato da un filamento di vetro fuso avvolto in due giri (fig. 3), appartiene a un tipo di recipienti da mensa con piede ad anelli sovrapposti ben documentato in

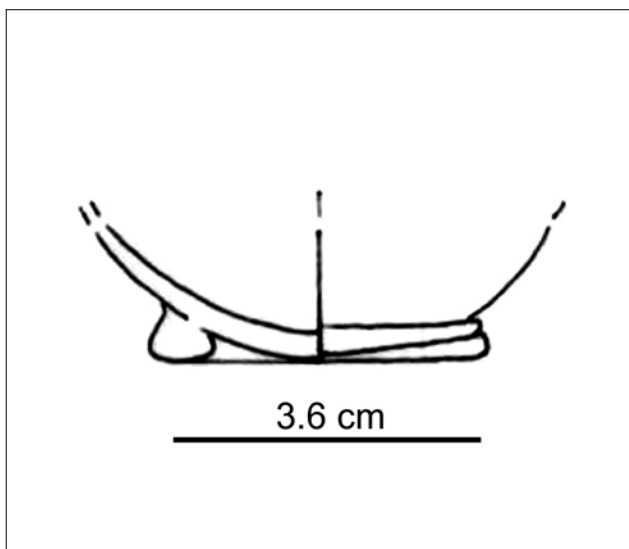


Fig. 3: Frammento di fondo di bicchiere o coppa in vetro soffiato, con piede applicato formato da un filamento in vetro fuso avvolto in due giri (campione 8). Il tipo è ben documentato in area mediterranea, nella seconda metà del IV e nel V sec. D.C. Vetro verde-azzurro, completamente ricoperto da alterazioni scure. Inv. 29.85. Diam. piede cm 3,6.

area mediterranea, soprattutto nel settore occidentale, a Cartagine, a Roma (scavi della *Crypta Balbi*) e anche nelle province alpine tra la metà del IV e il V sec. d.C.<sup>4</sup>.

I due campioni possono essere confrontati con il frammento sporadico dal sito di *Tyros* (n. 2; tab. 1), in relazione alla presenza di elementi in tracce caratterizzanti la regione di provenienza delle materie prime.

Lo studio archeometrico dei campioni di *Leptis Magna* è stato indirizzato alla caratterizzazione degli indicatori in vetro e dei frammenti di manufatto, cercando di definire quale fosse la ricetta di produzione in termini di materie prime utilizzate, ed infine un confronto con aree di produzione coeve, in particolare l'area di *Tyros*.

### La metodologia di indagine

Lo studio analitico dei reperti è stato condotto su frammenti di dimensioni molto piccole. I frammenti, inglobati in resina, lucidati e metallizzati a grafite, sono stati studiati in microsonda elettronica, per la determinazione degli elementi maggiori e di alcuni elementi minori, e con uno spettrometro di massa abbinato a plasma accoppiato induttivamente. Il campionamento è realizzato attraverso ablazione laser (LA-ICP-MS) su volumi di pochi micron cubici.

Le misure in microsonda elettronica sono state eseguite utilizzando la ARL-SEMQ del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Modena, strumento dotato di quattro spettrometri di lunghezza d'onda di scansione. Gli elementi analizzati sono Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Sb, Sn. Le analisi sono state condotte utilizzando 15 kV e 20 nA, utilizzando minerali naturali come standard analitici. Per attenuare la migrazione degli alcali durante la misura, è stato utilizzato un fascio defocalizzato di 30 µm di diametro. I risultati sono stati elaborati attraverso il programma proposto da Donovan e Rivers, nel 1990.

L'errore sulle misure è più basso di 3%.

La strumentazione LA-ICP-MS è installata presso i laboratori CNR-IGG di Pavia. Lo strumento combina lo spettrometro di massa "Element I analyser" della Thermo Finnigan con la sorgente laser Q-switched Nd:YAG operante su un'area dal diametro di 40 micron. La quantificazione delle misure è stata realizzata utilizzando il vetro NIST SRM 612, con Mg come standard interno per ciascun campione. Con tale strumentazione sono stati determinati i contenuti di Ni, Co, Cu, Zn, Sb, Sn, As e Pb. Precisione ed accuratezza sono state stimate sullo standard USGS BCR-2(g) e sono entrambe migliori di 10% per concentrazioni in ppm.

Tali dati permettono di aggiungere dettagli composizionali, utili per meglio definire le informazioni relative alla provenienza e all'uso di differenti materiali naturali entro la ricetta di produzione.

## I dati analitici

Le tipologie di reperti analizzati comprendono sia indicatori del ciclo di produzione vetraria, sia frammenti di manufatti finiti<sup>5</sup>. Tali reperti rappresentano differenti momenti della catena operativa di produzione del vetro, pur non essendo però degli indicatori “univoci” poiché, se interpretati attraverso un confronto con la produzione artigianale attuale o con esperimenti di etnoarcheologia<sup>6</sup>, possono essere riferiti a più momenti del ciclo di produzione. Le masse di vetro omogeneo, semitrasparenti fino a trasparenti, possono prodursi nella fase di “glass making”, come testimonianza del prodotto di fusione delle materie prime, oppure riferirsi ad una fase di lavorazione (“glass working”) come testimonianza dello scarto del vetro dei crogioli, a fine giornata lavorativa. Le masse di vetro di *Leptis Magna* mostrano una tessitura molto omogenea: non sono state osservate né fasi relitte, né fasi di neoformazione, né bollosità, né evidenti zonature composizionali (corde), ad indicare quindi un vetro già affinato, pronto per la lavorazione (soffiatura).

Le gocce sono ancora più complesse nella loro interpretazione, poiché possono derivare non solo da operazioni legate alla produzione vetraria. Gli stessi frammenti di manufatti finiti, soprattutto se ritrovati in contesti produttivi, rimangono ambigui: sono gli scarti della produzione della vetreria (indicatori di lavorazione) o rappresentano il materiale vetroso di riciclo e quindi destinato alla fusione delle materie prime (indicatori di produzione)?

I reperti di *Leptis Magna* non ci aiutano a districare queste argomentazioni, pur rappresentando, nel loro insieme, la testimonianza di una lavorazione del vetro, considerando la numerosità dei reperti restituiti dallo scavo archeologico

Considerando i valori degli elementi chimici maggiori, i reperti in vetro provenienti dal sito archeologico del Tempio Flavio di *Leptis Magna* appartengono alla famiglia Si-Na-Ca vetro (tab. 2). I valori di SiO<sub>2</sub> (66.3-71.7 wt%), di Na<sub>2</sub>O (14.5-18.9 wt%) e CaO (5.6-9.2 wt%) corrispondono al tradizionale vetro romano<sup>7</sup>. I contenuti di Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sono molto vari, ma sempre inferiori a 3.5 wt%; molto bassi sono pure i

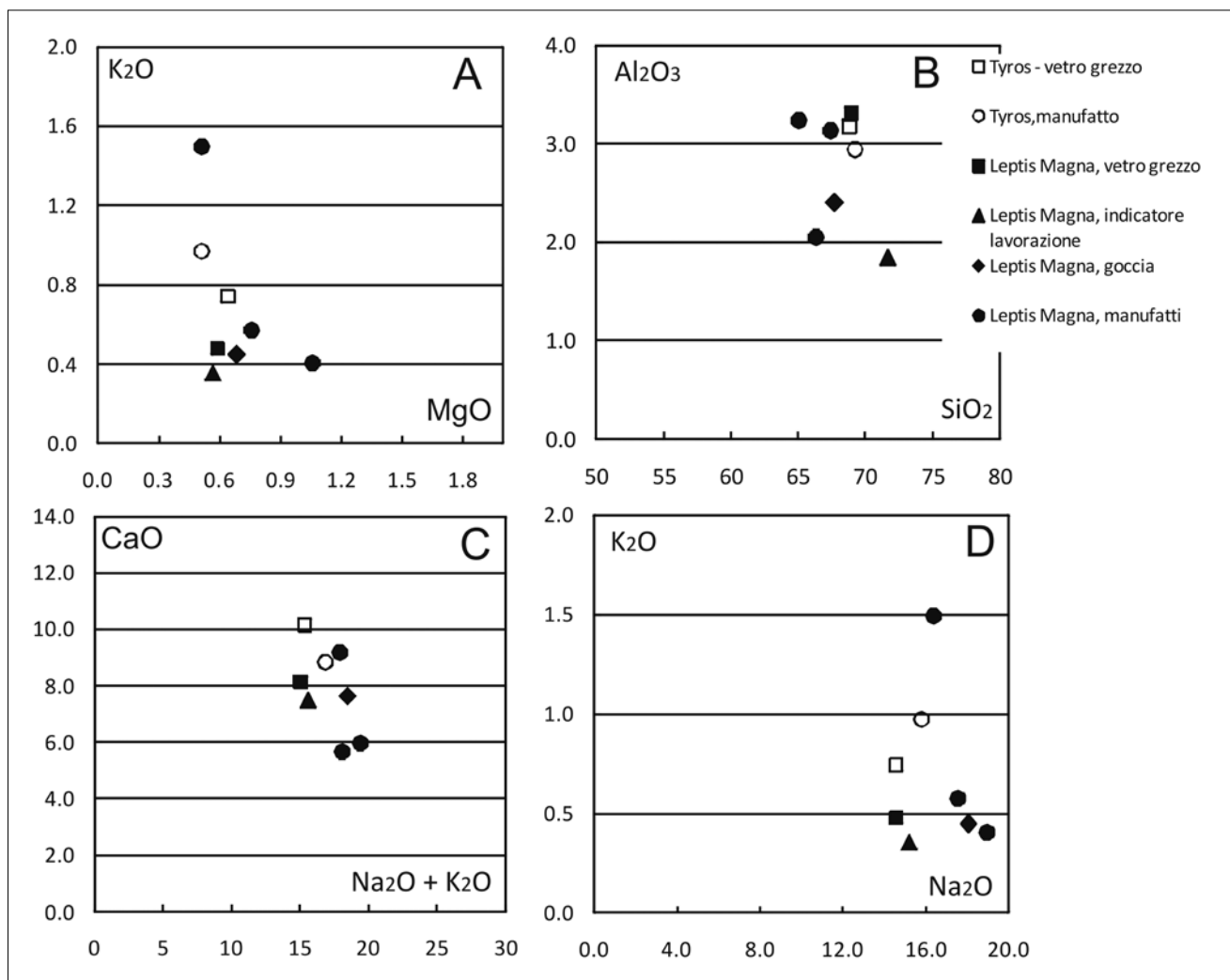


Fig. 4: Distribuzione di alcuni elementi maggiori. A - MgO/K<sub>2</sub>O, B - SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, C - alcali (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O)/CaO, D - Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O. I valori sono espressi in wt%.

SIGLA CAMPIONE	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl	K <sub>2</sub> O	CaO	MnO	FeO	TiO <sub>2</sub>	Ni*	Co*	Cu*	Zn*	Sb*	Sn*	As*	Pb*
1 - Tyros, vetro grezzo	14.57	0.64	3.18	68.81	0.12	0.14	0.88	0.74	10.15	0.00	0.40	0.08	4.31	3.04	13.55	9.59	0.01	1.96	2.28	27.05
2 - Tyros, frammento manufatto	15.81	0.51	2.95	69.23	0.09	0.15	1.16	0.97	8.83	0.01	0.30	0.06	3.27	1.20	8.21	10.72	0.01	2.46	2.24	75.61
3 - Leptis Magna, vetro grezzo	14.56	0.59	3.31	68.98	0.10	0.09	1.31	0.48	8.13	1.68	0.53	0.09	13.99	11.93	12.55	16.28	0.00	0.76	2.43	4.72
4 - Leptis Magna, vetro semilavorato	15.23	0.57	1.85	71.72	0.03	0.32	1.44	0.36	7.49	0.01	0.33	0.09	3.59	1.42	64.27	25.89	3746.69	0.76	30.58	26.35
5 - Leptis Magna, goccia	18.04	0.68	2.40	67.71	0.04	0.29	1.32	0.45	7.65	0.02	0.60	0.13	5.82	2.07	50.32	25.20	4067.57	7.06	72.19	61.79
6 - Leptis Magna, tessera di mosaico	17.53	0.76	2.05	66.33	0.59	1.49	1.13	0.57	5.67	0.47	0.14	0.08	5.84	3.68	12903.19	118.15	7190.79	618.79	38.04	1315.44
7 - Leptis Magna, frammento di ansa a bastoncino	16.37	0.51	3.13	67.47	0.18	0.24	0.56	1.50	9.17	0.83	0.43	0.08	7.94	5.29	51.51	18.25	4.84	1.73	2.51	16.09
8 - Leptis Magna, frammento fondo di bicchiere	18.98	1.06	3.23	65.05	0.05	0.26	1.21	0.41	5.97	1.83	1.58	0.54	12.49	23.00	69.90	13.85	55.97	2.09	3.13	7.86

TABELLA 2. Composizione chimica dei campioni analizzati. Gli elementi maggiori sono espressi in wt%; gli elementi minori indicati con \* sono espressi in ppm.

valori di MgO (compresi tra 0.5 e 1 wt%) e di K<sub>2</sub>O (0.4-1.5 wt%), come riportato in fig. 4A.

La tessera di mosaico presenta una tessitura listata a bande ed una composizione disomogenea. Nelle immagini in elettroni retrodiffusi (fig. 5A) sono ben visibili livelli a differente tonalità di grigio, corrispon-

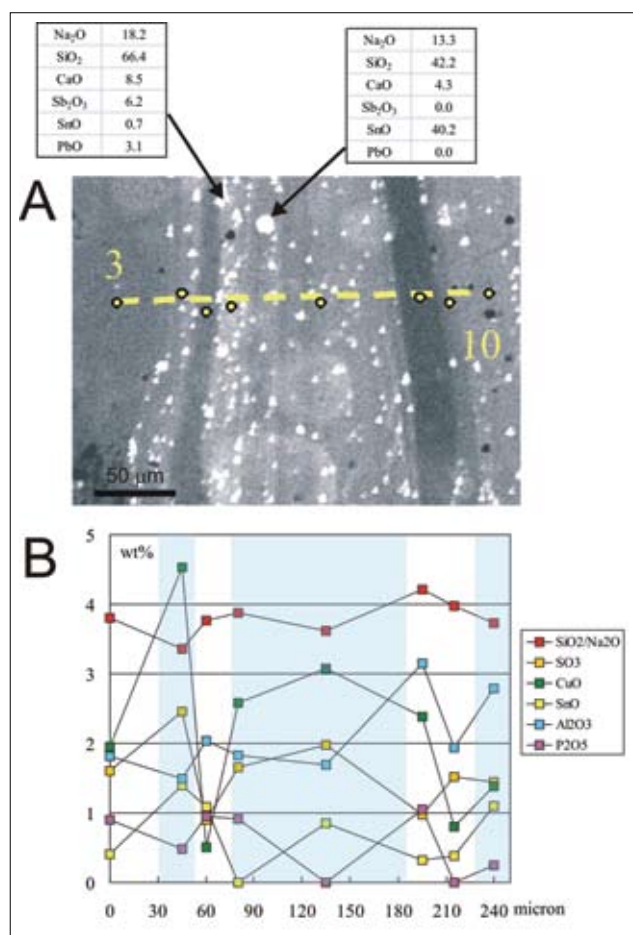


Fig. 5: Traversa composizionale riferita alla tessera di mosaico. A - immagine in elettroni retrodiffusi della tessitura a bande. Le tabelle indicano la composizione chimica (in wt%) delle fasi cristalline presenti entro la massa vetrosa. B - andamento di alcuni elementi chimici lungo la traversa composizionale indicata in A.

denti a variazioni della composizione chimica media della massa vetrosa, di spessore variabile tra 50 e 150 micron. Gli abbondanti elementi biancastri, di forma regolare e di piccole dimensioni (dimensioni medie di pochi micron) sono fasi formatesi durante il raffreddamento del vetro, all'atto della formatura della tessera; gli elementi tondeggianti sono invece probabili fasi relitte. Le prime sono Na-Sb-silicati; le seconde sono invece Na-Sn-silicati; entrambe svolgono la funzione di opacizzanti del vetro. Le porzioni grigio scuro sono prive di fasi di neoformazione. In Figura 5A è indicata la traversa composizionale realizzata in microsonda elettronica (EPMA). Le misure nei differenti punti-analisi sono riportate nel grafico in Figura 5B. È possibile definire due tipologie di vetro, pur rimanendo nella famiglia Si-Na-Ca vetro: la prima tipologia contiene Cu come elemento cromoforo e le fasi opacizzanti; il secondo è un vetro più omogeneo, con valori di SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> maggiori rispetto al vetro prima descritto (tab. 3). Lungo la traversa composizionale, l'andamento dei valori di CuO mostra una buona correlazione con quello di SO<sub>3</sub>.

I reperti provenienti da Tyros mostrano intervalli composizionali del tutto paragonabili con quelli descritti per Leptis Magna (fig. 4; tab. 1), a supporto dell'affermazione, sostenuta in numerosi lavori di letteratura<sup>8</sup>, che il vetro romano conserva in modo straordinario una costante composizione chimica, particolarmente in termini di elementi maggiori, attraverso tutto il periodo storico e su lunghe distanze geografiche.

I valori di CaO e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (fig. 6) sono indicativi della sabbia, utilizzata come vetrificante, per la produzione del vetro antico, poiché riflettono eventuali impurezze della materia prima, quali calcite, feldspati, componente argillosa. I reperti di Leptis Magna mostrano una forte dispersione dei dati, posizionandosi sia nel settore del diagramma che indica la composizione del vetro delle province occidentali (European), sia in quello che compete al vetro prodotto nelle regioni

NUMERO ANALISI	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl	K <sub>2</sub> O	CaO	MnO	FeO	CuO	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SnO
3	17.74	0.49	1.82	67.45	0.90	1.60	1.59	0.49	5.10	0.50	0.00	1.95	0.00	0.41
4	18.99	0.48	1.50	63.87	0.48	2.46	1.23	0.62	4.33	0.18	0.00	4.53	0.00	1.39
5	18.07	1.05	2.04	68.01	0.95	0.90	1.39	0.14	5.52	0.16	0.18	0.51	0.00	1.09
6	17.35	0.81	1.83	67.24	0.91	1.66	0.88	1.02	4.65	0.00	0.00	2.58	1.09	0.00
7	18.16	0.74	1.69	65.68	0.00	1.98	0.71	0.94	6.18	0.00	0.00	3.07	0.00	0.85
8	15.85	1.00	3.15	66.76	1.05	0.98	1.31	0.52	5.65	0.90	0.18	2.38	0.00	0.32
9	17.29	0.33	1.94	68.70	0.00	1.52	0.74	0.45	6.64	1.24	0.00	0.80	0.00	0.38
10	17.59	1.26	2.79	65.64	0.25	1.44	0.73	0.50	5.78	1.01	0.55	1.38	0.00	1.10

TABELLA 3. Analisi puntuali condotte in microsonda elettronica, riferiti alla traversa compositiva illustrata in Figura 5. I valori sono espressi in wt%.

orientali del mediterraneo (più esattamente Levantine I e Levantine II)<sup>9</sup>.

I contenuti di K<sub>2</sub>O e MgO, se confrontati con i dati proposti da Lilyquist e Brill (1995), indicano come fonte principale di fondente il Natron (fig. 7).

Cu e Co sono presenti in tutti i reperti indagati: per i campioni di *Leptis Magna* i valori sono compresi tra 1-23 ppm per Co e 12-70 ppm per Cu; solo la tessera di mosaico mostra valori più elevati (tab. 2).

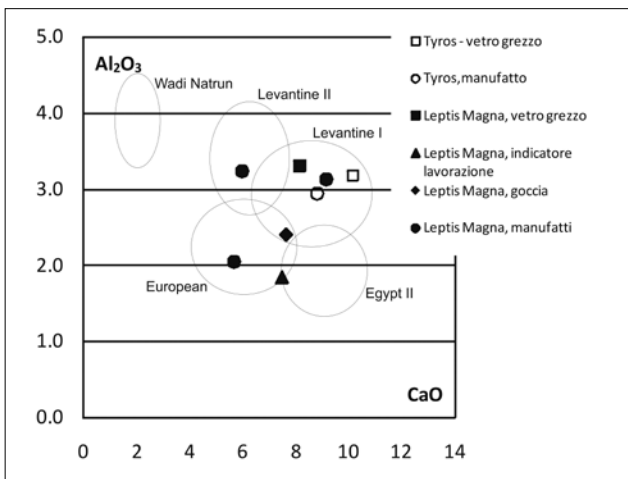


Fig. 6: Diagramma binario CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (wt%). Le ellissi rappresentano aree composizionali riferite a vetro ottenuto utilizzando il Natron come fondente, definite da Freestone (1994) e da Sayre and Smith (1961).

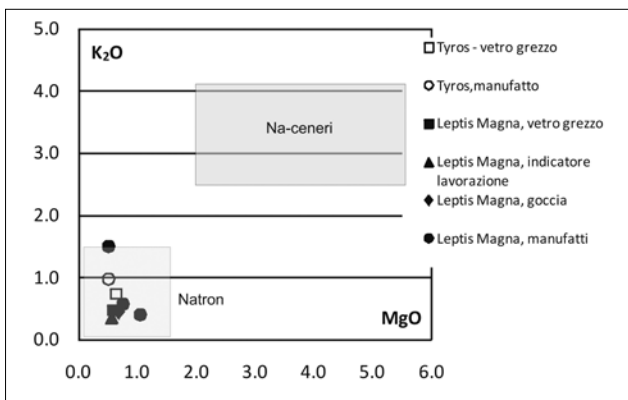


Fig. 7: Diagramma binario MgO/K<sub>2</sub>O (wt%). Le aree in grigio indicano le composizioni chimiche del vetro ottenuto con l'utilizzo del Natron e delle ceneri di piante sodiche (Lilyquist and Brill 1995).

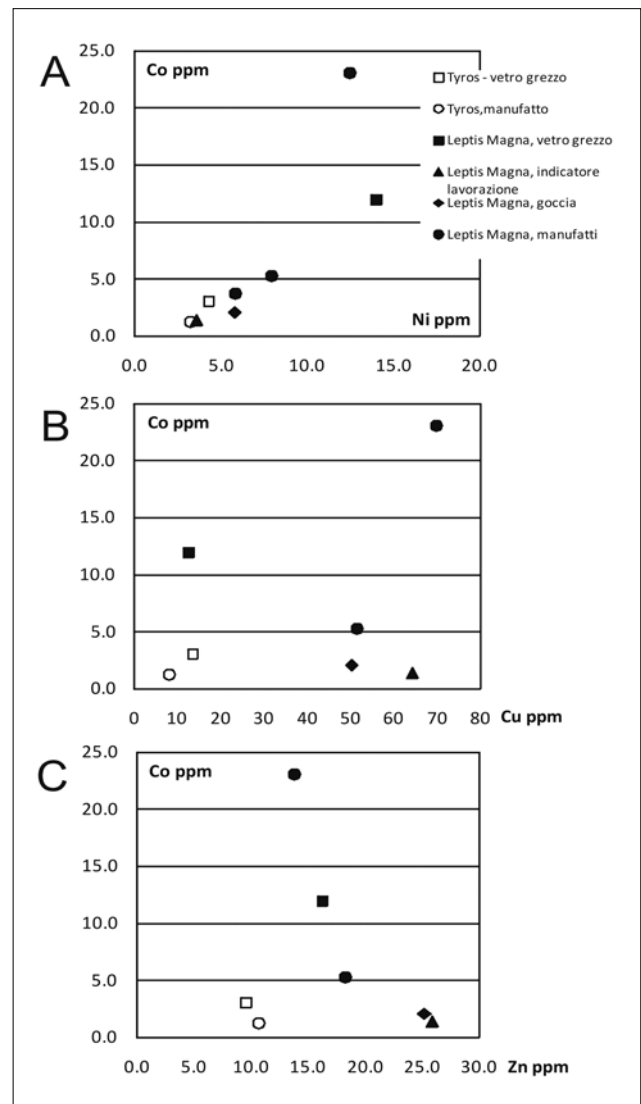


Fig. 8: Distribuzione di alcuni elementi minori e loro correlazione con Co. A - Ni/Co, B - Cu/Co, C - Zn/Co. I valori sono espressi in ppm.

Co presenta una buona correlazione con Ni (fig. 8A), ma non con Cu (fig. 8B), Zn (fig. 8C) e As (tab. 2); poco significativi i campioni provenienti da *Tyros*. I bassi contenuti di tale elementi cromofori, eccezione fatta per la tessera di mosaico, portano ad interpretare la loro presenza come accidentale, legata ad impurità delle materie prime, piuttosto che intenzionale.

I valori di Sb, utilizzato come decolorante del vetro nell'area del Mediterraneo occidentale già dal primo millennio a.C., presentano un andamento anomalo: Sb è assente nel vetro grezzo di *Leptis Magna*, ha valori elevati (3747-7191 ppm) negli indicatori di lavorazione e nella tessera di mosaico, presenta valori contenuti (5-56 ppm) nei manufatti trasparenti (tab. 2). Per contro, i reperti da *Tyros* mostrano bassissimi contenuti di Sb.

### Discussione e conclusioni

Le tipologie di reperti restituiti dallo scavo archeologico del Tempio Flavio di *Leptis Magna* e la loro abbondanza numerica tra i reperti dello scavo permettono di sostenere l'ipotesi di una lavorazione secondaria del vetro "in loco". I valori molto bassi di MgO e K<sub>2</sub>O individuano il natron come fondente per la produzione vetraria. I contenuti di CaO e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, indicativi della componente vetrificante, mostrano una forte dispersione dei dati, a sostenere l'ipotesi che a *Leptis Magna* veniva lavorato, nelle officine secondarie, vetro proveniente da differenti località nell'ambito del bacino del Mediterraneo. Tale ipotesi andrebbe avvalorata attraverso una estensione dei reperti da indagare, per acquisire una statistica più ampia in riferimento alla presenza, nel sito, di differenti sottogruppi composizionali. Tale supposizione potrebbe inoltre dare una spiegazione al fatto che il blocco di vetro grezzo, in termini di elementi minori, risulta dissimile rispetto ai frammenti di manufatti finiti e risulta più vicino, composizionalmente, ai reperti di *Tyros*. Se questa congettura fosse avvalorata da ulteriori dati analitici, il sito potrebbe raccontare dettagli interessanti sulle rotte del commercio del vetro grezzo, dai siti di produzione primaria dell'Egitto e della Palestina verso i centri di lavorazione situati nell'ambito del Mediterraneo.

La tessera di mosaico presenta invece importanti disomogeneità tessiturali e composizionali, in particolare per quegli elementi chimici che sono correlabili con additivi aggiunti alla miscela vetrificabile con funzioni di coloranti e/o opacizzanti. Cu raggiunge valori di 12903 ppm ed è chiaramente l'elemento cromoforo introdotto per ottenere il vetro verde acqua; gli opacizzanti, Sb e Sn, sono associati a Zn e Pb (tab. 2). Co non mostra una netta correlazione con Cu, ma con Ni. La tessera sembra essere stata realizzata miscelando due differenti tipologie di vetro: uno molto omogeneo e l'altro, differente in termini di elementi

maggiori rispetto al primo, contiene gli elementi cromofori e le fasi opacizzanti. Le fasi cristalline, formatesi durante la fase di raffreddamento della massa vetrosa, presentano due distinte composizioni: la fase di forma pseudo triangolare Na-Ca silicato (combeite?) ricca in Sb, mentre la fase di forma tondeggianti è ugualmente un Na-Ca silicato contenente Sn.

Claudia Maccabruni  
Dipartimento di Scienze dell'Antichità –  
Università degli Studi di Pavia  
CISRIC-Centro Interdipartimentale Studi e Ricerche  
per la conservazione dei Beni Culturali –  
Università degli Studi di Pavia

Maria Pia Riccardi  
SMALab – Dipartimento di Scienze della Terra – Università  
degli Studi di Pavia  
CISRIC-Centro Interdipartimentale Studi e Ricerche per la Con-  
servazione dei Beni Culturali – Università degli Studi di Pavia  
Via Ferrata, 1, I – 27100 Pavia  
mariapia.riccardi@unipv.it

### Note

\* Claudia Maccabruni è prematuramente scomparsa nell'aprile 2009. Il testo pertanto non ha potuto essere rivisto dall'Autrice nella sua versione finale (n.d.r.).

\* Si ringrazia Maria Grazia Diani per l'efficace aiuto profuso sia in fase di stesura, sia nella revisione del testo.

<sup>1</sup> FIANDRA – CALOI 1997; FIANDRA 1998.

<sup>2</sup> JOLY 1992.

<sup>3</sup> FONTANA 1996.

<sup>4</sup> Cfr. STERNINI 1995, p. 249, con elenco dei siti di ritrovamento; STERNINI 2000, p. 140 (Cartagine); RÜTTI 1991, tipo AR 73, nn. 1496-1498.

<sup>5</sup> MENDERA – FENZI – GALGANI – GIANNICCHEDDA – GUERRIERO – LERMA – MESSIGA – RICCARDI – VIGATO 2005; GIANNICCHEDDA – LERMA – MANNONI – MESSIGA – RICCARDI 2000.

<sup>6</sup> LERMA – MARCHESI – MENDERA – MESSIGA – RICCARDI 2006; LERMA – MENDERA – MESSIGA – RICCARDI 2009; PAYNTER 2008; TAYLOR – HILL 2008.

<sup>7</sup> TURNER 1956; SAYRE – SMITH 1961; NENNA 1998; PICON – VICHY 2003.

<sup>8</sup> FREESTONE 1994; SAYRE – SMITH 1961; VANDINI – FIORI – CAMETTI 2006; ARLETTI – VEZZALINI – BIAGGIO SIMONA – MASELLI SCOTTI 2008.

<sup>9</sup> NENNA 2000, n. 33, pp. 97-112; PICON – VICHY 2003.

### Riferimenti bibliografici

*Annales 14<sup>e</sup> = Annales du 14<sup>e</sup> Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre, Venezia-Milano 1998, Lochem 2000.*

*Annales 16<sup>e</sup> = Annales du 16<sup>e</sup> Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre, London 2003, Nottingham 2005.*

*Annales 17<sup>e</sup> = Annales du 17<sup>e</sup> Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre, Anvers 2006, K.*

- JANSENS – P. DEGRYSE – P. COSYNS – J. CAEN – L. VAN’T DACK Éd., Anvers 2009.
- ARLETTI R. – VEZZALINI G. – BIAGGIO SIMONA S. – MASELLI SCOTTI F. 2008, *Archaeometrical studies of roman imperial age glass from Canton Ticino*, in “Archaeometry”, 50, 4, pp. 606-626.
- DONOVAN J. J. – RIVERS M. L. 1990, *PRSUPR - a PC-based automation and analysis software package for wavelength-dispersive electron-beam microanalysis*, in J. R. MICHAEL – P. INGRAM Edd., *Microbeam analysis*, San Francisco, pp. 66-68.
- Échanges et commerce du verre dans le monde antique. Actes du colloque de l’Association Française pour l’Archéologie du Verre, Aix-en-Provence et Marseille 2001*, éd. D. FOY – M.-D. NENNA, Montagnac 2003.
- FIANDRA E. – CALOI L. 1997, *I ruderi del tempio flavio di Leptis Magna*, in “Lybia Antiqua”, n. s. 3, pp. 147-163.
- FIANDRA E. 1998, *Missione archeologica italo-libica “Tempio Flavio” a Leptis Magna*, in “Lybia Antiqua”, n.s. 4, pp. 172-173.
- FONTANA S. 1996, *Il corredo*, in *L’ipogeo dei Flavi a Leptis Magna presso Gasu Gelda*, in “Lybia Antiqua”, n.s. 2, pp. 112-120.
- FREESTONE I. C., 1994, *Chemical analysis of ‘raw’ glass fragments*, in H. R. HURST Ed., *Excavations at Carthage: the British mission, II: the circular harbour, north side*, Oxford, p. 290.
- GIANNICCHEDDA E. – LERMA S. – MANNONI T. – MESSIGA B. – RICCARDI M. P. 2000, *Archeologia del vetro medievale in Liguria*, in *Atti del II Congresso Nazionale di Archeologia Medievale* (Brescia, 28 settembre-1 ottobre 2000), a cura di G. P. BROGIOLO, Firenze, pp. 462-467.
- JOLY E. 1992, *Oggetti di vetro, di pasta vitrea, di pietra dura*, in JOLY E. – GARRAFFO S. – MANDRUZZATO A., *Materiali minori dallo scavo del teatro di Leptis Magna*, in “Quaderni di Archeologia della Libia”, 15, pp. 199-204.
- LERMA S. – MARCHESI V. – MENDERA M. – MESSIGA B. – RICCARDI M. P. 2006, *The medieval glass factory of Monte Lecco (Genoa, Italy): an interdisciplinary approach to the study of glassmaking and glassworking indicators*, in *Book of abstracts, 17th Congress of the International Association for the History of Glass (AIHV)*, (Antwerp, september 2006), Antwerp, p. 124.
- LERMA S. – MENDERA M. – MESSIGA B. – RICCARDI M. P. 2009, *A standard methodology for classification of glassmaking and glassworking indicators: the medieval glass factory of Monte Lecco (Genoa, Italy)*, in *Book of abstracts, 17th Congress of the International Association for the History of Glass (AIHV)*, (Antwerp, september 2006), Antwerp, p. 123.
- LILYQUIST C. – BILL R. H. 1995, *Studies in ancient Egyptian glass*, New York.
- MENDERA M. – FENZI F. – GALGANI M. C. – GIANNICCHEDDA E. – GUERRIERO P. – LERMA S. – MESSIGA B. – RICCARDI M. P. – VIGATO P. A. 2005, *Archaeology of glass: medieval and renaissance production in Italy. Characterization and classification of production indicators: an interdisciplinary approach*, in *Annales 16<sup>e</sup>*, pp. 223-226.
- NENNA M.-D. 1998, *Ateliers de production et sites de consommation en Égypte (Ve siècle av. J.-C. – VIIIe s. ap. J.-C.)*. Premier bilan, in *Annales 14<sup>e</sup>*, pp. 20-24.
- NENNA M.-D. – PICON M. – VICHY M. 2000, *Ateliers primaires et secondaires en Égypte à l’époque gréco-romaine*, in M. – D. NENNA Éd., *La route du verre. Ateliers primaires et secondaires du second millénaire av. J.-C. au Moyen Âge*, (Travaux de la Maison de l’Orient Méditerranéen, n. 33), Lyon, pp. 97-112.
- PAYNTER S. 2008, *Experiments in the reconstruction of wood-fired glassworking furnaces: waste products and their formation processes*, in “Journal of Glass Studies”, 50, pp. 271-290.
- PICON M. – VICHY M. 2003, *D’Orient et Occident: l’origine de verre à l’époque romaine et durant le haut Moyen Âge*, in *Échanges et commerce*, pp. 17-31.
- RÜTTI B. 1991, *Die römischen Gläser aus Augst und Kaiseraugst*, I-II, Augst.
- SAYRE E. V. – SMITH R. V. 1961, *Compositional categories of ancient glass*, in “Science”, 133, pp. 1826-1827.
- STERNINI M. 1995, *Il vetro in Italia tra V e IX secoli*, in D. FOY Éd., *Le verre de l’Antiquité tardive et du Haut Moyen Âge. Typologie - Chronologie - Diffusion*, Guiry-en-Vexin, pp. 243-269.
- STERNINI M. 2008, *Les verres romains d’après les fouilles italiennes à Carthage (1973-1977)*, in *Annales 14<sup>e</sup>*, pp. 137-141.
- TAYLOR M. – HILL D. 2008, *Experiments in the reconstruction of wood-fired glassworking furnaces* in “Journal of Glass Studies”, 50, pp. 249-270.
- TURNER W. E. S. 1956, *Studies in ancient glasses and glass-making processes. Part IV: the chemical composition of ancient glasses*, in “Journal of the Society of Glass Technology”, 40, pp. 162-186.
- VANDINI M. – FIORI C. – CAMETTI R. 2006, *Classification and technology of Byzantine mosaic glass* in “Annali di Chimica”, 96, pp. 587-598.