Preistoria Alpina - Museo Tridentino di Scienze Naturali	Vol. 24 (1988)	pagg. 37-68	Trento 1990

CLAUDIO D'AMICO, MICHELA LUISE, MARIA CARLA NANNETTI

Studio archeometrico delle selci aurignaziane di Monte Avena (Alpi Feltrine) [1]

ABSTRACT

D'Amico C., Luise M., Nannetti M.C., 1990 - Studio archeometrico delle selci aurignaziane di Monte Avena (Alpi Feltrine). [Archaeometric study of the Aurignacian flints of Mount Avena (Alpi Feltrine - Italy)]. *Preistoria Alpina, 24 : 37-68.*

Five natural and nine artifact flints or cherts from the M.te Avena site have been studied for comparison using mineralogical, petrographical and geochemical methods. Cherts have some different characteristics (external appearance/colour). Microscopic, SEM, XRD and thermal methods give useful, but not conclusive, data for the parametric comparison between rocks and artifacts. On the other hand, geochemical data (24 analyses) are of great utility, confidence and reliability: in particular Al, Fe, K, Na, Mg; in lesser amount P, Cr, Cu, Zn.
Principal results are: 1) a homogeneous group of yellowish- red flints from the Campon d'Avena outcrop and the nearly Aurignacian site confirms previous prehistoric studies, indicating that this outcrop was exploited as a mine and the site as a working place for exportation. 2) The presence of other (e.g. grey) artifacts at the same site implies some supply from other, not yet identified, zones. 3) Some geochemical

[1] Gli scavi del sito preistorico sono stati realizzati in collaborazione tra i Ricercatori dell'Università di Ferrara e il Gruppo Amici del Museo di Belluno, sotto la direzione del Prof. A. Broglio e Dott. M. Lanzinger, negli anni 1983-87 grazie ai finanziamenti concessi dalla Cassa di Risparmio di Verona, Vicenza e Belluno.
La ricerca è stata finanziata con fondi MPI 60% e con un contributo del Museo Trentino di Scienze Naturali.

diagrams suggest zeolites to be the main phases in the minor mineralogy of cherts, whereas a less important role is generally played by clay-micaceous minerals. 4) Natural cherts are always richer in Ca (calcite) than artifacts. This implies a manufactory selection during the Aurignacian working process. - Enlarged summary and discussion at page 62 (chpt 5). -

Parole chiave: Selce, Aurignaziano, Archeometria geochimica, Monte Avena, Feltre, Italia.

Key-words: Chert (flint), Aurignacian, Geochemical Archeometry, Monte Avena, Feltre, Italy.

Claudio D'Amico & Maria Carla Nannetti, Dipartimento di Scienze Mineralogiche dell'Università di Bologna, Piazza di Porta S. Donato 1, I-40127 Bologna.

Michela Luise, Trento.

1. Introduzione

1.1 Il Problema

I manufatti ottenuti dalla selce, o più in generale da rocce, sono le più frequenti testimonianze indicanti la presenza e l'attività dell'uomo preistorico in età paleolitica e mesolitica. L'analisi della distribuzione e delle frequenze dei vari materiali presenti in un insieme litico, permette di ottenere importanti informazioni sul modo di vita di un gruppo umano, e in particolare sul rapporto esistente tra tale gruppo e il territorio, consentendo di avanzare ipotesi circa strategie di sfruttamento del territorio o probabili rapporti di scambio tra gruppi umani diversi.

Stabilire la provenienza dei materiali utilizzati per la fabbricazione di manufatti preistorici è molto spesso problematico. Particolarmente difficile è definire l'area di approvvigionamento delle materie prime, quando il sito si localizza in un territorio privo delle fonti geologiche di tali materiali e talora molto lontano da esse.

Per stabilire l'origine dei materiali, utilizzati in un determinato insieme litico, è necessario effettuare un accurato inventario delle fonti geologiche disponibili nell'area circostante il sito, ossia di tutto il territorio presumibilmente interessato dalle attività dirette all'approvvigionamento dei materiali litici, nel quale sia possibile individuare i giacimenti primari (affioramenti rocciosi) e quelli secondari (depositi fluviali, morenici o costieri).

Una ricerca di questo tipo richiede sia approfondite conoscenze della geologia regionale, sia un accurato lavoro di prospezione e campionamento sul terreno.

Il materiale più utilizzato negli insiemi litici dell'Italia nord-orientale è la selce *(chert o flint),* cioè un materiale roccioso siliceo, di origine chimico-organogeno e

metasomatico-diagenetica, che si trova in noduli, strati o lenti all'interno di molte sequenze carbonatiche, con particolare abbondanza in quelle cretaciche. E' formata da quarzo micro-criptocristallino (spesso definito come calcedonio anche se non fibroso), con granuli e fibre misurabili in μ (normalmente da <1 a 20μ con porzioni fino a $100\text{-}200\mu$), da opale e dai derivati di questo come cristobalite e tridimite, in una tessitura molto fitta ma sempre con qualche grado di porosità. Minerali diversi da quelli della silice sono presenti in quantità esigue, se si eccettuano i carbonati nelle selci impure. Residui di microfossili sono variamente presenti. Il materiale è duro, vicino al valore 7 della scala di Mohs.

Per un'analisi di routine della selce è generalmente sufficiente una descrizione mesoscopica basata sulla determinazione di parametri codificati come colore, presenza o assenza di inclusioni, tipo di frattura, ecc..

L'attribuzione basata unicamente su criteri mesoscopici è la tecnica più comune e meno dispendiosa, utilizzata dalla maggior parte degli studiosi già a partire dai primi anni del secolo; essa richiede una grande esperienza e necessita di una nutrita litoteca che possa permettere buoni confronti; tuttavia presenta inevitabili limiti legati alla soggettività e all'impossibilità di evidenziare e quantificare caratteristiche di tipo essenzialmente qualitativo come, ad esempio, la definizione del colore. Questo, pur essendo il parametro mesoscopico di più facile rilevabilità non è compiutamente discriminante, poichè è ampiamente variabile non solo a livello regionale o formazionale ma pure all'interno dello stesso affioramento e talora dello stesso campione. Esso inoltre può essere variato dall'alterazione superficiale presentata dai manufatti litici preistorici (patinatura, riscaldamento). In particolare nell'area alpina centro-orientale, la selce presenta generalmente una notevole omogeneità di aspetto qualitativo attorno ad alcune tipologie (ad es. i colori nelle singole Formazioni). Un utile metodo potenziale sarebbe quello paleontologico che però è poco utilizzabile nei casi, come quello qui analizzato, in cui le selci hanno scarsità, monotonia e limitata significatività dei microfossili a causa della rielaborazione diagenetica (Loriga Broglio; com. pers.).

Diviene allora necessario completare le osservazioni di tipo qualitativo con metodologie che permettono quantificazioni e quindi confronti numerici e grafici, anche di tipo statistico: l'analisi microscopica, quando possibile, del contenuto micropaleontologico (radiolari, foraminiferi, pollini) e le analisi mineralogiche, petrografiche, geochimiche, metodologie ciascuna delle quali è potenzialmente in grado di dare dati confrontabili in termini disaggregati o, tutte insieme, permettono un confronto aggregato di probabilità comparativa attraverso un'elaborazione informatica (M. Pawlikowski, in I. Radovanovic, 1984).

In questo lavoro sono stati presi in considerazione per uno studio minero-petro-geochimico, i manufatti in selce provenienti dal sito aurignaziano di Monte Avena.

1.2 Inquadramento geografico-antropico e geologico

Il Monte Avena (1450m) è situato nella parte Sud-est della regione dolomitica (Dolomiti bellunesi), in prossimità della città di Feltre (vedi riquadro di fig. 1).

La sommità (Campon d'Avena) forma un ampio pianoro modellato da

vecchie morfologie e vallecole poco incise, troncate dall'erosione del versante. Lo scavo archeologico è stato realizzato alla testata di una di queste vallecole, poco acclive e larga circa 50 m, aprentesi a 1430 m di quota nella parte meridionale del pianoro; esso ha interessato la zona centrale di questa vallecola e il suo fianco sinistro. La serie stratigrafica messa in evidenza su una superficie di 54 mq, accerta la frequentazione del M.te Avena da parte dell'Uomo in almeno quattro differenti momenti.

La prima frequentazione risale al Paleolitico medio ed è testimoniata dalla presenza di pochi manufatti litici provenienti dai tagli più profondi (tagli 8, 14, 15). La fase antica del Paleolitico superiore, l'Aurignaziano (35.000- 30.000 B.P.), è caratterizzata da una frequentazione del sito (industria proveniente dai tagli 5 - 7) legata allo sfruttamento della selce affiorante alla sommità del Monte Avena. Durante il Mesolitico antico, rappresentato da un unico reperto significativo (taglio 4), la frequentazione del sito sarebbe stata del tutto occasionale, mentre la presenza umana tra il Neolitico recente e l'inizio dell'età del Bronzo appare più intensa ed è largamente documentata in gran parte del Campon d'Avena.

La scoperta della frequentazione aurignaziana è certamente la più importante e interessante delle quattro testimoniate nella serie del Campon, in quanto siti

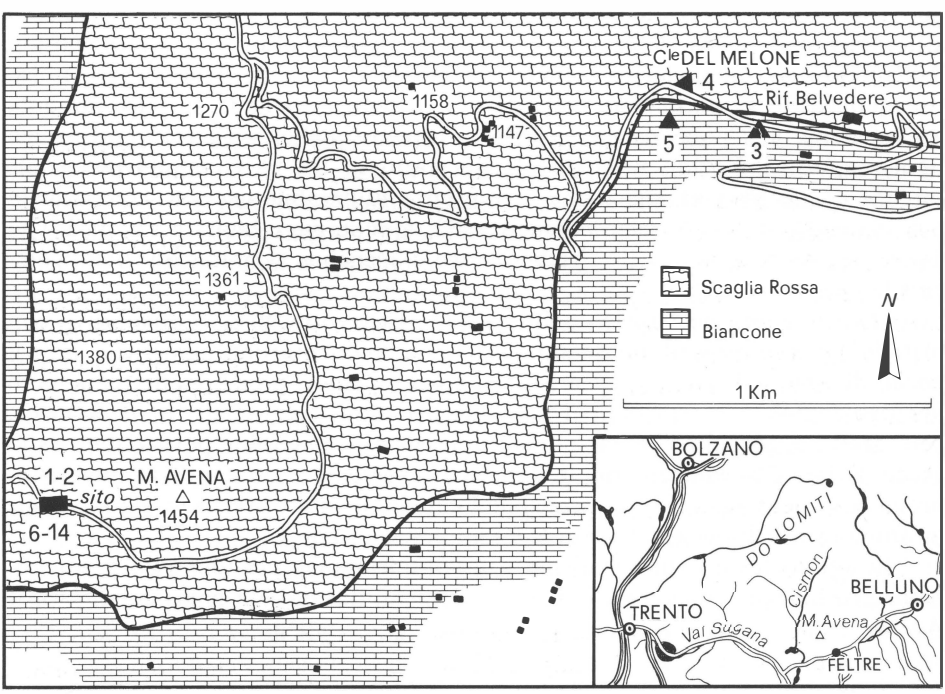


Fig. 1 - Schizzo geologico dell'area di Monte Avena con l'indicazione dei punti di campionatura (rilevamento R. Ruzza). - Geological sketch of the M.te Avena area; sampling points are indicated. Biancone, Lower Cretaceous. Scaglia Rossa, Upper Cretaceous.

montani dell'Aurignaziano, a quote così elevate, sono molto rari; inoltre questo è uno dei pochi siti che documentano l'Aurignaziano nel Veneto e più generalmente nell'area padana. La sua singolarità è data soprattutto dalla sua evidente caratteristica di sito legato alla raccolta (o estrazione) della selce presumibilmente in vista di un utilizzo in altri siti a quote inferiori nel fondovalle o ai limiti della pianura (LANZINGER, 1984; BROGLIO *et alii*, 1988; LANZINGER & CREMASCHI, 1988).

Per la contestuale presenza di affioramenti naturali di selce e di abbondanti reperti, il sito del Campon d'Avena ben si prestava a verificare l'utilizzazione delle metodologie analitiche proprie delle scienze dei materiali geologici ai fini della comparazione preistorica.

Le formazioni prequaternarie presenti nella serie stratigrafica del Monte Avena (fig. 1) sono due (vedi F° 22, Feltre, Carta geologica, 1:100.000): il "Biancone", del Cretacico inferiore formato da calcari minuti fino a litografici, compatti, bianchi o bianco-grigiastri spesso fittamente stratificati, con numerosi noduli o liste di selce, che hanno colore prevalentemente grigio, soprattutto nella parte superiore; la "Scaglia Rossa" del Cretacico Superiore fino al Paleocene, che segue in continuità stratigrafica, formata da banchi fittamente stratificati di marne e calcari rosso-vinati o bianco-rosati con frequenti noduli selciosi, per lo più rossastri. Il "Biancone" affiora diffusamente nelle pendici del Monte Avena, mentre la "Scaglia" è limitata alla parte sommitale, nell'area circostante il sito preistorico.

1.3 I Campioni

Sono stati utilizzati cinque campioni geologici e dodici campioni archeologici, tutti con la sigla I-MA, le cui caratteristiche essenziali sono in Tab.1.

I campioni geologici sono stati scelti tra le selci della "Scaglia Rossa", nei pressi immediati del sito (camp. 1 e 2) e esemplificativamente in altri punti dell'area (camp. 3, 4, 5).

I campioni archeologici sono manufatti non elaborati mediante ritocco (LANZINGER, 1984; LANZINGER & CREMASCHI, 1988; BROGLIO *et alii*, 1988), scelti in modo da rappresentare la tipologia più frequente (colore rossastro-giallastro; camp. 6, 7, 8, 9) e in modo esemplificativo le altre tipologie esistenti (camp. 10, 11, 12, 13, 14).

2. Dati petrografici, diffrattometrici e termici

2.1 Petrografia

I) Nelle selci a vari toni rossastri, sfumanti sul bruno e sul giallo (campioni 1,2,6,7,8,9,10) la grana è molto minuta, un po' eterogenea, con porzioni cripto - (ca. 1μ), mini - (ca. 5-10μ) e micro-cristalline (fino a 100-120μ) variamente associate, sia con sfumature che con rapidi passaggi.
La parte assolutamente prevalente nella tessitura è data da *quarzo minutissimo* granulare (diasprigno), mentre porzioni globulari, anulari o allungate, spesso legate a microfossili, appaiono un po' più cristalline e fibrose (calcedonio).

TABELLA 1 - TABLE 1

Rocce Rocks (a)		Colore	Patina	Frattura	Scheggiatura Cleavage (c)
I MA	1 (S)	5YR 4/6 5/5 - yellowish red, minor-white portions	pink-white	conchoidal	good
	2 (S)	5YR 4/6 5/6 - yellowish red	absent	conchoidal	good
	3 (B)	5YR 5/1 - grey 5YR 5/3 - greyish red	absent	plan	poor
	4 (S)	5YR 3/4 - reddish brown	absent	conchoidal	good
	5 (B)	2.5Y 5/ - grey 2.5Y 6/4 - yellow	absent	conchoidal	good
Reperti (b) Artifacts					
I MA	6	5YR 5/4 - brownish red	pink-white	conchoidal	good
	7	5YR 4/6 - yellowish red	absent	conchoidal	good
	8	5YR 5/6 5/8 - yellowish red	absent	conchoidal	good
	9	5YR 5/6 - yellowish red	absent	conchoidal	good
	10	10YR 6/3 - pinkish yellow	whitish	conchoidal	good
	11	5YR 8/3 - light pink	pink-white	conchoidal	poor
	12	5YR 6/1 - grey	light grey	conchoidal	good
	13	5YR 6/1 - grey	light grey	conchoidal	good
	14	5YR 6/1 - grey 5YR 5/3 - brownish red	pinkish	conchoidal	good

(a) Campioni/samples/1,2,4 «Scaglia Rossa», Upper Cretaceous (S)
Campioni/samples/3,5 «Biancone», Lower Cretaceous (B)

(b) Dal taglio/from the cut/ no. 7, Aurignacian

(c) Si intende: attitudine alla scheggiatura / Cleavage means, in this case, splintering fitness.

Tutti i campioni provengono da / All samples collected at / Campon d'Avena (fig. 1), tranne/except/no. 3 (Rifugio Belvedere), no. 4, no. 5 (Col del Melon).

Le sigle sono riferite a / marks refer to / «Munsell Soil Color Charts», 1975.

Sono numerosi i residui fossili di *Globigerinacaee, Foraminiferi e spicole di spugne,* non ben determinabili per le cristallizzazioni sovrapposte e i riempimenti ora di calcedonio, ora di cristobalite-opale, ora di sferule brunicce a varia intensità di colore e otticamente sub-isotrope.

Chiazzette per lo più minime di Fe-idrossidi sono diffuse sia nelle sferule di cui sopra, sia come minimi punti di concentrazione; ove questi diminuiscono, il colore della selce è anche più chiaro mesoscopicamente, fino a bianco-grigio.

E' sempre presente *cristobalite-opale* (rifrazione e birifrazione molto basse), bruniccia, di colore più intenso nelle parti più colorate della selce e viceversa; ha forme globulari o ameboidi, spesso legate a forme di microfossili e in via di trasformazione in calcedonio. Sporadicamente raro è l'opale, monorifrangente e con rifrazione ancora più bassa.

Minutissime tavolette, aghetti e globuletti raggiati, incolori, a rifrazione più bassa della pasta diasprigna-calcedoniosa e con birifrazione bassa, sono tentativamente attribuite a *zeoliti.*

Sporadiche sono lamelline attribuibili a *fillosilicati,* tra i quali sono talora riconoscibili *microliti micacei* (illite?) p.es. nel campione 10. Granuli di *carbonati* isolati sono rari, mentre sono presenti nelle rocce vene epigenetiche di *calcite.* Macchie millimetriche-centimetriche micritiche e ricche di carbonati sono presenti talora, soprattutto nelle rocce, e sono interpretabili come residui carbonatici sfuggiti alla silicizzazione.

In alcune parti di sezioni sottili, sia in roccia che in reperti, si hanno piccole fratture discontinue un po' ondulate, tentativamente interpretate come contrazioni per disidratazione diagenetica.

I campioni 10w e (forse) 11 sono patine di scolorimento bianco-rosate, con accumuli marginali di Fe+Mn-idrossidi; la tessitura e gli altri caratteri petrografici non mostrano variazioni degne di nota.

II) I campioni grigi (3, 12, 13, 14) mostrano differenze tessiturali, in particolare una maggior presenza di quarzo microcristallino e una minor presenza di relitti fossili, accanto ad una maggior quantità di calcite nel campione 3. E' caratteristica del camp. 12 la presenza di forme romboedriche fino a quasi cubiche, di 20-30 μ, presumibilmente dolomite ora sostituita da impasti minuti a bassa birifrazione (v. fig. 6).

III) Il campione 5, nelle sue parti sia gialle che grigie, ha caratteri petrografici fondamentalmente simili a quelli del gruppo I), in particolare con presenza di microliti micacei similmente al campione 10. Esso mostra però due caratteri unici: presenza di pochissime lamelle ad alta birifrazione e molto pleocroiche da verde oliva scuro a giallo, attribuibili a possibile *celadonite (glauconite);* presenza di sottili e brevi vene di un minerale a birifrazione del secondo ordine, $2V \approx 0°$, negativo, rifrazione attorno o poco superiore a $n=1{,}55$ (rifer. quarzo), in cristalli un po' ondulosi a incastro granoblastico, ciascuno delle dimensioni di ca 0.1mm: i caratteri ottici indicano una *vermiculite abbastanza ricca in Fe.*

2.2 *Diffrattometria*

La diffrattometria di tutti i campioni ha rilevato quasi solo la presenza di *quarzo* (fig. 2), oltre a calcite, quando presente. Solo pochi campioni mostrano un piccolo picco a 9.4 Å (fig. 1); nel contesto, l'unica attribuzione ragionevole è alla *laumontite,* che può trovare corrispondenza con alcune zeoliti otticamente rilevabili, ma non con tutte. Il campione 5, in una parte arricchita al binoculare per cogliere le venuzze *vermiculitiche,* mostra un debole riflesso a circa 15 Å, effettivamente attribuibile ad una vermiculite, oltre ad un debole riflesso a circa 10 Å che può essere attribuito alla *celadonite* otticamente osservata.

Gli indici di cristallinità del quarzo, secondo il metodo di K.J. Murata e M.B. Norman (1976) sono bassi. Su 17 determinazioni ben 13 danno indici inferiori a 1 (indice di riferimento 10 per quarzo ad alta cristallinità); superiori a 1 sono gli indici dei campioni 4 (1.06), 10w (1.71), 13 (2.25), 14g (3.80).

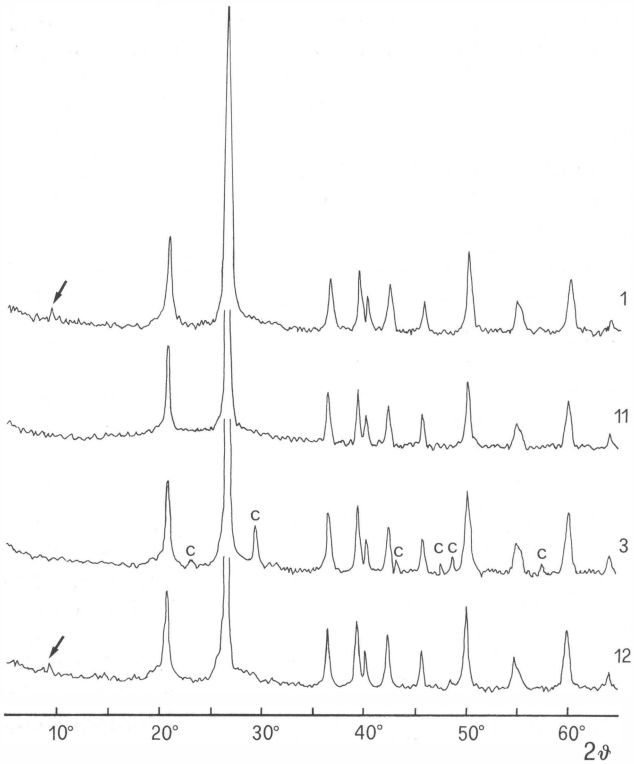


Fig. 2 - Esempi di diffrattometria delle selci sui campioni 1,11, 3,12 (gli altri spettri sono del tutto corrispondenti). Oltre agli evidenti riflessi del quarzo si riconoscono solo i riflessi della calcite, quando presente in quantità di qualche unità percentuale. Nei diagrammi 1 e 12 si coglie un riflesso (vedi freccia) dubitativamente attribuibile a laumontite.
- Examples of some XRD analyses (samples 1,11, 3,12). Besides predominant quartz, calcite may be determinated in natural cherts (e.g. n. 3), and zeolites as laumontite (arrow) may be recognized.

2.3 Analisi termiche

Tutti i campioni sono stati sottoposti ad analisi termiche con termoanalizzatore SETARAM TAG 24 in atmosfera controllata di CO_2, dopo preventiva riduzione granulometrica a meno di 1/8 mm.

Le perdite totali in peso risultano modeste (Tab. 2) salvo per i pochi campioni naturali ricchi di calcite.

Le curve DTG (fig. 3) rivelano le seguenti caratteristiche: a) fino a ca 200° C una perdita iniziale di peso, variabile da campione a campione; b) talora un debole effetto attorno a 380-400° C; c) una generale reazione attorno a 500-600° C; d) in qualche campione una piccola perdita di peso attorno a 700° C; e) a 800-900° C una perdita di peso, più forte in alcuni campioni e più debole in altri.

Gli effetti a) e e) sono di evidente interpretazione: iniziale disidratazione e decarbonatazione (fig. 3 e Tab.2) rispettivamente. I piccoli effetti b) e d) sono rispettivamente interpretabili come dovuti a piccole presenze di Fe-idrossidi (o fosfati) o di minerali argillosi, ma non paiono particolarmente qualificanti. La

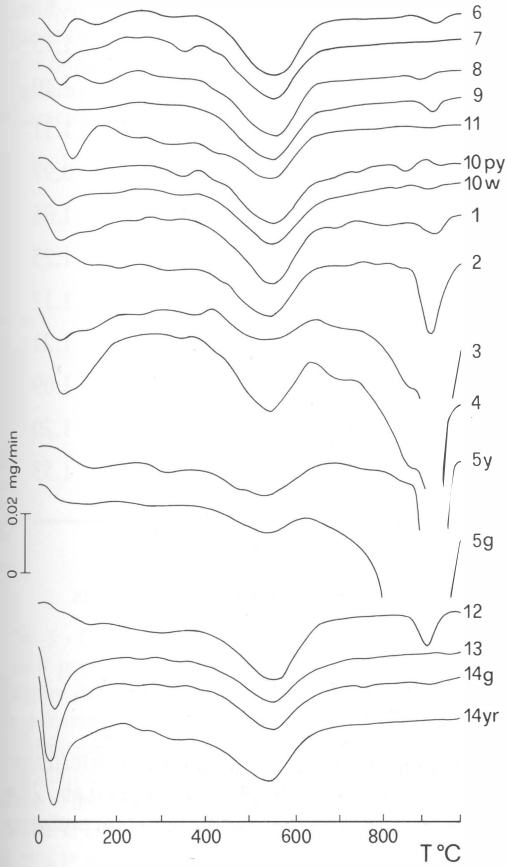


Fig. 3 - Curve DTG di tutti i campioni. Si colgono,in quasi tutte le curve, la disidratazione iniziale, una generale reazione di disidratazione attorno a 500-600° C, la decarbonatazione sopra i 750° C. Più sporadici e del tutto minori effetti a 380-400° C e attorno a 700° C. Per i valori quantitativi v. Tab.2.

- DTG curves for all samples: initial dehydration, continuous dehydration reaction at 500-600° C, decarbonatation above 750° C.

Only minor effects at 380-400° C and ca. 700°. See also Table 2.

TABELLA 2 - TABLE 2

— Determinazioni TG di H_2O e CO_2

— TG analyses of H_2O and CO_2

	H_2O			CO_2	L.O.I.
	20°-200° C	200°-450° C	450°-760° C	760°980° C	Totale
1	0.25	0.14	0.55	0.16	1.10
2	0.18	0.24	0.56	0.37	1.35
3	0.28	0.12	0.52	1.23	2.15
4	0.28	0.11	0.54	1.00	1.93
5g	0.15	0.20	0.55	3.13	4.03
5y	0.14	0.22	0.39	0.92	1.67
6	0.28	0.16	0.55	0.12	1.15
7	0.28	0.17	0.50	0.11	1.10
8	0.21	0.20	0.57	0.13	1.11
9	0.15	0.17	0.54	0.11	0.97
10yp	0.18	0.18	0.60	0.10	1.06
10w	0.27	0.22	0.63	0.13	1.25
11	0.20	0.28	0.62	0.07	1.17
12	0.17	0.31	0.58	0.15	1.21
13	0.15	0.21	0.63	0.10	1.09
14g	0.29	0.19	0.61	0.11	1.20
14rb	0.40	0.33	0.70	0.10	1.53

1 - 5
selci naturali, rocce -
cherts from natural outcrops

6 - 14 reperti - artifacts

reazione c) a 500-600° C, presente in tutti i campioni, è invece molto caratterizzante per le selci analizzate. Essa è certamente dovuta a disidratazione (Tab. 2) e trova un evidente riscontro nelle curve TG (fig. 4); ma la sua precisa interpretazione resta problematica e merita un esame a parte.

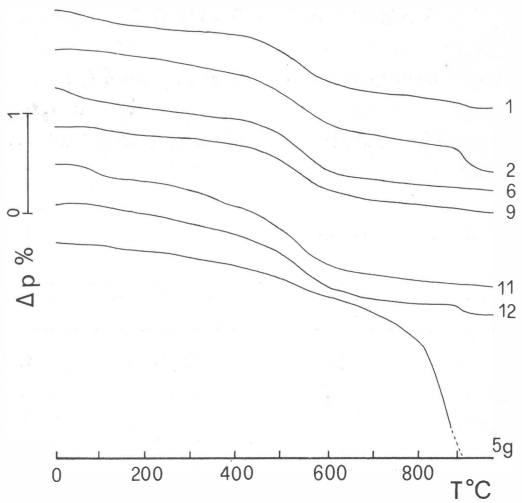


Fig. 4 - Curve TG esemplificative dei camp.1, 2, 6, 9, 11, 12, 5g; le altre curve sono del tutto simili. Il motivo più significativo è il flesso attorno a 500-600° C, che sembra tipico di queste (o delle) selci.
- Examples of TG curves: samples 1, 2, 6, 9, 11, 12, 5g; the other TG curves are practically identical. The most significant feature is the flex around 500-600° C, which seems characteristic for these (for all?) cherts. 5g countains some calcite.

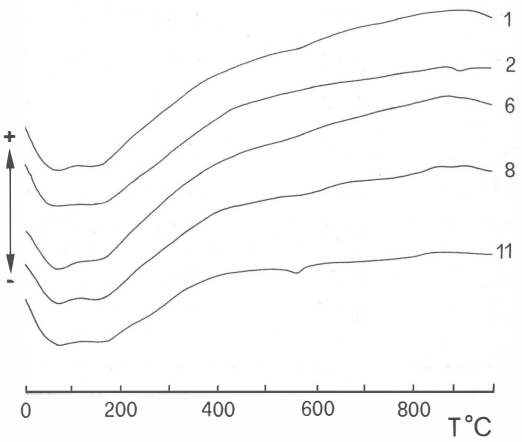


Fig. 5 - Curve DTA esemplificative dei campioni 1, 2, 6, 8, 11; le curve degli altri campioni sono pressochè identiche. E' evidente la prima reazione endotermica di disidratazione, mentre debolissima in un caso (11), appena accennata in un altro (1) e mancante negli altri è la reazione polimorfa quarzo α quarzo β, che invece è sempre nettissima negli standard di riferimento.
- Examples of DTA curves: samples 1, 2, 6, 8, 11; the other DTA curves are all similar to these. The first dehydration endothermic reaction is very evident: instead, the reaction α to β quartz is very feeble in one case and lacking in the other ones; the same reaction is very strong in all standards used.

Le curve DTA di fig. 5 mostrano la prima reazione endotermica di disidratazione e solo deboli segni, in un caso, e appena accennati in un altro, della reazione di fase da quarzo α a quarzo β, che pure sarebbe da aspettarsi, e che si riscontra nettissima negli standars di riferimento. Anche questo è un effetto caratterizzante (riscontrabile anche in una selce in TAKACS-BIRÒ, 1986), riferibile alla bassa cristallinità del quarzo (vedi 2.2) e che meriterà approfondimento in altra sede.

2.4 SEM

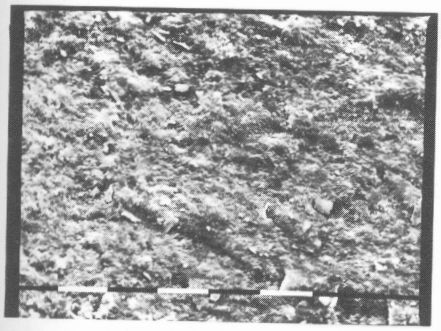
Alcuni campioni sono stati esaminati al SEM (Philips SEM 515).

Le immagini rilevano una notevole varietà morfologica, di cui si danno esempi in fig. 6. In essi sono evidenti le strutture di microfossili su cui si innescano cristallizzazioni di calcedonio, nel campione 4; fantasmi di idioblasti dolomitici nel campione 12, l'aspetto efflorescente della patina 10w, rispetto al più anonimo nucleo 10 yr. Le altre immagini sono meno leggibili e non trovano una immediata rispondenza tipologica con gruppi definibili per via geochimica (cfr. soprattutto 3.5). Un esame sistematico su una più ampia casistica sarà opportuno in un'altra occasione.

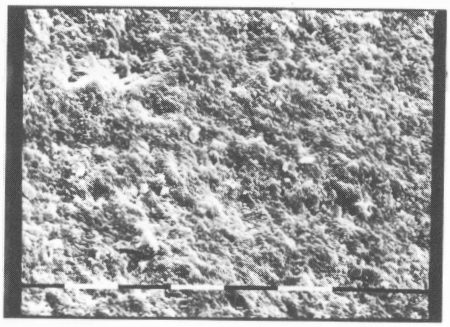
2.5 Commento ai dati petrografici, diffrattometrici e termici

La cosa più immediata che si deduce è la maggior abbondanza di calcite nei campioni naturali rispetto ai reperti. Ciò è da legare verosimilmente ad una

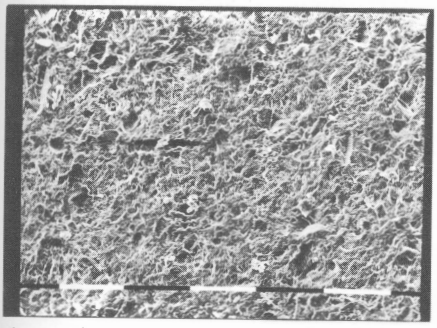
Fig. 6 - Esempi di immagini al SEM Philips 515. Le immagini dei campioni 1, 9, 10 yp sono esemplificative di una situazione comune, molto anonima, che richiede una diversa risoluzione per essere esaminata esaurientemente. Le altre immagini sono più specifiche, ma non rapportabili a precise tipologie. Per es. il camp. 6 è diverso per un reticolato (calcedonio?), ma tipologicamente è assimilabile ai camp. 1 e 9 per tutti gli altri caratteri. Il camp. 12 mostra fantasmi di microblasti dolomitici (che possono spiegare il relativo alto valore di Mg-v. Tab. 3-) e rappresenta per ora un caso unico, anche se molto caratteristico, in accordo con l'osservazione ottica. Il camp. 4 mostra una ricchezza di microfossili, unica nella campionatura; i microfossili favoriscono la cristallizzazione di calcedonio. Il camp. 10w è la patina del camp. 10yp, molto anonimo. La patina sviluppa invece una specie di efflorescenza e suggerisce che l'immagine elettronica può essere un buon mezzo per la comprensione delle variazioni nelle patine, da estendere ad una casistica più ampia. - Examples of SEM (Philips 515) images. 1, 9, 10yp are examples of the common, anonimous images, which need a better resolution for being seriously analyzed. Other specific images can heardly be linked to precise chert types. As an example, a chalcedony (?) network makes apparently different samples 6 from the geochemically similar samples 1 and 9. Note, the typical ghosts of microblastic dolomite appearing only in sample 12, and the plenty of microfossils with chalcedony growing rims, typical of the only sample 4. In the patina 10w, a sort of efflorescence develops in contrast with the anonimous texture of the core 10yp.



Camp. 1 ⊢⊣ 10 μ

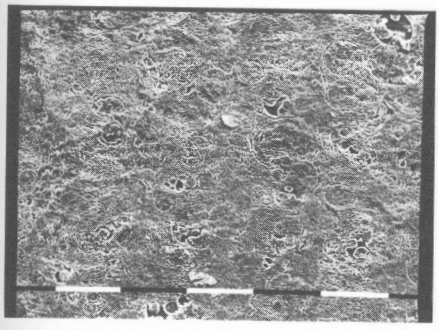


Camp. 9 ⊢⊣ 10 μ

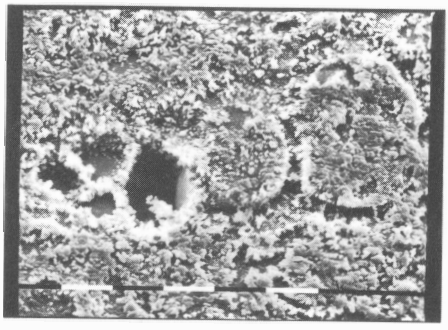


Camp. 6 ⊢⊣ 100 μ

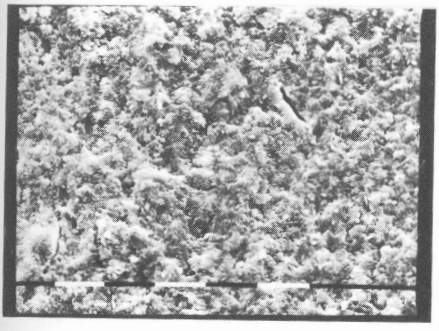
Camp. 12 ⊢⊣ 10 μ



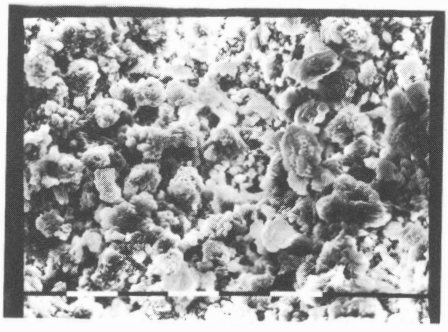
Camp. 4 ⊢⊣ 100 μ



Camp. 10 ⊢⊣ 10 μ



Camp. 10 ⊢⊣ 10 μ



Camp. 10 ⊢⊣ 10 μ

selezione da manifattura che portò all'utilizzo delle parti migliori, più povere di calcite, per la lavorazione di manufatti.

Su base petrografica si rileva una certa separabilità del gruppo I dal gruppo II e la singolarità del campione 5. La possibile utilizzazione di queste osservazioni, per un confronto volto a definire analogie o distinzioni, appare aleatoria: certamente essa necessita di una più ampia casistica per una verifica definitiva. Si può notare però che non intervengono variazioni petrografiche nella patina 10w rispetto alla selce del nucleo 10yr, mentre intervengono chiare differenze nell'immagine elettronica (fig. 6); e che caratteri tessiturali minori come i cracks da disidratazione suggeriscono analogie tra le selci naturali rosso-giallastre e i reperti dello stesso tipo. Le curve termiche rivelano particolarità da approfondire, ma che nella presente casistica appaiono come caratteri comuni: l'assenza quasi totale della reazione quarzo α quarzo β, legato probabilmente alla bassa cristallinità, e il flesso di disidratazione tra 500 e 600° C (fig. 3, 4, 5; Tab. 2). Per la scarsezza di dati di confronto non si può ancora valutare l'importanza di queste osservazioni a fini comparativi.

3. Geochimica

3.1 La campionatura geochimica e i metodi analitici

Il problema della campionatura geochimica delle selci a fini archeometrici ha due principali vincoli: da un lato le dimensioni generalmente piccole del campione archeologico utilizzabile, dall'altro, la tipologia mesoscopica (variazioni naturali di aspetto e colore) che è in ogni caso il punto di partenza di un'operazione comparativa. Questi vincoli determinano la strategia di campionatura e le valutazioni di significatività.

Porzioni diverse di uno stesso campione naturale, siano esse omogenee o eterogenee, corrispondono a potenziali campioni archeologici differenti. Ne consegue che, per una corretta comparazione con i reperti, ha più senso cogliere le variazioni naturali su scala centimetrica o inferiore dei campioni rocciosi di selce, che avere un'analisi unica media (e più rappresentativa nel senso usuale), partendo da un campione maggiore, come si è soliti fare nella normale campionatura geochimica delle rocce.

Si consideri per esempio la tabella 3: le analisi fatte su pezzi maggiori di selce (campioni 1.5, 3.2, 4.2) danno costantemente una sopravalutazione di Ca rispetto ai reperti archeologici (cfr. analisi campioni 6-14) così come la danno rispetto alle analisi su porzioni minori selezionate delle stesse rocce: esse offrirebbero quindi un quadro parzialmente distorto per la comparazione. Non vi è dubbio inoltre che le cinque analisi 1.1-1.5 danno più informazioni di una unica analisi media del campione 1, media del resto sempre ottenibile da esse.

La prima scelta è quindi quella di selezionare preferibilmente campioni piccoli, con riferimento alle dimensioni standard dei piccoli reperti utilizzabili (max ca. 1/2 cm^3). E' ovvio che questa scelta può valere per rocce a grana finissima come la selce e non può essere generalizzata a rocce di grana maggiore.

Nella preparazione dei campioni si è esclusa la macinatura in mortai di agata o mullite, dopo aver constatato sensibili inquinamenti derivanti dalla macinazione. Quest'ultima non si è potuta evitare (in mortaio di agata) per i campioni da sottoporre ad analisi termica e quindi per i dati di H_2O e CO_2. Per analizzare gli altri elementi sono state utilizzate invece porzioni spezzettate e controllate allo stereomicroscopio per separare, in caso di necessità, le parti eterogenee (p.es. campioni 1r e 1w, 5g e 5y, 10yr e 10w, 14g e 14yr). Le singole porzioni sono state direttamente disgregate per via umida, ottenendo soluzioni da analizzare in Assorbimento Atomico (Perkin Elmer 5000) e in spettrometria UV-visibile (Jasko, mod. Univec 340).

3.2 La scelta degli elementi da analizzare

La scelta è stata guidata dall'esperienza di Sieveking *et alii* (1972), ripresa da Sieveking e Bush (1986), che hanno considerato utili per le selci (flint), a scopo di comparazione archeometrica, gli otto elementi Al, Fe, Mg, K, Na, P, Li, Ca. Gli Autori hanno fatto una raccolta significativa di dati di questi elementi in nove zone di estrazione neolitica nei flint cretacici in Inghilterra, Bretagna, Olanda (d'ora in poi indicati come *Europa NW*). Per ampliare le possibilità di confronto sono stati analizzati anche Mn, Zn, Cu, Cr, sia per facilità analitica, sia per il comportamento geochimico prevedibilmente analogo a Fe e per la loro potenziale influenza sul colore, sia per seguire in parte anche l'esperienza di Pawlikowski (in Radovanovic *et alii*, 1984 e in Kozlowski & Sobczyk, 1987).

3.3 Caratterizzazione geochimica delle selci

La tabella 3 riporta i dati di analisi.

Al, Fe, K, Na sono costantemente abbastanza abbondanti, nell'ordine di una o poche migliaia di ppm *(Al, Fe)*, o molte centinaia fino al migliaio e oltre di ppm *(K, Na)*.

I campioni a toni rosso-giallo-bruni sono costantemente, ma non vistosamente, più ricchi in Fe (>1000 ppm) di quelli grigi (-bianchi) (<1000 ppm).

Mg è presente in quantità dell'ordine del centinaio o poche centinaia di ppm.

P è piuttosto disperso, con quantità inferiori a 100 ppm, fino ad assenza.

Cu, Zn, Cr sono sempre presenti in quantità modeste (tranne una punta di 160 ppm di *Zn*).

Mn è molto disperso e non di rado assente.

Ca è sempre presente e in generale molto disperso; è più abbondante nelle rocce che nei reperti, nei campioni più grandi rispetto a quelli piccoli e selezionati.

Rispetto alle nove raccolte di analisi dell'Europa NW (Sieveking *et alii*, 1972), si hanno differenze nettissime e eclatanti (Tabella 4). Le selci di Monte Avena (rocce e reperti) appaiono significativamente diverse dai flint di confronto, definendo una tipologia molto diversa. Ciò rafforza l'idea di partenza che parametri geochimici anche semplici possano essere caratterizzanti ai fini di una comparazione per un'attribuzione di provenienza.

TABELLA 3 - TABLE 3

SELCI NATURALI
CHERTS FROM NATURAL OUTCROPS

Campione		Ca	Mg	Al	Fe	K	Na	P	Cu	Zn	Cr	Mn	H_2Ot	CO_2
1.1	(r)	691	99	2387	1525	853	828	28	12	27	9	—		
1.2	(r)	864	120	2184	1332	874	866	27	5	11	4	4		
1.3	(r)	808	113	2047	1384	730	749	35	5	9	7	4	0.94	0.16
1.4	(r)	883	103	1772	1116	676	629	38	6	8	6	3		
1.5	(r)	1356	122	2062	1630	784	689	40	9	10	5	8		
1 w		3159	200	2802	831	993	935	85	8	19	9	—	nd	nd
2	(r)	1725	109	2317	1380	882	747	48	8	20	8	3	0.98	0.37
3.1	(gr)	4396	133	2180	664	928	784	84	4	18	8	2	0.92	1.23
3.2	(gr)	13310	204	1949	755	699	671	60	11	22	2	16		
4.1	(br)	3775	223	3590	2031	1395	857	71	7	19	17	5	0.93	1.00
4.2	(br)	9830	277	2635	1687	1118	830	29	7	26	8	12		
5 g		26447	481	3309	877	1480	1163	56	22	15	14	44	0.90	3.13
5 y		1476	199	2567	1660	1305	807	50	14	12	12	6	0.75	0.92

REPERTI DI SELCE
CHERT ARTIFACTS

6	(r)	710	121	2413	1540	980	799	21	9	11	14	—	1.03	0.12
7	(r)	443	86	2243	1471	953	837	23	6	8	11	2	0.99	0.11
8	(r)	468	88	2105	1460	851	743	—	10	24	9	14	0.98	0.13
9	(r)	451	101	2333	1130	920	754	5	7	18	15	2	0.86	0.11
10 yp		146	251	3736	1203	1520	851	30	8	15	23	2	0.96	0.10
10 w		1024	318	4331	1088	1703	1088	37	16	160	28	—	1.12	0.13
11	(p)	439	280	2842	1479	1068	834	5	3	14	6	—	1.10	0.07
12	(g)	271	248	1970	883	932	859	42	5	17	8	12	1.06	0.15
13	(g)	686	129	5706	780	1539	957	72	8	17	11	2	1.09	0.10
14 g		984	150	3999	472	1092	801	58	6	15	3	4	1.20	0.11
14 rb		671	272	4539	972	1037	943	52	7	15	7	4	1.53	0.10

1.1 - 1.5 sono cinque determinazioni su porzioni diverse dello stesso campione rosso-giallastro; 1 w è una porzione bianca (grigio chiara) dello stesso campione.
Dei campioni 3 e 4 sono riportate due determinazioni. I valori di 1.5, 3.2 e 4.2 derivano da porzioni più grandi e meno selezionate delle altre.
r = rosso con toni giallastri; *w* = bianco; *g* = grigio; *y* = giallo; *br* = bruno rossastro; *gr* = grigio con sfumature rossastre; *p* = rosa; *yp* = giallo rosato; *rb* = rosso brunastro.
I campioni *r* definiscono la popolazione *red* del testo (cap. 4) e di tabella 4.

1.1 - 1.5 represent five analyses of different pieces of the same red sample; 1 w is a white portion of the same sample.
Samples 3 and 4 have been analyzed twofold. Analyses 1.5., 3.2. e 4.2. result from bigger and less selected portions than samples 1.1-1.4, 3.1 and 4.1 respectively.
r = red shading into yelloyish; *w* = white; *g* = grey; *y* = yellow; *br* = reddish brown; *gr* = grey shading to red; *p* = pink; *yp* = pinkish yellow; *rb* = brownish red.
Samples *r* from the *red* sample population in the text (chpt. 4) and table 4.

Più complicato risulta raffrontarsi con altre raccolte di dati analitici (p. es. RADONOVIC *et alii,* 1984; LUEDTKE & MEYERS, 1984; KOZLOWSKI & SOBCZYK, 1987), che sono meno sistematicamente inquadrabili, molto eterogenee al loro interno e nelle quali mancano le determinazioni di Al, che a noi sembra un elemento molto significativo per la tipologia e il confronto.

3.4 Variazioni naturali e comparabilità

Il problema ora da affrontare è la confidenza statistica con cui si possono considerare i singoli dati a fini di significativa e corretta comparabilità, dati i vincoli di piccola dimensione e di tipologia mesoscopica dei campioni singoli (v. 3.1).

La quantità di dati di Monte Avena è troppa piccola per valutazioni statistiche compiute, anche perchè la popolazione è palesemente eterogenea. Al suo interno è tuttavia possibile isolare, per qualche valutazione preliminare, il campione statistico delle 5 analisi MA1 (stesso campione geologico) e quello delle 10 analisi di selci a toni rosso-giallastri (1.1-1.5, 2, 6, 7, 8, 9) che chiamiamo MA *red*, basato sulla omogeneità tipologica e sulla buona confrontabilità chimica (vedi Tab.3 e Figg. 7 e 8). Per verifica esterna si ricorre anche ai nove campioni statistici dell'Europa NW (SIEVEKING *et alii,* 1972), corrispondenti a selci naturali di miniere neolitiche, la cui caratterizzazione geochimica è desumibile dai dati di Tabella 4. In questa sono riportati i dati di deviazione standard dei nove gruppi dell'Europa NW (18-22 analisi per gruppo), del nostro campione MA1 (5 analisi) e del campione MA *red* (10 analisi).

Dalla Tab. 4, preliminarmente e in attesa di una valutazione su più ampi campioni statistici, si possono desumere i limiti di variabilità entro cui considerare non significativa una differenza. Tenendo conto che i campioni statistici Europa NW hanno contenuti geochimici costantemente più bassi di quelli di M.Avena, si scelgono prudentemente come valori 1δ, utilizzabili per la nostra popolazione, i seguenti: ± 200 ppm per *Al, Fe* e (*Na*+*K*); ± 100 ppm per *Na e K;* ± 15 ppm per *Mg e P. Ca* non viene preso in considerazione a causa della sua eccessiva dispersione nei campioni naturali rocciosi (cfr. Tab. 3 e 4).

3.5 Comparazione statistica e discussione

Gli istogrammi di fig. 7 mostrano che anche valori geochimici singoli possono essere sufficienti a definire gruppi omogenei o a rivelare nette distinzioni tra gruppi e/o campioni singoli.

In fig. 8 sono selezionate alcune delle combinazioni diagrammatiche binarie di maggior significato.

Gli elementi chimici più utili per evidenziare somiglianze e diversità sono risultati *Al, Fe, Na*+*K, Mg;* in minor misura tutti gli altri. Dalle Figg. 7 e 8 si possono notare i seguenti punti:

a) Il gruppo *red* risulta essere non solo tipologicamente, ma anche geochimicamente unitario. Solo per *P,* più basso nei reperti che non nelle rocce, e per *Cr* (Tab. 3), più ricco nei reperti che non nelle rocce, c'è qualche motivo di

dubbio, presumibilmente legato alla limitatezza del campione statistico (6 analisi da rocce, 4 analisi da reperti).

Malgrado questo modesto dubbio, rocce e reperti a toni rosso-giallastro-brunastri sono da considerare appartenenti ad un'unica popolazione; le minori variazioni interne di colore non sembrano corrispondere a differenze geochimiche significative. *Risulta quindi che le rocce 1 e 2 sono compatibili come possibile fonte dei reperti 6, 7, 8, 9.* Per converso vengono escluse come possibili fonti per gli stessi reperti la roccia bruno-rossastra 4 e la parte giallastra della roccia 5 (5y). Qui le più marcate differenze di colore corrispondono anche a precise differenze geochimiche.

b) Non è invece risolto il problema della possibile analogia tra reperto grigio 12 e roccia 3 (peraltro grigia con toni rossastri), in presenza di un campione statistico insufficiente. E' da escludere per converso che il reperto 12 possa corrispondere alle parti grigie della roccia 5 (5g), o alle porzioni chiare del campione 1 (1w) e che i reperti grigi 13 e 14g siano rapportabili alla roccia 3.

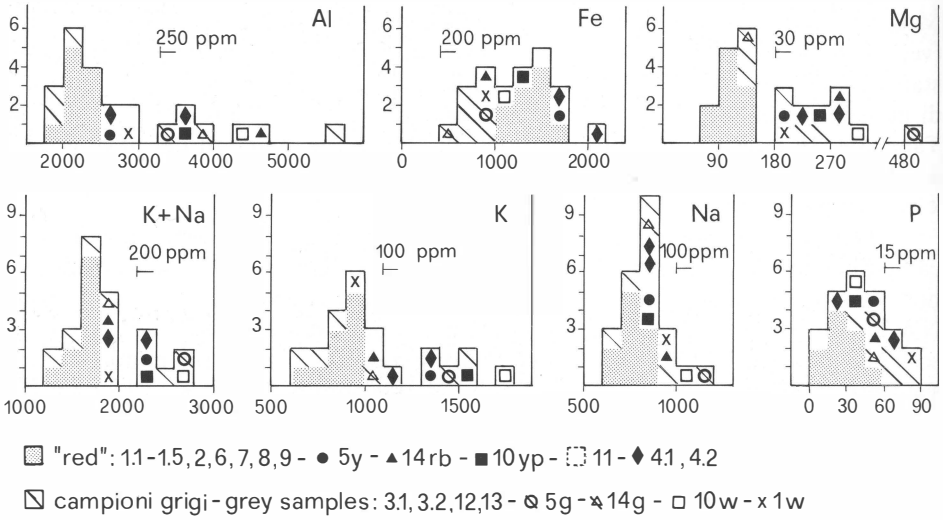


Fig. 7 - Istogrammi dei valori in ppm di Al, Fe, Mg, K, (Na+K), P, (rifer. Tab.3). Si definisce un'unica popolazione *red* per reperti e selci naturali rosso-giallastri (-brunastri); eterogeneità delle rocce e dei reperti grigi e dispersione complessiva per le altre tipologie; sensibili eterogeneità in porzioni diverse dello stesso campione, non tali però da cancellare i principali tratti geochimici comuni.

Gli elementi più utili alla distinzione e al confronto sono, per M.te Avena, Al, Fe, Mg, K, (K+Na). I campioni grigi risultano tutti più poveri di Fe di quelli rossi, gialli, bruni; le differenze non sono però quasi mai eclatanti.

- Hystograms of some elements, ppm values. A sample population *red* is well defined, embrancing both artifacts and rocks. All other samples are scattered; no homogeneous grey population can be defined. Heterogeneously colored samples are also geochemically heterogeneous.

c) Le rocce 4 e 5 non trovano quindi corrispondenza tra i reperti; i reperti 10, 11, 13 e 14 non trovano corrispondenza tra le rocce analizzate.
d) Esistono differenze chimiche molto significative tra le porzioni differentemente colorate dei campioni eterogenei (1w vs. 1r; 5; 10), non certamente legate solo all'abbondanza o meno di Fe. Questo è un problema da valutare seriamente in sede di comparazione. Esso impone, per il confronto, conoscenze ben precise di tipologia regionale delle selci.
e) Non si può trascurare che esiste qualche differenza chimica anche tra parti diverse di campioni della stessa tipologia in proporzioni anche superiori a quanto assunto nel paragrafo 3.4. Tuttavia la massima parte delle differenze riguarda il *Ca* che è molto disperso anche nei gruppi di confronto dell'Europa NW.
E' per questo che il *Ca* non va considerato elemento utile alla comparazione, ma solo elemento di controllo.
f) Con i reperti 10 e 11 si tocca il problema delle patine. Il campione biancastro 10w è sicuramente la patina del campione giallo-rosato 10yr. Le differenze chimiche tra le due parti non sono tuttavia più ampie di quelle rivelabili tra parti diverse di altri campioni, omogenei o eterogenei, nè danno indicazioni illuminanti su precisi effetti geochimici della patinatura. Il campione rosato 11 ha aspetto omogeneamente porcellanaceo e non è escluso che possa anch'esso essere considerato come patina, per altro difficilmente riferibile ad una precisa tipologia di derivazione. Del resto il problema delle patine è di natura tale da necessitare di un'ampia casistica prima di poter trarre conclusioni.

3.6 Caratteri geochimici correlativi e mineralogia minore delle selci

Le selci qui analizzate rivelano quantità di SiO_2 spesso attorno a 98%, escludendo il $CaCO_3$ presente, e in ogni caso superiore a 90%, come indirettamente si desume dalla Tab. 3. Non più del 2% del peso delle selci quindi, appartiene all'insieme di ossidi che concorrono alla formazione di minerali diversi dal quarzo. In questa situazione è conseguente la constatata impossibilità di avere risultati diffrattometrici o termici che rivelino chiaramente la natura degli scarsissimi minerali accompagnatori, mentre la minutissima grana offre poche possibilità anche all'analisi ottica.

Tuttavia i diagrammi di fig. 8, con le loro correlazioni evidenti (*Al-Alk, Na-K*), le dispersioni altrettanto evidenti (*Fe-Al, Mg-Al, P-Al, P-Fe*) e il sospetto di limitate correlazioni *Ca-Mg e Ca-P*, permettono di trarre qualche considerazione sulla possibile mineralogia minore delle selci.

La correlazione *Al-Alk* e la relativa abbondanza degli alcali in proporzioni K>Na in peso, ma Na>K in termini atomici (fig. 7c), sono forti indizi della presenza di minerali a rapporto tectosilicatico come le *zeoliti*. Clinoptilolite, phyllipsite sono talora citate, come pure mordenite, erionite e analcime entro selci (Gottardi & Galli, 1985; Sand & Mumpton, 1978; Hein & Obradovic, 1989). Essi sono compatibili con la distribuzione *Al-Alk* e *Na-K*. Clinoptilolite e mordenite, a massimo rapporto Si/Al, sembrano ragionevolmente favorite nell'ambiente fortemente saturato in SiO_2 delle selci.

TABELLA 4 - TABLE 4

COMPARAZIONE STATISTICA TRA GRUPPI DI SELCI
STATISTICAL COMPARISON BETWEEN CHERT (FLINT) GROUPS

GC = Grimes Graves (samples size: 20); ED = Easton Down (18); BP,C = Black Patch and Cissburg (20); P = Peppard (22); B = Beer (20); C = Clanfield (19); LGP = Le Grand Pressigny (20); S = Spiennes (20); SG = St. Geertruid (20), all from G. de G. Sieveking et al. (1972). MA 1 = Monte Avena sample 1 (sample size: 5); MA red = Monte Avena samples 1.1-1,5,2,6,7,8,9 (sample size: 10) ref. table 3, this paper.

Gruppo Group	Elem.	Media Average	dev. st. st. dev.	Elem.	Media Average	dev. st. st. dev.	Elem.	Media Average	dev. st. st. dev.
GG	*Al*	665	117	*P*	91	25	*Na*	288	42
ED		259	35		125	44		233	93
BP, C		319	43		71	40		171	75
P		471	76		98	34		287	61
B		1297	175		330	158		396	53
C		228	40		67	32		131	56
LGP		532	164		5	5		173	31
S		328	227		590	240		271	64
SG		321	86		209	82		208	44
MA 1		2090	224		34	6		752	97
MA red		2186	196		26.5	15		764	71
GG	*Fe*	84	20	*Ca*	949	2274	*K+Na*	523	62
ED		68	27		7519	7148		439	62
BP, C		103	46		5169	4202		338	120
P		104	47		2857	2163		567	72
B		257	86		2726	4477		850	111
C		37	26		2699	3445		244	90
LGP		591	505		119	49		372	69
S		104	57		9389	5314		492	106
SG		205	92		10609	9212		377	55
MA 1		1397	196		920	255		1536	175
MA red		1397	168		840	414		1614	155
GG	*Mg*	25	16	*K*	235	31			
ED		36.5	12		206	49			
BP, C		34	14		168	29			
P		29	11		280	37			
B		67	21		454	77			
C		34	27		113	38			
LGP		22	5		199	41			
S		50	22		221	53			
SG		122	88		169	31			
MA 1		111	10		783	83			
MA red		106	13		850	96			

Sembra da escludere peraltro un significativo apporto generalizzato di minerali argilloso-micacei, sia per il non apprezzabile eccesso di *Al* (che può trovare posto anche in zeoliti di *Ca*, come la possibile laumontite di fig. 1 e/o nei microliti micacei illite? dei campioni 5 e 10 - v. 2.1-), sia per la mancanza di correlazioni *Al-Fe* e *Al-Mg,* salvo in parte per i campioni 13 e 14, ove il maggiore eccesso di *Al* può suggerire la presenza anche di minerali argillosi.

La dispersione nelle distribuzioni binarie comprendenti *Fe, P, Mg* indicano una collocazione indipendente di questi elementi rispetto a *Al* e *Alk.* Con ogni probabilità *idrossidi di Fe* e *fosfati di Ca* soddisfano la collocazione dei primi due elementi: si osservi al riguardo la non cattiva correlazione *Ca-P* di fig. 8h, almeno per bassi valori di *Ca.*

Mg ha invece una distribuzione più complessa:in parte in fillosilicati (vermiculite e celadonite - v. 2.1- nel campione 5 con alto Mg), in piccola parte carbonatica (per es. camp. 12 - v. fig. 6d-), come può anche suggerire la assai modesta correlazione *Mg-Ca* in fig. 8. Peraltro una prova sulla sola parte carbonatica del campione 3.2 ha rivelato una proporzione solo dello 0.4% sul totale MgO della calcite disciolta.

4. Riassunto e conclusioni archeometriche

4.1 Il problema archeometrico

I campioni di M.te Avena sono esaminati in un primo studio di comparazione archeometrica, utilizzando contestualmente vari metodi delle Scienze dei materiali geologici (Mineralogia, Petrografia, Geochimica) su campioni naturali e manufatti di selce.

In Letteratura non mancano ricerche in questa direzione. Esse però paiono spesso mancare di sistematicità e di un utilizzo compiutamente critico dei dati: talora hanno ridondanza di applicazioni statistiche su dati scelti in maniera discutibile; talora portano inutilmente sofisticate analisi geochimiche, invece di selezionare parametri di più semplice uso e facile standardizzazione, che è lo scopo che ci si è posti invece in questo lavoro.

E' stato scelto il sito di M.te Avena, nelle Alpi Feltrine, ai limiti sud-occidentali della provincia di Belluno con quella di Trento, perchè sito studiato archeologicamente . Esso è interpretato come sito aurignaziano (Broglio *et alii,* 1988; Lanzinger & Cremaschi, 1988) di estrazione e lavorazione della selce, tanto ricco di reperti sbozzati e semi-lavorati, quanto povero di manufatti finiti; quindi destinato in prevalenza all'esportazione. Ai limiti dello scavo, una piccola parete di "Scaglia Rossa" ricca di selce rossastra, con detrito crioclastico alla base, è considerata la fonte dei reperti di selce di simile colore nello scavo (op. cit.).

I campioni di selce 1 e 2, provenienti dalla paretina, e i reperti 6, 7, 8, 9 sono serviti per la verifica dell'interpretazione e contemporaneamente, grazie all'altissima probabilità dell'interpretazione stessa, come misura dell'affidabilità dei vari metodi analitici usati ai fini archeometrici. Nello scavo esistono però altre tipologie e colori di selce (reperti 10-14), che suggeriscono una provenienza

differente dal territorio. Esemplificativamente sono state campionate le rocce 3, 4, 5 a scopo di confronto, ma non è stata fatta una campionatura sistematica.

Segue l'esposizione riassuntiva dei metodi e dei parametri che ne derivano, con la valutazione della utilità archeometrica (limitatamente al caso di M.te Avena), ma entro il progetto strategico di raggiungere un'ampia casistica di selci, rocce e reperti con cui utilizzare tutte le potenzialità archeometriche delle Scienze dei materiali geologici.

4.2 Aspetto - colore

L'aspetto e il colore sono parametri di partenza essenziali, ottenibili al minimo costo; essi sono vincolo e guida per lo studio archeometrico. Talora essi possono essere sufficienti da soli per dare le definizioni comparative necessarie allo studio preistorico. Tuttavia la fitta gamma di variazioni e sfumature tra i campioni e nei campioni, la presenza di campioni eterogenei per colore (all'interno di popolazioni geologiche omogenee) e la stessa natura qualitativa del parametro hanno ovvii limiti di soggettività e insicurezza (da cui non sfuggono completamente nemmeno le più addestrate esperienze). E' perciò necessario dare una base di dati quantitativi e/o estensivi all'uso del parametro aspetto/colore, che di per sè costituiranno ulteriori parametri per le valutazioni di confronto.

Nella campionatura di M.te Avena si è verificato che i reperti aventi comune colore grigio sono molto eterogenei per altri caratteri (cfr. Tabelle 1, 3; figg. 7 e 8); quindi il colore grigio è, per esempio, un parametro non utilizzabile da solo.

Al contrario, i campioni a toni rosso-giallastri formano, nel caso specifico, una famiglia omogenea, pur avendo minori ma tuttavia sensibili sfumature verso il bruno o il giallo (p. es. camp. *red* in figg. 7 e 8). Più decise variazioni di colore verso il bruno (camp. 4) o il giallo (camp. 5y) corrispondono invece a significative differenze geochimiche.

I campioni colorati rivelano maggiore presenza di Ferro di quelli grigio-bianchi (Tab.3; fig. 6), ma le differenze sono in realtà molto meno vistose di quanto ci si potrebbe attendere. Purtroppo le piccole quantità di Fe (ca 500-2000 ppm) non permettono la determinazione di Fe" rispetto a Fe'", il cui rapporto sicuramente influenza il colore.

4.3 Esame ottico-petrografico (v.2.1), diffrattometrico (v.2.2), termico (2.3) e ottico-elettronico (2.4)

Il limite dell'*esame petrografico* delle selci è la finezza della grana, che può scendere sotto 1μ e non supera quasi mai i 100μ.

Ciò rende impossibili sensate quantificazioni e lascia troppo spazio alla soggettività di lettura di macchie di colore, piccole variazioni di grana e altri parametri tessiturali, che possono essere utili solo se sfruttati caso per caso e con attento senso critico. La finezza della grana, inoltre, permette il riconoscimento preciso dei minerali minori delle selci in modo molto limitato.

Ciò non toglie che qualche indicazione per il confronto si possa trarre: per es. la tessitura minutissima ed irregolare delle selci rossastre è diversa da quella un

po' maggiore di alcune selci grigie. Alcuni motivi (cracks ondulati), trovati sia nelle rocce che nei reperti rossastri, rafforzano la comparabilità tra di essi. Altri motivi potrebbero essere potenziali parametri di confrontabilità, se nel caso specifico non fossero troppo sporadici (lamelline micacee, celadonite, vermiculite) o non qualificanti (microfossili residui non tipicizzanti).

L'esame microscopico ha evidenziato come la calcite in chiazze o venuzze è comune nelle rocce e manca o quasi nei reperti; la cosa sarà confermata dai dati geochimici. Ciò indica chiaramente una selezione, che ragionevolmente va riferita al lavoro di manifattura, durante il quale venivano scartati in partenza, o dopo poche prove, i campioni più deboli per presenza di calcite. Questa selezione è stata del resto già asserita, pur senza toccarne l'aspetto petrografico e chimico, da LANZINGER & CREMASCHI, (1988, pg. 35): "this stage of reduction was a sort of test of the raw material".

Le osservazioni morfologiche eseguite al SEM (2.4) non hanno avuto carattere sistematico, ma solo esplorativo. Le *immagini elettroniche* rivelano una varietà di casi difficilmente incrociabili con i parametri di ottica petrografica o altri, per cui è prematuro discuterne, prima di avere una più ampia casistica a disposizione.

La *diffrattometria* (2.2) rileva gli attesi bassi indici di cristallinità del quarzo che sono un carattere tipico ma, proprio perchè generale, non un parametro utilizzabile per i confronti. Per l'assoluta dominanza del quarzo non si riescono ad avere informazioni certe su minerali minori eventualmente caratterizzanti (fig. 2). Sporadiche determinazioni di zeoliti, celadonite e vermiculite non possono assumere carattere parametrico.

Anche le *analisi termiche* (2.3) non offrono dati parametrici utili per la comparazione o la differenziazione. Esse rivelano grande omogeneità di comportamento delle selci (figg. 3, 4 e 5), fatte salve le banali differenze per la presenza di calcite. La scarsezza dei dati in Letteratura impediscono confronti seri con altre casistiche. Lo studio termico ha sottolineato due aspetti, per ora non di uso parametrico, ma da esaminare fenomenicamente: la mancante o debolissima reazione quarzo α quarzo β (legata presumibilmente alla bassa cristallinità) e una caratteristica fascia di disidratazione tra 500-600° C ca.

4.4 I parametri geochimici (cap. 3)

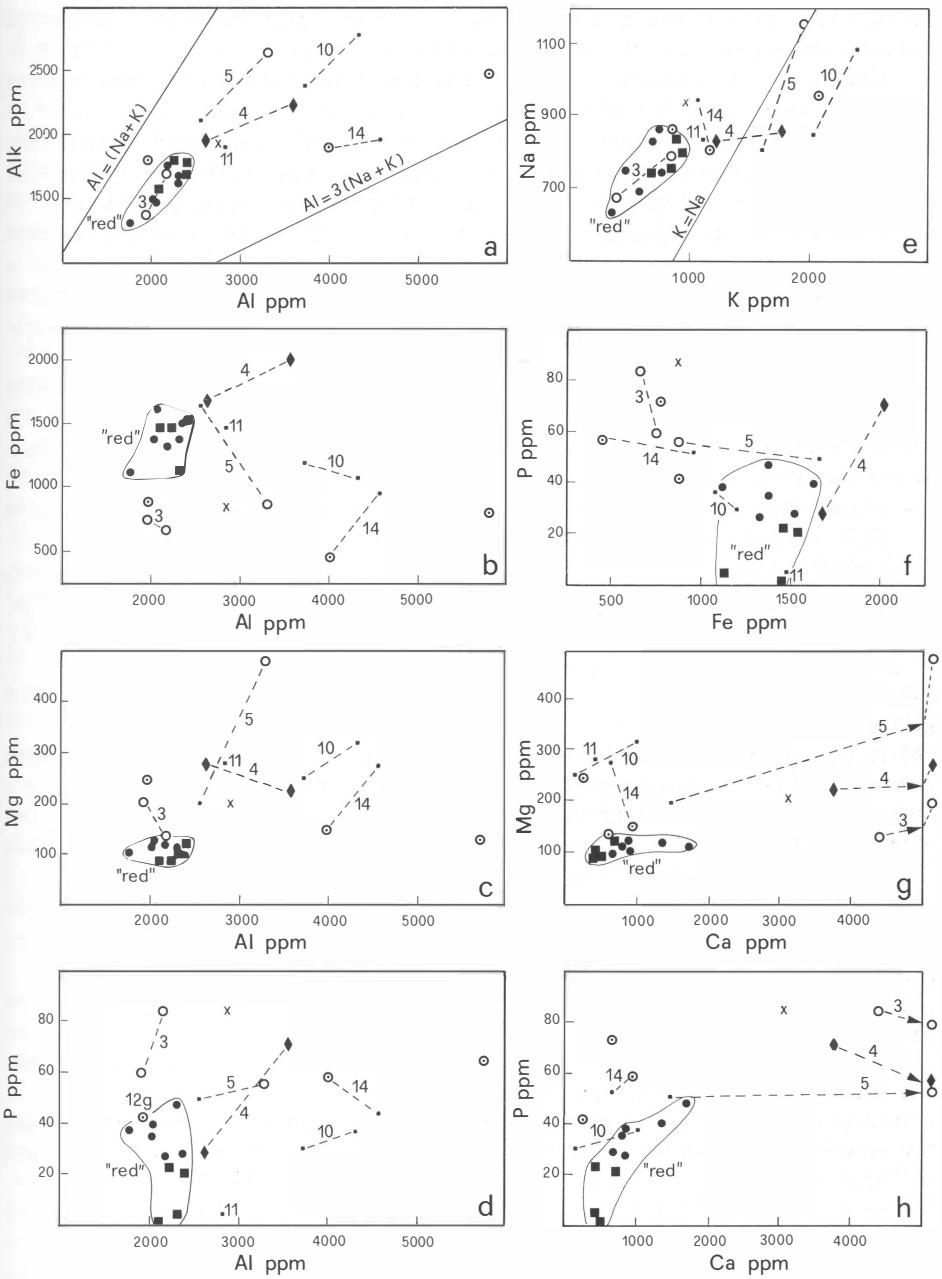
I parametri geochimici si rivelano, al contrario dei precedenti, di grande utilizzabilità e significato nella campionatura di M.te Avena. Già con semplici tabulazioni o diagrammazioni essi sono potenzialmente capaci di distinguere e comparare con alto grado di probabilità, selci naturali e manufatti (Tab. 3; figg. 7, 8). I più efficaci elementi sono Al, Fe, K, Na, Mg, più utili di elementi minori come P, Zn, Cu, Cr, pure sempre presenti e capaci di qualche indicazione, o Mn, che è troppo irregolarmente distribuito.

I dati geochimici sollevano insoliti problemi di campionatura (3.1). Infatti il riferimento dimensionale è quello del campione archeologico utilizzabile, che è ovviamente piccolo (max 0.5 cm cubi). Ha meno senso perciò per le selci naturali cercare valori "rappresentativi" nell'usuale accezione geochimica del termine (cioè valori che si avvicinino alla media reale di un affioramento o di un corpo geologico), quanto piuttosto avere valori su campioni quasi puntuali (dimensioni

dei reperti di confronto) da considerare in un contesto di variazioni statistiche. Solo in tal modo il confronto viene fatto tra entità omogenee. Utilizzando campioni piccoli è inevitabile (anche in rocce a minutissima grana come le selci) assumere valori di deviazione standard relativamente alti entro ciascuna popolazione-campione. Il caso di M.te Avena rivela che differenze geochimiche reali (di molto superiori alla deviazione standard assunta -v. 3.4-) si evidenziano facilmente sia tra campioni tipologicamente diversi, sia tra campioni tipologicamente simili (per es. grigi) ma composizionalmente diversi. In tal modo l'utilizzo sistematico per l'analisi geochimica di frammenti di piccole dimensioni è pienamente giustificata anche sotto il profilo dell'affidabilità. Esso inoltre permette di procedere alla disgregazione diretta dei frammenti da analizzare spettroscopica-

---

Fig. 8 - Selezione di diagrammi binari esprimenti le tendenze geochimiche delle selci di M.te Avena (rifer. Tab. 3).
Nel diagramma *a* le due rette definiscono i rapporti (in termini atomici) Al:(K+Na)=1 e =3, cioè un rapporto tectosilicatico e muscovitico, che servono da riferimento (per semplicità il calcolo è stato fatto per Na=K). La chiara correlazione in una fascia vicina al rapporto tectosilicatico dimostra l'importanza di un contributo zeolitico e la scarsa incidenza (salvo forse per i camp. 13 e 14) di un contributo micaceo-argilloso alla mineralogia minore delle selci. La distribuzione nel diagramma *e*, con la correlazione positiva e il rapporto Na>K (calcolato in termini atomici nella retta) rafforza la stessa conclusione.
La scarsa importanza di un contributo argilloso è testimoniata pure dalla mancanza di correlazioni Al/Fe e Al/Mg. Anche il P non mostra correlazioni, salvo in parte Ca/P nel gruppo "red". Fe e P sono evidentemente contenuti in fasi loro proprie, idrossidi di Fe e fosfati, mentre Mg può entrare in qualche fillosilicato (v. cap. 2) e in qualche carbonato in piccola quantità (3.6; fig.6d).
In tutti i diagrammi il gruppo "red" è molto ben definito e coerente, tranne in parte per il P (*d, f, h*): è evidente che reperti e selci naturali appartengono ad un'unica popolazione statistica. I campioni grigi appartengono invece a diverse popolazioni-campione e testimoniano provenienze diverse per i reperti.
Gli altri campioni sono dispersi rispetto ai due gruppi precedenti, e rivelano eterogeneità abbastanza forti entro i campioni, siano questi tipologicamente eterogenei (5, 10, 14) o omogenei (3, 4).
Le rocce sono più ricche in Ca (*g, h*) dei reperti.
- A selection of binary diagrams. The streight lines in diagrams *a* and *e* define atomic proportions Al: (Na+K)=1 and=3, as well as Na:K=1 respectively. The evident correlation near the tectosilicate line (*a*), abundance of Na (Na>K in *e*), and lack of Al/Fe (*b*) and Al/Mg (*c*) correlations, all indicate a preminent zeolite contribution and a minor role of clay-mica phases to the minor mineralogy of the cherts. Only samples 13 and 14 may have some more clay minerals.
Fe and P should mainly enter into proper minerals (iron hydroxids, phosphates), whereas Mg shares between carbonates (*g*) and phillosilicates (see also chpt. 2). In all diagrams, the group "red" is very well defined, except in part for P; artifact and natural flints form, therefore, a single sample population. Grey samples belong to different groups and grey artifacts have probably heterogeneous sources. The other samples are geochemically heterogeneous.
Rock are always richer in Ca than artifacts (*g, h*).



Campioni rappresentati - Plotted samples

● rocce - natural samples } "red": 1.1 - 1.5, 2, 6, 7, 8, 9
■ reperti - artifacts

○ rocce - natural samples } grigi - grey : 3.1, 3.2, 5g, 12, 13, 14g
⊙ reperti - artifacts

x 1w ; ♦ 4 ; Altri campioni come in tab. 3 - Other samples as in table 3

mente (AA, UV - visibile), senza passare attraverso macinature inevitabilmente inquinanti con qualsiasi tipo di mortaio.

Con i dati geochimici si sono ottenuti, a M.te Avena, i seguenti risultati principali (figg. 7 e 8):

1) si definisce ottimamente un'unica popolazione denominata *red*, comprendente 4 reperti rossastri e 6 analisi di due selci dell'affioramento a lato del sito. Minori difformità per P e Cr non inficiano l'unità della popolazione. Si verifica così positivamente l'assunto, espresso anche in 4.1, che l'affioramento di Campon d'Avena sia la fonte dei reperti rossastri (i più numerosi) e fungesse da miniera per i pezzi lavorati nel sito e di qui esportati (Broglio *et alii*, 1988; Lanzinger & Cremaschi, 1988). Si verifica, per converso, l'affidabilità del metodo geochimico per i confronti archeometrici.
2) Il sito di lavorazione contiene però anche selci di altro colore, in particolare grige. Queste sono, al contrario delle rosse, molto eterogenee (Tab.3; figg. 7 e 8) e presumibilmente provengono da fonti varie, che non sono state individuate, se non dubitativamente, per il reperto 12 dalla roccia 3. La provenienza dei reperti grigi resta un problema aperto, ma certamente risolvibile, data la tipologia geochimica così differenziata.
3) Differenze geochimiche sensibili si hanno tra le diverse parti di campioni eterogenei. Le differenze tra porzioni bianche-rosse, grigio-gialle, grigio-beige, bianco-giallastre non sono legate solo al Fe (più elevato sempre nelle parti colorate) ma alla gamma geochimica totale.
   Rispetto a queste differenze, quelle mostrate da una patina (o forse due) non appaiono più incisive.
4) I dati geochimici permettono di desumere che i principali minerali accompagnatori delle selci sono probabilmente zeoliti (e in particolare clinoptilolite e mordenite, che sono saturate in silice), come indicano i valori e le correlazioni Al/(Na+K) e Na/K in termini atomici (figg. 8a, 8e). Per converso i minerali argilloso-micacei hanno un ruolo decisamente minore, se non forse per i reperti 13 e 14. Questa conclusione è diversa da quanto è talora acriticamente assunto nei pochi studi archeometrici di selci, anche in presenza di rapporti Al:K:Na simili a quelli di M.te Avena.
5) Le selci naturali di campioni "rappresentativi" nel senso usuale del termine (cioè di dimensioni superiori ai reperti) sono sempre più ricche in Ca dei reperti. Ciò porta ad ammettere, come evidenziato a proposito della Petrografia (4.3), una selezione per manifattura.
   Ciò comporta anche la conseguenza che il Ca non è un elemento utile per confronti tra rocce e reperti , al contrario degli utilissimi Al, Fe, Na, K, Mg e degli un po' più problematici P, Cr, Cu e Zn.

5. Summary and archaeometric conclusions

5.1 The case

The M.te Avena samples were examined as a first study aiming to archaeometric comparisons in the South-eastern Alps, by contextually using several

methods of the Geologic Material Sciences (Mineralogy, Petrography, Geochemistry) on flint natural samples and artifacts.

Similar researches do not lack in Literature (see chpt. 3). However, they are, in the most part, not systematic and do not use a fully critical approach to the data and to the problem. Sometimes, they overemphasize sophisticated geochemistry and statistical applications on data chosen in questionable a manner, instead of searching simple and easy-to-be-used parameters, suitable to diffuse standardization. This is the principal aim of the present paper.

The dig site of M.te Avena in the Feltrine Alps (Belluno, Italy), at its cut 7, has been chosen because it is archaeologically well known.

It is interpreted as an Aurignacian site (LANZINGER, 1984; BROGLIO *et alii*, 1988; LANZINGER and CREMASCHI, 1988), where flint was exploited and implements produced; rough-outs and semi-worked pieces prevail, while complete implements are rare; most likely, exploitation was addressed to exportation.

On the border of the site, a small outcrop of marly limestone countaining yellowish red flints ("Scaglia Rossa" formation, Upper Cretaceous) is present, having many blocks at its base: this is considered an Aurignacian mine, the source of the yellowish red artifacts of cut 7 (op. cit.).

Chert samples 1 and 2, collected from the little rocky wall, and artifacts 6, 7, 8, 9 from the cut, served to test this interpretation. Contemporarily, being very similar samples, they could be used for a reliability control of the various analytical methods employed in the archaeometric research. Within the artifacts, other flint types occur (samples 10-14), which suggest the presence of different flint sources in the territory. Rocks samples n 3, 4, 5 were collected as example of possible sources; however, no systematic collection was yet performed.

In the following section, a summary description of methods and connected parameters is given for the M.te Avena case, as a first step of a wider project in the South-eastern Alps, in order to collected more data, from rocks and artifacts, to understand some emblematic case histories, and to test the various methods for the best standardization in flint archaeometry.

5.2 External appearence/colour

External appearence and colour are basic parameters, essential, useful and not expensive to assess. They constrain and guide the archaeometric study. Sometimes, they may represent by themselves all necessary informations for the comparative determination in sigle cases of prehistoric study. However, frequent gradation of colours, heterogeneities within the sample population and even in a single sample, subjective evaluation of colour, all this makes this parameter only a qualitative one, very important but not completely adequate. A base of quantitative and/or extensive data is necessary to give full significance to the qualitative parameter appearence/colour. Relative to the M.te Avena sampling, the grey flint are geochemically very heterogeneous (cfr. Tables 1 and 3; figs. 7, 8); grey colour alone is, therefore, an unreliable character for comparison. On the contrary, the reddish samples, although shading towards yellow or brown, form a geochemically homogeneous family: *red* sample of figs. 7 and 8. Dark brown (n 4) or yellow (n 5) flints, without red tones, are still different geochemically.

In general, coloured samples contain more Fe than grey or white ones (Table 3; fig. 7), but differences are not so strong as one could suppose. Unfortunately, such small quantities as 500-2000 ppm Fe, do not allow to determine Fe" versus Fe"', a ratio which ought to have an obvious effect on colour.

5.3 Petrographic (2.1), SEM (2.4), XRD (2.2) and thermal (2.3) data

Extremely fine texture (grains from 1-10μ - most grains μ up to a maximum of about 100 μ) is a serious restraint in the petrographic study of flints. This makes impossible to have reasonably sure quantification and determination of mineralogy. Moreover it may lead to subjective interpretation of textural features. However, given a careful and critical examination, some indication for specific cases may come from petrography. For example, grain size is a bit finer and more irregular in the red flint than in the grey ones; some typical features (e.g. short undulose cracks, probably due to diagenetic drying up), found both in natural and artifacts red flints, enhance the comparation among "red" samples. Other features are present too sporadically to be used as parameters: e.g. thin micaceous lamellae, celadonite, vermiculite, not significant microfossils, etc. Calcite, as tiny blots or veinlets, is common in the rocks, but practically lacks in artifacts. This is clearly due to a selection, probably linked to the prehistoric manifactoring work: weaker pieces (because of the presence of calcite) were likely discarded. Something similar was written by M. Lanzinger and M. Cremaschi (1988, p. 35), although without considering the petrographic aspects: "this stage of reduction was a sort of test of raw material". Morphological features in SEM images (fig. 6) have only an early exploratory aim. They show a diversity of cases, hardly in full agreement with other parameters. It is premature to discuss these results, before having a much wider data set.

Difractometric analyses (2.2) show the expected low crystallinity-indexes of quartz (Murata and Norman; 1976); thirteen determination are lower than 1 and only four are between 1 and 3.8 (max. refer.=10). This being a common character, it is not useful as a distinctive parameter. The absolute quartz predominance does not allow to adequately determine the mineralogy of the flints. Only calcite and sporadically zeolites, celadonite,vermiculite are recognized.

Thermal analyses also (2.3) do not give any useful parameters for comparison or distinction. Thermal behaviour is similar for all cherts (figs. 3, 4, 5), save trivial difference when calcite is present. Although comparison data are scanty in the Literature, thus hindering any serious comparison, thermal studies have made evident two features, which merit emphasis: a) the lacking or extremely weak reaction α to β quartz (probably due to the low crystallinity), and b) a characteristic dehydration interval between ca. 500° and 600° C.

5.4 Geochemical data (chpt. 3)

Opposite to the preceding data, geochemical parameters reveal great usefulness and significance in the M.te Avena sample population. Through simple tabulation or plotting, they permit to distinguish and compare natural and artifact

flints very well (Table 3; figs. 7, 8). Most reliable elements are Al, Fe, K, Na, Mg; some indication can be given also by P, Zn, Cu, Cr; Mn is too irregularly scattered.

Geochemical data for archaeometric use raise an unusual sampling question (3.1). In fact, beside the typologic one (see 4.2), a second constraint of dimensional nature must considered. The sample size reference is that of the available archaeological sample,that is a very small one (max ca. 0.5 cubic cm). By comparing natural cherts with artifacts, it is, therefore, less important to have "representative" data in the usual sense (values approaching the "true" average of an outcrop or a geological body), than have a rather high number of data obtained by small samples, of the same size of the reference sample. Within similar homogeneous data should be considered the statistical variations.

By using small samples, it cannot be avoided (also for finely grained rocks as flint) to assume relatively high standard deviation values within each sample population. Having yet too few systematic data for comparison, an approximate evaluation is discussed in section 3.4 of this paper. In any case, the real geochemical differences, in M.te Avena's sampling, appear to be much larger than the cautious standard deviation values assumed for the known homogeneous sample populations (e.g. *red* sample in M.te Avena; NW European flint groups studied in SIEVEKING *et alii*, 1972): see all grey and variously coloured samples from M.te Avena. In this way, the systematic use of small fragments for geochemical analyses is fully justified, with regard to values confidence and reliability. This has the methodological advantages of directly disgregating small fragments, without subjecting the samples to any crushing, which is always contaminating for flints, whatever type of mortar may be used.

The geochemical study of the M.te Avena sampling mainly results in the following points:

1) A sample population of red flints, formed by four artifacts and six pieces of two flints from the principal outcrop (Campon d'Avena) has been very well defined, except for minor disconformities for P and Cr; it is named here *red* sample. In this way, it has been positively proved the starting assumption (see 4.1), that the Campon d'Avena outcrop is the source of the red artifacts (the most numerous) of cut 7 of the site; this outcrop acted as a mine for the flints worked in the Aurignacian site, and from here exported (LANZINGER, 1984; BROGLIO *et alii*, 1988; LANZINGER and CREMASCHI; 1988).
2) However, the working site of cut 7 contains also flint artifacts of other colours, in particular grey. These are, contrary to the red ones, very heterogeneous (Table 3; figs. 7, 8) and probably derive from various not yet identified sources, except, possibly, artifact 12 from rock 3.
   Provenance of grey artifacts remains an open question, which could be probably solved by new sampling, given so differentiated geochemical typologies.
3) Noticeable geochemical differences have been measured between different parts of typologically heterogeneous samples. Differences between white/red, grey/yellow, grey/beige, white/yellowish portions are due not only to differences in Fe (more abundant in the coloured parts), but to the whole geochemistry. In this frame, the difference from a patina and its core are not sharper.

4) From the geochemical data, it can be deduced that the principal phases in the minor mineralogy of the cherts are *zeolites* (supposedly clinoptilolite and mordenite, which are the most saturated in silica). This deduction comes from positive correlations Al/(KNa) and K/Na (Na>K in atomic ratio) in fig. 8a and 8e; the ratio Al/(Na+K) is near the tectosilicate ratio.
Conversely *micaceous-clay minerals* must have a very minor role, except perhaps in artifacts 13 and 14. This conclusion does not agree with common assumptions of some archaeometric studies on cherts, also in cases having Al/K/Na ratio similar to the M.te Avena ones.

5) The natural flints of "representative" samples (that is bigger than the small reference sample of the artifacts) are always richer in Ca (calcite) than any artifact. It can, therefore, be concluded, that a manufacturing selection was active (see also 4.3). This type of selection has the methodological conseguence that Ca is a poorly useful element for comparison between natural and artifact flints, contrary to the most useful Al, Fe, Na, K, Mg and the less differentiated P, Cr, Cu, Zn.

RIASSUNTO

Sono studiate per confronto 5 selci in affioramento e 9 reperti del sito aurignaziano di M.te Avena, con metodi mineralogici, petrografici, geochimici. Le selci appartengono a tipologie (aspetto/colore) diverse. I metodi ottico-petrografici, ottico-elettronici, diffrattometrici e termici offrono dati utili ma non decisivi ai fini di una comparazione parametrica tra rocce e reperti. I dati geochimici (24 analisi) si rivelano invece di grande utilità e affidabilità, in particolare per Al, Fe, K, Na, Mg; in minor misura per P, Cr, Cu, Zn; non utili per Ca e Mn, molto dispersi.

I principali risultati sono:

a) un gruppo omogeneo di selci rosso-giallastre dell'affioramento di Campon d'Avena e dell'attiguo sito aurignaziano prova la provenienza locale dei manufatti e dei residui di lavorazione risultanti dall'elaborazione della selce raccolta o estratta dall'affioramento.

b) La presenza di altri reperti, di diversa tipologia ed eterogenei tra di loro anche a parità di aspetto esterno (reperti grigi), implica rifornimenti da zone non individuate.

c) Correlazioni e dispersioni dei dati geochimici si accordano con la presenza di zeoliti, che dominano la mineralogia minore delle selci, mentre un contributo secondario è dato da minerali argilloso-micacei.

d) Le selci naturali hanno sempre più alto tenore di Ca (calcite) dei reperti; ciò implica che ci sia stata una selezione del materiale nella lavorazione dei reperti, selezione non operata nell'attuale campionatura delle selci naturali.

Riconoscimenti

Si ringraziano vivamente il Prof. N.Morandi e la Dr. V.Minguzzi per la collaborazione prestata nell'elaborazione delle analisi termiche; il Dott. G.Valdrè per l'esecuzione e le discussioni relative delle immagini SEM; la Sign. R.Ruzza per aver messo a disposizione lo schizzo geologico tratto da un suo rilevamento nell'area; il Dott. Cavazza per l'aiuto nella stesura delle parti in lingua inglese.

Lavoro consegnato nel giugno 1989.

BIBLIOGRAFIA

BROGLIO A., LANZINGER M. & MONDINI C., 1988 - I ritrovamenti paleolitici di Monte Avena. *El Campanon,* n° 71-72, pp. 3-16

BUSH P.R. & SIEVEKING G. de G., 1986 - Geochemistry and the provenance of flint axes. The scientific study of flint and chert; a cura di G. de G. Sieveking and M.B. Hart. *Cambridge University Press*, pp. 133-140.

CLAYTON C.J., 1986 - The chemical enviroment of flint formation in Upper Cretaceous Chalk. The scientific study of flint and chert; a cura di G. de G. Sieveking and M.B. Hart. *Cambridge University Press*, pp. 43-54.

GOTTARDI G. & GALLI E., 1985 - Natural Zeolites. Springer, Berlin, pp. 409.

HEINE G.R. & OBRADOVIC, 1989 - Siliceous deposits of the Tethys and Pacific Regions. Springer, New York, pp. 244.

IIGIMA A., 1878 - Geological occurences of zeolite in marine enviroments. Natural Zeolites. *Sand and Mumpton* (eds), pp. 175-198. Pergamon Press.

LANZINGER M., 1984 - Risultati preliminari delle ricerche nel sito aurignaziano del Campon di Monte Avena (Alpi Feltrine). *Riv. Sc. Preist.* Vol. XXXIX, pp. 287-299.

LANZINGERM. & CREMASCHI M., 1988 - Flint exploitation and production at Monte Avena in the Dolomitic Region of Italian East Alps. *Upper Pleistocene Prehistory of Western Eurasia, Dibble, Montet-White* (eds), pp. 125-139. University Museum Philadelphia.

LUEDTKE B.E. & MAYERS J.Th, 1984 - Trace elements variations in Burlington Chert: a case study. Prehistoric chert exploitation: studies from the Midcontinent, *Center for Archaeological Investigations,* Occasional Paper n° 2. Southern Illinois Univ.

KOZLOWSKI J.K. & SOBCZYK K., 1987 - The upper palaeolithic site Krakow-Spadzista Street C2. Universitas Iagellonica, Acta Scientiarum Litterarumque DCCCXLVII, *Schedae Archaeologicae* Fasciculus XLII, pp. 7-97. Krakow.

MURATA K.J. & NORMAN M.B., 1976 - An index of crystallinity of quartz. Am. J. Sc. 276, pp. 1120-1130.

RADOVANOVIC I. *et alii*, 1984 - The chipped stone industry from Vinca. Centre for archaeological research, vol. 4, pp. 5-79. *University of Belgrade, Dragoslav Srejovic* (eds). Belgrade.

SAND L.B. & MUMPTON F.A., 1978 - Natural Zeolites. *Pergamon Press*, p. 546.

SIEVEKING G. de G. BUSH P., FERGUSON J., CRADDOCK P.T., HUGHES M.J. & COWELL M.R., 1972 - Prehistoric flint mines and their identification as sources of raw material. Archaeometry 14, 2, pp. 151-175.

SIEVEKING G. de G. & BUSH P.R., 1986 - Geochemistry and the provenance of flint axes. Scientific study of flint and chert. Proceedings of the fourth international flint symposium held at Brighton Polytechnic, p. 290. G. de G. Sieveking and M.B. Hart (eds). *Cambridge University Press.*

TAKACS-BIRÒ K., 1988 - Problems in the characterization of Hungarian lithics. Science and Archaeology Glasgow 1987. Proceedings of a conference on the application of scientific techniques to archaeology, pp. 157-166. E.A. Slater, J.O. Tate (eds.), BAR British Series 196.