

# Cronologia di vetri protostorici veneti mediante indagini archeometriche

IVANA ANGELINI\*, MICHELE CUPITÒ\*\*,  
CINZIA BETTINESCHI\*\*, GIOVANNI LEONARDI\*\*,  
GIANMARIO MOLIN\*

## Riassunto

Sono stati sottoposti ad indagini archeometriche reperti in vetro provenienti da due insediamenti dell'età del bronzo veneti: Fondo Paviani (Verona) e Montebello Vicentino (Vicenza). Scopo del presente studio è non solo la caratterizzazione chimico-fisica dei reperti ma anche, in primo luogo, la ricerca di risposte a specifici problemi cronologici. Le principali questioni investigate sono: 1) il cambio composizionale da vetri HMG a vetri LMHK si può retrodatare ad una fase precedente il BF propriamente detto? 2) i reperti in vetro raccolti in superficie a Fondo Paviani si possono correlare al periodo di occupazione del sito: ovvero al tardo BM3/BR-BF iniziale? E se sì, a quale fase possono essere assegnati? 3) le masse in vetro trovate a Fondo Paviani durante le raccolte di superficie sono correlabili ad un'attività produttiva locale?

I campioni sono stati analizzati tramite SEM-EDS, EPMA ed analisi d'immagine 2D computerizzata. I risultati possono essere riassunti nei punti seguenti: 1) il vago proveniente dagli scavi di Montebello Vicentino, collocabile ad una fase di transizione tra BR e BF, è composto da vetro HMG. Questo dato conferma che non sono noti vetri LMHK prima dell'inizio del BF propriamente detto; 2) la tessitura e la composizione LMHK rilevate nel vago sporadico di Fondo Paviani permettono di assegnare con certezza il reperto alla fase insediativa di BF; 3) le masse di vetro raccolte in superficie nello stesso sito, data la loro composizione, non possono essere datate all'età del bronzo e pertanto non sono correlabili ad un'attività di produzione locale. Una è infatti costituita da un vetro incolore

\* Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Padova,  
ivana.angelini@unipd.it

\*\* Dipartimento di Archeologia, Università degli Studi di Padova.

di composizione LMG, le altre sono scorie di altoforno per la produzione di ferro degli inizi del '900.

Dal presente lavoro risulta evidente che, in presenza di una ben definita relazione età-composizione, le indagini archeometriche possono dare un forte aiuto nell'interpretazione archeologica di reperti con dubbie attribuzioni.

**Parole chiave:** Vetri, età del bronzo, vetri LMHK, vetri HMG, scorie d'altoforno.

**Abstract:** Chronological investigation of prehistoric glass from Veneto by archaeometric analysis

The glass finds from two Bronze Age settlements located in Veneto (Northern Italy) have been investigated: Fondo Paviani (Verona) and Montebello Vicentino (Vicenza). The present study aims to chemical and physical characterisations of the archaeological finds and, primarily, to answer to chronological questions. The main questions are: 1) may the compositional change from HMG to LMHK glasses date back before the FBA *stricto sensu*? 2) are glasses from the surface layers of Fondo Paviani related to the age of the settlement: late MBA3/RBA – early FBA? If this is true, to which phase may they be referred? Finally 3) are the scraps found at Fondo Paviani during the archaeological survey related to local production?

The glass samples have been characterised by SEM-EDS, EPMA and computerised 2D-image analyses. The results may be summarised in three main points: 1) the bead from the excavation of Montebello Vicentino, belonging to the transition between RBA and FBA, is a HMG glass. This confirms that LMHK glass did not exist before the FBA *stricto sensu*; 2) measured texture and the LMHK-type glass composition of a bead from surface layers of Fondo Paviani allow us to unambiguously date the bead to the FBA period; 3) based on their composition, the glass scraps from the same archaeological survey cannot be dated to the Bronze Age. The glass scraps therefore are not related to local production. Actually one is a colourless glass with LMG composition, and the others are early-20<sup>th</sup> century blast furnace slags produced in the Fe smelting process.

It is argued that in presence of a well-detailed age-composition relationship, archaeometric analyses may greatly aid the archaeological interpretation of puzzling finds.

**Keywords:** Glass, Bronze Age, LMHK glass, HMG glass, blast furnace slag.

## Introduzione

L'esistenza nell'Europa dell'età del bronzo di vetri caratterizzati da una composizione chimica del tutto peculiare, che li distingue nettamente da quelli prodotti in Egitto e nel Vicino Oriente, è nota da tempo grazie ad una serie di indagini archeometriche condotte soprattutto negli ultimi due decenni principalmente su materiali inglesi, irlandesi, italiani, francesi e svizzeri (Henderson 1988, e 1993; Guilaine *et al.* 1990; Brill 1992 e 1999; Hartman *et al.* 1997; Gratuze *et al.* 1998). I vetri europei sono contraddistinti, infatti, da basso tenore di Mg ed elevato di K – da cui la definizione di vetri LMHK (*Low Magnesium High Potassium*) – che consegue all'utilizzo quale fondente di ceneri liscivate di piante ad alcali misti.

Per quanto riguarda l'età del bronzo italiana, fino a non molti anni fa le analisi archeometriche si sono concentrate soprattutto sui materiali provenienti dal sito Frattesina di Fratta Polesine (Rovigo), ubicato nella pianura polesana e sviluppatosi in corrispondenza di un antico ramo del Po tra il BF iniziale e la primissima età del ferro (XII/IX sec. a.C.; per l'inquadramento cronologico del sito: Bellintani 1992; per le analisi: Biaviati e Verità 1989; Brill 1992; Towle *et al.* 2001; Angelini *et al.* 2004). Come è noto, infatti, il sito in questione è uno dei pochissimi nei quali siano stati identificati indicatori certi di lavorazione locale del vetro e senz'altro quello in cui tali elementi si ritrovano in maggiore quantità. Il campione di Frattesina forniva pertanto la possibilità di analizzare non solo oggetti finiti, ma anche materiali pertinenti da diversi stadi della catena produttiva. I dati analitici ricavati da tali indagini, tuttavia, in quanto di provenienza esclusivamente frattese, offrivano un quadro dell'evoluzione della pirotecnologia del vetro nell'Italia protostorica per forza di cose limitato e parziale e non potevano essere ritenuti automaticamente rappresentativi per materiali pertinenti ad altri siti e/o ad altre fasi cronologiche.

Sono stati pertanto successivamente avviati studi analitici su una quindicina di manufatti vetrosi provenienti da quattro siti diversi e databili sia al BM-BR (XVII-inizio XII sec. a.C.), sia alla prima età del ferro (IX-VII sec. a.C.). Questi studi hanno evidenziato l'esistenza di notevoli differenze composizionali tra i vari campioni (Santopadre e Verità 2000), differenze che, come hanno dimostrato indagini successive, sono da collegare a fattori di tipo sia geo-culturale, sia cronologico (Bellintani e Residori 2003 e letteratura lì riportata).

Sulla base di tali premesse, negli ultimi anni sono stati sviluppati diversi studi analitici su reperti ben caratterizzati dal punto di vista tanto tipologico, quanto cronologico e ciò ha portato a un duplice risultato. Da un lato si è infatti costruito un cospicuo *data base* di riferimento con notevoli informazioni di tipo chimico-fisiche e cronologiche (in particolare per quanto riguarda l'Italia settentrionale); dall'altro sono stati determinati con accuratezza i prin-

cipali cambiamenti composizionali e strutturali che si riscontrano nei materiali vetrosi italiani sia durante l'età del bronzo, sia nel passaggio dall'età del bronzo all'età del ferro, giungendo di fatto alla possibilità di proporre dei *range* di datazione su base esclusivamente chimico-fisica (per la presentazione dei progetti in cui tali lavori sono stati sviluppati e per un inquadramento di sintesi si vedano: Angelini *et al.* 2005; Bellintani *et al.* 2006; Angelini c.d.s.; Angelini *et al.* 2009; Artioli e Angelini c.d.s. e letteratura lì riportata).

Nel presente contributo lo studio archeometrico è stato effettuato su un campione di vetri di diversa tipologia provenienti da due importanti siti protostorici del Veneto: a) Montebello Vicentino (Vicenza), insediamento d'altura ubicato nelle propaggini sud-orientali dei Monti Lessini, occupato tra BR iniziale e pieno BF (fine XIV-XI sec. a.C), nella primissima età ferro (IXsec. a.C) e, infine, nella seconda età del ferro (fine VI-II sec. a.C.; Bagan e Leonardi 2000); b) Fondo Paviani (Verona), forse il più importante insediamento arginato della Bassa Veronese, sviluppatosi tra la fase di transizione BM3/BR e il primo BF (metà XIV-XI sec. a.C.; Balista *et al.* 1997, e Leonardi e Cupitò 2008 e c.d.s. con bibliografia precedente). L'apporto che si chiede alle indagini archeometriche, grazie soprattutto all'uso dei dati già prodotti nelle precedenti ricerche, è di fornire un orientamento oggettivo alle interpretazioni archeologiche, attribuendo ai reperti l'appartenenza a fasce cronologiche riconducibili a condivise relazioni *età-composizione*.

## Reperti e problematiche archeologiche investigate

Per quanto riguarda Montebello Vicentino, è stato analizzato un grosso vago globulare con decorazione a linee ondulate (MB-V2-B/Bi) (Fig. 1-a e 1-b). Il manufatto, fortemente alterato ma in origine senz'altro contraddistinto da un corpo di colore blu e da linee bianche, proviene dallo strato D2 del c.d. Lotto Caicchiolo 1-Scavi Leonardi 1977 e, come tale, si data ad una fase di transizione tra BR e BF, nella quale risultano già evidenti i sintomi di quel cambiamento culturale che porterà all'affermazione dell'aspetto protovillanoviano tipico del BF. Per il pezzo, ad oggi, non sono stati individuati confronti convincenti.

Per quanto concerne invece Fondo Paviani, sono stati esaminati un vago anulare (FP-aB) (Fig. 1-c e 1-d) e quattro possibili scarti di lavorazione, più precisamente, una colatura (FP-cI) (Fig. 1-e) e tre blocchetti poliedrici (FP-bV, FP-bN e FP-bNV) (alcuni in Fig. 1-f e 1-g), tutti provenienti dal *survey* Leonardi-Cupitò 2007. Il vago anulare (FP-aB) è di colore blu e presenta lateralmente le classiche piccole protuberanze dovute alla tecnica di fabbricazione che prevedeva l'avvolgimento di un filamento di vetro allo stato molle intorno a un supporto cilindrico (Fig. 1-d). Dal punto di vista

cronologico il pezzo, in quanto fuori contesto, deve essere giocoforza collocato tra BM3/BR e BF iniziale, anche se, data la sua prossimità tipologica ad esemplari provenienti da Frattesina, una sua datazione al BF sembra del tutto verosimile. La colatura incolore, caratterizzata in più punti da una patina opalescente, ha profilo sinuoso e un'estremità appiattita. I tre blocchetti presentano infine una colorazione che va dal nero al verde scuro, sono semitrasparenti e fortemente bollosi; le bolle, di forma sferica o, più raramente, oblunghe e direzionate, sono distribuite nel corpo vetroso in modo omogeneo (Fig. 1-f). Anche per questi pezzi è possibile ovviamente proporre solo una datazione generica al BM3/BR-BF iniziale. Ad oggi, sia per la colatura sia per i blocchetti, nell'edito – tuttavia limitatissimo – non sono stati individuati confronti puntuali.

Attraverso le analisi archeometriche si intende chiarire quanto segue:

1. la composizione chimica del vago di Montebello Vicentino e, quindi, una precisa collocazione cronologica del passaggio dai vetri ad alto contenuto di Mg – vetri HMG, *High Magnesium Glass* – ottenuti da fondenti a ceneri sodiche, vetri di ascendenza e/o di importazione orientale e caratteristici del BM3-BR, ai vetri LMHK ad alcali misti, di sicura produzione italiana e tipici invece del BF (Angelini *et al.* 2005; Bellintani *et al.* 2006; Tite *et al.* 2008; Angelini c.d.s.; Artioli e Angelini c.d.s.);
2. la composizione chimica del vago anulare di Fondo Paviani e quindi la sua pertinenza alla fase insediativa di (BM3?/) BR o, come parrebbe del resto suggerito anche dalla tipologia, a quella di BF;
3. la composizione chimica delle masse vetrose di Fondo Paviani, possibili intermedi o scarti di lavorazione, e quindi la loro pertinenza o meno alla fase di occupazione dell'età del bronzo e, se sì, a quale delle due.

## Tecniche analitiche

La prima fase del lavoro è consistita nello studio macroscopico dei reperti in analisi. I reperti sono stati analizzati al microscopio ottico per scegliere le zone più opportune in cui effettuare i microcampionamenti e sono state poi misurate le principali caratteristiche fisiche (peso, colore, etc.), riportate schematicamente in Tab. 1.

Nel vago MB-V2 sia il vetro della decorazione che quello del corpo si presentano fortemente alterati; il corpo ha assunto colorazione giallognola, è del tutto fragile, perde polvere al tatto e si sfoglia facilmente. Solamente al microscopio sono individuabili ancora aree di vetro blu (Fig. 1-b); da questa zona è stato prelevato il microcampione per le analisi.

I reperti di Fondo Paviani, sia il vago che le masse di vetro di forma irregolare, si presentano invece in buono stato di conservazione e sono stati fa-

Tab. 1 – In tabella si riportano i dati relativi ai reperti analizzati: sigle dei campioni, in formazioni archeologiche (tipologia, dati di scavo, possibile età), caratteristiche macroscopiche (forma, dimensioni, etc.) e provenienza. [Legenda: Ø = diametro; L = lato; h = altezza; max. = massimo / e; Alt. = alterazione; NCS = *Natural Color System*; BR = Bronzo Recente; BF = Bronzo Finale].

Campione	Età / provenienza	Oggetto	Forma-Dimensioni (in mm)	Colore a vista	Colore: NCS	Peso (g)	Stato di Conservazione	Siglatura	Data di Scavo	Sito
MB-1/2-B	BR/BF, da strato.	Mezzo vago globulare decorato con più linee ondulate.	Ømax: 22,8; Øforo: 5,1; hmax: 16,3	Alt. bianco-gialla; vetro azzurro-blu intenso.  Bianco opaco.	Alt. Interno: S0505-Y10R Alt. Esterno: S1030-Y10R Vetro: S3050-B20G S1002-Y50R	2,89	Decorazione alterata, corpo frammentato, vetro fortemente alterato che spolvera al tatto. Visibili in frattura arco di vetro sano.	Lotto Cacchiolo 1, strato D2, quadrato F (o G) 2	16/06 1977	Montebello Vicentino (VI)
MB-1/2-Bi										
FP-aB	BR-BF (?) Da survey.	Vago anulare.	Ømax: 5,5; Øforo: 3,1; hmax: 2,4	Blu scuro opaco.	S6030-R80B	0,07	Reperito integro, buono stato di conservazione.	Sacchetto 321, FP07, campo S-E. Sporadico. Gioia Caner. Punti staz G13-G14	31/10 2007	Fondo Paviani (VR)
FP-d	BR-BF (?) Da survey.	Blocco irregolare, simile a colatura.	Colatura allungata e ritorta. Dimensioni Max: L <sub>1</sub> 42,1; L <sub>2</sub> 17,7; L <sub>3</sub> 1,0	Trasparente – incolore	S1002-Y	4,67	Vetro non alterato, buono stato di conservazione. Materiale frammentario. Leggera patina opalescente in alcune zone superficiali.	Sacchetto 74, campo S, q, D2.	08/10 2007	Fondo Paviani (VR)
FP-bV	BR-BF (?) Da survey.	Blocco irregolare, con segni di scanalature.	Dimensioni Max: L <sub>1</sub> 22,1; L <sub>2</sub> 19,2; L <sub>3</sub> 16,7	Opaco, nero-verdastro	S8010-G70Y	9,37	Vetro non alterato, buono stato di conservazione. Materiale frammentario.	Sacchetto 282, FP07, campo N, sporadico. Restaz F6	29/10 2007	Fondo Paviani (VR)
FP-bN	BR-BF (?) Da survey.	Blocco irregolare.	Presenta un lato piano con un bordo esterno arrotondato. Dimensioni Max: L <sub>1</sub> 47,8; L <sub>2</sub> 32,9; L <sub>3</sub> 25,4	Nero opaco	Patina Esterna: S5010-Y10R Interno: S9000-N	36,82	Vetro non alterato, buono stato di conservazione. Materiale frammentario.	Sacchetto 188, campo N, sporadico.	25/10 2007	Fondo Paviani (VR)
FP-bNV	BR-BF (?) Da survey.	Blocco irregolare.	Dimensioni Max: L <sub>1</sub> 39,4; L <sub>2</sub> 24,6; L <sub>3</sub> 17,8	Opaco, nero-verdastro	S8502-Y	14,37	Vetro sano in buono stato di conservazione, porosità più piccole e distribuite uniformemente. Materiale frammentario.	FP sacch. 101.	2007	Fondo Paviani (VR)



Fig. 1 – Immagini dei reperti in studio: a) e b) vago di Montebello Vicentino MB-V2; c) e d) vago di Fondo Paviani FP-aB; alcuni dei blocchetti vetrosi da Fondo Paviani, rispettivamente: e) campione FP-cI; f) dettaglio campione FP-bN; g) campione FP-bV.

cilmente campionati da piccole protuberanze (per il vago FP-aB si è scelta una delle due sporgenze laterali dovute al metodo di fabbricazione, Fig. 1-d).

I microcampioni di vetro sono stati prelevati tramite l'uso di un bisturi a lama molto appuntita e sono stati inglobati in resina, lucidati e ricoperti da un strato omogeneo di grafite prima di essere sottoposti ad analisi al microscopio elettronico a scansione accoppiato a microsonda a dispersione di energia (SEM-EDS, *Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive Spectroscopy*) e ad analisi con microsonda elettronica (EPMA, *Electron Probe Micro Analysis*). Le condizioni analitiche e strumentali utilizzate sono state già descritte in dettaglio in precedenti lavori (Angelini *et al.* 2002 e 2004; Artioli *et al.* 2008); in questa sede si ricorda solamente che i dati sono sempre stati ottenuti tramite l'utilizzo di *standards* quali: minerali, metalli e ossidi di metallo puri. Le analisi, volutamente non normalizzate per il controllo della qualità del dato, sono corrette per l'effetto matrice con il metodo ZAF. In Tab. 2 si riportano: le composizioni delle fasi vetrose di tutti i campioni determinate tramite EPMA, calcolate come media di 5-8 punti analisi ed espresse in percentuali in peso, con le relative deviazioni standard (ds).

Tab. 2 – Composizione chimica delle fasi vetrose di tutti i campioni determinate tramite EPMA, calcolate come media di 5-8 punti analisi, e le relative deviazioni standard (ds). I dati sono espressi in percentuali peso.

Campioni	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	TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO	CoO	NiO	CuO	AsO	SrO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Pb	Tot
MB-V2B	16.73	4.92	1.42	61.76	0.17	0.55	0.62	3.12	6.96	0.14	0.05	0.80	0.01	0.02	2.67	0.00	0.01	0.02	0.03	100.00
ds	0.31	0.17	0.08	0.44	0.02	0.17	0.04	0.08	0.11	0.04	0.06	0.05	0.01	0.01	0.05	0.00	0.01	0.02	0.03	
MB-V2Bi	1.30	3.48	2.26	57.92	0.64	0.06	0.08	0.41	1.80	0.13	0.06	1.11	0.01	0.02	0.40	0.00	0.01	0.00	0.01	69.69
ds	1.21	3.92	0.30	7.15	0.26	0.03	0.04	0.43	0.48	0.06	0.07	0.40	0.01	0.02	0.48	0.00	0.01	0.01	0.01	
FP-aB	6.28	0.72	1.89	75.71	0.11	0.06	0.08	8.78	2.92	0.09	0.05	0.79	0.12	0.40	1.76	0.15	0.02	0.19	0.02	100.15
ds	0.34	0.06	0.08	0.61	0.06	0.04	0.04	0.19	0.50	0.04	0.04	0.08	0.02	0.09	0.22	0.08	0.01	0.06	0.03	
FP-cl	15.14	0.34	0.69	74.13	0.01	0.24	0.19	0.59	8.75	0.02	0.04	0.10	0.00	0.01	0.02	0.14	0.01	0.01	0.08	100.50
ds	0.35	0.06	0.07	0.30	0.01	0.03	0.06	0.08	0.24	0.02	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.04	
FP-bN	0.75	7.27	10.53	50.74	0.01	0.32	0.02	1.37	24.21	0.94	1.04	2.25	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	99.53
ds	0.10	0.21	0.27	0.36	0.01	0.04	0.02	0.09	0.20	0.08	0.14	0.14	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.04	
FP-bNV	0.61	7.62	11.53	50.59	0.00	0.35	0.02	1.13	24.74	0.88	0.81	2.31	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	100.62
ds	0.05	0.09	0.21	0.54	0.01	0.02	0.02	0.09	0.35	0.04	0.11	0.14	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	
FP-bV	0.64	7.47	12.73	51.14	0.00	0.35	0.01	1.25	22.99	0.90	0.84	1.63	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	100.01
ds	0.11	0.12	0.20	0.26	0.01	0.04	0.01	0.04	0.37	0.06	0.11	0.17	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.05	



Inoltre, sulle immagini SEM ottenute da elettroni retrodiffusi (SEM-BSE, *Backscattered Electron Image*), è stata effettuata un'analisi d'immagine computerizzata (DIP, *Digital Image Processing*) secondo una metodologia sviluppata ed utilizzata nel corso di precedenti ricerche sui vetri protostorici (Polla *et al.* 2006; Artioli *et al.* 2008; Artioli e Angelini c.d.s). Tale metodologia si è infatti dimostrata particolarmente utile per la classificazione e lo studio dei materiali vetrosi.

## Dati e discussione

Il campione MB-V2B, vetro blu del vago globulare di Montebello Vicentino, presenta nella parte esterna residui del materiale alterato (bordo grigio scuro nell'immagine SEM-BSE di Fig. 1-a), composto principalmente da Si ed elementi leggeri, come è tipico nelle alterazioni, e con residui di Al, Ca e Mg. È tuttavia presente anche una porzione molto abbondante di materiale "sano" costituito da vetro con alto contenuto di Na, Mg e Ca, e con relativamente bassi tenori di K (Tab. 2). Il corpo del vago è quindi costituito da vetro HMG ottenuto tramite l'uso di fondenti a base di ceneri sodiche. Anche le tracce di P sono correlabili all'uso delle ceneri, mentre la presenza in Cu ( $\text{CuO} = 2.67\%$  in peso) è funzionale alla colorazione blu; non sono presenti altri elementi in traccia di particolare interesse.

Il vetro si presenta omogeneo e sono stati osservati solo rari e piccoli cristalli euedrali con composizione prossima alla wollastonite ( $\text{CaSiO}_3$ ), e silicati a Ca e Mg; le analisi SEM-EDS hanno valenza semiquantitativa anche a causa delle troppo piccole dimensioni dei cristalli (in genere minori di  $5 \mu\text{m}$ ). La forma euedrale dei cristalli indica che sono di neoformazione, per precipitazione dal fuso nelle fasi di raffreddamento.

Il vetro bianco che costituisce la decorazione del vago, campione MB-V2Bi, è purtroppo completamente alterato, come si evince facilmente anche dalla bassa chiusura delle analisi (Tab. 2), che evidenziano un elevato grado di idratazione. La completa perdita degli alcali non permette di identificare con certezza la natura dei fondenti usati, anche se l'alto livello di Mg ancora presente lascia supporre che anche in questo caso si tratti di vetro di tipo HMG, come per il corpo. Le tracce di Cu misurate in alcuni punti del campione – si noti l'alta deviazione standard delle misure che evidenzia l'eterogeneità del materiale – sono probabilmente dovute al contatto con il vetro blu; la zona analizzata è infatti stata prelevata dallo strato immediatamente a contatto con il corpo del vago.

I due diagrammi ternari di Fig. 3, esprimono le relazioni esistenti fra gli elementi maggiori delle diverse classi di vetro protostorico, evidenziando chiaramente le diverse aree composizionali. Oltre ai reperti oggetto del pre-

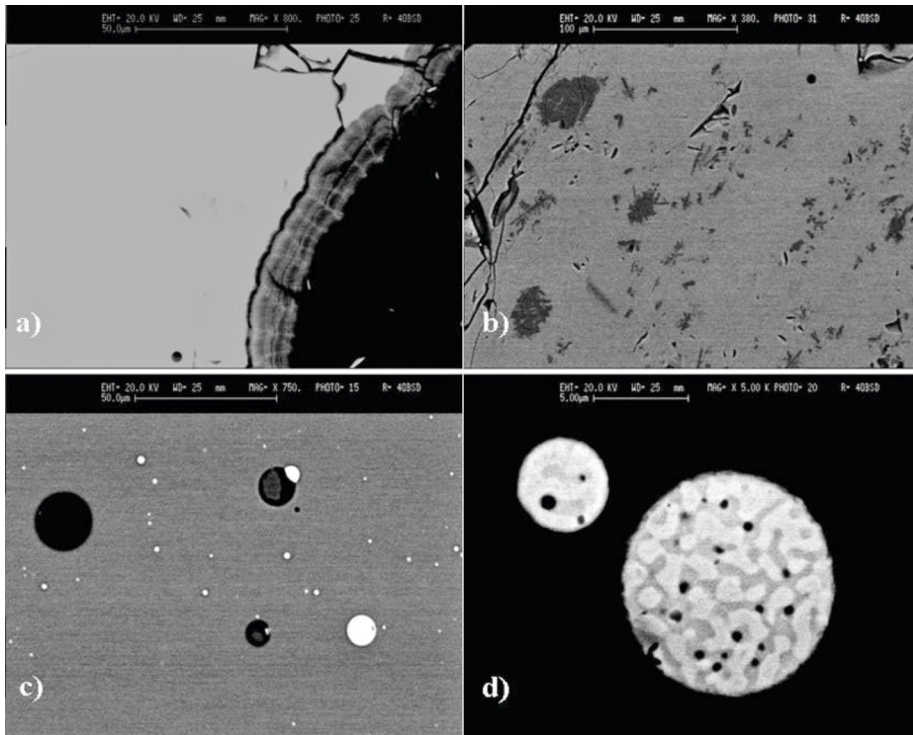


Fig. 2 – Immagini SEM-BSE dei campioni: a) Vetro blu omogeneo di MB-V2, con strato di alterazione (grigio scuro); b) fase vetrosa di FP-aB in cui si vedono inclusioni di  $\text{SiO}_2$  (grigio scuro); c) campione FP-bV, visibili bolle di diverse dimensioni (nere) e segregazioni di Fe-P-S (bianche); d) campione FP-bN, particolare di una segregazione zonata di Fe-P-S: aree grigie alto P, aree nere alto S.

sente studio, sono stati diagrammati per confronto i dati di letteratura relativi a vetri provenienti dall'Italia Settentrionale e datati al periodo di interesse: dal BM3 al BF (Angelini 2009; Angelini *et al.* 2002, 2004, 2005 e 2009; e letteratura citata). Dall'analisi dei diagrammi si nota come il vetro del corpo del vago di Montebello ricade perfettamente nel campo dei vetri HMG blu tipici del periodo BM3-BR. Il campione di vetro bianco cade invece chiaramente al di fuori di ogni campo composizionale noto, ma questo è imputabile all'effetto dell'alterazione.

Il campione FP-aB del vago anulare da Fondo Paviani, ha composizione molto diversa e rientra nella tipica ricetta LMHK dei vetri del BF, con bassi tenori di Mg, Ca e Na ed alti di K (Tab. 2, Fig. 3). La colorazione blu è dovuta alla presenza di Cu e di Co; sono presenti inoltre interessanti tracce di Ni, As e Sb. Al SEM si evidenzia una tessitura disomogenea, ricca di inclusioni di  $\text{SiO}_2$  sia arrotondate di medio grandi dimensioni (fino a  $50 \mu\text{m}$  cir-

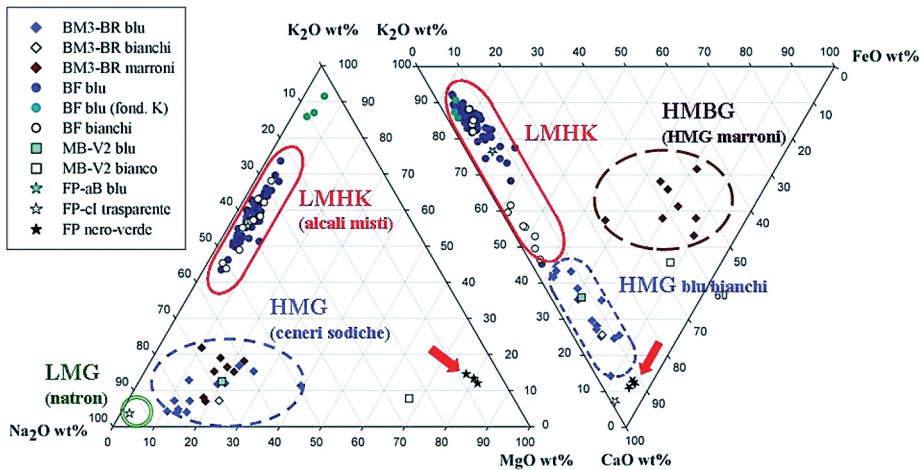


Fig. 3 – Diagrammi ternari Na<sub>2</sub>O-MgO-K<sub>2</sub>O e FeO-K<sub>2</sub>O-CaO. Si evidenziano le diverse aree composizionali. Sono diagrammati per confronto anche dati di letteratura relativi a vetri dell'Italia Settentrionale del BM3 – BF (da Angelini 2009; Angelini *et al.* 2002, 2004, 2005 e 2009; e letteratura citata).

ca), che sono probabilmente relitti delle materie prime, che di piccole dimensioni e forma eudrale di probabile ricristallizzazione (Fig. 2-b). Dal punto di vista composizionale e tessiturale il reperto in esame è composto da vetro perfettamente compatibile con le più tipiche produzioni di BF (Angelini *et al.* 2002, e 2009; Angelini 2009; Artioli *et al.* 2008; Artioli e Angelini c.d.s.).

Il campione FP-cl, ovvero la colatura di vetro trasparente da Fondo Paviani, è composto da vetro del tutto omogeneo e, a parte rare bolle di piccolissime dimensioni, non presenta inclusioni. L'alto contenuto di Na, ed il basso di Mg e K, indicano che si tratta di un vetro LMG (*Low Magnesium Glass*) ottenuto dall'uso di natron come fondente (Tab. 2, Fig. 3). Anche l'assenza di P e le tracce di S, così come il contenuto piuttosto alto di Ca, sono comparabili a quanto osservato nei tipici vetri LMG, quali sono ad esempio quelli romani; il tenore di Cl è invece qui decisamente più basso (Baxter *et al.* 1995; Paynter 2006; Silvestri *et al.* 2008; Huisman *et al.* 2009). È di notevole interesse la completa assenza in FP-cl di decoloranti, sia Sb che Mn.

Tutte le masse di vetro scuro con forma irregolare rinvenute a Fondo Paviani, FP-bV, FP-bN e FP-bNV, sono formate da una matrice vetrosa a composizione molto omogenea – si vedano le basse deviazioni standard di Tab. 2 – caratterizzata da altissimi tenori di MgO (7.3-7.6%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10.5-12.7%) e CaO (23.0-24.7% in peso), mentre gli alcali monovalenti sono praticamente assenti (< 1.4% in peso di ossidi). Rilevanti ed insoliti sono anche i contenuti di Ti e Mn (TiO<sub>2</sub> e MnO nell'intervallo 0.8-1.0%); a parte Fe (FeO 1.6-2.3%) e tracce di S, non sono presenti altri elementi di interesse. Come si evince dai

diagrammi di Fig. 3, queste caratteristiche chimiche differenziano chiaramente i tre campioni da qualsiasi classe di vetro fino ad oggi nota per l'età del bronzo in Italia continentale; infatti i campioni indicati con una freccia nei diagrammi ternari, si collocano in un'area completamente isolata.

Questi vetri presentano inoltre molte bolle incluse (nere in Fig. 2-c) ed un elevato numero di segregazioni di Fe-P-S con tracce di Ca (bianche in Fig. 2-c). Con un contrasto opportuno si evidenzia la presenza di una forte zonatura all'interno di queste segregazioni a Fe-P-S (Fig. 2-d). Pur considerando che le analisi sono semiquantitative date le piccole dimensioni delle zonature, si osserva che le aree bianche contengono circa: Fe 91-92%, P 3.5-4.8%, S 0.0-0.6%, Ca 0.1-0.4%; quelle grigie sono più ricche di P: P 9-11%, S 0.0-1.9%, Ca 0.0-0.4%; e quelle nere hanno alti contenuti di S e P, specificatamente: P 5.5-6.3%, S 7-10% e Ca 0.2-0.3% in peso. Non sono presenti invece inclusi silicatici.

## Conclusioni

Alla luce dei risultati raggiunti tramite le analisi archeometriche effettuate è possibile affermare quanto segue:

- 1) il vago di Montebello Vicentino, collocabile, come detto, in un orizzonte di transizione tra la fase terminale del BR2 e il BF iniziale è risultato essere in vetro HMG. È stato quindi prodotto con la stessa ricetta che si riscontra anche nei vetri italiani di BM3-BR, dei quali ha peraltro anche le medesime caratteristiche tessiturali e cromatiche. Ad oggi quindi l'affermazione dei vetri LMHK non può essere effettivamente collocata prima dell'inizio di quello che viene definito BF *stricto sensu*;
- 2) oltre alla composizione LMHK, anche la colorazione del vago anulare di Fondo Paviani (FP-aB), ottenuta con poco Cu e Co, e la natura degli elementi in traccia presenti lo rendono del tutto simile ad analoghi esemplari provenienti da Frattesina e a diversi altri pezzi databili con certezza al BF (Angelini c.d.s; Angelini *et al.* 2004, e c.d.s.; Bellintani 2006). Inoltre la costante associazione di tracce di Ni, Sb e As che seguono il Co è tipica dei vetri di BF sia italiani sia centro-europei (Henderson 1993; Santopadre e Verità 2000; Towle *et al.* 2001, Angelini *et al.* 2004). Alla luce dei risultati ottenuti il vago può essere considerato con certezza pertinente all'abitato protostorico, e va senz'altro assegnato alla fase insediativa di BF. Ciò d'altra parte conferma la proposta di restrizione cronologica avanzata su base esclusivamente tipologica;
- 3) la colatura trasparente di Fondo Paviani (FP-cl) risulta essere un vetro LMG ottenuto mediante l'utilizzo di natron come fondente; questo tipo di vetri compare in Italia settentrionale solo a partire dalla prima età del

ferro, peraltro con composizioni molto variabili (Angelini c.d.s.; Artioli e Angelini c.d.s.). La mancanza di decoloranti quali Sb e/o Mn rende il campione FP-cl diverso anche dai vetri incolore di epoca romana (Baxter *et al.* 1995; Paynter 2006; Silvestri *et al.* 2008; Huisman *et al.* 2009) o post-classica (Brill 1999). La trasparenza in questo caso è infatti dovuta alla mancanza di elementi cromofori, anche il Fe è bassissimo ( $\text{FeO} = 0.1\%$ ), ed il vetro è caratterizzato da alto tenore di silice. Vetri trasparenti o semitrasparenti sono ottenuti con lo stesso metodo nel BF, quando non si conosce ancora l'uso di decoloranti, tuttavia in questi casi il vetro ha composizione LMHK (Towle *et al.* 2001, Angelini *et al.* 2004). Al momento non disponiamo perciò di un confronto chimico certo, ma i dati permettono di escludere la pertinenza della colatura alla fase insediativa dell'età del bronzo. Sulla precisa collocazione cronologica del pezzo risulta tuttavia necessario per ora sospendere il giudizio;

- 4) le tre masse di vetro scuro di Fondo Paviani presentano caratteristiche chimiche e tessiturali del tutto peculiari, per cui è risultata subito evidente la loro incompatibilità con le classi note dei vetri antichi, e certamente non possono essere riferiti alla fase abitativa dell'età del bronzo. Essendo caratterizzati da un molto alto contenuto di Al, Mg e Ca si può escludere che si tratti di vetri naturali, mentre è chiara la derivazione da processi di produzione industriale; in particolare a causa della presenza di Mn, Ti e Fe nella fase vetrosa, e soprattutto delle abbondanti segregazioni di Fe-P-S (indice queste ultime di ambiente fortemente riducente) è plausibile pensare che si tratti di scorie di altoforno per la produzione di Fe. La presenza di questi elementi tra il materiale di superficie del sito non deve d'altra parte stupire dato che, come confermato da una ricerca storico-archivistica effettuata a seguito dei risultati archeometrici, tra la fine dell'800 e l'inizio del '900, nella pianura veronese, le scorie di altoforno – e, più nello specifico, le scorie di defosforazione del processo Thomas-Gilchrist – venivano utilizzate per la fertilizzazione dei campi in virtù di un loro alto tenore di fosforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$  16-18%) (Funaro 1922). L'indicazione di uso di scorie Thomas-Gilchrist ben si accorda con la composizione chimica rinvenuta nei campioni di Fondo Paviani; infatti tale processo prevede l'uso di refrattari di ossido di calcio e magnesio, e l'aggiunta di calce viva (CaO) nella ghisa per defosforarla.

Riassumendo quanto sopra esposto nei punti 3) e 4) se ne conclude che le indagini archeometriche su tutte le masse di vetro provenienti da Fondo Paviani hanno portato ad escludere la loro pertinenza all'abitato dell'età del bronzo; l'attività di lavorazione o produzione del vetro non può quindi al momento avere riscontro analitico certo. Tuttavia in una recente campagna di scavo (Leonardi e Cupitò c.d.s), avvenuta a fine 2008 quando le indagini archeometriche erano già concluse, sono state rinvenute nel sito, sempre in

superficie, altre masse di vetro, che però si presentano di colore azzurro chiaro e rosso. Le caratteristiche macroscopiche di questi nuovi materiali vetrosi paiono diverse da quelle dei reperti qui studiati, pertanto sarà necessaria una ulteriore serie di analisi.

La ricerca archeometrica condotta in questo lavoro ha evidenziato come attualmente sia possibile, su basi comparative con un ricco ed appropriato database di informazioni chimico-fisiche – oggi già disponibile per i vetri dell'Italia settentrionale – collocare cronologicamente anche i campioni *che sono privi di contesto stratigrafico*, escludendo per tal via dall'interpretazione archeologica quelli riconducibili a periodi non pertinenti alla fase cronologica del contesto in studio o di età moderna, ed evitando così errori di interpretazione.

## Ringraziamenti

Gli autori ringraziano il dott. Andrea Ferrarese (Fondazione Fioroni, Legnago) per la preziosa collaborazione nella ricerca storico-archivistica e, per l'aiuto tecnico nelle analisi SEM-EDS, effettuate presso il CNR Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali di Milano, il sig. Agostino Rizzi e nelle analisi EPMA, svolte al CNR Istituto Geoscienze e Georisorse, sezione di Padova, il sig. Raul Carampin. Nel presente lavoro il paragrafo relativo all'inquadramento tipo-cronologico dei materiali è da attribuirsi a Michele Cupitò e Giovanni Leonardi, mentre quello sulle conclusioni è comune a tutti gli autori.

## Riferimenti Bibliografici

- ANGELINI I., c.d.s., *Archaeometry of the Bronze Age and Early Iron Age Italian vitreous materials: a review*. Proceeding of the 37<sup>th</sup> International Symposium on Archaeometry, ISA2008. Siena, Italy, 12-16 May 2008.
- ANGELINI I., 2009, *Indagini archeometriche dei vaghi in vetro*. In “*Il ripostiglio di Monte Cavanero di Chiusa Pesio (Cuneo)*”, a cura di VENTURINO GAMBARI M., LineLab.edizioni, Alessandria, 185-192.
- ANGELINI I., POLLA A., GIUSSANI B., BELLINTANI P., ARTIOLI G., 2009, *Final Bronze Age glasses in Northern and Central Italy: is Frattesina the only glass production center?*. In: Proceedings of the 36<sup>th</sup> International Symposium on Archaeometry, Quebec City, Canada, 2-6 May 2006, 329-337.
- ANGELINI I., ARTIOLI G., BELLINTANI P., POLLA A., 2005, *Protobhistoric vitreous materials of Italy: from early faience to final bronze age glasses*. Proceedings of the AIHV 2003, 16<sup>e</sup> Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre, London, UK, 7-13 September 2003, 32-36.

- ANGELINI I., ARTIOLI G., BELLINTANI P., DIELLA V., GEMMI M., POLLA A., ROSSI A., 2004, *Chemical analyses of Bronze Age glasses from Frattesina di Rovigo, Northern Italy*. *Journal of Archaeological Science*, 31, 1175-1184.
- ANGELINI I., ARTIOLI G., BELLINTANI P., DIELLA V., POLLA A., RESIDORI G., 2002, Project "Glass materials in the protohistory North Italy": a first summary. In: D'AMICO C. ed., *Atti II Congresso Nazionale di Archeometria*, Bologna, 29 gennaio-1 febbraio 2002, Pàtron Editore, Bologna, 581-595.
- ARTIOLI G., ANGELINI I., POLLA A., 2008, *Crystals and phase transitions in prehistoric glass materials*. *Phase Transitions*, 81 (2 &3), 233-252.
- ARTIOLI G., ANGELINI I., c.d.s. – *Evolution of vitreous materials in Bronze Age Italy. Chapter 5.4*. In: *Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass*, a cura di JANSSENS K., University of Antwerp, Belgium.
- BAGOLAN M., LEONARDI G., 2000, *Il Bronzo Finale nel Veneto*, in "Il Protovillanoviano al di qua dell'Appennino", New Press, Como, 15-27.
- BALISTA C., CAFIERO F., DE GUIO A., 1997, *Fondo Pariani*. In *Le Terramare. La più antica civiltà padana*, a cura di BERNABÒ BREA A.M., CARDARELLI A., CREMASCHI M., Catalogo della mostra, Electa, Milano, 245-247.
- BAXTER M.J., COOL H.E.M., HEYWORTH M.P., JACKSON C., 1995, *Compositional variability in colourless Roman vessel glass*. *Archaeometry*, 37, 129-141.
- BELLINTANI P., 1992, *Frattesina di Fratta Polesine: il materiale ceramico conservato presso il Museo Civico di Rovigo. Classificazione, suddivisione in fasi e alcune considerazioni sulla cronologia del Bronzo Finale nella Pianura Padana orientale*. *Padusa*, XXVIII, 245-297.
- BELLINTANI P., ANGELINI I., POLLA A., ARTIOLI G., 2006, *Origini dei materiali vetrosi: esotismi e localismi*. *Atti della XXXIX Riunione scientifica I.I.P.P.*, Firenze, Italy, 25-17 novembre 2004, vol. III, 1495-1532.
- BELLINTANI P., RESIDORI G., 2003, *Quali e quante conterie: perle ed altri manufatti vetrosi dell'Italia settentrionale nel quadro dell'età del Bronzo Europea*, *Atti XXXV Riunione Scientifica IIPP*, "Le comunità della preistoria italiana. Studi e ricerche sul Neolitico e le età dei metalli", Lipari, 2-7 Giugno 2000, 483-498
- BIAVATI A., VERITÀ M., 1989, *The glass from Frattesina, a glassmaking center in the late Bronze Age*, *Rivista della Stazione Sperimentale del Vetro*, 4, 295-299.
- BRILL R.H., 1992, *Chemical analyses of some glasses from Frattesina*. *Journal of Glass Studies* 34, 11-22.
- BRILL R.H., 1999, *Chemical analyses of early glass*, New York, Corning Museum of Glass.
- FUNARO A., 1922, *I concimi*, Libraio della Real Casa Editore, Milano, 212-219.
- GRATUZE B., LOUBOUTIN C., BILLAUD Y., 1998, *Les perles protohistoriques en verre du Musée des Antiquités Nationales*. In *Antiquités Nationales*, 30, 13-24.

- GUILAINE J., GRATUZE B., BARRANDON J.N., 1990, *Les perles de verre du Calolithique et de l'Age du Bronze*. Proceedings of the 1<sup>er</sup> Colloque de Beynac, "Le Bronze Atlantique", 10-14 Septembre 1990, 255-266.
- HARTMANN G., KAPPEL I., GROTE K., ARNOLD B., 1997, *Chemistry and technology of prehistoric glass from Lower Saxony and Hesse*. Journal of Archaeological Science 24, 547-559.
- HENDERSON J., 1988, *Glass production and Bronze Age Europe*. Antiquity, 62, 435-451.
- HENDERSON J., 1993, *Chemical analysis of the glass and faience from Hauterive-Champréveyeres, Switzerland*. In A.-M. Rychner-Faraggi ed. *Hauterive-Champréveyeres, 9: Métal et Parure au Bronze Final*. Neuchatel, Musée Cantonal d'Archéologie, 111-117.
- HUISMAN D.J., DE GROOT T., POLS S., VAN OS B.J.H., DERYSE P., 2009, *Compositional variability in colourless Roman glass object from the Bocholtz burial (the Netherlands)*. Archaeometry, 51, 413-439.
- LEONARDI G., CUPITÒ M., 2008, *Il sito arginato dell'età del bronzo di Fondo Paviani-Legnago (Verona). Notizia preliminare sulla campagna di indagine 200*. Quaderni di Archeologia del Veneto, XXIV, 90-93.
- LEONARDI G., CUPITÒ M., c.d.s – *Campagna di indagini 2008 nel sito arginato dell'età del bronzo di Fondo Paviani-Legnago (Verona). Notizia preliminare*. Quaderni di Archeologia del Veneto, XXV.
- PAYNTER S., 2006, *Analyses of colourless Roman glass from Binchester. County Durham*, Journal of Archaeological Science, 33, 1037-1057.
- POLLA A., ANGELINI I., ARTIOLI G., 2006, *Analisi d'immagine per la caratterizzazione strutturale dei materiali vetrosi*, Atti della XXXIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria: "Materie prime e scambi nella protostoria Italiana", Firenze, 25-27 Novembre 2004, vol. III, 1621-1626.
- SANTOPADRE P., VERITÀ M., 2000, *Analyses of production technologies of Italian vitreous materials of the Bronze Age*. Journal of Glass Studies, 42, 25-40.
- SILVESTRI A., MOLIN G., SALVIULO G., 2008, *The colourless glass of Iulia Felix*. Journal of Archaeological Science, 35, 331-341.
- TOWLE A., HENDERSON J., BELLINTANI P., GAMBACURTA G., 2001, *Fratte-sina and Adria: report of scientific analyses of early glass from the Veneto*. Padusa, 37, 7-68.
- TITE M.S., SHORTLAND A.J., ANGELINI I., 2008, *Faience production in northern and western Europe. Chapter 7*. In: *Production technology of faience and related early vitreous materials*, ed. TITE M.S. e SHORTLAND A.J., Oxford University School of Archaeology, Monograph N. 72, Oxford, 129-146.